

COMUNE DI COLOGNO AL SERIO

PROVINCIA DI BERGAMO

MESSA IN SICUREZZA DEL VANO RAMPA PEDONALE DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA “PAPA GIOVANNI XXIII”

PROGETTO ESECUTIVO

Oggetto: **RELAZIONE DI CALCOLO**

ALL.: **“B”**

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. Emanuele Motta

Data: aprile 2019

INDICE

INDICE	1
1 Oggetto.....	1
2 Definizione della unità strutturale	2
2.1 Interazione tra le due unità strutturali.....	3
3 Stato attuale	4
3.1 Documentazione reperita.....	4
3.2 Sopralluoghi condotti	4
3.3 Identificazione della tipologia strutturale.....	4
3.3.1 Fondazioni.....	5
3.3.2 Pareti portanti del piano interrato.....	5
3.3.3 Pareti portanti fuori terra.....	6
3.3.4 Solai intermedi	7
3.3.5 Copertura.....	7
4 Stato di progetto	9
4.1 Identificazione della tipologia strutturale.....	9
4.1.1 Normativa di riferimento.....	9
4.1.2 Fondazioni.....	9
4.1.3 Pareti portanti del piano interrato.....	10
4.1.4 Pareti portanti fuori terra.....	10
4.1.5 Solai intermedi	11
4.1.6 Copertura.....	12
5 Livello di conoscenza del fabbricato.....	13
6 Ipotesi condotte per la conduzione delle analisi.....	14
6.1 Schematizzazioni.....	14
6.1.1 Fondazioni.....	14
6.1.2 Pareti portanti	14
6.1.3 Solai.....	14
6.2 Materiali esistenti	15
6.2.1 Calcestruzzo esistente	15
6.2.2 Acciaio	16
6.2.3 Muratura in laterizio semipieno	17
6.3 Materiali di nuova fattura.....	18
6.3.1 Calcestruzzo classe C30/37.....	18
6.3.2 Acciaio B450C controllato per armature c.a.	20
6.3.3 Acciaio S275JR per carpenteria metallica.....	20
6.3.4 Acciaio per barre filettate: bulloni classe 8.8	21
6.3.5 Nuove murature in blocchi di laterizio.....	21
6.3.6 Resine epossidiche	22

6.4 Fattore di struttura	22
6.5 Azione sismica	23
7 Note esplicative riguardo la tipologia di intervento	25
8 Analisi statica	27
8.1 Stato attuale	27
8.1.1 Strutture verticali.....	27
8.2 Stato di progetto	28
8.2.1 Strutture verticali.....	28
9 Analisi modale	29
9.1 Stato attuale	29
9.2 Stato di progetto	32
10 Analisi dinamica modale	35
10.1 Stato attuale	35
10.2 Stato di progetto	36
11 Analisi statica non lineare	37
11.1 Stato attuale	37
11.2 Stato di progetto	38
12 Verifiche dei cinematismi	39
12.1.1 Cinematismi ante operam.....	39
12.1.2 Cinematismi post operam.....	49
13 Identificazione del coefficiente di vulnerabilità sismica	57

1 Oggetto

Il presente documento si configura come *Relazione di calcolo* relativamente al progetto di miglioramento sismico della porzione in muratura facente parte del complesso della scuola materna sita nel comune di Cologno al Serio. Il fabbricato è sito alle seguenti coordinate geografiche (come indicato nella immagine seguente):

- Latitudine: 45,471509 Nord
- Longitudine: 9,514701 Est



Immagine 1 Localizzazione geografica dell'edificio oggetto di studio



Immagine 2 Vista da google maps del fabbricato in oggetto

2 Definizione della unità strutturale

Il complesso della scuola materna del comune di Cologno al Serio può considerarsi un aggregato costituito da più unità strutturali realizzate con tecniche realizzative differenti; nello specifico la porzione analizzata in questo documento presenta murature portanti impostate su pareti in calcestruzzo, il resto del complesso è realizzato in calcestruzzo armato. L'aggregato è stato distinto in varie unità strutturali in coerenza con quanto previsto dalle vigenti NTC2018. In particolare nel §8.7.1 si affronta in maniera univoca la progettazione strutturale relativa agli aggregati edilizi di cui riporta uno stralcio del riferimento normativo sopracitato: *"In presenza di edifici in aggregato, contigui, a contatto od interconnessi con edifici adiacenti, i metodi di verifica di uso generale per gli edifici di nuova costruzione possono risultare inadeguati. Nell'analisi di un edificio facente parte di un aggregato edilizio, infatti, occorre tenere conto delle possibili interazioni derivanti dalla contiguità strutturale con gli edifici adiacenti. A tal fine dovrà essere individuata l'unità strutturale (US) oggetto di studio, evidenziando le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue. L'US dovrà avere continuità da cielo a terra, per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi. Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non disposti in aggregato, per gli edifici in aggregato dovranno essere valutati gli effetti di: spinte non contrastate sulle pareti in comune con le US adiacenti, causate da orizzontamenti sfalsati di quota, meccanismi locali derivanti da prospetti non allineati, sia verticalmente sia orizzontalmente, US adiacenti di differente altezza. L'analisi globale di una singola unità strutturale assume spesso un significato convenzionale e perciò può utilizzare metodologie semplificate. La verifica di una US dotata di orizzontamenti sufficientemente rigidi nel proprio piano può essere svolta, anche per edifici con più di due orizzontamenti, mediante l'analisi statica non lineare, con verifica in termini sia di forze sia di spostamenti, analizzando e verificando separatamente ciascun interpiano dell'edificio, e trascurando la variazione della forza assiale nei maschi murari dovuta all'effetto dell'azione sismica. Con l'esclusione di US d'angolo o di testata, così come di parti di edificio non vincolate o non aderenti su alcun lato ad altre unità strutturali, l'analisi potrà anche essere svolta trascurando gli effetti torsionali, nell'ipotesi che gli orizzontamenti possano unicamente traslare nella direzione dell'azione sismica considerata. Nel caso invece di US d'angolo o di testata è comunque ammesso il ricorso ad analisi semplificate, purché si tenga conto di possibili effetti torsionali e dell'azione aggiuntiva trasferita dalle US adiacenti applicando opportuni coefficienti maggiorativi delle azioni orizzontali. Qualora gli orizzontamenti dell'edificio non siano sufficientemente rigidi nel proprio piano si potrà procedere all'analisi delle singole pareti o dei sistemi di pareti complanari, essendo ciascuna parete soggetta ai carichi verticali di competenza ed alle corrispondenti azioni del sisma nella direzione parallela alla parete".*

Nel caso specifico si è stabilito di identificare l'unità strutturale in esame in funzione della modalità costruttiva: la porzione in esame infatti presenta una tipologia strutturale costituita da murature portanti in blocchi semipieni. La restante parte della scuola materna possiede una struttura in calcestruzzo armato con travi semi-prefabbricate e colonne e solai gettati in opera.

2.1 Interazione tra le due unità strutturali

Come dimostra la fotografia di seguito riportata, la unità strutturale oggetto del presente progetto è costituita da blocchi in laterizio semipieni, ciò è stato assunto a seguito di saggi condotti ad hoc sul cantiere e sul fatto che non si osserva la presenza di alcuna pilastratura in calcestruzzo nè sul lato interno nè sul lato esterno. Osservando i due fronti della struttura si può osservare la posizione dei giunti di malta della muratura portante. I setti portanti sono impostati su pareti in c.a. di spessore 30cm.



Immagine 3 Vista dall'interno della unità strutturale in esame

Sul lato meridionale della unità strutturale in esame (segnalato nella foto seguente) sorge l'unità strutturale adiacente con struttura in c.a. di cui si ha maggior informazioni anche grazie alla documentazione messa a disposizione dal comune.



Immagine 4 Vista dall'interno della unità strutturale in esame

L'interazione delle due unità strutturali è costituita da una zona con soletta piena in c.a. che "collega" debolmente i due corpi. Come permesso dalla norma vigente, si è stabilito di analizzare e verificare l'unità strutturale in muratura esistente estrapolandola dall'aggregato ma tenendo comunque in considerazione le interazioni che questa ha con la struttura in c.a. adiacente. Nel caso specifico si sono quindi considerati i carichi di interazione che verranno puntualmente indicati nei capitoli successivi.

3 Stato attuale

Per la redazione della presente trattazione si è reso necessario analizzare la documentazione relativa alla costruzione in esame: nello specifico si sono consultati gli elaborati grafici messi a disposizione dalla committenza.

3.1 Documentazione reperita

Si elencano i progetti consultati che hanno permesso la redazione del modello di calcolo e delle verifiche locali.

- Relazione geologica – tecnica dell'ottobre 2004 a firma Dott. Geol. Fabio Plebani.
- Progetto strutturale iniziale depositato il 13/06/2005 alla posizione n. 219 e progetto strutturale di variante depositato il 03/04/2006 alla posizione n. 219BIS, entrambi a firma arch. Belotti Giuseppe.
- Particolare costruttivo zona rampa pedonale allegato alla seconda perizia di variante depositata il 17/08/2006 e certificato di idoneità statica 1 perizia modificativa nuova scuola materna comunale – Opere strutturali in muratura fuori terra zona rampa di collegamento pedonale interna fra piano terra e piano seminterrato del 28/09/2006, entrambi a firma arch. Belotti Giuseppe.
- Certificato di collaudo statico a firma ing. Saverio Valicenti, depositato il 20/07/2006 alla posizione n. 219 e 219BIS ed errata corregge pag 5 certificato di collaudo statico del 20/07/2006 pos. N. 219 e 219BIS, depositata il 24/07/2009 con protocollo n. 10624 dall'ing. Saverio Valicenti.
- Relazione tecnica sulle fessure a firma ing. Saverio Valicenti, depositata il 24/02/2014 con protocollo n. 0002824;
- Relazione a struttura ultimata depositata il 20/07/2006 con prot. n. 10370 dove sono stati allegati oltre alle prove e i certificati dei materiali, le piante strutturali del primo e del secondo impalcato
- Pianta doppie lastre in c.a. interrato della COMET ENGINEERING.

3.2 Sopralluoghi condotti

Sono stati effettuati diversi sopralluoghi dal sottoscritto nelle seguenti date: 04/10/2018 – 27/12/2018 – 30/03/2019 – 09/04/2019. Si evidenzia che dai riscontri e verifiche eseguite in sito, lo scrivente non ha trovato corrispondenza con la documentazione reperita sopra elencata.

3.3 Identificazione della tipologia strutturale

La tipologia strutturale è stata dunque identificata sulla base dei sopralluoghi e dai saggi condotti che permettono di asserire che la struttura verticale portante è costituita da pareti. Nello specifico si tratta di:

- Pareti in calcestruzzo armato al piano interrato al di sotto dello "zero sismico"
- Murature in blocchi di laterizio semipieno sopra lo "zero sismico"

Gli orizzontamenti intermedi non sono presenti se si esclude una porzione che presenta una rampa con struttura in c.a.. La copertura è realizzata con elementi principali e secondari in legno con soprastante tavolato.

3.3.1 Fondazioni

Dalla documentazione messa a disposizione dalla committenza non è stato possibile trovare informazioni in merito alle fondazioni esistenti del corpo in esame. Si è quindi ipotizzata una fondazione costituita da travi rovesce con sezione 60(B)x50(H)cm.

- C25/30
- Muratura esistente
- Legno
- Blocchi e giunti

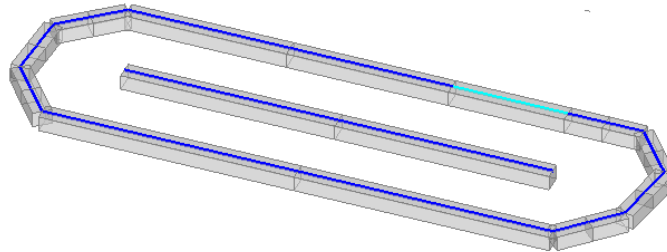


Immagine 5 Assonometria tridimensionale del sistema fondale ipotizzato

3.3.2 Pareti portanti del piano interrato

Le pareti portanti del piano seminterrato sono principalmente costituite da pareti in calcestruzzo armato di spessore 30cm. Si mostrano alcune immagini recuperate dal modello di calcolo che attestano le ipotesi condotte.

- C25/30
- Muratura esistente
- Legno
- Blocchi e giunti

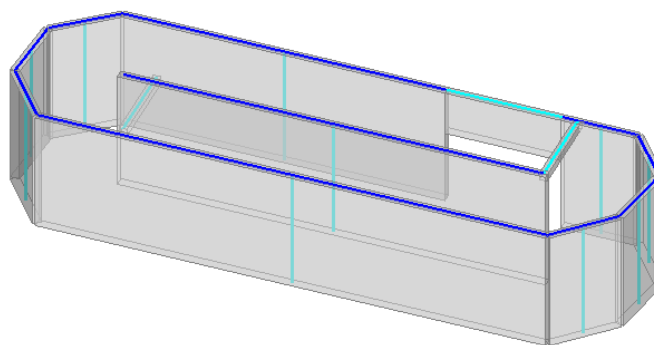


Immagine 6 Pareti portanti del piano interrato

3.3.3 Pareti portanti fuori terra

Le pareti portanti fuori terra sono principalmente costituite da pareti in blocchi di laterizio semipieni di spessore 25cm. Si mostrano alcune immagini recuperate dal modello di calcolo che attestano le ipotesi condotte.

■ C25/30
■ Muratura esistente
■ Legno
■ Blocchi e giunti

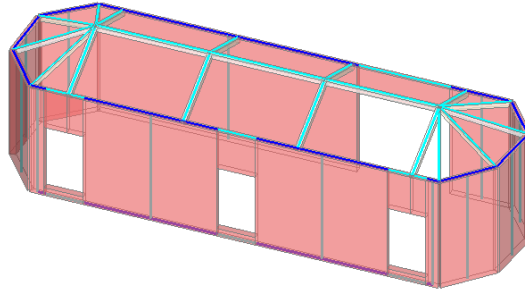


Immagine 7 Pareti portanti fuori terra

Si sono considerati i carichi di interazione con l'unità strutturale in c.a. adiacente in corrispondenza di quanto indicato nella immagine di seguito riportata.

■ C25/30
■ Muratura esistente
■ Legno
■ Blocchi e giunti

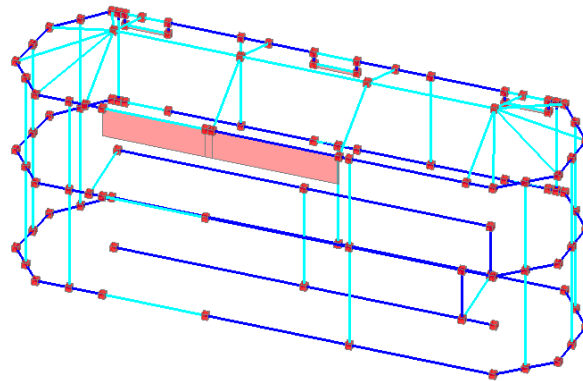


Immagine 8 Localizzazione dei carichi aggiuntivi

I carichi considerati sono:

- g_1 (pesi propri) pari a 11,25kN/m
- g_2 (pesi portati) pari a 3,75kN/m
- q (neve) pari a 3,00kN/m

3.3.4 Solai intermedi

L'unico solaio intermedio considerato è in corrispondenza della massima quota della rampa che si è stimata essere in calcestruzzo armato gettato in opera. L'impalcato è stato considerato rigido ai sensi del §7.2.6 delle NTC2018. Si mostrano le orditure considerate per la conduzione del modello di calcolo, necessario per la determinazione del livello di sicurezza sismico.

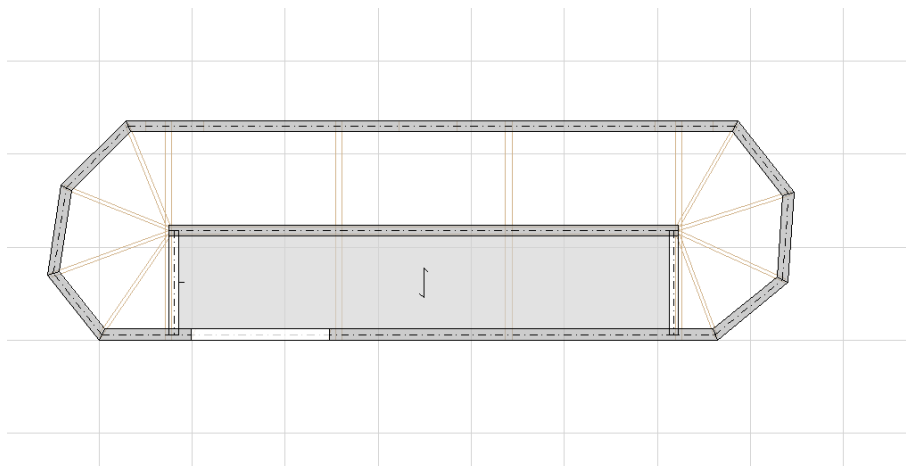


Immagine 9 Vista delle orditure considerate per il primo orizzontamento

Carico solaio della passerella in c.a.

G₁		Totale G₁	3,50 kN/m²
Peso proprio del solaio	3,50 kN/m ²		
G₂		Totale G₂	2,50 kN/m²
Pesi portati	2,50 kN/m ²		
Q		Totale Q	3,00 kN/m²
Carico Uffici (cat. C)	3,00 kN/m ²		

3.3.5 Copertura

La copertura, costituita da più falde, è sostenuta da capriate e puntoni in legno su cui sono impostati travetti in legno e tavolato. Si mostrano alcune fotografie che testimoniano quanto asserito.



Immagine 10 Vista dell'intradosso della copertura

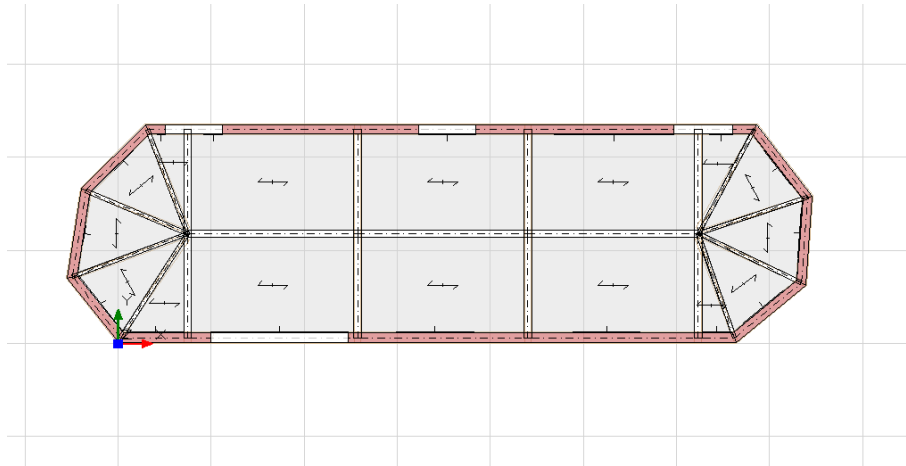


Immagine 11 Vista delle orditure considerate per la copertura

Carico solaio di copertura

G₁		<i>Totale G₁</i>	<i>0,40 kN/m²</i>
Peso proprio del solaio	0,40 kN/m ²		
G₂		<i>Totale G₂</i>	<i>1,20 kN/m²</i>
Pesi portati	1,20 kN/m ²		
Q		<i>Totale Q</i>	<i>1,20 kN/m²</i>
Carico Abitazione (cat. Neve)	1,20 kN/m ²		

4 Stato di progetto

Rispetto allo stato attuale descritto nel capitolo precedente si sono apportate alcune modifiche legate all'abbassamento della copertura.

4.1 Identificazione della tipologia strutturale

Gli interventi previsti in progetto per le pareti sono:

- Pareti in calcestruzzo armato al piano interrato al di sotto dello "zero sismico"
- Murature in blocchi di laterizio semipieno sopra lo "zero sismico"

4.1.1 Normativa di riferimento

Si elencano di seguito le normative secondo cui è stato redatto il progetto di miglioramento sismico:

- Circolare 7 del 21-01-2019
- D.M. 17-01-2018 Norme Tecniche per le Costruzioni;
- D.M. 14-01-2008 Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 617 del 02-02-2009;
- Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» D.P.C.M.09/02/2011 Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle NTC;
- L. 12/2/1974 N°64 Regolamento sismico italiano e successive modifiche;
- L. 05/11/1971 N°1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;

4.1.2 Fondazioni

Dalla documentazione messa a disposizione dalla committenza non è stato possibile trovare informazioni in merito alle fondazioni esistenti del corpo in esame. Si è quindi ipotizzata una fondazione costituita da travi rovesce con sezione 60(B)x50(H)cm.

- C25/30
- Muratura esistente
- Legno
- Blocchi e giunti

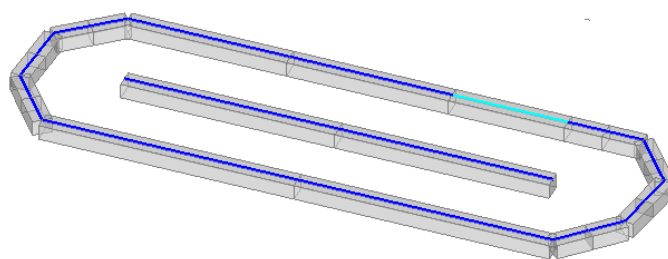


Immagine 12 Assonometria tridimensionale del sistema fondale ipotizzato

4.1.3 Pareti portanti del piano interrato

Le pareti portanti del piano seminterrato sono principalmente costituite da pareti in calcestruzzo armato di spessore 30cm. Si mostrano alcune immagini recuperate dal modello di calcolo che attestano le ipotesi condotte.

- C25/30
- Muratura esistente
- Legno
- Blocchi e giunti

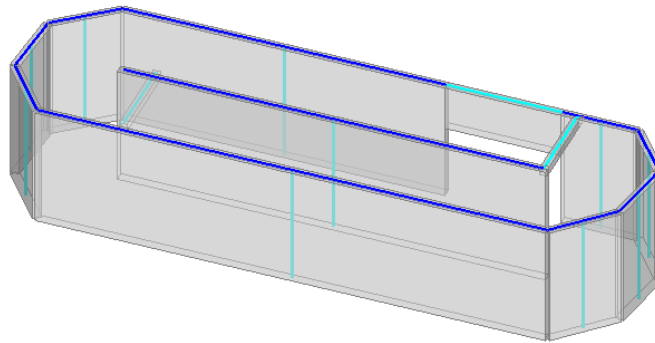


Immagine 13 Pareti portanti del piano interrato

4.1.4 Pareti portanti fuori terra

Le pareti portanti fuori terra sono principalmente costituite da pareti in blocchi di laterizio semipieni di spessore 25cm. Si mostrano alcune immagini recuperate dal modello di calcolo che attestano le ipotesi condotte.

- C25/30
- Muratura esistente
- Legno
- Blocchi e giunti

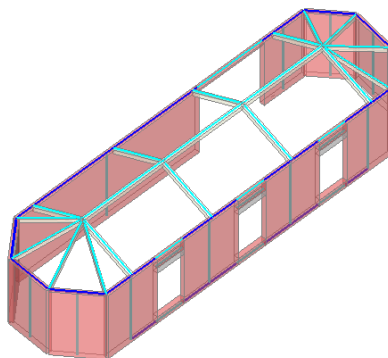


Immagine 14 Pareti portanti fuori terra

Si sono considerati i carichi di interazione con l'unità strutturale in c.a. adiacente in corrispondenza di quanto indicato nella immagine di seguito riportata.

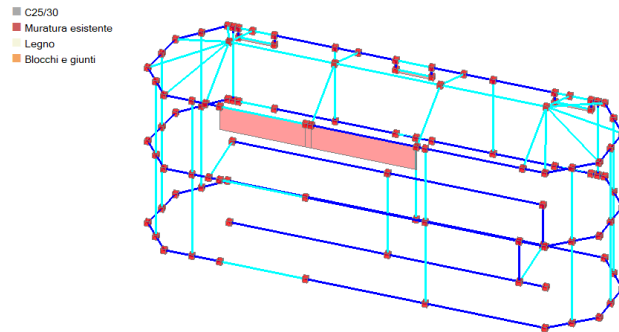


Immagine 15 Localizzazione dei carichi aggiuntivi

I carichi considerati sono:

- g_1 (pesi propri) pari a 11,25kN/m
- g_2 (pesi portati) pari a 3,75kN/m
- q (neve) pari a 3,00kN/m

4.1.5 Solai intermedi

L'unico solaio intermedio considerato è in corrispondenza della massima quota della rampa che si è stimata essere in calcestruzzo armato gettato in opera. L'impalcato è stato considerato rigido ai sensi del §7.2.6 delle NTC2018. Si mostrano le orditure considerate per la conduzione del modello di calcolo, necessario per la determinazione del livello di sicurezza sismico.

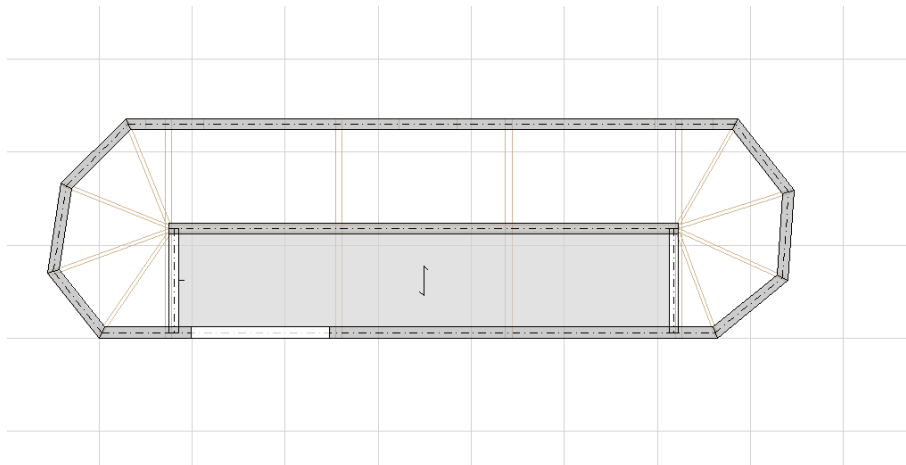


Immagine 16 Vista delle orditure considerate per il primo orizzontamento

Carico solaio della passerella in c.a.

G₁		Totale G₁	3,50 kN/m²
Peso proprio del solaio	3,50 kN/m ²		
G₂		Totale G₂	2,50 kN/m²
Pesi portati	2,50 kN/m ²		
Q		Totale Q	3,00 kN/m²
Carico Uffici (cat. C)	3,00 kN/m ²		

4.1.6 Copertura

La copertura, costituita da più falde, è sostenuta da capriate e puntoni in legno su cui sono impostati travetti in legno e tavolato.

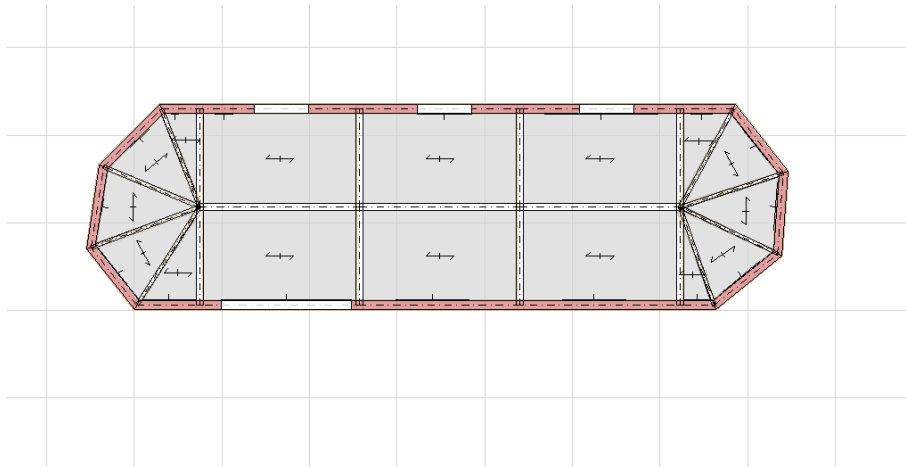


Immagine 17 Vista delle orditure considerate per la copertura

Carico solaio di copertura

G₁		Totale G₁	0,40 kN/m²
Peso proprio del solaio	0,40 kN/m ²		
G₂		Totale G₂	1,20 kN/m²
Pesi portati	1,20 kN/m ²		
Q		Totale Q	1,20 kN/m²
Carico Abitazione (cat. Neve)	1,20 kN/m ²		

5 Livello di conoscenza del fabbricato

L'analisi e l'approfondimento della conoscenza del fabbricato esistente, in accordo con la committenza, si è limitata alla consultazione della documentazione reperita. Il livello di conoscenza conseguito viene stabilito in funzione di quanto indicato nel §C8.5.4 della Circolare 7/2019; esso dipende dalle informazioni circa tre elementi: la geometria della struttura, i dettagli strutturali e le proprietà dei materiali.

In riferimento al caso in oggetto, si ha:

- **Geometria**: la geometria della struttura è nota in base al rilievo geometrico messo a disposizione. È stato effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. Per comprendere i carichi gravanti su ogni elemento sono stati condotti dei saggi ad hoc. Sono stati redatti poi il rilievo fessurativo del fabbricato. Di conseguenza la conoscenza della geometria è nota.
- **Dettagli costruttivi**: sono state condotte delle Verifiche in situ-limitate: infatti coerentemente con quanto asserito nella Circolare 7/2019, si sono realizzate delle rimozioni dell'intonaco e saggi nella muratura che hanno consentito di esaminarne le caratteristiche sia in superficie che nello spessore murario, e di ammorsamento tra muri ortogonali e dei solai nelle pareti.
- **Proprietà dei materiali**: sono state condotte delle Indagini in situ-limitate: infatti coerentemente con quanto asserito nella Circolare 7/2019; si sono ottenute le caratteristiche dei materiali sulla base di informazioni ricavate da letterature, o dalle regole in vigore all'epoca della costruzione.

In funzione delle indagini eseguite, la sottoscritta decide che le analisi saranno condotte con un Livello di Conoscenza LC1; conseguentemente tutte le verifiche dovranno tenere conto di un Fattore di Confidenza FC pari a 1,35.

6 Ipotesi condotte per la conduzione delle analisi

Nel seguito si riportano le assunzioni per la conduzione delle analisi oltre che tutte le scelte progettuali che i progettisti hanno intrapreso per la determinazione del livello di sicurezza sismico del fabbricato.

6.1 Schematizzazioni

Per la conduzione del modello di calcolo si sono effettuate delle schematizzazioni per garantire la massima aderenza tra comportamento reale e calcolo numerico. Si riportano per ciascun elemento tecnico individuato tutte le assunzioni condotte (e le relative motivazioni).

6.1.1 Fondazioni

Le fondazioni, consistenti in travi rovesce continue, sono state schematizzate come travi su molle alla Winkler. Il coefficiente di Winkler è stato determinato in funzione di caratteristiche del terreno e delle dimensioni della fondazione.

6.1.2 Pareti portanti

Le pareti portanti sono state modellate all'interno del software PCM2019 della Aedes come telaio equivalente, si possono quindi osservare aste deformabili che simulano il comportamento dei maschi murari e delle travi di collegamento. Va specificato che in corrispondenza delle porzioni di travi di collegamento non interessate da aperture si sono considerati dei link rigidi che tengono conto della rigidità del "nodo maschio murario-trave di collegamento".

In ultimo, a favore di sicurezza, nella modellazione sono state considerate inefficaci le fasce sopra finestra che collegano i maschi murari; nello specifico sono state condotte delle analisi di verifica per dimostrare la loro adeguatezza nei confronti dei carichi verticali.

6.1.3 Solai

I solai sono stati considerati tramite l'elemento "soffitto" disponibile all'interno del software PCM2019 definendo per ciascuno di essi carichi e orditura.

6.2 Materiali esistenti

Le informazioni relative ai materiali sono state dedotte da saggi con rimozioni di intonaco realizzate prima di condurre le presenti analisi numeriche. Come anticipato precedentemente, si sono impiegati i seguenti materiali:

- Calcestruzzo esistente e relativa armatura
- Muratura con blocchi semipieni

Si mostrano nei seguenti paragrafi le caratteristiche considerate per i materiali considerati.

6.2.1 Calcestruzzo esistente

Il calcestruzzo è stato considerato con le seguenti caratteristiche. Si tiene a precisare che si è considerata una resistenza cubica pari a 30MPa. Si specifica anche che la resistenza a taglio-trazione del calcestruzzo considerata solo per gli elementi setti non armati è stata desunta dal §4.11.1 delle NTC2018 dove viene asserito che $f_{ct1d} = 0,85 \cdot f_{ctd}$

Parametro	Simbolo	Valore
Resistenza a compressione cubica media	R_{cm}	30,00 MPa
Resistenza a taglio-trazione	f_{ct1d}	1,00 MPa
Modulo elastico	E_{cm}	30200 MPa
Coefficiente di Poisson - NON fessurato	ν_{nf}	0,20
Coefficiente di Poisson – fessurato	ν_f	0,00
Coefficiente di dilatazione termica	α	1,0E-05 °C ⁻¹
Peso specifico cls	γ_{cls}	24,00 kN/m ³
Peso specifico cls armato	γ_{cls+s}	25,00 kN/m ³

La resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo è stata ottenuta dai valori medi della resistenza e diviso per i Fattori di Confidenza e/o del coefficiente di sicurezza in funzione che si tratti di un meccanismo duttile o fragile. Si esplicitano le resistenze di progetto:

Meccanismi duttili (compressione e flessione)

$$R_{cd,duttili} = \alpha_{cc} \cdot \frac{R_c}{FC} = 1 \cdot \frac{30,00MPa}{1,35} = 22,22MPa$$

Dove:

- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata pari a 1 per edificio in calcestruzzo esistente
- f_c è la resistenza media di compressione del calcestruzzo
- FC è il fattore di confidenza pari a 1,35

Meccanismi fragili (taglio e torsione)

$$R_{cd,fragili} = \alpha_{cc} \cdot \frac{R_c}{\gamma_m \cdot FC} = 1 \cdot \frac{30,00MPa}{1,5 \cdot 1,35} = 14,18MPa$$

Dove:

- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata pari a 1 per edificio in calcestruzzo esistente
- f_c è la resistenza media di compressione del calcestruzzo
- FC è il fattore di confidenza pari a 1,35
- γ_m è il coefficiente di sicurezza del calcestruzzo pari a 1,50

6.2.2 Acciaio

Si è quindi deciso di cercare un valido riferimento bibliografico per ricavare i parametri meccanici delle barre di armatura. Si è risaliti ad un articolo intitolato “*Le caratteristiche meccaniche degli acciai impiegati nelle strutture in c.a. realizzate dal 1950 al 1980*” di Gerardo Mario Verderame, Paolo Ricci, Marilena Esposito e Filippo Carlo Sansiviero (facenti parte del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Università degli Studi di Napoli Federico II). Secondo l’articolo sopracitato si ha:

Normativa	D.M. 30/05/1974			
	liscio		a. m.	
Tipologia				
Denominazione	FeB22	FeB32	FeB38	FeB44
Snervamento (kgf/mm ²)	≥22	≥32	≥38	≥44
Rottura (kgf/mm ²)	≥34	≥50	≥46	≥55
Allungamento (%)	≥24	≥23	≥14	≥12

Immagine 18 Caratteristiche dell'acciaio FeB44k

BARRE NERVATE (FeB44)

- *Tensione di snervamento*: f_{yk} pari a 440MPa;
- *Tensione di rottura*: f_{tk} pari a 550MPa;
- *Allungamento*: 12%.

Le caratteristiche delle barre nervate risultano quindi:

$$\text{Meccanismi duttili (trazione e flessione)}$$
$$f_{y,duttili} = \frac{f_y}{FC} = \frac{440MPa}{1,35} = 325,9MPa$$

Dove:

- f_y è la resistenza media di snervamento dell'acciaio
- FC è il fattore di confidenza pari a 1,35

$$\text{Meccanismi fragili (taglio e torsione)}$$
$$f_{y,fragili} = \frac{f_y}{\gamma_m \cdot FC} = \frac{440MPa}{1,15 \cdot 1,20} = 283,41MPa$$

Dove:

- f_y è la resistenza media di snervamento dell'acciaio
- FC è il fattore di confidenza pari a 1,35
- γ_s è il coefficiente di sicurezza pari a 1,15.

6.2.3 Muratura in laterizio semipieno

Per stabilire i parametri caratteristici di questi tipi di murature si fa riferimento alla Tabella C8.5.I della Circolare del 21-01-2019, di seguito riportata.

Tipologia di muratura	f	τ_0	f_{v0}	E	G	w
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

I parametri assunti sono i seguenti:

- f_m (resistenza media a compressione) pari a 5,00MPa; è stato preso il valore minimo, essendo il caso in esame in livello di conoscenza LC1.
- τ_0 (resistenza media a taglio della muratura) pari a 0,08MPa; è stato preso il valore minimo, essendo il caso in esame in livello di conoscenza LC1.
- E (valore medio del modulo di elasticità normale) pari a 4550MPa; si è preso il valore medio, essendo il caso in esame in livello di conoscenza LC1.
- G (valore medio del modulo di elasticità tangenziale) pari a 1137,50MPa; si è preso il valore medio, essendo il caso in esame in livello di conoscenza LC1.
- w (peso specifico della muratura) pari a 15kN/m³.

6.3 Materiali di nuova fattura

Nel progetto sono stati previsti i seguenti materiali da costruzione:

- Calcestruzzo C30/37
- Acciaio di armatura B450C
- Acciaio da carpenteria metallica S275JR
- Bulloni e barre filettate classe 8.8
- Resine epossidiche
- Blocchi in laterizio con $f_{bk} > 10\text{MPa}$
- Malta ad uso strutturale classe M5

Si mostra nei seguenti paragrafi le caratteristiche considerate per i materiali considerati.

6.3.1 Calcestruzzo classe C30/37

Per il calcestruzzo in questione si assume una classe di esposizione XC4, si prescrive una classe di consistenza S4.

Parametro	Simbolo	Valore
Resistenza a compressione cubica	R_{ck}	37,00 MPa
Resistenza a compressione cilindrica	f_{ck}	30,71 MPa
Valor medio della resistenza cilindrica	f_{cm}	38,71 MPa
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	f_{cd}	17,40 MPa
Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo	f_{ctd}	1,37 MPa
Resistenza media a trazione semplice (assiale)	f_{ctm}	2,94 MPa
Valore medio della resistenza a trazione per flessione	f_{cfm}	3,53 MPa
Valori caratteristici della resistenza a trazione semplice ai frattili 5%	$f_{ctk,0.05}$	2,06 MPa
Valori caratteristici della resistenza a trazione semplice ai frattili 95%	$f_{ctk,0.95}$	3,82 MPa
Modulo elastico	E_{cm}	33019 MPa
Sforzo ammissibile in esercizio (RARA)	σ_{c-RARA}	18,43 MPa
Sforzo ammissibile in esercizio (QP)	σ_{c-QP}	13,82 MPa
Coefficiente di Poisson - NON fessurato	ν_{nf}	0,20
Coefficiente di Poisson - fessurato	ν_f	0,00
Coefficiente di dilatazione termica	α	1,0E-05 °C ⁻¹
Peso specifico cls	γ_{cls}	24,00 kN/m ³
Peso specifico cls armato	γ_{cls+s}	25,00 kN/m ³

Coefficiente parziale di sicurezza: $\gamma_c = 1,50$

Il calcestruzzo, secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche vigenti, deve essere prodotto da impianti dotati di un sistema di controllo permanente della produzione, certificato da un organismo terzo indipendente riconosciuto.

È compito della D.L. accertarsi che i documenti di trasporto indichino gli estremi della certificazione.

Nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto in cantiere occorre che, sotto la sorveglianza della D.L., vengano prequalificate le miscele da parte di un laboratorio ufficiale (di cui all'art.59 del DPR 380/2001).

Sul calcestruzzo dovrà essere eseguito un controllo di accettazione di tipo A secondo quanto previsto dal capitolo 11 delle NTC 2018.

Si fa presente che la classe di consistenza è stata scelta ipotizzando l'utilizzo della pompa.

Il mantenimento della consistenza deve essere garantito per un tempo adeguato e comunque non inferiore ad un'ora dall'arrivo dell'autobetoniera in cantiere, tempo entro il quale l'impresa deve completare lo scarico. Il fornitore di calcestruzzo e l'impresa devono programmare il getto in modo che il produttore cadenzi le

consegne per dare il tempo necessario all'impresa di poter mettere in opera il materiale. Sono da evitare interruzioni di getto superiori ad un'ora.

Gli aggregati devono essere marcati CE secondo la norma UNI EN 12620 con sistema di attestazione 2+ e devono essere conformi alla norma UNI 8520-2.

Lo spessore di copriferro, inteso come lo strato di calcestruzzo compreso tra il filo esterno del calcestruzzo ed il profilo esterno della staffa, si calcola con riferimento alla Tab. C4.1.IV della Circolare.

Messa in opera:

Considerata l'importanza delle operazioni di getto che riguardano la posa in opera del calcestruzzo e tutte le fasi relative, risulta necessario stabilire un programma di verifiche comprendenti:

- Coordinamento con la D.L., con il progettista, con i laboratori esterni per ispezioni, verifiche, prelievi di campioni e prove a piè d'opera;
- Istruzioni/coordinamento con i fornitori per consegna del calcestruzzo prescritto;
- Istruzioni/ordini circa le prestazioni, il programma della fornitura, caratteristiche della pompa da utilizzare per le operazioni di getto;
- Istruzioni agli operatori per organizzare la messa in opera, la compattazione e la stagionatura del calcestruzzo.

Le operazioni di getto devono avere inizio solamente dopo che la D.L. abbia verificato:

- Preparazione e rettifica dei piani di posa;
- Pulizia delle casseformi;
- Posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
- Umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

Per garantire il copriferro di progetto e le reciproche distanze tra le barre di armatura (interferro), vengono utilizzati dei distanziatori di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto deve essere effettuato applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione dei materiali; a tal proposito è opportuno che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco sia limitata a 50-80cm, mediante utilizzo di tubi di getti che consentano al calcestruzzo di fluire all'interno di quello precedentemente gettato, e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurati dopo la vibrazione dello stesso, non sia superiore a 30cm. Si deve inoltre evitare lo scarico del calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego dei vibratorii, procedimento che può provocare affioramento della pasta cementizia e segregazione.

Le superfici che vengono a contatto con il calcestruzzo fresco non devono avere una temperatura inferiore ai +5°C (va rimossa l'eventuale presenza di ghiaccio o neve) fino a che questo abbia superato la resistenza a compressione di 5MPa.

È proibito eseguire il getto del calcestruzzo qualora la temperatura esterna scenda al di sotto dei +0°C o salga al di sopra dei +30°C senza aver preventivamente disposto particolari sistemi di protezione del manufatto, concordati con la D.L.

Una volta gettato nelle casseformi, il calcestruzzo va opportunamente vibrato per evitare la formazione all'interno del manufatto di cavità e macrodifetti che, rendendo la matrice cementizia più permeabile agli agenti aggressivi esterni, potrebbero abbassare il grado di durabilità del calcestruzzo oltre a creare, dal punto di vista meccanico, pericolose discontinuità nel materiale. Particolare cura va posta nella compattazione del calcestruzzo in corrispondenza di sezioni o parti più vulnerabili del manufatto, quali ad esempio i nodi o in generale le unioni tra diversi elementi strutturali.

Nel caso siano previste riprese di getto, prima della posa del nuovo calcestruzzo, deve essere preliminarmente rimosso, mediante scarnifica con martello, lo strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie deve possedere un'elevata rugosità (asperità di circa 5mm) e deve essere opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

È assolutamente vietata l'aggiunta di acqua al calcestruzzo fresco da gettare in opera; tale aggiunta infatti penalizza la resistenza e dà luogo alla formazione di una miscela instabile che tende a segregare durante la messa in opera.

Al momento della messa in opera del calcestruzzo fresco è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della direzione dei lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Impresa appaltatrice.

Stagionatura:

Il calcestruzzo, dopo le operazioni di getto, deve essere protetto contro la veloce evaporazione dell'acqua, dal gelo e dagli agenti atmosferici. Nei getti verticali la stagionatura consiste nel mantenimento delle casseformi, per un tempo di almeno 3-7gg, e per i getti orizzontali nell'applicazione di teli impermeabili.

6.3.2 Acciaio B450C controllato per armature c.a.

Acciaio controllato in stabilimento per armature da c.a. e perfori armati

Parametro	Simbolo	Valore
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450 MPa
Tensione caratteristica di rottura	f_{yt}	540 MPa
Resistenza di calcolo dell'acciaio	f_{yd}	391,3 MPa
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	4,03 MPa
Tensione tangenziale di aderenza acciaio-cls	f_{bd}	2,69 MPa
Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio	σ_s	360 MPa
Peso specifico acciaio per barre di armatura	γ_s	78,50 kN/m ³
Modulo elastico acciaio	E_s	210 GPa

Coefficiente parziale di sicurezza: $\gamma_s = 1,15$

In ogni caso tutti gli acciai devono possedere le caratteristiche di cui alle vigenti norme tecniche per le opere in c.a. Non si devono porre in opera armature eccessivamente ossidate, corrose, recanti difetti superficiali che ne pregiudichino la resistenza, o alterate da sostanze che possono ridurre sensibilmente l'aderenza al calcestruzzo (grassi, sostanze oleose, terra o fango).

6.3.3 Acciaio S275JR per carpenteria metallica

L'acciaio S275J2 deve possedere le seguenti caratteristiche (§11.3.4.1 NTC e Tabella 7 UNI EN 10025-2).

Parametro	Simbolo	Valore
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	275 MPa
Tensione caratteristica a rottura	f_u	430 MPa
Modulo Elastico	E_s	210000 MPa
Densità	ρ	7850 kg/m ³
Coefficiente di Poisson	ν	0,3 -
Modulo elastico tangenziale	G	80769 MPa
Coefficiente di dilatazione termica	α	$12 \cdot 10^{-6}$ K ⁻¹

Coefficienti di sicurezza:

- $\gamma_{M0} = 1,05$ Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4;
- $\gamma_{M1} = 1,05$ Resistenza all'instabilità delle membrature;
- $\gamma_{M2} = 1,25$ Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori).

Unioni con saldature a piena penetrazione

I collegamenti testa a testa, a T e a croce a piena penetrazione sono generalmente realizzati con materiali d'apporto aventi resistenza uguale o maggiore a quella degli elementi collegati. Pertanto la resistenza di calcolo dei collegamenti a piena penetrazione si assume uguale alla resistenza di progetto del più debole tra gli elementi connessi. Una saldatura a piena penetrazione è caratterizzata dalla piena fusione del metallo di base attraverso tutto lo spessore dell'elemento da unire con il materiale di apporto.

Unioni con saldature a cordoni d'angolo

La resistenza di progetto, per unità di lunghezza, dei cordoni d'angolo si determina con riferimento all'altezza di gola "a", cioè all'altezza "a" del triangolo iscritto nella sezione trasversale del cordone. La lunghezza di calcolo L è quella intera del cordone, purché questo non abbia estremità palesemente mancanti o difettose.

Considerando la sezione di gola in posizione ribaltata, si indicano con n_{\perp} e con τ_{\perp} la tensione normale e la tensione tangenziale perpendicolari all'asse del cordone e $\tau_{//}$ la tensione tangenziale parallela al cordone.

La verifica dei cordoni d'angolo si effettua controllando che siano soddisfatte simultaneamente le due condizioni:

$$\sqrt{n_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} |n_{\perp}| + |\tau_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk}$$

dove f_{yk} è la tensione di snervamento caratteristica ed i coefficienti β_1 e β_2 sono dati in funzione del grado di acciaio.

6.3.4 Acciaio per barre filettate: bulloni classe 8.8

Le barre filettate e i bulloni nel caso in esame devono essere di classe 8.8; in riferimento al §11.3.4.6.1 delle NTC2018 si riportano le caratteristiche meccaniche indicate. Si specifica che f_{yb} è la tensione di snervamento delle barre filettate mentre f_{tb} è quella di rottura.

Classe	8.8
f_{yb}	640MPa
f_{tb}	800MPa

6.3.5 Nuove murature in blocchi di laterizio

Resistenza a compressione

Si assume una muratura composta da laterizi pieni, con $f_{bk} = 10MPa$, legati con malta (tipo M5).

Dalla tabella 11.10.VI delle NTC2018 si può stimare il valore della resistenza caratteristica a compressione della muratura.

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm ²	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	-

Si ottiene: $f_k = 4,70MPa$

Resistenza a taglio

Dalla tabella 11.10.VIII delle NTC2018 si può stimare il valore della resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali f_{vk0} .

Elementi per muratura	f_{v10} (N/mm ²)		
	Malta ordinaria di classe di resistenza data		Malta per strati sottili (giunto orizzontale $\geq 0,5$ mm e ≤ 3 mm)
Laterizio	M10 - M20	0,30	0,30*
	M2,5 - M9	0,20	
	M1 - M2	0,10	
Silicato di calcio	M10 - M20	0,20	0,20**
	M2,5 - M9	0,15	
	M1 - M2	0,10	
Calcestruzzo vibrocompresso Calcestruzzo areato autoclavato Pietra artificiale e pietra naturale a massello	M10 - M20	0,20	0,20**
	M2,5 - M9	0,15	
	M1 - M2	0,10	

Si assume $f_{vk0} = 0,20MPa$.

Moduli di elasticità

Per il modulo di elasticità normale si considera, come indicato nelle NTC2018:

$$E = 1000 \cdot f_k = 4700MPa$$

Per il modulo di elasticità tangenziale, come si legge nelle NTC2018, si considera:

$$G = 0,4 \cdot E = 1880MPa$$

6.3.6 Resine epossidiche

Le resine epossidiche dovranno essere scelte in base alle condizioni applicative, in particolare temperatura ambiente ed umidità relativa. Nelle stagioni fredde dovranno essere utilizzate resine che non cristallizzano e particolare cura dovrà essere rivolta al controllo dell'umidità del supporto.

6.4 Fattore di struttura

Trattandosi di un fabbricato esistente con struttura in muratura, la definizione del fattore di struttura verrà realizzata secondo quanto indicato nel §C8.5.5 della Circolare 7/2019 in si stabilisce che per le costruzioni non regolari in elevazione:

$$q = 2,00 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$$

In cui $\frac{\alpha_u}{\alpha_1}$, in assenza di più precise indicazioni potrà essere valutato pari a 1,50; si considera anche una riduzione del 25% per la non regolarità in elevazione del fabbricato. Pertanto:

$$q = 2,0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1} \cdot 0,75 = 2,0 \cdot 1,50 \cdot 0,75 = 2,25$$

6.5 Azione sismica

Considerando che l'edificio è a destinazione d'uso scolastica, si ritiene opportuno collocare la stessa all'interno della terza classe d'uso definita al §2.4.2 delle NTC2018 (ed in coerenza con il §C2.4.2 della Circolare 7/2019), dove si legge:

Classe III Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Inoltre, trattandosi di un'opera ordinaria, si assume una vita nominale di 50 anni.

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo, il sottoscritto non possiede alcuna informazione a riguardo, pertanto le analisi andranno condotte considerando una categoria di sottosuolo di categoria C.

Si assume una categoria topografica T1 in quanto non si sono riscontrati pendii nelle zone circostanti.

Stati limite di riferimento

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Nel caso di edifici esistenti ci si limita solo alle verifiche agli SLU, e quindi come proposto nel §8.3 delle NTC2018 si fa riferimento allo SLV. Per quanto riguarda gli SLE le analisi sono state condotte allo SLD.

Il parametro caratterizzante la pericolosità sismica è il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissate la vita di riferimento V_R e P_{VR} il periodo di ritorno T_R è esprimibile mediante l'espressione (vedi allegato A alle norme tecniche per le costruzioni: pericolosità sismica):

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In base a quanto detto è possibile riassumere i parametri dello spettro di risposta allo SLV con la seguente tabella:

PARAMETRI INDIPENDENTI	
<i>Stato limite</i>	SLV
<i>T_R (anni)</i>	475
<i>a_g (suolo A)</i>	0,144g
<i>F_0</i>	2,454
<i>T^*_c</i>	0,272s
<i>S_S</i>	1,488
<i>S_T</i>	1,000

Si riportano le immagini dello spettro di risposta ai vari stati limite.

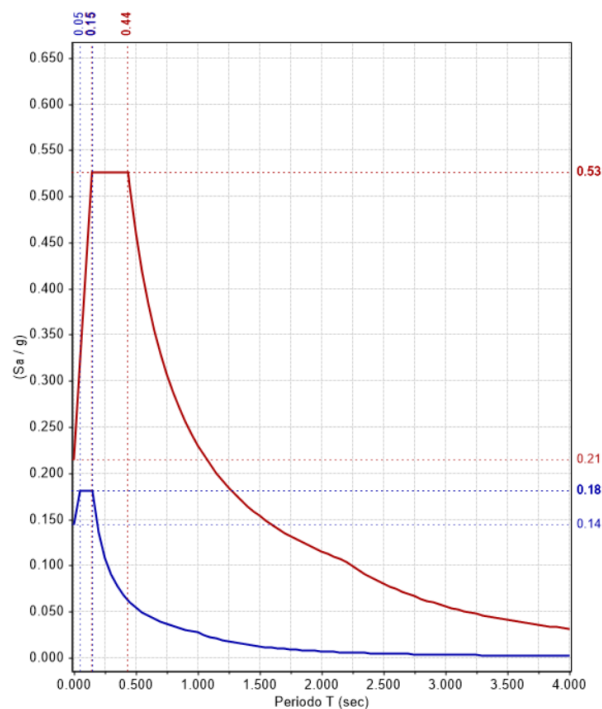


Immagine 19 Spettro di risposta allo SLV elastico ($q=1,00$), componente verticale e orizzontale

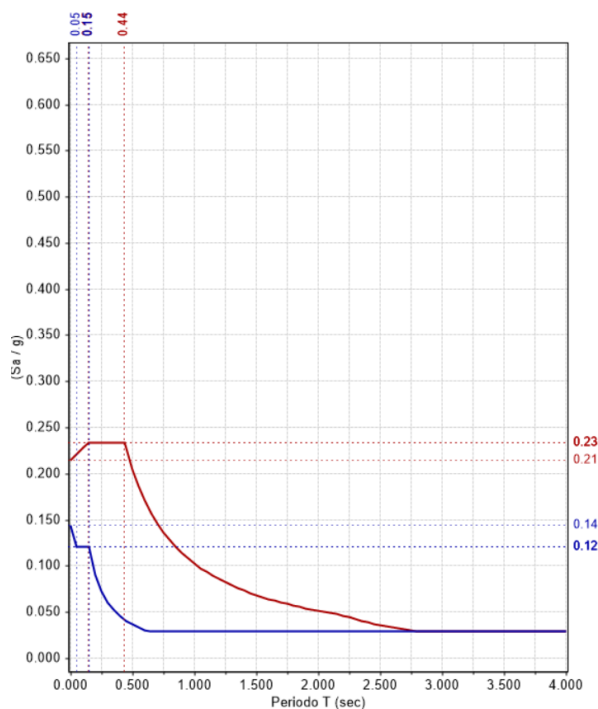


Immagine 20 Spettro di risposta allo SLV con fattore di struttura, componente verticale e orizzontale

7 Note esplicative riguardo la tipologia di intervento

L'edificio dovrà essere soggetto a interventi di ***“miglioramento sismico”***, così come definiti al § 8.4.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Le operazioni di consolidamento prescritte, ricadono nel caso di ***interventi di miglioramento sismico*** in quanto perseguono l'obiettivo di incrementare la sicurezza strutturale dell'intera opera, in modo da accrescere le capacità resistenti di ciascun componente strutturale oltre che della struttura nel suo insieme. Gli accorgimenti progettuali previsti saranno inoltre volti a ridurre sensibilmente la vulnerabilità sismica dell'intero corpo strutturale attraverso l'eliminazione di alcune criticità intrinseche, nel rispetto del funzionamento strutturale originario accertato del manufatto. Le valutazioni eseguite propongono metodi di analisi di tipo locale e analisi di tipo globale, in modo da definire il livello di sicurezza sismica del manufatto nel suo complesso.

Tale tipologia di intervento è definita al §8.4.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) e nel §C8.4.2 della Circolare 7/2019.

Nelle NTC2018 si definisce come nel seguito il miglioramento sismico:

“La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme. Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ζ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.”

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno $\zeta_E = 1,0$ ".

Nella Circolare 7/2019 si definisce come nel seguito l'intervento di miglioramento sismico:

"L'intervento di miglioramento è finalizzato a conseguire un aumento della sicurezza della costruzione.

In questa categoria ricadono tutti gli interventi che, pur non rientrando nella categoria dell'adeguamento, possono determinare modifiche, anche significative, del comportamento strutturale locale o globale operando o variazioni di rigidità, resistenza o capacità deformativa di singoli elementi o di porzioni della struttura, o introducendo nuovi elementi strutturali. Ciò può avvenire, ad esempio, impegnando maggiormente gli elementi più resistenti, riducendo le irregolarità in pianta e in elevazione, eliminando i meccanismi di collasso locali o trasformandoli da fragili in duttili.

L'intervento di miglioramento può essere effettuato nei confronti anche soltanto di alcune categorie di azioni quali, indicativamente ma non esaustivamente, le azioni del vento, le azioni sismiche, le azioni gravitazionali, fermi restando gli obblighi indicati al § C.8.3.

Come specificato nel § 8.3 delle NTC, per questa categoria di interventi la valutazione della sicurezza è obbligatoria e finalizzata a determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, cui la struttura può resistere con il grado di sicurezza richiesto. Essa riguarderà necessariamente, oltre ai possibili meccanismi locali, la struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E definito dalle NTC e introdotto al § C.8.3 può essere minore dell'unità; in particolare, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E a seguito degli interventi di miglioramento deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ζ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel miglioramento mediante l'impiego di isolatori sismici, si deve garantire che la sottostruttura si mantenga in campo sostanzialmente elastico; per la verifica del solo sistema di isolamento, il valore di ζ_E deve essere assunto almeno pari a 1,0. Inoltre, nel valutare la domanda di spostamento nei dispositivi e nei giunti sismici, il periodo proprio fondamentale del sistema isolato deve essere determinato tenendo conto opportunamente dell'elongazione del periodo proprio della sovrastruttura a seguito delle eventuali plasticizzazioni al valore di ζ_E ad essa attribuito".

8 Analisi statica

E' stato condotto un modello in cui si sono effettuate le verifiche alla combinazione statica agli Stati Limite Ultimi ai sensi del §2.5.3 delle NTC:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q1} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k1} + \dots$$

Si specifica che l'output del modello di calcolo sarà riportato nel fascicolo dei calcoli allegati al presente progetto.

8.1 Stato attuale

8.1.1 Strutture verticali

Si illustrano nel seguito le verifiche condotte in condizione statica agli Stati Limite; si precisa che per un maggiore dettaglio circa i risultati ottenuti si rimanda ai Tabulati di calcoli allegati alla presente documentazione. Si precisa che le analisi condotte ai sensi del §4.5 delle NTC2018 includono le seguenti verifiche:

- Pressoflessione complanare
- Taglio scorrimento
- Taglio diagonale
- Pressoflessione fuori dal piano

Si mostrano i tabulati che sintetizzano i coefficienti di sicurezza ottenuti con il software PCM2019.

Analisi Statica Lineare, NON Sismica (D.M.17.1.2018)		
Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5]		
Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura		
SLU di salvaguardia della Vita (SLV)		
Verifica di Resistenza (RES)		
CCC 1 / 7		
Pressofless. complanare [§4.5.6]	0.030	84.6%
Taglio scorrimento [§4.5.6]	2.295	100%
Taglio fessuraz. diag. [§4.5.6]	0.605	87.5%
Pressofless. ortogonale (da modello 3D)	4.443	100%
Pressofless. ortog. [§4.5.6.2]		

8.2 Stato di progetto

8.2.1 Strutture verticali

Si illustrano nel seguito le verifiche condotte in condizione statica agli Stati Limite; si precisa che per un maggiore dettaglio circa i risultati ottenuti si rimanda ai Tabulati di calcoli allegati alla presente documentazione. Si precisa che le analisi condotte ai sensi del §4.5 delle NTC2018 includono le seguenti verifiche:

- Pressoflessione complanare
- Taglio scorrimento
- Taglio diagonale
- Pressoflessione fuori dal piano

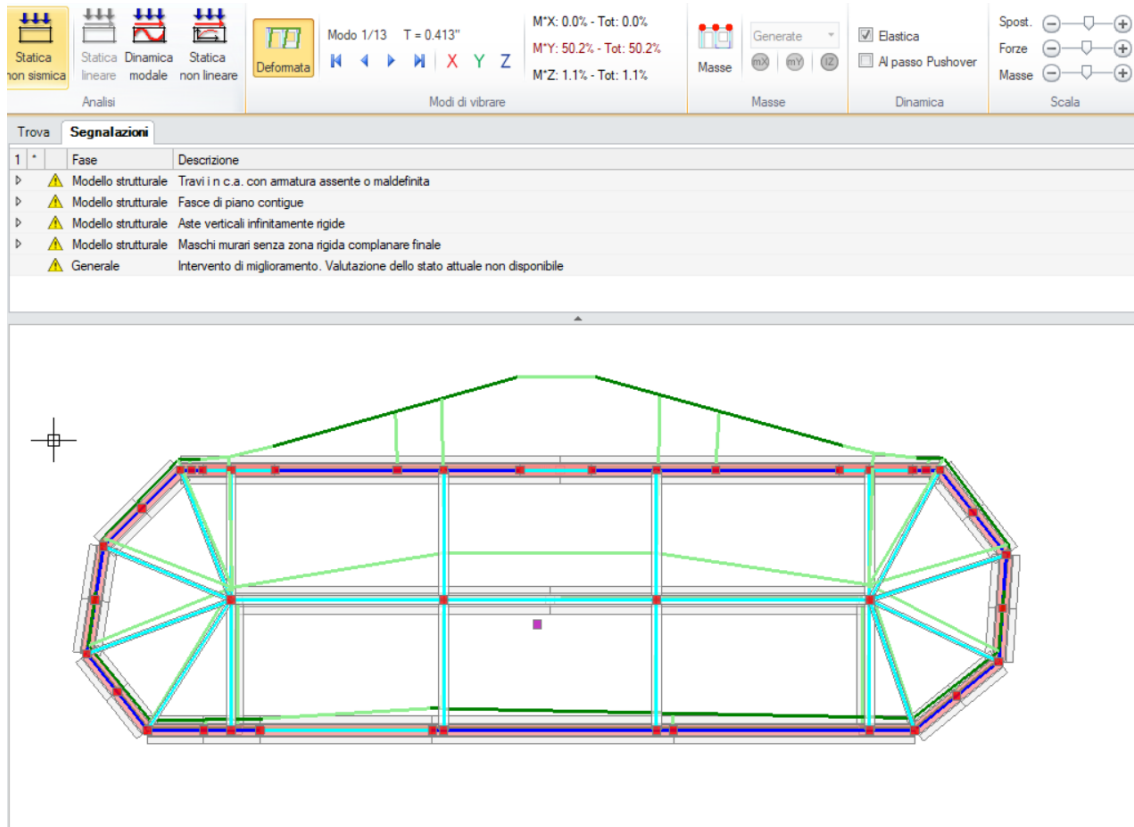
Si mostrano i tabulati che sintetizzano i coefficienti di sicurezza ottenuti con il software PCM2019.

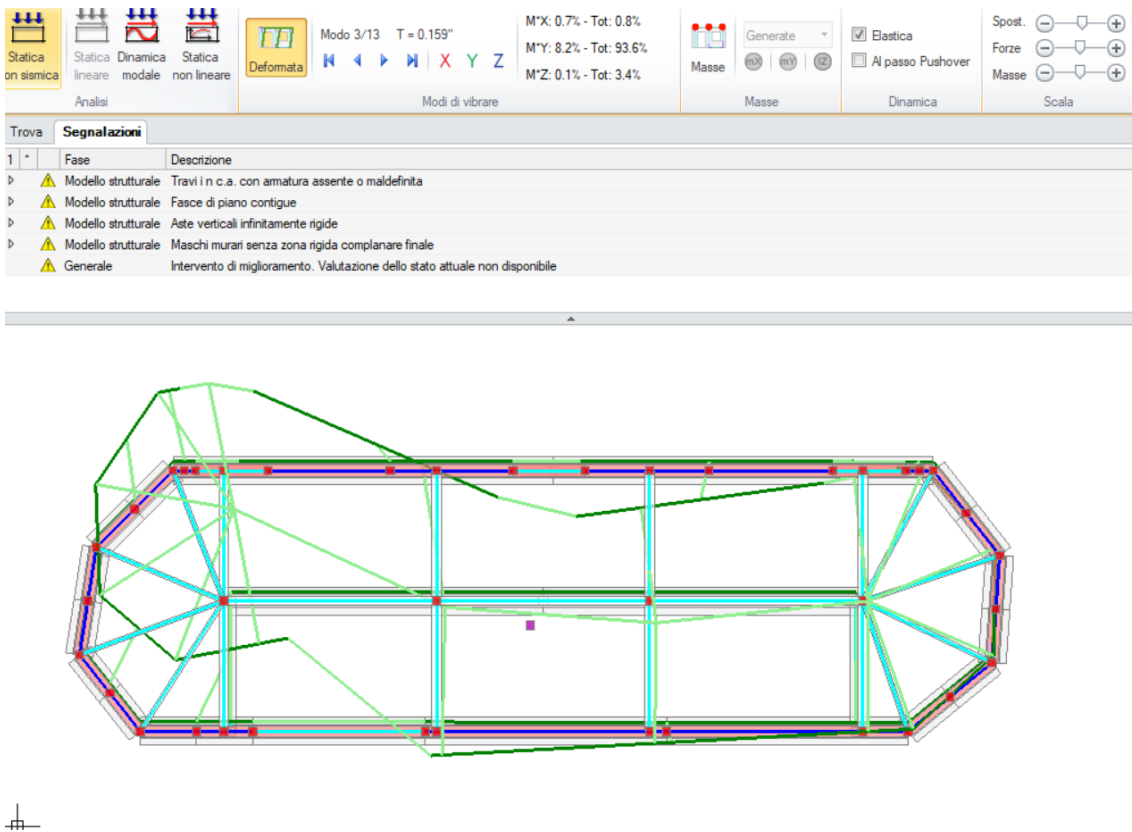
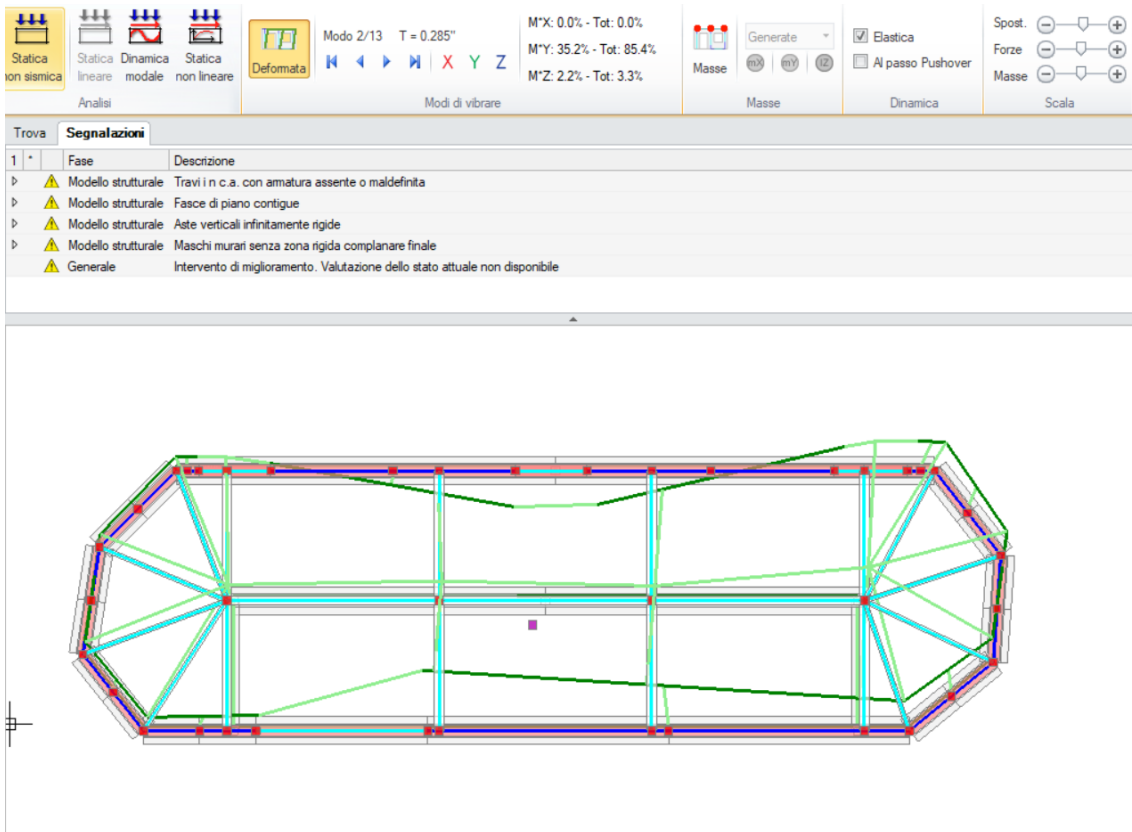
Analisi Statica Lineare, NON Sismica (D.M.17.1.2018)		
Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5]		
Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura		
SLU di salvaguardia della Vita (SLV)		
Verifica di Resistenza (RES)		
CCC 1 / 7		
Pressofless. complanare [§4.5.6]	1.327	100%
Taglio scorrimento [§4.5.6]	1.523	100%
Taglio fessuraz. diag. [§4.5.6]	1.033	100%
Pressofless. ortogonale (da modello 3D)	6.082	100%
Pressofless. ortog. [§4.5.6.2]		

9 Analisi modale

9.1 Stato attuale

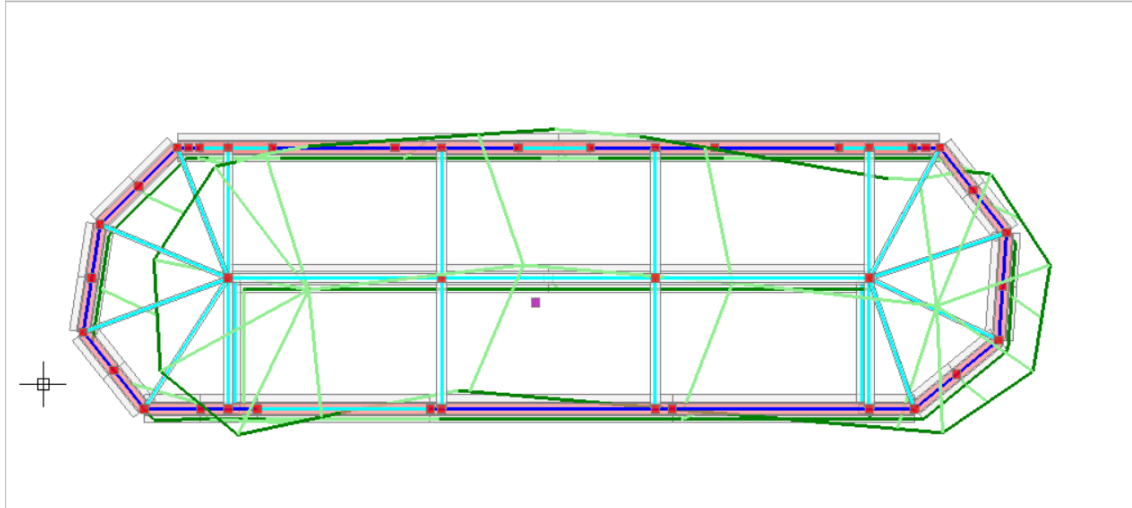
Si riportano i risultati ottenuti dalla analisi modale condotta per determinare i periodi che caratterizzano la struttura.





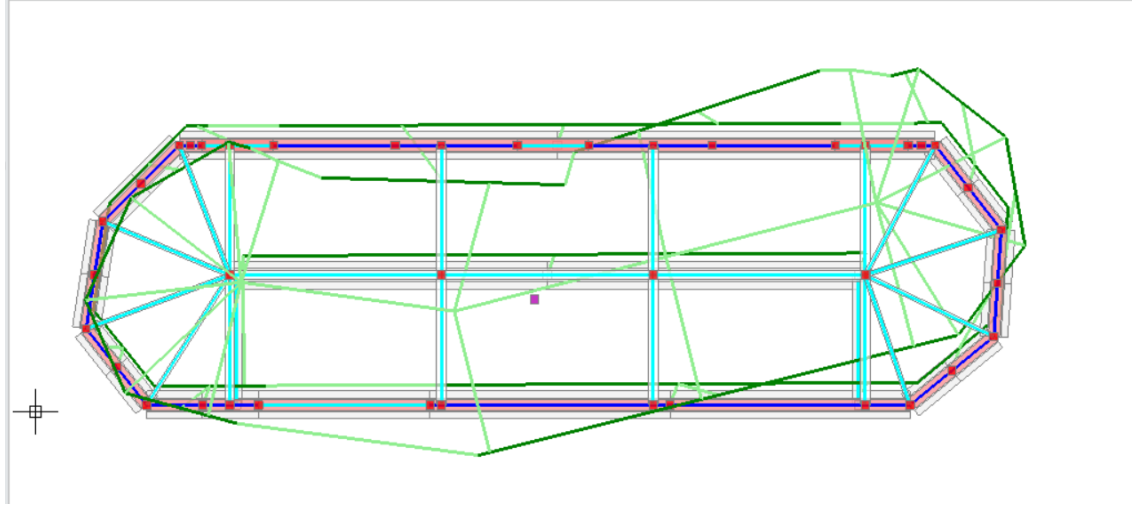
Statica non sismica
Statica lineare
Dinamica modale
Statica non lineare
Defomata
Modo 4/13 T = 0.117"
M*X: 70.1% - Tot: 70.9%
M*Y: 1.5% - Tot: 95.1%
M*Z: 0.0% - Tot: 3.4%
Generare
Elastica
Al passo Pushover
Spot.
Forze
Masse

Trova		Segnalazioni
1	Fase	Descrizione
>	Modello strutturale	Travi i n c.a. con armatura assente o maldefinita
>	Modello strutturale	Fasce di piano contigue
>	Modello strutturale	Aste verticali infinitamente rigide
>	Modello strutturale	Maschi murari senza zona rigida complanare finale
>	Generale	Intervento di miglioramento. Valutazione dello stato attuale non disponibile



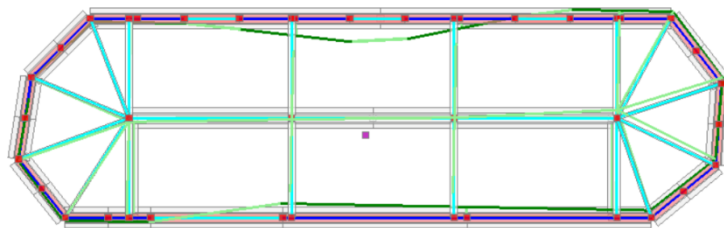
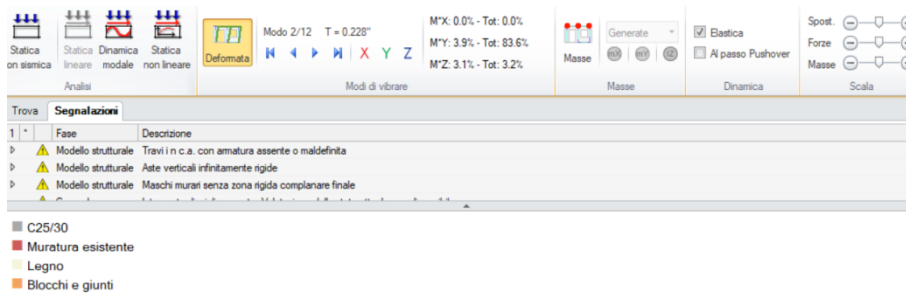
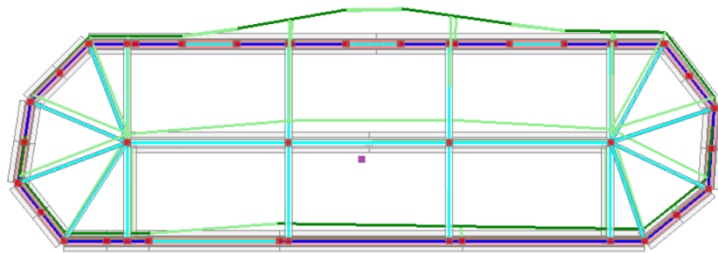
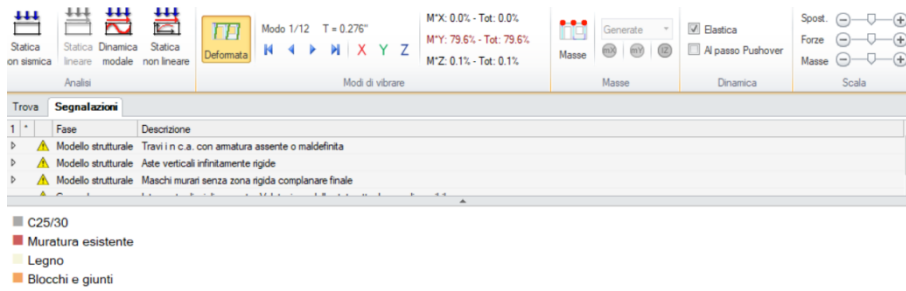
Statica non sismica
Statica lineare
Dinamica modale
Statica non lineare
Defomata
Modo 5/13 T = 0.096"
M*X: 15.5% - Tot: 86.4%
M*Y: 2.2% - Tot: 97.3%
M*Z: 0.5% - Tot: 3.9%
Generare
Elastica
Al passo Pushover
Spot.
Forze
Masse

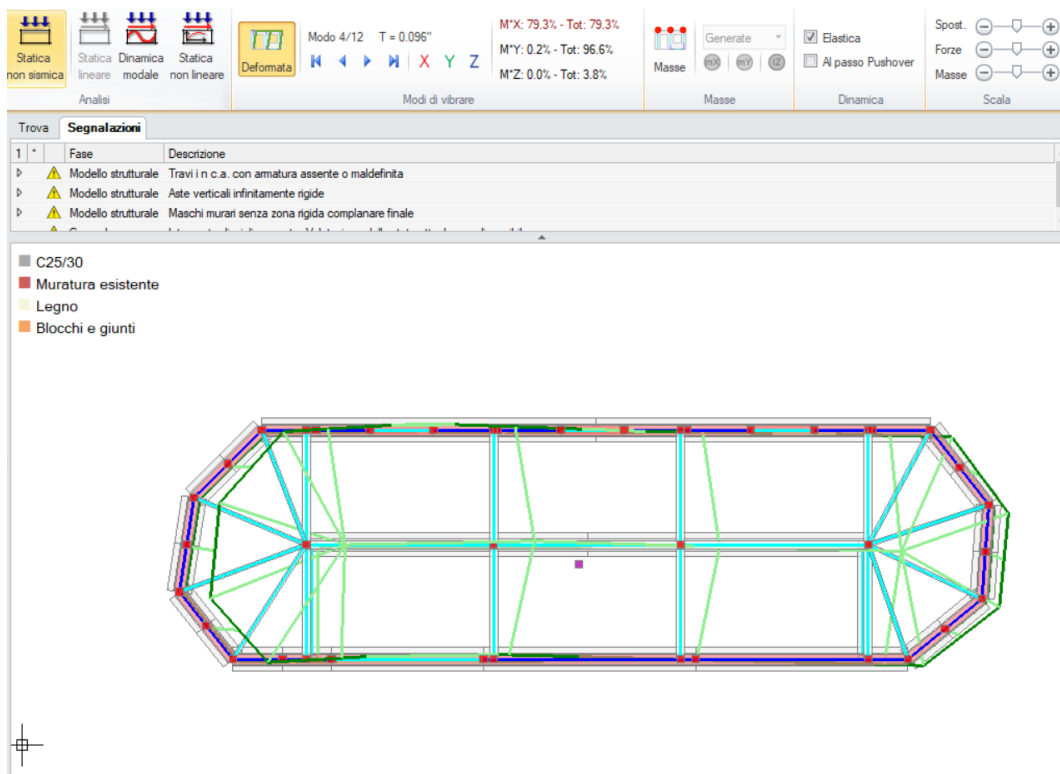
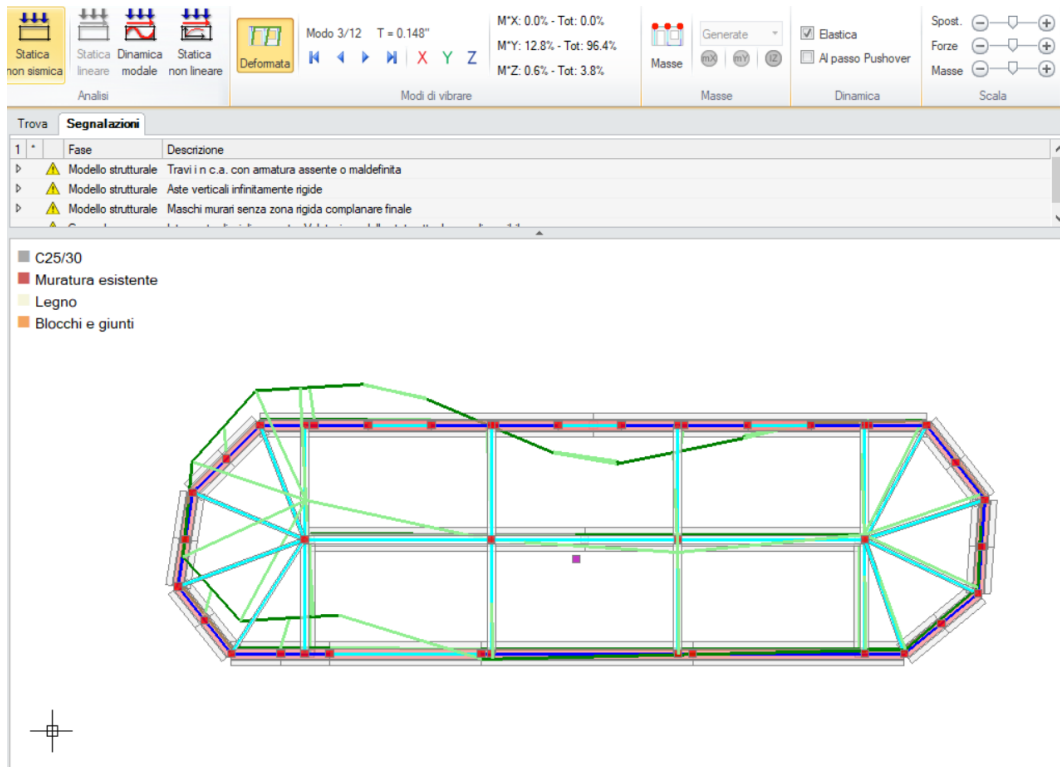
Trova		Segnalazioni
1	Fase	Descrizione
>	Modello strutturale	Travi i n c.a. con armatura assente o maldefinita
>	Modello strutturale	Fasce di piano contigue
>	Modello strutturale	Aste verticali infinitamente rigide
>	Modello strutturale	Maschi murari senza zona rigida complanare finale
>	Generale	Intervento di miglioramento. Valutazione dello stato attuale non disponibile

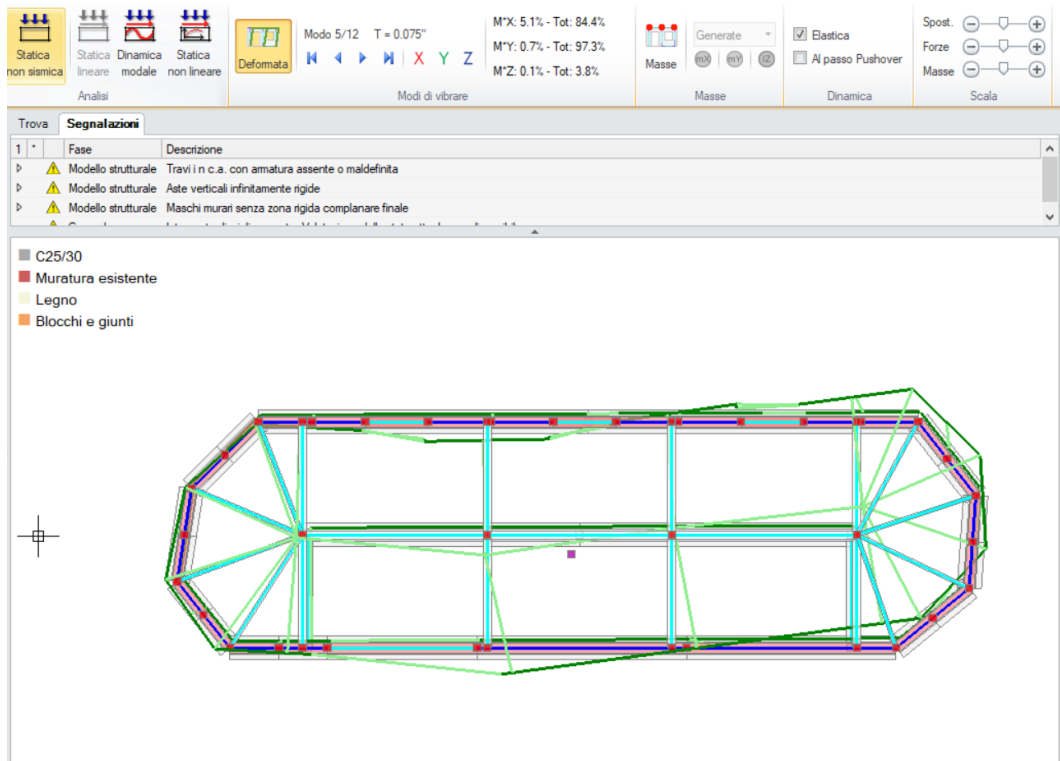


9.2 Stato di progetto

Si riportano i risultati ottenuti dalla analisi modale condotta per determinare i periodi che caratterizzano la struttura.







10 Analisi dinamica modale

10.1 Stato attuale

Si è deciso per il caso in esame di condurre l'analisi dinamica lineare ai sensi del §7.3.3.1 delle NTC2008; tale metodo è utilizzabile purché venga raggiunta una massa partecipante totale superiore all'85%. Il riferimento normativo per l'analisi dei fabbricati esistenti è il C8.7.2.4 della Circolare 617/2009 in cui viene concesso l'utilizzo della analisi dinamica modale con spettro di risposta.

Si illustrano nel seguito le verifiche condotte con l'Analisi Dinamica Modale; si precisa che per un maggiore dettaglio circa i risultati ottenuti si rimanda ai Tabulati di calcoli allegati alla presente documentazione. Si precisa che le analisi condotte ai sensi delle NTC2019 includono le verifiche di Pressoflessione fuori dal piano.

Riassunto

Si mostrano i tabulati che sintetizzano i coefficienti di sicurezza ottenuti con il software PCM2019.

Verifiche allo SLV

Analisi Sismica, Dinamica Modale (D.M.17.1.2018)- Miglioramento

Analisi Sismica Dinamica Modale [§7.8.1.5.3]
Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura

SLU di salvaguardia della Vita (SLV)
Verifica di Resistenza (RES)
Ed. esistente, CU II: obbligatoria

Pressofless. ortog. (da modello 3D) [§7.8.2.2.3]

Pressofless. ortog. [§7.2.3, §7.8.2.2.3] **0.883** **66.7%**

Confronto fra Capacita' e Domanda - Indicatori di rischio
Valore obiettivo di (zeta,E) = 0.600

VN = 50 anni, PGA,DLV = 0.123 g - TR,DLV = 475 anni - P,VR, DLV = 10 %

Indicatori di rischio (zeta,E),SLV

PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)	PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)
0.189	502	13.883	0.883	0.705	35

Verifica di Resistenza fuori piano

10.2 Stato di progetto

Si è deciso per il caso in esame di condurre l'analisi dinamica lineare ai sensi del §7.3.3.1 delle NTC2008; tale metodo è utilizzabile purché venga raggiunta una massa partecipante totale superiore all'85%. Il riferimento normativo per l'analisi dei fabbricati esistenti è il C8.7.2.4 della Circolare 617/2009 in cui viene concesso l'utilizzo della analisi dinamica modale con spettro di risposta.

Si illustrano nel seguito le verifiche condotte con l'Analisi Dinamica Modale; si precisa che per un maggiore dettaglio circa i risultati ottenuti si rimanda ai Tabulati di calcoli allegati alla presente documentazione. Si precisa che le analisi condotte ai sensi delle NTC2018 includono le verifiche di Pressoflessione fuori dal piano.

Riassunto

Si mostrano i tabulati che sintetizzano i coefficienti di sicurezza ottenuti con il software PCM2019.

Verifiche allo SLV

Analisi Sismica, Dinamica Modale (D.M.17.1.2018)- Adeguamento

Analisi Sismica Dinamica Modale [§7.8.1.5.3] Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura	Confronto fra Capacità e Domanda - Indicatori di rischio Valore obiettivo di (zeta,E) = 0.100						
SLU di salvaguardia della Vita (SLV) Verifica di Resistenza (RES) Ed.esistente, CU II: obbligatoria	VN = 50 anni, PGA,DLV = 0.123 g - TR,DLV = 475 anni - P,VR, DLV = 10 % Indicatori di rischio (zeta,E),SLV						
	<table border="1"><tr><td>PGA,CLV (g)</td><td>TR,CLV (anni)</td><td>PVR,CLV (%)</td><td>PGA,CLV / PGA,DLV</td><td>TR,CLV / TR,DLV</td><td>VN,CLV (anni)</td></tr></table>	PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)	PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)
PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)	PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)		
Pressofless. ortog. (da modello 3D) [§7.8.2.2.3]	} =	Verifica di Resistenza fuori piano					
Pressofless. ortog. [§7.2.3, §7.8.2.2.3]		0.262	1492	4.904	1.224	2.096	105

11 Analisi statica non lineare

11.1 Stato attuale

Si è deciso per il caso in esame di condurre l'analisi statica non lineare delle NTC2018 per determinare il livello di sicurezza sismico nei confronti delle azioni agenti nel piano dei pannelli murari. Tale metodo di calcolo permette, oltre alla determinazione dei livelli di sicurezza, di stabilire il reale fattore di struttura della costruzione. Si illustrano nel seguito le verifiche condotte; si precisa che per un maggiore dettaglio circa i risultati ottenuti si rimanda ai Tabulati di calcoli allegati alla presente documentazione.

Si precisa che le analisi condotte includono le seguenti verifiche: pressoflessione complanare, taglio scorrimento e taglio diagonale.

Riassunto

Si mostrano i tabulati che sintetizzano i coefficienti di sicurezza ottenuti con il software PCM2019.

N° curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	ζ,PGA(SLV)	ζ,TR(SLV)	VN,CLV
1	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'				L2	1.393	3.476	174
2	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'			±	L2	1.393	3.476	174
3	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'	+0.3Y'			L2	0.771	0.493	25
4	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'	+0.3Y'		±	L2	0.785	0.515	26
5	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'	-0.3Y'			L2	0.883	0.698	35
6	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'	-0.3Y'		±	L2	0.883	0.697	35
7	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'				L2	0.832	0.597	30
8	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'			±	L2	0.832	0.597	30
9	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'	+0.3X'			L2	0.832	0.597	30
10	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'	+0.3X'		±	L2	0.832	0.597	30
11	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'	-0.3X'			L2	0.832	0.597	30
12	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'	-0.3X'		±	L2	0.832	0.597	30
13	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'				L2	1.393	3.476	174
14	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'			±	L2	1.393	3.476	174
15	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'	+0.3Y'			L2	1.164	1.698	85
16	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'	+0.3Y'		±	L2	1.164	1.698	85
17	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'	-0.3Y'			L2	1.393	3.476	174
18	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'	-0.3Y'		±	L2	0.986	0.945	47
19	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'				L2	0.883	0.690	34
20	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'			±	L2	0.822	0.580	29
21	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'	+0.3X'			L2	0.883	0.705	35
22	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'	+0.3X'		±	L2	0.883	0.705	35
23	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'	-0.3X'			L2	0.808	0.562	28
24	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'	-0.3X'		±	L2	0.808	0.562	28
25	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'				L2	1.393	3.476	174
26	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'			±	L2	1.393	3.476	174
27	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'	+0.3Y'			L2	0.771	0.504	25
28	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'	+0.3Y'		±	L2	0.785	0.515	26
29	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'	-0.3Y'			L2	0.799	0.538	27
30	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'	-0.3Y'		±	L2	0.883	0.705	35
31	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'				L2	0.832	0.597	30
32	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'			±	L2	0.832	0.597	30
33	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'	+0.3X'			L2	0.832	0.597	30
34	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'	+0.3X'		±	L2	0.832	0.597	30
35	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'	-0.3X'			L2	0.832	0.597	30
36	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'	-0.3X'		±	L2	0.832	0.597	30
37	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'				L2	1.393	3.476	174
38	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'			±	L2	1.393	3.476	174
39	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'	+0.3Y'			L2	1.140	1.549	77
40	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'	+0.3Y'		±	L2	1.173	1.761	88
41	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'	-0.3Y'			L2	1.393	3.476	174
42	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'	-0.3Y'		±	L2	1.393	3.476	174
43	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'				L2	0.883	0.690	34
44	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'			±	L2	0.822	0.580	29
45	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'	+0.3X'			L2	0.883	0.705	35
46	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'	+0.3X'		±	L2	0.883	0.705	35
47	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'	-0.3X'			L2	0.808	0.562	28
48	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'	-0.3X'		±	L2	0.808	0.562	28

11.2 Stato di progetto

Si è deciso per il caso in esame di condurre l'analisi statica non lineare delle NTC2018 per determinare il livello di sicurezza sismico nei confronti delle azioni agenti nel piano dei pannelli murari. Tale metodo di calcolo permette, oltre alla determinazione dei livelli di sicurezza, di stabilire il reale fattore di struttura della costruzione. Si illustrano nel seguito le verifiche condotte; si precisa che per un maggiore dettaglio circa i risultati ottenuti si rimanda ai Tabulati di calcoli allegati alla presente documentazione.

Si precisa che le analisi condotte includono le seguenti verifiche: pressoflessione complanare, taglio scorrimento e taglio diagonale.

Riassunto

Si mostrano i tabulati che sintetizzano i coefficienti di sicurezza ottenuti con il software PCM2019.

N°curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	ζ ,PGA(SLV)	ζ ,TR(SLV)	VN,CLV
1	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'				L2	1.393	3.476	174
2	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'			±	L2	1.393	3.476	174
3	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'	+0.3Y'			L2	1.393	3.476	174
4	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'	+0.3Y'		±	L2	1.393	3.476	174
5	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'	-0.3Y'			L2	0.972	0.904	45
6	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'	-0.3Y'		±	L2	0.972	0.904	45
7	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'				L2	0.743	0.461	23
8	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'			±	L2	0.743	0.461	23
9	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'	+0.3X'			L2	0.757	0.472	24
10	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'	+0.3X'		±	L2	0.757	0.472	24
11	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'	-0.3X'			L2	0.757	0.472	24
12	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'	-0.3X'		±	L2	0.757	0.472	24
13	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'				L2	1.393	3.476	174
14	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'			±	L2	1.393	3.476	174
15	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'	+0.3Y'			L2	1.393	3.476	174
16	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'	+0.3Y'		±	L2	1.393	3.476	174
17	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'	-0.3Y'			L2	1.192	1.857	93
18	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'	-0.3Y'		±	L2	1.182	1.801	90
19	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'				L2	0.710	0.410	21
20	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'			±	L2	0.710	0.410	21
21	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'	+0.3X'			L2	0.710	0.410	21
22	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'	+0.3X'		±	L2	0.710	0.410	21
23	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'	-0.3X'			L2	0.710	0.410	21
24	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'	-0.3X'		±	L2	0.925	0.784	39
25	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'				L2	1.393	3.476	174
26	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'			±	L2	1.393	3.476	174
27	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'	+0.3Y'			L2	1.393	3.476	174
28	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'	+0.3Y'		±	L2	1.393	3.476	174
29	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'	-0.3Y'			L2	0.972	0.904	45
30	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'	-0.3Y'		±	L2	0.972	0.904	45
31	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'				L2	0.738	0.451	23
32	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'			±	L2	0.738	0.451	23
33	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'	+0.3X'			L2	0.743	0.461	23
34	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'	+0.3X'		±	L2	0.757	0.472	24
35	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'	-0.3X'			L2	0.743	0.461	23
36	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'	-0.3X'		±	L2	0.743	0.461	23
37	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'				L2	1.393	3.476	174
38	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'			±	L2	1.393	3.476	174
39	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'	+0.3Y'			L2	1.393	3.476	174
40	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'	+0.3Y'		±	L2	1.393	3.476	174
41	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'	-0.3Y'			L2	1.206	1.923	96
42	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'	-0.3Y'		±	L2	1.192	1.865	93
43	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'				L2	0.710	0.410	21
44	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'			±	L2	0.710	0.410	21
45	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'	+0.3X'			L2	0.710	0.410	21
46	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'	+0.3X'		±	L2	0.710	0.410	21
47	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'	-0.3X'			L2	0.710	0.410	21
48	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'	-0.3X'		±	L2	0.916	0.768	38

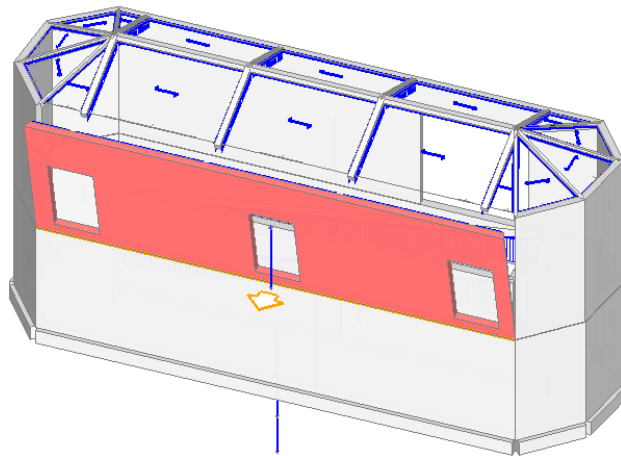
12 Verifiche dei cinematismi

Nella presente trattazione verranno verificati singolarmente i cinematismi considerati sulla unità strutturale in questione. Nel presente paragrafo verranno trattati i cinematismi calcolati con il software PCM 2019 della Aedes; tale programma di calcolo è stato impiegato per più finalità trattate nel presente progetto: nello specifico sono stati redatti due modelli di calcolo in cui sono stati verificati i cinematismi nella condizione ante e post operam. Il livello interrato è escluso dalla analisi in quanto non può subire ribaltamenti in ragione della presenza del terreno circostante che potrebbe offrire resistenza passiva.

12.1.1 Cinematismi ante operam

Nel seguito si mostra il riassunto delle verifiche con amplificazione dello spostamento del meccanismo considerato per chiarire l'analisi condotta:

01. Cinematismo
 Ribaltamento semplice
 $\alpha_0 = 0.047$
 ■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.055 / 0.214 = 0.257$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 37 / 712 = 0.052$



1) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [1] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
16.520	10.099	4.500	0.283	1.200	1.350	

V = volume dei corpi partecipanti al meccanismo

H = altezza della struttura rispetto alla fondazione

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

T1 = primo periodo di vibrazione

γ = Coefficiente di partecipazione modale

FC = fattore di confidenza

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

Asse di rotazione [1] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)	Coord. punto finale (m)	Arretr.	K	N	fd	a
X Y Z	X Y Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
17.157 5.869 4.000	0.728 5.869 4.000	0.000	0.000	249.37	0.000	16.428

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	8.948	5.746	6.558	0.00	0.00	-247.79	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	4.150	5.619	8.818	0.00	0.00	-0.49	0.00	0.00	-0.34	0.00
3	da solaio	8.720	5.619	8.818	0.00	0.00	-0.49	0.00	0.00	-0.34	0.00

4	da solaio	13.294	5.619	8.818	0.00	0.00	-0.49	0.00	0.00	-0.34	0.00
5	da solaio	16.328	5.619	8.818	0.00	0.00	-0.07	0.00	0.00	-0.05	0.00
6	da solaio	1.323	5.619	8.818	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.00	-0.03	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 [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	-247.79	0.00	247.79	247.79	0.000	2.558	0.122	-30.262	633.970	30.262
2	0.00	0.00	-0.49	0.00	0.49	0.49	0.000	4.818	0.248	-0.121	2.350	0.121
3	0.00	0.00	-0.49	0.00	0.49	0.49	0.000	4.818	0.248	-0.121	2.350	0.121
4	0.00	0.00	-0.49	0.00	0.49	0.49	0.000	4.818	0.248	-0.121	2.355	0.121
5	0.00	0.00	-0.07	0.00	0.07	0.07	0.000	4.818	0.248	-0.016	0.320	0.016
6	0.00	0.00	-0.04	0.00	0.04	0.04	0.000	4.818	0.248	-0.011	0.210	0.011

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)
0.047	25306	0.995	0.035

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 $\zeta,E = 0.600$

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
0.107	0.141	0.141	0.055	37	3	0.257	0.052

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

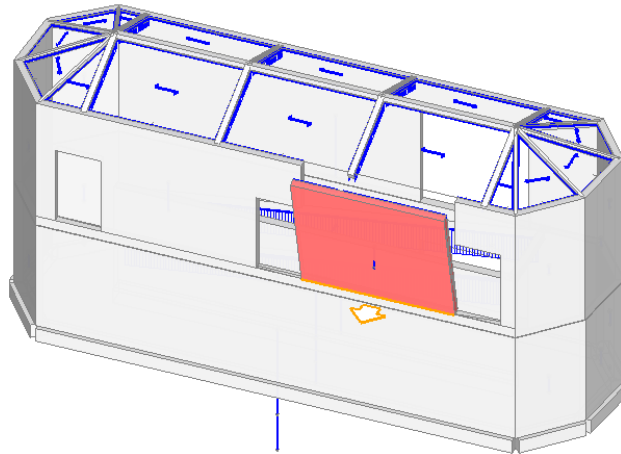
VN,CLV = capacità in termini di Vita Nominale per SLV

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

Nel seguito si mostra il riassunto delle verifiche con amplificazione dello spostamento del meccanismo considerato per chiarire l'analisi condotta:

02. Cinematismo
 Ribaltamento semplice
 $\alpha_g = 0.054$
 ■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.057 / 0.214 = 0.266$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 40 / 712 = 0.056$



2) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [2) Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
5.918	10.099	4.850	0.283	1.200	1.350	

V = volume dei corpi partecipanti al meccanismo

H = altezza della struttura rispetto alla fondazione

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

T1 = primo periodo di vibrazione

γ = Coefficiente di partecipazione modale

FC = fattore di confidenza

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

Asse di rotazione [2) Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
8.068	5.869	4.350	2.808	5.869	4.350	0.000	0.000	0.00	0.000	5.260

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	5.438	5.746	6.600	0.00	0.00	-88.76	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	4.571	5.619	8.818	0.00	0.00	-0.39	0.00	0.00	-0.27	0.00
3	da solaio	7.301	5.619	8.818	0.00	0.00	-0.17	0.00	0.00	-0.12	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	-88.76	0.00	88.76	88.76	0.000	2.250	0.123	-10.884	199.721	10.884
2	0.00	0.00	-0.39	0.00	0.39	0.39	0.000	4.468	0.248	-0.098	1.758	0.098
3	0.00	0.00	-0.17	0.00	0.17	0.17	0.000	4.468	0.248	-0.042	0.764	0.042

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]

$\alpha 0$	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.054	9054	0.994	0.040

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

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.600$

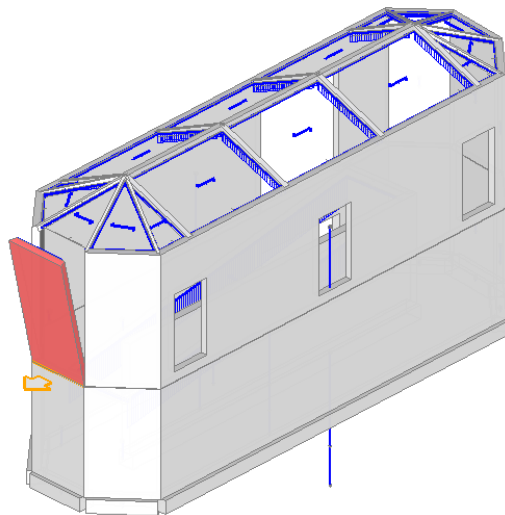
SLV: Verifiche di sicurezza [2] Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.107	0.152	0.152	0.057	40	3	0.266	0.056

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

Nel seguito si mostra il riassunto delle verifiche con amplificazione dello spostamento del meccanismo considerato per chiarire l'analisi condotta:

04. Cinematismo
 Ribaltamento semplice
 $\alpha_0 = 0.050$
 ■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.057 / 0.214 = 0.266$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 40 / 712 = 0.056$



3) Cinematismo

Ribaltamento semplice
 Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [3] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m^3)	(m)	(m)	(sec)			
2.828	10.099	4.500	0.283	1.200	1.350	

V = volume dei corpi partecipanti al meccanismo
 H = altezza della struttura rispetto alla fondazione
 Z = altezza rispetto alla fondazione del baricentro delle linee di vincolo tra i corpi del meccanismo ed il resto della struttura

T1 = primo periodo di vibrazione
 γ = Coefficiente di partecipazione modale
 FC = fattore di confidenza
 SLD = X indica che è richiesta la verifica di sicurezza per SLD

Asse di rotazione [3] 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)
16.597	0.025	4.000	18.481	1.562	4.000	0.000	0.000	0.00	0.000	2.431

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	17.457	0.886	6.425	0.00	0.00	-42.42	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	17.371	0.979	8.818	0.00	0.00	-0.25	0.00	0.00	-0.17	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	-42.42	26.81	-32.87	42.42	1.533	-1.879	0.122	-5.176	102.866	5.176
2	0.00	0.00	-0.25	0.16	-0.19	0.25	3.045	-3.734	0.248	-0.062	1.200	0.062

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)
0.050	4327	0.994	0.037

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 $\zeta,E = 0.600$

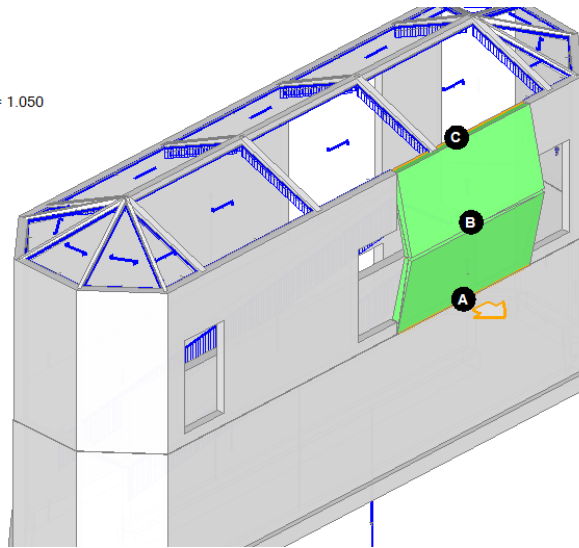
SLV: Verifiche di sicurezza [3] Cinematismo]

a1*	a2*	a*	PGA	TR	VN	PGA,CLV	TR,CLV
(g)	(g)	(g)	CLV	CLV	CLV	/PGA,DLV	/TR,DLV
0.107	0.141	0.141	0.057	40	3	0.266	0.056

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

Nel seguito si mostra il riassunto delle verifiche con amplificazione dello spostamento del meccanismo considerato per chiarire l'analisi condotta:

04. Cinematismo
 Flessione di parete vincolata ai bordi
 $\alpha_0 = 0.198$
 ■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.225 / 0.214 = 1.050$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 855 / 712 = 1.201$



4) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [4) Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
2.792	10.099	4.500	0.283	1.200	1.350	

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

Asse di rotazione [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)
18.481	1.562	4.000	18.651	3.960	4.000	0.000	0.000	0.00	0.000	2.405

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	18.443	2.773	6.425	0.00	0.00	-41.88	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	18.316	2.780	8.818	0.00	0.00	-0.24	0.00	0.00	-0.17	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	-41.88	41.77	-2.95	41.88	2.419	-0.171	0.122	-5.106	101.548	

2	0.00	0.00	-0.24	0.24	-0.02	0.24	4.806	-0.340	0.248	-0.060	1.168
---	------	------	-------	------	-------	------	-------	--------	-------	--------	-------

0.060|

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)
-----	-----	-----	-----
0.050	4271	0.995	0.037

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

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.600$

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
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.107	0.141	0.141	0.057	40	3	0.266	0.056

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

5) Cinematismo

Ribaltamento semplice
 Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [5] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m^3)	(m)	(m)	(sec)			
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2.806	10.099	4.500	0.283	1.200	1.350	

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

Asse di rotazione [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)
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
18.651	3.960	4.000	17.157	5.869	4.000	0.000	0.000	0.00	0.000	2.424

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)			$\psi 2$
		X	Y	Z	GX	GY	GZ	QX	QY	QZ	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1	peso proprio	17.811	4.834	6.425	0.00	0.00	-42.10	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	17.714	4.751	8.818	0.00	0.00	-0.37	0.00	0.00	-0.25	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 [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	-42.10	33.15	25.94	42.10	1.910	1.495	0.122	-5.129	102.087	
2	0.00	0.00	-0.37	0.29	0.23	0.37	3.794	2.969	0.248	-0.091	1.772	

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: $L1=\sum(n)[\text{Pi}*\delta i]$
 L2 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) orizzontali: $L2=\sum(n)[\text{EXi}*\delta Xi + \text{EYi}*\delta Yi]$
 L3 = lavoro virtuale delle forze inerziali (sismiche) verticali: $L3=\sum(n)[\text{EZi}*\delta Zi]$

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

α_0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.050	4295	0.992	0.037

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 $\zeta,E = 0.600$

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
0.107	0.141	0.141	0.057	40	3	0.266	0.056

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

6) Cinematismo

Flessione di parete vincolata ai bordi

Il cinematismo presenta: un asse di rotazione inferiore; un asse di rotazione intermedio;
 un asse di rotazione nella posizione del carrello di sommità

Dati generali [6] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m^3)	(m)	(m)	(sec)			
6.378	10.099	4.500	0.283	1.200	1.350	

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

Assi di rotazione [6] Cinematismo]

n.	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)	
1	8.068	5.869	4.000	2.808	5.869	4.000	0.000	0.000	0.00	0.000	5.260
2	8.068	5.619	6.425	2.808	5.619	6.425	0.000	0.000	0.00	0.000	5.260
3	8.068	5.619	8.850	2.808	5.619	8.850					

n. = numero consecutivo dell'asse di rotazione

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

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	5.438	5.746	7.638	0.00	0.00	-47.83	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da solaio	4.571	5.619	8.818	0.00	0.00	-0.39	0.00	0.00	-0.27	0.00
3	da solaio	7.301	5.619	8.818	0.00	0.00	-0.17	0.00	0.00	-0.12	0.00
4	peso proprio	5.438	5.746	5.212	0.00	0.00	-47.83	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 [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	-47.83	0.00	47.83	47.83	0.000	1.212	0.374	-17.911	57.998	17.911
2	0.00	0.00	-0.39	0.00	0.39	0.39	0.000	0.032	0.248	-0.097	0.013	0.097
3	0.00	0.00	-0.17	0.00	0.17	0.17	0.000	0.032	0.248	-0.042	0.006	0.042
4	0.00	0.00	-47.83	0.00	47.83	47.83	0.000	1.213	0.123	-5.890	58.001	5.890

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

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

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

L1 = lavoro virtuale delle forze statiche:

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

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

α0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.198	9758	0.994	0.148

α0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di ζ,E = 0.600

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
0.107	0.141	0.141	0.225	855	60	1.050	1.201

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

Riassunto

Sintesi risultati Analisi Cinematica Lineare

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	α_0	PGA,CLD /PGA,DLD	TR,CLD /TR,DLD	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
1	0.047	0.333	0.133	0.257	0.052
2	0.054	0.358	0.147	0.266	0.056
3	0.050	0.358	0.147	0.266	0.056
4	0.198	1.420	2.067	1.050	1.201

n. = numero consecutivo del cinematismo

α_0 = moltiplicatore di collasso

PGA,CLD / PGA,DLD = ζ, E, SLD, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLD

TR,CLD / TR,DLD = ζ, E, SLD, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLD

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

Secondo All.a al D.M.14.1.2008, si considerano valori di TR compresi nell'intervallo [30,2475] anni. Se TR>2475 si pone TR=2475.

Se TR<30, con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC)

si adotta un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard $ag(30)$, $ag(50)$ e $ag(75)$, effettuata con la funzione di potenza: $ag(TR)=k*TR^\alpha$.

Per il sito in esame risulta: $K = 0.005178220$, $\alpha = 0.543716200$

Per l'Indicatore di Rischio Sismico in termini di TR si ha quindi un limite massimo pari a:

SLD: $(2475/TR,DLD)=33.000$

SLV: $(2475/TR,DLV)=3.476$

12.1.2 Cinematismi post operam

Il presente progetto ha previsto l'aggiunta di catene e cordolature sommitali che il sottoscritto ha ritenuto utili per garantire un miglior comportamento scatolare del fabbricato oltre ad incrementare il livello di sicurezza della costruzione nei confronti dei cinematismi di ribaltamento.

Si riportano nel seguito le carpenterie di progetto in cui vengono evidenziate le nuove catene previste.

Si sono quindi considerati i contributi resistenti delle catene presenti e del cordolo in c.a. fissato per mezzo di perfori verticali di lunghezza pari a circa 1m. Si sono effettuate le seguenti ipotesi per poter determinare il loro tiro resistente.

Presidi di progetto

Catene

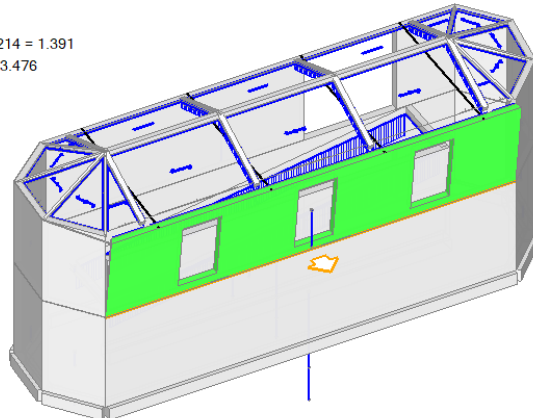
Si considera come valore del tiro resistente delle catene una forza di 10kN pari a al grado di ammorsamento tra calcestruzzo e blocchi in laterizio.

Cordoli Piatto metallico superiore

Si considera come valore del tiro resistente del cordolo sommitale una forza di 10kN pari a al grado di ammorsamento tra calcestruzzo e blocchi in laterizio.

Nel seguito si mostra il riassunto delle verifiche con amplificazione dello spostamento del meccanismo considerato per chiarire l'analisi condotta:

01. Cinematismo
 Ribaltamento semplice
 $\alpha_0 = 0.551$
 ■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.298 / 0.214 = 1.391$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 712 = 3.476$



1) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [1) Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
11.430	8.850	4.500	0.283	1.200	1.350	

V = volume dei corpi partecipanti al meccanismo

H = altezza della struttura rispetto alla fondazione

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

T1 = primo periodo di vibrazione

γ = Coefficiente di partecipazione modale

FC = fattore di confidenza

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

Asse di rotazione [1) Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
17.157	5.869	4.000	0.728	5.869	4.000	0.000	0.000	174.60	0.000	16.428

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	8.964	5.746	5.814	0.00	0.00	-171.45	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da catena	6.190	5.869	7.600	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
3	da catena	2.228	5.869	7.600	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da catena	10.722	5.869	7.600	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
5	da catena	15.246	5.869	7.600	-0.52	-9.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da nastro	17.157	5.869	7.600	0.00	-3.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
7	da solaio	4.150	5.619	7.568	0.00	0.00	-0.98	0.00	0.00	-0.67	0.00
8	da solaio	8.720	5.619	7.568	0.00	0.00	-0.98	0.00	0.00	-0.67	0.00
9	da solaio	13.294	5.619	7.568	0.00	0.00	-0.98	0.00	0.00	-0.68	0.00
10	da solaio	16.328	5.619	7.568	0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	-0.09	0.00
11	da solaio	1.323	5.619	7.568	0.00	0.00	-0.09	0.00	0.00	-0.06	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	fyd	Piastrine(mm)			Muro iniz.: s in mm., tensioni in N/mm ²						Muro fin.: s in mm., tensioni in N/mm ²							
				a	b	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	s	fm	τ0	σN	τ	fd	fvd	
2	79	10	200	150	100	30	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030
3	79	10	200	150	100	30	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030
4	79	10	200	150	100	30	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030
5	79	10	200	150	100	30	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
2	15.708	11.111	27.778	160.000	10.000
3	15.708	11.111	27.778	160.000	10.000
4	15.708	11.111	27.778	160.000	10.000
5	15.708	11.111	27.778	160.000	10.000

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 τ0,

tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σN, 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

Nastri

- Acciaio:

n.	Largh.	Spess.	fyd	Trazione (kN)	
				(mm)	(mm)
6	50	1.000	200	10.000	5.000

n. = numero del carico corrispondente al nastro in acciaio

Dati:

Larghezza, Spessore; fyd = tensione di snervamento di calcolo

Trazioni: snervamento, valore di calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [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	-171.45	0.00	171.45	171.45	0.000	1.814	0.122	-20.999	311.070	20.999
2	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.000	3.600	-0.002	-36.000	0.000	0.000
3	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.000	3.600	-0.002	-36.000	0.000	0.000
4	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.000	3.600	-0.002	-36.000	0.000	0.000
5	-0.52	-9.99	0.00	0.00	0.00	1.00	0.000	3.600	-0.002	-35.952	0.000	0.000
6	3.08	-3.94	0.00	0.00	0.00	1.00	0.000	3.600	-0.002	-14.175	0.000	0.000
7	0.00	0.00	-0.98	0.00	0.98	0.98	0.000	3.568	0.248	-0.242	3.480	0.242
8	0.00	0.00	-0.98	0.00	0.98	0.98	0.000	3.568	0.248	-0.242	3.480	0.242

9	0.00	0.00	-0.98	0.00	0.98	0.98	0.000	3.568	0.248	-0.243	3.488	0.243
10	0.00	0.00	-0.13	0.00	0.13	0.13	0.000	3.568	0.248	-0.033	0.475	0.033
11	0.00	0.00	-0.09	0.00	0.09	0.09	0.000	3.568	0.248	-0.022	0.311	0.022

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]

$\alpha 0$	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)

0.551	17524	0.984	0.414

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

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.600$

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

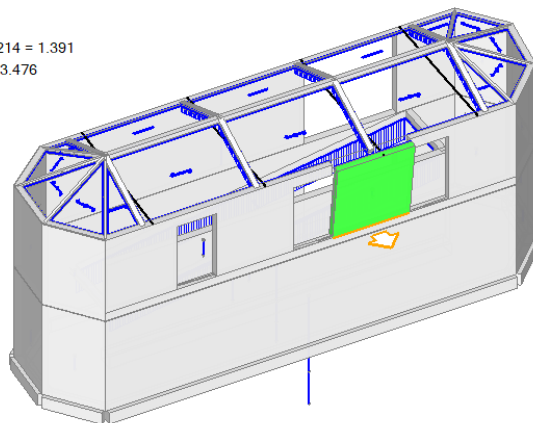
0.107	0.160	0.160	0.298	2475	174	1.391	3.476

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

Nel seguito si mostra il riassunto delle verifiche con amplificazione dello spostamento del meccanismo considerato per chiarire l'analisi condotta:

02. Cinematismo
 Ribaltamento semplice
 $\alpha_0 = 0.579$

■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.298 / 0.214 = 1.391$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 712 = 3.476$



2) Cinematismo

Ribaltamento semplice

Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [2] Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
2.519	8.850	4.850	0.283	1.200	1.350	

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

Asse di rotazione [2] Cinematismo]

Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr.	K	N	fd	a
X	Y	Z	X	Y	Z	(m)		(kN)	(N/mm ²)	(m)
8.068	5.869	4.350	4.968	5.869	4.350	0.000	0.000	0.00	0.000	3.100

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

Carichi [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	6.518	5.746	5.975	0.00	0.00	-37.78	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da catena	6.190	5.869	7.600	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
3	da solaio	5.651	5.619	7.568	0.00	0.00	-0.31	0.00	0.00	-0.21	0.00
4	da solaio	7.301	5.619	7.568	0.00	0.00	-0.34	0.00	0.00	-0.24	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	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	fm	τ0	cN	τ	fd	fvd	s	fm	τ0	cN	τ	fd	fvd	
2	79	10	200	150	100	30	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
2	15.708	11.111	27.778	160.000	10.000

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 τ0, tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio cN, 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	-37.78	0.00	37.78	37.78	0.000	1.625	0.123	-4.645	61.395	4.645
2	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.000	3.250	-0.002	-32.500	0.000	0.000
3	0.00	0.00	-0.31	0.00	0.31	0.31	0.000	3.218	0.248	-0.076	0.982	0.076
4	0.00	0.00	-0.34	0.00	0.34	0.34	0.000	3.218	0.248	-0.085	1.101	0.085

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
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)
 $L1 = \sum(n) [Pi \cdot \delta i]$
 $L2 = \sum(n) [EXi \cdot \delta Xi + EYi \cdot \delta Yi]$
 $L3 = \sum(n) [EZi \cdot \delta Zi]$

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

$\alpha 0$	M^* (kgm)	e^*	$a0^*$ (g)
0.579	3859	0.985	0.435

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

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta, E = 0.600$

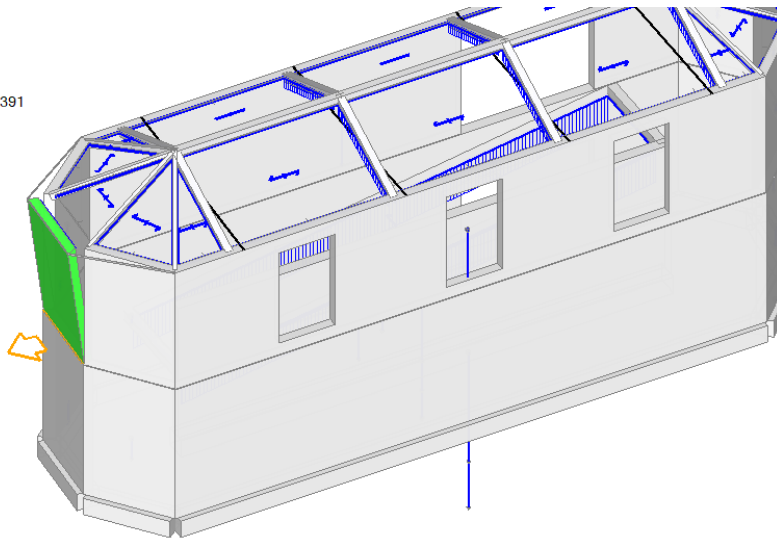
SLV: Verifiche di sicurezza [2] Cinematismo]

$a1^*$ (g)	$a2^*$ (g)	a^* (g)	PGA CLV	TR CLV	VN CLV	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
0.107	0.173	0.173	0.298	2475	174	1.391	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

Nel seguito si mostra il riassunto delle verifiche con amplificazione dello spostamento del meccanismo considerato per chiarire l'analisi condotta:

03. Cinematismo
Ribaltamento semplice
 $\alpha_0 = 0.501$
■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.298 / 0.214 = 1.391$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 712 = 3.476$



3) Cinematismo

Ribaltamento semplice
Il cinematismo presenta un asse di rotazione

Dati generali [3] Cinematismo]

V (m ³)	H (m)	Z (m)	T1 (sec)	γ	FC	SLD
2.072	8.850	4.500	0.283	1.200	1.350	

V = volume dei corpi partecipanti al meccanismo
H = altezza della struttura rispetto alla fondazione
Z = altezza rispetto alla fondazione del baricentro delle linee di vincolo tra i corpi del meccanismo ed il resto della struttura
T1 = primo periodo di vibrazione
 γ = Coefficiente di partecipazione modale

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

Asse di rotazione [3] 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)
18.481	1.562	4.000	18.651	3.960	4.000	0.000	0.000	0.00	0.000	2.405

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	18.443	2.773	5.800	0.00	0.00	-31.08	0.00	0.00	0.00	0.30
2	da nastro	18.481	1.562	7.600	-3.88	-3.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
3	da nastro	18.481	1.562	7.600	0.35	4.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da nastro	18.651	3.960	7.600	-0.35	-4.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
5	da nastro	18.651	3.960	7.600	-3.08	3.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
6	da solaio	18.316	2.780	7.568	0.00	0.00	-0.35	0.00	0.00	-0.25	0.00

n. = numero consecutivo del carico

tipologia: peso proprio, da solaio, catena o generico

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

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

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

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

Nastri

- Acciaio:

n.	Largh. (mm)	Spess. (mm)	fyd (N/mm ²)	Trazione (kN)	Snervamento	Valore di calcolo
2	50	1.000	200	10.000		5.000
3	50	1.000	200	10.000		5.000
4	50	1.000	200	10.000		5.000
5	50	1.000	200	10.000		5.000

n. = numero del carico corrispondente al nastro in acciaio

Dati:

Larghezza, Spessore; fyd = tensione di snervamento di calcolo

Trazioni: snervamento, valore di calcolo

Forze, spostamenti, lavoro [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	-31.08	31.00	-2.19	31.08	1.796	-0.127	0.122	-3.800	55.950	3.800
2	-3.88	-3.16	0.00	0.00	0.00	1.00	3.591	-0.254	-0.002	-13.112	0.000	0.000
3	0.35	4.99	0.00	0.00	0.00	1.00	3.591	-0.254	-0.002	0.000	0.000	0.000
4	-0.35	-4.99	0.00	0.00	0.00	1.00	3.591	-0.254	-0.002	0.000	0.000	0.000
5	-3.08	3.94	0.00	0.00	0.00	1.00	3.591	-0.254	-0.002	-12.065	0.000	0.000
6	0.00	0.00	-0.35	0.35	-0.03	0.35	3.559	-0.252	0.248	-0.088	1.264	0.088

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

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

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

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

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

α0	M*	e*	a0*
	(kgm)		(g)
0.501	3172	0.990	0.375

α0 = moltiplicatore di collasso

M* = massa partecipante

e* = frazione di massa partecipante

a0* = accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di ζ,E = 0.600

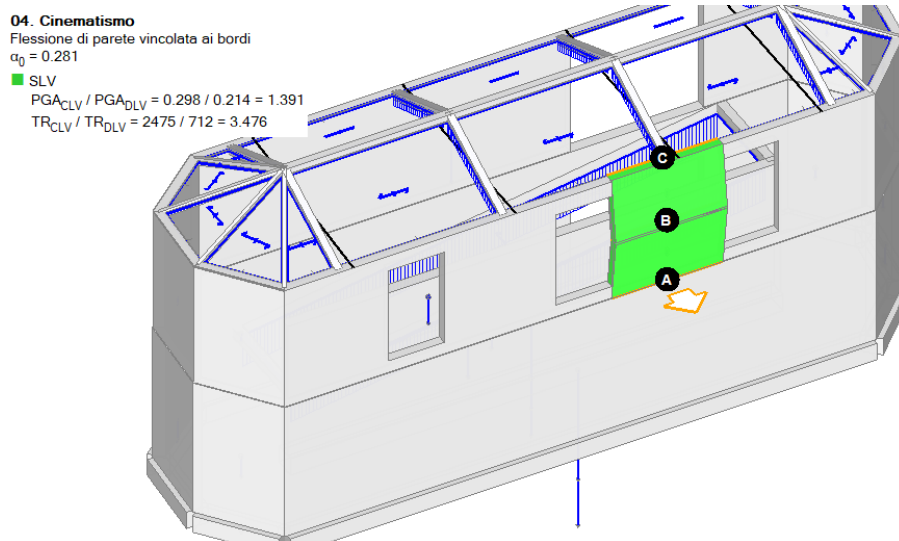
SLV: Verifiche di sicurezza [3] Cinematismo]

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

0.107	0.160	0.160	0.298	2475	174	1.391	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

Nel seguito si mostra il riassunto delle verifiche con amplificazione dello spostamento del meccanismo considerato per chiarire l'analisi condotta:



4) Cinematismo

Flessione di parete vincolata ai bordi

Il cinematismo presenta: un asse di rotazione inferiore; un asse di rotazione intermedio; un asse di rotazione nella posizione del carrello di sommità

Dati generali [4) Cinematismo]

V	H	Z	T1	γ	FC	SLD
(m ³)	(m)	(m)	(sec)			
2.790	10.099	0.000	0.283	1.200	1.350	

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

Assi di rotazione [4) Cinematismo]

n.	Coord. punto iniziale (m)			Coord. punto finale (m)			Arretr. (m)	K	N (kN)	fd (N/mm ²)	a (m)
	X	Y	Z	X	Y	Z					
1	8.068	5.869	4.000	4.968	5.869	4.000	0.000	0.000	0.00	0.000	3.100
2	8.068	5.619	5.800	4.968	5.619	5.800	0.000	0.000	0.00	0.000	3.100
3	8.068	5.619	7.600	4.968	5.619	7.600					

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	6.518	5.746	4.900	0.00	0.00	-20.92	0.00	0.00	0.00	0.30
2	peso proprio	6.518	5.746	6.700	0.00	0.00	-20.92	0.00	0.00	0.00	0.30
3	da catena	6.190	5.869	7.600	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
4	da solaio	5.651	5.619	7.568	0.00	0.00	-0.31	0.00	0.00	-0.21	0.00
5	da solaio	7.301	5.619	7.568	0.00	0.00	-0.34	0.00	0.00	-0.24	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
 $\psi 2$ = coefficiente di combinazione per il carico variabile (Tab.2.5.i), il valore di $\psi 2$
(per carichi da solaio con piú variabili aventi diversi coefficienti di combinazione,
mostrato in tabella è pari alla media pesata: $P=G+\psi 2*Q$, con G e Q carichi totali del solaio)

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	$\tau 0$	σN	τ	fd	fvd	s	fm	$\tau 0$	σN	τ	fd	fvd
3	79	10	200	150	100	30	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030	250	5.000	0.080	0.000	0.080	1.852	0.030

Trazioni (kN):

n.	Snervamento	Punzonamento	Penetrazione	Flessione	Valore di calcolo
3	15.708	11.111	27.778	160.000	10.000

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 $\tau 0$,
tensione di compressione verticale all'altezza dell'ancoraggio σN , 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	-20.92	0.00	20.92	0.00	0.000	0.900	0.123	-2.580	18.833	0.000
2	0.00	0.00	-20.92	0.00	20.92	0.00	0.000	0.900	0.375	-7.845	18.832	0.000
3	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.000	0.000	0.498	0.001	0.000	0.000
4	0.00	0.00	-0.31	0.00	0.31	0.00	0.000	0.032	0.248	-0.076	0.010	0.000
5	0.00	0.00	-0.34	0.00	0.34	0.00	0.000	0.032	0.248	-0.085	0.011	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 n°1 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)
0.281	4272	0.986	0.211

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

Verifiche di sicurezza: valore obiettivo di $\zeta,E = 0.600$

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
0.107	0.000	0.107	0.298	2475	174	1.391	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

Riassunto

Sintesi risultati Analisi Cinematica Lineare

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	α_0	PGA,CLD /PGA,DLD	TR,CLD /TR,DLD	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
1	0.551	3.358	23.080	1.391	3.476
2	0.579	3.284	20.920	1.391	3.476
3	0.501	3.074	16.120	1.391	3.476
4	0.281	2.617	9.107	1.391	3.476

n. = numero consecutivo del cinematismo

α_0 = moltiplicatore di collasso

PGA,CLD / PGA,DLD = ζ, E, SLD, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLD

TR,CLD / TR,DLD = ζ, E, SLD, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLD

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

Secondo All.a al D.M.14.1.2008, si considerano valori di TR compresi nell'intervallo [30,2475] anni. Se TR>2475 si pone TR=2475.

Se TR<30, con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC)

si adotta un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard $ag(30)$, $ag(50)$ e $ag(75)$, effettuata con la funzione di potenza: $ag(TR)=k*TR^\alpha$.

Per il sito in esame risulta: $K = 0.005178220$, $\alpha = 0.543716200$

Per l'Indicatore di Rischio Sismico in termini di TR si ha quindi un limite massimo pari a:

SLD: $(2475/TR, DLD)=33.000$

SLV: $(2475/TR, DLV)=3.476$

13 Identificazione del coefficiente di vulnerabilità sismica

Il coefficiente di vulnerabilità sismica del fabbricato in oggetto viene desunto considerando tutti i possibili meccanismi che possono sviluppare danneggiamenti sulle strutture. Pertanto si riporta nel seguito una tabella in cui si riepilogano tutte le verifiche condotte da cui si evidenzierà il valore minimo definendo quest'ultimo il reale coefficiente di sicurezza sismica.

Verifiche statiche		
El. tecnico / Verifica	Stato attuale	Stato di progetto
<i>Pareti portanti / Pressoflessione complanare</i>	Non Verificata	Verificata
<i>Pareti portanti / Taglio scorrimento</i>	Verificata	Verificata
<i>Pareti portanti / Taglio diagonale</i>	Non verificata	Verificata
<i>Pareti portanti / Pressoflessione fuori dal piano</i>	Verificata	Verificata

Verifiche sismiche		
Verifica	STATO ATTUALE	STATO DI PROGETTO
	Coeff. SLV	Coeff. SLV
<i>Pareti portanti / Pressoflessione fuori dal piano</i>	0,883	1,224
<i>Pareti portanti / Verifiche nel piano</i>	0,771	0,710
<i>Pareti portanti / Verifiche cinematismi locali</i>	0,257	1,391
<i>Indicatore di rischio globale</i>	0,257	0,710 > 0,600