

COMUNE DI FERRARA



RESTAURO CONSERVATIVO E RISTRUTTURAZIONE DEI FABBRICATI ANNESSI ALL'IMPIANTO IDROVORO SANT'ANTONINO PER LA
 REALIZZAZIONE DI ARCHIVIO E BIBLIOTECA DEL CONSORZIO.
 IMPORTO COMPLESSIVO DELL'OPERA € 610.296,00.

Progetto Esecutivo

RIFERIMENTO LCF 9. Progetto esecutivo		DESCRIZIONE RELAZIONE DI CALCOLO	
DISCIPLINA Strutture	SCALA -		
IDENTIFICATIVO ELABORATO ST All. B	PLOT -		

Committente



Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
 Via Borgo dei Leoni, 28 - 44121 Ferrara
 tel 0532/218121/2/3/4 - fax 0532 218166, C.F.
 93076450381
 RUP: geom. Marco Ardizzoni
 Collaboratore: geom. Luigi Marchesini

Timbri e firme

Il progettista

Il progettista

Il responsabile del procedimento
 Geom. Marco Ardizzoni

Progettisti opere civili



Ing. Giovanni Bertoli
 Arch. Daniele Spoletini

Gruppo di lavoro:
 Ing. Sergio Fantoni
 Arch. Barbara Bolognesi
 Ing. Daniela Trambaolli
 Arch. Laura Dussini
 Ing. Alessia Assirelli
 Arch. Sara Voltani

Progettisti impianti

Ing. Giovanni Paolazzi
 Per. ind. Enrico Lambertini

via Frescobaldi, 51 - Ferrara

Revisioni

N°	data	redatto	contr.	approv.		Motivo della revisione
0	01/2018	AA/DT	GB	...	EMMISSIONE	
1						
2						
3						

Pos. archivio **LCF**

1704

ST A I I . B

1.	Dati generali	1
2.	Oggetto dell'intervento	1
2.1.	Proprietà ed ubicazione.....	1
2.2.	Descrizione delle opere	2
3.	Normativa di riferimento.....	5
4.	Caratteristiche dei materiali utilizzati per il progetto	5
5.	Interventi locali.....	6
5.1.	Intervento 1	6
5.2.	Intervento 2	16
5.2.1.	Parete locale 06	16
5.2.2.	Parete locali 07-08-09.....	24
6.	Interventi Privi di Rilevanza per la Pubblica Incolumità	34
6.1.	Interventi 3-4-5.....	34
6.2.	Intervento 6	39
6.3.	Intervento 7 - Soppalco	44
6.3.1.	Realizzazione del modello della struttura	44
6.3.1.1.	Determinazione dell'azione sismica	44
6.3.1.2.	Carichi e combinazioni di carico	47
6.3.2.	Introduzione della geometria	51
6.3.3.	Sezioni utilizzate	51
6.3.4.	Risultati della modellazione.....	51
6.3.4.1.	Sollecitazioni	51
6.3.4.2.	Verifiche.....	53
6.3.4.3.	Stato deformativo della struttura.....	56
6.4.	Tettoia.....	57
6.4.1.	Realizzazione del modello della struttura	57
6.4.1.1.	Determinazione dell'azione sismica	57
6.4.1.2.	Carichi e combinazioni di carico	59

6.4.2.	Introduzione della geometria	63
6.4.2.1.	Sezioni utilizzate	63
6.4.3.	Risultati della modellazione.....	63
6.4.3.1.	Sollecitazioni	63
6.4.3.2.	Verifiche.....	65
6.4.3.3.	Stato deformativo della struttura.....	68
7.	Affidabilità del codice di calcolo	69

1. Dati generali

Estremi del Committente

Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

Via Borgo dei Leoni, 28 - 4121 Ferrara

tel 0532/218121/2/3/4 - fax 0532 218166

C.F. 93076450381

Estremi dei progettisti

Progettista architettonico: Arch. Daniele Spoletini, nato a Genk (BELGIO) il 19/06/1961 residente in Vigarano Mainarda 44049 (FE) in Via Ladino, 1 C.F: **SPLDNL61H19Z103W**

Progettista strutturale: Ing. Giovanni Bertoli, nato a San Giovanni in Persiceto il 04/08/1967 residente a Ferrara - 44123 in Via Chendi, 6 C.F: **BRTGNN67M04G467B**

2. Oggetto dell'intervento

2.1. Proprietà ed ubicazione

Oggetto della presente relazione, sono le opere strutturali che verranno realizzate nell'ambito del progetto che riguarda la riqualificazione dei fabbricati annessi al centro operativo di Cona - Progetto Bonifica Sant'Antonino al servizio della bonifica di S. Antonino T.B., sede del nuovo Polo Ospedaliero di Ferrara, nei Comuni di Ferrara e Voghiera in gestione al Consorzio di bonifica 2° Circondario Polesine di S. Giorgio - Ferrara.

Il sito viene localizzato mediante le seguenti coordinate ed è identificabile nell'immagine satellitare riportata di seguito.

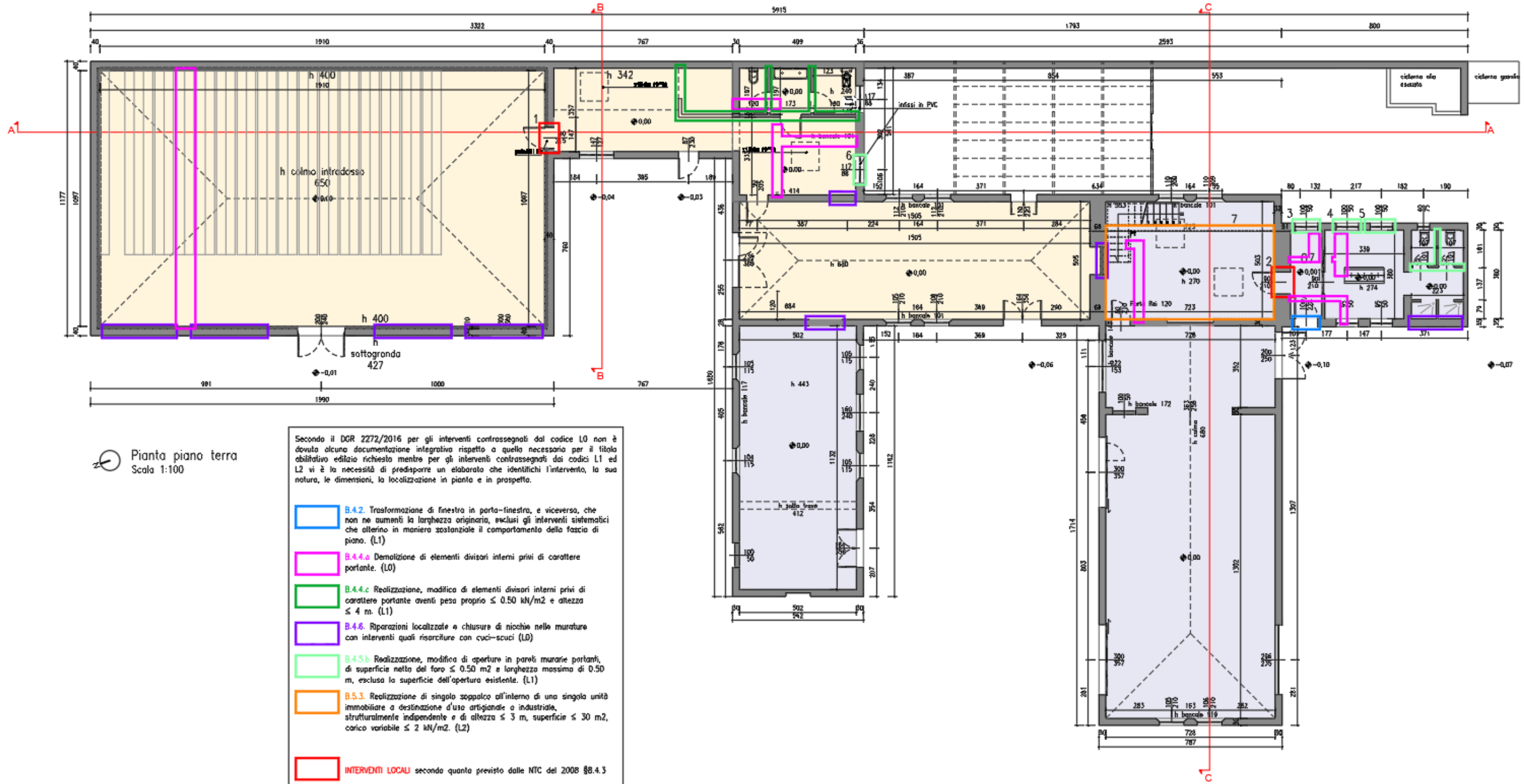
Latitudine	44.8059
Longitudine	11.6941

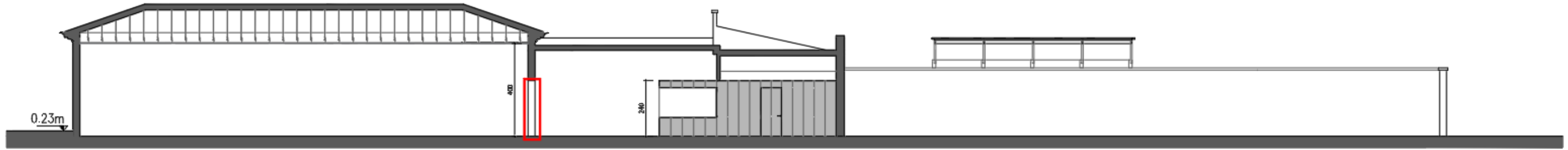


2.2. Descrizione delle opere

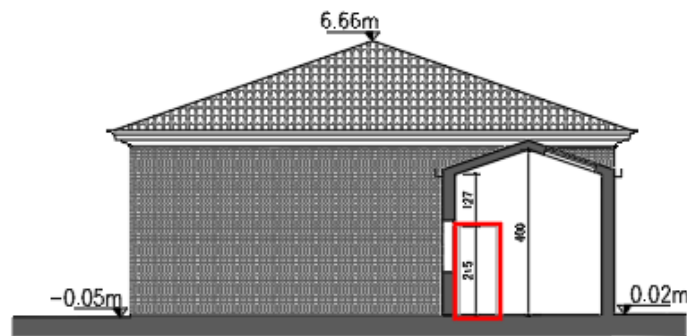
Gli interventi necessari al fine della riqualificazione dei fabbricati annessi al centro operativo di Cona sono classificabili o come I.P.I.P.I, ovvero Interventi Privi di Rilevanza per la Pubblica Incolumità, oppure come Interventi Locali, che riguardano quindi una sola parte dell'intero edificio senza andarne ad influenzare il comportamento globale.

Si riporta di seguito la pianta dell'edificio in cui vengono evidenziati gli interventi da realizzare e la loro classificazione.





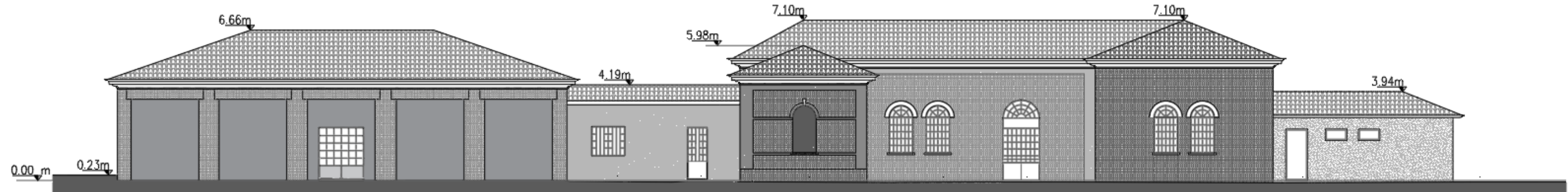
Sezione A-A
Scala 1:100



Sezione B-B
Scala 1:100



Sezione C-C
Scala 1:100



Prospecto OVEST
Scala 1:100

3. Normativa di riferimento

Le normative alle quali si è fatto riferimento sono le seguenti:

- D.M. 14.01.2008: Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Circolare 617 del 02.02.2009: circolare applicativa del D.M. del 2008.

4. Caratteristiche dei materiali utilizzati per il progetto

I materiali impiegati per gli interventi all'interno dell'edificio sono appartenenti a quattro diverse categorie. Le caratteristiche di tali materiali vengono riportate di seguito mentre per un maggior approfondimento si rimanda all'"All.C - Relazione sui materiali".

1) Muratura

La muratura esistente è costituita da mattoni pieni e malta di calce. Per i valori caratteristici si fa riferimento ai valori della Tabella C8A.2.1 della Circolare del 617/2009.

$$f_m = 240 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_0 = 6.0 \text{ N/cm}^2$$

$$E = 1500 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_m = 18 \text{ kN/m}^3$$

2) Acciaio

Per le strutture calcolate si farà riferimento all'acciaio S275, i cui parametri, in sede di progettazione, si possono assumere convenzionalmente pari ai valori nominali delle proprietà del materiale.

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$G = E/[2(1 + \eta)] \text{ N/mm}^2$$

$$\eta = 0.3$$

$$\text{Coeff. esposizione termica lineare} = 11 * 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}_1$$

$$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

3) Calcestruzzo

Il calcestruzzo impiegato sarà il C25/30 avente le seguenti caratteristiche.

$$E = 32100 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{ca} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\eta = 0.12$$

$$\text{Coeff. esposizione termica lineare} = 11 * 10^{-5} \text{ per } ^\circ\text{C}_1$$

4) Legno

Le tipologie di legno impiegate per gli interventi di miglioramento dell'edificio in esame sono i seguenti:

Legno di larice

Resistenza a compressione assiale: 51 MPa

Resistenza a flessione: 92 MPa

Bassa resistenza all'urto, discreta durezza

Modulo di elasticità: 15000 MPa

Legno di abete

Resistenza a compressione assiale: 38 MPa

Resistenza a flessione: 73 MPa

Discreta resistenza all'urto, bassa durezza

Modulo di elasticità: 14000 MPa

5. Interventi locali

Gli interventi 1 e 2 che analizzeremo di seguito, rientrano negli interventi locali definiti al §8.4 delle NTC 2008, ovvero sono interventi che interessano elementi isolati e che comunque non comportano un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

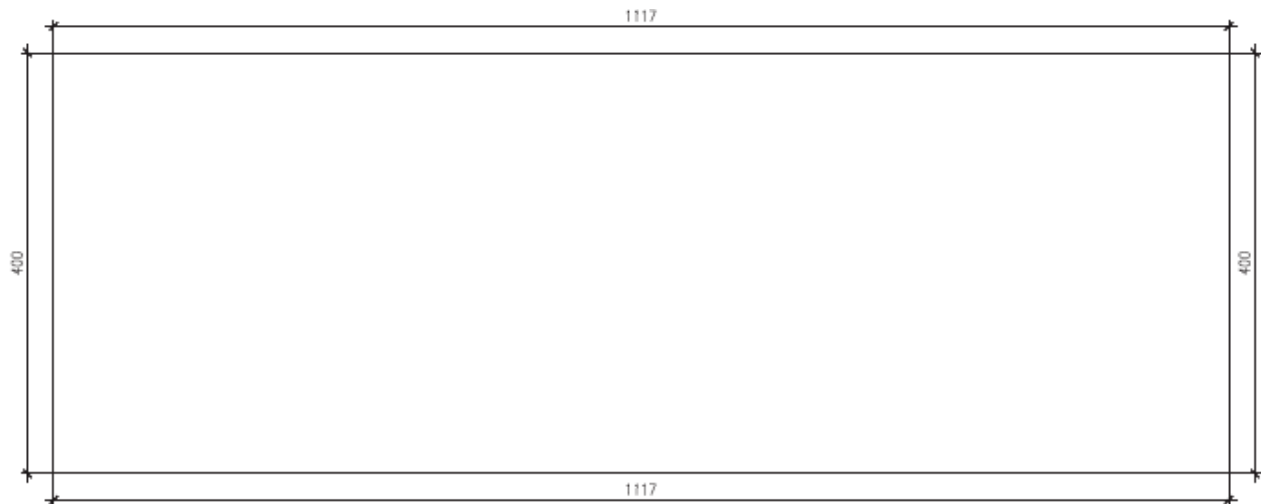
In particolare, per tali interventi, vengono analizzati i singoli elementi interessati, come da prescrizioni riportate al §8.4.3 delle stesse NTC.

“gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati e documentare che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.”

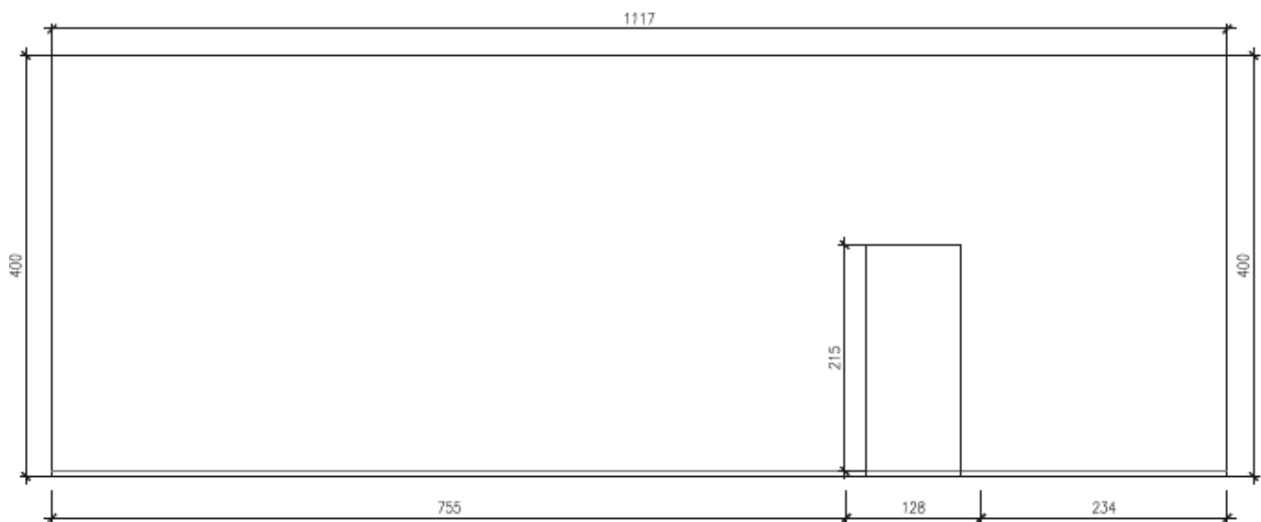
5.1. Intervento 1

Sulla parete interessata dall'intervento 1, viene realizzata una cerchiatura metallica in corrispondenza della nuova apertura da realizzare per creare un passaggio tra due fabbricati che, allo stato di fatto, non risultano collegati tra loro.

Viene riportata di seguito la configurazione della parete pre e post operam.



Ante-operam
Scala 1:50



Post-operam
Scala 1:50

Al fine di valutare la necessità o meno di realizzare una cerchiatura metallica si è effettuato un confronto tra i valori di rigidezza e resistenza della parete prima e dopo l'intervento mediante l'applicativo *PRO_CAD Interventi Locali* fornito dalla 2SI.

MATERIALI

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Parametri muratura Tab.C8A.2.1 Circ.n.617/CSLLPP del 2/2/2009
fm - resistenza compressione [daN/cm²]: 24.00 (min.), 40.00 (max.)

τ_0 - resistenza a taglio [daN/cm²]: 0.60 (min.), 0.92 (max.)

E - modulo elastico [daN/cm²]: 12000.0 (min.), 18000.0 (max.)

G - modulo el. tang. [daN/cm²]: 4000.0 (min.), 6000.0 (max.)

Valori di riferimento:

Essendo il livello di conoscenza LC1 (Limitata), come specificato dalla Tab. C8A.1.1 Circ.n.617, si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

f_m - resistenza compressione = 24.00 daN/cm²

τ_o - resistenza a taglio = 0.60 daN/cm²

E - modulo elastico = 15000.0 daN/cm²

G - modulo el. tang. = 5000.0 daN/cm²

μ = fattore duttilità = 1.50 (da valori sperimentali secondo gli studi di Turnsek e Cacovic)

γ_m = peso specifico = 1800.0 daN/m³

Valori di progetto:

Fattore confidenza FC = 1.35 (C8A.1.A.4 Circ.n.617/2009)

Coef. parz. sic. γ_M = 2.00 (4.5.6.1 DM 2008)

f_m = 8.89 daN/cm²

τ_o = 0.22 daN/cm²

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00 (7.8.1.5.2 DM 2008)

E = 7500 daN/cm²

G = 2500 daN/cm²

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate 'Norme tecniche per le costruzioni'.

2. Circolare 02/02/2009 n. 617/CSLLPP Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008

METODOLOGIA DI VERIFICA

L'apertura di un vano in una parete muraria accompagnata da opportuni rinforzi è previsto, come 'intervento locale', nella Circolare n. 617/CSLLPP del 2/2/2009 al punto C8.4.3.

Le verifiche possono essere eseguite limitandosi a valutazioni numeriche relative alla sola parete interessata dall'intervento solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza non peggiori ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.

Una mutazione significativa della rigidezza delle pareti muterebbe il comportamento globale della struttura e pertanto non risulterebbe sufficiente la verifica locale.

La verifica risulta positiva quando la resistenza alle forze orizzontali V post-operam risultano maggiori o uguali a quelle ante-operam, con variazioni di rigidezza non sostanziali (+/- 15.00%).

Ritenendo valido lo schema di doppio incastro alle estremità, nel caso di muratura non armata in cui la rottura del pannello è di tipo fragile e caratterizzata da lesioni diagonali a 45° l'azione tagliante ultima è determinabile, come specificato nella Circolare n. 617/CSLLPP al punto C8.7.1.5, con la seguente relazione:

$$V_t = (L T f_{td} / b) (1 + \sigma_o / f_{td})^{1/2}$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

L = Lunghezza del pannello murario

T = Spessore del pannello murario

f_{td} = Resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura = $1,5 \tau_0$

σ_0 = Tensione normale media riferita all'area totale della base del setto

b = Coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere $b = H / L$, comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, dove H è l'altezza del pannello

La rigidezza del singolo pannello murario K viene valutata con la seguente relazione:

$$K = (G E T L^3) / (G H^3 + 1,2 H E L^2)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

E = modulo di elasticità normale

G = modulo di elasticità tangenziale

La rigidezza complessiva risulterà dalla sommatoria dei contributi dei singoli maschi murari che formano la parete.

La resistenza ultima a taglio verrà calcolata in base alla curva caratteristica del diagramma $V-\delta$

TELAIO DI CERCHIATURA DELLE APERTURE

Definendo:

$\Delta K = K_{sa} - K_{pr}$ (carenza di rigidezza della muratura a seguito dell'intervento)

il telaio, per poter sopperire a tale carenza dovrà avere una rigidezza K_t maggiore o uguale a ΔK

La rigidezza del telaio è data dalla sommatoria delle rigidezze dei singoli montanti costituenti la cerchiatura.

Considerando come incastrata la base del telaio, la rigidezza per il singolo montante vale:

$$K_i = 12 E J / H^3$$

La rigidezza totale del telaio sarà: $K_t = \sum K_i$

La resistenza a taglio del telaio sarà data dal contributo di tutti i montanti:

dato il momento ultimo di ogni montante = $M_u = f_{yk} W / \gamma_{MO}$

considerando lo schema incastro-incastro: $F_o = 2 M_u / H$

La resistenza complessiva del telaio sarà: $V_t = \sum F_o$

CARICHI

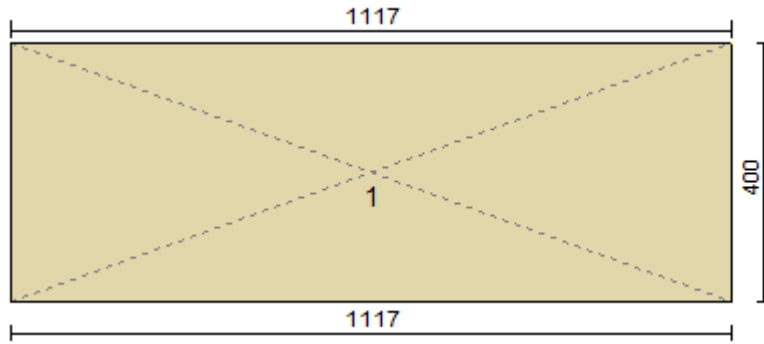
In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

Carico permanente $g_1 = 660.0$ daN/m

Carico variabile $q_1 = 268.0$ daN/m

Per la determinazione della tensione media verticale, verranno inoltre considerati i contributi dovuti al peso proprio di metà maschio murario e delle semifasce superiori gravanti sul maschio stesso.

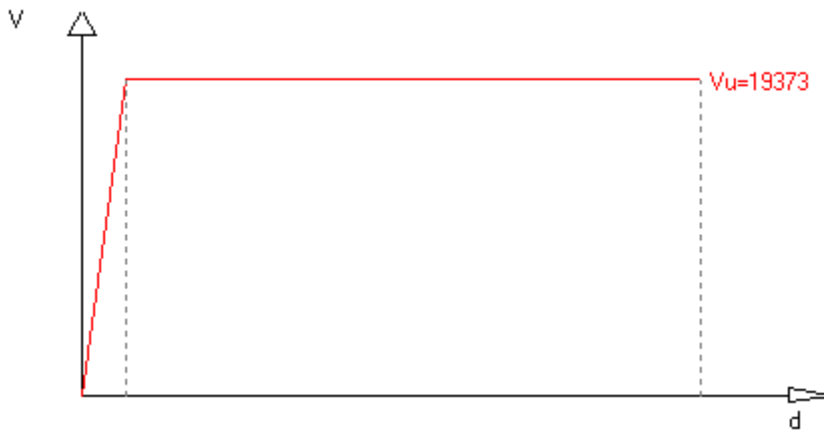
Ante-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

Maschio	Lungh.	H calc.	Coef. b	σ	Ko	Vu	δe	δu
1	1117.0	400.0	1.00	0.669	168528.0	19372.8	0.115	1.600

Curva caratteristica ante-operam:

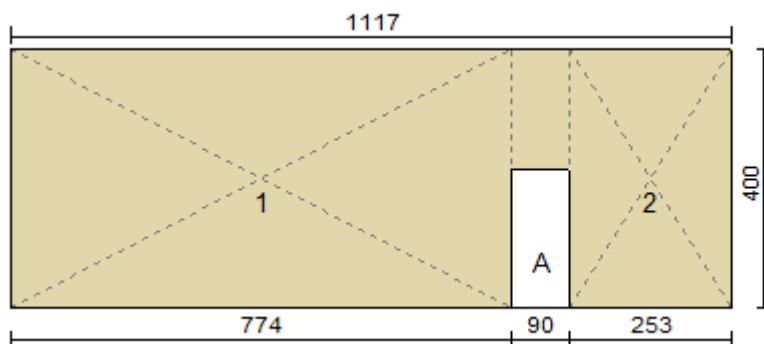


Rigidezza complessiva della parete: $K_{sa} = 168528.0$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{sa} = 19372.8$ daN

Spostamento ultimo: $\delta u_{sa} = 1.600$ cm

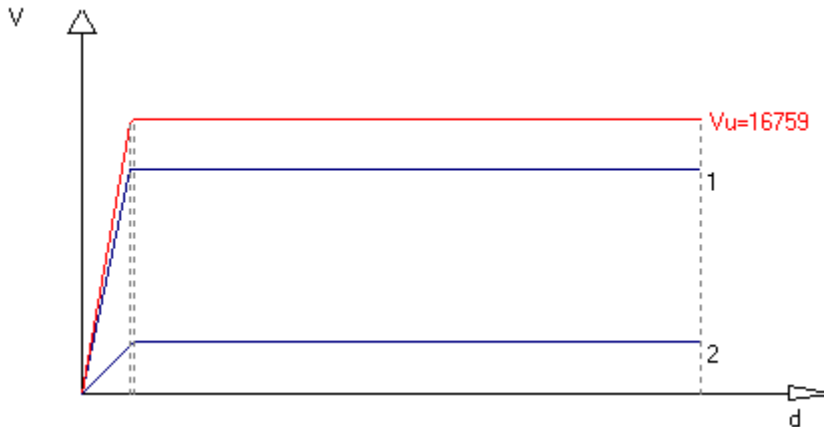
Post-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

Apertura	Stato	Montanti per lato	Architravi	Travi inf.					
A	Libera	No	No	No					
Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ	Ko	Vu	δe	δu
1	774.0	30.00	400.0	1.00	0.707	112585.0	13671.6	0.121	1.600
2	253.0	30.00	400.0	1.50	0.784	23331.3	3087.5	0.132	1.600

Curva caratteristica post-operam:



Rigidità complessiva della parete: $K_{pr} = 135916.3 \text{ daN/cm}$

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 16759.1 \text{ daN}$

Spostamento ultimo: $\delta_{u pr} = 1.600 \text{ cm}$

VERIFICA

Rigidità e resistenza della muratura:

$\Delta K_{mur} = K_{pr} - K_{sa} = 135916 - 168528 = -32612 \text{ daN/cm}$ (riduzione rigidità = -19.4%)

$\Delta V_{mur} = V_{pr} - V_{sa} = 16759 - 19373 = -2614 \text{ daN}$ (riduzione resistenza = -13.5%)

Attenzione, la variazione percentuale di ΔK è maggiore del 15.0%, limite di accettabilità per considerare l'intervento di tipo locale.

Dai calcoli effettuati si evince come una cerchiatura risulti **NECESSARIA** in quanto il valore della rigidità della parete post-operam eccede dal limite di accessibilità consentito pari a $\pm 15\%$.

Si assume pertanto di realizzare una cerchiatura avente montanti HEA200 e architrave realizzata mediante due profili accoppiati UPN160.

I risultati ottenuti sono i seguenti.

MATERIALI

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Parametri muratura Tab.C8A.2.1 Circ.n.617/CSLLPP del 2/2/2009
 f_m - resistenza compressione [daN/cm²]: 24.00 (min.), 40.00 (max.)

τ_o - resistenza a taglio [daN/cm²]: 0.60 (min.), 0.92 (max.)

E - modulo elastico [daN/cm²]: 12000.0 (min.), 18000.0 (max.)

G - modulo el. tang. [daN/cm²]: 4000.0 (min.), 6000.0 (max.)

Valori di riferimento:

Essendo il livello di conoscenza LC1 (Limitata), come specificato dalla Tab. C8A.1.1 Circ.n.617, si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

f_m - resistenza compressione = 24.00 daN/cm²

τ_o - resistenza a taglio = 0.60 daN/cm²

E - modulo elastico = 15000.0 daN/cm²

G - modulo el. tang. = 5000.0 daN/cm²

μ = fattore duttilità = 1.50 (da valori sperimentali secondo gli studi di Turnsek e Cacovic)

γ_m = peso specifico = 1800.0 daN/mc

Valori di progetto:

Fattore confidenza FC = 1.35 (C8A.1.A.4 Circ.n.617/2009)

Coef. parz. sic. γ_M = 2.00 (4.5.6.1 DM 2008)

f_m = 8.89 daN/cm²

τ_o = 0.22 daN/cm²

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00 (7.8.1.5.2 DM 2008)

E = 7500 daN/cm²

G = 2500 daN/cm²

Materiali del telaio

Acciaio	f_{yk} [daN/cm ²]	f_{tk} [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]	G [daN/cm ²]	γ_a [kg/mc]
S 275	2750.0	4300.0	2100000.0	807692.0	7850.0

Sezioni in acciaio del telaio

Profilo	B [cm]	H [cm]	W_x [cm ³]	W_{px} [cm ³]	W_y [cm ³]	W_{py} [cm ³]	Area [cm ²]	Peso [kg/m]
HEA 200	20.0	19.0	388,6	429,5	133,6	203,8	53.8	42.24
UPN 160	6.5	16.0	116	0	18,2	0	24.0	18.84
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	55,6	84,8	31.4	24.66

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate 'Norme tecniche per le costruzioni'.

2. Circolare 02/02/2009 n. 617/CSLLPP Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008

METODOLOGIA DI VERIFICA

L'apertura di un vano in una parete muraria accompagnata da opportuni rinforzi è previsto, come 'intervento locale', nella Circolare n. 617/CSLLPP del 2/2/2009 al punto C8.4.3.

Le verifiche possono essere eseguite limitandosi a valutazioni numeriche relative alla sola parete interessata dall'intervento solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza non peggiori ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.

Una mutazione significativa della rigidezza delle pareti muterebbe il comportamento globale della struttura e pertanto non risulterebbe sufficiente la verifica locale.

La verifica risulta positiva quando la resistenza alle forze orizzontali V post-operam risultano maggiori o uguali a quelle ante-operam, con variazioni di rigidezza non sostanziali (+/- 15.00%).

Ritenendo valido lo schema di doppio incastro alle estremità, nel caso di muratura non armata in cui la rottura del pannello è di tipo fragile e caratterizzata da lesioni diagonali a 45° l'azione tagliente ultima è determinabile, come specificato nella Circolare n. 617/CSLLPP al punto C8.7.1.5, con la seguente relazione:

$$V_t = (L T f_{td} / b) (1 + \sigma_o / f_{td})^{1/2}$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

L = Lunghezza del pannello murario

T = Spessore del pannello murario

f_{td} = Resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura = $1,5 \tau_0$

σ_0 = Tensione normale media riferita all'area totale della base del setto

b = Coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere $b = H / L$, comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, dove H è l'altezza del pannello

La rigidezza del singolo pannello murario K viene valutata con la seguente relazione:

$$K = (G E T L^3) / (G H^3 + 1,2 H E L^2)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

E = modulo di elasticità normale

G = modulo di elasticità tangenziale

La rigidezza complessiva risulterà dalla sommatoria dei contributi dei singoli maschi murari che formano la parete.

La resistenza ultima a taglio verrà calcolata in base alla curva caratteristica del diagramma $V-\delta$

TELAIO DI CERCHIATURA DELLE APERTURE

Definendo:

$\Delta K = K_{sa} - K_{pr}$ (carenza di rigidezza della muratura a seguito dell'intervento)

il telaio, per poter sopperire a tale carenza dovrà avere una rigidezza K_t maggiore o uguale a ΔK

La rigidezza del telaio è data dalla sommatoria delle rigidezze dei singoli montanti costituenti la cerchiatura.

Considerando come incastrata la base del telaio, la rigidezza per il singolo montante vale:

$$K_i = 12 E J / H^3$$

La rigidezza totale del telaio sarà: $K_t = \sum K_i$

La resistenza a taglio del telaio sarà data dal contributo di tutti i montanti:

dato il momento ultimo di ogni montante = $M_u = f_{yk} W / \gamma_{MO}$

considerando lo schema incastro-incastro: $F_o = 2 M_u / H$

La resistenza complessiva del telaio sarà: $V_t = \sum F_o$

CARICHI

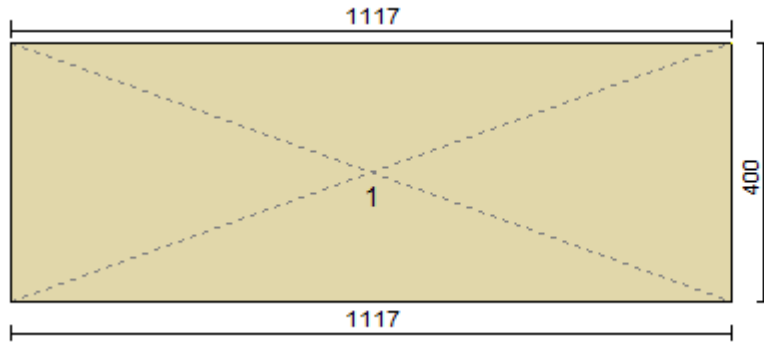
In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

Carico permanente $g_1 = 660.0$ daN/m

Carico variabile $q_1 = 268.0$ daN/m

Per la determinazione della tensione media verticale, verranno inoltre considerati i contributi dovuti al peso proprio di metà maschio murario e delle semifasce superiori gravanti sul maschio stesso.

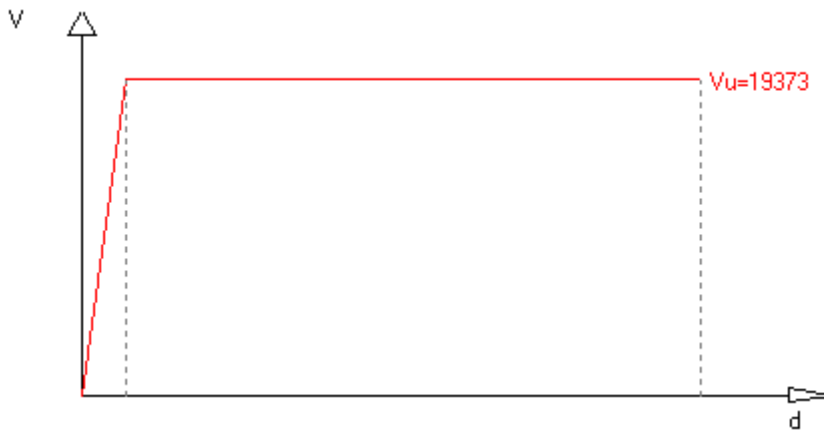
Ante-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

Maschio	Lungh.	H calc.	Coef. b	σ	Ko	Vu	δe	δu
1	1117.0	400.0	1.00	0.669	168528.0	19372.8	0.115	1.600

Curva caratteristica ante-operam:

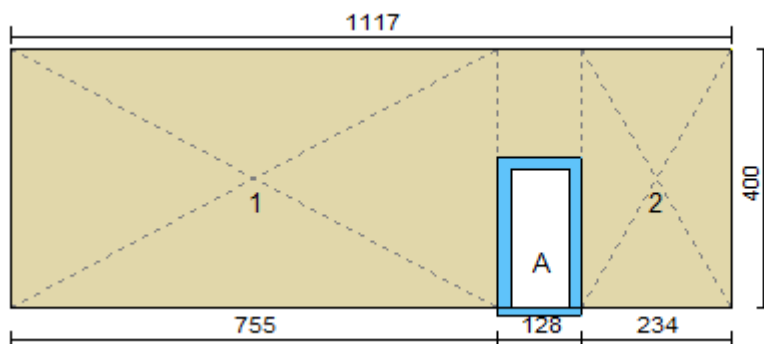


Rigidezza complessiva della parete: $Ksa = 168528.0$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $Vsa = 19372.8$ daN

Spostamento ultimo: $\delta u sa = 1.600$ cm

Post-operam

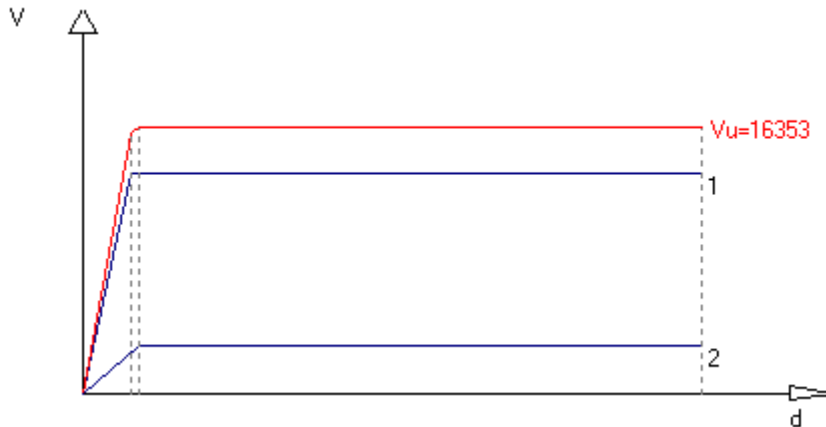


T (sp. parete) = 30.00 cm

Apertura	Stato	Montanti per lato	Architravi	Travi inf.
A	Cerchiata	1 HEA 200 (S 275)	2 UPN 160 (S 275)	2 HEA 140 (S 275)

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ	Ko	Vu	δe	δu
1	755.0	30.00	400.0	1.00	0.721	109436.1	13429.7	0.123	1.600
2	234.0	30.00	400.0	1.50	0.837	20181.5	2923.2	0.145	1.600

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 129617.6$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 16353.0$ daN

Spostamento ultimo: $\delta_{u\ pr} = 1.600$ cm

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{\text{mur}} = K_{pr} - K_{sa} = 129618 - 168528 = -38910$ daN/cm (riduzione rigidezza = -23.1%)

$\Delta V_{\text{mur}} = V_{pr} - V_{sa} = 16353 - 19373 = -3020$ daN (riduzione resistenza = -15.6%)

Rigidezza e resistenza del telaio:

Note:

$K = c E J / H_i$, con: $c = 3$ nel caso di telaio incernierato alla base, $c = 12$ nel caso di incastro

$F_u = M_u / H_i$ nel caso di telaio incernierato alla base, $F_u = 2 M_u / H_i$ nel caso di incastro

Se $\delta_e > \delta_u$, F_o sarà calcolato in relazione allo spostamento ultimo di progetto. $F_o = K \delta_{u\ pr}$

Telaio	c	H_i [cm]	K [daN/cm]	δ_e [cm]	F_u [daN]	F_o [daN]
A	12	215.0	18723.1	1.01	18935.1	18935.1

$K_t = \sum K = 18723$ daN/cm

$V_t = \sum F_o = 18935$ daN

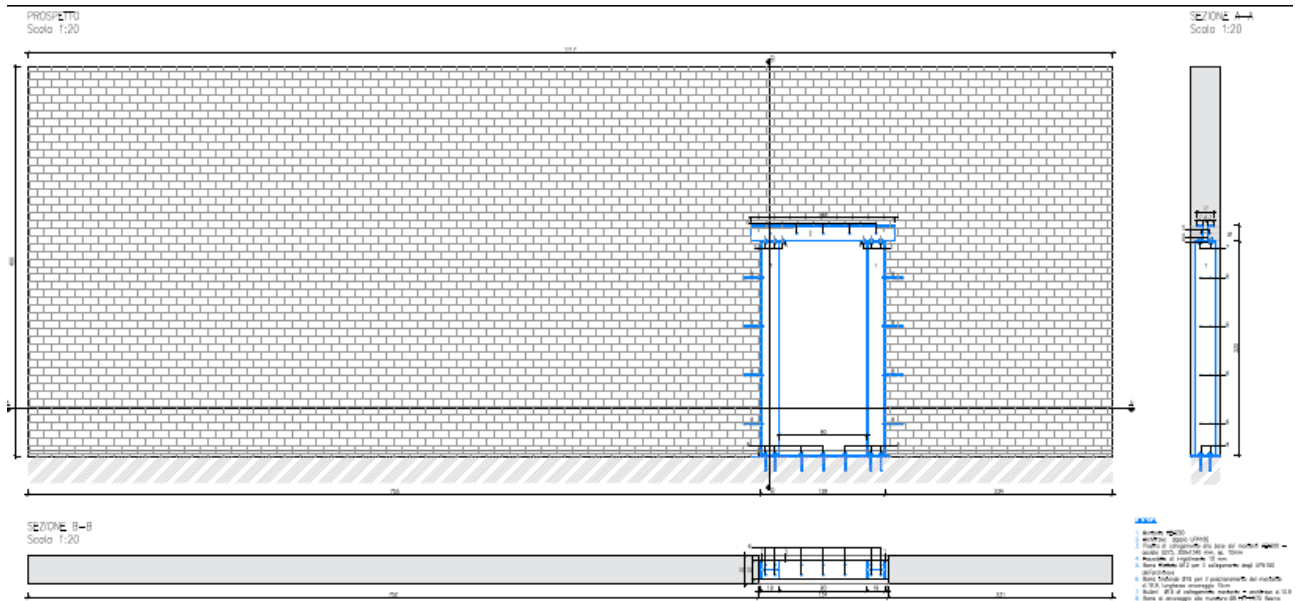
Variazione di rigidezza e resistenza dopo l'intervento:

$\Delta K_{\text{tot}} = K_{pr} + K_t - K_{sa} = -20187$ daN/cm

riduzione rigidezza = -12.0%; variazione percentuale di ΔK_{tot} compresa entro il 15.0% (Ok)

$\Delta V_{\text{tot}} = V_{pr} + V_t - V_{sa} = 15915$ daN

aumento resistenza = 82.2%; $\Delta V_{\text{tot}} > 0$ (Ok)



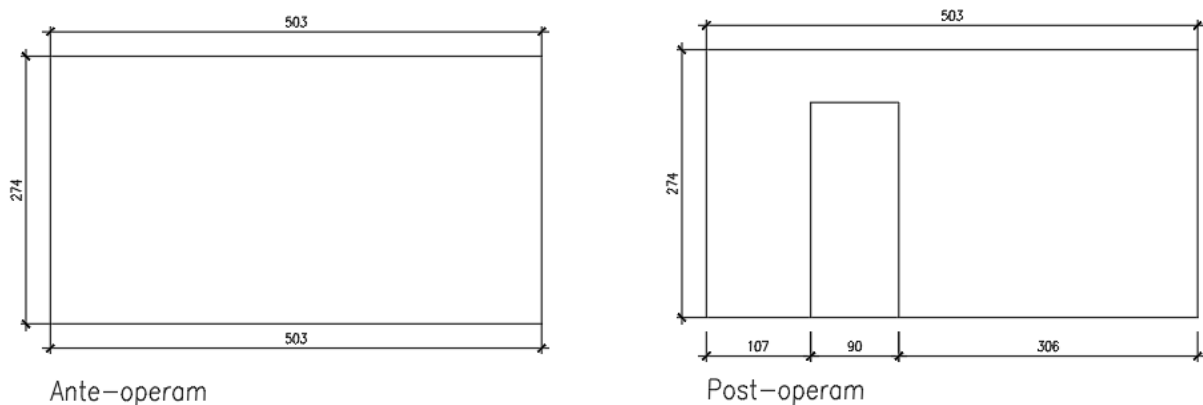
5.2. Intervento 2

Anche l'intervento 2, come l'intervento 1, si rende necessario al fine di creare un collegamento tra due fabbricati che, allo stato di fatto, non risultano collegati.

La parete sulla quale viene realizzato l'intervento è costituita da due paramenti murari affiancati tra loro in quanto, con ogni probabilità, il fabbricato contenente i locali adibiti a servizi 07-08-09 è di successiva realizzazione rispetto a quello adiacente. Tale affiancamento dei paramenti murari implica pertanto una doppia analisi in quanto si presume che i due fabbricati adiacenti abbiano tra loro comportamenti indipendenti.

5.2.1. Parete locale 06

Viene riportata di seguito la configurazione della parete pre e post operam.



Al fine di valutare la necessità o meno di realizzare una cerchiatura metallica si è effettuato un confronto tra i valori di rigidezza e resistenza della parete prima e dopo l'intervento mediante l'applicativo *PRO_CAD Interventi Locali* fornito dalla 2SI.

MATERIALI

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Parametri muratura Tab.C8A.2.1 Circ.n.617/CSLLPP del 2/2/2009

f_m - resistenza compressione [daN/cm²]: 24.00 (min.), 40.00 (max.)

τ_o - resistenza a taglio [daN/cm²]: 0.60 (min.), 0.92 (max.)

E - modulo elastico [daN/cm²]: 12000.0 (min.), 18000.0 (max.)

G - modulo el. tang. [daN/cm²]: 4000.0 (min.), 6000.0 (max.)

Valori di riferimento:

Essendo il livello di conoscenza LC1 (Limitata), come specificato dalla Tab. C8A.1.1 Circ.n.617, si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

f_m - resistenza compressione = 24.00 daN/cm²

τ_o - resistenza a taglio = 0.60 daN/cm²

E - modulo elastico = 15000.0 daN/cm²

G - modulo el. tang. = 5000.0 daN/cm²

μ = fattore duttilità = 1.50 (da valori sperimentali secondo gli studi di Turnsek e Cacovic)

γ_m = peso specifico = 1800.0 daN/mc

Valori di progetto:

Fattore confidenza FC = 1.35 (C8A.1.A.4 Circ.n.617/2009)

Coef. parz. sic. γ_M = 2.00 (4.5.6.1 DM 2008)

f_m = 8.89 daN/cm²

τ_o = 0.22 daN/cm²

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00 (7.8.1.5.2 DM 2008)

E = 7500 daN/cm²

G = 2500 daN/cm²

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate 'Norme tecniche per le costruzioni'.
2. Circolare 02/02/2009 n. 617/CSLLPP Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008

METODOLOGIA DI VERIFICA

L'apertura di un vano in una parete muraria accompagnata da opportuni rinforzi è previsto, come 'intervento locale', nella Circolare n. 617/CSLLPP del 2/2/2009 al punto C8.4.3.

Le verifiche possono essere eseguite limitandosi a valutazioni numeriche relative alla sola parete interessata dall'intervento solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza non peggiori ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.

Una mutazione significativa della rigidezza delle pareti muterebbe il comportamento globale della struttura e pertanto non risulterebbe sufficiente la verifica locale.

La verifica risulta positiva quando la resistenza alle forze orizzontali V post-operam risultano maggiori o uguali a quelle ante-operam, con variazioni di rigidezza non sostanziali (+/- 15.00%).

Ritenendo valido lo schema di doppio incastro alle estremità, nel caso di muratura non armata in cui la rottura del pannello è di tipo fragile e caratterizzata da lesioni diagonali a 45° l'azione tagliante ultima è determinabile, come specificato nella Circolare n. 617/CSLLPP al punto C8.7.1.5, con la seguente relazione:

$$V_t = (L T f_{td} / b) (1 + \sigma_0 / f_{td})^{1/2}$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

L = Lunghezza del pannello murario

T = Spessore del pannello murario

f_{td} = Resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura = 1,5 τ_0

σ_0 = Tensione normale media riferita all'area totale della base del setto

b = Coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere $b = H / L$, comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, dove H è l'altezza del pannello

La rigidezza del singolo pannello murario K viene valutata con la seguente relazione:

$$K = (G E T L^3) / (G H^3 + 1,2 H E L^2)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

E = modulo di elasticità normale

G = modulo di elasticità tangenziale

La rigidezza complessiva risulterà dalla sommatoria dei contributi dei singoli maschi murari che formano la parete.

La resistenza ultima a taglio verrà calcolata in base alla curva caratteristica del diagramma V- δ

TELAIO DI CERCHIATURA DELLE APERTURE

Definendo:

$\Delta K = K_{sa} - K_{pr}$ (carenza di rigidezza della muratura a seguito dell'intervento)

il telaio, per poter sopperire a tale carenza dovrà avere una rigidezza K_t maggiore o uguale a ΔK

La rigidezza del telaio è data dalla sommatoria delle rigidezze dei singoli montanti costituenti la cerchiatura.

Considerando come incastrata la base del telaio, la rigidezza per il singolo montante vale:

$$K_i = 12 E J / H^3$$

La rigidezza totale del telaio sarà: $K_t = \sum K_i$

La resistenza a taglio del telaio sarà data dal contributo di tutti i montanti:

dato il momento ultimo di ogni montante = $M_u = f_{yk} W / \gamma_{MO}$

considerando lo schema incastro-incastro: $F_0 = 2 M_u / H$

La resistenza complessiva del telaio sarà: $V_t = \sum F_0$

CARICHI

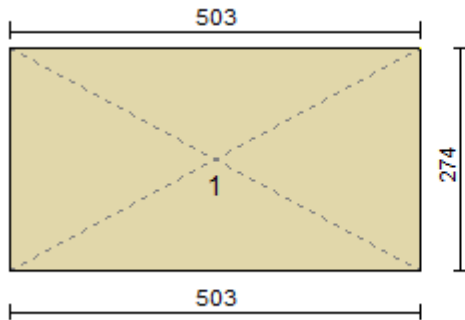
In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

Carico permanente $g_1 = 496.0$ daN/m

Carico variabile $q_1 = 201.0$ daN/m

Per la determinazione della tensione media verticale, verranno inoltre considerati i contributi dovuti al peso proprio di metà maschio murario e delle semifasce superiori gravanti sul maschio stesso.

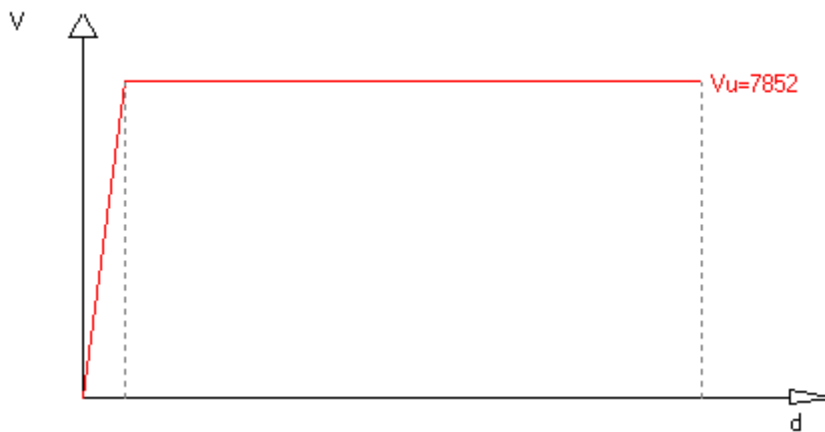
Ante-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

Maschio	Lungh.	H calc.	Coef. b	σ	Ko	Vu	δe	δu
1	503.0	274.0	1.00	0.479	105998.4	7852.0	0.074	1.096

Curva caratteristica ante-operam:

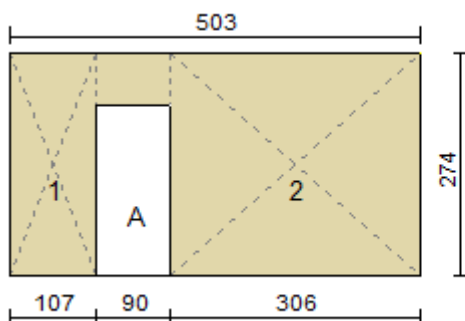


Rigidezza complessiva della parete: $Ksa = 105998.4$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $Vsa = 7852.0$ daN

Spostamento ultimo: $\delta u sa = 1.096$ cm

Post-operam



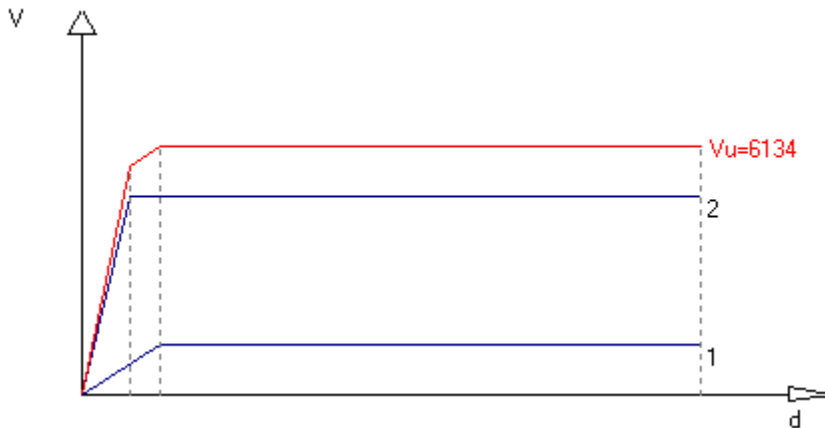
T (sp. parete) = 30.00 cm

Apertura	Stato	Montanti per lato	Architravi	Travi inf.
A	Libera	No	No	No

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ	Ko	Vu	δe	δu
---------	--------	--------	---------	---------	----------	------	------	------------	------------

1	107.0	30.00	274.0	1.50	0.625	8650.3	1209.6	0.140	1.096
2	306.0	30.00	274.0	1.00	0.530	57085.3	4924.7	0.086	1.096

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 65735.6$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 6134.3$ daN

Spostamento ultimo: $\delta_{u pr} = 1.096$ cm

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{mur} = K_{pr} - K_{sa} = 65736 - 105998 = -40263$ daN/cm (riduzione rigidezza = -38.0%)

$\Delta V_{mur} = V_{pr} - V_{sa} = 6134 - 7852 = -1718$ daN (riduzione resistenza = -21.9%)

Attenzione, la variazione percentuale di ΔK è maggiore del 15.0%, limite di accettabilità per considerare l'intervento di tipo locale.

Dai calcoli effettuati si evince come una cerchiatura risulti **NECESSARIA** in quanto il valore della rigidezza della parete post-operam eccede dal limite di accessibilità consentito pari a $\pm 15\%$.

Si assume pertanto di realizzare una cerchiatura avente montanti HEA240 e architrave realizzata mediante due profili accoppiati UPN160.

I risultati ottenuti sono i seguenti.

MATERIALI

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Parametri muratura Tab.C8A.2.1 Circ.n.617/CSLLPP del 2/2/2009
 f_m - resistenza compressione [daN/cm²]: 24.00 (min.), 40.00 (max.)

τ_o - resistenza a taglio [daN/cm²]: 0.60 (min.), 0.92 (max.)

E - modulo elastico [daN/cm²]: 12000.0 (min.), 18000.0 (max.)

G - modulo el. tang. [daN/cm²]: 4000.0 (min.), 6000.0 (max.)

Valori di riferimento:

Essendo il livello di conoscenza LC1 (Limitata), come specificato dalla Tab. C8A.1.1 Circ.n.617, si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

f_m - resistenza compressione = 24.00 daN/cm²

τ_0 - resistenza a taglio = 0.60 daN/cm²

E - modulo elastico = 15000.0 daN/cm²

G - modulo el. tang. = 5000.0 daN/cm²

μ = fattore duttilità = 1.50 (da valori sperimentali secondo gli studi di Turnsek e Cacovic)

γ_m = peso specifico = 1800.0 daN/mc

Valori di progetto:

Fattore confidenza FC = 1.35 (C8A.1.A.4 Circ.n.617/2009)

Coef. parz. sic. γ_M = 2.00 (4.5.6.1 DM 2008)

f_m = 8.89 daN/cm²

τ_0 = 0.22 daN/cm²

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00 (7.8.1.5.2 DM 2008)

E = 7500 daN/cm²

G = 2500 daN/cm²

Materiali del telaio

Acciaio	f_{yk} [daN/cm ²]	f_{tk} [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]	G [daN/cm ²]	γ_a [kg/mc]
S 275	2750.0	4300.0	2100000.0	807692.0	7850.0

Sezioni in acciaio del telaio

Profilo	B [cm]	H [cm]	W_x [cm ³]	W_{px} [cm ³]	W_y [cm ³]	W_{py} [cm ³]	Area [cm ²]	Peso [kg/m]
HEA 240	24.0	23.0	675,1	744,6	230,7	351,7	76.8	60.30
UPN 160	6.5	16.0	116	0	18,2	0	24.0	18.84

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate 'Norme tecniche per le costruzioni'.

2. Circolare 02/02/2009 n. 617/CSLLPP Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008

METODOLOGIA DI VERIFICA

L'apertura di un vano in una parete muraria accompagnata da opportuni rinforzi è previsto, come 'intervento locale', nella Circolare n. 617/CSLLPP del 2/2/2009 al punto C8.4.3.

Le verifiche possono essere eseguite limitandosi a valutazioni numeriche relative alla sola parete interessata dall'intervento solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza non peggiori ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.

Una mutazione significativa della rigidezza delle pareti muterebbe il comportamento globale della struttura e pertanto non risulterebbe sufficiente la verifica locale.

La verifica risulta positiva quando la resistenza alle forze orizzontali V post-operam risultano maggiori o uguali a quelle ante-operam, con variazioni di rigidezza non sostanziali (+/- 15.00%).

Ritenendo valido lo schema di doppio incastro alle estremità, nel caso di muratura non armata in cui la rottura del pannello è di tipo fragile e caratterizzata da lesioni diagonali a 45° l'azione tagliante ultima è determinabile, come specificato nella Circolare n. 617/CSLLPP al punto C8.7.1.5, con la seguente relazione:

$$V_t = (L T f_{td} / b) (1 + \sigma_0 / f_{td})^{1/2}$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

L = Lunghezza del pannello murario

T = Spessore del pannello murario

f_{td} = Resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura = $1,5 \tau_0$

σ_0 = Tensione normale media riferita all'area totale della base del setto

b = Coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere $b = H / L$, comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, dove H è l'altezza del pannello

La rigidezza del singolo pannello murario K viene valutata con la seguente relazione:

$$K = (G E T L^3) / (G H^3 + 1,2 H E L^2)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

E = modulo di elasticità normale

G = modulo di elasticità tangenziale

La rigidezza complessiva risulterà dalla sommatoria dei contributi dei singoli maschi murari che formano la parete.

La resistenza ultima a taglio verrà calcolata in base alla curva caratteristica del diagramma V- δ

TELAIO DI CERCHIATURA DELLE APERTURE

Definendo:

$\Delta K = K_{sa} - K_{pr}$ (carenza di rigidezza della muratura a seguito dell'intervento)

il telaio, per poter sopperire a tale carenza dovrà avere una rigidezza K_t maggiore o uguale a ΔK

La rigidezza del telaio è data dalla sommatoria delle rigidezze dei singoli montanti costituenti la cerchiatura.

Considerando come incastrata la base del telaio, la rigidezza per il singolo montante vale:

$$K_i = 12 E J / H^3$$

La rigidezza totale del telaio sarà: $K_t = \sum K_i$

La resistenza a taglio del telaio sarà data dal contributo di tutti i montanti:

dato il momento ultimo di ogni montante = $M_u = f_{yk} W / \gamma_{MO}$

considerando lo schema incastro-incastro: $F_o = 2 M_u / H$

La resistenza complessiva del telaio sarà: $V_t = \sum F_o$

CARICHI

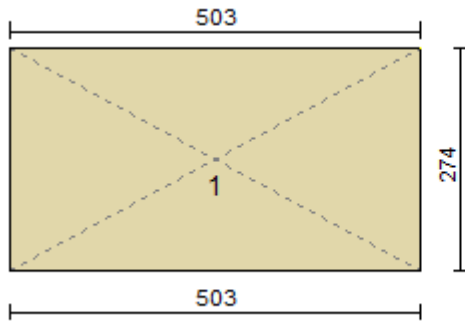
In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

Carico permanente $g_1 = 496.0$ daN/m

Carico variabile $q_1 = 201.0$ daN/m

Per la determinazione della tensione media verticale, verranno inoltre considerati i contributi dovuti al peso proprio di metà maschio murario e delle semifasce superiori gravanti sul maschio stesso.

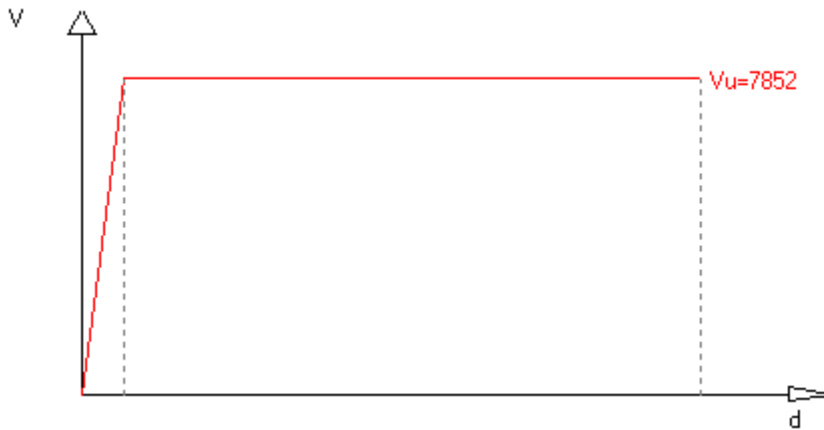
Ante-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

Maschio	Lungh.	H calc.	Coef. b	σ_0	K_0	V_u	δ_e	δ_u
1	503.0	274.0	1.00	0.479	105998.4	7852.0	0.074	1.096

Curva caratteristica ante-operam:

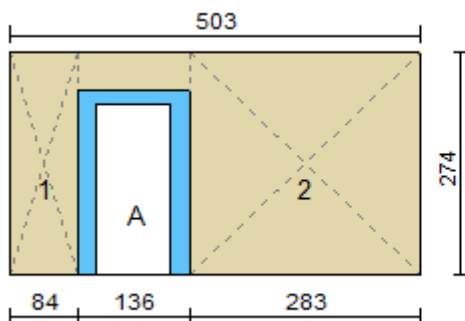


Rigidezza complessiva della parete: $K_{sa} = 105998.4$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{sa} = 7852.0$ daN

Spostamento ultimo: δ_u sa = 1.096 cm

Post-operam

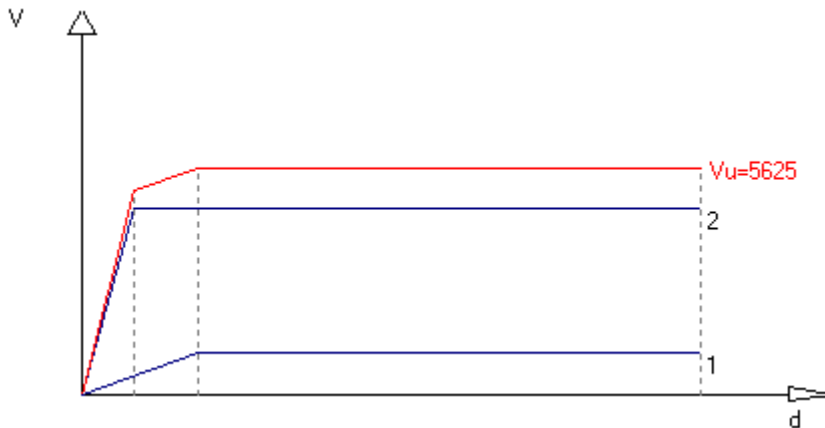


T (sp. parete) = 30.00 cm

Apertura	Stato	Montanti per lato	Architravi	Travi inf.
A	Cerchiata	1 HEA 240 (S 275)	2 UPN 160 (S 275)	No

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ_0	K_0	V_u	δ_e	δ_u
1	84.0	30.00	274.0	1.50	0.737	4844.0	1003.5	0.207	1.096
2	283.0	30.00	274.0	1.00	0.556	51216.6	4621.3	0.090	1.096

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 56060.6 \text{ daN/cm}$

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 5624.7 \text{ daN}$

Spostamento ultimo: $\delta_{u\ pr} = 1.096 \text{ cm}$

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{\text{mur}} = K_{pr} - K_{sa} = 56061 - 105998 = -49938 \text{ daN/cm}$ (riduzione rigidezza = -47.1%)

$\Delta V_{\text{mur}} = V_{pr} - V_{sa} = 5625 - 7852 = -2227 \text{ daN}$ (riduzione resistenza = -28.4%)

Rigidezza e resistenza del telaio:

Note:

$K = c E J / H_i$, con: $c = 3$ nel caso di telaio incernierato alla base, $c = 12$ nel caso di incastro

$F_u = M_u / H_i$ nel caso di telaio incernierato alla base, $F_u = 2 M_u / H_i$ nel caso di incastro

Se $\delta_e > \delta_u$, F_o sarà calcolato in relazione allo spostamento ultimo di progetto. $F_o = K \delta_{u\ Pr}$

Telaio	c	H_i [cm]	K [daN/cm]	δ_e [cm]	F_u [daN]	F_o [daN]
A	12	210.0	42247.6	0.80	33678.5	33678.5

$K_t = \sum K = 42248 \text{ daN/cm}$

$V_t = \sum F_o = 33678 \text{ daN}$

Variazione di rigidezza e resistenza dopo l'intervento:

$\Delta K_{\text{tot}} = K_{pr} + K_t - K_{sa} = -7690 \text{ daN/cm}$

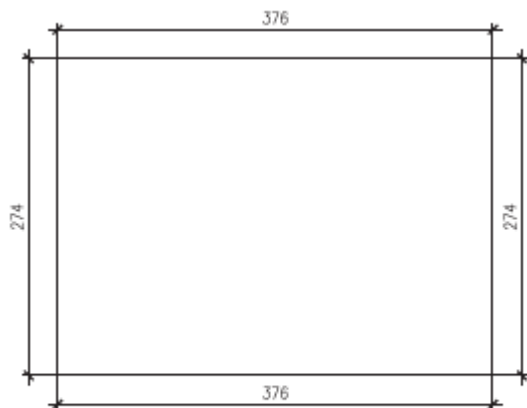
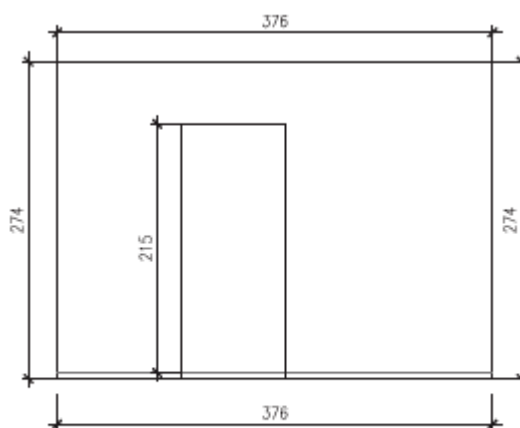
riduzione rigidezza = -7.3%; variazione percentuale di ΔK_{tot} compresa entro il 15.0% (Ok)

$\Delta V_{\text{tot}} = V_{pr} + V_t - V_{sa} = 31451 \text{ daN}$

aumento resistenza = 400.6%; $\Delta V_{\text{tot}} > 0$ (Ok)

5.2.2. Parete locali 07-08-09

Viene riportata di seguito la configurazione della parete pre e post operam.

Ante-operam
Scala 1:50Post-operam
Scala 1:50

Al fine di valutare la necessità o meno di realizzare una cerchiatura metallica si è effettuato un confronto tra i valori di rigidezza e resistenza della parete prima e dopo l'intervento mediante l'applicativo *PRO_CAD Interventi Locali* fornito dalla 2SI.

MATERIALI

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Parametri muratura Tab.C8A.2.1 Circ.n.617/CSLLPP del 2/2/2009
 f_m - resistenza compressione [daN/cm²]: 24.00 (min.), 40.00 (max.)

τ_o - resistenza a taglio [daN/cm²]: 0.60 (min.), 0.92 (max.)

E - modulo elastico [daN/cm²]: 12000.0 (min.), 18000.0 (max.)

G - modulo el. tang. [daN/cm²]: 4000.0 (min.), 6000.0 (max.)

Valori di riferimento:

Essendo il livello di conoscenza LC1 (Limitata), come specificato dalla Tab. C8A.1.1 Circ.n.617, si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

f_m - resistenza compressione = 24.00 daN/cm²

τ_o - resistenza a taglio = 0.60 daN/cm²

E - modulo elastico = 15000.0 daN/cm²

G - modulo el. tang. = 5000.0 daN/cm²

μ = fattore duttilità = 1.50 (da valori sperimentali secondo gli studi di Turnsek e Cacovic)

γ_m = peso specifico = 1800.0 daN/mc

Valori di progetto:

Fattore confidenza FC = 1.35 (C8A.1.A.4 Circ.n.617/2009)

Coef. parz. sic. γ_M = 2.00 (4.5.6.1 DM 2008)

f_m = 8.89 daN/cm²

τ_o = 0.22 daN/cm²

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00 (7.8.1.5.2 DM 2008)

E = 7500 daN/cm²

G = 2500 daN/cm²

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate 'Norme tecniche per le costruzioni'.

2. Circolare 02/02/2009 n. 617/CSLLPP Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008

METODOLOGIA DI VERIFICA

L'apertura di un vano in una parete muraria accompagnata da opportuni rinforzi è previsto, come 'intervento locale', nella Circolare n. 617/CSLLPP del 2/2/2009 al punto C8.4.3.

Le verifiche possono essere eseguite limitandosi a valutazioni numeriche relative alla sola parete interessata dall'intervento solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza non peggiori ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.

Una mutazione significativa della rigidezza delle pareti muterebbe il comportamento globale della struttura e pertanto non risulterebbe sufficiente la verifica locale.

La verifica risulta positiva quando la resistenza alle forze orizzontali V post-operam risultano maggiori o uguali a quelle ante-operam, con variazioni di rigidezza non sostanziali ($\pm 15.00\%$).

Ritenendo valido lo schema di doppio incastro alle estremità, nel caso di muratura non armata in cui la rottura del pannello è di tipo fragile e caratterizzata da lesioni diagonali a 45° l'azione tagliente ultima è determinabile, come specificato nella Circolare n. 617/CSLLPP al punto C8.7.1.5, con la seguente relazione:

$$V_t = (L T f_{td} / b) (1 + \sigma_o / f_{td})^{1/2}$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

L = Lunghezza del pannello murario

T = Spessore del pannello murario

f_{td} = Resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura = $1,5 \tau_o$

σ_o = Tensione normale media riferita all'area totale della base del setto

b = Coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere $b = H / L$, comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, dove H è l'altezza del pannello

La rigidezza del singolo pannello murario K viene valutata con la seguente relazione:

$$K = (G E T L^3) / (G H^3 + 1,2 H E L^2)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

E = modulo di elasticità normale

G = modulo di elasticità tangenziale

La rigidezza complessiva risulterà dalla sommatoria dei contributi dei singoli maschi murari che formano la parete.

La resistenza ultima a taglio verrà calcolate in base alla curva caratteristica del diagramma $V-\delta$

TELAIO DI CERCHIATURA DELLE APERTURE

Definendo:

$\Delta K = K_{sa} - K_{pr}$ (carenza di rigidità della muratura a seguito dell'intervento)

il telaio, per poter sopportare a tale carenza dovrà avere una rigidità K_t maggiore o uguale a ΔK

La rigidità del telaio è data dalla sommatoria delle rigidità dei singoli montanti costituenti la cerchiatura.

Considerando come incastrata la base del telaio, la rigidità per il singolo montante vale:

$$K_i = 12 E J / H^3$$

La rigidità totale del telaio sarà: $K_t = \sum K_i$

La resistenza a taglio del telaio sarà data dal contributo di tutti i montanti:

dato il momento ultimo di ogni montante = $M_u = f_{yk} W / \gamma_{MO}$

considerando lo schema incastro-incastro: $F_o = 2 M_u / H$

La resistenza complessiva del telaio sarà: $V_t = \sum F_o$

CARICHI

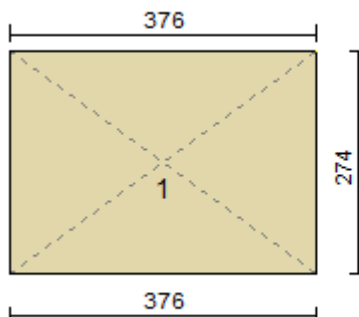
In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

Carico permanente $g_1 = 0.0$ daN/m

Carico variabile $q_1 = 0.0$ daN/m

Per la determinazione della tensione media verticale, verranno inoltre considerati i contributi dovuti al peso proprio di metà maschio murario e delle semifasce superiori gravanti sul maschio stesso.

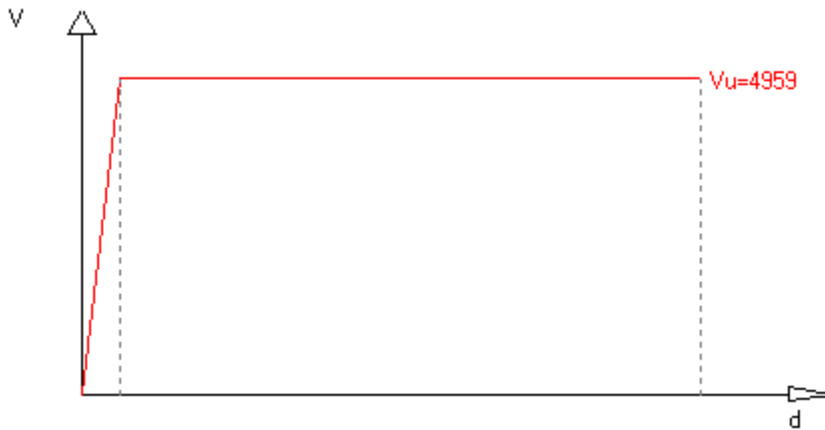
Ante-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

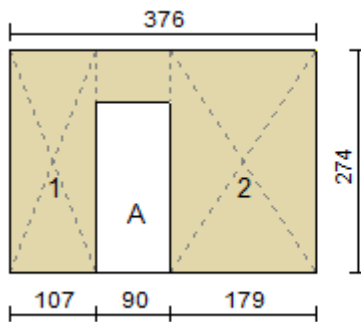
Maschio	Lungh.	H calc.	Coef. b	σ_0	K_o	V_u	δ_e	δ_u
1	376.0	274.0	1.00	0.247	74741.3	4959.5	0.066	1.096

Curva caratteristica ante-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{sa} = 74741.3$ daN/cm
 Taglio ultimo della parete: $V_{sa} = 4959.5$ daN
 Spostamento ultimo: $\delta u_{sa} = 1.096$ cm

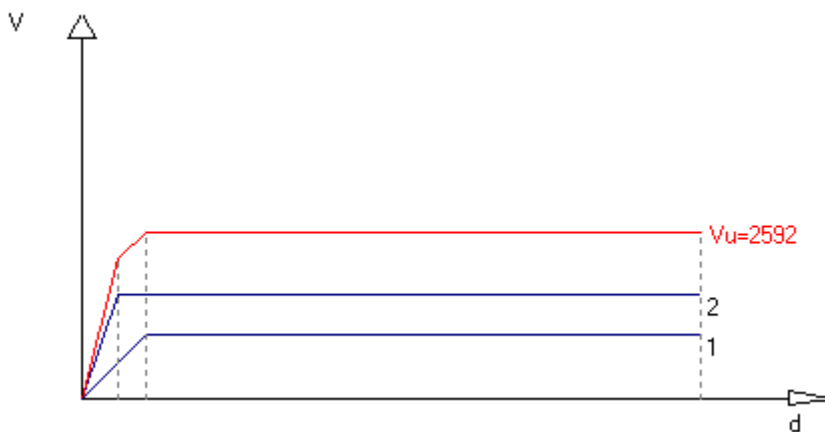
Post-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

Apertura A	Stato Libera	Montanti per lato No	Architravi No	Travi inf. No					
Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ_0	K_0	V_u	δ_e	δ_u
1	107.0	30.00	274.0	1.50	0.295	8650.3	979.4	0.113	1.096
2	179.0	30.00	274.0	1.50	0.276	24732.6	1612.8	0.065	1.096

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 33383.0$ daN/cm
 Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 2592.3$ daN
 Spostamento ultimo: $\delta u_{pr} = 1.096$ cm

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$$\Delta K_{\text{mur}} = K_{\text{pr}} - K_{\text{sa}} = 33383 - 74741 = -41358 \text{ daN/cm} \quad (\text{riduzione rigidezza} = -55.3\%)$$

$$\Delta V_{\text{mur}} = V_{\text{pr}} - V_{\text{sa}} = 2592 - 4959 = -2367 \text{ daN} \quad (\text{riduzione resistenza} = -47.7\%)$$

Attenzione, la variazione percentuale di ΔK è maggiore del 15.0%, limite di accettabilità per considerare l'intervento di tipo locale.

Dai calcoli effettuati si evince come una cerchiatura risulti NECESSARIA in quanto il valore della rigidezza della parete post-operam eccede dal limite di accessibilità consentito pari a $\pm 15\%$.

Si assume pertanto di realizzare una cerchiatura avente montanti HEA240 e architrave realizzata mediante due profili accoppiati UPN160.

I risultati ottenuti sono i seguenti.

MATERIALI**Muratura in mattoni pieni e malta di calce**

Parametri muratura Tab.C8A.2.1 Circ.n.617/CSLLPP del 2/2/2009
fm - resistenza compressione [daN/cm²]: 24.00 (min.), 40.00 (max.)

τ_0 - resistenza a taglio [daN/cm²]: 0.60 (min.), 0.92 (max.)

E - modulo elastico [daN/cm²]: 12000.0 (min.), 18000.0 (max.)

G - modulo el. tang. [daN/cm²]: 4000.0 (min.), 6000.0 (max.)

Valori di riferimento:

Essendo il livello di conoscenza LC1 (Limitata), come specificato dalla Tab. C8A.1.1 Circ.n.617, si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

fm - resistenza compressione = 24.00 daN/cm²

τ_0 - resistenza a taglio = 0.60 daN/cm²

E - modulo elastico = 15000.0 daN/cm²

G - modulo el. tang. = 5000.0 daN/cm²

μ = fattore duttilità = 1.50 (da valori sperimentali secondo gli studi di Turnsek e Cacovic)

γ_m = peso specifico = 1800.0 daN/mc

Valori di progetto:

Fattore confidenza FC = 1.35 (C8A.1.A.4 Circ.n.617/2009)

Coef. parz. sic. γ_M = 2.00 (4.5.6.1 DM 2008)

fm = 8.89 daN/cm²

τ_0 = 0.22 daN/cm²

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00 (7.8.1.5.2 DM 2008)

E = 7500 daN/cm²

G = 2500 daN/cm²

Materiali del telaio

Acciaio	f_{yk} [daN/cm ²]	f_{tk} [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]	G [daN/cm ²]	γ_a [kg/mc]
S 275	2750.0	4300.0	2100000.0	807692.0	7850.0

Sezioni in acciaio del telaio

Profilo	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	Wy [cm ³]	Wpy [cm ³]	Area [cm ²]	Peso [kg/m]
HEA 240	24.0	23.0	675,1	744,6	230,7	351,7	76.8	60.30
UPN 160	6.5	16.0	116	0	18,2	0	24.0	18.84

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate 'Norme tecniche per le costruzioni'.
2. Circolare 02/02/2009 n. 617/CSLLPP Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008

METODOLOGIA DI VERIFICA

L'apertura di un vano in una parete muraria accompagnata da opportuni rinforzi è previsto, come 'intervento locale', nella Circolare n. 617/CSLLPP del 2/2/2009 al punto C8.4.3.

Le verifiche possono essere eseguite limitandosi a valutazioni numeriche relative alla sola parete interessata dall'intervento solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza non peggiori ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.

Una mutazione significativa della rigidezza delle pareti muterebbe il comportamento globale della struttura e pertanto non risulterebbe sufficiente la verifica locale.

La verifica risulta positiva quando la resistenza alle forze orizzontali V post-operam risultano maggiori o uguali a quelle ante-operam, con variazioni di rigidezza non sostanziali (+/- 15.00%).

Ritenendo valido lo schema di doppio incastro alle estremità, nel caso di muratura non armata in cui la rottura del pannello è di tipo fragile e caratterizzata da lesioni diagonali a 45° l'azione tagliante ultima è determinabile, come specificato nella Circolare n. 617/CSLLPP al punto C8.7.1.5, con la seguente relazione:

$$V_t = (L T f_{td} / b) (1 + \sigma_0 / f_{td})^{1/2}$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

L = Lunghezza del pannello murario

T = Spessore del pannello murario

f_{td} = Resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura = 1,5 τ_0

σ_0 = Tensione normale media riferita all'area totale della base del setto

b = Coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere $b = H / L$, comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, dove H è l'altezza del pannello

La rigidezza del singolo pannello murario K viene valutata con la seguente relazione:

$$K = (G E T L^3) / (G H^3 + 1,2 H E L^2)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

E = modulo di elasticità normale

G = modulo di elasticità tangenziale

La rigidezza complessiva risulterà dalla sommatoria dei contributi dei singoli maschi murari che formano la parete.

La resistenza ultima a taglio verrà calcolate in base alla curva caratteristica del diagramma V- δ

TELAIO DI CERCHIATURA DELLE APERTURE

Definendo:

$\Delta K = K_{sa} - K_{pr}$ (carenza di rigidità della muratura a seguito dell'intervento)

il telaio, per poter sopperire a tale carenza dovrà avere una rigidità K_t maggiore o uguale a ΔK

La rigidità del telaio è data dalla sommatoria delle rigidità dei singoli montanti costituenti la cerchiatura.

Considerando come incastrata la base del telaio, la rigidità per il singolo montante vale:

$$K_i = 12 E J / H^3$$

La rigidità totale del telaio sarà: $K_t = \sum K_i$

La resistenza a taglio del telaio sarà data dal contributo di tutti i montanti:

dato il momento ultimo di ogni montante = $M_u = f_{yk} W / \gamma_{MO}$

considerando lo schema incastro-incastro: $F_o = 2 M_u / H$

La resistenza complessiva del telaio sarà: $V_t = \sum F_o$

CARICHI

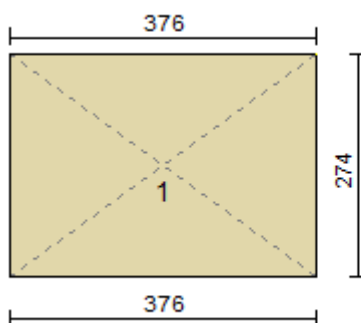
In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

Carico permanente $g_1 = 0.0$ daN/m

Carico variabile $q_1 = 0.0$ daN/m

Per la determinazione della tensione media verticale, verranno inoltre considerati i contributi dovuti al peso proprio di metà maschio murario e delle semifasce superiori gravanti sul maschio stesso.

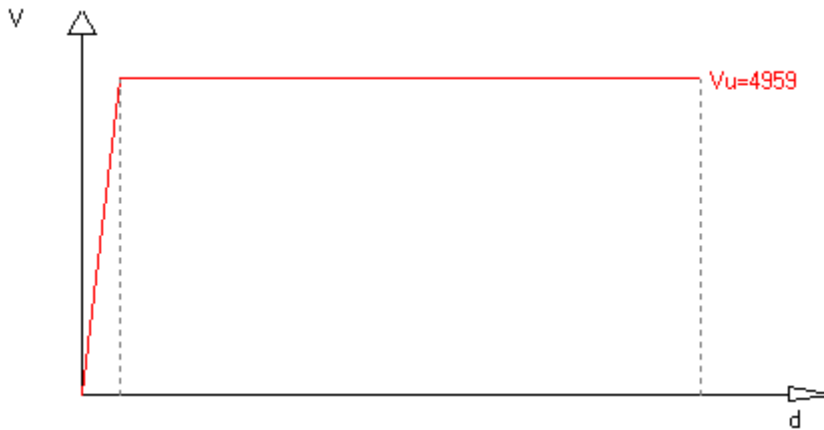
Ante-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

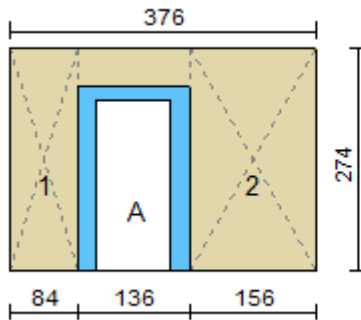
Maschio	Lungh.	H calc.	Coef. b	σ_0	K_0	V_u	δ_e	δ_u
1	376.0	274.0	1.00	0.247	74741.3	4959.5	0.066	1.096

Curva caratteristica ante-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{sa} = 74741.3 \text{ daN/cm}$
 Taglio ultimo della parete: $V_{sa} = 4959.5 \text{ daN}$
 Spostamento ultimo: $\delta u_{sa} = 1.096 \text{ cm}$

Post-operam

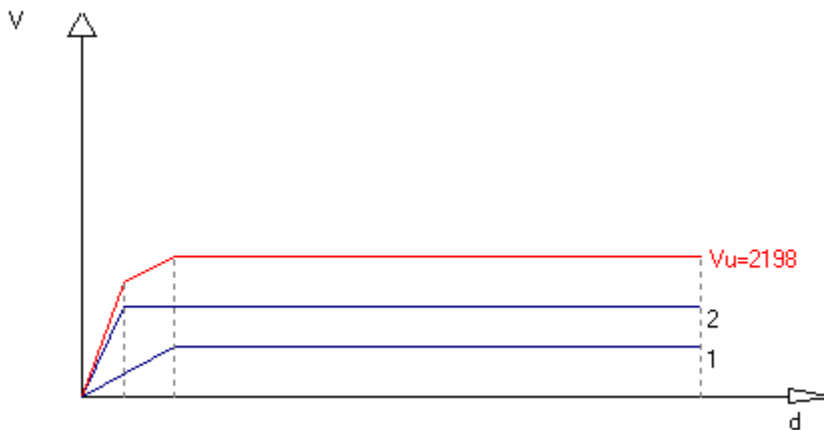


T (sp. parete) = 30.00 cm

Apertura	Stato	Montanti per lato	Architravi	Travi inf.
A	Cerchiata	1 HEA 240 (S 275)	2 UPN 160 (S 275)	No

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ_0	K_0	V_u	δ_e	δ_u
1	84.0	30.00	274.0	1.50	0.317	4844.0	781.9	0.161	1.096
2	156.0	30.00	274.0	1.50	0.284	19162.7	1415.6	0.074	1.096

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 24006.7 \text{ daN/cm}$
 Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 2197.5 \text{ daN}$
 Spostamento ultimo: $\delta u_{pr} = 1.096 \text{ cm}$

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$$\Delta K_{\text{mur}} = K_{\text{pr}} - K_{\text{sa}} = 24007 - 74741 = -50735 \text{ daN/cm} \quad (\text{riduzione rigidezza} = -67.9\%)$$

$$\Delta V_{\text{mur}} = V_{\text{pr}} - V_{\text{sa}} = 2198 - 4959 = -2762 \text{ daN} \quad (\text{riduzione resistenza} = -55.7\%)$$

Rigidezza e resistenza del telaio:

Note:

$K = c E J / H_i$, con: $c = 3$ nel caso di telaio incernierato alla base, $c = 12$ nel caso di incastro

$F_u = M_u / H_i$ nel caso di telaio incernierato alla base, $F_u = 2 M_u / H_i$ nel caso di incastro

Se $\delta_e > \delta_u$, F_o sarà calcolato in relazione allo spostamento ultimo di progetto. $F_o = K \delta_{u,Pr}$

Telaio	c	H _i [cm]	K [daN/cm]	δ _e [cm]	F _u [daN]	F _o [daN]
A	12	210.0	42247.6	0.80	33678.5	33678.5

$$K_t = \sum K = 42248 \text{ daN/cm}$$

$$V_t = \sum F_o = 33678 \text{ daN}$$

Variazione di rigidezza e resistenza dopo l'intervento:

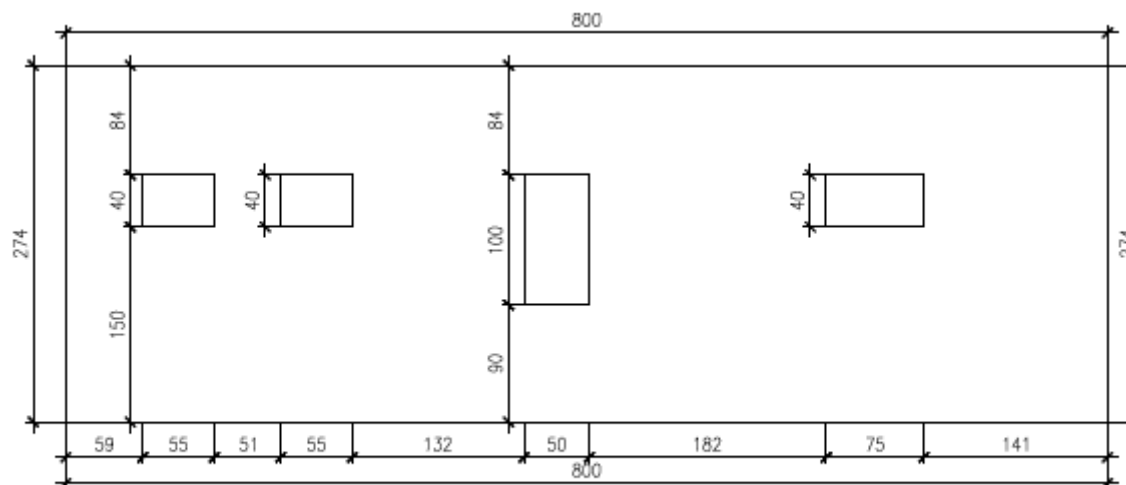
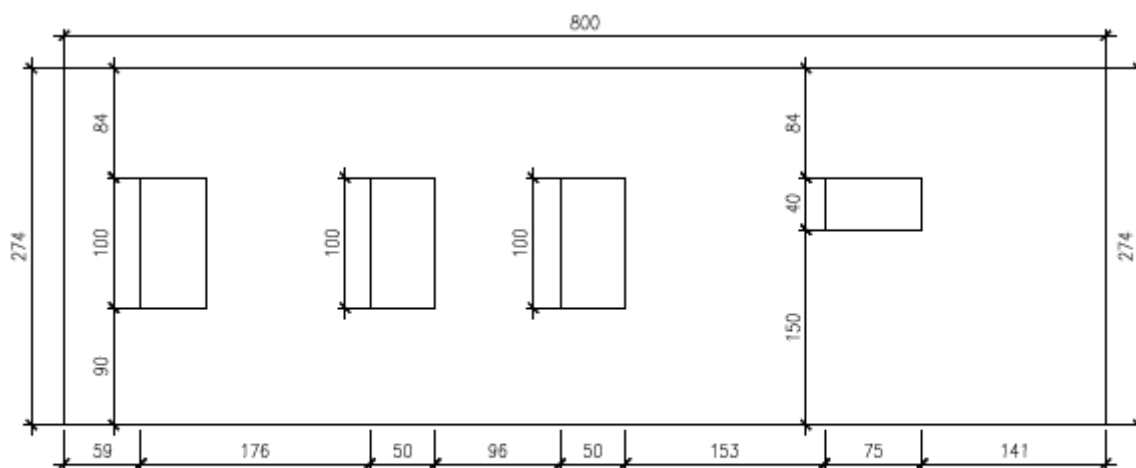
$$\Delta K_{\text{tot}} = K_{\text{pr}} + K_t - K_{\text{sa}} = -8487 \text{ daN/cm}$$

riduzione rigidezza = -11.4%; variazione percentuale di ΔK_{tot} compresa entro il 15.0% (Ok)

$$\Delta V_{\text{tot}} = V_{\text{pr}} + V_t - V_{\text{sa}} = 30917 \text{ daN}$$

aumento resistenza = 623.4%; $\Delta V_{\text{tot}} > 0$ (Ok)

L'intervento di cerchiatura che si realizza pertanto riguarda entrambe le pareti e si realizzeranno due telai metallici uguali posti ad opportuna distanza tra loro in modo tale da conservare il comportamento indipendente dei due fabbricati adiacenti.

Ante-operam
Scala 1:50Post-operam
Scala 1:50

Al fine di verificare se fosse necessario prevedere una o più cerchiature, si è impiegato il *PRO_CAD Interventi Locali* fornito dalla 2SI ed i risultati ottenuti sono i seguenti.

MATERIALI

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Parametri muratura Tab.C8A.2.1 Circ.n.617/CSLLPP del 2/2/2009
 f_m - resistenza compressione [daN/cm²]: 24.00 (min.), 40.00 (max.)

τ_0 - resistenza a taglio [daN/cm²]: 0.60 (min.), 0.92 (max.)

E - modulo elastico [daN/cm²]: 12000.0 (min.), 18000.0 (max.)

G - modulo el. tang. [daN/cm²]: 4000.0 (min.), 6000.0 (max.)

Valori di riferimento:

Essendo il livello di conoscenza LC1 (Limitata), come specificato dalla Tab. C8A.1.1 Circ.n.617, si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

f_m - resistenza compressione = 24.00 daN/cm²

τ_0 - resistenza a taglio = 0.60 daN/cm²

E - modulo elastico = 15000.0 daN/cm²

G - modulo el. tang. = 5000.0 daN/cm²

μ = fattore duttilità = 1.50 (da valori sperimentali secondo gli studi di Turnsek e Cacovic)

γ_m = peso specifico = 1800.0 daN/m³

Valori di progetto:

Fattore confidenza FC = 1.35 (C8A.1.A.4 Circ.n.617/2009)

Coef. parz. sic. γ_M = 2.00 (4.5.6.1 DM 2008)

f_m = 8.89 daN/cm²

τ_o = 0.22 daN/cm²

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00 (7.8.1.5.2 DM 2008)

E = 7500 daN/cm²

G = 2500 daN/cm²

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate 'Norme tecniche per le costruzioni'.

2. Circolare 02/02/2009 n. 617/CSLLPP Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008

METODOLOGIA DI VERIFICA

L'apertura di un vano in una parete muraria accompagnata da opportuni rinforzi è previsto, come 'intervento locale', nella Circolare n. 617/CSLLPP del 2/2/2009 al punto C8.4.3.

Le verifiche possono essere eseguite limitandosi a valutazioni numeriche relative alla sola parete interessata dall'intervento solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza non peggiori ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.

Una mutazione significativa della rigidezza delle pareti muterebbe il comportamento globale della struttura e pertanto non risulterebbe sufficiente la verifica locale.

La verifica risulta positiva quando la resistenza alle forze orizzontali V post-operam risultano maggiori o uguali a quelle ante-operam, con variazioni di rigidezza non sostanziali (+/- 15.00%).

Ritenendo valido lo schema di doppio incastro alle estremità, nel caso di muratura non armata in cui la rottura del pannello è di tipo fragile e caratterizzata da lesioni diagonali a 45° l'azione tagliante ultima è determinabile, come specificato nella Circolare n. 617/CSLLPP al punto C8.7.1.5, con la seguente relazione:

$$V_t = (L T f_{td} / b) (1 + \sigma_o / f_{td})^{1/2}$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

L = Lunghezza del pannello murario

T = Spessore del pannello murario

f_{td} = Resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura = 1,5 τ_o

σ_o = Tensione normale media riferita all'area totale della base del setto

b = Coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere $b = H / L$, comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, dove H è l'altezza del pannello

La rigidezza del singolo pannello murario K viene valutata con la seguente relazione:

$$K = (G E T L^3) / (G H^3 + 1,2 H E L^2)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

E = modulo di elasticità normale

G = modulo di elasticità tangenziale

La rigidezza complessiva risulterà dalla sommatoria dei contributi dei singoli maschi murari che formano la parete.

La resistenza ultima a taglio verrà calcolate in base alla curva caratteristica del diagramma $V-\delta$

TELAIO DI CERCHIATURA DELLE APERTURE

Definendo:

$\Delta K = K_{sa} - K_{pr}$ (carenza di rigidezza della muratura a seguito dell'intervento)

il telaio, per poter sopperire a tale carenza dovrà avere una rigidezza K_t maggiore o uguale a ΔK

La rigidezza del telaio è data dalla sommatoria delle rigidezze dei singoli montanti costituenti la cerchiatura.

Considerando come incastrata la base del telaio, la rigidezza per il singolo montante vale:

$$K_i = 12 E J / H^3$$

La rigidezza totale del telaio sarà: $K_t = \sum K_i$

La resistenza a taglio del telaio sarà data dal contributo di tutti i montanti:

dato il momento ultimo di ogni montante = $M_u = f_{yk} W / \gamma_{MO}$

considerando lo schema incastro-incastro: $F_o = 2 M_u / H$

La resistenza complessiva del telaio sarà: $V_t = \sum F_o$

CARICHI

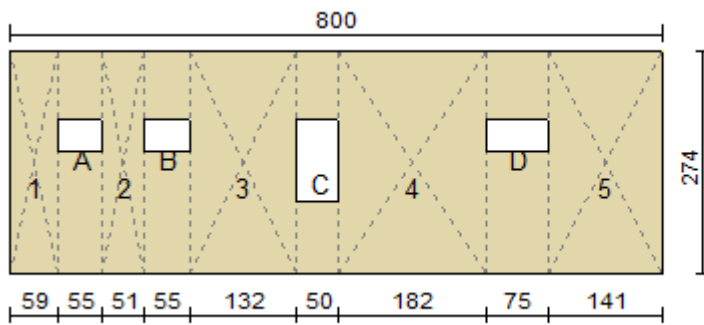
In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

Carico permanente $g_1 = 80.0$ daN/m

Carico variabile $q_1 = 33.0$ daN/m

Per la determinazione della tensione media verticale, verranno inoltre considerati i contributi dovuti al peso proprio di metà maschio murario e delle semifasce superiori gravanti sul maschio stesso.

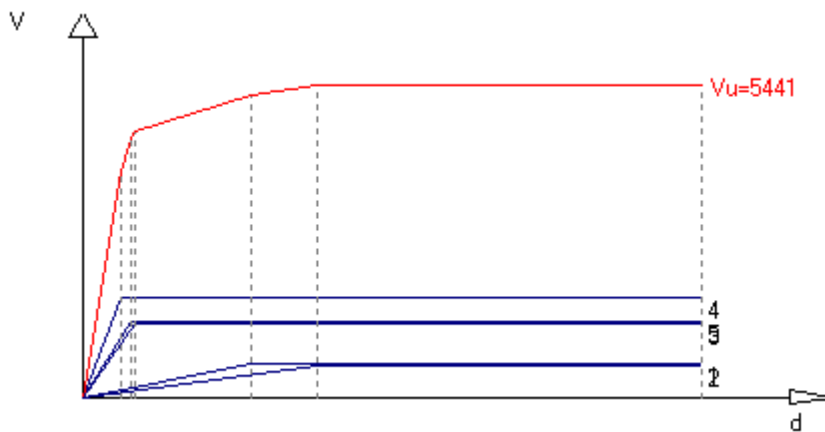
Ante-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

Maschio Lungh.	H calc.	Coef. b	σ_0	K_0	V_u	δ_e	δ_u	
1	59.0	274.0	1.50	0.372	1925.1	572.3	0.297	1.096
2	51.0	274.0	1.50	0.488	1290.0	533.7	0.414	1.096
3	132.0	274.0	1.50	0.359	13705.6	1268.6	0.093	1.096
4	182.0	274.0	1.50	0.349	25475.5	1736.1	0.068	1.096
5	141.0	274.0	1.50	0.334	15696.9	1330.5	0.085	1.096

Curva caratteristica ante-operam:

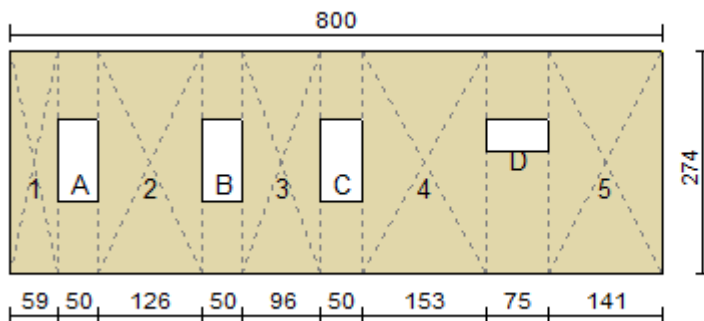


Rigidezza complessiva della parete: $K_{sa} = 58093.1$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{sa} = 5441.2$ daN

Spostamento ultimo: $\delta_{u sa} = 1.096$ cm

Post-operam

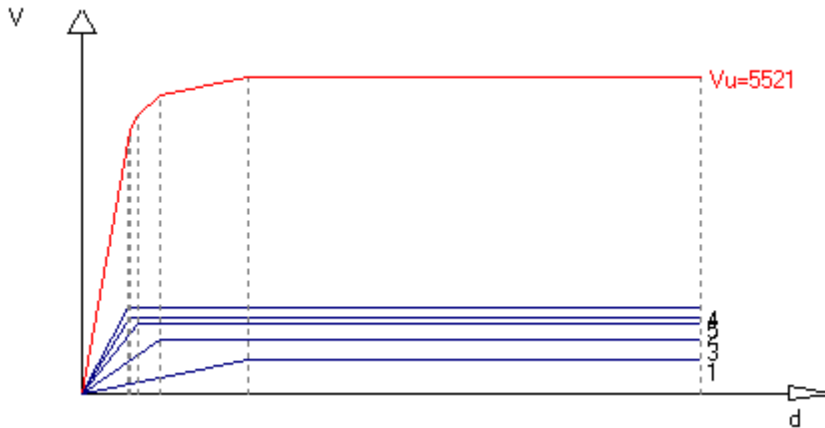


T (sp. parete) = 30.00 cm

Apertura	Stato	Montanti per lato	Architravi	Travi inf.
A	Libera	No	No	No
B	Libera	No	No	No
C	Libera	No	No	No
D	Libera	No	No	No

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ_0	Ko	Vu	δ_e	δ_u
1	59.0	30.00	274.0	1.50	0.364	1925.1	569.0	0.296	1.096
2	126.0	30.00	274.0	1.50	0.359	12422.7	1210.8	0.097	1.096
3	96.0	30.00	274.0	1.50	0.383	6711.2	938.0	0.140	1.096
4	153.0	30.00	274.0	1.50	0.361	18456.9	1472.6	0.080	1.096
5	141.0	30.00	274.0	1.50	0.334	15696.9	1330.5	0.085	1.096

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 55212.8$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 5520.9$ daN

Spostamento ultimo: $\delta_u pr = 1.096$ cm

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{mur} = K_{pr} - K_{sa} = 55213 - 58093 = -2880$ daN/cm (riduzione rigidezza = -5.0%)

$\Delta V_{mur} = V_{pr} - V_{sa} = 5521 - 5441 = 80$ daN (aumento resistenza = 1.5%)

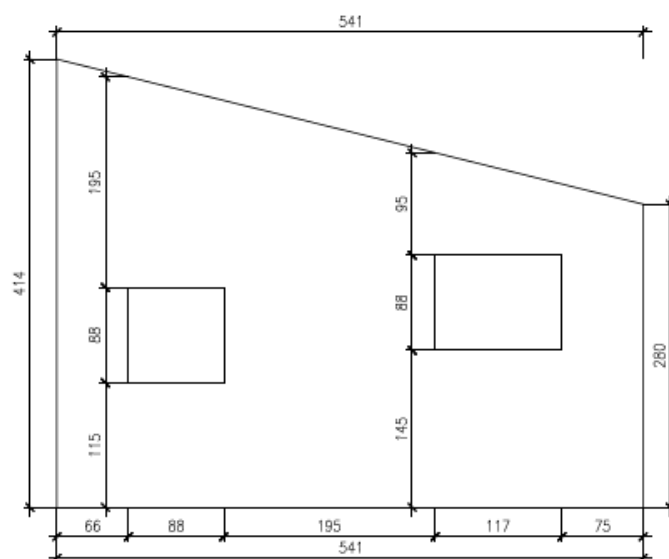
La variazione percentuale di ΔK è compresa tra +/- 15.0%, limite di accettabilità per considerare l'intervento di tipo locale.

La resistenza post-operam è maggiore di quella ante-operam, quindi la parete potrà essere modificata senza richiedere opere aggiuntive di irrigidimento delle aperture.

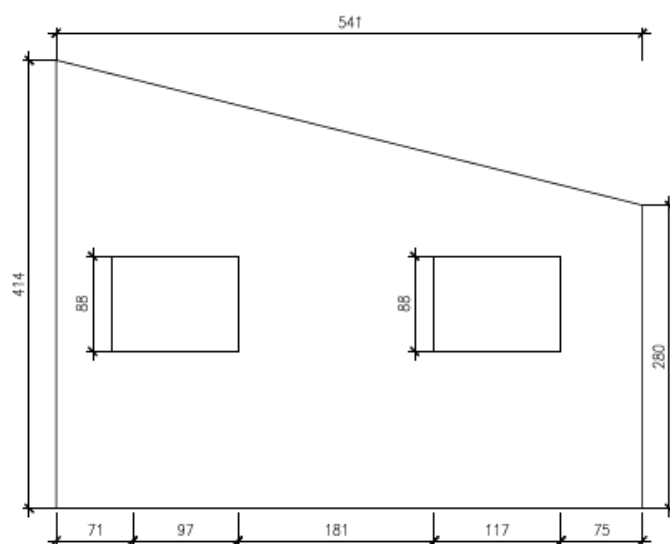
Essendo state apportate alla parete modifiche riguardanti il posizionamento e la dimensione delle aperture e non essendo necessario realizzare cerchiature, si procede unicamente all'adeguamento degli architravi mediante elementi prefabbricati.

6.2. Intervento 6

Di seguito si riporta una schematizzazione della situazione ante e post operam.



Ante-operam
Scala 1:50



Post-operam
Scala 1:50

Al fine di verificare se fosse necessario prevedere una o più cerchiature, si è impiegato il *PRO_CAD Interventi Locali* fornito dalla 2SI ed i risultati ottenuti sono i seguenti.

MATERIALI

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Parametri muratura Tab.C8A.2.1 Circ.n.617/CSLLPP del 2/2/2009
 f_m - resistenza compressione [daN/cm²]: 24.00 (min.), 40.00 (max.)

τ_0 - resistenza a taglio [daN/cm²]: 0.60 (min.), 0.92 (max.)

E - modulo elastico [daN/cm²]: 12000.0 (min.), 18000.0 (max.)

G - modulo el. tang. [daN/cm²]: 4000.0 (min.), 6000.0 (max.)

Valori di riferimento:

Essendo il livello di conoscenza LC1 (Limitata), come specificato dalla Tab. C8A.1.1 Circ.n.617, si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

f_m - resistenza compressione = 24.00 daN/cm²

τ_o - resistenza a taglio = 0.60 daN/cm²

E - modulo elastico = 15000.0 daN/cm²

G - modulo el. tang. = 5000.0 daN/cm²

μ = fattore duttilità = 1.50 (da valori sperimentali secondo gli studi di Turnsek e Cacovic)

γ_m = peso specifico = 1800.0 daN/m³

Valori di progetto:

Fattore confidenza FC = 1.35 (C8A.1.A.4 Circ.n.617/2009)

Coef. parz. sic. γ_M = 2.00 (4.5.6.1 DM 2008)

f_m = 8.89 daN/cm²

τ_o = 0.22 daN/cm²

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00 (7.8.1.5.2 DM 2008)

E = 7500 daN/cm²

G = 2500 daN/cm²

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate 'Norme tecniche per le costruzioni'.

2. Circolare 02/02/2009 n. 617/CSLLPP Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008

METODOLOGIA DI VERIFICA

L'apertura di un vano in una parete muraria accompagnata da opportuni rinforzi è previsto, come 'intervento locale', nella Circolare n. 617/CSLLPP del 2/2/2009 al punto C8.4.3.

Le verifiche possono essere eseguite limitandosi a valutazioni numeriche relative alla sola parete interessata dall'intervento solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza non peggiori ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.

Una mutazione significativa della rigidezza delle pareti muterebbe il comportamento globale della struttura e pertanto non risulterebbe sufficiente la verifica locale.

La verifica risulta positiva quando la resistenza alle forze orizzontali V post-operam risultano maggiori o uguali a quelle ante-operam, con variazioni di rigidezza non sostanziali (+/- 15.00%).

Ritenendo valido lo schema di doppio incastro alle estremità, nel caso di muratura non armata in cui la rottura del pannello è di tipo fragile e caratterizzata da lesioni diagonali a 45° l'azione tagliante ultima è determinabile, come specificato nella Circolare n. 617/CSLLPP al punto C8.7.1.5, con la seguente relazione:

$$V_t = (L T f_{td} / b) (1 + \sigma_o / f_{td})^{1/2}$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

L = Lunghezza del pannello murario

T = Spessore del pannello murario

f_{td} = Resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura = 1,5 τ_o

σ_o = Tensione normale media riferita all'area totale della base del setto

b = Coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere $b = H / L$, comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, dove H è l'altezza del pannello

La rigidezza del singolo pannello murario K viene valutata con la seguente relazione:

$$K = (G E T L^3) / (G H^3 + 1,2 H E L^2)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

E = modulo di elasticità normale

G = modulo di elasticità tangenziale

La rigidezza complessiva risulterà dalla sommatoria dei contributi dei singoli maschi murari che formano la parete.

La resistenza ultima a taglio verrà calcolata in base alla curva caratteristica del diagramma $V-\delta$

TELAIO DI CERCHIATURA DELLE APERTURE

Definendo:

$\Delta K = K_{sa} - K_{pr}$ (carenza di rigidezza della muratura a seguito dell'intervento)

il telaio, per poter sopperire a tale carenza dovrà avere una rigidezza K_t maggiore o uguale a ΔK

La rigidezza del telaio è data dalla sommatoria delle rigidezze dei singoli montanti costituenti la cerchiatura.

Considerando come incastrata la base del telaio, la rigidezza per il singolo montante vale:

$$K_i = 12 E J / H^3$$

La rigidezza totale del telaio sarà: $K_t = \sum K_i$

La resistenza a taglio del telaio sarà data dal contributo di tutti i montanti:

dato il momento ultimo di ogni montante = $M_u = f_{yk} W / \gamma_{MO}$

considerando lo schema incastro-incastro: $F_o = 2 M_u / H$

La resistenza complessiva del telaio sarà: $V_t = \sum F_o$

CARICHI

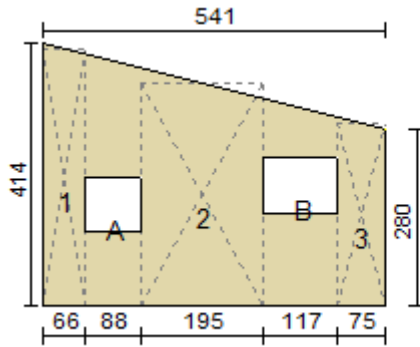
In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

Carico permanente $g_1 = 55.0$ daN/m

Carico variabile $q_1 = 80.0$ daN/m

Per la determinazione della tensione media verticale, verranno inoltre considerati i contributi dovuti al peso proprio di metà maschio murario e delle semifasce superiori gravanti sul maschio stesso.

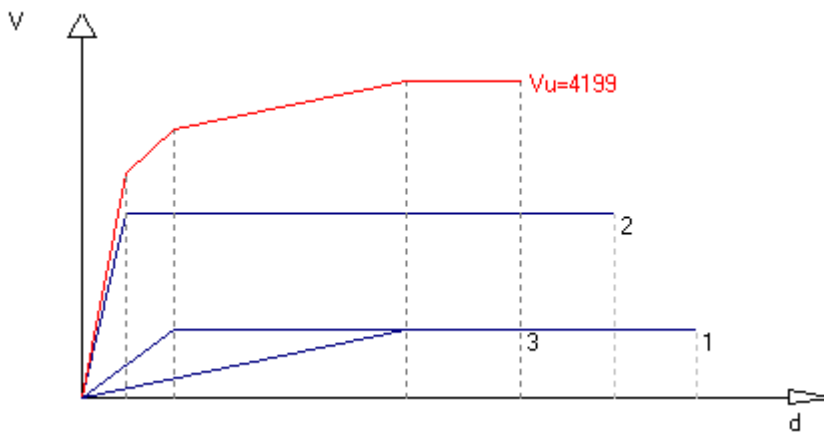
Ante-operam



T (sp. parete) = 35.00 cm

Maschio	Lungh.	H calc.	Coef. b	σ_0	K_0	V_u	δ_e	δ_u
1	66.0	405.8	1.50	0.650	1031.0	881.7	0.855	1.623
2	195.0	351.7	1.50	0.521	21237.4	2427.9	0.114	1.407
3	75.0	289.3	1.50	0.441	3683.1	889.3	0.241	1.157

Curva caratteristica ante-operam:

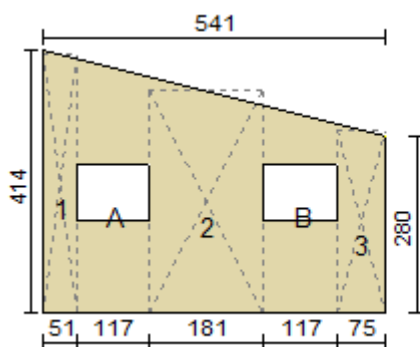


Rigidezza complessiva della parete: $K_{sa} = 25951.4$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{sa} = 4198.9$ daN

Spostamento ultimo: $\delta_u sa = 1.157$ cm

Post-operam



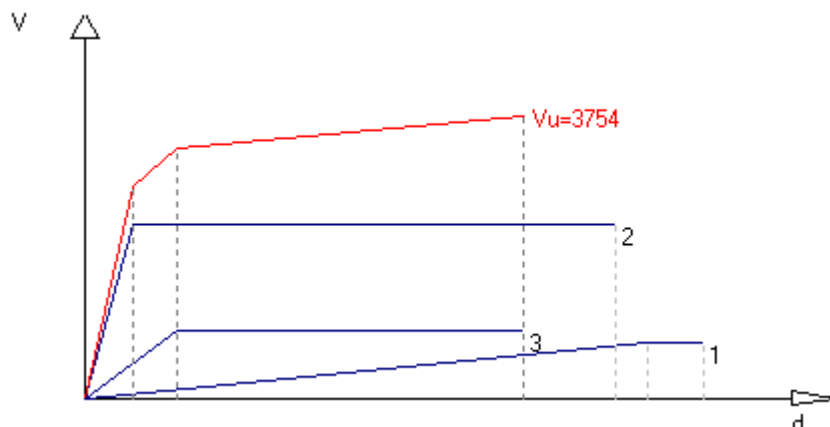
T (sp. parete) = 35.00 cm

Apertura	Stato	Montanti per lato	Architravi	Travi inf.
A	Libera	No	No	No
B	Libera	No	No	No

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ_0	K_0	V_u	δ_e	δ_u
1	51.0	35.00	407.7	1.50	0.767	486.5	720.8	1.482	1.631
2	181.0	35.00	350.0	1.50	0.558	18499.5	2301.4	0.124	1.400

3 75.0 35.00 289.3 1.50 0.441 3683.1 889.3 0.241 1.157

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 22669.1$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 3753.7$ daN

Spostamento ultimo: $\delta_{u pr} = 1.157$ cm

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{mur} = K_{pr} - K_{sa} = 22669 - 25951 = -3282$ daN/cm (riduzione rigidezza = -12.6%)

$\Delta V_{mur} = V_{pr} - V_{sa} = 3754 - 4199 = -445$ daN (riduzione resistenza = -10.6%)

Essendo la resistenza post-operam inferiore di quella ante-operam, la parete potrà essere modificata solo prevedendo opere aggiuntive di irrigidimento delle aperture.

Anche per questo intervento, come per il precedente, si rende necessario unicamente l'adeguamento degli architravi delle aperture, mediante architravi prefabbricati.

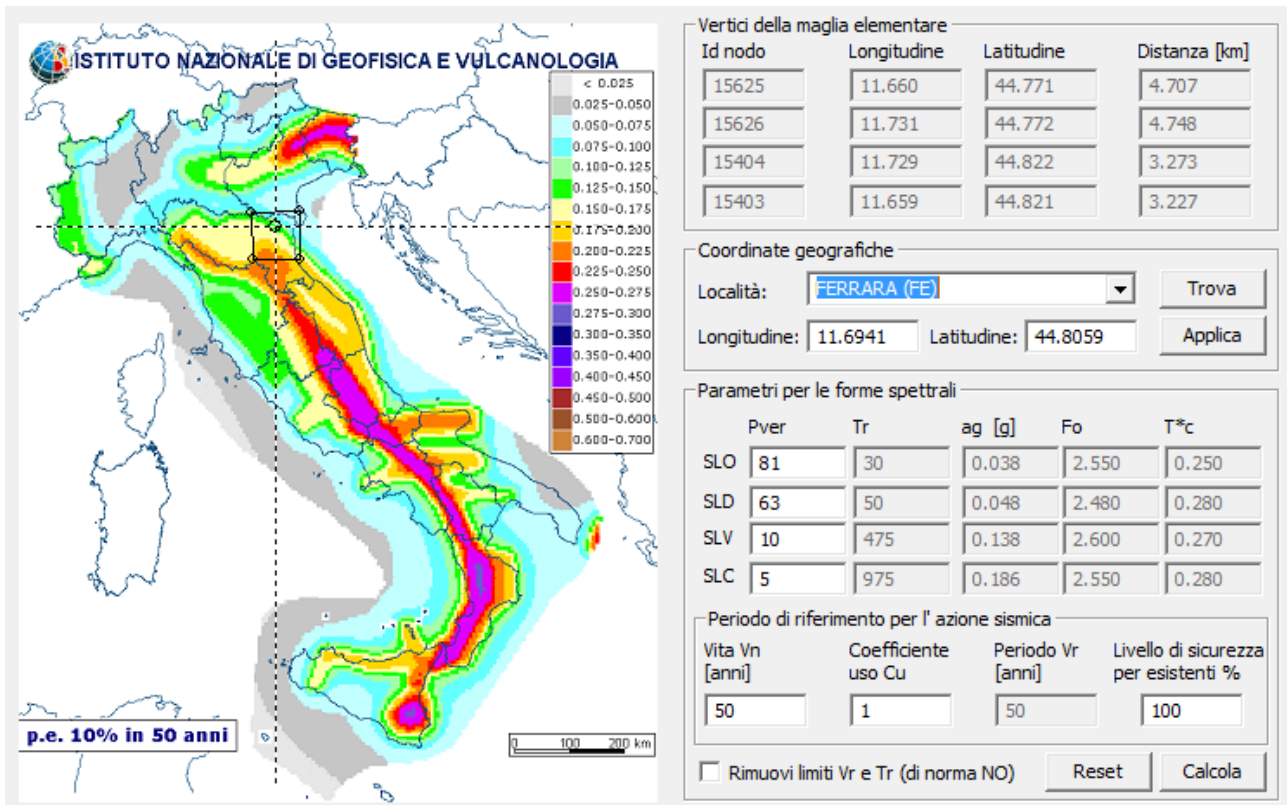
6.3. Intervento 7 - Soppalco

6.3.1. Realizzazione del modello della struttura

Il modello è stato implementato all'interno del programma Pro_Sap, utilizzando un'analisi dinamica.

6.3.1.1. Determinazione dell'azione sismica

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
II	50.0	1.0	50.0	D	T1



Calcolo del Fattore di struttura q per edificio nuovo

Struttura regolare in pianta, regolare in altezza, progettata in bassa duttilità.

Sistema costruttivo: Acciaio

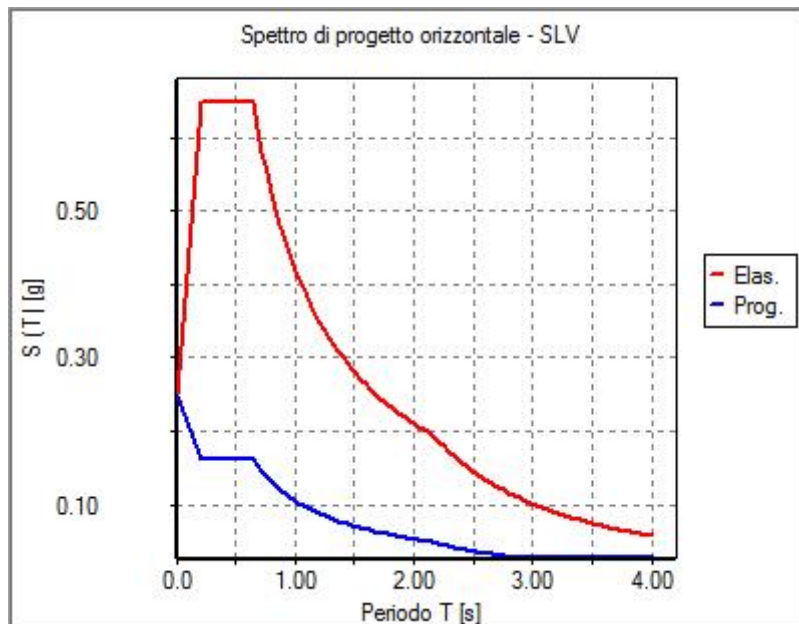
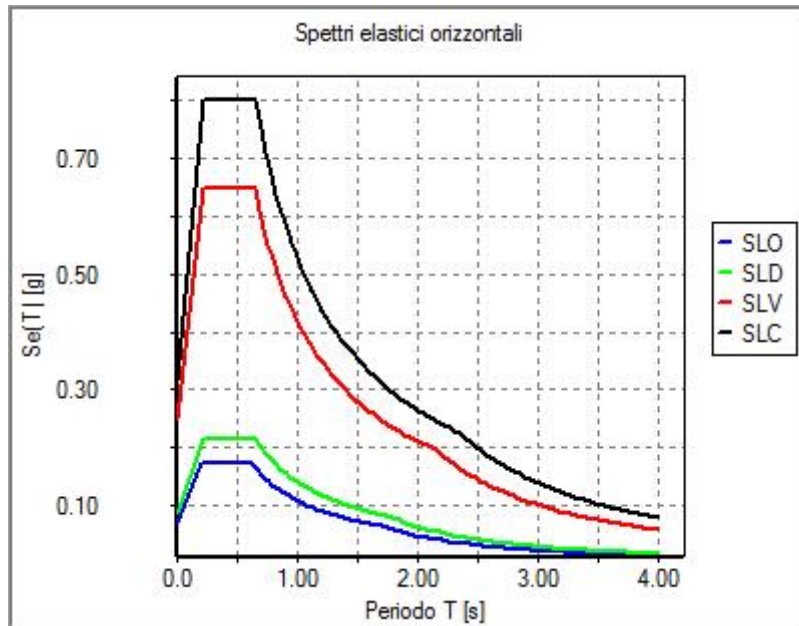
Tipologia strutturale: Strutture intelaiate

$q_0 = 4,00$

$au/a_1 = 1,00$

$K_r = 1,00$

Valore fattore di struttura **q: 4.00**



6.3.1.2. Carichi e combinazioni di carico

Carico sul soppalco:

G1:peso proprio e perm. def...	50.0 [daN/ m2]
G2:permanenti NON definiti	0.0 [daN/ m2]
Sovraccarico variabile	200.0 [daN/ m2]
Coefficiente ψ_0	0.7
Coefficiente ψ_1	0.5
Coefficiente ψ_2	0.3

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente.

Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

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

Combinazione frequente SLE

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

Combinazione quasi permanente SLE

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

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 connessi alle azioni eccezionali

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

Dove:

NTC 2008 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30 kN)	0,70	0,70	0,60

Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota <= 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2008 Tabella 2.6.I

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	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

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 1
2	SLU	Comb. SLU A1 2
3	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 3
4	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 4
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8
9	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 9
10	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10
11	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11
12	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12
13	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13
14	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26

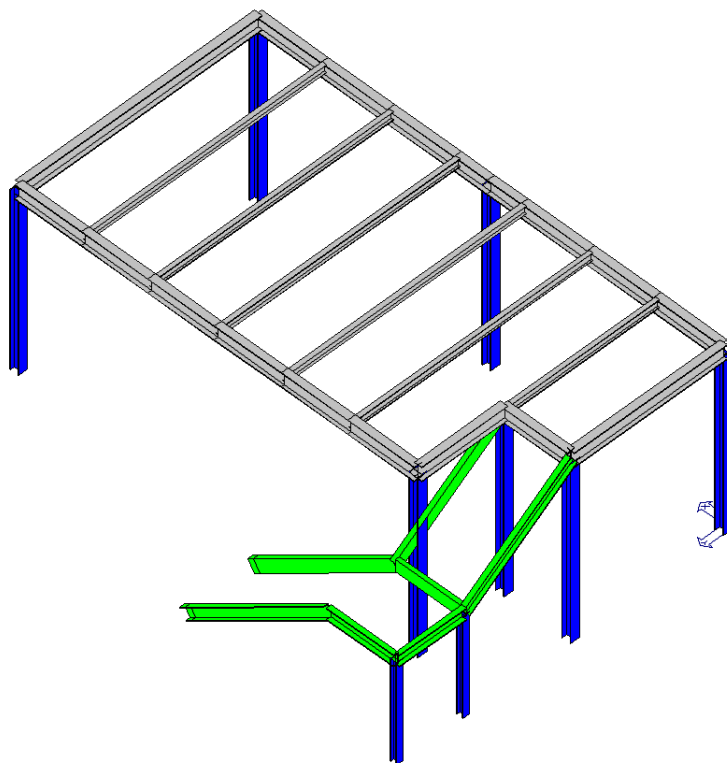
Cmb	Tipo	Sigla Id
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32
33	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 33
34	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 34
35	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 35
36	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 36
37	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 37
38	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 38
39	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 39
40	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 40
41	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 41
42	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 42
43	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 43
44	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 44
45	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 45
46	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 46
47	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47
48	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48
49	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49
50	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50
51	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51
52	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52
53	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53
54	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54
55	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55
56	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56
57	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57
58	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58
59	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59
60	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60
61	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 61
62	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 62
63	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 63
64	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 64
65	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 65
66	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 66
67	SLU(acc.)	Comb. SLU (Accid.) 67
68	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 68
69	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 69
70	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 70

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...
1	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.00	1.00	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...
24	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
28	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
29	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
30	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
31	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
32	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
33	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
34	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0
36	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0
37	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0
38	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0
39	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30
40	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30
41	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30
42	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30
43	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0
44	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0
45	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0
46	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0
47	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30
48	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30
49	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30
50	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30
51	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0
52	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0
53	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0
54	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0
55	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0
56	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0
57	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0
58	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0
59	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00
60	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00
61	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00
62	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00
63	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00
64	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00
65	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00
66	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00
67	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
68	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
69	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
70	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

6.3.2. Introduzione della geometria

La geometria dell'edificio, così come è stata implementata all'interno del software di calcolo, viene riportata di seguito.



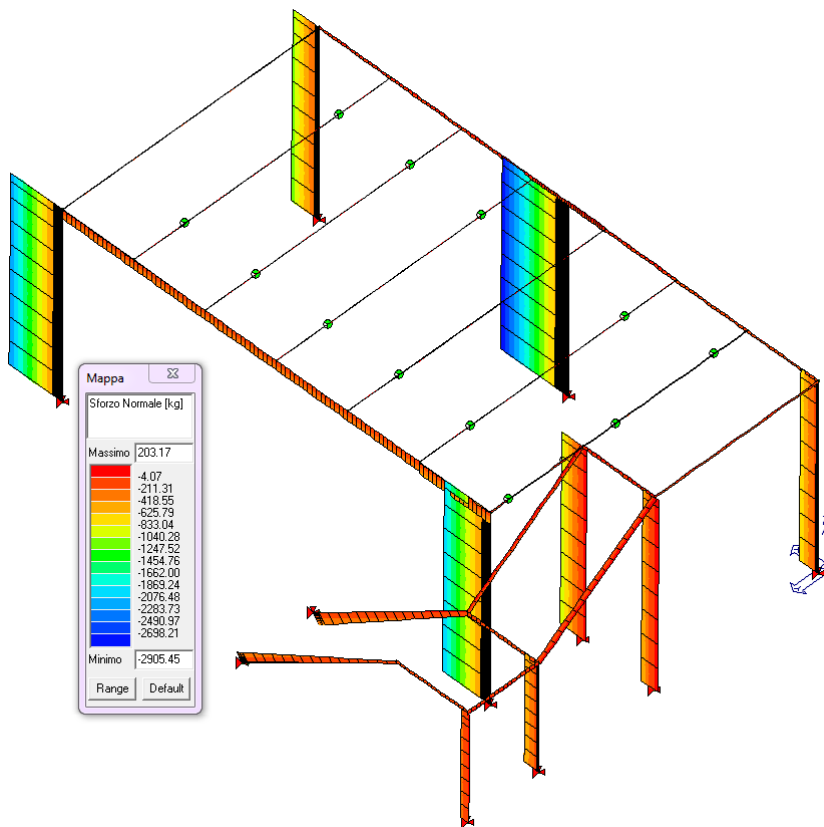
6.3.3. Sezioni utilizzate

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	Rettangolare: b=30.00 h =30.00	900.00	750.00	750.00	1.139e+05	6.750e+04	6.750e+04	4500.00	4500.00	6750.00	6750.00
8	HEA 100	21.20	0.0	0.0	5.20	134.00	349.00	26.80	72.80	41.10	83.00
9	IPE 120	13.20	0.0	0.0	1.70	28.00	318.00	8.60	53.00	13.60	60.70
10	UPN 180	28.00	0.0	0.0	9.55	114.00	1354.00	22.40	150.00	42.90	179.00
11	IPE 220	33.40	0.0	0.0	9.10	205.00	2772.00	37.30	252.00	58.10	285.40
12	HEA 140	31.40	0.0	0.0	8.10	389.00	1033.00	55.60	155.40	84.80	173.50

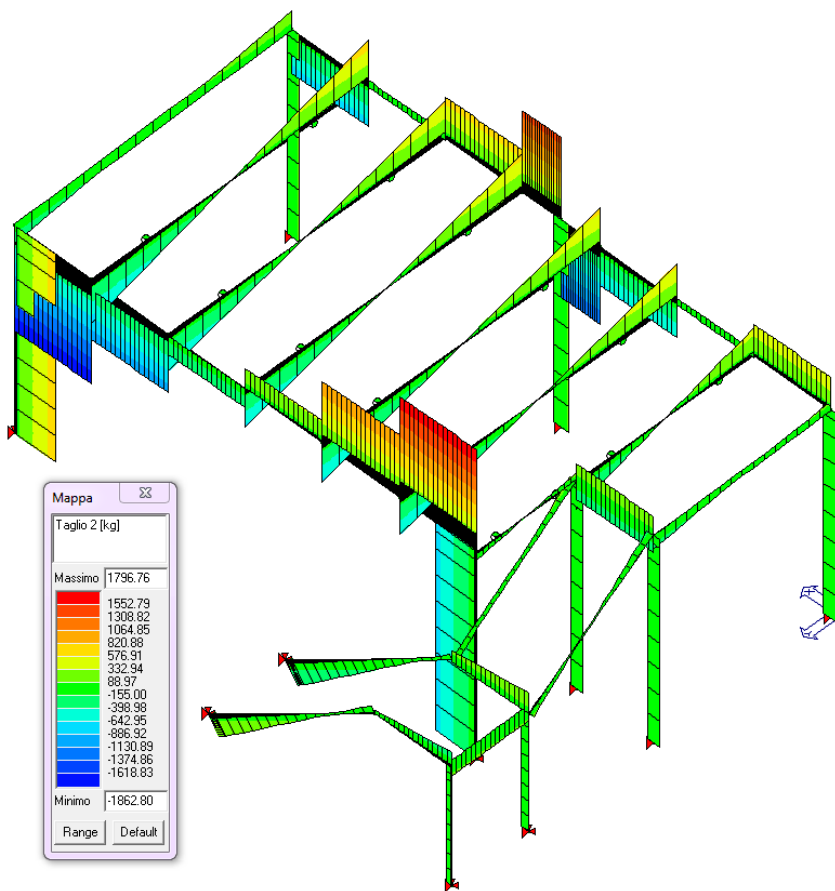
6.3.4. Risultati della modellazione

Si riportano di seguito i principali risultati.

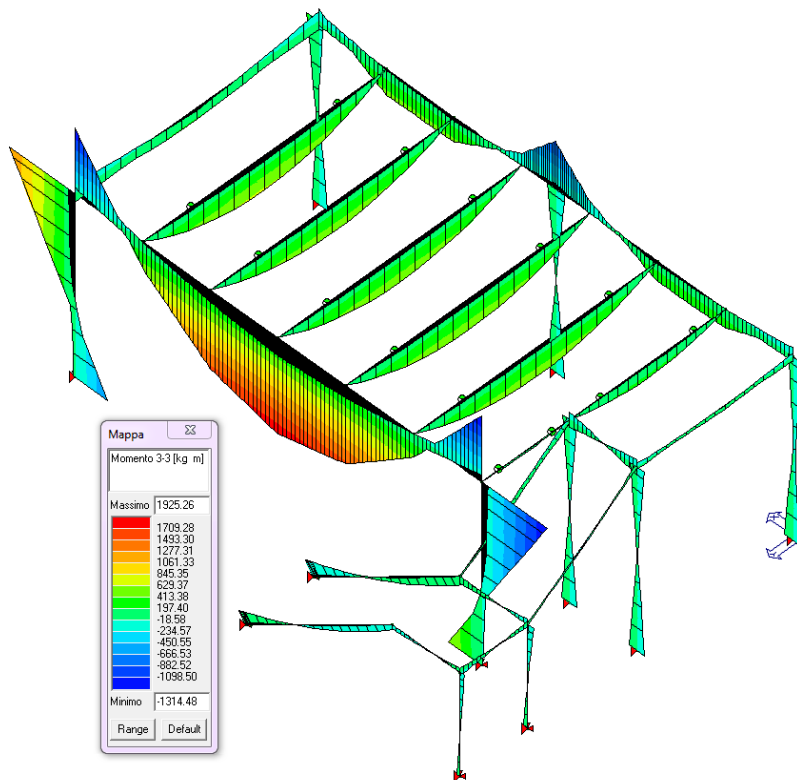
6.3.4.1. Sollecitazioni



Sforzo Normale

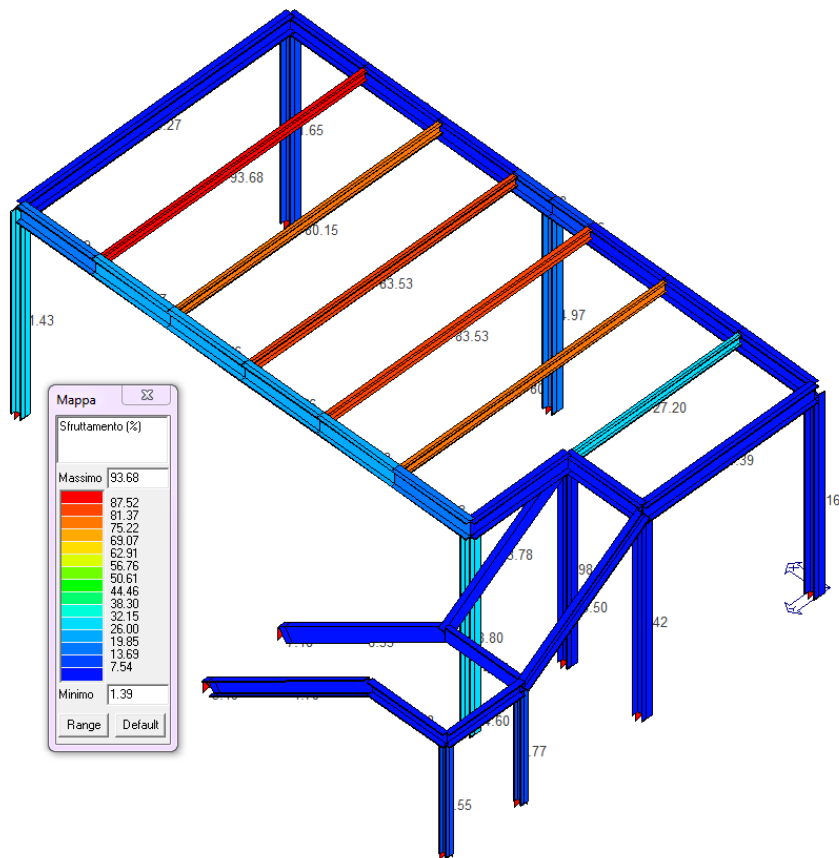


Sforzo di Taglio 2

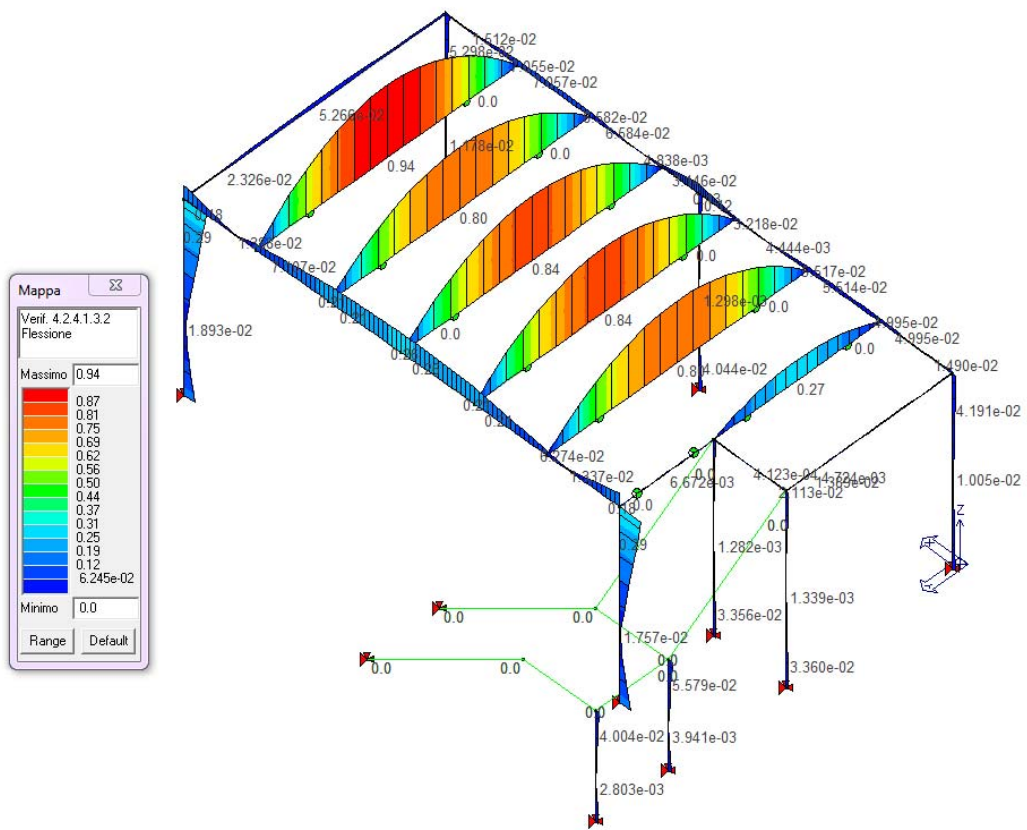


Momento flettente 3-3

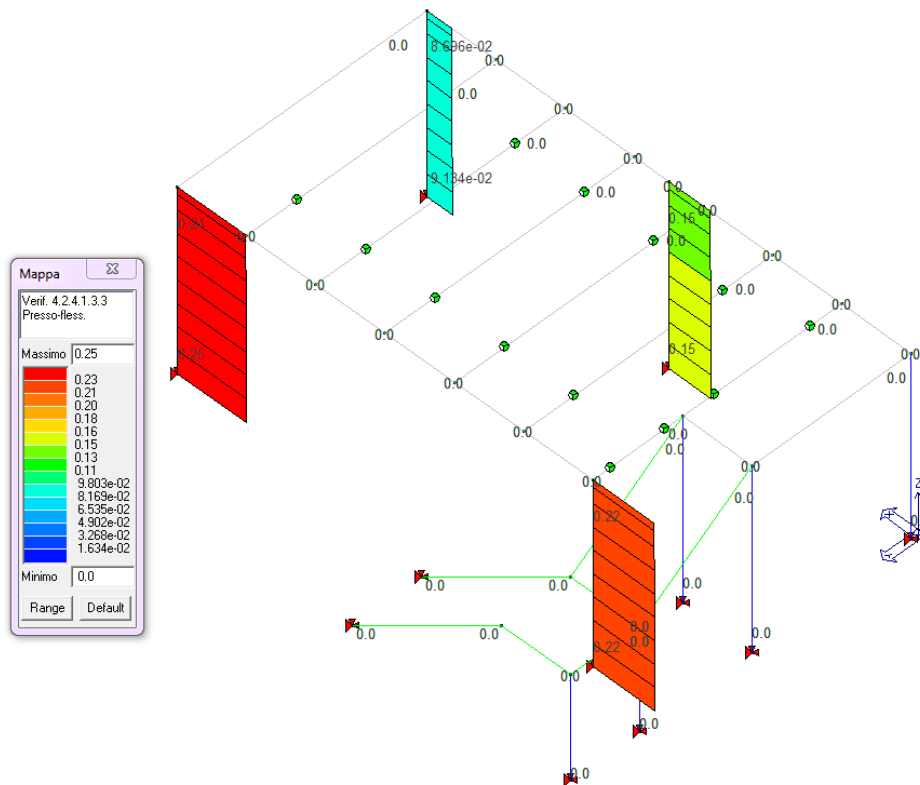
6.3.4.2. Verifiche



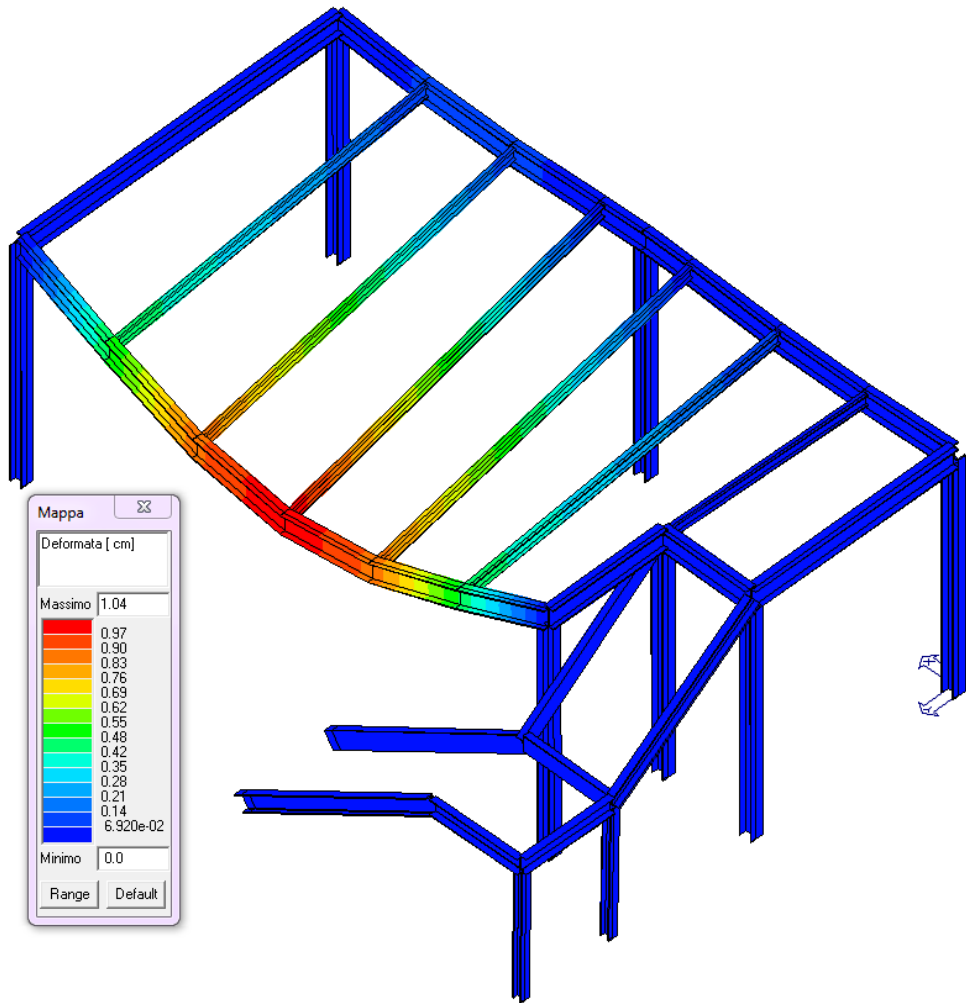
Sfruttamento %



Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessione



Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso-fless.

6.3.4.3. Stato deformativo della struttura

Deformata massima (Comb. SLU)

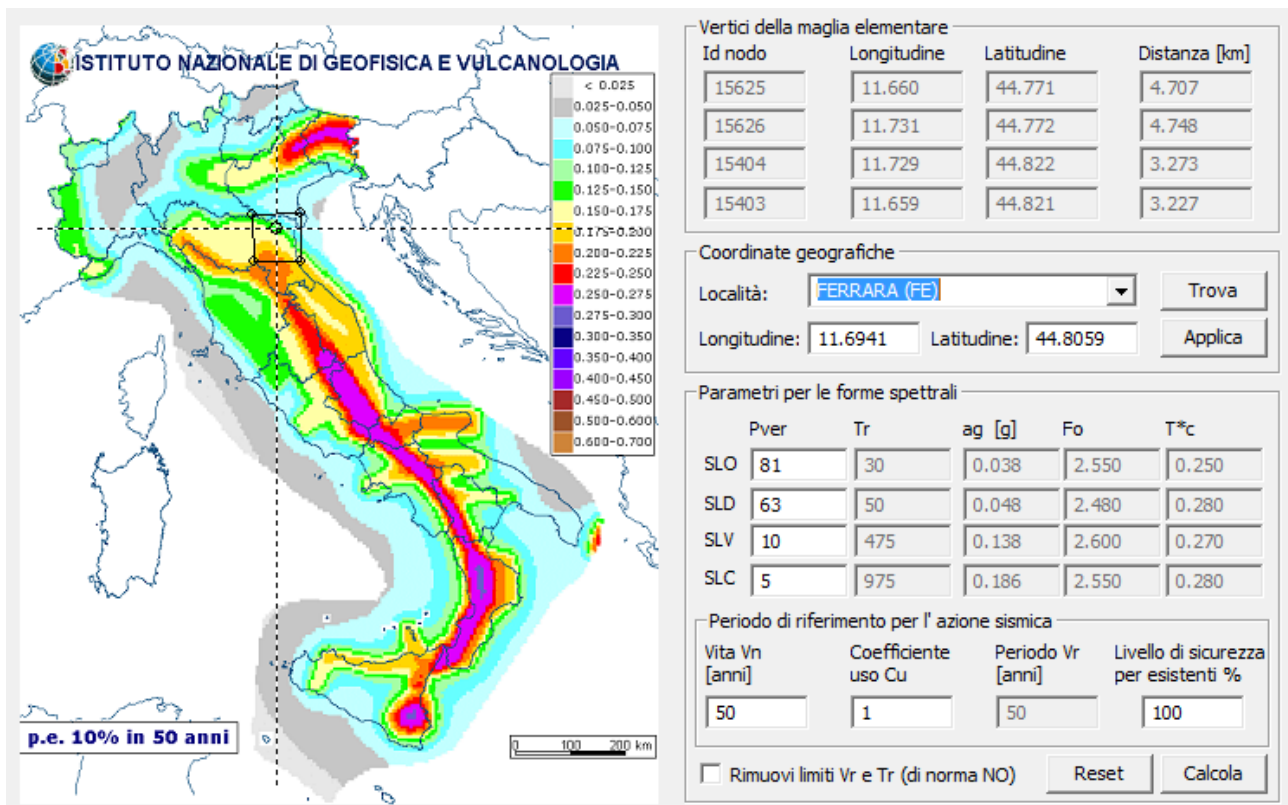
6.4. Tettoia

6.4.1. Realizzazione del modello della struttura

Il modello è stato implementato all'interno del programma Pro_Sap, utilizzando un'analisi dinamica.

6.4.1.1. Determinazione dell'azione sismica

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
II	50.0	1.0	50.0	D	T1



Calcolo del Fattore di struttura q per edificio nuovo

Struttura regolare in pianta, regolare in altezza, progettata in bassa duttilità.

Sistema costruttivo: Acciaio

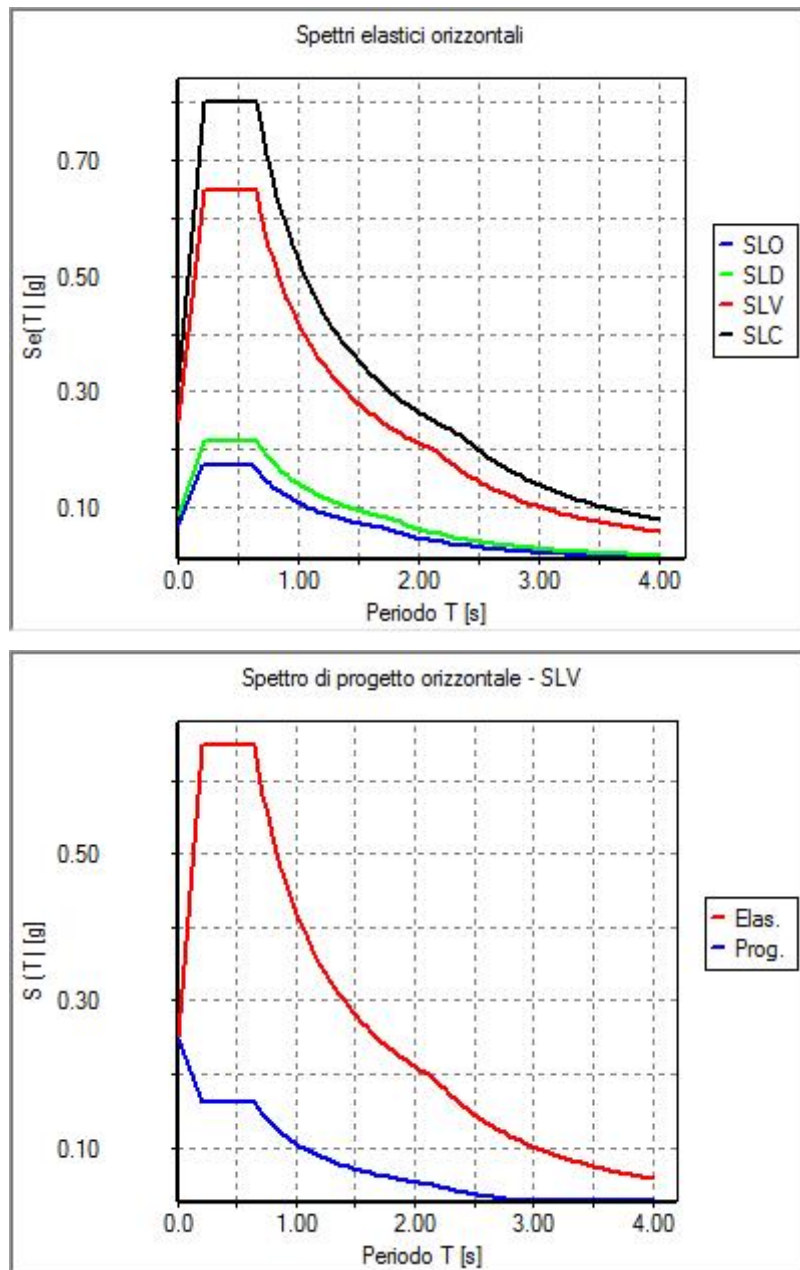
Tipologia strutturale: Strutture intelaiate

$q_0 = 4,00$

$a_u/a_1 = 1,00$

$K_r = 1,00$

Valore fattore di struttura **q: 4.00**



6.4.1.2. Carichi e combinazioni di carico

Carico sulla copertura:

G1:peso proprio e perm. def...	30.0 [daN/ m2]
G2:permanenti NON definiti	0.0 [daN/ m2]
Sovraccarico neve	80.0 [daN/ m2]
Coefficiente ψ_0	0.5
Coefficiente ψ_1	0.2
Coefficiente ψ_2	0.0

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente.

Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

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

Combinazione frequente SLE

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

Combinazione quasi permanente SLE

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

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 connessi alle azioni eccezionali

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

Dove:

NTC 2008 Tabella 2.5.1

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30\text{kN}$)	0,70	0,70	0,60

Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota <= 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2008 Tabella 2.6.I

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	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

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 1
2	SLU	Comb. SLU A1 2
3	SLU	Comb. SLU A1 3
4	SLU	Comb. SLU A1 4
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8
9	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 9
10	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10
11	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11
12	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12
13	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13
14	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28

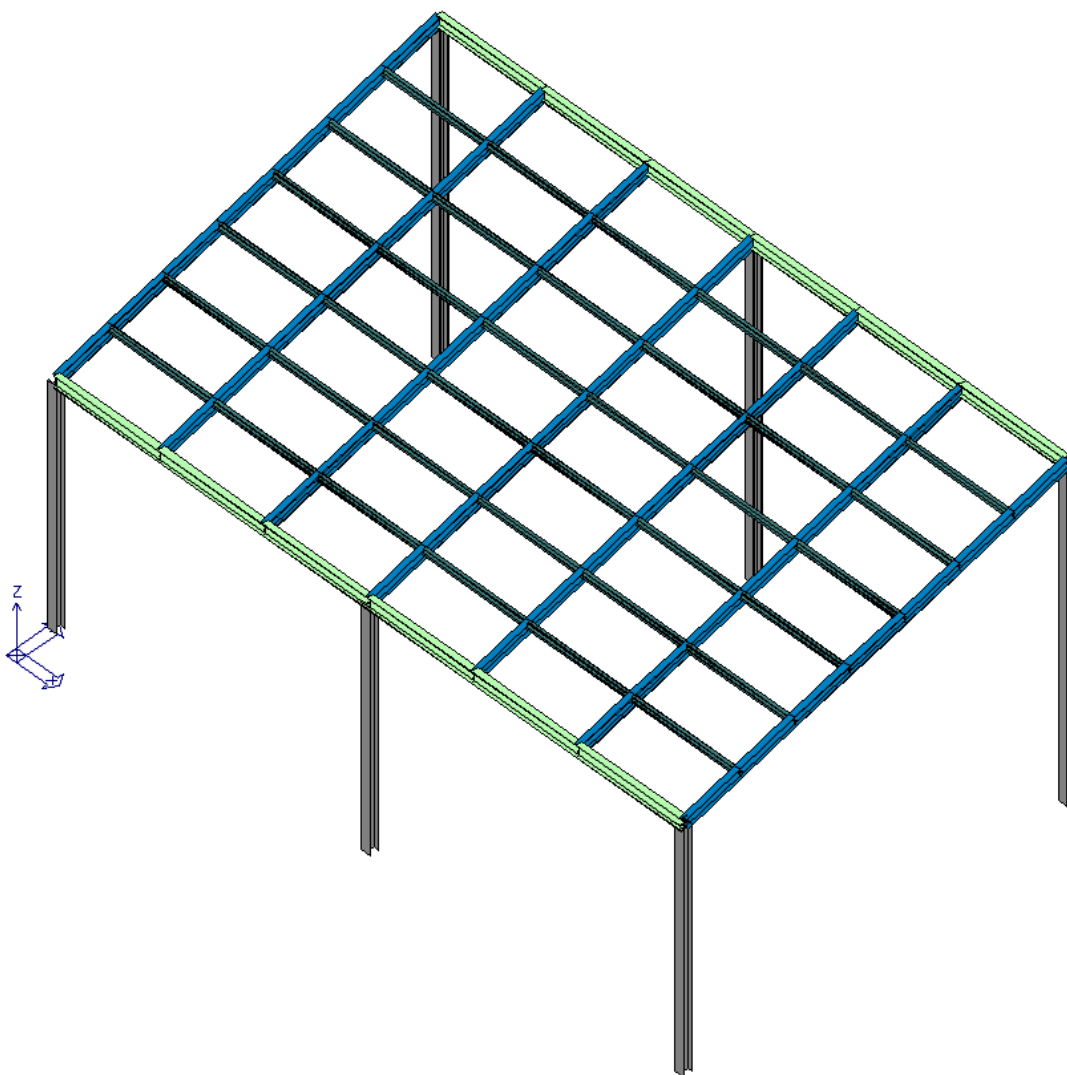
Cmb	Tipo	Sigla Id
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32
33	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 33
34	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 34
35	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 35
36	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 36
37	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 37
38	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 38
39	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 39
40	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 40
41	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 41
42	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 42
43	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 43
44	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 44
45	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 45
46	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 46
47	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47
48	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48
49	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49
50	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50
51	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51
52	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52
53	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53
54	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54
55	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55
56	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56
57	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57
58	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58
59	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59
60	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60
61	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 61
62	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 62
63	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 63
64	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 64
65	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 65
66	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 66
67	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 67
68	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 68
69	SLU(acc.)	Comb. SLU (Accid.) 69
70	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 70
71	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 71
72	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 72
73	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 73
74	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 74

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...
1	1.30	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1.00	1.00	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...
22	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
30	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
31	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
32	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
33	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
34	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
36	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
37	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0
38	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0
39	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0
40	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0
41	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30
42	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30
43	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30
44	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30
45	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0
46	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0
47	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0
48	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0
49	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30
50	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30
51	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30
52	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30
53	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0
54	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0
55	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0
56	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0
57	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0
58	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0
59	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0
60	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0
61	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00
62	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00
63	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00
64	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00
65	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00
66	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00
67	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00
68	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00
69	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
70	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
71	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
72	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
73	1.00	1.00	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
74	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

6.4.2. Introduzione della geometria

La geometria dell'edificio, così come è stata implementata all'interno del software di calcolo, viene riportata di seguito.



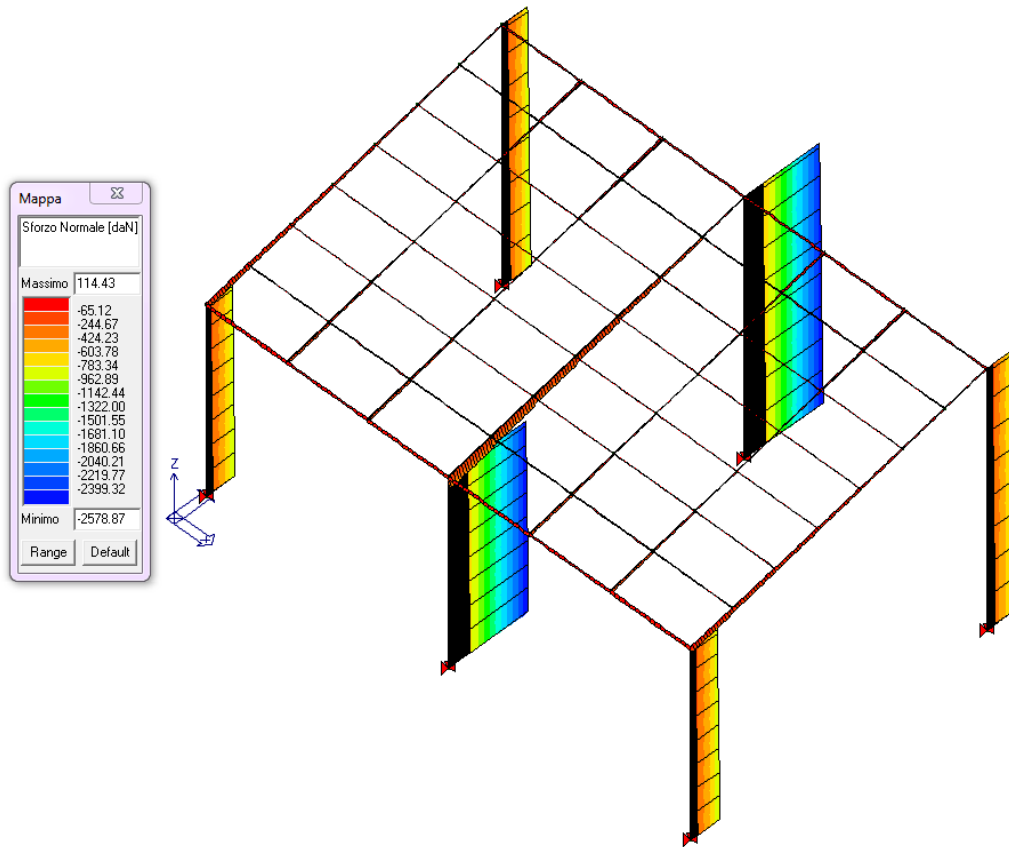
6.4.2.1. Sezioni utilizzate

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	HEA 120	25.30	0.0	0.0	6.00	231.00	606.00	38.50	106.30	58.90	119.50
2	IPE 140	16.40	0.0	0.0	2.40	45.00	541.00	12.30	77.30	19.20	88.30
3	profilo OMG60x45x25x2.5 (Section Maker)	4.95	0.0	0.0	0.10	27.39	25.02	6.09	8.14	10.80	10.08
4	IPE 160	20.10	0.0	0.0	3.60	68.00	869.00	16.70	108.70	26.10	123.90

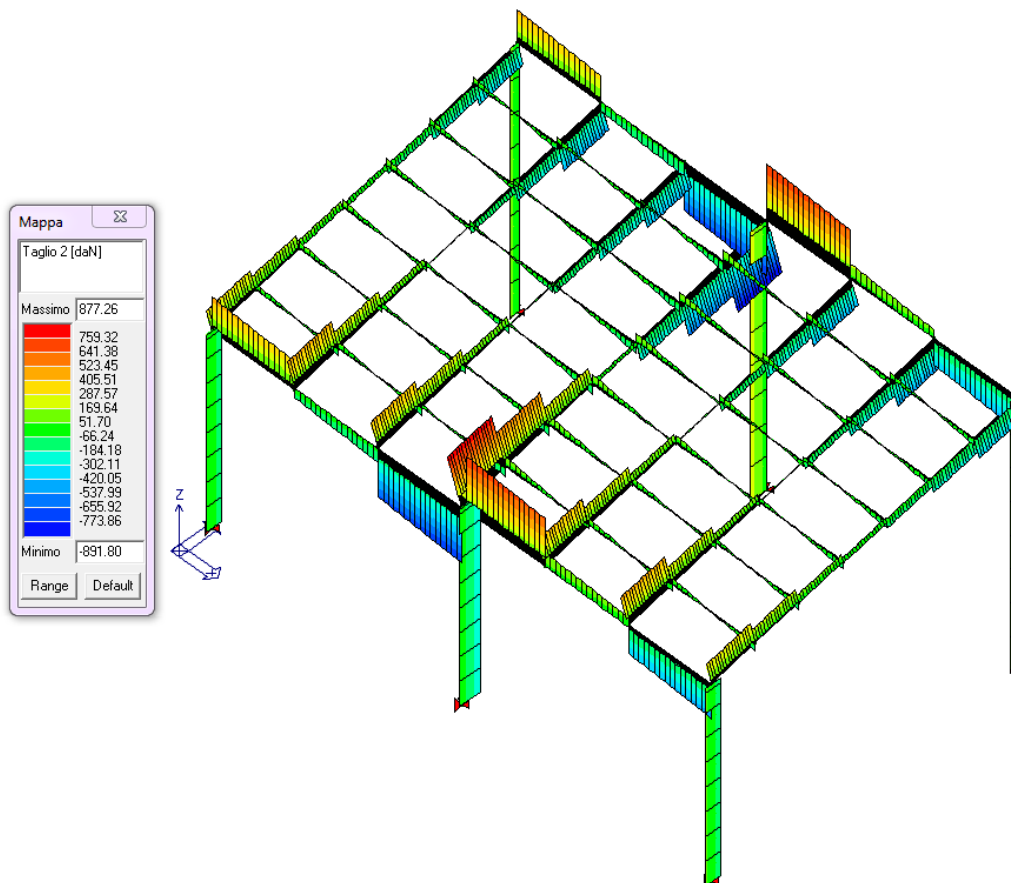
6.4.3. Risultati della modellazione

Si riportano di seguito i principali risultati.

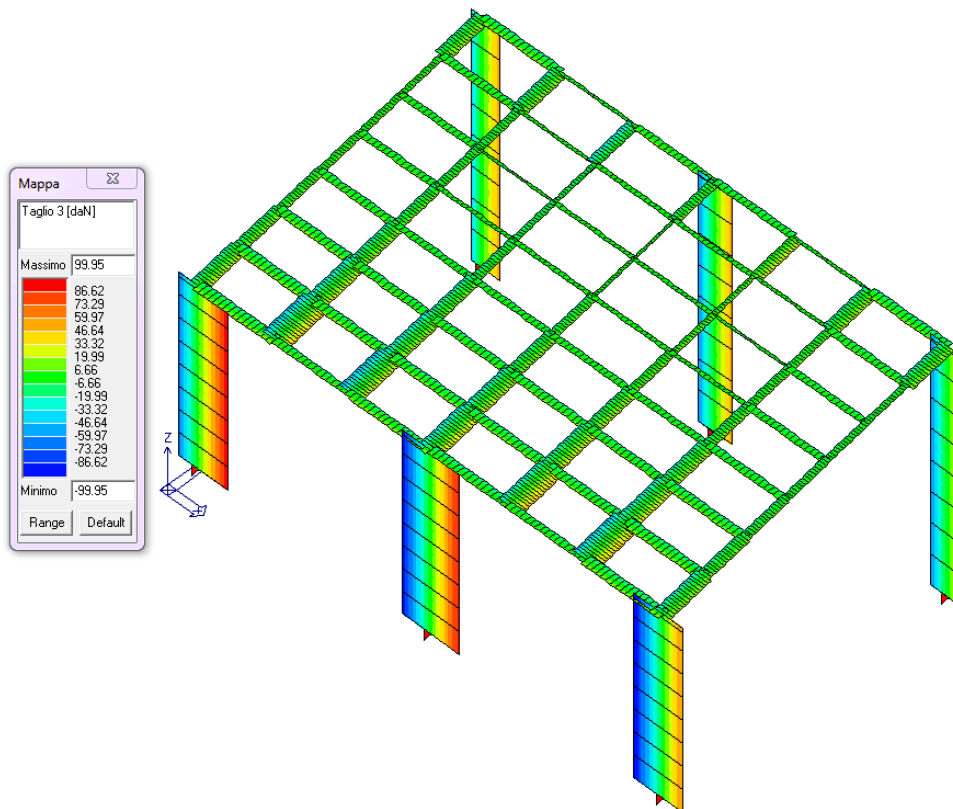
6.4.3.1. Sollecitazioni



Sforzo Normale

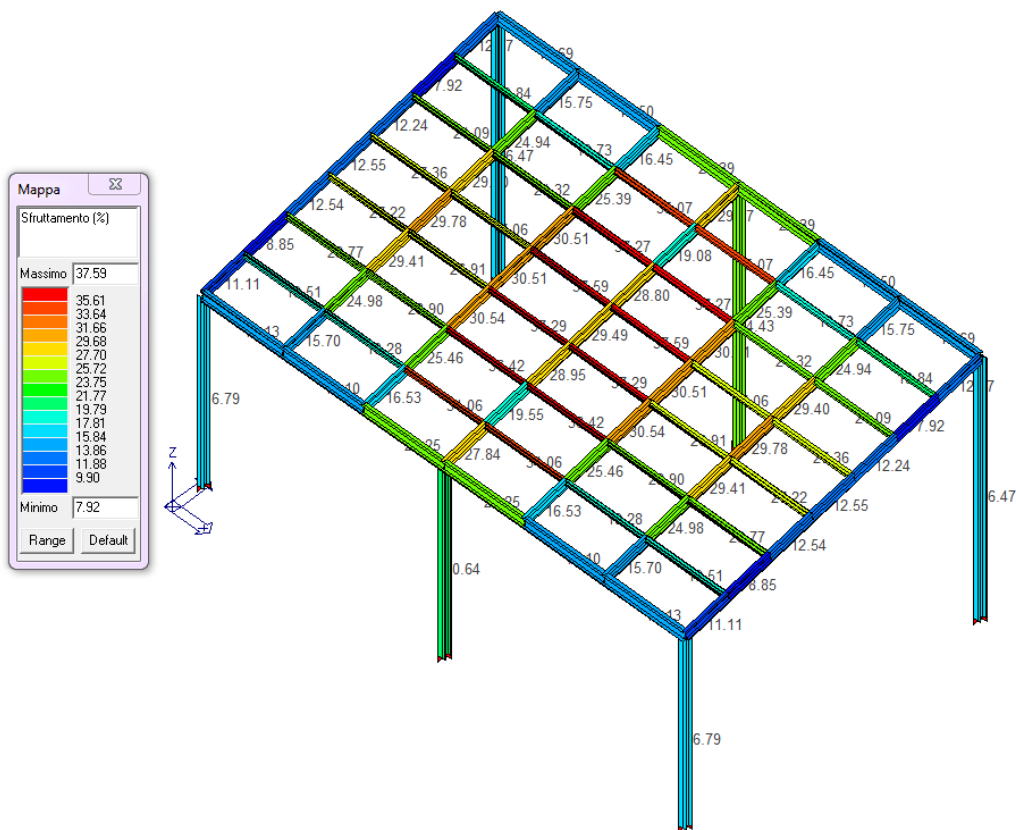


Sforzo di Taglio 2

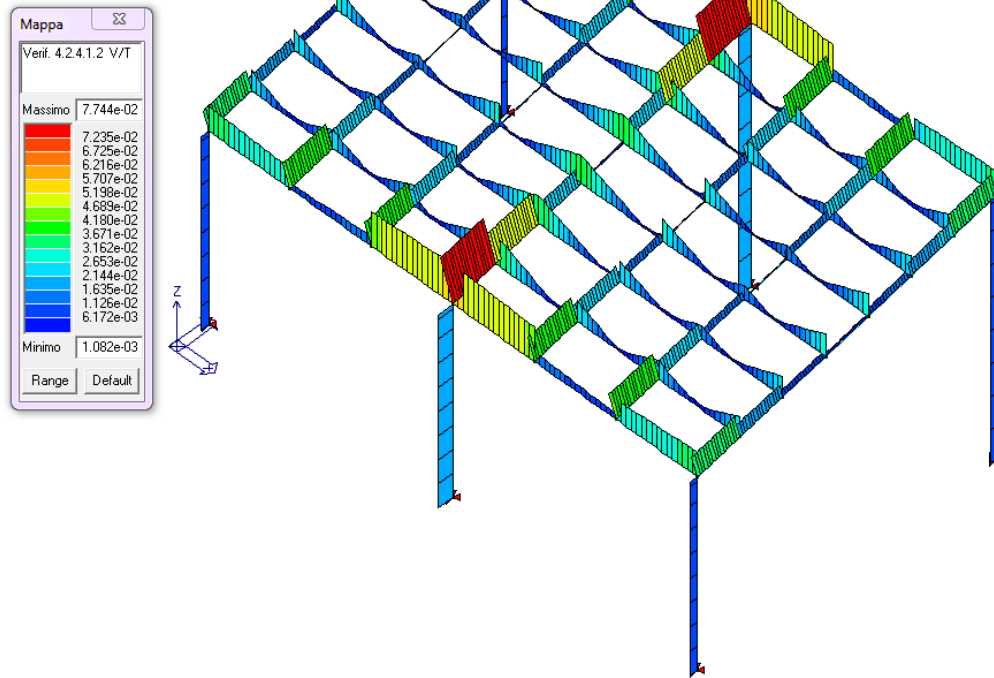


Momento flettente 3-3

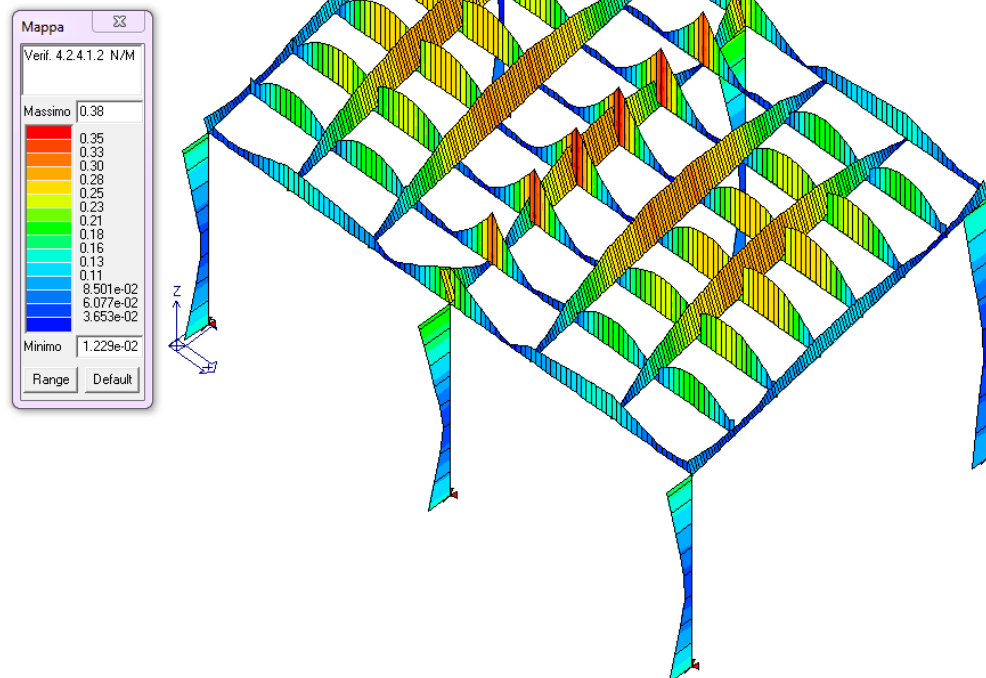
6.4.3.2. Verifiche



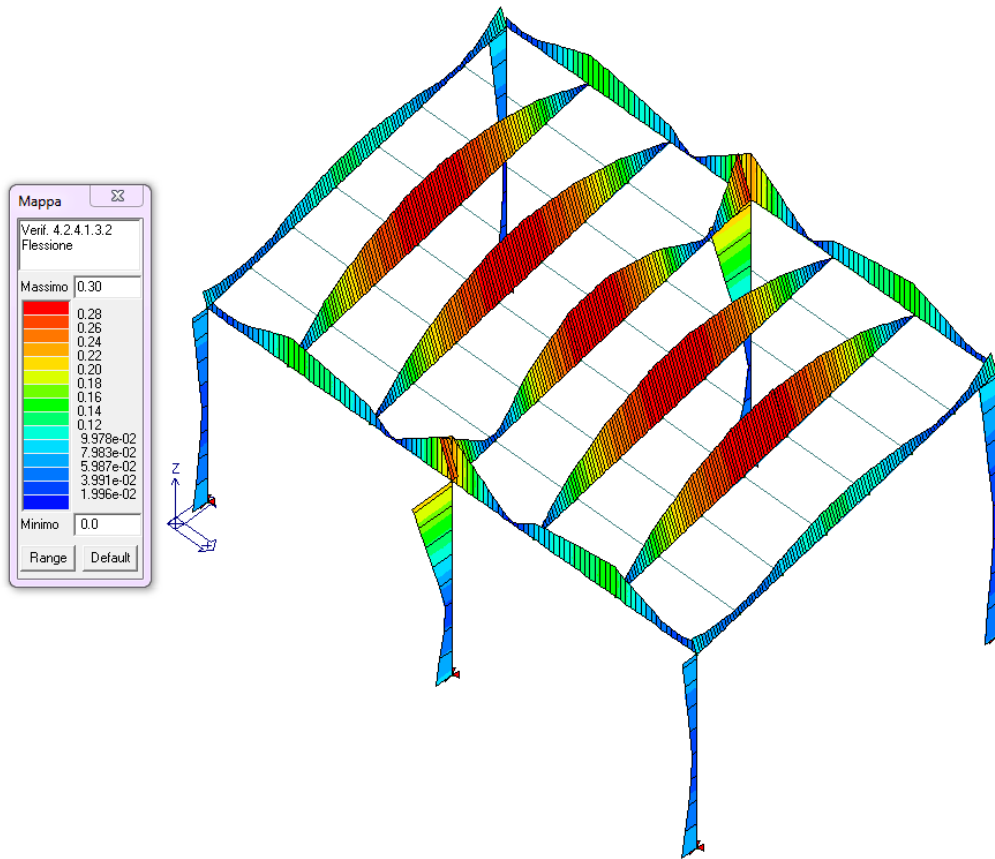
Sfruttamento %



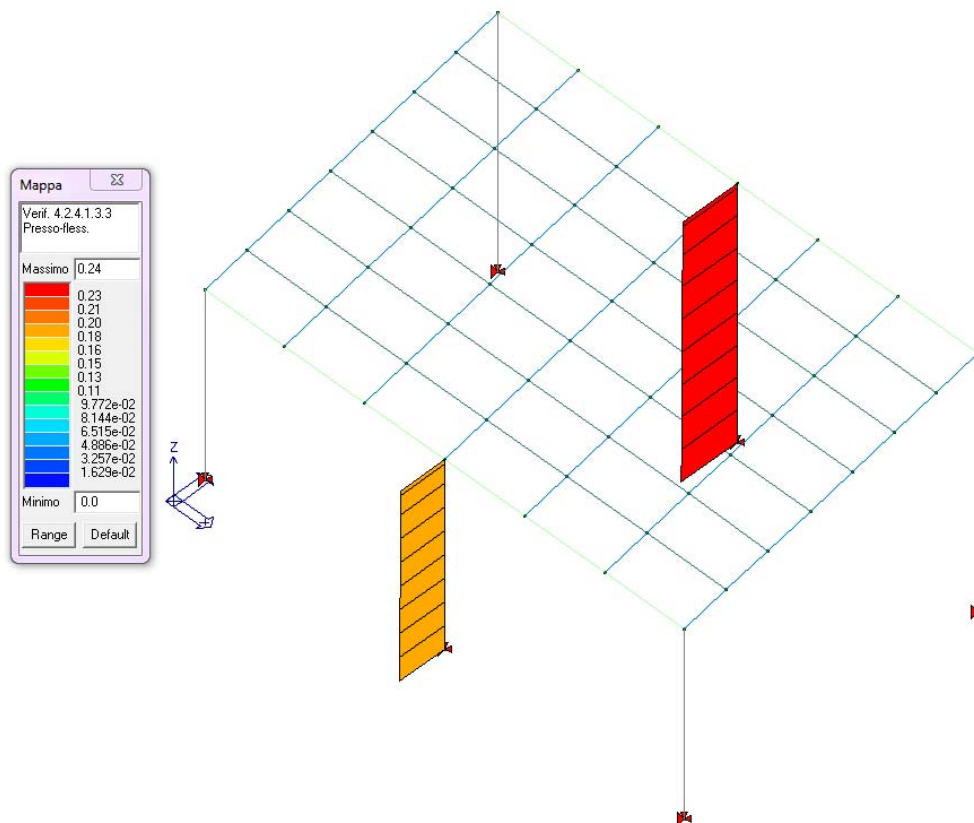
Verif. 4.2.4.1.2 V/T



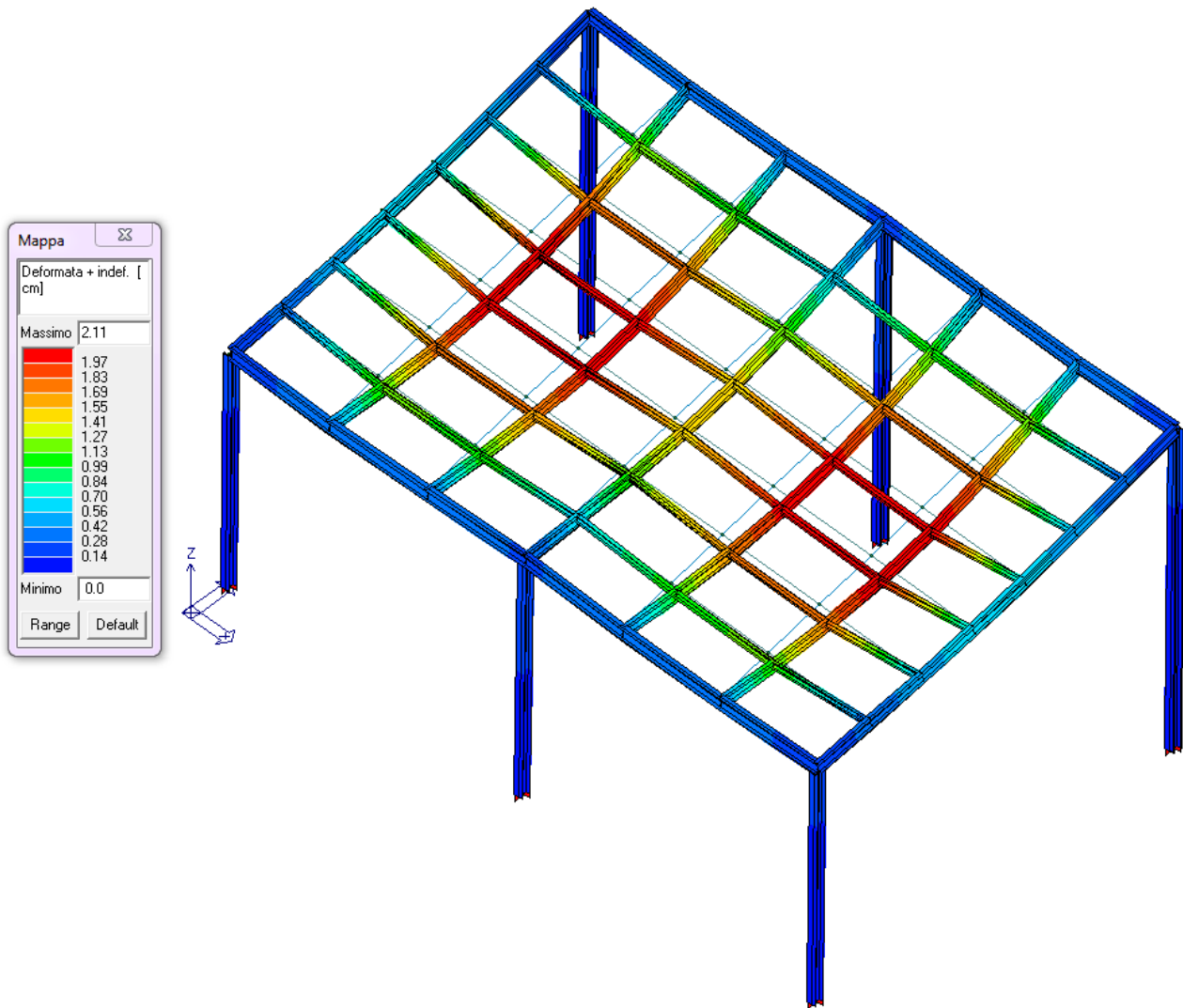
Verif. 4.2.4.1.2 N/M



Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessione



Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso-fless.

6.4.3.3. Stato deformativo della struttura

Deformata massima (Comb. SLU)

7. Affidabilità del codice di calcolo

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:

<http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>