



PROGETTO

Riparazione dei danni e miglioramento sismico del Palazzo Ducale (da Varano), danneggiato dagli eventi sismici del 24 agosto 2016 e successivi

UBICAZIONE

Piazza Cavour - 62032 - Camerino (MC) - Marche - Italia

COMMITTENTE:

UNICAM Università degli Studi di Camerino

Piazza Cavour 19/f 62032 Camerino MC

P.I.: 00291660439

C.F.: 81001910439



Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Gian Luca Marucci

Coordinamento Progetto:

Prof. Ing. Graziano Leoni

Supporto al R.U.P. per:

Indagini strutturali:

Prof. Ing. Alessandro Zona
Ing. Michele Morici
Evolvea s.r.l. - Gruppo Filippetti

Indagini geologiche:

Geol. Marcello Maccari

Analisi storica:

Prof. Arch. Gaia Remiddi

Analisi conoscitiva delle componenti materico-costruttive:

Prof. Arch. Enrica Petrucci
Dott. Graziella Roselli
Arch. Diana Lapucci

Progettazione opere di restauro architettonico:

Prof. Arch. Enrica Petrucci

Progettazione opere strutturali:

Seitec Seismotechnologies srl
Prof. Ing. Luigino Dezi
Ing. Alessandro Balducci

Progettazione opere impiantistiche:

ANTAS S.p.a.

Coordinamento della sicurezza in fase di progettazione:

Arch. Guido Martini

Collaboratori:

Ing. Lucia Barchetta
Ing. Leonardo Cipriani
Arch. Noemi Lapucci
Ing. Claudia Canuti
Geomore s.r.l.

TITOLO

Progetto Esecutivo Relazione di calcolo Ante e Post operam

ELABORATO:

D

0 0 4

DISCIPLINA

STRUTTURE

REVISIONE	DATA:	OGGETTO:	REDATTO:	VERIFICATO:	APPROVATO:	SCALA:
rev_00	02/09/2022	EMISSIONE DEL PROGETTO	AG	AB	LD	
rev_01	27/02/2023	EMISSIONE PER VERIFICA DEL PROGETTO ESECUTIVO	ML	AB	LD	
rev_02	01/03/2024	EMISSIONE PER ESAME DEL GRUPPO DI LAVORO	ML	AB	LD	
rev_03	__/__/__					NOME FILE:
rev_04	__/__/__					D-004_Relazione di Calcolo Ante e Post Operam

INDICE

1	PREMESSA	5
1.1	Breve descrizione del complesso edilizio	6
1.2	Criteri di calcolo e di verifica	7
2	DEFINIZIONE DELLE AZIONI	9
2.1	Analisi delle azioni allo stato attuale	9
2.2	Analisi delle azioni allo stato di progetto	18
2.2.1	Azioni sui solai	18
2.2.2	Azione della neve	25
2.2.3	Azione sismica	27
2.2.4	Masse efficaci	32
2.2.5	Combinazioni delle azioni	33
3	CRITERI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA	34
3.1	Requisiti di sicurezza	34
3.2	Criteri di verifica e definizione dei livelli di sicurezza	34
3.3	Metodi di verifica impiegati	35
3.4	Modellazione	36
3.4.1	Corpo A	37
3.4.2	Corpo B	38
3.4.3	Corpo C1	38
3.4.4	Corpo C2	38
4	VERIFICA SISMICA ANTE OPERAM	39
4.1	Analisi modale	39
4.1.1	Corpo A	39
4.1.2	Corpo B	41
4.1.3	Corpo C1	43
4.1.4	Corpo C2	45
4.2	Analisi statica non lineare (pushover) allo SLV	46

4.2.1 Cenni sull'analisi di pushover	46
4.2.2 Analisi di pushover Corpo A.....	49
4.2.3 Analisi di pushover Corpo B.....	51
4.2.4 Analisi di pushover Corpo C1.....	53
4.2.5 Analisi di pushover Corpo C2.....	55
4.3 Meccanismi locali di collasso.....	57
4.3.1 Corpo A	58
4.3.2 Corpi B-C	68
4.4 Conclusioni sulle verifiche sismiche ante operam	79
5 VERIFICA SISMICA POST OPERAM.....	80
5.1 Analisi modale	80
5.1.1 Corpo A	80
5.1.2 Corpo B	83
5.1.3 Corpo C1	85
5.1.4 Corpo C2	87
5.2 Analisi di pushover allo SLV	89
5.2.1 Corpo A	89
5.2.2 Corpo B	93
5.2.3 Corpo C1	95
5.2.4 Corpo C2	97
5.2.5 Corpo A	99
5.2.6 Corpi B-C	110
5.3 Sintesi risultati verifiche sismiche ante e post operam	122
6 VERIFICA STATICA CAPRIATE E TRAVI	124
6.1 Corpo A: capriate e travi esistenti	124
6.2 Corpo A: nuove strutture metalliche	125
6.2.1 Travi sottotetto Corpo A.....	125
6.2.2 Corpo A – copertura	139
6.2.3 Corpo C – sottotetto	153
6.2.4 Corpo C – Nuova porzione di copertura in legno	154



7 COLONNE DEL QUADRIPORTICO.....	158
7.1 Interventi pregressi	158
7.2 Lo stato di conservazione	160
7.3 Eccentricità presenti sulle colonne	161
7.4 Verifica statica	163
7.4.1 Analisi dei carichi	163
7.4.2 Combinazione dei carichi agli SLU	164
7.4.3 Calcolo delle tensioni sulla colonna più sollecitata (Colonna 12)	166
7.5 Intervento proposto	168
8 VERIFICA CERCHIATURE METALLICHE.....	170
8.1 Corpo C1: cerchiatura con 4HEA100	170
8.2 Corpo C1: cerchiatura con 4HEA120	170
8.3 Corpo C1: cerchiatura con 4HEA180	171
8.4 Corpo C1: cerchiatura con 4HEA200	171

RELAZIONE DI CALCOLO ANTE E POST OPERAM

1 PREMESSA

La presente relazione è relativa ai calcoli statici e sismici e alle verifiche di sicurezza del progetto esecutivo degli interventi strutturali di ripristino e miglioramento sismico del Palazzo Ducale Da Varano, sito in via del Bastione, 1, nel Comune di Camerino.

Dopo una breve descrizione del complesso edilizio e delle sue vicende storiche e sismiche, si illustrano i criteri di calcolo e di verifica utilizzati per la definizione degli interventi di ripristino e miglioramento sismico.



Figura 1.1 - Vista aerea del fabbricato

1.1 Breve descrizione del complesso edilizio

Il fabbricato si compone di più aggregati di forma pressoché rettangolare ed interconnessi tra loro, secondo la disposizione indicata in Figura 1.2. Si possono riconoscere i seguenti 5 corpi:

1. “Case vecchie” del 1250, oggi contenente l’Aula degli Stemmetti;
2. La torre e la parte di muro contiguo, appartenenti alla prima cinta di mura camerinese;
3. Il palazzo di Venanzio della prima metà del 1300;
4. Il “Palazzo novo” di Giulio Cesare (Quadriportico) della seconda metà del 1400;
5. Le “Logge” con la scala a chiocciola e gli speroni che reggono il cortile, risalenti al 1527.

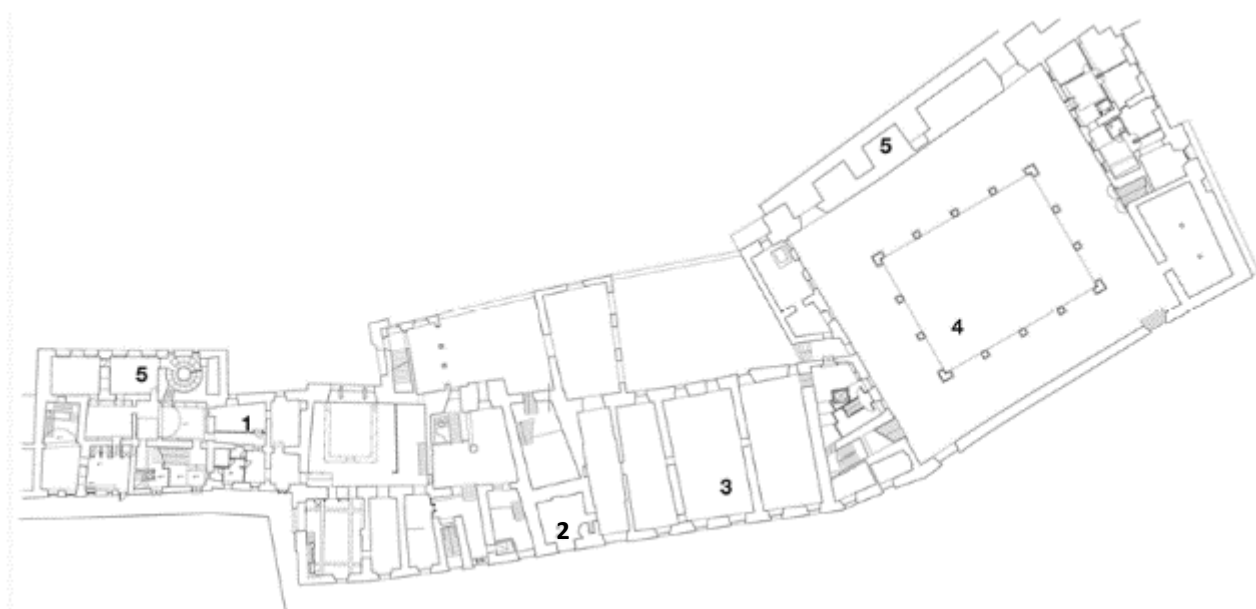



Figura 1.2 – Aggregati che formano il fabbricato

Il complesso edilizio è stato interessato nel tempo da forti terremoti ed interventi di restauro e consolidamento che ne hanno modificato la struttura.

Il terremoto del 1799, che sconvolse la città, produsse danni rilevanti alla copertura e al muro verso le stanze di Governo, vari crolli di soffitti, murature e volte interne, con minaccia di crollo del muro di facciata verso la Piazza. Importanti lavori di restauro e consolidamento furono eseguiti con la costruzione dello sperone su vicolo della Salara e la formazione di pilastri e sott’archi nel cortile maggiore.

	UNIVERSITA' DI CAMERINO	LAVORI DI RIPARAZIONE E MIGLIORAMENTO SIMICO DEL PALAZZO DUCALE DI CAMERINO	RELAZIONE DI CALCOLO ANTE E POST OPERAM
----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------	--------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

Nel 1850 furono eseguiti lavori sulla facciata esterna, con introduzione del balconcino al di sopra del Portale di ingresso.

Nel 1950 l'Università acquisisce e modifica alcuni ambienti nel Palazzo, con nuove aule ai lati del corridoio centrale, sopraelevazione di due soffitte con murature in mattoni forati per avere due grandi aule, previo radicale consolidamento statico, con rifacimenti murari a partire da terra e pesanti travature in cemento armato.

Nel 1957 viene redatto un Progetto di Risanamento, concentrato sui corpi prospettanti il Cortile che presentavano problemi strutturali preoccupanti, dovuti ad eventi sismici, geologici e bellici. Nel 1968 sono riaperte le finestre originali del Cortile precedentemente chiuse, con consolidamento delle riquadrature e ricalcatura dei graffiti sulla parete tra le finestre.

Nel periodo 1973-76 sono restaurati i prospetti della corte, con opere di impermeabilizzazione e consolidamento murario anche armato delle strutture verticali e orizzontali, di sottofondazione con l'utilizzo di micropali, di riprese di murature e di tiranti e con interventi di consolidamento mediante inserimento di barre di armatura nelle colonne e nelle arcate in pietra, consentendo la rimozione dei contrarchi in muratura sui lati nord-ovest e sud-est del portico.

I lavori eseguiti nella seconda metà del XIX secolo hanno in sostanza trasformato i prospetti della corte con la rimozione dei contrarchi ed hanno previsto importanti interventi di consolidamento con barre di armatura nelle colonne, negli archi e nelle pareti.

Con i lavori eseguiti dopo il sisma del 1997 sono state infine apportate importanti modifiche interne con sostanziali interventi anche di natura strutturale su pareti, corpi scala, capriate ed architravi, che a seguito delle scosse sismiche del 2016 sono risultati interessati da quadri fessurativi piuttosto significativi e talvolta da crolli locali.

1.2 Criteri di calcolo e di verifica

Ai fini dei calcoli statici e delle analisi sismiche il complesso edilizio è suddiviso in quattro corpi: il Corpo A, Corpo B, Corpo C1 e C2 (Figura 1.3).

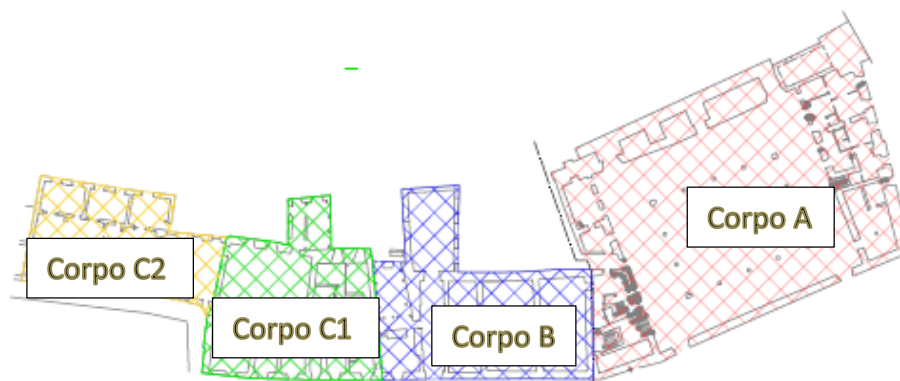


Figura 1.3 - Suddivisione del fabbricato per la modellazione strutturale

Le verifiche di vulnerabilità sismica sono condotte sia con analisi dinamiche lineari che con analisi statiche non lineari, facendo sempre ricorso ad un modello tridimensionale a telaio equivalente.

Le analisi sismiche sono precedute da una verifica di idoneità statica dei principali elementi strutturali sotto l'azione dei carichi statici. Valutata la condizione statica dell'immobile, si passa alla stima della vulnerabilità sismica mediante analisi statica non lineare (pushover), che permette di considerare le risorse duttili e la eventuale redistribuzione del taglio a seguito del collasso di una o più pareti portanti, finalizzata alla costruzione della curva di capacità e alla determinazione del livello di sicurezza dell'edificio quantificato attraverso il rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima di progetto di una nuova costruzione.

L'analisi di vulnerabilità sismica è completata con la verifica dei cinematismi attivabili nelle pareti murarie, calcolando i relativi livelli di sicurezza.

Le analisi sismiche dei vari corpi sono eseguite sia allo stato di fatto (ante operam), che allo stato di progetto (post operam), valutando l'incremento dei livelli di sicurezza.

Sono state eseguite due analisi di Risposta Sismica Locale (RSL), una riferita alla quota del Giardino Botanico, l'altra alla quota di Piazza Cavour, che hanno fornito entrambe uno spettro di risposta più gravoso di quello suggerito dalle NTC2018. **Nelle analisi è stato considerato lo spettro RSL riferito a Piazza Cavour in quanto ritenuto più congruente con la quota di imposta dei setti murari.**

La parte sottostrada dei vari corpi interessa infatti una porzione limitata dell'edificio ed è dotata di contrafforti che consentono di assimilare la struttura ad un corpo rigido collegato al terreno di fondazione, ciò che consente di considerare un modello per le analisi sismiche con la base dei setti murari alla quota del piano strada.

2 DEFINIZIONE DELLE AZIONI

2.1 Analisi delle azioni allo stato attuale

Nel seguito si riportano le azioni sui vari orizzontamenti distinguendo le azioni permanenti (“**G₁**”: permanenti strutturali; “**G₂**”: permanenti non strutturali) dalle azioni variabili (valori caratteristici “**Q_k**”).

CORPO A: Solaio piano ammezzato

CARICO TIPO 1A: solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio H_{tot}=20cm

G₁: p.p. solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio (i.=50cm) **(kN/m²) = 2,70**

- massetto (sp. = 9 cm) (kN/m²) = 1,80

- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40

- divisori (kN/m²) = 1,20

- intonaco (kN/m²) = 0,30

G₂: carico permanente **(kN/m²) = 3,70**

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00**

CARICO TIPO 2A: solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio H_{tot}=24cm

G₁: p.p. solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio (i.=50cm) **(kN/m²) = 3,00**

- massetto (sp. = 9 cm) (kN/m²) = 1,80

- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40

- divisori (kN/m²) = 1,20

- intonaco (kN/m²) = 0,30

G₂: carico permanente **(kN/m²) = 3,70**

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00**

CARICO TIPO 3A: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio $H_{tot}=24\text{cm}$

G1: p.p. solaio con travetti tralicciati blocchi di laterizio (i.=50cm) **(kN/m²) = 3,00**

- massetto (sp. = 9 cm) (kN/m²) = 1,80

- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40

- divisori (kN/m²) = 1,20

- intonaco (kN/m²) = 0,30

G2: carico permanente **(kN/m²) = 3,70**

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00**

CARICO TIPO 4A: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio $H_{tot}=20\text{cm}$

G1: p.p. solaio con travetti tralicciati e blocchi di laterizio (i.=50cm) **(kN/m²) = 2,70**

- massetto (sp.= 9 cm) (kN/m²) = 1,80

- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40

- divisori (kN/m²) = 1,20

- intonaco (kN/m²) = 0,30

G2: carico permanente **(kN/m²) = 3,70**

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00**

CORPO A: Solaio piano nobile**CARICO TIPO 5A: solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio $H_{tot}=20\text{cm}$** **G1:** p.p. solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio (i.=50cm) **(kN/m²) = 2,70**

- massetto (sp. = 9 cm) (kN/m²) = 1,80
 - pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40
 - divisori (kN/m²) = 1,60
 - intonaco (kN/m²) = 0,30
-

G2: carico permanente **(kN/m²) = 4,10****Q_k:** azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00****CARICO TIPO 6A: solaio con putrelle in acciaio tipo IPN 200 con voltine in laterizio e sottostanti volte in camorcanna****G1:** p.p. putrelle tipo IPN 200 (int.=80 cm) **(kN/m²) = 0,39**

- voltina in laterizio (kN/m²) = 1,00
 - materiale di riempimento (sp.medio=10 cm) (kN/m²) = 2,00
 - massetto (sp.=6 cm) (kN/m²) = 1,20
 - pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40
 - divisori (kN/m²) = 1,60
 - intonaco (kN/m²) = 0,30
-

G2: carico permanente **(kN/m²) = 6,50****Q_k:** azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00**

CARICO TIPO 7A: solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio $H_{tot}=20\text{cm}$ **G1: p.p. solaio con 2 travetti precompressi e blocchi di laterizio ($i.=50\text{cm}$)** **$(\text{kN}/\text{m}^2) = 3,05$** - massetto ($sp.=9\text{cm}$) $(\text{kN}/\text{m}^2) = 1,80$ - pavimento $S=1\text{ cm}$ $(\text{kN}/\text{m}^2) = 0,40$ - divisori $(\text{kN}/\text{m}^2) = 1,60$ - intonaco $(\text{kN}/\text{m}^2) = 0,30$

G2: carico permanente **$(\text{kN}/\text{m}^2) = 4,10$** **$Q_k$: azioni variabili (uffici aperti al pubblico)** **$(\text{kN}/\text{m}^2) = 3,00$** **CARICO TIPO 8A: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio $H_{tot}=20\text{cm}$** **G1: p.p. solaio con travetti tralicciati e blocchi di laterizio ($i.=50\text{cm}$)** **$(\text{kN}/\text{m}^2) = 2,70$** - massetto ($sp.=12\text{cm}$) $(\text{kN}/\text{m}^2) = 2,40$ - pavimento $S=1\text{ cm}$ $(\text{kN}/\text{m}^2) = 0,40$ - divisori $(\text{kN}/\text{m}^2) = 1,60$ - intonaco $(\text{kN}/\text{m}^2) = 0,30$

G2: carico permanente **$(\text{kN}/\text{m}^2) = 4,70$** **$Q_k$: azioni variabili (uffici aperti al pubblico)** **$(\text{kN}/\text{m}^2) = 3,00$**

CARICO TIPO 9A: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio $H_{tot}=24\text{cm}$ **G1: p.p. solaio con travetti tralicciati blocchi di laterizio ($i.=50\text{cm}$)** **$(\text{kN/m}^2) = 3,00$** - massetto ($sp.=9\text{cm}$) $(\text{kN/m}^2) = 1,80$ - pavimento $S=1\text{ cm}$ $(\text{kN/m}^2) = 0,40$ - divisori $(\text{kN/m}^2) = 1,60$ - intonaco $(\text{kN/m}^2) = 0,30$

G2: carico permanente **$(\text{kN/m}^2) = 4,10$** **Q_k : azioni variabili (uffici aperti al pubblico)** **$(\text{kN/m}^2) = 3,00$** **CARICO TIPO 10A: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio $H_{tot}=16\text{cm}$** **G1: p.p. solaio con travetti tralicciati e blocchi di laterizio ($i.=50\text{cm}$)** **$(\text{kN/m}^2) = 2,30$** - massetto ($sp.=12\text{cm}$) $(\text{kN/m}^2) = 2,40$ - pavimento $S=1\text{ cm}$ $(\text{kN/m}^2) = 0,40$ - divisori $(\text{kN/m}^2) = 1,60$ - intonaco $(\text{kN/m}^2) = 0,30$

G2: carico permanente **$(\text{kN/m}^2) = 4,70$** **Q_k : azioni variabili (uffici aperti al pubblico)** **$(\text{kN/m}^2) = 3,00$**

CARICO TIPO 11A: solaio con putrelle in acciaio tipo IPN 200 con voltine in laterizio e sottostanti volte in camorcanna

G1: p.p. putrelle tipo IPN 200 (int.=80cm)	(kN/m²) = 0,39
- voltina in laterizio	(kN/m ²) = 1,00
- materiale di riempimento (sp.medio=10cm)	(kN/m ²) = 2,00
- massetto (sp.=6cm)	(kN/m ²) = 1,20
- pavimento S=1 cm	(kN/m ²) = 0,40
- divisori	(kN/m ²) = 1,60
- intonaco	(kN/m ²) = 0,30
- volte in camorcanna	(kN/m ²) = 0,50

G2: carico permanente	(kN/m²) = 7,00
Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico)	(kN/m²) = 3,00

CARICO TIPO 12A: volta a crociera con mattoni disposti a coltello

G1: p.p. volta e soletta in c.a.	(kN/m²) = 3,06
- massetto (sp.=12cm)	(kN/m ²) = 2,40
- pavimento S=3 cm	(kN/m ²) = 1,20
- divisori	(kN/m ²) = 1,60
- intonaco	(kN/m ²) = 0,30

G2: carico permanente	(kN/m²) = 5,50
Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico)	(kN/m²) = 3,00

CORPO A: Solaio piano sottotetto**CARICO TIPO 13A: solaio in camorcanna****G1:** p.p. solaio in legno e camorcanna **(kN/m²) = 1,00****Q_k:** azioni variabili **(kN/m²) = 1,00****CORPO A: Solaio copertura****CARICO TIPO 14A: solaio in legno e pianelle****G1:** p.p. solaio in legno e pianelle **(kN/m²) = 1,50**- Manto di copertura in coppi **(kN/m²) = 0,80**

G2: carico permanente **(kN/m²) = 0,80****Q_k:** azioni variabili (neve) **(kN/m²) = 2,00****CORPO B: Solaio piano piano ammezzato****CARICO TIPO 15A: solaio voltato****G1:** p.p. volta con foglio di mattoni **(kN/m²) = 6,00**- massetto (sp.= 10cm) **(kN/m²) = 2,00**- pavimento S=1 cm **(kN/m²) = 0,40**- divisori **(kN/m²) = 1,60**- intonaco **(kN/m²) = 0,30**

G2: carico permanente **(kN/m²) = 4,30****Q_k:** azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00**

CORPO B: Solaio piano piano nobile**CARICO TIPO 16A: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio****G1: p.p. solaio con travetti tralicciati blocchi di laterizio (i.=50cm) (kN/m²) = 3,00**

- massetto (sp.= 10cm) (kN/m²) = 2,00
 - pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40
 - divisori (kN/m²) = 1,60
 - intonaco (kN/m²) = 0,30
-

G2: carico permanente (kN/m²) = 4,30**Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) (kN/m²) = 3,00****CORPO C: Solaio piano ammezzato / piano nobile****CARICO TIPO 17A: solaio in legno a doppia orditura con pannelle****G1: p.p. solaio in legno a doppia orditura con pannelle (kN/m²) = 1,50**

- massetto (sp.=6cm) (kN/m²) = 1,44
 - pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40
 - divisori (kN/m²) = 1,60
-

G2: carico permanente (kN/m²) = 3,44**Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) (kN/m²) = 3,00**

CORPO C: Solaio copertura**CARICO TIPO 18A: solaio in legno con capriate in legno e pannelle****G1:** p.p. solaio in acciaio e pannello in legno lamellare **(kN/m²) = 1,50**- Malta di allettamento (sp.=3cm) (kN/m²) = 0,60- Impermeabilizzazione (kN/m²) = 0,10- Manto di copertura in coppi (kN/m²) = 0,80

G2: carico permanente **(kN/m²) = 1,50****Q_k:** azioni variabili (neve) **(kN/m²) = 2,00**

2.2 Analisi delle azioni allo stato di progetto

2.2.1 Azioni sui solai

CORPO A: Solaio piano ammezzato

CARICO TIPO 1P: solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio $H_{tot}=20cm$

G1: p.p. solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio (i.=50cm)	(kN/m²) = 2,70
- massetto (sp.= 9cm)	(kN/m ²) = 1,80
- pavimento S=1 cm	(kN/m ²) = 0,40
- divisori	(kN/m ²) = 1,20
- intonaco	(kN/m ²) = 0,30

G2: carico permanente	(kN/m²) = 3,70
Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico)	(kN/m²) = 3,00

CARICO TIPO 2P: solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio $H_{tot}=24cm$

G1: p.p. solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio (i.=50cm)	(kN/m²) = 3,00
- massetto (sp.= 9cm)	(kN/m ²) = 1,80
- pavimento S=1 cm	(kN/m ²) = 0,40
- divisori	(kN/m ²) = 1,20
- intonaco	(kN/m ²) = 0,30

G2: carico permanente	(kN/m²) = 3,70
Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico)	(kN/m²) = 3,00

CARICO TIPO 3P: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio $H_{tot}=24cm$

G1: p.p. solaio con travetti tralicciati blocchi di laterizio (i.=50cm)	(kN/m²) = 3,00
- massetto (sp.= 9cm)	(kN/m ²) = 1,80
- pavimento S=1 cm	(kN/m ²) = 0,40
- divisori	(kN/m ²) = 1,20
- intonaco	(kN/m ²) = 0,30



G2: carico permanente **(kN/m²) = 3,70**

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00**

CARICO TIPO 4P: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio H_{tot}=20cm

G1: p.p. solaio con travetti tralicciati e blocchi di laterizio (i.=50cm) **(kN/m²) = 2,70**

- massetto (sp.= 9cm) **(kN/m²) = 1,80**

- pavimento S=1 cm **(kN/m²) = 0,40**

- divisori **(kN/m²) = 1,20**

- intonaco **(kN/m²) = 0,30**

G2: carico permanente **(kN/m²) = 3,70**

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00**

CORPO A: Solaio piano nobile**CARICO TIPO 5P: solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio $H_{tot}=20\text{cm}$** **G1:** p.p. solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio (i.=50cm) **(kN/m²) = 2,70**

- massetto (sp.= 9cm) (kN/m²) = 1,80
- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40
- divisori (kN/m²) = 1,60
- intonaco (kN/m²) = 0,30

G2: carico permanente **(kN/m²) = 4,10****Q_k:** azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00****CARICO TIPO 6P: solaio con putrelle in acciaio tipo IPN 200 con voltine in laterizio e sottostanti volte in camorcanna, rinforzato con realizzazione di soletta in cls alleggerito (sp.=5-6cm)****G1:** p.p. putrelle tipo IPN 200 (int.=80cm) e soletta in c.a. **(kN/m²) = 1,53**

- voltina in laterizio (kN/m²) = 1,00
- materiale di riempimento (sp.medio=10cm) (kN/m²) = 2,00
- massetto (sp.=6cm) (kN/m²) = 1,20
- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40
- divisori (kN/m²) = 1,60
- intonaco (kN/m²) = 0,30

G2: carico permanente **(kN/m²) = 6,50****Q_k:** azioni variabili (uffici aperti al pubblico) **(kN/m²) = 3,00****CARICO TIPO 7P: solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio $H_{tot}=20\text{cm}$** **G1:** p.p. solaio con 2 travetti precompressi e blocchi di laterizio (i.=50cm) **(kN/m²) = 3,05**

- massetto (sp.= 9cm) (kN/m²) = 1,80
- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40
- divisori (kN/m²) = 1,60

- intonaco (kN/m²) = 0,30

G2: carico permanente (kN/m²) = 4,10

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) (kN/m²) = 3,00

CARICO TIPO 8P: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio H_{tot}=20cm

G1: p.p. solaio con travetti tralicciati e blocchi di laterizio (i.=50cm) (kN/m²) = 2,70

- massetto (sp.= 12cm) (kN/m²) = 2,40

- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40

- divisori (kN/m²) = 1,60

- intonaco (kN/m²) = 0,30

G2: carico permanente (kN/m²) = 4,70

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) (kN/m²) = 3,00

CARICO TIPO 9P: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio H_{tot}=24cm

G1: p.p. solaio con travetti tralicciati blocchi di laterizio (i.=50cm) (kN/m²) = 3,00

- massetto (sp.= 9cm) (kN/m²) = 1,80

- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40

- divisori (kN/m²) = 1,60

- intonaco (kN/m²) = 0,30

G2: carico permanente (kN/m²) = 4,10

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) (kN/m²) = 3,00

CARICO TIPO 10P: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio H_{tot}=16cm

G1: p.p. solaio con travetti tralicciati e blocchi di laterizio (i.=50cm) (kN/m²) = 2,30

- massetto (sp.= 12cm) (kN/m²) = 2,40

- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40

- divisori (kN/m²) = 1,60

- intonaco (kN/m²) = 0,30

G2: carico permanente (kN/m²) = 4,70

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) (kN/m²) = 3,00

CARICO TIPO 11P: solaio con putrelle in acciaio tipo IPN 200 con voltine in laterizio e sottostanti volte in camorcanna, rinforzato con realizzazione di soletta in cls alleggerito (sp.=5-6cm)

G1: p.p. putrelle tipo IPN 200 (int.=80cm) e soletta in c.a. (kN/m²) = 1,53

- voltina in laterizio (kN/m²) = 1,00

- materiale di riempimento (sp.medio=10cm) (kN/m²) = 2,00

- massetto (sp.=6cm) (kN/m²) = 1,20

- pavimento S=1 cm (kN/m²) = 0,40

- divisori (kN/m²) = 1,60

- intonaco (kN/m²) = 0,30

- volte in camorcanna (kN/m²) = 0,50

G2: carico permanente (kN/m²) = 7,00

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) (kN/m²) = 3,00

CARICO TIPO 12P: volta a crociera con mattoni disposti a coltello, rinforzata con realizzazione di soletta in cls alleggerito (sp.=5-6cm)

G1: p.p. volta e soletta in c.a. (kN/m²) = 4,20

- massetto (sp.=12cm) (kN/m²) = 2,40

- pavimento S=3 cm (kN/m²) = 1,20

- divisori (kN/m²) = 1,60

- intonaco (kN/m²) = 0,30

G2: carico permanente (kN/m²) = 5,50

Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico) (kN/m²) = 3,00

CORPO A: Solaio piano sottotetto**CARICO TIPO 13P: solaio in acciaio e listelli in legno lamellare**

G1: p.p. solaio in acciaio e listelli in legno lamellare (sp.=8cm)	(kN/m²) = 1,00
G2: controsoffitto	(kN/m²) = 0,30
Q_k: azioni variabili	(kN/m²) = 1,00

CORPO A: Solaio copertura**CARICO TIPO 14P: solaio in acciaio e pannello in legno lamellare (sp.=8cm)**

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in legno lamellare (sp.=8cm)	(kN/m²) = 1,00
- Isolamento termico ed impermeabilizzazione	(kN/m²) = 0,30
- Manto di copertura in coppi	(kN/m²) = 0,80

G2: carico permanente	(kN/m²) = 1,10
Q_k: azioni variabili (neve)	(kN/m²) = 2,00

CORPO B: Solaio piano ammezzato**CARICO TIPO 15P: solaio voltato**

G1: p.p. volta con foglio di mattoni	(kN/m²) = 6,00
- massetto (sp.= 10cm)	(kN/m²) = 2,00
- pavimento S=1 cm	(kN/m²) = 0,40
- divisori	(kN/m²) = 1,60
- intonaco	(kN/m²) = 0,30

G2: carico permanente	(kN/m²) = 4,30
Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico)	(kN/m²) = 3,00

CORPO B: Solaio piano nobile**CARICO TIPO 16P: solaio con travetti tralicciati prefabbricati e blocchi di laterizio**

G1: p.p. solaio con travetti tralicciati blocchi di laterizio (i.=50cm)	(kN/m²) = 3,00
- massetto (sp.= 10cm)	(kN/m ²) = 2,00
- pavimento S=1 cm	(kN/m ²) = 0,40
- divisori	(kN/m ²) = 1,60
- intonaco	(kN/m ²) = 0,30

G2: carico permanente	(kN/m²) = 4,30
Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico)	(kN/m²) = 3,00

CORPO C: Solaio piano ammezzato / piano nobile**CARICO TIPO 17P: solaio in legno a doppia orditura con pannelle**

G1: p.p. solaio in legno a doppia orditura con pannelle	(kN/m²) = 1,50
- massetto (sp.=6cm)	(kN/m ²) = 1,44
- pavimento S=1 cm	(kN/m ²) = 0,40
- divisori	(kN/m ²) = 1,60

G2: carico permanente	(kN/m²) = 3,44
Q_k: azioni variabili (uffici aperti al pubblico)	(kN/m²) = 3,00

CORPO C: Solaio piano sottotetto**CARICO TIPO 18P: solaio in acciaio e tavolato**

G1: p.p. solaio in acciaio e tavolato in legno	(kN/m²) = 1,00
G2: controsoffitto	(kN/m²) = 0,30
Q_k: azioni variabili	(kN/m²) = 1,00

CORPO C: Solaio copertura**CARICO TIPO 19P: solaio in legno**

G1: p.p. solaio in legno	(kN/m²) = 1,50
- Malta di allettamento (sp.=3cm)	(kN/m ²) = 0,60
- Impermeabilizzazione	(kN/m ²) = 0,10
- Manto di copertura in coppi	(kN/m ²) = 0,80

G2: carico permanente	(kN/m²) = 1,50
Q_k: azioni variabili (neve)	(kN/m²) = 2,00

2.2.2 Azione della neve

Per la copertura, avendo l'area di intervento un'altezza sul livello del mare di circa 660 m "as" (Comune di Camerino (MC) Palazzo Ducale Da Varano, sito in via Del Bastione, 1), è stato assunto un sovraccarico di esercizio dovuto alla neve:

$$q_s = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

considerando anche la presenza di accumuli, come di seguito riportato.

Il carico neve, in condizioni ordinarie, è determinato con la

$$q_s = m_i q_{sk} C_E C_t \quad \text{essendo} \quad q_{sk} = 0,85 \left[1 + \left(\frac{a_s}{481} \right)^2 \right] = 2,45 \text{ kN/m}^2$$

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

C_E (coefficiente di esposizione) = 1

C_T (coefficiente termico) = 1

Nel caso in esame si assume:

$$q_s = 1,96 \text{ kN/m}^2$$

Nei calcoli a vantaggio di sicurezza si considera un sovraccarico pari a $q_s = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Coperture adiacenti o vicine a costruzioni più alte

Per il caso di neve depositata in assenza di vento si dovrà considerare la condizione denominata (Caso i) nella figura sottostante.

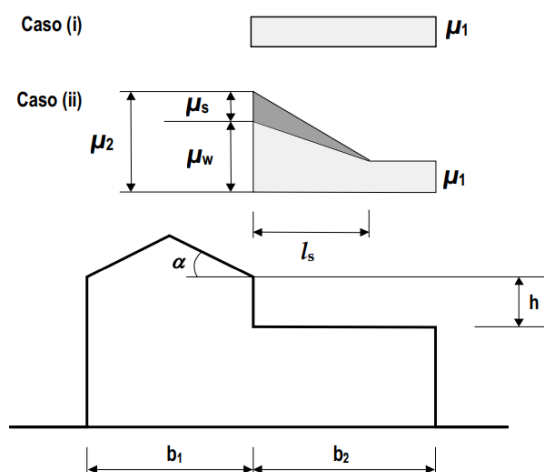


Figura C.3.4.5 - Coefficiente di forma per il carico neve – Coperture adiacenti a costruzioni più alte

Per il caso di carico da neve depositata in presenza di vento, si dovranno considerare gli effetti dei possibili accumuli causati dai due fenomeni seguenti:

- scivolamento della neve dalla copertura posta a quota superiore;
- deposito della neve nella zona di “ombra aerodinamica”.

La condizione di carico conseguente ai fenomeni di cui sopra è denominata (Caso ii) di figura.

I valori dei coefficienti di forma sono dati dalle espressioni seguenti:

$$\mu_1 = 0,80$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

in cui μ_s è il coefficiente di forma per il carico neve dovuto allo scivolamento della neve dalla copertura superiore, che vale:

- per $\alpha \leq 15^\circ \rightarrow \mu_s = 0$

- per $\alpha > 15^\circ \rightarrow \mu_s$ è calcolato in ragione del 50% del carico totale massimo insistente sulla falda della copertura superiore, valutato con riferimento al valore del coefficiente di forma appropriato per detta falda.

μ_w è il coefficiente di forma per il carico neve dovuto alla ridistribuzione operata dal vento, che vale:

$$\mu_w = \frac{(q_{+b})}{q_k} \leq \frac{q_{+b}}{q_k}$$

Il coefficiente μ_w deve comunque essere compreso tra ~~0,80~~ $0,80 \leq \mu_w \leq 4,0$.

La lunghezza della zona in cui si forma l'accumulo è data da $l_s = 2h$ e comunque $5 \leq l_s \leq 15 \text{ m}$.

Nel caso in cui $b_2 < l_s$ il valore del coefficiente di forma al livello della fine della copertura posta a quota inferiore deve essere valutato per interpolazione lineare tra i valori di μ_1 e μ_2 .

Nel caso in esame abbiamo che per la copertura bassa, $q_{s,accumulo} = 5,20 \text{ kN/mq}$

2.2.3 Azione sismica

Ai fini della valutazione delle **azioni sismiche** è necessario definire preliminarmente i parametri caratteristici dell'opera e del sito considerati:

- *vita nominale* (V_N);
- *classe d'uso*;
- *periodo di riferimento per l'azione sismica* (V_R);
- *categoria di sottosuolo* (S);
- *condizioni topografiche* (T).

Trattandosi di un edificio attualmente destinato ad uso ufficio si prevede un utilizzo dell'opera per la destinazione attuale per altri 50 anni circa, quindi si assume una vita nominale pari a:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

Il fabbricato ai sensi delle NTC2018, ricade nella classe d'uso III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi), per cui risulta:

$$C_u = 1,5$$

e un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a:

$$V_R = V_N \times C_u = 75 \text{ anni}$$

La categoria di sottosuolo di riferimento è la **B**: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*, come risulta dalla relazione denominata "Relazione geologica, relazione sismica, Relazione geotecnica preliminare" redatta dal Dott. Geol. Marcello Maccari il 07 Marzo 2022.

La condizione topografica del sito è la **T1**: superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

Si possono quindi definire gli **Spettri di risposta elastici** per i diversi stati limite considerati, dipendenti dalle caratteristiche del sito, dal periodo di ritorno del sisma (T_R), dal periodo di riferimento (V_R), e dalla probabilità di superamento dello stato limite considerato (P_{VR}).

Sono state eseguite due analisi di Risposta Sismica Locale (RSL), una riferita alla quota del Giardino Botanico, l'altra alla quota di Piazza Cavour. Nelle tabelle che seguono sono riportate le coordinate geografiche del sito e le informazioni sugli spettri di risposta elastici da normativa, messe a confronto con quelle derivanti dall'analisi di RSL.

Per lo spettro RSL è stato considerato quello scaturito dall'analisi RSL effettuata a livello di Piazza Cavour in quanto ritenuto più congruente con la quota di imposta dei setti murari.

Ubicazione del sito

Longitudine: 13.069732 Latitudine: 43.136663

Tipo di interpolazione: ☐ Media ponderata ([3] in §All. A) ☒ Superficie rigata [5CA]

Tab. 2, All. B:

Reticolo intorno al sito

Pericolosità sismica di base

T,R (anni)	a,g (g)	F,o	T,C* (sec)
30	0.066	2.437	0.280
50	0.082	2.437	0.290
72	0.096	2.428	0.290
101	0.110	2.436	0.300
140	0.125	2.437	0.310
201	0.143	2.457	0.319
475	0.194	2.517	0.329
975	0.246	2.563	0.339
2475	0.326	2.607	0.349

Approccio semplificato secondo Normativa

Categoria di sottosuolo

Categoria topografica

T,R (anni)	Orizzontale			Verticale		
	a,max (g)	F,o	T,C (sec)	a,max (g)	F,v	T,C (sec)
50	0.098	2.437	0.409	0.082	0.942	0.150
72	0.115	2.428	0.409	0.096	1.016	0.150
101	0.132	2.435	0.420	0.110	1.090	0.150
140	0.150	2.437	0.431	0.125	1.163	0.150
201	0.172	2.456	0.441	0.143	1.254	0.150
475	0.233	2.517	0.452	0.194	1.497	0.150
975	0.282	2.563	0.463	0.246	1.716	0.150
2475	0.346	2.607	0.474	0.326	2.009	0.150

☒ Approccio rigoroso con Analisi RSL

T,R (anni)	Orizzontale			Verticale		
	a,max (g)	F,o	T,C (sec)	a,max (g)	F,v	T,C (sec)
475	0.291	2.725	0.370	0.291	1.984	0.150

Vita nominale, Classe d'uso, Stati limite

Vita nominale (anni): $V_N = 50$

Classe d'uso:

Coefficiente d'uso: $C_U = 1.5$

Periodo di riferimento per l'azione sismica (anni): $V_R = V_N * C_U = 75$

Probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R (Tab. 3.2.I)

Tempo di ritorno $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$

Stati Limite	P,VR (%)	T,R (anni)
SLO	81	45
SLD	63	75
SLV	10	712
SLC	5	1462

Parametri di Spettro

Approccio semplificato secondo Normativa:

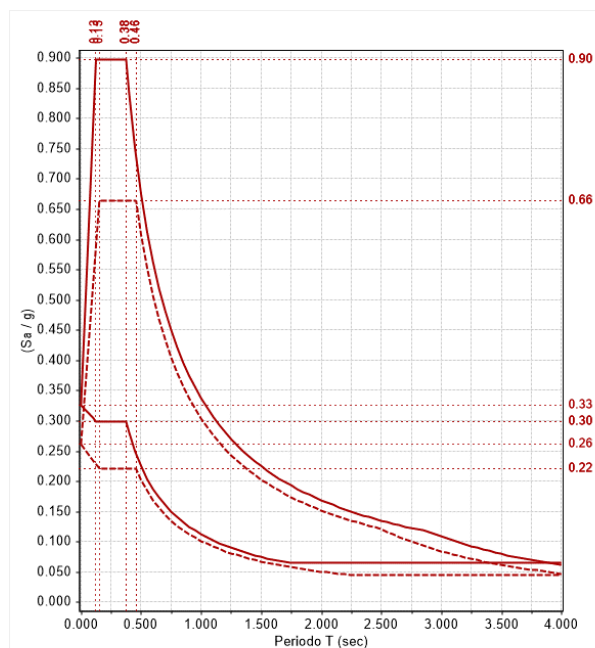
Stati Limite	T,R (anni)	Orizzontale							Verticale					
		a,g (g)	S,S	S	F,o	T,B (sec)	T,C (sec)	T,D (sec)	a,g (g)	S	F,v	T,B (sec)	T,C (sec)	T,D (sec)
SLO	45	0.078	1.200	1.200	2.437	0.135	0.406	1.912	0.078	1.000	0.919	0.050	0.150	1.000
SLD	75	0.098	1.200	1.200	2.429	0.137	0.410	1.992	0.098	1.000	1.027	0.050	0.150	1.000
SLV	712	0.222	1.174	1.174	2.543	0.153	0.459	2.488	0.222	1.000	1.618	0.050	0.150	1.000
SLC	1462	0.278	1.113	1.113	2.582	0.156	0.467	2.712	0.278	1.000	1.838	0.050	0.150	1.000

Approccio rigoroso con Analisi RSL:

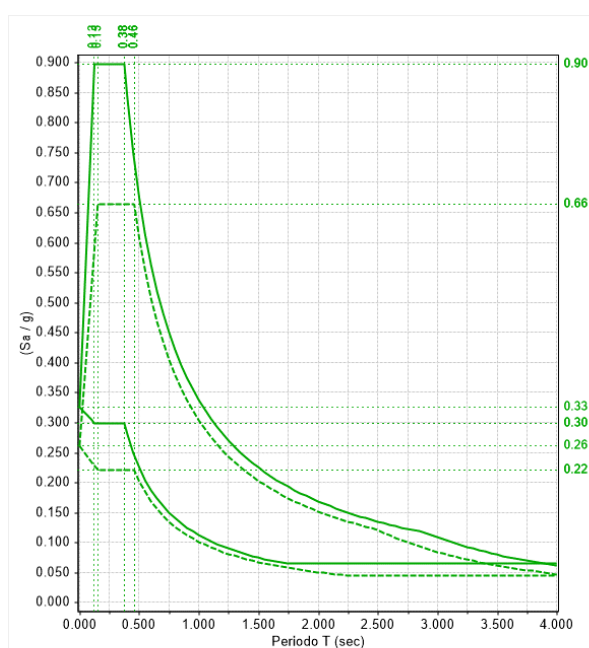
Stati Limite	T,R (anni)	Orizzontale					Verticale				
		a,max (g)	F _o	T,B (sec)	T,C (sec)	T,D (sec)	a,max (g)	F _v	T,B (sec)	T,C (sec)	T,D (sec)
SLO	45	0.117	2.638	0.111	0.332	2.068	0.117	1.218	0.050	0.150	1.000
SLD	75	0.147	2.630	0.112	0.336	2.188	0.147	1.361	0.050	0.150	1.000
SLV	712	0.326	2.753	0.125	0.376	2.903	0.333	2.144	0.050	0.150	1.000
SLC	1462	0.387	2.795	0.127	0.382	3.147	0.417	2.436	0.050	0.150	1.000

Gli **spettri di risposta elastici di riferimento**, relativi alle coordinate geografiche del sito e definiti su **terreno di categoria B** e **condizione topografica T1**, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento relativo a ciascuno dei 4 stati limite previsti dalle NTC sono riportati nel diagramma seguente.

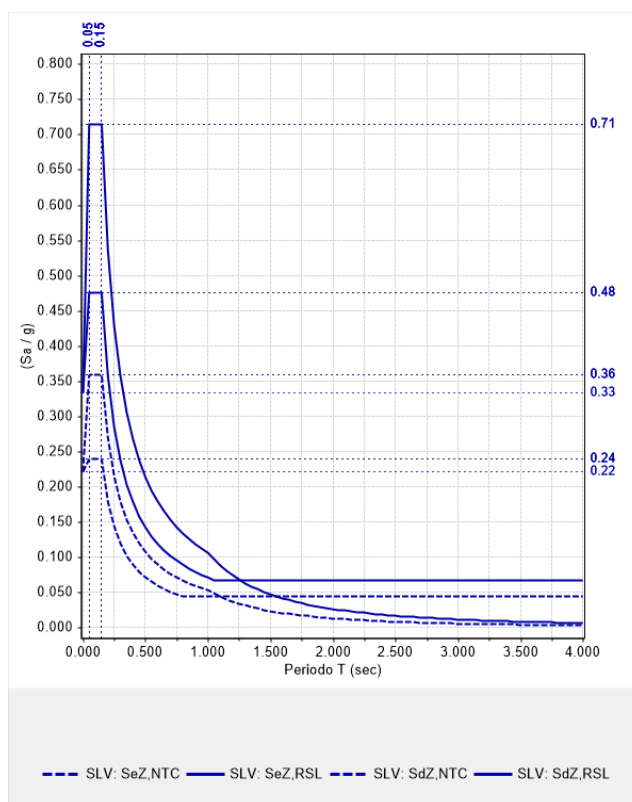
Nelle figure che seguono gli spettri NTC sono posti a confronto con quelli derivanti dall'analisi di RSL effettuata a livello di Piazza Cavour.



--- SLV: SeX,NTC — SLV: SeX,RSL --- SLV: SdX,NTC — SLV: SdX,RSL



--- SLV: SeY,NTC — SLV: SeY,RSL --- SLV: SdY,NTC — SLV: SdY,RSL



La valutazione della sicurezza sismica sarà pertanto eseguita con lo spettro RSL con riferimento al solo SLV, come suggerita dalle NTC 2018 per gli edifici esistenti.

2.2.4 Masse efficaci

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

$$G_1 + G_2 + S y_{2j} Q_{kj}$$

i valori del coefficiente di combinazione y_{2j} sono riportati nella tabella seguente.

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 - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
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

Tabella 2.1 - Valori dei coefficienti di combinazione

La determinazione delle masse sismiche di piano associate ai carichi gravitazionali in base ai coefficienti di cui sopra, è stata effettuata direttamente dal codice di calcolo tramite i carichi verticali assegnati alle singole aste ed ai pesi propri delle strutture determinati automaticamente noto il peso specifico del materiale.

2.2.5 Combinazioni delle azioni

Le combinazioni considerate sono le stesse utilizzate per gli edifici di nuova costruzione; la combinazione ai massimi carichi verticali e la combinazione di carico utilizzata in situazione sismica sono rispettivamente:

$$F_d = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_Q [Q_{1k} + \sum (\psi_{0j} Q_{kj})]$$

con $\gamma_{G1}=1,3$ e $\gamma_{G2}=1,5$

$$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \sum (\psi_{2j} * Q_{kj})$$

con ψ_{2j} coefficiente di combinazione dell'azione variabile Q_{kj} .

3 CRITERI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA

3.1 Requisiti di sicurezza

Le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 17 gennaio 2018, prevedono per le costruzioni esistenti in muratura la verifica dello Stato Limite Ultimo; in particolare la normativa prevede il soddisfacimento della verifica allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, senza richiedere la verifica degli Stati Limite di Esercizio.

I valori delle azioni, le loro combinazioni e le prestazioni da accertare, per la valutazione della sicurezza, sono quelle definite dalla normativa per le nuove costruzioni. In particolare, in condizioni sismiche, la costruzione oggetto di verifica deve avere le seguenti prestazioni:

- *SLV: la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;*

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 3.1 Probabilità di superamento in relazione ai diversi Stati Limite

3.2 Criteri di verifica e definizione dei livelli di sicurezza

La verifica sismica del fabbricato è stata svolta considerando sia i meccanismi globali cioè quelli che interessano l'intera costruzione e impegnano i pannelli murari prevalentemente nel loro piano, sia i meccanismi locali, che interessano i singoli pannelli murari o più ampie porzioni della costruzione e impegnano i pannelli stessi prevalentemente fuori dal loro piano.

Per la determinazione dei *livelli di sicurezza* si fa riferimento al raggiungimento di un determinato stato limite, individuando i valori di accelerazione al suolo (PGA_C) e il corrispondente periodo di ritorno (T_{RC}), con riferimento allo SLV o in alternativa allo SLC:

- PGA_{CLC} = capacità per lo stato limite di prevenzione del collasso (SLC);
- PGA_{CLV} = capacità per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Analogamente per i periodi di ritorno T_{RC} , i cui indici diventano T_{RCLC} e T_{RCLV} , rispettivamente per gli stati limite SLC e SLV.

Con l'attuale normativa, la valutazione della sicurezza degli edifici esistenti, per quanto possibile deve essere effettuata in rapporto a quella richiesta per edifici nuovi. Pertanto, le NTC introducono due nuovi parametri che costituiscono fattori indicativi per un rapido confronto tra l'azione sopportabile da una struttura esistente e quella richiesta per il nuovo:

- ζ_E definito come il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione sul medesimo suolo e con le medesime caratteristiche (periodo proprio, fattore di comportamento, ecc...). Il parametro di confronto dell'azione sismica da adottare per la definizione di ζ_E è, salvo casi particolari, l'accelerazione al suolo $a_g S$;
- $\zeta_{v,i}$ definito come il rapporto tra il valore massimo del sovraccarico verticale variabile sopportabile dalla parte i-esima della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

3.3 Metodi di verifica impiegati

Le verifiche sismiche sono state eseguite sia con analisi dinamica lineare che con analisi statica non lineare, facendo ricorso ad un modello tridimensionale a telaio equivalente ed operando con il codice di calcolo Aedes PCM.

Definito il modello a telaio equivalente, sul software ad elementi finiti, si procede dapprima alla verifica dell'idoneità statica dei principali elementi strutturali sotto l'azione dei carichi statici nella condizione attuale. Successivamente si esegue la verifica sismica con analisi dinamica lineare per poi procedere con l'analisi statica non lineare (pushover), che permette di considerare le risorse duttili e la eventuale redistribuzione del taglio a seguito del collasso di una o più pareti portanti,

finalizzata alla costruzione della curva di capacità e alla determinazione del livello di sicurezza dell'edificio nel suo complesso. Dopo le analisi statiche e sismiche si esaminano i cinematismi attivabili nelle murature, ottenendo i livelli di sicurezza dei singoli meccanismi.

Stabiliti i livelli di sicurezza allo stato attuale, si determinano i nuovi livelli di sicurezza globali tenendo conto degli interventi di ripristino e miglioramento sismico del fabbricato.

Per quanto riguarda invece i meccanismi locali di collasso, si prevedono interventi atti a garantire l'adeguamento sismico.

3.4 Modellazione

La modellazione dell'edificio è stata effettuata con il software AEDES PCM, che permette di ottenere un modello tridimensionale della struttura a "telaio equivalente", con schematizzazione in elementi verticali (maschi murari) ed elementi orizzontali (strisce e fasce sottofinestra), mediante aste di opportuna rigidità e link rigidi nelle intersezioni tra maschi e fasce.

La valutazione della vulnerabilità è stata condotta secondo il seguente schema:

- Analisi modale per l'individuazione dei modi di vibrare principali, periodi di vibrazione e masse partecipanti nelle due direzioni x, y;
- Analisi statica non lineare (pushover) per la valutazione del comportamento dell'edificio in condizione sismica.

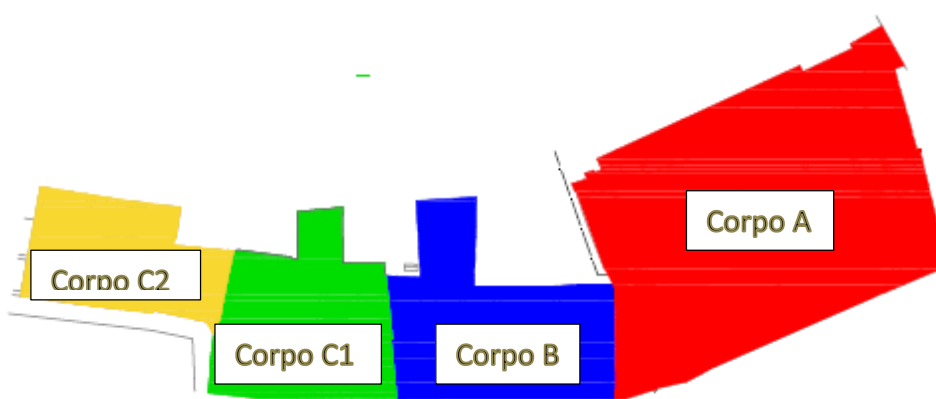
Tutte le analisi sono state eseguite valutando la sicurezza degli elementi strutturali nei confronti dello stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

Poiché la parte sottostrada dei vari corpi interessa una porzione limitata dell'edificio ed è dotata di contrafforti che consentono di assimilare la struttura ad un corpo rigido collegato al terreno di fondazione, **il modello considerato per le analisi sismiche (globali e dei meccanismi locali) fissa la base dei setti murari alla quota del piano strada.**

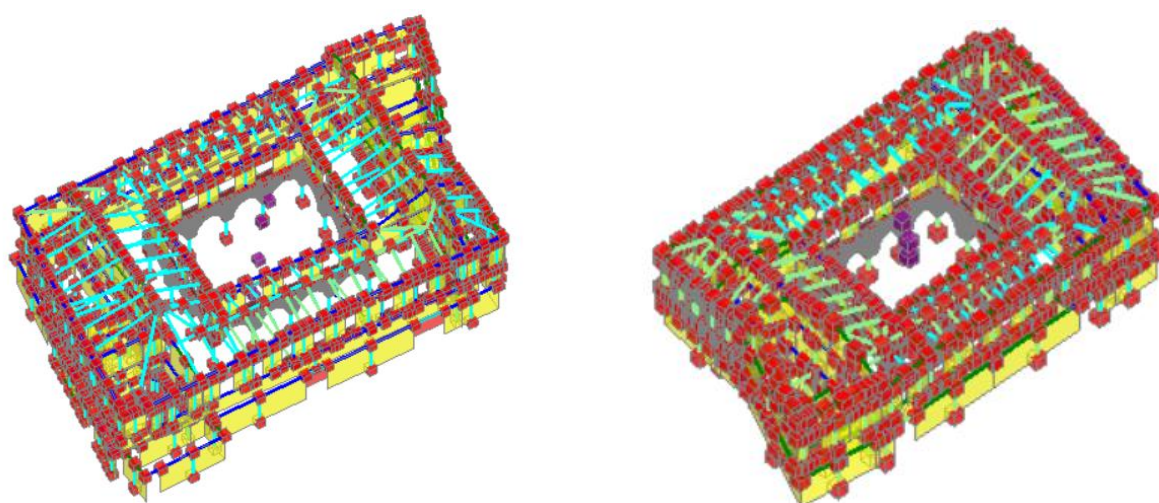
La definizione dei maschi murari e delle fasce di piano è stata fatta in modo da riprodurre realisticamente il comportamento della struttura sia sotto i carichi verticali, sia sotto l'azione orizzontale sismica; nel modello dello stato di fatto detti elementi sono stati vincolati ai maschi murari con cerniere, per tener in considerazione il loro attuale stato di degrado.

Nell'analisi pushover è stato considerato per il Primo Gruppo, le curve A (Forze proporzionali alle forze statiche) e per il Secondo Gruppo le curve E (Forze proporzionali alle masse), considerando le due direzioni principali x, y.

Il fabbricato, come già detto, è stato modellato considerando quattro corpi, il corpo A, il corpo B, il corpo C1 e C2.



3.4.1 Corpo A



3.4.2 Corpo B

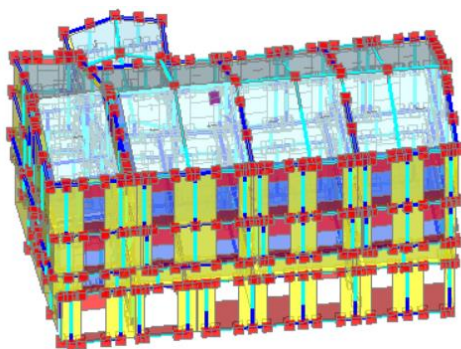


Figura 3.1 - Modello tridimensionale allo stato attuale

3.4.3 Corpo C1

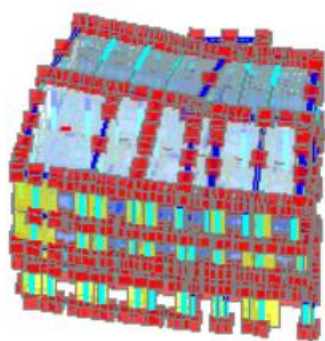


Figura 3.2 - Modello tridimensionale allo stato attuale

3.4.4 Corpo C2

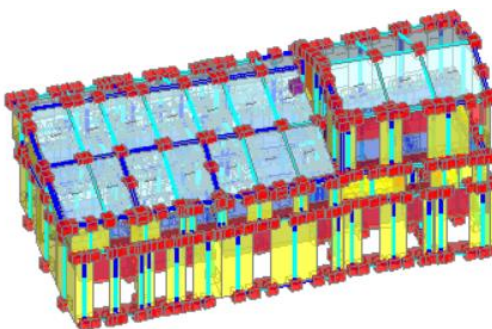


Figura 3.3 - Modello tridimensionale allo stato attuale

In tutti i casi in merito al comportamento della muratura si assumono le seguenti ipotesi di base:

- nessuna resistenza a trazione;
- modello di comportamento elastico-perfettamente plastico.

4 VERIFICA SISMICA ANTE OPERAM

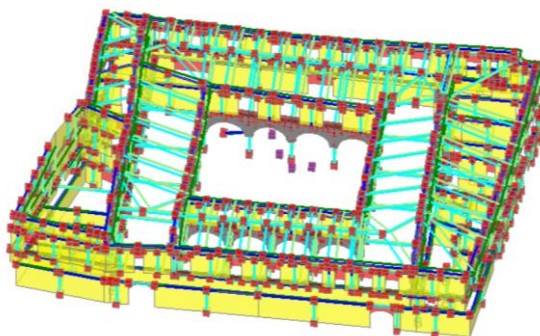
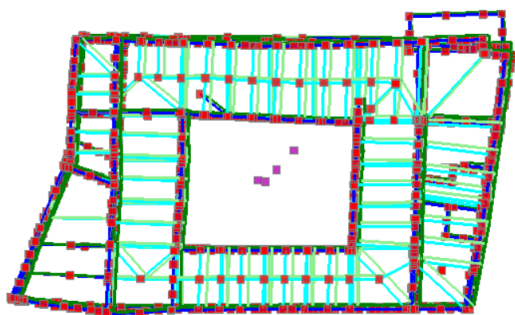
4.1 Analisi modale

Le analisi dinamiche sono state eseguite sul modello tridimensionale considerando i modi di vibrare necessari per raggiungere almeno l'85% di massa partecipante; nella tabella che segue è sintetizzata la distribuzione delle masse partecipanti e successivamente sono riportate le deformate relative ai primi modi fondamentali.

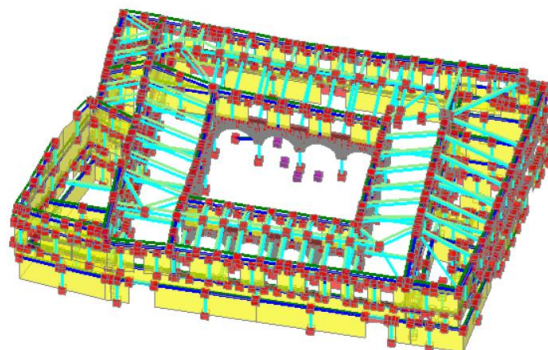
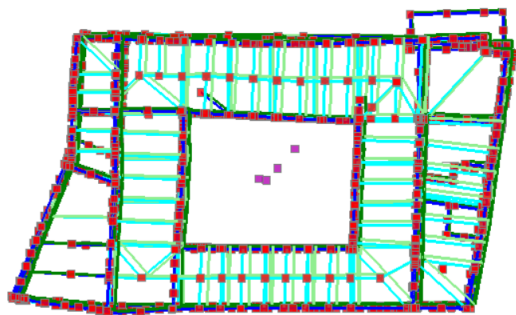
4.1.1 Corpo A

Modo	Autovalore (rad/sec) ²	Frequenza (cicli/sec)	Periodo (sec)	Masse modali efficaci (% sulla massa totale)			Totale progressivo %			Quote masse modali efficaci (m)		
				X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	2.47548E02	2.5E00	0.399	0.359	0.000	0.003	0.359	0.000	0.003	13.839	13.907	14.506
2	5.45591E02	3.7E00	0.269	0.030	0.109	0.115	0.389	0.109	0.118	12.724	11.509	14.247
3	6.75816E02	4.1E00	0.242	0.014	0.011	0.017	0.403	0.120	0.135	12.858	11.764	14.515
4	6.94447E02	4.2E00	0.238	0.233	0.032	0.017	0.636	0.153	0.152	12.296	11.600	14.437
5	9.56264E02	4.9E00	0.203	5.786	69.681	0.004	6.422	69.833	0.156	9.814	9.485	8.872
6	1.25181E03	5.6E00	0.178	0.576	0.026	0.082	6.998	69.860	0.238	11.065	11.335	13.805
7	1.30342E03	5.7E00	0.174	61.560	11.050	0.042	68.559	80.910	0.280	9.783	9.104	9.380
8	1.61239E03	6.4E00	0.156	0.073	0.004	0.016	68.632	80.914	0.296	10.526	11.237	13.367
9	1.82183E03	6.8E00	0.147	6.793	5.505	0.001	75.425	86.420	0.297	9.976	9.975	9.580
10	1.92721E03	7.0E00	0.143	0.042	0.002	0.000	75.467	86.422	0.297	9.918	9.727	9.473
11	2.01424E03	7.1E00	0.140	0.008	0.002	0.173	75.475	86.424	0.470	10.599	9.607	12.870
12	2.28211E03	7.6E00	0.132	2.778	0.237	0.008	78.253	86.661	0.478	9.805	9.618	9.287
13	2.59512E03	8.1E00	0.123	0.000	0.664	0.000	78.254	87.325	0.478	9.550	9.519	8.375
14	2.93841E03	8.6E00	0.116	0.398	0.014	0.159	78.651	87.339	0.637	9.713	9.873	11.971
15	3.60558E03	9.6E00	0.105	0.883	0.017	0.001	79.534	87.356	0.638	9.239	10.032	12.507
16	3.75127E03	9.7E00	0.103	0.101	0.128	0.007	79.635	87.483	0.645	7.544	9.431	9.398
17	3.80307E03	9.8E00	0.102	0.007	0.001	0.002	79.642	87.485	0.647	9.189	8.720	10.449
18	4.31955E03	1.0E01	0.096	0.362	4.095	0.026	80.004	91.580	0.673	8.367	8.833	9.371
19	4.68466E03	1.1E01	0.092	0.903	0.043	0.041	80.908	91.623	0.714	9.231	7.602	9.879
20	4.87155E03	1.1E01	0.090	0.000	1.203	0.000	80.908	92.826	0.714	8.292	8.306	9.228
21	5.11960E03	1.1E01	0.088	0.005	0.023	0.000	80.913	92.849	0.714	8.584	7.732	8.927
22	5.42094E03	1.2E01	0.085	0.825	2.116	0.032	81.738	94.965	0.746	8.344	7.624	9.289
23	5.55053E03	1.2E01	0.084	3.540	0.300	0.444	85.278	95.265	1.190	8.428	7.951	9.791
24	5.64441E03	1.2E01	0.084	0.004	0.007	23.528	85.283	95.272	24.718	10.328	8.520	9.610
25	5.78914E03	1.2E01	0.083	0.024	0.010	8.634	85.306	95.282	33.352	9.339	10.314	9.593
26	5.83417E03	1.2E01	0.082	0.232	0.123	0.006	85.538	95.405	33.357	8.005	10.140	9.380
27	5.94332E03	1.2E01	0.082	0.350	0.008	7.214	85.888	95.413	40.571	7.900	8.073	9.300
28	6.01590E03	1.2E01	0.081	4.098	0.096	0.469	89.987	95.509	41.040	8.147	8.687	9.455
29	6.08349E03	1.2E01	0.081	0.278	0.136	0.567	90.265	95.645	41.607	8.507	7.982	9.474
30	6.23077E03	1.3E01	0.080	0.006	0.001	0.001	90.270	95.646	41.608	8.126	8.620	10.198
31	6.29782E03	1.3E01	0.079	0.681	0.119	0.089	90.951	95.764	41.697	7.683	8.701	9.144
32	6.32722E03	1.3E01	0.079	0.068	0.084	1.256	91.019	95.848	42.953	7.712	7.367	9.025
33	6.40621E03	1.3E01	0.079	0.137	0.306	3.134	91.156	96.154	46.087	8.289	8.177	9.317

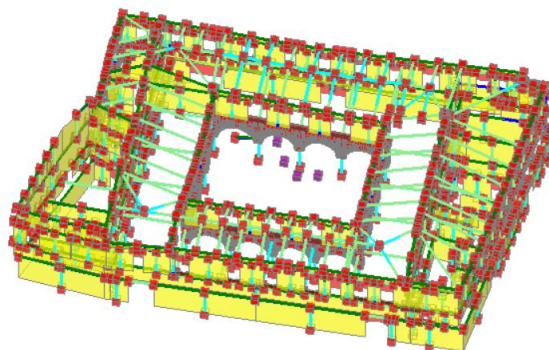
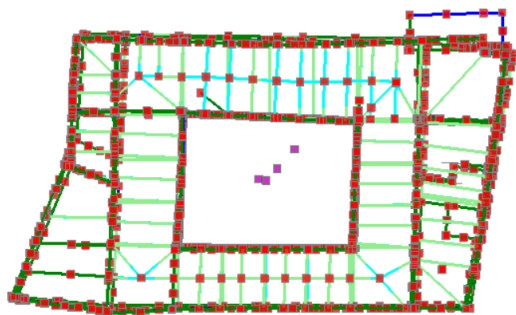
34	6.54954E03	1.3E01	0.078	1.897	0.016	0.066	93.053	96.169	46.153	9.140	8.742	9.804
35	6.61199E03	1.3E01	0.077	0.001	0.002	0.359	93.054	96.171	46.511	8.637	9.043	9.287
36	6.62898E03	1.3E01	0.077	0.024	0.023	0.005	93.079	96.194	46.517	9.571	8.155	8.961
37	6.74505E03	1.3E01	0.077	0.017	0.000	3.602	93.096	96.194	50.118	8.530	9.220	9.334
38	6.79320E03	1.3E01	0.076	0.043	0.003	0.351	93.139	96.197	50.469	8.900	10.057	9.753
39	7.01882E03	1.3E01	0.075	0.070	0.002	0.033	93.209	96.199	50.502	8.873	8.773	8.599
40	7.10858E03	1.3E01	0.075	0.003	0.000	0.001	93.212	96.199	50.503	8.337	9.758	9.926
41	7.18128E03	1.3E01	0.074	0.156	0.013	0.194	93.368	96.213	50.697	7.521	7.919	8.552
42	7.27061E03	1.4E01	0.074	0.617	0.358	0.165	93.985	96.571	50.861	7.310	7.672	8.903
43	7.41144E03	1.4E01	0.073	0.019	0.000	4.053	94.004	96.571	54.914	8.966	9.284	9.281
44	7.47751E03	1.4E01	0.073	1.730	0.213	0.016	95.735	96.784	54.930	7.109	8.208	8.914
45	7.60802E03	1.4E01	0.072	0.019	0.001	0.665	95.753	96.785	55.595	8.642	9.718	9.745
46	7.74195E03	1.4E01	0.071	0.229	0.155	0.422	95.982	96.940	56.017	9.535	9.698	9.111
47	7.81681E03	1.4E01	0.071	0.244	0.150	0.832	96.226	97.090	56.849	9.193	9.409	9.595
48	7.91880E03	1.4E01	0.071	0.026	0.021	0.341	96.252	97.111	57.190	8.992	9.130	10.450
49	7.95948E03	1.4E01	0.070	0.056	0.041	1.450	96.308	97.152	58.641	8.646	8.945	9.566
50	8.00803E03	1.4E01	0.070	0.266	0.002	0.733	96.574	97.154	59.373	7.411	9.094	9.195



Modo principale di vibrare in direzione X: T=0,174 sec



Modo principale di vibrare in direzione Y: T=0,203 sec

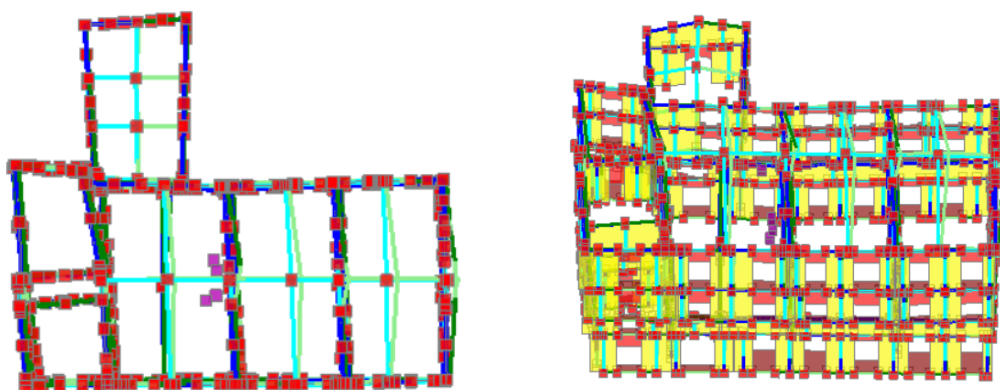


Modo principale di vibrare rotazionale: T=0,084 sec

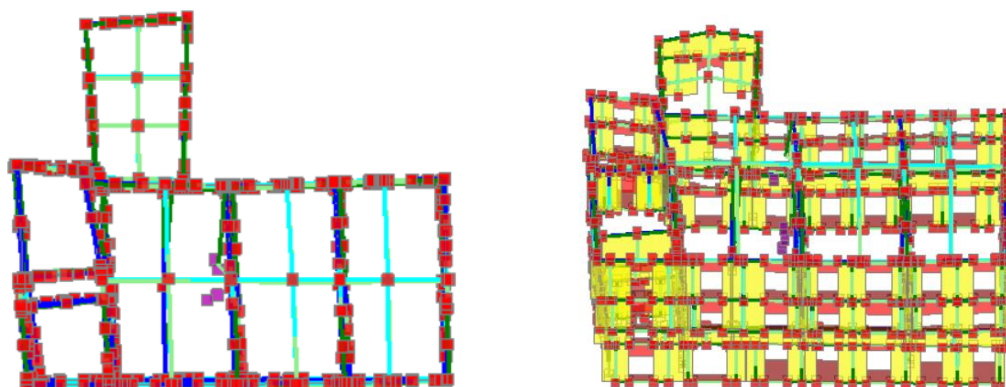
4.1.2 Corpo B

	Modo	Autovalore	Frequenza	Periodo	Masse modali efficaci			Totale progressivo %			Quote masse modali efficaci		
		(rad/sec)^2	(cicli/sec)	(sec)	(% sulla massa totale)						(m)		
					X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1		1.84917E02	2.2E00	0.462	0.077	1.014	0.032	0.077	1.014	0.032	16.692	16.102	19.145
2		3.15993E02	2.8E00	0.353	0.003	2.947	0.471	0.080	3.960	0.503	16.154	15.286	17.594
3		3.53087E02	3.0E00	0.334	56.616	1.677	0.001	56.696	5.637	0.504	13.362	13.518	13.237
4		4.29367E02	3.3E00	0.303	0.535	4.489	0.004	57.230	10.126	0.508	12.908	14.349	13.740
5		4.86250E02	3.5E00	0.285	0.381	4.670	0.191	57.611	14.796	0.699	15.466	14.112	17.169
6		5.70790E02	3.8E00	0.263	4.262	41.171	0.045	61.873	55.967	0.744	13.115	12.933	13.666
7		5.96385E02	3.9E00	0.257	10.318	1.774	0.100	72.191	57.741	0.844	12.617	13.521	16.611
8		6.91126E02	4.2E00	0.239	0.015	16.261	0.022	72.207	74.001	0.866	16.774	13.030	15.414
9		7.55515E02	4.4E00	0.229	11.184	0.004	0.037	83.391	74.005	0.903	12.284	17.537	17.756
10		8.57113E02	4.7E00	0.215	2.685	1.088	0.097	86.076	75.094	1.000	12.526	15.976	16.682
11		1.06057E03	5.2E00	0.193	0.611	0.000	0.091	86.687	75.094	1.091	15.752	18.763	16.988
12		1.16642E03	5.4E00	0.184	0.401	3.846	0.006	87.088	78.940	1.097	15.030	13.539	15.667
13		1.37954E03	5.9E00	0.169	5.234	0.017	0.163	92.322	78.956	1.260	13.082	16.631	16.491
14		1.53905E03	6.2E00	0.160	0.559	1.780	0.306	92.881	80.736	1.566	14.086	13.178	16.886
15		1.84799E03	6.8E00	0.146	2.092	5.137	0.061	94.974	85.874	1.626	11.980	11.608	15.714
16		2.25877E03	7.6E00	0.132	0.828	1.149	0.000	95.801	87.023	1.626	13.179	13.560	14.073
17		2.45185E03	7.9E00	0.127	0.225	1.856	0.659	96.027	88.879	2.286	12.394	12.999	14.577
18		2.60129E03	8.1E00	0.123	0.817	2.982	0.031	96.843	91.861	2.316	12.139	11.245	13.419
19		2.90883E03	8.6E00	0.116	0.001	4.547	1.784	96.844	96.408	4.100	17.300	11.786	13.375
20		3.19583E03	9.0E00	0.111	2.333	1.238	0.770	99.177	97.646	4.870	11.361	12.618	12.449
21		3.29213E03	9.1E00	0.110	0.046	0.037	0.511	99.223	97.683	5.381	11.317	12.482	10.551
22		3.62776E03	9.6E00	0.104	0.007	0.488	8.707	99.231	98.171	14.087	15.929	14.624	12.567
23		4.05107E03	1.0E01	0.099	0.011	0.006	3.348	99.242	98.177	17.435	16.516	18.597	12.526
24		4.09624E03	1.0E01	0.098	0.015	0.039	27.308	99.257	98.216	44.743	13.376	13.835	12.005
25		4.15582E03	1.0E01	0.097	0.054	0.017	25.603	99.311	98.233	70.346	12.400	13.635	12.100
26		4.29452E03	1.0E01	0.096	0.295	0.232	2.921	99.606	98.465	73.267	12.678	14.461	12.896
27		4.55135E03	1.1E01	0.093	0.077	0.012	0.860	99.683	98.477	74.127	13.009	18.335	12.389
28		4.59426E03	1.1E01	0.093	0.017	0.000	0.887	99.699	98.477	75.014	17.901	16.329	12.067

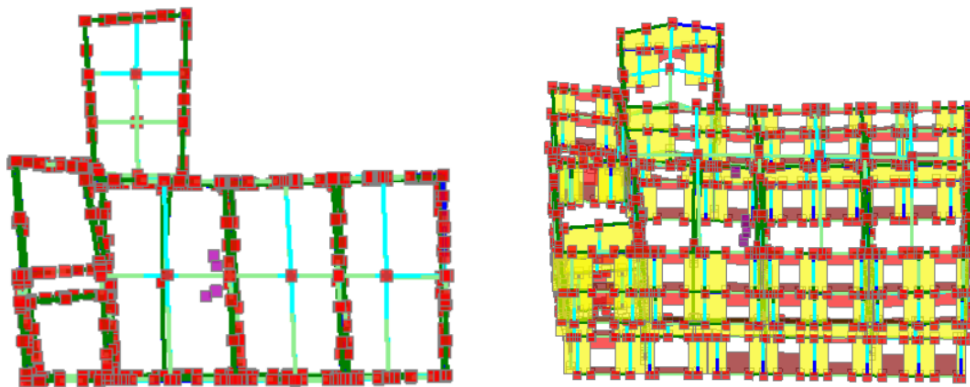
29	5.25683E03	1.2E01	0.087	0.006	0.022	0.127	99.705	98.499	75.141	16.831	15.557	12.057
30	5.76252E03	1.2E01	0.083	0.000	0.889	0.067	99.705	99.388	75.207	16.551	12.125	13.543
31	5.88579E03	1.2E01	0.082	0.008	0.150	0.008	99.713	99.538	75.215	15.609	13.819	14.974
32	6.52141E03	1.3E01	0.078	0.010	0.002	0.004	99.723	99.540	75.220	15.104	18.595	13.373
33	7.05463E03	1.3E01	0.075	0.018	0.061	1.393	99.741	99.601	76.613	13.876	13.654	12.800
34	7.46352E03	1.4E01	0.073	0.009	0.141	0.004	99.750	99.742	76.617	14.635	13.558	14.393
35	8.05591E03	1.4E01	0.070	0.003	0.002	2.484	99.754	99.744	79.101	17.312	14.585	13.011
36	8.17712E03	1.4E01	0.069	0.014	0.032	2.608	99.768	99.776	81.709	14.163	16.340	12.869
37	8.59930E03	1.5E01	0.068	0.013	0.001	1.399	99.781	99.776	83.109	15.835	14.894	12.628
38	8.97122E03	1.5E01	0.066	0.000	0.002	1.382	99.781	99.778	84.490	18.994	16.916	11.939
39	9.12585E03	1.5E01	0.066	0.000	0.001	0.555	99.781	99.779	85.046	18.244	17.354	11.956



Modo principale di vibrare in direzione X: T=0,334 sec



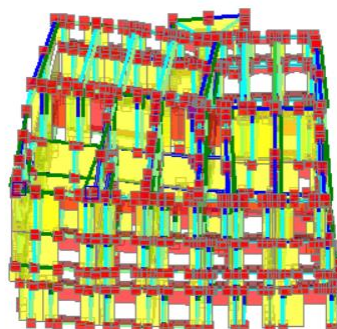
Modo principale di vibrare in direzione Y: T=0,263 sec



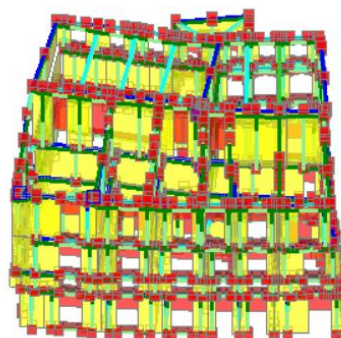
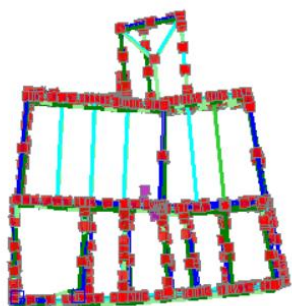
Modo principale di vibrare rotazionale: T=0,098 sec

4.1.3 Corpo C1

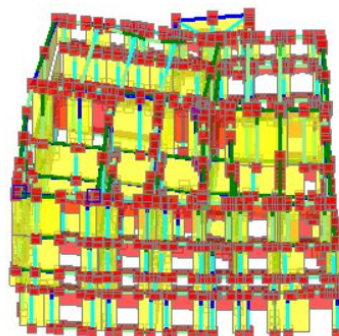
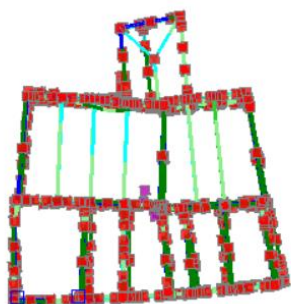
	Modo	Autovalore	Frequenza	Periodo	Masse modali efficaci			Totale progressivo %			Quote masse modali efficaci		
		(rad/sec)^2	(cicli/sec)	(sec)	(% sulla massa totale)						(m)		
					X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1		9.46214E01	1.5E00	0.646	1.374	0.049	0.000	1.374	0.049	0.000	17.319	17.300	12.885
2		1.46966E02	1.9E00	0.518	1.896	0.050	0.000	3.269	0.098	0.000	16.424	17.032	12.177
3		2.10043E02	2.3E00	0.434	0.030	1.421	0.000	3.299	1.519	0.000	17.364	16.010	12.012
4		3.46607E02	3.0E00	0.337	75.733	0.000	0.000	79.032	1.519	0.001	12.572	15.334	11.558
5		4.97373E02	3.5E00	0.282	0.008	77.893	0.055	79.040	79.412	0.056	16.934	12.791	11.514
6		8.71571E02	4.7E00	0.213	1.396	0.000	0.000	80.436	79.412	0.056	16.139	15.873	12.037
7		8.86044E02	4.7E00	0.211	2.705	0.092	0.002	83.141	79.504	0.058	14.207	16.791	11.531
8		1.47949E03	6.1E00	0.163	12.637	0.026	0.001	95.778	79.531	0.059	11.608	15.791	13.189
9		1.74234E03	6.6E00	0.151	0.363	5.684	0.010	96.141	85.215	0.069	12.487	12.064	13.993
10		2.20559E03	7.5E00	0.134	0.002	0.001	0.177	96.143	85.216	0.246	9.808	10.830	9.897
11		2.57739E03	8.1E00	0.124	0.220	7.828	0.730	96.363	93.044	0.976	13.950	11.415	12.899
12		2.61876E03	8.1E00	0.123	1.493	1.327	0.545	97.857	94.371	1.520	11.319	11.200	12.915
13		2.91648E03	8.6E00	0.116	0.030	3.219	0.261	97.886	97.590	1.781	17.415	12.083	12.802
14		3.45787E03	9.4E00	0.107	0.414	0.101	0.301	98.300	97.692	2.082	13.425	17.022	13.443
15		3.87403E03	9.9E00	0.101	0.000	0.011	4.477	98.300	97.702	6.559	17.467	17.754	12.808
16		3.91600E03	1.0E01	0.100	0.006	0.036	41.109	98.307	97.738	47.668	15.207	15.087	12.590
17		4.00481E03	1.0E01	0.099	0.084	0.009	23.172	98.391	97.747	70.840	13.490	16.166	12.491
18		4.17892E03	1.0E01	0.097	1.129	0.000	4.844	99.520	97.747	75.684	11.968	17.105	12.366
19		4.37565E03	1.1E01	0.095	0.023	0.000	0.005	99.543	97.747	75.689	14.743	18.108	13.851
20		5.11029E03	1.1E01	0.088	0.156	0.005	0.030	99.700	97.753	75.718	12.894	16.477	12.159
21		5.24911E03	1.2E01	0.087	0.000	0.124	4.717	99.700	97.877	80.435	12.391	13.004	12.291
22		5.39167E03	1.2E01	0.086	0.000	0.142	0.252	99.700	98.019	80.687	12.515	13.678	12.214
23		6.48439E03	1.3E01	0.078	0.003	1.162	0.617	99.703	99.181	81.305	14.528	12.016	12.551
24		6.59449E03	1.3E01	0.077	0.015	0.301	0.749	99.718	99.482	82.054	13.203	10.869	11.914
25		7.42973E03	1.4E01	0.073	0.001	0.002	1.259	99.719	99.484	83.312	18.767	18.428	11.846
26		8.08184E03	1.4E01	0.070	0.001	0.071	1.308	99.720	99.554	84.620	16.826	15.759	11.649
27		8.23197E03	1.4E01	0.069	0.002	0.000	1.722	99.722	99.554	86.342	15.826	17.346	11.853



Modo principale di vibrare in direzione X: $T=0,337$ sec



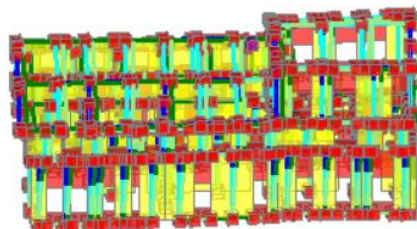
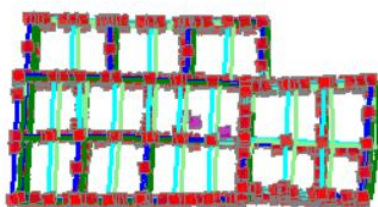
Modo principale di vibrare in direzione Y: $T=0,282$ sec



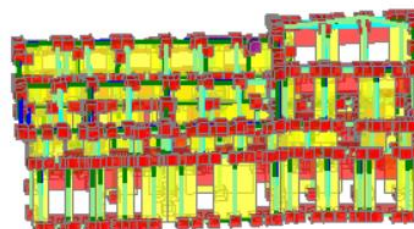
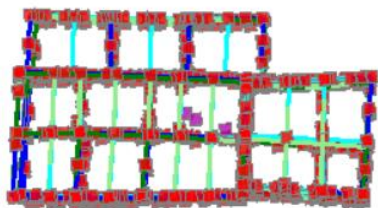
Modo principale di vibrare rotazionale: $T=0,100$ sec

4.1.4 Corpo C2

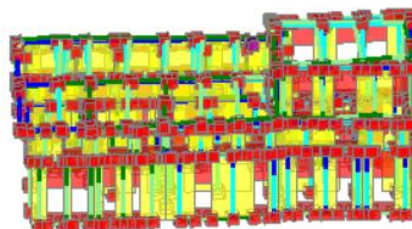
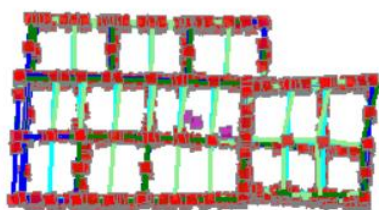
	Modo Autovalore	Frequenza (rad/sec)^2 (cicli/sec)	Periodo (sec)	Masse modali efficaci (% sulla massa totale)			Totale progressivo %			Quote masse modali efficaci (m)		
				X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	2.89468E02	2.7E00	0.369	0.141	2.341	0.109	0.141	2.341	0.109	11.043	11.380	13.594
2	8.82839E02	4.7E00	0.211	8.511	49.607	0.025	8.652	51.947	0.134	7.984	8.346	9.430
3	1.03175E03	5.1E00	0.196	81.779	12.656	0.000	90.431	64.603	0.134	7.747	7.840	8.120
4	1.56076E03	6.3E00	0.159	4.066	29.893	0.155	94.497	94.496	0.289	7.479	7.946	9.699
5	1.93725E03	7.0E00	0.143	0.678	0.023	0.261	95.175	94.519	0.551	9.179	11.070	10.537
6	3.12609E03	8.9E00	0.112	0.127	1.380	0.054	95.302	95.899	0.605	9.450	8.893	11.747
7	3.53440E03	9.5E00	0.106	2.261	0.005	0.001	97.562	95.904	0.606	8.953	12.759	9.524
8	4.41888E03	1.1E01	0.095	0.025	0.701	0.001	97.587	96.605	0.606	10.152	9.713	10.298
9	4.78187E03	1.1E01	0.091	0.055	0.550	0.105	97.642	97.155	0.712	10.019	9.922	10.133
10	6.84533E03	1.3E01	0.076	1.112	0.371	2.968	98.755	97.527	3.679	8.441	8.403	8.634
11	7.22653E03	1.4E01	0.074	0.330	1.774	0.615	99.084	99.300	4.294	8.307	8.326	8.362
12	8.03156E03	1.4E01	0.070	0.113	0.001	30.829	99.197	99.302	35.123	9.300	9.420	8.408
13	9.83192E03	1.6E01	0.063	0.060	0.000	0.580	99.257	99.302	35.703	10.181	9.559	8.388
14	9.88307E03	1.6E01	0.063	0.032	0.074	30.222	99.289	99.376	65.926	9.078	8.193	8.488
15	1.08752E04	1.7E01	0.060	0.468	0.078	1.312	99.757	99.454	67.237	7.720	7.908	8.342
16	1.19239E04	1.7E01	0.058	0.031	0.004	14.197	99.788	99.458	81.435	10.696	9.256	7.975
17	1.23641E04	1.8E01	0.057	0.021	0.000	0.027	99.809	99.458	81.462	9.852	9.937	8.537
18	1.28842E04	1.8E01	0.055	0.028	0.018	0.260	99.838	99.476	81.722	8.158	8.535	7.993
19	1.31868E04	1.8E01	0.055	0.041	0.260	0.280	99.878	99.737	82.002	8.435	8.689	8.086
20	1.55862E04	2.0E01	0.050	0.008	0.060	1.156	99.886	99.797	83.157	9.223	8.779	8.401
21	1.62052E04	2.0E01	0.049	0.002	0.037	1.097	99.888	99.834	84.254	10.087	8.485	7.782
22	1.76703E04	2.1E01	0.047	0.003	0.020	3.570	99.891	99.854	87.824	13.353	9.544	7.744



Modo principale di vibrare in direzione X: T=0,196 sec



Modo principale di vibrare in direzione Y: T=0,211 sec



Modo principale di vibrare rotazionale: $T=0,070$ sec

4.2 Analisi statica non lineare (pushover) allo SLV

4.2.1 Cenni sull'analisi di pushover

L'analisi statica non lineare consente di valutare la capacità complessiva della struttura nei confronti delle azioni sismiche, analizzandone il comportamento sotto l'azione di un sistema di forze statiche equivalenti incrementate fino al collasso, mantenendo la capacità di continuare a sostenere i carichi verticali.

Il sistema di forze in questione deve simulare in modo il più possibile realistico gli effetti delle azioni inerziali prodotte dal sisma nel piano orizzontale, che a loro volta dipendono dalla risposta stessa della struttura, per cui il sistema di forze dovrebbe cambiare durante l'analisi: ciò corrisponde ad un adattamento della distribuzione delle forze al livello di danneggiamento.

La capacità di una struttura è pertanto rappresentata mediante una curva (**curva di capacità**) che ha come grandezze di riferimento il taglio alla base e lo spostamento di un punto di controllo dell'edificio, opportunamente scelto. La curva di capacità è quindi una caratteristica "intrinseca" della struttura, che non dipende dall'input sismico.

La domanda sismica, o domanda di spostamento (**target displacement**), rappresenta lo spostamento che, secondo l'input sismico, la struttura è chiamata a sostenere.

La costruzione della curva di capacità è basata su un processo incrementale che simula la spinta orizzontale delle forze statiche, equivalenti al sisma, sulla struttura. Dopo ogni incremento del sistema di forze applicate, si verificano le condizioni dei componenti della struttura e si effettuano gli opportuni aggiornamenti del modello.

L'analisi si arresta quando vengono raggiunte particolari condizioni limite.

Distribuzione delle forze statiche

L'analisi statica non lineare è condotta considerando un sistema di forze statiche orizzontali applicate a livello dei solai e incrementate per mezzo di un moltiplicatore di carico. Ai fini delle verifiche vengono considerate due distribuzioni di forze:

- A) Forze proporzionali alle forze statiche;
- B) Forze proporzionali alle masse.

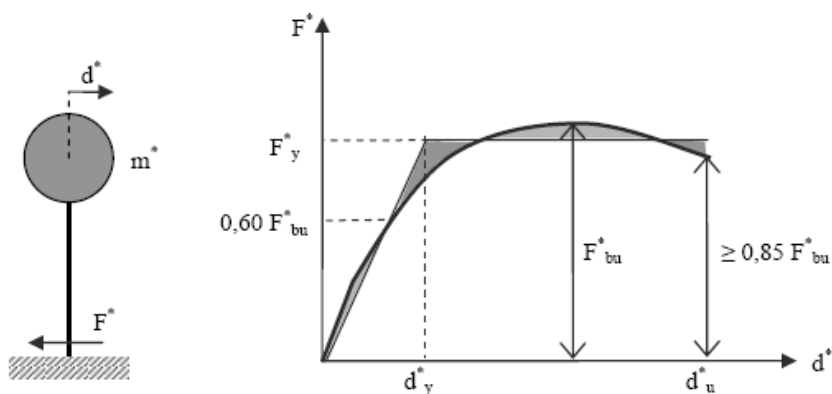
Entrambe le distribuzioni vengono calcolate in automatico dal software di calcolo.

Direzioni di analisi

L'analisi di pushover è bidirezionale e si fonda sull'ipotesi di considerare distribuzioni coerenti nelle due direzioni e applicate contemporaneamente, seppur con riduzione delle forze al 30% nel caso della direzione ortogonale a quella principale lungo cui viene effettuata l'analisi di spinta e tenendo conto dell'eccentricità accidentali delle masse pari al 5% della dimensione dell'edificio nella direzione ortogonale a quella di analisi.

Sistema bi-lineare equivalente

L'analisi non lineare statica richiede che al sistema strutturale reale venga associato un sistema strutturale equivalente ad un grado di libertà.



La forza F^* e lo spostamento d^* del sistema equivalente sono legati alle corrispondenti grandezze F_b e d_c del sistema reale dalle seguenti relazioni:

$$F^* = F_b / \Gamma$$

$$d^* = d_c / \Gamma$$

$$\Gamma = \varphi^T M \tau / \varphi^T M \varphi$$

dove: Γ è il fattore di partecipazione modale;

τ è il vettore di trascinamento corrispondente alla direzione del sisma considerata;

φ è il modo di vibrare fondamentale del sistema reale normalizzato ponendo $d_c = 1$;

M è la matrice di massa del sistema reale.

Alla curva di capacità del sistema equivalente occorre ora sostituire una curva bilineare avente un primo tratto elastico ed un secondo tratto perfettamente plastico. Detta F_{bu} la resistenza massima del sistema strutturale reale ed $F_{bu}^* = F_{bu} / \Gamma$ la resistenza massima del sistema equivalente, il tratto elastico si individua imponendone il passaggio per il punto $0,6 F_{bu}^*$ della curva di capacità del sistema equivalente mentre la forza di plasticizzazione F_y si individua imponendo l'uguaglianza delle aree sottese dalla curva bilineare e dalla curva di capacità per lo spostamento massimo d_u^* corrispondente ad una riduzione di resistenza $\leq 0,15 F_{bu}^*$.

Il periodo elastico del sistema bilineare è dato dall'espressione:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{K^*}}$$

dove $m^* = \varphi^T M \tau$ e K^* è la rigidezza del tratto elastico della bilineare.

Nel caso in cui il periodo elastico della costruzione T^* risulti $T^* \geq T_c$ la domanda in spostamento per il sistema anelastico è assunta uguale a quella di un sistema elastico di pari periodo:

$$d_{max}^* = d_{e,max}^* = S_{De}(T^*)$$

Nel caso in cui $T^* < T_c$ la domanda in spostamento per il sistema anelastico è maggiore di quella di un sistema elastico di pari periodo e si ottiene da quest'ultima mediante l'espressione:

$$d_{max}^* = \frac{d_{e,max}^*}{q} = \left[1 + (q^* - 1) \frac{T_c}{T^*} \right] \geq d_{e,max}^*$$

$$q^* = S_{De}(T^*) m^* / F_y$$

dove $q^* = S_{De}(T^*) m^* / F_y^*$

rappresenta il rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente.

Individuazione SLV

Nel seguito vengono riportati i risultati ottenuti dalle analisi di pushover ante e post operam, eseguite allo SLV, per il quale le norme prescrivono che lo spostamento deve corrispondere a 3/4 dello spostamento allo SLC.

4.2.2 Analisi di pushover Corpo A

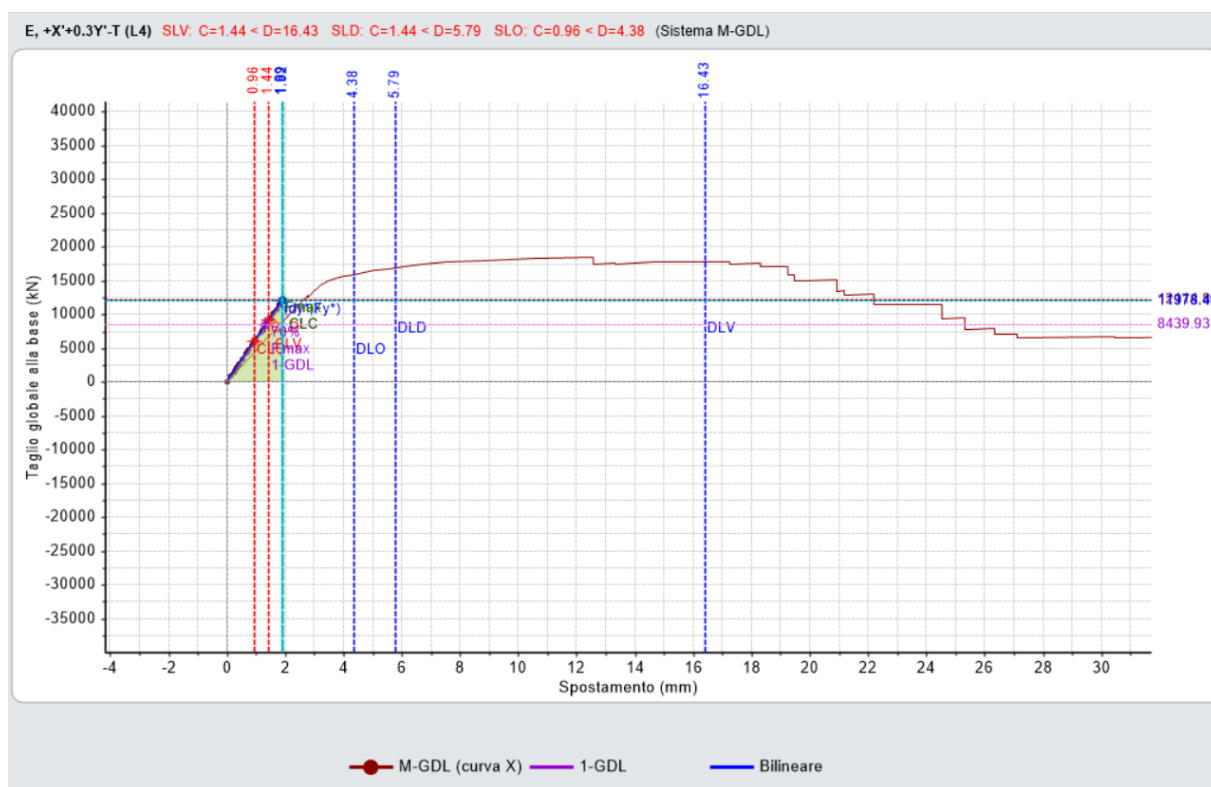
Nella verifica allo stato di fatto è stata considerata la struttura, facendo riferimento alle caratteristiche meccaniche della muratura definite nella Relazione sui materiali.

Nel seguito si riporta una sintesi dei risultati delle analisi di pushover.

N°curva	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Control	ζ,PGA(SLV)	ζ,TR(SLV)
1	A	+X'	+0.3Y'	+	L4	0.479	0.125
2	A	+X'	+0.3Y'	-	L4	0.153	0.008
3	A	+X'	-0.3Y'	+	L4	0.782	0.456
4	A	+X'	-0.3Y'	-	L4	0.187	0.014
5	A	+Y'	+0.3X'	+	L4	0.837	0.562
6	A	+Y'	+0.3X'	-	L4	0.837	0.553
7	A	+Y'	-0.3X'	+	L4	0.301	0.041
8	A	+Y'	-0.3X'	-	L4	0.334	0.055
9	A	-X'	+0.3Y'	+	L4	0.810	0.511
10	A	-X'	+0.3Y'	-	L4	0.801	0.494
11	A	-X'	-0.3Y'	+	L4	0.813	0.515
12	A	-X'	-0.3Y'	-	L4	0.598	0.221
13	A	-Y'	+0.3X'	+	L4	0.865	0.615
14	A	-Y'	+0.3X'	-	L4	0.748	0.412
15	A	-Y'	-0.3X'	+	L4	0.896	0.683
16	A	-Y'	-0.3X'	-	L4	0.847	0.579
17	E	+X'	+0.3Y'	+	L4	0.178	0.013

18	E	+X'	+0.3Y'	-	L4	0.147	0.008
19	E	+X'	-0.3Y'	+	L4	0.166	0.010
20	E	+X'	-0.3Y'	-	L4	0.187	0.014
21	E	+Y'	+0.3X'	+	L4	1.325	3.476
22	E	+Y'	+0.3X'	-	L4	0.518	0.153
23	E	+Y'	-0.3X'	+	L4	0.267	0.031
24	E	+Y'	-0.3X'	-	L4	0.267	0.031
25	E	-X'	+0.3Y'	+	L4	0.460	0.114
26	E	-X'	+0.3Y'	-	L4	0.436	0.100
27	E	-X'	-0.3Y'	+	L4	0.810	0.511
28	E	-X'	-0.3Y'	-	L4	0.801	0.487
29	E	-Y'	+0.3X'	+	L4	1.233	2.483
30	E	-Y'	+0.3X'	-	L4	1.239	2.511
31	E	-Y'	-0.3X'	+	L4	0.610	0.235
32	E	-Y'	-0.3X'	-	L4	0.414	0.088

Nella figura che segue è riportata la curva relativa alla combinazione più gravosa.



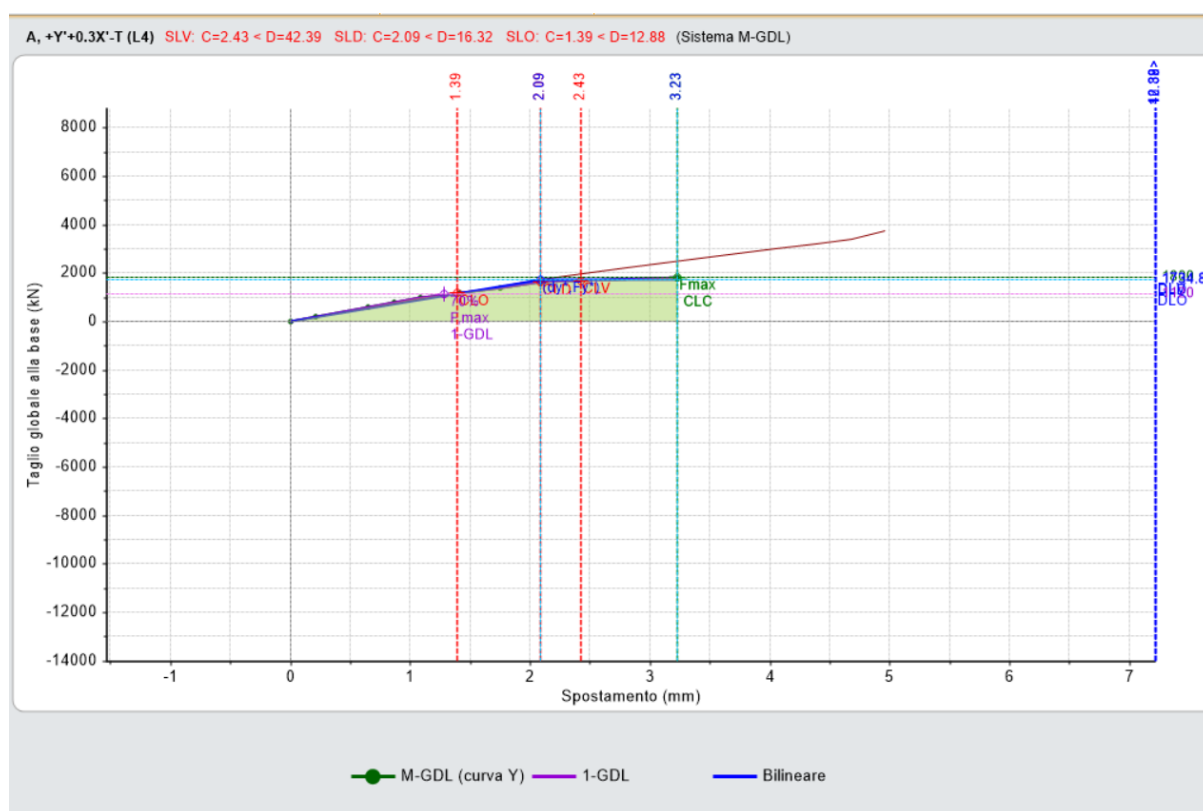
4.2.3 Analisi di pushover Corpo B

Nella tabella che segue sono sintetizzati risultati delle analisi evidenziando con i colori i livelli di sicurezza ottenuti.

N°curva	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta,PGA(SLV)$	$\zeta,TR(SLV)$
1	A	+X'	+0.3Y'	+		L4	0.126	0.006
2	A	+X'	+0.3Y'	-		L4	0.129	0.006
3	A	+X'	-0.3Y'	+		L4	0.107	0.004
4	A	+X'	-0.3Y'	-		L4	0.120	0.004
5	A	+Y'	+0.3X'	+		L4	0.083	0.001
6	A	+Y'	+0.3X'	-		L4	0.067	0.001
7	A	+Y'	-0.3X'	+		L4	0.098	0.003
8	A	+Y'	-0.3X'	-		L4	0.086	0.003
9	A	-X'	+0.3Y'	+		L4	0.571	0.191
10	A	-X'	+0.3Y'	-		L4	0.607	0.230
11	A	-X'	-0.3Y'	+		L4	0.571	0.191
12	A	-X'	-0.3Y'	-		L4	0.693	0.326
13	A	-Y'	+0.3X'	+		L4	0.089	0.003
14	A	-Y'	+0.3X'	-		L4	0.098	0.003
15	A	-Y'	-0.3X'	+		L4	0.117	0.004
16	A	-Y'	-0.3X'	-		L4	0.150	0.008
17	E	+X'	+0.3Y'	+		L4	0.169	0.011
18	E	+X'	+0.3Y'	-		L4	0.169	0.011
19	E	+X'	-0.3Y'	+		L4	0.138	0.007
20	E	+X'	-0.3Y'	-		L4	0.153	0.008
21	E	+Y'	+0.3X'	+		L4	0.126	0.006
22	E	+Y'	+0.3X'	-		L4	0.107	0.004
23	E	+Y'	-0.3X'	+		L4	0.144	0.007
24	E	+Y'	-0.3X'	-		L4	0.110	0.004
25	E	-X'	+0.3Y'	+		L4	0.644	0.264
26	E	-X'	+0.3Y'	-		L4	0.647	0.270
27	E	-X'	-0.3Y'	+		L4	0.644	0.265
28	E	-X'	-0.3Y'	-		L4	0.647	0.270
29	E	-Y'	+0.3X'	+		L4	0.104	0.003

30	E	-Y'	+0.3X'	-		L4	0.153	0.008
31	E	-Y'	-0.3X'	+		L4	0.156	0.008
32	E	-Y'	-0.3X'	-		L4	0.224	0.021

Nella figura che segue è riportata la curva relativa alla combinazione più gravosa.



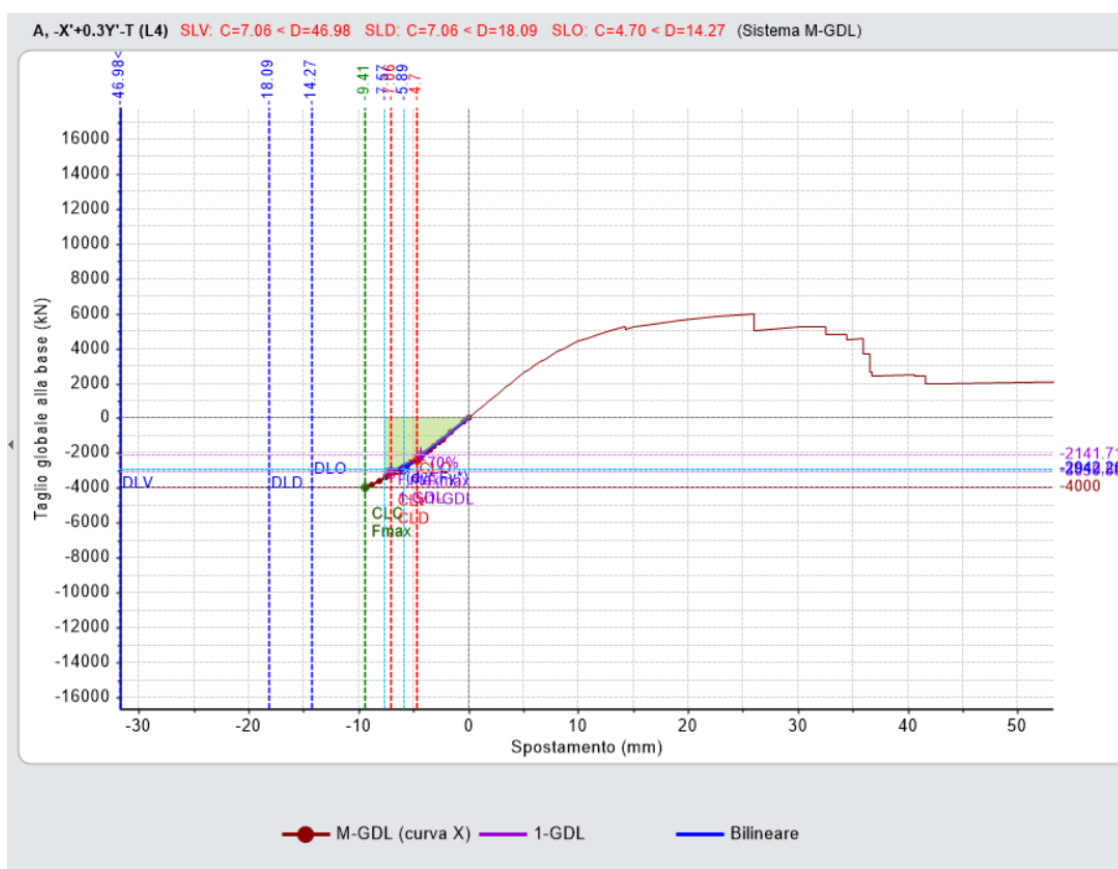
4.2.4 Analisi di pushover Corpo C1

Nella tabella che segue sono sintetizzati risultati delle analisi evidenziando con i colori i livelli di sicurezza ottenuti.

N° curva	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta, \text{PGA(SLV)}$	$\zeta, \text{TR(SLV)}$
1	A	+X'	+0.3Y'	+		L4	0.580	0.202
2	A	+X'	+0.3Y'	-		L4	0.583	0.204
3	A	+X'	-0.3Y'	+		L4	0.291	0.038
4	A	+X'	-0.3Y'	-		L4	0.592	0.212
5	A	+Y'	+0.3X'	+		L4	0.850	0.587
6	A	+Y'	+0.3X'	-		L4	0.509	0.146
7	A	+Y'	-0.3X'	+		L4	0.785	0.463
8	A	+Y'	-0.3X'	-		L4	0.488	0.131
9	A	-X'	+0.3Y'	+		L4	0.230	0.022
10	A	-X'	+0.3Y'	-		L4	0.181	0.013
11	A	-X'	-0.3Y'	+		L4	0.261	0.029
12	A	-X'	-0.3Y'	-		L4	0.202	0.015
13	A	-Y'	+0.3X'	+		L4	0.436	0.100
14	A	-Y'	+0.3X'	-		L4	0.592	0.212
15	A	-Y'	-0.3X'	+		L4	0.433	0.097
16	A	-Y'	-0.3X'	-		L4	1.018	1.080
17	E	+X'	+0.3Y'	+		L4	0.801	0.494
18	E	+X'	+0.3Y'	-		L4	0.840	0.570
19	E	+X'	-0.3Y'	+		L4	0.488	0.131
20	E	+X'	-0.3Y'	-		L4	0.856	0.588
21	E	+Y'	+0.3X'	+		L4	0.850	0.587
22	E	+Y'	+0.3X'	-		L4	0.813	0.520
23	E	+Y'	-0.3X'	+		L4	0.865	0.607
24	E	+Y'	-0.3X'	-		L4	0.675	0.302
25	E	-X'	+0.3Y'	+		L4	0.500	0.138
26	E	-X'	+0.3Y'	-		L4	0.279	0.035
27	E	-X'	-0.3Y'	+		L4	0.528	0.160
28	E	-X'	-0.3Y'	-		L4	0.322	0.048
29	E	-Y'	+0.3X'	+		L4	0.785	0.463

30	E	-Y'	+0.3X'	-	L4	0.831	0.545
31	E	-Y'	-0.3X'	+	L4	0.767	0.434
32	E	-Y'	-0.3X'	-	L4	0.785	0.463

Nella figura che segue è riportata la curva relativa alla combinazione più gravosa.



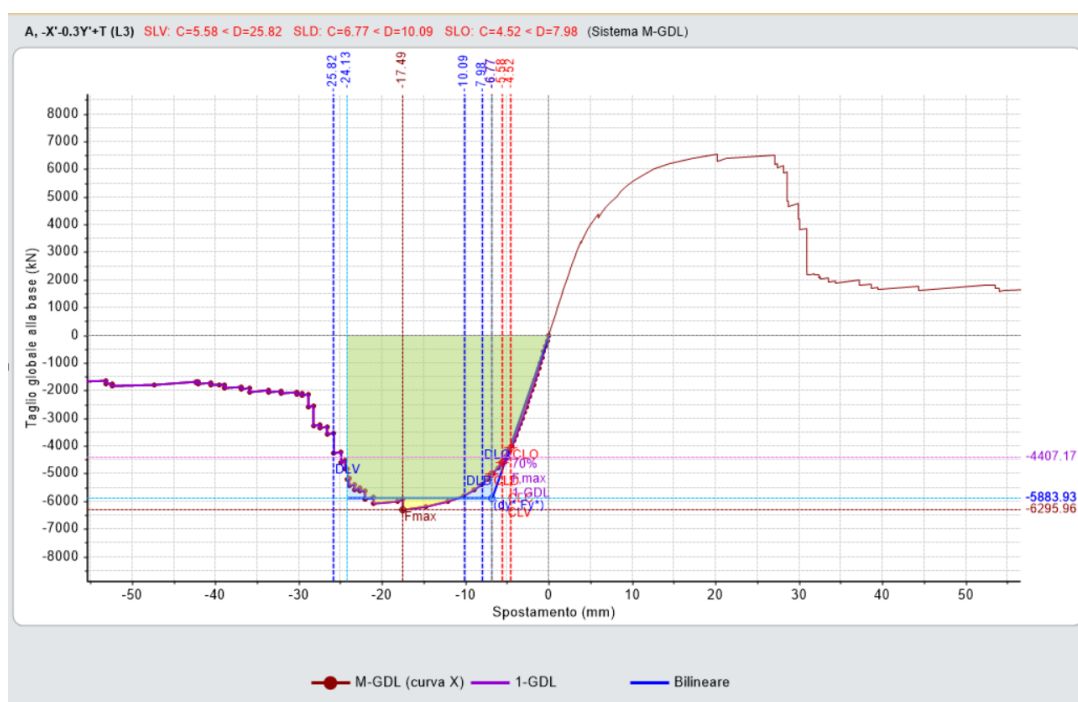
4.2.5 Analisi di pushover Corpo C2

Nella tabella che segue sono sintetizzati risultati delle analisi evidenziando con i colori i livelli di sicurezza ottenuti.

N°curva	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	ζ ,PGA(SLV)	ζ ,TR(SLV)
1	A	+X'	+0.3Y'	+		L3	0.745	0.397
2	A	+X'	+0.3Y'	-		L3	0.923	0.744
3	A	+X'	-0.3Y'	+		L3	0.758	0.426
4	A	+X'	-0.3Y'	-		L3	0.699	0.338
5	A	+Y'	+0.3X'	+		L3	0.482	0.126
6	A	+Y'	+0.3X'	-		L3	0.647	0.274
7	A	+Y'	-0.3X'	+		L3	0.528	0.160
8	A	+Y'	-0.3X'	-		L3	0.758	0.426
9	A	-X'	+0.3Y'	+		L3	0.718	0.358
10	A	-X'	+0.3Y'	-		L3	0.699	0.333
11	A	-X'	-0.3Y'	+		L3	0.252	0.027
12	A	-X'	-0.3Y'	-		L3	0.730	0.383
13	A	-Y'	+0.3X'	+		L3	0.914	0.726
14	A	-Y'	+0.3X'	-		L3	0.656	0.279
15	A	-Y'	-0.3X'	+		L3	0.960	0.860
16	A	-Y'	-0.3X'	-		L3	0.693	0.326
17	E	+X'	+0.3Y'	+		L3	0.776	0.455
18	E	+X'	+0.3Y'	-		L3	0.785	0.471
19	E	+X'	-0.3Y'	+		L3	0.767	0.434
20	E	+X'	-0.3Y'	-		L3	0.782	0.456
21	E	+Y'	+0.3X'	+		L3	0.620	0.244
22	E	+Y'	+0.3X'	-		L3	0.893	0.673
23	E	+Y'	-0.3X'	+		L3	0.840	0.570
24	E	+Y'	-0.3X'	-		L3	0.896	0.683
25	E	-X'	+0.3Y'	+		L3	0.745	0.404
26	E	-X'	+0.3Y'	-		L3	0.718	0.364
27	E	-X'	-0.3Y'	+		L3	0.748	0.412
28	E	-X'	-0.3Y'	-		L3	0.745	0.404
29	E	-Y'	+0.3X'	+		L3	0.840	0.569

30	E	-Y'	+0.3X'	-		L3	0.791	0.479
31	E	-Y'	-0.3X'	+		L3	0.831	0.545
32	E	-Y'	-0.3X'	-		L3	0.801	0.494

Nella figura che segue è riportata la curva relativa alla combinazione più gravosa.



Sintesi risultati delle analisi di pushover ante operam.

Indicatori di Rischio sismico ζ_E in termini di PGA:

Corpo A		Corpo B		Corpo C1		Corpo C2	
Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA
SLV	0.147	SLV	0.067	SLV	0.181	SLV	0.252

4.3 Meccanismi locali di collasso

La verifica dei meccanismi locali richiede la determinazione di un livello di sicurezza ζ_E (in termini di PGA o di periodo di ritorno T_R), di porzioni murarie di dimensioni rilevanti che possono distaccarsi dal resto della struttura e ruotare come corpi rigidi, come il ribaltamento delle parti superiori delle facciate verso l'esterno.

La sicurezza strutturale può essere indagata studiando i cinematismi che possono formarsi nell'opera muraria e definendo per ognuno di essi il moltiplicatore di collasso, ossia l'entità dell'input sismico che lo attiva generando il ribaltamento. Al moltiplicatore di collasso è legata l'accelerazione al suolo a_g .

La verifica dei meccanismi locali di collasso presuppone la monoliticità delle pareti murarie, in quanto le stesse devono essere considerate corpi rigidi.

L'esito positivo della verifica dei meccanismi locali consente poi di eseguire la verifica globale considerando il comportamento scatolare dell'edificio.

L'analisi verrà svolta prima allo Stato Attuale (Stato di fatto), poi allo Stato di Progetto, tenendo conto degli interventi di miglioramento ipotizzati, per poi valutare l'entità del miglioramento sismico conseguito.

Nell'Analisi Cinematica, come detto, si assume un modello di corpo rigido, ed il moto della struttura si attiva quando l'input sismico raggiunge un'intensità sufficiente a generare la formazione di un cinematismo.

L'analisi cinematica lineare richiede i seguenti step:

1. scelta del cinematismo e descrizione dei suoi termini parametrici;
- 2 calcolo del moltiplicatore di collasso e della corrispondente accelerazione di attivazione del meccanismo;
3. verifica di sicurezza confrontando l'accelerazione al suolo PGA che attiva il cinematismo (capacità) con l'accelerazione relativa al sito della costruzione (domanda) (il confronto può essere condotto equivalentemente in termini di T_R).

La verifica è condotta allo SLV.

4.3.1 Corpo A

01. Cinematismo

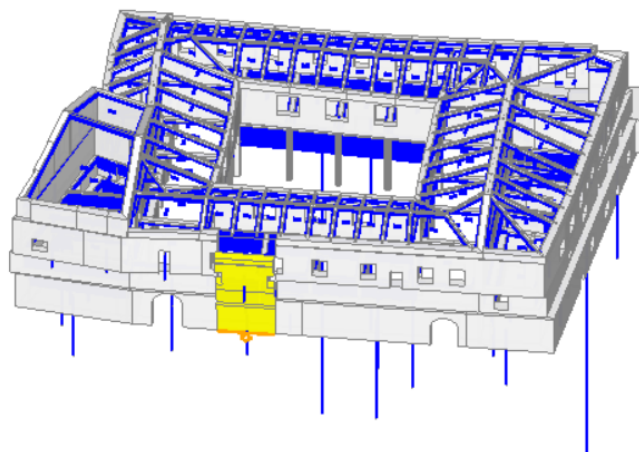
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.122$$

SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.265 / 0.326 = 0.813$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 370 / 712 = 0.520$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [1] Cinematismo]

V (m^3)	H (m)	Z (m)	T1 (sec)	γ	FC	SLD
85.200	18.350	0.000	0.443	1.333	1.200	

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)
27.058	18.747	0.000	33.275	18.747	0.000	0.000	0.000	1552.63	0.000	6.217

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [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	30.165	19.291	12.850	0.00	0.00	-71.55	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	27.764	19.683	12.976	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.01	0.00
3	da solaio	29.876	19.690	12.978	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	-0.02	0.00
4	da solaio	32.276	19.698	12.981	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.02	0.00
5	peso proprio	30.160	19.277	9.994	0.00	0.00	-392.82	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	30.164	19.727	12.100	0.00	0.00	-20.02	0.00	0.00	-20.02	0.00
7	peso proprio	30.164	19.678	6.100	0.00	0.00	-320.28	0.00	0.00	0.00	0.30
8	da solaio	32.537	20.247	7.200	0.00	0.00	-39.17	0.00	0.00	-13.73	0.30
9	da solaio	29.178	20.247	7.200	0.00	0.00	-114.07	0.00	0.00	-39.98	0.30
10	peso proprio	30.165	19.372	2.350	0.00	0.00	-578.54	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

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

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

Forze, spostamenti, lavoro [1] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-71.55	0.00	-71.55	0.00	0.000	-12.850	0.538	-38.465	919.458	0.000



2	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.000	-12.977	0.929	-0.017	0.244	0.000
3	0.00	0.00	-0.03	0.00	-0.03	0.00	0.000	-12.979	0.937	-0.024	0.333	0.000
4	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.000	-12.982	0.945	-0.019	0.262	0.000
5	0.00	0.00	-392.82	0.00	-392.82	0.00	0.000	-9.994	0.525	-206.158	3925.798	0.000
6	0.00	0.00	-20.02	0.00	-20.02	0.00	0.000	-12.100	0.974	-19.497	242.279	0.000
7	0.00	0.00	-320.28	0.00	-320.28	0.00	0.000	-6.100	0.928	-297.236	1953.864	0.000
8	0.00	0.00	-43.29	0.00	-43.29	0.00	0.000	-7.201	1.497	-64.790	311.697	0.000
9	0.00	0.00	-126.07	0.00	-126.07	0.00	0.000	-7.201	1.497	-188.686	907.763	0.000
10	0.00	0.00	-578.54	0.00	-578.54	0.00	0.000	-2.350	0.624	-360.909	1359.756	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

$\delta X, \delta Y, \delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
(angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

$$L1 = \sum (n) [P_i \delta_i]$$

L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2 = \sum (n) [EX_i \delta X_i + EY_i \delta Y_i]$

L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3 = \sum (n) [EZ_i \delta Z_i]$

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

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.122	121196	0.765	0.133

α_0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$

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
0.163	0.000	0.163	0.265	370	26	0.813	0.520

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

02. Cinematismo

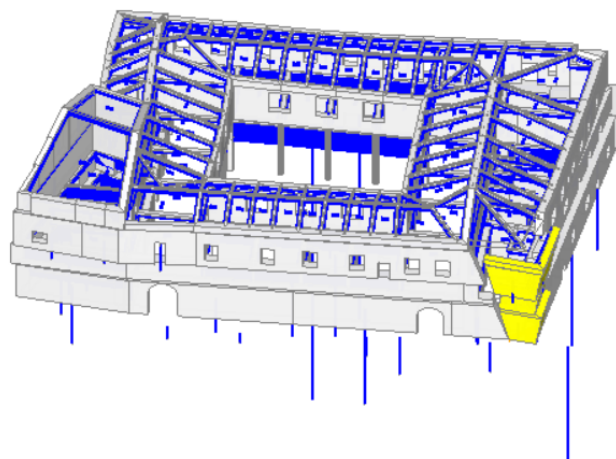
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.109$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.229 / 0.326 = 0.703$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 245 / 712 = 0.344$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [2] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
125.308	18.350	0.000	0.443	1.333	1.200	

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)
59.601	18.750	0.000	63.100	21.558	0.000	0.000

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [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	61.487	21.535	6.143	0.00	0.00	-260.84	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	60.760	22.067	7.200	0.00	0.00	-70.76	0.00	0.00	-31.22	0.30
3	peso proprio	61.712	21.765	10.055	0.00	0.00	-384.10	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da solaio	61.319	22.351	12.100	0.00	0.00	-16.55	0.00	0.00	-16.55	0.00
5	peso proprio	61.915	22.106	12.857	0.00	0.00	-70.82	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	61.455	22.004	13.073	0.00	0.00	-2.81	0.00	0.00	-2.19	0.00
7	da solaio	62.000	24.801	13.187	0.00	0.00	-0.35	0.00	0.00	-0.28	0.00
8	peso proprio	58.271	19.303	12.853	0.00	0.00	-66.68	0.00	0.00	0.00	0.30
9	da solaio	57.967	19.690	12.943	0.00	0.00	-0.28	0.00	0.00	-0.21	0.00
10	peso proprio	58.650	19.345	10.088	0.00	0.00	-351.84	0.00	0.00	0.00	0.30
11	da solaio	58.092	19.807	12.100	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.05	0.00
12	peso proprio	59.466	19.667	6.127	0.00	0.00	-182.06	0.00	0.00	0.00	0.30
13	da solaio	58.795	20.313	7.200	0.00	0.00	-0.55	0.00	0.00	-0.24	0.30
14	peso proprio	60.302	19.325	2.561	0.00	0.00	-283.31	0.00	0.00	0.00	0.30
15	da solaio	59.552	20.000	4.400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
16	peso proprio	62.111	20.850	2.502	0.00	0.00	-405.28	0.00	0.00	0.00	0.30
17	da solaio	61.266	21.512	4.400	0.00	0.00	-46.24	0.00	0.00	-20.70	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

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

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

Forze, spostamenti, lavoro [2] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi^2Q$ (kN)			Forza inerziale (kN)			Spostam. virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-260.84	163.25	-203.44	0.00	3.845	-4.792	0.989	-257.931	1602.445	0.000
2	0.00	0.00	-80.12	50.15	-62.49	0.00	4.507	-5.616	1.858	-148.855	576.973	0.000
3	0.00	0.00	-384.10	240.39	-299.57	0.00	6.293	-7.843	1.025	-393.840	3862.360	0.000
4	0.00	0.00	-16.55	10.36	-12.91	0.00	7.573	-9.438	1.727	-28.585	200.288	0.000
5	0.00	0.00	-70.82	44.33	-55.24	0.00	8.047	-10.028	1.162	-82.331	910.660	0.000
6	0.00	0.00	-2.81	1.76	-2.19	0.00	8.182	-10.197	1.371	-3.858	36.780	0.000
7	0.00	0.00	-0.35	0.22	-0.27	0.00	8.254	-10.286	3.212	-1.115	4.577	0.000
8	0.00	0.00	-66.68	41.73	-52.01	0.00	8.045	-10.025	1.258	-83.854	857.116	0.000
9	0.00	0.00	-0.28	0.18	-0.22	0.00	8.101	-10.096	1.749	-0.493	3.645	0.000
10	0.00	0.00	-351.84	220.20	-274.41	0.00	6.314	-7.868	1.055	-371.029	3549.537	0.000
11	0.00	0.00	-0.05	0.03	-0.04	0.00	7.573	-9.438	1.762	-0.088	0.601	0.000
12	0.00	0.00	-182.06	113.94	-142.00	0.00	3.835	-4.779	0.797	-145.090	1115.656	0.000
13	0.00	0.00	-0.63	0.39	-0.49	0.00	4.507	-5.616	1.720	-1.078	4.515	0.000
14	0.00	0.00	-283.31	177.31	-220.96	0.00	1.603	-1.997	0.008	-2.402	725.473	0.000
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.754	-3.432	1.003	0.000	0.000	0.000
16	0.00	0.00	-405.28	253.65	-316.10	0.00	1.566	-1.951	0.065	-26.479	1013.945	0.000
17	0.00	0.00	-52.45	32.83	-40.91	0.00	2.754	-3.432	1.109	-58.193	230.822	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

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

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

$\alpha 0$	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.109	173843	0.790	0.115

$\alpha 0$ = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.800$

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
0.163	0.000	0.163	0.229	245	17	0.703	0.344

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

03. Cinematismo

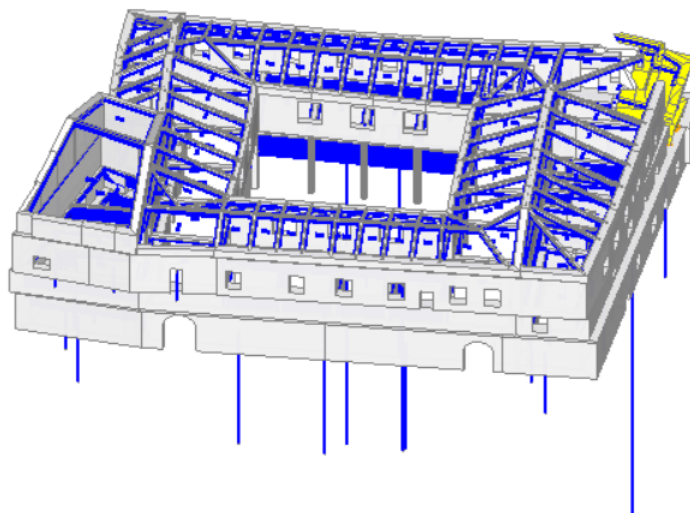
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.246$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.432 / 0.326 = 1.326$$

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



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [3] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
109.648	18.350	0.000	0.443	1.333	1.200	

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 [3] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm²)	(m)
66.758	48.164	4.700	65.238	52.424	4.700	0.000	0.000	0.00	0.000	4.523

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [3] 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	66.347	49.711	6.146	0.00	0.00	-219.13	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	65.324	48.978	7.200	0.00	0.00	-57.43	0.00	0.00	-21.46	0.30
3	peso proprio	64.151	51.119	6.171	0.00	0.00	-482.60	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da solaio	60.819	50.535	7.200	0.00	0.00	-31.41	0.00	0.00	-11.73	0.30
5	da solaio	63.155	49.982	7.200	0.00	0.00	-0.50	0.00	0.00	-0.19	0.30
6	peso proprio	64.667	51.558	9.984	0.00	0.00	-636.48	0.00	0.00	0.00	0.30
7	da solaio	63.045	51.070	12.100	0.00	0.00	-7.59	0.00	0.00	-7.59	0.00
8	da solaio	64.317	50.154	12.100	0.00	0.00	-0.26	0.00	0.00	-0.26	0.00
9	peso proprio	66.073	49.909	10.033	0.00	0.00	-249.41	0.00	0.00	0.00	0.30
10	da solaio	65.423	49.076	12.100	0.00	0.00	-8.88	0.00	0.00	-8.88	0.00
11	peso proprio	66.068	49.162	12.854	0.00	0.00	-31.21	0.00	0.00	0.00	0.30
12	da solaio	65.599	49.008	12.978	0.00	0.00	-1.52	0.00	0.00	-1.25	0.00
13	peso proprio	64.909	50.523	13.028	0.00	0.00	-35.42	0.00	0.00	0.00	0.30
14	da solaio	63.784	50.342	13.638	0.00	0.00	-0.11	0.00	0.00	-0.09	0.00
15	da solaio	64.752	50.134	13.296	0.00	0.00	-11.43	0.00	0.00	-9.38	0.00
16	peso proprio	63.471	51.491	13.025	0.00	0.00	-14.53	0.00	0.00	0.00	0.30
17	da solaio	63.238	51.453	13.184	0.00	0.00	-7.93	0.00	0.00	-6.51	0.00
18	peso proprio	61.396	52.327	12.862	0.00	0.00	-23.43	0.00	0.00	0.00	0.30
19	da solaio	61.048	52.121	12.939	0.00	0.00	-0.63	0.00	0.00	-0.51	0.00
20	peso proprio	62.302	52.313	10.545	0.00	0.00	-62.15	0.00	0.00	0.00	0.30
21	da solaio	62.232	51.994	12.100	0.00	0.00	-0.21	0.00	0.00	-0.21	0.00

n. = numero consecutivo del carico

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

Forze, spostamenti, lavoro [3] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale (kN)			Spostam. virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-219.13	206.38	73.66	0.00	1.362	0.486	-0.133	29.194	316.840	0.000
2	0.00	0.00	-63.87	60.15	21.47	0.00	2.355	0.841	1.076	-68.728	159.707	0.000
3	0.00	0.00	-482.60	454.52	162.22	0.00	1.386	0.495	1.462	-705.533	710.253	0.000
4	0.00	0.00	-34.93	32.89	11.74	0.00	2.357	0.841	4.796	-167.498	87.400	0.000
5	0.00	0.00	-0.55	0.52	0.19	0.00	2.356	0.841	2.782	-1.535	1.381	0.000
6	0.00	0.00	-636.48	599.44	213.95	0.00	4.977	1.776	0.827	-526.103	3363.566	0.000
7	0.00	0.00	-7.59	7.15	2.55	0.00	6.971	2.488	2.517	-19.114	56.211	0.000
8	0.00	0.00	-0.26	0.25	0.09	0.00	6.970	2.488	1.627	-0.431	1.959	0.000
9	0.00	0.00	-249.41	234.90	83.84	0.00	5.022	1.793	0.056	-13.976	1330.006	0.000
10	0.00	0.00	-8.88	8.36	2.98	0.00	6.970	2.488	0.948	-8.415	65.718	0.000
11	0.00	0.00	-31.21	29.40	10.49	0.00	7.680	2.741	0.310	-9.682	254.522	0.000
12	0.00	0.00	-1.52	1.43	0.51	0.00	7.796	2.783	0.804	-1.223	12.587	0.000
13	0.00	0.00	-35.42	33.36	11.91	0.00	7.843	2.799	0.945	-33.477	295.017	0.000
14	0.00	0.00	-0.11	0.10	0.04	0.00	8.419	3.005	2.064	-0.221	0.958	0.000
15	0.00	0.00	-11.43	10.77	3.84	0.00	8.096	2.890	1.223	-13.984	98.271	0.000
16	0.00	0.00	-14.53	13.69	4.89	0.00	7.842	2.799	1.973	-28.674	120.992	0.000
17	0.00	0.00	-7.93	7.47	2.67	0.00	7.991	2.852	2.205	-17.493	67.302	0.000
18	0.00	0.00	-23.43	22.06	7.87	0.00	7.689	2.744	3.647	-85.434	191.243	0.000
19	0.00	0.00	-0.63	0.59	0.21	0.00	7.761	2.770	4.044	-2.535	5.165	0.000
20	0.00	0.00	-62.15	58.53	20.89	0.00	5.506	1.965	2.800	-173.999	363.330	0.000
21	0.00	0.00	-0.21	0.19	0.07	0.00	6.971	2.488	2.972	-0.617	1.535	0.000

n. = numero consecutivo del carico
PX,PY,PZ = componenti del carico totale $G+\psi_2*Q$ nel sistema XYZ
EX,EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico
EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico
 $\delta X,\delta Y,\delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
(angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)
L1 = lavoro virtuale delle forze statiche: $L1=\sum(n)[P_i*\delta_i]$
L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2=\sum(n)[EX_i*\delta X_i + EY_i*\delta Y_i]$
L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3=\sum(n)[EZ_i*\delta Z_i]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [3] Cinematismo]

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.246	148305	0.769	0.267

α_0 = moltiplicatore di collasso
M* = massa partecipante
e* = frazione di massa partecipante
a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [3] Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.432	2475	174	1.326	3.476

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

04. Cinematismo

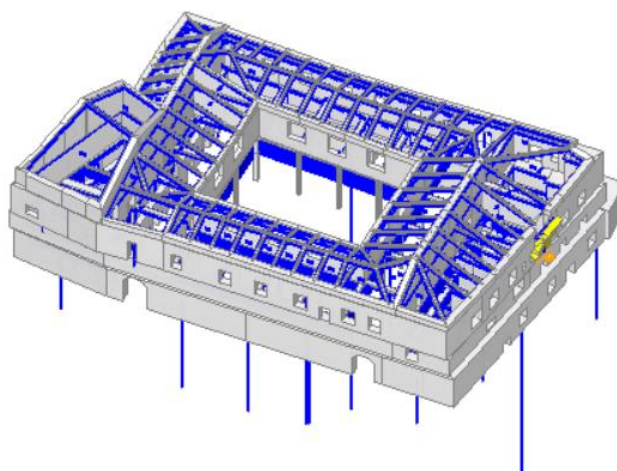
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.155$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.289 / 0.326 = 0.887$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 465 / 712 = 0.653$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [4] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
16.614	18.350	0.000	0.443	1.333	1.200	

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 [4] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm²)	(m)
64.782	37.261	7.500	65.289	40.706	7.500	0.000	0.000	0.00	0.000	3.483

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [4] 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	64.566	39.052	10.079	0.00	0.00	-225.82	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	64.096	39.122	12.100	0.00	0.00	-12.91	0.00	0.00	-12.91	0.00
3	peso proprio	64.713	39.139	12.854	0.00	0.00	-40.01	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da solaio	64.104	37.914	13.032	0.00	0.00	-0.31	0.00	0.00	-0.25	0.00
5	da solaio	64.356	39.630	13.055	0.00	0.00	-1.17	0.00	0.00	-0.96	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

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

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

Forze, spostamenti, lavoro [4] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-225.82	223.41	-32.89	0.00	2.552	-0.376	0.474	-106.972	582.508	0.000
2	0.00	0.00	-12.91	12.77	-1.88	0.00	4.551	-0.670	0.948	-12.234	59.389	0.000
3	0.00	0.00	-40.01	39.58	-5.83	0.00	5.298	-0.780	0.339	-13.561	214.228	0.000
4	0.00	0.00	-0.31	0.30	-0.05	0.00	5.473	-0.806	0.763	-0.234	1.695	0.000
5	0.00	0.00	-1.17	1.16	-0.17	0.00	5.496	-0.809	0.764	-0.896	6.518	0.000

n. = numero consecutivo del carico
 PX,PY,PZ = componenti del carico totale $G+\psi_2 Q$ nel sistema XYZ
 EX,EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico
 EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico
 $\delta X, \delta Y, \delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
 (angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)
 L1 = lavoro virtuale delle forze statiche: $L1 = \sum (n) [P_i \delta i]$
 L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2 = \sum (n) [EX_i \delta X_i + EY_i \delta Y_i]$
 L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3 = \sum (n) [EZ_i \delta Z_i]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [4) Cinematismo]

α_0	M* (kgm)	e*	a0*
0.155	25663	0.898	0.144

α_0 = moltiplicatore di collasso
 M* = massa partecipante
 e* = frazione di massa partecipante
 a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [4) Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.289	465	33	0.887	0.653

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

05. Cinematismo

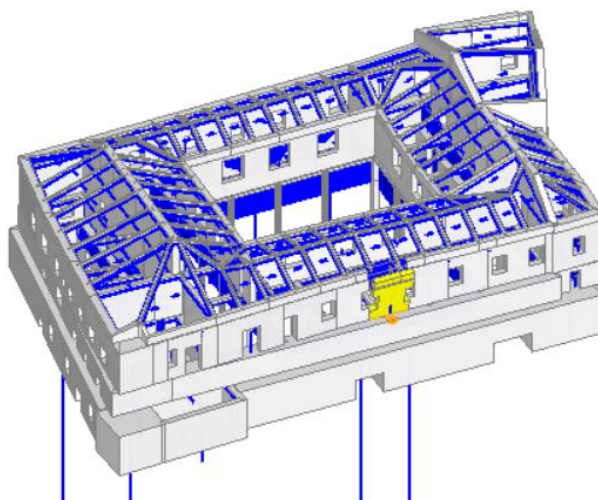
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.128$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.243 / 0.326 = 0.746$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 283 / 712 = 0.397$$



Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [5] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
15.216	18.350	0.000	0.443	1.333	1.200	

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 [5] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)	Coord. punto finale (m)	Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)
38.900	52.015	7.500	34.530	52.078	7.500	0.000

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [5] 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	36.699	51.697	9.940	0.00
2	da solaio	36.705	51.347	12.100	0.00
3	peso proprio	37.422	51.608	12.850	0.00
4	da solaio	37.078	51.308	13.018	0.00
5	da solaio	38.651	51.305	13.106	0.00
6	peso proprio	35.236	51.632	12.850	0.00
7	da solaio	35.703	51.318	13.056	0.00
8	da solaio	34.891	51.343	13.065	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

ψ2 = coefficiente di combinazione per il carico variabile (Tab.2.5.i), il valore di ψ2 (per carichi da solaio con più variabili aventi diversi coefficienti di combinazione, mostrato in tabella è pari alla media pesata: $P=G+\psi_2*Q$, con G e Q carichi totali del solaio)

Forze, spostamenti, lavoro [5] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-205.71	2.99	205.69	0.00	0.035	2.440	0.349	-71.751	501.979	0.000
2	0.00	0.00	-17.52	0.25	17.52	0.00	0.067	4.600	0.698	-12.226	80.613	0.000
3	0.00	0.00	-25.43	0.37	25.43	0.00	0.078	5.350	0.426	-10.833	136.075	0.000
4	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.01	0.00	0.080	5.518	0.730	-0.010	0.078	0.000
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.081	5.605	0.710	-0.002	0.017	0.000
6	0.00	0.00	-12.31	0.18	12.31	0.00	0.078	5.350	0.433	-5.331	65.873	0.000

7	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.05	0.00	0.081	5.556	0.741	-0.035	0.266	0.000
8	0.00	0.00	-0.07	0.00	0.07	0.00	0.081	5.564	0.727	-0.053	0.403	0.000

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

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [5) Cinematismo]

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.128	23461	0.881	0.121

α_0 = moltiplicatore di collasso
 M* = massa partecipante
 e* = frazione di massa partecipante
 a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [5) Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.243	283	20	0.746	0.397

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

Sintesi risultati meccanismi locali di collasso Corpo A

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	α_0	PGA,CLV	TR,CLV
		/PGA,DLV	/TR,DLV
1	0.122	0.813	0.520
2	0.109	0.703	0.344
3	0.246	1.326	3.476
4	0.155	0.887	0.653
5	0.128	0.746	0.397

4.3.2 Corpi B-C

01. Cinematismo

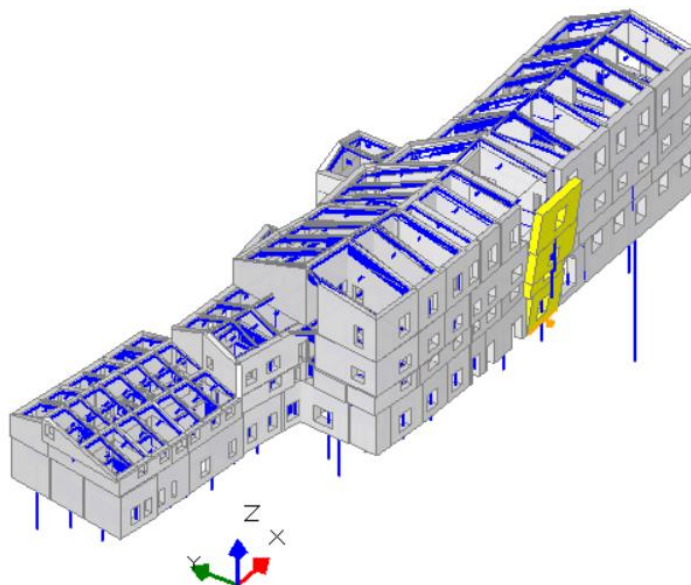
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.037$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.076 / 0.326 = 0.233$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 16 / 712 = 0.022$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [1] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
145.985	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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/mm²)	(m)
59.112 0.156 0.000	65.608 0.245 0.000	0.000	0.000	2350.34	0.000	6.497

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [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	62.436 0.802 2.997	0.00 0.00 -609.00	0.00 0.00 0.00	0.30
2	da solaio	62.386 1.401 5.500	0.00 0.00 -0.95	0.00 0.00 -0.67	0.30
3	da solaio	59.097 1.225 5.500	0.00 0.00 -1.82	0.00 0.00 -1.29	0.30
4	da solaio	59.097 1.225 5.500	0.00 0.00 -2.62	0.00 0.00 -1.29	0.30
5	da solaio	62.386 1.401 5.500	0.00 0.00 -1.37	0.00 0.00 -0.67	0.30
6	peso proprio	61.702 0.767 6.985	0.00 0.00 -264.21	0.00 0.00 0.00	0.30
7	da solaio	61.438 1.338 8.000	0.00 0.00 -1.71	0.00 0.00 -0.70	0.30
8	peso proprio	62.047 0.457 10.764	0.00 0.00 -677.09	0.00 0.00 0.00	0.30
9	da solaio	61.622 1.028 12.830	0.00 0.00 -1.26	0.00 0.00 -0.52	0.30
10	da solaio	66.109 1.072 12.830	0.00 0.00 -0.06	0.00 0.00 -0.02	0.30
11	da solaio	66.186 1.046 12.830	0.00 0.00 -1.95	0.00 0.00 -0.80	0.30
12	peso proprio	61.543 0.410 16.159	0.00 0.00 -785.45	0.00 0.00 0.00	0.30
13	da solaio	60.853 0.950 18.836	0.00 0.00 -0.90	0.00 0.00 -0.54	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

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

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

Forze, spostamenti, lavoro [1] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi^2Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-609.00	8.32	-608.95	0.00	0.041	-2.997	0.598	-364.477	1825.203	0.000
2	0.00	0.00	-1.15	0.02	-1.15	0.00	0.075	-5.500	1.197	-1.382	6.351	0.000
3	0.00	0.00	-2.20	0.03	-2.20	0.00	0.075	-5.500	1.066	-2.347	12.111	0.000
4	0.00	0.00	-3.01	0.04	-3.01	0.00	0.075	-5.500	1.066	-3.204	16.532	0.000
5	0.00	0.00	-1.58	0.02	-1.58	0.00	0.075	-5.500	1.197	-1.887	8.669	0.000
6	0.00	0.00	-264.21	3.61	-264.19	0.00	0.095	-6.985	0.572	-151.109	1845.643	0.000
7	0.00	0.00	-1.92	0.03	-1.92	0.00	0.109	-8.000	1.146	-2.206	15.399	0.000
8	0.00	0.00	-677.09	9.24	-677.03	0.00	0.147	-10.763	0.255	-172.859	7288.207	0.000
9	0.00	0.00	-1.41	0.02	-1.41	0.00	0.175	-12.829	0.831	-1.173	18.118	0.000
10	0.00	0.00	-0.06	0.00	-0.06	0.00	0.175	-12.829	0.813	-0.051	0.800	0.000
11	0.00	0.00	-2.19	0.03	-2.19	0.00	0.175	-12.829	0.787	-1.723	28.096	0.000
12	0.00	0.00	-785.45	10.73	-785.38	0.00	0.221	-16.158	0.212	-166.793	12692.212	0.000
13	0.00	0.00	-1.06	0.01	-1.06	0.00	0.257	-18.835	0.761	-0.804	19.909	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

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

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

$\alpha 0$	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.037	190108	0.793	0.038

$\alpha 0$ = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.800$

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
0.163	0.000	0.163	0.076	16	1	0.233	0.022

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

02. Cinematismo

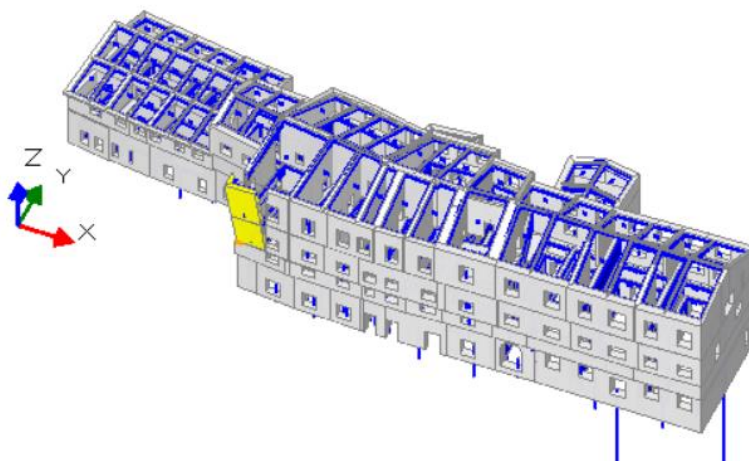
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.046$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.094 / 0.326 = 0.289$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 27 / 712 = 0.038$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [2] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
37.542	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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/mm²)	(m)
29.893	2.713	8.300	31.696	0.768	8.300	0.000	0.000	0.00	0.000	2.652

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [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	30.150	1.861	10.778	0.00	0.00	-75.29	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	30.657	1.839	12.830	0.00	0.00	-9.61	0.00	0.00	-5.30	0.30
3	peso proprio	32.047	1.077	10.725	0.00	0.00	-190.20	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da solaio	32.332	1.387	12.830	0.00	0.00	-6.00	0.00	0.00	-3.31	0.30
5	peso proprio	32.062	1.111	16.112	0.00	0.00	-245.61	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	32.297	1.426	18.764	0.00	0.00	-4.20	0.00	0.00	-2.88	0.00
7	peso proprio	30.123	1.995	16.224	0.00	0.00	-89.57	0.00	0.00	0.00	0.30
8	da solaio	30.501	2.053	18.860	0.00	0.00	-13.14	0.00	0.00	-8.99	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

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

Forze, spostamenti, lavoro [2] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-75.29	-55.22	-51.19	0.00	-1.817	-1.684	-0.392	29.529	186.525	0.000
2	0.00	0.00	-11.20	-8.22	-7.62	0.00	-3.322	-3.080	-0.036	0.407	50.759	0.000
3	0.00	0.00	-190.20	-139.49	-129.31	0.00	-1.779	-1.649	0.466	-88.639	461.271	0.000
4	0.00	0.00	-6.99	-5.13	-4.75	0.00	-3.322	-3.080	0.885	-6.184	31.665	0.000
5	0.00	0.00	-245.61	-180.12	-166.98	0.00	-5.729	-5.311	0.497	-122.095	1918.898	0.000
6	0.00	0.00	-4.20	-3.08	-2.86	0.00	-7.674	-7.114	0.883	-3.711	44.002	0.000
7	0.00	0.00	-89.57	-65.69	-60.89	0.00	-5.811	-5.387	-0.323	28.956	709.779	0.000
8	0.00	0.00	-13.14	-9.64	-8.94	0.00	-7.744	-7.179	-0.008	0.109	138.797	0.000

n. = numero consecutivo del carico
 PX, PY, PZ = componenti del carico totale $G + \sqrt{2} \cdot Q$ nel sistema XYZ
 EX, EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico
 EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico
 $\delta X, \delta Y, \delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
(angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)
 $L1$ = lavoro virtuale delle forze statiche: $L1 = \sum(n) [Pi \cdot \delta i]$
 $L2$ = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2 = \sum(n) [EXi \cdot \delta Xi + EYi \cdot \delta Yi]$
 $L3$ = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3 = \sum(n) [EZi \cdot \delta Zi]$

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

$\alpha 0$	M^* (kgm)	e^*	$a0^*$ (g)
0.046	52215	0.805	0.047

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

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [2) Cinematismo]

$a1^*$ (g)	$a2^*$ (g)	a^* (g)	PGA CLV	TR CLV	VN CLV	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.094	27	2	0.289	0.038

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

03. Cinematismo

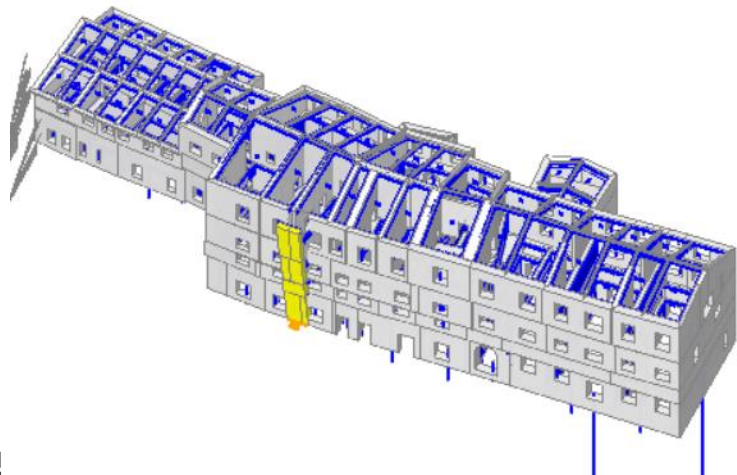
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.040$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.088 / 0.326 = 0.270$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 23 / 712 = 0.032$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [3] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC
(m³)	(m)	(m)	(sec)		
50.048	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200

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 [3] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)	Coord. punto finale (m)	Arretr.	K	N	fd	a
X Y Z	X Y Z	(m)		(kN)	(N/mm²)	(m)
40.968 0.211 0.000	43.863 0.128 0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	2.896

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [3] 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	42.024	0.684	2.900	0.00	0.00	-193.58	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	41.546	1.196	5.500	0.00	0.00	-0.26	0.00	0.00	-0.19	0.30
3	da solaio	43.040	1.158	5.500	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.01	0.30
4	peso proprio	43.474	0.643	2.900	0.00	0.00	-75.59	0.00	0.00	0.00	0.30
5	da solaio	43.490	1.142	5.500	0.00	0.00	-0.25	0.00	0.00	-0.18	0.30
6	peso proprio	42.426	0.506	7.050	0.00	0.00	-111.70	0.00	0.00	0.00	0.30
7	da solaio	43.040	0.970	8.000	0.00	0.00	-0.28	0.00	0.00	-0.17	0.30
8	da solaio	41.294	1.002	8.000	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	-0.06	0.30
9	peso proprio	43.022	0.491	10.715	0.00	0.00	-122.24	0.00	0.00	0.00	0.30
10	da solaio	43.055	0.940	12.830	0.00	0.00	-0.49	0.00	0.00	-0.27	0.30
11	peso proprio	41.582	0.535	10.715	0.00	0.00	-78.06	0.00	0.00	0.00	0.30
12	da solaio	41.290	0.995	12.830	0.00	0.00	-0.16	0.00	0.00	-0.09	0.30
13	peso proprio	43.275	0.358	16.100	0.00	0.00	-100.68	0.00	0.00	0.00	0.30
14	da solaio	43.290	0.733	18.759	0.00	0.00	-0.40	0.00	0.00	-0.27	0.00
15	peso proprio	41.736	0.434	16.100	0.00	0.00	-118.93	0.00	0.00	0.00	0.30
16	da solaio	41.236	0.841	18.763	0.00	0.00	-0.32	0.00	0.00	-0.22	0.00
17	da solaio	42.291	0.776	18.760	0.00	0.00	-0.30	0.00	0.00	-0.20	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

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

Forze, spostamenti, lavoro [3] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-193.58	-5.54	-193.50	0.00	-0.083	-2.899	0.502	-97.109	561.426	0.000
2	0.00	0.00	-0.32	-0.01	-0.32	0.00	-0.157	-5.498	0.999	-0.321	1.767	0.000
3	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.157	-5.498	1.003	-0.022	0.122	0.000
4	0.00	0.00	-75.59	-2.16	-75.56	0.00	-0.083	-2.899	0.502	-37.942	219.231	0.000



5	0.00	0.00	-0.30	-0.01	-0.30	0.00	-0.157	-5.498	1.000	-0.302	1.663	0.000
6	0.00	0.00	-111.70	-3.20	-111.65	0.00	-0.202	-7.047	0.334	-37.272	787.512	0.000
7	0.00	0.00	-0.33	-0.01	-0.33	0.00	-0.229	-7.997	0.815	-0.272	2.672	0.000
8	0.00	0.00	-0.12	0.00	-0.12	0.00	-0.229	-7.997	0.796	-0.095	0.959	0.000
9	0.00	0.00	-122.24	-3.50	-122.19	0.00	-0.307	-10.711	0.333	-40.745	1309.788	0.000
10	0.00	0.00	-0.58	-0.02	-0.58	0.00	-0.367	-12.825	0.782	-0.451	7.391	0.000
11	0.00	0.00	-78.06	-2.23	-78.02	0.00	-0.307	-10.711	0.336	-26.264	836.376	0.000
12	0.00	0.00	-0.19	0.00	-0.19	0.00	-0.367	-12.825	0.787	-0.150	2.438	0.000
13	0.00	0.00	-100.68	-2.88	-100.64	0.00	-0.461	-16.094	0.205	-20.661	1620.908	0.000
14	0.00	0.00	-0.40	-0.01	-0.40	0.00	-0.537	-18.752	0.579	-0.232	7.523	0.000
15	0.00	0.00	-118.93	-3.40	-118.88	0.00	-0.461	-16.094	0.237	-28.176	1914.714	0.000
16	0.00	0.00	-0.32	-0.01	-0.32	0.00	-0.537	-18.756	0.628	-0.204	6.084	0.000
17	0.00	0.00	-0.30	-0.01	-0.30	0.00	-0.537	-18.752	0.593	-0.179	5.668	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

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

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [3) Cinematismo]

$\alpha 0$	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.040	61328	0.748	0.044

$\alpha 0$ = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [3) Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.088	23	2	0.270	0.032

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

04. Cinematismo

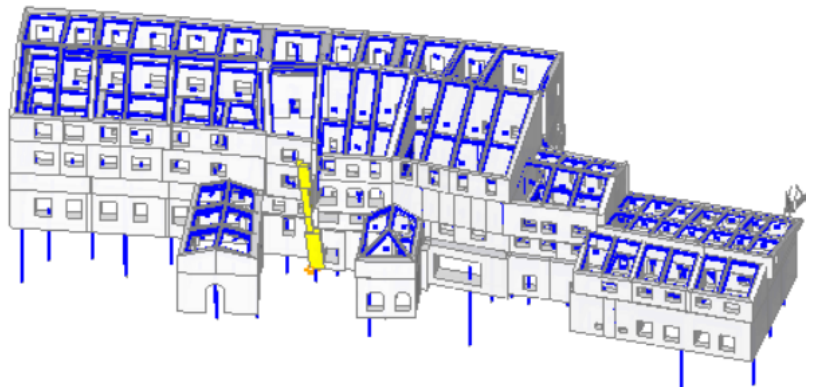
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.031$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.064 / 0.326 = 0.196$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 11 / 712 = 0.015$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [4] Cinematismo]

V	H	Z	T1	Y	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
15.204	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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

Y = Coefficiente di partecipazione modale

FC = fattore di confidenza

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

Asse di rotazione [4] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)	Coord. punto finale (m)	Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)
57.455	20.721	0.000	56.245	21.591	0.000	0.000

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [4] Cinematismo]

n.	tipologia	Punto di X	applicazione (m) Y Z	Carico permanente G (kN) GX GY GZ			Carico variabile Q (kN) QX QY QZ			ψ2	
1	peso proprio	56.775	20.560	10.715	0.00	0.00	-86.99	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	56.684	19.570	12.830	0.00	0.00	-0.44	0.00	0.00	-0.24	0.30
3	peso proprio	57.110	20.727	15.048	0.00	0.00	-20.73	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da solaio	56.762	20.432	15.836	0.00	0.00	-1.86	0.00	0.00	-1.13	0.00
5	peso proprio	56.497	20.992	14.860	0.00	0.00	-43.89	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	56.352	20.581	15.775	0.00	0.00	-0.09	0.00	0.00	-0.06	0.00
7	peso proprio	57.266	20.928	11.158	0.00	0.00	-5.31	0.00	0.00	0.00	0.30
8	peso proprio	56.871	21.124	7.135	0.00	0.00	-13.34	0.00	0.00	0.00	0.30
9	peso proprio	56.434	21.323	3.341	0.00	0.00	-73.01	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

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

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

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

Forze, spostamenti, lavoro [4] Cinematismo]

n.	Carico totale G+ψ*2*Q (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-86.99	50.75	70.65	0.00	6.251	8.703	0.522	-45.427	932.091	0.000
2	0.00	0.00	-0.51	0.30	0.41	0.00	7.486	10.421	1.378	-0.702	6.531	0.000
3	0.00	0.00	-20.73	12.09	16.84	0.00	8.779	12.222	0.189	-3.920	311.948	0.000
4	0.00	0.00	-1.86	1.09	1.51	0.00	9.239	12.862	0.631	-1.173	29.446	0.000
5	0.00	0.00	-43.89	25.61	35.65	0.00	8.670	12.069	0.331	-14.541	652.218	0.000
6	0.00	0.00	-0.09	0.05	0.07	0.00	9.204	12.812	0.749	-0.069	1.442	0.000
7	0.00	0.00	-5.31	3.10	4.31	0.00	6.510	9.062	-0.064	0.338	59.228	0.000
8	0.00	0.00	-13.34	7.78	10.84	0.00	4.163	5.795	0.010	-0.131	95.207	0.000
9	0.00	0.00	-73.01	42.59	59.29	0.00	1.949	2.713	0.105	-7.668	243.903	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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



EX,EY = componenti orizzontali della forza inerziale corrispondente al carico
EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico
 $\delta X, \delta Y, \delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
(angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)
L1 = lavoro virtuale delle forze statiche: $L1 = \sum(n) [Pi * \delta i]$
L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2 = \sum(n) [EXi * \delta Xi + EYi * \delta Yi]$
L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3 = \sum(n) [EZi * \delta Zi]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [4) Cinematismo]

$\alpha 0$	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.031	20462	0.817	0.032

$\alpha 0$ = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [4) Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.064	11	1	0.196	0.015

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

05. Cinematismo

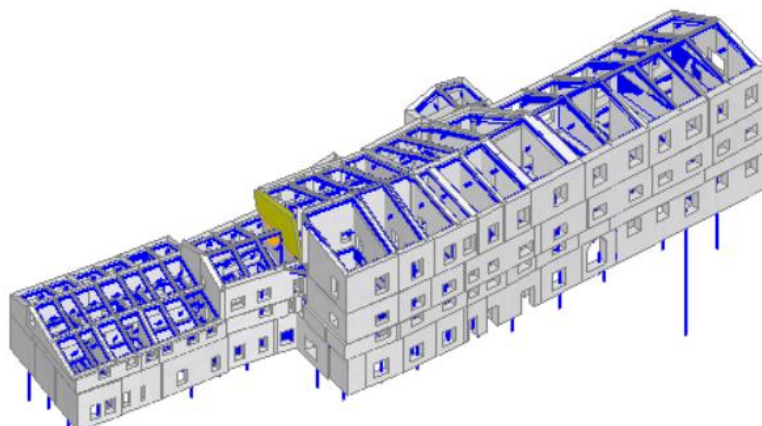
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.051$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.088 / 0.326 = 0.270$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 23 / 712 = 0.032$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [5] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
41.696	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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 [5] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)	Coord. punto finale (m)	Arretr.	K	N	fd	a
X Y Z	X Y Z	(m)		(kN)	(N/mm²)	(m)
33.414 23.151 13.130	31.472 11.702 12.830	0.000	0.000	0.00	0.000	11.616

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [5] 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	32.459 16.651 16.160	0.00 0.00 -667.14	0.00 0.00 0.00	0.30
2	da solaio	32.929 17.329 18.371	0.00 0.00 -60.12	0.00 0.00 -35.85	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

Forze, spostamenti, lavoro [5] Cinematismo]

n.	Carico totale G+ψ2*Q (kN)	Forza inerziale(kN)	Spostam.virtuali (mm)	Lavoro virtuale (kN*mm)
	PX PY PZ	EX EY EZ	δX δY δZ	L1 L2 L3
1	0.00 0.00 -667.14	-657.75 111.56 0.00	-3.154 0.531 0.144	-96.056 2134.046 0.000
2	0.00 0.00 -60.12	-59.28 10.05 0.00	-5.316 0.889 0.493	-29.640 324.068 0.000

n. = numero consecutivo del carico

PX,PY,PZ = componenti del carico totale G+ψ2*Q nel sistema XYZ

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

δX,δY,δZ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ

(angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)
 $L1 = \text{lavoro virtuale delle forze statiche: } L1 = \sum (n) [Pi * \delta i]$
 $L2 = \text{lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: } L2 = \sum (n) [EXi * \delta Xi + EYi * \delta Yi]$
 $L3 = \text{lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: } L3 = \sum (n) [EZi * \delta Zi]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [5] *Cinematismo*

$\alpha 0$	M^* (kgm)	e^*	$a0^*$ (g)
0.051	71870	0.969	0.044

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

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [5] *Cinematismo*

$a1^*$ (g)	$a2^*$ (g)	a^* (g)	PGA CLV	TR CLV	VN CLV	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.088	23	2	0.270	0.032

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

06. Cinematismo

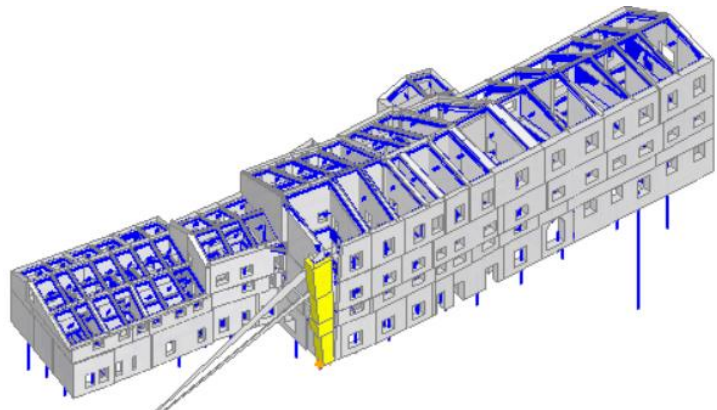
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.013$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.028 / 0.326 = 0.086$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2 / 712 = 0.003$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [6] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
52.133	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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 [6] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm²)	(m)
30.048	2.985	0.000	30.922	0.952	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	2.213

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [6] 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	30.142	2.114	7.050	0.00	0.00	-74.32	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	30.740	2.219	8.000	0.00	0.00	-20.61	0.00	0.00	-12.52	0.30
3	peso proprio	30.224	2.070	10.745	0.00	0.00	-104.75	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da solaio	30.698	2.231	12.830	0.00	0.00	-23.17	0.00	0.00	-12.78	0.30
5	peso proprio	30.160	2.117	16.153	0.00	0.00	-106.10	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	30.524	2.250	18.899	0.00	0.00	-18.60	0.00	0.00	-12.72	0.00
7	peso proprio	31.315	1.166	16.176	0.00	0.00	-153.18	0.00	0.00	0.00	0.30
8	da solaio	31.601	1.484	18.764	0.00	0.00	-2.62	0.00	0.00	-1.79	0.00
9	peso proprio	31.175	1.155	10.776	0.00	0.00	-102.83	0.00	0.00	0.00	0.30
10	da solaio	31.500	1.472	12.830	0.00	0.00	-3.07	0.00	0.00	-1.69	0.30
11	peso proprio	31.006	1.143	7.068	0.00	0.00	-48.99	0.00	0.00	0.00	0.30
12	da solaio	31.367	1.460	8.000	0.00	0.00	-2.41	0.00	0.00	-1.47	0.30
13	peso proprio	31.046	1.242	3.042	0.00	0.00	-82.42	0.00	0.00	0.00	0.30
14	da solaio	31.472	1.606	5.500	0.00	0.00	-1.94	0.00	0.00	-0.95	0.30
15	peso proprio	30.481	2.125	2.900	0.00	0.00	-161.54	0.00	0.00	0.00	0.30
16	da solaio	31.086	2.252	5.500	0.00	0.00	-29.96	0.00	0.00	-14.71	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

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

(per carichi da solaio con più variabili aventi diversi coefficienti di combinazione, mostrato in tabella è pari alla media pesata: P=G+ψ2*Q, con G e Q carichi totali del solaio)

Forze, spostamenti, lavoro [6] Cinematismo]

n.	Carico totale G+ψ2*Q (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-74.32	-68.28	-29.36	0.00	-6.477	-2.785	-0.261	19.397	523.956	0.000
2	0.00	0.00	-24.36	-22.38	-9.62	0.00	-7.350	-3.160	0.329	-8.020	194.899	0.000
3	0.00	0.00	-104.75	-96.23	-41.38	0.00	-9.871	-4.244	-0.204	21.417	1125.480	0.000
4	0.00	0.00	-27.00	-24.80	-10.66	0.00	-11.787	-5.068	0.293	-7.918	346.407	0.000
5	0.00	0.00	-106.10	-97.47	-41.91	0.00	-14.839	-6.380	-0.248	26.325	1713.863	0.000
6	0.00	0.00	-18.60	-17.09	-7.35	0.00	-17.362	-7.465	0.138	-2.560	351.492	0.000

7	0.00	0.00	-153.18	-140.73	-60.51	0.00	-14.861	-6.390	0.438	-67.062	2477.989	0.000
8	0.00	0.00	-2.62	-2.41	-1.04	0.00	-17.239	-7.412	0.824	-2.162	49.214	0.000
9	0.00	0.00	-102.83	-94.46	-40.62	0.00	-9.900	-4.257	0.308	-31.659	1108.094	0.000
10	0.00	0.00	-3.57	-3.28	-1.41	0.00	-11.787	-5.068	0.730	-2.608	45.851	0.000
11	0.00	0.00	-48.99	-45.01	-19.35	0.00	-6.493	-2.792	0.149	-7.321	346.250	0.000
12	0.00	0.00	-2.85	-2.62	-1.13	0.00	-7.350	-3.160	0.606	-1.729	22.816	0.000
13	0.00	0.00	-82.42	-75.71	-32.56	0.00	-2.795	-1.202	0.227	-18.685	250.740	0.000
14	0.00	0.00	-2.23	-2.05	-0.88	0.00	-5.053	-2.173	0.761	-1.695	12.244	0.000
15	0.00	0.00	-161.54	-148.40	-63.81	0.00	-2.664	-1.146	0.057	-9.144	468.472	0.000
16	0.00	0.00	-34.38	-31.58	-13.58	0.00	-5.053	-2.173	0.662	-22.768	189.081	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

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

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [6] Cinematismo]

$\alpha 0$	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.013	75154	0.776	0.014

$\alpha 0$ = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [6] Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.028	2	0	0.086	0.003

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

Sintesi risultati meccanismi locali di collasso Corpo B-C

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	$\alpha 0$	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
1	0.037	0.233	0.022
2	0.046	0.289	0.038
3	0.040	0.270	0.032
4	0.031	0.196	0.015
5	0.051	0.270	0.032
6	0.013	0.086	0.003

4.4 Conclusioni sulle verifiche sismiche ante operam

Sia le analisi di pushover che le verifiche dei meccanismi locali di collasso hanno evidenziato livelli di sicurezza inferiori a 0.6.

5 VERIFICA SISMICA POST OPERAM

L'intervento proposto è considerato di riparazione e miglioramento sismico.

Come già precisato precedentemente le analisi sono eseguite su quattro modelli (A, B, C1 e C2).

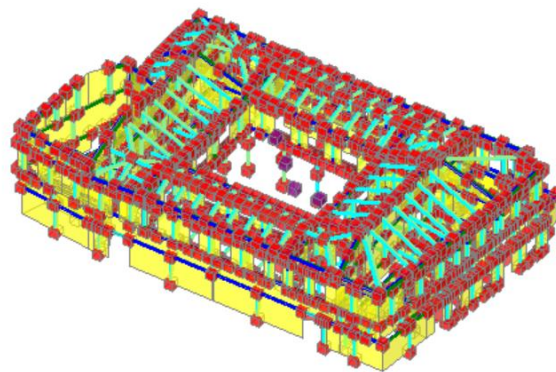
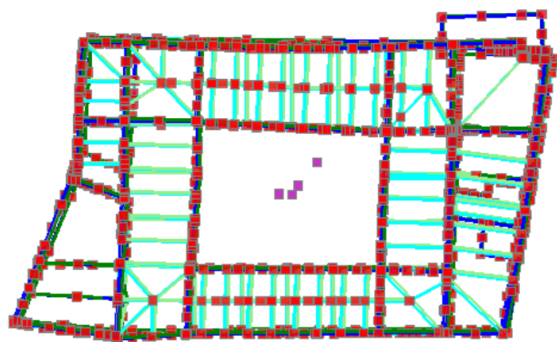
Nell'analisi modale sono stati utilizzati i modi di vibrare per raggiungere almeno l'85% di massa partecipante; nella tabella che segue è sintetizzata la distribuzione delle masse partecipanti e successivamente sono riportate le deformate relative ai primi modi fondamentali.

5.1 Analisi modale

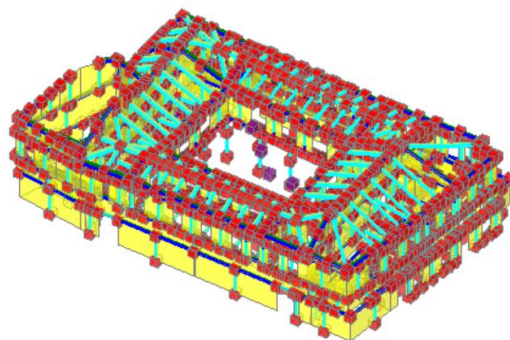
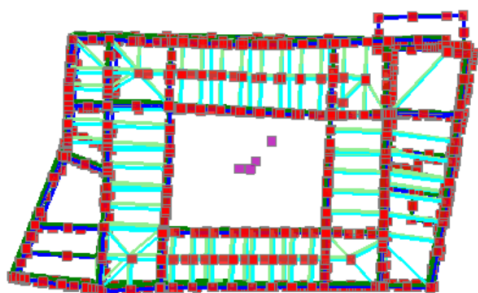
5.1.1 Corpo A

	Modo	Autovalore	Frequenza	Periodo	Masse modali efficaci			Totale progressivo %			Quote masse modali efficaci		
		(rad/sec)^2	(cicli/sec)	(sec)	(% sulla massa totale)					(m)			
					X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1		1.26306E03	5.7E00	0.177	8.378	65.700	0.000	8.378	65.700	0.000	9.894	9.706	8.770
2		1.56842E03	6.3E00	0.159	63.522	13.294	0.076	71.900	78.993	0.076	9.816	9.505	9.089
3		2.05868E03	7.2E00	0.138	8.651	7.115	0.002	80.551	86.108	0.078	10.067	9.969	8.917
4		2.27334E03	7.6E00	0.132	4.243	1.472	0.021	84.795	87.580	0.099	9.861	9.745	8.769
5		3.46004E03	9.4E00	0.107	0.003	0.720	0.001	84.798	88.300	0.100	12.117	9.630	7.856
6		5.99867E03	1.2E01	0.081	0.231	8.429	0.394	85.029	96.729	0.494	9.117	8.757	9.496
7		6.34311E03	1.3E01	0.079	1.288	0.005	42.408	86.318	96.734	42.902	7.823	9.696	9.789
8		6.52885E03	1.3E01	0.078	1.291	0.027	8.609	87.608	96.762	51.511	8.176	8.802	10.008
9		7.28777E03	1.4E01	0.074	10.370	0.098	7.557	97.979	96.860	59.068	8.539	9.525	9.482
10		8.19305E03	1.4E01	0.069	0.002	0.000	1.463	97.980	96.860	60.531	10.200	10.334	10.274
11		8.79047E03	1.5E01	0.067	0.008	0.624	1.666	97.988	97.484	62.198	11.672	9.687	9.204
12		9.28721E03	1.5E01	0.065	0.028	0.287	1.110	98.016	97.771	63.308	9.459	9.465	9.430
13		1.03249E04	1.6E01	0.062	0.006	0.068	6.981	98.022	97.839	70.289	11.986	9.051	9.344
14		1.07034E04	1.6E01	0.061	0.194	0.021	0.558	98.216	97.860	70.847	10.643	11.786	9.314
15		1.13520E04	1.7E01	0.059	0.004	0.030	0.308	98.221	97.890	71.155	10.174	8.692	9.779
16		1.15178E04	1.7E01	0.059	0.001	0.024	0.009	98.222	97.915	71.164	11.424	8.778	9.800
17		1.21824E04	1.8E01	0.057	0.010	0.254	4.554	98.232	98.169	75.719	9.991	8.670	9.240
18		1.32196E04	1.8E01	0.055	0.000	0.033	0.193	98.232	98.203	75.911	9.996	8.664	9.489
19		1.80059E04	2.1E01	0.047	0.000	0.000	0.001	98.232	98.203	75.912	12.362	9.408	9.813
20		1.82287E04	2.1E01	0.047	0.000	0.000	0.298	98.232	98.203	76.210	12.031	12.154	8.608
21		1.83080E04	2.2E01	0.046	0.000	0.000	0.118	98.232	98.203	76.328	11.646	10.381	9.875
22		1.90544E04	2.2E01	0.046	0.005	0.000	0.085	98.237	98.203	76.414	12.339	12.096	8.235
23		1.97421E04	2.2E01	0.045	0.000	0.003	0.037	98.237	98.206	76.451	12.064	11.441	8.475
24		2.04911E04	2.3E01	0.044	0.014	0.000	1.872	98.251	98.206	78.322	9.830	10.755	8.178
25		2.13487E04	2.3E01	0.043	0.003	0.000	0.001	98.254	98.206	78.324	12.346	12.616	8.484
26		2.16755E04	2.3E01	0.043	0.000	0.000	0.010	98.254	98.206	78.333	9.126	9.269	9.799
27		2.18886E04	2.4E01	0.042	0.000	0.000	0.036	98.254	98.206	78.370	10.645	8.861	9.491
28		2.22910E04	2.4E01	0.042	0.030	0.002	2.923	98.284	98.208	81.293	8.500	8.848	8.180
29		2.38105E04	2.5E01	0.041	0.000	0.000	0.000	98.284	98.209	81.293	9.960	8.530	8.719
30		2.44127E04	2.5E01	0.040	0.001	0.043	0.946	98.285	98.252	82.239	11.725	8.483	7.953

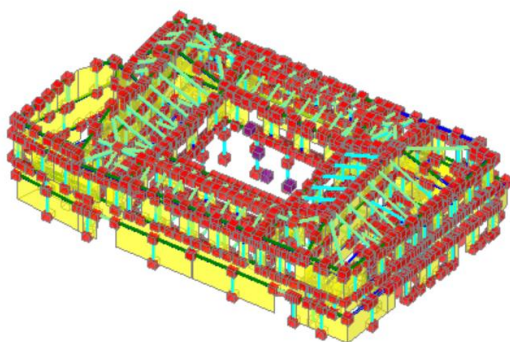
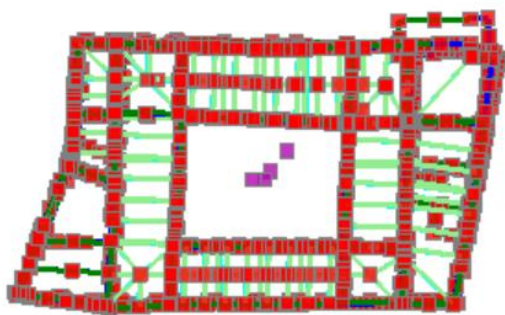
31	2.46245E04	2.5E01	0.040	0.017	0.007	0.098	98.302	98.258	82.337	10.663	11.511	7.945
32	2.51343E04	2.5E01	0.040	0.000	0.016	0.332	98.303	98.274	82.669	9.354	7.437	8.437
33	2.63016E04	2.6E01	0.039	0.000	1.167	0.212	98.303	99.441	82.881	9.205	6.884	8.374
34	2.65623E04	2.6E01	0.039	0.000	0.101	0.355	98.303	99.542	83.236	9.374	6.690	8.602
35	2.69300E04	2.6E01	0.038	0.004	0.068	0.485	98.307	99.610	83.721	11.120	9.835	7.736
36	2.70156E04	2.6E01	0.038	0.000	0.027	4.477	98.307	99.637	88.198	12.333	8.122	7.579
37	2.85281E04	2.7E01	0.037	0.000	0.000	0.003	98.307	99.637	88.201	6.813	7.508	12.414
38	2.87691E04	2.7E01	0.037	0.014	0.008	0.012	98.321	99.646	88.213	10.375	10.981	7.908
39	2.89604E04	2.7E01	0.037	0.001	0.000	0.016	98.322	99.646	88.229	7.035	8.238	10.456
40	2.91780E04	2.7E01	0.037	0.012	0.001	0.192	98.334	99.647	88.421	6.877	8.346	8.961
41	2.97654E04	2.7E01	0.036	0.920	0.012	0.021	99.254	99.659	88.442	7.248	10.605	8.336
42	3.04698E04	2.8E01	0.036	0.428	0.000	0.016	99.682	99.659	88.458	7.778	12.362	8.046
43	3.09020E04	2.8E01	0.036	0.074	0.003	0.041	99.756	99.663	88.499	8.516	10.757	7.512
44	3.12656E04	2.8E01	0.036	0.000	0.000	0.085	99.757	99.663	88.584	7.633	10.110	8.659
45	3.18313E04	2.8E01	0.035	0.036	0.006	0.000	99.792	99.669	88.584	9.948	11.126	7.727
46	3.29720E04	2.9E01	0.035	0.003	0.004	0.002	99.795	99.673	88.587	11.763	11.505	7.965
47	3.40632E04	2.9E01	0.034	0.159	0.230	0.012	99.954	99.903	88.599	6.866	7.137	7.603
48	3.47010E04	3.0E01	0.034	0.001	0.001	0.291	99.956	99.905	88.890	11.637	11.419	7.403
49	3.50131E04	3.0E01	0.034	0.004	0.004	0.448	99.960	99.909	89.338	10.751	10.724	7.534
50	3.68488E04	3.1E01	0.033	0.000	0.001	0.302	99.960	99.909	89.640	11.057	9.189	7.428




Modo principale di vibrare in direzione X: T=0,159 sec



Modo principale di vibrare in direzione Y: $T=0,177$ sec

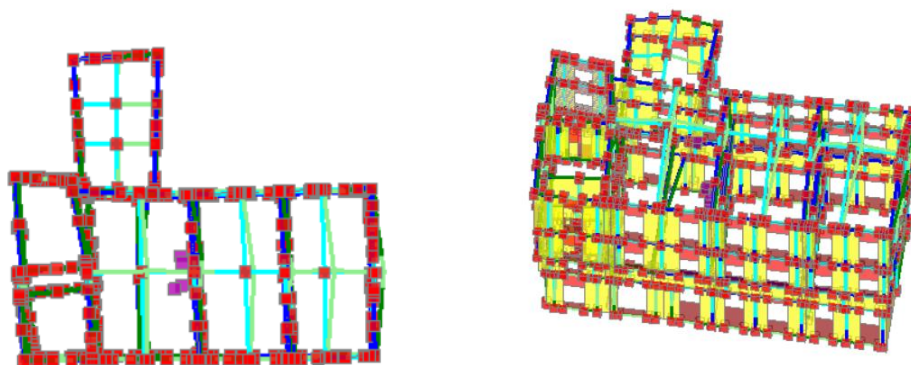


Modo principale di vibrare rotazionale: $T=0,079$ sec

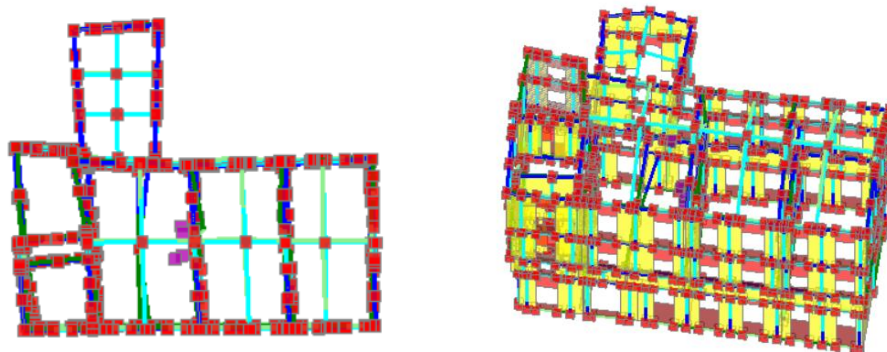
	UNIVERSITA' DI CAMERINO	LAVORI DI RIPARAZIONE E MIGLIORAMENTO SIMICO DEL PALAZZO DUCALE DI CAMERINO	RELAZIONE DI CALCOLO ANTE E POST OPERAM
----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------	--------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

5.1.2 Corpo B

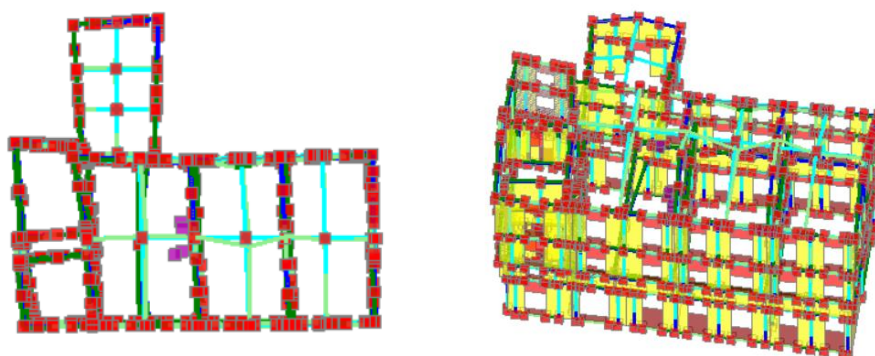
Modo	Autovalore	Frequenza	Periodo	Masse modali efficaci			Totale progressivo %			Quote masse modali efficaci		
	(rad/sec)^2	(cicli/sec)	(sec)	(% sulla massa totale)						(m)		
				X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	3.55235E02	3.0E00	0.333	2.981	0.052	0.256	2.981	0.052	0.256	14.540	16.434	19.399
2	3.74777E02	3.1E00	0.325	44.222	1.643	0.060	47.203	1.695	0.316	13.610	13.880	15.008
3	4.77653E02	3.5E00	0.287	0.004	6.494	0.307	47.207	8.189	0.623	17.768	14.149	17.286
4	5.45894E02	3.7E00	0.269	15.742	0.006	0.211	62.949	8.195	0.835	12.664	17.640	16.920
5	5.86579E02	3.9E00	0.259	0.599	55.013	0.022	63.548	63.208	0.856	16.388	12.814	13.172
6	6.82087E02	4.2E00	0.241	1.520	10.571	0.008	65.067	73.779	0.865	14.761	13.400	15.755
7	7.15474E02	4.3E00	0.235	17.906	0.112	0.046	82.973	73.891	0.911	12.571	14.619	16.448
8	8.29963E02	4.6E00	0.218	2.480	0.541	0.057	85.453	74.432	0.967	12.905	17.122	16.248
9	1.03118E03	5.1E00	0.196	0.011	0.282	0.059	85.463	74.714	1.026	18.544	15.488	16.959
10	1.23752E03	5.6E00	0.179	2.078	1.421	0.004	87.541	76.135	1.030	12.326	14.038	17.125
11	1.44808E03	6.1E00	0.165	0.343	2.814	0.238	87.885	78.950	1.268	13.740	13.499	16.735
12	1.72767E03	6.6E00	0.151	9.188	0.738	0.144	97.073	79.688	1.412	11.520	13.919	14.518
13	1.86745E03	6.9E00	0.145	0.000	6.348	0.032	97.073	86.036	1.444	18.569	11.365	15.273
14	2.30256E03	7.6E00	0.131	0.000	0.114	0.211	97.073	86.150	1.655	15.640	10.487	10.420
15	2.32290E03	7.7E00	0.130	0.000	0.068	0.012	97.073	86.218	1.667	19.150	17.030	15.682
16	2.45272E03	7.9E00	0.127	0.834	4.231	0.001	97.907	90.449	1.668	12.145	11.001	13.442
17	2.72236E03	8.3E00	0.120	0.190	3.007	1.769	98.097	93.456	3.438	13.069	12.422	13.597
18	2.88848E03	8.6E00	0.117	0.000	0.020	0.342	98.097	93.477	3.779	16.202	13.266	10.363
19	3.01528E03	8.7E00	0.114	0.227	2.553	0.889	98.324	96.030	4.668	13.486	12.749	13.506
20	3.21555E03	9.0E00	0.111	0.512	2.289	2.049	98.837	98.319	6.717	13.323	11.649	12.329
21	3.57217E03	9.5E00	0.105	0.022	0.336	5.694	98.858	98.655	12.411	14.963	15.541	12.755
22	4.00372E03	1.0E01	0.099	0.093	0.010	8.920	98.951	98.665	21.331	12.790	18.234	12.520
23	4.04414E03	1.0E01	0.099	0.763	0.001	11.700	99.714	98.665	33.031	12.289	15.201	12.078
24	4.22705E03	1.0E01	0.097	0.182	0.095	38.454	99.896	98.760	71.485	12.758	13.198	12.318
25	4.57267E03	1.1E01	0.093	0.014	0.037	3.464	99.910	98.798	74.948	12.737	16.931	12.100
26	5.01734E03	1.1E01	0.089	0.000	0.041	0.020	99.910	98.839	74.969	16.059	15.039	12.156
27	5.19624E03	1.1E01	0.087	0.001	0.342	0.203	99.911	99.182	75.171	18.169	13.573	14.082
28	5.66503E03	1.2E01	0.083	0.015	0.113	0.098	99.926	99.294	75.270	14.110	15.620	14.291
29	5.82996E03	1.2E01	0.082	0.012	0.175	0.203	99.938	99.470	75.472	15.395	14.472	13.596
30	5.99349E03	1.2E01	0.081	0.001	0.130	0.003	99.939	99.600	75.475	18.529	15.117	14.706
31	7.17304E03	1.3E01	0.074	0.002	0.002	0.088	99.941	99.601	75.563	17.760	16.837	13.987
32	7.49352E03	1.4E01	0.073	0.011	0.214	0.771	99.952	99.816	76.334	13.439	12.734	13.077
33	7.79372E03	1.4E01	0.071	0.001	0.057	4.310	99.953	99.872	80.645	13.774	15.954	12.552
34	8.35746E03	1.5E01	0.069	0.000	0.013	2.667	99.953	99.885	83.311	15.877	16.751	12.906
35	8.56334E03	1.5E01	0.068	0.007	0.000	2.365	99.960	99.886	85.676	14.364	14.287	12.431



Modo principale di vibrare in direzione X: $T=0,325$ sec



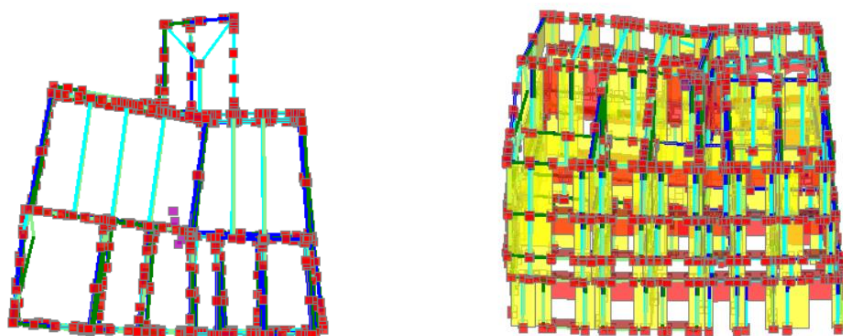
Modo principale di vibrare in direzione Y: $T=0,259$ sec



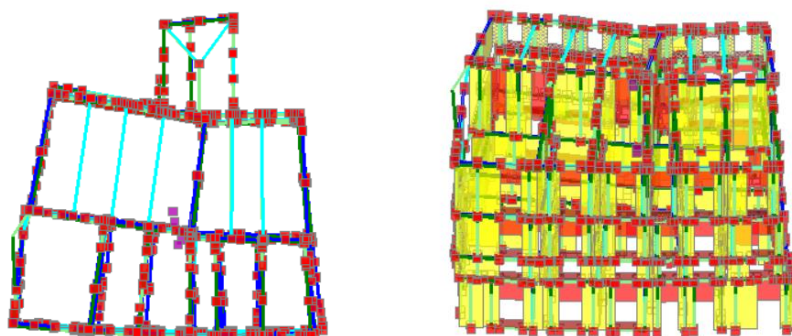
Modo principale di vibrare rotazionale: $T=0,097$ sec

5.1.3 Corpo C1

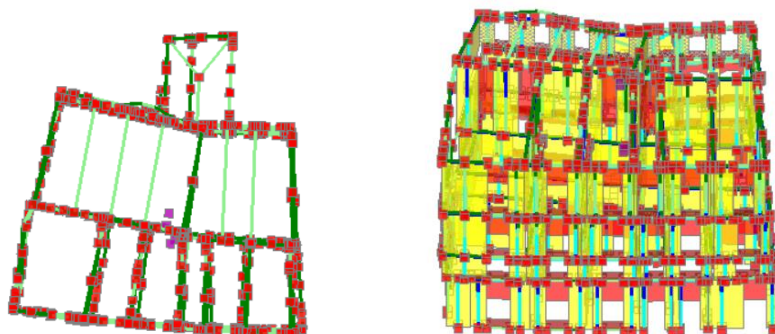
Modo	Autovalore	Frequenza	Periodo	Masse modali efficaci			Totale progressivo %			Quote masse modali efficaci		
	(rad/sec)^2	(cicli/sec)	(sec)	(% sulla massa totale)						(m)		
				X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	3.05562E02	2.8E00	0.359	65.425	0.298	0.000	65.425	0.298	0.000	12.910	15.477	11.697
2	4.53247E02	3.4E00	0.295	10.844	6.757	0.003	76.270	7.055	0.003	13.131	13.453	11.524
3	4.96892E02	3.5E00	0.282	0.044	68.944	0.038	76.314	75.999	0.041	18.074	12.712	11.567
4	6.68210E02	4.1E00	0.243	8.972	4.812	0.004	85.286	80.811	0.045	12.671	15.236	11.940
5	1.55555E03	6.3E00	0.159	11.286	0.024	0.013	96.572	80.835	0.058	11.500	15.478	13.043
6	1.83921E03	6.8E00	0.147	0.599	7.268	0.010	97.170	88.103	0.068	11.056	11.428	13.411
7	2.20706E03	7.5E00	0.134	0.001	0.002	0.168	97.172	88.105	0.236	10.924	11.625	9.860
8	2.60018E03	8.1E00	0.123	0.424	0.056	0.014	97.595	88.161	0.249	15.981	15.715	12.878
9	2.63069E03	8.2E00	0.123	0.000	5.027	0.492	97.596	93.187	0.742	15.666	11.563	13.157
10	2.87395E03	8.5E00	0.117	0.185	4.877	0.671	97.781	98.064	1.413	14.429	12.441	12.772
11	3.62552E03	9.6E00	0.104	0.706	0.016	0.086	98.487	98.081	1.498	12.885	18.110	12.657
12	3.79141E03	9.8E00	0.102	0.042	0.008	0.822	98.530	98.089	2.320	13.901	17.651	12.729
13	4.15820E03	1.0E01	0.097	0.736	0.026	18.904	99.265	98.115	21.224	11.446	14.042	12.247
14	4.21252E03	1.0E01	0.097	0.300	0.011	60.594	99.565	98.125	81.819	11.134	13.573	12.222
15	4.70371E03	1.1E01	0.092	0.006	0.000	0.006	99.571	98.125	81.825	15.991	18.874	12.527
16	4.78261E03	1.1E01	0.091	0.024	0.081	0.635	99.596	98.206	82.460	13.471	14.718	12.428
17	5.13927E03	1.1E01	0.088	0.023	0.002	0.774	99.619	98.209	83.234	15.006	18.014	12.265
18	5.30825E03	1.2E01	0.086	0.023	0.059	0.299	99.641	98.268	83.533	14.809	15.514	12.139
19	5.47486E03	1.2E01	0.085	0.009	0.154	1.267	99.650	98.422	84.800	13.821	13.862	11.562
20	6.05332E03	1.2E01	0.081	0.074	0.138	0.275	99.724	98.560	85.075	12.349	14.447	12.588
21	6.56411E03	1.3E01	0.078	0.000	0.223	0.943	99.725	98.783	86.018	18.568	10.938	12.170
22	7.05843E03	1.3E01	0.075	0.012	0.708	0.871	99.737	99.491	86.889	17.406	11.130	12.167
23	7.58593E03	1.4E01	0.072	0.014	0.112	0.098	99.751	99.602	86.987	16.571	13.948	12.012
24	8.25567E03	1.4E01	0.069	0.000	0.049	2.058	99.751	99.651	89.045	17.666	15.720	11.534
25	8.57131E03	1.5E01	0.068	0.005	0.000	0.140	99.756	99.651	89.185	15.796	17.654	11.906
26	8.79018E03	1.5E01	0.067	0.000	0.002	0.015	99.756	99.653	89.200	18.778	16.843	12.383
27	9.19832E03	1.5E01	0.066	0.001	0.000	0.008	99.757	99.653	89.208	17.203	18.809	12.445



Modo principale di vibrare in direzione X: T=0,359 sec



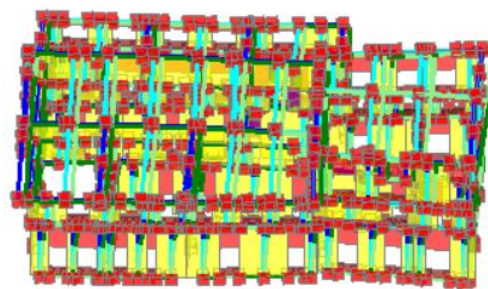
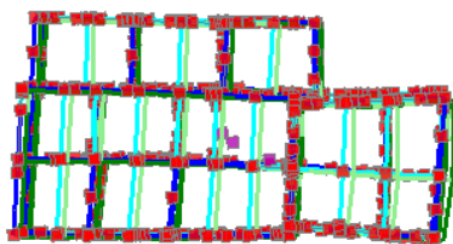
Modo principale di vibrare in direzione Y: $T=0,282$ sec



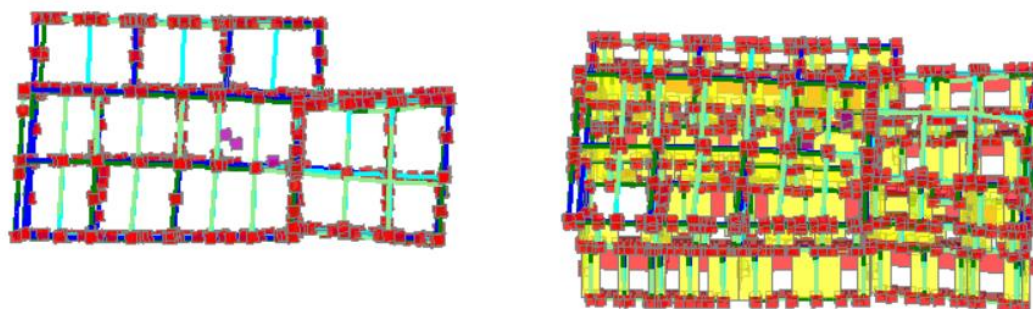
Modo principale di vibrare rotazionale: $T=0,097$ sec

5.1.4 Corpo C2

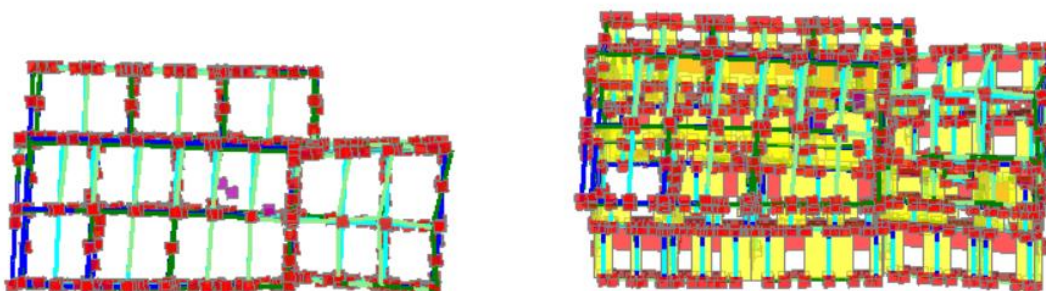
Modo	Autovalore	Frequenza	Periodo	Masse modali efficaci			Totale progressivo %			Quote masse modali efficaci		
	(rad/sec)^2	(cicli/sec)	(sec)	(% sulla massa totale)						(m)		
				X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	3.27174E02	2.9E00	0.347	0.138	2.190	0.119	0.138	2.190	0.119	10.893	11.314	13.789
2	9.70219E02	5.0E00	0.202	9.649	52.218	0.016	9.786	54.408	0.135	7.945	8.302	9.518
3	1.15633E03	5.4E00	0.185	79.372	13.447	0.003	89.159	67.855	0.138	7.794	7.886	8.125
4	1.77340E03	6.7E00	0.149	2.858	26.550	0.272	92.016	94.405	0.410	7.547	8.016	10.663
5	2.18077E03	7.4E00	0.135	2.075	0.861	0.139	94.091	95.267	0.549	8.516	11.121	9.947
6	3.52423E03	9.4E00	0.106	2.012	0.401	0.046	96.103	95.667	0.595	8.798	9.443	11.116
7	3.83714E03	9.9E00	0.101	1.028	0.055	0.058	97.131	95.722	0.652	8.969	10.343	12.290
8	4.91845E03	1.1E01	0.090	0.067	0.743	0.146	97.198	96.465	0.799	9.992	9.693	10.235
9	5.76968E03	1.2E01	0.083	0.005	1.832	1.108	97.203	98.297	1.907	10.482	8.988	8.888
10	7.22401E03	1.4E01	0.074	1.734	0.003	3.655	98.937	98.300	5.562	8.332	12.442	8.737
11	8.56645E03	1.5E01	0.068	0.034	0.169	22.362	98.971	98.469	27.925	9.636	8.382	8.646
12	8.85614E03	1.5E01	0.067	0.135	1.013	2.042	99.106	99.483	29.966	8.356	8.649	8.475
13	1.00693E04	1.6E01	0.063	0.003	0.052	5.245	99.108	99.534	35.211	10.331	8.463	8.933
14	1.15527E04	1.7E01	0.058	0.595	0.030	1.212	99.703	99.564	36.423	7.955	9.165	8.818
15	1.21170E04	1.8E01	0.057	0.047	0.017	18.333	99.750	99.581	54.756	8.196	8.451	8.446
16	1.26968E04	1.8E01	0.056	0.034	0.012	13.975	99.784	99.593	68.731	9.097	11.735	8.232
17	1.42225E04	1.9E01	0.053	0.034	0.026	7.230	99.818	99.619	75.960	12.345	9.093	8.183
18	1.47524E04	1.9E01	0.052	0.005	0.080	1.886	99.823	99.699	77.846	9.171	8.110	8.387
19	1.64762E04	2.0E01	0.049	0.008	0.132	0.136	99.831	99.830	77.982	9.431	9.499	8.828
20	1.75140E04	2.1E01	0.047	0.001	0.000	1.367	99.832	99.830	79.349	9.434	9.971	8.079
21	1.88559E04	2.2E01	0.046	0.001	0.001	0.396	99.833	99.831	79.744	11.920	10.879	8.804
22	1.96620E04	2.2E01	0.045	0.001	0.001	0.191	99.834	99.832	79.935	12.011	10.616	8.663
23	2.09227E04	2.3E01	0.043	0.003	0.000	3.031	99.837	99.832	82.966	11.430	10.183	8.267
24	2.23202E04	2.4E01	0.042	0.002	0.016	0.016	99.839	99.848	82.982	12.047	10.507	8.412
25	2.48985E04	2.5E01	0.040	0.045	0.007	0.517	99.884	99.855	83.499	9.732	12.159	7.500
26	2.55684E04	2.5E01	0.039	0.004	0.022	2.771	99.888	99.877	86.270	9.937	10.302	7.300



Modo principale di vibrare in direzione X: T=0,185 sec



Modo principale di vibrare in direzione Y: $T=0,202$ sec



Modo principale di vibrare rotazionale: $T=0,068$ sec

5.2 Analisi di pushover allo SLV

Le caratteristiche meccaniche della muratura considerate nella verifica allo stato di progetto sono definite nella "Relazione sui materiali".

Nel seguito si riporta una sintesi dei risultati delle analisi di pushover.

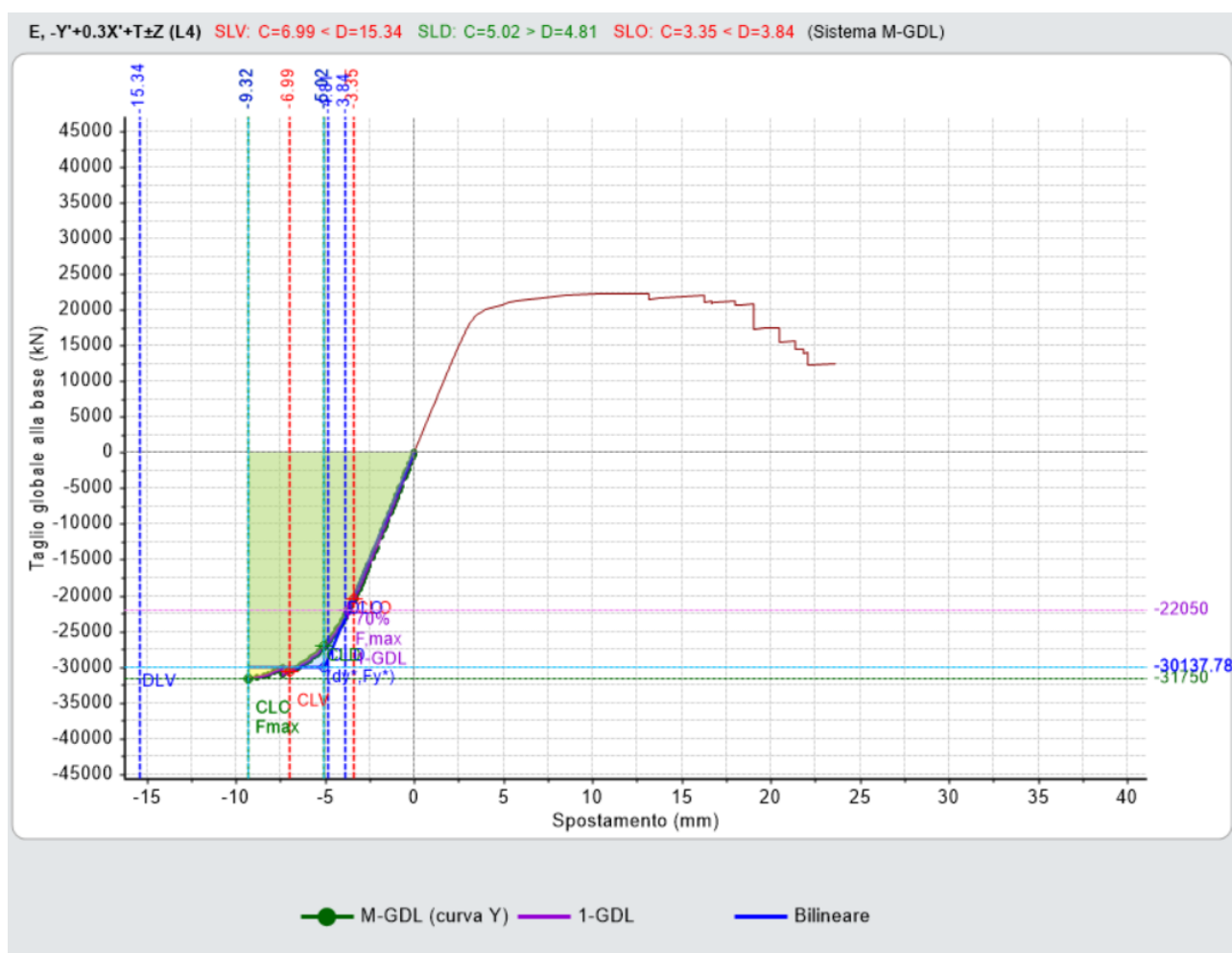
5.2.1 Corpo A

N°curva	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta,PGA(SLV)$	$\zeta,TR(SLV)$
1	A	+X'	+0.3Y'	+		L4	1.212	2.267
2	A	+X'	+0.3Y'	+	±	L4	1.095	1.447
3	A	+X'	+0.3Y'	-		L4	1.233	2.483
4	A	+X'	+0.3Y'	-	±	L4	1.098	1.455
5	A	+X'	-0.3Y'	+		L4	1.193	2.090
6	A	+X'	-0.3Y'	+	±	L4	1.086	1.381
7	A	+X'	-0.3Y'	-		L4	1.199	2.164
8	A	+X'	-0.3Y'	-	±	L4	1.064	1.284
9	A	+Y'	+0.3X'	+		L4	0.951	0.841
10	A	+Y'	+0.3X'	+	±	L4	0.840	0.569
11	A	+Y'	+0.3X'	-		L4	1.003	1.024
12	A	+Y'	+0.3X'	-	±	L4	0.893	0.666
13	A	+Y'	-0.3X'	+		L4	0.951	0.830
14	A	+Y'	-0.3X'	+	±	L4	0.828	0.544
15	A	+Y'	-0.3X'	-		L4	0.988	0.969
16	A	+Y'	-0.3X'	-	±	L4	0.896	0.673
17	A	-X'	+0.3Y'	+		L4	1.187	2.065
18	A	-X'	+0.3Y'	+	±	L4	1.077	1.331
19	A	-X'	+0.3Y'	-		L4	1.187	2.065
20	A	-X'	+0.3Y'	-	±	L4	1.089	1.416
21	A	-X'	-0.3Y'	+		L4	1.239	2.539
22	A	-X'	-0.3Y'	+	±	L4	1.101	1.492
23	A	-X'	-0.3Y'	-		L4	1.230	2.428
24	A	-X'	-0.3Y'	-	±	L4	1.089	1.416

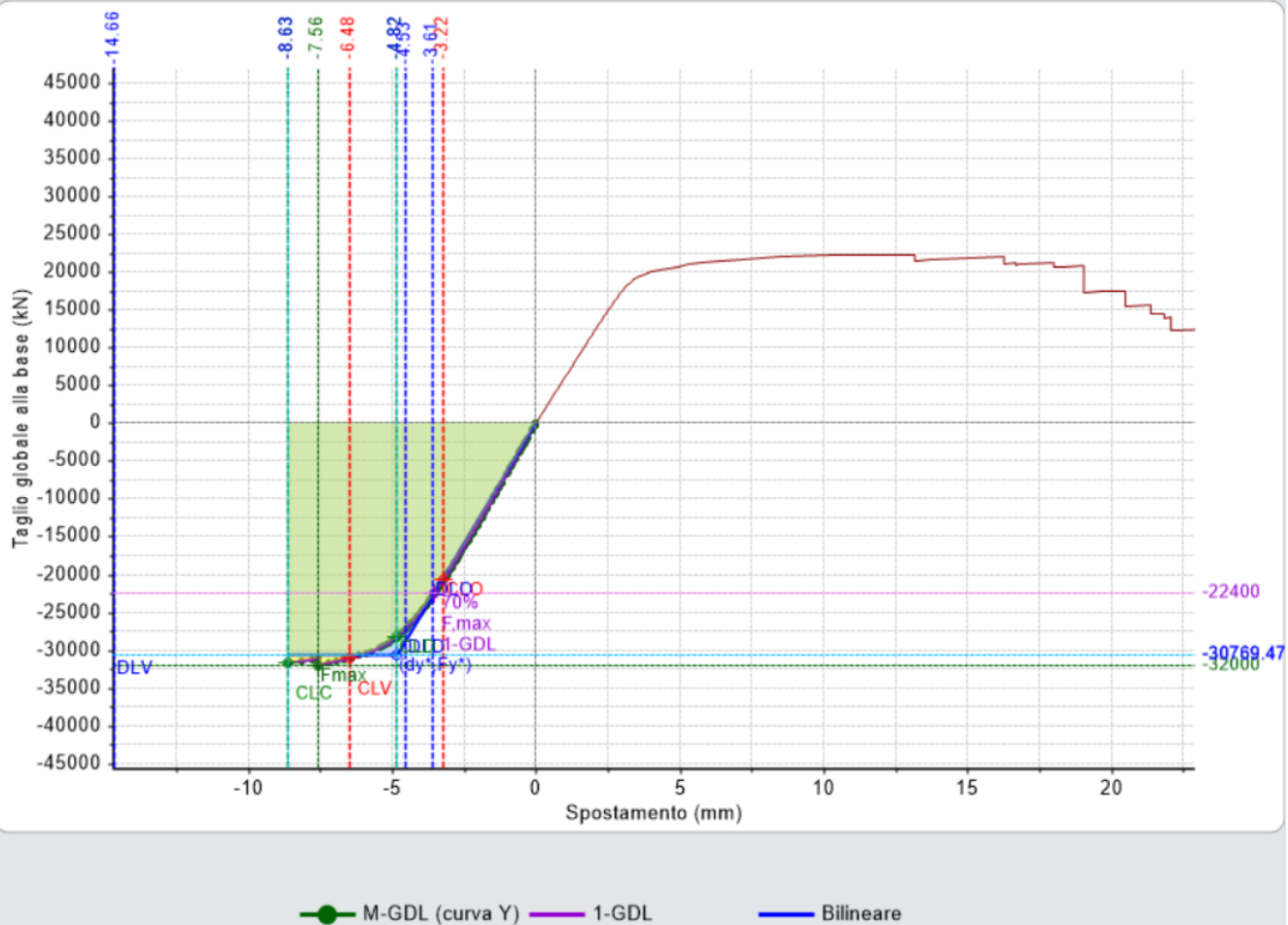
25	A	-Y'	+0.3X'	+		L4	0.979	0.930
26	A	-Y'	+0.3X'	+	±	L4	0.896	0.680
27	A	-Y'	+0.3X'	-		L4	0.957	0.851
28	A	-Y'	+0.3X'	-	±	L4	0.923	0.742
29	A	-Y'	-0.3X'	+		L4	1.000	0.997
30	A	-Y'	-0.3X'	+	±	L4	0.933	0.771
31	A	-Y'	-0.3X'	-		L4	0.951	0.841
32	A	-Y'	-0.3X'	-	±	L4	0.929	0.761
33	E	+X'	+0.3Y'	+		L4	1.141	1.719
34	E	+X'	+0.3Y'	+	±	L4	1.037	1.169
35	E	+X'	+0.3Y'	-		L4	1.160	1.829
36	E	+X'	+0.3Y'	-	±	L4	1.061	1.265
37	E	+X'	-0.3Y'	+		L4	1.120	1.577
38	E	+X'	-0.3Y'	+	±	L4	1.074	1.322
39	E	+X'	-0.3Y'	-		L4	1.117	1.552
40	E	+X'	-0.3Y'	-	±	L4	1.135	1.676
41	E	+Y'	+0.3X'	+		L4	1.325	3.476
42	E	+Y'	+0.3X'	+	±	L4	0.850	0.583
43	E	+Y'	+0.3X'	-		L4	1.325	3.476
44	E	+Y'	+0.3X'	-	±	L4	0.859	0.598
45	E	+Y'	-0.3X'	+		L4	1.325	3.476
46	E	+Y'	-0.3X'	+	±	L4	0.859	0.598
47	E	+Y'	-0.3X'	-		L4	1.325	3.476
48	E	+Y'	-0.3X'	-	±	L4	0.840	0.565
49	E	-X'	+0.3Y'	+		L4	1.107	1.513
50	E	-X'	+0.3Y'	+	±	L4	1.015	1.053
51	E	-X'	+0.3Y'	-		L4	1.120	1.593
52	E	-X'	+0.3Y'	-	±	L4	1.031	1.131
53	E	-X'	-0.3Y'	+		L4	1.150	1.806
54	E	-X'	-0.3Y'	+	±	L4	1.058	1.250
55	E	-X'	-0.3Y'	-		L4	1.150	1.806
56	E	-X'	-0.3Y'	-	±	L4	1.028	1.114
57	E	-Y'	+0.3X'	+		L4	1.199	2.164

58	E	-Y'	+0.3X'	+	±	L4	0.739	0.397
59	E	-Y'	+0.3X'	-		L4	1.206	2.215
60	E	-Y'	+0.3X'	-	±	L4	0.739	0.392
61	E	-Y'	-0.3X'	+		L4	1.224	2.374
62	E	-Y'	-0.3X'	+	±	L4	0.748	0.412
63	E	-Y'	-0.3X'	-		L4	1.230	2.428
64	E	-Y'	-0.3X'	-	±	L4	0.745	0.402

Per le combinazioni più gravose si riportano le relative curve



E, -Y'+0.3X'-T±Z (L4) SLV: C=6.48 < D=14.66 SLD: C=4.82 > D=4.53 SLO: C=3.22 < D=3.61 (Sistema M-GDL)

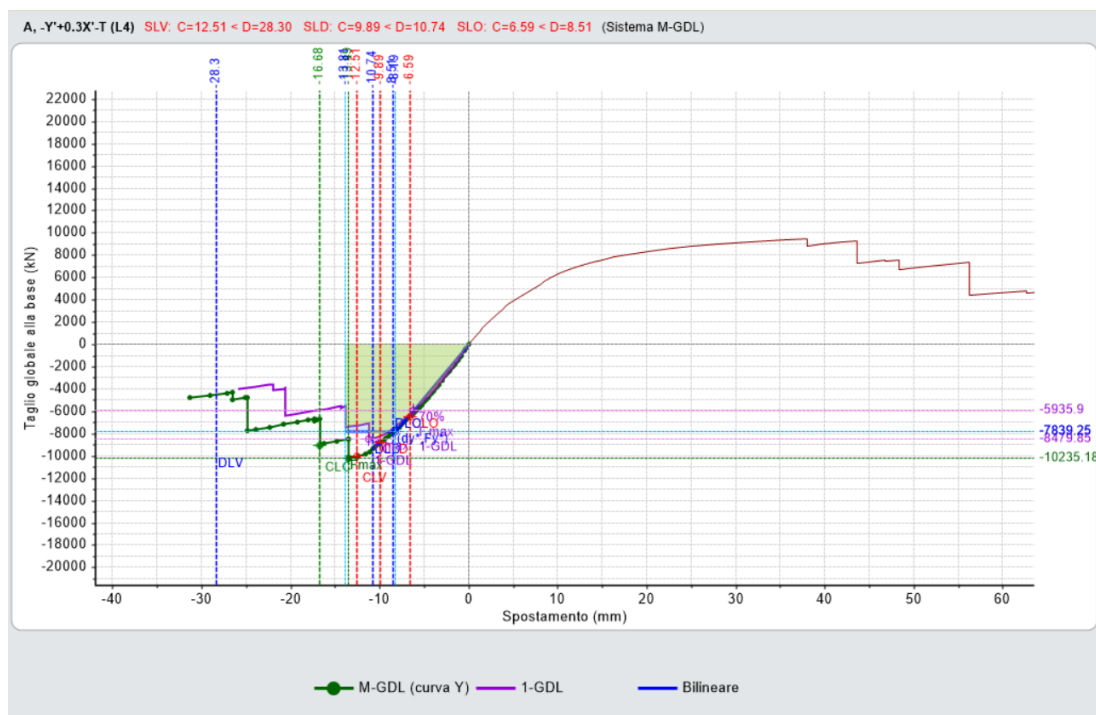


5.2.2 Corpo B

N°curva	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta, \text{PGA(SLV)}$	$\zeta, \text{TR(SLV)}$
1	A	+X'	+0.3Y'	+		L4	1.031	1.139
2	A	+X'	+0.3Y'	-		L4	0.966	0.879
3	A	+X'	-0.3Y'	+		L4	0.963	0.867
4	A	+X'	-0.3Y'	-		L4	0.911	0.715
5	A	+Y'	+0.3X'	+		L4	0.681	0.315
6	A	+Y'	+0.3X'	-		L4	0.681	0.315
7	A	+Y'	-0.3X'	+		L4	0.635	0.258
8	A	+Y'	-0.3X'	-		L4	1.061	1.263
9	A	-X'	+0.3Y'	+		L4	0.745	0.404
10	A	-X'	+0.3Y'	-		L4	1.031	1.139
11	A	-X'	-0.3Y'	+		L4	1.046	1.184
12	A	-X'	-0.3Y'	-		L4	1.003	1.024
13	A	-Y'	+0.3X'	+		L4	1.288	2.965
14	A	-Y'	+0.3X'	-		L4	0.509	0.146
15	A	-Y'	-0.3X'	+		L4	0.721	0.371
16	A	-Y'	-0.3X'	-		L4	0.699	0.333
17	E	+X'	+0.3Y'	+		L4	0.580	0.202
18	E	+X'	+0.3Y'	-		L4	0.583	0.204
19	E	+X'	-0.3Y'	+		L4	0.574	0.198
20	E	+X'	-0.3Y'	-		L4	0.580	0.201
21	E	+Y'	+0.3X'	+		L4	0.939	0.782
22	E	+Y'	+0.3X'	-		L4	0.856	0.588
23	E	+Y'	-0.3X'	+		L4	0.914	0.726
24	E	+Y'	-0.3X'	-		L4	0.730	0.383
25	E	-X'	+0.3Y'	+		L4	0.617	0.237
26	E	-X'	+0.3Y'	-		L4	0.607	0.230
27	E	-X'	-0.3Y'	+		L4	0.617	0.236
28	E	-X'	-0.3Y'	-		L4	0.607	0.226
29	E	-Y'	+0.3X'	+		L4	0.635	0.254
30	E	-Y'	+0.3X'	-		L4	0.822	0.528

31	E	-Y'	-0.3X'	+		L4	0.675	0.302
32	E	-Y'	-0.3X'	-		L4	0.837	0.553

Per le due combinazioni più gravose si riportano le relative curve

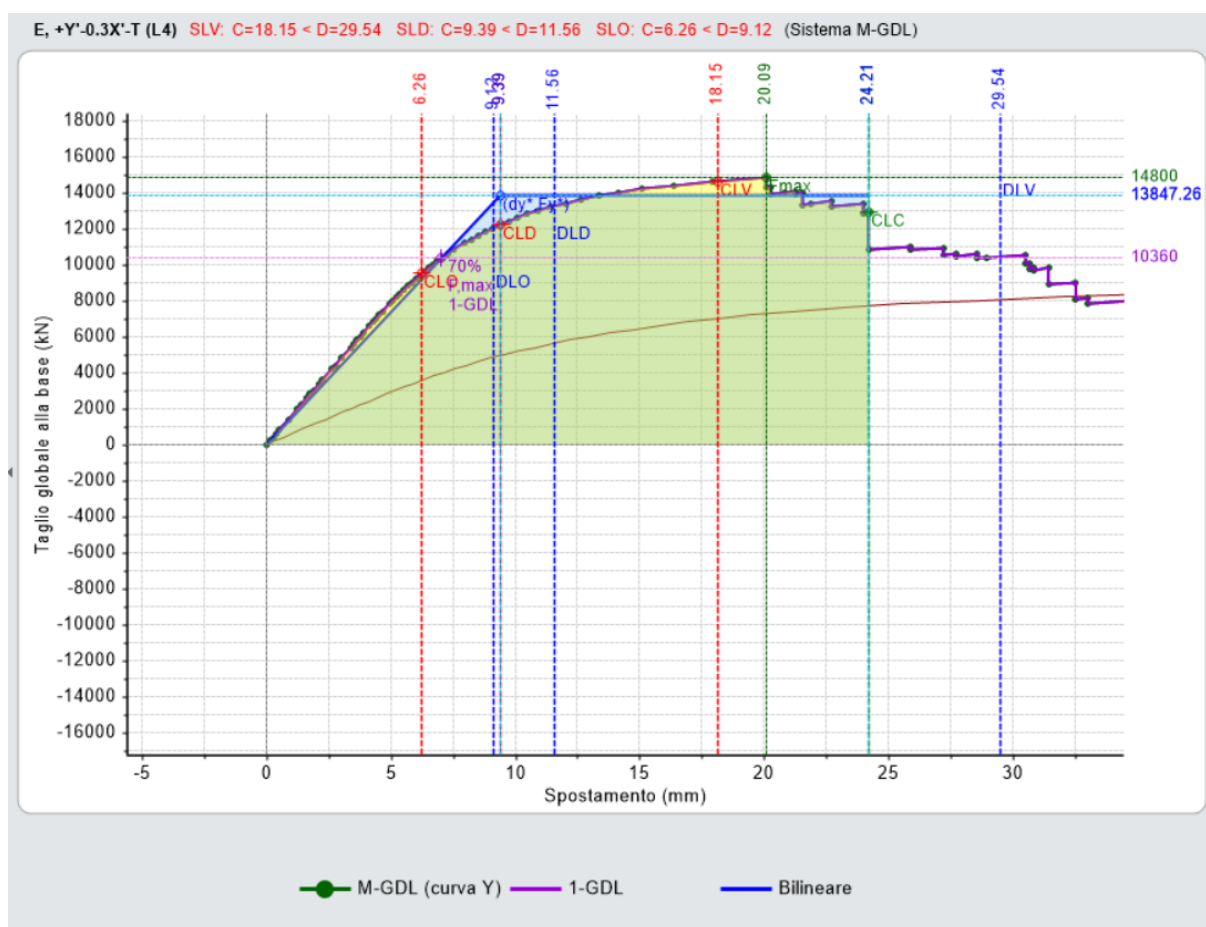


5.2.3 Corpo C1

N°curva	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta, PGA(SLV)$	$\zeta, TR(SLV)$
1	A	+X'	+0.3Y'	+		L4	0.837	0.553
2	A	+X'	+0.3Y'	-		L4	0.905	0.694
3	A	+X'	-0.3Y'	+		L4	0.822	0.537
4	A	+X'	-0.3Y'	-		L4	0.883	0.643
5	A	+Y'	+0.3X'	+		L4	1.184	2.007
6	A	+Y'	+0.3X'	-		L4	1.083	1.378
7	A	+Y'	-0.3X'	+		L4	1.221	2.308
8	A	+Y'	-0.3X'	-		L4	0.997	0.993
9	A	-X'	+0.3Y'	+		L4	0.874	0.625
10	A	-X'	+0.3Y'	-		L4	0.865	0.615
11	A	-X'	-0.3Y'	+		L4	0.865	0.607
12	A	-X'	-0.3Y'	-		L4	0.883	0.643
13	A	-Y'	+0.3X'	+		L4	1.043	1.170
14	A	-Y'	+0.3X'	-		L4	1.215	2.256
15	A	-Y'	-0.3X'	+		L4	1.160	1.823
16	A	-Y'	-0.3X'	-		L4	1.147	1.779
17	E	+X'	+0.3Y'	+		L4	0.666	0.291
18	E	+X'	+0.3Y'	-		L4	0.681	0.315
19	E	+X'	-0.3Y'	+		L4	0.666	0.295
20	E	+X'	-0.3Y'	-		L4	0.702	0.344
21	E	+Y'	+0.3X'	+		L4	0.887	0.663
22	E	+Y'	+0.3X'	-		L4	0.791	0.479
23	E	+Y'	-0.3X'	+		L4	0.905	0.694
24	E	+Y'	-0.3X'	-		L4	0.656	0.279
25	E	-X'	+0.3Y'	+		L4	0.699	0.338
26	E	-X'	+0.3Y'	-		L4	0.666	0.291
27	E	-X'	-0.3Y'	+		L4	0.718	0.364
28	E	-X'	-0.3Y'	-		L4	0.681	0.315
29	E	-Y'	+0.3X'	+		L4	0.847	0.579
30	E	-Y'	+0.3X'	-		L4	0.887	0.653

31	E	-Y'	-0.3X'	+		L4	0.718	0.364
32	E	-Y'	-0.3X'	-		L4	0.865	0.615

Per la combinazione più gravosa si riporta la relativa curva

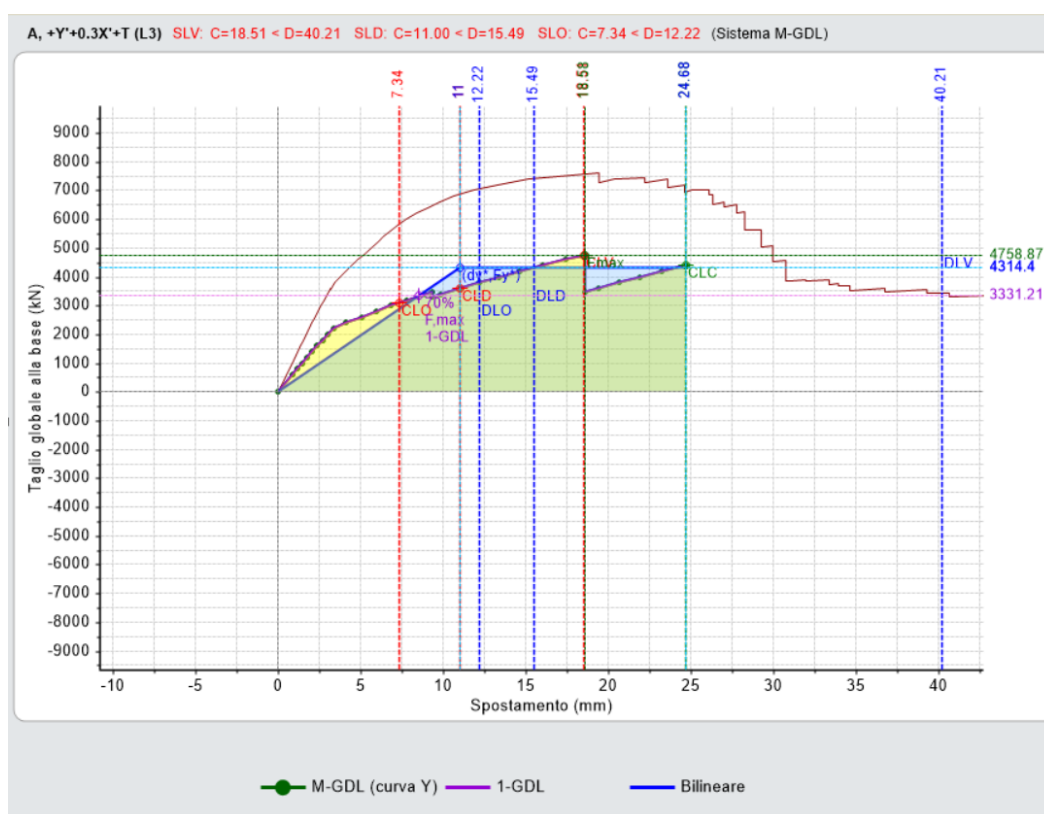


5.2.4 Corpo C2

N°curva	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta,PGA(SLV)$	$\zeta,TR(SLV)$
1	A	+X'	+0.3Y'	+		L3	0.840	0.570
2	A	+X'	+0.3Y'	-		L3	0.926	0.749
3	A	+X'	-0.3Y'	+		L3	0.776	0.448
4	A	+X'	-0.3Y'	-		L3	0.887	0.653
5	A	+Y'	+0.3X'	+		L3	0.518	0.153
6	A	+Y'	+0.3X'	-		L3	0.718	0.364
7	A	+Y'	-0.3X'	+		L3	0.546	0.171
8	A	+Y'	-0.3X'	-		L3	0.702	0.344
9	A	-X'	+0.3Y'	+		L3	0.856	0.588
10	A	-X'	+0.3Y'	-		L3	0.813	0.520
11	A	-X'	-0.3Y'	+		L3	0.896	0.683
12	A	-X'	-0.3Y'	-		L3	0.693	0.326
13	A	-Y'	+0.3X'	+		L3	0.942	0.795
14	A	-Y'	+0.3X'	-		L3	0.681	0.308
15	A	-Y'	-0.3X'	+		L3	1.031	1.139
16	A	-Y'	-0.3X'	-		L3	0.592	0.212
17	E	+X'	+0.3Y'	+		L3	0.917	0.728
18	E	+X'	+0.3Y'	-		L3	0.926	0.749
19	E	+X'	-0.3Y'	+		L3	0.883	0.643
20	E	+X'	-0.3Y'	-		L3	0.911	0.704
21	E	+Y'	+0.3X'	+		L3	0.865	0.607
22	E	+Y'	+0.3X'	-		L3	1.018	1.080
23	E	+Y'	-0.3X'	+		L3	0.911	0.705
24	E	+Y'	-0.3X'	-		L3	1.052	1.230
25	E	-X'	+0.3Y'	+		L3	0.874	0.633
26	E	-X'	+0.3Y'	-		L3	0.840	0.570
27	E	-X'	-0.3Y'	+		L3	0.926	0.749
28	E	-X'	-0.3Y'	-		L3	0.911	0.704
29	E	-Y'	+0.3X'	+		L3	1.031	1.125
30	E	-Y'	+0.3X'	-		L3	0.874	0.633
31	E	-Y'	-0.3X'	+		L3	0.893	0.673

32	E	-Y'	-0.3X'	-	L3	0.822	0.528
----	---	-----	--------	---	----	-------	-------

Per la combinazione più gravosa si riporta la relativa curva



Sintesi risultati analisi di pushover post operam

Indicatori di Rischio sismico ζ_E in termini di PGA

Corpo A		Corpo B		Corpo C1		Corpo C2	
Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA
SLV	0.739	SLV	0.509	SLV	0.656	SLV	0.518

Meccanismi locali di collasso

5.2.5 Corpo A

Nelle verifiche che seguono, gli interventi previsti con profili in acciaio a livello del sottotetto, opportunamente ancorati alla muratura con piastre 200x200x20mm, sono schematizzati con catene del diametro di 20mm, precisando come poi riportato nelle tabelle seguenti che il valore di calcolo della catena non viene determinato dalla resistenza a snervamento della barra, ma dal meccanismo legato alla penetrazione che risulta indipendente dal diametro della barra.

01. Cinematismo

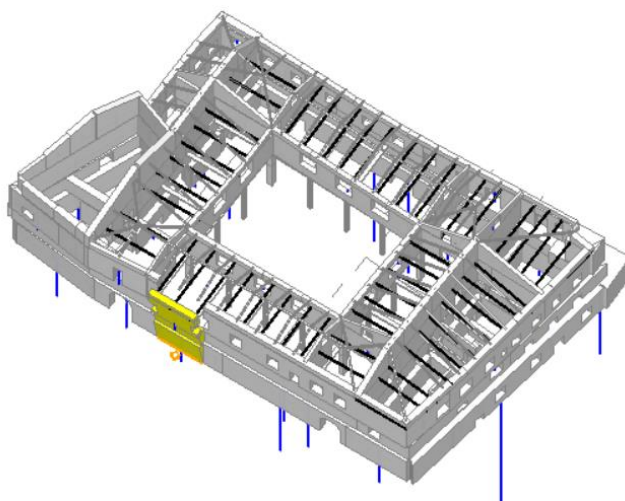
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.322$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.432 / 0.326 = 1.326$$

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



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [1] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
87.443	18.350	0.000	0.443	1.333	1.200	

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/mm²)	(m)
26.875	18.747	0.000	33.275	18.747	0.000	0.000	0.000	1621.67	0.000	6.400

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [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	30.073	19.372	2.350	0.00	0.00	-595.64	0.00	0.00	0.00	0.30
2	peso proprio	30.072	19.678	6.100	0.00	0.00	-329.74	0.00	0.00	0.00	0.30
3	da solaio	32.537	20.247	7.200	0.00	0.00	-44.38	0.00	0.00	-13.73	0.30
4	da solaio	29.087	20.247	7.200	0.00	0.00	-134.85	0.00	0.00	-41.71	0.30
5	peso proprio	30.103	19.277	9.998	0.00	0.00	-400.03	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da catena	29.940	18.888	12.400	0.00	36.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
7	da catena	27.418	18.881	12.400	-0.22	62.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30

8	da catena	32.817	18.834	12.400	-0.18	62.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
9	da solaio	30.072	19.726	12.100	0.00	0.00	-26.65	0.00	0.00	-20.50	0.00
10	peso proprio	30.073	19.291	12.850	0.00	0.00	-73.68	0.00	0.00	0.00	0.30
11	da solaio	28.287	19.684	12.972	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.02	0.00
12	da solaio	30.937	19.694	12.980	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.02	0.00
13	da solaio	32.817	19.700	12.982	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

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

Catene

Dati:

n.	a	d	fyd	Piastre(mm)			Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm²							Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm²						
	mm²	mm	N/mm²	a	b	s	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd
6	314	20	200	200	200	20	900	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	600	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104
7	314	20	200	200	200	20								900	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104
8	314	20	200	200	200	20								900	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
6	62.832	82.500	36.111	106.667	36.111
7	62.832	412.500	73.611	106.667	62.832
8	62.832	412.500	73.611	106.667	62.832

Dati:

n. = numero del carico corrispondente alla catena

a, d: sezione, diametro; fvd: tensione di snervamento

Piastre di ancoraggio: a = dim.verticale, b = dim.orizzontale, s = spessore

Muro (iniziale/finale): spessore; resistenza media a compressione fm, resistenza a taglio puro τ_0 ,

tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σ_N , resistenza media a taglio τ ,

resistenza di progetto a compressione fd, resistenza di progetto a taglio fvd

Trazioni: snervamento tirante, punzonamento muratura nelle zone di ancoraggio,

penetrazione dovuta ad eccesso di pressione di contatto, flessione capochiave, trazione considerata nel calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [1] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-595.64	0.00	-595.64	0.00	0.000	-2.350	0.624	-371.574	1399.937	0.000
2	0.00	0.00	-329.74	0.00	-329.74	0.00	0.000	-6.100	0.928	-306.019	2011.600	0.000
3	0.00	0.00	-48.50	0.00	-48.50	0.00	0.000	-7.201	1.497	-72.598	349.259	0.000
4	0.00	0.00	-147.36	0.00	-147.36	0.00	0.000	-7.201	1.497	-220.559	1061.099	0.000
5	0.00	0.00	-400.03	0.00	-400.03	0.00	0.000	-9.999	0.525	-209.863	3999.752	0.000
6	0.00	36.11	0.00	0.00	0.00	1.00	0.000	-12.400	0.135	-447.780	0.000	0.000
7	-0.22	62.83	0.00	0.00	0.00	1.00	0.000	-12.400	0.128	-779.114	0.000	0.000
8	-0.18	62.83	0.00	0.00	0.00	1.00	0.000	-12.400	0.081	-779.114	0.000	0.000
9	0.00	0.00	-26.65	0.00	-26.65	0.00	0.000	-12.100	0.974	-25.947	322.521	0.000
10	0.00	0.00	-73.68	0.00	-73.68	0.00	0.000	-12.850	0.537	-39.583	946.750	0.000
11	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.000	-12.973	0.931	-0.023	0.316	0.000
12	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.000	-12.980	0.940	-0.023	0.317	0.000
13	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.000	-12.983	0.947	-0.009	0.118	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

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

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

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.322	126974	0.768	0.350

α_0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.800$

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
0.163	0.000	0.163	0.432	2475	174	1.326	3.476

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

02. Cinematismo

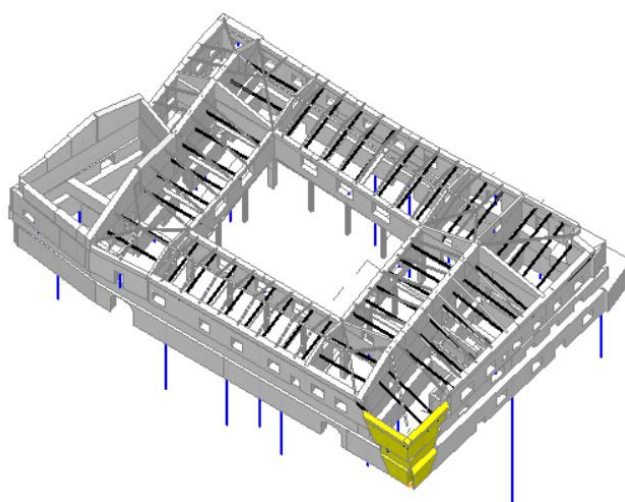
Ribaltamento semplice

$\alpha_0 = 0.168$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.356 / 0.326 = 1.093$

$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1008 / 712 = 1.416$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [2) Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
135.197	18.350	0.000	0.443	1.333	1.200	

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)
59.317	18.750	0.000	63.060	21.321	0.000	4.540

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [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	58.625	19.352	10.066	0.00	0.00	-355.91	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	58.008	19.806	12.100	0.00	0.00	-0.22	0.00	0.00	-0.05	0.00
3	peso proprio	59.391	19.674	6.103	0.00	0.00	-189.07	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da solaio	58.452	20.316	7.200	0.00	0.00	-0.67	0.00	0.00	-0.29	0.30
5	peso proprio	60.044	19.399	2.504	0.00	0.00	-328.40	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	59.217	20.000	4.400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
7	peso proprio	58.493	19.311	12.853	0.00	0.00	-69.65	0.00	0.00	0.00	0.30
8	da catena	61.714	18.890	12.400	-8.67	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
9	da solaio	57.962	19.690	12.943	0.00	0.00	-0.26	0.00	0.00	-0.21	0.00
10	peso proprio	61.950	22.337	12.857	0.00	0.00	-83.91	0.00	0.00	0.00	0.30



11	da catena	62.344	22.122	12.400	-36.00	2.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
12	da catena	62.660	23.759	12.400	-35.90	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
13	da solaio	61.552	22.505	13.033	0.00	0.00	-4.18	0.00	0.00	-3.56	0.00
14	da solaio	62.181	25.731	13.120	0.00	0.00	-0.27	0.00	0.00	-0.24	0.00
15	peso proprio	61.755	21.973	10.092	0.00	0.00	-412.82	0.00	0.00	0.00	0.30
16	da solaio	61.415	22.780	12.100	0.00	0.00	-85.14	0.00	0.00	-19.35	0.00
17	peso proprio	61.517	21.813	6.145	0.00	0.00	-298.72	0.00	0.00	0.00	0.30
18	da solaio	60.830	22.476	7.200	0.00	0.00	-87.11	0.00	0.00	-38.43	0.30
19	peso proprio	62.099	20.938	2.525	0.00	0.00	-424.68	0.00	0.00	0.00	0.30
20	da solaio	61.309	21.764	4.400	0.00	0.00	-53.96	0.00	0.00	-24.16	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)

Catene

Dati:

n.	a	d	fyd	Piastre(mm)			Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm^2							Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm^2						
				a	b	s	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd
8	79	10	200	60	160	30	850	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	900	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104
11	314	20	200	200	200	20	850	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	900	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021
12	314	20	200	200	200	20	850	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	750	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
8	15.708	68.000	8.667	90.000	8.667
11	62.832	74.375	36.111	106.667	36.111
12	62.832	59.375	36.111	106.667	36.111

Dati:

n. = numero del carico corrispondente alla catena

a, d: sezione, diametro; fyd: tensione di snervamento

Piastre di ancoraggio: a = dim.verticale, b = dim.orizzontale, s = spessore

Muro (iniziale/finale): spessore; resistenza media a compressione fm, resistenza a taglio puro τ_0 , tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σ_N , resistenza media a taglio τ , resistenza di progetto a compressione fd, resistenza di progetto a taglio fvd

Trazioni: snervamento tirante, punzonamento muratura nelle zone di ancoraggio,

penetrazione dovuta ad eccesso di pressione di contatto, flessione capochiave, trazione considerata nel calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [2] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-355.91	201.51	-293.37	0.00	5.699	-8.297	0.883	-314.401	3582.663	0.000
2	0.00	0.00	-0.22	0.13	-0.19	0.00	6.851	-9.974	1.606	-0.362	2.728	0.000
3	0.00	0.00	-189.07	107.05	-155.85	0.00	3.456	-5.031	0.717	-135.526	1154.021	0.000
4	0.00	0.00	-0.76	0.43	-0.62	0.00	4.077	-5.936	1.777	-1.344	5.446	0.000
5	0.00	0.00	-328.40	185.93	-270.69	0.00	1.418	-2.064	0.123	-40.326	822.408	0.000
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.491	-3.627	1.085	0.000	0.000	0.000
7	0.00	0.00	-69.65	39.43	-57.41	0.00	7.277	-10.595	0.923	-64.257	895.212	0.000
8	-8.67	0.01	0.00	0.00	0.00	1.00	7.020	-10.221	-1.248	-60.921	0.000	0.000
9	0.00	0.00	-0.26	0.15	-0.21	0.00	7.329	-10.670	1.536	-0.399	3.365	0.000
10	0.00	0.00	-83.91	47.51	-69.17	0.00	7.280	-10.599	1.460	-122.474	1078.922	0.000
11	-36.00	2.88	0.00	0.00	0.00	1.00	7.021	-10.222	1.060	-282.143	0.000	0.000
12	-35.90	3.91	0.00	0.00	0.00	1.00	7.021	-10.222	2.230	-292.019	0.000	0.000
13	0.00	0.00	-4.18	2.37	-3.44	0.00	7.379	-10.744	1.823	-7.618	54.460	0.000
14	0.00	0.00	-0.27	0.16	-0.23	0.00	7.430	-10.816	4.126	-1.132	3.601	0.000
15	0.00	0.00	-412.82	233.73	-340.28	0.00	5.714	-8.319	1.271	-524.838	4166.539	0.000
16	0.00	0.00	-85.14	48.21	-70.18	0.00	6.851	-9.975	2.128	-181.163	1030.322	0.000
17	0.00	0.00	-298.72	169.13	-246.23	0.00	3.480	-5.066	1.276	-381.278	1835.925	0.000
18	0.00	0.00	-98.64	55.85	-81.30	0.00	4.077	-5.936	2.211	-218.081	710.286	0.000
19	0.00	0.00	-424.68	240.44	-350.05	0.00	1.430	-2.081	0.227	-96.562	1072.395	0.000
20	0.00	0.00	-61.21	34.65	-50.45	0.00	2.492	-3.627	1.355	-82.904	269.343	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

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

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

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)

0.168	194191	0.789	0.178
-------	--------	-------	-------

 α_0 = moltiplicatore di collasso

 M^* = massa partecipante

 e^* = frazione di massa partecipante

 a_0^* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$
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
0.163	0.000	0.163	0.356	1008	71	1.093	1.416

 a_1^* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

 a_2^* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

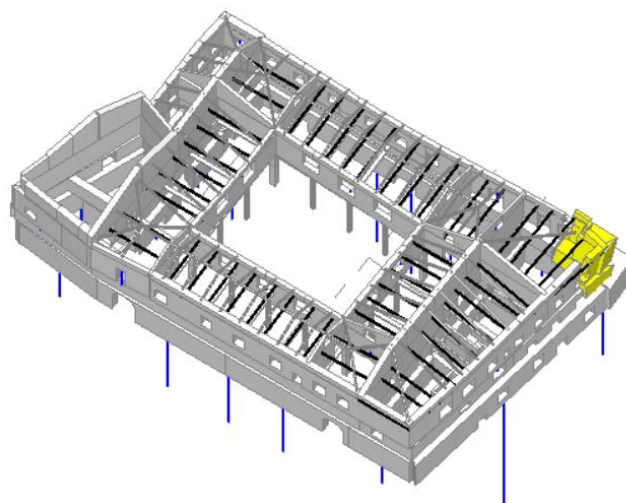
TR,CLV / TR,DLV = ζ, E, SLV, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

03. Cinematismo

Ribaltamento semplice

 $\alpha_0 = 0.199$

■ SLV

 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.432 / 0.326 = 1.326$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 712 = 3.476$


Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [3) Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
130.090	18.350	0.000	0.443	1.333	1.200	

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 [3) Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm²)	(m)
67.017	49.690	4.700	63.658	52.430	4.700	0.000	0.000	0.00	0.000	4.335

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [3] 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	66.347 49.711 6.146	0.00 0.00 -219.13	0.00 0.00 0.00	0.30
2	da solaio	65.324 48.978 7.200	0.00 0.00 -9.50	0.00 0.00 -3.55	0.30
3	peso proprio	66.069 49.354 12.854	0.00 0.00 -36.12	0.00 0.00 0.00	0.30
4	da solaio	65.599 49.008 12.978	0.00 0.00 -1.27	0.00 0.00 -1.14	0.00
5	peso proprio	64.962 51.471 9.950	0.00 0.00 -785.38	0.00 0.00 0.00	0.30
6	da solaio	63.045 51.070 12.100	0.00 0.00 -9.85	0.00 0.00 -7.58	0.00
7	da solaio	64.317 50.154 12.100	0.00 0.00 -0.34	0.00 0.00 -0.26	0.00
8	peso proprio	63.672 51.208 6.096	0.00 0.00 -616.70	0.00 0.00 0.00	0.30
9	da solaio	63.217 49.982 7.200	0.00 0.00 -128.18	0.00 0.00 -47.89	0.30
10	peso proprio	66.073 49.909 10.033	0.00 0.00 -249.41	0.00 0.00 0.00	0.30
11	da solaio	65.423 49.076 12.100	0.00 0.00 -11.52	0.00 0.00 -8.86	0.00
12	peso proprio	61.209 52.310 9.635	0.00 0.00 -15.37	0.00 0.00 0.00	0.30
13	da catena	61.379 52.666 12.400	-0.09 -36.11 0.00	0.00 0.00 0.00	0.30
14	da solaio	61.443 51.968 12.100	0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00	0.00
15	da solaio	61.260 51.961 12.100	0.00 0.00 -0.07	0.00 0.00 -0.05	0.00
16	peso proprio	62.222 52.344 9.950	0.00 0.00 -86.83	0.00 0.00 0.00	0.30
17	da solaio	62.232 51.994 12.100	0.00 0.00 -0.27	0.00 0.00 -0.21	0.00
18	peso proprio	62.154 52.351 12.849	0.00 0.00 -12.21	0.00 0.00 0.00	0.30
19	da solaio	62.163 52.151 12.934	0.00 0.00 -0.29	0.00 0.00 -0.26	0.00
20	peso proprio	63.606 50.792 13.170	0.00 0.00 -5.78	0.00 0.00 0.00	0.30
21	da solaio	63.365 50.680 13.455	0.00 0.00 -0.50	0.00 0.00 -0.45	0.00
22	da solaio	63.730 50.519 13.661	0.00 0.00 -0.62	0.00 0.00 -0.56	0.00
23	peso proprio	63.465 51.396 13.024	0.00 0.00 -12.74	0.00 0.00 0.00	0.30
24	da solaio	63.238 51.453 13.184	0.00 0.00 -7.61	0.00 0.00 -6.84	0.00
25	peso proprio	65.098 50.488 13.024	0.00 0.00 -41.78	0.00 0.00 0.00	0.30
26	da catena	63.821 50.943 12.400	-1.05 -36.10 0.00	0.00 0.00 0.00	0.30
27	da catena	66.670 50.767 12.400	-0.44 -3.22 0.00	0.00 0.00 0.00	0.30
28	da solaio	63.784 50.342 13.638	0.00 0.00 -0.09	0.00 0.00 -0.08	0.00
29	da solaio	64.752 50.134 13.296	0.00 0.00 -9.58	0.00 0.00 -8.61	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

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

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

Catene

Dati:

n.	a	d	fyd	Piastre(mm)			Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm^2							Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm^2						
	mm^2	mm	N/mm^2	a	b	s	s	fm	τ_0	σ_N	τ	fd	fvd	s	fm	τ_0	σ_N	τ	fd	fvd
13	314	20	200	200	200	20	700	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	500	5.600	0.300	0.000	0.300	1.944	0.104
26	314	20	200	200	200	20	750	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	500	5.600	0.300	0.000	0.300	1.944	0.104
27	79	10	200			60	750	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	850	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
13	62.832	52.500	36.111	106.667	36.111
26	62.832	59.375	36.111	106.667	36.111
27	15.708	50.625	3.250	240.000	3.250

Dati:

n. = numero del carico corrispondente alla catena

a, d: sezione, diametro; fyd: tensione di snervamento

Piastre di ancoraggio: a = dim.verticale, b = dim.orizzontale, s = spessore

Muro (iniziale/finale): spessore; resistenza media a compressione fm, resistenza a taglio puro τ_0 ,

tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σ_N , resistenza media a taglio τ ,

resistenza di progetto a compressione fd, resistenza di progetto a taglio fvd

Trazioni: snervamento tirante, punzonamento muratura nelle zone di ancoraggio,

penetrazione dovuta ad eccesso di pressione di contatto, flessione capochiave, trazione considerata nel calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [3] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)	Forza inerziale(kN)	Spostam.virtuali (mm)	Lavoro virtuale (kN*mm)
	PX PY PZ	EX EY EZ	δX δY δZ	L1 L2 L3
1	0.00 0.00 -219.13	138.52 169.80 0.00	0.914 1.121 0.406	-89.066 316.899 0.000
2	0.00 0.00 -10.57	6.68 8.19 0.00	1.581 1.938 1.621	-17.129 26.428 0.000
3	0.00 0.00 -36.12	22.83 27.99 0.00	5.155 6.319 0.856	-30.913 294.565 0.000
4	0.00 0.00 -1.27	0.81 0.99 0.00	5.233 6.415 1.421	-1.811 10.549 0.000
5	0.00 0.00 -785.38	496.44 608.58 0.00	3.319 4.068 -0.084	65.933 4123.200 0.000
6	0.00 0.00 -9.85	6.23 7.64 0.00	4.678 5.735 1.438	-14.169 72.933 0.000
7	0.00 0.00 -0.34	0.22 0.27 0.00	4.678 5.735 1.344	-0.462 2.541 0.000
8	0.00 0.00 -616.70	389.82 477.87 0.00	0.883 1.082 0.938	-578.262 861.350 0.000
9	0.00 0.00 -142.54	90.10 110.45 0.00	1.581 1.938 2.174	-309.956 356.513 0.000

10	0.00	0.00	-249.41	157.65	193.26	0.00	3.371	4.132	0.424	-105.775	1330.052	0.000
11	0.00	0.00	-11.52	7.28	8.93	0.00	4.678	5.735	1.480	-17.051	85.277	0.000
12	0.00	0.00	-15.37	9.71	11.91	0.00	3.120	3.824	1.639	-25.183	75.837	0.000
13	-0.09	-36.11	0.00	0.00	0.00	1.00	4.868	5.967	1.254	-215.929	0.000	0.000
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.678	5.735	1.754	0.000	0.002	0.000
15	0.00	0.00	-0.07	0.04	0.05	0.00	4.678	5.735	1.876	-0.130	0.512	0.000
16	0.00	0.00	-86.83	54.89	67.28	0.00	3.319	4.069	0.972	-84.410	455.898	0.000
17	0.00	0.00	-0.27	0.17	0.21	0.00	4.678	5.735	1.236	-0.333	1.992	0.000
18	0.00	0.00	-12.21	7.72	9.46	0.00	5.151	6.315	1.008	-12.305	99.468	0.000
19	0.00	0.00	-0.29	0.19	0.23	0.00	5.205	6.381	1.158	-0.339	2.409	0.000
20	0.00	0.00	-5.78	3.65	4.48	0.00	5.354	6.564	1.298	-7.497	48.939	0.000
21	0.00	0.00	-0.50	0.32	0.39	0.00	5.535	6.785	1.537	-0.768	4.378	0.000
22	0.00	0.00	-0.62	0.40	0.48	0.00	5.665	6.944	1.431	-0.894	5.600	0.000
23	0.00	0.00	-12.74	8.06	9.88	0.00	5.262	6.450	0.920	-11.720	106.098	0.000
24	0.00	0.00	-7.61	4.81	5.89	0.00	5.363	6.575	1.018	-7.746	64.552	0.000
25	0.00	0.00	-41.78	26.41	32.37	0.00	5.262	6.450	0.591	-24.677	347.773	0.000
26	-1.05	-36.10	0.00	0.00	0.00	1.00	4.868	5.967	1.046	-220.515	0.000	0.000
27	-0.44	-3.22	0.00	0.00	0.00	1.00	4.867	5.966	-0.619	-21.338	0.000	0.000
28	0.00	0.00	-0.09	0.06	0.07	0.00	5.650	6.927	1.534	-0.138	0.803	0.000
29	0.00	0.00	-9.58	6.06	7.43	0.00	5.434	6.661	1.084	-10.385	82.378	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

$\delta X,\delta Y,\delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
(angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

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

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [3] Cinematismo

$\alpha 0$	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.199	177727	0.766	0.216

$\alpha 0$ = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [3] Cinematismo

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.432	2475	174	1.326	3.476

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

04. Cinematismo

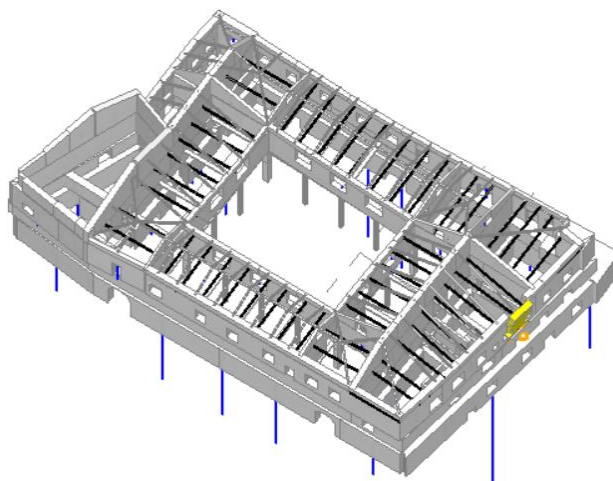
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.554$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.432 / 0.326 = 1.326$$

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



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [4) Cinematismo]

V	H	Z	T1	Y	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
16.503	18.350	0.000	0.443	1.333	1.200	

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

Y = Coefficiente di partecipazione modale

FC = fattore di confidenza

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

Asse di rotazione [4) Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm²)	(m)
64.782	37.261	7.500	65.289	40.706	7.500	0.000	0.000	0.00	0.000	3.483

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [4) 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	64.713	39.139	12.854	0.00	0.00	-40.00	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da catena	65.183	39.985	12.400	-35.53	6.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
3	da catena	64.192	38.513	12.400	-35.91	3.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da solaio	64.476	37.522	12.883	0.00	0.00	-2.11	0.00	0.00	-1.88	0.00
5	da solaio	64.132	38.101	13.025	0.00	0.00	-0.38	0.00	0.00	-0.34	0.00
6	da solaio	64.383	39.817	13.049	0.00	0.00	-0.90	0.00	0.00	-0.80	0.00
7	peso proprio	64.569	39.065	10.077	0.00	0.00	-224.05	0.00	0.00	0.00	0.30
8	da solaio	64.101	39.156	12.100	0.00	0.00	-16.45	0.00	0.00	-12.66	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

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

Catene

Dati:

n.	a	d	fvd	Piastre(mm)		Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm^2								Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm^2							
	mm^2	mm	N/mm^2	a	b	s	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	
2	314	20	200	200	200	20	850	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	750	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104	
3	314	20	200	200	200	20	750	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	850	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
2	62.832	74.375	36.111	106.667	36.111
3	62.832	59.375	36.111	106.667	36.111

Dati:

n. = numero del carico corrispondente alla catena

a, d: sezione, diametro; fyd: tensione di snervamento

Piastrine di ancoraggio: a = dim.verticale, b = dim.orizzontale, s = spessore

Muro (iniziale/finale): spessore; resistenza media a compressione fm, resistenza a taglio puro τ_0 ,

tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σ_N , resistenza media a taglio τ ,

resistenza di progetto a compressione fd, resistenza di progetto a taglio fvd

Trazioni: snervamento tirante, punzonamento muratura nelle zone di ancoraggio,

penetrazione dovuta ad eccesso di pressione di contatto, flessione capochiave, trazione considerata nel calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [4] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2 Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-40.00	39.58	-5.83	0.00	5.298	-0.780	0.339	-13.558	214.203	0.000
2	-35.53	6.43	0.00	0.00	0.00	1.00	4.848	-0.714	-0.002	-176.849	0.000	0.000
3	-35.91	3.82	0.00	0.00	0.00	1.00	4.848	-0.714	0.764	-176.816	0.000	0.000
4	0.00	0.00	-2.11	2.09	-0.31	0.00	5.326	-0.784	0.338	-0.714	11.378	0.000
5	0.00	0.00	-0.38	0.38	-0.05	0.00	5.466	-0.805	0.763	-0.290	2.102	0.000
6	0.00	0.00	-0.90	0.89	-0.13	0.00	5.490	-0.808	0.764	-0.684	4.969	0.000
7	0.00	0.00	-224.05	221.66	-32.63	0.00	2.550	-0.375	0.472	-105.856	577.481	0.000
8	0.00	0.00	-16.45	16.28	-2.40	0.00	4.551	-0.670	0.948	-15.592	75.689	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

 $\delta X, \delta Y, \delta Z$ = spostamenti virtuali del punto di applicazione del carico nel sistema XYZ
(angolo di rotazione virtuale intorno all'asse di rotazione pari a 1 mrad)

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

$$L1 = \sum (n) [P_i \delta_i]$$

L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2 = \sum (n) [EX_i \delta X_i + EY_i \delta Y_i]$

L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3 = \sum (n) [EZ_i \delta Z_i]$
Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [4] Cinematismo]

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.554	25945	0.896	0.515

 α_0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$
SLV: Verifiche di sicurezza [4] Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.432	2475	174	1.326	3.476

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

05. Cinematismo

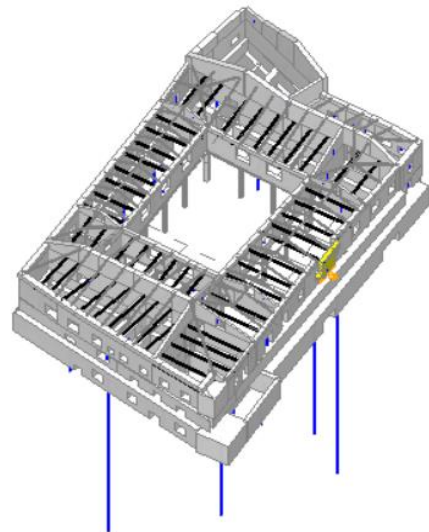
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.565$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.432 / 0.326 = 1.326$$

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



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [5] Cinematismo]

V	H	Z	T1	Y	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
15.221	18.350	0.000	0.443	1.333	1.200	

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

Y = Coefficiente di partecipazione modale

FC = fattore di confidenza

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

Asse di rotazione [5] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)	Coord. punto finale (m)	Arretr.	K	N	fd	a
X Y Z	X Y Z	(m)		(kN)	(N/mm²)	(m)
38.900 52.015 7.500	34.530 52.078 7.500	0.000	0.000	0.00	0.000	4.371

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [5] 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	37.419 51.608 12.850	0.00 0.00 -25.47	0.00 0.00 0.00	0.30
2	da catena	35.944 51.310 12.400	0.32 -36.11 0.00	0.00 0.00 0.00	0.30
3	da solaio	37.627 51.307 13.134	0.00 0.00 -0.01	0.00 0.00 -0.01	0.00
4	da solaio	36.072 51.310 13.171	0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00	0.00
5	peso proprio	35.238 51.632 12.850	0.00 0.00 -12.35	0.00 0.00 0.00	0.30
6	da solaio	35.232 51.332 13.179	0.00 0.00 -0.11	0.00 0.00 -0.10	0.00
7	peso proprio	36.699 51.697 9.940	0.00 0.00 -205.71	0.00 0.00 0.00	0.30
8	da catena	38.142 52.026 12.400	0.41 -36.06 1.78	0.00 0.00 0.00	0.30
9	da solaio	36.705 51.347 12.100	0.00 0.00 -22.86	0.00 0.00 -17.58	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

(per carichi da solaio con più variabili aventi diversi coefficienti di combinazione, mostrato in tabella è pari alla media pesata: P=G+ψ2*Q, con G e Q carichi totali del solaio)

Catene

Dati:

n.	a	d	fvd	Piastre(mm)										Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm^2										Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm^2									
	mm^2	mm	N/mm^2	a	b	s	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd						
2	314	20	200	200	200	20	600	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	600	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104													
8	314	20	200	200	200	20	700	2.600	0.060	0.000	0.060	0.903	0.021	600	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104													

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
2	62.832	40.000	36.111	106.667	36.111
8	62.832	52.500	36.111	106.667	36.111

Dati:

n. = numero del carico corrispondente alla catena

a, d: sezione, diametro; fyd: tensione di snervamento

Piastre di ancoraggio: a = dim.verticale, b = dim.orizzontale, s = spessore

Muro (iniziale/finale): spessore; resistenza media a compressione fm, resistenza a taglio puro τ_0 ,

tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σ_N , resistenza media a taglio τ ,

resistenza di progetto a compressione fd, resistenza di progetto a taglio fvd

Trazioni: snervamento tirante, punzonamento muratura nelle zone di ancoraggio, penetrazione dovuta ad eccesso di pressione di contatto, flessione capochiave, trazione considerata nel calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [5] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2 Q$ (kN)			Forza inerziale (kN)			Spostam. virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-25.47	0.37	25.47	0.00	0.078	5.350	0.426	-10.846	136.275	0.000
2	0.32	-36.11	0.00	0.00	0.00	1.00	0.071	4.900	0.745	-176.909	0.000	0.000
3	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.01	0.00	0.082	5.634	0.723	-0.009	0.071	0.000
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.082	5.671	0.743	-0.001	0.007	0.000
5	0.00	0.00	-12.35	0.18	12.35	0.00	0.078	5.350	0.433	-5.344	66.074	0.000
6	0.00	0.00	-0.11	0.00	0.11	0.00	0.083	5.679	0.733	-0.083	0.640	0.000
7	0.00	0.00	-205.71	2.99	205.69	0.00	0.035	2.440	0.349	-71.751	501.979	0.000
8	0.41	-36.06	1.78	0.00	0.00	1.00	0.071	4.899	-0.002	-176.674	0.000	0.000
9	0.00	0.00	-22.86	0.33	22.86	0.00	0.067	4.600	0.698	-15.949	105.160	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

$$L1 = \sum(n) [P_i \delta_i]$$

L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2 = \sum(n) [EX_i \delta X_i + EY_i \delta Y_i]$

L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3 = \sum(n) [EZ_i \delta Z_i]$

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [5] Cinematismo]

α_0	M* (kgm)	e* (g)	a0*
0.565	23946	0.881	0.534

α_0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [5] Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.432	2475	174	1.326	3.476

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

Sintesi risultati meccanismi locali di collasso post operam

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	α_0	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
1	0.322	1.326	3.476
2	0.168	1.093	1.416
3	0.199	1.326	3.476
4	0.554	1.326	3.476
5	0.565	1.326	3.476

5.2.6 Corpi B-C

Nelle verifiche che seguono, la presenza del cordolo sommitale è schematizzata con catene di diametro di 25mm (area equivalente delle due barre Φ 20 all'interno del cordolo) con una "piastra" di dimensioni 500x270mm, data dal cordolo e dal consolidamento della fascia di circa 40-50cm di parete sottostante mediante rifacimento della muratura in mattoni pieni armata con rete in GFRP e vincolati fra loro mediante ancoraggi con barre Φ 14/40.

01. Cinematismo

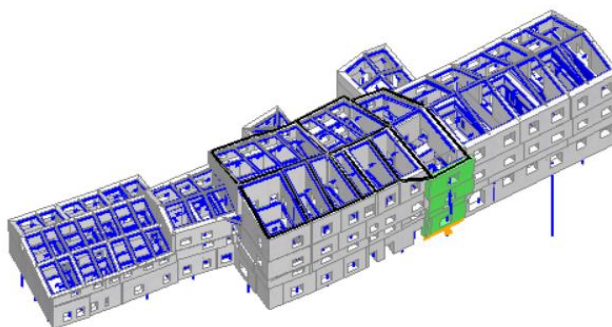
Ribaltamento semplice

 $\alpha_0 = 0.190$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.409 / 0.326 = 1.255$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1897 / 712 = 2.664$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [1] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
148.754	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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)
58.097 0.142 0.000	65.608 0.245 0.000	0.000	0.000	2348.46	0.000	7.512

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [1] 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	62.446 0.780 2.997	0.00 0.00 -604.84	0.00 0.00 0.00	0.30
2	da solaio	62.394 1.403 5.500	0.00 0.00 -1.45	0.00 0.00 -0.71	0.30
3	peso proprio	61.702 0.767 6.985	0.00 0.00 -264.21	0.00 0.00 0.00	0.30
4	da solaio	61.724 1.342 8.000	0.00 0.00 -1.57	0.00 0.00 -0.64	0.30
5	peso proprio	62.323 0.446 10.767	0.00 0.00 -631.54	0.00 0.00 0.00	0.30
6	da solaio	61.853 1.030 12.830	0.00 0.00 -1.17	0.00 0.00 -0.48	0.30
7	da solaio	66.172 1.072 12.830	0.00 0.00 -0.01	0.00 0.00 0.00	0.30
8	da solaio	66.186 1.046 12.830	0.00 0.00 -1.95	0.00 0.00 -0.80	0.30
9	peso proprio	61.543 0.410 16.159	0.00 0.00 -785.45	0.00 0.00 0.00	0.30
10	da catena	58.020 0.185 19.150	-49.65 -0.27 -0.88	0.00 0.00 0.00	0.30
11	da catena	58.020 0.185 19.150	95.23 3.21 0.00	0.00 0.00 0.00	0.30



12	da catena	65.008	0.420	19.150	-6.19	92.96	19.97	0.00	0.00	0.00	0.30
13	da catena	58.020	0.185	19.150	-5.06	92.94	20.40	0.00	0.00	0.00	0.30
14	da solaio	65.711	1.018	18.838	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
15	da solaio	61.394	0.958	18.837	0.00	0.00	-0.74	0.00	0.00	-0.44	0.30
16	peso proprio	58.597	0.649	2.900	0.00	0.00	-94.01	0.00	0.00	0.00	0.30
17	da solaio	58.239	1.144	5.500	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.04	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)

Catene

Dati:

n.	a	d	fyd	Piastre(mm)			Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm^2						Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm^2							
	mm^2	mm	N/mm^2	a	b	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	
10	491	25	235	500	270	25	750	2.100	0.042	0.000	0.042	0.729	0.015	1100	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104
11	491	25	235	500	270	25	1100	2.100	0.042	0.000	0.042	0.729	0.015	1100	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104
12	491	25	235	500	270	25	1100	2.100	0.042	0.000	0.042	0.729	0.015	1450	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104
13	491	25	235	500	270	25	1100	2.100	0.042	0.000	0.042	0.729	0.015	450	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
10	115.355	49.656	98.438	105.750	49.656
11	115.355	95.288	98.438	105.750	95.288
12	115.355	95.288	98.438	105.750	95.288
13	115.355	95.288	98.438	105.750	95.288

Dati:

n. = numero del carico corrispondente alla catena

a, d: sezione, diametro; fyd: tensione di snervamento

Piastre di ancoraggio: a = dim.verticale, b = dim.orizzontale, s = spessore

Muro (iniziale/finale): spessore; resistenza media a compressione fm, resistenza a taglio puro τ_0 ,

tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σ_N , resistenza media a taglio τ ,

resistenza di progetto a compressione fd, resistenza di progetto a taglio fvd

Trazioni: snervamento tirante, punzonamento muratura nelle zone di ancoraggio, penetrazione dovuta ad eccesso di pressione di contatto, flessione capochiave, trazione considerata nel calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [1] Cinematismo

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-604.84	8.30	-604.79	0.00	0.041	-2.997	0.576	-348.692	1813.119	0.000
2	0.00	0.00	-1.67	0.02	-1.67	0.00	0.075	-5.500	1.199	-1.997	9.164	0.000
3	0.00	0.00	-264.21	3.63	-264.19	0.00	0.096	-6.985	0.572	-151.178	1845.643	0.000
4	0.00	0.00	-1.76	0.02	-1.76	0.00	0.110	-8.000	1.146	-2.019	14.095	0.000
5	0.00	0.00	-631.54	8.67	-631.48	0.00	0.148	-10.767	0.241	-151.954	6800.086	0.000
6	0.00	0.00	-1.32	0.02	-1.32	0.00	0.176	-12.829	0.830	-1.093	16.890	0.000
7	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.176	-12.829	0.813	-0.009	0.145	0.000
8	0.00	0.00	-2.19	0.03	-2.19	0.00	0.176	-12.829	0.787	-1.723	28.107	0.000
9	0.00	0.00	-785.45	10.78	-785.37	0.00	0.222	-16.158	0.213	-167.009	12692.212	0.000
10	-49.65	-0.27	-0.88	0.00	0.00	1.00	0.263	-19.148	0.035	-7.973	0.000	0.000
11	95.23	3.21	0.00	0.00	0.00	1.00	0.263	-19.148	0.035	-36.376	0.000	0.000
12	-6.19	92.96	19.97	0.00	0.00	1.00	0.263	-19.148	0.174	-1778.270	0.000	0.000
13	-5.06	92.94	20.40	0.00	0.00	1.00	0.263	-19.148	0.035	-1780.256	0.000	0.000
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.259	-18.837	0.762	-0.003	0.080	0.000
15	0.00	0.00	-0.88	0.01	-0.88	0.00	0.258	-18.836	0.761	-0.668	16.534	0.000
16	0.00	0.00	-94.01	1.29	-94.01	0.00	0.040	-2.900	0.499	-46.892	272.666	0.000
17	0.00	0.00	-0.07	0.00	-0.07	0.00	0.075	-5.500	0.997	-0.066	0.366	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

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

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

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.190	188807	0.775	0.205

α_0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante
a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$

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
0.163	0.000	0.163	0.409	1897	133	1.255	2.664

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

02. Cinematismo

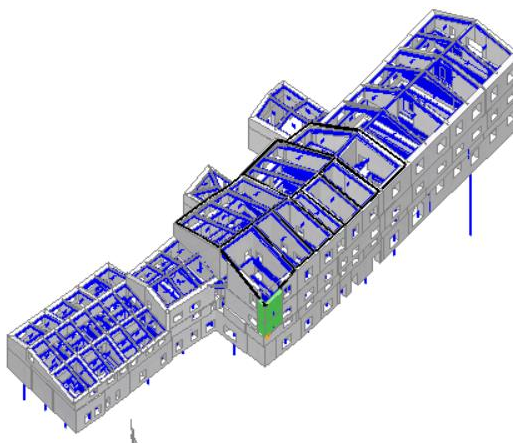
Ribaltamento semplice

$\alpha_0 = 0.197$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.409 / 0.326 = 1.255$

$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1897 / 712 = 2.664$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [2] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m^3)	(m)	(m)	(sec)			
37.596	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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)
30.243	2.619	8.130	31.796	0.788	8.300	0.000	0.000	0.00	0.000	2.407

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [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	31.995	1.116	16.100	0.00	0.00	-237.42	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da catena	30.085	1.282	19.070	39.12	-3.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30

113

0.163	0.000	0.163	0.409	1897	133	1.255	2.664
-------	-------	-------	-------	------	-----	-------	-------

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

03. Cinematismo

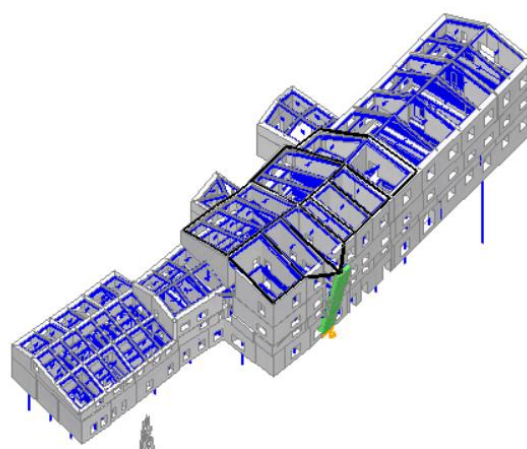
Ribaltamento semplice

$\alpha_0 = 0.313$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.433 / 0.326 = 1.329$

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



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [3] Cinematismo

V (m³)	H (m)	Z (m)	T1 (sec)	γ	FC	SLD
50.118	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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 [3] Cinematismo

Coord. punto iniziale (m)	Coord. punto finale (m)	Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)
40.968	0.211	0.000	43.863	0.128	0.000	2.896

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [3] 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	42.024	0.684	2.900	0.00	0.00	-193.58	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	41.546	1.196	5.500	0.00	0.00	-0.26	0.00	0.00	-0.19	0.30
3	da solaio	43.040	1.158	5.500	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.01	0.30
4	peso proprio	43.474	0.643	2.900	0.00	0.00	-75.59	0.00	0.00	0.00	0.30
5	da solaio	43.490	1.142	5.500	0.00	0.00	-0.25	0.00	0.00	-0.18	0.30
6	peso proprio	42.437	0.505	7.048	0.00	0.00	-110.84	0.00	0.00	0.00	0.30
7	da solaio	43.040	0.970	8.000	0.00	0.00	-0.28	0.00	0.00	-0.17	0.30
8	da solaio	41.322	1.001	8.000	0.00	0.00	-0.09	0.00	0.00	-0.06	0.30
9	peso proprio	43.040	0.493	10.721	0.00	0.00	-124.75	0.00	0.00	0.00	0.30

10	da solaio	43.111	0.939	12.830	0.00	0.00	-0.53	0.00	0.00	-0.29	0.30
11	peso proprio	41.586	0.534	10.693	0.00	0.00	-77.54	0.00	0.00	0.00	0.30
12	da solaio	41.314	0.995	12.830	0.00	0.00	-0.15	0.00	0.00	-0.08	0.30
13	peso proprio	41.736	0.434	16.100	0.00	0.00	-118.93	0.00	0.00	0.00	0.30
14	da catena	41.725	0.423	19.070	-49.55	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
15	da catena	41.725	0.423	19.070	11.76	102.85	21.58	0.00	0.00	0.00	0.30
16	da solaio	41.236	0.841	18.763	0.00	0.00	-0.32	0.00	0.00	-0.22	0.00
17	da solaio	42.291	0.776	18.760	0.00	0.00	-0.30	0.00	0.00	-0.20	0.00
18	peso proprio	43.275	0.358	16.100	0.00	0.00	-100.68	0.00	0.00	0.00	0.30
19	da solaio	43.290	0.733	18.759	0.00	0.00	-0.40	0.00	0.00	-0.27	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

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

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

Catene

Dati:

n.	a	d	fyd	Piastre(mm)		Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm^2								Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm^2							
	mm^2	mm	N/mm^2	a	b	s	s	fm	τ_0	σ_N	τ	fd	fvd	s	fm	τ_0	σ_N	τ	fd	fvd	
14	491	25	235	500	270	25	750	2.100	0.042	0.000	0.042	0.729	0.015	750	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104	
15	491	25	235	500	270	25								750	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104	

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
14	115.355	49.656	98.438	105.750	49.656
15	115.355	354.688	248.438	105.750	105.750

Dati:

n. = numero del carico corrispondente alla catena

a, d: sezione, diametro; fyd: tensione di snervamento

Piastre di ancoraggio: a = dim.verticale, b = dim.orizzontale, s = spessore

Muro (iniziale/finale): spessore; resistenza media a compressione fm, resistenza a taglio puro τ_0 ,

tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σ_N , resistenza media a taglio τ ,

resistenza di progetto a compressione fd, resistenza di progetto a taglio fvd

Trazioni: snervamento tirante, punzonamento muratura nelle zone di ancoraggio,

penetrazione dovuta ad eccesso di pressione di contatto, flessione capochiave, trazione considerata nel

calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [3] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2Q$ (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-193.58	-5.54	-193.50	0.00	-0.083	-2.899	0.502	-97.109	561.426	0.000
2	0.00	0.00	-0.32	-0.01	-0.32	0.00	-0.157	-5.498	0.999	-0.321	1.767	0.000
3	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.157	-5.498	1.003	-0.022	0.122	0.000
4	0.00	0.00	-75.59	-2.16	-75.56	0.00	-0.083	-2.899	0.502	-37.942	219.231	0.000
5	0.00	0.00	-0.30	-0.01	-0.30	0.00	-0.157	-5.498	1.000	-0.302	1.663	0.000
6	0.00	0.00	-110.84	-3.17	-110.79	0.00	-0.202	-7.045	0.333	-36.883	781.165	0.000
7	0.00	0.00	-0.33	-0.01	-0.33	0.00	-0.229	-7.997	0.815	-0.272	2.673	0.000
8	0.00	0.00	-0.11	0.00	-0.11	0.00	-0.229	-7.997	0.796	-0.087	0.879	0.000
9	0.00	0.00	-124.75	-3.57	-124.70	0.00	-0.307	-10.717	0.336	-41.959	1337.485	0.000
10	0.00	0.00	-0.61	-0.02	-0.61	0.00	-0.367	-12.825	0.782	-0.480	7.870	0.000
11	0.00	0.00	-77.54	-2.22	-77.50	0.00	-0.306	-10.689	0.335	-25.986	829.116	0.000
12	0.00	0.00	-0.17	0.00	-0.17	0.00	-0.367	-12.825	0.787	-0.136	2.211	0.000
13	0.00	0.00	-118.93	-3.40	-118.88	0.00	-0.461	-16.094	0.237	-28.176	1914.714	0.000
14	-49.55	3.19	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.546	-19.062	0.224	-33.809	0.000	0.000
15	11.76	102.85	21.58	0.00	0.00	1.00	-0.546	-19.062	0.224	-1962.227	0.000	0.000
16	0.00	0.00	-0.32	-0.01	-0.32	0.00	-0.537	-18.756	0.628	-0.204	6.084	0.000
17	0.00	0.00	-0.30	-0.01	-0.30	0.00	-0.537	-18.752	0.593	-0.179	5.668	0.000
18	0.00	0.00	-100.68	-2.88	-100.64	0.00	-0.461	-16.094	0.205	-20.661	1620.908	0.000
19	0.00	0.00	-0.40	-0.01	-0.40	0.00	-0.537	-18.752	0.579	-0.232	7.523	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

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

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [3] Cinematismo]

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.313	61453	0.749	0.349

α_0 = moltiplicatore di collasso
 M^* = massa partecipante
 e^* = frazione di massa partecipante
 a_0^* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [3) Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.433	2475	174	1.329	3.476

a_1^* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido
 a_2^* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile
 PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV
 TR,CLV = capacità in termini di periodo di ritorno TR per SLV
 VN,CLV = capacità in termini di Vita Nominale per SLV
 PGA,CLV / PGA,DLV = ζ, E, SLV, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV
 TR,CLV / TR,DLV = ζ, E, SLV, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

04. Cinematismo

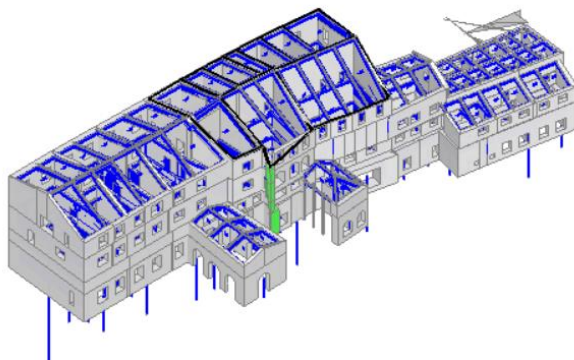
Ribaltamento semplice

$\alpha_0 = 0.216$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.433 / 0.326 = 1.329$

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



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [4) Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
20.443	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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 [4) 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)
57.432	20.048	0.000	55.721	21.609	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	2.316

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

Carichi [4) 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	56.350	21.003	3.104	0.00	0.00	-156.02	0.00	0.00	0.00	0.30
2	peso proprio	56.824	20.948	7.060	0.00	0.00	-24.50	0.00	0.00	0.00	0.30
3	peso proprio	57.086	20.619	15.026	0.00	0.00	-27.43	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da catena	57.014	20.969	16.590	3.80	-24.11	9.43	0.00	0.00	0.00	0.30
5	da catena	57.014	20.969	16.590	-26.16	-0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	56.786	20.266	15.910	0.00	0.00	-3.83	0.00	0.00	-2.33	0.00
7	peso proprio	56.738	21.025	14.860	0.00	0.00	-24.67	0.00	0.00	0.00	0.30
8	da solaio	56.588	20.586	15.769	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.00	-0.02	0.00
9	peso proprio	56.775	20.560	10.715	0.00	0.00	-86.99	0.00	0.00	0.00	0.30
10	da solaio	56.684	19.570	12.830	0.00	0.00	-0.44	0.00	0.00	-0.24	0.30
11	peso proprio	57.252	20.849	11.093	0.00	0.00	-7.48	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)

Catene

Dati:

n.	a	d	fvd	Piastre(mm)		Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm^2								Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm^2							
	mm^2	mm	N/mm^2	a	b	s	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	
4	491	25	235	500	270	25	650	1.400	0.028	0.000	0.028	0.486	0.010	450	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104	
5	491	25	235	500	270	25	650	1.400	0.028	0.000	0.028	0.486	0.010	850	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104	

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
4	115.355	26.162	65.625	105.750	26.162
5	115.355	26.162	65.625	105.750	26.162

Dati:

n. = numero del carico corrispondente alla catena

a, d: sezione, diametro; fvd: tensione di snervamento

Piastre di ancoraggio: a = dim.verticale, b = dim.orizzontale, s = spessore

Muro (iniziale/finale): spessore; resistenza media a compressione fm, resistenza a taglio puro τ_0 ,

tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σ_N , resistenza media a taglio τ ,

resistenza di progetto a compressione fd, resistenza di progetto a taglio fvd

Trazioni: snervamento tirante, punzonamento muratura nelle zone di ancoraggio, penetrazione dovuta ad eccesso di pressione di contatto, flessione capochiave, trazione considerata nel calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [4] Cinematismo

n.	Carico totale G+ ψ_2 *Q (kN)			Forza inerziale(kN)			Spostam.virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δ X	δ Y	δ Z	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-156.02	105.17	115.24	0.00	2.093	2.293	0.022	-3.391	484.342	0.000
2	0.00	0.00	-24.50	16.52	18.10	0.00	4.759	5.215	-0.259	6.340	172.995	0.000
3	0.00	0.00	-27.43	18.49	20.26	0.00	10.129	11.098	-0.196	5.380	412.171	0.000
4	3.80	-24.11	9.43	0.00	0.00	1.00	11.183	12.254	-0.407	-256.718	0.000	0.000
5	-26.16	-0.52	0.00	0.00	0.00	1.00	11.183	12.254	-0.407	-298.891	0.000	0.000
6	0.00	0.00	-3.83	2.58	2.83	0.00	10.725	11.752	0.266	-1.020	60.950	0.000
7	0.00	0.00	-24.67	16.63	18.22	0.00	10.017	10.976	-0.261	6.447	366.605	0.000
8	0.00	0.00	-0.04	0.02	0.03	0.00	10.630	11.648	0.163	-0.006	0.564	0.000
9	0.00	0.00	-86.99	58.64	64.25	0.00	7.223	7.914	0.059	-5.129	932.071	0.000
10	0.00	0.00	-0.51	0.34	0.38	0.00	8.649	9.477	0.851	-0.433	6.530	0.000
11	0.00	0.00	-7.48	5.04	5.53	0.00	7.478	8.193	-0.476	3.565	83.007	0.000

n. = numero consecutivo del carico

PX,PY,PZ = componenti del carico totale G+ ψ_2 *Q nel sistema XYZ

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

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

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

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

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [4] Cinematismo

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.216	24573	0.727	0.247

α_0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [4) Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.433	2475	174	1.329	3.476

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

05. Cinematismo

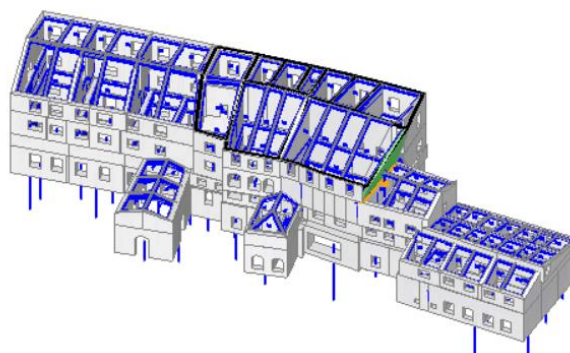
Ribaltamento semplice

$\alpha_0 = 0.216$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.372 / 0.326 = 1.142$

$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1221 / 712 = 1.715$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [5) Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m^3)	(m)	(m)	(sec)			
41.696	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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 [5) 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)
33.414	23.151	13.130	31.154	11.682	13.130	0.000	0.000	0.00	0.000	11.689

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [5) 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	32.459	16.651	16.160	0.00	0.00	-667.14	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da catena	33.683	22.837	16.590	19.83	-2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
3	da catena	31.530	11.908	21.150	4.68	23.76	-9.91	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da catena	31.530	11.908	21.150	19.81	-2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
5	da catena	31.530	11.908	21.150	-5.19	-38.17	-7.47	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	32.929	17.329	18.371	0.00	0.00	-60.12	0.00	0.00	-35.85	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

Catene

Dati:

n.	a	d	fyd	Piastre(mm)			Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm ²					Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm ²								
	mm ²	mm	N/mm ²	a	b	s	s	fm	τ_0	σ_N	τ	fd	fvd	s	fm	τ_0	σ_N	τ	fd	fvd
2	491	25	235	500	270	25	550	1.400	0.028	0.000	0.028	0.486	0.010	650	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104
3	491	25	235	500	270	25	650	1.400	0.028	0.000	0.028	0.486	0.010							
4	491	25	235	500	270	25	550	1.400	0.028	0.000	0.028	0.486	0.010							
5	491	25	235	500	270	25	650	2.100	0.042	0.000	0.042	0.729	0.015							

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
2	115.355	19.999	65.625	105.750	19.999
3	115.355	26.162	65.625	105.750	26.162
4	115.355	19.999	65.625	105.750	19.999
5	115.355	39.244	98.438	105.750	39.244

Dati:

n. = numero del carico corrispondente alla catena

a, d: sezione, diametro; fyd: tensione di snervamento

Piastre di ancoraggio: a = dim.verticale, b = dim.orizzontale, s = spessore

Muro (iniziale/finale): spessore; resistenza media a compressione fm, resistenza a taglio puro τ_0 ,

tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σ_N , resistenza media a taglio τ ,

resistenza di progetto a compressione fd, resistenza di progetto a taglio fvd

Trazioni: snervamento tirante, punzonamento muratura nelle zone di ancoraggio, penetrazione dovuta ad eccesso di pressione di contatto, flessione capochiave, trazione considerata nel calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [5] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2*Q$ (kN)	Forza inerziale(kN)	Spostam.virtuali (mm)	Lavoro virtuale (kN*mm)
	PX PY PZ	EX EY EZ	δX δY δZ	L1 L2 L3
1	0.00 0.00 -667.14	-654.56 128.96 0.00	-2.973 0.586 0.318	-212.269 2021.620 0.000
2	19.83 -2.63 0.00	0.00 0.00 1.00	-3.395 0.669 0.323	-69.063 0.000 0.000
3	4.68 23.76 -9.91	0.00 0.00 1.00	-7.869 1.550 0.321	-3.181 0.000 0.000
4	19.81 -2.76 0.00	0.00 0.00 1.00	-7.869 1.550 0.321	-160.140 0.000 0.000
5	-5.19 -38.17 -7.47	0.00 0.00 1.00	-7.869 1.550 0.321	-20.750 0.000 0.000
6	0.00 0.00 -60.12	-58.99 11.62 0.00	-5.143 1.013 0.647	-38.922 315.139 0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

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

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [5] Cinematismo]

α_0	M* (kgm)	e*	a0* (g)
0.216	71589	0.965	0.186

α_0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [5] Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.372	1221	86	1.142	1.715

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

06. Cinematismo

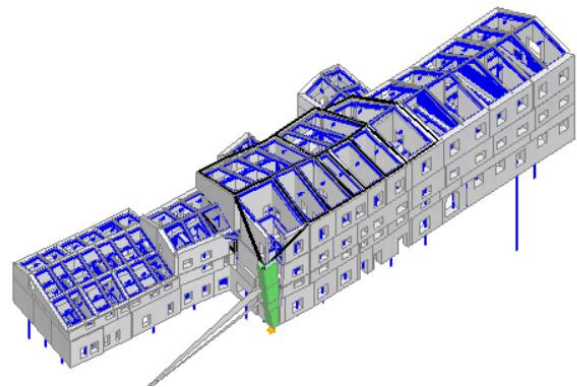
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.181$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.384 / 0.326 = 1.179$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1412 / 712 = 1.983$$



Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [6] Cinematismo]

V	H	Z	T1	Y	FC	SLD
(m³)	(m)	(m)	(sec)			
45.492	21.150	0.000	0.493	1.333	1.200	

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

Y = Coefficiente di partecipazione modale

FC = fattore di confidenza

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

Asse di rotazione [6] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)	Coord. punto finale (m)	Arretr.	K	N	fd	a
X Y Z	X Y Z	(m)		(kN)	(N/mm²)	(m)
29.950 1.894 0.000	30.525 0.988 0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	1.073

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

Carichi [6] 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	31.240 1.171 16.195	0.00 0.00 -143.77	0.00 0.00 0.00	0.30
2	da catena	30.085 1.282 19.070	39.12 -3.12 0.00	0.00 0.00 0.00	0.30
3	da catena	30.085 1.282 19.070	5.19 38.17 7.47	0.00 0.00 0.00	0.30
4	da solaio	31.539 1.489 18.764	0.00 0.00 -2.48	0.00 0.00 -1.70	0.00
5	peso proprio	30.142 1.994 16.146	0.00 0.00 -90.72	0.00 0.00 0.00	0.30
6	da solaio	30.510 2.132 18.875	0.00 0.00 -15.33	0.00 0.00 -10.49	0.00
7	peso proprio	30.213 1.987 10.715	0.00 0.00 -94.51	0.00 0.00 0.00	0.30
8	da solaio	30.686 2.114 12.830	0.00 0.00 -19.12	0.00 0.00 -10.54	0.30
9	peso proprio	31.069 1.163 10.795	0.00 0.00 -92.23	0.00 0.00 0.00	0.30
10	da solaio	31.406 1.481 12.830	0.00 0.00 -2.74	0.00 0.00 -1.51	0.30
11	peso proprio	30.877 1.153 7.074	0.00 0.00 -42.46	0.00 0.00 0.00	0.30
12	da solaio	31.248 1.474 8.000	0.00 0.00 -2.00	0.00 0.00 -1.21	0.30
13	peso proprio	30.125 1.992 7.050	0.00 0.00 -63.70	0.00 0.00 0.00	0.30
14	da solaio	30.729 2.102 8.000	0.00 0.00 -17.05	0.00 0.00 -10.36	0.30
15	peso proprio	30.463 2.005 2.900	0.00 0.00 -137.31	0.00 0.00 0.00	0.30
16	da solaio	31.076 2.137 5.500	0.00 0.00 -24.27	0.00 0.00 -11.91	0.30
17	peso proprio	30.888 1.240 3.117	0.00 0.00 -63.18	0.00 0.00 0.00	0.30
18	da solaio	31.339 1.618 5.500	0.00 0.00 -1.35	0.00 0.00 -0.66	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

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

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

mostrato in tabella è pari alla media pesata: P=G+ψ2*Q, con G e Q carichi totali del solaio)

Catene

n.	a	d	fyd	Piastre(mm)										Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm^2										Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm^2									
	mm^2	mm	N/mm^2	a	b	s	s	fm	τ0	cN	τ	fd	fvd	s	fm	τ0	cN	τ	fd	fvd													
2	491	25	235	500	270	25	650	2.100	0.042	0.000	0.042	0.729	0.015	750	5.300	0.300	0.000	0.300	1.840	0.104													
3	491	25	235	500	270	25	650	2.100	0.042	0.000	0.042	0.729	0.015																				

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
2	115.355	39.244	98.438	105.750	39.244
3	115.355	39.244	98.438	105.750	39.244

n. = numero del carico corrispondente alla catena

a, d: sezione, diametro; fyd: tensione di snervamento

Piastre di ancoraggio: a = dim.verticale, b = dim.orizzontale, s = spessore

Muro (iniziale/finale): spessore; resistenza media a compressione f_m , resistenza a taglio puro τ_0 ,
tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σ_N , resistenza media a taglio τ ,
resistenza di progetto a compressione f_d , resistenza di progetto a taglio f_{vd}

Trazioni: snervamento tirante, punzonamento muratura nelle zone di ancoraggio, penetrazione dovuta ad eccesso di pressione di contatto, flessione capochiave, trazione considerata nel calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [6] Cinematismo]

n.	Carico totale $G+\psi_2 Q$ (kN)			Forza inerziale (kN)			Spostam. virtuali (mm)			Lavoro virtuale (kN*mm)		
	PX	PY	PZ	EX	EY	EZ	δX	δY	δZ	L1	L2	L3
1	0.00	0.00	-143.77	-121.39	-77.04	0.00	-13.674	-8.678	0.693	-99.697	2328.484	0.000
2	39.12	-3.12	0.00	0.00	0.00	1.00	-16.101	-10.218	-0.223	-597.965	0.000	0.000
3	5.19	38.17	7.47	0.00	0.00	1.00	-16.101	-10.218	-0.223	-475.293	0.000	0.000
4	0.00	0.00	-2.48	-2.10	-1.33	0.00	-15.844	-10.055	1.115	-2.769	46.594	0.000
5	0.00	0.00	-90.72	-76.60	-48.61	0.00	-13.632	-8.651	0.208	-18.838	1464.752	0.000
6	0.00	0.00	-15.33	-12.94	-8.21	0.00	-15.937	-10.114	0.591	-9.058	289.374	0.000
7	0.00	0.00	-94.51	-79.80	-50.64	0.00	-9.047	-5.741	0.266	-25.182	1012.691	0.000
8	0.00	0.00	-22.28	-18.81	-11.94	0.00	-10.833	-6.875	0.733	-16.324	285.895	0.000
9	0.00	0.00	-92.23	-77.87	-49.42	0.00	-9.115	-5.784	0.548	-50.553	995.605	0.000
10	0.00	0.00	-3.19	-2.69	-1.71	0.00	-10.833	-6.875	1.002	-3.195	40.931	0.000
11	0.00	0.00	-42.46	-35.85	-22.75	0.00	-5.973	-3.791	0.382	-16.221	300.399	0.000
12	0.00	0.00	-2.36	-1.99	-1.26	0.00	-6.755	-4.287	0.867	-2.044	18.871	0.000
13	0.00	0.00	-63.70	-53.78	-34.13	0.00	-5.953	-3.778	0.197	-12.558	449.080	0.000
14	0.00	0.00	-20.16	-17.02	-10.80	0.00	-6.755	-4.287	0.765	-15.417	161.295	0.000
15	0.00	0.00	-137.31	-115.93	-73.57	0.00	-2.449	-1.554	0.491	-67.439	398.221	0.000
16	0.00	0.00	-27.85	-23.51	-14.92	0.00	-4.644	-2.947	1.078	-30.027	153.181	0.000
17	0.00	0.00	-63.18	-53.34	-33.85	0.00	-2.632	-1.670	0.440	-27.815	196.930	0.000
18	0.00	0.00	-1.55	-1.31	-0.83	0.00	-4.644	-2.947	1.022	-1.586	8.534	0.000

n. = numero consecutivo del carico

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

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

EZ = componente verticale della forza inerziale corrispondente al carico

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

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

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

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

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

Moltiplicatore di collasso, Massa partecipante, Accelerazione di attivazione del meccanismo [6] Cinematismo]

α_0	M* (kgm)	e* (g)	a0*
0.181	65850	0.785	0.192

α_0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.800$

SLV: Verifiche di sicurezza [6] Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.163	0.000	0.163	0.384	1412	99	1.179	1.983

a1* = accelerazione spettrale richiesta su sistema rigido

a2* = accelerazione spettrale richiesta su sistema deformabile

PGA,CLV = capacità in termini di PGA per SLV

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

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

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

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

Sintesi risultati meccanismi locali di collasso post operam - Corpi B-C

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	α_0	PGA,CLV	TR,CLV
		/PGA,DLV	/TR,DLV
1	0.190	1.255	2.664
2	0.197	1.255	2.664
3	0.313	1.329	3.476
4	0.216	1.329	3.476
5	0.216	1.142	1.715
6	0.181	1.179	1.983

5.3 Sintesi risultati verifiche sismiche ante e post operam

Di seguito si riportano i risultati delle analisi di pushover e dei meccanismi locali di collasso ante e post operam.

Sintesi risultati delle analisi di pushover ante operam.

Indicatori di Rischio sismico ζ_E in termini di PGA:

Corpo A		Corpo B		Corpo C1		Corpo C2	
Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA
SLV	0.147	SLV	0.067	SLV	0.181	SLV	0.252

Meccanismi locali di collasso

Corpo A				Corpo B-C			
n.	α_0	PGA, CLV / PGA, DLV	TR, CLV / TR, DLV	n.	α_0	PGA, CLV / PGA, DLV	TR, CLV / TR, DLV
1	0.122	0.813	0.520	1	0.037	0.233	0.022
2	0.109	0.703	0.344	2	0.046	0.289	0.038
3	0.246	1.326	3.476	3	0.040	0.270	0.032
4	0.155	0.887	0.653	4	0.031	0.196	0.015
5	0.128	0.746	0.397	5	0.051	0.270	0.032
				6	0.013	0.086	0.003

Sintesi risultati analisi di pushover post operam

Indicatori di Rischio sismico ζ_E in termini di PGA

Corpo A		Corpo B		Corpo C1		Corpo C2	
Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA	Stato Limite	ζ_E PGA
SLV	0.739	SLV	0.509	SLV	0.656	SLV	0.518

Meccanismi locali di collasso

Corpo A

n.	α_0	PGA, CLV / PGA, DLV	TR, CLV / TR, DLV
1	0.322	1.326	3.476
2	0.168	1.093	1.416
3	0.199	1.326	3.476
4	0.554	1.326	3.476
5	0.565	1.326	3.476

Corpo B e C

n.	α_0	PGA, CLV / PGA, DLV	TR, CLV / TR, DLV
1	0.190	1.255	2.664
2	0.197	1.255	2.664
3	0.313	1.329	3.476
4	0.216	1.329	3.476
5	0.216	1.142	1.715
6	0.181	1.179	1.983

Da quanto sopra riportato risulta che l'intervento in progetto permette di conseguire miglioramenti sui livelli di sicurezza ζ_E derivanti sia dall'analisi si pushover, sia dai meccanismi locali di collasso. Per questi ultimi, i livelli di sicurezza sono tutti superiori all'unità.

6 VERIFICA STATICA CAPRIATE E TRAVI

6.1 Corpo A: capriate e travi esistenti

Verifica capriata

Materiale: Latifoglia

Sezioni: Puntoni 18x22cm – Catena e monaco: 18x20cm

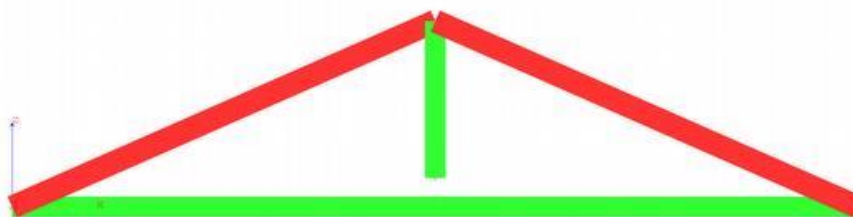
Interasse travi orditura principale: 110cm

Sezioni

Numero	B [cm]	H [cm]	R [cm]	Materiale
1	18.00	22.00		1 D30 massiccio Latifoglie UNI 338:2017
2	18.00	20.00		D30 massiccio Latifoglie UNI 338:2017

Verifiche statiche

Da A Sez.	Mat.	L [m]	β_{12}	β_{13}	Comb.	k_{mod}	x [m]	N [kg]	V_{12} [kg]	V_{13} [kg]	M_{12} [kgm]	M_{13} [kgm]	T [kgm]	$\sigma_{D,R}$ $\sigma_{R,R}$	τ_D τ_R	$\sigma_{D,I}$ $\sigma_{R,I}$	$\sigma_{D,Ft}$ $\sigma_{R,Ft}$
2 1	2	D30 Latifoglie UNI 338:2017	8.10	1.00	1.00	1	0.90	4.05	0.0	0.0	-307.1	-0.0	-0.0	0.12	0.00	0.00	0.12
4 1	1	D30 Latifoglie UNI 338:2017	4.42	1.00	1.00	1	0.90	2.21	18021.1	-1062.9	-0.0	-4913.6	-0.0	0.0	1.64	0.02	2.01 3.06
4 3	2	D30 Latifoglie UNI 338:2017	1.50	1.00	1.00	1	0.90	0.00	-3386.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.07	0.00	0.00	0.00
2 4	1	D30 Latifoglie UNI 338:2017	4.42	1.00	1.00	1	0.90	2.21	18021.1	1062.9	-0.0	-4913.6	-0.0	-0.0	1.64	0.02	2.01 3.06



Verifica Travi orditura principale

Materiale: Latifoglia

Sezioni: Trave 13x13cm Lunghezza: 290cm Interasse travi: 110cm

Sezioni

Numero	B [cm]	H [cm]	R [cm]	Materiale	Azioni	k_h	$k_{h,Mx}$	$k_{h,My}$
1	13.00	13.00		1 D30 massiccio Latifoglie UNI 338:2017				
2	13.00	13.00		1 D30 massiccio Latifoglie UNI 338:2017				

Verifiche statiche

Da A Sez.	Mat.	L [m]	β_{12}	β_{13}	Comb.	k_{mod}	x [m]	N [kg]	V_{12} [kg]	V_{13} [kg]	M_{12} [kgm]	M_{13} [kgm]	T [kgm]	$\sigma_{D,R}$ $\sigma_{R,R}$	τ_D τ_R	$\sigma_{D,I}$ $\sigma_{R,I}$	$\sigma_{D,FI}$ $\sigma_{R,FI}$
6 5 2	D30 massiccio Latifoglie UNI 338:2017	2.90	1.00	1.00	1	0.90	1.45	0.0	0.0	0.0	-896.1	-0.0	0.0	1.10	0.00	0.00	1.10



Conclusioni:

Le strutture della copertura del corpo A (capriate e orditura principale) non risultano verificate. In progetto si prevede la loro sostituzione con travi metalliche.

6.2 Corpo A: nuove strutture metalliche

6.2.1 Travi sottotetto Corpo A

Le nuove strutture metalliche del sottotetto sono tutte realizzate in Acciaio S 275, avente le seguenti caratteristiche:

- Tensione di Snervamento: 2750.0 [kg/cm²]
- Tensione di Rottura: 4300.0 [kg/cm²]

Saranno eseguite le seguenti verifiche:

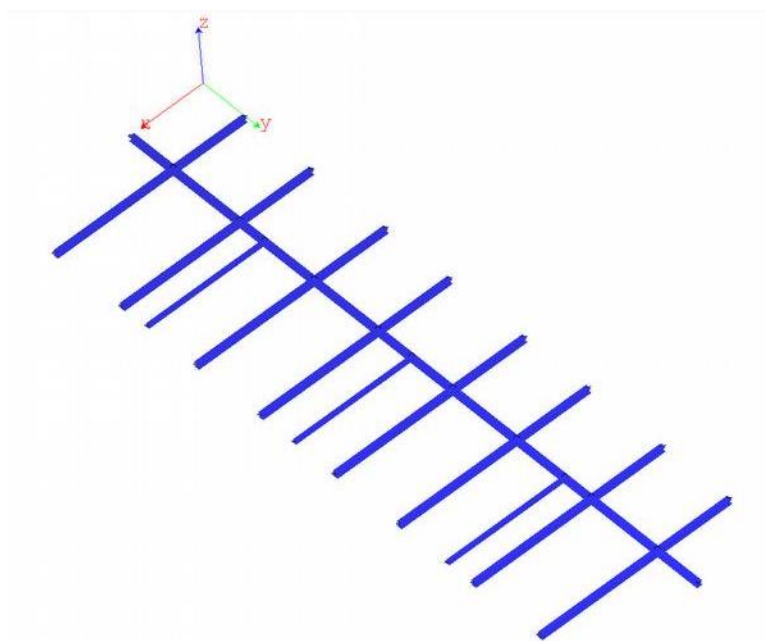
- Resistenza (Componenti Azioni Interna): - N - Ty - Mx - My
- Instabilità Nel Piano 1/2: Profilo singolo
- Instabilità Nel Piano 1/3: Profilo singolo
- Pressoflessione (Componenti Azioni Interna): N - Mx - My
- Instabilità Flesso-Torsionale: A doppio T

Travi sottotetto lato Piazza: HEA180 / HEA120

G1: p.p. solaio con travi HEA180 e tavolato **(kN/m²) = 1,00**

G2: controsoffitto **(kN/m²) = 0,30**


Q_k: azioni variabili **(kN/m²) = 1,00**



Verifica Travi HEA 180

Verifiche Statiche

Asta	Luce	Snellezza	Resistenza	Instabilità 1/2	Instabilità 1/3	Pressoflessione	Svergolamento
Da A [m]	1/2	1/3	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.
30 32	1.60	21.5 35.4	1 0.00 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	1 0.00 1
27 30	2.55	34.2 56.5	1 0.00 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	1 0.01 1
24 27	1.00	13.4 22.1	1 0.09 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	1 0.09 1
22 24	1.86	25.0 41.2	1 0.09 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	1 0.10 1
19 22	2.46	33.0 54.5	1 0.00 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	1 0.00 1
16 19	1.56	20.9 34.5	1 0.09 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	1 0.11 1
14 16	1.30	17.5 28.8	1 0.09 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	1 0.10 1
11 14	2.46	33.0 54.5	1 0.00 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	1 0.00 1
8 11	1.89	25.4 41.8	1 0.09 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	1 0.10 1
6 8	0.97	13.0 21.5	1 0.09 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	1 0.09 1

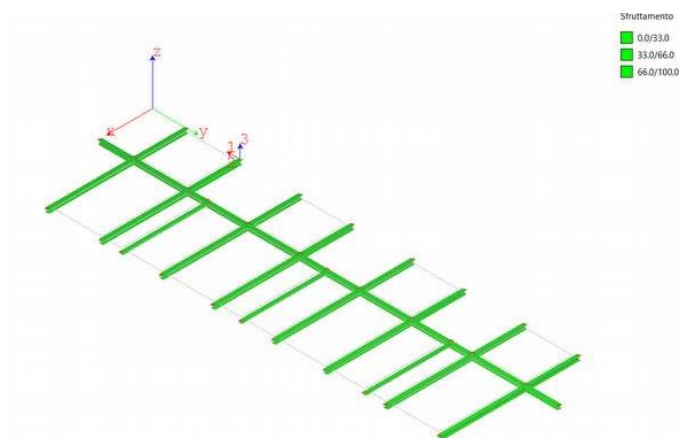
	UNIVERSITA' DI CAMERINO	LAVORI DI RIPARAZIONE E MIGLIORAMENTO SIMICO DEL PALAZZO DUCALE DI CAMERINO	RELAZIONE DI CALCOLO ANTE E POST OPERAM
----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------	--------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

3	6	2.56	34.4	56.7	1	0.00	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.01	1
3	1	1.60	21.5	35.4	1	0.00	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.00	1
31	30	4.10	55.1	90.8	1	0.50	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.81	1
30	29	2.50	33.6	55.4	1	0.48	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.60	1
28	27	4.10	55.1	90.8	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.83	1
27	26	2.50	33.6	55.4	1	0.51	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.65	1
23	22	4.10	55.1	90.8	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.84	1
22	21	2.50	33.6	55.4	1	0.50	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.63	1
20	19	4.10	55.1	90.8	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.83	1
19	18	2.50	33.6	55.4	1	0.50	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.63	1
15	14	4.10	55.1	90.8	1	0.51	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.82	1
14	13	2.50	33.6	55.4	1	0.50	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.63	1
12	11	4.10	55.1	90.8	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.84	1
11	10	2.50	33.6	55.4	1	0.50	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.63	1
7	6	4.10	55.1	90.8	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.83	1
6	5	2.50	33.6	55.4	1	0.51	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.65	1
4	3	4.10	55.1	90.8	1	0.50	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.81	1
3	2	2.50	33.6	55.4	1	0.48	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.61	1

Verifica Travi HEA 120

Verifiche Statiche

Asta	Luce	Snellezza	Resistenza	Instabilità 1/2	Instabilità 1/3	Pressoflessione	Svergolamento
Da A [m]	1/2	1/3	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.
25 24	4.10	83.8 135.9	1 0.35 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.56 1
17 16	4.10	83.8 135.9	1 0.35 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.56 1
9 8	4.10	83.8 135.9	1 0.35 1 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.00 0 3	0.56 1



Verifiche di deformabilità

Trave HEA180

Frecce massime dalla combinazione 2 R1 alla combinazione 2 R1

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 HEA 180	12	11 2	4.10	-0.96	427	30	32 2	1.60	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 HEA 180	12	11 2	4.10	-0.96	427	30	32 2	1.60	0.00	∞

Trave HEA120

Frecce massime dalla combinazione 2 R1 alla combinazione 2 R1

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
2 HEA 120	9	8 2	4.10	-1.01	406	25	24 2	4.10	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

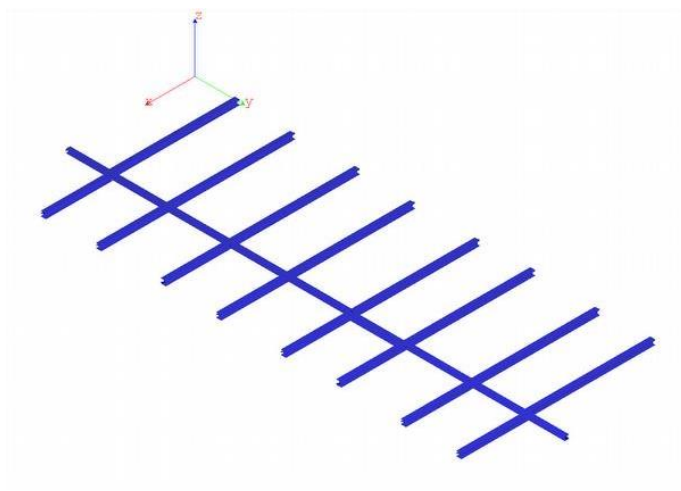
Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
2 HEA 120	9	8 2	4.10	-1.01	406	25	24 2	4.10	0.00	∞

Travi sottotetto lato Orto Botanico: HEA220 / HEA180

G1: p.p. solaio con travi in acciaio HEA220 e tavolato (kN/m²) = 1,00

G2: controsoffitto (kN/m²) = 0,30

Q_k: azioni variabili (kN/m²) = 1,00



Travi HEA 220

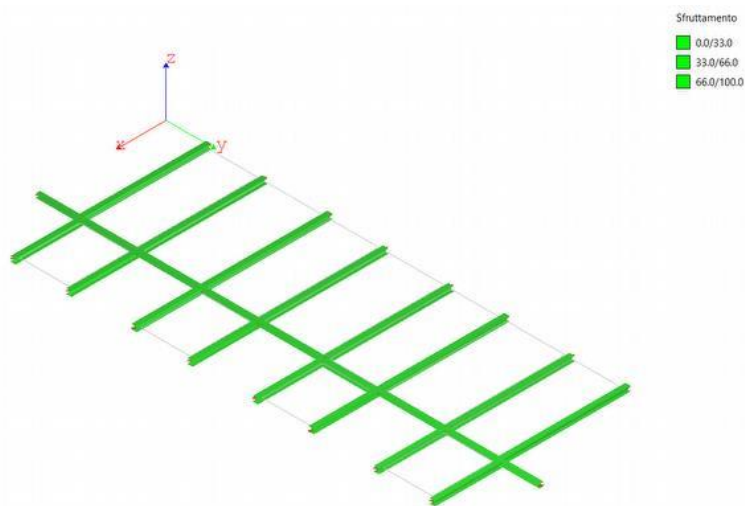
Verifiche Statiche

Asta		Luce			Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
14	16	2.40	26.2	43.6	1	0.00	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.00	1
23	22	2.90	31.6	52.7	1	0.37	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.46	1
22	21	5.50	60.0	99.9	1	0.42	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.74	1
20	19	2.90	31.6	52.7	1	0.45	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.56	1
19	18	5.50	60.0	99.9	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.91	1
17	16	2.90	31.6	52.7	1	0.45	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.56	1
15	14	2.90	31.6	52.7	1	0.45	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.56	1
14	13	5.50	60.0	99.9	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.91	1
12	11	2.90	31.6	52.7	1	0.45	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.56	1
11	10	5.50	60.0	99.9	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.91	1
9	8	2.90	31.6	52.7	1	0.45	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.56	1
7	6	2.90	31.6	52.7	1	0.45	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.56	1
6	5	5.50	60.0	99.9	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.91	1
4	3	2.90	31.6	52.7	1	0.43	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.54	1
3	2	5.50	60.0	99.9	1	0.47	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.84	1
81	8	5.50	60.0	99.9	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.91	1
16	82	5.50	60.0	99.9	1	0.52	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.91	1

Travi HEA 180

Verifiche Statiche

Asta		Luce			Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.			
22	24	1.78	23.9	39.4	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.00	1			
19	22	2.40	32.2	53.1	1	0.00	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.00	1			
16	19	2.80	37.6	62.0	1	0.01	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.01	1			
11	14	2.80	37.6	62.0	1	0.01	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.01	1			
8	11	2.40	32.2	53.1	1	0.00	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.00	1			
6	8	2.80	37.6	62.0	1	0.01	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.01	1			
3	6	2.40	32.2	53.1	1	0.00	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.00	1			
3	1	1.83	24.6	40.5	1	0.00	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.00	1			



Verifiche di deformabilità

Trave HEA 220

Frecce massime dalla combinazione 2 R1 alla combinazione 2 R1

Sezione	Piano 1-2				Piano 1-3			
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]
1 HEA 220	14	13 2	5.50	-1.45	379	22	21 2	5.50
								0.02
								30678

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2				Piano 1-3			
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]
1 HEA 220	14	13 2	5.50	-1.45	379	22	21 2	5.50
								0.02
								30678

Trave HEA180

Frecce massime dalla combinazione 2 R1 alla combinazione 2 R1

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L Freccia		L/f	Asta	Combinazione	L Freccia		L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
2 HEA 180	11 14	2	2.80	-0.01	51910	22 24	2	1.78	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L Freccia		L/f	Asta	Combinazione	L Freccia		L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
2 HEA 180	11 14	2	2.80	-0.01	51910	22 24	2	1.78	0.00	∞

Travi sottotetto lati nord e sud

Trave HEA240 – L=1015cm – interasse=200cm

G1: p.p. solaio con travi in acciaio HEA240 e tavolato **(kN/m²) = 1,00**

G2: controsoffitto **(kN/m²) = 0,30**

Q_k: azioni variabili **(kN/m²) = 1,00**

Verifiche Statiche

Asta	Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento			
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	
2	1	10.15	101.0	169.2	1		0.41	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.77	1

Verifica di deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1 (combinazione G+Q)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L Freccia		L/f	Asta	Combinazione	L Freccia		L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 HEA 240	2 1	2	10.15	-3.52	288	2 1	2	10.15	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Piano 1-2						Piano 1-3					
Sezione			L [m]	Freccia [cm]	L/f			L [m]	Freccia [cm]	L/f	
	Asta	Combinazione				Asta	Combinazione				
1 HEA 240	2 1	2	10.15	-3.52	288	2 1	2	10.15	0.00	∞	

Frecce massime dalla combinazione 3 2 alla combinazione 3 2 (combinazione solo Q)

Piano 1-2						Piano 1-3					
Sezione			L [m]	Freccia [cm]	L/f			L [m]	Freccia [cm]	L/f	
	Asta	Combinazione				Asta	Combinazione				
1 HEA 240	2 1	3	10.15	-1.69	600	2 1	3	10.15	0.00	∞	

Rapporti f/L massimi

Piano 1-2						Piano 1-3					
Sezione			L [m]	Freccia [cm]	L/f			L [m]	Freccia [cm]	L/f	
	Asta	Combinazione				Asta	Combinazione				
1 HEA 240	2 1	3	10.15	-1.69	600	2 1	3	10.15	0.00	∞	

Trave HEA240 – L=925cm – interasse=228cm

G1: p.p. solaio con travi in acciaio HEA240 e tavolato **(kN/m²) = 1,00**

G2: controsoffitto **(kN/m²) = 0,30**

Q_k: azioni variabili **(kN/m²) = 1,00**

Verifiche Statiche

Asta	Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A [m]	1/2	1/3		Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
2	1	9.25	92.0	154.2	1	0.38	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.68	1

Verifica di deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1

Piano 1-2						Piano 1-3					
Sezione			L [m]	Freccia [cm]	L/f			L [m]	Freccia [cm]	L/f	
	Asta	Combinazione				Asta	Combinazione				
1 HEA 240	2 1	2	9.25	-2.73	338	2 1	2	9.25	0.00	∞	

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 HEA 240	2 1	2	9.25	-2.73	338	2 1	2	9.25	0.00	∞

Trave HEA200 – L=735cm – interasse=218cm

G1: p.p. solaio con travi in acciaio HEA200 e tavolato (kN/m²) = 1,00

G2: controsoffitto (kN/m²) = 0,30

Q_k: azioni variabili (kN/m²) = 1,00

Verifiche Statiche

Asta	Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento			
Da	A [m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.		
2	1	7.35	88.8	147.7	1		0.39	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.65	1

Verifica deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 HEA 200	2 1	2	7.35	-2.11	348	2 1	2	7.35	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 HEA 200	2 1	2	7.35	-2.11	348	2 1	2	7.35	0.00	∞

Trave HEA220 – L=745cm – interasse=250cm

G1: p.p. solaio con travi in acciaio HEA220 e tavolato (kN/m²) = 1,00

G2: controsoffitto (kN/m²) = 0,30

Q_k: azioni variabili

(kN/m²) = 1,00

Verifiche Statiche

Asta		Luce			Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
2	1	7.45	81.3	135.3	1	0.35	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.56	1			

Verifica deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 3 2

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3						
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f		
			[m]	[cm]				[m]	[cm]			
1 HEA 220	2	1	2	7.45	-1.75	426	2	1	2	7.45	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3						
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f		
			[m]	[cm]				[m]	[cm]			
1 HEA 220	2	1	2	7.45	-1.75	426	2	1	2	7.45	0.00	∞

Trave HEA220 – L=810cm – interasse=285cm

G1: p.p. solaio con travi in acciaio HEA220 e tavolato

(kN/m²) = 1,00

G2: controsoffitto

(kN/m²) = 0,30

Q_k: azioni variabili

(kN/m²) = 1,00

Verifiche Statiche

Asta	Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A [m]	1/2	1/3		Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
2	1	8.10	88.3	147.1	1	0.46	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.79	1

Verifica deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1 (carichi G+Q)

Sezione	Piano 1-2	Piano 1-3
---------	-----------	-----------

Asta	Combinazione	L Freccia		L/f	Asta	Combinazione	L Freccia		L/f
		[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 HEA 220	2 1 2	8.10	-2.75	294	2 1 2	8.10	0.00	∞	

Rapporti f/L massimi

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L Freccia		L/f	Asta	Combinazione	L Freccia	
			[m]	[cm]				[m]	[cm]
1 HEA 220	2 1 2	2	8.10	-2.75	294	2 1 2	8.10	0.00	∞

Frecce massime dalla combinazione 3 2 alla combinazione 3 2 (carichi Q)

Frecce massime

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L Freccia		L/f	Asta	Combinazione	L Freccia	
			[m]	[cm]				[m]	[cm]
1 HEA 220	2 1 3	3	8.10	-1.40	577	2 1 3	8.10	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L Freccia		L/f	Asta	Combinazione	L Freccia	
			[m]	[cm]				[m]	[cm]
1 HEA 220	2 1 3	3	8.10	-1.40	577	2 1 3	8.10	0.00	∞

Trave HEA220 – L=700cm – interasse=260cm

G1: p.p. solaio con travi in acciaio HEA220 e tavolato **(kN/m²) = 1,00**

G2: controsoffitto **(kN/m²) = 0,30**

Q_k: azioni variabili **(kN/m²) = 1,00**

Verifiche Statiche

Asta		Luce		Snellezza		Resistenza		Instabilità 1/2		Instabilità 1/3		Pressoflessione		Svergolamento	
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr
2	1	7.00	76.3	127.1	1	0.32	1	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.50

Verifica deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 3 2

Frecce massime

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 HEA 220	2 1	2	7.00	-1.41	496	2 1	2	7.00	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 HEA 220	2 1	2	7.00	-1.41	496	2 1	2	7.00	0.00	∞

Trave in acciaio HEA220 – L=850cm – interasse=270cm

G1: p.p. solaio con travi in acciaio HEA220 e tavolato **(kN/m²) = 1,00**

G2: controsoffitto **(kN/m²) = 0,30**

Q_k: azioni variabili **(kN/m²) = 1,00**

Verifiche statiche

Asta	Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
2	1	8.50	92.7	154.4	1	0.48	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.86	1

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1 (carichi G+Q)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 HEA 220	2 1	2	8.50	-3.18	268	2 1	2	8.50	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 HEA 220	2 1	2	8.50	-3.18	268	2 1	2	8.50	0.00	∞

Frecce massime dalla combinazione 3 2 alla combinazione 3 2 (carichi Q)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3						
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f		
			[m]	[cm]				[m]	[cm]			
1 HEA 220	2	1	3	8.50	-1.61	527	2	1	3	8.50	0.00	∞

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3						
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f		
			[m]	[cm]				[m]	[cm]			
1 HEA 220	2	1	3	8.50	-1.61	527	2	1	3	8.50	0.00	∞

Verifica pannelli in legno lamellare GL24h del sottotetto (sp.=8cm – L=310cm)

G1: p.p. solaio con travi in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm) **(kN/m²) = 1,00**

G2: controsoffitto **(kN/m²) = 0,30**

Qk: azioni variabili **(kN/m²) = 1,00**

Sezioni

Numero	B [cm]	H [cm]	R [cm]	Materiale	Azioni	k _n	k _{h,Mx}	k _{h,My}
1	100.00	8.00		1 GL24h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013				

Verifiche statiche

Da A Sez.			Mat.	L				x	N	V ₁₂	V ₁₃	M ₁₂	M ₁₃	T	σ _{D,R}	τ _D	σ _{D,I}	σ _{D,Ft}	
				β ₁₂	β ₁₃	Comb.	k _{mod}	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[kgm]	σ _{R,R}	τ _R	σ _{R,I}	σ _{R,Ft}	
2	1	GL24h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013		3.10	1.00	1.00	1	0.70	1.55	0.0	0.0	0.0	-255.1	-0.0	0.0	0.16	0.00	0.00	0.16

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1 (Verifica freccia istantanea)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 Rett.	2 1	2	3.10	-0.37	845	2 1	2	3.10	0.00	∞

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 Rett.	2 1	2	3.10	-0.37	845	2 1	2	3.10	0.00	∞

Frecce massime dalla combinazione 4 3 alla combinazione 4 3 (Verifica freccia finale)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 Rett.	2 1	4	3.10	-0.46	671	2 1	4	3.10	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 Rett.	2 1	4	3.10	-0.46	671	2 1	4	3.10	0.00	∞

6.2.2 Corpo A – copertura

Trave HEA200 – L=500cm – interasse=275cm

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm) (kN/m²) = 1,00

G2: carico permanente (kN/m²) = 1,10

Q_k: azioni variabili (neve) (kN/m²) = 2,00

Verifiche statiche

Asta	Luce	Snellezza	Resistenza	Instabilità 1/2	Instabilità 1/3	Pressoflessione	Svergolamento
Da A	[m]	1/2 1/3	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.
2	1	5.59 67.5 112.3	1 0.54 1	1 0.00 1	1 0.00 1	1 0.78 1	1 0.78 1

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 3 2

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]
1 HEA 200	2	1 2	5.59	-1.67	334	2	1 2	5.59	0.00

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]
1 HEA 200	2	1 2	5.59	-1.67	334	2	1 2	5.59	0.00

Trave in acciaio HEB240 – L=795cm – interasse=275cm

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm) (kN/m²) = 1,00

G2: carico permanente (kN/m²) = 1,10

Q_k: azioni variabili (neve) (kN/m²) = 2,00

Verifiche statiche

Asta	Luce	Snellezza	Resistenza	Instabilità 1/2	Instabilità 1/3	Pressoflessione	Svergolamento
Da A	[m]	1/2 1/3	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.
2	1	8.33 80.9 137.1	1 0.49 1	1 0.01 1	1 0.01 1	1 0.69 1	1 0.69 1

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 3 2

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 HEB 240	2 1	2	8.33	-2.69	309	2 1	2	8.33	0.00	∞

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 HEB 240	2 1	2	8.33	-2.69	309	2 1	2	8.33	0.00	∞

Trave in acciaio HEA240 – L=720cm – interasse=273cm

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm)

(kN/m²) = 1,00

G2: carico permanente

(kN/m²) = 1,10

Q_k: azioni variabili (neve)

(kN/m²) = 2,00

Verifiche statiche

Asta	Luce	Snellezza		Resistenza		Instabilità 1/2		Instabilità 1/3		Pressoflessione		Svergolamento							
Da A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.						
2	1	7.62	75.8	127.1	1	0.56	1	1	0.01	1	1	0.02	1	1	0.88	1	1	0.88	1

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1 (carichi G+Q)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 HEA 240	2 1	2	7.62	-2.67	285	2 1	2	7.62	0.00	∞

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 HEA 240	2 1	2	7.62	-2.67	285	2 1	2	7.62	0.00	∞

Frecce massime dalla combinazione 3 2 alla combinazione 3 2 (carichi Q)

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia
			[m]	[cm]				[m]	[cm]
1 HEA 240	2 1	3	7.62	-1.35	566	2 1	3	7.62	0.00

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia
			[m]	[cm]				[m]	[cm]
1 HEA 240	2 1	3	7.62	-1.35	566	2 1	3	7.62	0.00

Trave in acciaio HEA240 – L=865cm – interasse=270cm

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm)

(kN/m²) = 1,00

G2: carico permanente

(kN/m²) = 1,10

Q_k: azioni variabili (neve)

(kN/m²) = 2,00

Verifiche statiche

Asta Luce		Snellezza		Resistenza		Instabilità 1/2		Instabilità 1/3		Pressoflessione		Svergolamento	
Da	A [m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.
2	1 9.00	87.4	148.1	1	0.42 1	1	0.01 1	1	0.02 1	1	0.62 1	1	0.63 1

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 3 2

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia
			[m]	[cm]				[m]	[cm]
1 HEB 240	2 1	2	9.00	-2.76	326	2 1	2	9.00	0.00

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia
			[m]	[cm]				[m]	[cm]
1 HEB 240	2 1	2	9.00	-2.76	326	2 1	2	9.00	0.00

Trave in acciaio HEB220 – L=747cm – interasse=250cm

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm)	(kN/m²) = 1,00
G2: carico permanente	(kN/m²) = 1,10
Q_k: azioni variabili (neve)	(kN/m²) = 2,00

Verifiche statiche

Asta	Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
2	1	7.57	80.3	135.6	1	0.48	1	1	0.01	1	1	0.01	1	1	0.67	1	1	0.67	1

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 3 2

Sezione	Piano 1-2						Piano 1-3							
	Asta		Combinazione		L	Freccia	L/f	Asta		Combinazione		L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]	[m]	[cm]				[m]	[cm]			
1 HEB 220	2	1	2		7.57	-2.38	318	2	1	2		7.57	0.00	∞

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Sezione	Piano 1-2						Piano 1-3							
	Asta		Combinazione		L	Freccia	L/f	Asta		Combinazione		L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]	[m]	[cm]				[m]	[cm]			
1 HEB 220	2	1	2		7.57	-2.38	318	2	1	2		7.57	0.00	∞

Trave HEA340 – L=1125cm

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm)	(kN/m²) = 1,00
G2: carico permanente	(kN/m²) = 1,10
Q_k: azioni variabili (neve)	(kN/m²) = 2,00

Verifiche statiche

Asta	Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
4	1	11.52	80.0	154.5	1	0.60	1	1	0.01	1	1	0.03	1	1	0.69	1	1	0.69	1

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 3 2 (carichi G+Q)

Piano 1-2						Piano 1-3					
Sezione			L [m]	Freccia [cm]	L/f			L [m]	Freccia [cm]	L/f	
	Asta	Combinazione				Asta	Combinazione				
1 HEA 340	4 1	2	11.52	-4.48	257	4 1	2	11.52	0.00	∞	

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Piano 1-2						Piano 1-3					
Sezione			L [m]	Freccia [cm]	L/f			L [m]	Freccia [cm]	L/f	
	Asta	Combinazione				Asta	Combinazione				
1 HEA 340	4 1	2	11.52	-4.48	257	4 1	2	11.52	0.00	∞	

Frecce massime dalla combinazione 3 2 alla combinazione 3 2 (carichi Q)

Piano 1-2						Piano 1-3					
Sezione			L [m]	Freccia [cm]	L/f			L [m]	Freccia [cm]	L/f	
	Asta	Combinazione				Asta	Combinazione				
1 HEA 340	4 1	3	11.52	-2.27	507	4 1	3	11.52	0.00	∞	

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Piano 1-2						Piano 1-3					
Sezione			L [m]	Freccia [cm]	L/f			L [m]	Freccia [cm]	L/f	
	Asta	Combinazione				Asta	Combinazione				
1 HEA 340	4 1	3	11.52	-2.27	507	4 1	3	11.52	0.00	∞	

Trave sagomata tipo A $L_{orizzontale}=950\text{cm}$ – Interasse= 260cm

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm) (kN/m²) = 1,00

G2: carico permanente (kN/m²) = 1,10

Q_k: azioni variabili (neve) (kN/m²) = 2,00

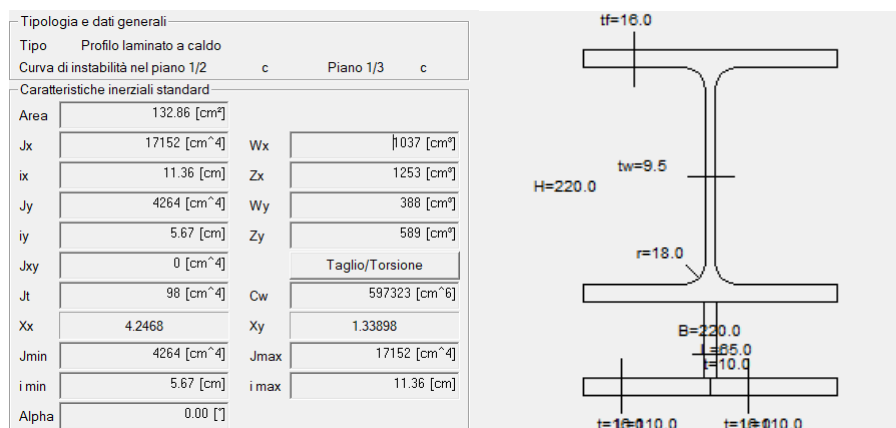
Acciaio tipo S275

- Tensione di Snervamento: 2750.0 [kg/cm²]
- Tensione di Rottura: 4300.0 [kg/cm²]

Verifiche statiche trave HEB 220

Asta	Luce	Snellezza	Resistenza	Instabilità 1/2	Instabilità 1/3	Pressoflessione	Svergolamento
Da A	[m]	1/2 1/3	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.
1 3	3.13	33.2 56.0	1 0.72 1	1 0.01 1	1 0.01 1	1 0.87 1	1 0.87 1
2 4	3.13	33.2 56.0	1 0.72 1	1 0.01 1	1 0.01 1	1 0.87 1	1 0.87 1

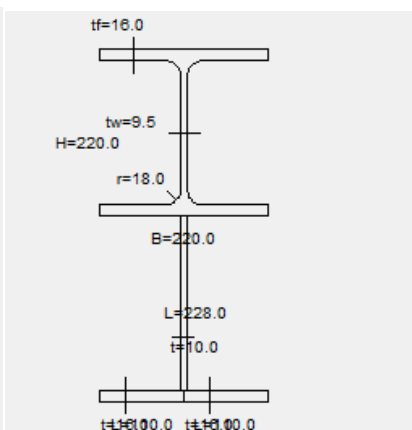
Verifiche statiche trave HEB 220 con rinforzo – I tratto



Asta	Luce	Snellezza	Resistenza	Instabilità 1/2	Instabilità 1/3	Pressoflessione
Da A	[m]	1/2 1/3	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.
4 6	0.75	6.6 13.2	1 0.53 1	1 0.00 1	1 0.00 1	1 0.53 1
3 5	0.75	6.6 13.3	1 0.53 1	1 0.00 1	1 0.00 1	1 0.53 1

Verifiche statiche trave HEB 220 con rinforzo – II tratto

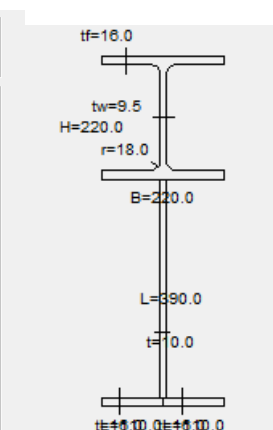
Tipologia e dati generali			
Tipo	Profilo laminato a caldo		
Curva di instabilità nel piano 1/2		c	Piano 1/3 c
Caratteristiche inerziali standard			
Area	149.16 [cm ²]		
Jx	42641 [cm ⁴]	Wx	1791 [cm ³]
ix	16.91 [cm]	Zx	2081 [cm ³]
Jy	4265 [cm ⁴]	Wy	388 [cm ³]
iy	5.35 [cm]	Zy	593 [cm ³]
Jxy	0 [cm ⁴]	Taglio/Torsione	
Jt	104 [cm ⁴]	Cw	1376870 [cm ⁶]
Xx	3.10741	Xy	1.49339
Jmin	4265 [cm ⁴]	Jmax	42641 [cm ⁴]
i min	5.35 [cm]	i max	16.91 [cm]
Alpha	0.0 [°]		



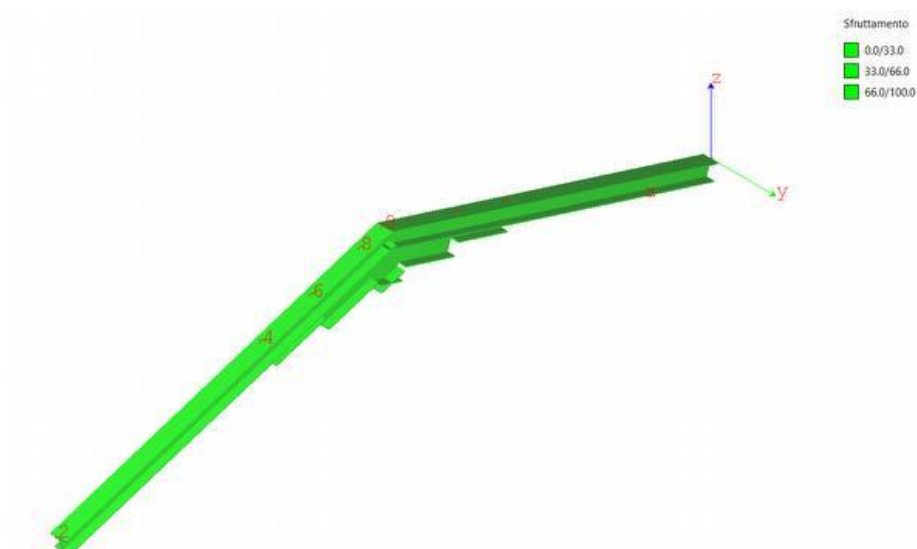
Asta			Luce			Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.				
7	5	0.75	4.4	14.1	1	0.33	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.33	1				
6	8	0.75	4.4	14.0	1	0.33	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.33	1				

Verifiche statiche trave HEB 220 con rinforzo – III tratto

Tipologia e dati generali			
Tipo	Profilo laminato a caldo		
Curva di instabilità nel piano 1/2		c	Piano 1/3 c
Caratteristiche inerziali standard			
Area	165.36 [cm ²]		
Jx	86549 [cm ⁴]	Wx	2576 [cm ³]
ix	22.88 [cm]	Zx	3161 [cm ³]
Jy	4266 [cm ⁴]	Wy	388 [cm ³]
iy	5.08 [cm]	Zy	597 [cm ³]
Jxy	0.0 [cm ⁴]	Taglio/Torsione	
Jt	109 [cm ⁴]	Cw	2657730 [cm ⁶]
Xx	2.62572	Xy	1.64983
Jmin	4266 [cm ⁴]	Jmax	86549 [cm ⁴]
i min	5.08 [cm]	i max	22.88 [cm]
Alpha	0.00 [°]		



Asta			Luce			Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione		
Da	A	[m]	1/2	1/3		Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.			
8	9	0.35	1.5	7.0	1		0.22	1	4	0.00	1	4	0.00	1	1	0.22	1			
7	9	0.35	1.5	6.9	1		0.22	1	4	0.00	1	4	0.00	1	1	0.22	1			



Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1 (carichi G+Q)

Sezione	Piano 1-2			Piano 1-3		
	Asta	Combinazione	L Freccia [m] [cm]	L/f	Asta Combinazione	L Freccia [m] [cm]
1 Trave sagomata tipo A 2 ... 1 2			9.96 -3.56	279	2 ... 1 2	9.96 0.00

Frecce massime dalla combinazione 3 2 alla combinazione 3 2 (carichi Q)

Sezione	Piano 1-2			Piano 1-3		
	Asta	Combinazione	L Freccia [m] [cm]	L/f	Asta Combinazione	L Freccia [m] [cm]
1 Trave sagomata tipo A 2 ... 1 3			9.96 -1.76	565	2 ... 1 3	9.96 0.00

Trave sagomata tipo B L_{orizzontale}=715cm – Interasse=270cm

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm) **(kN/m²) = 1,00**

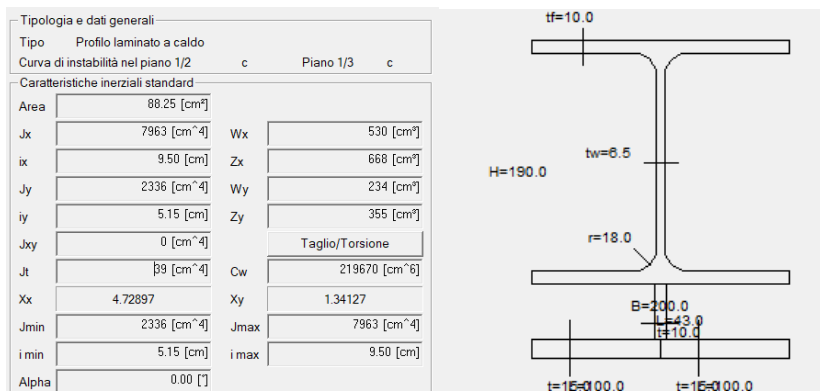
G2: carico permanente **(kN/m²) = 1,10**

Q_k: azioni variabili (neve) **(kN/m²) = 2,00**

Verifiche statiche profilo HEA 200

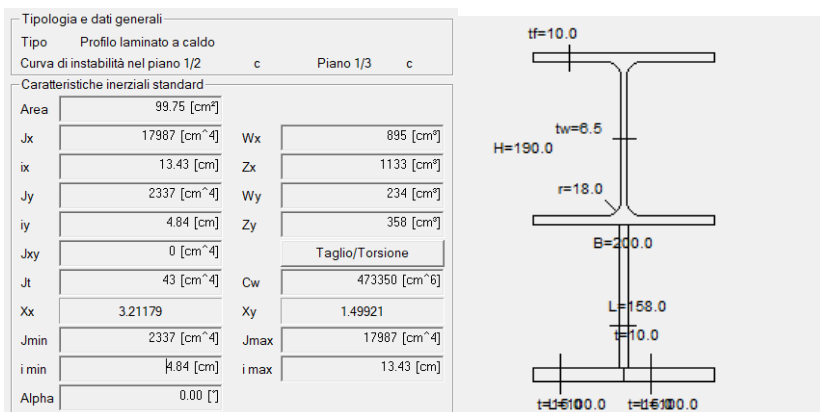
Asta Luce Snellezza					Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
1	5	2.49	30.1	50.1	1	0.79	1	1	0.02	1	1	0.02	1	1	0.97	1	1	0.97	1
2	3	2.49	30.1	50.1	1	0.80	1	1	0.02	1	1	0.02	1	1	0.98	1	1	0.97	1

Verifiche statiche profilo HEA 200 rinforzato – I tratto



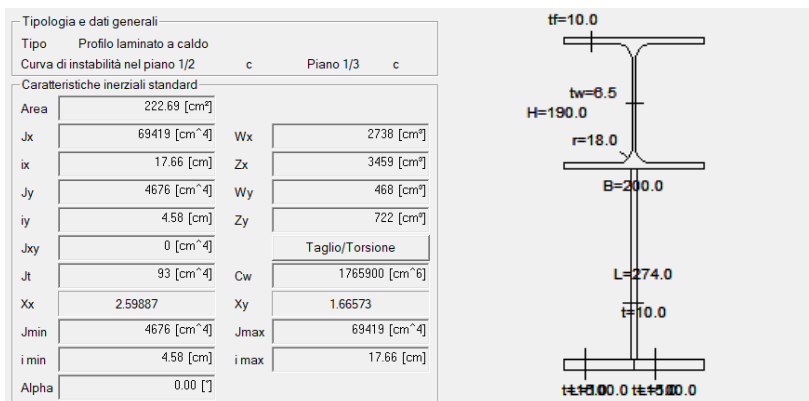
Asta		Luce		Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.		
5	7	0.56	5.9	10.8	1	0.56	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.56	1		
3	4	0.56	5.9	10.9	1	0.56	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.56	1		

Verifiche statiche profilo HEA 200 rinforzato – II tratto



Asta		Luce		Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione		
Da	A	[m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.		
7	8	0.56	4.2	11.5	1	0.34	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.34	1		
4	6	0.56	4.2	11.5	1	0.34	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.34	1		

Verifiche statiche profilo HEA 200 rinforzato – III tratto



Da	A	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	
6	9	0.25	1.4	5.4	1	0.11	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.11	1
8	9	0.25	1.4	5.4	1	0.11	1	1	0.00	1	1	0.00	1	1	0.11	1

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1 (carichi G+Q)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 Trave sagomata tipo B 2 ... 1 2			7.70	-2.74	281	2 ... 1 2		7.70	0.00	∞

Frecce massime dalla combinazione 3 2 alla combinazione 3 2 (carichi Q)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 Trave sagomata tipo B 2 ... 1 3			7.70	-1.35	570	2 ... 1 3		7.70	0.00	∞

Trave sagomata tipo C - HEA 260

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm)

(kN/m²) = 1,00

G2: carico permanente

(kN/m²) = 1,10

Q_k: azioni variabili (neve)

(kN/m²) = 2,00

Verifiche Statiche

Da	A	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	
2	1	4.27	38.9	65.8	1	0.20	1	1	0.22	1	1	0.28	1	1	0.48	1	1	0.25	1
4	1	5.49	50.1	84.6	1	0.28	1	1	0.25	1	1	0.38	1	1	0.72	1	1	0.41	1

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 3 2

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 HEA 260	4	1 2	5.49	-0.53	1044	2	1 2	4.27	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 HEA 260	4	1 2	5.49	-0.53	1044	2	1 2	4.27	0.00	∞

Trave sagomata tipo D L_{orizzontale}=1215cm

G1: p.p. solaio in acciaio e pannello in GL24h (sp.=8cm)

(kN/m²) = 1,00

G2: carico permanente

(kN/m²) = 1,10

Q_k: azioni variabili (neve)

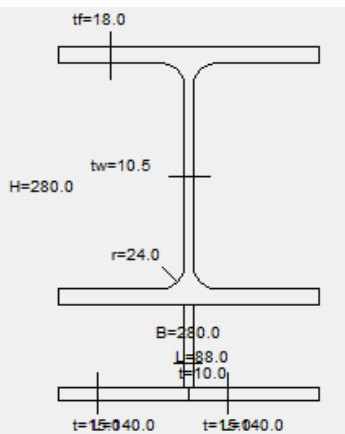
(kN/m²) = 2,00

Verifiche statiche trave HEB 280

Asta	Luce	Snellezza	Resistenza	Instabilità 1/2	Instabilità 1/3	Pressoflessione	Svergolamento
Da A	[m]	1/2 1/3	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.	Classe Sd/Sr Comb.
1 3	3.52	29.1 49.7	1 0.79 1	1 0.01 1	1 0.01 1	1 0.95 1	1 0.95 1
2 4	3.52	29.1 49.8	1 0.79 1	1 0.01 1	1 0.01 1	1 0.95 1	1 0.94 1

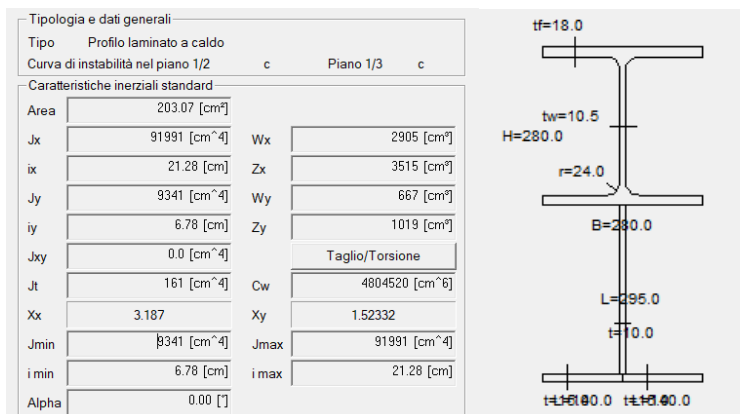
Verifiche statiche trave rinforzata – I tratto

Tipologia e dati generali			
Tipo	Profilo laminato a caldo		
Curva di instabilità nel piano 1/2	c	Piano 1/3	c
Caratteristiche inerziali standard			
Area	182.37 [cm ²]	Wx	1889 [cm ³]
Jx	38370 [cm ⁴]	Zx	2224 [cm ³]
ix	14.50 [cm]	Wy	667 [cm ³]
Jy	9340 [cm ⁴]	Zy	1014 [cm ³]
iy	7.16 [cm]	Taglio/Torsione	
Jxy	0.0 [cm ⁴]	Cw	2180550 [cm ⁶]
Jt	154 [cm ⁴]	Xy	1.3726
Xx	4.27087	Jmax	38370 [cm ⁴]
Jmin	9340 [cm ⁴]	i max	14.50 [cm]
i min	7.16 [cm]		
Alpha	0.00 [°]		



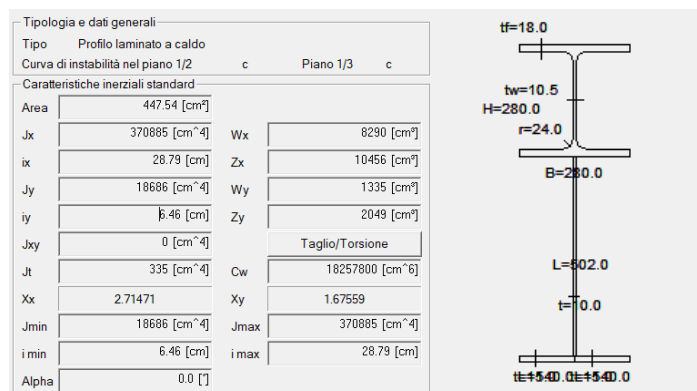
Asta	Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione		
Da A	[m]	1/2	1/3		Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
3	5	1.10	7.6	15.4	1	0.67	1	3	0.00	1	3	0.00	1	1	0.67	1
4	6	1.10	7.6	15.4	1	0.66	1	3	0.00	1	3	0.00	1	1	0.66	1

Verifiche statiche trave rinforzata – II tratto



Asta	Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione		
Da A	[m]	1/2	1/3		Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
5	8	1.10	5.2	16.3	1	0.48	1	3	0.00	1	3	0.00	1	1	0.48	1
6	7	1.10	5.1	16.1	1	0.48	1	3	0.00	1	3	0.00	1	1	0.48	1

Verifiche statiche trave rinforzata – III tratto



Asta	Luce	Snellezza			Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione		
Da A	[m]	1/2	1/3		Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.	Classe	Sd/Sr	Comb.
7	9	0.55	1.9	8.5	1	0.17	1	4	0.00	1	4	0.00	1	1	0.17	1
8	9	0.54	1.9	8.4	1	0.17	1	4	0.00	1	4	0.00	1	1	0.17	1



Verifiche deformabilità

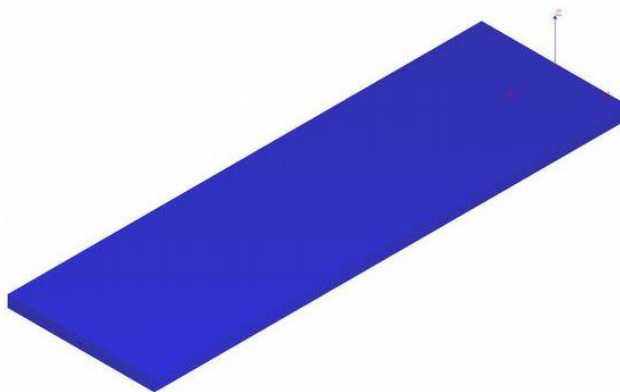
Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1 (carichi G+Q)

Sezione	Piano 1-2			Piano 1-3		
	Asta	Combinazione	L Freccia [m] [cm]	L/f	Asta	Combinazione L Freccia [m] [cm]
1 Trave sagomata tipo D 2 ... 1 2			12.54 -4.57	274	2 ... 1 2	12.54 0.00 ∞

Frecce massime dalla combinazione 3 2 alla combinazione 3 2 (carichi Q)

Sezione	Piano 1-2			Piano 1-3		
	Asta	Combinazione	L Freccia [m] [cm]	L/f	Asta	Combinazione L Freccia [m] [cm]
1 Trave sagomata tipo D 2 ... 1 3			12.54 -2.26	554	2 ... 1 3	12.54 0.00 ∞

Pannello di copertura in legno lamellare GL24h sp.=8cm – L=323cm



Sezioni

Numero	B [cm]	H [cm]	R [cm]	Materiale	Azioni	k_h	$k_{h,Mx}$	$k_{h,My}$
1	100.00	8.00		1 GL24h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013				

Verifiche statiche

Da A Sez.			Mat.	L	β_{12}	β_{13}	Comb.	k_{mod}	x	N	V_{12}	V_{13}	M_{12}	M_{13}	T	$\sigma_{D,R}$	τ_D	$\sigma_{D,I}$	$\sigma_{D,Ft}$
				[m]					[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[kgm]	$\sigma_{R,R}$	τ_R	$\sigma_{R,I}$	$\sigma_{R,Ft}$
2 1	1	GL24h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013		3.23	1.00	1.00	1	0.90	1.62	0.0	0.0	0.0	-687.8	-0.0	0.0	0.34	0.00	0.00	0.34

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1 (Verifica freccia istantanea)

Sezione	Piano 1-2			Piano 1-3		
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta
			[m]	[cm]		
1 Rett.	2 1	2	3.23	-1.04	309	2 1
						2
						3.23 0.00 ∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2			Piano 1-3		
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta
			[m]	[cm]		
1 Rett.	2 1	2	3.23	-1.04	309	2 1
						2
						3.23 0.00 ∞

Frecce massime dalla combinazione 4 3 alla combinazione 4 3 (Verifica freccia finale)

Sezione	Piano 1-2			Piano 1-3		
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta
			[m]	[cm]		
1 Rett.	2 1	4	3.23	-1.41	228	2 1
						4
						3.23 0.00 ∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2			Piano 1-3		
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta
			[m]	[cm]		
1 Rett.	2 1	4	3.23	-1.41	228	2 1
						4
						3.23 0.00 ∞

6.2.3 Corpo C – sottotetto

Trave HEA160 – L=695cm – Interasse=130cm

G1: p.p. solaio in acciaio e tavolato in legno **(kN/m²) = 1,00**

G2: controsoffitto **(kN/m²) = 0,30**

Q_k: azioni variabili **(kN/m²) = 1,00**

Verifiche statiche

Asta	Luce	Snellezza	Resistenza			Instabilità 1/2			Instabilità 1/3			Pressoflessione			Svergolamento				
Da	A [m]	1/2	1/3	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.	Classe	Sd/Sr Comb.		
2	1	6.95	105.8	174.6	1	0.37	1	3	0.00	0	3	0.00	0	3	0.00	0	1	0.64	1

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 1 alla combinazione 2 1

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 HEA 160	2 1	2	6.95	-2.27	307	2 1	2	6.95	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 HEA 160	2 1	2	6.95	-2.27	307	2 1	2	6.95	0.00	∞

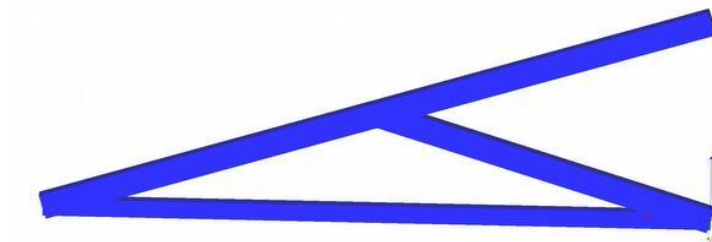
6.2.4 Corpo C – Nuova porzione di copertura in legno

Capriata in legno lamellare GL32h

G1: p.p. solaio in legno (kN/m²) = 1,50

G2: carico permanente (kN/m²) = 1,50

Q_k: azioni variabili (neve) (kN/m²) = 2,00



Sezioni

Numero	B [cm]	H [cm]	R [cm]	Materiale	Azioni	k _h	k _{h,Mx}	k _{h,My}
1	20.00	40.00		1 GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013				
2	20.00	28.00		1 GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013				

Verifiche statiche

Da A Sez.	Mat.	L [m]	β ₁₂	β ₁₃	Comb.	k _{mod}	x [m]	N [kg]	V ₁₂ [kg]	V ₁₃ [kg]	M ₁₂ [kgm]	M ₁₃ [kgm]	T [kgm]	σ _{D,R} σ _{R,R}	τ _D τ _R	σ _{D,I} σ _{R,I}	σ _{D,Rt} σ _{R,Rt}
2 1	GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013	10.60	1.00	1.00	3	0.90	5.30	-5676.3	0.0	0.0	-849.4	-0.0	0.0	0.18	0.00	0.00	0.13
4 5	GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013	5.55	1.00	1.00	3	0.90	2.78	-20494.8	0.0	0.0	-9206.9	-0.0	0.0	0.85	0.00	0.00	0.72
4 1	GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013	5.55	1.00	1.00	3	0.90	0.00	26133.5	983.9	0.0	4190.6	-0.0	0.0	0.35	0.01	0.62	0.50
2 4	GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013	5.55	1.00	1.00	3	0.90	2.52	5897.7	-151.8	0.0	-7226.0	-0.0	0.0	0.57	0.00	0.60	0.41

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 R1 alla combinazione 2 R1 (Verifica freccia istantanea)

Piano 1-2						Piano 1-3					
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 Rett.	4 5	2	5.55	-1.33	419	4 5	2	5.55	0.00	∞	

Rapporti f/L massimi

Piano 1-2						Piano 1-3					
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 Rett.	4 5	2	5.55	-1.33	419	4 5	2	5.55	0.00	∞	

Frecce massime dalla combinazione 2 R1 alla combinazione 2 R1 (Verifica freccia istantanea)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
2 Rett.	2 1	2	10.60	-1.06	997	2 1	2	10.60	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
2 Rett.	2 1	2	10.60	-1.06	997	2 1	2	10.60	0.00	∞

Frecce massime dalla combinazione 3 R2 alla combinazione 3 R2 (Verifica a lungo termine)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 Rett.	4 5	3	5.55	-1.95	285	4 5	3	5.55	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
1 Rett.	4 5	3	5.55	-1.95	285	4 5	3	5.55	0.00	∞

Frecce massime dalla combinazione 3 R2 alla combinazione 3 R2 (Verifica a lungo termine)

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
2 Rett.	2 1	3	10.60	-1.91	554	2 1	3	10.60	0.00	∞

Rapporti f/L massimi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f	Asta	Combinazione	L	Freccia	L/f
			[m]	[cm]				[m]	[cm]	
2 Rett.	2 1	3	10.60	-1.91	554	2 1	3	10.60	0.00	∞

Trave in legno lamellare GL32h 16x16cm - L=350cm – Interasse=100cm

G1: p.p. solaio in legno (kN/m²) = 1,50

G2: carico permanente (kN/m²) = 1,50

Q_k: azioni variabili (neve) (kN/m²) = 2,00

Sezioni

Numero	B [cm]	H [cm]	R [cm]	Materiale	Azioni	k _h	k _{h,Mx}	k _{h,My}
1	16.00	16.00		1 GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013				
2	16.00	16.00		1 GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013				

Verifiche statiche

Da A Sez.	Mat.	L			x	N	V ₁₂	V ₁₃	M ₁₂	M ₁₃	T	σ _{D,R}	τ _D	σ _{D,I}	σ _{D,Ft}			
		β ₁₂	β ₁₃	Comb.												k _{mod}		
		[m]			[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[kgm]	σ _{R,R}	τ _R	σ _{R,I}	σ _{R,Ft}			
2 1	2	GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013	3.50	1.00	1.00	3	0.90	1.75	0.0	0.0	0.0	-894.3	-0.0	0.0	0.52	0.00	0.00	0.52

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 R1 alla combinazione 2 R1 (Verifica freccia istantanea)

Piano 1-2							Piano 1-3						
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f		Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	
2 Rett.	2 1	2	3.50	-1.04	336	2 1 2				3.50	0.00	∞	

Rapporti f/L massimi

Piano 1-2							Piano 1-3						
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f		Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	
2 Rett.	2 1	2	3.50	-1.04	336	2 1 2				3.50	0.00	∞	

Frecce massime dalla combinazione 3 R2 alla combinazione 3 R2 (Verifica a lungo termine)

Piano 1-2							Piano 1-3						
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f		Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	
2 Rett.	2 1	3	3.50	-1.47	238	2 1 3				3.50	0.00	∞	

Rapporti f/L massimi

Piano 1-2							Piano 1-3						
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f		Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	
2 Rett.	2 1	3	3.50	-1.47	238	2 1 3				3.50	0.00	∞	

Trave orditura principale in legno lamellare GL32h 20x32cm L=690cm – Interasse 120cm

G1: p.p. solaio in legno (kN/m²) = 1,50

G2: carico permanente (kN/m²) = 1,50

Q_k: azioni variabili (neve) (kN/m²) = 2,00

Sezioni

Numero	B [cm]	H [cm]	R [cm]	Materiale	Azioni	k _h	k _{h,Mx}	k _{h,My}
1	20.00	32.00		1 GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013				
2	20.00	32.00		1 GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013				

Verifiche statiche

Da A Sez.	Mat.	L [m]	β ₁₂	β ₁₃	Comb.	k _{mod}	x [m]	N [kg]	V ₁₂ [kg]	V ₁₃ [kg]	M ₁₂ [kgm]	M ₁₃ [kgm]	T [kgm]	σ _{D,R} [MPa]	τ _D [MPa]	σ _{D,I} [MPa]	σ _{D,Ft} [MPa]
2 1 2	GL32h lamellare Omogeneo UNI EN 14080:2013	6.90	1.00	1.00	3	0.90	3.45	0.0	-0.0	0.0	-4389.2	-0.0	0.0	0.52	0.00	0.00	0.52

Verifiche deformabilità

Frecce massime dalla combinazione 2 R1 alla combinazione 2 R1 (Verifica freccia istantanea)

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]
2 Rett.	2 1	2	6.90	-2.05	336	2 1	2	6.90	0.00

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]
2 Rett.	2 1	2	6.90	-2.05	336	2 1	2	6.90	0.00

Frecce massime dalla combinazione 3 R2 alla combinazione 3 R2 (Verifica lungo termine)

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]
2 Rett.	2 1	3	6.90	-2.93	235	2 1	3	6.90	0.00

Rapporti f/L massimi frecce relative Trave

Piano 1-2					Piano 1-3				
Sezione	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]
2 Rett.	2 1	3	6.90	-2.93	235	2 1	3	6.90	0.00

7 COLONNE DEL QUADRIPORTICO

Dopo una breve ricostruzione degli interventi eseguiti nel tempo sulle colonne del Quadriportico, si riportano gli esiti del rilievo geometrico, dello stato di conservazione e delle indagini, la verifica tensionale delle colonne più sollecitate e gli interventi previsti in progetto.

7.1 Interventi pregressi

Le colonne risalgono alla fine del 1400, periodo di costruzione del Quadriportico da parte di Giulio Cesare da Varano.

Nel XVIII secolo, probabilmente per proteggerle dal processo di degrado che era già in atto e per incrementarne la capacità portante, le colonne furono inglobate e nascoste dentro una muratura di mattoni.

Nel periodo 1975-78, la Soprintendenza per i Beni Archeologici delle Marche riporta alla luce le colonne eliminando la cortina di mattoni e assicurando la stabilità della struttura con interventi di rinforzo che hanno previsto l'inserimento di barre in acciaio sugli archi e sulle colonne.

Il Quadriportico presenta oggi il suo assetto quattrocentesco, con le colonne in arenaria molto deteriorate e con fuori piombo in alcuni casi significativi.

Gli interventi eseguiti dalla Soprintendenza sono evidenziati in Figura 7.1 e descritti nel seguito.



Figura 7.1 – Indicazione degli interventi eseguiti

I suddetti interventi hanno previsto le seguenti lavorazioni:

- Consolidamento delle colonne mediante perforazione con sonda a rotazione eseguita a secco e spurgo ad aria compressa con tagliente incastonato al tungsteno del diametro 30-60 mm, eseguito sino a una lunghezza di 12 m;
- Rinforzo strutturale delle colonne, degli archi, capitelli, basamenti, tutti di arenaria, con barre di acciaio, previa pulizia corticale con raschietto ad aria compressa e successiva stuccatura con malta formata da resina epossidica e sabbia di tonalità simile a quella della pietra.

Nella figura che segue è riportato un estratto delle tavole di contabilità dell'intervento del 1978, dove vengono mostrate le barre inserite all'interno delle colonne per il rinforzo delle stesse.

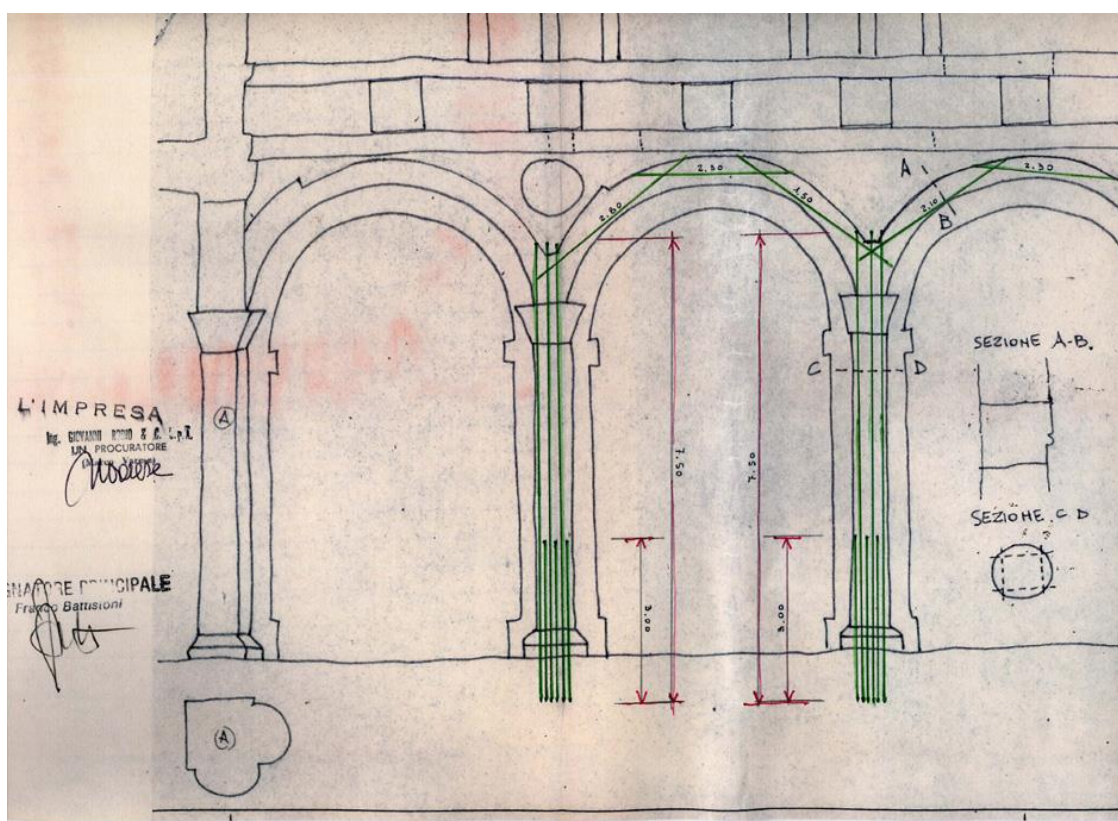


Figura 7.2 - Rinforzo delle colonne con barre longitudinali

E' inoltre presente sui libretti delle misure del 1983 una voce di fornitura e posa in opera di resina acrilica per il consolidamento e la protezione delle colonne in arenaria, intervento che risulta ancora ben evidente dalle diverse tracce di resina sulla superficie delle colonne.

7.2 Lo stato di conservazione

I principali fenomeni di degrado che hanno interessato le colonne del Quadriportico nel corso degli anni possono essere così sintetizzati:

- Formazione di uno strato sottile ed omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore verdastro alla base delle colonne. Questa patina è formata prevalentemente da microrganismi ai quali hanno aderito polvere e terriccio, ed è dovuta alla presenza di umidità o acqua ed alle caratteristiche morfologiche del substrato;
 - Presenza di umidità ascendente dal terreno;
 - Degrado della superficie dell'arenaria delle colonne per effetto degli agenti atmosferici.
- L'arenaria della formazione di Camerino è nota per la sua particolare soggezione a fenomeni di alterazione ed erosione superficiale.



Figura 7.3 - Degrado superficiale delle colonne del quadriportico lungo il fusto



Figura 7.4 - Degrado superficiale e patina biologica sul basamento di una colonna

7.3 Eccentricità presenti sulle colonne

Il rilievo geometrico delle colonne, eseguito con strumentazione Laser-Scanner, ha consentito la misurazione delle sezioni delle colonne, anche nei punti ammalorati e corrosi e la misurazione dei fuoripiombo.

Nella figura che segue si riportano, in forma riassuntiva, la numerazione attribuita alle colonne e i fuoripiombo di ciascuna colonna, in modo da poter apprezzare in maniera generale il movimento complessivo che il loggiato ha avuto nel corso dei secoli.

Dal rilievo geometrico, il diametro della sezione di base della colonna presenta un valore minimo di circa 56 cm (con un valore medio di 58 cm), cui corrisponde un valore del raggio d'inerzia $r/4=7,00$ cm. Per un'eccentricità inferiore a tale valore la sezione risulterà completamente compressa, mentre per eccentricità superiore a 7,00 cm la sezione risulterà parzializzata.

Le colonne che presentano una eccentricità superiore al valore limite risultano le seguenti:

- Colonna 6
- Colonna 10
- Colonna 12
- Colonna 13

Avendo escluso le colonne d'angolo (11 e 14), caratterizzate da una sezione trasversale nettamente più grande di quella delle colonne circolari (Figura 7.6).

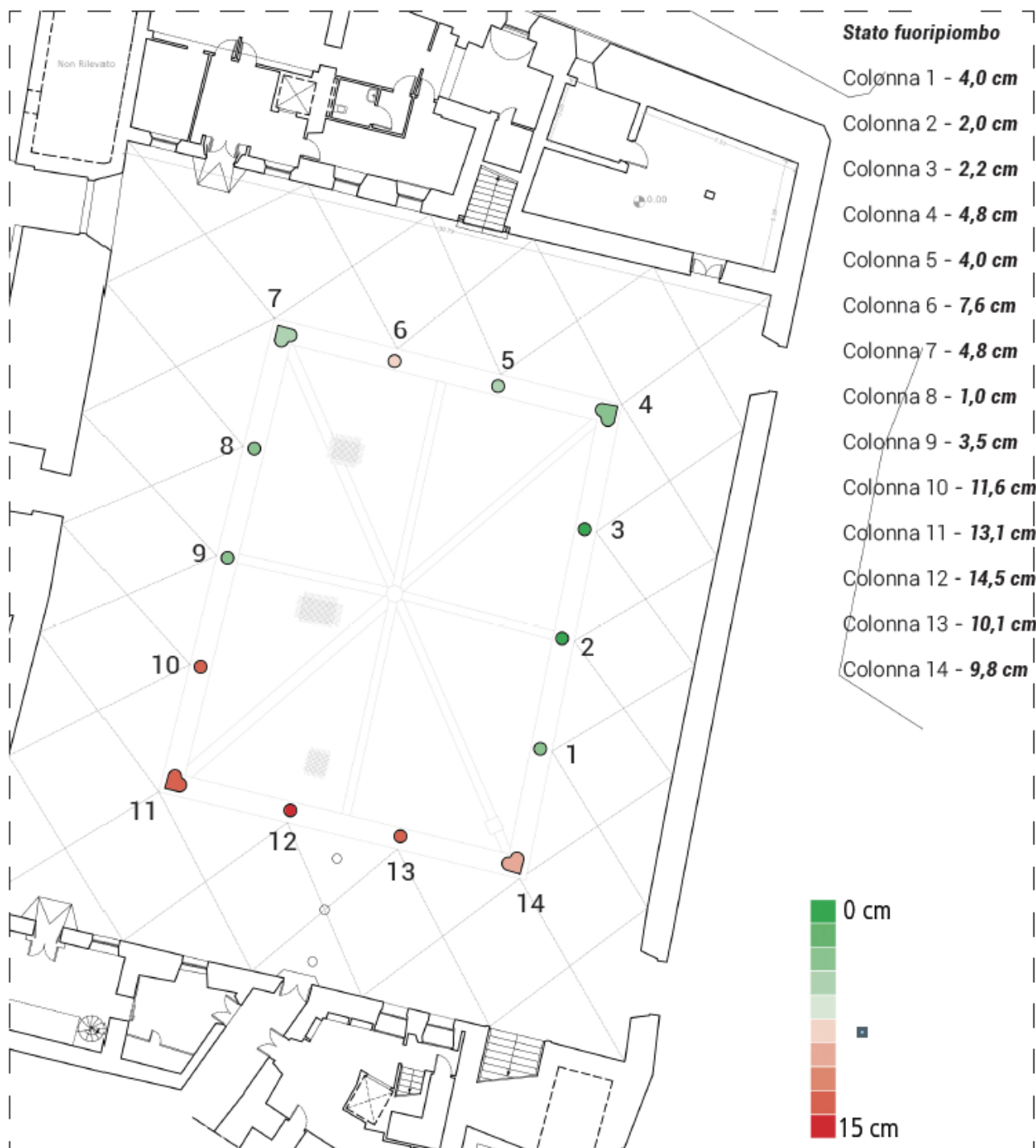


Figura 7.5 - Numerazione delle colonne ed indicazione grafica e numerica dei fuori piombo

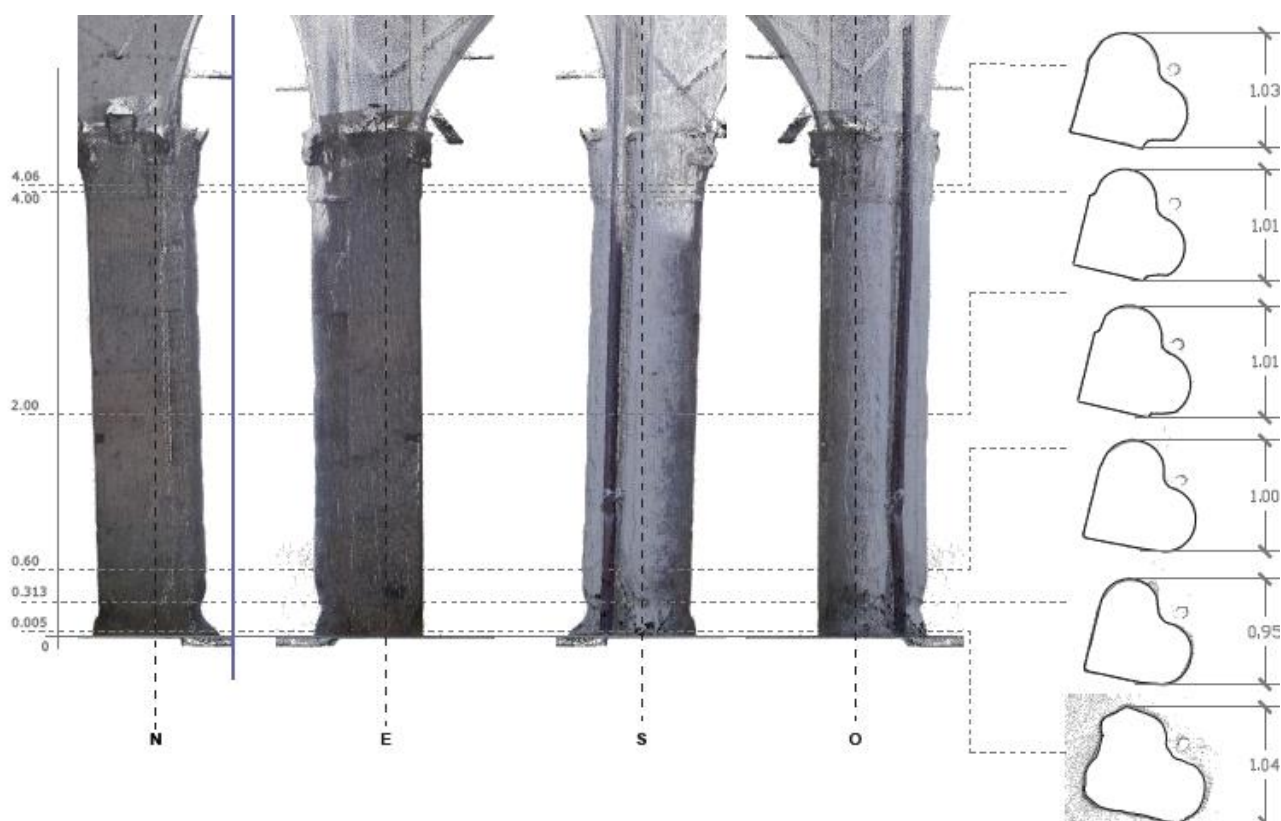


Figura 7.6 - Geometria delle colonne d'angolo

7.4 Verifica statica

7.4.1 Analisi dei carichi

Carichi agenti sulle colonne maggiormente sollecitate:

1. Peso della colonna:

$$P \cdot A_{base} \cdot H = 2300 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,283 mq \cdot 4,6 m = 3 tonn$$

2. Parete in muratura superiore:

$$P \cdot A_{influenza} \cdot s = 2000 \frac{kg}{m^3} \cdot 35 mq \cdot 64 cm = 44,8 tonn$$

3. Solaio composto da 18 cm di massetto, 3 cm di pavimentazione e 20 cm di volta in mattoni:

$$P \cdot A_{influenza} \cdot s$$

$$2000 \frac{kg}{m^3} \cdot 25 mq \cdot 18 cm +$$

$$2500 \frac{kg}{m^3} \cdot 25 mq \cdot 3 cm +$$

$$2000 \frac{kg}{m^3} \cdot 25 mq \cdot 20 cm = 20,9 tonn$$

4. Sovraccarico accidentale

$$q \cdot A_{influenza} = 300 \frac{kg}{m^2} \cdot 20 mq = 6,0 tonn$$

5. Controsoffitto in camorcanna:

$$P \cdot A_{influenza} = 30 \frac{kg}{m^2} \cdot 20 mq = 0,6 tonn$$

6. Copertura in legno con pannelle in cotto:

$$P \cdot A_{influenza} = 170 \frac{kg}{m^2} \cdot 25 mq = 4,3 tonn$$

Azione della neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture viene valutato mediante la seguente formula:

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

dove:

- q_{sk} è il valore di riferimento della neve al suolo, pari a 2,45 kN/mq per un'altitudine di riferimento di 661 m.s.l.m.m. in zona II;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura, pari a 0,80 per copertura fino a 30°;
- C_E è il coefficiente di esposizione, pari a 1,0 se Normale;
- C_t è il coefficiente termico, assunto pari a 1.

Per il caso in esame, il carico provocato dalla neve risulta pari a:

$$q_s = 2,45 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,00 = 1,96 \frac{kN}{mq}$$

$$P \cdot A_{influenza} \cdot s = 196 \frac{kg}{m^2} \cdot 25 mq = 5,0 tonn$$

7.4.2 Combinazione dei carichi agli SLU

Le combinazioni di azioni per le verifiche agli SLU, definite al punto 2.5.3 delle NTC 2018, sono espresse complessivamente dalla combinazione fondamentale:

$$\sum_{j>1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

dove:

- G_k è il valore caratteristico delle azioni permanenti;
- P è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;
- Q_k è il valore caratteristico delle azioni variabili;
- γ_G , γ_P e γ_Q sono i coefficienti parziali delle azioni per gli SLU;
- ψ_0 sono i coefficienti di combinazione delle azioni variabili.

I valori dei coefficienti ψ_0 , γ_G , γ_P e γ_Q sono riportati in Tabella 7.1 (alla colonna A1) e Tabella 7.2.

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

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Tabella 7.1– Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

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 – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6

Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
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

Tabella 7.2 - Coefficienti per le azioni variabili per gli edifici

Di conseguenza, il carico agente in testa alla colonna più sollecitata risulta pari a:

$$1,3 \cdot (3 + 44,8 + 20,9 + 0,6 + 4,3) + 1,5 \cdot 6 + 1,5 \cdot 5 \cdot 0,5 = 109,2 \text{ tonn.}$$

7.4.3 Calcolo delle tensioni sulla colonna più sollecitata (Colonna 12)

Si riporta nel seguito la verifica tensionale della sezione di base della colonna maggiormente sollecitata (Colonna 12) utilizzando il “metodo n” (software Vca SLU).

In Figura 7.7 sono riportate le eccentricità presenti sulla Colonna 12, determinate dalle 4 viste rilevate dal Laser-Scanner.

L'eccentricità massima combinata risulta pari a:

$$\sqrt{\left(\left(\frac{8,0 + 7,8}{2}\right)^2\right) + \left(\left(\frac{12,0 + 12,1}{2}\right)^2\right)} = 14,50 \text{ cm}$$

da cui si ricavano le sollecitazioni agenti alla base della Colonna 12:

$$N = 1092 \text{ kN}$$

$$M = 1092 \text{ kN} \cdot 0,145 \text{ m} = 158,3 \text{ kNm}$$

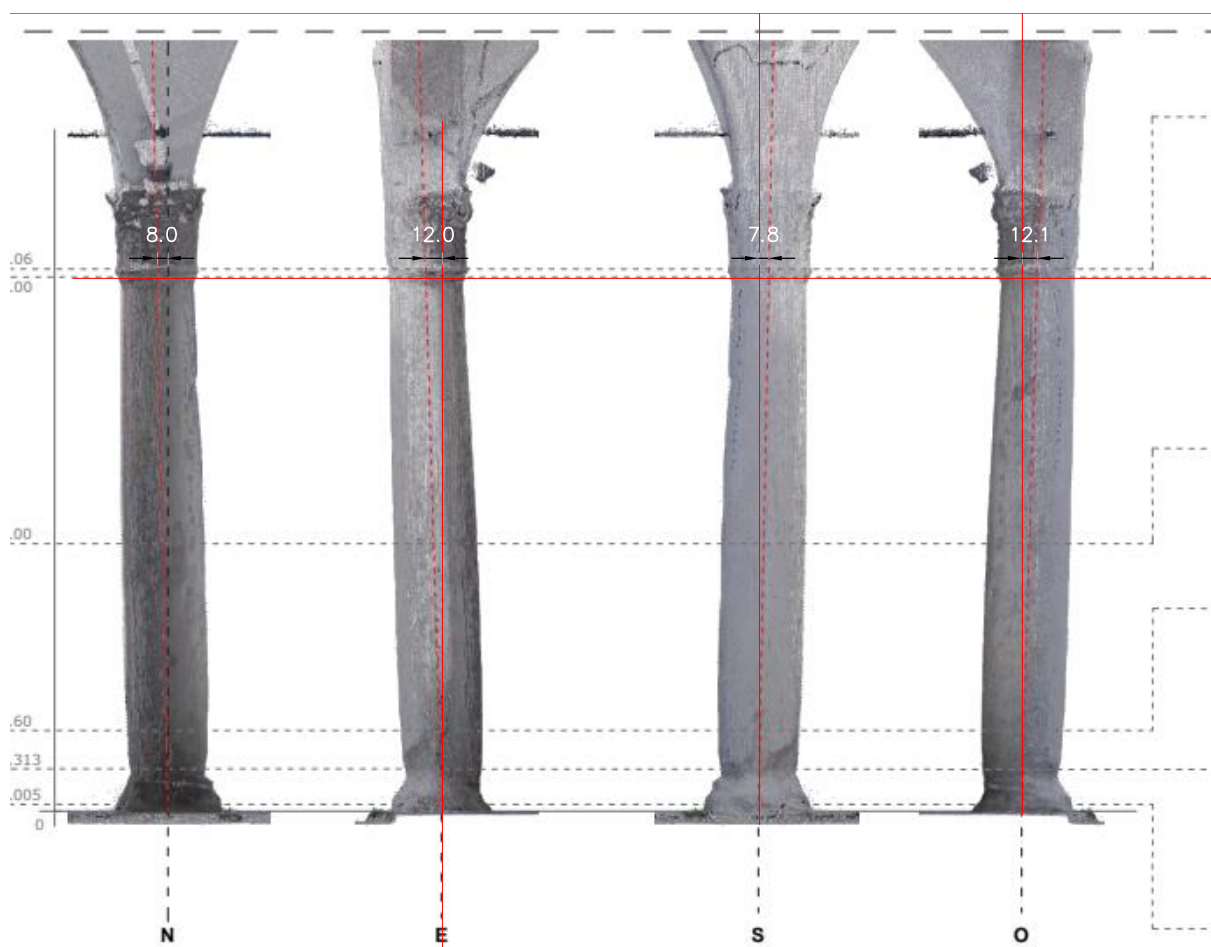


Figura 7.7 – Individuazione delle eccentricità sui 4 prospetti della Colonna 12

Infine, in Figura 7.8 viene riportata la verifica tensionale della colonna nei confronti dei carichi appena definiti, nell'ipotesi di trascurare la resistenza a compressione dell'arenaria, e trascurando cautelativamente l'effetto delle barre metalliche inserite nell'intervento del 1978.

La tensione massima di compressione (rosso) risulta pertanto pari a **16,7 MPa**, ed è ritenuta eccessivamente elevata per le caratteristiche meccaniche dell'arenaria, considerato lo stato di degrado presente sulle colonne.

Verifica C.A. S.L.U. - File: VERIFICA COLONNE

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

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 28 [cm]
Raggio interno 0 [cm]
N° barre uguali 0
Diametro barre 0 [cm]
Copriferro (baric.) 0 [cm]

N° barre 0 Zoom

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

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 1092 kN
M_{xEd} 0 158,3 kNm
M_{yEd} 0 0

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

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

Materiali

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 0 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 0
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 0 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

σ_c -16,7 N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
d cm
x 33,18 x/d
 δ

Vertici: 52
Verifica
N° iterazioni: 5
Precompresso

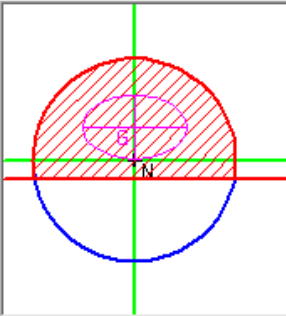


Figura 7.8 - Tensioni sulla sezione di base della colonna

7.5 Intervento proposto

Per le 3 colonne con eccentricità più elevata (>10cm), si prevede lo smontaggio e il ripristino della verticalità, con le seguenti fasi:

1. Puntellamento della colonna e degli archi;
2. Smontaggio della colonna e del capitello superiore mediante l'esecuzione di tre tagli, uno alla base, uno in testa e un ultimo alla sommità del capitello;
3. Esecuzione di una perforazione interna del capitello e taglio a metà per l'alloggiamento della carpenteria metallica a perdere per la messa in carico della colonna;
4. Ricostituzione della base della colonna per ridurre l'eccentricità al di sotto del valore limite;
5. Rimontaggio del fusto della colonna;



6. Installazione della carpenteria metallica a perdere in testa e messa in carico della colonna;
7. Rimontaggio delle due metà del capitello e rifinitura dei bordi di taglio per nascondere le tracce.







Alle estremità delle colonne sarà ripristinata la continuità con connettori in acciaio inox fissati con resina.

8 VERIFICA CERCHIATURE METALLICHE

Di seguito si riportano le verifiche delle cerchiature più sollecitate.

8.1 Corpo C1: cerchiatura con 4HEA100

Di seguito si riportano le sollecitazioni resistenti per il profilo composto composto da 4HEA100:

CNRUNI 10011 EC3	
Resistenza	
Mx Massimo	8314.8 [kgm]   ▼
My Massimo	21274.0 [kgm]   ▼
N Compressione Max	212739.8 [kg]   ▼
N Trazione Max	212739.8 [kg]







Le sollecitazioni massime relative alla presente cerchiatura risultano essere pari a:

$N = 501 \text{ kN} < 2127,39 \text{ kN} \rightarrow \text{La verifica è soddisfatta}$

$M = 5,60 \text{ kNm} < 212,74 \text{ kN} \rightarrow \text{La verifica è soddisfatta}$

8.2 Corpo C1: cerchiatura con 4HEA120

Di seguito si riportano le sollecitazioni resistenti per il profilo composto composto da 4HEA120:

CNRUNI 10011 EC3	
Resistenza	
Mx Massimo	11966.0 [kgm]   ▼
My Massimo	30448.8 [kgm]   ▼
N Compressione Max	253739.8 [kg]   ▼
N Trazione Max	253739.8 [kg]




Le sollecitazioni massime relative alla presente cerchiatura risultano essere pari a:

$N = 390 \text{ kN} < 2537,39 \text{ kN} \rightarrow \text{La verifica è soddisfatta}$

$M = 7,26 \text{ kNm} < 304,48 \text{ kN} \rightarrow \text{La verifica è soddisfatta}$

8.3 Corpo C1: cerchiatura con 4HEA180

Di seguito si riportano le sollecitazioni resistenti per il profilo composto composto da 4HEA180:

CNRUNI 10011 EC3	
Resistenza	
Mx Massimo	27808.6 [kgm] 
My Massimo	69728.6 [kgm] 
N Compressione Max	387381.4 [kg] 
N Trazione Max	387381.4 [kg]




Le sollecitazioni massime relative alla presente cerchiatura risultano essere pari a:

$N = 703 \text{ kN} < 3873,81 \text{ kN} \rightarrow \text{La verifica è soddisfatta}$

$M = 8 \text{ kNm} < 697,28 \text{ kNm} \rightarrow \text{La verifica è soddisfatta}$

8.4 Corpo C1: cerchiatura con 4HEA200

Di seguito si riportano le sollecitazioni resistenti per il profilo composto composto da 4HEA200:

CNRUNI 10011 EC3	
Resistenza	
Mx Massimo	36779.1 [kgm] 
My Massimo	92200.5 [kgm] 
N Compressione Max	461002.4 [kg] 
N Trazione Max	461002.4 [kg]

Le sollecitazioni massime relative alla presente cerchiatura risultano essere pari a:

$N = 938 \text{ kN} < 4610,02 \text{ kN} \rightarrow \text{La verifica è soddisfatta}$

$M = 5 \text{ kNm} < 922,00 \text{ kNm} \rightarrow \text{La verifica è soddisfatta}$