



Provincia di L'AQUILA
COMUNE di
CARAPELLE CALVISIO

PROGETTO ESECUTIVO

**PROGETTO PER LA MESSA IN SICUREZZA POST-SISMA DEI MURI IN
CARAPELLE CALVISIO
INTERVENTO "C"**

Committente:

Comune di Carapelle Calvisio

RUP:

Geom. Giampiero RIZZO

**Progettazione
e Direzione dei
Lavori**

ing. Tiziano VERZILLI

Via Piane n.114, fraz. Forca di Valle
64045 ISOLA DEL GRANSASSO D'ITALIA (TE)
p.i. 01696270675 mail: t.verzilli@gmail.com

Timbro

Elaborato:

RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO

"C" - Muro Piazza Gabriele D'Annunzio

ELABORATO

C.RC

RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO

Sommario

0. Premessa	3
1. Normativa di riferimento.....	4
2. Caratteri generali dell'opera	4
2.1 Ubicazione	4
2.2 Vita Nominale, Classi d'Uso e Periodo di Riferimento	4
2.3 Sicurezza della struttura e prestazioni attese	5
3. Descrizione generale della struttura e classificazione intervento.....	6
4. Analisi dei carichi	6
4.1 determinazione dell'azione sismica	6
4.2 Azione della neve.....	7
4.3 combinazioni delle azioni sulla costruzione	9
5. Modello generale di calcolo	9
8. Risultati di calcolo.....	11

0. Premessa

Con determinazione n. 87 del 29.08.2015, al sottoscritto progettista è stato affidato l'incarico di progettazione definitiva ed esecutiva, direzione dei lavori e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione relativi ai lavori pubblici per **INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA POST-SISMA SUI MURI DI CONTENIMENTO IN CARAPELLE CALVISIO**.

L'intervento riguarda tre aree distinte del paese, individuate nel progetto preliminare nel seguente modo:

- Zona A "piazzale dell'asilo"
- Zona C " Piazza G. D'Annunzio – Via Vittorio Veneto"
- Zona E " Via Vittorio Veneto - Via Garibaldi"

-ZONA A

Il muro antistante il piazzale dell'asilo nido, realizzato allo stato attuale in struttura mista pietra e cls presenta un quadro fessurativo tale da suggerirne la demolizione. A seguito della demolizione verrà eseguito un intervento di ripristino e miglioramento della scarpata risultante tramite l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

-ZONA C

Il muro esistente controterra è realizzato in muratura in pietrame, presenta uno stato fessurativo che ne suggeriscono una rottura per ribaltamento. In questo caso verrà realizzato un intervento locale con inserimento di tiranti con la funzione di migliorare il comportamento fuori piano del muro stesso.

Si utilizzano ancoraggi ad iniezione controllata con calza di diametro 20 mm in acciaio inox AISI 304 ai quali verrà applicata idonea tensione per migliorare il comportamento del muro

-ZONA E

Dallo stato fessurativo si deduce che il muro in oggetto presenta carenze di stabilità nella parte sommitale, verrà effettuato un intervento con lo scopo di aumentare il momento stabilizzante del muro stesso.

Si utilizzano ancoraggi ad iniezione controllata con calza di diametro 20 mm in acciaio inox AISI 304 ai quali verrà applicata idonea tensione per migliorare il comportamento del muro posizionati in verticale

Nella presente relazione si tratterà il muro relativo alla **zona C**

1. Normativa di riferimento

- D.M. 14 gennaio 2008 NTC 2008
- circolare esplicativa del 2 febbraio 2009

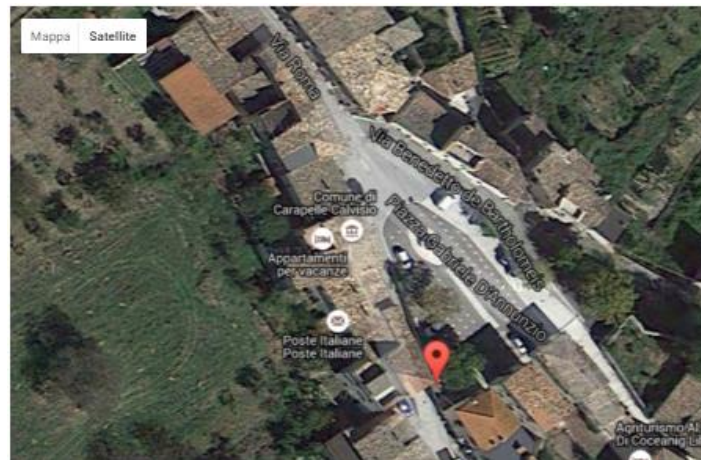
2. Caratteri generali dell'opera

2.1 Ubicazione

Il fabbricato è ubicato nel Comune di **Carapelle Calvisio**, in provincia di **L'Aquila**, individuabile con coordinate geografiche (nel sistema ED50 utilizzato da INGV), in gradi decimali,:

Latitudine : **42.300037**

Longitudine: **13.683883**



2.2 Vita Nominale, Classi d'Uso e Periodo di Riferimento

La **vita nominale** di un'opera strutturale V_N , come indicato nel § 2.4.1. delle N.T.C. 2008, è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo a cui è destinata.

Nel caso oggetto di studio, essendo la struttura un muro di contenimento a servizio di un piazzale ad uso pubblico utilizzato perlopiù per eventi di aggregazione, soggetto dunque a significativi affollamenti.

In accordo con la committenza si adotta una vita nominale V_N (anni) = 50, in accordo alle indicazioni della tabella 2.4.I delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 e come indicato nel paragrafo 2.4.2 della sopracitata normativa, si adotta la **classe d'uso III**.

Nel paragrafo 2.4.3 delle NTC 2008, viene indicata la metodologia per la determinazione del **Periodo di Riferimento** per l'azione sismica (V_R).

Dunque V_R si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come indicato dalla tabella 2.4.II delle N.T.C.

2.3 Sicurezza della struttura e prestazioni attese

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Le prestazioni della struttura sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura; nella presente relazione si allegheranno dei risultati schematici e sintetici, dai quali si può facilmente evincere la capacità della struttura in esame.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 14.01.2008 e ss.mm. ed ii.

3. Descrizione generale della struttura e classificazione intervento

- ZONA C

Il progetto definisce il miglioramento in fase di ribaltamento del muro con l'inserimento di una serie di tiranti orizzontali.

L'intervento si classifica come **intervento locale**.

4. Analisi dei carichi

4.1 determinazione dell'azione sismica

Vita nominale (anni): $V_N =$

Classe d'uso:

Coefficiente d'uso: $C_U = 1.5$

Periodo di riferimento per l'azione sismica (anni): $V_R = V_N * C_U = 75$
 (secondo §2.4.3 deve essere: $V_R \geq 35$ anni, e quindi: $V_N \geq 35 * C_U$;
 per edifici monumentali è tuttavia possibile $V_N \leq 50$ anni: Dir. 9.2.2011, §2.4)

Coordinate geografiche (ED50) (*):
 Long. = Lat. =

Tipo di interpolazione:
 Media ponderata [3] in §All. A) Superficie rigata [SCA]

Tab. 2, All. B:

Parametri di riferimento

TR (anni)	a.g (g)	F.o	T.C* (sec)
30	0.077	2.377	0.273
50	0.102	2.324	0.280
72	0.120	2.310	0.290
101	0.140	2.291	0.300
140	0.161	2.288	0.310
201	0.187	2.307	0.320
475	0.256	2.367	0.341
975	0.328	2.406	0.360
2475	0.446	2.460	0.380

Reticolo intorno al sito

Sito di ubicazione della costruzione:
 Long. = 13.683883, Lat. = 42.300037

Vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il sito:
 1: ID 26753: Long. = 13.62538, Lat. = 42.28489, distanza dal sito (km) = 5.098
 2: ID 26531: Long. = 13.62545, Lat. = 42.33489, distanza dal sito (km) = 6.173
 3: ID 26532: Long. = 13.69308, Lat. = 42.3348, distanza dal sito (km) = 3.939
 4: ID 26754: Long. = 13.69292, Lat. = 42.28479, distanza dal sito (km) = 1.851

Risultano 3 Comuni compresi nella maglia:
 Carapelle Calvisio (AG): 13.685; 42.300278
 Castelvecchio Calvisio (AG): 13.689889; 42.311389
 San Pin della Camera (AG): 13.657778; 42.286944

Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche

Categoria di sottosuolo:

Categoria topografica:

h/H (h = quota sito, H = altezza rilievo topografico) =
[$0 \leq (h/H) \leq 1$]

Coefficiente di amplificazione topografica S_T =
(secondo §3.2.3.2.1: $S_T = 1.000$)

PGA

Accelerazione su roccia (analoga ad a_g)

Accelerazione al suolo (analoga ad: $a_g \cdot S$, dove: $S = S_g \cdot S_T$)

Microzonazione

Fattore di suolo da microzonazione sismica (S_g)

4.2 Azione della neve

La determinazione del carico neve viene definito nel paragrafo 3.4 delle norme tecniche per le costruzioni, attraverso la seguente equazione:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Dove:

q_s è il carico neve sulla copertura

μ_1 è il coefficiente di forma della copertura

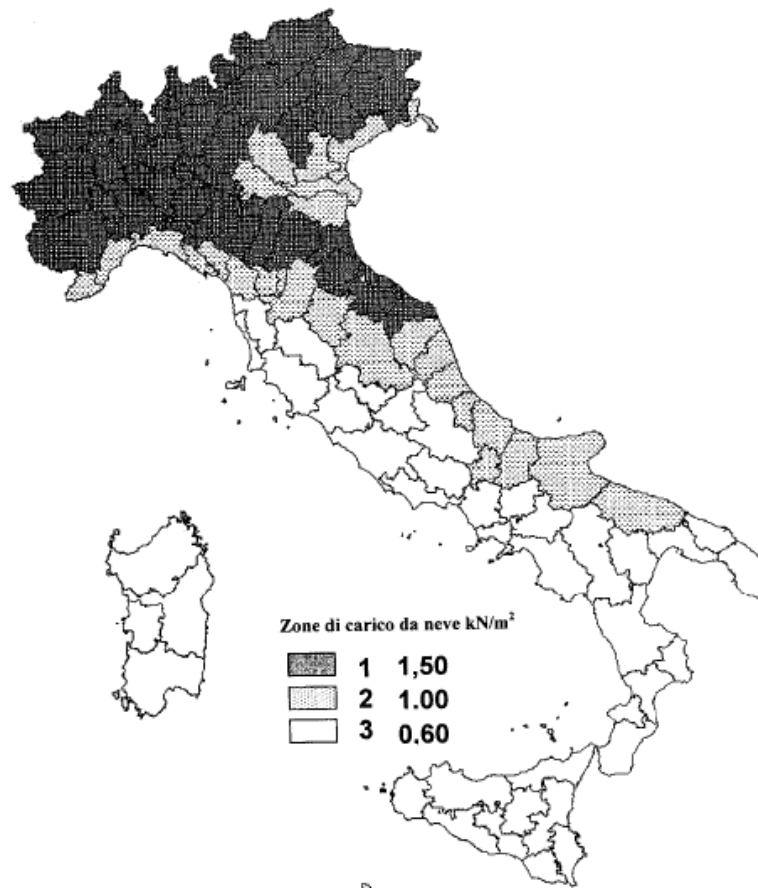
q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo

C_E è il coefficiente di esposizione

C_t è il coefficiente termico

Il valore caratteristico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

Il territorio italiano viene diviso in tre zone di carico neve, come illustrato dalla figura seguente.



Ad ogni zona viene associata una formula per la determinazione del valore caratteristico della neve al suolo.

Carapelle Calvisio si trova in provincia di Teramo e quindi in zona **2** ad una quota sul livello del mare (a_s) pari a circa **1000 m**, si applica dunque la seguente equazione:

$$q_{sk} = 0.51 \left[1 + (a_s / 481)^2 \right]$$

Assumendo $\mu_1 = 0.80$, $C_E = 1$, $C_t = 1$

Si assume a favore di sicurezza che il carico neve è pari a 220 Kg/m²

4.3 combinazioni delle azioni sulla costruzione

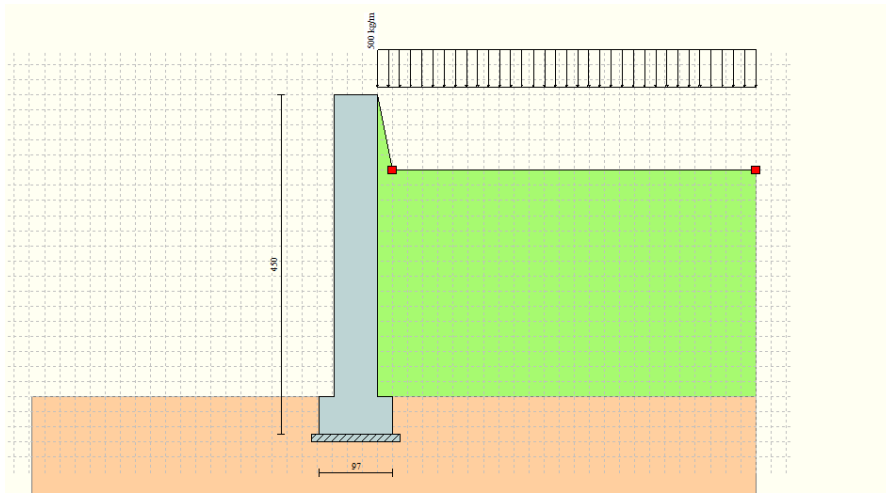
Le azioni definite come al § 2.5.1 delle NTC 2008 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

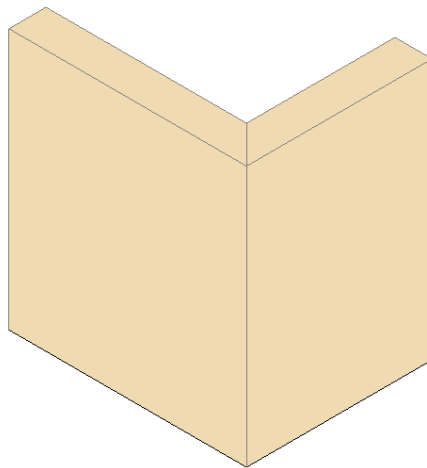
Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

5. Modello generale di calcolo

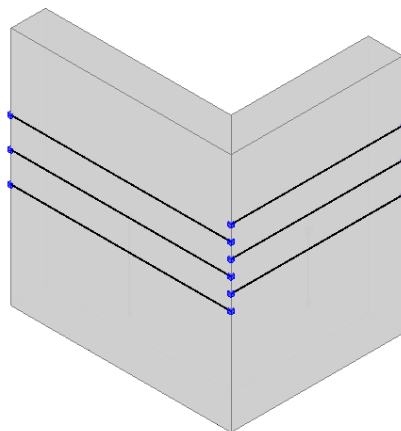
Per lo studio del muro controterra zona C, si definiscono 2 modelli di calcolo, uno realizzato con il software Aztec Max 10, tale modello viene utilizzato con il solo scopo di fornire le sollecitazioni relative alla spinta del terreno, il secondo realizzato con l'AEDES SOFTWARE, con il quale si va a determinare il valore instabilizzante di una forza orizzontale, nel terzo modello, realizzato sempre con l'AEDES SOFTWARE, vengono inseriti i tiranti ai quali viene applicata la forza di calcolo e si determina in questo modo il miglioramento ottenuto.



Modello max 10

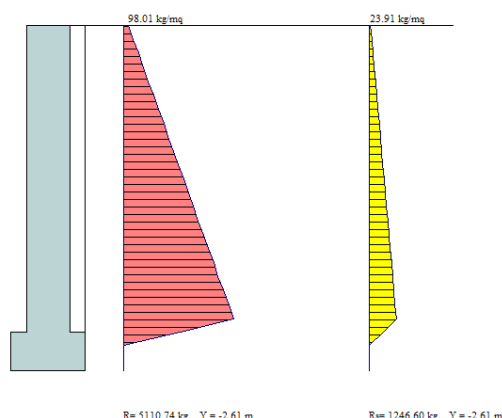


Modello dei calcolo ante operam



Modello di calcolo post operam

8. Risultati di calcolo



Dall'immagine allegata, si deduce la spinta massima nella condizione più sfavorevole agente sul muro di contenimento. Essendo tale valore riferito ad un metro lineare di muro verrà moltiplicato per la lunghezza di 3.65m .

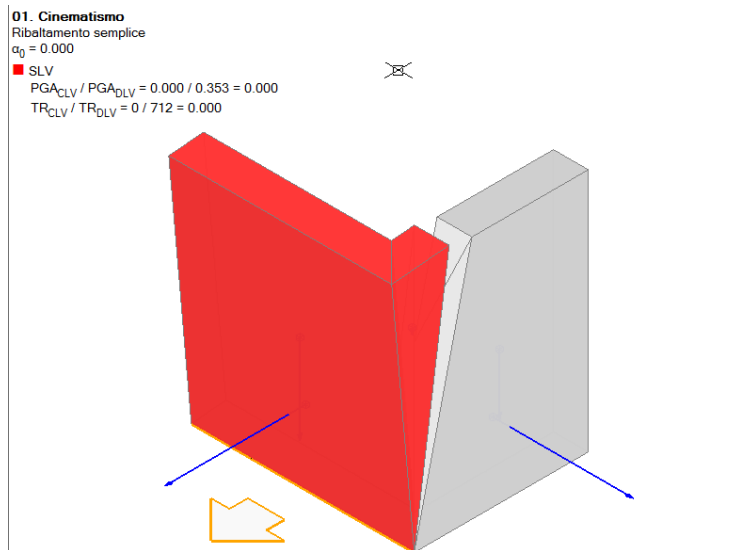
COMBINAZIONE n° 19

Valore della spinta statica	5110.74	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4863.02	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1571.83	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.20	[m]	Y = -2.61	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17.91	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	66.73	[°]		
Incremento sismico della spinta	1246.60	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.20	[m]	Y = -2.61	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	66.42	[°]		

Dunque il valore di spinta di riferimento è pari a 229.95 KN

Si definiscono 2 meccanismi di ribaltamento relativi ai singoli paramenti murari tra di loro ortogonali.

- Primo meccanismo di ribaltamento



1) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [1] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
8.219	4.000	0.000	0.141	1.000	1.350	

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

Asse di rotazione [1] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	k	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
-3.117	3.970	0.000	-3.117	0.320	0.000	0.000	0.000	156.16	0.000	3.650

- n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione
- X,Y,Z = coordinate dei punti iniziale e finale dell'asse di rotazione (considerando l'eventuale arretramento)
- Arretr. = arretramento dell'asse di rotazione rispetto alla posizione definita in input (frequentemente pari alla distanza della cerniera rispetto allo spigolo della parete).
- Le seguenti proprietà (k,N,fd,a) sono presenti solo se l'arretramento è stato calcolato in funzione del polo di rotazione scelto; altrimenti, l'arretramento è stato definito direttamente dal Progettista:
- k = coefficiente che assume un valore compreso fra 0 e 2 in funzione del tipo di polo di rotazione scelto
- N = carico verticale in corrispondenza della sezione della parete dove è posizionato l'asse di rotazione
- fd = resistenza di calcolo della muratura: $fd = f_m / FC / \gamma_M$, dove: $\gamma_M = 2.0$
- a = dimensione della linea di ribaltamento.
- Es.: nel caso di una ribaltamento semplice, 'a' è la larghezza della base della parete

Carichi [1] Cinematismo]

n.	tipologia	Punto di applicazione (m)			Carico permanente G (kN)			Carico variabile Q (kN)			ψ2
		X	Y	Z	GX	GY	GZ	QX	QY	QZ	
1	peso proprio	-2.838	2.284	2.000	0.00	0.00	-145.65	0.00	0.00	0.00	0.30
2	generico	-2.838	2.284	1.000	-230.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
3	peso proprio	-2.662	0.530	2.964	0.00	0.00	-10.51	0.00	0.00	0.00	0.30

- n. = numero consecutivo del carico
- tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico
- X,Y,Z = coordinate del punto di applicazione del carico nel sistema di riferimento globale XYZ
- GX,GY,GZ, QX,QY,QZ = componenti del carico nel sistema XYZ

ψ_2 = coefficiente di combinazione per il carico variabile (Tab.2.5.I), il valore di ψ_2
 (per carichi da solaio con più variabili aventi diversi coefficienti di combinazione,
 mostrato in tabella è pari alla media pesata: $P=G+\psi_2*Q$, con G e Q carichi totali del solaio)

Forze, spostamenti, lavoro [1] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale (kN)		Spostamenti virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)	
	PX	PY	PZ	EX	EY	δX	δY	δZ	L1	L2
1	0.00	0.00	-145.65	-145.65	0.00	-2.000	0.000	0.279	-40.606	291.317
2	-230.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.000	0.000	0.279	230.032	0.000
3	0.00	0.00	-10.51	-10.51	0.00	-2.964	0.000	0.454	-4.765	31.143

n. = numero consecutivo del carico

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

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

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche. Da (C8A.4.1): $L1=\sum(1,...,n)[\pi*\delta Y_i]+\sum(1,...,o)[F_h*\delta h]$

L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche). Da (C8A.4.1):

$L2=\sum(1,...,n)[\pi*\delta X_i]+\sum(n+1,...,n+m)[P_j*\delta X_j]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [1] Cinematismo]

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.000	15709	0.987	0.000

α_0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante (C8A.4.3)

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo (C8A.4.4)

SLV: Verifiche di sicurezza [1] Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.176	0.000	0.176	0.000	0	0	0.000	0.000

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido (C8A.4.9)

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile (C8A.4.10)

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

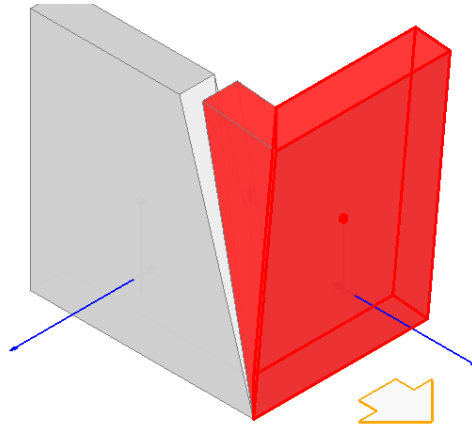
VN,CLV = capacità in termini di Vita Nominale per SLV

PGA,CLV / PGA,DLV = I.R.S.PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV

TR,CLV / TR,DLV = I.R.S. TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

- secondo meccanismo di ribaltamento

02. Cinematismo
 Ribaltamento semplice
 $\alpha_0 = 0.000$
 ■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.000 / 0.353 = 0.000$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 0 / 712 = 0.000$



2) Cinematismo

Ribaltamento semplice
 Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [2) Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
6.669	4.000	0.000	0.141	1.000	1.350	

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

Asse di rotazione [2) Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	k	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
-3.117	0.320	0.000	-0.267	0.320	0.000	0.000	0.000	126.71	0.000	2.850

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione
 X,Y,Z = coordinate dei punti iniziale e finale dell'asse di rotazione (considerando l'eventuale arretramento)
 Arretr. = arretramento dell'asse di rotazione rispetto alla posizione definita in input (frequentemente pari alla distanza della cerniera rispetto allo spigolo della parete).
 Le seguenti proprietà (k,N,fd,a) sono presenti solo se l'arretramento è stato calcolato in funzione del polo di rotazione scelto; altrimenti, l'arretramento è stato definito direttamente dal Progettista:
 k = coefficiente che assume un valore compreso fra 0 e 2 in funzione del tipo di polo di rotazione scelto
 N = carico verticale in corrispondenza della sezione della parete dove è posizionato l'asse di rotazione
 fd = resistenza di calcolo della muratura: $fd = f_m / FC / \gamma_M$, dove: $\gamma_M = 2.0$
 a = dimensione della linea di ribaltamento.
 Es.: nel caso di una ribaltamento semplice, 'a' è la larghezza della base della parete

Carichi [2) Cinematismo]

n.	tipologia	Punto di applicazione (m)			Carico permanente G (kN)			Carico variabile Q (kN)			ψ2
		X	Y	Z	GX	GY	GZ	QX	QY	QZ	
1	peso proprio	-1.554	0.597	2.000	0.00	0.00	-110.99	0.00	0.00	0.00	0.30
2	generico	-1.554	0.597	1.000	0.00	-230.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
3	peso proprio	-2.886	0.877	2.921	0.00	0.00	-15.72	0.00	0.00	0.00	0.30

n. = numero consecutivo del carico
 tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

X,Y,Z = coordinate del punto di applicazione del carico nel sistema di riferimento globale XYZ
 GX,GY,GZ, QX,QY,QZ = componenti del carico nel sistema XYZ
 ψ_2 = coefficiente di combinazione per il carico variabile (Tab.2.5.I), il valore di ψ_2
 (per carichi da solaio con più variabili aventi diversi coefficienti di combinazione,
 mostrato in tabella è pari alla media pesata: $P=G+\psi_2*Q$, con G e Q carichi totali del solaio)

Forze, spostamenti, lavoro [2] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale (kN)		Spostamenti virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)	
	PX	PY	PZ	EX	EY	δX	δY	δZ	L1	L2
1	0.00	0.00	-110.99	0.00	-110.99	0.000	-2.000	0.276	-30.665	222.000
2	0.00	-230.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-1.000	0.277	230.032	0.000
3	0.00	0.00	-15.72	0.00	-15.72	0.000	-2.921	0.556	-8.737	45.909

n. = numero consecutivo del carico
 PX,PY,PZ = componenti del carico totale $G+\psi_2*Q$ nel sistema XYZ
 EX,EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico
 $\delta X,\delta Y,\delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
 (angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)
 L1 = lavoro virtuale delle forze statiche. Da (C8A.4.1): $L1=\sum(1,...,n)[\text{Pi}*\delta Y_i]+E(1,...,o)[Fh*\delta h]$
 L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche). Da (C8A.4.1):
 $L2=\sum(1,...,n)[\text{Pi}*\delta X_i]+E(n+1,...,n+m)[Pj*\delta X_j]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [2] Cinematismo]

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.000	12659	0.980	0.000

α_0 = moltiplicatore di collasso
 M* = massa partecipante (C8A.4.3)
 e* = frazione di massa partecipante
 a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo (C8A.4.4)

SLV: Verifiche di sicurezza [2] Cinematismo]

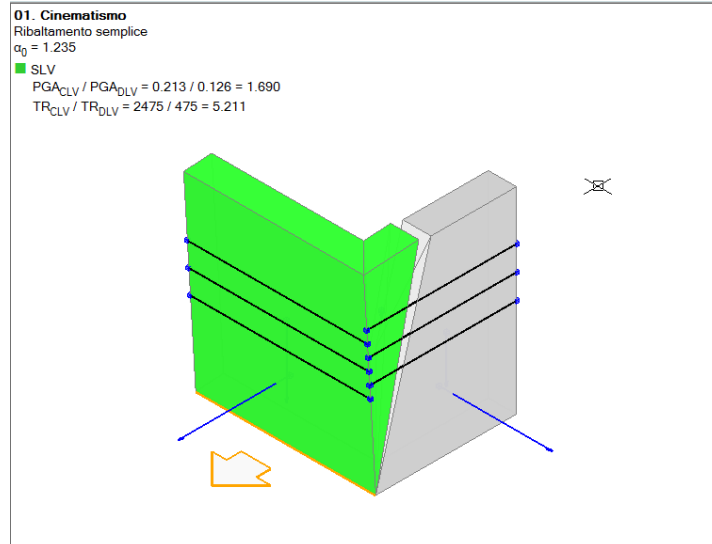
a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.176	0.000	0.176	0.000	0	0	0.000	0.000

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido (C8A.4.9)
 a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile (C8A.4.10)
 PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV
 TR,CLV = capacità in termini di periodo di ritorno TR per SLV
 VN,CLV = capacità in termini di Vita Nominale per SLV
 PGA,CLV / PGA,DLV = I.R.S.PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV
 TR,CLV / TR,DLV = I.R.S. TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

Si riefettuano le verifiche con l'inserimento dei tiranti in calza.

Tali verifiche vengono svolte automaticamente dal programma di calcolo AEDEA software PCM,

- Primo meccanismo di ribaltamento



1) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [1] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
8.396	4.000	0.000	0.141	1.000	1.350	

V = volume dei corpi partecipanti al meccanismo

H = altezza della struttura rispetto alla fondazione

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

T1 = primo periodo di vibrazione

γ = Coefficiente di partecipazione modale

FC = fattore di confidenza

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

Asse di rotazione [1] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	k	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
-3.117	3.970	0.000	-3.117	0.320	0.000	0.000	0.000	159.53	0.000	3.650

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Arretr. = arretramento dell'asse di rotazione rispetto alla posizione definita in input

(frequentemente pari alla distanza della cerniera rispetto allo spigolo della parete).

Le seguenti proprietà (k,N,fd,a) sono presenti solo se l'arretramento è stato calcolato in funzione

del polo di rotazione scelto; altrimenti, l'arretramento è stato definito direttamente dal Progettista:

k = coefficiente che assume un valore compreso fra 0 e 2 in funzione del tipo di polo di rotazione scelto

N = carico verticale in corrispondenza della sezione della parete dove è posizionato l'asse di rotazione

fd = resistenza di calcolo della muratura: $fd = f_m / FC / \gamma_M$, dove: $\gamma_M = 2.0$

a = dimensione della linea di ribaltamento.

Es.: nel caso di un ribaltamento semplice, 'a' è la larghezza della base della parete

Carichi [1] Cinematismo]

n.	tipologia	Punto di applicazione (m)			Carico permanente G (kN)			Carico variabile Q (kN)			ψ2
		X	Y	Z	GX	GY	GZ	QX	QY	QZ	
1	peso proprio	-2.838	2.284	2.000	0.00	0.00	-145.65	0.00	0.00	0.00	0.30
2	generico	-3.117	0.320	3.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30

Ing. Tiziano Verzilli

3	da catena	-3.117	0.320	3.000	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
4	generico	-3.117	0.320	2.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
5	da catena	-3.117	0.320	2.500	31.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
6	generico	-3.117	0.320	2.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
7	da catena	-3.117	0.320	2.000	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
8	generico	-3.117	0.320	2.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
9	generico	-3.117	3.970	2.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
10	generico	-3.117	0.320	2.250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
11	generico	-3.117	3.970	2.250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
12	generico	-3.117	0.320	1.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
13	generico	-3.117	3.970	1.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
14	da catena	-3.117	0.320	2.750	0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
15	da catena	-3.117	3.970	2.750	0.00	-31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
16	da catena	-3.117	0.320	2.250	-0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
17	da catena	-3.117	3.970	2.250	0.00	-31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
18	da catena	-3.117	0.320	1.750	-0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
19	da catena	-3.117	3.970	1.750	0.00	-31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
20	generico	-2.838	2.284	1.000	-230.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
21	peso proprio	-2.595	0.545	2.935	0.00	0.00	-13.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30

n. = numero consecutivo del carico
 tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico
 X,Y,Z = coordinate del punto di applicazione del carico nel sistema di riferimento globale XYZ
 GX,GY,GZ, QX,QY,QZ = componenti del carico nel sistema XYZ
 ψ_2 = coefficiente di combinazione per il carico variabile (Tab.2.5.I), il valore di ψ_2
 (per carichi da solaio con piú variabili aventi diversi coefficienti di combinazione,
 mostrato in tabella è pari alla media pesata: $P=G+\psi_2*Q$, con G e Q carichi totali del solaio)

Forze, spostamenti, lavoro [1] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale (kN)		Spostamenti virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)	
	PX	PY	PZ	EX	EY	δX	δY	δZ	L1	L2
1	0.00	0.00	-145.65	0.00	0.00	-2.000	0.000	0.279	-40.606	0.000
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.000	0.000	-0.001	0.000	0.000
3	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.000	0.000	-0.001	-93.000	0.000
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.500	0.000	-0.001	0.000	0.000
5	31.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-2.500	0.000	-0.001	-77.500	0.000
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.000	0.000	-0.001	0.000	0.000
7	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.000	0.000	-0.001	-62.000	0.000
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.750	0.000	-0.001	0.000	0.000
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.750	0.000	-0.001	0.000	0.000
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.250	0.000	-0.001	0.000	0.000
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.250	0.000	-0.001	0.000	0.000
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.750	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.750	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	-2.750	0.000	-0.001	0.000	0.000
15	0.00	-31.00	0.00	0.00	0.00	-2.750	0.000	-0.001	0.000	0.000
16	-0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	-2.250	0.000	-0.001	0.008	0.000
17	0.00	-31.00	0.00	0.00	0.00	-2.250	0.000	-0.001	-0.008	0.000
18	-0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	-1.750	0.000	0.000	0.007	0.000
19	0.00	-31.00	0.00	0.00	0.00	-1.750	0.000	-0.001	-0.007	0.000
20	-230.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.000	0.000	0.279	230.032	0.000
21	0.00	0.00	-13.88	-13.88	0.00	-2.935	0.000	0.521	-7.235	40.740

n. = numero consecutivo del carico
 PX,PY,PZ = componenti del carico totale $G+\psi_2*Q$ nel sistema XYZ
 EX,EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico
 $\delta X,\delta Y,\delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
 (angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)
 L1 = lavoro virtuale delle forze statiche. Da (C8A.4.1): $L1=\sum(1,...,n)[Pi*\delta Yi]+\sum(1,...,o)[Fh*\delta h]$
 L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche). Da (C8A.4.1):
 $L2=\sum(1,...,n)[Pi*\delta Xi]+\sum(n+1,...,n+m)[Pj*\delta Xj]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [1] Cinematismo]

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
1.235	1415	1.000	0.915

α_0 = moltiplicatore di collasso
 M* = massa partecipante (C8A.4.3)
 e* = frazione di massa partecipante
 a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo (C8A.4.4)

SLV: Verifiche di sicurezza [1] Cinematismo]

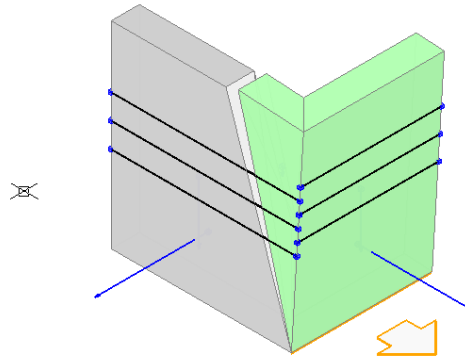
a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.063	0.000	0.063	0.213	2475	261	1.690	5.211

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido (C8A.4.9)
 a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile (C8A.4.10)
 PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV
 TR,CLV = capacità in termini di periodo di ritorno TR per SLV

VN,CLV = capacità in termini di Vita Nominale per SLV
 PGA,CLV / PGA,DLV = I.R.S.PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV
 TR,CLV / TR,DLV = I.R.S. TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

- secondo meccanismo di ribaltamento

02. Cinematismo
 Ribaltamento semplice
 $\alpha_0 = 0.093$
 ■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.137 / 0.126 = 1.087$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 603 / 475 = 1.269$



2) Cinematismo

Ribaltamento semplice
 Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [2] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
6.791	4.000	0.000	0.141	1.000	1.350	

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

Asse di rotazione [2] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	k	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
-3.117	0.320	0.000	-0.267	0.320	0.000	0.000	0.000	129.03	0.000	2.850

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione
 X,Y,Z = coordinate dei punti iniziale e finale dell'asse di rotazione (considerando l'eventuale arretramento)
 Arretr. = arretramento dell'asse di rotazione rispetto alla posizione definita in input (frequentemente pari alla distanza della cerniera rispetto allo spigolo della parete).
 Le seguenti proprietà (k,N,fd,a) sono presenti solo se l'arretramento è stato calcolato in funzione del polo di rotazione scelto; altrimenti, l'arretramento è stato definito direttamente dal Progettista:
 k = coefficiente che assume un valore compreso fra 0 e 2 in funzione del tipo di polo di rotazione scelto
 N = carico verticale in corrispondenza della sezione della parete dove è posizionato l'asse di rotazione
 fd = resistenza di calcolo della muratura: $fd = f_m / FC / \gamma_M$, dove: $\gamma_M = 2.0$
 a = dimensione della linea di ribaltamento.
 Es.: nel caso di una ribaltamento semplice, 'a' è la larghezza della base della parete

Carichi [2] Cinematismo]

n.	tipologia	Punto di applicazione (m)			Carico permanente G (kN)			Carico variabile Q (kN)			ψ_2
		X	Y	Z	GX	GY	GZ	QX	QY	QZ	
1	peso proprio	-1.554	0.597	2.000	0.00	0.00	-110.99	0.00	0.00	0.00	0.30
2	generico	-3.117	0.320	3.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30

3	generico	-0.267	0.320	3.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da catena	-3.117	0.320	3.000	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
5	da catena	-0.267	0.320	3.000	-31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
6	generico	-3.117	0.320	2.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
7	generico	-0.267	0.320	2.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
8	da catena	-3.117	0.320	2.500	31.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
9	da catena	-0.267	0.320	2.500	-31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
10	generico	-0.267	0.320	2.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
11	generico	-3.117	0.320	2.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
12	da catena	-3.117	0.320	2.000	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
13	da catena	-0.267	0.320	2.000	-31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
14	generico	-3.117	0.320	2.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
15	generico	-3.117	0.320	2.250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
16	generico	-3.117	0.320	1.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
17	da catena	-3.117	0.320	2.750	0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
18	da catena	-3.117	0.320	2.250	-0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
19	da catena	-3.117	0.320	1.750	-0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
20	generico	-1.554	0.597	1.000	0.00	-230.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
21	peso proprio	-2.880	0.919	2.905	0.00	0.00	-18.04	0.00	0.00	0.00	0.30

n. = numero consecutivo del carico
 tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico
 X,Y,Z = coordinate del punto di applicazione del carico nel sistema di riferimento globale XYZ
 GX,GY,GZ, QX,QY,QZ = componenti del carico nel sistema XYZ
 ψ_2 = coefficiente di combinazione per il carico variabile (Tab.2.5.I), il valore di ψ_2
 (per carichi da solaio con più variabili aventi diversi coefficienti di combinazione,
 mostrato in tabella è pari alla media pesata: $P=G+\psi_2*Q$, con G e Q carichi totali del solaio)

Forze, spostamenti, lavoro [2] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale (kN)		Spostamenti virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)	
	PX	PY	PZ	EX	EY	δX	δY	δZ	L1	L2
1	0.00	0.00	-110.99	0.00	-110.99	0.000	-2.000	0.276	-30.665	222.000
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-3.000	-0.001	0.000	0.000
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-3.000	-0.001	0.000	0.000
4	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-3.000	-0.001	0.000	0.000
5	-31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-3.000	-0.001	0.000	0.000
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.500	-0.001	0.000	0.000
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.500	-0.001	0.000	0.000
8	31.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.500	-0.001	0.013	0.000
9	-31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.500	-0.001	-0.013	0.000
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.000	-0.001	0.000	0.000
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.000	-0.001	0.000	0.000
12	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.000	-0.001	0.000	0.000
13	-31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.000	-0.001	0.000	0.000
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.750	-0.001	0.000	0.000
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.250	-0.001	0.000	0.000
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-1.750	0.000	0.000	0.000
17	0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.750	-0.001	-85.250	0.000
18	-0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-2.250	-0.001	-69.750	0.000
19	-0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-1.750	0.000	-54.250	0.000
20	0.00	-230.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-1.000	0.277	230.032	0.000
21	0.00	0.00	-18.04	0.00	0.00	0.000	-2.905	0.598	-10.791	0.000

n. = numero consecutivo del carico
 PX,PY,PZ = componenti del carico totale $G+\psi_2*Q$ nel sistema XYZ
 EX,EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico
 $\delta X,\delta Y,\delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
 (angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)
 L1 = lavoro virtuale delle forze statiche. Da (C8A.4.1): $L1=\sum(1,...,n)[Pi*\delta Yi]+\sum(1,...,o)[Fh*\delta h]$
 L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche). Da (C8A.4.1):
 $L2=\sum(1,...,n)[Pi*\delta Xi]+\sum(n+1,...,n+m)[Pj*\delta Xj]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [2] Cinematismo]

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.093	11318	1.000	0.069

α_0 = moltiplicatore di collasso
 M* = massa partecipante (C8A.4.3)
 e* = frazione di massa partecipante
 a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo (C8A.4.4)

SLV: Verifiche di sicurezza [2] Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.063	0.000	0.063	0.137	603	64	1.087	1.269

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido (C8A.4.9)
 a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile (C8A.4.10)
 PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV
 TR,CLV = capacità in termini di periodo di ritorno TR per SLV

VN,CLV = capacità in termini di Vita Nominale per SLV
 PGA,CLV / PGA,DLV = I.R.S.PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV
 TR,CLV / TR,DLV = I.R.S. TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

Trazioni	
Snervamento	194.779
Punzonamento	33.307
Penetrazione	32.407
Flessione	516.667
Valore di calcolo	30.000

Il valore di calcolo ammissibile è di 31 KN su ogni tirante.

Per analogia si allegano le verifiche post operam degli altri cinematismi ipotizzati.

Vengono effettuate le verifiche degli ancoraggi e delle catene, tenendo conto dei quattro meccanismi di rottura: snervamento del tirante, punzonamento della muratura, penetrazione dell'ancoraggio, flessione della piastra di capochiave.

Resistenza dei collegamenti

Tirante in acciaio: tensione di snervamento: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = f_{yk} / 1.05$
 $A = \pi d^2 / 4$ = area della sezione trasversale del tirante, con d=diametro
 a, b, s = dimensioni del capochiave (a=lunghezza/vert., b=larghezza/orizz.; s=spessore) o della piastra di ancoraggio rettangolare
 t = spessore della parete in muratura a cui è ancorato il tirante
 f_m, τ_0 = resistenza media a compressione e a taglio della muratura
 $f_d = f_m / F_c / \gamma_M$ = resistenza di progetto a compressione, con: $\gamma_M=2.0$
 $f_{vd} = \tau / F_c / \gamma_M$ = resistenza di progetto a taglio ($\gamma_M=2.0$), dove si assume:
 $\tau = (\tau_0 + 0.4 \cdot \sigma_n)$ sui piani di scorrimento 'orizzontali' (σ_n = compressione verticale), $\tau = \tau_0$ (resistenza a taglio puro) sui piani di scorrimento 'verticali'. A favore di sicurezza, si può considerare: $\sigma_n = 0$.

Verifica di sicurezza

Massima trazione nel singolo tirante = forza minima fra i seguenti 4 meccanismi di rottura:

1. Snervamento del tirante: $T_1 = A \cdot f_{yd}$
2. Punzonamento della muratura nelle zone di ancoraggio: $T_2 = [(\tau_0 + 0.4 \cdot \sigma_n) \cdot 2 \cdot (b + t) + \tau_0 \cdot 2 \cdot (a + t)] \cdot t$
3. Penetrazione dell'ancoraggio dovuta ad eccesso di pressione di contatto: $T_3 = f_d \cdot a \cdot b$
4. Flessione del capochiave: $T_4 = (4 \cdot b \cdot s^2 \cdot f_{yd}) / (3 \cdot a)$

Per l'analisi del ribaltamento della parete con tiranti si dovrà considerare la forza compressiva corrispondente a tutti i tiranti ancorati alla parete considerata

$M_{max} = (\sigma_m \cdot b) \cdot a^2 / 8$, con: $\sigma_m = T_4 / (a \cdot b)$
 $M_{res} = f_{yd} \cdot W = f_{yd} \cdot (b \cdot s^2 / 6)$
 $M_{max} = M_{res} \Rightarrow T_4 = (4 \cdot b \cdot s^2 \cdot f_{yd}) / (3 \cdot a)$

Trazioni	
Snervamento	188.496
Punzonamento	33.307
Penetrazione	32.407
Flessione	500.000
Valore di calcolo	31.000

Dalle verifiche si deduce che il valore minimo al quale resiste il sistema è circa 32 KN, si applica pertanto una forza pari a 31 KN

L'intervento progettato garantisce un miglioramento del comportamento cinematico del muro