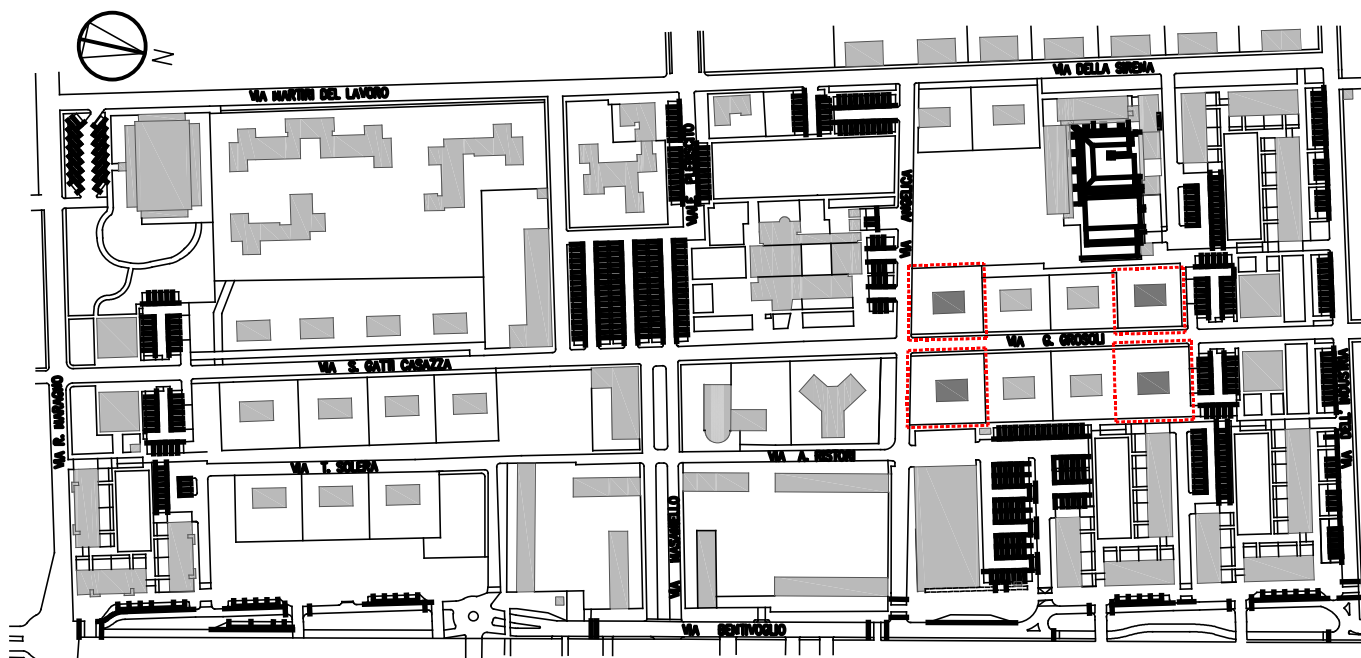


COMUNE di FERRARA



**MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI N.4 PALAZZINE
PER UN TOTALE DI N.15 ALLOGGI**
FERRARA "BARCO" via G. Grosoli cc. nc.13,14,15,16,17,18,19, 20, 37,38

Titolare della progettazione



ACER FERRARA
C.so V.Veneto, 7 - 44121 Ferrara

Servizio Tecnico
Dirigente: arch. M.Cenacchi

Azienda con sistema qualità certificato in
conformità alla normativa ISO 9001:2015

Responsabile unico del procedimento

ACER FERRARA Servizio tecnico: arch. M. Cenacchi

Coordinamento generale progetto architettonico, strutturale e impianti

Libero professionista: ing. M. Cazzola

Progetto architettonico

Libero professionista: ing. M. Cazzola

Progetto strutture

Libero professionista: ing. D. Zanetti, collaboratori ing. F. Pirani e ing. Matteo Vincenzi

Progetto impianti meccanici

ACER FERRARA Servizio tecnico: ing. P. Poletti

Progetto impianti elettrici

ACER FERRARA Servizio tecnico: per.ind. E. Forte

Collaboratori

ACER FERRARA Servizio tecnico: m.a. S.Benini

PROGETTO ESECUTIVO

titolo elaborato

RELAZIONE DI CALCOLO E SUI MATERIALI

cod. commessa

1603

scala

codice elaborato

ST-E-008-0

REV.0	Emissione	Giugno 2018

INDICE

ILLUSTRAZIONE SINTETICA (DGR 1373 / 2011) PALAZZINA TIPO B	4
ILLUSTRAZIONE SINTETICA (DGR 1373 / 2011) PALAZZINA TIPO C.....	6
1 RELAZIONE DESCRITTIVA.....	8
1.1 TIPOLOGIA B	10
1.2 TIPOLOGIA C.....	12
2 PROGETTO DI INTERVENTO	14
2.1 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO PALAZZINA TIPO B	14
2.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO PALAZZINA TIPO C.....	14
3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	15
4 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE (NTC2018 §11).....	15
4.1 MURATURA ESISTENTE (CIRCOLARE 09 §C8A.2)	15
4.2 CALCESTRUZZO C25/30 (NTC2018 §11.2).....	18
4.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO (NTC2018 §11.3.2).....	20
4.4 LEGNO LAMELLARE DI COPERTURA	21
4.5 ACCIAIO PER PROFILI (NTC2018 §11.3.4).....	21
5 IPOTESI DI CALCOLO E DIAGRAMMI COSTITUTIVI	22
6 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE	24
7 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	24
8 ANALISI DEI CARICHI VERTICALI	26
8.1 PALAZZINA TIPO B – STATO DI FATTO	26
8.2 PALAZZINA TIPO B – PROGETTO.....	27
8.3 PALAZZINA TIPO C – STATO DI FATTO	28
8.4 PALAZZINA TIPO C – PROGETTO	29
9 COMBINAZIONI DELLE AZIONI (NTC2018 §2.5.3)	30
9.1 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI.....	30
10 VERIFICHE AI CARICHI VERTICALI – CONDIZIONE DI PROGETTO.....	32
10.1 VERIFICA DEL PRIMO SOLAIO	32
10.2 VERIFICA DELLA COPERTURA LIGNEA – TIPOLOGIA B.....	34
10.3 VERIFICA DELLA COPERTURA LIGNEA – TIPOLOGIA C	35
11 VERIFICHE IN AMBITO SISMICO – STATO DI FATTO.....	36
11.1 VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI – MECCANISMI DI PRIMO MODO	36
11.1.1 STATO DI FATTO - PALAZZINA B.....	39
11.1.2 STATO DI FATTO - PALAZZINA C	43
11.2 RIASSUNTO VERIFICHE MECCANISMI LOCALI	47
11.3 VERIFICA MECCANISMO GLOBALE – DI SECONDO MODO.....	48
11.3.1 STATO DI FATTO – PALAZZINA B – VERIFICA GLOBALE.....	51
11.3.2 STATO DI FATTO – PALAZZINA C – VERIFICA GLOBALE	56
11.4 CONCLUSIONI DELLE VERIFICHE SISMICHE NELLO STATO DI FATTO	64
11.4.1 STATO DI FATTO - PALAZZINA B.....	64
11.4.2 STATO DI FATTO - PALAZZINA C	64
11.5 CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO – PALAZZINA B.....	65
11.6 CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO – PALAZZINA C	68
12 VERIFICHE IN AMBITO SISMICO – PROGETTO.....	70
12.1 VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI – MECCANISMI DI PRIMO MODO	70

12.1.1	PROGETTO - PALAZZINA B	70
12.1.2	PROGETTO - PALAZZINA C	72
12.2	RIASSUNTO VERIFICHE MECCANISMI LOCALI	72
12.3	VERIFICA MECCANISMO GLOBALE – DI SECONDO MODO	73
12.3.1	PROGETTO – PALAZZINA B – VERIFICA GLOBALE	73
12.3.2	PROGETTO – PALAZZINA C – VERIFICA GLOBALE	77
12.4	CONCLUSIONI DELLE VERIFICHE SISMICHE DI PROGETTO	83
12.4.1	PROGETTO - PALAZZINA B	83
12.4.2	PROGETTO - PALAZZINA C	83
12.5	CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO – PALAZZINA B	84
12.6	CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO – PALAZZINA C	86
13	CONSIDERAZIONI SULLE FONDAZIONI	88
14	CONSIDERAZIONI SUL TIPO DI INTERVENTO	89
14.1	QUANTIFICAZIONE DEL MIGLIORAMENTO SISMICO	89
ALLEGATI		
ALLEGATO A: STATO DI FATTO - VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI – PALAZZINA B		
ALLEGATO B: STATO DI FATTO - VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI – PALAZZINA C		
ALLEGATO C: STATO DI FATTO - VERIFICA GLOBALE TABULATI – PALAZZINA B		
ALLEGATO D: STATO DI FATTO - VERIFICA GLOBALE TABULATI – PALAZZINA C		
ALLEGATO E: PROGETTO - VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI – PALAZZINA B		
ALLEGATO F: PROGETTO - VERIFICA GLOBALE TABULATI – PALAZZINA B		
ALLEGATO G: PROGETTO - VERIFICA GLOBALE TABULATI – PALAZZINA C		

ILLUSTRAZIONE SINTETICA (DGR 1373 / 2011) PALAZZINA TIPO B

Di seguito si riporta l'illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale, come indicato al paragrafo B.2.2. dell'Allegato B alla DGR 1373 del 2011.

a) DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DEL SITO	<p>L'intervento riguarda la manutenzione straordinaria di 4 palazzine site nel Comune di Ferrara zona "Barco" in via Grosoli c.n. 13,14,15,16,17,18,19,20,37,38.</p> <p>In particolare le palazzine sono identificate come tipologia B e tipologia C, a seconda dello schema architettonico interno.</p> <p>TIPO B: c.n. 37, 38</p> <p>TIPO C: c.n. 13,14,15,16,17,18,19,20</p>
b) DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA E DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	<p>PALAZZINA TIPOLOGIA B</p> <p>L'intervento consiste nella manutenzione straordinaria di due palazzine e da un punto di vista strutturale si identifica come un miglioramento sismico.</p> <p>STATO DEI LUOGHI</p> <p>Le due palazzine identificate come tipologia B strutturalmente hanno già subito una serie di interventi migliorativi dal punto di vista sismico, ovvero la ricostruzione del coperto e del solaio di sottotetto con struttura lignea leggera e ben ammorsata alle parete murarie con cordoli in calcestruzzo armato.</p> <p>Il primo solaio invece resta il solaio originaria di costruzione del fabbricato, realizzato con una struttura portante in laterocemento costituita da travi in laterizio e c.a. a cui sono interposti dei tavelloni.</p> <p>DESCRIZIONE STRUTTURALE DELL'INTERVENTO</p> <p>L'intervento strutturale di miglioramento sismico è costituito dalla completa demolizione del primo solaio e ricostruzione con solaio tipo bausta di altezza 16+4cm e del raddoppio di alcune pareti portati ad una testa.</p>
c) NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • NTC, Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17 gennaio 2018; • Circolare n.617 del 2 Febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove NTC di cui al D.M. 14 Gennaio 2008;
d) DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO DELL'AZIONE SISMICA	<p>Coordinate: Long.11.604617, Lat.44.864900</p> <p>$V_n = 50$anni</p> <p>$C_u = 1.0$ (classe d'uso II)</p> <p>$V_R = 50$anni</p>

e) DESCRIZIONE DEI MATERIALI	MATERIALI ESISTENTI E DI PROGETTO Muratura §4.1 Legno Lamellare GL24h §4.4 Acciaio da carpenteria S275 §4.5 Calcestruzzo C25/30 §4.2 Acciaio B450C §4.3		
f) CRITERI DI PROGETTAZIONE	Il progetto ha come obiettivo il miglioramento sismico dell'unità strutturale in oggetto. L'intervento è stato eseguito in conformità e seguendo le attuali NTC del 2018.		
g) PRINCIPALI COMBINAZIONI DI CARICO	SLU $\gamma_{G1} = 1.3$ $\gamma_{G2} = 1.5$ $\gamma_Q = 1.5$	SLE $\gamma_{G1} = 1.0$ $\gamma_{G2} = 1.0$ $\gamma_Q = 1.0$	SLV $\gamma_{G1} = 1.0$ $\gamma_{G2} = 1.0$ $\gamma_Q = 1.0 (\psi_{2i})$
h) TIPO DI ANALISI	Sono state eseguite diverse tipologie di analisi, in funzione del meccanismo indagato: ANALISI GLOBALE Analisi statica non lineare (Analisi Push-Over) come indicato nelle NTC18. ANALISI FENOMENI LOCALI Analisi cinematica lineare dei principali fenomeni di ribaltamento o espulsione delle principali pareti murarie del fabbricato.		
i) CRITERI DI VERIFICA	SLV – Verifica di resistenza SLD – Verifica degli spostamenti		
j) RAPPRESENTAZIONI DELLE CONFIGURAZIONI DEFORMATE	Si rimanda al §11.3.1 per lo stato di fatto ed al §12.3.1 per le condizioni di progetto.		
k) CODICE DI CALCOLO	3Muri versione: 11.4.0.8. Tipo Versione: PROFESSIONAL ID Utente: 013122 Dati Intestatario: MEZZADRINGEGNERIA S.R.L. Tipo Chiave: Hardware		
m) INDICAZIONE DELLA CATEGORIA DI INTERVENTO	Intervento di MIGLIORAMENTO sismico <i>Ai sensi delle NTC18</i>		

ILLUSTRAZIONE SINTETICA (DGR 1373 / 2011) PALAZZINA TIPO C

Di seguito si riporta l'illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale, come indicato al paragrafo B.2.2. dell'Allegato B alla DGR 1373 del 2011.

l) DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DEL SITO	<p>L'intervento riguarda la manutenzione straordinaria di 4 palazzine site nel Comune di Ferrara zona "Barco" in via Grosoli c.n. 13,14,15,16,17,18,19,20,37,38.</p> <p>In particolare le palazzine sono identificate come tipologia B e tipologia C, a seconda dello schema architettonico interno.</p> <p>TIPO B: c.n. 37, 38</p> <p>TIPO C: c.n. 13,14,15,16,17,18,19,20</p>
m) DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA E DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	<p>PALAZZINA TIPOLOGIA C</p> <p>L'intervento consiste nella manutenzione straordinaria di due palazzine e da un punto di vista strutturale si identifica come un miglioramento sismico.</p> <p>STATO DEI LUOGHI</p> <p>Le due palazzine identificate come tipologia C sono realizzate con struttura portante in muratura a due ed una testa e solai in laterocemento.</p> <p>In particolare tutti e tre i solai presenti sono costituiti da travi in laterizio e c.a. a cui sono interposti dei tavelloni.</p> <p>DESCRIZIONE STRUTTURALE DELL'INTERVENTO</p> <p>L'intervento strutturale di miglioramento sismico è costituito dalla completa demolizione di tutti e tre i solai e la ricostruzione in laterocemento del il primo solaio ed in legno per il solaio di copertura. Il sottotetto verrà ripristinato con un controsoffitto leggero.</p> <p>Contestualmente verranno raddoppiate le pareti murarie portanti ad una testa.</p>
n) NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • NTC, Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17 gennaio 2018; • Circolare n.617 del 2 Febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove NTC di cui al D.M. 14 Gennaio 2008;
o) DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO DELL'AZIONE SISMICA	<p>Coordinate: Long.11.604617, Lat.44.864900</p> <p>V_n= 50anni</p> <p>C_u= 1.0 (classe d'uso II)</p> <p>V_R= 50anni</p>
p) DESCRIZIONE DEI	<p>MATERIALI ESISTENTI E DI PROGETTO</p> <p>Muratura §4.1</p>

MATERIALI	Legno Lamellare GL24h §4.4 Acciaio da carpenteria S275 §4.5 Calcestruzzo C25/30 §4.2 Acciaio B450C §4.3		
q) CRITERI DI PROGETTAZIONE	Il progetto ha come obiettivo il miglioramento sismico dell'unità strutturale in oggetto. L'intervento è stato eseguito in conformità e seguendo le attuali NTC del 2018.		
r) PRINCIPALI COMBINAZIONI DI CARICO	SLU $\gamma_{G1} = 1.3$ $\gamma_{G2} = 1.5$ $\gamma_Q = 1.5$	SLE $\gamma_{G1} = 1.0$ $\gamma_{G2} = 1.0$ $\gamma_Q = 1.0$	SLV $\gamma_{G1} = 1.0$ $\gamma_{G2} = 1.0$ $\gamma_Q = 1.0 (\psi_{2i})$
s) TIPO DI ANALISI	Sono state eseguite diverse tipologie di analisi, in funzione del meccanismo indagato: ANALISI GLOBALE Analisi statica non lineare (Analisi Push-Over) come indicato nelle NTC08. ANALISI FENOMENI LOCALI Analisi cinematica lineare dei principali fenomeni di ribaltamento o espulsione delle principali pareti murarie del fabbricato.		
t) CRITERI DI VERIFICA	SLV – Verifica di resistenza SLD – Verifica degli spostamenti		
u) RAPPRESENTAZIONI DELLE CONFIGURAZIONI DEFORMATE	Si rimanda al §11.3.2 per lo stato di fatto ed al §12.3.2 per le condizioni di progetto.		
v) CODICE DI CALCOLO	3Muri versione: 11.4.0.8. Tipo Versione: PROFESSIONAL ID Utente: 013122 Dati Intestatario: MEZZADRINGEGNERIA S.R.L. Tipo Chiave: Hardware		
n) INDICAZIONE DELLA CATEGORIA DI INTERVENTO	Intervento di MIGLIORAMENTO sismico <i>Ai sensi delle NTC18</i>		

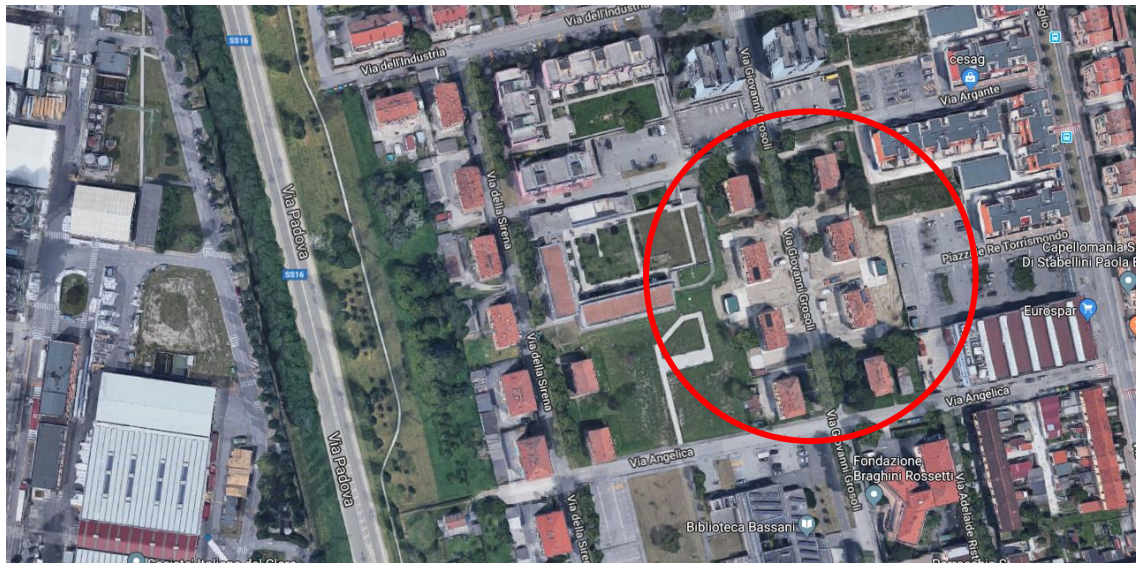


Figura 2: Identificazione della zona residenziale.

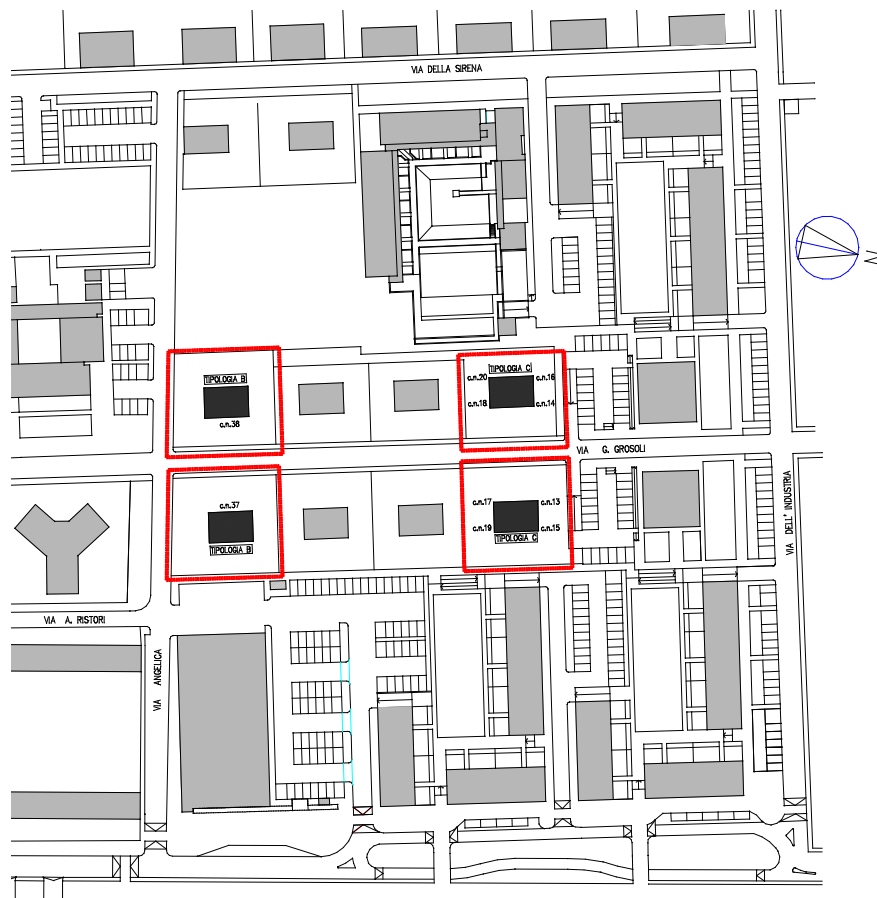


Figura 3: Pianta di Via Gatti Casazza – 2 edifici della tipologia B e 2 edifici della tipologia C

1.1 TIPOLOGIA B

Gli edifici facenti parte a questa tipologia sono strutture realizzate completamente in muratura portante, avente continuità dallo spiccato delle fondazioni fino alla copertura. Hanno pianta rettangolare di lati pari a 16 x 8.6 metri circa e presentano due piani fuori terra, escluso un sottotetto non abitabile, collegati da una scala interna in graniglia. Il primo solaio è realizzato con un orizzontamento in laterizio armato rasato, il controsoffitto è conformato da travetti in laterizio armati, così come il coperto.

Il solaio di sottotetto ed il solaio di copertura sono già stati oggetto di consolidamento con il totale rifacimento in struttura lignea ben ammorsata alle pareti perimetrali mediante cordoli in c.a..

Indagini eseguite in cantiere e vulnerabilità locali

A seguito dei numerosi sopralluoghi eseguiti in cantiere, si è potuto constatare come lo stato di manutenzione globale degli edifici sia molto scarso.

Il solaio di controsoffitto e quello di copertura presentano, infatti, numerosi fenomeni di scartellamento inferiore dei travetti con forti deformazioni.

Il primo solaio appare in buone condizioni anche se il progetto originario per queste palazzine ne prevedeva il consolidamento con profili in acciaio posti inferiormente a causa di una insufficienza delle armature presenti per i carichi previsti da Normativa.

Da notare, infine, la presenza di numerosi setti portanti in muratura di spessore 15 cm ed alcune piattabande in muratura lesionate in corrispondenza delle finestrate e delle aperture perimetrali

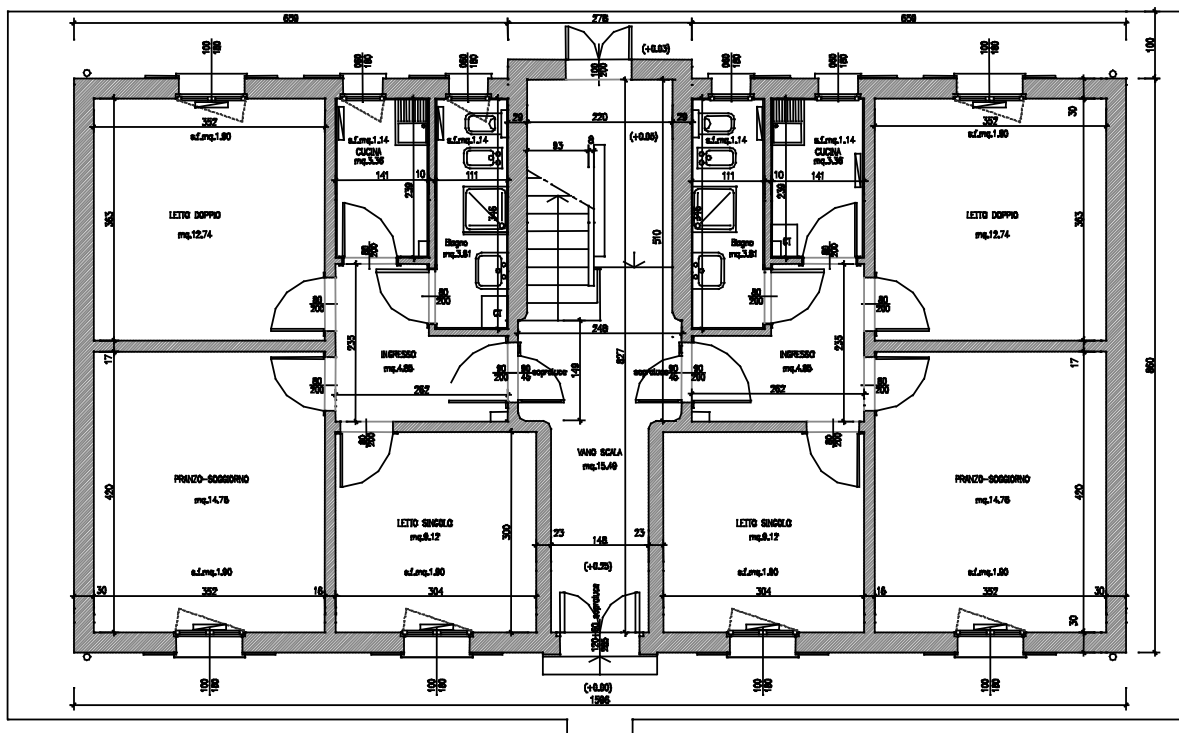


Figura 4: PALAZZINA TIPO B: Pianta Piano Terra – Stato di Fatto

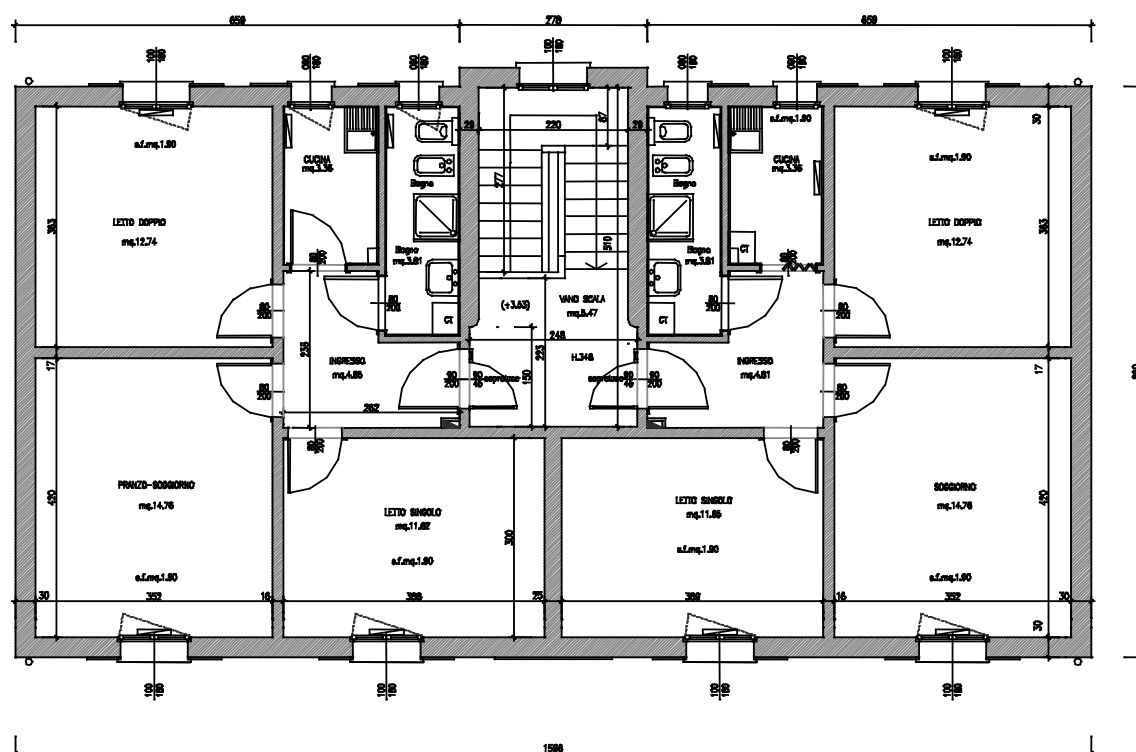


Figura 5: PALAZZINA TIPO B: Pianta Piano Primo – Stato di Fatto

1.2 TIPOLOGIA C

Gli edifici facente parte a questa tipologia presentano una struttura realizzata completamente in muratura portante, avente continuità dallo spiccato delle fondazioni fino alla copertura. La pianta è rettangolare di lati pari a 14 x 8.6 metri circa e presenta due piani fuori terra, escluso un sottotetto non abitabile, collegati da due scale interne in graniglia. Il primo solaio è realizzato con un orizzontamento in laterizio armato rasato, il controsoffitto è conformato da travetti in laterizio armati, così come il coperto.

Indagini eseguite in cantiere e vulnerabilità locali

A seguito dei numerosi sopralluoghi eseguiti in cantiere, si è potuto constatare come lo stato di manutenzione globale dell'edificio sia molto scarso.

Da notare, infine, la presenza di numerosi setti portanti in muratura di spessore 15 cm ed alcune piattabande in muratura lesionate in corrispondenza delle finestrate e delle aperture perimetrali

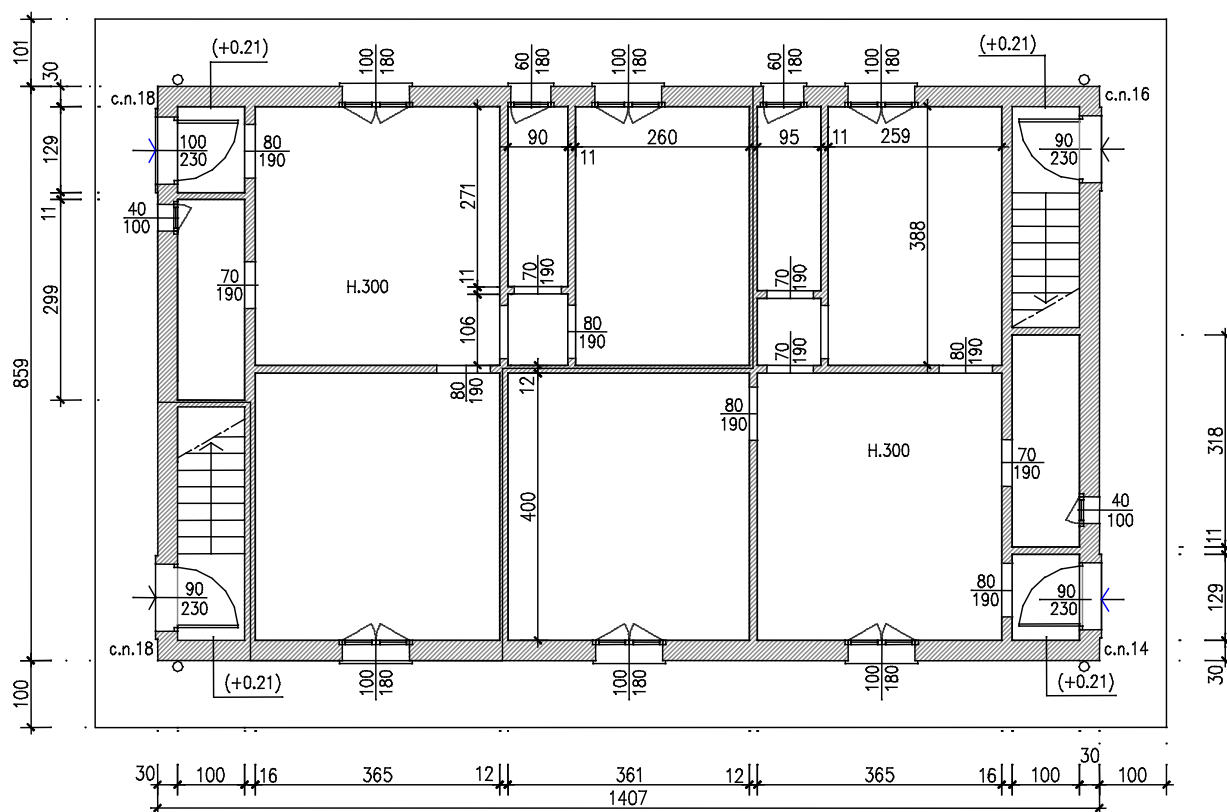


Figura 6: PALAZZINA TIPO C: Pianta Piano Terra – Stato di Fatto

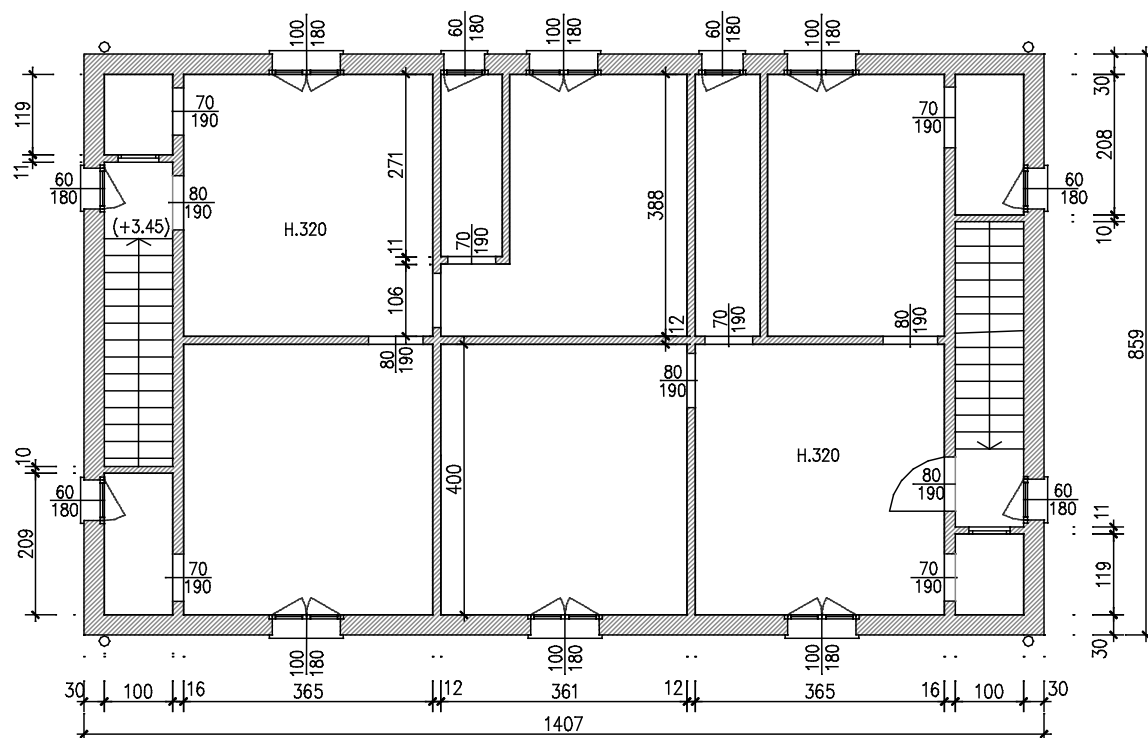


Figura 7: PALAZZINA TIPO B: Pianta Piano Primo – Stato di Fatto

2 PROGETTO DI INTERVENTO

Gli interventi progettuali che si sono definiti sono interventi piuttosto corposi, dati anche dallo stato di conservazione degli immobili.

Gli interventi proposti per entrambe le tipologie di edificio hanno una triplice funzionalità:

- Conferire alla struttura un comportamento scatolare nei confronti delle azioni di tipo dinamico;
- Aumentare l'area sismoresistente dei setti in muratura;
- Allineare gli orizzontamenti presenti alle richieste di sovraccarico previste dall'attuale Normativa.

2.1 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO PALAZZINA TIPO B

Gli interventi di consolidamento della palazzina denominata tipo B sono i seguenti:

- Demolizione e rifacimento del primo solaio con un nuovo orizzontamento realizzato con travetti in laterocemento e soletta in c.a. collaborante;
- Ispessimento di alcune murature interne da una a due teste con relativo consolidamento in fondazione.

2.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO PALAZZINA TIPO C

Gli interventi di consolidamento della palazzina denominata tipo B sono i seguenti:

- Demolizione e rifacimento del primo solaio con un nuovo orizzontamento realizzato con travetti in laterocemento e soletta in c.a. collaborante;
- Demolizione del solaio di sottotetto e realizzazione di controsoffitto leggero non strutturale. Nei capi di solaio di testata si prevede la realizzazione di una cerchiatura metallica collegata alle pareti murarie;
- Demolizione e rifacimento del solaio di copertura con nuova struttura in legno, ammorsata alle murature principali attraverso nuovi cordoli in c.a.;
- Ispessimento di alcune murature interne da una a due teste con relativo consolidamento in fondazione.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme tecniche per le costruzioni NTC 2018 (D.M. 17.01.2018)
- Circolare n.617 del 2 Febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove NTC di cui al D.M. 14 Gennaio 2008;
- Eurocodice 5 – UNI EN 1995-1-1:2014: Progettazione delle strutture di legno

4 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE (NTC2018 §11)

Tutti i materiali e i prodotti per uso strutturale devono essere identificati univocamente a cura del produttore, qualificati secondo la responsabilità del produttore e accettati del Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali e di accettazione.

I materiali di seguito riportati e descritti in termini di caratteristiche meccaniche sono stati utilizzati per entrambe le tipologie di palazzina.

4.1 MURATURA ESISTENTE (CIRCOLARE 09 §C8A.2)

Per quando riguarda la muratura, essendo un materiale esistente si sono seguite le indicazioni riportate nel capitolo 8 della Circolare del 2009.

Poiché non sono state effettuate prove sui materiali ma è stato eseguito lo studio della geometria, si è raggiunto un Livello di Conoscenza LC1, a cui corrisponde un fattore di confidenza $FC=1.35$.

Per questo sono stati adottati i valori minimi di resistenza e medi di elasticità riportati nella tabella C8A.2.1 della Circolare, relativi alla voce “muratura in mattoni pieni e malta di calce”.

$$\gamma = 1800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$f_{cm} = 2.4 \text{ MPa}$$

$$\tau_0 = 0.06 \text{ MPa}$$

$$E = 1500 \text{ MPa}$$

$$G = 500 \text{ MPa}$$

I parametri di progetto si ottengono dai sopra esposti valori “medi” fattorizzati per FC e per il coefficiente di sicurezza sul materiale, pari a 3 secondo quanto indicato al §4.5.6 delle NTC18 nella tabella 4.5.II.

Per quanto riguarda il modulo di elasticità della muratura verrà considerato il modulo ridotto al 50%, come indicato al §7.2.6 delle NTC18 e pertanto verranno moltiplicati per un coefficiente pari a 0.5 i valori precedentemente indicati, come definito al §C8A.2 della Circolare del 2009.

Tabella C8A.1.1 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.35
LC2			Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.20
LC3	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo	verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).	Tutti	1.00

TABELLA C8.A.2.1

Tipologia di muratura	f_m (N/cm ²)	τ_0 (N/cm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

Si ottengono i seguenti valori di calcolo dei parametri meccanici di resistenza e di elasticità.

$$f_{cd} = 0.59 \text{ MPa}$$

$$\tau_0 = 0.015 \text{ MPa}$$

$$E = 750 \text{ MPa}$$

$$G = 250 \text{ MPa}$$

Proprietà	Valore
E [N/mm ²]	1500
G [N/mm ²]	500
w [kN/m ³]	18
f _m [N/cm ²]	240
τ [N/cm ²]	6
f _k [N/cm ²]	124,44
FC	1,35
γ _m	3
Drift taglio	0,005
Drift flessione	0,01

Figura 8: Schermata del software utilizzato per l'analisi globale. Definizione del materiale.

4.2 CALCESTRUZZO C25/30 (NTC2018 §11.2)

Le presenti lavorazioni vengono realizzate adottando cls. avente classe di resistenza C25/30 per le strutture di fondazione e di elevazione.

Le resistenze di calcolo f_d si ottengono mediante l'espressione:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

dove:

f_k sono le resistenze caratteristiche del materiale,

γ_m sono i coefficienti parziali del materiale.

Per il cls. la resistenza di calcolo a compressione f_{cd} è:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$$

dove:

α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata;

γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo;

f_{ck} è la resistenza cilindrica a compressione del cls. a 28 giorni.

Il coefficiente γ_c è pari a 1,5.

Il coefficiente α_{cc} è pari a 0,85.

Nel caso di solette e pareti gettate in opera e con spessori minori di 5 cm., la resistenza di calcolo a compressione è da considerarsi pari a $0,80 f_{cd}$

La resistenza di calcolo a trazione f_{ctd} vale:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$$

dove:

f_{ctk} è la resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo.

4.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO (NTC2018 §11.3.2)

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili e controllati.

Si adotta acciaio B450C caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

$f_{y,nom}$: 450 N/mm²

$f_{t,nom}$: 540 N/mm²

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y,nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t,nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{y,nom})_k$	$< 1,35$	
	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

Le resistenze di calcolo f_d si ottengono mediante l'espressione:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

dove:

f_k sono le resistenze caratteristiche del materiale,

γ_m sono i coefficienti parziali del materiale.

La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

dove:

f_{yk} (per armatura ordinaria) è la resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio.

γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza che, per tutti i tipi di acciaio vale 1,15

La tensione tangenziale di aderenza acciaio – cls. f_{bd} è data :

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$$

dove:

γ_c è il coefficiente di sicurezza parziale pari a 1,5,

f_{bk} è la resistenza tangenziale caratteristica di aderenza data da:

$$f_{bk} = 2,25 \eta f_{ctk}$$

in cui:

$\eta = 1,0$ per barre di diametro $\varnothing \leq 32$ mm.

$\eta = (132 - \Phi / 100)$ per barre di diametro superiore

Nel caso di armature molto addensate o ancoraggi in zona di calcestruzzo teso, la resistenza di aderenza va ridotta dividendola almeno per 1,5.

4.4 LEGNO LAMELLARE DI COPERTURA

Per le coperture lignee si è utilizzato, ai sensi del cap.11.7 delle NTC2018 ed ai sensi delle EN 1994:

- Legno lamellare GL24h, con certificazioni conformi a quanto indicato dalle Norme UNI EN 14080 ed all'Eurocodice 5

4.5 ACCIAIO PER PROFILI (NTC2018 §11.3.4)

Per i profili in acciaio si è utilizzato, ai sensi del §11.3.4 delle NTC del2018:

- Acciaio per profili S275 JR (UNI EN 10025-2)

$$f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$$

Certificazioni ed attestati di conformità ai sensi del §11.3.4 delle NTC del 2018

- Bulloni: Classe 8.8

5 IPOTESI DI CALCOLO E DIAGRAMMI COSTITUTIVI

Il dimensionamento a sforzo normale e flessione delle sezioni in c.a. viene eseguito effettuando le seguenti ipotesi di base:

- cls. non resistente a trazione;
- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza tra acciaio e cls.;
- rottura del cls per compressione al raggiungimento della sua capacità deformativi ultima a compressione ($\varepsilon_{cu} = 3,5 ‰$);
- rottura dell'acciaio a trazione al raggiungimento della capacità ultima di deformazione del materiale.

Il calcolo della capacità di resistenza della sezione viene eseguito adottando per i materiali i seguenti diagrammi costitutivi:

- 1) Si adottano per il cls. i seguenti modelli costitutivi, definiti in base alla resistenza di calcolo f_{cd} e alla deformazione ultima ε_{cu}

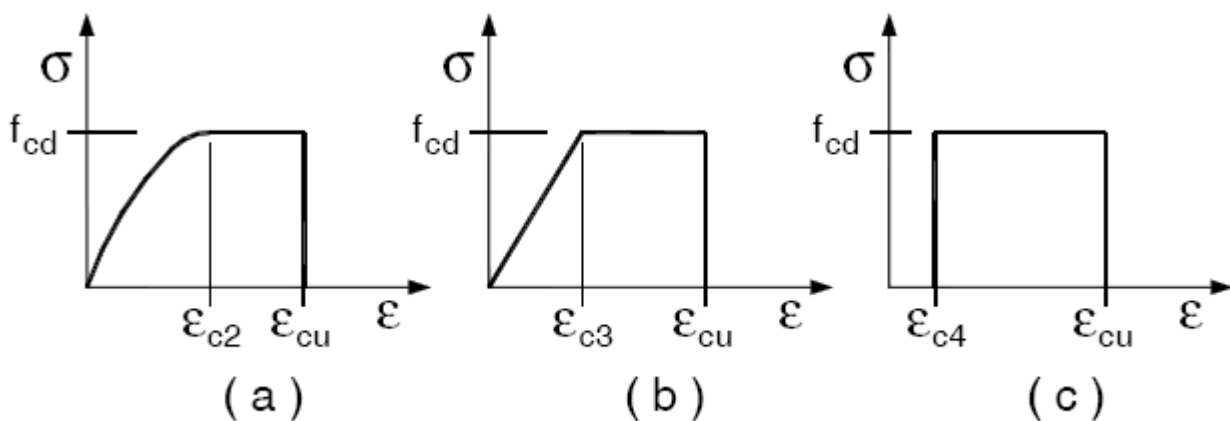


Figura 4.1.1 – Modelli σ - ε per il calcestruzzo

In figura sono rappresentati i modelli $\sigma - \varepsilon$ per il cls: (a) parabola – rettangolo; (b) triangolo rettangolo; (c) rettangolo (stress block)

In particolare si può porre:

$$\varepsilon_{c2} = 0,20 ‰ \quad \varepsilon_{cu} = 0,35 ‰$$

$$\varepsilon_{c3} = 0,175\% \varepsilon_{c4} = 0,07\%$$

Per sezioni o parti di sezioni soggette a distribuzioni di tensione di compressione approssimativamente uniformi, si assume per deformazione ultima a rottura il valore ε_{c2} anziché ε_{cu} (CALCOLO A COMPRESSIONE SEMPLICE).

- 2) Per il diagramma tensione-deformazione dell'acciaio è possibile adottare modelli basati sul valore di deformazione ultima del materiale $\varepsilon_{ud} = 0,9 \varepsilon_{uk}$ [$\varepsilon_{uk} = (A_{gt})k$], sul valore di calcolo della resistenza f_{yd} e sul rapporto di sovrarresistenza $k = (f_t / f_y)_k$.

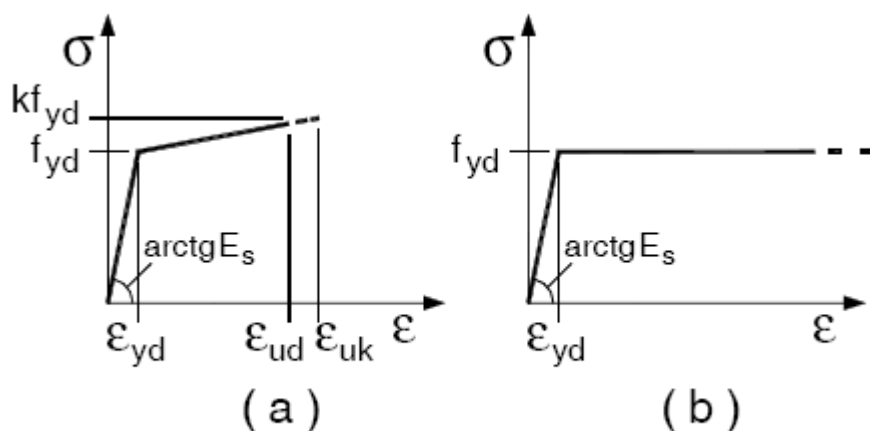


Figura 4.1.2– Modelli σ - ε per l'acciaio

In particolare i calcoli a seguire si basano sul diagramma rappresentativo del comportamento elastico perfettamente plastico.

6 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

VITA NOMINALE

Trattandosi di opere ordinarie, adibite a civile abitazione, il progetto viene condotto ipotizzando per l'opera una durata nominale $V_N \geq 50$ anni.

CLASSE D'USO

Per l'analisi sismica, in riferimento alle conseguenze di un'interruzione dell'operatività o di un eventuale collasso, i fabbricati vengono fatti ricadere in classe II.

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Il periodo di riferimento V_R di una costruzione, quantificato moltiplicando la vita nominale V_N (espressa in anni) per il coefficiente d'uso della costruzione

$$C_U \quad (V_R = V_N C_U)$$

riveste notevole importanza in quanto, assumendo che la legge di ricorrenza dell'azione sismica sia un processo Poissoniano, è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{ve} corrispondente allo SL considerato, il periodo di ritorno T_e di riferimento per la verifica.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito dalla tabella seguente:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

Nel caso in esame $C_U = 1$, da cui $V_R = 50$

7 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Sotto l'effetto delle azioni sismiche, il rispetto degli stati limite per una struttura ordinaria (come il fabbricato in oggetto) si considera conseguito:

- Nei confronti degli stati limite di esercizio, qualora siano rispettate le verifiche relative allo SLD;
- Nei confronti degli stati limite ultimi, qualora siano rispettate le verifiche relative allo SLV.

I parametri che definiscono l'azione sismica sono i seguenti:

PARAMETRI DEL SITO

Città: Ferrara

Longitudine: 11.604617

Latitudine: 44.864900

Classe del terreno: C (Si veda in dettaglio la relazione geotecnica allegata realizzata da Elletipi ed a firma del Geol. Massimo Romagnoli)

SPETTRI DI PROGETTO

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, lo spettro di

risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Carico sismico

Forma spettro: Parametrica

Classe suolo: C

Diagramma Spettro

Calcola

	SLC	SLV	SLD	SLO
Verifica	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a_g [m/s ²]	1,69	1,26	0,44	0,36
F_0	2,56	2,60	2,51	2,55
T^*_C [s]	0,28	0,27	0,28	0,25
T_R	975,00	475,00	50,00	30,00
S_S	1,43	1,50	1,50	1,50
T_B [s]	0,15	0,15	0,15	0,14
T_C [s]	0,45	0,44	0,45	0,41
T_D [s]	2,29	2,12	1,78	1,74

Categoria topografica: T1

S_T : 1,0

Fattore di amplificazione: 1,000

OK Annulla ?

Figura 9: Parametri di accelerazione considerati nei calcoli successivi

8 ANALISI DEI CARICHI VERTICALI

8.1 PALAZZINA TIPO B – STATO DI FATTO

PRIMO SOLAIO – SOLAIO DI PIANO PRIMO CON TRAVI E TAVELLONI

Peso proprio	(G1k)	250 Kg/m ²
Permanenti portati	(G2k)	200 Kg/m ²
Accidentali	(Qk)	<u>200 Kg/m²</u>
Totale		650 Kg/m²

SECONDO SOLAIO – SOLAIO DI SOTTOTETTO IN LEGNO

Peso proprio	(G1k)	80 Kg/m ²
Permanenti	(G2k)	20 Kg/m ²
Accidentale	(Qk)	<u>150 Kg/m²</u>
Tot.		250 Kg/m²

TERZO SOLAIO – SOLAIO DI COPERTURA IN LEGNO

Peso proprio	(G1k)	100 Kg/m ²
Permanenti	(G2k)	160 Kg/m ²
Accidentale	(Qk)	<u>100 Kg/m²</u>
Tot.		360 Kg/m²

8.2 PALAZZINA TIPO B – PROGETTO

PRIMO SOLAIO – SOLAIO DI PIANO PRIMO IN LATEROCEMENTO TIPO BAUSTA 16+4

Peso proprio	(G1k)	300 Kg/m ²
Permanenti portati	(G2k)	250 Kg/m ²
Accidentali	(Qk)	<u>200 Kg/m²</u>
Totale		650 Kg/m²

SECONDO SOLAIO – SOLAIO DI SOTTOTETTO IN LEGNO

Peso proprio	(G1k)	80 Kg/m ²
Permanenti	(G2k)	20 Kg/m ²
Accidentale	(Qk)	<u>150 Kg/m²</u>
Tot.		250 Kg/m²

TERZO SOLAIO – SOLAIO DI COPERTURA IN LEGNO

Peso proprio	(G1k)	100 Kg/m ²
Permanenti	(G2k)	160 Kg/m ²
Accidentale	(Qk)	<u>100 Kg/m²</u>
Tot.		360 Kg/m²

8.3 PALAZZINA TIPO C – STATO DI FATTO

PRIMO SOLAIO – SOLAIO DI PIANO PRIMO CON TRAVI E TAVELLONI

Peso proprio	(G1k)	250 Kg/m ²
Permanenti portati	(G2k)	200 Kg/m ²
Accidentali	(Qk)	<u>200 Kg/m²</u>
Totale		650 Kg/m²

SECONDO SOLAIO – SOLAIO DI SOTTOTETTO CON TRAVI E TAVELLONI

Peso proprio	(G1k)	150 Kg/m ²
Permanenti	(G2k)	20 Kg/m ²
Accidentale	(Qk)	<u>150 Kg/m²</u>
Tot.		320 Kg/m²

TERZO SOLAIO – SOLAIO DI COPERTURA CON TRAVI E TAVELLONI

Peso proprio	(G1k)	150 Kg/m ²
Permanenti	(G2k)	160 Kg/m ²
Accidentale	(Qk)	<u>100 Kg/m²</u>
Tot.		410 Kg/m²

8.4 PALAZZINA TIPO C – PROGETTO

PRIMO SOLAIO – SOLAIO DI PIANO PRIMO IN LATEROCEMENTO TIPO BAUSTA 16+4

Peso proprio	(G1k)	300 Kg/m ²
Permanenti portati	(G2k)	250 Kg/m ²
Accidentali	(Qk)	<u>200 Kg/m²</u>
Totale		650 Kg/m²

TERZO SOLAIO – SOLAIO DI COPERTURA IN LEGNO

Peso proprio	(G1k)	150 Kg/m ²
Permanenti	(G2k)	160 Kg/m ²
Accidentale	(Qk)	<u>100 Kg/m²</u>
Tot.		410 Kg/m²

9 COMBINAZIONI DELLE AZIONI (NTC2018 §2.5.3)

Ai fini delle verifiche verranno adottate le seguenti combinazioni:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_F \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d :

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

9.1 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere condotte sulla base della seguente combinazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum \psi_{2j} Q_{kj}$$

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

$$G_1 + G_2 + \sum \psi_{2j} Q_{kj}$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;
 γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
 γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

I valori dei coefficienti combinazione per i carichi accidentali sono riportati nella seguente tabella:

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

10 VERIFICHE AI CARICHI VERTICALI – CONDIZIONE DI PROGETTO

10.1 VERIFICA DEL PRIMO SOLAIO

Il primo solaio risulta identico per i fabbricati della tipologia B e per quello della tipologia C. Si riporta di seguito la verifica di un campo standard.

Solaio in laterocemento H = 16+4 Luce 370 cm

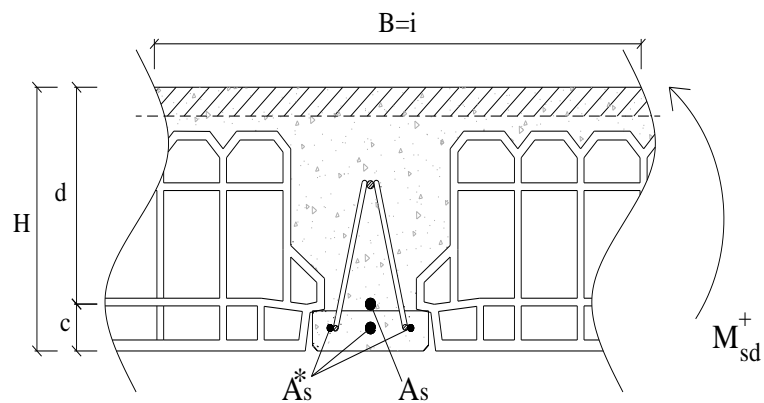
GEOMETRIA SOLAIO		
altezza solaio	20	[cm]
soletta	4	[cm]
pignatta	16	[cm]
luce lorda	370	[cm]
B trave app1	20	[cm]
B trave app2	20	[cm]
luce netta	350	[cm]
interasse pignatte [B]	50	[cm]
copriferro superiore	20	[mm]
copriferro inferiore	30	[mm]
base travetti [b]	12	[cm]

ANALISI DEI CARICHI		
G1	3	[kN/m ²]
G2	2.5	[kN/m ²]
Q	2	[kN/m ²]
SLU	5.33	[kN/m]
SLE	3.45	[kN/m]

analisi a travetto (i=50cm)

combinazione frequente G1+G2+Q1*psi1

PROGETTO SEZIONE IN MEZZERIA		
M _{Ed}	6.07	[kNm]
incremento 20%	7.29	[kNm]
proetto con metodo tabellare		
β	0.3	[-]
δ'	0.118	[-]
r'	5.299	[-]
ρ _M	0.036	[-]
A _{s,min}	111	[mm ²]
armatura adottata	1	n°
φ	12	[mm]
A _s	113	[mm ²]



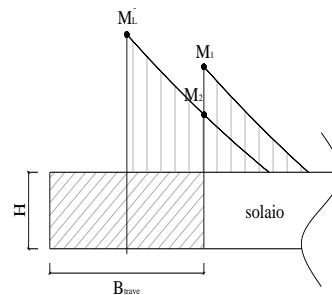
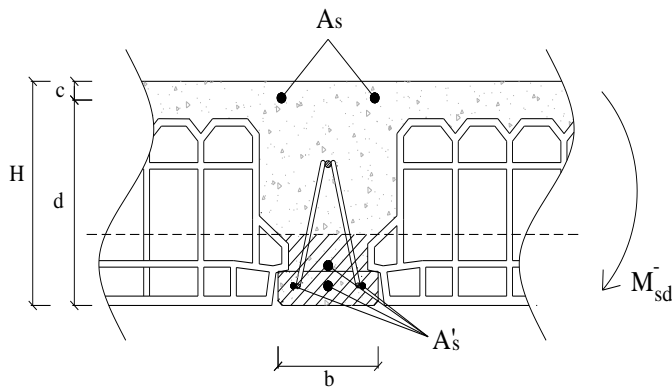
calcolo

PROGETTO SEZIONE A "T" ALL'APPOGGIO

B trave	20	[cm]
M_L^-	6.07	[kNm]
M_1	5.44	[kNm]
M_2	5.12	[kNm]
M_{Ed}	6.07	[kNm]

prgetto con metodo tabellare β 0 [-] δ' 0.167 [-] r' 3.011 [-] ρ_M 0.121 [-] A_s 95 [mm²] A_s/m 189 [mm²/m]armatura adottata ϕ 12 [mm]

passo 20 [cm]

 A_s 565 [mm²/m]*prendere valore corrispondente a r' immediatamente inferiore a quello di cal**armatura sul singolo travetto**armatura necesaria a metro***V****VERIFICA FRECCIA**

F/L max 0.001 [-]

Fmax 3.7 [mm]

Yg 13 [cm]

Jx 9796 [cm⁴]

Fmax 2.7 [mm]

Fmin 0.5 [mm]

 F_{Ed} 1.64 [mm]VERIFICA **V**

10.2 VERIFICA DELLA COPERTURA LIGNEA – TIPOLOGIA B

Travetti in legno lamellare 12x16 interasse 65 cm, luce 265 cm

$$M_{sd} = 28090 \text{ daNcm}$$

$$W = 512 \text{ cm}^3$$

$$J = 4096 \text{ cm}^4$$

$$f_{sd} = 55 \text{ daN/cm}^2$$

La freccia risulta molto inferiore ad 1/200 della luce.

Travi in legno lamellare 20x28 luce 450 cm

$$M_{sd} = 284006 \text{ daNcm}$$

$$W = 2613 \text{ cm}^3$$

$$J = 36587 \text{ cm}^4$$

$$f_{sd} = 108 \text{ daN/cm}^2$$

La freccia risulta inferiore a 1/200 della luce.

Travi in legno lamellare 16x28 luce 380 cm

$$M_{sd} = 194870 \text{ daNcm}$$

$$W = 2091 \text{ cm}^3$$

$$J = 29269 \text{ cm}^4$$

$$f_{sd} = 93 \text{ daN/cm}^2$$

La freccia risulta inferiore a 1/200 della luce.

10.3 VERIFICA DELLA COPERTURA LIGNEA – TIPOLOGIA C

Travetti in legno lamellare 12x20 interasse 80 cm, luce 340 cm

$$M_{sd} = 38220 \text{ daNcm}$$

$$W = 800 \text{ cm}^3$$

$$J = 8000 \text{ cm}^4$$

$$f_{sd} = 48 \text{ daN/cm}^2$$

La freccia risulta molto inferiore ad 1/200 della luce.

Nota: Tutti i collegamenti tra i profili lignei dovranno essere verificati con il fornitore della copertura ed approvati dalla Direzione Lavori

Risulta importante sottolineare come, a livello del controsoffitto, siano previste due reticolari di piano in corrispondenza delle ali laterali dove sono presenti le scale di accesso.

Tali reticolari hanno la funzione di stabilizzare i muri interni di 15 cm, il cui raddoppio non è previsto a causa delle dimensioni interne ridotte dei vani, collegandoli ai muri perimetrali a due teste.

11 VERIFICHE IN AMBITO SISMICO – STATO DI FATTO

Di seguito si riporta la verifica sismica del fabbricato oggetto di studio in condizione di stato di fatto. Possiamo identificare due principali meccanismi di collasso di una generica struttura in muratura:

- **Meccanismi locali:** meccanismi di “primo modo” di ribaltamento/espulsione di singole pareti;
- **Meccanismo globale:** comportamento d’insieme del fabbricato, meccanismo di “secondo modo”.

11.1 VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI – MECCANISMI DI PRIMO MODO

L’attivazione di un meccanismo globale della struttura (detto di secondo modo) risulta essere subordinato a meccanismi locali (detti di primo modo) che si innescano molto prima a causa di elementi murari snelli e con ammorsamenti fra pareti ortogonali non efficienti.

Meccanismi di risposta di questo tipo, generalmente meno resistenti e meno duttili di quelli che coinvolgono la risposta d’insieme del fabbricato, devono quindi essere opportunamente considerati nella definizione di un modello di analisi che sia realmente rappresentativo del comportamento sismico strutturale.

Il primo aspetto dell’analisi riguarda dunque il riconoscimento delle condizioni che predispongono all’attivazione di meccanismi locali di danno e collasso e quindi la valutazione della necessità di effettuare opportune analisi.

Di seguito si propone una serie dei meccanismi di collasso più significativi per le costruzioni esistenti in muratura, principalmente *Ribaltamento Semplice*, *Ribaltamento Composto*, *Espulsione*, *Flessione Verticale* e *Flessione Orizzontale*, che vengono identificati tramite una descrizione delle modalità di collasso associate al meccanismo trattato, illustrazioni schematiche e riferimenti fotografici di dissesti realmente manifestatisi a seguito degli eventi sismici passati in edifici esistenti.

Per ogni tipologia di cinematismo possibile, si analizzeranno le condizioni effettivamente presenti nel caso dell’edificio in oggetto, evidenziando o meno la probabilità o l’incipienza del fenomeno in esame.

I fattori condizionanti il riconoscimento di ciascun meccanismo, essenzialmente sono rappresentati dalle seguenti condizioni:

- **Condizioni di vincolo della parete interessata dal meccanismo:** sono indicate le condizioni di vincolo della parete, o porzione di parete, coinvolta nel cinematismo e più in particolare i vincoli la cui assenza o carenza predispone all'attivazione del meccanismo e per i quali occorre una verifica sull'edificio rivolta alla valutazione dell'esistenza e dell'efficacia;
- **Carenze e vulnerabilità associate al meccanismo:** sono segnalate le principali carenze costruttive e tecnologiche, da cui tra l'altro dipendono strettamente le condizioni di vincolo ipotizzabili per i corpi coinvolti nel cinematismo, e le vulnerabilità specifiche la cui esistenza nell'edificio è indicativa della possibilità di attivazione del meccanismo trattato;
- **Sintomi che manifestano l'avvenuta attivazione del meccanismo:** sono individuate le condizioni di danneggiamento e dissesto che più frequentemente si associano all'avvenuta attivazione del meccanismo;
- **Differenti varianti del meccanismo:** in relazione alle diverse caratteristiche costruttive degli edifici, sono specificate le varie modalità con cui il meccanismo considerato può manifestarsi dando luogo a differenti configurazioni dei corpi coinvolti nel cinematismo di collasso.

Seguendo la procedura di verifica proposta dall'OPCM 3431 – Allegato 2, All. 11.C, si esegue la verifica di ribaltamento dei setti murari fuori dal proprio piano, definendo innanzitutto lo schema statico da analizzare, le forze e gli spostamenti attivati dai meccanismi ed effettuare infine un confronto in termini di accelerazioni: **qualora l'accelerazione sismica spettrale di riferimento, calcolata secondo le indicazioni della vigente normativa sismica allo Stato Limite considerato, sia maggiore dell' accelerazione sismica spettrale di riferimento supportata dal paramento murario in esame, si verifica il fenomeno del ribaltamento** poiché la parete viene sottoposta ad azioni orizzontali che la deformano fuori dal proprio piano maggiori di quelle che riesce a supportare attraverso l'attivazione della propria massa e dei carichi che gravano su di essa.

Le formulazioni del seguito sono riportate anche nella Circolare del 2009 al §C8A.4.1.

- a. Calcolo della **massa partecipante al meccanismo**:

$$M^* = \frac{\sum_{i=1}^{n+m} (P_i^2 \cdot \gamma_i^2)}{g \cdot \sum_{i=1}^{n+m} (P_i \cdot \gamma_i^2)}$$

b. Calcolo dell'**accelerazione sismica spettrale**:

$$a^*_{0} = \frac{\alpha_0 \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i}{M^* FC}$$

Eseguendo un'**analisi cinematica lineare** con fattore di struttura q pari a 2 (C8A.4.2.3 della Circolare) **la verifica nel caso di elemento in appoggio al terreno ritiene soddisfatta se risulta verificata la seguente disuguaglianza**:

$$a^*_{0} \geq \frac{a_g(P_{V_R})S}{q}$$

Se invece il meccanismo interessa una porzione di costruzione posta ad una determinata quota, si deve tener conto del fatto che l'accelerazione assoluta alla quota della porzione di edificio interessata dal cinematisimo è in genere amplificata rispetto a quella del suolo. Una approssimazione accettabile consiste nel verificare, oltre alla disuguaglianza precedente, anche la seguente:

$$a^*_{0} \geq \frac{S_e(T_1) \cdot \psi(Z) \cdot \gamma}{q}$$

Dove, secondo quanto riportato nel §C8A.4.2.3 della Circolare del 2009 occorre definire i seguenti parametri:

$S_e(T_1)$ è il valore dell'accelerazione riferita al periodo di vibrazione T_1 determinato sullo spettro di progetto considerato. Verrà comunque sempre considerato il valore massimo ($T_B < T_1 < T_C$) dello spettro di progetto;

$$\psi(Z) = Z / H$$

Z è l'altezza, rispetto alla fondazione dell'edificio del baricentro delle linee di vincolo tra i blocchi interessati dal meccanismo;

$\gamma = 3N(2N+1)$, coefficiente di partecipazione modale, con N numero di piani dell'edificio.

Verrà riportata la verifica in termini di $f_{a,SLV}$, ovvero del rapporto fra l'accelerazione sismica spettrale che provoca il raggiungimento dello stato limite considerato e quella attesa in sito.

11.1.1 STATO DI FATTO - PALAZZINA B

In condizioni di stato di fatto la palazzina presenta un solaio di sottotetto in legno ed un solaio di copertura in legno con cordolo perimetrale di recente realizzazione. Inoltre il fabbricato presenta una buona distribuzione di maschi murari in pianta, con maglie pressoché quadrate di circa 3.5-4 metri di lato. Si hanno pertanto delle pareti ben irrigidite trasversalmente da altri maschi murari. Verranno pertanto analizzati i seguenti meccanismi di primo modo:

- ~~1. Ribaltamento Semplice~~
- ~~2. Ribaltamento Composto~~
- 3. Espulsione**
- ~~4. Flessione Verticale~~
- ~~5. Flessione Orizzontale~~

Di seguito si esegue la verifica della parete che va dal piano terra al piano primo di facciata, considerando il campo di parete non caricato dal solaio di piano primo e dai due solai soprastanti. La verifica è eseguita in condizioni di stato di fatto.

La verifica ad espulsione è stata eseguita con riferimento alla posizione della cerniera più rappresentativa coerentemente con la geometria dei solai.

In particolare la cerniera è stata ipotizzata in corrispondenza di metà della parete al piano primo, poiché minimizza il fattore di sicurezza.

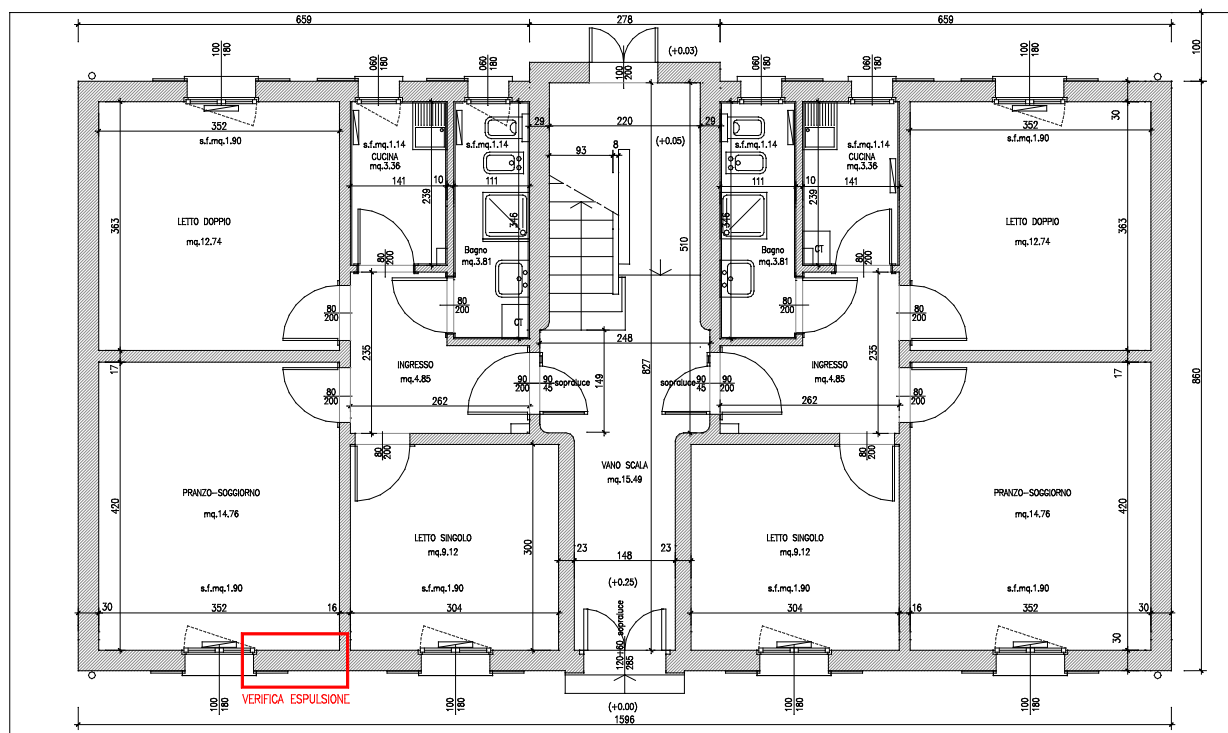


Figura 10: Palazzina B – PIANO TERRA – Individuazione della parete oggetto di verifica

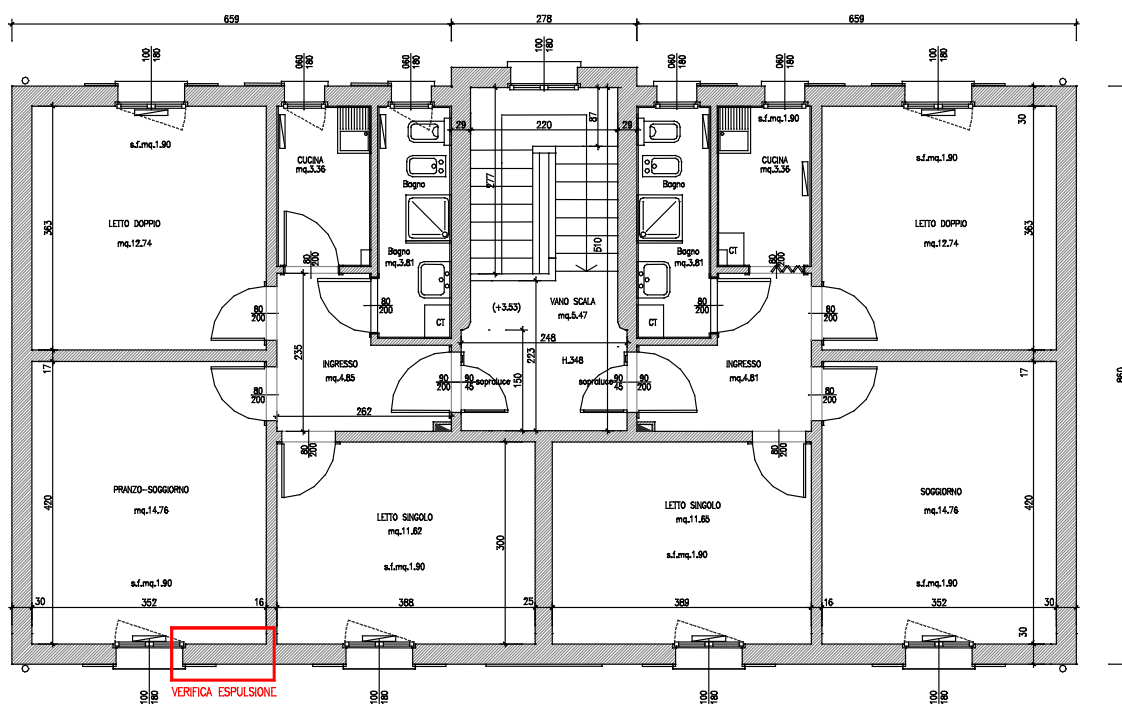


Figura 11: Palazzina B – PIANO PRIMO – Individuazione della parete oggetto di verifica

PARETE DI FACCIAIA – ESPULSIONE – SLV

Il valore del moltiplicatore dei carichi che attiva il meccanismo è $\alpha_0 = 0.081$.

Considerando un equivalente sistema ad un grado di libertà si ricava l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo, pari a $\alpha_0^* = 0.060g$.

Con riferimento allo SLV si ha:

$$\frac{a_g(P_{Vr}) \cdot S}{q} = 0.094g > \alpha_0^*$$

Con riferimento alla verifica più gravosa si ottiene il seguente fattore di accelerazione:

$$f_{a,SLV} = \frac{\alpha_0^*}{\alpha_{SLV}} = 0.64$$

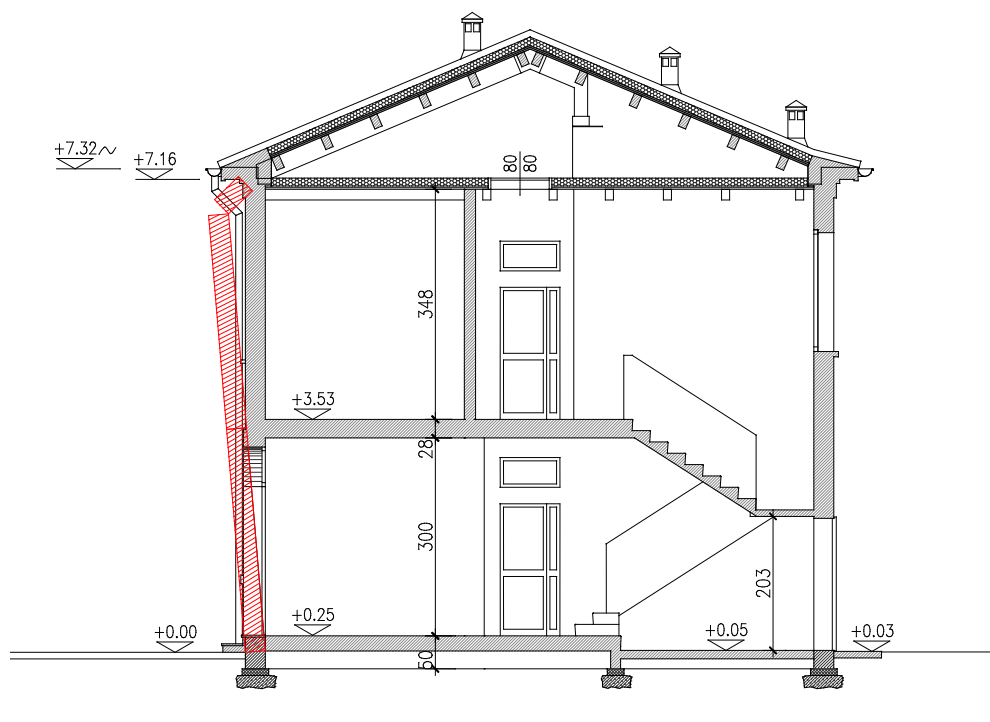


Figura 12: Palazzina B – SEZIONE – Individuazione del meccanismo di ribaltamento in condizioni di stato di fatto.

PARETE DI FACCIATA – ESPULSIONE – SLD

Il valore del moltiplicatore dei carichi che attiva il meccanismo è $\alpha_0 = 0.081$.

Considerando un equivalente sistema ad un grado di libertà si ricava l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo, pari a $\alpha^*_0 = 0.060g$.

Con riferimento allo SLV si ha:

$$\frac{a_g(P_{Vr}) \cdot S}{q} = 0.033g > \alpha^*_0$$

Con riferimento alla verifica più gravosa si ottiene il seguente fattore di accelerazione:

$$f_{\alpha,SLV} = \frac{\alpha^*_0}{\alpha_{SLV}} = 1.81$$

11.1.2 STATO DI FATTO - PALAZZINA C

In condizioni di stato di fatto la palazzina presenta tre ordini di solai deformabili e che non garantiscono un ritegno sufficiente alle periti murarie principali. Il fabbricato presenta comunque una buona distribuzione di maschi murari in pianta, con maglie pressoché quadrate di circa 3.5-4 metri di lato. Si hanno pertanto delle pareti ben irrigidite trasversalmente da altri maschi murari. Verranno pertanto analizzati i seguenti meccanismi di primo modo:

1. Ribaltamento Semplice

~~2. Ribaltamento Composto~~

~~3. Espulsione~~

~~4. Flessione Verticale~~

~~5. Flessione Orizzontale~~

PARETE DI FACCIATA – RIBALTAMENTO SEMPLICE – SLV

Di seguito si esegue la verifica della parete che va dal piano terra al piano primo di facciata, considerando il campo di parete non caricato dal solaio di piano primo e dai due solai soprastanti. La verifica è eseguita in condizioni di stato di fatto.

#1 RIBALTAMENTO SEMPLICE PARETE PRIMO PIANO - SLV

Il valore del moltiplicatore dei carichi che attiva il meccanismo è $\alpha_0 = 0.075$.

Considerando un equivalente sistema ad un grado di libertà si ricava l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo, pari a $\alpha^*_0 = 0.055g$.

Con riferimento allo SLV si ha:

$$\frac{a_g(P_{Vr}) \cdot S}{q} = 0.094g > \alpha^*_0 \qquad \frac{S_e(T_1) \cdot \psi(Z) \cdot \gamma}{q} = 0.140g > \alpha^*_0$$

Con riferimento alla verifica più gravosa si ottiene il seguente fattore di accelerazione:

$$f_{a,SLV} = \frac{\alpha^*_0}{\alpha_{SLV}} = 0.40$$

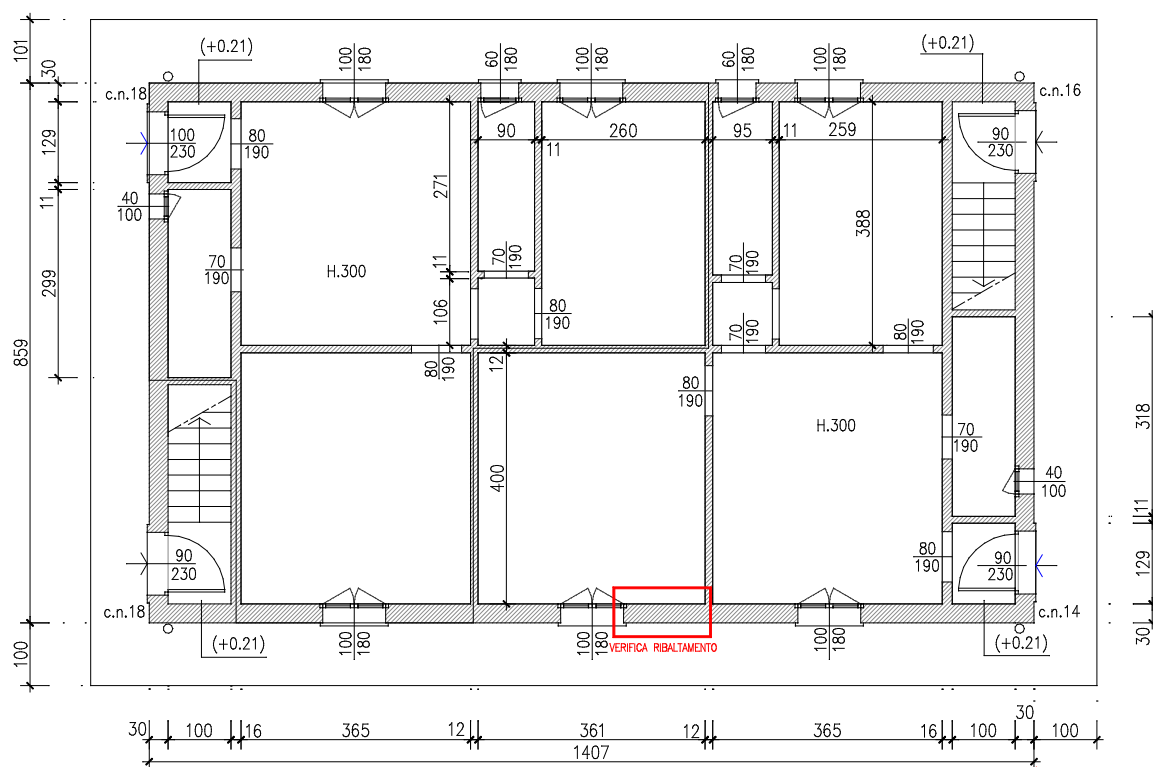


Figura 13: Palazzina C – PIANO TERRA – Individuazione della parete oggetto di verifica

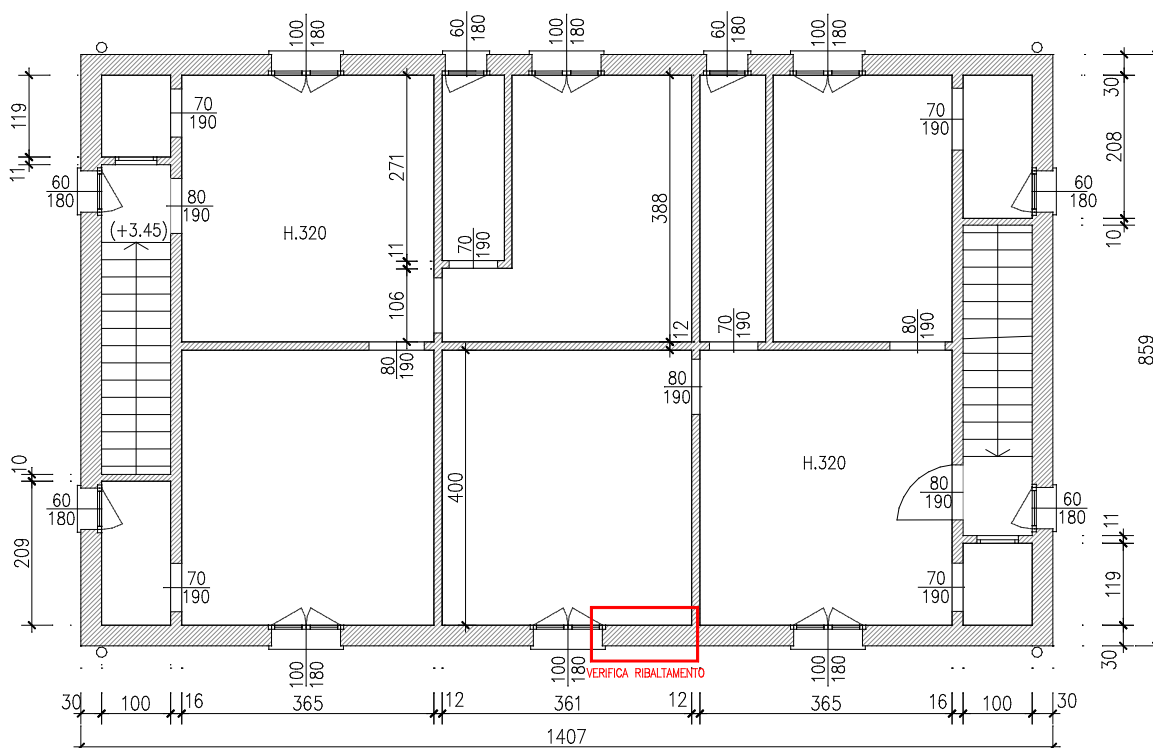


Figura 14: Palazzina C – PIANO PRIMO – Individuazione della parete oggetto di verifica

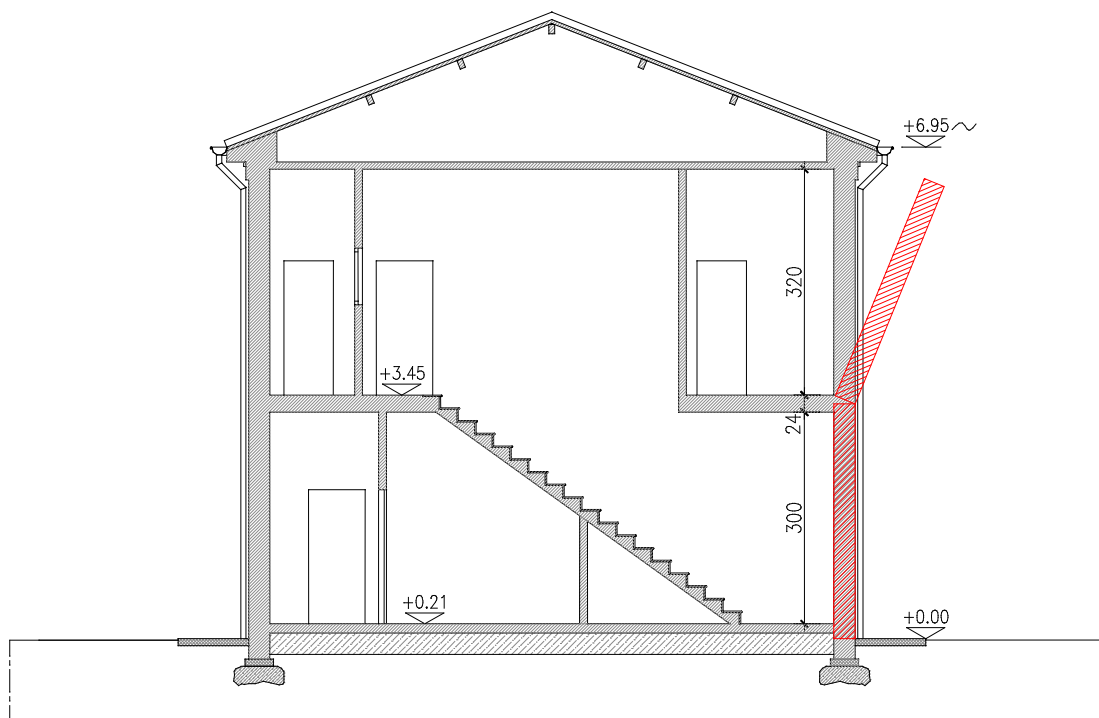


Figura 15: Palazzina C – SEZIONE – Meccanismo tipo #1

#2 RIBALTAMENTO SEMPLICE PARETE PIANO TERRA E PRIMO - SLV

Il valore del moltiplicatore dei carichi che attiva il meccanismo è $\alpha_0 = 0.036$.

Considerando un equivalente sistema ad un grado di libertà si ricava l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo, pari a $\alpha^*_0 = 0.033g$.

Con riferimento allo SLV si ha:

$$\frac{a_g(P_{Vr}) \cdot S}{q} = 0.094g > \alpha^*_0$$

Con riferimento alla verifica più gravosa si ottiene il seguente fattore di accelerazione:

$$f_{\alpha,SLV} = \frac{\alpha^*_0}{\alpha_{SLV}} = 0.35$$

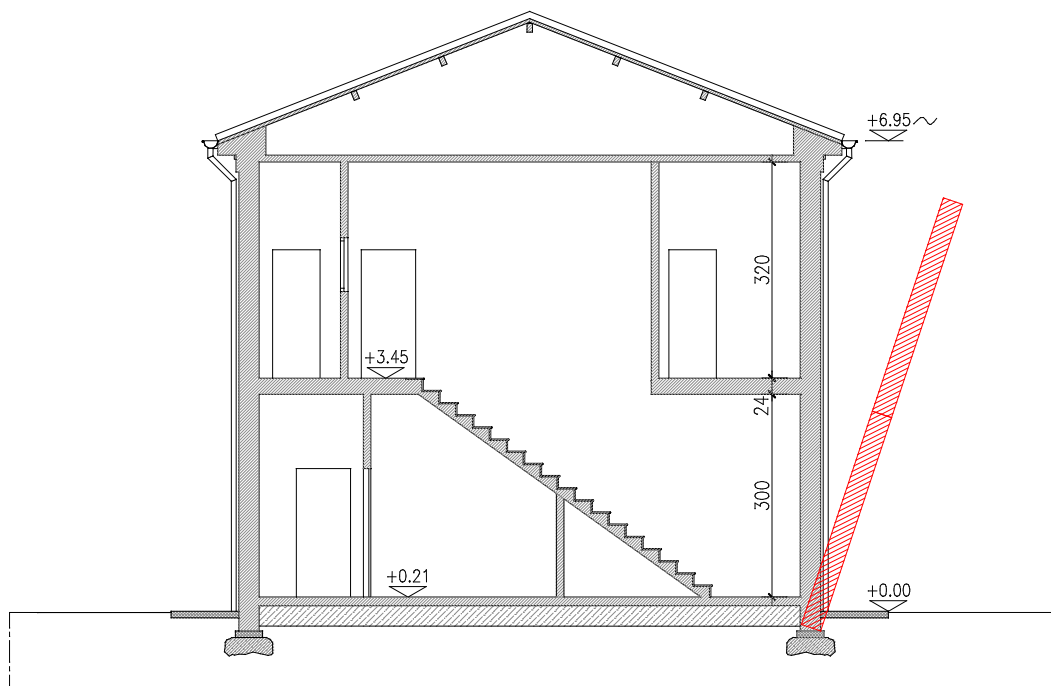


Figura 16: Palazzina C – SEZIONE – Meccanismo tipo #2

PARETE DI FACCIATA – RIBALTAMENTO SEMPLICE – SLD

#1 RIBALTAMENTO SEMPLICE PARETE PRIMO PIANO - SLD

Il valore del moltiplicatore dei carichi che attiva il meccanismo è $\alpha_0 = 0.075$.

Considerando un equivalente sistema ad un grado di libertà si ricava l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo, pari a $\alpha^*_0 = 0.055g$.

Con riferimento allo SLV si ha:

$$\frac{a_g(P_{Vr}) \cdot S}{q} = 0.033g > \alpha^*_0 \quad \frac{S_e(T_1) \cdot \psi(Z) \cdot \gamma}{q} = 0.048g > \alpha^*_0$$

Con riferimento alla verifica più gravosa si ottiene il seguente fattore di accelerazione:

$$f_{a,SLV} = \frac{\alpha^*_0}{\alpha_{SLV}} = 1.16$$

#2 RIBALTAMENTO SEMPLICE PARETE PIANO TERRA E PRIMO - SLD

Il valore del moltiplicatore dei carichi che attiva il meccanismo è $\alpha_0 = 0.036$.

Considerando un equivalente sistema ad un grado di libertà si ricava l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo, pari a $\alpha^*_0 = 0.033g$.

Con riferimento allo SLV si ha:

$$\frac{a_g(P_{Vr}) \cdot S}{q} = 0.033g > \alpha^*_0$$

Con riferimento alla verifica più gravosa si ottiene il seguente fattore di accelerazione:

$$f_{a,SLV} = \frac{\alpha^*_0}{\alpha_{SLV}} = 1.00$$

11.2 RIASSUNTO VERIFICHE MECCANISMI LOCALI

	$f_{a,SLV}$ -SLV-	$f_{a,SLD}$ -SLD-
PALAZZINA B		
Espulsione	0.64	1.81
PALAZZINA C		
Ribaltamento #1	0.40	1.16
Ribaltamento #2	0.35	1.00

I tabulati di calcolo delle verifiche dei meccanismi locali per lo stato di fatto si riportano nell'Allegato A e B.

11.3 VERIFICA MECCANISMO GLOBALE – DI SECONDO MODO

METODO DI ANALISI

Si effettua un'analisi statica non lineare dei fabbricati, seguendo le modalità prescritte dalla normativa vigente al § 7.3. Per gli edifici in muratura il metodo prevede unicamente una verifica del comportamento globale del fabbricato e non le verifiche dei singoli elementi (pannelli murari resistenti), sia allo stato limite di salvaguardia della vita che allo stato limite di danno.

Attraverso il programma a macroelementi "3muri" si effettua un confronto tra la capacità di spostamento ultima della costruzione e la domanda di spostamento corrispondente al sisma di progetto secondo la modalità generale di analisi descritta al § 7.3.

Nel caso di analisi statica non lineare, la verifica di sicurezza viene effettuata controllando il rapporto tra lo spostamento di domanda sismica e la capacità di spostamento della struttura individuata dal valore minimo tra lo spostamento corrispondente alla forza massima e quello corrispondente al raggiungimento del limite di spostamento di interpiano fissato dalla norma e pari, per la normativa vigente, a 0,003h. In ogni caso, trattandosi di muratura ordinaria, la verifica si intende soddisfatta nel momento in cui il rapporto tra il taglio alla base del sistema equivalente ad un grado di libertà calcolato dallo spettro di risposta elastico e il taglio alla base resistente del sistema ottenuto dall'analisi non lineare, risultasse inferiore a 3,0.

La resistenza a pressoflessione degli elementi costituenti il modello, viene calcolata ponendo f_d pari al valore medio della resistenza della muratura, e lo spostamento ultimo può essere assunto pari allo 0,8% dell'altezza del pannello. La resistenza a taglio può essere calcolata ponendo $f_{vd} = f_{vm0} + 0,4\sigma_n$ con f_{vm0} resistenza media a taglio della muratura e lo spostamento ultimo può essere assunto pari allo 0,4% dell'altezza del pannello.

MODELLAZIONE

Al fine del calcolo sismico viene condotta una modellazione mediante il programma di calcolo 3Muri (S.t.a. Data).

La modellazione dell'edificio viene realizzata mediante l'inserimento di pareti che vengono discretizzate in macroelementi, rappresentativi di maschi murari e fasce di piano deformabili; i nodi rigidi sono indicati nelle porzioni di muratura che tipicamente sono meno soggette al danneggiamento sismico.

Solitamente i maschi e le fasce sono contigui alle aperture, i nodi rigidi rappresentano elementi di collegamento tra maschi e fasce.

La concezione matematica che si nasconde nell'impiego di tale elemento, permette di riconoscere il meccanismo di danno, a taglio nella sua parte centrale o a pressoflessione sui bordi dell'elemento in modo da percepire la dinamica del danneggiamento così come si presenta effettivamente nella realtà. I nodi del modello, sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete).

Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete.

Gli orizzontamenti, sono modellati con elementi solaio a quattro nodi connessi ai nodi tridimensionali, sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi accidentali e permanenti; le azioni sismiche caricano il solaio lungo la direzione del piano medio.

Per questo l'elemento finito solaio viene definito con una rigidezza assiale, ma nessuna rigidezza flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

ANALISI SISMICA GLOBALE

Secondo le indicazioni da normativa, si devono eseguire due differenti verifiche nelle due direzioni principali dell'edificio con le due differenti distribuzioni di forze, proporzionali alle masse e al prodotto delle masse per gli spostamenti.

Al fine che la verifica sia soddisfatta, per i diversi Stati Limite considerati deve essere verificato che:

Stato limite Ultimo (SLV):

$$D_{\max} \leq D_u$$

D_{max}: Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u: Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente con il decadimento della curva Push-over di un valore pari al 20% di quello massimo.

$$q^* < 3$$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema

equivalente

Stato limite di Danno (SLD):

$$D_{\max}^{SLD} \leq D_d$$

D_{\max}^{SLD} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato come per D_{\max}

assumendo

$$a_g^{SLD} = \frac{a_g}{2.5}$$

D_d : Spostamento massimo allo SLD, corrispondente al minimo valore tra quello di taglio massimo e quello che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0.003). In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per le due diverse tipologie studiate.

11.3.1 STATO DI FATTO – PALAZZINA B – VERIFICA GLOBALE

I tabulati di calcolo della verifica globale per lo stato di fatto si riportano nell' Allegato C.

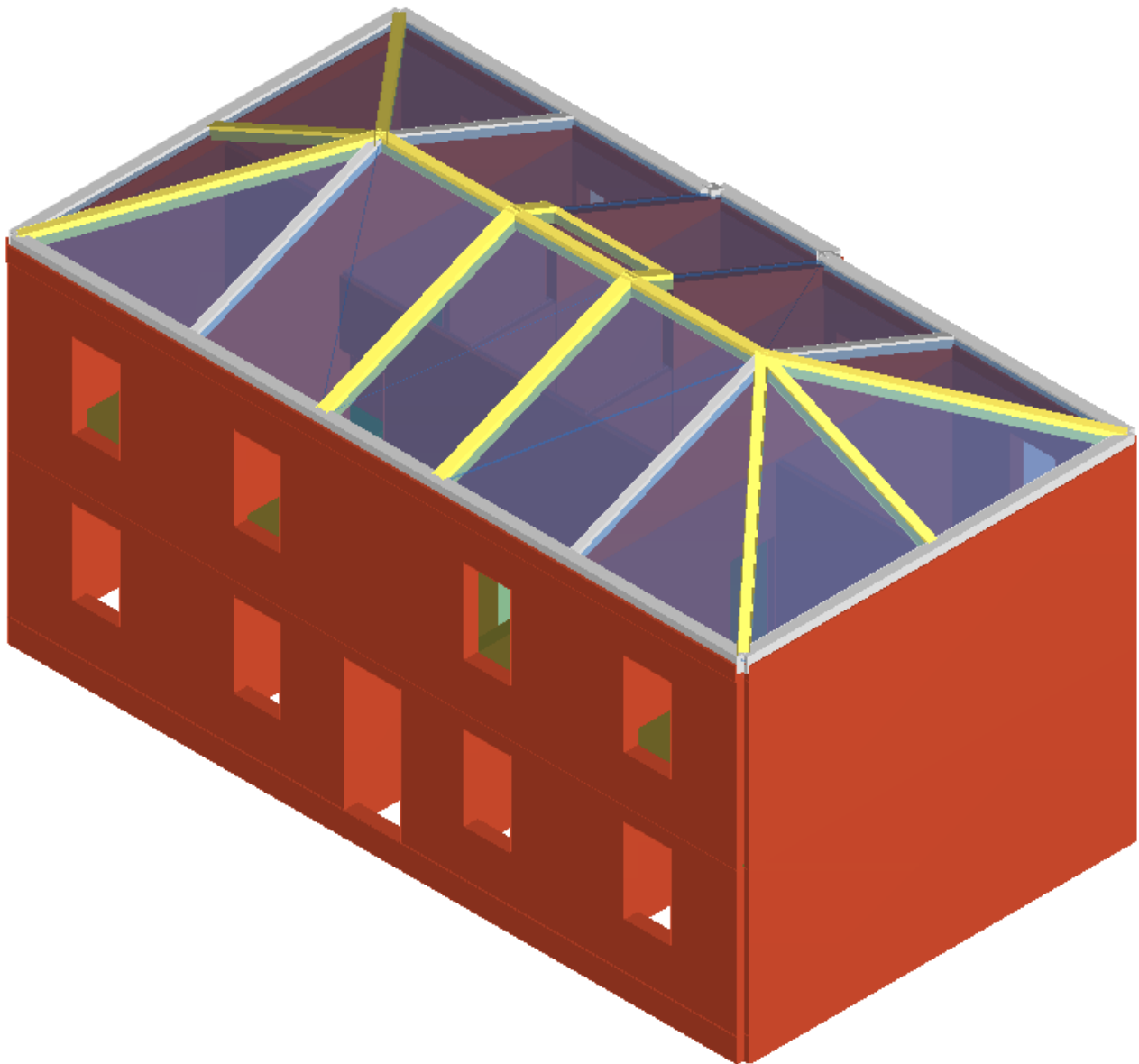


Figura 17: Vista del modello 3D in ambiente 3 Muri.

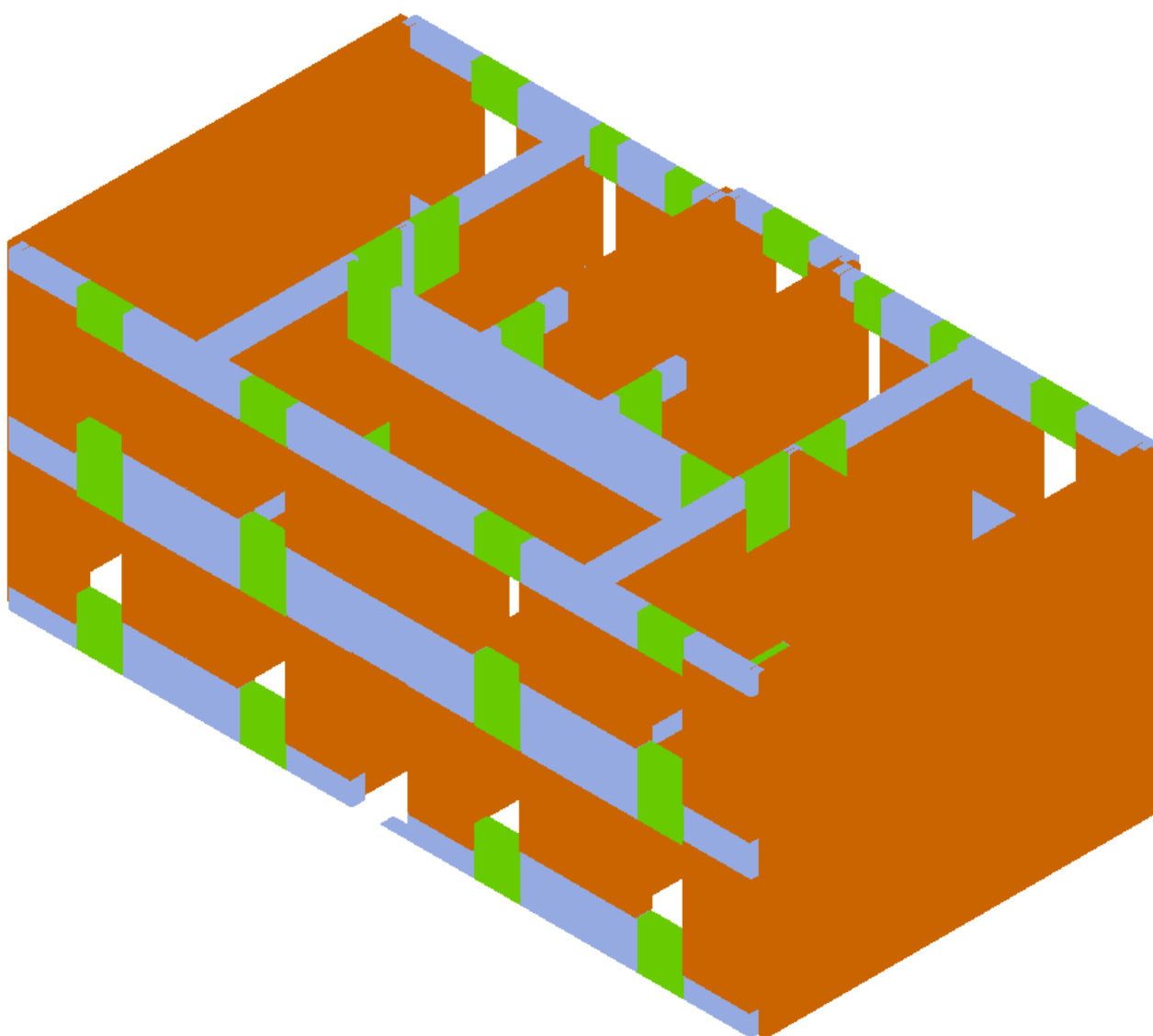


Figura 18: Vista del modello 3D con la suddivisione dei macroelementi. In marrone i maschi murari, in verde i nodi rigidi ed in azzurro le fasce si piano.

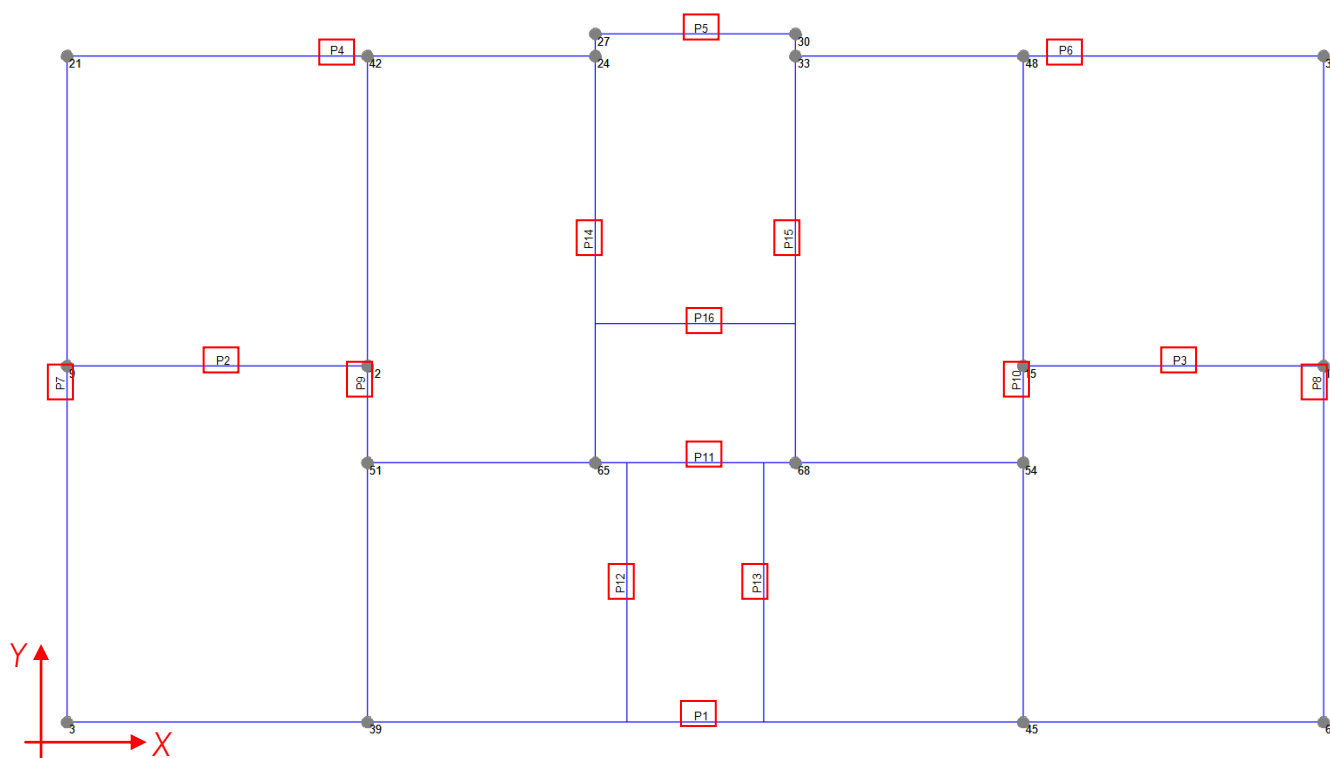


Figura 19: Pianta del modello. In evidenza le pareti (P1.....P16) ed il sistema di riferimento del modello.

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico	Eccentricità [cm]	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	Dmax SLD [cm]	Du SLD [cm]	α SLV	α SLD
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	0,00	1,31	1,06	0,32	1,01	0,852	2,415
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	0,00	1,53	1,57	0,39	1,18	1,023	2,383
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	0,00	1,47	1,08	0,37	1,05	0,789	2,265
4	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	0,00	1,67	1,69	0,44	1,20	1,009	2,233
5	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	0,00	0,56	1,46	0,17	0,83	1,734	3,602
6	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	0,00	0,73	2,01	0,21	0,94	1,948	3,414
7	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	0,00	0,57	1,45	0,18	1,05	1,705	4,064
8	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	0,00	0,92	2,92	0,25	1,58	2,352	4,240
9	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	42,85	1,33	1,07	0,33	1,02	0,847	2,401
10	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	-42,85	1,30	1,08	0,31	1,00	0,866	2,412
11	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	42,85	1,56	1,62	0,40	1,20	1,031	2,360
12	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	-42,85	1,51	1,53	0,38	1,17	1,012	2,388
13	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	42,85	1,48	1,12	0,38	1,05	0,803	2,254
14	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	-42,85	1,43	1,08	0,36	1,04	0,801	2,298
15	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	42,85	1,76	1,59	0,47	1,21	0,918	2,153
16	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	-42,85	1,64	1,47	0,43	1,19	0,912	2,261
17	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	78,32	0,60	0,87	0,17	0,82	1,222	3,485
18	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	-78,32	0,60	0,89	0,17	0,97	1,236	3,838
19	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	78,32	0,76	1,24	0,21	0,91	1,350	3,264
20	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	-78,32	0,77	1,15	0,21	1,06	1,279	3,591
21	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	78,32	0,59	0,94	0,17	1,04	1,283	4,006
22	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	-78,32	0,60	0,96	0,17	1,28	1,291	4,550
23	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	78,32	0,89	1,63	0,25	1,84	1,503	4,811
24	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	-78,32	0,90	1,50	0,25	1,31	1,407	3,758

Visualizza dettagli

ζE 1,0

Applica

Inserisci tutto in relazione

Cancella analisi

Legenda colori

Verificato

Non verificato

Non converge a p.p.

Analisi più gravosa

Esci

Figura 20: Risultati dell'analisi globale della Palazzina tipo B. In giallo i risultati più gravosi per le due direzioni principali.

Come si può notare dai dati sopra riportati, per la tipologia B in condizioni di stato di fatto si ottiene un coefficiente di sicurezza minimo del 78%, corrispondente al sisma in direzione X.

Di seguito si riportano i dettagli dell'analisi più gravosa.

ANALISI 3 – DIREZIONE X

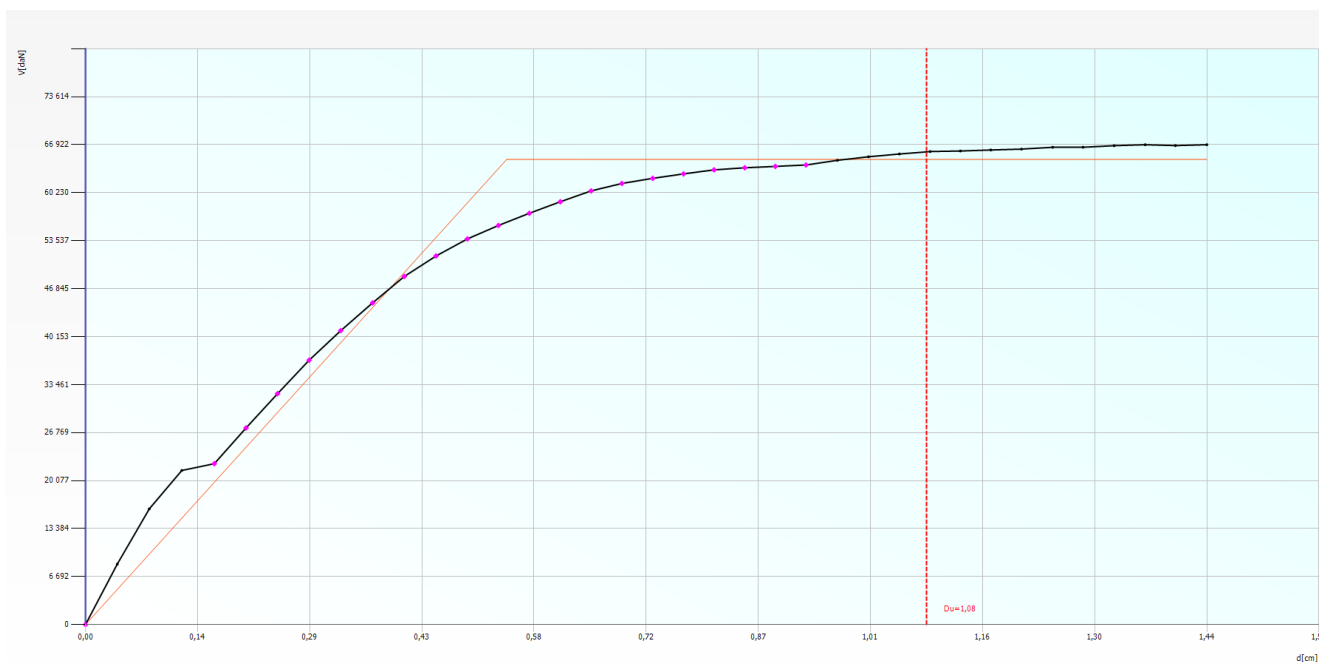


Figura 21: SDF Palazzina B. Analisi 3. Curva forza spostamento.

SLC

Dmax - [cm] - Du - [cm]

q* - - 3

Valore limite raggiunto per

SLV

Dmax 1,47 [cm] <= Du 1,08 [cm]

q* 2,04 <= 3

La verifica NON è soddisfatta

SLD

Dmax 0,37 [cm] <= Du 1,05 [cm]

La verifica è soddisfatta

Valore limite per Drift Ultimo

SLO

Dmax - [cm] - Du - [cm]

-

	TR _C	TR _D	a _{TR}	PGA _C [m/s ²]	PGA _D [m/s ²]	a _{PGA}
SLC	0	975	0,000	0,00	1,69	0,000
SLV	177	475	0,373	1,00	1,26	0,789
SLD	177	50	3,540	1,00	0,44	2,265
SLO	0	30	0,000	0,00	0,36	0,000

Parametri di Analisi

T* [s]	0,266
m* [kg]	214746
w [daN]	351234
M [kg]	351675
m*/M [%]	61,064
Γ	1,25
F*y [daN]	51877
d*y [cm]	0,43
d*u [cm]	1,16

☒ Mostra PGA su roccia

Dettagli ...

Normativa Esci

Figura 22: SDF Palazzina B. Analisi 3. Dettagli della verifica.

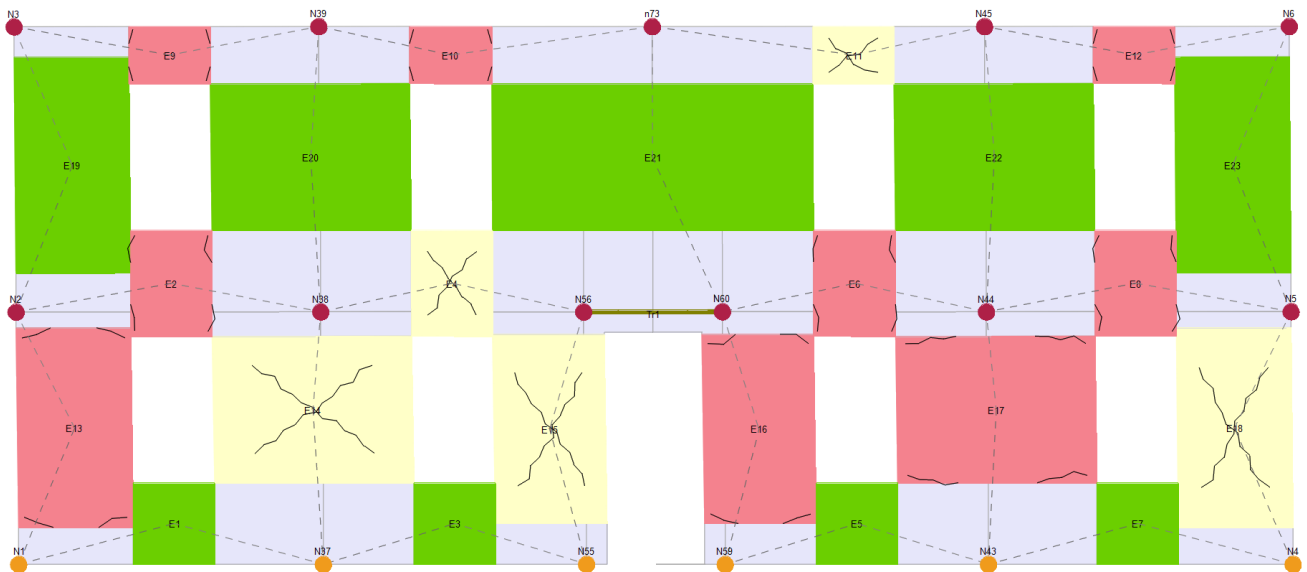


Figura 23: SDF Palazzina B. Analisi 3. Stato della Parete 1 allo spostamento ultimo.

Muratura	
<input checked="" type="checkbox"/>	Integro
<input checked="" type="checkbox"/>	Plastico per taglio
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per taglio
<input checked="" type="checkbox"/>	Plastico presso flessione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura presso flessione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per compressione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per trazione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura in fase elastica

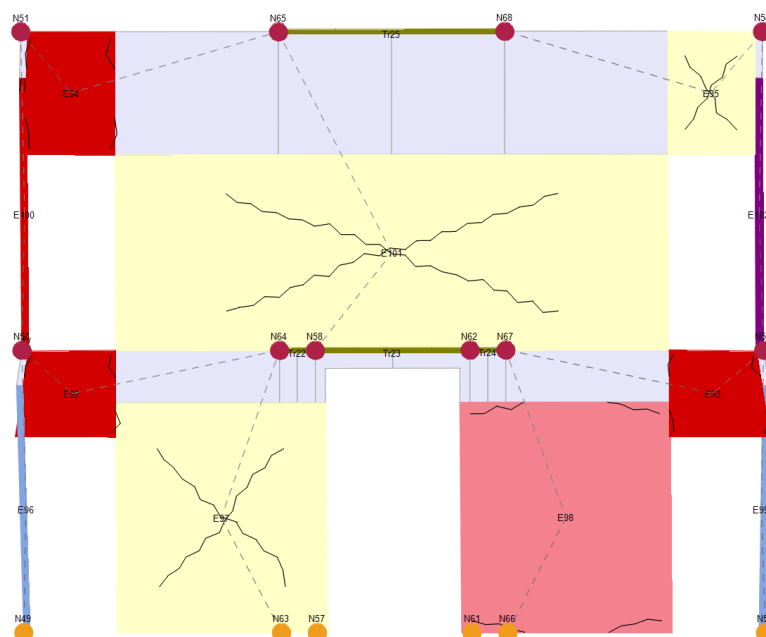


Figura 24: SDF Palazzina B. Analisi 3. Stato della Parete 11 allo spostamento ultimo.

11.3.2 STATO DI FATTO – PALAZZINA C – VERIFICA GLOBALE

I tabulati di calcolo della verifica globale per lo stato di fatto si riportano nell' Allegato D.

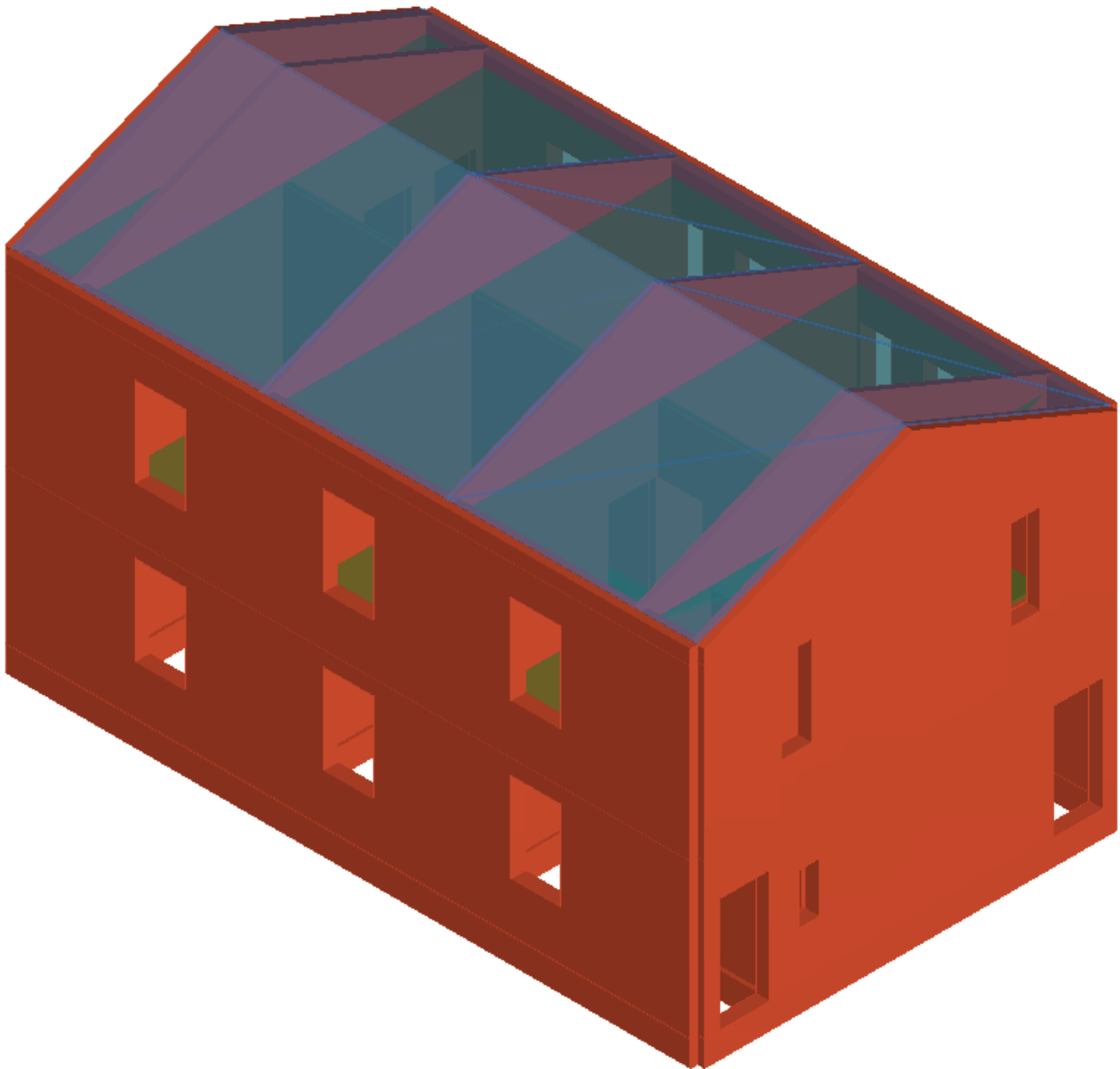


Figura 25: Vista del modello 3D in ambiente 3 Muri.

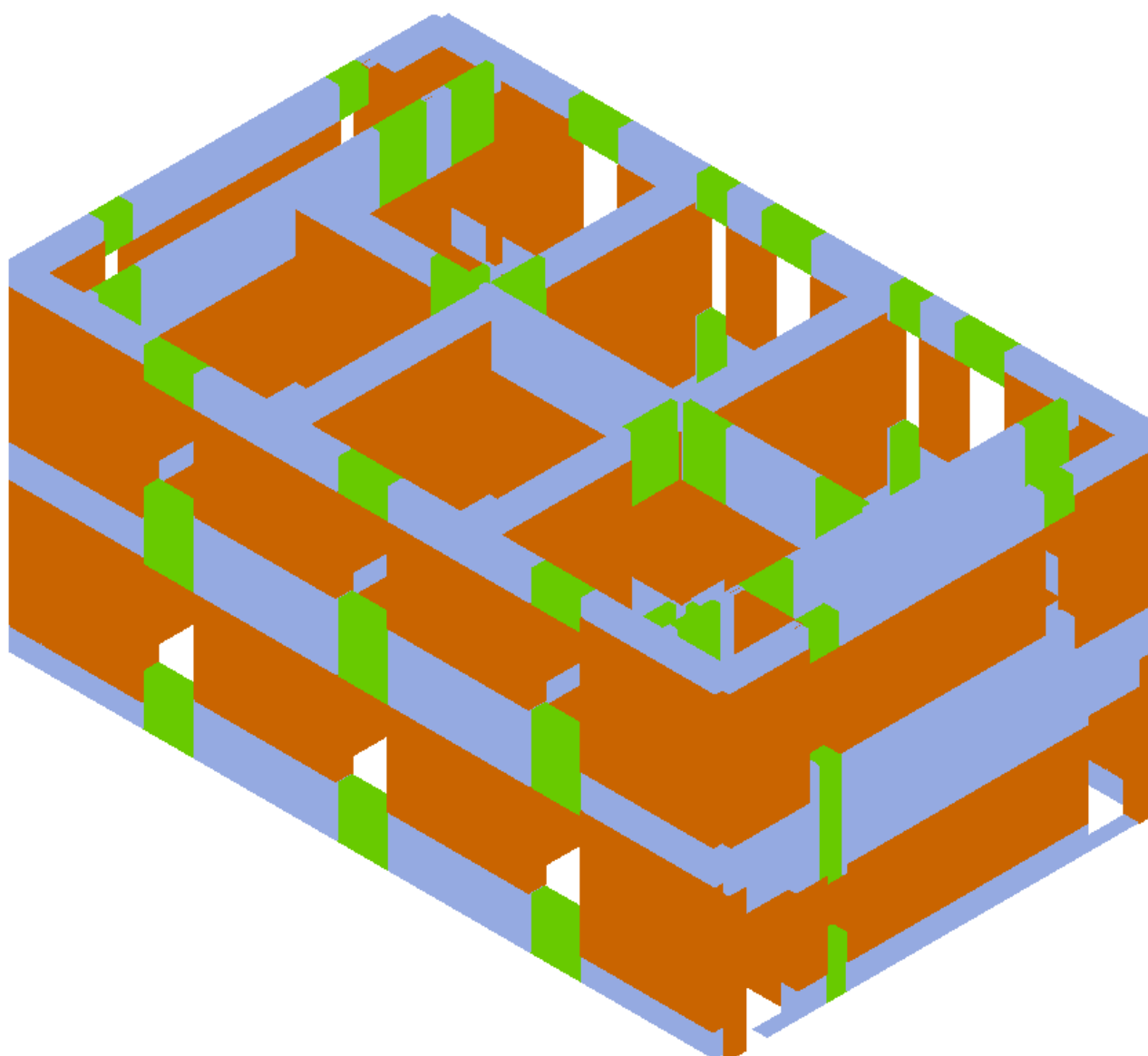


Figura 26: Vista del modello 3D con la suddivisione dei macroelementi. In marrone i maschi murari, in verde i nodi rigidi ed in azzurro le fasce di piano.

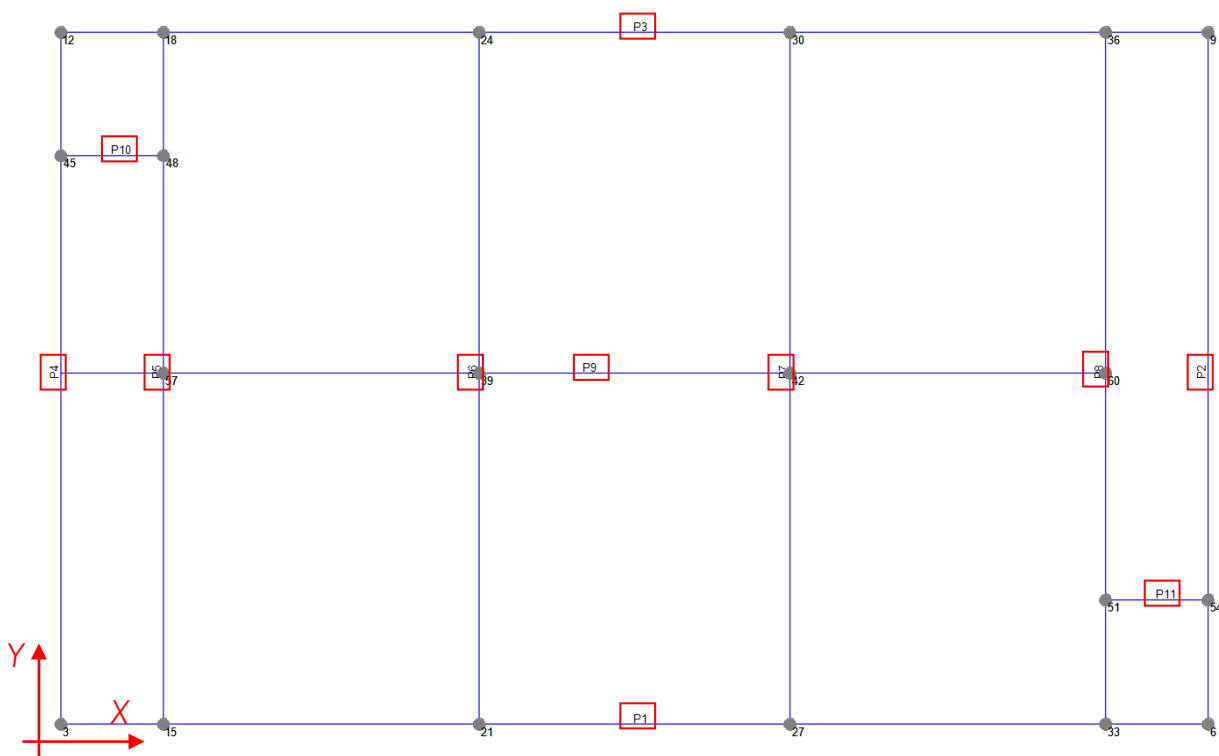


Figura 27: Pianta del modello. In evidenza le pareti (P1.....P11) ed il sistema di riferimento del modello.

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico	Eccentricità [cm]	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	Dmax SLD [cm]	Du SLD [cm]	a SLV	a SLD
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	0,00	1,01	1,94	0,20	0,76	1,706	2,376
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	0,00	1,17	2,03	0,24	0,92	1,592	2,409
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	0,00	0,86	1,77	0,17	1,00	1,763	3,271
4	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	0,00	1,09	1,98	0,22	0,48	1,641	1,653
5	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	0,00	0,64	0,77	0,13	0,90	1,124	3,676
6	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	0,00	0,77	1,15	0,17	0,92	1,330	3,312
7	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	0,00	0,62	0,74	0,13	0,98	1,118	3,993
8	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	0,00	0,73	0,88	0,15	1,17	1,135	4,093
9	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	41,45	1,03	1,91	0,21	0,76	1,658	2,339
10	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	-41,45	0,99	2,00	0,20	0,80	1,771	2,494
11	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	41,45	1,19	1,73	0,25	0,88	1,369	2,302
12	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	-41,45	1,15	2,00	0,24	0,92	1,594	2,445
13	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	41,45	0,86	1,74	0,17	0,36	1,728	1,716
14	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	-41,45	0,85	1,77	0,16	1,08	1,778	3,494
15	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	41,45	1,09	2,07	0,22	0,48	1,705	1,652
16	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	-41,45	1,09	1,83	0,22	0,60	1,532	1,903
17	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	68,85	0,64	0,66	0,13	0,89	1,023	3,637
18	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	-68,85	0,65	0,86	0,14	0,83	1,202	3,428
19	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	68,85	0,75	0,94	0,16	1,22	1,167	4,119
20	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	-68,85	0,79	0,80	0,18	0,72	1,006	2,756
21	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	68,85	0,62	0,86	0,13	1,15	1,233	4,434
22	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	-68,85	0,62	0,65	0,12	0,87	1,034	3,677
23	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	68,85	0,74	1,31	0,16	0,80	1,502	3,101
24	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	-68,85	0,72	0,72	0,15	0,96	0,996	3,561

Visualizza dettagli

ζ_E 1,0

Applica

Inserisci tutto in relazione

Cancella analisi

Legenda colori

- Verificato
- Non verificato
- Non converge a p.p.
- Analisi più gravosa

Esci

Figura 28: Risultati dell'analisi globale della Palazzina tipo C. In giallo i risultati più gravosi per le due direzioni principali.

Modo	T [s]	mx [kg]	Mx [%]	my [kg]	My [%]	mz [kg]	Mz [%]
1	0,14234	221 054	77,89	22 344	7,87	15	0,01
2	0,14026	21 689	7,64	224 981	79,27	3	0,00
3	0,11272	7 932	2,79	22	0,01	19	0,01
4	0,08382	1 908	0,67	125	0,04	18	0,01
5	0,07541	33	0,01	3 738	1,32	47	0,02
6	0,06696	3 688	1,30	4 243	1,49	24	0,01
7	0,06308	131	0,05	11 837	4,17	329	0,12
8	0,06153	2 183	0,77	1 227	0,43	304	0,11
9	0,05908	7 306	2,57	1 704	0,60	1 252	0,44
10	0,05478	3 195	1,13	421	0,15	13	0,00

Figura 29: Palazzina C. Verifica dei modi di vibrare della struttura.

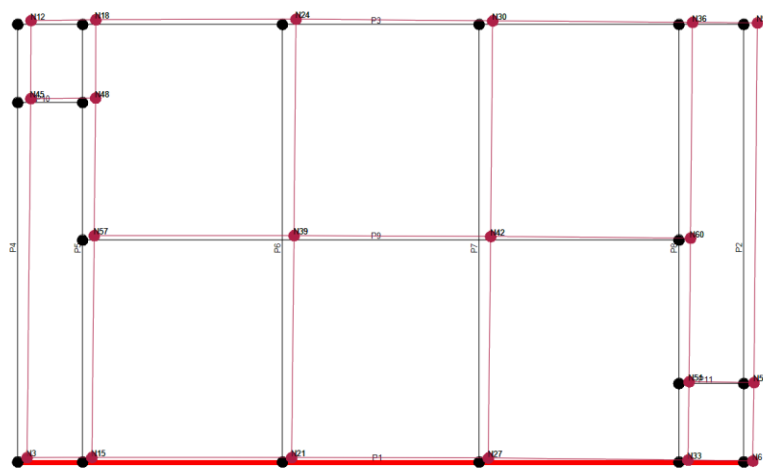


Figura 30: Palazzina C. Verifica dei modi di vibrare. Modo n.1 – Direzione X

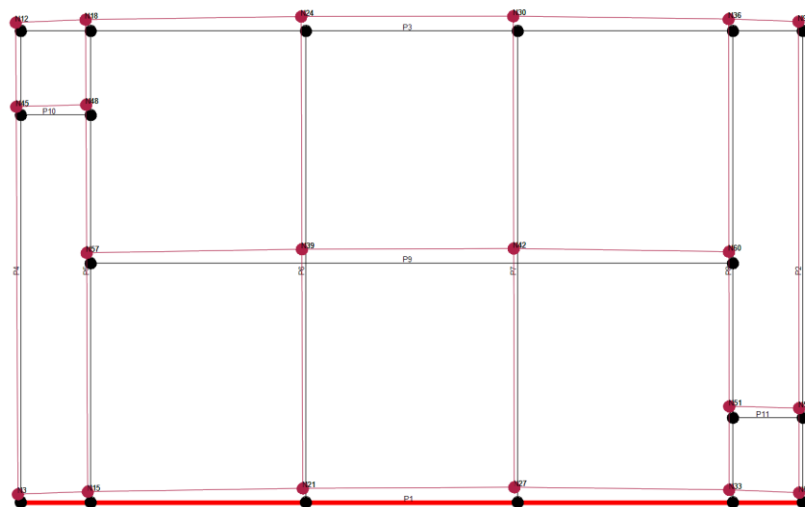


Figura 31: Palazzina C. Verifica dei modi di vibrare. Modo n.2 – Direzione Y

Come si può notare dai dati sopra riportati, per la tipologia C in condizioni di stato di fatto si ottiene un coefficiente di sicurezza minimo pari a quasi il 100%, corrispondente al sisma in direzione Y.

Di seguito si riportano i dettagli dell'analisi più gravosa.

ANALISI 24 – DIREZIONE Y

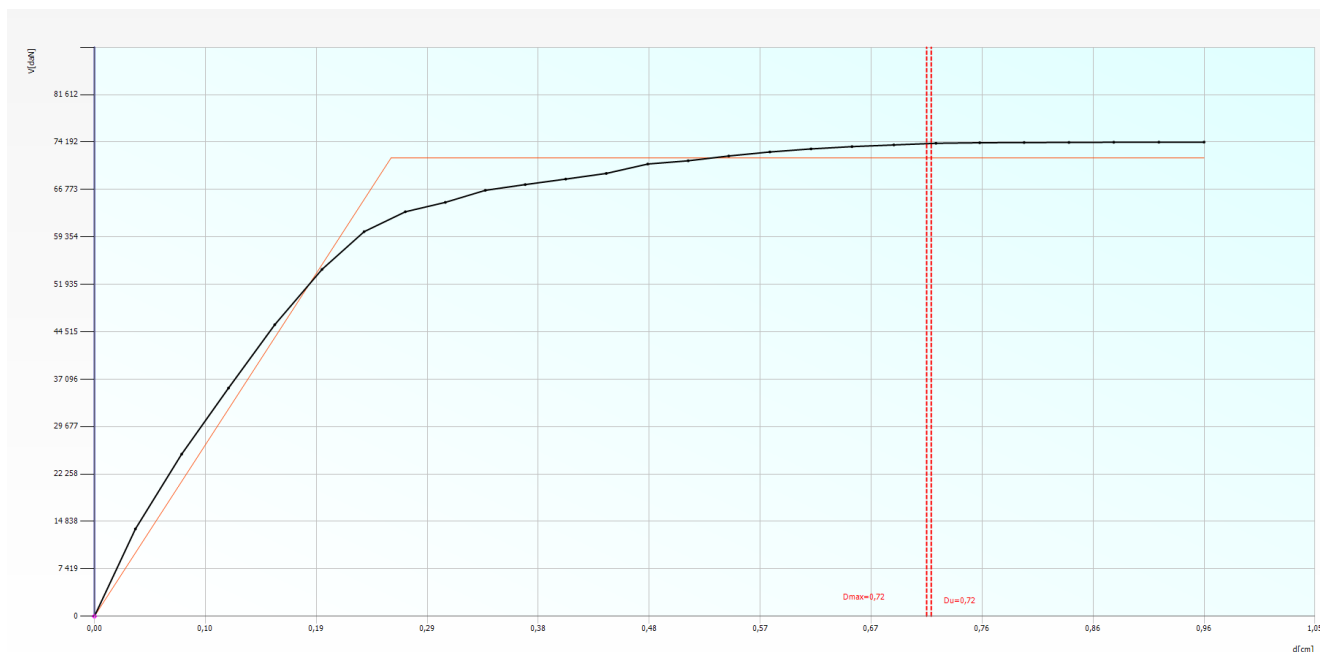


Figura 32: SDF Palazzina B. Analisi 24. Curva forza spostamento.

SLC

Dmax - [cm] - Du - [cm]

q* - - 3

Valore limite raggiunto per

SLV

Dmax 0,72 [cm] <= Du 0,72 [cm]

q* 1,74 <= 3

La verifica NON è soddisfatta

SLD

Dmax 0,15 [cm] <= Du 0,96 [cm]

La verifica è soddisfatta

Valore limite per raggiungimento Valore di Picco

SLO

Dmax - [cm] - Du - [cm]

-

	TR _C	TR _D	α _{TR}	PGA _C [m/s ²]	PGA _D [m/s ²]	α _{PGA}
SLC	0	975	0,000	0,00	1,69	0,000
SLV	316	475	0,665	1,26	1,26	0,996
SLD	316	50	6,320	1,57	0,44	3,561
SLO	0	30	0,000	0,00	0,36	0,000

Parametri di Analisi

T* [s]	0,177
m* [kg]	223561
w [daN]	321412
M [kg]	327637
m*/M [%]	68,234
Γ	1,13
F*y [daN]	63304
d*y [cm]	0,23
d*u [cm]	0,84

☒ Mostra PGA su roccia

Dettagli ...

Normativa Esci ?

Figura 33: SDF Palazzina B. Analisi 24. Dettagli della verifica.

Muratura	
<input checked="" type="checkbox"/>	Integro
<input checked="" type="checkbox"/>	Plastico per taglio
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per taglio
<input checked="" type="checkbox"/>	Plastico presso flessione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura presso flessione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per compressione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per trazione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura in fase elastica

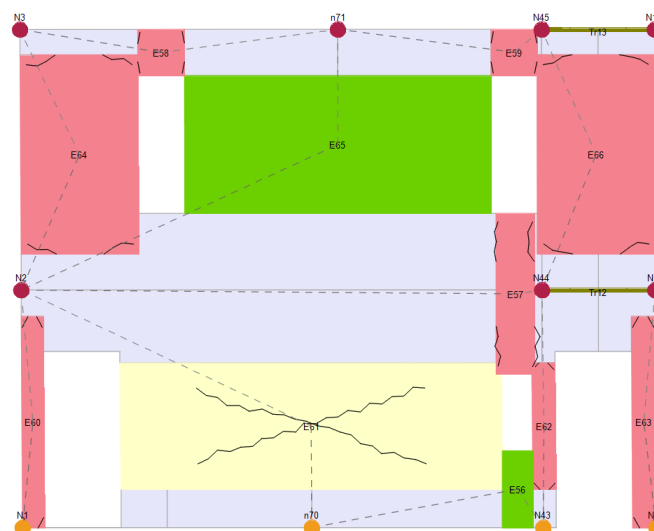


Figura 34: SDF Palazzina C. Analisi 24. Stato della Parete 4 allo spostamento ultimo.

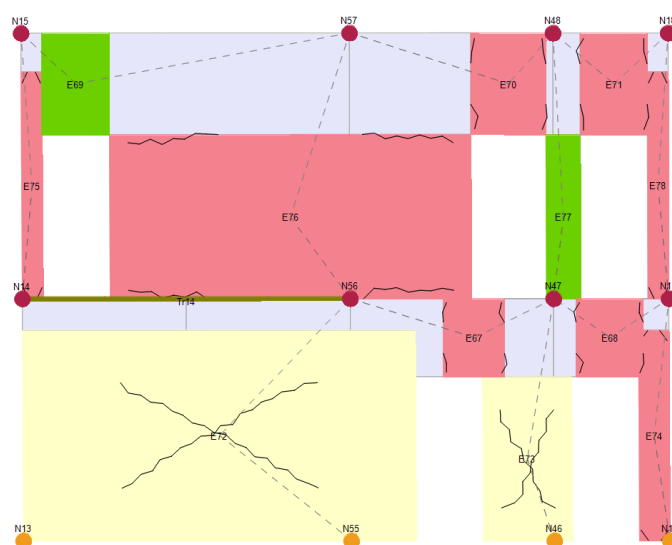


Figura 35: SDF Palazzina C. Analisi 24. Stato della Parete 5 allo spostamento ultimo.

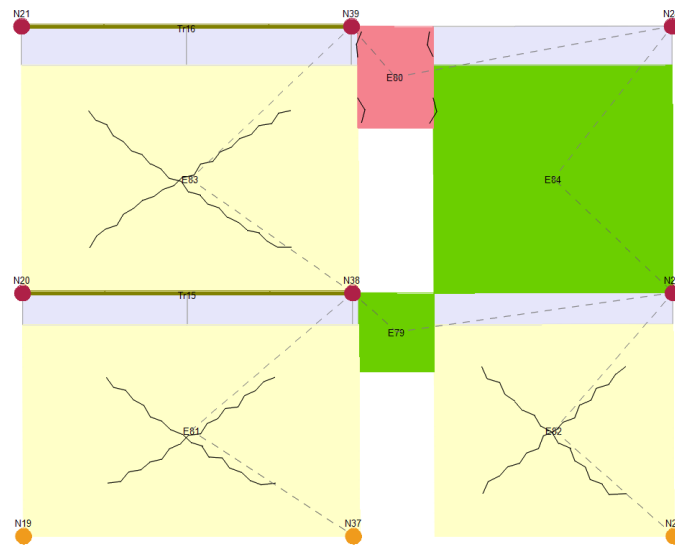


Figura 36: SDF Palazzina C. Analisi 24. Stato della Parete 6 allo spostamento ultimo.

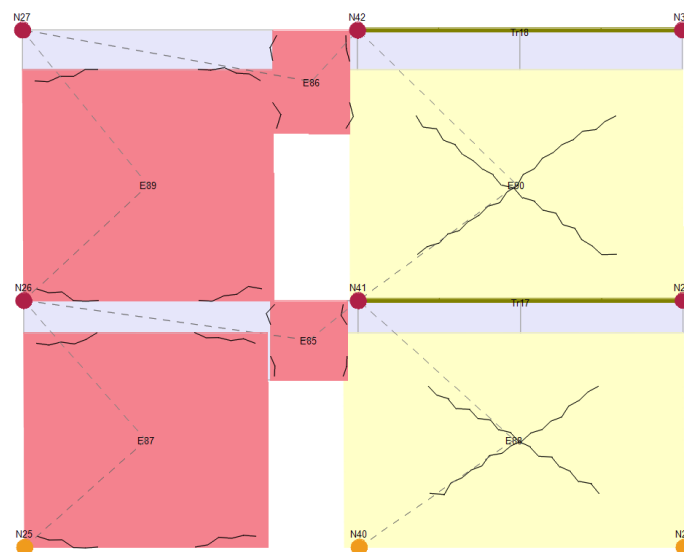


Figura 37: SDF Palazzina C. Analisi 24. Stato della Parete 7 allo spostamento ultimo.

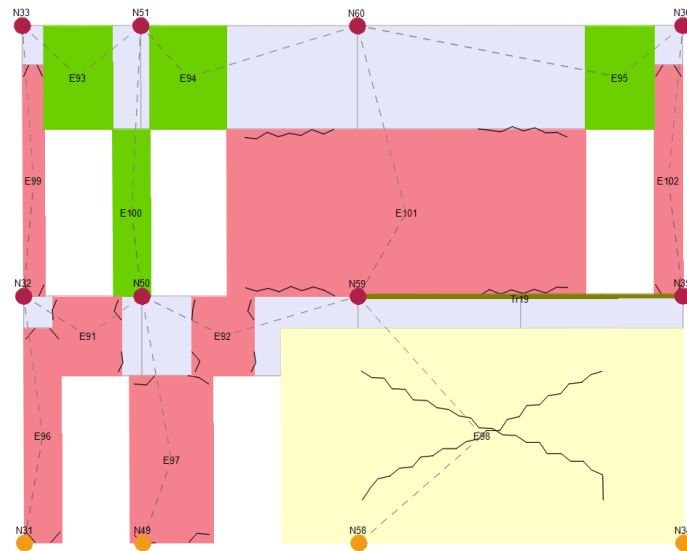


Figura 38: SDF Palazzina C. Analisi 24. Stato della Parete 8 allo spostamento ultimo.

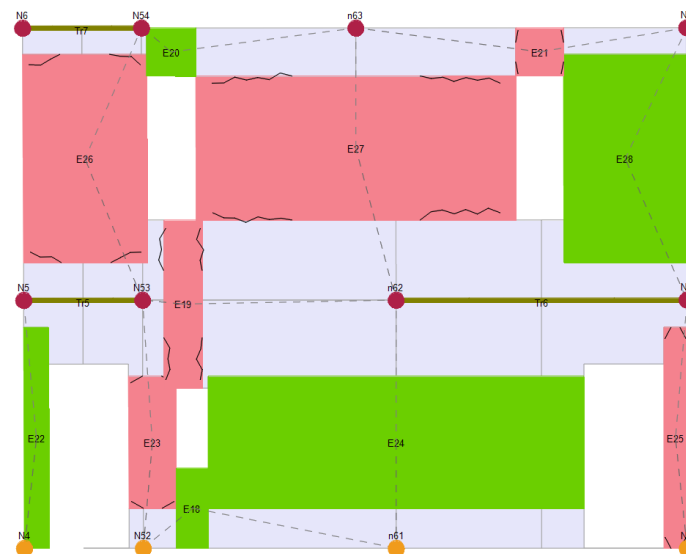


Figura 39: SDF Palazzina C. Analisi 24. Stato della Parete 2 allo spostamento ultimo.

11.4 CONCLUSIONI DELLE VERIFICHE SISMICHE NELLO STATO DI FATTO

11.4.1 STATO DI FATTO - PALAZZINA B

In conclusione, per la palazzina B, si osserva come si siano ottenuti dei fattori di sicurezza paragonabili fra i fenomeni locali ed il fenomeno di comportamento globale.

Tale comportamento è giustificato dalla presenza di un nuovo solaio di copertura con cordolo perimetrale che scongiura il fenomeno del ribaltamento semplice delle pareti.

Inoltre la pianta regolare e la distribuzione regolare delle pareti resistenti nel conferisce un comportamento regolare.

	$f_{a,SLV}$ -SLV-	$f_{a,SLD}$ -SLD-
Meccanismo locale: Espulsione	0.64	1.81
Meccanismo globale: Sisma direzione X	0.79	2.26
<i>Valore minimo: crisi per espulsione parete</i>	<i>0.64</i>	<i>1.81</i>

11.4.2 STATO DI FATTO - PALAZZINA C

In conclusione, per la palazzina C, si osserva come a fronte di un buon comportamento globale della struttura vi siano delle crisi dovute a fenomeni di ribaltamento delle pareti principali.

Tale comportamento è determinato da una buona geometria strutturale nel suo complesso, e da solai deformabili che non offrono un ritegno adeguato alle pareti perimetrali.

	$f_{a,SLV}$ -SLV-	$f_{a,SLD}$ -SLD-
Meccanismo locale: Ribaltamento #1	0.40	1.16
Meccanismo locale: Ribaltamento #2	0.35	1.00
Meccanismo globale: Sisma direzione Y	1.00	3.56
<i>Valore minimo: crisi per ribaltamento parete</i>	<i>0.35</i>	<i>1.00</i>

11.5 CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO – PALAZZINA B

La **classificazione del rischio sismico** illustrata nel decreto MIT del 28 febbraio 2017 e nelle relative linee guida, è stata eseguita applicando il metodo convenzionale.

Il metodo convenzionale assegna alla costruzione una classe di rischio in funzione del parametro economico PAM e dell'indice di sicurezza della struttura IS-V.

Ricavando questi due fattori ed utilizzando le seguenti tabelle, si determina la classe di rischio come la peggiore tra la classe PAM e la classe IS-V

Perdita Media Annuale attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A_{PAM}^+
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A_{PAM}
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B_{PAM}
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C_{PAM}
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D_{PAM}
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E_{PAM}
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F_{PAM}
$7,5\% \leq PAM$	G_{PAM}

Tabella 1 – Attribuzione della Classe di Rischio PAM in funzione dell'entità delle Perdite medie annue attese

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A_{IS-V}^+
$100\% \leq IS-V < 80\%$	A_{IS-V}
$80\% \leq IS-V < 60\%$	B_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 45\%$	C_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 30\%$	D_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 15\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

Tabella 2 – Attribuzione della Classe di Rischio IS-V in funzione dell'entità dell'Indice di Sicurezza

Alla luce delle analisi svolte e del tabulato di calcolo di seguito riportato, si attribuisce al fabbricato in esame la **CLASSE DI RISCHIO B**, secondo la classificazione del decreto MIT del 28 febbraio 2017 e nelle relative linee guida.

CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEGLI EDIFICI

METODO CONVENZIONALE

ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.58 del 28.02.2017

Accelerazioni massima su roccia del sito in esame

V_N	50	[anni]
C_u	1	[-]
V_R	50	[anni]
a_g	0.125	[g]

Accelerazioni al suolo che inducono il raggiungimento degli stati limite indicati dalla norma

PGA_C (SLC)		[m/s ²]	64%	<i>trascurabile in via semplificata</i>	PGA_D (SLC)		[m/s ²]
PGA_C (SLV)	0.7848	[m/s ²]			PGA_D (SLV)	1.22625	[m/s ²]
PGA_C (SLD)	0.7813	[m/s ²]	181%	<i>trascurabile in via semplificata</i>	PGA_D (SLD)	0.43164	[m/s ²]
PGA_C (SLO)		[m/s ²]			PGA_D (SLO)		[m/s ²]

Determinazione dei relativi periodi di ritorno, in funzione delle sopraindicate accelerazioni al suolo

T_{rc} (SLC)		[anni]	2.808	T_{rd} (SLC)		[anni]
T_{rc} (SLV)	135.5986	[anni]	η 989	T_{rd} (SLV)	475	[anni]
T_{rc} (SLD)	135.5986	[anni]		T_{rd} (SLD)	50	[anni]
T_{rc} (SLO)		[anni]		T_{rd} (SLO)	30	[anni]

Per ciascuno dei periodi sopra individuati si determina il valore della frequenza media annua di superamento

λ_{SLR}	0.003614	[1/anni]	<i>Stato Limite di Ricostruzione</i>
λ_{SLC}	0.003614	[1/anni]	
λ_{SLV}	0.007375	[1/anni]	
λ_{SLD}	0.007375	[1/anni]	
λ_{SLO}	0.012316	[1/anni]	
λ_{SLID}	0.1	[1/anni]	<i>Stato Limite di Inizio del Danno</i>

Determinazione della Perdita annuale media attesa PAM

SL	CR [%]
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

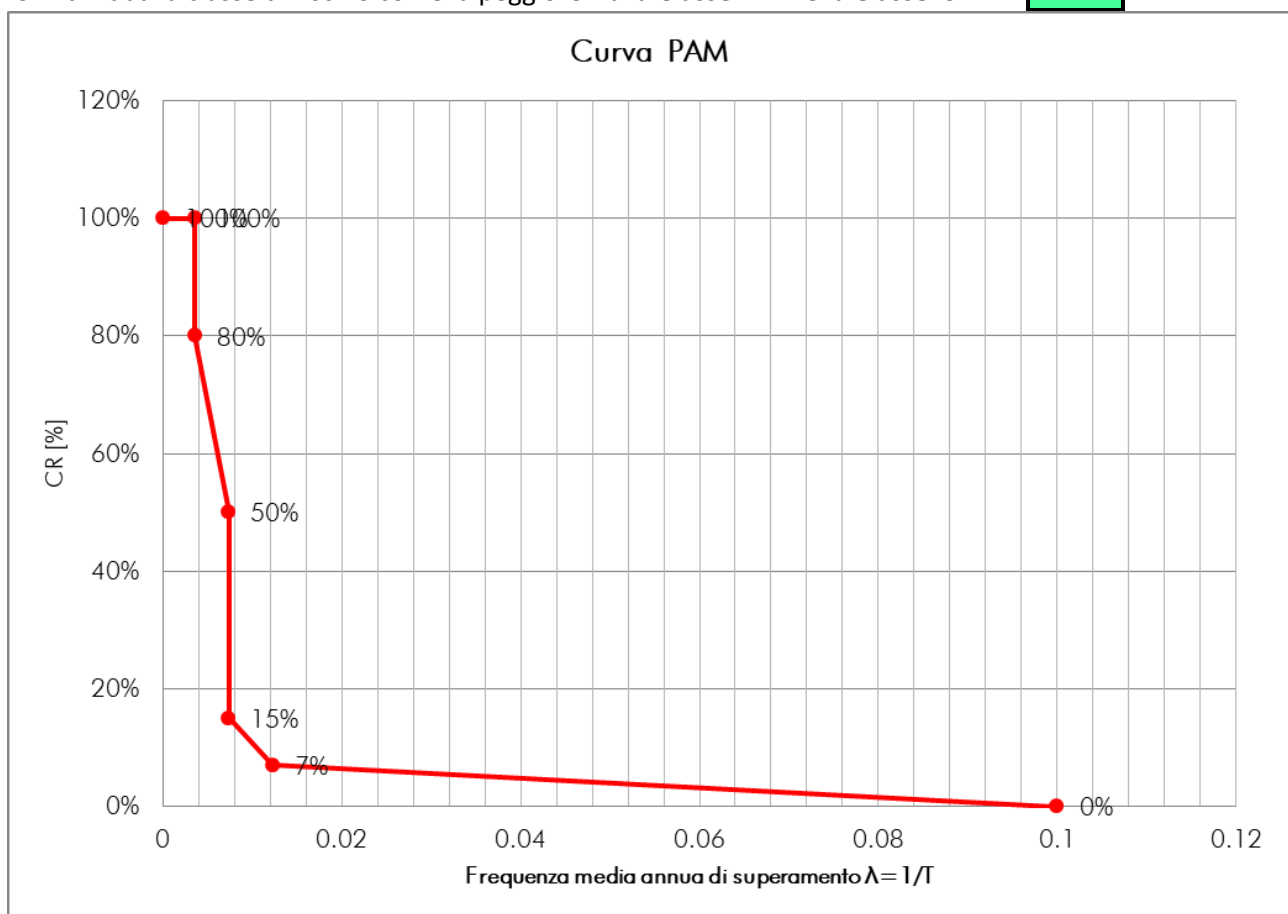
Classe PAM	
0.97%	A

Determinazione dell' Indice di Sicurezza IS-V

Classe IS-V	
64%	B

Si individua la classe di rischio come la peggiore fra la **Classe PAM** e la **Classe IS-V**

B



11.6 CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO – PALAZZINA C

Alla luce delle analisi svolte e del tabulato di calcolo di seguito riportato, si attribuisce al fabbricato in esame la **CLASSE DI RISCHIO E**, secondo la classificazione del decreto MIT del 28 febbraio 2017 e nelle relative linee guida.

CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEGLI EDIFICI

METODO CONVENZIONALE

ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.58 del 28.02.2017

Accelerazioni massima su roccia del sito in esame

V_N	50	[anni]
C_u	1	[-]
V_R	50	[anni]
ag	0.125	[g]

Accelerazioni al suolo che inducono il raggiungimento degli stati limite indicati dalla norma

PGA_C (SLC)		[m/s ²]	35%	trascurabile in via semplificata	PGA_D (SLC)		[m/s ²]
PGA_C (SLV)	0.429	[m/s ²]			PGA_D (SLV)	1.22625	[m/s ²]
PGA_C (SLD)	0.43164	[m/s ²]	100%	trascurabile in via semplificata	PGA_D (SLD)	0.43164	[m/s ²]
PGA_C (SLO)		[m/s ²]			PGA_D (SLO)		[m/s ²]

Determinazione dei relativi periodi di ritorno, in funzione delle sopraindicate accelerazioni al suolo

T_{rc} (SLC)		[anni]	η 2.808989	T_{rd} (SLC)	975	[anni]
T_{rc} (SLV)	24.85723	[anni]		T_{rd} (SLV)	475	[anni]
T_{rc} (SLD)	24.85723	[anni]		T_{rd} (SLD)	50	[anni]
T_{rc} (SLO)		[anni]		T_{rd} (SLO)	30	[anni]

Per ciascuno dei periodi sopra individuati si determina il valore della frequenza media annua di superamento

λ_{SLR}	0.019713	[1/anni]	Stato Limite di Ricostruzione
λ_{SLC}	0.019713	[1/anni]	
λ_{SLV}	0.04023	[1/anni]	
λ_{SLD}	0.04023	[1/anni]	
λ_{SLO}	0.067184	[1/anni]	
λ_{SLID}	0.1	[1/anni]	Stato Limite di Inizio del Danno

Determinazione della Perdita annuale media attesa PAM

SL	CR [%]
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

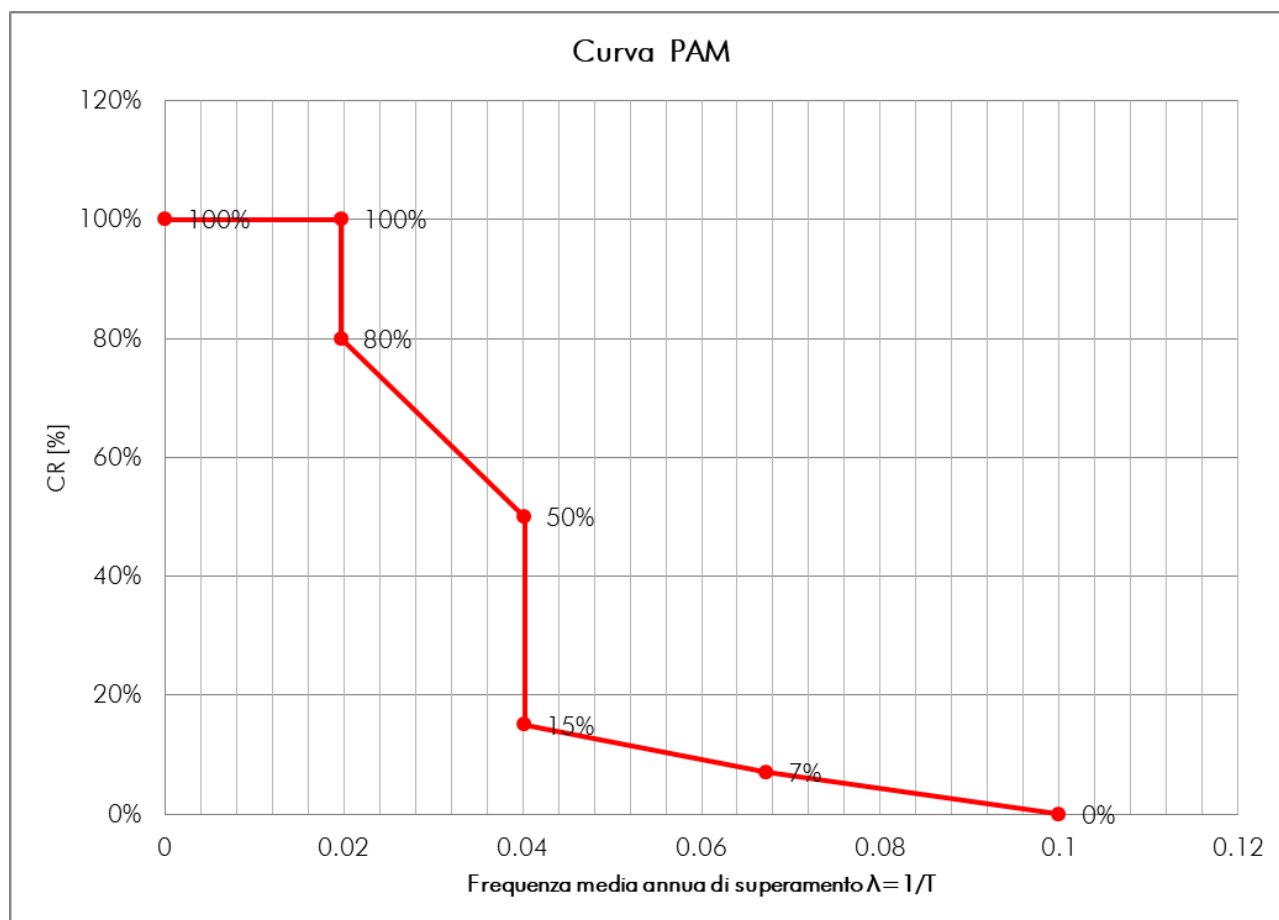
Classe PAM	
3.72%	E

Determinazione dell' Indice di Sicurezza IS-V

Classe IS-V	
35%	D

Si individua la classe di rischio come la peggiore fra la **Classe PAM** e la **Classe IS-V**

E



12 VERIFICHE IN AMBITO SISMICO – PROGETTO

Di seguito si riporta la verifica sismica del fabbricato oggetto di studio in condizione di PROGETTO. Possiamo identificare due principali meccanismi di collasso di una generica struttura in muratura:

- **Meccanismi locali:** meccanismi di “primo modo” di ribaltamento/espulsione di singole pareti;
- **Meccanismo globale:** comportamento d’insieme del fabbricato, meccanismo di “secondo modo”.

12.1 VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI – MECCANISMI DI PRIMO MODO

12.1.1 PROGETTO - PALAZZINA B

In condizioni di progetto si prevede la realizzazione di un solaio intermedio tipo bausta con soletta collaborante e pertanto esso si può ritenere efficace come ritegno nei confronti del ribaltamento semplice della parete di testata.

Inoltre, rispetto alle condizioni di stato di fatto la luce della parete oggetto ad espulsione si riduce notevolmente in quanto si considera la parete che va dal primo solaio al solaio di sottotetto.

PARETE DI FACCIATA – ESPULSIONE – SLV

Il valore del moltiplicatore dei carichi che attiva il meccanismo è $\alpha_0 = 0.184$.

Considerando un equivalente sistema ad un grado di libertà si ricava l’accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo, pari a $\alpha^*_0 = 0.136g$.

Con riferimento allo SLV si ha:

$$\frac{a_g(P_{Vr}) \cdot S}{q} = 0.094g > \alpha^*_0 \qquad \frac{S_e(T_1) \cdot \psi(Z) \cdot \gamma}{q} = 0.136g > \alpha^*_0$$

Con riferimento alla verifica più gravosa si ottiene il seguente fattore di accelerazione:

$$f_{\alpha,SLV} = \frac{\alpha^*_0}{\alpha_{SLV}} = 1.00$$

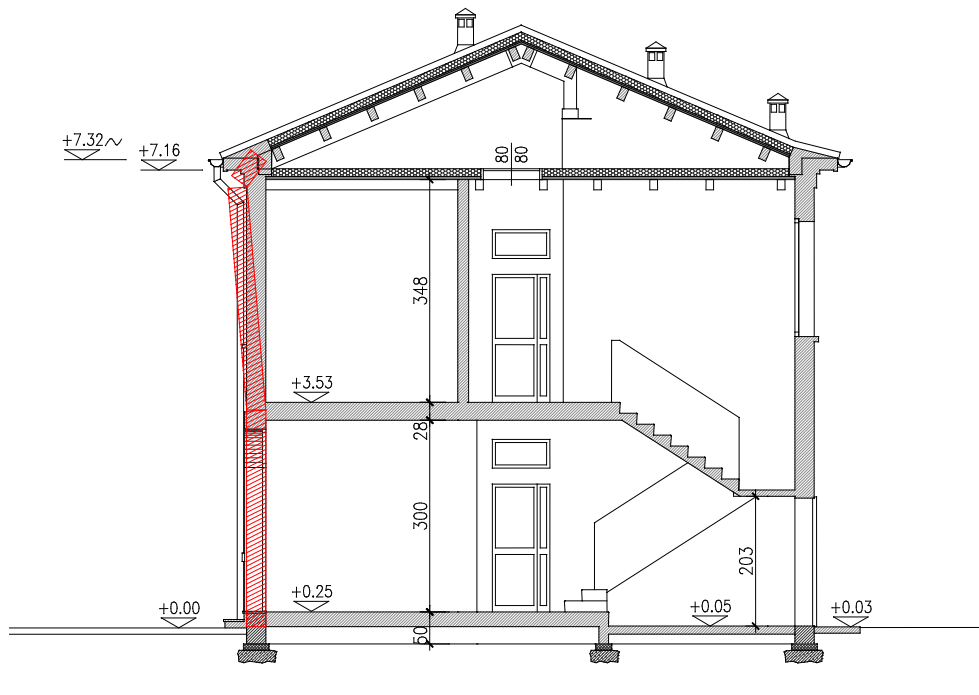


Figura 40: Palazzina B – SEZIONE – Individuazione del meccanismo di ribaltamento in condizioni di progetto.

PARETE DI FACCIATA – ESPULSIONE – SLD

Il valore del moltiplicatore dei carichi che attiva il meccanismo è $\alpha_0 = 0.175$.

Considerando un equivalente sistema ad un grado di libertà si ricava l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo, pari a $a^*_0 = 0.129g$.

Con riferimento allo SLV si ha:

$$\frac{a_g(P_{Vr}) \cdot S}{q} = 0.033g > a^*_0 \qquad \frac{S_e(T_1) \cdot \psi(Z) \cdot \gamma}{q} = 0.046g > a^*_0$$

Con riferimento alla verifica più gravosa si ottiene il seguente fattore di accelerazione:

$$f_{a,SLV} = \frac{a^*_0}{a_{SLV}} = 2.79$$

12.1.2 PROGETTO - PALAZZINA C

In condizioni di progetto, a seguito della realizzazione di un solaio interpiano rigido e ben connesso alle murature esistenti, ed a seguito della realizzazione di un nuovo coperto in legno ben ammorsato alle pareti perimetrali attraverso un nuovo cordolo in c.a., si può ritenere che il meccanismo di ribaltamento semplice della parete non si possa attivare grazie all'inserimento dei nuovi vincoli descritti.

Per quanto riguarda il possibile fenomeno dell'espulsione, la parete, non caricata, si trova nelle medesime condizioni della parete precedente e pertanto la verifica è del tutto analoga alla precedente.

12.2 RIASSUNTO VERIFICHE MECCANISMI LOCALI

	$f_{a,SLV}$ -SLV-	$f_{a,SLD}$ -SLD-
PALAZZINA B		
Espulsione	1.00	2.79
PALAZZINA C		
Ribaltamento #1	>1.00	>1.00
Ribaltamento #2	>1.00	>1.00
Espulsione	1.00	2.79

I tabulati di calcolo delle verifiche dei meccanismi locali per la condizione di progetto si riportano nell' Allegato E.

12.3 VERIFICA MECCANISMO GLOBALE – DI SECONDO MODO

12.3.1 PROGETTO – PALAZZINA B – VERIFICA GLOBALE

I tabulati di calcolo della verifica globale per la condizione di progetto si riportano nell' Allegato F.

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico	Eccentricità [cm]	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	Dmax SLD [cm]	Du SLD [cm]	a SLV	a SLD
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	0,00	1,06	0,87	0,24	0,62	0,867	2,047
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	0,00	1,22	1,19	0,29	0,80	0,978	2,165
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	0,00	1,10	0,87	0,25	0,80	0,844	2,348
4	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	0,00	1,25	1,14	0,30	0,92	0,931	2,339
5	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	0,00	0,55	1,25	0,16	0,82	1,580	3,616
6	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	0,00	0,77	1,45	0,20	1,18	1,516	3,852
7	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	0,00	0,53	1,39	0,16	0,83	1,723	3,688
8	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	0,00	0,73	3,19	0,20	0,95	2,888	3,446
9	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	42,85	1,07	0,88	0,24	0,63	0,865	2,047
10	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	-42,85	1,05	0,91	0,24	0,55	0,900	1,922
11	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	42,85	1,23	1,19	0,29	0,81	0,975	2,164
12	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	-42,85	1,21	1,18	0,28	0,91	0,981	2,386
13	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	42,85	1,11	0,88	0,26	0,81	0,843	2,347
14	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	-42,85	1,09	0,91	0,25	0,79	0,878	2,350
15	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	42,85	1,27	1,19	0,30	0,87	0,956	2,228
16	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	-42,85	1,24	1,09	0,29	0,91	0,907	2,342
17	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	78,32	0,57	0,84	0,17	1,11	1,220	4,275
18	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	-78,32	0,57	0,85	0,16	1,13	1,232	4,319
19	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	78,32	0,76	1,35	0,20	1,24	1,443	3,998
20	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	-78,32	0,76	1,36	0,20	1,30	1,458	4,149
21	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	78,32	0,55	0,94	0,17	1,13	1,330	4,360
22	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	-78,32	0,55	0,97	0,17	1,08	1,350	4,239
23	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	78,32	0,72	1,40	0,20	1,27	1,526	4,181
24	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	-78,32	0,71	1,43	0,20	1,56	1,548	4,832

Visualizza dettagli

ζ_E

Applica

Inserisci tutto in relazione

Cancella analisi

Legenda colori

Verificato

Non verificato

Non converge a p.p.

Analisi più gravosa

Esci

Figura 41: Risultati dell'analisi globale della Palazzina tipo B.

Modo	T [s]	mx [kg]	Mx [%]	my [kg]	My [%]	mz [kg]	Mz [%]
1	0,20550	307 390	87,36	0	0,00	0	0,00
2	0,18166	0	0,00	305 090	86,71	140	0,04
3	0,15204	16 683	4,74	0	0,00	0	0,00
4	0,10358	246	0,07	0	0,00	0	0,00
5	0,09787	0	0,00	20	0,01	8 065	2,29
6	0,08844	3	0,00	9	0,00	3	0,00
7	0,08254	25 821	7,34	0	0,00	1	0,00
8	0,07703	0	0,00	43 825	12,46	227	0,06
9	0,06586	521	0,15	4	0,00	1	0,00
10	0,06027	0	0,00	1 247	0,35	1 117	0,32

Figura 42: Palazzina B. Verifica dei modi di vibrare della struttura.

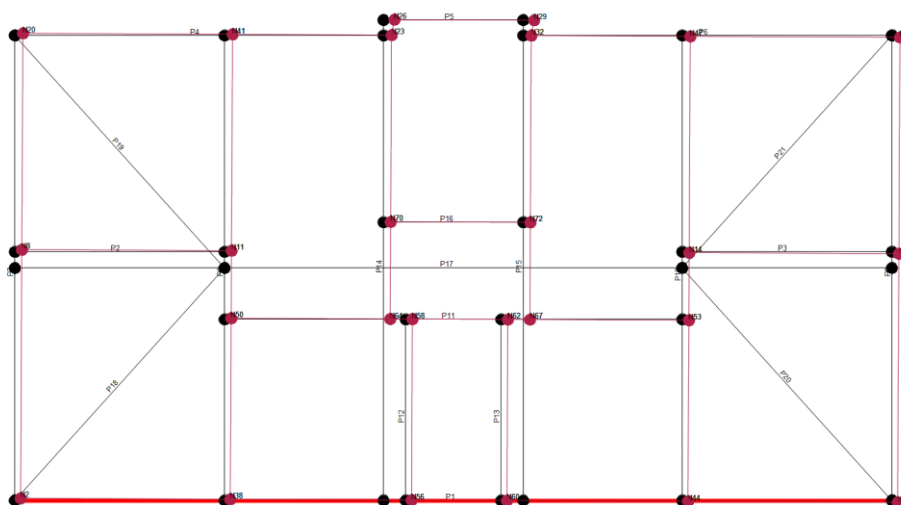


Figura 43: Palazzina B. Verifica dei modi di vibrare. Modo n.1 – Direzione X

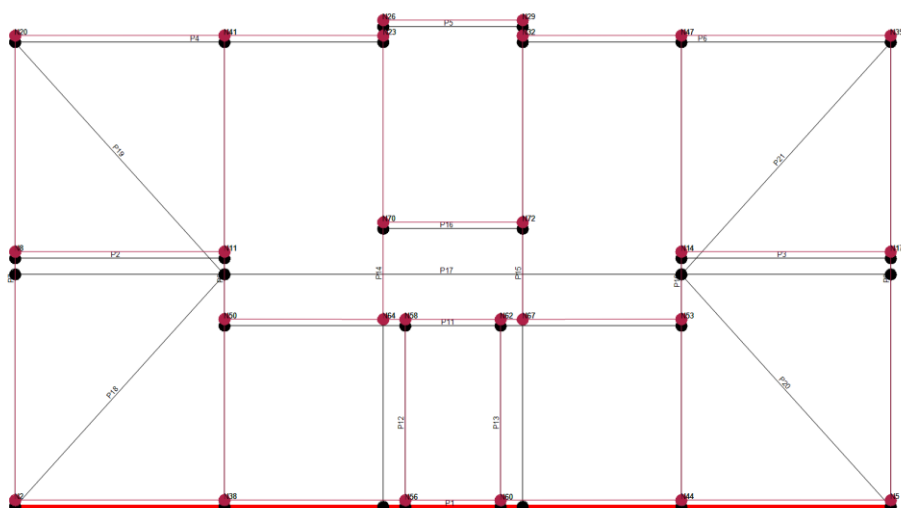


Figura 44: Palazzina B. Verifica dei modi di vibrare. Modo n.2 – Direzione Y

Come si può notare dai dati sopra riportati, per la tipologia B in condizioni di PROGETTO si ottiene un coefficiente di sicurezza minimo del 84%, corrispondente al sisma in direzione X.

Il buon comportamento d'insieme del fabbricato è confermato anche dai modi di vibrare della struttura, che mostrano per i primi due modi una massa attivata superiore all'85% del totale.

Di seguito si riportano i dettagli dell'analisi più gravosa.

ANALISI 13 – DIREZIONE X

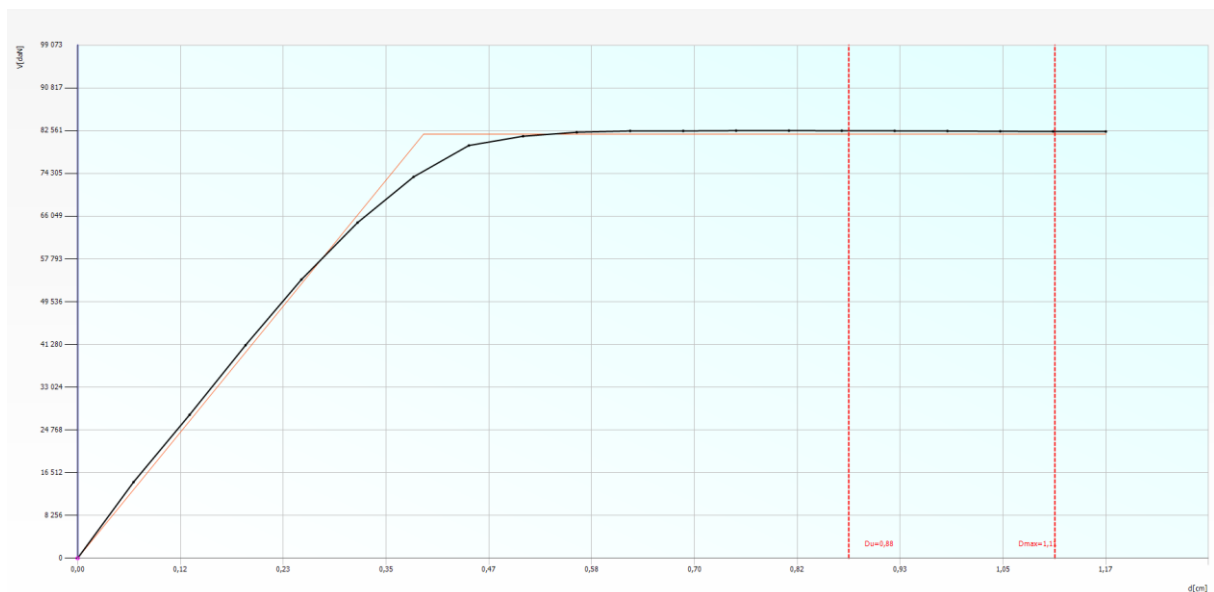


Figura 45: SDF Palazzina B. Analisi 13. Curva forza spostamento.

Parametri di Analisi

T* [s]	0,223
m* [kg]	261743
w [daN]	407995
M [kg]	415897
m*/M [%]	62,935
Γ	1,23
F*y [daN]	66759
d*y [cm]	0,32
d*u [cm]	0,95

SLC

Dmax - [cm] - Du - [cm]

q* - - 3

Valore limite raggiunto per

SLV

Dmax 1,11 [cm] <= Du 0,88 [cm]

q* 1,93 <= 3

La verifica NON è soddisfatta

SLD

Dmax 0,26 [cm] <= Du 0,81 [cm]

La verifica è soddisfatta

Valore limite per raggiungimento Valore di Picco

SLO

Dmax - [cm] - Du - [cm]

-

	TR _C	TR _D	α _{TR}	PGA _C [m/s ²]	PGA _D [m/s ²]	α _{PGA}
SLC	0	975	0,000	0,00	1,69	0,000
SLV	209	475	0,440	1,06	1,26	0,843
SLD	209	50	4,180	1,03	0,44	2,347
SLO	0	30	0,000	0,00	0,36	0,000

☒ Mostra PGA su roccia

Dettagli ...

Normativa Esci

Figura 46: SDF Palazzina B. Analisi 13. Dettagli della verifica.

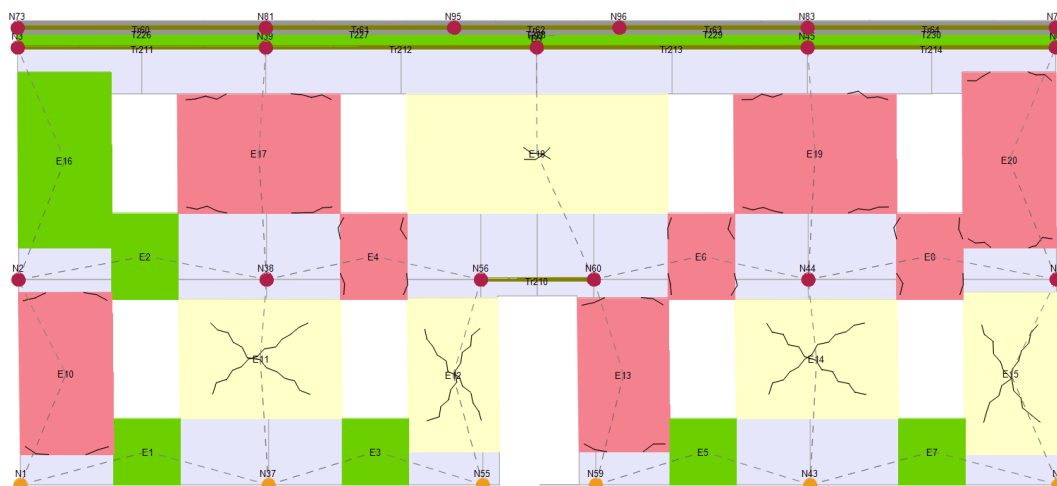


Figura 47: SDF Palazzina B. Analisi 13. Stato della Parete 1 allo spostamento ultimo.

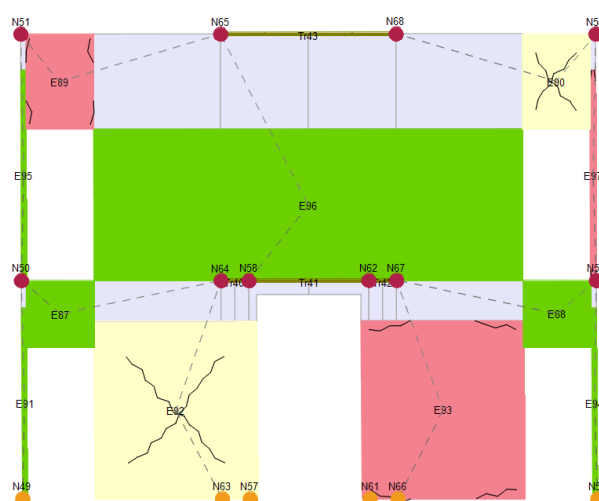


Figura 48: SDF Palazzina B. Analisi 13. Stato della Parete 11 allo spostamento ultimo.

12.3.2 PROGETTO – PALAZZINA C – VERIFICA GLOBALE

I tabulati di calcolo della verifica globale per la condizione di progetto si riportano nell' Allegato G.

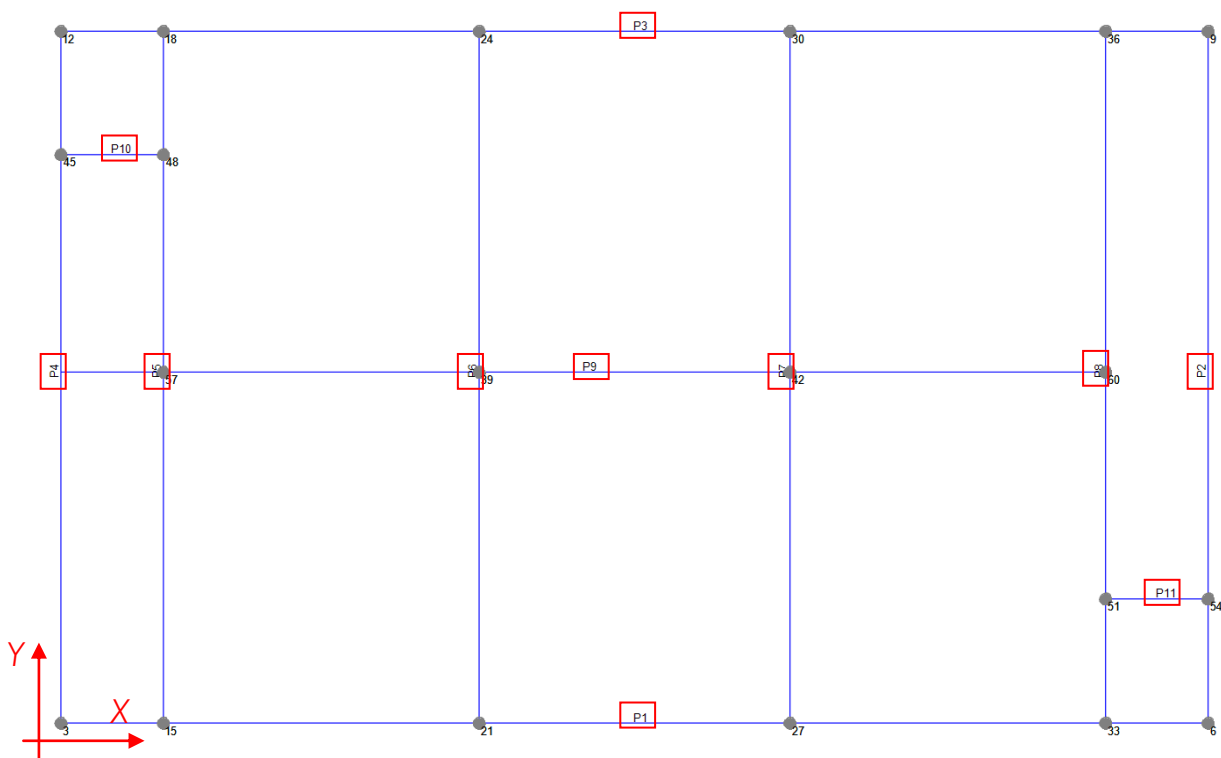


Figura 49: Pianta del modello. In evidenza le pareti (P1.....P11) ed il sistema di riferimento del modello.

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico	Eccentricità [cm]	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	Dmax SLD [cm]	Du SLD [cm]	a SLV	a SLD
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	0,00	0,77	1,92	0,16	1,48	1,976	4,684
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	0,00	0,97	2,07	0,20	1,44	1,821	3,942
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	0,00	0,63	1,71	0,12	0,68	2,053	3,089
4	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	0,00	0,83	1,23	0,16	0,64	1,335	2,464
5	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	0,00	0,29	1,04	0,07	0,42	2,042	3,495
6	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	0,00	0,41	0,75	0,09	0,38	1,400	2,895
7	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	0,00	0,30	1,02	0,07	0,63	2,016	4,360
8	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	0,00	0,45	1,43	0,09	0,93	2,160	4,656
9	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	41,45	0,78	1,92	0,16	1,52	1,964	4,750
10	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	-41,45	0,77	1,89	0,15	1,48	1,952	4,689
11	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	41,45	0,97	2,13	0,20	1,48	1,867	4,027
12	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	-41,45	0,97	2,10	0,20	1,40	1,839	3,854
13	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	41,45	0,63	1,74	0,12	0,68	2,078	3,082
14	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	-41,45	0,65	1,68	0,12	1,16	1,995	4,378
15	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	41,45	0,84	1,26	0,16	0,80	1,354	2,840
16	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	-41,45	0,84	1,20	0,16	0,84	1,304	2,941
17	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	68,85	0,28	0,61	0,07	0,45	1,462	3,676
18	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	-68,85	0,29	0,98	0,07	0,28	1,948	2,950
19	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	68,85	0,41	0,54	0,09	0,42	1,143	3,004
20	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	-68,85	0,43	0,54	0,09	0,46	1,125	3,089
21	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	68,85	0,31	1,09	0,07	0,31	2,096	2,995
22	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	-68,85	0,33	1,12	0,07	0,80	2,092	4,895
23	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	68,85	0,46	1,47	0,09	0,44	2,161	2,917
24	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	-68,85	0,41	0,57	0,09	0,38	1,184	2,860

Visualizza dettagli

ζ_E

Applica

Inserisci tutto in relazione

Cancella analisi

Legenda colori

Verificato

Non verificato

Non converge a p.p.

Analisi più gravosa

Esci

Figura 50: Risultati dell'analisi globale della Palazzina tipo C. In giallo i risultati più gravosi per le due direzioni principali.

Modo	T [s]	mx [kg]	Mx [%]	my [kg]	My [%]	mz [kg]	Mz [%]
1	0,13693	263 977	86,93	945	0,31	0	0,00
2	0,12062	994	0,33	265 350	87,38	1	0,00
3	0,10163	3 476	1,14	16	0,01	64	0,02
4	0,07498	1 997	0,66	155	0,05	51	0,02
5	0,07019	52	0,02	2 031	0,67	88	0,03
6	0,06148	129	0,04	79	0,03	1 093	0,36
7	0,05565	30 129	9,92	1 210	0,40	66	0,02
8	0,05315	1 512	0,50	29 403	9,68	134	0,04
9	0,04616	900	0,30	124	0,04	6 092	2,01
10	0,04099	17	0,01	6	0,00	105 249	34,66

Figura 51: Palazzina C. Verifica dei modi di vibrare della struttura.

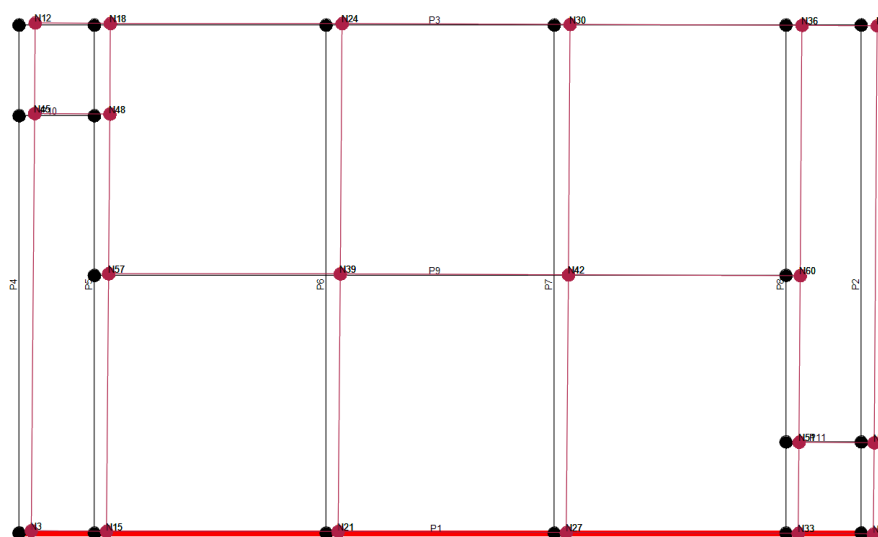


Figura 52: Palazzina C. Verifica dei modi di vibrare. Modo n.1 – Direzione X

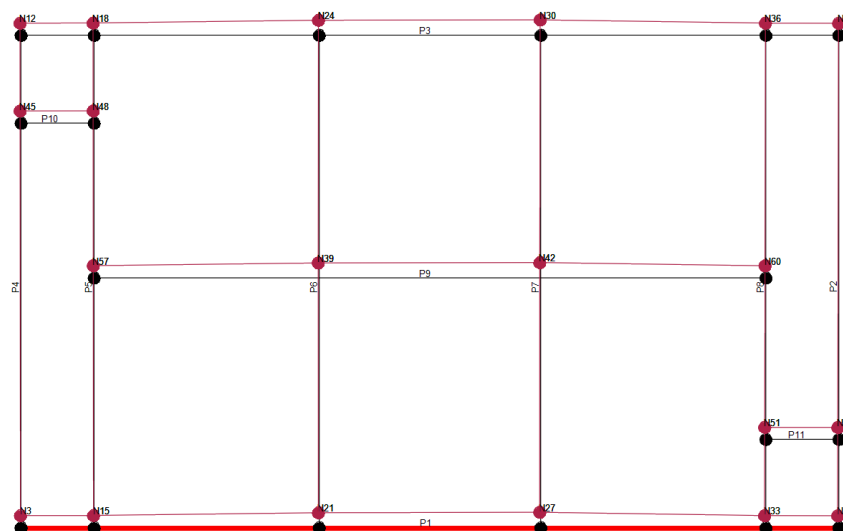


Figura 53: Palazzina C. Verifica dei modi di vibrare. Modo n.2 – Direzione Y

Come si può notare dai dati sopra riportati, per la tipologia C in condizioni di stato di fatto si ottiene un coefficiente di sicurezza minimo pari a quasi il 112%, corrispondente al sisma in direzione Y.

Si evidenzia come il comportamento strutturale del fabbricato sia migliorato, in quanto con i primi due modi di vibrare si attiva una massa partecipante maggiore del 85% e maggiore di quanto determinato in condizioni di stato di fatto.

Di seguito si riportano i dettagli dell'analisi più gravosa.

ANALISI 20 – DIREZIONE Y

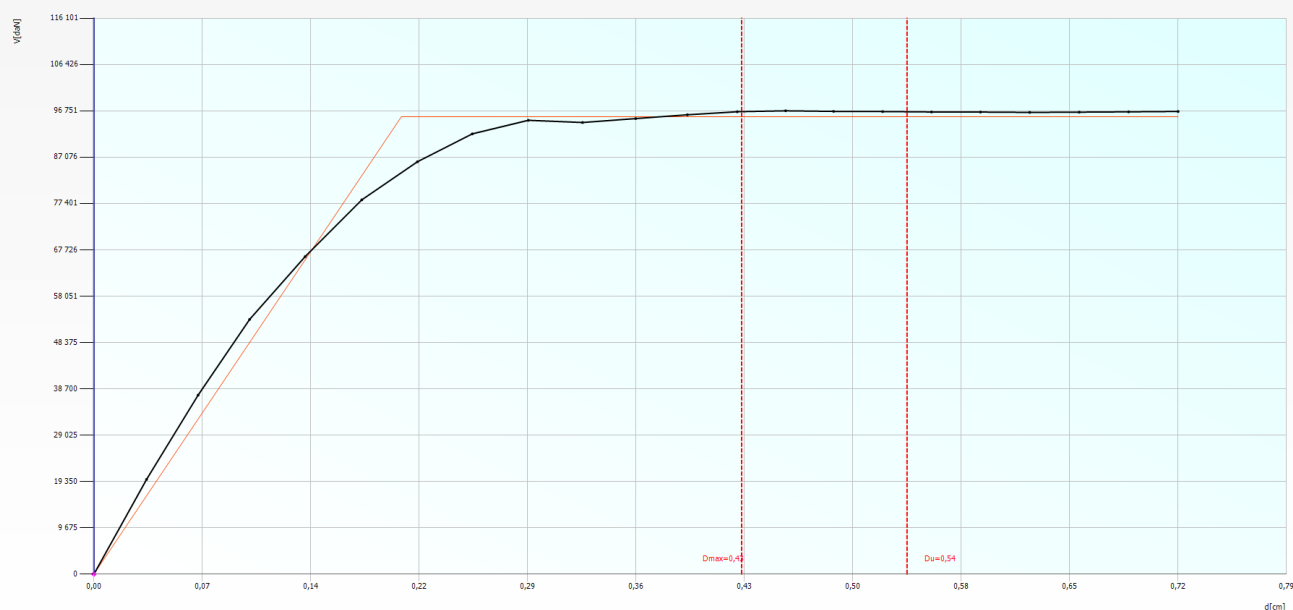


Figura 54: SDF Palazzina B. Analisi 20. Curva forza spostamento.

SLC

Dmax - [cm] - Du - [cm]

q* - - 3

Valore limite raggiunto per

SLV

Dmax 0,43 [cm] <= Du 0,54 [cm]

q* 1,35 <= 3

La verifica è soddisfatta

SLD

Dmax 0,09 [cm] <= Du 0,46 [cm]

La verifica è soddisfatta

Valore limite per raggiungimento Valore di Picco

SLO

Dmax - [cm] - Du - [cm]

-

Parametri di Analisi

T* [s]	0,137
m* [kg]	221825
w [daN]	347925
M [kg]	354663
m*/M [%]	62,545
Γ	1,22
F*y [daN]	78113
d*y [cm]	0,17
d*u [cm]	0,59

	TR _C	TR _D	α _{TR}	PGA _C [m/s ²]	PGA _D [m/s ²]	α _{PGA}
SLC	0	975	0,000	0,00	1,69	0,000
SLV	445	475	0,937	1,42	1,26	1,125
SLD	445	50	8,900	1,36	0,44	3,089
SLO	0	30	0,000	0,00	0,36	0,000

☒ Mostra PGA su roccia

Dettagli ...

Normativa Esci

Figura 55: SDF Palazzina B. Analisi 20. Dettagli della verifica.

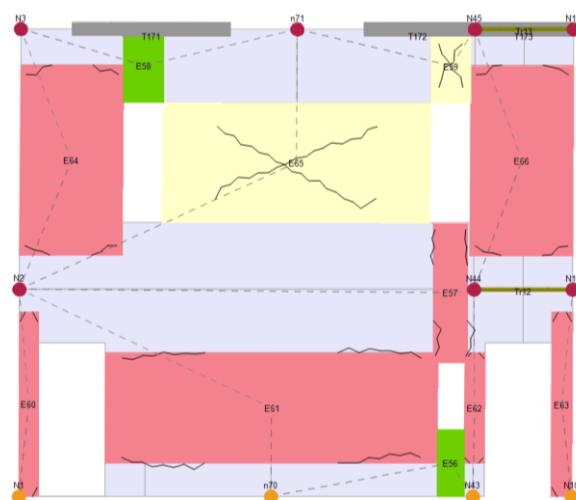


Figura 56: SDF Palazzina C. Analisi 20. Stato della Parete 4 allo spostamento ultimo.

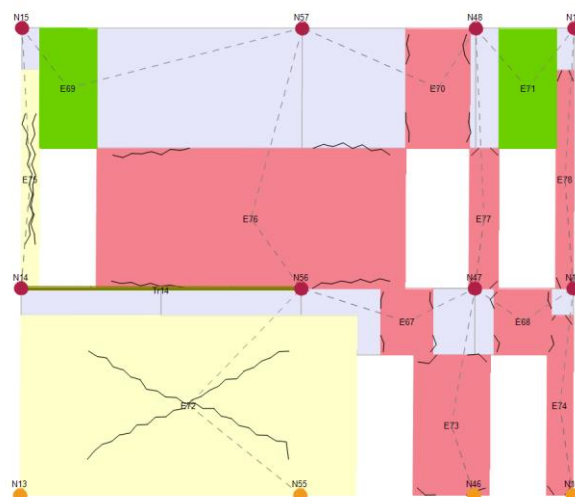


Figura 57: SDF Palazzina C. Analisi 20. Stato della Parete 5 allo spostamento ultimo.

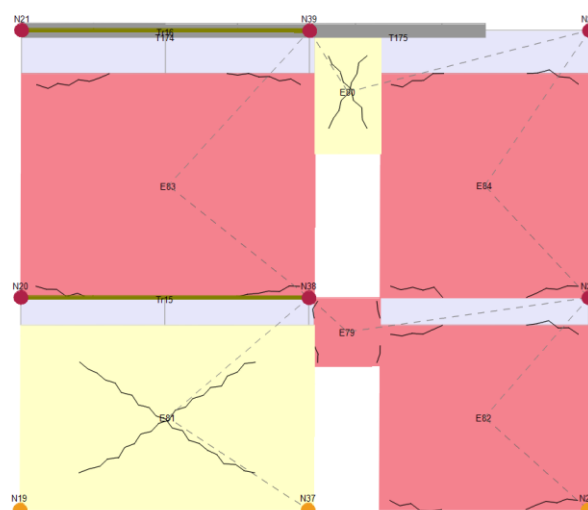


Figura 58: SDF Palazzina C. Analisi 20. Stato della Parete 6 allo spostamento ultimo.

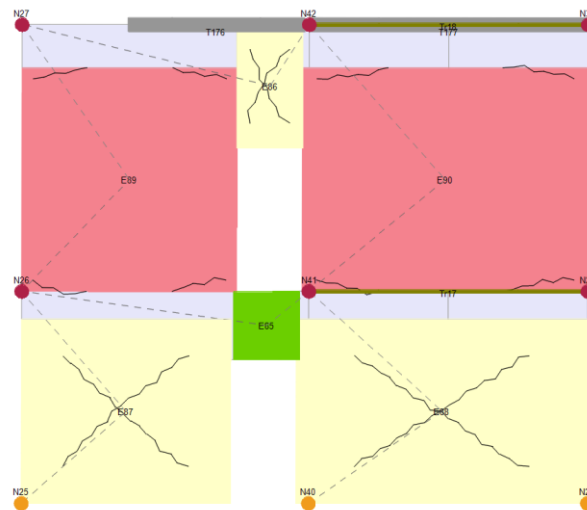


Figura 59: SDF Palazzina C. Analisi 20. Stato della Parete 7 allo spostamento ultimo.

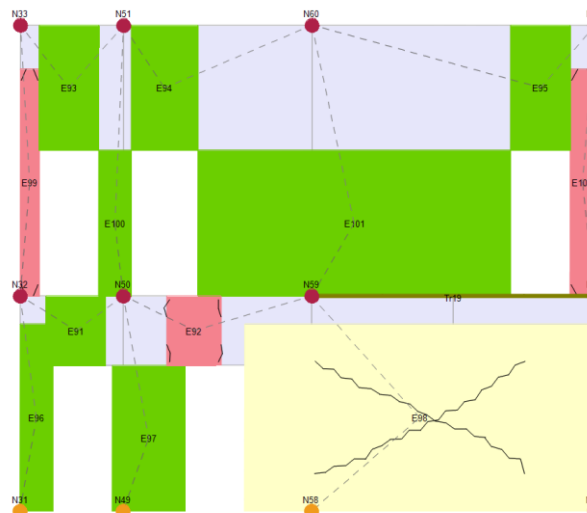


Figura 60: SDF Palazzina C. Analisi 20. Stato della Parete 8 allo spostamento ultimo.

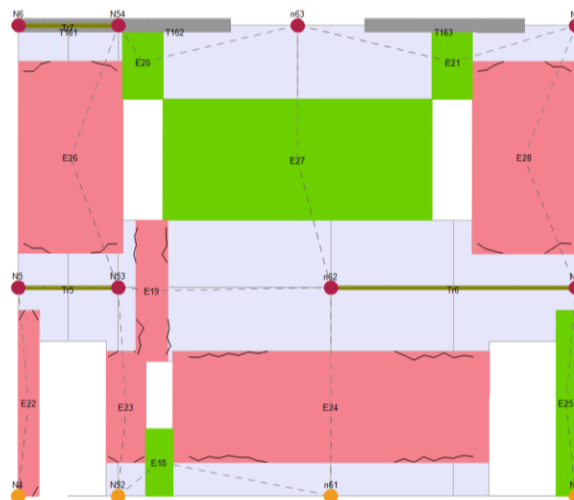


Figura 61: SDF Palazzina C. Analisi 20. Stato della Parete 2 allo spostamento ultimo.

12.4 CONCLUSIONI DELLE VERIFICHE SISMICHE DI PROGETTO

12.4.1 PROGETTO - PALAZZINA B

In conclusione, per la palazzina B a seguito degli interventi di progetto si eliminano quei fenomeni locali di primo modo e la struttura è in grado di esplicitare un comportamento globale d'insieme, arrivando ad un livello di sicurezza del fabbricato pari a circa l' 84% dell'azione sismica di progetto.

	$f_{a,SLV}$ -SLV-	$f_{a,SLD}$ -SLD-
Meccanismo locale: Espulsione	1.00	2.79
Meccanismo globale: Sisma direzione X	0.84	2.37
<i>Valore minimo: crisi meccanismo globale</i>	0.84	2.37

12.4.2 PROGETTO - PALAZZINA C

In conclusione, per la palazzina C, si osserva come a fronte di un buon comportamento globale della struttura vi siano delle crisi dovute a fenomeni di ribaltamento delle pareti principali. Tale comportamento è determinato da una buona geometria strutturale nel suo complesso, e da solai deformabili che non offrono un ritegno adeguato alle pareti perimetrali.

	$f_{a,SLV}$ -SLV-	$f_{a,SLD}$ -SLD-
Meccanismo locale: Ribaltamento #1	> 1.00	> 1.00
Meccanismo locale: Ribaltamento #2	> 1.00	> 1.00
Espulsione	1.00	2.79
Meccanismo globale: Sisma direzione Y	1.12	3.09
<i>Valore minimo: crisi per espulsione parete</i>	1.00	2.79

12.5 CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO – PALAZZINA B

Alla luce delle analisi svolte e del tabulato di calcolo di seguito riportato, si attribuisce al fabbricato in esame la **CLASSE DI RISCHIO A** per la condizione di progetto post-intervento, secondo la classificazione del decreto MIT del 28 febbraio 2017 e nelle relative linee guida.

CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEGLI EDIFICI

METODO CONVENZIONALE

ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.58 del 28.02.2017

Accelerazioni massima su roccia del sito in esame

V_N	50	[anni]
C_u	1	[-]
V_R	50	[anni]
a_g	0.125	[g]

Accelerazioni al suolo che inducono il raggiungimento degli stati limite indicati dalla norma

PGA_C (SLC)		[m/s ²]	83%	trascurabile in via semplificata	PGA_D (SLC)		[m/s ²]
PGA_C (SLV)	1.02	[m/s ²]			PGA_D (SLV)	1.22625	[m/s ²]
PGA_C (SLD)	1.02	[m/s ²]	236%		PGA_D (SLD)	0.43164	[m/s ²]
PGA_C (SLO)		[m/s ²]		trascurabile in via semplificata	PGA_D (SLO)		[m/s ²]

Determinazione dei relativi periodi di ritorno, in funzione delle sopraindicate accelerazioni al suolo

T_{rc} (SLC)		[anni]	2.80898	T_{rd} (SLC)		[anni]
T_{rc} (SLV)	283.1613	[anni]	η 9	T_{rd} (SLV)	475	[anni]
T_{rc} (SLD)	283.1613	[anni]		T_{rd} (SLD)	50	[anni]
T_{rc} (SLO)		[anni]		T_{rd} (SLO)	30	[anni]

Per ciascuno dei periodi sopra individuati si determina il valore della frequenza media annua di superamento

λ_{SLR}	0.00173	[1/anni]	Stato Limite di Ricostruzione
λ_{SLC}	0.00173	[1/anni]	
λ_{SLV}	0.003532	[1/anni]	
λ_{SLD}	0.003532	[1/anni]	
λ_{SLO}	0.005898	[1/anni]	

λ_{SLID}	0.1	[1/anni]	Stato Limite di Inizio del Danno
------------------	-----	----------	----------------------------------

Determinazione della Perdita annuale media attesa PAM

SL	CR [%]
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

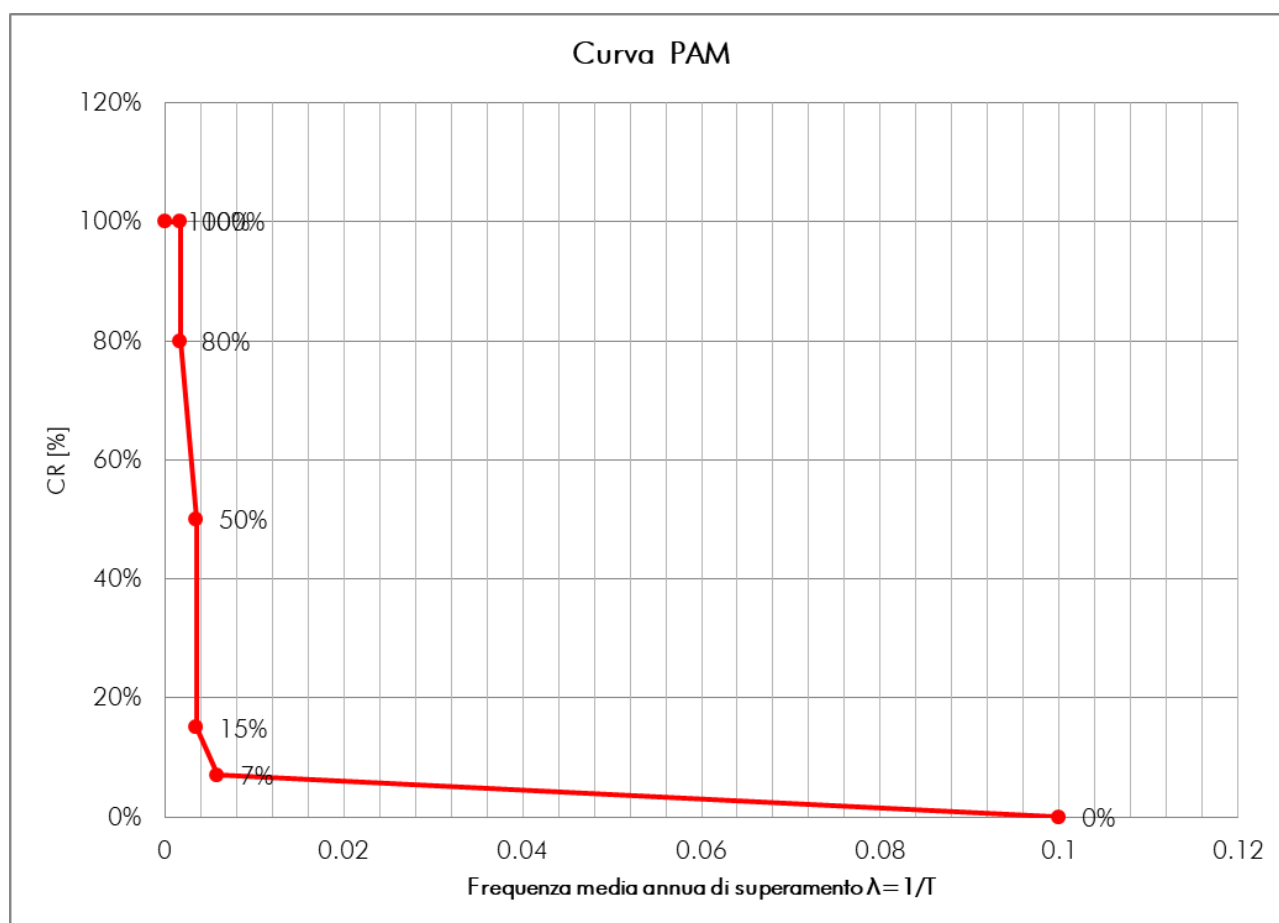
Classe PAM	
0.65%	A

Determinazione dell' Indice di Sicurezza IS-V

Classe IS-V	
83%	A

Si individua la classe di rischio come la peggiore fra la **Classe PAM** e la **Classe IS-V**

A



12.6 CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO – PALAZZINA C

Alla luce delle analisi svolte e del tabulato di calcolo di seguito riportato, si attribuisce al fabbricato in esame la **CLASSE DI RISCHIO A** per la condizione di progetto post-intervento, secondo la classificazione del decreto MIT del 28 febbraio 2017 e nelle relative linee guida.

CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEGLI EDIFICI

METODO CONVENZIONALE

ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.58 del 28.02.2017

Accelerazioni massima su roccia del sito in esame

V_N	50	[anni]
C_u	1	[-]
V_R	50	[anni]
a_g	0.125	[g]

Accelerazioni al suolo che inducono il raggiungimento degli stati limite indicati dalla norma

PGA_C (SLC)		[m/s ²]	<i>trascurabile in via semplificata</i>	PGA_D (SLC)		[m/s ²]
PGA_C (SLV)	1.22625	[m/s ²]	100%	PGA_D (SLV)	1.22625	[m/s ²]
PGA_C (SLD)	1.204	[m/s ²]	279%	PGA_D (SLD)	0.43164	[m/s ²]
PGA_C (SLO)		[m/s ²]	<i>trascurabile in via semplificata</i>	PGA_D (SLO)		[m/s ²]

Determinazione dei relativi periodi di ritorno, in funzione delle sopraindicate accelerazioni al suolo

T_{rc} (SLC)		[anni]	η 2.808989	T_{rd} (SLC)	975	[anni]
T_{rc} (SLV)	475	[anni]		T_{rd} (SLV)	475	[anni]
T_{rc} (SLD)	475	[anni]		T_{rd} (SLD)	50	[anni]
T_{rc} (SLO)		[anni]		T_{rd} (SLO)	30	[anni]

Per ciascuno dei periodi sopra individuati si determina il valore della frequenza media annua di superamento

λ_{SLR}	0.001032	[1/anni]	<i>Stato Limite di Ricostruzione</i>
λ_{SLC}	0.001032	[1/anni]	
λ_{SLV}	0.002105	[1/anni]	
λ_{SLD}	0.002105	[1/anni]	
λ_{SLO}	0.003516	[1/anni]	
λ_{SLID}	0.1	[1/anni]	<i>Stato Limite di Inizio del Danno</i>

Determinazione della Perdita annuale media attesa PAM

SL	CR [%]
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

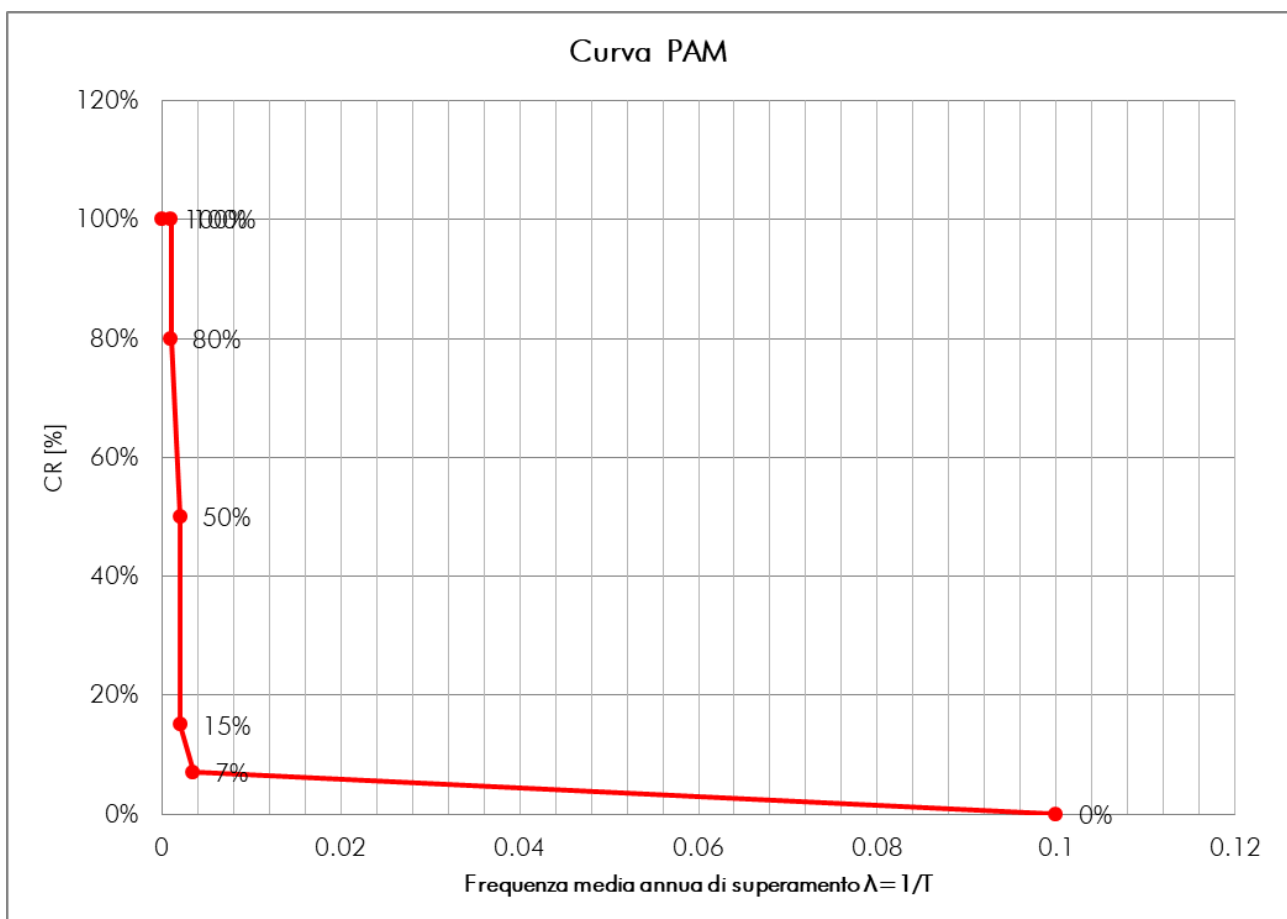
Classe PAM	
0.53%	A

Determinazione dell' Indice di Sicurezza IS-V

Classe IS-V	
100%	A

Si individua la classe di rischio come la peggiore fra la **Classe PAM** e la **Classe IS-V**

A



13 CONSIDERAZIONI SULLE FONDAZIONI

Risulta importante sottolineare come, a livello di fondazione, non vi sia un aumento dei carichi significativo (inferiore al 10%), originato dall'ispessimento delle murature e dalla variazione dei carichi in elevazione.

Proprio al fine di evitare un aumento di tensioni in corrispondenza del raddoppio delle murature, si è previsto un rinforzo delle fondazioni esistenti con cordoli laterali in cemento armato connesse con asole.

Si riporta di seguito la verifica in dettaglio.

Sollecitazioni massime $M_{max} = 33518 \text{ daNcm}$

$T = 305 \text{ daN}$

Si adottano 2 $\varnothing 16$ superiori con area complessiva di $A'_f = 4.02 \text{ cm}^2$

Si adottano 2 $\varnothing 16$ inferiori con area complessiva di $A'_f = 4.02 \text{ cm}^2$

Si ha che il coefficiente di sicurezza tra le sollecitazioni ultime e quelle agenti è maggiore di 1

La sezione risulta quindi verificata.

14 CONSIDERAZIONI SUL TIPO DI INTERVENTO

Ai sensi delle NTC 2018 gli interventi proposti rientrano all'interno di **interventi di miglioramento** in campo statico e dinamico.

14.1 QUANTIFICAZIONE DEL MIGLIORAMENTO SISMICO

PALAZZINA B

Per quanto riguarda la palazzina B, si è passati da una classe di rischio sismico pari a B (capitolo 11.5 a pagina 65) ad una classe di rischio A post intervento di miglioramento sismico (capitolo 12.5 a pagina 84). Si ha avuto pertanto un aumento di 1 classe di rischio.

Da un punto di vista dell'azione sismica determinata secondo quanto indicato nelle NTC2018, si ha avuto un miglioramento sismico che ha portato il fabbricato da un livello di sicurezza pari al 64% (capitolo 11.4.1 a pagina 64) ad un livello di sicurezza dell' 84% post intervento (capitolo 12.4.1 a pagina 83)

PALAZZINA C

Per quanto riguarda la palazzina C, si è passati da una classe di rischio sismico pari a E (capitolo 11.6 a pagina 68) ad una classe di rischio A post intervento di miglioramento sismico (capitolo 12.6 a pagina 8684). Si ha avuto pertanto un aumento di 4 classi di rischio.

Da un punto di vista dell'azione sismica determinata secondo quanto indicato nelle NTC2018, si ha avuto un miglioramento sismico che ha portato il fabbricato da un livello di sicurezza pari al 35% (capitolo 11.4.211.4.1 a pagina 64) ad un livello di sicurezza dell' 100% post intervento (capitolo 12.4.212.4.1 a pagina 83)

I Tecnici:

Ing. Denis ZANETTI

Collaboratori:

Ing. Francesco Pirani

Ing. Matteo Vincenzi

ALLEGATO A

STATO DI FATTO – VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI – PALAZZINA B

PALAZZINA TIPO B - STATO DI FATTO

PARETE DI FACCIAIA - ESPULSIONE

PARETE NON CARICATA DAI SOLAI DI PIANO E DI COPERTURA

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Geometria della parete

Larghezza pareti: striscia larga 1 metro

Spessore parete	t	(m)	0.28
Altezza parete	h	(m)	6.8
Peso spec. Muratura	γ_i	(kg/m ³)	1800
Altezza blocco sup parete	h _{sup}	(m)	0.5
Altezza blocco inf parete	h _{inf}	(m)	6.3
Controllo ipotesi $h_v > h_{inf}$	Assenza di volta		

Carichi e spinte agenti sulle pareti

Peso solaio	P _s	(kg)	0
Peso piano superiore	N	(kg)	0
Peso volta	P _v	(kg)	0
Spinta statica volta	S _v	(kg)	0
Peso totale parete	P	(kg)	3427.2
Peso blocco sup parete	P _{sup}	(kg)	252
Peso blocco inf parete	P _{inf}	(kg)	3175.2

Coordinate (X,Y) dei punti di applicazione delle forze

Solai e volte

Solaio - X	X _s	(m)	0.14
Solaio - Y	h	(m)	6.8
Volta - X	X _v	(m)	0
Volta - Y	h _v	(m)	0
Carico dal piano superiore - X	X _N	(m)	0.12

Calcolo arretramento cerniera inferiore

Resist comprex media muratura	f _m	(N/cm ²)	240
Fattore sicurezza materiale muratura	γ_m	(adim)	2
Fattore di Confidenza	FC	(adim)	1.35
Resist comprex di progetto muratura	f _d	(kg/cm ²)	88.88889
Larghezza sezione della cerniera		(m)	1
Peso totale coinvolto		(kg)	3427.2
Arretramento cerniera A (teorico)	a	(m)	0.025704
Arretramento cerniera A (di calcolo)	a	(m)	0.025704

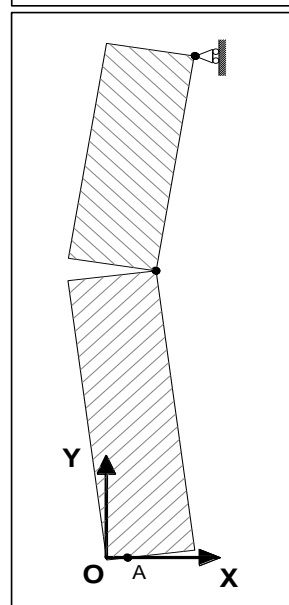
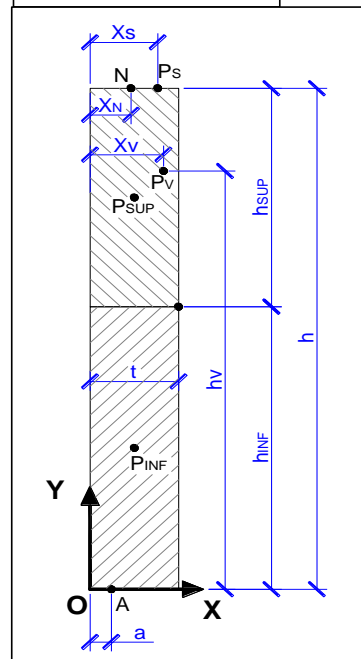
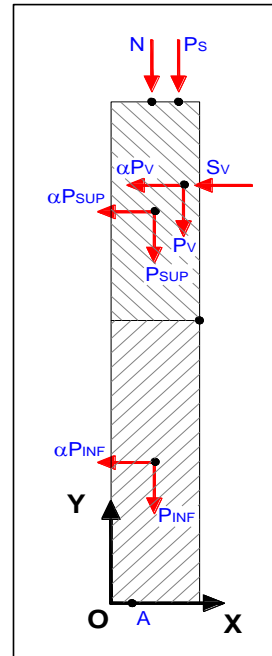
Dati su sito ed edificio

			SLV
Fattore di struttura	q	adim.	2
Altezza edificio	H	ml	6.8
Numero piani	N	adim.	2
Coefficiente topo-stratigrafico	S	adim.	1.5
Altezza meccanismo	Z	(m)	0

Spettro elastico (T=T ₁)	Se(T ₁)	(g)	0.488
Coefficiente partec. modale	γ	(adim)	1.2
Accelerazione di sito (suolo: A, T1)	a _g	(g)	0.125

Risultati

Lavoro virtuale forze sismiche	L _{sism}	(kg m)	10795.68 x α
Lavoro virtuale resistente	L _{res}	(kg m)	-871.5233
Lavoro virtuale spinta volta	L _{volta}	(kg m)	0



PALAZZINA TIPO B - STATO DI FATTO

PARETE DI FACCIAIA - ESPULSIONE

PARETE NON CARICATA DAI SOLAI DI PIANO E DI COPERTURA

STATO LIMITE DI DANNO

Geometria della parete

Larghezza pareti: striscia larga 1 metro

Spessore parete	t	(m)	0.28
Altezza parete	h	(m)	6.8
Peso spec. Muratura	γ_i	(kg/m ³)	1800
Altezza blocco sup parete	h _{sup}	(m)	0.5
Altezza blocco inf parete	h _{inf}	(m)	6.3
Controllo ipotesi $h_v > h_{inf}$	Assenza di volta		

Carichi e spinte agenti sulle pareti

Peso solaio	P _s	(kg)	0
Peso piano superiore	N	(kg)	0
Peso volta	P _v	(kg)	0
Spinta statica volta	S _v	(kg)	0
Peso totale parete	P	(kg)	3427.2
Peso blocco sup parete	P _{sup}	(kg)	252
Peso blocco inf parete	P _{inf}	(kg)	3175.2

Coordinate (X,Y) dei punti di applicazione delle forze

Solai e volte

Solaio - X	X _s	(m)	0.12
Solaio - Y	h	(m)	6.8
Volta - X	X _v	(m)	0
Volta - Y	h _v	(m)	0
Carico dal piano superiore - X	X _N	(m)	0.12

Calcolo arretramento cerniera inferiore

Resist comprex media muratura	f _m	(N/cm ²)	240
Fattore sicurezza materiale muratura	γ_m	(adim)	2
Fattore di Confidenza	FC	(adim)	1.35
Resist comprex di progetto muratura	f _d	(kg/cm ²)	88.88889
Larghezza sezione della cerniera		(m)	1
Peso totale coinvolto		(kg)	3427.2
Arretramento cerniera A (teorico)	a	(m)	0.025704
Arretramento cerniera A (di calcolo)	a	(m)	0.025704

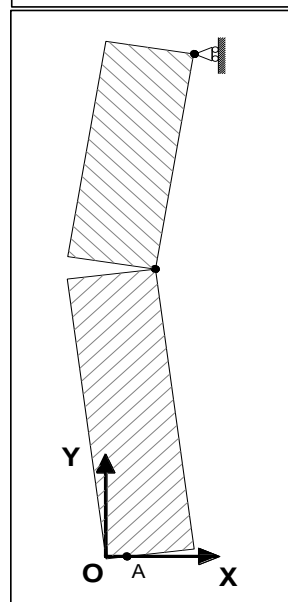
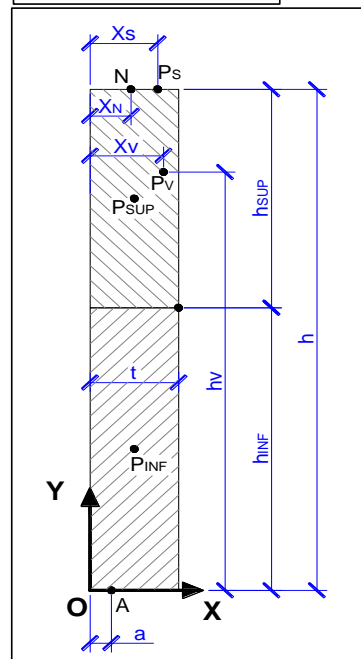
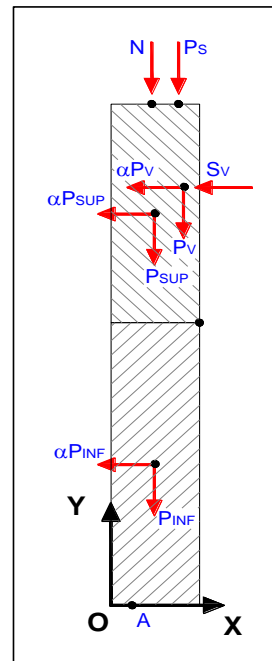
Dati su sito ed edificio

SLD			
Fattore di struttura	q	adim.	2
Altezza edificio	H	ml	6.8
Numero piani	N	adim.	2
Coefficiente topo-stratigrafico	S	adim.	1.5
Altezza meccanismo	Z	(m)	0

Spettro elastico (T=T ₁)	Se(T ₁)	(g)	0.167
Coefficiente partec. modale	γ	(adim)	1.2
Accelerazione di sito (suolo: A, T1)	a _g	(g)	0.044

Risultati

Lavoro virtuale forze sismiche	L _{sism}	(kg m)	10795.68 x α
Lavoro virtuale resistente	L _{res}	(kg m)	-871.5233
Lavoro virtuale spinta volta	L _{volta}	(kg m)	0



Moltiplicatore attivazione α_0 (-) 0.081

Massa partecipante e accelerazione di attivazione

Elemento	Peso Pi	Spost. virtuale δx_i	Pi δx_i	Pi δx_i^2
Blocco sup parete	252	3.15	793.8	2500.47
Blocco inf parete	3175.2	3.15	10001.88	31505.92
Massa inerziale volta	0	85.68	0	0
Totali:			10795.68	34006.39

Massa partecipante x g	M x g	(kg)	3427.2
Altezza meccanismo	Z	(m)	0
Fattore di partecipazione	e*	-	1

Accelerazione di attivazione a^*0 (g) 0.060

Accelerazione di attivazione a^*0 (m/sec²) 0.587

Verifica SLV con accelerazione al suolo (m/sec²)

$$\frac{a_g (P_{Vr}) S}{q} = 0.033 \quad \text{vs} \quad 0.060 = a_0^* \quad 1.81$$

Verifica SODDISFATTA

ALLEGATO B

STATO DI FATTO – VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI – PALAZZINA C

PALAZZINA TIPO C - STATO DI FATTO

PARETE DI FACCIAIA - ribaltamento

PARETE NON CARICATA DAI SOLAI DI PIANO E DI COPERTURA

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Geometria della parete

Larghezza pareti: striscia larga 1 metro

Spessore parete Liv. 1	t1	(m)	0.28
Spessore parete Liv. 2	t2	(m)	0.28
Spessore parete Liv. 3	t3	(m)	0

Altezza parete Liv. 1	h1	(m)	3.1
Altezza parete Liv. 2	h2	(m)	3.4
Altezza parete Liv. 3	h3	(m)	0

Peso spec. Muratura Liv. 1	γ_1	(kg/m3)	1800
Peso spec. Muratura Liv. 2	γ_2	(kg/m3)	1800
Peso spec. Muratura Liv. 3	γ_3	(kg/m3)	0

Carichi e spinte agenti sulle pareti

Peso solaio Liv. 1	Ps1	(kg)	0
Peso solaio Liv. 2	Ps2	(kg)	0
Peso solaio Liv. 3	Ps3	(kg)	0
Spinta statica Liv.3	Sc	(kg)	0
Peso volta Liv. 1	Pv	(kg)	0
Spinta statica volta Liv. 1	Sv	(kg)	0

Peso proprio parete Liv. 1	P1	(kg)	1562.4
Peso proprio parete Liv. 2	P2	(kg)	1713.6
Peso proprio parete Liv. 3	P3	(kg)	0

Forze esercitate dagli incatenamenti

Incatenamento Liv. 1	T1	(kg)	0
Incatenamento Liv. 2	T2	(kg)	0
Incatenamento Liv. 3	T3	(kg)	0

Coordinate (X,Y) dei punti di applicazione delle forze

Solai e volte

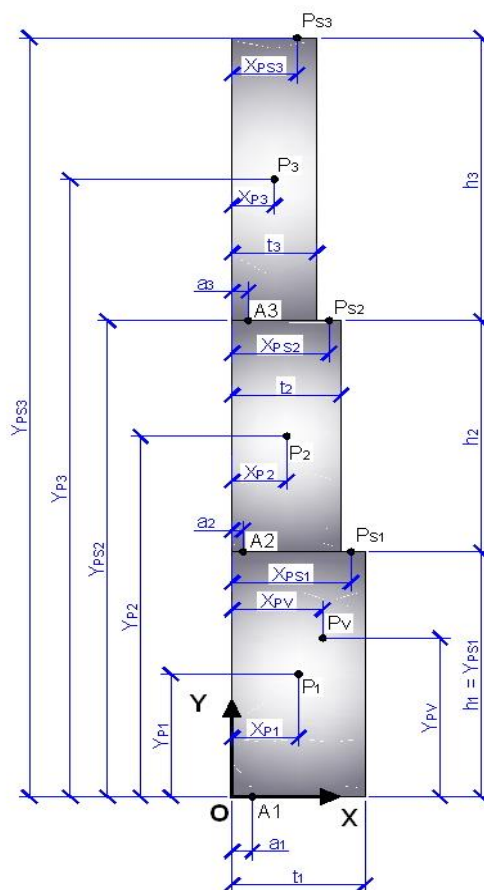
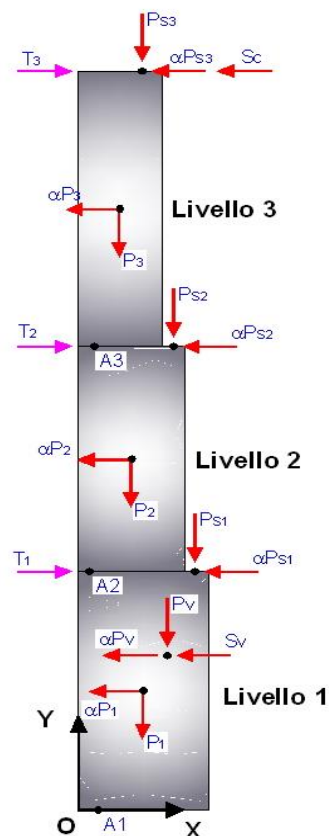
Solaio Liv. 1 - X	Xps1	(m)	0
Solaio Liv. 1 - Y	Yps1	(m)	3.1
Solaio Liv. 2 - X	Xps2	(m)	0
Solaio Liv. 2 - Y	Yps2	(m)	6.5
Solaio Liv. 3 - X	Xps3	(m)	0
Solaio Liv. 3 - Y	Yps3	(m)	6.5
Volta Liv. 1 - X	Xpv	(m)	0
Volta Liv. 1 - Y	Ypv	(m)	0
Spinta statica Liv. 3 - Y	Ysc	(m)	6.5

Pareti

Parete Liv. 1 - X	Xp1	(m)	0.14
Parete Liv. 1 - Y	Yp1	(m)	1.55
Parete Liv. 2 - X	Xp2	(m)	0.14
Parete Liv. 2 - Y	Yp2	(m)	4.8
Parete Liv. 3 - X	Xp3	(m)	0
Parete Liv. 3 - Y	Yp3	(m)	6.5

Incatenamenti

Incatenamento Liv. 1 - Y	Yt1	(m)	3.1
Incatenamento Liv. 2 - Y	Yt2	(m)	6.5
Incatenamento Liv. 3 - Y	Yt3	(m)	6.5



Analisi Cinematica Lineare NTC 2008

Meccanismo di ribaltamento di parete (altezza totale fi

Resistenza media a compressione della muratura

Muratura Liv. 1	fm1	(N/cm2)	240
Muratura Liv. 2	fm2	(N/cm2)	240
Muratura Liv. 3	fm3	(N/cm2)	240

Conoscenza

Fattore Confidenza	FC	(-)	1.35
--------------------	----	-----	------

Fattore sicurezza sui materiali

Materiale muratura	γ_M	(-)	2
--------------------	------------	-----	---

Resistenze di progetto della muratura

Muratura Liv. 1	fd1	(N/cm2)	88.89
Muratura Liv. 2	fd2	(N/cm2)	88.89
Muratura Liv. 3	fd3	(N/cm2)	88.89

Input sismico

			SLV
Accelerazione di sito	a_g	(g)	0.125
Fattore di amplificazione	F_0	(-)	2.597
	T^*_C	(s)	0.275
	q	(-)	2
Fattore di struttura	S	(-)	1.5
Coefficiente topo-stratigrafico	H	(m)	6.5
Altezza edificio	T_B	(s)	0.147
	T_C	(s)	0.442
	T_D	(s)	2.101
	N	(-)	2
Numero piani			
Spettro elastico ($T=T_1$)	$Se(T_1)$	(g)	0.488
Coefficiente partec. modale	γ		1.20

PALAZZINA TIPO C - STATO DI FATTO

PARETE DI FACCIATA - ribaltamento

PARETE NON CARICATA DAI SOLAI DI PIANO E DI COPERTURA

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

MECCANISMO #1 - PARETE PRIMO PIANO

Arretramento cerniera A2

Resist comprex di progetto muratura	fd2	(N/cm ²)	88.88889
Larghezza sezione della cerniera		(m)	1
Peso totale coinvolto		(kg)	1713.6
Arretramento cerniera A2 (teorico)	a2	(m)	0.012852
Arretramento cerniera A2 (di calcolo)	a2	(m)	0.012852

Momenti ribaltanti e stabilizzanti e moltiplicatore di attivazione

Momento ribaltante sismico	Mr sisma	(kgm)	2913.12 x α_0
Momento ribaltante spinta statica	Mr spinta	(kgm)	0
Momento stabilizzante pesi	Ms pesi	(kgm)	217.8808
Momento stabilizzante incatenam.	Ms incat.	(kgm)	0

Moltiplicatore attivazione α_0 (-) **0.075**

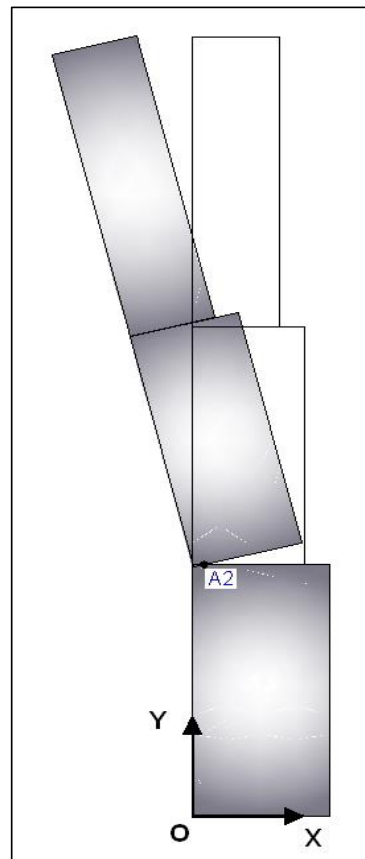
Dati relativi all'oscillatore ad 1DOF equivalente

Elemento	Peso Pi	Spost. virtuale δx_i	Pi δx_i	Pi δx_i^2
Parete Liv. 3	0	3.4	0	0
Solaio Liv. 3	0	3.4	0	0
Parete Liv. 2	1713.6	1.7	2913.12	4952.304
Solaio Liv. 2	0	3.4	0	0
Totali:			2913.12	4952.304

Massa partecipante x g	M x g	(kg)	1713.6
Altezza meccanismo	Z	(m)	3.1
Fattore di partecipazione	e*	-	1

Accelerazione di attivazione a^*0 (g) **0.055**

Accelerazione di attivazione a^*0 (m/sec²) **0.543**



Verifica SLV con accelerazione al suolo (m/sec²)

$$\frac{a_g (P_{vr}) S}{q} = \frac{0.094}{(g)} \quad \text{vs} \quad \frac{0.055}{(g)} = a_0^* \quad \text{FS} \quad 0.59$$

Verifica **NON SODDISFATTA**

Verifica SLV con accelerazione in quota (m/sec²)

Se(T₁) = 0.488
γ (Z) = 0.48
Gamma = 1.20
q = 2

$$\frac{S_e(T_1)\gamma(Z)\gamma}{q}$$

0.140

(g)

vs

0.055

(g)

=

a_0^*

0.40

FS

Verifica NON SODDISFATTA

PALAZZINA TIPO C - STATO DI FATTO

PARETE DI FACCIAIA - ribaltamento

PARETE NON CARICATA DAI SOLAI DI PIANO E DI COPERTURA

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

MECCANISMO #2 - PARETE PIANO TERRA E PRIMO

Arretramento cerniera A1

Resist comprex di progetto muratura	fd1	(N/cm ²)	88.88889
Larghezza sezione della cerniera		(m)	1
Peso totale coinvolto		(kg)	3276
Arretramento cerniera A1 (teorico)	a1	(m)	0.02457
Arretramento cerniera A1 (di calcolo)	a1	(m)	0.02457

Momenti ribaltanti e stabilizzanti e moltiplicatore di attivazione

Momento ribaltante sismico	Mr sisma	(kgm)	10647 x α_0
Momento ribaltante spinta statica	Mr spinta	(kgm)	0
Momento stabilizzante pesi	Ms pesi	(kgm)	378.1487
Momento stabilizzante incatenam.	Ms incat.	(kgm)	0

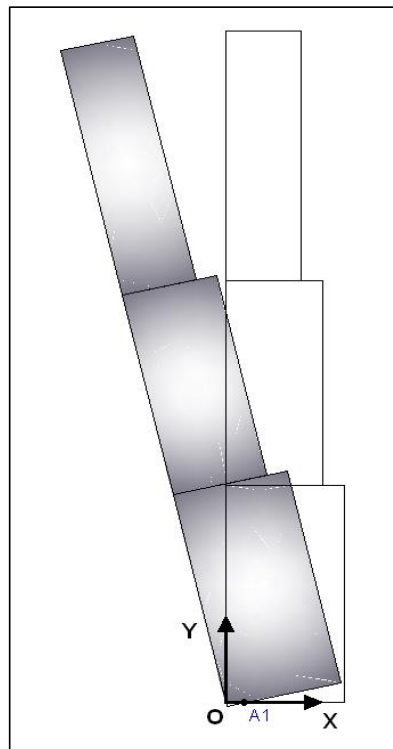
Moltiplicatore attivazione α_0 (-) **0.036**

Massa partecipante e accelerazione di attivazione

Elemento	Peso Pi	Spost. virtuale δx_i	Pi δx_i	Pi δx_i^2
Parete Liv. 3	0	6.5	0	0
Solaio Liv. 3	0	6.5	0	0
Parete Liv. 2	1713.6	4.8	8225.28	39481.34
Solaio Liv. 2	0	6.5	0	0
Parete Liv. 1	1562.4	1.55	2421.72	3753.666
Solaio Liv. 1	0	3.1	0	0
Volta Liv. 1	0	0	0	0
Totali:			10647	43235.01

Massa partecipante x g	M x g	(kg)	2621.917
Altezza meccanismo	Z	(m)	0
Fattore di partecipazione	e*	-	0.800341

Accelerazione di attivazione a^*0 (g) **0.033**
Accelerazione di attivazione a^*0 (m/sec²) **0.322**



Verifica SLV con accelerazione al suolo (m/sec²)

$$\frac{a_g (P_{vr}) S}{q} = \frac{0.094}{(g)} \quad \text{vs} \quad \frac{0.033}{(g)} = a_0^* \quad \text{FS} \quad 0.35$$

Verifica NON SODDISFATTA

PALAZZINA TIPO C - STATO DI FATTO

PARETE DI FACCIATA - RIBALTAMENTO

PARETE NON CARICATA DAI SOLAI DI PIANO E DI COPERTURA

STATO LIMITE DI DANNO

Geometria della parete

Larghezza pareti: striscia larga 1 metro

Spessore parete Liv. 1	t1	(m)	0.28
Spessore parete Liv. 2	t2	(m)	0.28
Spessore parete Liv. 3	t3	(m)	0

Altezza parete Liv. 1	h1	(m)	3.1
Altezza parete Liv. 2	h2	(m)	3.4
Altezza parete Liv. 3	h3	(m)	0

Peso spec. Muratura Liv. 1	γ_1	(kg/m ³)	1800
Peso spec. Muratura Liv. 2	γ_2	(kg/m ³)	1800
Peso spec. Muratura Liv. 3	γ_3	(kg/m ³)	0

Carichi e spinte agenti sulle pareti

Peso solaio Liv. 1	Ps1	(kg)	0
Peso solaio Liv. 2	Ps2	(kg)	0
Peso solaio Liv. 3	Ps3	(kg)	0
Spinta statica Liv.3	Sc	(kg)	0
Peso volta Liv. 1	Pv	(kg)	0
Spinta statica volta Liv. 1	Sv	(kg)	0

Peso proprio parete Liv. 1	P1	(kg)	1562.4
Peso proprio parete Liv. 2	P2	(kg)	1713.6
Peso proprio parete Liv. 3	P3	(kg)	0

Forze esercitate dagli incatenamenti

Incatenamento Liv. 1	T1	(kg)	0
Incatenamento Liv. 2	T2	(kg)	0
Incatenamento Liv. 3	T3	(kg)	0

Coordinate (X,Y) dei punti di applicazione delle forze

Solai e volte

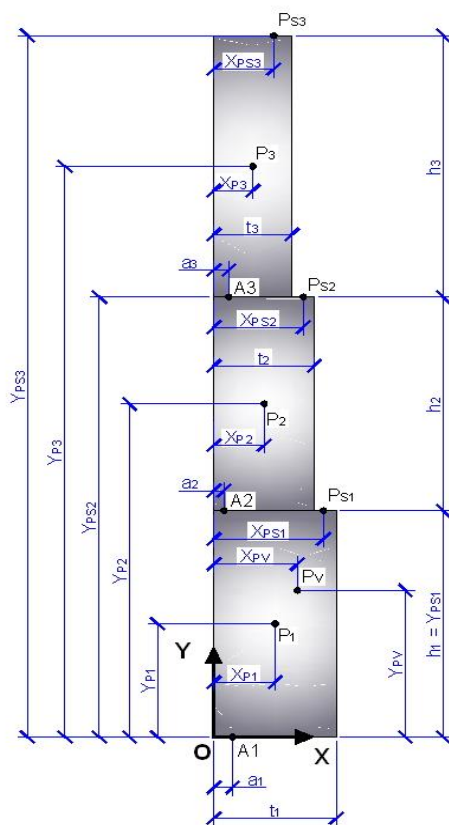
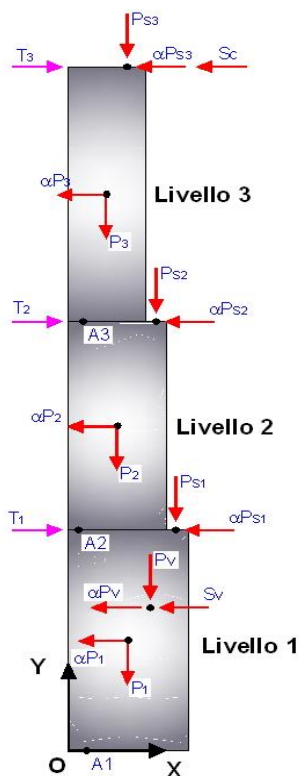
Solaio Liv. 1 - X	Xps1	(m)	0
Solaio Liv. 1 - Y	Yps1	(m)	3.1
Solaio Liv. 2 - X	Xps2	(m)	0
Solaio Liv. 2 - Y	Yps2	(m)	6.5
Solaio Liv. 3 - X	Xps3	(m)	0
Solaio Liv. 3 - Y	Yps3	(m)	6.5
Volta Liv. 1 - X	Xpv	(m)	0
Volta Liv. 1 - Y	Ypv	(m)	0
Spinta statica Liv. 3 - Y	Ysc	(m)	6.5

Pareti

Parete Liv. 1 - X	Xp1	(m)	0.14
Parete Liv. 1 - Y	Yp1	(m)	1.55
Parete Liv. 2 - X	Xp2	(m)	0.14
Parete Liv. 2 - Y	Yp2	(m)	4.8
Parete Liv. 3 - X	Xp3	(m)	0
Parete Liv. 3 - Y	Yp3	(m)	6.5

Incatenamenti

Incatenamento Liv. 1 - Y	Yt1	(m)	3.1
Incatenamento Liv. 2 - Y	Yt2	(m)	6.5
Incatenamento Liv. 3 - Y	Yt3	(m)	6.5



Analisi Cinematica Lineare NTC 2018

Meccanismo di ribaltamento di parete (altezza totale fi

Resistenza media a compressione della muratura

Muratura Liv. 1	fm1	(N/cm2)	240
Muratura Liv. 2	fm2	(N/cm2)	240
Muratura Liv. 3	fm3	(N/cm2)	240

Conoscenza

Fattore Confidenza	FC	(-)	1.35
--------------------	----	-----	------

Fattore sicurezza sui materiali

Materiale muratura	γ_M	(-)	2
--------------------	------------	-----	---

Resistenze di progetto della muratura

Muratura Liv. 1	fd1	(N/cm2)	88.89
Muratura Liv. 2	fd2	(N/cm2)	88.89
Muratura Liv. 3	fd3	(N/cm2)	88.89

Input sismico

			SLD
Accelerazione di sito	a_g	(g)	0.044
Fattore di amplificazione	F_0	(-)	2.518
	T^*_C	(s)	0.276
Fattore di struttura	q	(-)	2
Coefficiente topo-stratigrafico	S	(-)	1.5
Altezza edificio	H	(m)	6.5
	T_B	(s)	0.148
	T_C	(s)	0.443
	T_D	(s)	1.777
Numero piani	N	(-)	2
Spettro elastico (T=T1)	$Se(T_1)$	(g)	0.167
Coefficiente partec. modale	γ		1.20

PALAZZINA TIPO C - STATO DI FATTO

PARETE DI FACCIATA - RIBALTAMENTO

PARETE NON CARICATA DAI SOLAI DI PIANO E DI COPERTURA

STATO LIMITE DI DANNO

Arretramento cerniera A2

Resist comprex di progetto muratura	fd2	(N/cm ²)	88.88889
Larghezza sezione della cerniera		(m)	1
Peso totale coinvolto		(kg)	1713.6
Arretramento cerniera A2 (teorico)	a2	(m)	0.012852
Arretramento cerniera A2 (di calcolo)	a2	(m)	0.012852

Momenti ribaltanti e stabilizzanti e moltiplicatore di attivazione

Momento ribaltante sismico	Mr sisma	(kgm)	2913.12 x α_0
Momento ribaltante spinta statica	Mr spinta	(kgm)	0
Momento stabilizzante pesi	Ms pesi	(kgm)	217.8808
Momento stabilizzante incatenam.	Ms incat.	(kgm)	0

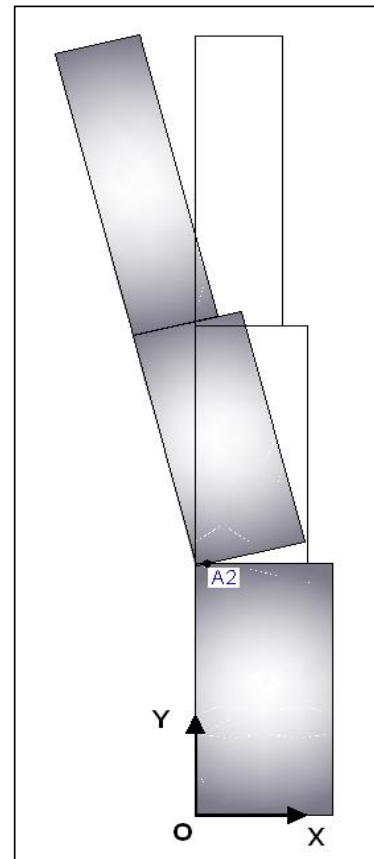
Moltiplicatore attivazione α_0 (-) **0.075**

Dati relativi all'oscillatore ad 1DOF equivalente

Elemento	Peso Pi	Spost. virtuale δx_i	Pi δx_i	Pi δx_i^2
Parete Liv. 3	0	3.4	0	0
Solaio Liv. 3	0	3.4	0	0
Parete Liv. 2	1713.6	1.7	2913.12	4952.304
Solaio Liv. 2	0	3.4	0	0
Totali:			2913.12	4952.304
Massa partecipante x g	M x g	(kg)	1713.6	
Altezza meccanismo	Z	(m)	3.1	
Fattore di partecipazione	e*	-	1	

Accelerazione di attivazione a^*0 (g) **0.055**

Accelerazione di attivazione a^*0 (m/sec²) **0.543**



Verifica SLV con accelerazione al suolo (m/sec²)

$$\frac{a_g(P_{Vr})S}{q} = \frac{0.033}{(g)} \quad \text{vs} \quad \frac{0.055}{(g)} = a_0^* \quad \text{FS} \quad 1.68$$

Verifica SODDISFATTA

Verifica SLV con accelerazione in quota (m/sec²)

Se(T₁) = 0.167
γ (Z) = 0.48
Gamma = 1.20
q = 2

$$\frac{S_e(T_1)\gamma(Z)\gamma}{q} = \underset{(g)}{0.048} \quad \text{vs} \quad \underset{(g)}{0.055} = a_0^*$$

FS

1.16

Verifica SODDISFATTA

PALAZZINA TIPO C - STATO DI FATTO

PARETE DI FACCIATA - RIBALTAMENTO

PARETE NON CARICATA DAI SOLAI DI PIANO E DI COPERTURA

STATO LIMITE DI DANNO

Arretramento cerniera A1

Resist comprex di progetto muratura	fd1	(N/cm ²)	88.88889
Larghezza sezione della cerniera		(m)	1
Peso totale coinvolto		(kg)	3276
Arretramento cerniera A1 (teorico)	a1	(m)	0.02457
Arretramento cerniera A1 (di calcolo)	a1	(m)	0.02457

Momenti ribaltanti e stabilizzanti e moltiplicatore di attivazione

Momento ribaltante sismico	Mr sisma	(kgm)	10647 x α_0
Momento ribaltante spinta statica	Mr spinta	(kgm)	0
Momento stabilizzante pesi	Ms pesi	(kgm)	378.1487
Momento stabilizzante incatenam.	Ms incat.	(kgm)	0

Moltiplicatore attivazione α_0 (-) **0.036**

Massa partecipante e accelerazione di attivazione

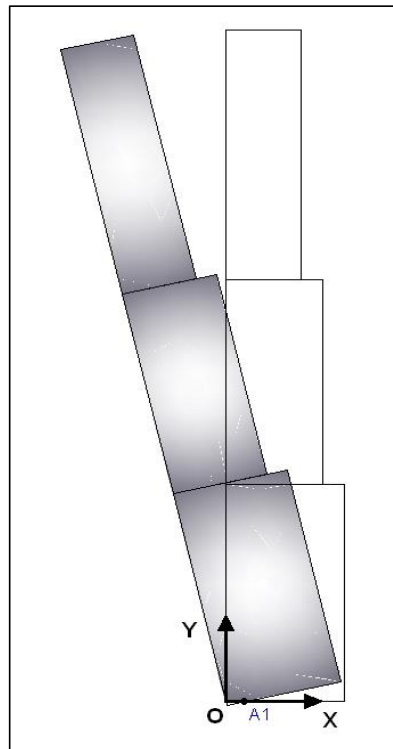
Elemento	Peso Pi	Spost. virtuale δx_i	Pi δx_i	Pi δx_i^2
Parete Liv. 3	0	6.5	0	0
Solaio Liv. 3	0	6.5	0	0
Parete Liv. 2	1713.6	4.8	8225.28	39481.34
Solaio Liv. 2	0	6.5	0	0
Parete Liv. 1	1562.4	1.55	2421.72	3753.666
Solaio Liv. 1	0	3.1	0	0
Volta Liv. 1	0	0	0	0

Totali: 10647 43235.01

Massa partecipante x g	M x g	(kg)	2621.917
Altezza meccanismo	Z	(m)	0
Fattore di partecipazione	e*	-	0.800341

Accelerazione di attivazione a^*0 (g) **0.033**

Accelerazione di attivazione a^*0 (m/sec²) **0.322**



Verifica SLV con accelerazione al suolo (m/sec²)

$$\frac{a_g(P_{vr})S}{q} = \frac{0.033}{(g)} \quad \text{vs} \quad \frac{0.033}{(g)} = a_0^* \quad \text{FS} \quad 1.00$$

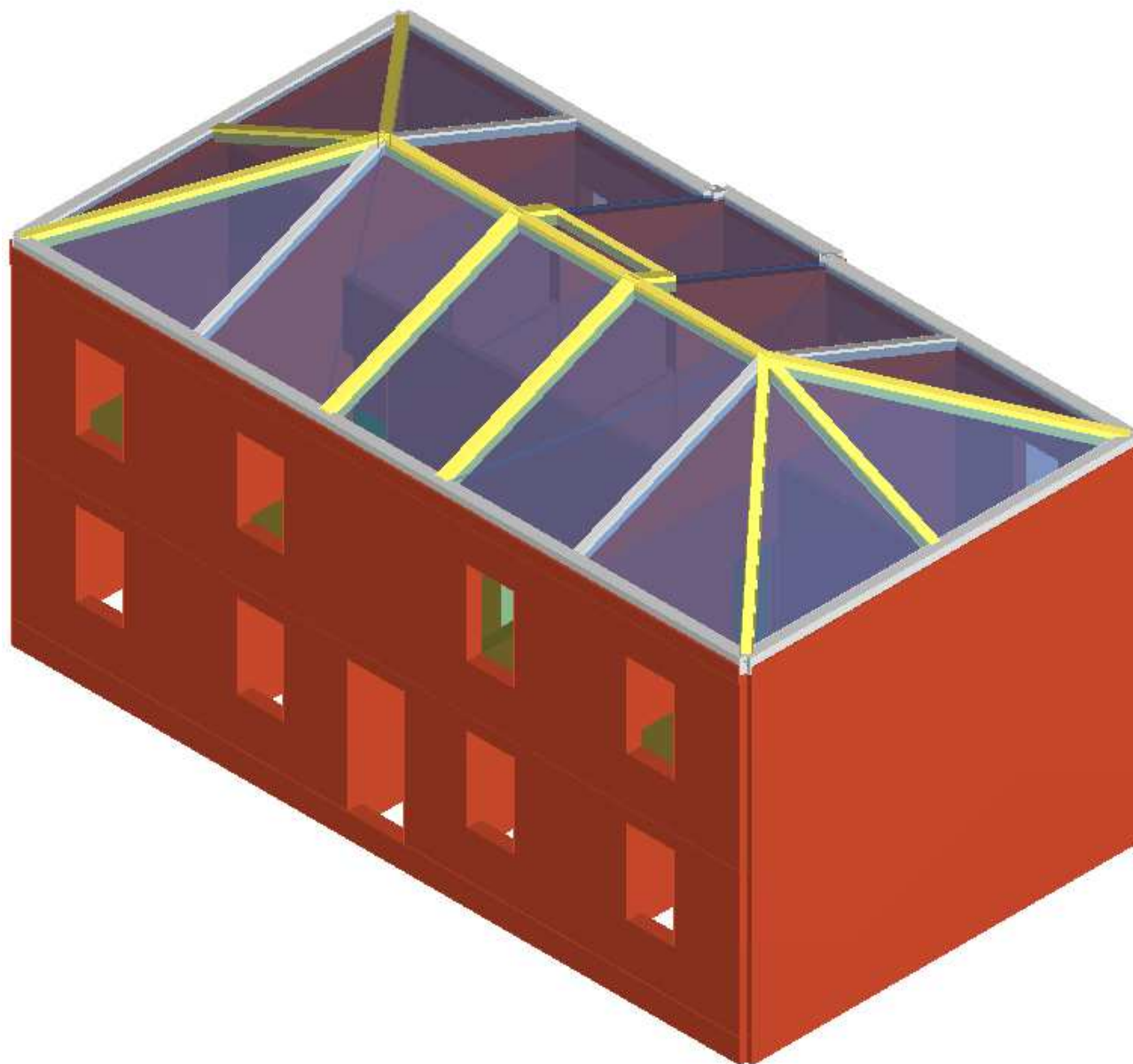
Verifica NON SODDISFATTA

ALLEGATO C

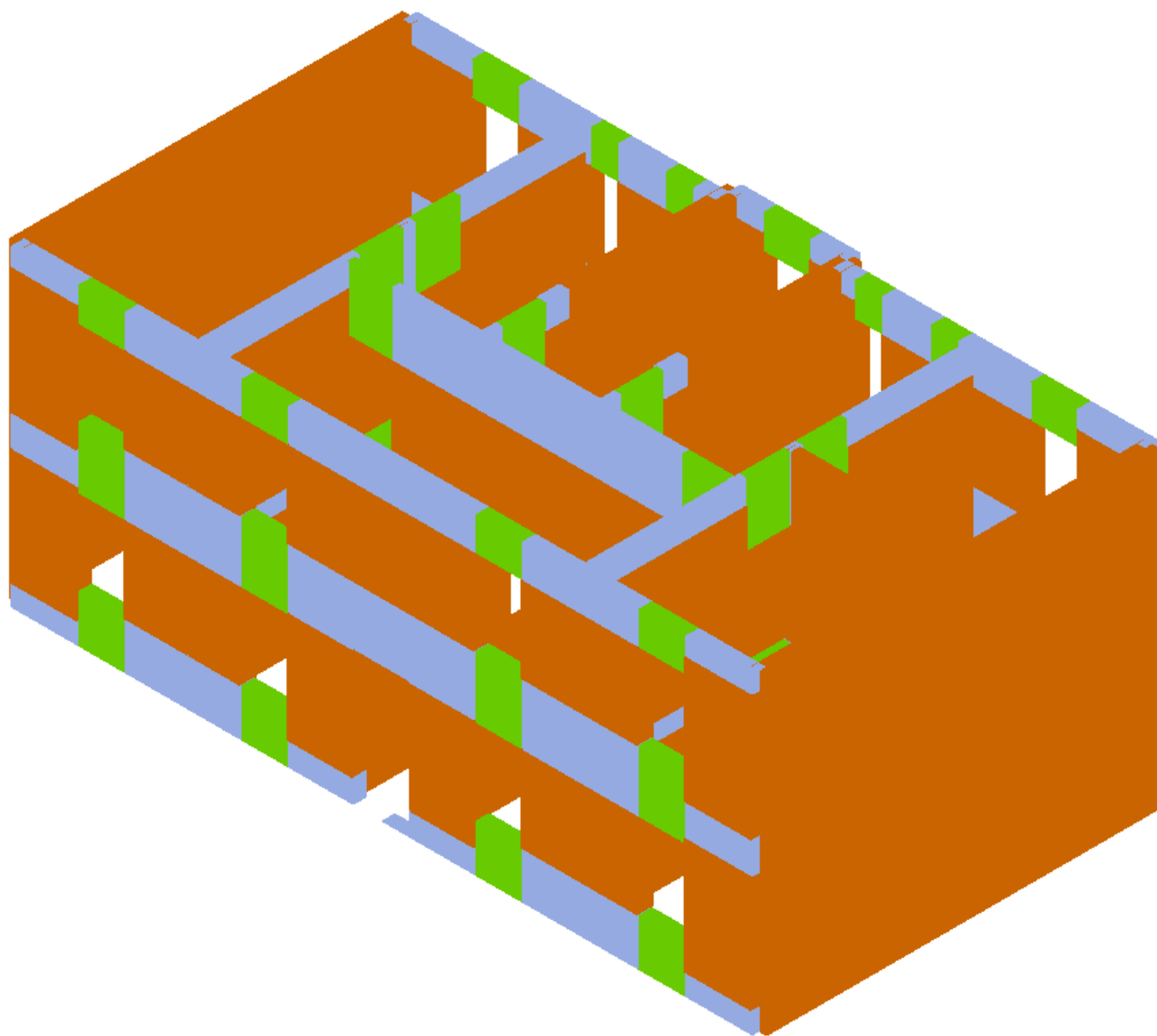
STATO DI FATTO – VERIFICA GLOBALE TABULATI – PALAZZINA B

Descrizione Generale

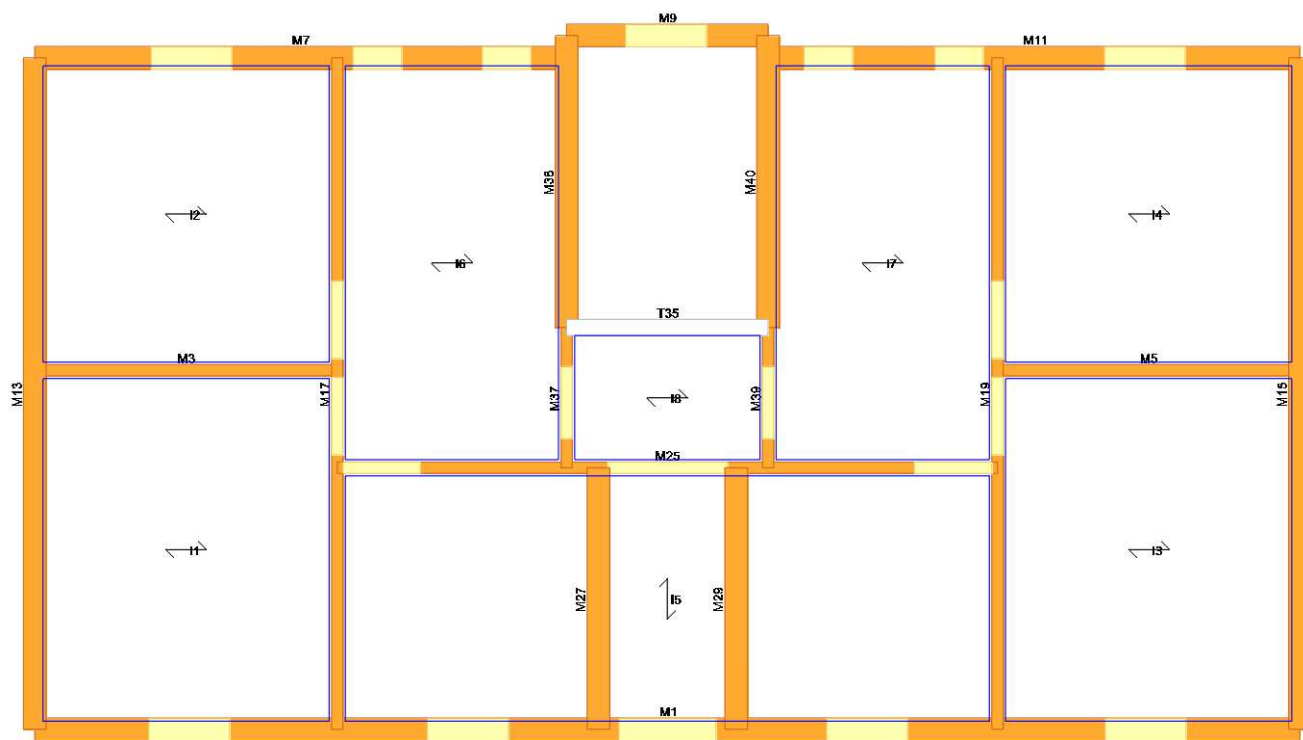
Immagini del modello



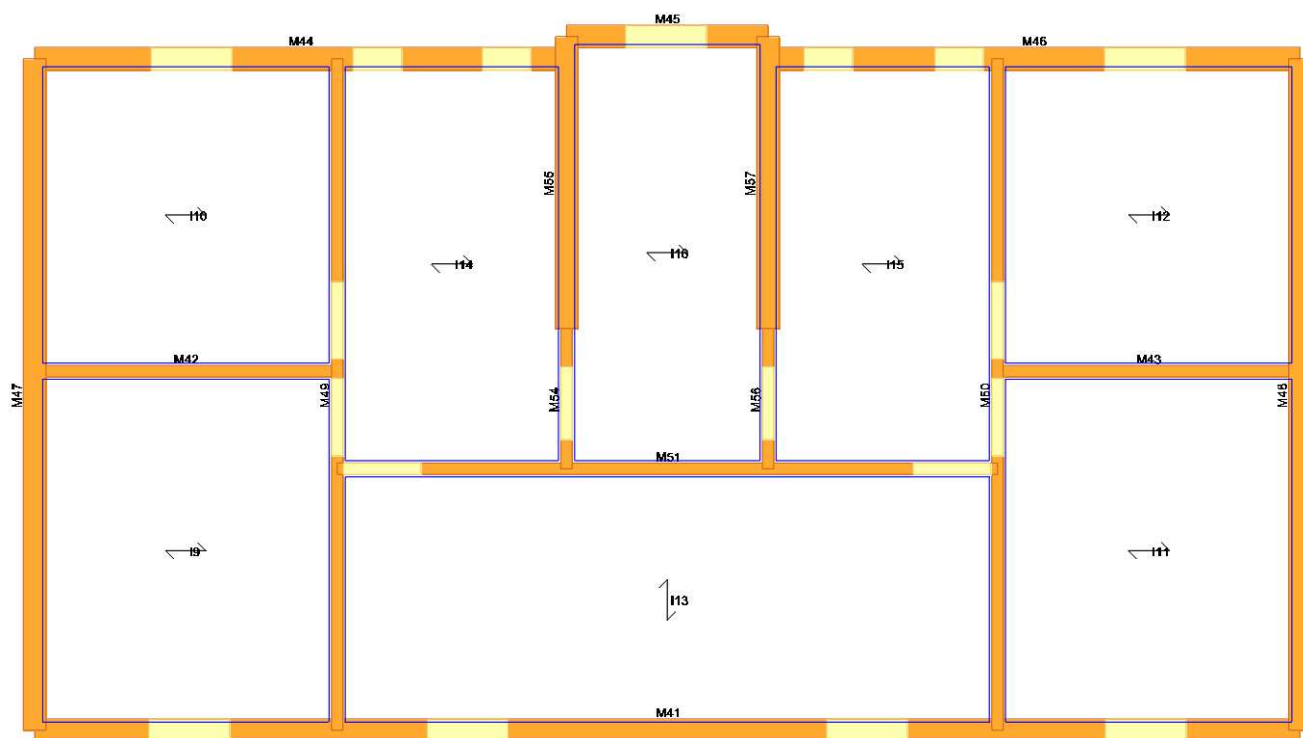
modello 3d



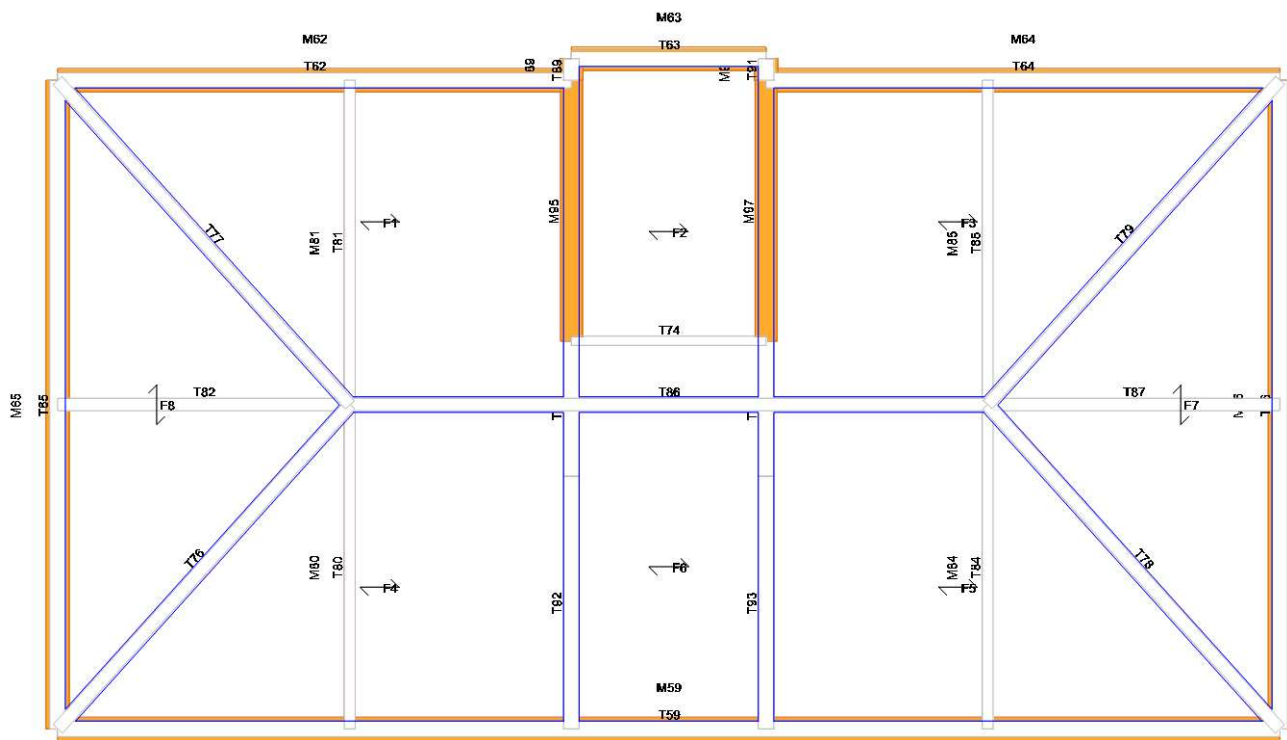
modello 3d_elementi



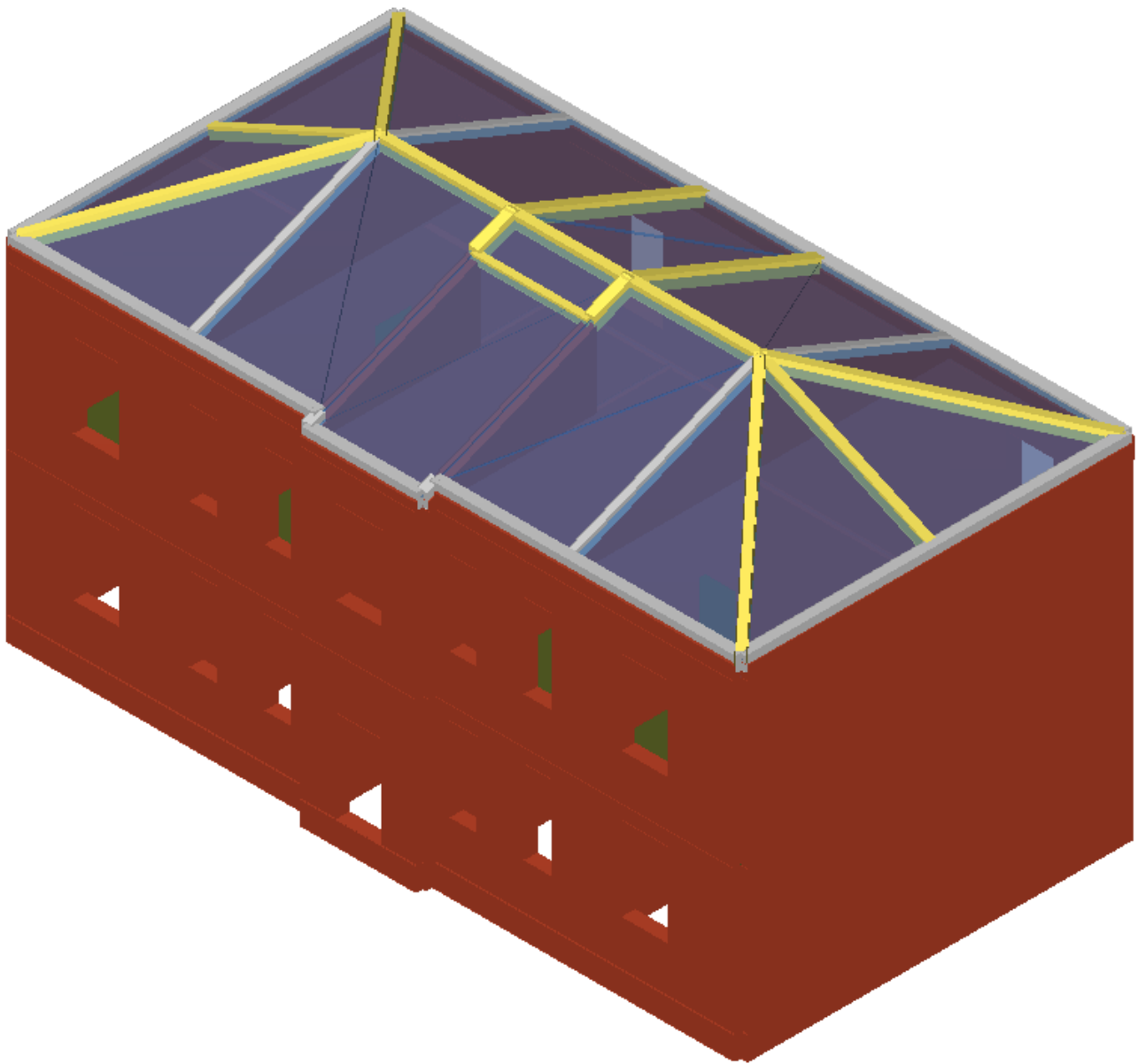
Vista pianta livello 1



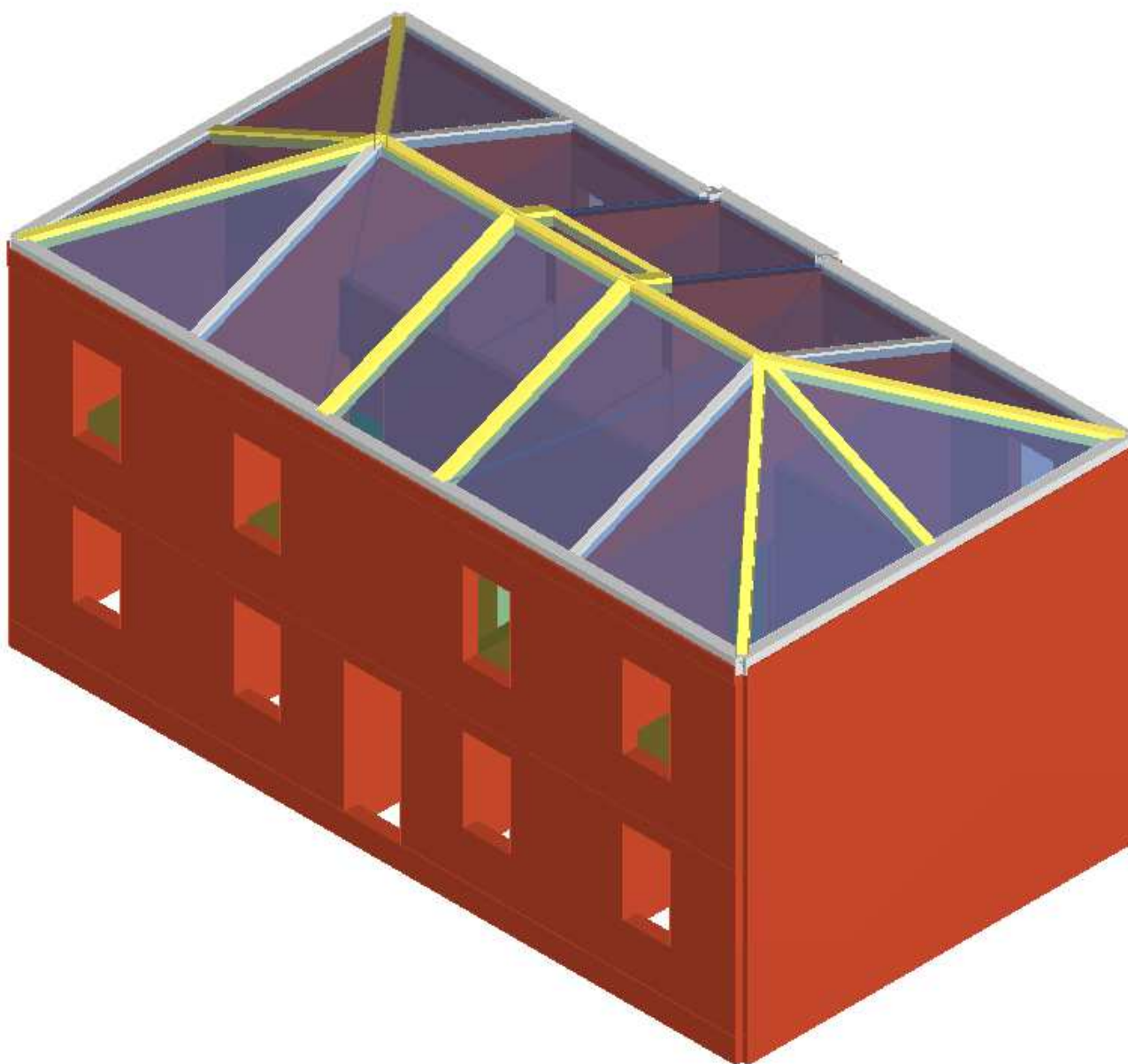
Vista pianta livello 2



Vista pianta livello 2 tetto



Vista 3D (1)



Vista 3D (2)

Norme di riferimento

Sono stati recepiti, per le analisi di cui in seguito, i principi e le regole riportate nelle normative seguenti:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le Costruzioni"

Descrizione del modello

Materiali

Muratura

Nome	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _m [N/cm ²]	τ f _{vm0} [N/cm ²]
Muratura	1 500,00	500,00	18	177,78	4,44

Calcestruzzo

Nome	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _{cm} [N/mm ²]	f _{ck} [N/mm ²]
C20/25	29 962,00	12 484,00	25	28,0	20,00
C25/30	31 476,00	13 115,00	25	33,0	25,00

Acciaio armatura

Nome	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _{ym} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]
B450	206 000,00	79 231,00	79	484,0	450,00

Legno

Nome	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _{wm} [N/mm ²]	f _{wk} [N/mm ²]
ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	12 000,00	750,00	4	41,0	29,00

Geometria del modello

La modellazione dell'edificio viene realizzata mediante l'inserimento di pareti che vengono discretizzate in macroelementi, rappresentativi di maschi murari e fasce di piano deformabili; i nodi rigidi sono indicati nelle porzioni di muratura che tipicamente sono meno soggette al danneggiamento sismico. Solitamente i maschi e le fasce sono contigui alle aperture, i nodi rigidi rappresentano elementi di collegamento tra maschi e fasce. La concezione matematica che si nasconde nell'impiego di tale elemento, permette di riconoscere il meccanismo di danno, a taglio nella sua parte centrale o a pressoflessione sui bordi dell'elemento in modo da percepire la dinamica del danneggiamento così come si presenta effettivamente nella realtà.

I nodi del modello, sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete). Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete.

Gli orizzontamenti, sono modellati con elementi solaio a tre nodi connessi ai nodi tridimensionali, sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi accidentali e permanenti; le azioni sismiche caricano il solaio lungo la direzione del piano medio. Per questo l'elemento finito solaio viene definito con una rigidità assiale, ma nessuna rigidità flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

Elementi di struttura

Livello 1

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
1	1	Muratura	-	310	310	28,0
3	2	Muratura	-	310	310	14,0
5	3	Muratura	-	310	310	14,0
7	4	Muratura	-	310	310	28,0
9	5	Muratura	-	310	310	28,0
11	6	Muratura	-	310	310	28,0
13	7	Muratura	-	310	310	28,0
15	8	Muratura	-	310	310	28,0
17	9	Muratura	-	310	310	14,0
19	10	Muratura	-	310	310	14,0
25	13	Muratura	-	310	310	14,0
27	14	Muratura	-	310	310	28,0
29	15	Muratura	-	310	310	28,0
37	16	Muratura	-	310	310	14,0
38	16	Muratura	-	310	310	28,0
39	17	Muratura	-	310	310	14,0
40	17	Muratura	-	310	310	28,0

Trave C.A. (1)

N.	Parete	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	J [cm4]
35	18	C20/25	B450	310	310	20,0	20,0	13 333,33

Trave C.A. (2)

N.	Parete	Af intradosso [cm2]	Af estradosso [cm2]	N. barre intradosso	N. barre estradosso	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm2]
35	18	3,08	3,08	2	2	2,0	20	5,65

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
1	310	4,0	1 000,00	18 750,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
2	310	4,0	1 000,00	18 750,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
3	310	4,0	1 000,00	18 750,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
4	310	4,0	1 000,00	18 750,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
5	310	4,0	1 000,00	18 750,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
6	310	4,0	1 000,00	18 750,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
7	310	4,0	1 000,00	18 750,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
8	310	4,0	1 000,00	18 750,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento

Livello 2

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota	Altezza	Spessore
----	--------	-----------	----------	-------	---------	----------

				[cm]	[cm]	[cm]
41	1	Muratura	-	660	350	28,0
42	2	Muratura	-	660	350	14,0
43	3	Muratura	-	660	350	14,0
44	4	Muratura	-	660	350	28,0
45	5	Muratura	-	660	350	28,0
46	6	Muratura	-	660	350	28,0
47	7	Muratura	-	660	350	28,0
48	8	Muratura	-	660	350	28,0
49	9	Muratura	-	660	350	14,0
50	10	Muratura	-	660	350	14,0
51	13	Muratura	-	660	350	14,0
54	16	Muratura	-	660	350	14,0
55	16	Muratura	-	660	350	28,0
95	16	Muratura	-	660	350	28,0
56	17	Muratura	-	660	350	14,0
57	17	Muratura	-	660	350	28,0
97	17	Muratura	-	660	350	28,0

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
9	660	5,0	720,00	4 454,40	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
10	660	5,0	720,00	4 454,40	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
11	660	5,0	720,00	4 454,40	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
12	660	5,0	720,00	4 454,40	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
13	660	5,0	720,00	4 454,40	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
14	660	5,0	720,00	4 454,40	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
15	660	5,0	720,00	4 454,40	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
16	660	5,0	720,00	4 454,40	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio

Elementi di copertura

Livello 2

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]
41	1	Muratura	-	28,0
42	2	Muratura	-	14,0
43	3	Muratura	-	14,0
44	4	Muratura	-	28,0
45	5	Muratura	-	28,0
46	6	Muratura	-	28,0
47	7	Muratura	-	28,0

48	8	Muratura	-	28,0
49	9	Muratura	-	14,0
50	10	Muratura	-	14,0
51	13	Muratura	-	14,0
54	16	Muratura	-	14,0
55	16	Muratura	-	28,0
95	16	Muratura	-	28,0
56	17	Muratura	-	14,0
57	17	Muratura	-	28,0
97	17	Muratura	-	28,0

Pannello + Cordolo C.A. (1)

N.	Parete	Materiale pannello	Rinforzo	Spessore [cm]	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]
59	1	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
62	4	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
63	5	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
64	6	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
65	7	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
66	8	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
80	9	Muratura	-	14,0	C25/30	B450	14,0	20,0
81	9	Muratura	-	14,0	C25/30	B450	14,0	20,0
84	10	Muratura	-	14,0	C25/30	B450	14,0	20,0
85	10	Muratura	-	14,0	C25/30	B450	14,0	20,0
89	16	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
91	17	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0

Pannello + Cordolo C.A. (2)

N.	Parete	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	Af intrad. [cm ²]	Af estrad. [cm ²]	N. barre intrad.	N. barre Estrad.	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm ²]	Porzione deformabile
59	1	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
62	4	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
63	5	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
64	6	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
65	7	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
66	8	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
80	9	280,00	9 333,33	3,08	3,08	2	2	2,0	20	10,05	0,50
81	9	280,00	9 333,33	3,08	3,08	2	2	2,0	20	10,05	0,50
84	10	280,00	9 333,33	3,08	3,08	2	2	2,0	20	10,05	0,50
85	10	280,00	9 333,33	3,08	3,08	2	2	2,0	20	10,05	0,50
89	16	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
91	17	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50

Trave Acciaio / Legno

N.	Parete	Materiale	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	W plastico [cm ³]
94	16	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	560,00	36 586,67	2 613,33
96	17	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	560,00	36 586,67	2 613,33
74	18	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	192,00	4 096,00	512,00
82	19	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	384,00	18 432,00	1 536,00
86	19	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	384,00	18 432,00	1 536,00
87	19	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	384,00	18 432,00	1 536,00

76	20	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	448,00	29 269,33	2 090,67
77	21	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	448,00	29 269,33	2 090,67
78	22	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	448,00	29 269,33	2 090,67
79	23	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	448,00	29 269,33	2 090,67
92	24	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	560,00	36 586,67	2 613,33
93	25	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	560,00	36 586,67	2 613,33

Falda

N.	Quota min [cm]	Quota max [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
1	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
2	679	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
3	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
4	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
5	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
6	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
7	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
8	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio

Telaio equivalente

Parete : 1

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-585	-88	0	0
37	-210	-88	0	0
55	113	-88	0	0
59	284	-88	0	0
43	607	-88	0	0
4	982	-88	0	0
2	-585	-88	310	1
38	-210	-88	310	1
56	113	-88	310	1
60	284	-88	310	1
44	607	-88	310	1
5	982	-88	310	1
3	-585	-88	660	2
39	-210	-88	660	2
45	607	-88	660	2
6	982	-88	660	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
------	---------------	--------	---------

73	783	660	2
----	-----	-----	---

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
15	Muratura	-	28,0	137,3	232,5	655	166	55	56
16	Muratura	-	28,0	137,3	232,5	912	166	59	60
13	Muratura	-	28,0	141,0	245,0	71	168	1	2
18	Muratura	-	28,0	141,0	245,0	1 496	168	4	5
14	Muratura	-	28,0	245,0	180,0	364	190	37	38
17	Muratura	-	28,0	245,0	180,0	1 203	190	43	44
19	Muratura	-	28,0	141,0	265,0	71	490	2	3
23	Muratura	-	28,0	141,0	265,0	1 496	490	5	6
20	Muratura	-	28,0	245,0	180,0	364	500	38	39
21	Muratura	-	28,0	394,5	180,0	783	500	60	73
22	Muratura	-	28,0	245,0	180,0	1 203	500	44	45

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
1	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	191	50	1	37
3	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	536	50	37	55
5	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	1 031	50	59	43
7	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	1 376	50	43	4
2	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	191	345	2	38
4	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	536	345	38	56
6	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	1 031	345	60	44
8	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	1 376	345	44	5
9	Muratura	-	28,0	100,0	70,0	191	625	3	39
10	Muratura	-	28,0	100,0	70,0	536	625	39	73
11	Muratura	-	28,0	100,0	70,0	1 031	625	73	45
12	Muratura	-	28,0	100,0	70,0	1 376	625	45	6

Parete : 2

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
7	-585	355	0	0
10	-210	355	0	0
8	-585	355	310	1
11	-210	355	310	1
9	-585	355	660	2
12	-210	355	660	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
74	187	0	0
75	187	310	1
76	187	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore	Base	Altezza	Baricentro X	Baricentro Z	Nodo	Nodo
----	-----------	----------	----------	------	---------	--------------	--------------	------	------

			[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	sopra	sotto
24	Muratura	-	14,0	374,5	310,0	187	155	74	75
25	Muratura	-	14,0	374,5	350,0	187	485	75	76

Parete : 3

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
13	607	355	0	0
16	982	355	0	0
14	607	355	310	1
17	982	355	310	1
15	607	355	660	2
18	982	355	660	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
77	187	0	0
78	187	310	1
79	187	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
26	Muratura	-	14,0	374,5	310,0	187	155	77	78
27	Muratura	-	14,0	374,5	350,0	187	485	78	79

Parete : 4

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
19	-585	741	0	0
40	-210	741	0	0
22	74	741	0	0
20	-585	741	310	1
41	-210	741	310	1
23	74	741	310	1
21	-585	741	660	2
42	-210	741	660	2
24	74	741	660	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
80	504	0	0
81	504	310	1
82	504	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
37	Muratura	-	28,0	144,0	245,0	72	168	19	20
40	Muratura	-	28,0	44,5	245,0	636	168	22	23

38	Muratura	-	28,0	150,0	180,0	319	190	40	41
39	Muratura	-	28,0	100,0	180,0	504	190	80	81
41	Muratura	-	28,0	144,0	265,0	72	490	20	21
44	Muratura	-	28,0	44,5	265,0	636	490	23	24
42	Muratura	-	28,0	150,0	180,0	319	500	41	42
43	Muratura	-	28,0	100,0	180,0	504	500	81	82

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
28	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	194	50	19	40
30	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	424	50	40	80
32	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	584	50	80	22
29	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	194	345	20	41
31	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	424	345	41	81
33	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	584	345	81	23
34	Muratura	-	28,0	100,0	70,0	194	625	21	42
35	Muratura	-	28,0	60,0	70,0	424	625	42	82
36	Muratura	-	28,0	60,0	70,0	584	625	82	24

Parete : 5

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
25	74	769	0	0
28	323	769	0	0
26	74	769	310	1
29	323	769	310	1
27	74	769	660	2
30	323	769	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
47	Muratura	-	28,0	73,0	266,9	37	133	25	26
48	Muratura	-	28,0	76,5	266,9	211	133	28	29
49	Muratura	-	28,0	73,0	265,0	37	490	26	27
50	Muratura	-	28,0	76,5	265,0	211	490	29	30

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
45	Muratura	-	28,0	100,0	210,0	123	305	26	29
46	Muratura	-	28,0	100,0	70,0	123	625	27	30

Parete : 6

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
31	323	741	0	0
46	607	741	0	0
34	982	741	0	0
32	323	741	310	1

47	607	741	310	1
35	982	741	310	1
33	323	741	660	2
48	607	741	660	2
36	982	741	660	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
83	155	0	0
84	155	310	1
85	155	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
60	Muratura	-	28,0	44,5	245,0	22	168	31	32
63	Muratura	-	28,0	142,0	245,0	588	168	34	35
61	Muratura	-	28,0	102,0	180,0	156	190	83	84
62	Muratura	-	28,0	150,0	180,0	342	190	46	47
64	Muratura	-	28,0	44,5	265,0	22	490	32	33
67	Muratura	-	28,0	142,0	265,0	588	490	35	36
65	Muratura	-	28,0	102,0	180,0	156	500	84	85
66	Muratura	-	28,0	150,0	180,0	342	500	47	48

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
51	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	75	50	31	83
53	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	237	50	83	46
55	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	467	50	46	34
52	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	75	345	32	84
54	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	237	345	84	47
56	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	467	345	47	35
57	Muratura	-	28,0	60,0	70,0	75	625	33	85
58	Muratura	-	28,0	60,0	70,0	237	625	85	48
59	Muratura	-	28,0	100,0	70,0	467	625	48	36

Parete : 7

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-585	-88	0	0
7	-585	355	0	0
19	-585	741	0	0
2	-585	-88	310	1
8	-585	355	310	1
20	-585	741	310	1
3	-585	-88	660	2
9	-585	355	660	2
21	-585	741	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
68	Muratura	-	28,0	829,5	310,0	415	155	7	8
69	Muratura	-	28,0	829,5	350,0	415	485	8	9

Parete : 8

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
4	982	-88	0	0
16	982	355	0	0
34	982	741	0	0
5	982	-88	310	1
17	982	355	310	1
35	982	741	310	1
6	982	-88	660	2
18	982	355	660	2
36	982	741	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
70	Muratura	-	28,0	829,5	310,0	415	155	16	17
71	Muratura	-	28,0	829,5	350,0	415	485	17	18

Parete : 9

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
37	-210	-88	0	0
49	-210	235	0	0
10	-210	355	0	0
40	-210	741	0	0
38	-210	-88	310	1
50	-210	235	310	1
11	-210	355	310	1
41	-210	741	310	1
39	-210	-88	660	2
51	-210	235	660	2
12	-210	355	660	2
42	-210	741	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
77	Muratura	-	14,0	23,5	215,0	447	108	10	11
76	Muratura	-	14,0	339,0	271,1	170	136	49	50
78	Muratura	-	14,0	275,0	271,1	692	136	40	41
80	Muratura	-	14,0	23,5	215,0	447	418	11	12
79	Muratura	-	14,0	339,0	298,6	170	459	50	51
81	Muratura	-	14,0	275,0	298,6	692	459	41	42

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
72	Muratura	-	14,0	96,0	95,0	387	263	50	11
73	Muratura	-	14,0	96,0	95,0	507	263	11	41
74	Muratura	-	14,0	96,0	135,0	387	593	51	12
75	Muratura	-	14,0	96,0	135,0	507	593	12	42

Parete : 10

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
43	607	-88	0	0
52	607	235	0	0
13	607	355	0	0
46	607	741	0	0
44	607	-88	310	1
53	607	235	310	1
14	607	355	310	1
47	607	741	310	1
45	607	-88	660	2
54	607	235	660	2
15	607	355	660	2
48	607	741	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
87	Muratura	-	14,0	23,5	215,0	447	108	13	14
86	Muratura	-	14,0	339,0	271,1	170	136	52	53
88	Muratura	-	14,0	275,0	271,1	692	136	46	47
90	Muratura	-	14,0	23,5	215,0	447	418	14	15
89	Muratura	-	14,0	339,0	298,6	170	459	53	54
91	Muratura	-	14,0	275,0	298,6	692	459	47	48

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
82	Muratura	-	14,0	96,0	95,0	387	263	53	14
83	Muratura	-	14,0	96,0	95,0	507	263	14	47
84	Muratura	-	14,0	96,0	135,0	387	593	54	15
85	Muratura	-	14,0	96,0	135,0	507	593	15	48

Parete : 11

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
49	-210	235	0	0
63	74	235	0	0
57	113	235	0	0
61	284	235	0	0
66	323	235	0	0

52	607	235	0	0
50	-210	235	310	1
64	74	235	310	1
58	113	235	310	1
62	284	235	310	1
67	323	235	310	1
53	607	235	310	1
51	-210	235	660	2
65	74	235	660	2
68	323	235	660	2
54	607	235	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
97	Muratura	-	14,0	231,8	252,5	219	126	63	64
98	Muratura	-	14,0	231,8	252,5	599	126	66	67
96	Muratura	-	14,0	6,9	271,1	3	136	49	50
99	Muratura	-	14,0	6,9	271,1	814	136	52	53
101	Muratura	-	14,0	609,5	215,0	408	418	58	65
100	Muratura	-	14,0	7,5	298,6	4	459	50	51
102	Muratura	-	14,0	8,5	298,6	813	459	53	54

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
92	Muratura	-	14,0	96,0	95,0	55	263	50	64
93	Muratura	-	14,0	96,0	95,0	762	263	67	53
94	Muratura	-	14,0	96,0	135,0	56	593	51	65
95	Muratura	-	14,0	96,0	135,0	761	593	68	54

Parete : 12

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
55	113	-88	0	0
57	113	235	0	0
56	113	-88	310	1
58	113	235	310	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
86	162	0	0
87	162	310	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
103	Muratura	-	28,0	323,0	310,0	162	155	86	87

Parete : 13

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
59	284	-88	0	0
61	284	235	0	0
60	284	-88	310	1
62	284	235	310	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
88	162	0	0
89	162	310	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
104	Muratura	-	28,0	323,0	310,0	162	155	88	89

Parete : 14

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
63	74	235	0	0
69	74	408	0	0
22	74	741	0	0
25	74	769	0	0
64	74	235	310	1
70	74	408	310	1
23	74	741	310	1
26	74	769	310	1
65	74	235	660	2
24	74	741	660	2
27	74	769	660	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
90	173	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
109	Muratura	-	14,0	36,0	271,1	18	136	63	64
110	Muratura	-	14,0	47,3	271,1	150	136	69	70
107	Muratura	-	28,0	360,7	310,0	354	155	22	23
111	Muratura	-	14,0	36,0	298,6	18	459	64	65
112	Muratura	-	14,0	47,3	298,6	150	459	70	90
108	Muratura	-	28,0	360,7	350,0	354	485	23	24

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
105	Muratura	-	14,0	90,0	95,0	81	263	64	70
106	Muratura	-	14,0	90,0	135,0	81	593	65	90

Parete : 15

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
66	323	235	0	0
71	323	408	0	0
31	323	741	0	0
28	323	769	0	0
67	323	235	310	1
72	323	408	310	1
32	323	741	310	1
29	323	769	310	1
68	323	235	660	2
33	323	741	660	2
30	323	769	660	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
91	173	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
117	Muratura	-	14,0	36,0	271,1	18	136	66	67
118	Muratura	-	14,0	47,3	271,1	150	136	71	72
115	Muratura	-	28,0	360,7	310,0	354	155	31	32
119	Muratura	-	14,0	36,0	298,6	18	459	67	68
120	Muratura	-	14,0	47,3	298,6	150	459	72	91
116	Muratura	-	28,0	360,7	350,0	354	485	32	33

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
113	Muratura	-	14,0	90,0	95,0	81	263	67	72
114	Muratura	-	14,0	90,0	135,0	81	593	68	91

Parete : 16

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
69	74	408	0	0
71	323	408	0	0
70	74	408	310	1
72	323	408	310	1

(*) Elementi di copertura

Carichi

Carico Sismico:

Le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e allo stato limite di esercizio (SLD; SLO); devono essere effettuate per la seguente combinazione [Norme Tecniche 2018 §2.5.3].

$$E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

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

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

Carico Statico:

La verifica allo stato limite ultimo per carichi statici viene condotta con la seguente combinazione dei carichi.

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite in esame;
- G_{k1} peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_{k2} peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- Q_{ki} valore caratteristico della azione variabile;
- Ψ_2 coefficiente di combinazione;
- Ψ_0 coefficiente di combinazione per i carichi variabili
- γ_{G1} ; γ_{G2} ; γ_Q : coefficienti parziali di sicurezza

I valori dei vari coefficienti sono scelti in base alla destinazione d'uso dei vari solai secondo quanto indicato nella norma. [Norme Tecniche 2018 Tabella 2.5.1].

Note

CDM : Considera solo contributo dinamico della massa

N. Solaio	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Copertura	ψ_0	ψ_2
1	250	200	200	No	0,70	0,30
2	250	200	200	No	0,70	0,30
3	250	200	200	No	0,70	0,30
4	250	200	200	No	0,70	0,30
5	250	200	200	No	0,70	0,30
6	250	200	200	No	0,70	0,30
7	250	200	200	No	0,70	0,30
8	250	200	200	No	0,70	0,30
9	80	20	150	No	0,00	0,00
10	80	20	150	No	0,00	0,00
11	80	20	150	No	0,00	0,00
12	80	20	150	No	0,00	0,00
13	80	20	150	No	0,00	0,00
14	80	20	150	No	0,00	0,00
15	80	20	150	No	0,00	0,00
16	80	20	150	No	0,00	0,00

N. Falda	Gk1	Gk2	Qk	Copertura	ψ_0	ψ_2
----------	-----	-----	----	-----------	----------	----------

	[daN/m ²]	[daN/m ²]	[daN/m ²]			
1	100	160	100	Si	0,00	0,00
2	100	160	100	Si	0,00	0,00
3	100	160	100	Si	0,00	0,00
4	100	160	100	Si	0,00	0,00
5	100	160	100	Si	0,00	0,00
6	100	160	100	Si	0,00	0,00
7	100	160	100	Si	0,00	0,00
8	100	160	100	Si	0,00	0,00

Spettro da normativa

Gli spettri di risposta, sono definiti in funzione del reticolo di riferimento definito nella "Tabella 1" (parametri spettrali) in allegato alle Norme Tecniche.

Tale tabella fornisce, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine), i parametri necessari a tracciare lo spettro. I parametri forniti dal reticolo di riferimento sono:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

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.

La trilogia di valori qui descritta, è definita per un periodo di ritorno assegnato (TR), definito in base alla probabilità di superamento di ciascuno degli stati limite.

Tali valori, saranno pertanto definiti per ciascuno degli stati limite esaminati (vedere tabella).

Lo spettro sismico dipende anche dalla "Classe del suolo" e dalla "categoria topografica" (vedere tabella).

	SLC	SLV	SLD	SLO
A_g [m/s ²]	1,69	1,26	0,44	0,36
F_0	2,56	2,60	2,51	2,55
T^*_C [s]	0,28	0,27	0,28	0,25
Tr	975,00	475,00	50,00	30,00

	SLC	SLV	SLD	SLO
S_s	1,43	1,50	1,50	1,50
T_b [s]	0,15	0,15	0,15	0,14
T_c [s]	0,45	0,44	0,45	0,41
T_d [s]	2,29	2,12	1,78	1,74

Analisi incrementale a collasso (pushover)

Descrizione analisi pushover

Al fine di eseguire le dovute verifiche nei riguardi dell'edificio in questione, si è deciso di procedere con l'esecuzione di una analisi statica non lineare.

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per le diverse condizioni previste e la domanda di spostamento prevista dalla normativa.

La curva di capacità è individuata mediante un diagramma spostamento-taglio massimo alla base.

Secondo le prescrizioni da normativa, le condizioni di carico da esaminare devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

- distribuzione proporzionale alle Forze statiche (Gruppo 1)
- distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione (Gruppo 2);

L'analisi, eseguita in controllo di spostamento, procede al calcolo della distribuzione di forze che genera il valore dello spostamento richiesto. L'analisi viene fatta continuare fino a che non si verifica il decadimento del taglio al 80% dal suo valore di picco. Si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze. Questo valore di spostamento costituisce il valore ultimo dell'edificio.

Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità è quello di un punto dell'edificio detto nodo di controllo.

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF). Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente.

La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa.

La normativa definisce una eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma.

In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

- Carico sismico: Individua quale delle due tipologie di distribuzioni (proporzionale alle masse o al primo modo) prendere in esame.
- Direzione: Individua la direzione lungo cui viene caricata la struttura (X o Y del sistema globale) dal carico sismico.

Al fine di individuare la condizione di carico sismico più gravosa, si è deciso di eseguire le analisi distinte per tipologia di carico, direzione del sisma e di eventuali eccentricità accidentali.

N.	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Eccentricità [cm]	Livello	Nodo
1	+X	Uniforme	0,0	2	51
2	+X	Forze statiche	0,0	2	51
3	-X	Uniforme	0,0	2	51
4	-X	Forze statiche	0,0	2	51
5	+Y	Uniforme	0,0	2	51
6	+Y	Forze statiche	0,0	2	51
7	-Y	Uniforme	0,0	2	51
8	-Y	Forze statiche	0,0	2	51
9	+X	Uniforme	42,8	2	51
10	+X	Uniforme	-42,8	2	51
11	+X	Forze statiche	42,8	2	51
12	+X	Forze statiche	-42,8	2	51
13	-X	Uniforme	42,8	2	51
14	-X	Uniforme	-42,8	2	51
15	-X	Forze statiche	42,8	2	51
16	-X	Forze statiche	-42,8	2	51
17	+Y	Uniforme	78,3	2	51
18	+Y	Uniforme	-78,3	2	51
19	+Y	Forze statiche	78,3	2	51
20	+Y	Forze statiche	-78,3	2	51
21	-Y	Uniforme	78,3	2	51
22	-Y	Uniforme	-78,3	2	51
23	-Y	Forze statiche	78,3	2	51
24	-Y	Forze statiche	-78,3	2	51

Risultati

Secondo le indicazioni da normativa si devono eseguire le seguenti verifiche:

Stato limite Collasso (SLC):

D_u^{SLC} : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente con il decadimento della curva Push-over a un valore pari al 80% di quello massimo.

Stato limite Vita (SLV):

$$D_{max}^{SLV} \leq D_u^{SLV}$$

D_{max}^{SLV} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u^{SLV} : Spostamento massimo offerto dalla struttura individuato in corrispondenza di $0,75 \cdot D_u^{SLC}$.

$$q^* < 3,0$$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite di Danno (SLD):

$$D_{max}^{SLD} \leq D_u^{SLD}$$

D_{max}^{SLD} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di danno.

D_u^{SLD} : Spostamento massimo corrispondente al valore che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0,0020).

Vulnerabilità sismica

Per ciascuno stato limite eseguito viene calcolato l'indice di rischio α (α_{SLC} , α_{SLV} , α_{SLD} , α_{SLO}). Questi parametri vengono calcolati come indicato nel seguito:

$$\alpha_{SLV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} ;$$

$$\alpha_{SLD} = \frac{PGA_{CLD}}{PGA_{DLD}} ;$$

Accelerazioni di capacità: l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere.

- PGA_{CLV} : accelerazione di capacità corrispondente a SLV
- PGA_{CLD} : accelerazione di capacità corrispondente a SLD

Accelerazioni di domanda : Valori di riferimento delle accelerazioni dell'azione sismica

Tali valori vengono definiti a partire dal carico sismico definito nella forma dello spettro.

#BSLC#

- PGA_{DLC} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLC #ESLC#
- PGA_{DLV} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLV

- PGA_{DLD} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLD

Dettaglio verifiche

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	Dmax SLC [cm]	Du SLC [cm]	SLC ver.	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	SLV ver.	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	SLD ver.
1	+X	Uniforme	0,0	1,31	1,06	No	0,32	1,01	Sì			
2	+X	Forze statiche	0,0	1,53	1,57	Sì	0,39	1,18	Sì			
3	-X	Uniforme	0,0	1,47	1,08	No	0,37	1,05	Sì			
4	-X	Forze statiche	0,0	1,67	1,69	Sì	0,44	1,20	Sì			
5	+Y	Uniforme	0,0	0,56	1,46	Sì	0,17	0,83	Sì			
6	+Y	Forze statiche	0,0	0,73	2,01	Sì	0,21	0,94	Sì			
7	-Y	Uniforme	0,0	0,57	1,45	Sì	0,18	1,05	Sì			
8	-Y	Forze statiche	0,0	0,92	2,92	Sì	0,25	1,58	Sì			
9	+X	Uniforme	42,8	1,33	1,07	No	0,33	1,02	Sì			
10	+X	Uniforme	-42,8	1,30	1,08	No	0,31	1,00	Sì			
11	+X	Forze statiche	42,8	1,56	1,62	Sì	0,40	1,20	Sì			
12	+X	Forze statiche	-42,8	1,51	1,53	Sì	0,38	1,17	Sì			
13	-X	Uniforme	42,8	1,48	1,12	No	0,38	1,05	Sì			
14	-X	Uniforme	-42,8	1,43	1,08	No	0,36	1,04	Sì			
15	-X	Forze statiche	42,8	1,76	1,59	No	0,47	1,21	Sì			
16	-X	Forze statiche	-42,8	1,64	1,47	No	0,43	1,19	Sì			
17	+Y	Uniforme	78,3	0,60	0,87	Sì	0,17	0,82	Sì			
18	+Y	Uniforme	-78,3	0,60	0,89	Sì	0,17	0,97	Sì			
19	+Y	Forze statiche	78,3	0,76	1,24	Sì	0,21	0,91	Sì			
20	+Y	Forze statiche	-78,3	0,77	1,15	Sì	0,21	1,06	Sì			
21	-Y	Uniforme	78,3	0,59	0,94	Sì	0,17	1,04	Sì			
22	-Y	Uniforme	-78,3	0,60	0,96	Sì	0,17	1,28	Sì			
23	-Y	Forze statiche	78,3	0,89	1,63	Sì	0,25	1,84	Sì			
24	-Y	Forze statiche	-78,3	0,90	1,50	Sì	0,25	1,31	Sì			

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	α SLV	α SLD
1	+X	Uniforme	0,0	0,852	2,415
2	+X	Forze statiche	0,0	1,023	2,383
3	-X	Uniforme	0,0	0,789	2,265
4	-X	Forze statiche	0,0	1,009	2,233
5	+Y	Uniforme	0,0	1,734	3,602

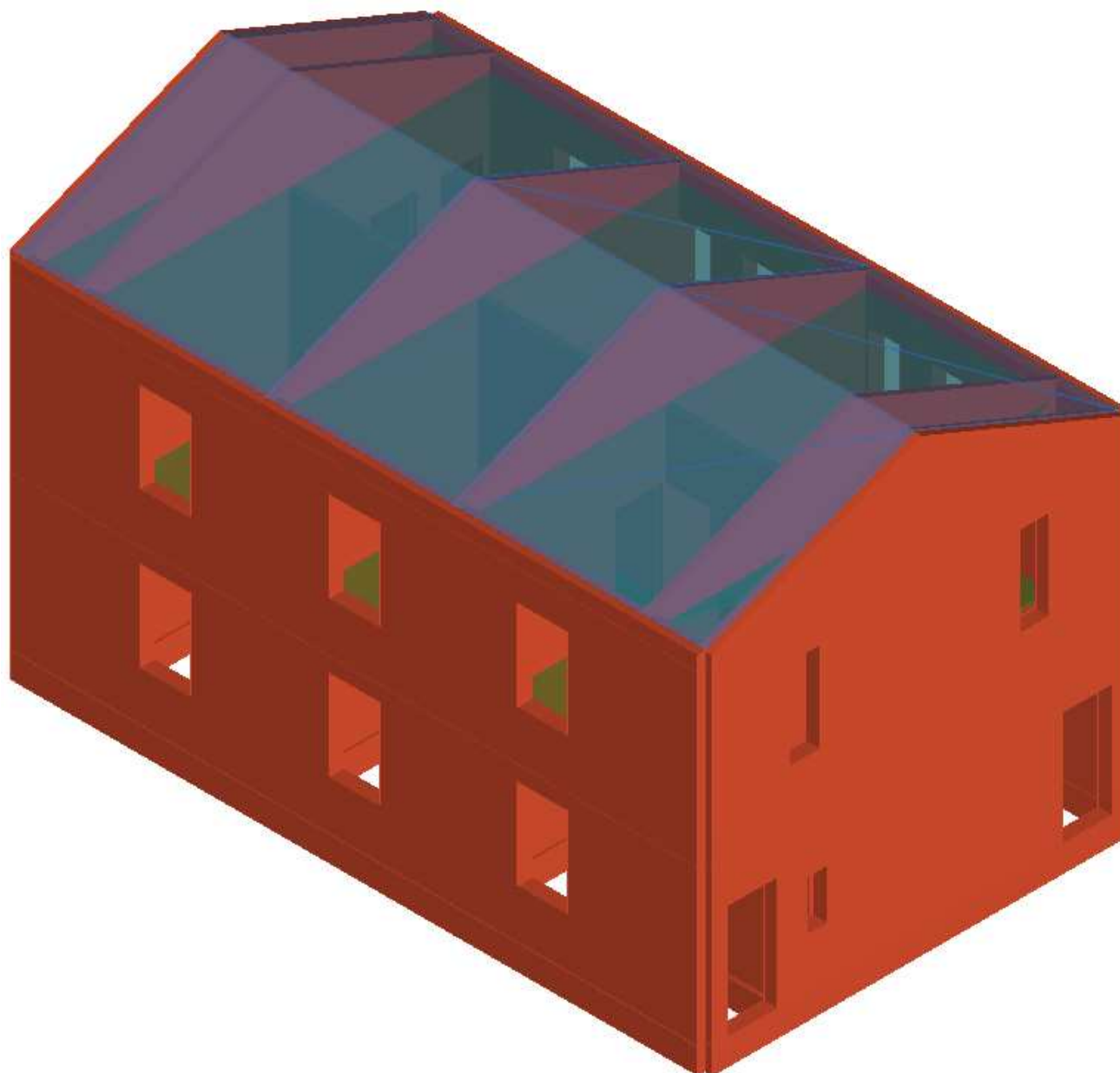
6	+Y	Forze statiche	0,0	1,948	3,414
7	-Y	Uniforme	0,0	1,705	4,064
8	-Y	Forze statiche	0,0	2,352	4,240
9	+X	Uniforme	42,8	0,847	2,401
10	+X	Uniforme	-42,8	0,866	2,412
11	+X	Forze statiche	42,8	1,031	2,360
12	+X	Forze statiche	-42,8	1,012	2,388
13	-X	Uniforme	42,8	0,803	2,254
14	-X	Uniforme	-42,8	0,801	2,298
15	-X	Forze statiche	42,8	0,918	2,153
16	-X	Forze statiche	-42,8	0,912	2,261
17	+Y	Uniforme	78,3	1,222	3,485
18	+Y	Uniforme	-78,3	1,236	3,838
19	+Y	Forze statiche	78,3	1,350	3,264
20	+Y	Forze statiche	-78,3	1,279	3,591
21	-Y	Uniforme	78,3	1,283	4,006
22	-Y	Uniforme	-78,3	1,291	4,550
23	-Y	Forze statiche	78,3	1,503	4,811
24	-Y	Forze statiche	-78,3	1,407	3,758

ALLEGATO D

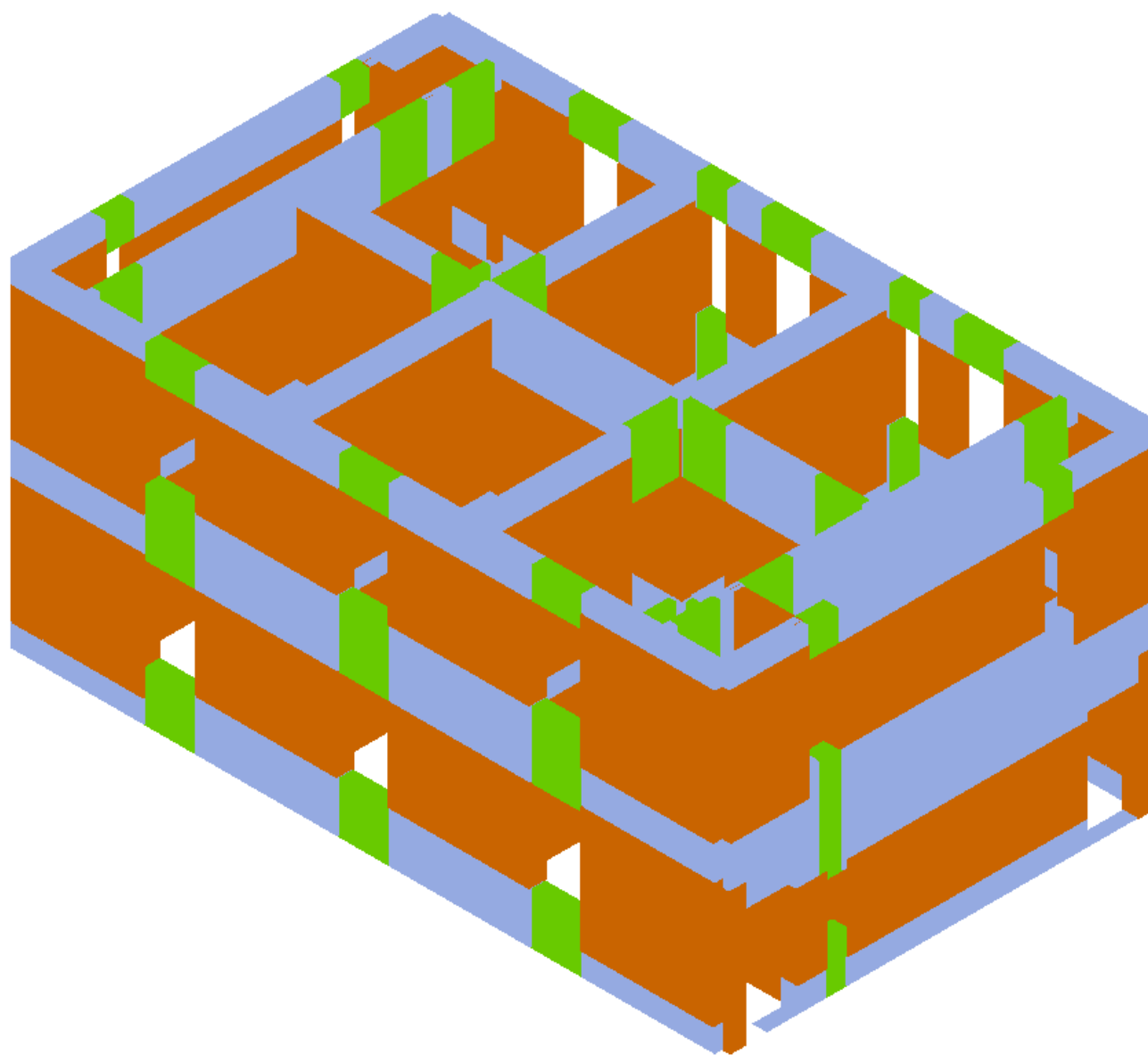
STATO DI FATTO – VERIFICA GLOBALE TABULATI – PALAZZINA C

Descrizione Generale

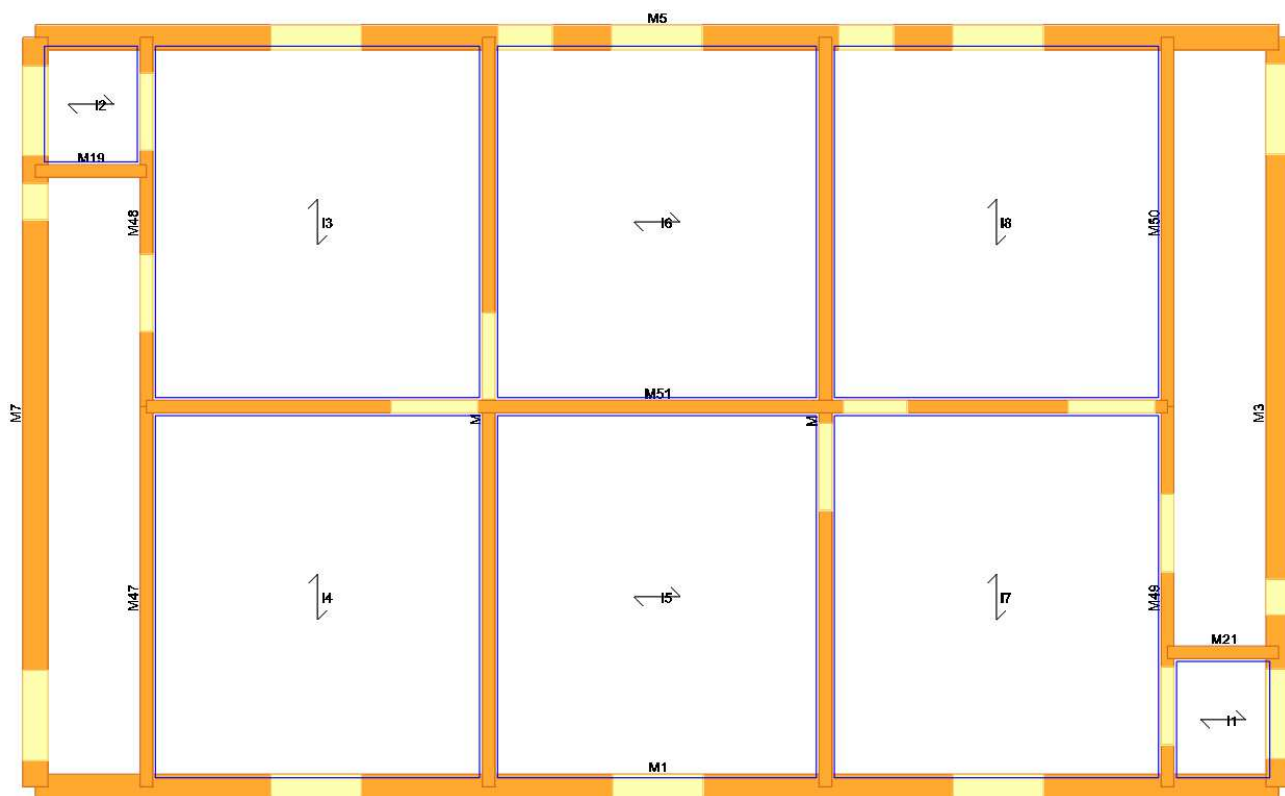
Immagini del modello



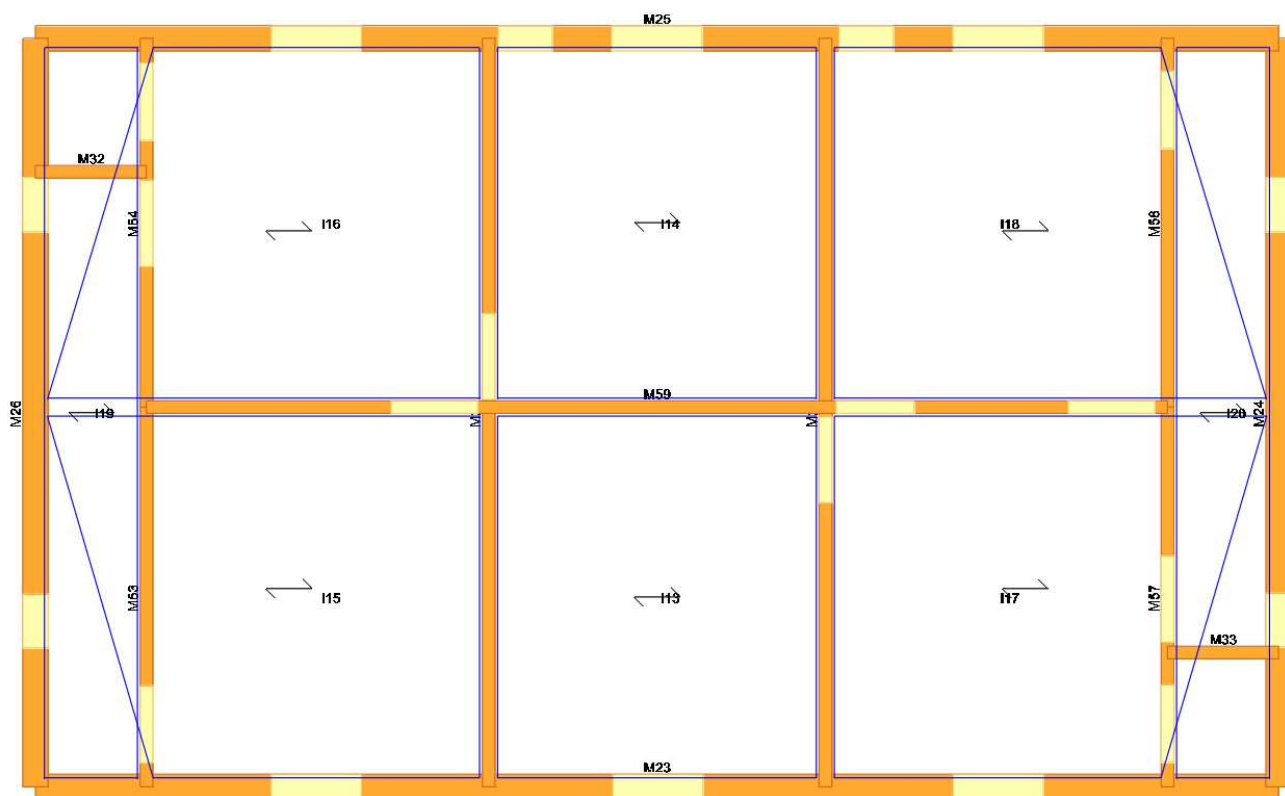
modello 3d



modello 3d_elementi

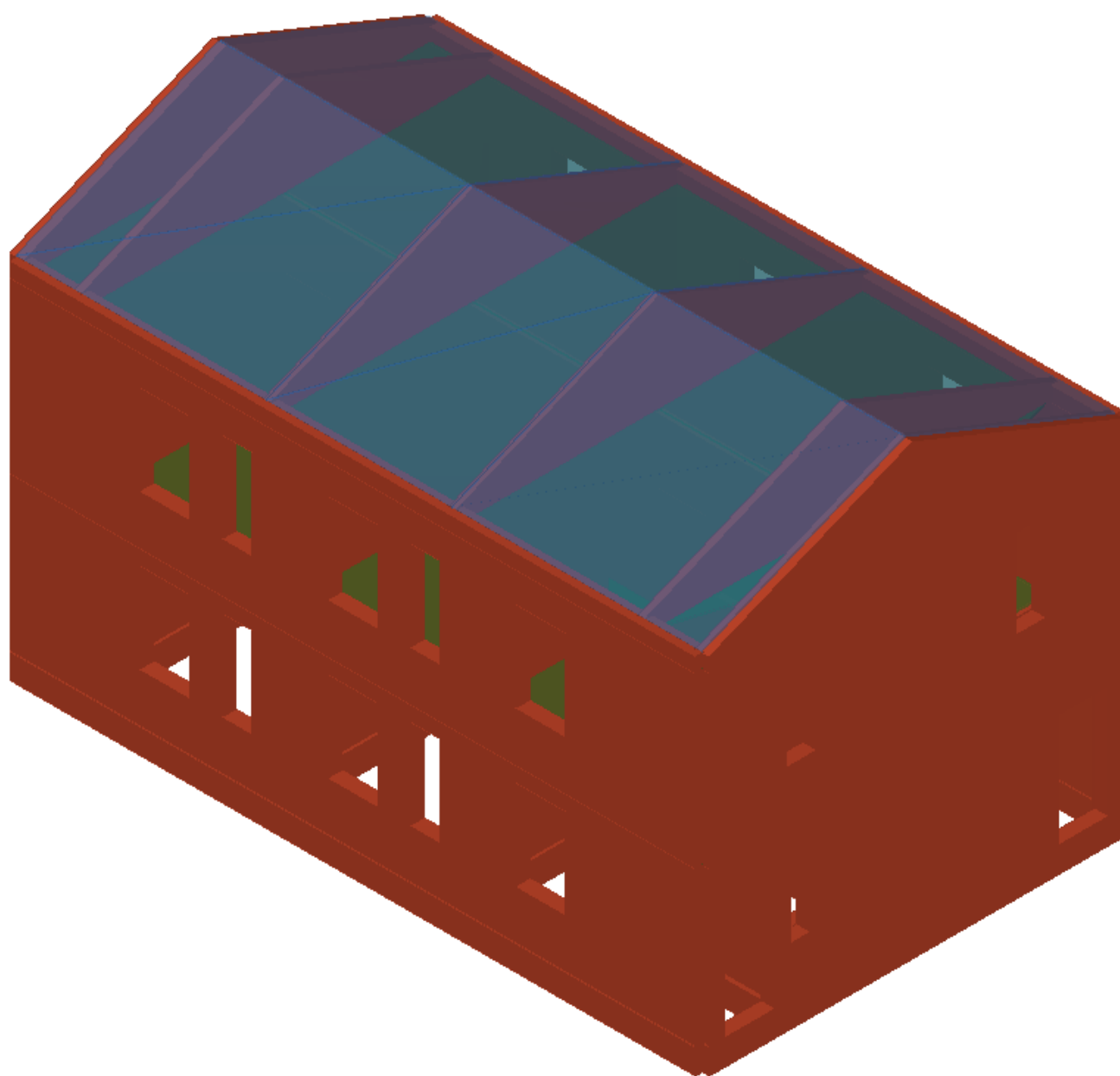


Vista pianta livello 1

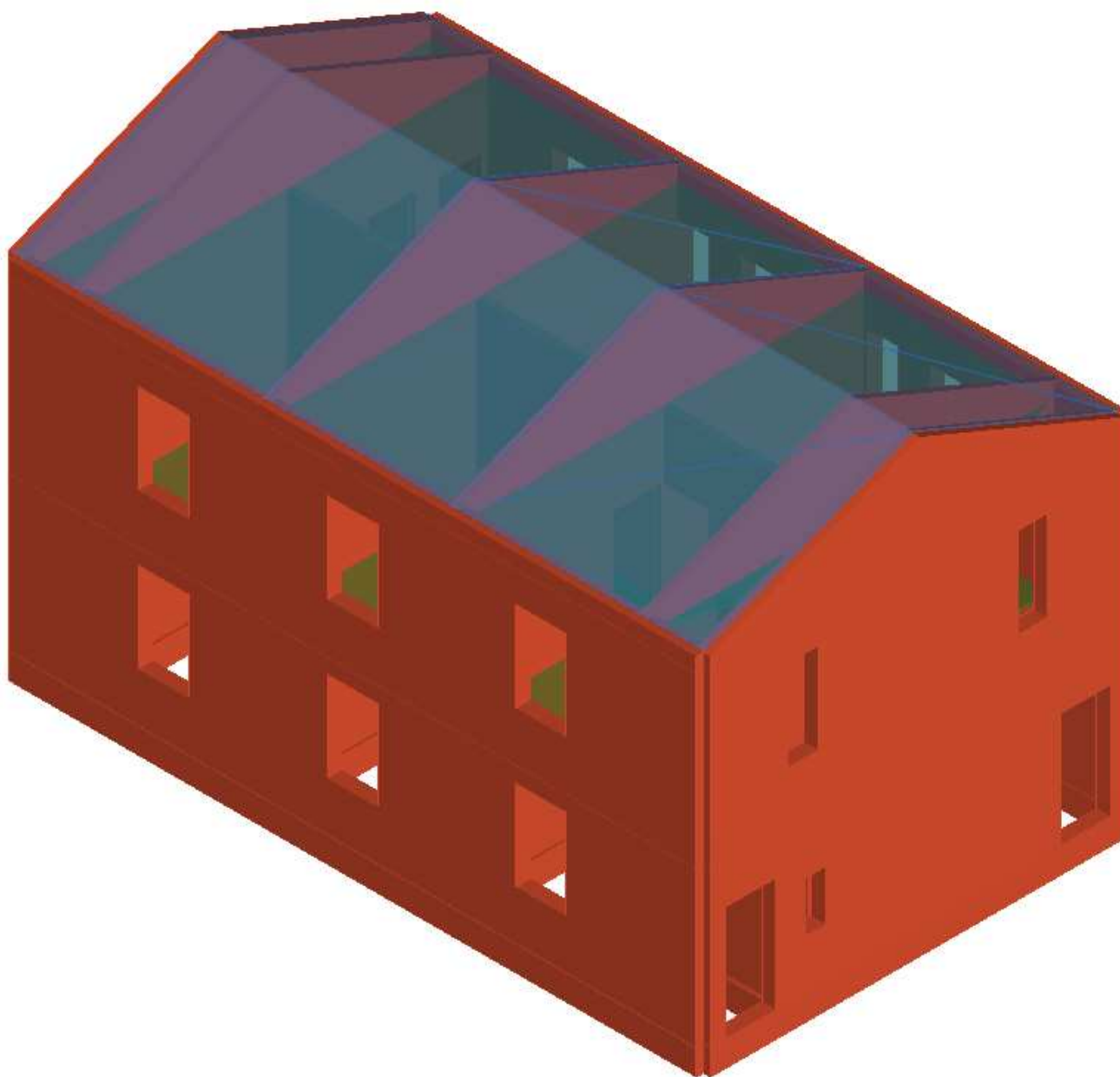


Vista pianta livello 2





Vista 3D (1)



Vista 3D (2)

Norme di riferimento

Sono stati recepiti, per le analisi di cui in seguito, i principi e le regole riportate nelle normative seguenti:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le Costruzioni"

Descrizione del modello

Materiali

Muratura

Nome	E [N/mm2]	G [N/mm2]	Peso specifico [kN/m3]	fm [N/cm2]	τ fvm0 [N/cm2]
Muratura	1 500,00	500,00	18	177,78	4,44

Geometria del modello

La modellazione dell'edificio viene realizzata mediante l'inserimento di pareti che vengono discretizzate in macroelementi, rappresentativi di maschi murari e fasce di piano deformabili; i nodi rigidi sono indicati nelle porzioni di muratura che tipicamente sono meno soggette al danneggiamento sismico. Solitamente i maschi e le fasce sono contigui alle aperture, i nodi rigidi rappresentano elementi di collegamento tra maschi e fasce. La concezione matematica che si nasconde nell'impiego di tale elemento, permette di riconoscere il meccanismo di danno, a taglio nella sua parte centrale o a pressoflessione sui bordi dell'elemento in modo da percepire la dinamica del danneggiamento così come si presenta effettivamente nella realtà.

I nodi del modello, sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete). Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete.

Gli orizzontamenti, sono modellati con elementi solaio a tre nodi connessi ai nodi tridimensionali, sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi accidentali e permanenti; le azioni sismiche caricano il solaio lungo la direzione del piano medio. Per questo l'elemento finito solaio viene definito con una rigidezza assiale, ma nessuna rigidezza flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

Elementi di struttura

Livello 1

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
1	1	Muratura	-	310	310	28,0
3	2	Muratura	-	310	310	28,0
5	3	Muratura	-	310	310	28,0
7	4	Muratura	-	310	310	28,0
47	5	Muratura	-	310	310	14,0
48	5	Muratura	-	310	310	14,0
11	6	Muratura	-	310	310	14,0

13	7	Muratura	-	310	310	14,0
49	8	Muratura	-	310	310	14,0
50	8	Muratura	-	310	310	14,0
51	9	Muratura	-	310	310	14,0
19	10	Muratura	-	310	310	14,0
21	11	Muratura	-	310	310	14,0

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
1	310	4,0	1 000,00	36 666,67	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
2	310	4,0	1 000,00	36 666,67	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
3	310	4,0	1 000,00	36 666,67	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
4	310	4,0	1 000,00	36 666,67	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
5	310	4,0	1 000,00	36 666,67	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
6	310	4,0	1 000,00	36 666,67	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
7	310	4,0	1 000,00	36 666,67	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
8	310	4,0	1 000,00	36 666,67	0,00	Monodirezionale	Latero cemento

Livello 2

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
23	1	Muratura	-	650	340	28,0
34	1	Muratura	-	650	340	28,0
24	2	Muratura	-	650	340	28,0
35	2	Muratura	-	650	340	28,0
25	3	Muratura	-	650	340	28,0
36	3	Muratura	-	650	340	28,0
26	4	Muratura	-	650	340	28,0
37	4	Muratura	-	650	340	28,0
38	5	Muratura	-	650	340	14,0
53	5	Muratura	-	650	340	14,0
54	5	Muratura	-	650	340	14,0
28	6	Muratura	-	650	340	14,0
39	6	Muratura	-	650	340	14,0
29	7	Muratura	-	650	340	14,0
40	7	Muratura	-	650	340	14,0
41	8	Muratura	-	650	340	14,0
57	8	Muratura	-	650	340	14,0
58	8	Muratura	-	650	340	14,0
59	9	Muratura	-	650	340	14,0
32	10	Muratura	-	650	340	14,0
33	11	Muratura	-	650	340	14,0

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
13	650	4,0	1 000,00	42 000,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
14	650	4,0	1 000,00	42 000,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
15	650	4,0	1 000,00	42 000,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento

16	650	4,0	1 000,00	42 000,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
17	650	4,0	1 000,00	42 000,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
18	650	4,0	1 000,00	42 000,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
19	650	4,0	1 000,00	42 000,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
20	650	4,0	1 000,00	42 000,00	0,00	Monodirezionale	Latero cemento

Elementi di copertura

Livello 2

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]
23	1	Muratura	-	28,0
34	1	Muratura	-	28,0
24	2	Muratura	-	28,0
35	2	Muratura	-	28,0
25	3	Muratura	-	28,0
36	3	Muratura	-	28,0
26	4	Muratura	-	28,0
37	4	Muratura	-	28,0
38	5	Muratura	-	14,0
53	5	Muratura	-	14,0
54	5	Muratura	-	14,0
28	6	Muratura	-	14,0
39	6	Muratura	-	14,0
29	7	Muratura	-	14,0
40	7	Muratura	-	14,0
41	8	Muratura	-	14,0
57	8	Muratura	-	14,0
58	8	Muratura	-	14,0
59	9	Muratura	-	14,0
32	10	Muratura	-	14,0
33	11	Muratura	-	14,0

Falda

N.	Quota min [cm]	Quota max [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
3	680	850	4,0	1 000,00	33 333,33	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
8	680	850	4,0	1 000,00	33 333,33	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
12	680	850	4,0	1 000,00	33 333,33	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
14	680	850	4,0	1 000,00	33 333,33	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
16	680	850	4,0	1 000,00	33 333,33	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
18	680	850	4,0	1 000,00	33 333,33	0,00	Monodirezionale	Latero cemento

Telaio equivalente

Parete : 1

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-727	-68	0	0
13	-604	-68	0	0
19	-225	-68	0	0
25	148	-68	0	0
31	527	-68	0	0
4	650	-68	0	0
2	-727	-68	310	1
14	-604	-68	310	1
20	-225	-68	310	1
26	148	-68	310	1
32	527	-68	310	1
5	650	-68	310	1
3	-727	-68	650	2
15	-604	-68	650	2
21	-225	-68	650	2
27	148	-68	650	2
33	527	-68	650	2
6	650	-68	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
10	Muratura	-	28,0	261,0	245,0	131	168	13	14
13	Muratura	-	28,0	260,5	245,0	1 247	168	31	32
11	Muratura	-	28,0	278,5	180,0	500	190	19	20
12	Muratura	-	28,0	277,0	180,0	878	190	25	26
14	Muratura	-	28,0	261,0	260,0	131	487	14	15
17	Muratura	-	28,0	260,5	260,0	1 247	487	32	33
15	Muratura	-	28,0	278,5	180,0	500	500	20	21
16	Muratura	-	28,0	277,0	180,0	878	500	26	27

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
1	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	311	50	13	19
3	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	690	50	19	25
5	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	1 067	50	25	31
2	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	311	345	14	20
4	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	690	345	20	26
6	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	1 067	345	26	32
7	Muratura	-	28,0	100,0	60,0	311	620	15	21
8	Muratura	-	28,0	100,0	60,0	690	620	21	27
9	Muratura	-	28,0	100,0	60,0	1 067	620	27	33

Parete : 2

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
4	650	-68	0	0
52	650	81	0	0
7	650	761	0	0

5	650	-68	310	1
53	650	81	310	1
8	650	761	310	1
6	650	-68	650	2
54	650	81	650	2
9	650	761	650	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
61	465	0	0
62	465	310	1
63	415	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
23	Muratura	-	28,0	59,0	165,0	161	133	52	53
24	Muratura	-	28,0	470,0	165,0	465	133	61	62
22	Muratura	-	28,0	31,0	275,9	16	138	4	5
25	Muratura	-	28,0	29,0	275,9	815	138	7	8
26	Muratura	-	28,0	155,0	260,0	78	487	53	54
28	Muratura	-	28,0	154,0	260,0	752	487	8	9
27	Muratura	-	28,0	400,0	180,0	415	500	62	63

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
18	Muratura	-	28,0	40,0	100,0	210	50	52	61
19	Muratura	-	28,0	47,3	210,0	199	305	53	62
20	Muratura	-	28,0	60,0	60,0	185	620	54	63
21	Muratura	-	28,0	60,0	60,0	645	620	63	9

Parete : 3

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
10	-727	761	0	0
16	-604	761	0	0
22	-225	761	0	0
28	148	761	0	0
34	527	761	0	0
7	650	761	0	0
11	-727	761	310	1
17	-604	761	310	1
23	-225	761	310	1
29	148	761	310	1
35	527	761	310	1
8	650	761	310	1
12	-727	761	650	2
18	-604	761	650	2
24	-225	761	650	2
30	148	761	650	2

36	527	761	650	2
9	650	761	650	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
64	605	0	0
66	983	0	0
65	605	310	1
67	983	310	1
68	605	650	2
69	983	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
44	Muratura	-	28,0	261,0	245,0	131	168	16	17
49	Muratura	-	28,0	261,0	245,0	1 247	168	34	35
45	Muratura	-	28,0	151,5	180,0	437	190	22	23
46	Muratura	-	28,0	65,5	180,0	605	190	64	65
47	Muratura	-	28,0	152,0	180,0	814	190	28	29
48	Muratura	-	28,0	66,0	180,0	983	190	66	67
50	Muratura	-	28,0	261,0	260,0	131	487	17	18
55	Muratura	-	28,0	261,0	260,0	1 247	487	35	36
51	Muratura	-	28,0	151,5	180,0	437	500	23	24
52	Muratura	-	28,0	65,5	180,0	605	500	65	68
53	Muratura	-	28,0	152,0	180,0	814	500	29	30
54	Muratura	-	28,0	66,0	180,0	983	500	67	69

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
29	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	311	50	16	22
31	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	543	50	22	64
33	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	688	50	64	28
35	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	920	50	28	66
37	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	1 066	50	66	34
30	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	311	345	17	23
32	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	543	345	23	65
34	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	688	345	65	29
36	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	920	345	29	67
38	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	1 066	345	67	35
39	Muratura	-	28,0	100,0	60,0	311	620	18	24
40	Muratura	-	28,0	60,0	60,0	543	620	24	68
41	Muratura	-	28,0	100,0	60,0	688	620	68	30
42	Muratura	-	28,0	60,0	60,0	920	620	30	69
43	Muratura	-	28,0	100,0	60,0	1 066	620	69	36

Parete : 4

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-727	-68	0	0

43	-727	613	0	0
10	-727	761	0	0
2	-727	-68	310	1
44	-727	613	310	1
11	-727	761	310	1
3	-727	-68	650	2
45	-727	613	650	2
12	-727	761	650	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
70	378	0	0
71	415	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
61	Muratura	-	28,0	498,7	165,0	378	133	70	2
62	Muratura	-	28,0	30,3	165,0	683	133	43	44
60	Muratura	-	28,0	29,0	275,9	15	138	1	2
63	Muratura	-	28,0	31,0	275,9	814	138	10	11
64	Muratura	-	28,0	154,0	260,0	77	487	2	3
66	Muratura	-	28,0	154,0	260,0	752	487	44	45
65	Muratura	-	28,0	401,0	180,0	415	500	2	71

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
56	Muratura	-	28,0	40,0	100,0	648	50	70	43
57	Muratura	-	28,0	50,0	210,0	646	305	2	44
58	Muratura	-	28,0	60,0	60,0	184	620	3	71
59	Muratura	-	28,0	60,0	60,0	645	620	71	45

Parete : 5

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
13	-604	-68	0	0
55	-604	353	0	0
46	-604	613	0	0
16	-604	761	0	0
14	-604	-68	310	1
56	-604	353	310	1
47	-604	613	310	1
17	-604	761	310	1
15	-604	-68	650	2
57	-604	353	650	2
48	-604	613	650	2
18	-604	761	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
----	-----------	----------	---------------	-----------	--------------	-------------------	-------------------	------------	------------

73	Muratura	-	14,0	114,3	210,0	647	105	46	47
72	Muratura	-	14,0	503,7	269,6	252	135	55	56
74	Muratura	-	14,0	39,0	269,6	810	135	16	17
76	Muratura	-	14,0	463,3	210,0	344	415	56	57
77	Muratura	-	14,0	44,0	210,0	694	415	47	48
75	Muratura	-	14,0	26,7	290,4	13	455	14	15
78	Muratura	-	14,0	27,0	290,4	816	455	17	18

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
67	Muratura	-	14,0	78,4	100,0	579	260	56	47
68	Muratura	-	14,0	86,0	100,0	753	260	47	17
69	Muratura	-	14,0	86,0	130,0	70	585	15	57
70	Muratura	-	14,0	96,0	130,0	624	585	57	48
71	Muratura	-	14,0	86,0	130,0	759	585	48	18

Parete : 6

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
19	-225	-68	0	0
37	-225	353	0	0
22	-225	761	0	0
20	-225	-68	310	1
38	-225	353	310	1
23	-225	761	310	1
21	-225	-68	650	2
39	-225	353	650	2
24	-225	761	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
81	Muratura	-	14,0	428,5	269,6	214	135	37	38
82	Muratura	-	14,0	304,5	269,6	677	135	22	23
83	Muratura	-	14,0	428,5	290,4	214	455	38	39
84	Muratura	-	14,0	304,5	290,4	677	455	23	24

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
79	Muratura	-	14,0	96,0	100,0	477	260	38	23
80	Muratura	-	14,0	96,0	130,0	477	585	39	24

Parete : 7

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
25	148	-68	0	0
40	148	353	0	0
28	148	761	0	0
26	148	-68	310	1

41	148	353	310	1
29	148	761	310	1
27	148	-68	650	2
42	148	353	650	2
30	148	761	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
87	Muratura	-	14,0	306,2	269,6	153	135	25	26
88	Muratura	-	14,0	426,8	269,6	616	135	40	41
89	Muratura	-	14,0	314,7	290,4	157	455	26	27
90	Muratura	-	14,0	418,3	290,4	620	455	41	42

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
85	Muratura	-	14,0	96,0	100,0	358	260	26	41
86	Muratura	-	14,0	96,0	130,0	363	585	27	42

Parete : 8

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
31	527	-68	0	0
49	527	81	0	0
58	527	353	0	0
34	527	761	0	0
32	527	-68	310	1
50	527	81	310	1
59	527	353	310	1
35	527	761	310	1
33	527	-68	650	2
51	527	81	650	2
60	527	353	650	2
36	527	761	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
97	Muratura	-	14,0	104,7	210,0	185	105	49	50
96	Muratura	-	14,0	47,0	269,6	24	135	31	32
98	Muratura	-	14,0	505,3	269,6	576	135	58	59
100	Muratura	-	14,0	47,0	210,0	137	415	50	51
101	Muratura	-	14,0	451,0	210,0	482	415	59	60
99	Muratura	-	14,0	27,0	290,4	14	455	32	33
102	Muratura	-	14,0	36,0	290,4	811	455	35	36

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
91	Muratura	-	14,0	86,0	100,0	80	260	32	50
92	Muratura	-	14,0	78,3	100,0	251	260	50	59

93	Muratura	-	14,0	86,0	130,0	70	585	33	51
94	Muratura	-	14,0	96,0	130,0	208	585	51	60
95	Muratura	-	14,0	86,0	130,0	750	585	60	36

Parete : 9

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
55	-604	353	0	0
37	-225	353	0	0
40	148	353	0	0
58	527	353	0	0
56	-604	353	310	1
38	-225	353	310	1
41	148	353	310	1
59	527	353	310	1
57	-604	353	650	2
39	-225	353	650	2
42	148	353	650	2
60	527	353	650	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
72	1 054	0	0
73	1 056	310	1
74	1 058	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
110	Muratura	-	14,0	405,0	210,0	693	105	40	41
111	Muratura	-	14,0	179,0	210,0	1 055	105	72	73
109	Muratura	-	14,0	271,0	269,6	259	135	55	56
112	Muratura	-	14,0	14,0	269,6	1 247	135	58	59
114	Muratura	-	14,0	397,0	210,0	689	415	41	42
115	Muratura	-	14,0	171,0	210,0	1 059	415	73	74
113	Muratura	-	14,0	271,0	290,4	259	455	56	57
116	Muratura	-	14,0	14,0	290,4	1 247	455	59	60

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
103	Muratura	-	14,0	96,0	100,0	442	260	56	38
104	Muratura	-	14,0	78,0	100,0	930	260	41	73
105	Muratura	-	14,0	96,0	100,0	1 192	260	73	59
106	Muratura	-	14,0	96,0	130,0	442	585	57	39
107	Muratura	-	14,0	86,0	130,0	930	585	42	74
108	Muratura	-	14,0	96,0	130,0	1 192	585	74	60

Parete : 10

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
43	-727	613	0	0
46	-604	613	0	0
44	-727	613	310	1
47	-604	613	310	1
45	-727	613	650	2
48	-604	613	650	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
75	62	0	0
76	62	310	1
77	62	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
117	Muratura	-	14,0	123,0	310,0	62	155	75	76
118	Muratura	-	14,0	123,0	340,0	62	480	76	77

Parete : 11

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
49	527	81	0	0
52	650	81	0	0
50	527	81	310	1
53	650	81	310	1
51	527	81	650	2
54	650	81	650	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
78	62	0	0
79	62	310	1
80	62	650	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
119	Muratura	-	14,0	123,0	310,0	62	155	78	79
120	Muratura	-	14,0	123,0	340,0	62	480	79	80

(*) Elementi di copertura

Carichi

Carico Sismico:

Le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e allo stato limite di esercizio (SLD; SLO); devono essere effettuate per la seguente combinazione [Norme Tecniche 2018 §2.5.3].

$$E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

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

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

Carico Statico:

La verifica allo stato limite ultimo per carichi statici viene condotta con la seguente combinazione dei carichi.

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite in esame;
- G_{k1} peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_{k2} peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- Q_{Ki} valore caratteristico della azione variabile;
- Ψ₂ coefficiente di combinazione;
- Ψ₀ coefficiente di combinazione per i carichi variabili
- γ_{G1}; γ_{G2}; γ_Q : coefficienti parziali di sicurezza

I valori dei vari coefficienti sono scelti in base alla destinazione d'uso dei vari solai secondo quanto indicato nella norma. [Norme Tecniche 2018 Tabella 2.5.1].

Note

CDM : Considera solo contributo dinamico della massa

N. Solaio	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Copertura	ψ0	ψ2
1	250	200	200	No	0,70	0,30
2	250	200	200	No	0,70	0,30
3	250	200	200	No	0,70	0,30
4	250	200	200	No	0,70	0,30
5	250	200	200	No	0,70	0,30
6	250	200	200	No	0,70	0,30
7	250	200	200	No	0,70	0,30
8	250	200	200	No	0,70	0,30
13	150	20	150	No	0,00	0,00
14	150	20	150	No	0,00	0,00
15	150	20	150	No	0,00	0,00
16	150	20	150	No	0,00	0,00
17	150	20	150	No	0,00	0,00
18	150	20	150	No	0,00	0,00
19	150	20	150	No	0,00	0,00
20	150	20	150	No	0,00	0,00

N. Falda	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Copertura	ψ0	ψ2
3	150	160	100	Si	0,50	0,00

8	150	160	100	Sì	0,50	0,00
12	150	160	100	Sì	0,50	0,00
14	150	160	100	Sì	0,50	0,00
16	150	160	100	Sì	0,50	0,00
18	150	160	100	Sì	0,50	0,00

Spettro da normativa

Gli spettri di risposta, sono definiti in funzione del reticolo di riferimento definito nella “Tabella 1” (parametri spettrali) in allegato alle Norme Tecniche.

Tale tabella fornisce, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine), i parametri necessari a tracciare lo spettro. I parametri forniti dal reticolo di riferimento sono:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

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.

La trilogia di valori qui descritta, è definita per un periodo di ritorno assegnato (TR), definito in base alla probabilità di superamento di ciascuno degli stati limite.

Tali valori, saranno pertanto definiti per ciascuno degli stati limite esaminati (vedere tabella).

Lo spettro sismico dipende anche dalla “Classe del suolo” e dalla “categoria topografica” (vedere tabella).

	SLC	SLV	SLD	SLO
A_g [m/s ²]	1,69	1,26	0,44	0,36
F_0	2,56	2,60	2,51	2,55
T_c^* [s]	0,28	0,27	0,28	0,25
T_r	975,00	475,00	50,00	30,00

	SLC	SLV	SLD	SLO
S_s	1,43	1,50	1,50	1,50
T_b [s]	0,15	0,15	0,15	0,14
T_c [s]	0,45	0,44	0,45	0,41
T_d [s]	2,29	2,12	1,78	1,74

Analisi incrementale a collasso (pushover)

Descrizione analisi pushover

Al fine di eseguire le dovute verifiche nei riguardi dell'edificio in questione, si è deciso di procedere con l'esecuzione di una analisi statica non lineare.

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per le diverse condizioni previste e la domanda di spostamento prevista dalla normativa.

La curva di capacità è individuata mediante un diagramma spostamento-taglio massimo alla base.

Secondo le prescrizioni da normativa, le condizioni di carico da esaminare devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

- distribuzione proporzionale alle Forze statiche (Gruppo 1)

- distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione (Gruppo 2);

L'analisi, eseguita in controllo di spostamento, procede al calcolo della distribuzione di forze che genera il valore dello spostamento richiesto. L'analisi viene fatta continuare fino a che non si verifica il decadimento del taglio al 80% dal suo valore di picco. Si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze. Questo valore di spostamento costituisce il valore ultimo dell'edificio.

Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità è quello di un punto dell'edificio detto nodo di controllo.

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF). Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente.

La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa.

La normativa definisce una eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma.

In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

- Carico sismico: Individua quale delle due tipologie di distribuzioni (proporzionale alle masse o al primo modo) prendere in esame.
- Direzione: Individua la direzione lungo cui viene caricata la struttura (X o Y del sistema globale) dal carico sismico.

Al fine di individuare la condizione di carico sismico più gravosa, si è deciso di eseguire le analisi distinte per tipologia di carico, direzione del sisma e di eventuali eccentricità accidentali.

N.	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Eccentricità [cm]	Livello	Nodo
1	+X	Uniforme	0,0	2	39
2	+X	Forze statiche	0,0	2	39
3	-X	Uniforme	0,0	2	39
4	-X	Forze statiche	0,0	2	39
5	+Y	Uniforme	0,0	2	39
6	+Y	Forze statiche	0,0	2	39
7	-Y	Uniforme	0,0	2	39
8	-Y	Forze statiche	0,0	2	39
9	+X	Uniforme	41,5	2	39
10	+X	Uniforme	-41,5	2	39
11	+X	Forze statiche	41,5	2	39
12	+X	Forze statiche	-41,5	2	39
13	-X	Uniforme	41,5	2	39
14	-X	Uniforme	-41,5	2	39
15	-X	Forze statiche	41,5	2	39
16	-X	Forze statiche	-41,5	2	39
17	+Y	Uniforme	68,8	2	39
18	+Y	Uniforme	-68,8	2	39
19	+Y	Forze statiche	68,8	2	39
20	+Y	Forze statiche	-68,8	2	39
21	-Y	Uniforme	68,8	2	39
22	-Y	Uniforme	-68,8	2	39
23	-Y	Forze statiche	68,8	2	39
24	-Y	Forze statiche	-68,8	2	39

Risultati

Secondo le indicazioni da normativa si devono eseguire le seguenti verifiche:

Stato limite Collasso (SLC):

D_u^{SLC} : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente con il decadimento della curva Push-over a un valore pari al 80% di quello massimo.

Stato limite Vita (SLV):

$$D_{max}^{SLV} \leq D_u^{SLV}$$

D_{max}^{SLV} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u^{SLV} : Spostamento massimo offerto dalla struttura individuato in corrispondenza di $0,75 \cdot D_u^{SLC}$.

$$q^* < 3,0$$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite di Danno (SLD):

$$D_{max}^{SLD} \leq D_u^{SLD}$$

D_{max}^{SLD} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di danno.

D_u^{SLD} : Spostamento massimo corrispondente al valore che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0,0020).

Vulnerabilità sismica

Per ciascuno stato limite eseguito viene calcolato l'indice di rischio α (α_{SLC} , α_{SLV} , α_{SLD} , α_{SLO}). Questi parametri vengono calcolati come indicato nel seguito:

$$\alpha_{SLV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} ;$$

$$\alpha_{SLD} = \frac{PGA_{CLD}}{PGA_{DLD}} ;$$

Accelerazioni di capacità: l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere.

- PGA_{CLV} : accelerazione di capacità corrispondente a SLV
- PGA_{CLD} : accelerazione di capacità corrispondente a SLD

Accelerazioni di domanda : Valori di riferimento delle accelerazioni dell'azione sismica

Tali valori vengono definiti a partire dal carico sismico definito nella forma dello spettro.

#BSLC#

- PGA_{DLC} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLC #ESLC#
- PGA_{DLV} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLV

- PGA_{DLD} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLD

Dettaglio verifiche

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	Dmax SLC [cm]	Du SLC [cm]	SLC ver.	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	SLV ver.	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	SLD ver.
1	+X	Uniforme	0,0	1,01	1,94	Sì	0,20	0,76	Sì			
2	+X	Forze statiche	0,0	1,17	2,03	Sì	0,24	0,92	Sì			
3	-X	Uniforme	0,0	0,86	1,77	Sì	0,17	1,00	Sì			
4	-X	Forze statiche	0,0	1,09	1,98	Sì	0,22	0,48	Sì			
5	+Y	Uniforme	0,0	0,64	0,77	Sì	0,13	0,90	Sì			
6	+Y	Forze statiche	0,0	0,77	1,15	Sì	0,17	0,92	Sì			
7	-Y	Uniforme	0,0	0,62	0,74	Sì	0,13	0,98	Sì			
8	-Y	Forze statiche	0,0	0,73	0,88	Sì	0,15	1,17	Sì			
9	+X	Uniforme	41,5	1,03	1,91	Sì	0,21	0,76	Sì			
10	+X	Uniforme	-41,5	0,99	2,00	Sì	0,20	0,80	Sì			
11	+X	Forze statiche	41,5	1,19	1,73	Sì	0,25	0,88	Sì			
12	+X	Forze statiche	-41,5	1,15	2,00	Sì	0,24	0,92	Sì			
13	-X	Uniforme	41,5	0,86	1,74	Sì	0,17	0,36	Sì			
14	-X	Uniforme	-41,5	0,85	1,77	Sì	0,16	1,08	Sì			
15	-X	Forze statiche	41,5	1,09	2,07	Sì	0,22	0,48	Sì			
16	-X	Forze statiche	-41,5	1,09	1,83	Sì	0,22	0,60	Sì			
17	+Y	Uniforme	68,8	0,64	0,66	Sì	0,13	0,89	Sì			
18	+Y	Uniforme	-68,8	0,65	0,86	Sì	0,14	0,83	Sì			
19	+Y	Forze statiche	68,8	0,75	0,94	Sì	0,16	1,22	Sì			
20	+Y	Forze statiche	-68,8	0,79	0,80	Sì	0,18	0,72	Sì			
21	-Y	Uniforme	68,8	0,62	0,86	Sì	0,13	1,15	Sì			
22	-Y	Uniforme	-68,8	0,62	0,65	Sì	0,12	0,87	Sì			
23	-Y	Forze statiche	68,8	0,74	1,31	Sì	0,16	0,80	Sì			
24	-Y	Forze statiche	-68,8	0,72	0,72	No	0,15	0,96	Sì			

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	α SLV	α SLD
1	+X	Uniforme	0,0	1,706	2,376
2	+X	Forze statiche	0,0	1,592	2,409
3	-X	Uniforme	0,0	1,763	3,271
4	-X	Forze statiche	0,0	1,641	1,653
5	+Y	Uniforme	0,0	1,124	3,676

6	+Y	Forze statiche	0,0	1,330	3,312
7	-Y	Uniforme	0,0	1,118	3,993
8	-Y	Forze statiche	0,0	1,135	4,093
9	+X	Uniforme	41,5	1,658	2,339
10	+X	Uniforme	-41,5	1,771	2,494
11	+X	Forze statiche	41,5	1,369	2,302
12	+X	Forze statiche	-41,5	1,594	2,445
13	-X	Uniforme	41,5	1,728	1,716
14	-X	Uniforme	-41,5	1,778	3,494
15	-X	Forze statiche	41,5	1,705	1,652
16	-X	Forze statiche	-41,5	1,532	1,903
17	+Y	Uniforme	68,8	1,023	3,637
18	+Y	Uniforme	-68,8	1,202	3,428
19	+Y	Forze statiche	68,8	1,167	4,119
20	+Y	Forze statiche	-68,8	1,006	2,756
21	-Y	Uniforme	68,8	1,233	4,434
22	-Y	Uniforme	-68,8	1,034	3,677
23	-Y	Forze statiche	68,8	1,502	3,101
24	-Y	Forze statiche	-68,8	0,996	3,561

ALLEGATO E

PROGETTO – VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI – PALAZZINA B

PALAZZINA TIPO B - PROGETTO

PARETE DI FACCIAIA - ESPULSIONE

PARETE NON CARICATA DAI SOLAI DI PIANO E DI COPERTURA

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Geometria della parete

Larghezza pareti: striscia larga 1 metro

Spessore parete	t	(m)	0.28
Altezza parete	h	(m)	3.65
Peso spec. Muratura	γ_i	(kg/m ³)	1800
Altezza blocco sup parete	h _{sup}	(m)	0.6
Altezza blocco inf parete	h _{inf}	(m)	3.05
Controllo ipotesi $h_v > h_{inf}$	Assenza di volta		

Carichi e spinte agenti sulle pareti

Peso solaio	P _s	(kg)	0
Peso piano superiore	N	(kg)	0
Peso volta	P _v	(kg)	0
Spinta statica volta	S _v	(kg)	0
Peso totale parete	P	(kg)	1839.6
Peso blocco sup parete	P _{sup}	(kg)	302.4
Peso blocco inf parete	P _{inf}	(kg)	1537.2

Coordinate (X,Y) dei punti di applicazione delle forze

Solai e volte

Solaio - X	X _s	(m)	0.12
Solaio - Y	h	(m)	3.65
Volta - X	X _v	(m)	0
Volta - Y	h _v	(m)	0
Carico dal piano superiore - X	X _N	(m)	0.12

Calcolo arretramento cerniera inferiore

Resist comprex media muratura	f _m	(N/cm ²)	240
Fattore sicurezza materiale muratura	γ_m	(adim)	2
Fattore di Confidenza	FC	(adim)	1.35
Resist comprex di progetto muratura	f _d	(kg/cm ²)	88.88889
Larghezza sezione della cerniera		(m)	1
Peso totale coinvolto		(kg)	1839.6
Arretramento cerniera A (teorico)	a	(m)	0.013797
Arretramento cerniera A (di calcolo)	a	(m)	0

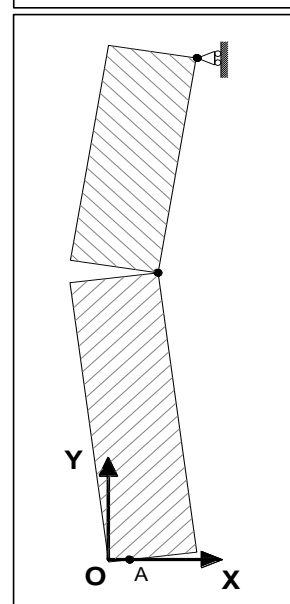
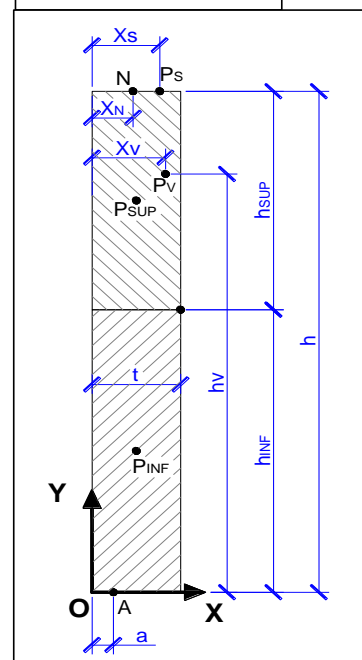
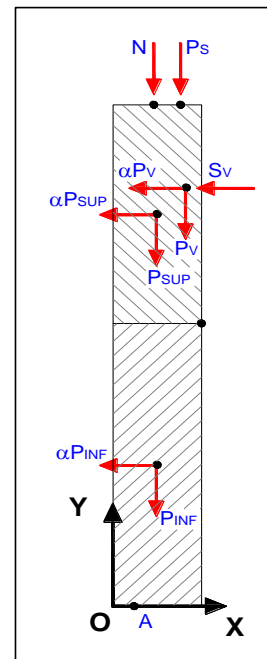
Dati su sito ed edificio

SLV			
Fattore di struttura	q	adim.	2
Altezza edificio	H	ml	6.8
Numero piani	N	adim.	2
Coefficiente topo-stratigrafico	S	adim.	1.5
Altezza meccanismo	Z	(m)	3.15

Spettro elastico (T=T ₁)	Se(T ₁)	(g)	0.488
Coefficiente partec. modale	γ	(adim)	1.2
Accelerazione di sito (suolo: A, T1)	a _g	(g)	0.125

Risultati

Lavoro virtuale forze sismiche	L _{sism}	(kg m)	2805.39 x α
Lavoro virtuale resistente	L _{res}	(kg m)	-515.088
Lavoro virtuale spinta volta	L _{volta}	(kg m)	0



Moltiplicatore attivazione α₀ (-) 0.184

Massa partecipante e accelerazione di attivazione

Elemento	Peso Pi	Spost. virtuale δxi	Pi δxi	Pi δxi ²
Blocco sup parete	302.4	1.525	461.16	703.269
Blocco inf parete	1537.2	1.525	2344.23	3574.951
Massa inerziale volta	0	18.55417	0	0
		Totali:	2805.39	4278.22

Massa partecipante x g	M x g	(kg)	1839.6
Altezza meccanismo	Z	(m)	3.15
Fattore di partecipazione	e*	-	1

Accelerazione di attivazione a*0 (g) 0.136

Accelerazione di attivazione a*0 (m/sec2) 1.334

Verifica SLV con accelerazione al suolo (m/sec²)

$$\frac{a_g(P_{vr})S}{q} = 0.09375 \quad \text{vs} \quad 0.136 = a_0^* \quad 1.45$$

Verifica SODDISFATTA

Verifica SLV con accelerazione in quota (m/sec²)

Se(T ₁) =	0.488
ψ (Z) =	0.46
Gamma =	1.20
q =	2

$$\frac{S_e(T_1)\psi(Z)\gamma}{q} = 0.136 \quad \text{vs} \quad 0.136 = a_0^* \quad 1.00$$

Verifica SODDISFATTA

PALAZZINA TIPO B - PROGETTO

PARETE DI FACCIAIA - ESPULSIONE

PARETE NON CARICATA DAI SOLAI DI PIANO E DI COPERTURA

STATO LIMITE DI DANNO

Geometria della parete

Larghezza pareti: striscia larga 1 metro

Spessore parete	t	(m)	0.28
Altezza parete	h	(m)	3.65
Peso spec. Muratura	γ_i	(kg/m ³)	1800
Altezza blocco sup parete	h _{sup}	(m)	0.6
Altezza blocco inf parete	h _{inf}	(m)	3.05
Controllo ipotesi $h_v > h_{inf}$	Assenza di volta		

Carichi e spinte agenti sulle pareti

Peso solaio	P _s	(kg)	0
Peso piano superiore	N	(kg)	0
Peso volta	P _v	(kg)	0
Spinta statica volta	S _v	(kg)	0
Peso totale parete	P	(kg)	1839.6
Peso blocco sup parete	P _{sup}	(kg)	302.4
Peso blocco inf parete	P _{inf}	(kg)	1537.2

Coordinate (X,Y) dei punti di applicazione delle forze

Solai e volte

Solaio - X	X _s	(m)	0.12
Solaio - Y	h	(m)	3.65
Volta - X	X _v	(m)	0
Volta - Y	h _v	(m)	0
Carico dal piano superiore - X	X _N	(m)	0.12

Calcolo arretramento cerniera inferiore

Resist comprex media muratura	f _m	(N/cm ²)	240
Fattore sicurezza materiale muratura	γ_m	(adim)	2
Fattore di Confidenza	FC	(adim)	1.35
Resist comprex di progetto muratura	f _d	(kg/cm ²)	88.88889
Larghezza sezione della cerniera		(m)	1
Peso totale coinvolto		(kg)	1839.6
Arretramento cerniera A (teorico)	a	(m)	0.013797
Arretramento cerniera A (di calcolo)	a	(m)	0.013797

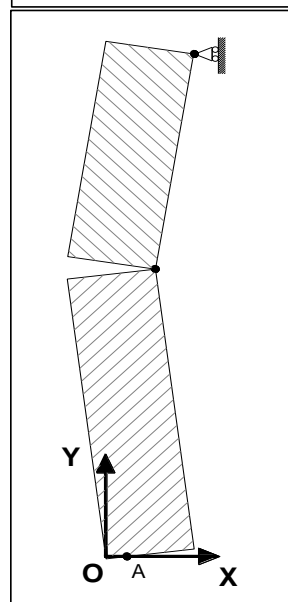
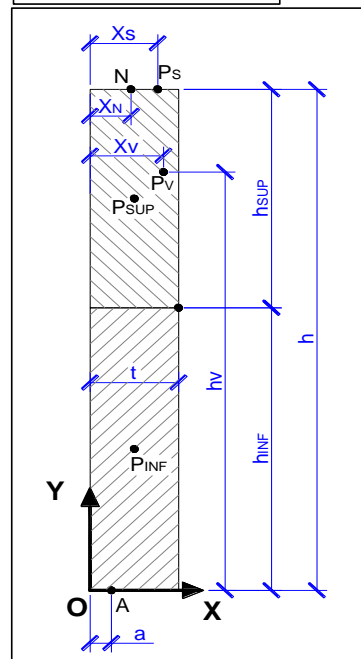
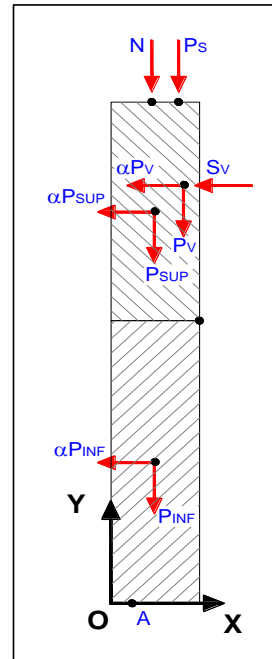
Dati su sito ed edificio

SLD			
Fattore di struttura	q	adim.	2
Altezza edificio	H	ml	6.8
Numero piani	N	adim.	2
Coefficiente topo-stratigrafico	S	adim.	1.5
Altezza meccanismo	Z	(m)	3.15

Spettro elastico (T=T ₁)	Se(T ₁)	(g)	0.167
Coefficiente partec. modale	γ	(adim)	1.2
Accelerazione di sito (suolo: A, T1)	a _g	(g)	0.044

Risultati

Lavoro virtuale forze sismiche	L _{sism}	(kg m)	2805.39 x α
Lavoro virtuale resistente	L _{res}	(kg m)	-489.707
Lavoro virtuale spinta volta	L _{volta}	(kg m)	0



Moltiplicatore attivazione α₀ (-) 0.175

Massa partecipante e accelerazione di attivazione

Elemento	Peso Pi	Spost. virtuale δxi	Pi δxi	Pi δxi ²
Blocco sup parete	302.4	1.525	461.16	703.269
Blocco inf parete	1537.2	1.525	2344.23	3574.951
Massa inerziale volta	0	18.55417	0	0
		Totali:	2805.39	4278.22

Massa partecipante x g	M x g	(kg)	1839.6
Altezza meccanismo	Z	(m)	3.15
Fattore di partecipazione	e*	-	1

Accelerazione di attivazione a*0 (g) 0.129

Accelerazione di attivazione a*0 (m/sec2) 1.268

Verifica SLV con accelerazione al suolo (m/sec²)

$$\frac{a_g(P_{vr})S}{q} = 0.033 \quad \text{vs} \quad 0.129 = a_0^* \quad 3.92$$

Verifica SODDISFATTA

Verifica SLV con accelerazione in quota (m/sec²)

Se(T ₁) =	0.167
ψ (Z) =	0.46
Gamma =	1.20
q =	2

$$\frac{S_e(T_1)\psi(Z)\gamma}{q} = 0.046 \quad \text{vs} \quad 0.129 = a_0^* \quad 2.79$$

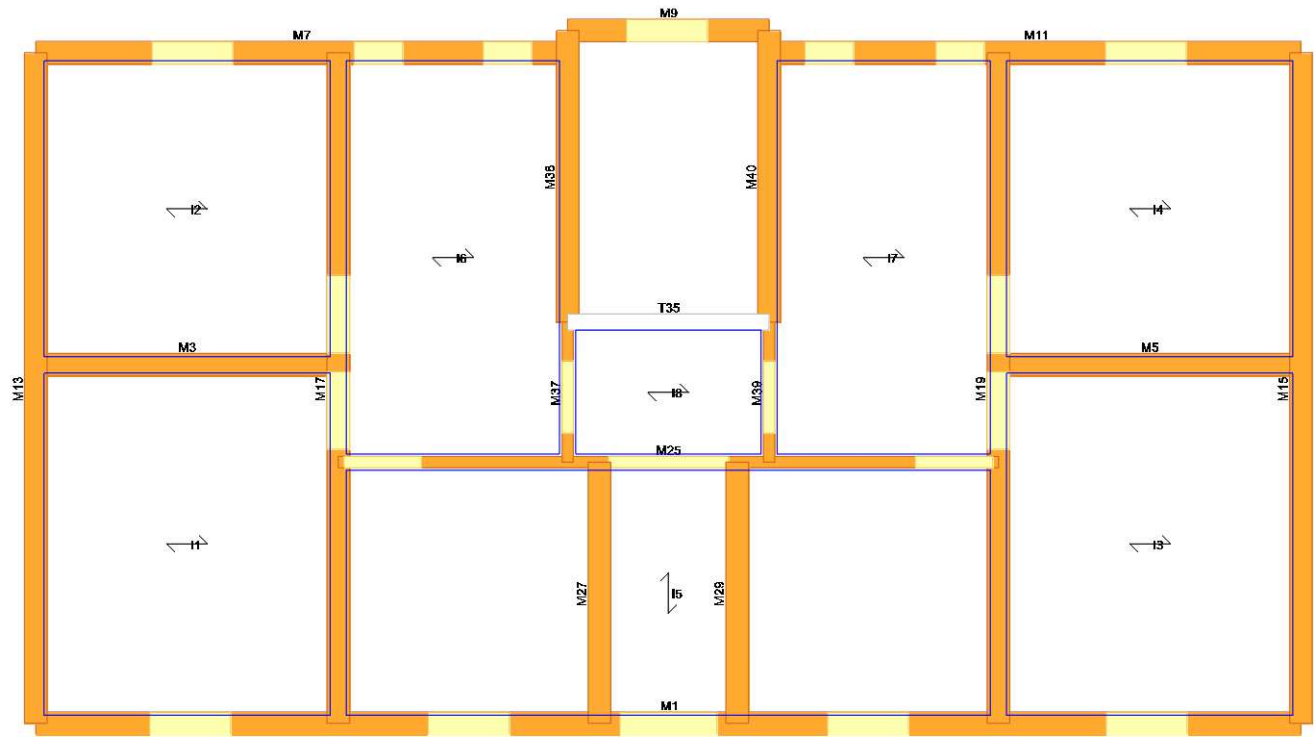
Verifica SODDISFATTA

ALLEGATO F

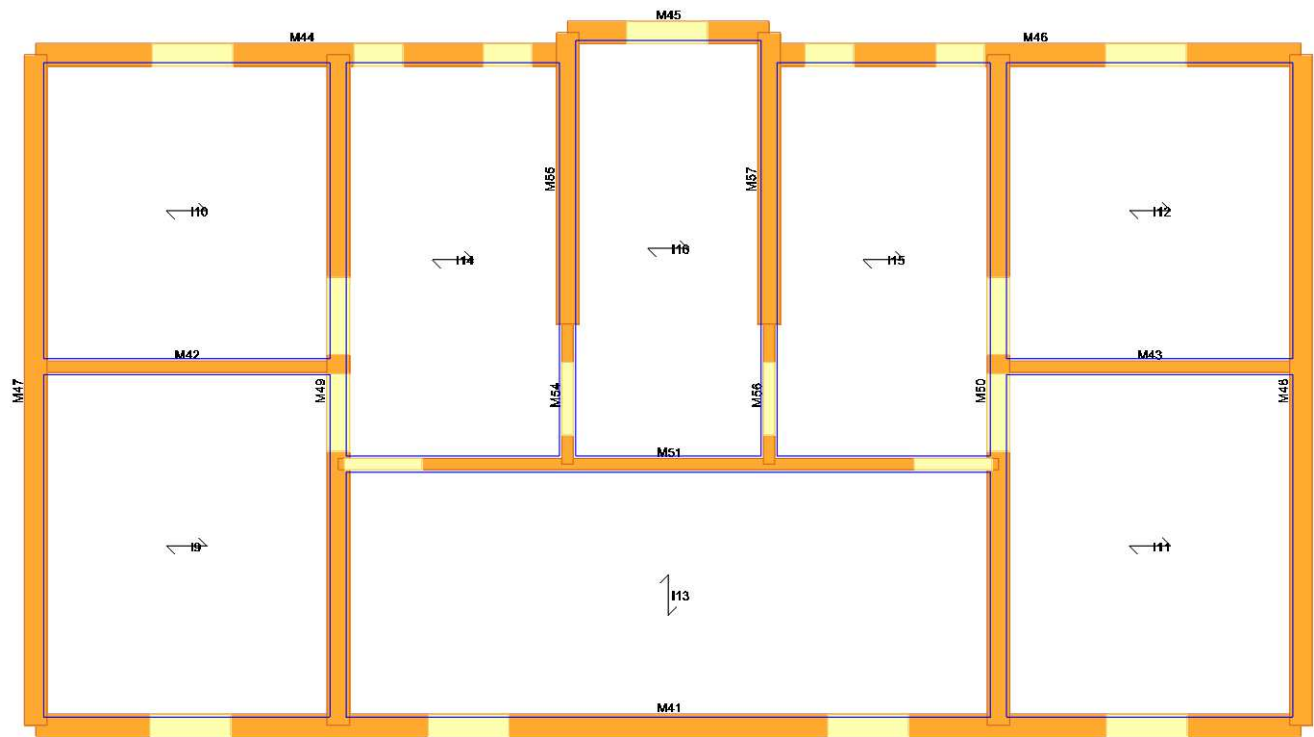
PROGETTO – VERIFICA GLOBALE TABULATI – PALAZZINA B

Descrizione Generale

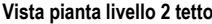
Immagini del modello



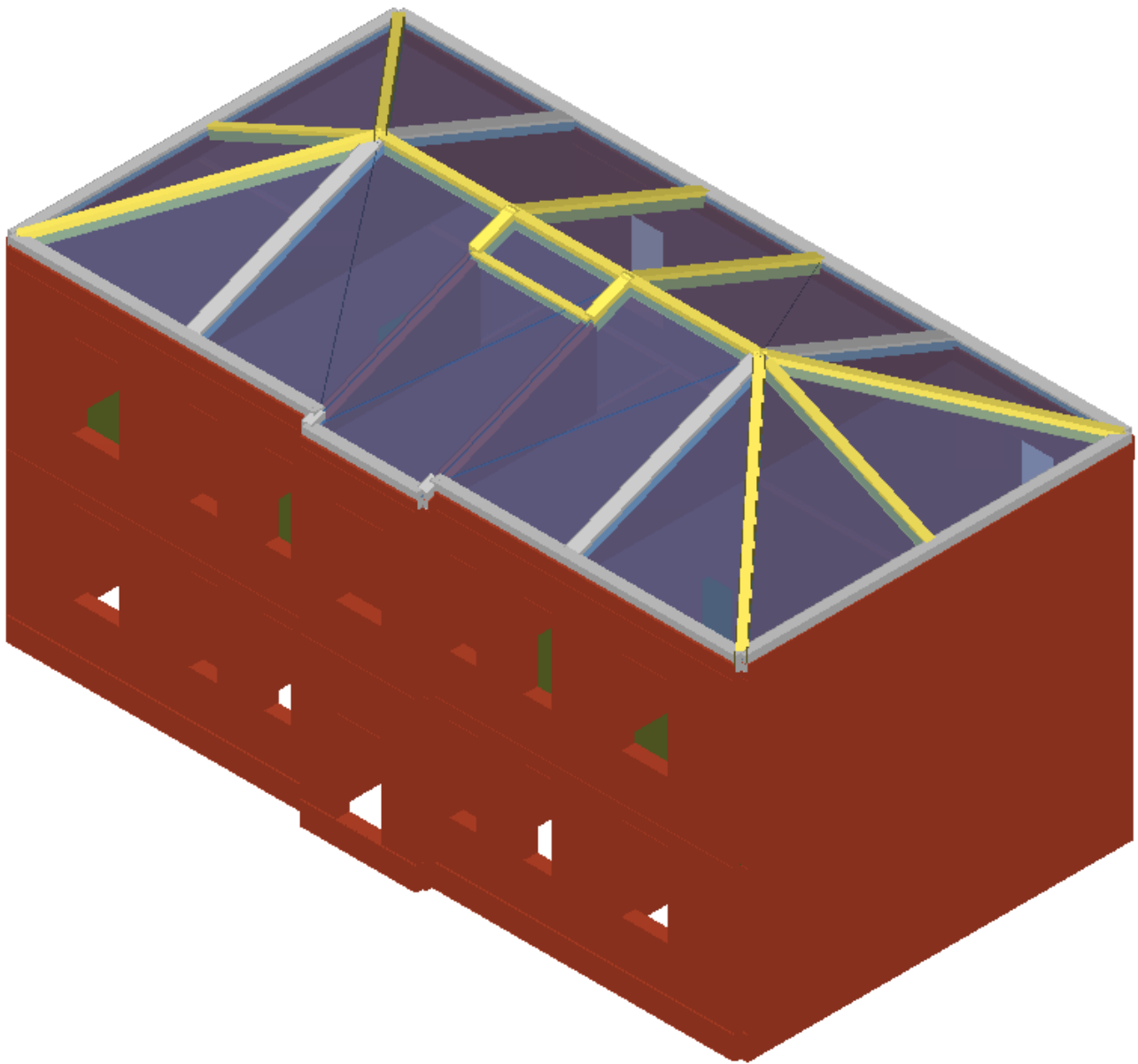
Vista pianta livello 1



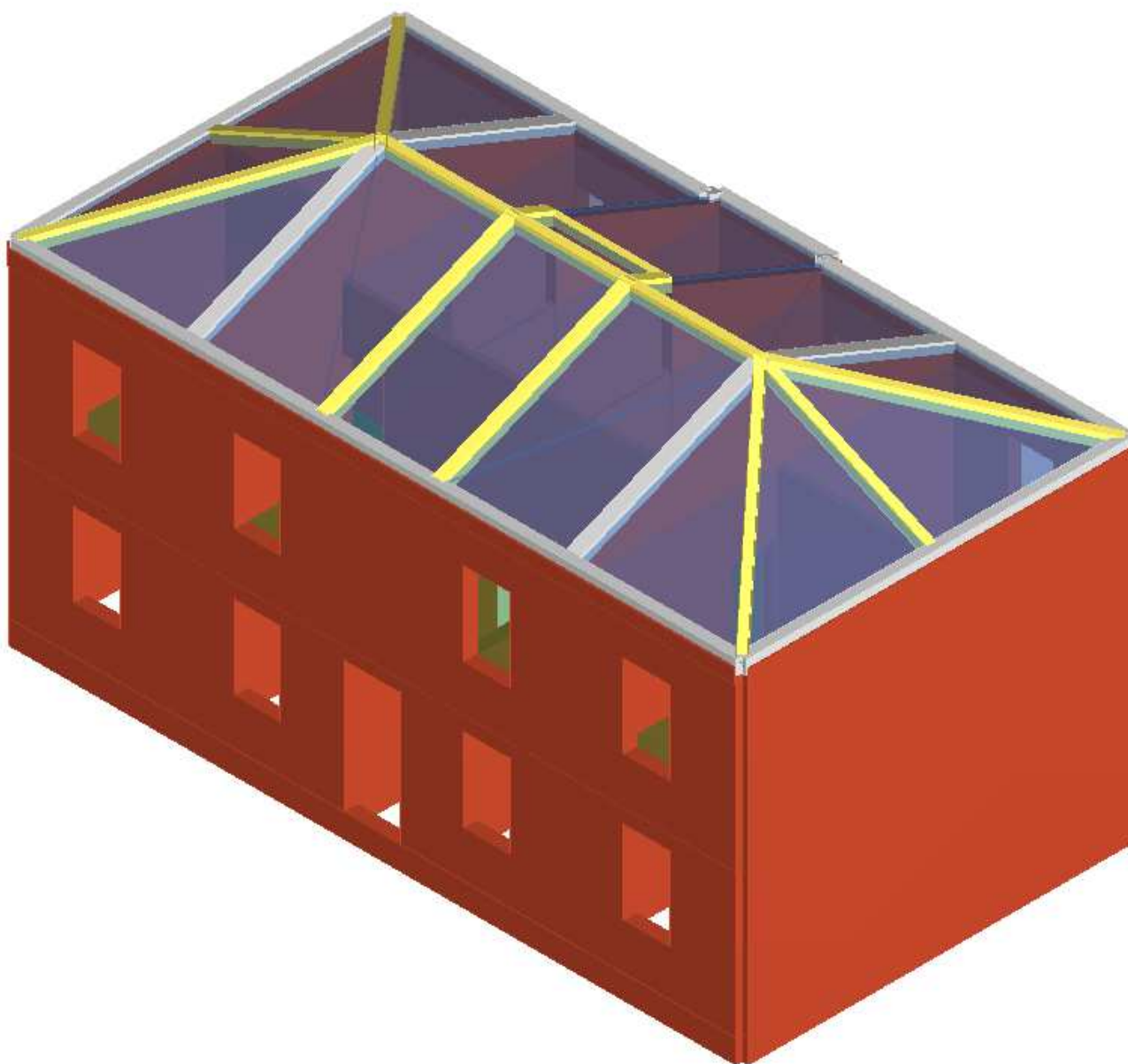
Vista pianta livello 2



Vista pianta livello 2 tetto



Vista 3D (1)



Vista 3D (2)

Norme di riferimento

Sono stati recepiti, per le analisi di cui in seguito, i principi e le regole riportate nelle normative seguenti:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le Costruzioni"

Descrizione del modello

Materiali

Muratura

Nome	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _m [N/cm ²]	τ f _{vm0} [N/cm ²]
Muratura	1 500,00	500,00	18	177,78	4,44

Calcestruzzo

Nome	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _{cm} [N/mm ²]	f _{ck} [N/mm ²]
C20/25	29 962,00	12 484,00	25	28,0	20,00
C25/30	31 476,00	13 115,00	25	33,0	25,00

Acciaio armatura

Nome	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _{ym} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]
B450	206 000,00	79 231,00	79	484,0	450,00

Legno

Nome	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _{wm} [N/mm ²]	f _{wk} [N/mm ²]
ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	12 000,00	750,00	4	41,0	29,00

Geometria del modello

La modellazione dell'edificio viene realizzata mediante l'inserimento di pareti che vengono discretizzate in macroelementi, rappresentativi di maschi murari e fasce di piano deformabili; i nodi rigidi sono indicati nelle porzioni di muratura che tipicamente sono meno soggette al danneggiamento sismico. Solitamente i maschi e le fasce sono contigui alle aperture, i nodi rigidi rappresentano elementi di collegamento tra maschi e fasce. La concezione matematica che si nasconde nell'impiego di tale elemento, permette di riconoscere il meccanismo di danno, a taglio nella sua parte centrale o a pressoflessione sui bordi dell'elemento in modo da percepire la dinamica del danneggiamento così come si presenta effettivamente nella realtà.

I nodi del modello, sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete). Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete.

Gli orizzontamenti, sono modellati con elementi solaio a tre nodi connessi ai nodi tridimensionali, sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi accidentali e permanenti; le azioni sismiche caricano il solaio lungo la direzione del piano medio. Per questo l'elemento finito solaio viene definito con una rigidità assiale, ma nessuna rigidità flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

Elementi di struttura

Livello 1

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
1	1	Muratura	-	310	310	28,0
3	2	Muratura	-	310	310	28,0
5	3	Muratura	-	310	310	28,0
7	4	Muratura	-	310	310	28,0
9	5	Muratura	-	310	310	28,0
11	6	Muratura	-	310	310	28,0
13	7	Muratura	-	310	310	28,0
15	8	Muratura	-	310	310	28,0
17	9	Muratura	-	310	310	28,0
19	10	Muratura	-	310	310	28,0
25	13	Muratura	-	310	310	14,0
27	14	Muratura	-	310	310	28,0
29	15	Muratura	-	310	310	28,0
37	16	Muratura	-	310	310	14,0
38	16	Muratura	-	310	310	28,0
39	17	Muratura	-	310	310	14,0
40	17	Muratura	-	310	310	28,0

Trave C.A. (1)

N.	Parete	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	J [cm4]
35	18	C20/25	B450	310	310	20,0	20,0	13 333,33

Trave C.A. (2)

N.	Parete	Af intradosso [cm2]	Af estradosso [cm2]	N. barre intradosso	N. barre estradosso	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm2]
35	18	3,08	3,08	2	2	2,0	20	5,65

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
1	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
2	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
3	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
4	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
5	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
6	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
7	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
8	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento

Livello 2

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota	Altezza	Spessore
----	--------	-----------	----------	-------	---------	----------

				[cm]	[cm]	[cm]
41	1	Muratura	-	660	350	28,0
42	2	Muratura	-	660	350	14,0
43	3	Muratura	-	660	350	14,0
44	4	Muratura	-	660	350	28,0
45	5	Muratura	-	660	350	28,0
46	6	Muratura	-	660	350	28,0
47	7	Muratura	-	660	350	28,0
48	8	Muratura	-	660	350	28,0
49	9	Muratura	-	660	350	28,0
50	10	Muratura	-	660	350	28,0
51	13	Muratura	-	660	350	14,0
54	16	Muratura	-	660	350	14,0
55	16	Muratura	-	660	350	28,0
95	16	Muratura	-	660	350	28,0
56	17	Muratura	-	660	350	14,0
57	17	Muratura	-	660	350	28,0
97	17	Muratura	-	660	350	28,0

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
9	660	5,0	720,00	16 054,40	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
10	660	5,0	720,00	16 054,40	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
11	660	5,0	720,00	16 054,40	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
12	660	5,0	720,00	16 054,40	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
13	660	5,0	720,00	16 054,40	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
14	660	5,0	720,00	16 054,40	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
15	660	5,0	720,00	16 054,40	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
16	660	5,0	720,00	16 054,40	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio

Elementi di copertura

Livello 2

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]
41	1	Muratura	-	28,0
42	2	Muratura	-	14,0
43	3	Muratura	-	14,0
44	4	Muratura	-	28,0
45	5	Muratura	-	28,0
46	6	Muratura	-	28,0
47	7	Muratura	-	28,0

48	8	Muratura	-	28,0
49	9	Muratura	-	28,0
50	10	Muratura	-	28,0
51	13	Muratura	-	14,0
54	16	Muratura	-	14,0
55	16	Muratura	-	28,0
95	16	Muratura	-	28,0
56	17	Muratura	-	14,0
57	17	Muratura	-	28,0
97	17	Muratura	-	28,0

Pannello + Cordolo C.A. (1)

N.	Parete	Materiale pannello	Rinforzo	Spessore [cm]	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]
59	1	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
62	4	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
63	5	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
64	6	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
65	7	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
66	8	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
80	9	Muratura	-	28,0	C25/30	B450	28,0	20,0
81	9	Muratura	-	28,0	C25/30	B450	28,0	20,0
84	10	Muratura	-	28,0	C25/30	B450	28,0	20,0
85	10	Muratura	-	28,0	C25/30	B450	28,0	20,0
89	16	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0
91	17	Muratura	-	30,0	C25/30	B450	20,0	30,0

Pannello + Cordolo C.A. (2)

N.	Parete	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	Af intrad. [cm ²]	Af estrad. [cm ²]	N. barre intrad.	N. barre Estrad.	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm ²]	Porzione deformabile
59	1	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
62	4	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
63	5	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
64	6	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
65	7	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
66	8	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
80	9	560,00	18 666,67	3,08	3,08	2	2	2,0	20	10,05	0,50
81	9	560,00	18 666,67	3,08	3,08	2	2	2,0	20	10,05	0,50
84	10	560,00	18 666,67	3,08	3,08	2	2	2,0	20	10,05	0,50
85	10	560,00	18 666,67	3,08	3,08	2	2	2,0	20	10,05	0,50
89	16	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50
91	17	600,00	45 000,00	3,08	3,08	2	2	3,0	20	10,05	0,50

Trave Acciaio / Legno

N.	Parete	Materiale	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	W plastico [cm ³]
94	16	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	560,00	36 586,67	2 613,33
96	17	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	560,00	36 586,67	2 613,33
74	18	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	192,00	4 096,00	512,00
82	19	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	384,00	18 432,00	1 536,00
86	19	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	384,00	18 432,00	1 536,00
87	19	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	384,00	18 432,00	1 536,00

76	20	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	448,00	29 269,33	2 090,67
77	21	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	448,00	29 269,33	2 090,67
78	22	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	448,00	29 269,33	2 090,67
79	23	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	448,00	29 269,33	2 090,67
92	24	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	560,00	36 586,67	2 613,33
93	25	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	560,00	36 586,67	2 613,33

Falda

N.	Quota min [cm]	Quota max [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
1	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
2	679	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
3	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
4	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
5	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
6	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
7	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
8	690	860	5,0	720,00	17 168,00	11 600,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio

Telaio equivalente

Parete : 1

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-585	-88	0	0
37	-210	-88	0	0
55	113	-88	0	0
59	284	-88	0	0
43	607	-88	0	0
4	982	-88	0	0
2	-585	-88	310	1
38	-210	-88	310	1
56	113	-88	310	1
60	284	-88	310	1
44	607	-88	310	1
5	982	-88	310	1
3	-585	-88	660	2
39	-210	-88	660	2
45	607	-88	660	2
6	982	-88	660	2
73	-585	-88	690	2(*)
81	-210	-88	690	2(*)
95	74	-88	690	2(*)

96	323	-88	690	2(*)
83	607	-88	690	2(*)
74	982	-88	690	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
97	783	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
12	Muratura	-	28,0	137,3	232,5	655	166	55	56
13	Muratura	-	28,0	137,3	232,5	912	166	59	60
10	Muratura	-	28,0	141,0	245,0	71	168	1	2
15	Muratura	-	28,0	141,0	245,0	1 496	168	4	5
11	Muratura	-	28,0	245,0	180,0	364	190	37	38
14	Muratura	-	28,0	245,0	180,0	1 203	190	43	44
16	Muratura	-	28,0	141,0	265,0	71	490	2	3
20	Muratura	-	28,0	141,0	265,0	1 496	490	5	6
17	Muratura	-	28,0	245,0	180,0	364	500	38	39
18	Muratura	-	28,0	394,5	180,0	783	500	60	97
19	Muratura	-	28,0	245,0	180,0	1 203	500	44	45
9(*)	Muratura	-	30,0	1 566,5	30,0	783	675	97	96

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
1	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	191	50	1	37
3	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	536	50	37	55
5	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	1 031	50	59	43
7	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	1 376	50	43	4
2	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	191	345	2	38
4	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	536	345	38	56
6	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	1 031	345	60	44
8	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	1 376	345	44	5

Parete : 2

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
7	-585	355	0	0
10	-210	355	0	0
8	-585	355	310	1
11	-210	355	310	1
9	-585	355	660	2
12	-210	355	660	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
98	187	0	0
99	187	310	1
100	187	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
21	Muratura	-	28,0	374,5	310,0	187	155	98	99
22	Muratura	-	14,0	374,5	350,0	187	485	99	100

Parete : 3

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
13	607	355	0	0
16	982	355	0	0
14	607	355	310	1
17	982	355	310	1
15	607	355	660	2
18	982	355	660	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
101	187	0	0
102	187	310	1
103	187	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
23	Muratura	-	28,0	374,5	310,0	187	155	101	102
24	Muratura	-	14,0	374,5	350,0	187	485	102	103

Parete : 4

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
19	-585	741	0	0
40	-210	741	0	0
22	74	741	0	0
20	-585	741	310	1
41	-210	741	310	1
23	74	741	310	1
21	-585	741	660	2
42	-210	741	660	2
24	74	741	660	2
75	-585	741	690	2(*)
82	-210	741	690	2(*)
76	74	741	690	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
104	504	0	0
105	504	310	1
106	504	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
32	Muratura	-	28,0	144,0	245,0	72	168	19	20
35	Muratura	-	28,0	44,5	245,0	636	168	22	23
33	Muratura	-	28,0	150,0	180,0	319	190	40	41
34	Muratura	-	28,0	100,0	180,0	504	190	104	105
36	Muratura	-	28,0	144,0	265,0	72	490	20	21
39	Muratura	-	28,0	44,5	265,0	636	490	23	24
37	Muratura	-	28,0	150,0	180,0	319	500	41	42
38	Muratura	-	28,0	100,0	180,0	504	500	105	106
31(*)	Muratura	-	30,0	658,5	30,0	329	675	42	82

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
25	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	194	50	19	40
27	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	424	50	40	104
29	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	584	50	104	22
26	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	194	345	20	41
28	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	424	345	41	105
30	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	584	345	105	23

Parete : 5

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
25	74	769	0	0
28	323	769	0	0
26	74	769	310	1
29	323	769	310	1
27	74	769	660	2
30	323	769	660	2
77	74	769	679	2(*)
78	323	769	679	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
107	125	660	2
108	125	679	2(*)

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
42	Muratura	-	28,0	73,0	266,9	37	133	25	26
43	Muratura	-	28,0	76,5	266,9	211	133	28	29
44	Muratura	-	28,0	73,0	265,0	37	490	26	27
45	Muratura	-	28,0	76,5	265,0	211	490	29	30
41(*)	Muratura	-	30,0	249,5	18,7	125	669	107	108

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
40	Muratura	-	28,0	100,0	210,0	123	305	26	29

Parete : 6

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
31	323	741	0	0
46	607	741	0	0
34	982	741	0	0
32	323	741	310	1
47	607	741	310	1
35	982	741	310	1
33	323	741	660	2
48	607	741	660	2
36	982	741	660	2
79	323	741	690	2(*)
84	607	741	690	2(*)
80	982	741	690	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
109	155	0	0
110	155	310	1
111	155	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
53	Muratura	-	28,0	44,5	245,0	22	168	31	32
56	Muratura	-	28,0	142,0	245,0	588	168	34	35
54	Muratura	-	28,0	102,0	180,0	156	190	109	110
55	Muratura	-	28,0	150,0	180,0	342	190	46	47
57	Muratura	-	28,0	44,5	265,0	22	490	32	33
60	Muratura	-	28,0	142,0	265,0	588	490	35	36
58	Muratura	-	28,0	102,0	180,0	156	500	110	111
59	Muratura	-	28,0	150,0	180,0	342	500	47	48
52(*)	Muratura	-	30,0	658,5	30,0	329	675	48	84

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
46	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	75	50	31	109
48	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	237	50	109	46
50	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	467	50	46	34
47	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	75	345	32	110
49	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	237	345	110	47
51	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	467	345	47	35

Parete : 7

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-585	-88	0	0
7	-585	355	0	0
19	-585	741	0	0
2	-585	-88	310	1
8	-585	355	310	1
20	-585	741	310	1
3	-585	-88	660	2
9	-585	355	660	2
21	-585	741	660	2
73	-585	-88	690	2(*)
89	-585	327	690	2(*)
75	-585	741	690	2(*)

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
61	Muratura	-	28,0	829,5	310,0	415	155	7	8
62	Muratura	-	28,0	829,5	350,0	415	485	8	9
63(*)	Muratura	-	30,0	829,5	30,0	415	675	9	89

Parete : 8

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
4	982	-88	0	0
16	982	355	0	0
34	982	741	0	0
5	982	-88	310	1
17	982	355	310	1
35	982	741	310	1
6	982	-88	660	2
18	982	355	660	2
36	982	741	660	2
74	982	-88	690	2(*)
90	982	327	690	2(*)
80	982	741	690	2(*)

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
64	Muratura	-	28,0	829,5	310,0	415	155	16	17
65	Muratura	-	28,0	829,5	350,0	415	485	17	18
66(*)	Muratura	-	30,0	829,5	30,0	415	675	18	90

Parete : 9

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
37	-210	-88	0	0
49	-210	235	0	0

10	-210	355	0	0
40	-210	741	0	0
38	-210	-88	310	1
50	-210	235	310	1
11	-210	355	310	1
41	-210	741	310	1
39	-210	-88	660	2
51	-210	235	660	2
12	-210	355	660	2
42	-210	741	660	2
81	-210	-88	690	2(*)
91	-210	327	860	2(*)
82	-210	741	690	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
112	415	660	2
113	207	775	2(*)
114	622	775	2(*)

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
72	Muratura	-	28,0	23,5	215,0	447	108	10	11
71	Muratura	-	28,0	339,0	271,1	170	136	49	50
73	Muratura	-	28,0	275,0	271,1	692	136	40	41
75	Muratura	-	28,0	23,5	215,0	447	418	11	12
74	Muratura	-	28,0	339,0	298,6	170	459	50	51
76	Muratura	-	28,0	275,0	298,6	692	459	41	42
69(*)	Muratura	-	28,0	414,8	115,0	207	718	51	113
70(*)	Muratura	-	28,0	414,8	115,0	622	718	12	114

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
67	Muratura	-	28,0	96,0	95,0	387	263	50	11
68	Muratura	-	28,0	96,0	95,0	507	263	11	41

Parete : 10

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
43	607	-88	0	0
52	607	235	0	0
13	607	355	0	0
46	607	741	0	0
44	607	-88	310	1
53	607	235	310	1
14	607	355	310	1
47	607	741	310	1
45	607	-88	660	2
54	607	235	660	2

15	607	355	660	2
48	607	741	660	2
83	607	-88	690	2(*)
92	607	327	860	2(*)
84	607	741	690	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
115	415	660	2
116	207	775	2(*)
117	622	775	2(*)

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
82	Muratura	-	28,0	23,5	215,0	447	108	13	14
81	Muratura	-	28,0	339,0	271,1	170	136	52	53
83	Muratura	-	28,0	275,0	271,1	692	136	46	47
85	Muratura	-	28,0	23,5	215,0	447	418	14	15
84	Muratura	-	28,0	339,0	298,6	170	459	53	54
86	Muratura	-	28,0	275,0	298,6	692	459	47	48
79(*)	Muratura	-	28,0	414,8	115,0	207	718	54	116
80(*)	Muratura	-	28,0	414,8	115,0	622	718	15	117

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
77	Muratura	-	28,0	96,0	95,0	387	263	53	14
78	Muratura	-	28,0	96,0	95,0	507	263	14	47

Parete : 11

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
49	-210	235	0	0
63	74	235	0	0
57	113	235	0	0
61	284	235	0	0
66	323	235	0	0
52	607	235	0	0
50	-210	235	310	1
64	74	235	310	1
58	113	235	310	1
62	284	235	310	1
67	323	235	310	1
53	607	235	310	1
51	-210	235	660	2
65	74	235	660	2
68	323	235	660	2
54	607	235	660	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
92	Muratura	-	14,0	231,8	252,5	219	126	63	64
93	Muratura	-	14,0	231,8	252,5	599	126	66	67
91	Muratura	-	14,0	6,9	271,1	3	136	49	50
94	Muratura	-	14,0	6,9	271,1	814	136	52	53
96	Muratura	-	14,0	609,5	215,0	408	418	58	65
95	Muratura	-	14,0	7,5	298,6	4	459	50	51
97	Muratura	-	14,0	8,5	298,6	813	459	53	54

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
87	Muratura	-	14,0	96,0	95,0	55	263	50	64
88	Muratura	-	14,0	96,0	95,0	762	263	67	53
89	Muratura	-	14,0	96,0	135,0	56	593	51	65
90	Muratura	-	14,0	96,0	135,0	761	593	68	54

Parete : 12

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
55	113	-88	0	0
57	113	235	0	0
56	113	-88	310	1
58	113	235	310	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
118	162	0	0
119	162	310	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
98	Muratura	-	28,0	323,0	310,0	162	155	118	119

Parete : 13

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
59	284	-88	0	0
61	284	235	0	0
60	284	-88	310	1
62	284	235	310	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
120	162	0	0
121	162	310	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore	Base	Altezza	Baricentro X	Baricentro Z	Nodo	Nodo
----	-----------	----------	----------	------	---------	--------------	--------------	------	------

			[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	sopra	sotto
99	Muratura	-	28,0	323,0	310,0	162	155	120	121

Parete : 14

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
63	74	235	0	0
69	74	408	0	0
22	74	741	0	0
25	74	769	0	0
64	74	235	310	1
70	74	408	310	1
23	74	741	310	1
26	74	769	310	1
65	74	235	660	2
24	74	741	660	2
27	74	769	660	2
95	74	-88	690	2(*)
93	74	327	860	2(*)
87	74	408	827	2(*)
76	74	741	690	2(*)
77	74	769	679	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
122	496	660	2
123	663	660	2
125	843	660	2
85	323	822	2(*)
124	663	758	2(*)
126	843	684	2(*)

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
106	Muratura	-	14,0	36,0	271,1	341	136	63	64
107	Muratura	-	14,0	47,3	271,1	473	136	69	70
102	Muratura	-	28,0	360,7	310,0	677	155	22	23
108	Muratura	-	14,0	36,0	298,6	341	459	64	65
109	Muratura	-	14,0	47,3	298,6	473	459	70	122
103	Muratura	-	28,0	360,7	350,0	677	485	23	123
105(*)	Muratura	-	30,0	27,5	24,4	843	672	125	126
104(*)	Muratura	-	28,0	333,2	98,3	663	709	123	124

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
100	Muratura	-	14,0	90,0	95,0	404	263	64	70
101	Muratura	-	14,0	90,0	135,0	404	593	65	122

Parete : 15

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
66	323	235	0	0
71	323	408	0	0
31	323	741	0	0
28	323	769	0	0
67	323	235	310	1
72	323	408	310	1
32	323	741	310	1
29	323	769	310	1
68	323	235	660	2
33	323	741	660	2
30	323	769	660	2
96	323	-88	690	2(*)
94	323	327	860	2(*)
88	323	408	827	2(*)
79	323	741	690	2(*)
78	323	769	679	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
127	496	660	2
128	663	660	2
130	843	660	2
86	323	822	2(*)
129	663	758	2(*)
131	843	684	2(*)

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
116	Muratura	-	14,0	36,0	271,1	341	136	66	67
117	Muratura	-	14,0	47,3	271,1	473	136	71	72
112	Muratura	-	28,0	360,7	310,0	677	155	31	32
118	Muratura	-	14,0	36,0	298,6	341	459	67	68
119	Muratura	-	14,0	47,3	298,6	473	459	72	127
113	Muratura	-	28,0	360,7	350,0	677	485	32	128
115(*)	Muratura	-	30,0	27,5	24,4	843	672	130	131
114(*)	Muratura	-	28,0	333,2	98,3	663	709	128	129

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
110	Muratura	-	14,0	90,0	95,0	404	263	67	72
111	Muratura	-	14,0	90,0	135,0	404	593	68	127

Parete : 16

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
69	74	408	0	0

71	323	408	0	0
70	74	408	310	1
72	323	408	310	1
87	74	408	827	2(*)
88	323	408	827	2(*)

Parete : 17

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
89	-585	327	690	2(*)
91	-210	327	860	2(*)
93	74	327	860	2(*)
94	323	327	860	2(*)
92	607	327	860	2(*)
90	982	327	690	2(*)

Parete : 18

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
73	-585	-88	690	2(*)
91	-210	327	860	2(*)

Parete : 19

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
75	-585	741	690	2(*)
91	-210	327	860	2(*)

Parete : 20

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
92	607	327	860	2(*)
74	982	-88	690	2(*)

Parete : 21

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
92	607	327	860	2(*)
80	982	741	690	2(*)

(*) Elementi di copertura

Carichi

Carico Sismico:

Le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e allo stato limite di esercizio (SLD; SLO); devono essere effettuate per la seguente combinazione [Norme Tecniche 2018 §2.5.3].

$$E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

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

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

Carico Statico:

La verifica allo stato limite ultimo per carichi statici viene condotta con la seguente combinazione dei carichi.

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite in esame;
- G_{k1} peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_{k2} peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- Q_{ki} valore caratteristico della azione variabile;
- Ψ_2 coefficiente di combinazione;
- Ψ_0 coefficiente di combinazione per i carichi variabili
- γ_{G1} ; γ_{G2} ; γ_Q : coefficienti parziali di sicurezza

I valori dei vari coefficienti sono scelti in base alla destinazione d'uso dei vari solai secondo quanto indicato nella norma. [Norme Tecniche 2018 Tabella 2.5.1].

Note

CDM : Considera solo contributo dinamico della massa

N. Solaio	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Copertura	ψ_0	ψ_2
16	80	20	150	No	0,00	0,00
1	300	250	200	No	0,70	0,30
2	300	250	200	No	0,70	0,30
3	300	250	200	No	0,70	0,30
4	300	250	200	No	0,70	0,30
5	300	250	200	No	0,70	0,30
6	300	250	200	No	0,70	0,30
7	300	250	200	No	0,70	0,30
8	300	250	200	No	0,70	0,30
9	80	20	150	No	0,00	0,00
10	80	20	150	No	0,00	0,00
11	80	20	150	No	0,00	0,00
12	80	20	150	No	0,00	0,00
13	80	20	150	No	0,00	0,00
14	80	20	150	No	0,00	0,00
15	80	20	150	No	0,00	0,00

N. Falda	Gk1	Gk2	Qk	Copertura	ψ_0	ψ_2
----------	-----	-----	----	-----------	----------	----------

	[daN/m ²]	[daN/m ²]	[daN/m ²]			
1	100	160	100	Si	0,00	0,00
2	100	160	100	Si	0,00	0,00
3	100	160	100	Si	0,00	0,00
4	100	160	100	Si	0,00	0,00
5	100	160	100	Si	0,00	0,00
6	100	160	100	Si	0,00	0,00
7	100	160	100	Si	0,00	0,00
8	100	160	100	Si	0,00	0,00

Spettro da normativa

Gli spettri di risposta, sono definiti in funzione del reticolo di riferimento definito nella "Tabella 1" (parametri spettrali) in allegato alle Norme Tecniche.

Tale tabella fornisce, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine), i parametri necessari a tracciare lo spettro. I parametri forniti dal reticolo di riferimento sono:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

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.

La trilogia di valori qui descritta, è definita per un periodo di ritorno assegnato (TR), definito in base alla probabilità di superamento di ciascuno degli stati limite.

Tali valori, saranno pertanto definiti per ciascuno degli stati limite esaminati (vedere tabella).

Lo spettro sismico dipende anche dalla "Classe del suolo" e dalla "categoria topografica" (vedere tabella).

	SLC	SLV	SLD	SLO
A_g [m/s ²]	1,69	1,26	0,44	0,36
F_0	2,56	2,60	2,51	2,55
T^*_C [s]	0,28	0,27	0,28	0,25
Tr	975,00	475,00	50,00	30,00

	SLC	SLV	SLD	SLO
S_s	1,43	1,50	1,50	1,50
T_b [s]	0,15	0,15	0,15	0,14
T_c [s]	0,45	0,44	0,45	0,41
T_d [s]	2,29	2,12	1,78	1,74

Analisi incrementale a collasso (pushover)

Descrizione analisi pushover

Al fine di eseguire le dovute verifiche nei riguardi dell'edificio in questione, si è deciso di procedere con l'esecuzione di una analisi statica non lineare.

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per le diverse condizioni previste e la domanda di spostamento prevista dalla normativa.

La curva di capacità è individuata mediante un diagramma spostamento-taglio massimo alla base.

Secondo le prescrizioni da normativa, le condizioni di carico da esaminare devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

- distribuzione proporzionale alle Forze statiche (Gruppo 1)
- distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione (Gruppo 2);

L'analisi, eseguita in controllo di spostamento, procede al calcolo della distribuzione di forze che genera il valore dello spostamento richiesto. L'analisi viene fatta continuare fino a che non si verifica il decadimento del taglio al 80% dal suo valore di picco. Si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze. Questo valore di spostamento costituisce il valore ultimo dell'edificio.

Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità è quello di un punto dell'edificio detto nodo di controllo.

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF). Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente.

La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa.

La normativa definisce una eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma.

In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

- Carico sismico: Individua quale delle due tipologie di distribuzioni (proporzionale alle masse o al primo modo) prendere in esame.
- Direzione: Individua la direzione lungo cui viene caricata la struttura (X o Y del sistema globale) dal carico sismico.

Al fine di individuare la condizione di carico sismico più gravosa, si è deciso di eseguire le analisi distinte per tipologia di carico, direzione del sisma e di eventuali eccentricità accidentali.

N.	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Eccentricità [cm]	Livello	Nodo
1	+X	Uniforme	0,0	2	65
2	+X	Forze statiche	0,0	2	65
3	-X	Uniforme	0,0	2	65
4	-X	Forze statiche	0,0	2	65
5	+Y	Uniforme	0,0	2	65
6	+Y	Forze statiche	0,0	2	65
7	-Y	Uniforme	0,0	2	65
8	-Y	Forze statiche	0,0	2	65
9	+X	Uniforme	42,9	2	65
10	+X	Uniforme	-42,9	2	65
11	+X	Forze statiche	42,9	2	65
12	+X	Forze statiche	-42,9	2	65
13	-X	Uniforme	42,9	2	65
14	-X	Uniforme	-42,9	2	65
15	-X	Forze statiche	42,9	2	65
16	-X	Forze statiche	-42,9	2	65
17	+Y	Uniforme	78,3	2	65
18	+Y	Uniforme	-78,3	2	65
19	+Y	Forze statiche	78,3	2	65
20	+Y	Forze statiche	-78,3	2	65
21	-Y	Uniforme	78,3	2	65
22	-Y	Uniforme	-78,3	2	65
23	-Y	Forze statiche	78,3	2	65
24	-Y	Forze statiche	-78,3	2	65

Risultati

Secondo le indicazioni da normativa si devono eseguire le seguenti verifiche:

Stato limite Collasso (SLC):

D_u^{SLC} : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente con il decadimento della curva Push-over a un valore pari al 80% di quello massimo.

Stato limite Vita (SLV):

$$D_{max}^{SLV} \leq D_u^{SLV}$$

D_{max}^{SLV} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u^{SLV} : Spostamento massimo offerto dalla struttura individuato in corrispondenza di $0,75 \cdot D_u^{SLC}$.

$$q^* < 3,0$$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite di Danno (SLD):

$$D_{max}^{SLD} \leq D_u^{SLD}$$

D_{max}^{SLD} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di danno.

D_u^{SLD} : Spostamento massimo corrispondente al valore che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0,0020).

Vulnerabilità sismica

Per ciascuno stato limite eseguito viene calcolato l'indice di rischio α (α_{SLC} , α_{SLV} , α_{SLD} , α_{SLO}). Questi parametri vengono calcolati come indicato nel seguito:

$$\alpha_{SLV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} ;$$

$$\alpha_{SLD} = \frac{PGA_{CLD}}{PGA_{DLD}} ;$$

Accelerazioni di capacità: l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere.

- PGA_{CLV} : accelerazione di capacità corrispondente a SLV
- PGA_{CLD} : accelerazione di capacità corrispondente a SLD

Accelerazioni di domanda : Valori di riferimento delle accelerazioni dell'azione sismica

Tali valori vengono definiti a partire dal carico sismico definito nella forma dello spettro.

#BSLC#

- PGA_{DLC} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLC #ESLC#
- PGA_{DLV} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLV

- $PGA_{DL D}$: accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLD

Dettaglio verifiche

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	Dmax SLC [cm]	Du SLC [cm]	SLC ver.	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	SLV ver.	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	SLD ver.
1	+X	Uniforme	0,0	1,06	0,87	No	0,24	0,62	Sì			
2	+X	Forze statiche	0,0	1,22	1,19	No	0,29	0,80	Sì			
3	-X	Uniforme	0,0	1,10	0,87	No	0,25	0,80	Sì			
4	-X	Forze statiche	0,0	1,25	1,14	No	0,30	0,92	Sì			
5	+Y	Uniforme	0,0	0,55	1,25	Sì	0,16	0,82	Sì			
6	+Y	Forze statiche	0,0	0,77	1,45	Sì	0,20	1,18	Sì			
7	-Y	Uniforme	0,0	0,53	1,39	Sì	0,16	0,83	Sì			
8	-Y	Forze statiche	0,0	0,73	3,19	Sì	0,20	0,95	Sì			
9	+X	Uniforme	42,9	1,07	0,88	No	0,24	0,63	Sì			
10	+X	Uniforme	-42,9	1,05	0,91	No	0,24	0,55	Sì			
11	+X	Forze statiche	42,9	1,23	1,19	No	0,29	0,81	Sì			
12	+X	Forze statiche	-42,9	1,21	1,18	No	0,28	0,91	Sì			
13	-X	Uniforme	42,9	1,11	0,88	No	0,26	0,81	Sì			
14	-X	Uniforme	-42,9	1,09	0,91	No	0,25	0,79	Sì			
15	-X	Forze statiche	42,9	1,27	1,19	No	0,30	0,87	Sì			
16	-X	Forze statiche	-42,9	1,24	1,09	No	0,29	0,91	Sì			
17	+Y	Uniforme	78,3	0,57	0,84	Sì	0,17	1,11	Sì			
18	+Y	Uniforme	-78,3	0,57	0,85	Sì	0,16	1,13	Sì			
19	+Y	Forze statiche	78,3	0,76	1,35	Sì	0,20	1,24	Sì			
20	+Y	Forze statiche	-78,3	0,76	1,36	Sì	0,20	1,30	Sì			
21	-Y	Uniforme	78,3	0,55	0,94	Sì	0,17	1,13	Sì			
22	-Y	Uniforme	-78,3	0,55	0,97	Sì	0,17	1,08	Sì			
23	-Y	Forze statiche	78,3	0,72	1,40	Sì	0,20	1,27	Sì			
24	-Y	Forze statiche	-78,3	0,71	1,43	Sì	0,20	1,56	Sì			

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	α SLV	α SLD
1	+X	Uniforme	0,0	0,867	2,047
2	+X	Forze statiche	0,0	0,978	2,165
3	-X	Uniforme	0,0	0,844	2,348
4	-X	Forze statiche	0,0	0,931	2,339
5	+Y	Uniforme	0,0	1,580	3,616

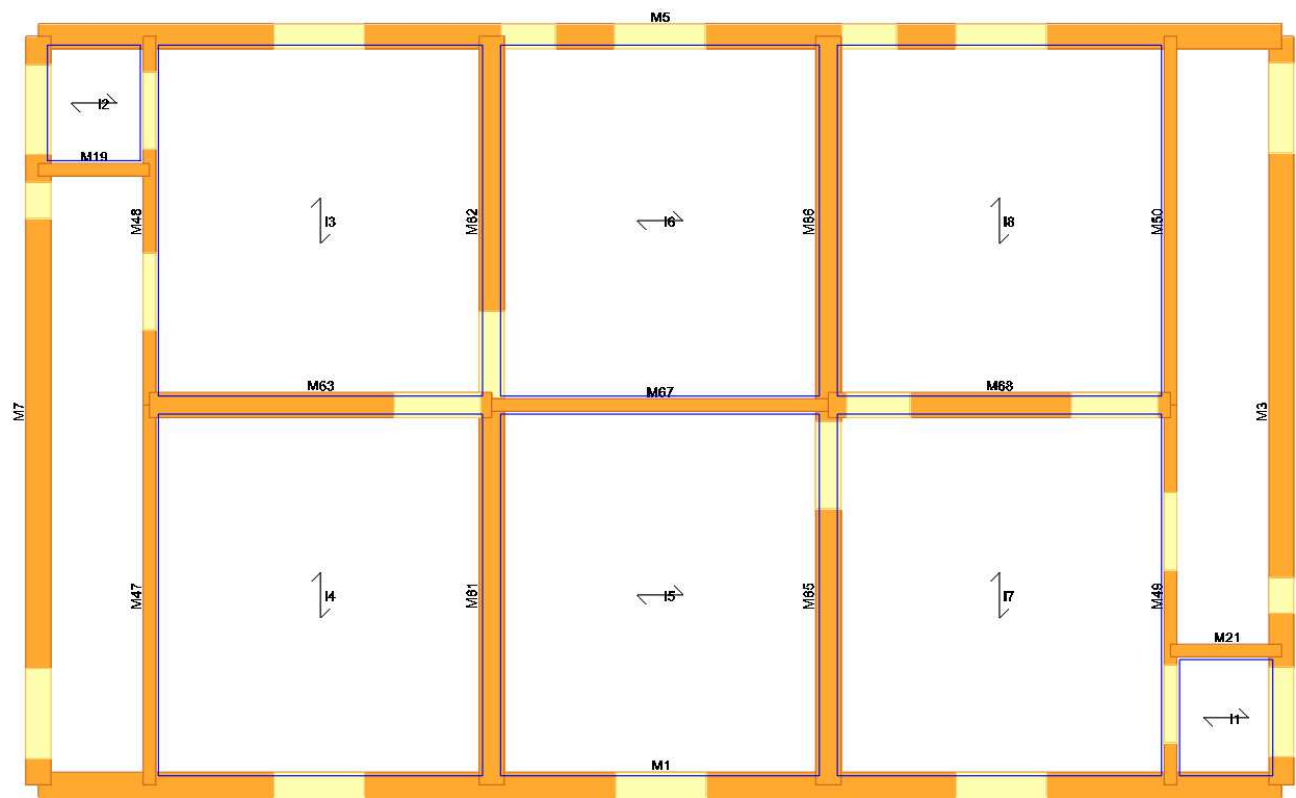
6	+Y	Forze statiche	0,0	1,516	3,852
7	-Y	Uniforme	0,0	1,723	3,688
8	-Y	Forze statiche	0,0	2,888	3,446
9	+X	Uniforme	42,9	0,865	2,047
10	+X	Uniforme	-42,9	0,900	1,922
11	+X	Forze statiche	42,9	0,975	2,164
12	+X	Forze statiche	-42,9	0,981	2,386
13	-X	Uniforme	42,9	0,843	2,347
14	-X	Uniforme	-42,9	0,878	2,350
15	-X	Forze statiche	42,9	0,956	2,228
16	-X	Forze statiche	-42,9	0,907	2,342
17	+Y	Uniforme	78,3	1,220	4,275
18	+Y	Uniforme	-78,3	1,232	4,319
19	+Y	Forze statiche	78,3	1,443	3,998
20	+Y	Forze statiche	-78,3	1,458	4,149
21	-Y	Uniforme	78,3	1,330	4,360
22	-Y	Uniforme	-78,3	1,350	4,239
23	-Y	Forze statiche	78,3	1,526	4,181
24	-Y	Forze statiche	-78,3	1,548	4,832

ALLEGATO G

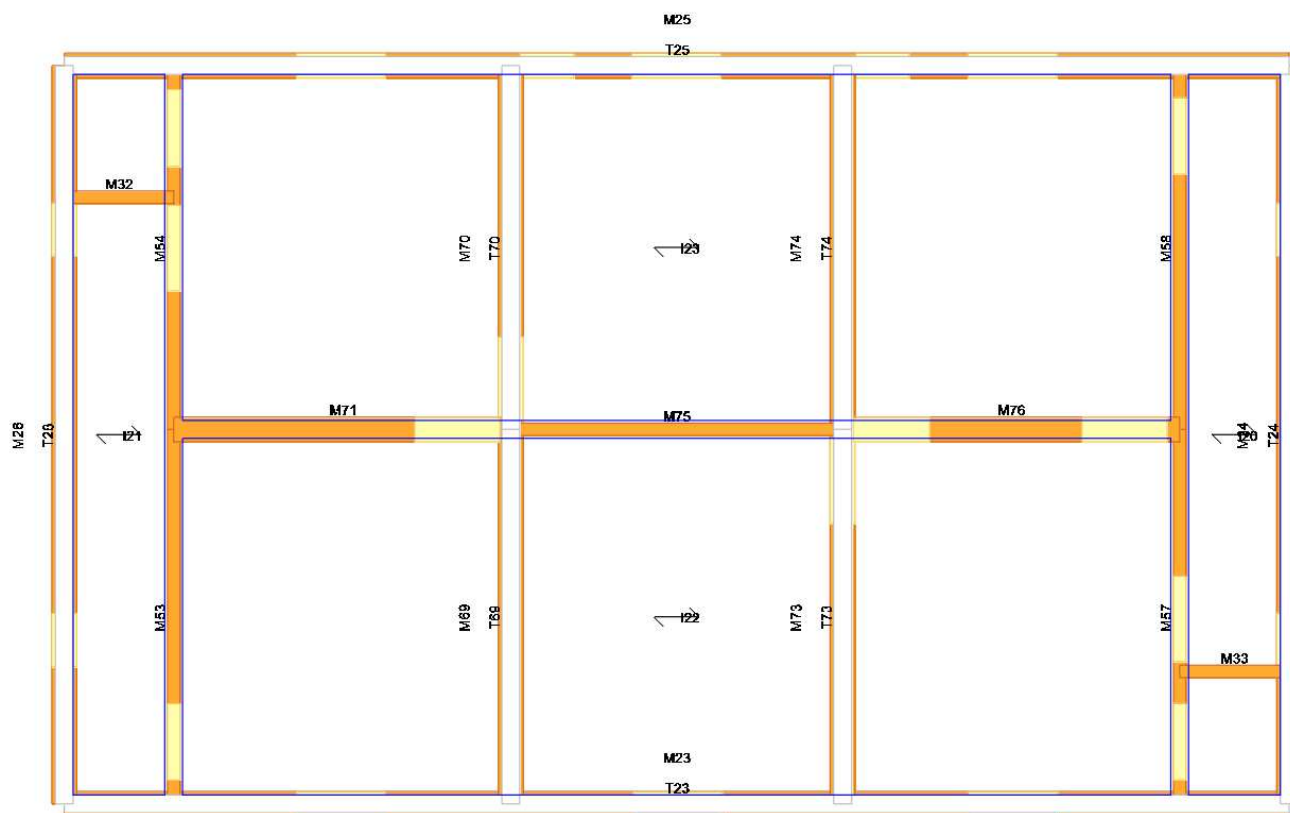
PROGETTO – VERIFICA GLOBALE TABULATI – PALAZZINA C

Descrizione Generale

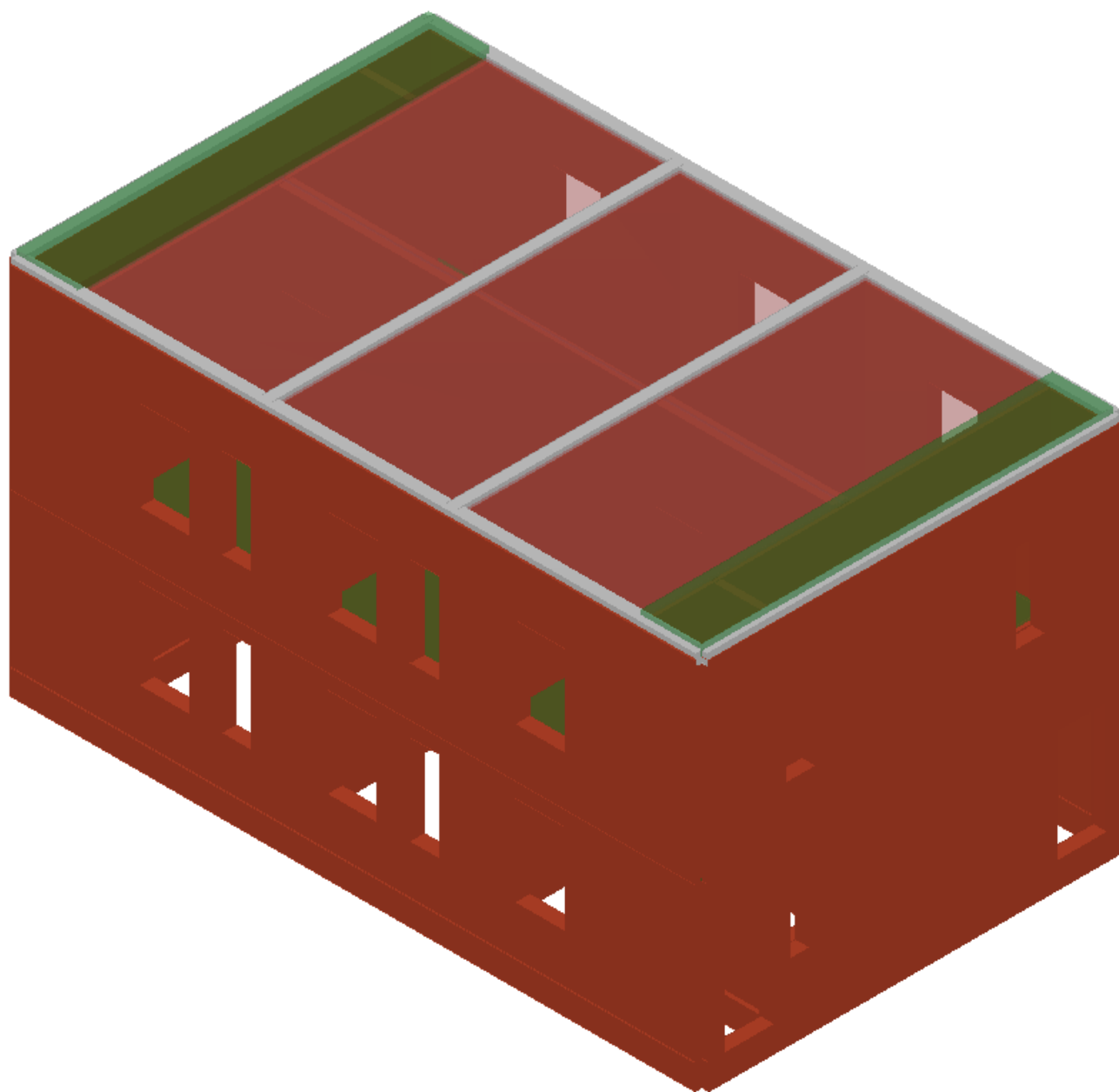
Immagini del modello



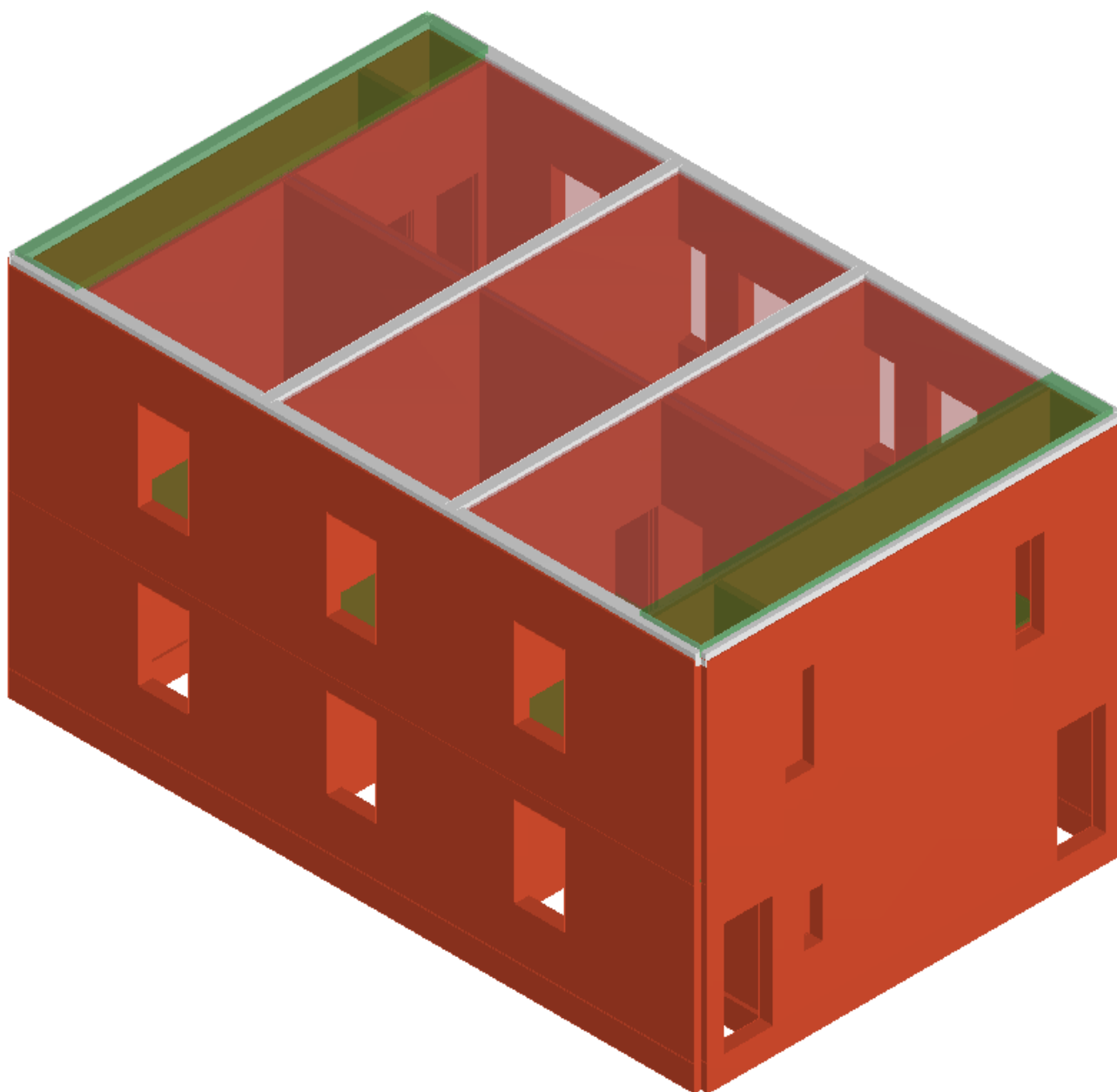
Vista pianta livello 1



Vista pianta livello 2



Vista 3D (1)



Vista 3D (2)

Norme di riferimento

Sono stati recepiti, per le analisi di cui in seguito, i principi e le regole riportate nelle normative seguenti:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le Costruzioni"

Descrizione del modello

Materiali

Muratura

Nome	E [N/mm2]	G [N/mm2]	Peso specifico [kN/m3]	f _m [N/cm2]	τ f _{vm0} [N/cm2]
Muratura	1 500,00	500,00	18	177,78	4,44

Calcestruzzo

Nome	E [N/mm2]	G [N/mm2]	Peso specifico [kN/m3]	f _{cm} [N/mm2]	f _{ck} [N/mm2]
C25/30	31 476,00	13 115,00	25	33,0	25,00

Acciaio armatura

Nome	E [N/mm2]	G [N/mm2]	Peso specifico [kN/m3]	f _{ym} [N/mm2]	f _{yk} [N/mm2]
B450	206 000,00	79 231,00	79	484,0	450,00

Geometria del modello

La modellazione dell'edificio viene realizzata mediante l'inserimento di pareti che vengono discretizzate in macroelementi, rappresentativi di maschi murari e fasce di piano deformabili; i nodi rigidi sono indicati nelle porzioni di muratura che tipicamente sono meno soggette al danneggiamento sismico. Solitamente i maschi e le fasce sono contigui alle aperture, i nodi rigidi rappresentano elementi di collegamento tra maschi e fasce. La concezione matematica che si nasconde nell'impiego di tale elemento, permette di riconoscere il meccanismo di danno, a taglio nella sua parte centrale o a pressoflessione sui bordi dell'elemento in modo da percepire la dinamica del danneggiamento così come si presenta effettivamente nella realtà.

I nodi del modello, sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete). Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete.

Gli orizzontamenti, sono modellati con elementi solaio a tre nodi connessi ai nodi tridimensionali, sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi accidentali e permanenti; le azioni sismiche caricano il solaio lungo la direzione del piano medio. Per questo l'elemento finito solaio viene definito con una rigidezza assiale, ma nessuna rigidezza flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

Elementi di struttura

Livello 1

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
----	--------	-----------	----------	---------------	-----------------	------------------

1	1	Muratura	-	310	310	28,0
3	2	Muratura	-	310	310	28,0
5	3	Muratura	-	310	310	28,0
7	4	Muratura	-	310	310	28,0
47	5	Muratura	-	310	310	14,0
48	5	Muratura	-	310	310	14,0
61	6	Muratura	-	310	310	28,0
62	6	Muratura	-	310	310	28,0
65	7	Muratura	-	310	310	28,0
66	7	Muratura	-	310	310	28,0
49	8	Muratura	-	310	310	14,0
50	8	Muratura	-	310	310	14,0
63	9	Muratura	-	310	310	28,0
67	9	Muratura	-	310	310	14,0
68	9	Muratura	-	310	310	28,0
19	10	Muratura	-	310	310	14,0
21	11	Muratura	-	310	310	14,0

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
1	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
2	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
3	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
4	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
5	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
6	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
7	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento
8	310	4,0	13 115,00	61 692,96	31 476,00	Monodirezionale	Latero cemento

Livello 2

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
53	5	Muratura	-	700	390	14,0
54	5	Muratura	-	700	390	14,0
57	8	Muratura	-	700	390	14,0
58	8	Muratura	-	700	390	14,0
71	9	Muratura	-	700	390	28,0
75	9	Muratura	-	700	390	14,0
76	9	Muratura	-	700	390	28,0
32	10	Muratura	-	700	390	14,0
33	11	Muratura	-	700	390	14,0

Pannello + Cordolo C.A. (1)

N.	Parete	Materiale pannello	Rinforzo	Quota pannello [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota cordolo [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]
23	1	Muratura	-	700	390,0	28,0	C25/30	B450	700	20,0	20,0
24	2	Muratura	-	700	390,0	28,0	C25/30	B450	700	20,0	20,0
25	3	Muratura	-	700	390,0	28,0	C25/30	B450	700	20,0	20,0
26	4	Muratura	-	700	390,0	28,0	C25/30	B450	700	20,0	20,0

69	6	Muratura	-	700	390,0	28,0	C25/30	B450	700	20,0	20,0
70	6	Muratura	-	700	390,0	28,0	C25/30	B450	700	20,0	20,0
73	7	Muratura	-	700	390,0	28,0	C25/30	B450	700	20,0	20,0
74	7	Muratura	-	700	390,0	28,0	C25/30	B450	700	20,0	20,0

Pannello + Cordolo C.A. (2)

N.	Parete	Area [cm2]	J [cm4]	Af intrad. [cm2]	Af estrad. [cm2]	N. barre intrad.	N. barre Estrad.	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm2]	Porzione deformabile
23	1	400,00	13 333,33	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
24	2	400,00	13 333,33	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
25	3	400,00	13 333,33	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
26	4	400,00	13 333,33	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
69	6	400,00	13 333,33	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
70	6	400,00	13 333,33	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
73	7	400,00	13 333,33	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
74	7	400,00	13 333,33	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
20	700	-	-	-	-	Monodirezionale	Impalcato rigido
21	700	-	-	-	-	Monodirezionale	Impalcato rigido
22	700	5,0	400,00	16 000,00	10 000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
23	700	5,0	400,00	16 000,00	10 000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio

Telaio equivalente

Parete : 1

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-727	-68	0	0
13	-604	-68	0	0
19	-225	-68	0	0
25	148	-68	0	0
31	527	-68	0	0
4	650	-68	0	0
2	-727	-68	310	1
14	-604	-68	310	1
20	-225	-68	310	1
26	148	-68	310	1
32	527	-68	310	1
5	650	-68	310	1
3	-727	-68	700	2
15	-604	-68	700	2
21	-225	-68	700	2
27	148	-68	700	2
33	527	-68	700	2
6	650	-68	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
10	Muratura	-	28,0	261,0	245,0	131	168	13	14
13	Muratura	-	28,0	260,5	245,0	1 247	168	31	32
11	Muratura	-	28,0	278,5	180,0	500	190	19	20
12	Muratura	-	28,0	277,0	180,0	878	190	25	26
15	Muratura	-	28,0	278,5	180,0	500	500	20	21
16	Muratura	-	28,0	277,0	180,0	878	500	26	27
14	Muratura	-	28,0	261,0	285,0	131	503	14	15
17	Muratura	-	28,0	260,5	285,0	1 247	503	32	33

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
1	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	311	50	13	19
3	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	690	50	19	25
5	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	1 067	50	25	31
2	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	311	345	14	20
4	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	690	345	20	26
6	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	1 067	345	26	32
7	Muratura	-	28,0	100,0	110,0	311	645	15	21
8	Muratura	-	28,0	100,0	110,0	690	645	21	27
9	Muratura	-	28,0	100,0	110,0	1 067	645	27	33

Parete : 2

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
4	650	-68	0	0
52	650	81	0	0
7	650	761	0	0
5	650	-68	310	1
53	650	81	310	1
8	650	761	310	1
6	650	-68	700	2
54	650	81	700	2
9	650	761	700	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
61	465	0	0
62	465	310	1
63	415	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
23	Muratura	-	28,0	59,0	165,0	161	133	52	53
24	Muratura	-	28,0	470,0	165,0	465	133	61	62
22	Muratura	-	28,0	31,0	275,9	16	138	4	5
25	Muratura	-	28,0	29,0	275,9	815	138	7	8

27	Muratura	-	28,0	400,0	180,0	415	500	62	63
26	Muratura	-	28,0	155,0	285,0	78	503	53	54
28	Muratura	-	28,0	154,0	285,0	752	503	8	9

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
18	Muratura	-	28,0	40,0	100,0	210	50	52	61
19	Muratura	-	28,0	47,3	210,0	199	305	53	62
20	Muratura	-	28,0	60,0	110,0	185	645	54	63
21	Muratura	-	28,0	60,0	110,0	645	645	63	9

Parete : 3

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
10	-727	761	0	0
16	-604	761	0	0
22	-225	761	0	0
28	148	761	0	0
34	527	761	0	0
7	650	761	0	0
11	-727	761	310	1
17	-604	761	310	1
23	-225	761	310	1
29	148	761	310	1
35	527	761	310	1
8	650	761	310	1
12	-727	761	700	2
18	-604	761	700	2
24	-225	761	700	2
30	148	761	700	2
36	527	761	700	2
9	650	761	700	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
64	605	0	0
66	983	0	0
65	605	310	1
67	983	310	1
68	605	700	2
69	983	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
44	Muratura	-	28,0	261,0	245,0	131	168	16	17
49	Muratura	-	28,0	261,0	245,0	1 247	168	34	35
45	Muratura	-	28,0	151,5	180,0	437	190	22	23
46	Muratura	-	28,0	65,5	180,0	605	190	64	65
47	Muratura	-	28,0	152,0	180,0	814	190	28	29

48	Muratura	-	28,0	66,0	180,0	983	190	66	67
51	Muratura	-	28,0	151,5	180,0	437	500	23	24
52	Muratura	-	28,0	65,5	180,0	605	500	65	68
53	Muratura	-	28,0	152,0	180,0	814	500	29	30
54	Muratura	-	28,0	66,0	180,0	983	500	67	69
50	Muratura	-	28,0	261,0	285,0	131	503	17	18
55	Muratura	-	28,0	261,0	285,0	1 247	503	35	36

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
29	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	311	50	16	22
31	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	543	50	22	64
33	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	688	50	64	28
35	Muratura	-	28,0	60,0	100,0	920	50	28	66
37	Muratura	-	28,0	100,0	100,0	1 066	50	66	34
30	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	311	345	17	23
32	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	543	345	23	65
34	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	688	345	65	29
36	Muratura	-	28,0	60,0	130,0	920	345	29	67
38	Muratura	-	28,0	100,0	130,0	1 066	345	67	35
39	Muratura	-	28,0	100,0	110,0	311	645	18	24
40	Muratura	-	28,0	60,0	110,0	543	645	24	68
41	Muratura	-	28,0	100,0	110,0	688	645	68	30
42	Muratura	-	28,0	60,0	110,0	920	645	30	69
43	Muratura	-	28,0	100,0	110,0	1 066	645	69	36

Parete : 4

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-727	-68	0	0
43	-727	613	0	0
10	-727	761	0	0
2	-727	-68	310	1
44	-727	613	310	1
11	-727	761	310	1
3	-727	-68	700	2
45	-727	613	700	2
12	-727	761	700	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
70	378	0	0
71	415	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
61	Muratura	-	28,0	498,7	165,0	378	133	70	2
62	Muratura	-	28,0	30,3	165,0	683	133	43	44
60	Muratura	-	28,0	29,0	275,9	15	138	1	2

63	Muratura	-	28,0	31,0	275,9	814	138	10	11
65	Muratura	-	28,0	401,0	180,0	415	500	2	71
64	Muratura	-	28,0	154,0	285,0	77	503	2	3
66	Muratura	-	28,0	154,0	285,0	752	503	44	45

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
56	Muratura	-	28,0	40,0	100,0	648	50	70	43
57	Muratura	-	28,0	50,0	210,0	646	305	2	44
58	Muratura	-	28,0	60,0	110,0	184	645	3	71
59	Muratura	-	28,0	60,0	110,0	645	645	71	45

Parete : 5

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
13	-604	-68	0	0
55	-604	353	0	0
46	-604	613	0	0
16	-604	761	0	0
14	-604	-68	310	1
56	-604	353	310	1
47	-604	613	310	1
17	-604	761	310	1
15	-604	-68	700	2
57	-604	353	700	2
48	-604	613	700	2
18	-604	761	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
73	Muratura	-	14,0	114,3	210,0	647	105	46	47
72	Muratura	-	14,0	503,7	269,6	252	135	55	56
74	Muratura	-	14,0	39,0	269,6	810	135	16	17
76	Muratura	-	14,0	463,3	210,0	344	415	56	57
77	Muratura	-	14,0	44,0	210,0	694	415	47	48
75	Muratura	-	14,0	26,7	327,0	13	474	14	15
78	Muratura	-	14,0	27,0	327,0	816	474	17	18

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
67	Muratura	-	14,0	78,4	100,0	579	260	56	47
68	Muratura	-	14,0	86,0	100,0	753	260	47	17
69	Muratura	-	14,0	86,0	180,0	70	610	15	57
70	Muratura	-	14,0	96,0	180,0	624	610	57	48
71	Muratura	-	14,0	86,0	180,0	759	610	48	18

Parete : 6

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
19	-225	-68	0	0
37	-225	353	0	0
22	-225	761	0	0
20	-225	-68	310	1
38	-225	353	310	1
23	-225	761	310	1
21	-225	-68	700	2
39	-225	353	700	2
24	-225	761	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
81	Muratura	-	28,0	428,5	269,6	214	135	37	38
82	Muratura	-	28,0	304,5	269,6	677	135	22	23
83	Muratura	-	28,0	428,5	327,0	214	474	38	39
84	Muratura	-	28,0	304,5	327,0	677	474	23	24

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
79	Muratura	-	28,0	96,0	100,0	477	260	38	23
80	Muratura	-	28,0	96,0	180,0	477	610	39	24

Parete : 7

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
25	148	-68	0	0
40	148	353	0	0
28	148	761	0	0
26	148	-68	310	1
41	148	353	310	1
29	148	761	310	1
27	148	-68	700	2
42	148	353	700	2
30	148	761	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
87	Muratura	-	28,0	306,2	269,6	153	135	25	26
88	Muratura	-	28,0	426,8	269,6	616	135	40	41
89	Muratura	-	28,0	314,7	327,0	157	474	26	27
90	Muratura	-	28,0	418,3	327,0	620	474	41	42

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
85	Muratura	-	28,0	96,0	100,0	358	260	26	41
86	Muratura	-	28,0	96,0	180,0	363	610	27	42

Parete : 8**Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
31	527	-68	0	0
49	527	81	0	0
58	527	353	0	0
34	527	761	0	0
32	527	-68	310	1
50	527	81	310	1
59	527	353	310	1
35	527	761	310	1
33	527	-68	700	2
51	527	81	700	2
60	527	353	700	2
36	527	761	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
97	Muratura	-	14,0	104,7	210,0	185	105	49	50
96	Muratura	-	14,0	47,0	269,6	24	135	31	32
98	Muratura	-	14,0	505,3	269,6	576	135	58	59
100	Muratura	-	14,0	47,0	210,0	137	415	50	51
101	Muratura	-	14,0	451,0	210,0	482	415	59	60
99	Muratura	-	14,0	27,0	327,0	14	474	32	33
102	Muratura	-	14,0	36,0	327,0	811	474	35	36

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
91	Muratura	-	14,0	86,0	100,0	80	260	32	50
92	Muratura	-	14,0	78,3	100,0	251	260	50	59
93	Muratura	-	14,0	86,0	180,0	70	610	33	51
94	Muratura	-	14,0	96,0	180,0	208	610	51	60
95	Muratura	-	14,0	86,0	180,0	750	610	60	36

Parete : 9**Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
55	-604	353	0	0
37	-225	353	0	0
40	148	353	0	0
58	527	353	0	0
56	-604	353	310	1
38	-225	353	310	1
41	148	353	310	1
59	527	353	310	1
57	-604	353	700	2
39	-225	353	700	2

42	148	353	700	2
60	527	353	700	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
72	688	0	0
74	1 054	0	0
73	688	310	1
75	1 056	310	1
76	688	700	2
77	1 058	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
114	Muratura	-	28,0	179,0	210,0	1 055	105	74	75
111	Muratura	-	28,0	271,0	269,6	259	135	55	56
112	Muratura	-	28,0	12,0	269,6	496	135	37	38
113	Muratura	-	28,0	20,0	269,6	885	135	40	41
115	Muratura	-	28,0	14,0	269,6	1 247	135	58	59
109	Muratura	-	14,0	373,0	310,0	689	155	72	73
119	Muratura	-	28,0	171,0	210,0	1 059	415	75	77
116	Muratura	-	28,0	271,0	327,0	259	474	56	57
117	Muratura	-	28,0	12,0	327,0	496	474	38	39
118	Muratura	-	28,0	12,0	327,0	881	474	41	42
120	Muratura	-	28,0	14,0	327,0	1 247	474	59	60
110	Muratura	-	14,0	373,0	390,0	689	505	73	76

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
103	Muratura	-	28,0	96,0	100,0	442	260	56	38
104	Muratura	-	28,0	78,0	100,0	930	260	41	75
105	Muratura	-	28,0	96,0	100,0	1 192	260	75	59
106	Muratura	-	28,0	96,0	180,0	442	610	57	39
107	Muratura	-	28,0	86,0	180,0	930	610	42	77
108	Muratura	-	28,0	96,0	180,0	1 192	610	77	60

Parete : 10

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
43	-727	613	0	0
46	-604	613	0	0
44	-727	613	310	1
47	-604	613	310	1
45	-727	613	700	2
48	-604	613	700	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
78	62	0	0

79	62	310	1
80	62	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
121	Muratura	-	14,0	123,0	310,0	62	155	78	79
122	Muratura	-	14,0	123,0	390,0	62	505	79	80

Parete : 11

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
49	527	81	0	0
52	650	81	0	0
50	527	81	310	1
53	650	81	310	1
51	527	81	700	2
54	650	81	700	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
81	62	0	0
82	62	310	1
83	62	700	2

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
123	Muratura	-	14,0	123,0	310,0	62	155	81	82
124	Muratura	-	14,0	123,0	390,0	62	505	82	83

(*) Elementi di copertura

Carichi

Carico Sismico:

Le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e allo stato limite di esercizio (SLD; SLO); devono essere effettuate per la seguente combinazione [Norme Tecniche 2018 §2.5.3].

$$E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \psi_{2i} Q_{ki}$$

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

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \psi_{2i} Q_{ki}$$

Carico Statico:

La verifica allo stato limite ultimo per carichi statici viene condotta con la seguente combinazione dei carichi.

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \psi_0 Q_k$$

dove:

E	azione sismica per lo stato limite in esame;
G_{k1}	peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
G_{k2}	peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
Q_{Ki}	valore caratteristico della azione variabile;
Ψ_2	coefficiente di combinazione;
Ψ_0	coefficiente di combinazione per i carichi variabili
$\gamma_{G1}; \gamma_{G2}; \gamma_Q$	coefficienti parziali di sicurezza

I valori dei vari coefficienti sono scelti in base alla destinazione d'uso dei vari solai secondo quanto indicato nella norma. [Norme Tecniche 2018 Tabella 2.5.1].

Note

CDM : Considera solo contributo dinamico della massa

N. Solaio	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Copertura	ψ_0	ψ_2
1	300	250	200	No	0,70	0,30
2	300	250	200	No	0,70	0,30
3	300	250	200	No	0,70	0,30
4	300	250	200	No	0,70	0,30
5	300	250	200	No	0,70	0,30
6	300	250	200	No	0,70	0,30
7	300	250	200	No	0,70	0,30
8	300	250	200	No	0,70	0,30
20	150	160	100	No	0,50	0,00
21	150	160	100	No	0,50	0,00
22	150	160	100	No	0,50	0,00
23	150	160	100	No	0,50	0,00

Spettro da normativa

Gli spettri di risposta, sono definiti in funzione del reticolo di riferimento definito nella “Tabella 1” (parametri spettrali) in allegato alle Norme Tecniche.

Tale tabella fornisce, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine), i parametri necessari a tracciare lo spettro. I parametri forniti dal reticolo di riferimento sono:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

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.

La trilogia di valori qui descritta, è definita per un periodo di ritorno assegnato (TR), definito in base alla probabilità di superamento di ciascuno degli stati limite.

Tali valori, saranno pertanto definiti per ciascuno degli stati limite esaminati (vedere tabella).

Lo spettro sismico dipende anche dalla “Classe del suolo” e dalla “categoria topografica” (vedere tabella).

	SLC	SLV	SLD	SLO
Ag [m/s ²]	1,69	1,26	0,44	0,36
F0	2,56	2,60	2,51	2,55
Tc* [s]	0,28	0,27	0,28	0,25
Tr	975,00	475,00	50,00	30,00

	SLC	SLV	SLD	SLO
Ss	1,43	1,50	1,50	1,50
Tb [s]	0,15	0,15	0,15	0,14
Tc [s]	0,45	0,44	0,45	0,41
Td [s]	2,29	2,12	1,78	1,74

Analisi incrementale a collasso (pushover)

Descrizione analisi pushover

Al fine di eseguire le dovute verifiche nei riguardi dell'edificio in questione, si è deciso di procedere con l'esecuzione di una analisi statica non lineare.

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per le diverse condizioni previste e la domanda di spostamento prevista dalla normativa.

La curva di capacità è individuata mediante un diagramma spostamento-taglio massimo alla base.

Secondo le prescrizioni da normativa, le condizioni di carico da esaminare devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

- distribuzione proporzionale alle Forze statiche (Gruppo 1)
- distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione (Gruppo 2);

L'analisi, eseguita in controllo di spostamento, procede al calcolo della distribuzione di forze che genera il valore dello spostamento richiesto. L'analisi viene fatta continuare fino a che non si verifica il decadimento del taglio al 80% dal suo valore di picco. Si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze. Questo valore di spostamento costituisce il valore ultimo dell'edificio.

Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità è quello di un punto dell'edificio detto nodo di controllo.

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF). Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente.

La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa.

La normativa definisce una eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma.

In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

- Carico sismico: Individua quale delle due tipologie di distribuzioni (proporzionale alle masse o al primo modo) prendere in esame.

- Direzione: Individua la direzione lungo cui viene caricata la struttura (X o Y del sistema globale) dal carico sismico.

Al fine di individuare la condizione di carico sismico più gravosa, si è deciso di eseguire le analisi distinte per tipologia di carico, direzione del sisma e di eventuali eccentricità accidentali.

N.	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Eccentricità [cm]	Livello	Nodo
1	+X	Uniforme	0,0	2	39
2	+X	Forze statiche	0,0	2	39
3	-X	Uniforme	0,0	2	39
4	-X	Forze statiche	0,0	2	39
5	+Y	Uniforme	0,0	2	39
6	+Y	Forze statiche	0,0	2	39
7	-Y	Uniforme	0,0	2	39
8	-Y	Forze statiche	0,0	2	39
9	+X	Uniforme	41,5	2	39
10	+X	Uniforme	-41,5	2	39
11	+X	Forze statiche	41,5	2	39
12	+X	Forze statiche	-41,5	2	39
13	-X	Uniforme	41,5	2	39
14	-X	Uniforme	-41,5	2	39
15	-X	Forze statiche	41,5	2	39
16	-X	Forze statiche	-41,5	2	39
17	+Y	Uniforme	68,8	2	39
18	+Y	Uniforme	-68,8	2	39
19	+Y	Forze statiche	68,8	2	39
20	+Y	Forze statiche	-68,8	2	39
21	-Y	Uniforme	68,8	2	39
22	-Y	Uniforme	-68,8	2	39
23	-Y	Forze statiche	68,8	2	39
24	-Y	Forze statiche	-68,8	2	39

Risultati

Secondo le indicazioni da normativa si devono eseguire le seguenti verifiche:

Stato limite Collasso (SLC):

D_u^{SLC} : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente con il decadimento della curva Push-over a un valore pari al 80% di quello massimo.

Stato limite Vita (SLV):

$$D_{max}^{SLV} \leq D_u^{SLV}$$

D_{max}^{SLV} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u^{SLV} : Spostamento massimo offerto dalla struttura individuato in corrispondenza di $0,75 \cdot D_u^{SLC}$.

$$q^* < 3,0$$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite di Danno (SLD):

$$D_{max}^{SLD} \leq D_u^{SLD}$$

D_{max}^{SLD} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di danno.

D_u^{SLD} : Spostamento massimo corrispondente al valore che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0,0020).

Vulnerabilità sismica

Per ciascuno stato limite eseguito viene calcolato l'indice di rischio α (α_{SLC} , α_{SLV} , α_{SLD} , α_{SLO}). Questi parametri vengono calcolati come indicato nel seguito:

$$\alpha_{SLV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} ;$$

$$\alpha_{SLD} = \frac{PGA_{CLD}}{PGA_{DLD}} ;$$

Accelerazioni di capacità: l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere.

- PGA_{CLV} : accelerazione di capacità corrispondente a SLV
- PGA_{CLD} : accelerazione di capacità corrispondente a SLD

Accelerazioni di domanda : Valori di riferimento delle accelerazioni dell'azione sismica

Tali valori vengono definiti a partire dal carico sismico definito nella forma dello spettro.

#BSLC#

- PGA_{DLC} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLC #ESLC#
- PGA_{DLV} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLV

- PGA_{DLD} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLD

Dettaglio verifiche

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	Dmax SLC [cm]	Du SLC [cm]	SLC ver.	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	SLV ver.	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	SLD ver.
1	+X	Uniforme	0,0	0,77	1,92	Sì	0,16	1,48	Sì			
2	+X	Forze statiche	0,0	0,97	2,07	Sì	0,20	1,44	Sì			
3	-X	Uniforme	0,0	0,63	1,71	Sì	0,12	0,68	Sì			
4	-X	Forze statiche	0,0	0,83	1,23	Sì	0,16	0,64	Sì			
5	+Y	Uniforme	0,0	0,29	1,04	Sì	0,07	0,42	Sì			
6	+Y	Forze statiche	0,0	0,41	0,75	Sì	0,09	0,38	Sì			
7	-Y	Uniforme	0,0	0,30	1,02	Sì	0,07	0,63	Sì			
8	-Y	Forze statiche	0,0	0,45	1,43	Sì	0,09	0,93	Sì			
9	+X	Uniforme	41,5	0,78	1,92	Sì	0,16	1,52	Sì			
10	+X	Uniforme	-41,5	0,77	1,89	Sì	0,15	1,48	Sì			
11	+X	Forze statiche	41,5	0,97	2,13	Sì	0,20	1,48	Sì			
12	+X	Forze statiche	-41,5	0,97	2,10	Sì	0,20	1,40	Sì			
13	-X	Uniforme	41,5	0,63	1,74	Sì	0,12	0,68	Sì			
14	-X	Uniforme	-41,5	0,65	1,68	Sì	0,12	1,16	Sì			
15	-X	Forze statiche	41,5	0,84	1,26	Sì	0,16	0,80	Sì			
16	-X	Forze statiche	-41,5	0,84	1,20	Sì	0,16	0,84	Sì			
17	+Y	Uniforme	68,8	0,28	0,61	Sì	0,07	0,45	Sì			
18	+Y	Uniforme	-68,8	0,29	0,98	Sì	0,07	0,28	Sì			
19	+Y	Forze statiche	68,8	0,41	0,54	Sì	0,09	0,42	Sì			
20	+Y	Forze statiche	-68,8	0,43	0,54	Sì	0,09	0,46	Sì			
21	-Y	Uniforme	68,8	0,31	1,09	Sì	0,07	0,31	Sì			
22	-Y	Uniforme	-68,8	0,33	1,12	Sì	0,07	0,80	Sì			
23	-Y	Forze statiche	68,8	0,46	1,47	Sì	0,09	0,44	Sì			
24	-Y	Forze statiche	-68,8	0,41	0,57	Sì	0,09	0,38	Sì			

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	α SLV	α SLD
1	+X	Uniforme	0,0	1,976	4,684
2	+X	Forze statiche	0,0	1,821	3,942
3	-X	Uniforme	0,0	2,053	3,089
4	-X	Forze statiche	0,0	1,335	2,464
5	+Y	Uniforme	0,0	2,042	3,495

6	+Y	Forze statiche	0,0	1,400	2,895
7	-Y	Uniforme	0,0	2,016	4,360
8	-Y	Forze statiche	0,0	2,160	4,656
9	+X	Uniforme	41,5	1,964	4,750
10	+X	Uniforme	-41,5	1,952	4,689
11	+X	Forze statiche	41,5	1,867	4,027
12	+X	Forze statiche	-41,5	1,839	3,854
13	-X	Uniforme	41,5	2,078	3,082
14	-X	Uniforme	-41,5	1,995	4,378
15	-X	Forze statiche	41,5	1,354	2,840
16	-X	Forze statiche	-41,5	1,304	2,941
17	+Y	Uniforme	68,8	1,462	3,676
18	+Y	Uniforme	-68,8	1,948	2,950
19	+Y	Forze statiche	68,8	1,143	3,004
20	+Y	Forze statiche	-68,8	1,125	3,089
21	-Y	Uniforme	68,8	2,096	2,995
22	-Y	Uniforme	-68,8	2,092	4,895
23	-Y	Forze statiche	68,8	2,161	2,917
24	-Y	Forze statiche	-68,8	1,184	2,860