



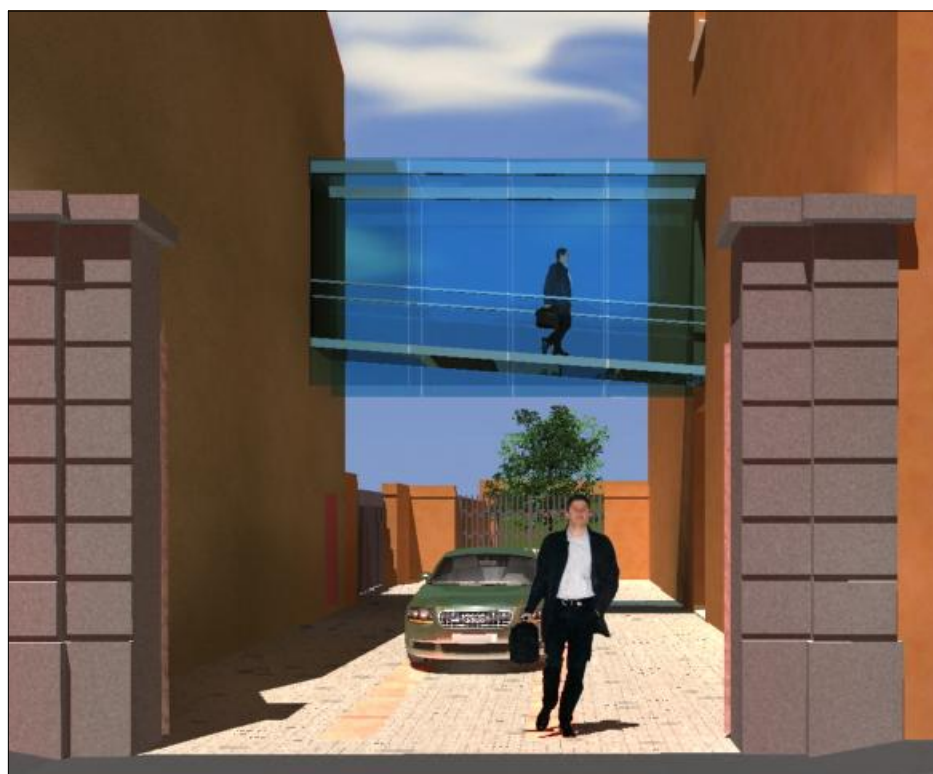
CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

Sede legale e recapito postale:
44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28 - C.F. 93076450381
web: www.bonificaferrara.it - e-mail: info@bonificaferrara.it
pec: posta.certificata@pec.bonificaferrara.it

PROGETTO SEDI VIA MENTANA 3 E 7

PROGETTO ESECUTIVO

INTERVENTI DI RISANAMENTO, MIGLIORAMENTO E RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA DELLE SEDI CONSORZIALI DI VIA MENTANA 3 E 7



RELAZIONI, PROGRAMMA LAVORI E SICUREZZA

RELAZIONI PROGETTO STRUTTURE

Oggetto dell'elaborato:

RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO STRUTTURE

Data: 16 SET. 2020

Elab.:

1.3.1

PROGETTAZIONE GENERALE INTEGRAZIONE E COORDINAMENTO

IL PROGETTISTA

(Ing. Marco Volpin)



Ing. Simona Pusinanti
Geom. Carlo Mazzanti
Geom. Pietro Ghisellini

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

I PROGETTISTI

(Arch. Carlo PISO)



(Arch. Gian Paolo RUBIN)



PROGETTAZIONE OPERE STRUTTURALI

IL PROGETTISTA

(Ing. Beatrice Bergamini)



PROGETTAZIONE OPERE IMPIANTISTICHE

IL PROGETTISTA

(Ing. Giovanni Paolazzi)



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

(Geom. Marco Ardizzoni)

marco Ardizzoni

INDICE

PREMESSA	3
DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI	3
NUOVA PASSERELLA METALLICA	4
A. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	4
B. NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI	6
C. ANALISI DEI CARICHI	6
C1. Peso Proprio	6
C2. Carichi Verticali	6
C3. Pressione del Vento	7
C4. Sisma	7
D. CLASSE DI ESECUZIONE DELL'OPERA	9
E. MATERIALI	9
F. MODELLAZIONE F.E.M.	10
F1. Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche	10
F2. Casi di Carico e Combinazioni delle Azioni	11
G. ANALISI EFFETTUATE	24
H. SINTESI DEI RISULTATI E DELLE VERIFICHE	27
H1. Principali configurazioni deformate	27
H2. Involuppi sollecitazioni	28
H3. Risultati Verifiche S.L.U.	31
H4. Risultati Verifiche S.L.E. no sisma – freccia e spostamenti laterali	33
I. CARATTERISTICHE E AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO	34
I1. Giudizio motivato sull'accettabilità dei risultati	34
INTERVENTI LOCALI CIVICO 7	35
DESCRIZIONE INTERVENTI	35
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	35
INTERVENTO 1: APERTURA FORO ASCENSORE SU SOLAIO ESISTENTE	36
PROGETTO E VERIFICA TRAVI FORO SOLAIO	37
INTERVENTO 2: APERTURA NUOVI VANI SU PARETI PORTANTI	43
INTERVENTI LOCALI CIVICO 3	62
DESCRIZIONE DEL FABBRICATO	62
DESCRIZIONE INTERVENTI	64
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	64
INTERVENTO 1: APERTURA NUOVO VANO SU MURO PORTANTE	65
INTERVENTO 2: CATENE METALLICHE	69
VERIFICA COPERTURA LIGNEA ESISTENTE	81

PREMESSA

La sottoscritta Ing. Beatrice Bergamini è stata incaricata di redigere il progetto degli interventi strutturali previsti nell'ambito dei lavori di manutenzione straordinaria e riqualificazione dei fabbricati di proprietà del *Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara* siti in Via Mentana n.3 e n.7, Ferrara (FE).

La presente rev.1, redatta a seguito di una richiesta da parte della Committenza di apportare una modifica strutturale alla passerella metallica e conseguentemente alla cerchiatura metallica del civico 3, sostituisce integralmente la rev.0 datata settembre 2019.



Foto Aerea d'Inquadramento (Google Maps)

DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

Da un punto di vista strutturale si prevedono i seguenti interventi:

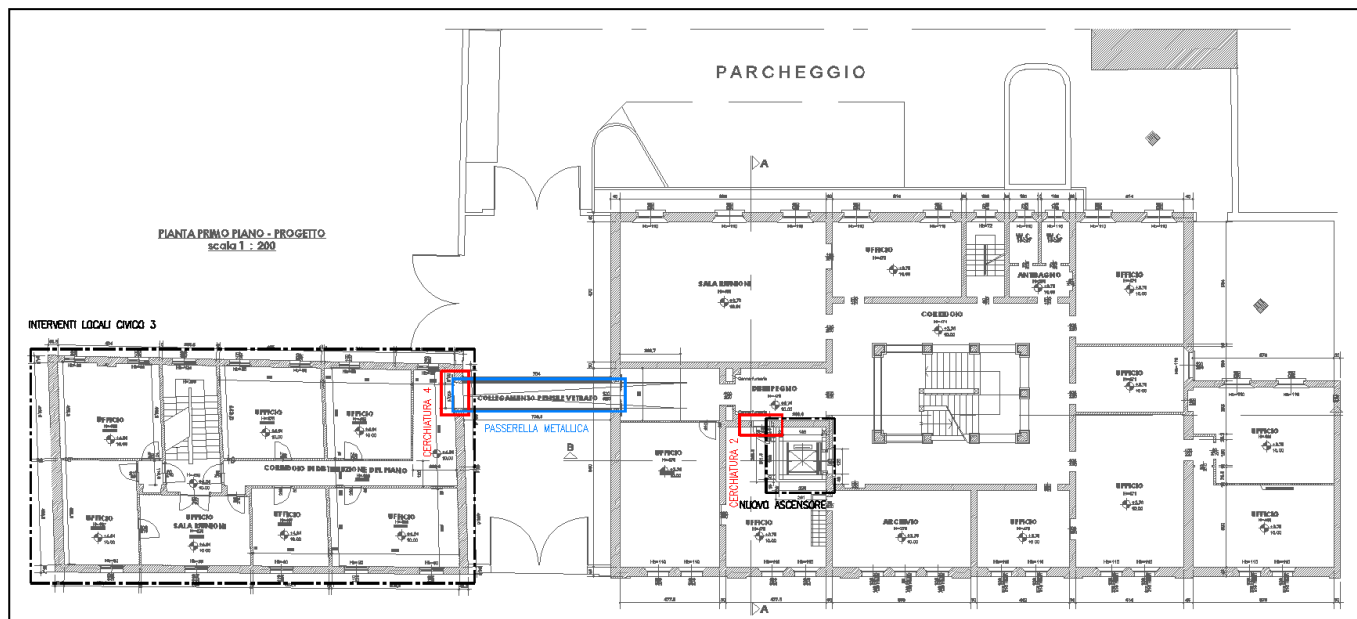
- Realizzazione di una NUOVA PASSERELLA METALLICA di collegamento tra i due fabbricati.

CIVICO 7

- Installazione di un NUOVO ASCENSORE CON PLATEA DI FONDAZIONE IN C.A.
- Demolizione di porzione del solaio del primo, secondo e terzo impalcato, con predisposizione di profili metallici di supporto delle putrelle esistenti, per ottenere il foro ascensore di dimensioni 2.25x2.5m.
- APERTURA 3 NUOVI VANI SU MURI PORTANTI per accedere alla zona ascensore e predisposizione di CERCHIATURE METALLICHE per il ripristino della rigidità e della resistenza delle pareti.

CIVICO 3

- APERTURA NUOVO VANO SU MURO PORTANTE in corrispondenza della nuova passerella e predisposizione di CERCHIATURA METALLICA per il ripristino della rigidezza e della resistenza della parete.
- Installazione di CATENE METALLICHE CON CAPOCHIAVE A PALETTO per inibire i meccanismi di ribaltamento e flessione fuori dal piano dei due fronti longitudinali del fabbricato.
- Realizzazione di un CORDOLO METALLICO SOMMITALE avente la funzione di collegare tutti i muri della scatola muraria.



Inquadramento Generale Interventi - Pianta Tipo

NUOVA PASSERELLA METALLICA

A. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

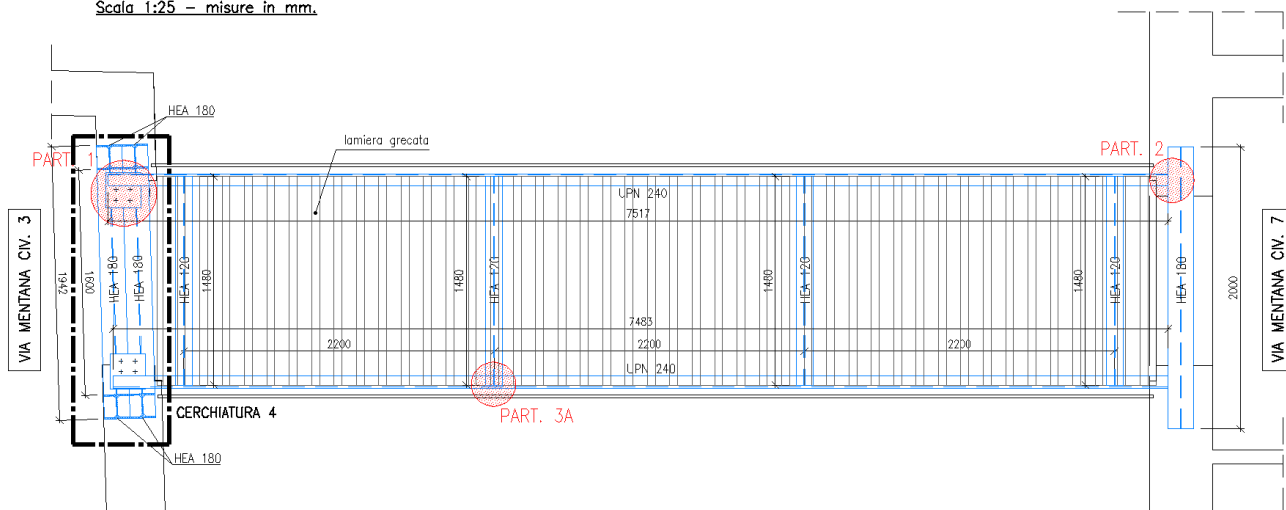
La passerella di collegamento tra il Civico 7 e il Civico 3 è costituita da un piano di calpestio inclinato e da una copertura orizzontale, con vetrate verticali di chiusura dello spessore di 2 cm. Entrambi i piani sono formati da profili principali longitudinali UPN 240 e travi di collegamento trasversali HEA 120, con lamiera grecata a formare il supporto per la pavimentazione ed il manto di copertura.

I profili UPN sono collegati, dal lato del civico 7, ad architravi metalliche HEA 180, e dal lato del civico 3 ai profili orizzontali della cerchiatura metallica prevista per l'apertura del nuovo vano. In corrispondenza dei collegamenti ai profili della cerchiatura si prevedono dei fori "asolati" nelle due direzioni e la predisposizione di cuscinetti in neoprene di 10 mm, questo per consentire piccoli spostamenti in caso di eventi sismici o piccole deformazioni dovute alle dilatazioni termiche.

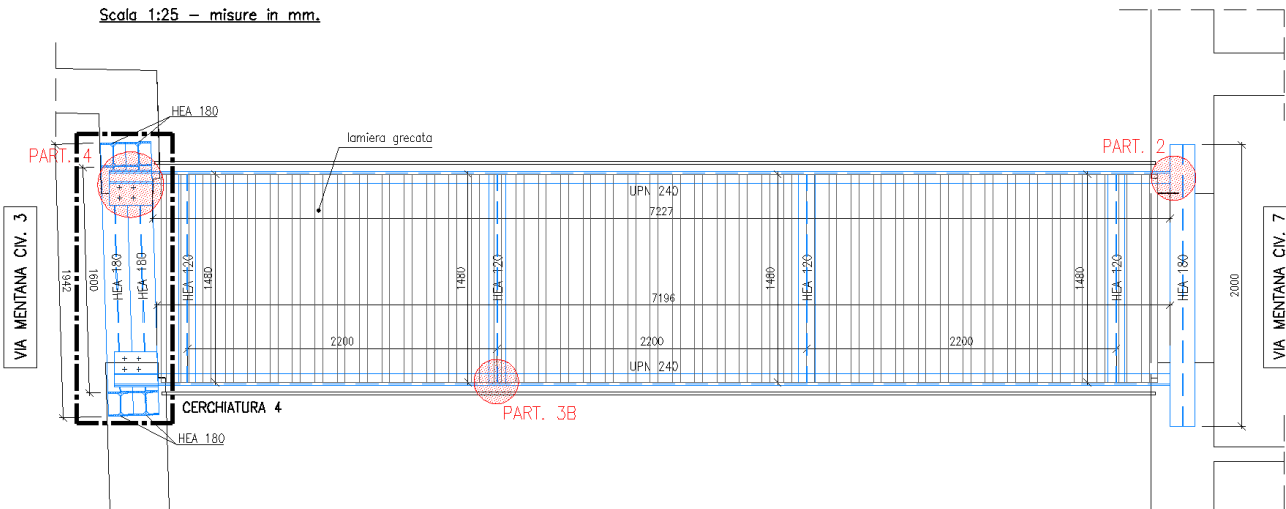
Vedi tavola esecutiva S02.

PASSERELLA METALLICA: PIANTA CALPESTIO

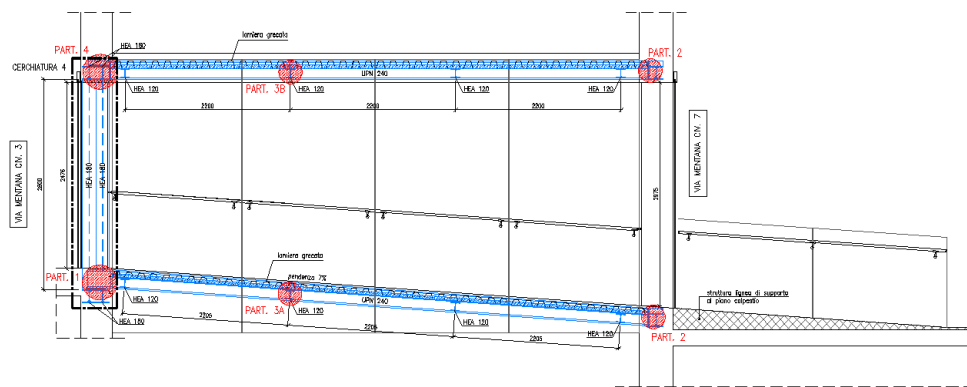
Scala 1:25 - misure in mm.

**PASSERELLA METALLICA: PIANTA COPERTURA**

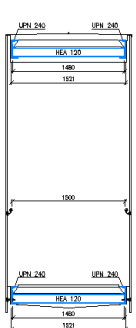
Scala 1:25 - misure in mm.

**PASSERELLA METALLICA: Pianta Piano Calpestio e Copertura****PASSERELLA METALLICA: SEZIONE LONGITUDINALE**

Scala 1:25 - misure in mm.

**PASSERELLA METALLICA: SEZIONE TRASVERSALE**

Scala 1:25 - misure in mm.

**PASSERELLA METALLICA: Sezione Longitudinale e Sezione Trasversale**

B. NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI

- **D.M. 17/01/2018** *Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- **Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7** del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008*;

C. ANALISI DEI CARICHI

C1. Peso Proprio

Per il peso proprio degli elementi in acciaio è stato considerato un valore per unità di volume pari a 78.5 kN/m³.
Le vetrate (peso specifico pari a 25 kN/m³) hanno spessore di 2 cm a cui corrisponde un carico di 0.5 kN/m².
Il peso proprio è calcolato automaticamente dal programma ed elementi finiti.

C2. Carichi Verticali

PIANO DI CALPESTIO

Carichi permanenti compiutamente definiti (G_{1k})

Peso proprio travi acciaio	autom.
lamiera grecata	0.10 kN/m ²

Carichi permanenti non compiutamente definiti (G_{2k})

isolamento + pavimentazione	1.00 kN/m ²
-----------------------------	------------------------

Accidentali (Q_n)

Uffici non aperti al pubblico (Cat. B1)	2.00 kN/m ²
---	------------------------

COPERTURA

Carichi permanenti compiutamente definiti (G_{1k})

Peso proprio travi acciaio	autom.
lamiera grecata	0.10 kN/m ²

Carichi permanenti non compiutamente definiti (G_{2k})

isolamento + manto di copertura	0.50 kN/m ²
---------------------------------	------------------------

Accidentali (Q_n)

Neve(*)	3.00 kN/m ²
---------	------------------------

(*) **carico neve - copertura piana in adiacenza ad edificio più alto** (§C3.4.3.3.2 Circolare)

Il carico provocato dalla neve sulla copertura è stato valutato mediante la seguente espressione:

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

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, pari a: $\mu_{civ3} = 3.86$ $\mu_{civ7} = 2.21$ $\mu_{medio} = 3$

Coefficiente di forma (copertura adiacenti o vicine a costruzioni più alte)

b_1 [m]	20
b_2 [m]	7
h [m]	3.5
α [°]	0

l_s [m]	7
μ_1	0.8

$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$

μ_s	0
$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma h/q_{sk}$	3.857
$\gamma h/q_{sk}$	7.000
μ_w	3.857
μ_2	3.857

($0.8 \leq \mu_w \leq 4.0$)

Coefficiente di forma (copertura adiacenti o vicine a costruzioni più alte)

b_1 [m]	35
b_2 [m]	7
h [m]	9.5
α [°]	0

l_s [m]	15
μ_1	0.8

$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$

μ_s	0
$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma h/q_{sk}$	2.211
$\gamma h/q_{sk}$	19.000
μ_w	2.211
μ_2	2.211

($0.8 \leq \mu_w \leq 4.0$)

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo per un periodo di ritorno di 50 anni, pari a 1,0 kN/m² (Zona II)

C_E è il coefficiente di esposizione, pari a 1

C_t è il coefficiente termico, pari a 1

pertanto il carico neve risulta $q_s = 3.0 \text{ kN/m}^2$.

C3. Pressione del Vento

Zona vento = 2

Velocità base della zona, $V_{b.o} = 25 \text{ m/s}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona, $A_o = 750 \text{ m}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito, $A_s = 9 \text{ m}$

Velocità di riferimento, $V_b = 25,00 \text{ m/s}$ ($V_b = V_{b.o}$ per $A_s \leq A_o$)

Periodo di ritorno, $Tr = 50$ anni

$Cr = 1$ per $Tr = 50$ anni

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, $V_r = V_b Cr = 25,00 \text{ m/s}$

Classe di rugosità del terreno: C

[Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D]

Categoria esposizione: (Entroterra fino a 500 m di altitudine) tipo III

($K_r = 0,20$; $Z_o = 0,10 \text{ m}$; $Z_{min} = 5 \text{ m}$)

Pressione cinetica di riferimento, $q_b = 0,39 \text{ kN/m}^2$

Coefficiente di forma, $C_p = 0,80$

Coefficiente dinamico, $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione, $C_e = 2,03$

Coefficiente di esposizione topografica, $C_t = 1,00$

Altezza dell'edificio, $h = 8,50 \text{ m}$

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = 0,64 \text{ kN/m}^2$

C4. Sisma

Classe d'uso

☐ I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli...]

☒ II edifici ordinari

☐ III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...)

☐ IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)

Coordinate geografiche

Località:

Longitudine: Latitudine:

Parametri per le forme spettrali

	P_{ver}	Tr	ag [g]	F_o	T^*c
SLO	81	30	0.037	2.550	0.250
SLD	63	50	0.046	2.510	0.280
SLV	10	475	0.132	2.600	0.270
SLC	5	975	0.178	2.560	0.280

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita V_n [anni]	Coefficiente uso C_u	Periodo V_r [anni]	Livello di sicurezza per esistenti %
50	1	50	100

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: **D**CATEGORIA TOPOGRAFICA: **T1**

Parametri e fattori spettrali

S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.037	1.800	2.550	0.659	0.208	0.625	1.746
SLD	0.046	1.800	2.510	0.725	0.220	0.661	1.783
SLV	0.132	1.800	2.600	1.276	0.217	0.650	2.129
SLC	0.178	1.718	2.560	1.457	0.220	0.661	2.311

Verticale per tutti: 1.000

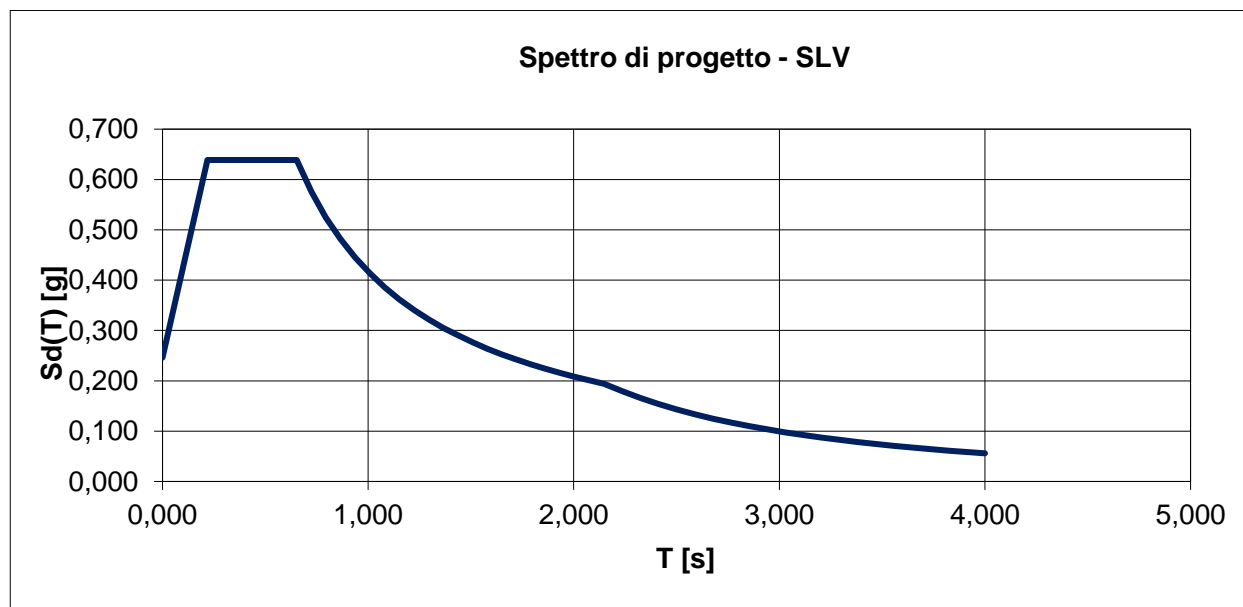
eta SLO q SLD x q SLD y q SLD z q SLU x q SLU y q SLU z

1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.5 Aiuto...

Smorzamento... 1.0 1.0 <= Esistenti v. fragili

Accelerazioni spettrali per i periodi notevoli

S(T) per sisma dir x-x				S(T) per sisma dir y-y				S(T) per sisma dir z-z			
	T=0	T=TB-TC	T=TD		T=0	T=TB-TC	T=TD		T=0	T=TB-TC	T=TD
SLO	0.066	0.168	0.060	SLO	0.066	0.168	0.060	SLO	0.009	0.024	0.004
SLD	0.082	0.207	0.077	SLD	0.082	0.207	0.077	SLD	0.013	0.033	0.005
SLV	0.238	0.619	0.189	SLV	0.238	0.619	0.189	SLV	0.065	0.112	0.026
SLC	0.305	0.781	0.223	SLC	0.305	0.781	0.223	SLC	0.101	0.173	0.036



D. CLASSE DI ESECUZIONE DELL'OPERA

Matrice raccomandata per la determinazione delle classi di esecuzione							
Classi di importanza		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^{a)}	EXC3 ^{a)}
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^{a)}	EXC4
a) EXC4 dovrebbe essere applicato a strutture speciali o strutture con conseguenze estreme di cedimento strutturale, come richiesto dalle disposizioni nazionali.							

UNI EN 1090-2:2011 - APPENDICE B - prospetto B3

E. MATERIALI

- STRUTTURA IN ELEVAZIONE E PIASTRE

Acciaio Tipo: **S275**

Tensione caratteristica di snervamento	$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura a trazione	$f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
Coeff. di Poisson	$\nu = 0.3$
Modulo di elasticità trasversale	$G = E/[2(1 + \nu)]$
Peso specifico	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
Coeff. di espansione termica lineare	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
Coeff. parziale di sicurezza S.L.U.	$\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1.05$

- BULLONI PER CARPENTERIA METALLICA

Bulloni: **classe 8.8**

Tensione di snervamento	$f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a rottura per trazione	$f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica per azioni normali	$f_{k,N} = 0.9 f_{tb} = 720 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di progetto per azioni normali	$f_{t,Rd} = f_{k,N}/\gamma_{M2} = 570 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica per azioni taglianti	$f_{k,V} = 0.6 \cdot f_{tb} = 480 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di progetto per azioni taglianti	$f_{v,Rd} = f_{k,V}/\gamma_{M2} = 380 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente parziale di sicurezza S.L.U.	$\gamma_{M2} = 1.25$

- SALDATURE

La saldatura dovrà avvenire secondo i procedimenti e metodi codificati nella norma UNI EN ISO 4063:2011; dovranno inoltre essere rispettate tutte le prescrizioni di cui al capitolo §. 11.3.4.5 delle NTC di cui al DM 17.01.2018. Tutte le saldature dovranno, inoltre, essere conformi alla norma UNI EN 1011-1-2:2005 per l'esecuzione delle saldature. Per la preparazione dei lembi si applica la UNI EN ISO 9692-1:2013. Le saldature eseguite in opera dovranno essere almeno di II classe, quelle eseguite in officina di I classe, salvo diversa indicazione sugli elaborati grafici allegati.

F. MODELLAZIONE F.E.M.

Per la determinazione delle sollecitazioni agenti sulla struttura in esame e lo svolgimento delle relative verifiche di resistenza, si è fatto ricorso all'ausilio del programma di calcolo ad elementi finiti (F.E.M.) ProSap 2S.I..

F1. Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche

MATERIALE

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
		N/mm2	N/mm2	N/mm2		N/mm2	N/mm3		
12	Acciaio Fe430 - S275			2.100e+05	0.30	8.077e+05	7.80e-04	1.20e-05	
	Tensione ft	430.0							
	Resistenza fd	275.0							
	Resistenza fd (>40)	250.0							
	Tensione ammissibile	190.0							
	Tensione ammissibile (>40)	170.0							
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05

SEZIONI ED ELEMENTI D2

I profili principali e secondari sono stati modellati con *elementi D2 tipo trave*.

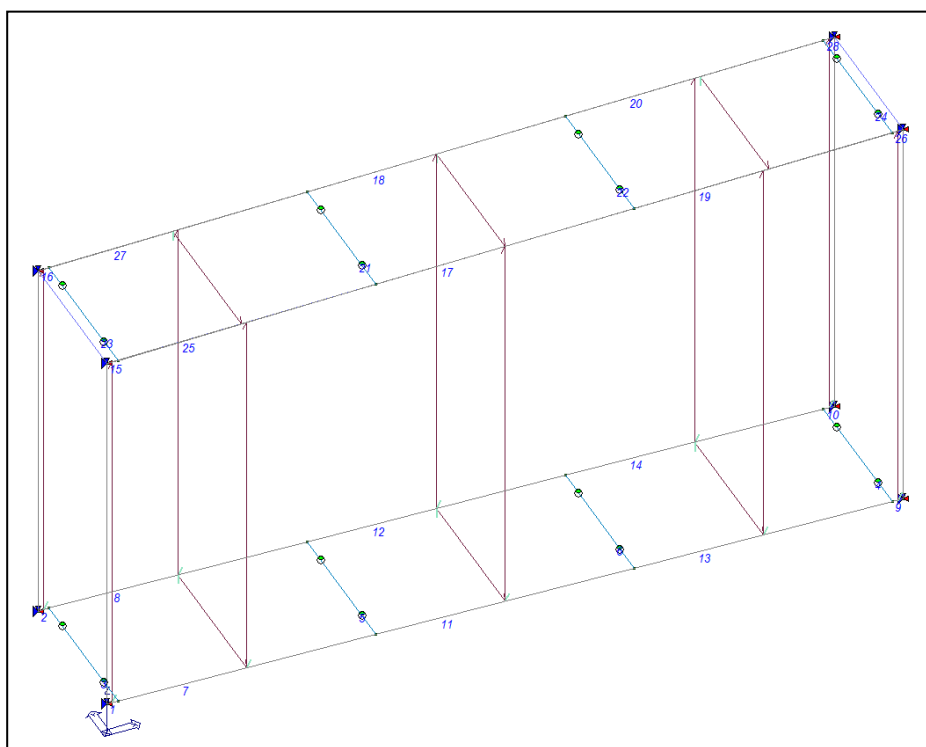
Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	UPN 240	42.30	0.0	0.0	19.70	247.00	3599.00	39.50	300.00	75.70	358.00
2	HEA 120	25.30	0.0	0.0	6.00	231.00	606.00	38.50	106.30	58.90	119.50

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Rotaz. gradi	Svincolo I	Svincolo J	Wink V daN/cm3	Wink O daN/cm3
1	Trave	1	5	12	1	180.00				
2	Trave	3	6	12	1					
3	Trave	5	6	12	2		000001	000001		
4	Trave	8	7	12	2		000001	000001		
5	Trave	11	9	12	2		000001	000001		
6	Trave	12	10	12	2		000001	000001		
7	Trave	5	11	12	1	180.00				
8	Trave	6	9	12	1					
9	Trave	8	2	12	1	180.00				
10	Trave	7	4	12	1					
11	Trave	11	12	12	1	180.00				
12	Trave	9	10	12	1					
13	Trave	12	8	12	1	180.00				
14	Trave	10	7	12	1					
15	Trave	13	22	12	1					
16	Trave	14	23	12	1					
17	Trave	17	18	12	1					
18	Trave	19	20	12	1					
19	Trave	18	21	12	1					
20	Trave	20	24	12	1					
21	Trave	17	19	12	2		000001	000001		
22	Trave	18	20	12	2		000001	000001		
23	Trave	22	23	12	2		000001	000001		
24	Trave	21	24	12	2		000001	000001		
25	Trave	22	17	12	1					
26	Trave	21	15	12	1					
27	Trave	23	19	12	1					
28	Trave	24	16	12	1					

SOLAI E PANNELLI

I solai di calpestio e di copertura sono stati modellati con *elementi solaio non infinitamente rigidi nel piano*.

Levetrate sono state modellate con *elementi pannello* (sp. 2cm) a cui è stata applicata la pressione del vento.



MODELLO F.E.M. – Assonometria

F2. Casi di Carico e Combinazioni delle Azioni

LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	Sigla	Tipo	Descrizione
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Pk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:
1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

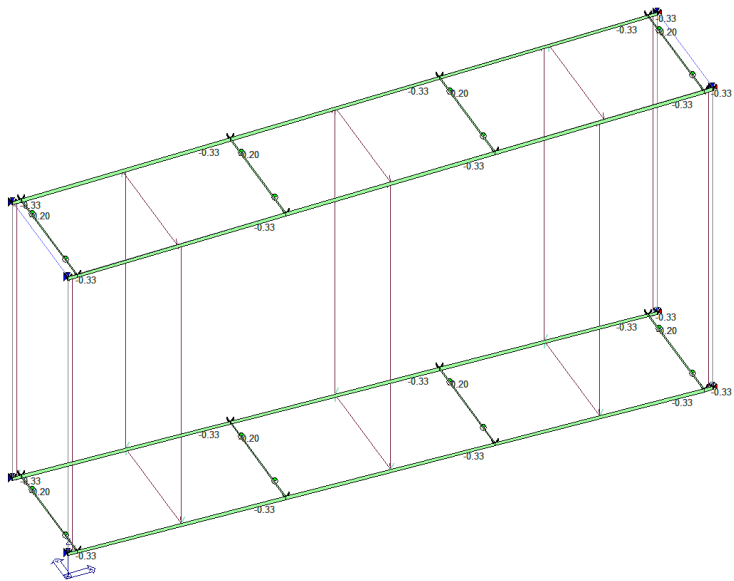
In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore S_{ksol} nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

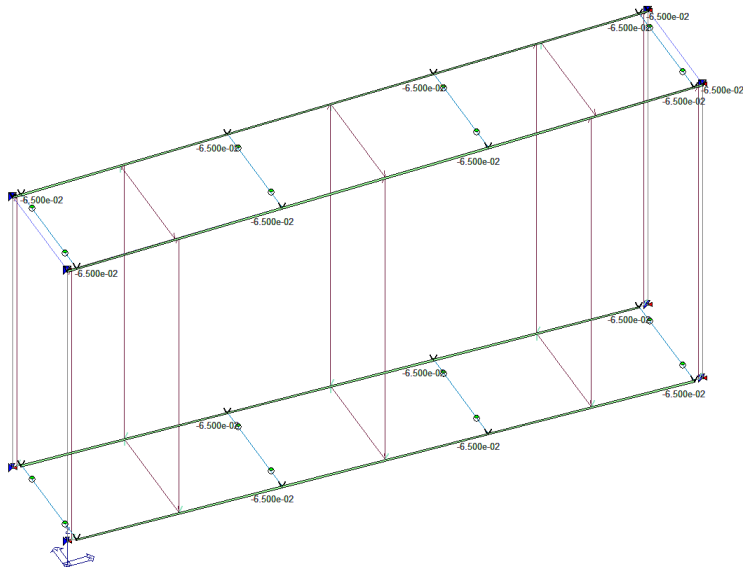
Tipo carico di pressione uniforme su piastra

Id	Tipo	pressione
		kN/ m ²
7	QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p=3.200e-03	0.32
8	QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p=3.200e-03	0.32

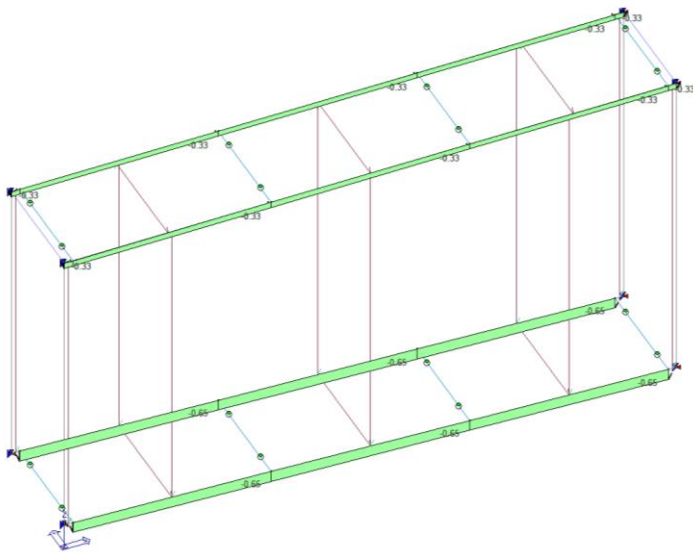
CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Gsk	CDC=G2pk (permanente pannelli n.c.d.)	
5	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
6	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)
			partecipazione:1.00 per 4 CDC=G2pk (permanente pannelli n.c.d.)
			partecipazione:1.00 per 5 CDC=Qsk (variabile solai)
			partecipazione:1.00 per 6 CDC=Qnk (carico da neve)
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
9	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
10	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
12	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
13	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
14	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
15	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y +	Pannello:da 5 a 6 Azione : QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p=3.200e-03
16	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y -	Pannello:da 5 a 6 Azione : QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p=3.200e-03
			Pannello:da 5 a 6 Azione : QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p=3.200e-03



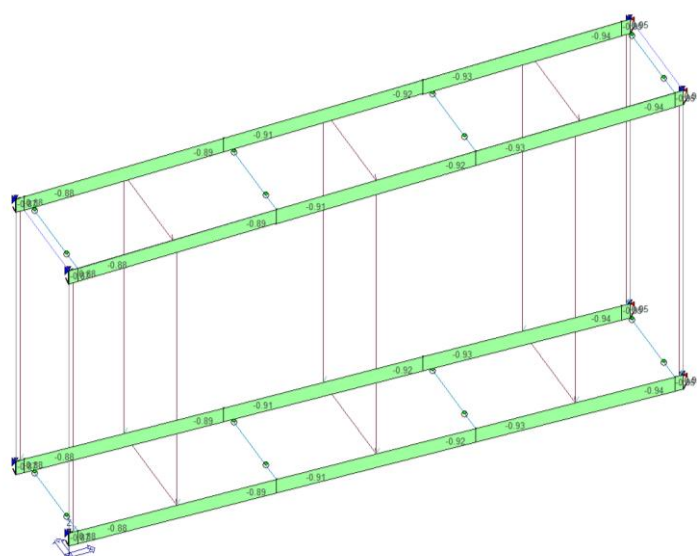
CDC 1 - Ggk



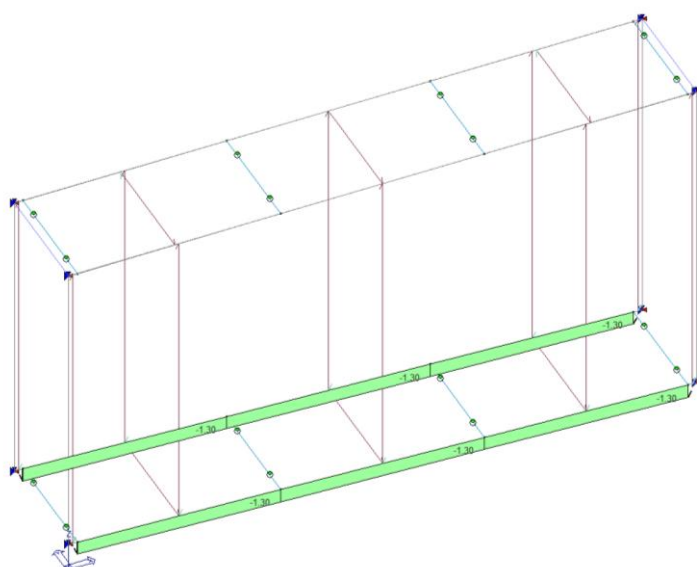
CDC 2 - G1sk



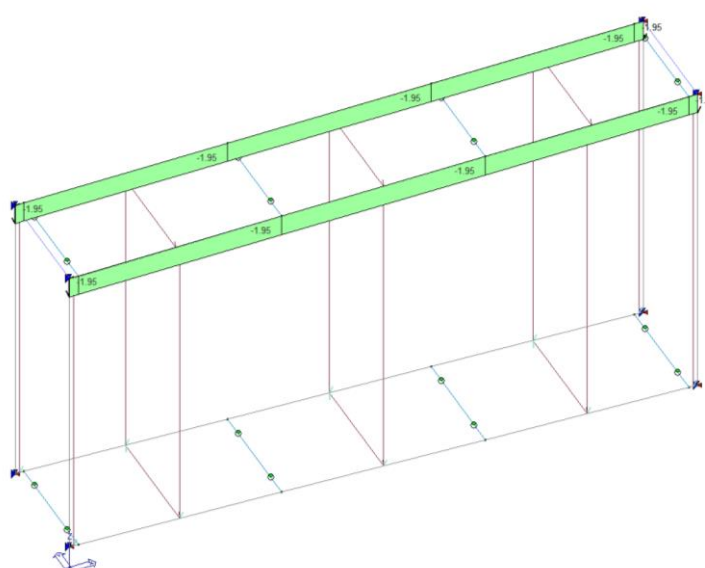
CDC 3 - G2sk



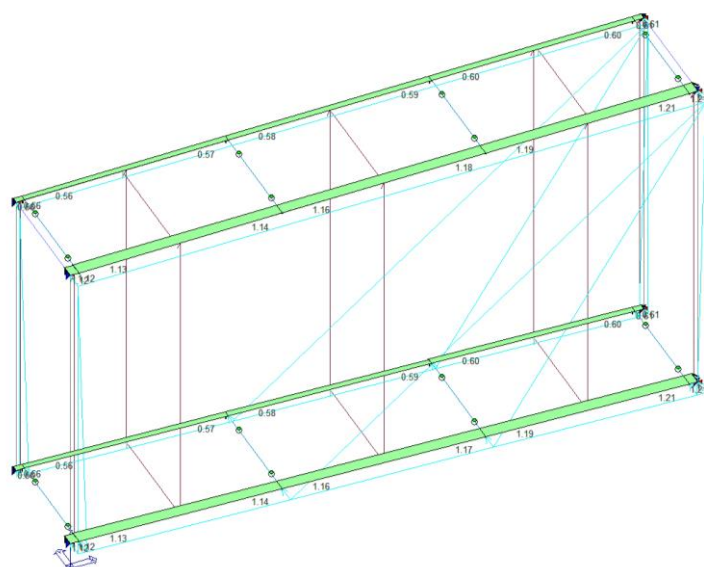
CDC 4 - G2pk



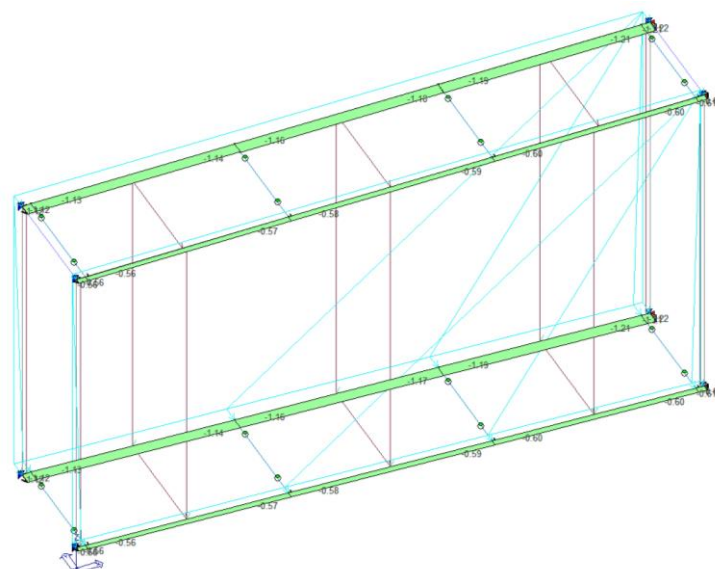
CDC 5 - Qsk



CDC 6 - Qnk



CDC 15 - Qvk dir Y+



CDC 16 - Qvk dir Y-

Come previsto al § 2.5.3 delle NTC 2018, le *combinazioni* delle azioni per gli stati limite considerati sono:

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

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

- Combinazione caratteristica (rara) - 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:

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

Dove:

G_1	Peso proprio di tutti gli elementi strutturali
G_2	Peso proprio di tutti gli elementi non strutturali
P	Precompressione
Q_k	Valore caratteristico delle azioni variabili
E	Azione sismica. In particolare si è considerato:

$$E = E_x \pm 0,3 \cdot E_y$$

$$E = 0,3 \cdot E_x \pm E_y$$

γ_{Gi}, γ_{Qi}

Coefficienti parziali di sicurezza, definiti in Tabella 2.6.I del D.M. 2018

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

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qk}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Tab. 2.6.I - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU

$\psi_{0j}, \psi_{1j}, \psi_{2j}$

Coefficienti di combinazione, definiti in Tabella 2.5.I del D.M. 2018

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 $\leq 30kN$)	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 $\leq 1000 m$	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

Tab. 2.5.I D.M. 2018 - Valori dei coefficienti di combinazione

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: *Numero, Tipo, Sigla identificativa*. Una seconda tabella riporta il *peso nella combinazione*, assunto per ogni caso di carico.

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

Cmb	Tipo	Sigla Id
5	SLU	Comb. SLU A1 5
6	SLU	Comb. SLU A1 6
7	SLU	Comb. SLU A1 7
8	SLU	Comb. SLU A1 8
9	SLU	Comb. SLU A1 9
10	SLU	Comb. SLU A1 10
11	SLU	Comb. SLU A1 11
12	SLU	Comb. SLU A1 12
13	SLU	Comb. SLU A1 13
14	SLU	Comb. SLU A1 14
15	SLU	Comb. SLU A1 15
16	SLU	Comb. SLU A1 16
17	SLU	Comb. SLU A1 17
18	SLU	Comb. SLU A1 18
19	SLU	Comb. SLU A1 19
20	SLU	Comb. SLU A1 20
21	SLU	Comb. SLU A1 21
22	SLU	Comb. SLU A1 22
23	SLU	Comb. SLU A1 23
24	SLU	Comb. SLU A1 24
25	SLU	Comb. SLU A1 25
26	SLU	Comb. SLU A1 26
27	SLU	Comb. SLU A1 27
28	SLU	Comb. SLU A1 28
29	SLU	Comb. SLU A1 29
30	SLU	Comb. SLU A1 30
31	SLU	Comb. SLU A1 31
32	SLU	Comb. SLU A1 32
33	SLU	Comb. SLU A1 33
34	SLU	Comb. SLU A1 34
35	SLU	Comb. SLU A1 35
36	SLU	Comb. SLU A1 36
37	SLU	Comb. SLU A1 37
38	SLU	Comb. SLU A1 38
39	SLU	Comb. SLU A1 39
40	SLU	Comb. SLU A1 40
41	SLU	Comb. SLU A1 41
42	SLU	Comb. SLU A1 42
43	SLU	Comb. SLU A1 43
44	SLU	Comb. SLU A1 44
45	SLU	Comb. SLU A1 45
46	SLU	Comb. SLU A1 46
47	SLU	Comb. SLU A1 47
48	SLU	Comb. SLU A1 48
49	SLU	Comb. SLU A1 49
50	SLU	Comb. SLU A1 50
51	SLU	Comb. SLU A1 51
52	SLU	Comb. SLU A1 52
53	SLU	Comb. SLU A1 53
54	SLU	Comb. SLU A1 54
55	SLU	Comb. SLU A1 55
56	SLU	Comb. SLU A1 56
57	SLU	Comb. SLU A1 57
58	SLU	Comb. SLU A1 58
59	SLU	Comb. SLU A1 59
60	SLU	Comb. SLU A1 60
61	SLU	Comb. SLU A1 61
62	SLU	Comb. SLU A1 62
63	SLU	Comb. SLU A1 63
64	SLU	Comb. SLU A1 64
65	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 65
66	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 66
67	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 67
68	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 68
69	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 69
70	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 70
71	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 71
72	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 72
73	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 73
74	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 74
75	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 75
76	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 76
77	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 77
78	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 78
79	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 79

Cmb	Tipo	Sigla Id
80	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 80
81	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 81
82	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 82
83	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 83
84	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 84
85	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 85
86	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 86
87	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 87
88	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 88
89	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 89
90	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 90
91	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 91
92	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 92
93	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 93
94	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 94
95	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 95
96	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 96
97	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 97
98	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 98
99	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 99
100	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 100
101	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 101
102	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 102
103	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 103
104	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 104
105	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 105
106	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 106
107	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 107
108	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 108
109	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 109
110	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 110
111	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 111
112	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 112
113	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 113
114	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 114
115	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 115
116	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 116
117	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 117
118	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 118
119	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 119
120	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 120
121	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 121
122	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 122
123	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 123
124	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 124
125	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 125
126	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 126
127	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 127
128	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 128
129	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 129
130	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 130
131	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 131
132	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 132
133	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 133
134	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 134
135	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 135
136	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 136
137	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 137
138	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 138
139	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 139
140	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 140
141	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 141
142	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 142
143	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 143
144	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 144
145	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 145
146	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 146
147	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 147
148	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 148
149	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 149
150	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 150
151	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 151
152	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 152
153	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 153
154	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 154

[illegible]

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...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
65	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
66	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
67	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
68	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
69	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
70	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
71	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
72	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
73	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
74	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
75	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
76	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
77	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
78	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
79	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
80	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
81	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
82	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
83	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
84	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
85	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
86	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
87	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
88	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
89	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
90	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
91	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
92	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
93	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
94	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
95	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
96	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
97	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0
98	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0
99	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0
100	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0
101	1.00 0.0	1.00 0.0	1.00	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30

[illegible]

[illegible]

G. ANALISI EFFETTUATE

Tipo di analisi strutturale	
Statica lineare	SI
Statica non lineare	NO
Sismica statica lineare	SI
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.619 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			fattore q: 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.619

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	kN	kN	kN	m	m	m	m	m	m			
3.80	35.73	35.73	25.01	3.54	0.75	0.0	-0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.30	0.01	35.74	0.12	0.0	0.75	0.0	-0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.30	0.68	36.42	6.10	0.10	0.75	0.0	-0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.20	0.66	37.08	8.85	2.38	0.75	0.0	-0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.15	0.32	37.40	5.74	3.52	0.75	0.0	-0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.10	0.34	37.75	8.97	4.66	0.75	0.0	-0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.26e-03	9.97e-03	37.76	6.23	6.94	0.75	0.0	-0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	37.76		61.03									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.619 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			fattore q: 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.619

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	kN	kN	kN	m	m	m	m	m	m			
3.80	35.73	35.73	25.01	3.54	0.75	0.0	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.30	0.01	35.74	0.12	0.0	0.75	0.0	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.30	0.68	36.42	6.10	0.10	0.75	0.0	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.20	0.66	37.08	8.85	2.38	0.75	0.0	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.15	0.32	37.40	5.74	3.52	0.75	0.0	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
0.10	0.34	37.75	8.97	4.66	0.75	0.0	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.26e-03	9.97e-03	37.76	6.23	6.94	0.75	0.0	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	37.76		61.03									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.619 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			fattore q: 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.619

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	kN	kN	kN	m	m	m	m	m	m			
3.80	35.73	35.73	25.01	3.54	0.75	0.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.30	0.01	35.74	0.12	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.30	0.68	36.42	6.10	0.10	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.20	0.66	37.08	8.85	2.38	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.15	0.32	37.40	5.74	3.52	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.10	0.34	37.75	8.97	4.66	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.26e-03	9.97e-03	37.76	6.23	6.94	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	37.76		61.03									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.619 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			fattore q: 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.619

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	kN	kN	kN	m	m	m	m	m	m			
3.80	35.73	35.73	25.01	3.54	0.75	-0.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.30	0.01	35.74	0.12	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.30	0.68	36.42	6.10	0.10	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.20	0.66	37.08	8.85	2.38	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.15	0.32	37.40	5.74	3.52	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.10	0.34	37.75	8.97	4.66	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.26e-03	9.97e-03	37.76	6.23	6.94	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	37.76		61.03									

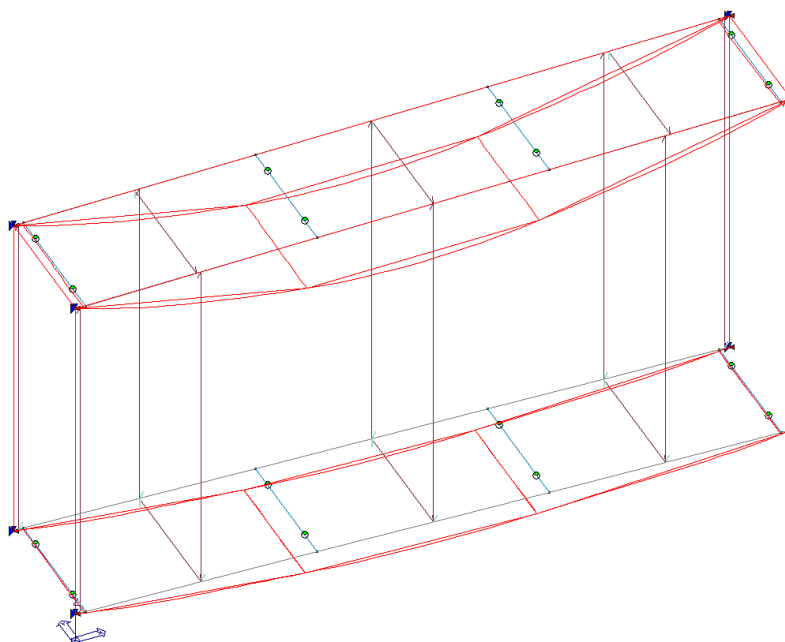
CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.207 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
14	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.207 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.207

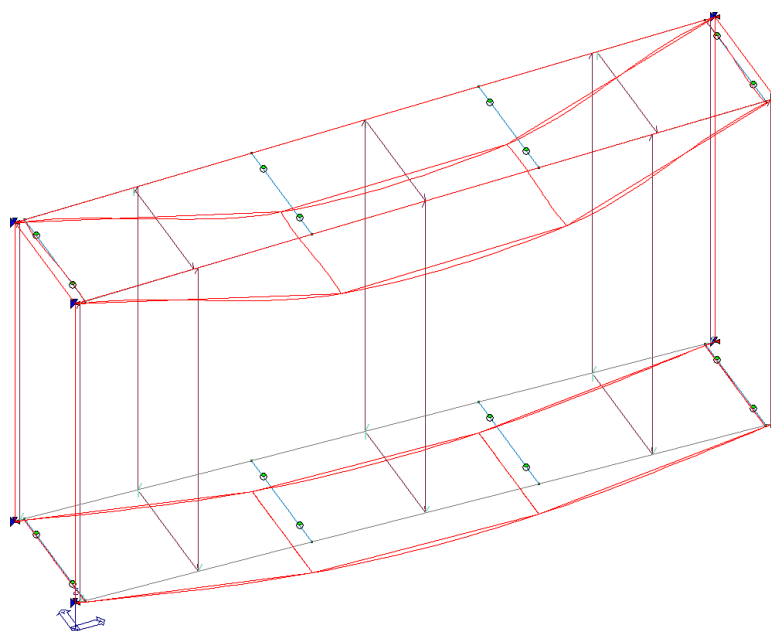
Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	kN	kN	kN	m	m	m	m	m	m			
3.80	11.95	11.95	25.01	3.54	0.75	-0.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.30	4.54e-03	11.95	0.12	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.30	0.23	12.18	6.10	0.10	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.20	0.22	12.40	8.85	2.38	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.15	0.11	12.51	5.74	3.52	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.10	0.11	12.62	8.97	4.66	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.26e-03	3.33e-03	12.63	6.23	6.94	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	12.63		61.03									

H. SINTESI DEI RISULTATI E DELLE VERIFICHE

H1. Principali configurazioni deformate

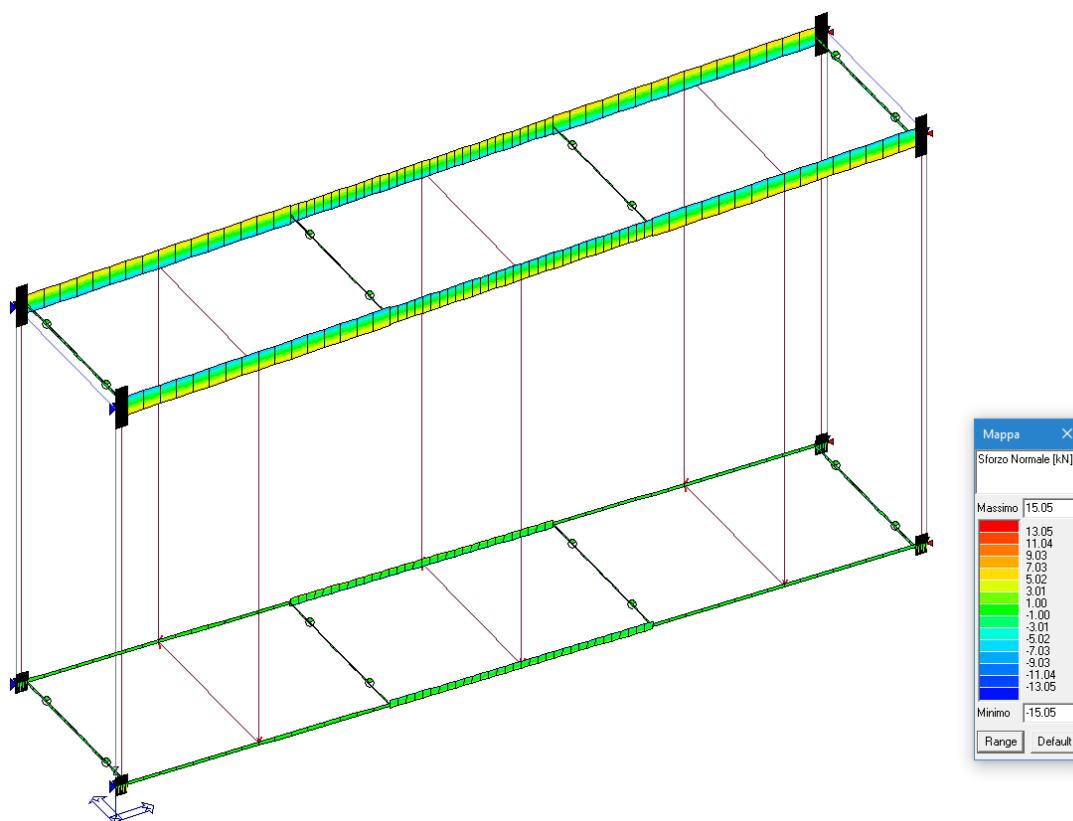


Deformata - Cmb.25SLU no sisma

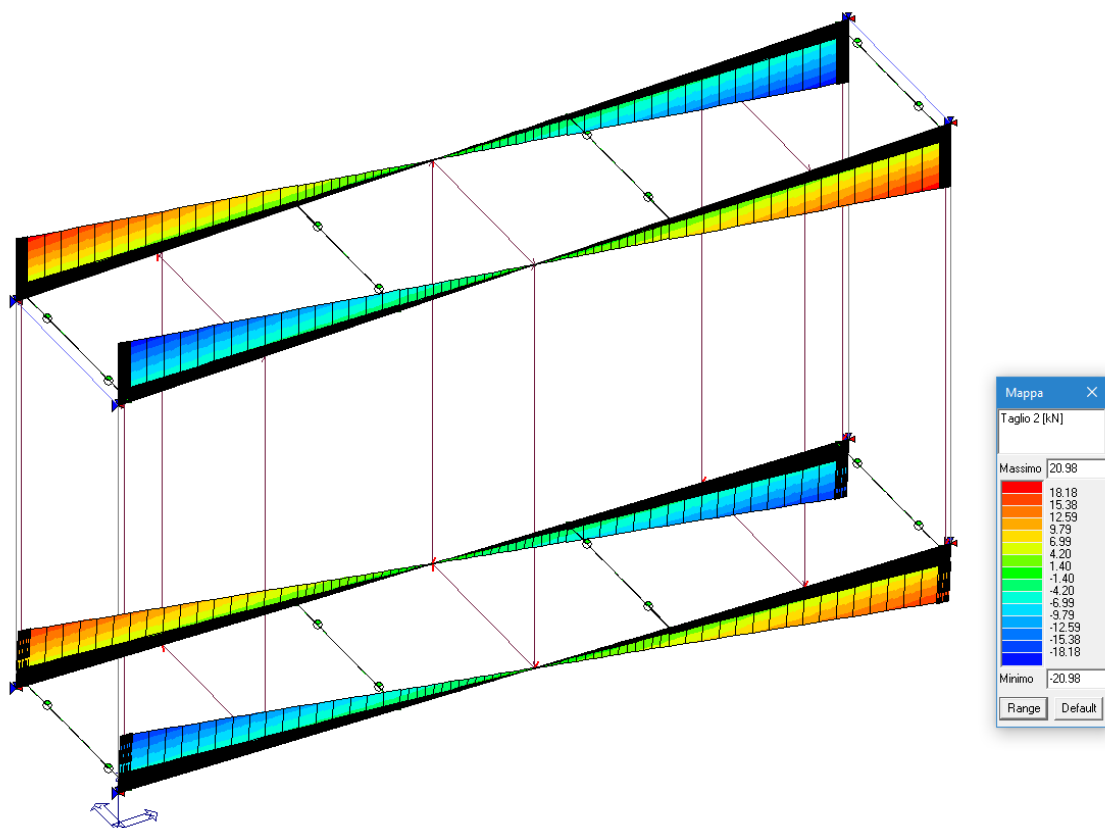


Deformata - Cmb.89 SLV sisma

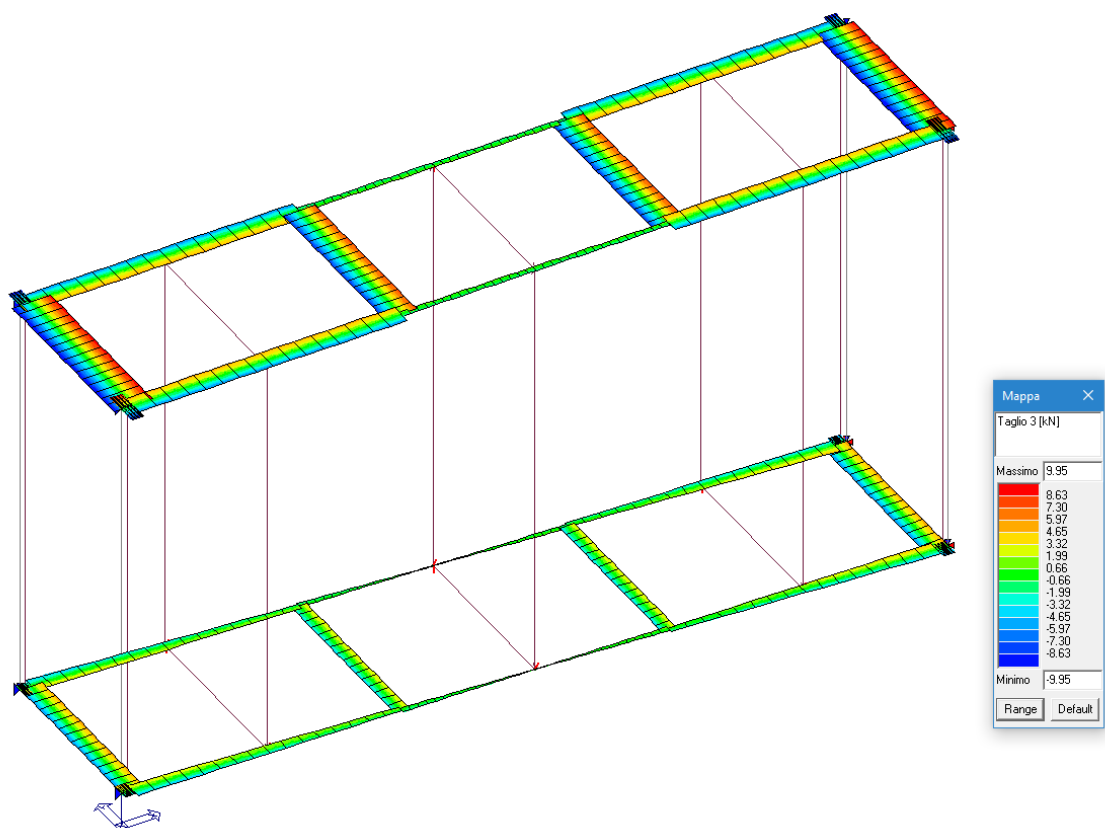
H2. Involuppi sollecitazioni



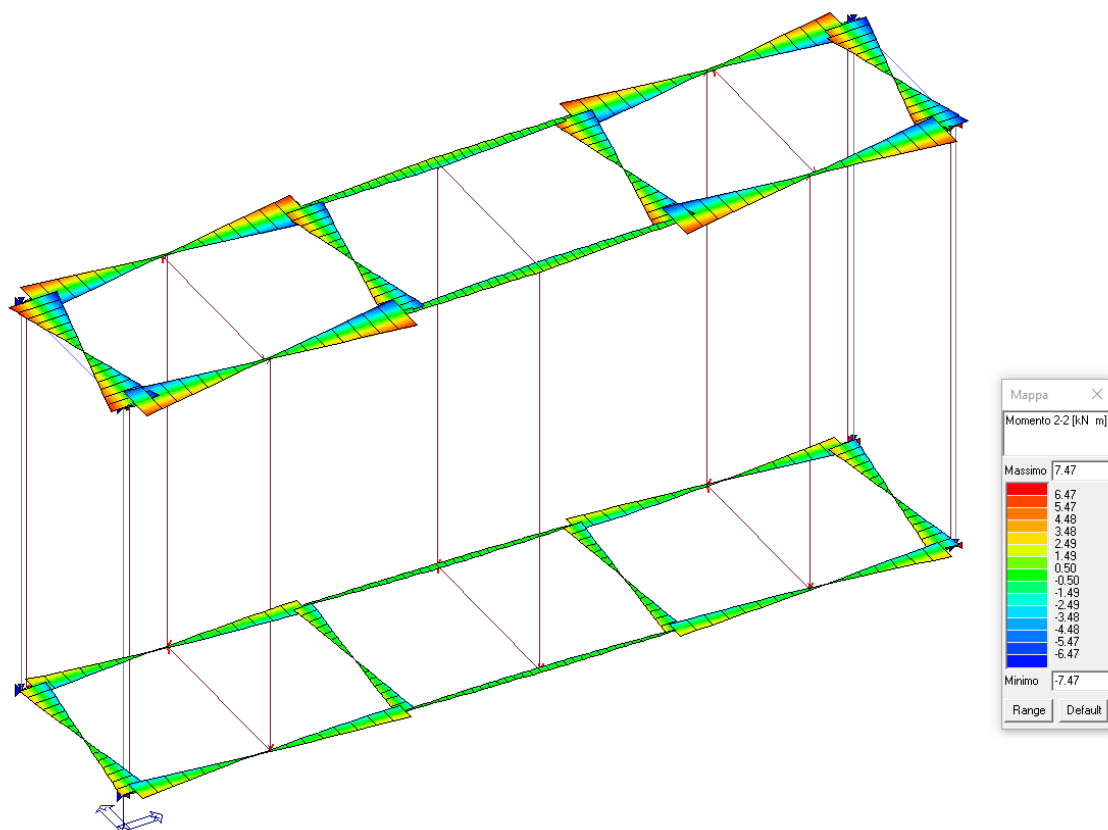
Sforzo Normale (N)



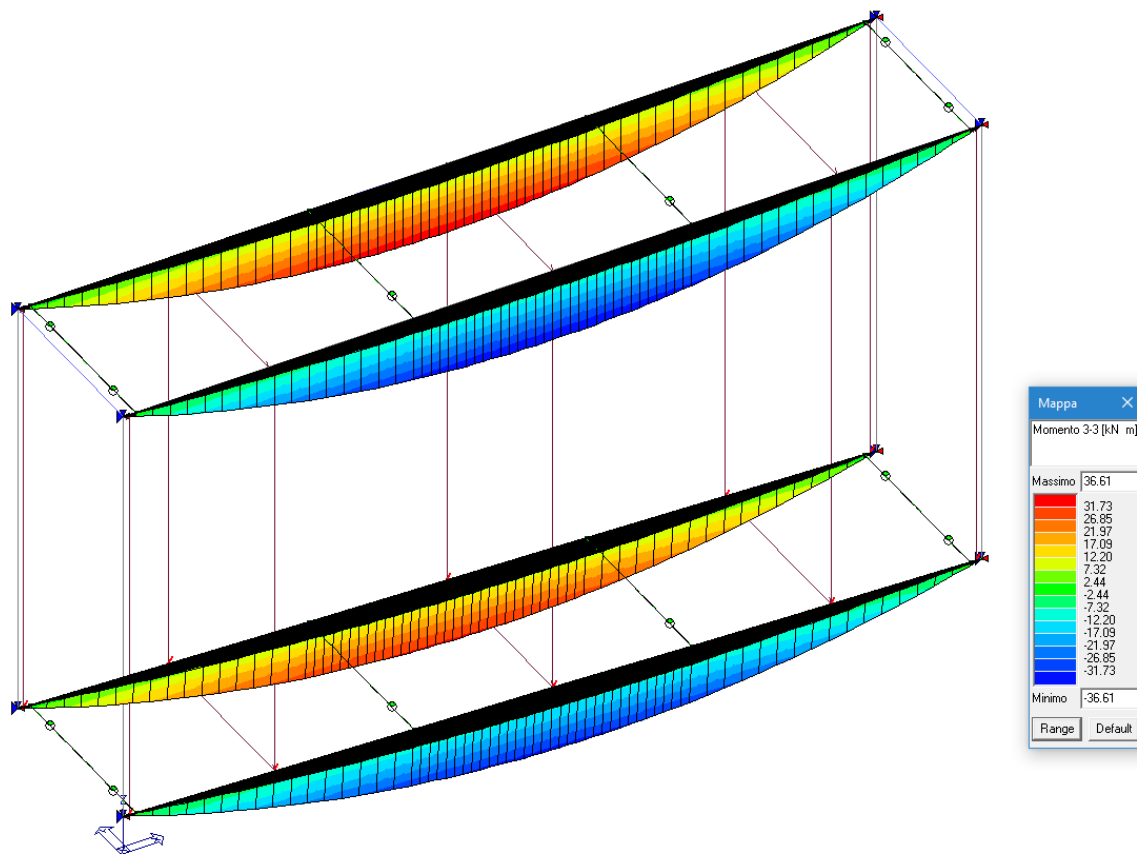
Taglio 2 (V2)



Taglio 3 (V3)



Momento flettente 2-2 (M_2)



Momento flettente 3-3 (M_3)

H3. Risultati Verifiche S.L.U.

Si sono effettuate le seguenti verifiche:

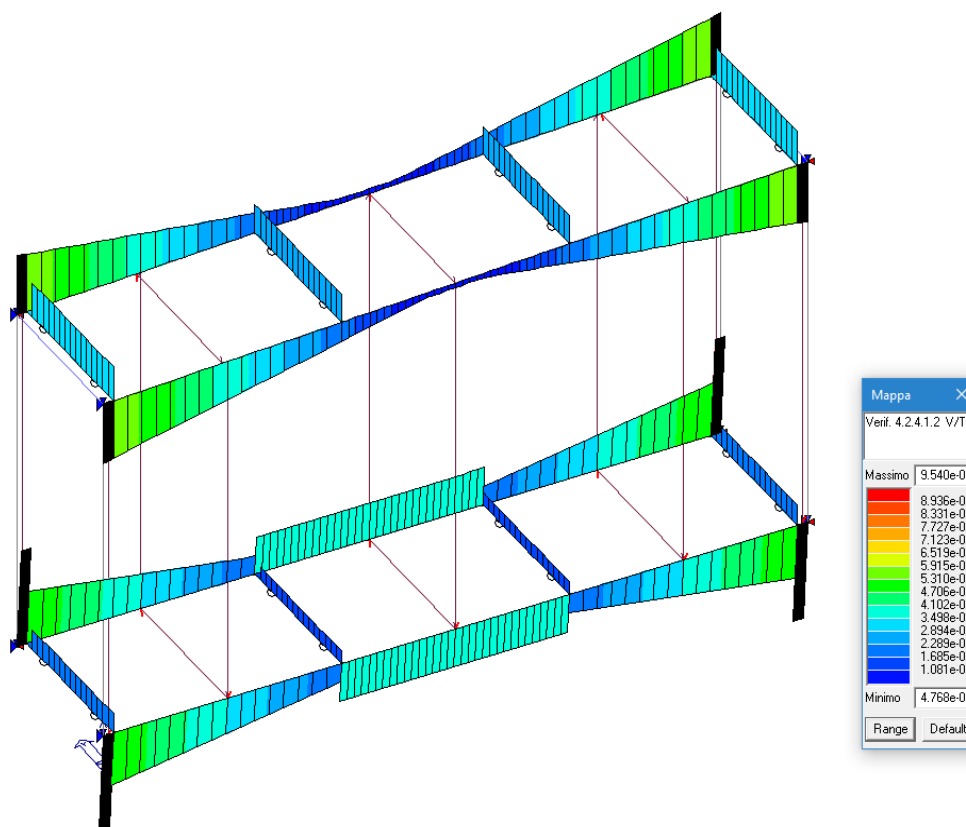
Verifica a Taglio - Torsione (V/T) - § 4.2.4.1.2 D.M. 2018

Verifica a presso/tenso flessione(N/M) - § 4.2.4.1.2 D.M. 2018

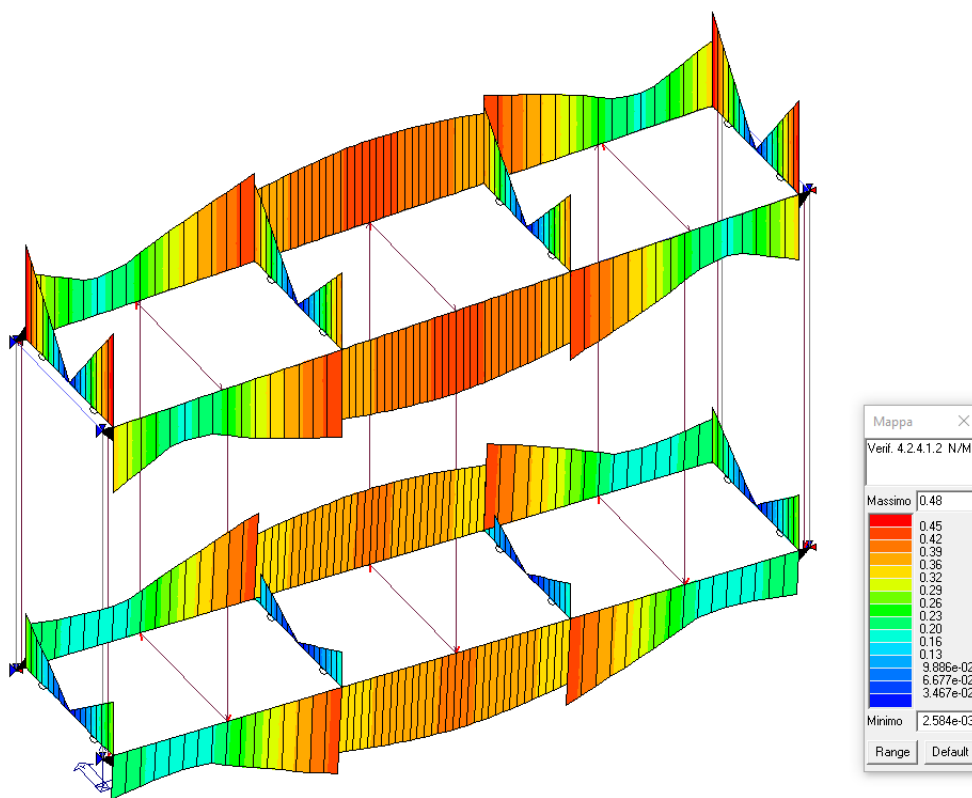
Verifica di stabilità (flessione) - § 4.2.4.1.3.2 D.M. 2018

Verifica di stabilità (pressoflessione) - § 4.2.4.1.3.3 D.M. 2018

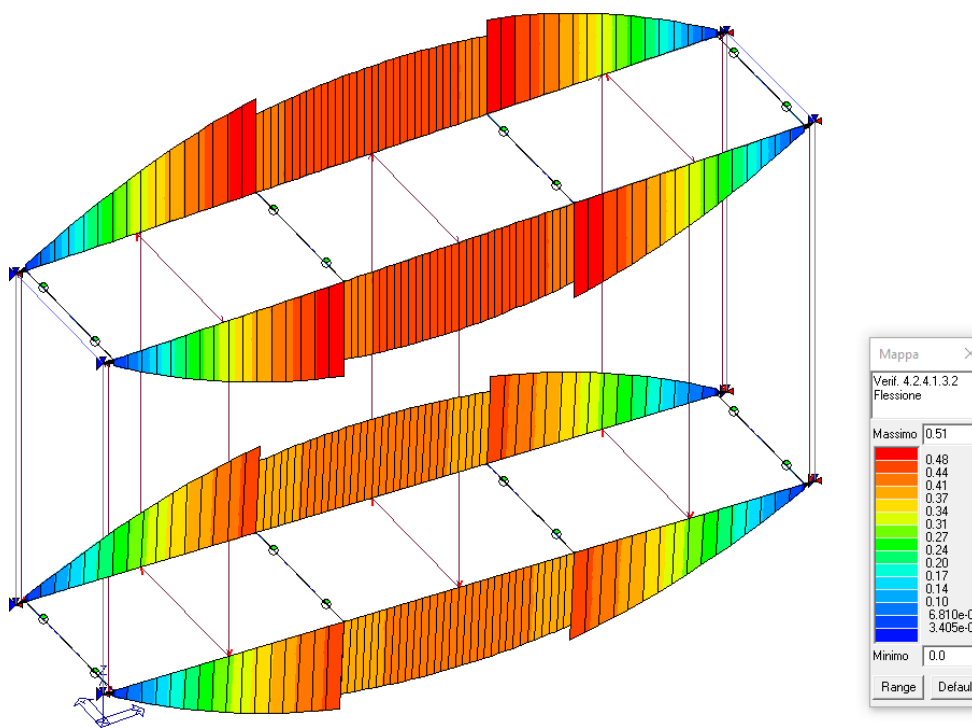
Le verifiche risultano soddisfatte per valori ≤ 1



Verifica Taglio(V) – Torsione(T)



Verifica N/M



Verifica di stabilità flessionale

H4. Risultati Verifiche S.L.E. no sisma – freccia e spostamenti laterali

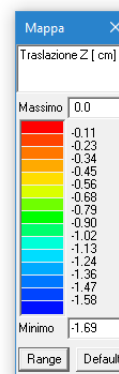
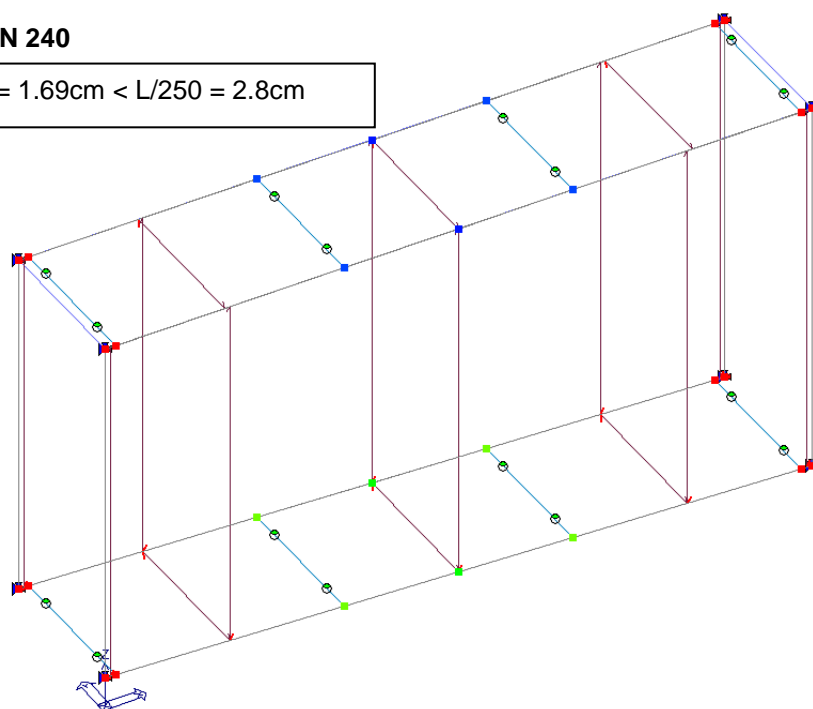
Come suggerito al § 4.2.4.2.1 (Tab. 4.2.XII), si è verificato che il massimo valore della **freccia** f , calcolato per le combinazioni relative agli stati limiti di esercizio (SLE), rispetti la seguenti limitazioni:

$$f \leq \frac{L}{250} \quad \text{SOLAI CHE REGGONO MATERIALE FRAGILE}$$

Dove L è la luce dell'elemento indagato o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

UPN 240

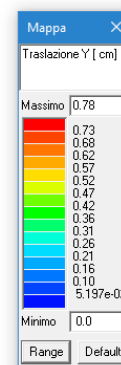
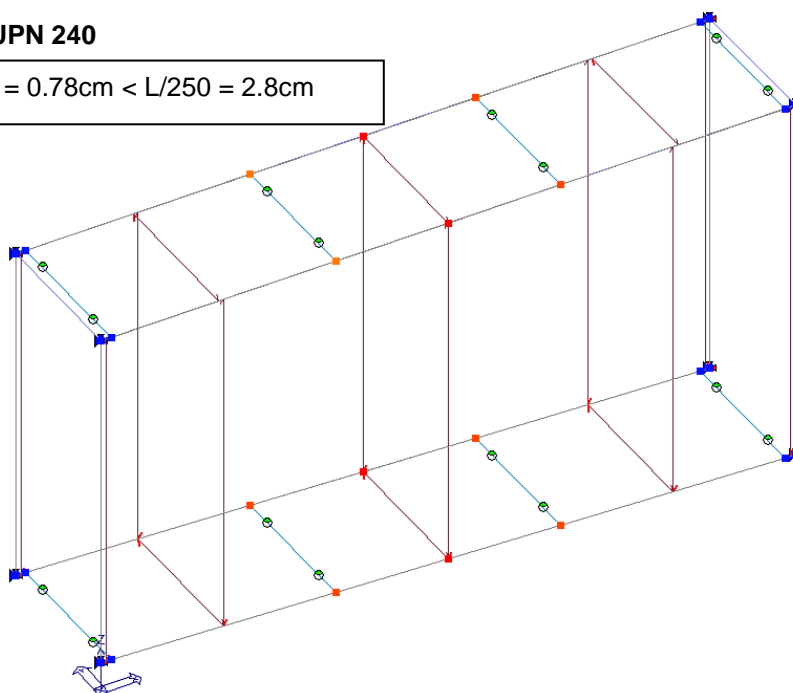
$$f = 1.69\text{cm} < L/250 = 2.8\text{cm}$$



Traslazione Zmin - cmb.SLE rara 133

UPN 240

$$f = 0.78\text{cm} < L/250 = 2.8\text{cm}$$



Traslazione Ymax - cmb.SLE rara 144

I. CARATTERISTICHE E AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2012-09-159)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	Licenza dsi3480

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

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>

I1. Giudizio motivato sull'accettabilità dei risultati

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa.

INTERVENTI LOCALI CIVICO 7

DESCRIZIONE INTERVENTI

Per lo stabile di Via Mentana 7 si prevedono una serie di interventi finalizzati all'installazione di un nuovo ascensore di servizio, in particolare:

- Demolizione di una porzione del primo, secondo e terzo impalcato per la realizzazione del foro ascensore avente dimensioni 2.25x2.50 m, con predisposizione di due profili metallici HEA 200 di supporto ai travetti esistenti.
- Installazione nuovo ascensore con platea di fondazione in c.a. di sp. 30 cm (Allegato 1 D.G.R. n.2272/2016 INTERVENTI PRIVI DI RILEVANZA PER LA PUBBLICA INCOLUMITÀ AI FINI SISMICI - p.to B.6.2)
- Apertura nuovi vani su pareti portanti con idonea cerchiatura metallica per consentire l'accesso alla zona ascensore al piano terra, primo e secondo.

Vedi tavola esecutiva S01.

Per l'edificio, dal punto di vista strutturale, si prospetta il seguente tipo di intervento:

INTERVENTO LOCALE (cap. 8.4.1 D.M. 17-01-2018)

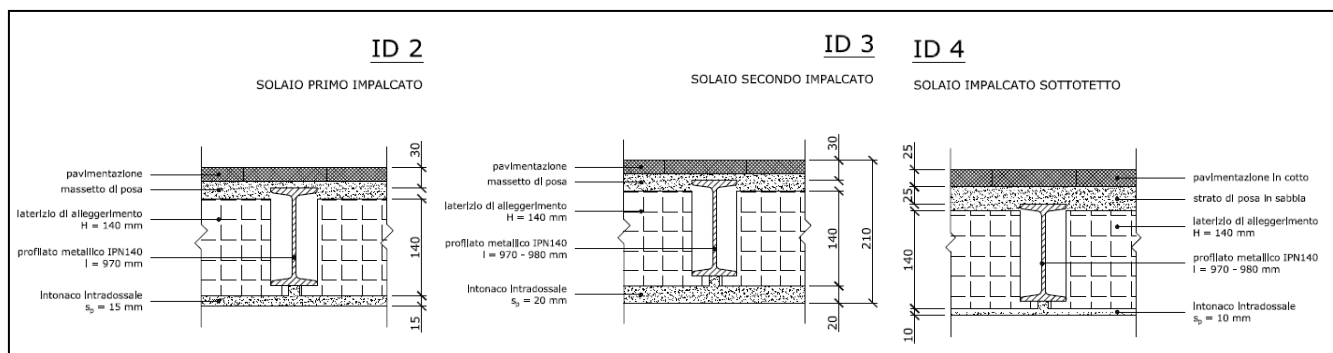
Il progetto e la valutazione della sicurezza riguarderanno pertanto le sole parti e/o elementi oggetto d'intervento.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **D.M. 17/01/2018** *Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- **Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7** del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008*;
- **D.G.R. n.2272/2016 – Regione Emilia Romagna** *Atto di indirizzo recante l'individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti in corso d'opera, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale, ai sensi dell'articolo 9, comma 4 della L.R. n. 19 del 2008*;

INTERVENTO 1: APERTURA FORO ASCENSORE SU SOLAIO ESISTENTE

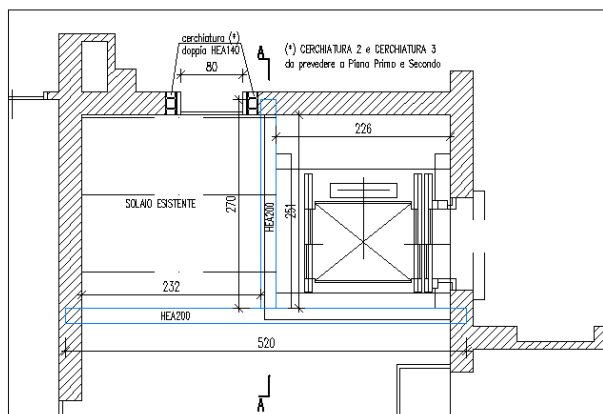
Al fine di conoscere orditura e composizione dei solai nelle zone in cui è prevista la realizzazione del foro ascensore, sono state eseguite dalla società *LiFE s.r.l. - Laboratori Ingegneria Ferrara* n.3 indagini al primo, secondo e terzo impalcato (vedi Rapporto Conclusivo d'Indagine), che hanno evidenziato la presenza di solai a putrelle IPN 140 e tavelloni in laterizio.



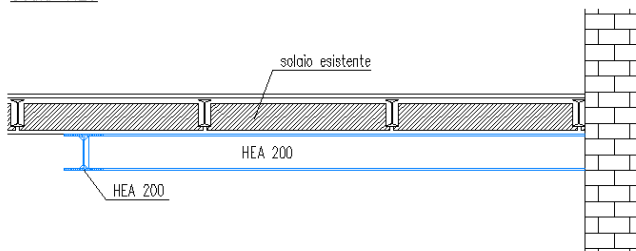
Da un punto di vista strutturale si prevede il taglio delle putrelle e la predisposizione di due profili HEA 200 disposti a T per ripristinare l'appoggio della porzione di solaio oggetto d'intervento

Non essendo in presenza di solai infinitamente rigidi, nessuna modifica sostanziale viene apportata al comportamento sismico del solaio e pertanto del fabbricato.

**NUOVO ASCENSORE:
INTERVENTI PRIMO, SECONDO E TERZO IMPALCATO**
Scala 1:50



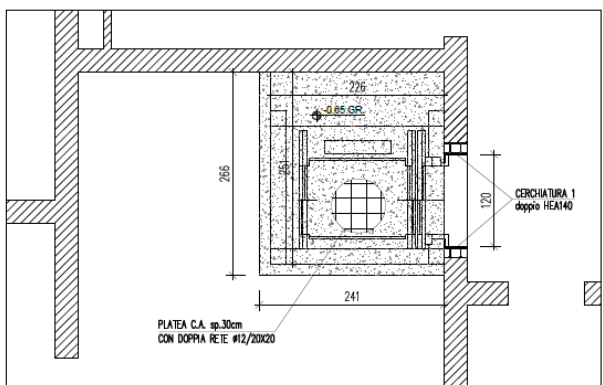
SEZIONE A-A
Scala 1:20



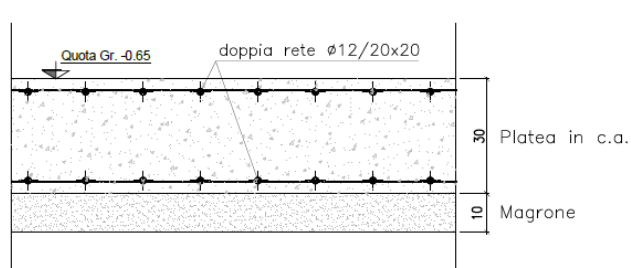
Per quanto riguarda la realizzazione del nuovo ascensore, è da considerarsi come “Intervento privo di rilevanza ai fini sismici”, secondo quanto previsto dall'allegato 1 della DGR n.2272/2016, al punto B.6.2.

La platea di pertinenza, il cui schema grafico viene riportato nelle immagini sottostanti, viene attestata ad una profondità di 65 cm rispetto al piano finito, per non interferire con le fondazioni esistenti in muratura del fabbricato. Il rischio infatti è che attestandosi a profondità maggiori si possa andare a perturbare il basamento della fondazione con scavi più profondi del piano di posa del muro stesso.

NUOVO ASCENSORE: PLATEA DI FONDAZIONE
Scala 1:50



PARTICOLARE PLATEA C.A.
Scala 1:10



PROGETTO E VERIFICA TRAVI FORO SOLAIO

Per la determinazione delle sollecitazioni agenti sulla struttura in esame e lo svolgimento delle relative verifiche di resistenza si è fatto ricorso all'ausilio del programma di calcolo ad elementi finiti (F.E.M.) ProSap 2S.I.

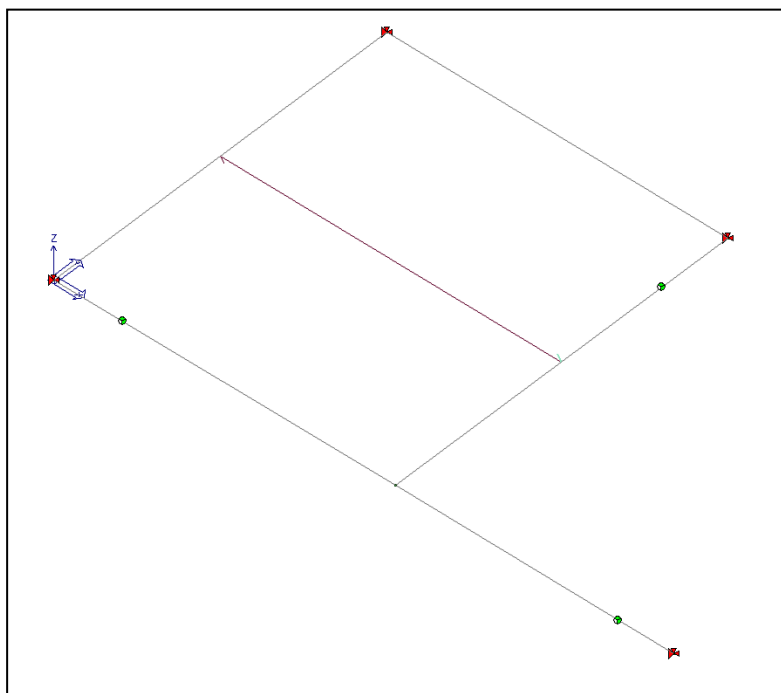
Geometria e Vincoli

Si è modellata la porzione di solaio adiacente al foro e le due nuove travi di supporto.

Le travi in acciaio sono state modellate con *elementi D2 tipo trave* (6 g.d.l. per nodo).

Il solaio è stato modellato con *elementi solaio monodirezionale non infinitamente rigido nel piano*.

Si sono bloccate le tre traslazioni dei nodi all'estremità delle travi metalliche.



Modello ad elementi finiti – Geometria e Vincoli

Materiale

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
12	Acciaio Fe430 - S275	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²		N/mm ²	N/mm ³		
	Tensione ft	430.0		2.100e+05	0.30	8.077e+05	7.80e-04	1.20e-05	
	Resistenza fd	275.0							
	Resistenza fd (>40)	250.0							
	Tensione ammissibile	190.0							
	Tensione ammissibile (>40)	170.0							
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05

Carichi

SOLAIO A PUTRELLE E TAVELLONI

Carichi permanenti compiutamente definiti (G_{1k})

Peso proprio 1.30 kN/m²

Carichi permanenti compiutamente definiti (G_{1k})

Massetto + pavimento 1.70 kN/m²

Accidentali (Q_n)

Uffici non aperti al pubblico (Cat. B1) 2.00 kN/m²

Casi di carico e Combinazioni delle azioni

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	

Come previsto al § 2.5.3 delle NTC 2018, le *combinazioni* delle azioni per gli stati limite considerati sono:

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

$$\gamma_{G_1} \cdot G_1 + \gamma_{G_2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q_1} \cdot Q_{k_1} + \gamma_{Q_2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k_2} + \gamma_{Q_3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k_3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara) - SLE

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k_1} + \psi_{02} \cdot Q_{k_2} + \psi_{03} \cdot Q_{k_3} + \dots$$

$$Y_{Gi}, Y_{Qi}$$

Coefficienti parziali di sicurezza, definiti in Tabella 2.6.I del D.M. 2018

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

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

 $\Psi_{0j}, \Psi_{1j}, \Psi_{2j}$

Coefficienti di combinazione, definiti in Tabella 2.5.I del D.M. 2018

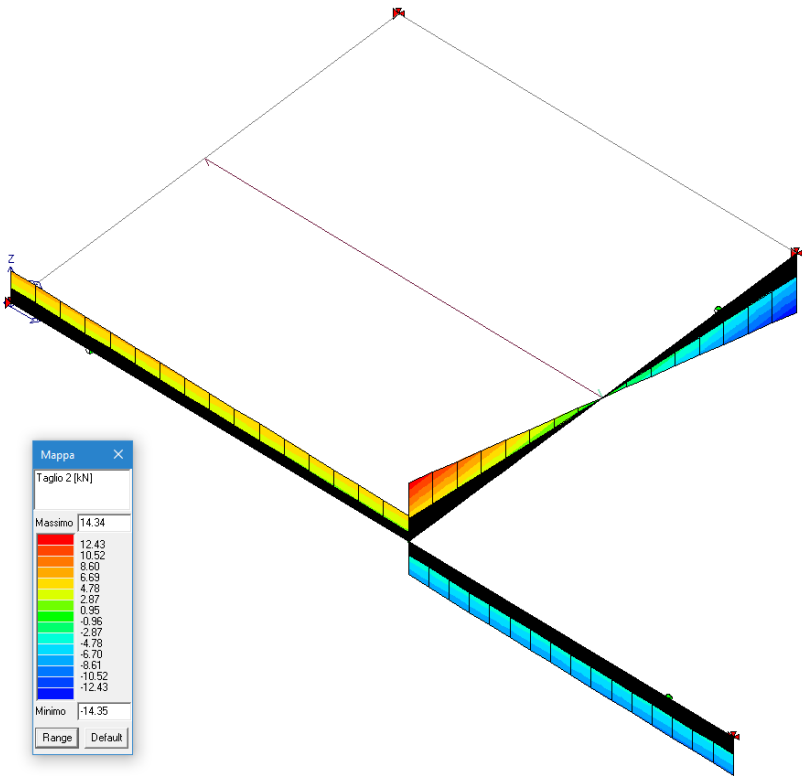
Destinazione d'uso/azione	ψ0	ψ1	ψ2
<i>Categoria A residenziali</i>	0,70	0,50	0,30
<i>Categoria B uffici</i>	0,70	0,50	0,30
<i>Categoria C ambienti suscettibili di affollamento</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria D ambienti ad uso commerciale</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...</i>	1,00	0,90	0,80
<i>Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30kN)</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30kN)</i>	0,70	0,50	0,30
<i>Categoria H Coperture</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Vento</i>	0,60	0,20	0,00
<i>Neve a quota ≤ 1000 m</i>	0,50	0,20	0,00
<i>Neve a quota > 1000 m</i>	0,70	0,50	0,20
<i>Variazioni Termiche</i>	0,60	0,50	0,00

Tab. 2.5.I D.M. 2018 - Valori dei coefficienti di combinazione

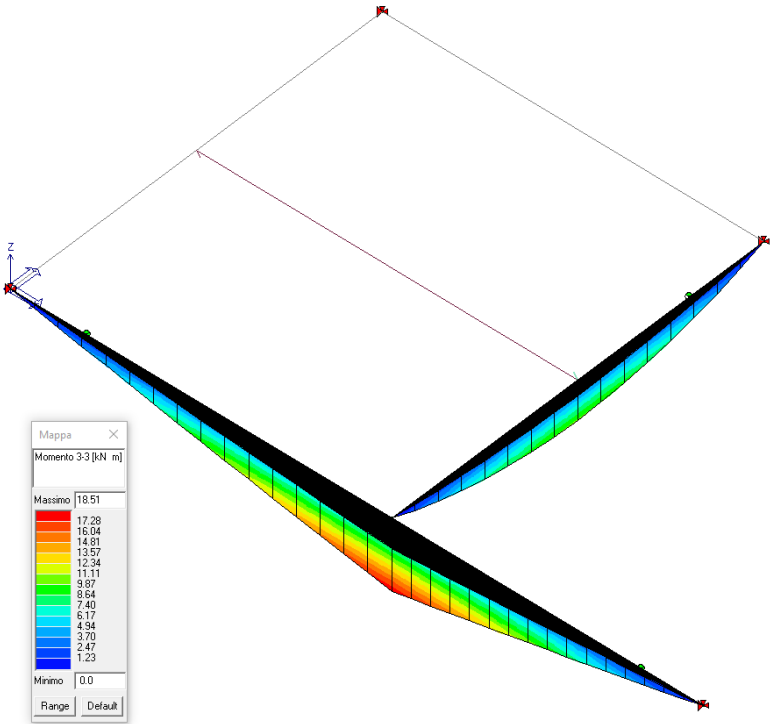
Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 5	
6	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 6	

[illegible]

Involuppi delle sollecitazioni



Involuppo Taglio (V2)



Involuppo Momento Flettente (M3)

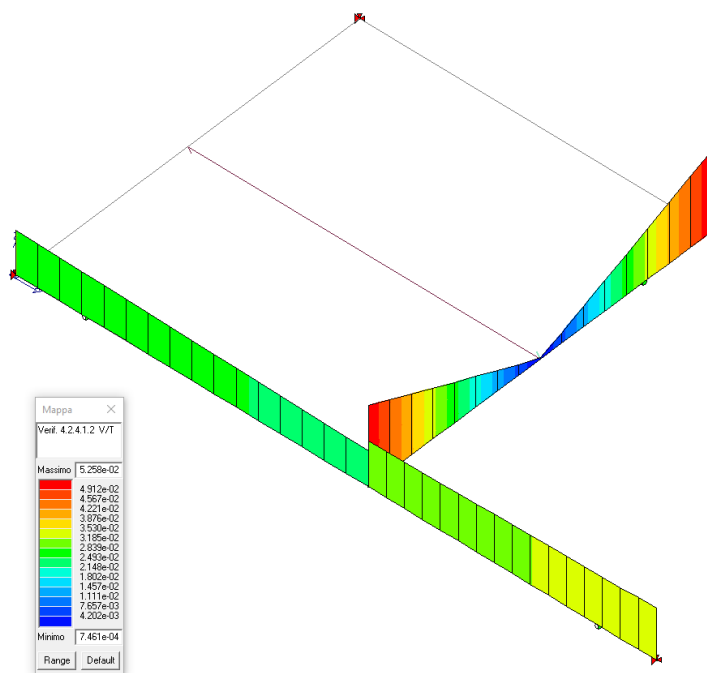
Verifiche S.L.U.

Si sono effettuate le seguenti verifiche:

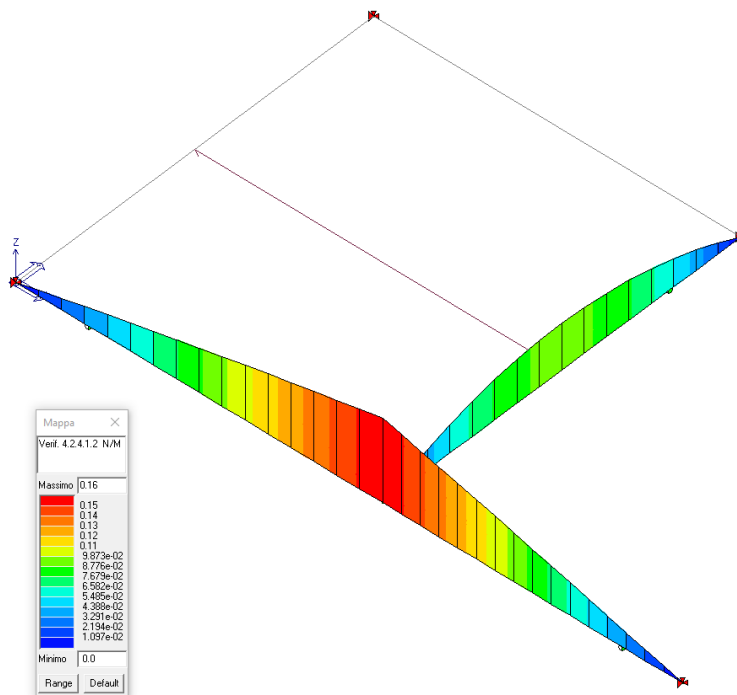
Verifica a Taglio - Torsione (V/T) - § 4.2.4.1.2 D.M. 2018

Verifica a presso/tenso flessione(N/M) - § 4.2.4.1.2 D.M. 2018

Le verifiche risultano soddisfatte per valori ≤ 1



Verifica Taglio(V)-Torsione(T)



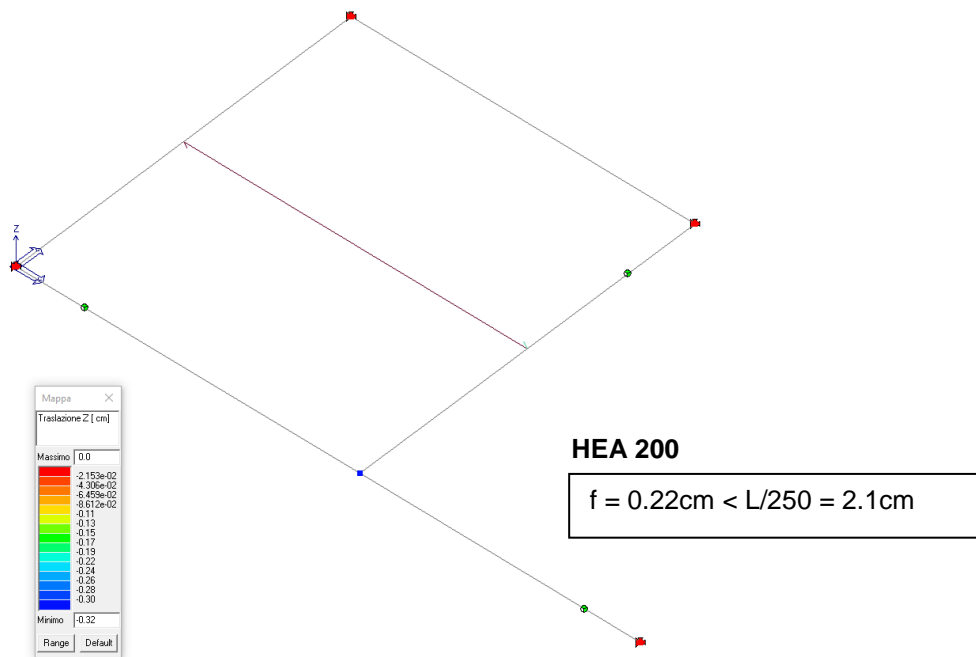
Verifica N/M

Verifiche S.L.E.

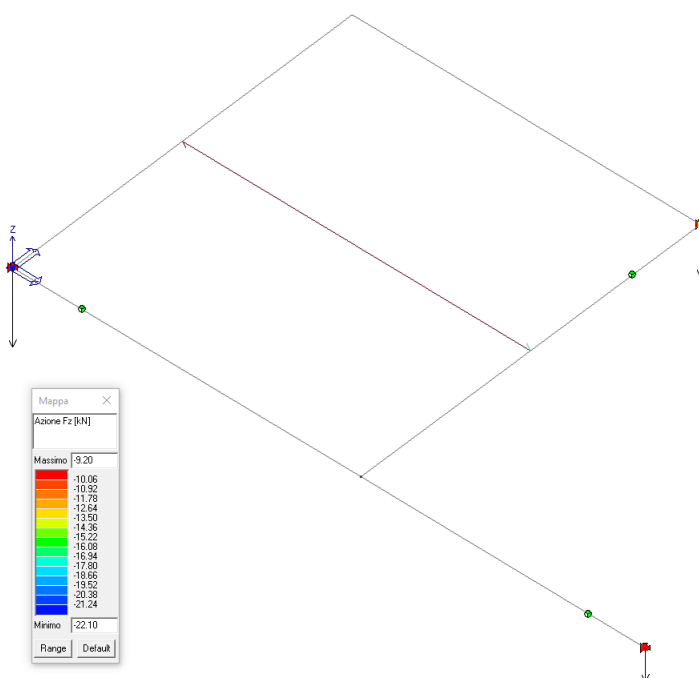
Come suggerito al § 4.2.4.2.1 (Tab. 4.2.XII) si è verificato che il massimo valore della freccia f , calcolato per le combinazioni relative agli stati limiti di esercizio (SLE), rispetti la seguente limitazione:

$$f \leq \frac{L}{250} \quad \text{SOLAI IN GENERALE}$$

Dove L è la luce dell'elemento indagato o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.



Traslazione Z - cmb.6 SLE rara

Verifica appoggio sulle murature

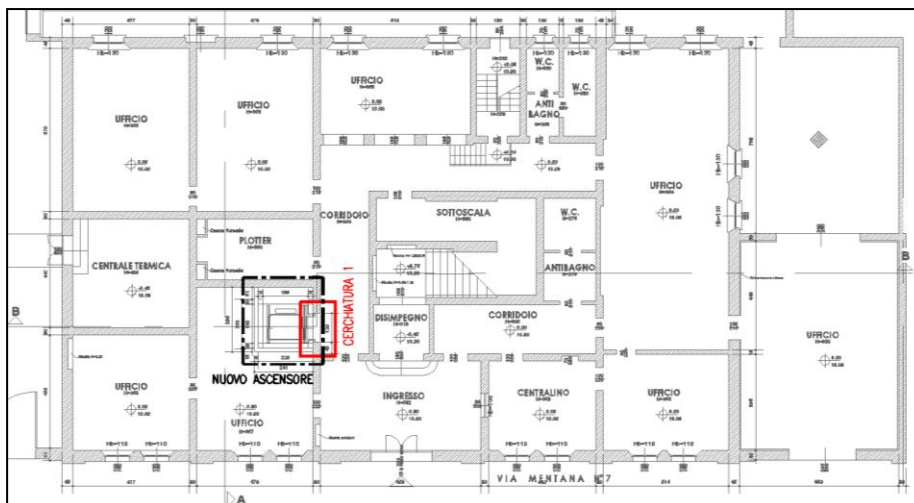
Azioni sui Vincoli - Fz min

Verifica compressione muratura all'appoggio

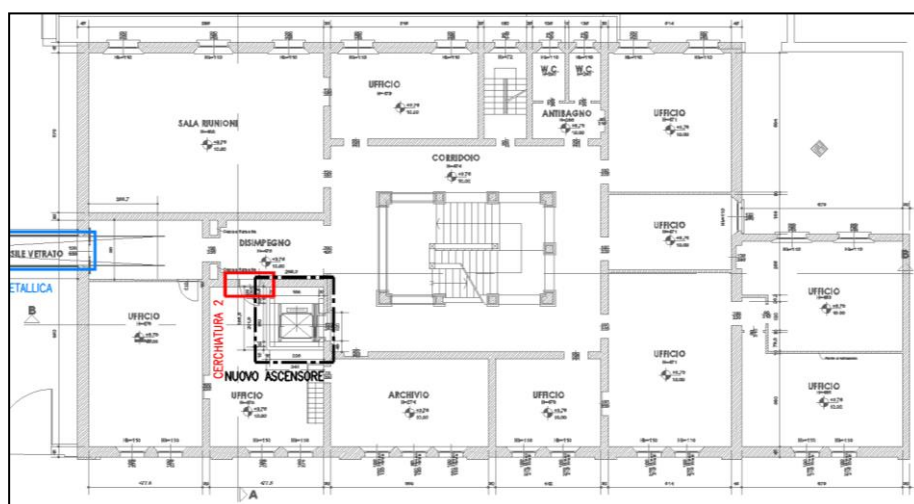
$$N_{Ed} = 22.10 \text{ kN} < N_{Rd} = \beta \cdot A_b \cdot f_m / (F.C. \cdot \gamma_m) = 1 \cdot 200 \cdot 200 \cdot 2.6 / (1.35 \cdot 2) = 38.5 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$

INTERVENTO 2: APERTURA NUOVI VANI SU PARETI PORTANTI

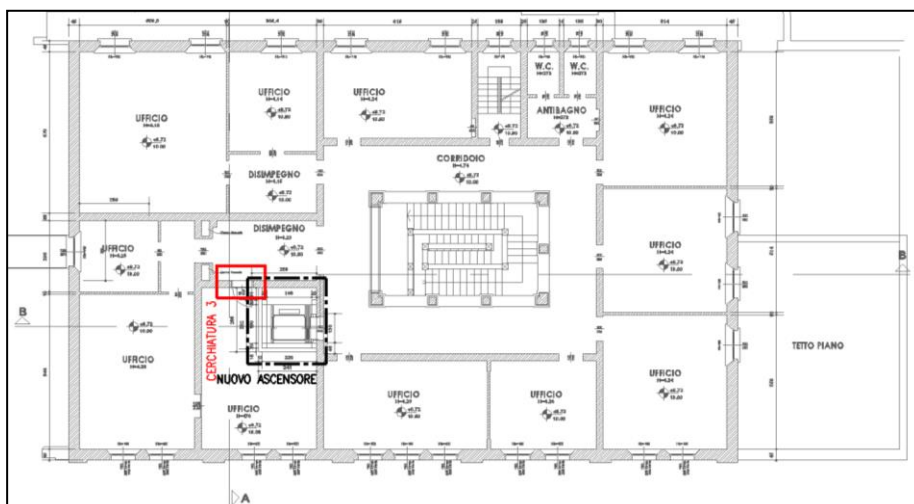
Come evidenziato nelle piante sottostanti, si prevede la realizzazione di tre aperture su pareti portanti in corrispondenza della zona ascensore.



Pianta Piano Terra



Pianta Piano Primo



Pianta Piano Secondo

MATERIALI

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Parametri muratura Tab.C8.5.I Circ. n.7 / CSLLPP del 21/01/2019

f_m - resistenza compressione [daN/cm²]: 26.00 (min.), 43.00 (max.)

τ_o - resistenza a taglio [daN/cm²]: 0.50 (min.), 1.30 (max.)

f_{vo} - resistenza a taglio [daN/cm²]: 1.30 (min.), 2.70 (max.)

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

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

Essendo il livello di conoscenza LC1 (Limitata) si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

Valori di riferimento:

f_m - resistenza compressione = 26.00 daN/cm²

τ_o - resistenza a taglio = 0.50 daN/cm²

f_{vo} - resistenza a taglio = 1.30 daN/cm²

E - modulo elastico = 15000.0 daN/cm²

G - modulo el. tang. = 5000.0 daN/cm²

γ_m = peso specifico = 1800.0 daN/mc

Valori di progetto:

Fattore confidenza FC = 1.35

Coef. parz. sic. γ_M = 2.00 (4.5.6.1)

f_m = 9.63 daN/cm²

τ_o = 0.19 daN/cm²

f_{vo} = 0.48 daN/cm²

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00

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 140	14.0	13.3	155,4	173,5	55,6	84,8	31.4	24.66

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 variazione 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%).

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. 7 / 2019 CSLPP al punto C8.7.1.16, 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} esistenza 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:

$$K = 1 / (H^3 / n E J + 1.2 H / G A)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

E, G moduli di elasticità normale e tangenziale della muratura

J momento di inerzia del maschio murario = $T L^3 / 12$

n coefficiente relativo al grado di vincolo offerto dal traverso superiore.

In questo caso $n = 12$ (presenza di cordolo rigido => schema incastro scorrevole).

A area del maschio murario = $T L$

H altezza deformabile = $h' + 0.33 L (H_{Piano} - h') / h'$ (metodo Dolce, fasce murarie parzialmente rigide)

con $h' =$ base media dei trapezi individuati tra le aperture

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.

Rigidezza del montante $K_i = n E J / H^3$ con n che dipende dal vincolo alla base (3 cerniera, 12 incastro)

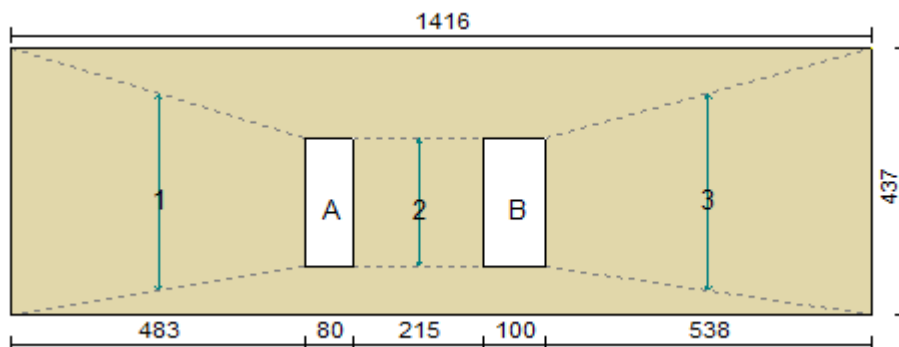
La rigidezza totale del telaio sarà: $K_t = \sum K_i$

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

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

$F_o = n M_u / H$ con n che dipende dallo schema (1 cerniera-incastro, 2 incastro-incastro)

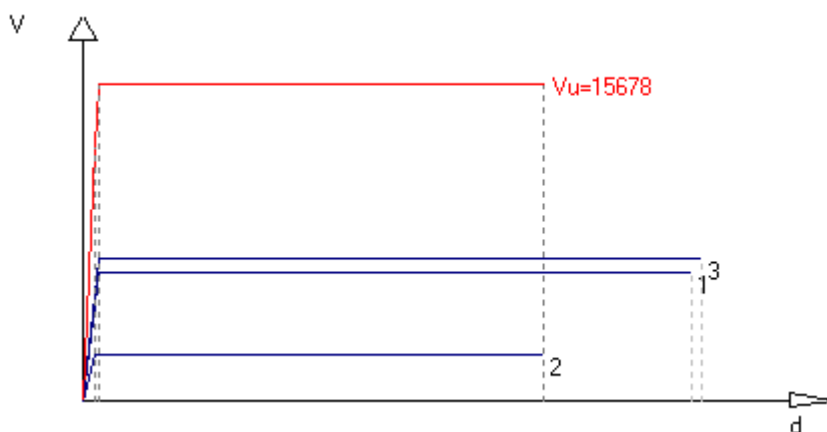
La resistenza complessiva del telaio sarà: $V_t = \sum F_o$

CERCHIATURA 1**Ante-operam**

T (sp. parete) = 30.00 cm

Maschio	Lungh.	H calc.	Coef. b	σ_0	Ko	Vu	δe	δu
1	483.0	379.4	1.00	0.414	67919.4	6352.9	0.094	3.794
2	215.0	286.7	1.33	0.507	31374.2	2257.9	0.072	2.867
3	538.0	385.8	1.00	0.412	76265.5	7067.6	0.093	3.858

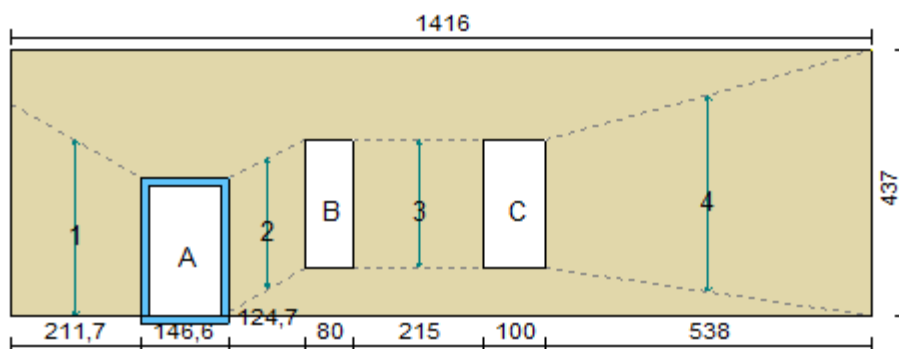
Curva caratteristica ante-operam:



Rigidezza complessiva della parete: Ksa = 175559.1 daN/cm

Taglio ultimo della parete: Vsa = 15678.4 daN

Spostamento ultimo: δu sa = 2.867 cm

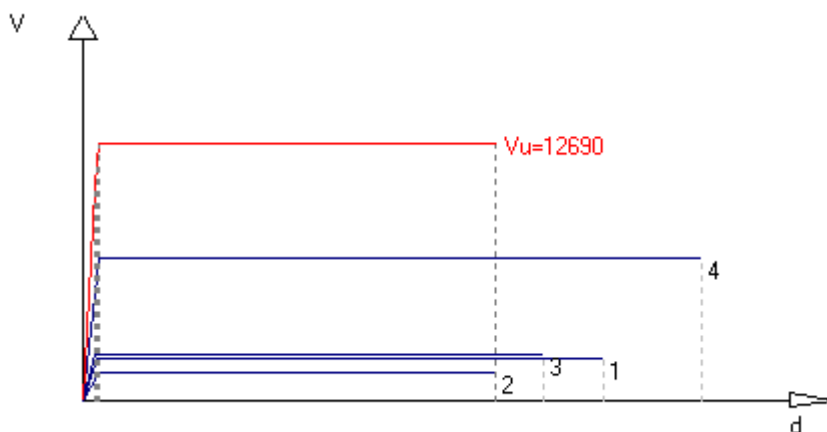
Post-operam

T (sp. parete) = 30.00 cm

Apertura	Stato	Montanti per lato	Architravi	Travi inf.
A	Cerchiata	2 HEA 140 (S 275)	2 HEA 140 (S 275)	2 HEA 140 (S 275)
B	Libera	No	No	No
C	Libera	No	No	No

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ_0	Ko	Vu	δ_e	δ_u
1	211.7	30.00	325.0	1.50	0.564	24598.6	2047.3	0.083	3.250
2	124.7	30.00	257.6	1.50	0.726	13846.4	1317.0	0.095	2.576
3	215.0	30.00	286.7	1.33	0.507	31374.2	2257.9	0.072	2.867
4	538.0	30.00	385.8	1.00	0.412	76265.5	7067.6	0.093	3.858

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 146084.7$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 12689.8$ daN

Spostamento ultimo: $\delta_u pr = 2.576$ cm

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{mur} = K_{pr} - K_{sa} = 146085 - 175559 = -29474$ daN/cm (riduzione rigidezza = -16.8%)

$\Delta V_{mur} = V_{pr} - V_{sa} = 12690 - 15678 = -2989$ daN (riduzione resistenza = -19.1%)

Rigidezza e resistenza del telaio:

Note:

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

$F_u = n (M_u / H_i)$ nel caso di telaio incernierato alla base, $F_u = n (2 M_u / H_i)$ nel caso di incastro, con n = numero dei montanti del telaio. $F_o = F_u$.

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]	M_u [daN cm]	δ_e [cm]	F_u [daN]	F_o [daN]
A	12	228.3	8750.7	1628000.0	1.63	14261.9	14261.9

$K_t = \Sigma K = 8751$ daN/cm

$V_t = \Sigma F_o = 14262$ daN

Variazione di rigidezza e resistenza dopo l'intervento:

$\Delta K_{tot} = K_{pr} + K_t - K_{sa} = -20724$ daN/cm

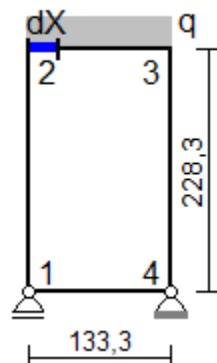
riduzione rigidezza = -11.8%; variazione percentuale di ΔK_{tot} compresa entro il 15.0% (Ok)

$\Delta V_{tot} = V_{pr} + V_t - V_{sa} = 11273$ daN

aumento resistenza = 71.9%; $\Delta V_{tot} > 0$ (Ok)

Verifiche dei telai.

Telaio A



$$dX = 1.030 \text{ cm}, \quad q = G_k + \psi_2 Q_k = 6.05 \text{ daN/cm} \quad (\psi_2 = 0.30)$$

Sollecitazioni telaio A

Sollecitazione di compressione per $N > 0$

Verifica sezioni in acciaio del tratto 1-2

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1-2	1	0.0	-319755.0	-4215.0	2769.5
2	25.4	-249502.3	-4227.5	2769.5	
3	50.7	-179249.7	-4240.0	2769.5	
4	76.1	-108997.1	-4252.5	2769.5	
5	101.5	-38744.5	-4265.0	2769.5	
6	126.8	31508.1	-4277.5	2769.5	
7	152.2	101760.7	-4290.0	2769.5	
8	177.6	172013.3	-4302.5	2769.5	
9	202.9	242265.9	-4315.0	2769.5	
10	228.3	312518.6	-4327.5	2769.5	

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-2

Taglio: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Ved = 1384,7 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63 \text{ daN}$

$V_{ed} / V_{crd} = 0.091 < 1$ Ok

Tenso-flessione: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -159877,5 daNcm, Ned = -2107,5 daN, Ved = 1384,7 daN

Classificazione della sezione:

$$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92, \quad \alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk})) = 0.42, \quad \psi = -1.15$$

Ali in compressione: $c_f / e = 6.50 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 16.73 < 36 \varepsilon / \alpha = 78.44$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1 \text{ daN}$$

$$n = N_{ed} / N_{rd} = -0.026, \quad a = (A - 2 B e) / A = 0.242$$

$$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8 \text{ daNcm}$$

$$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 530215.9 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$$

Med / Mnrd = 0.35 < 1 Ok

Verifica sezioni in acciaio del tratto 2-3

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
2-3	1	0.0	312518.6	2827.5	-4327.5
2	26.7	194822.6	2827.5	-4501.9	
3	53.3	72479.1	2827.5	-4676.2	
4	80.0	-54511.9	2827.5	-4850.5	
5	106.6	-186150.3	2827.5	-5024.8	
6	133.3	-322436.3	2827.5	-5199.2	

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 2-3

Taglio: sez. 6, dist. = 133,3 cm, Ved = -2599,6 daN

Taglio resistente: Vcrd = Av f_{yk} / (γ_{M0} √3) = 15283.63 daN

Ved / Vcrd = 0.170 < 1 Ok

Presso-flessione: sez. 6, dist. = 133,3 cm, Med = -161218,2 daNcm, Ned = 1413,7 daN, Ved = -2599,6 daN

Classificazione della sezione:

ε = √(235 / f_{yk}) = 0.92, α = 0.5 (1 + (N / (cw a f_{yk}))) = 0.55, ψ = -0.91

Ali in compressione: cf / e = 6.50 < 9 ε = 8.32 (cl. 1)

Anima a presso-flessione: cw / a = 16.73 < 396 ε / (13 α - 1) = 59.42 (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

Nrd = A f_{yk} / γ_{M0} = 82238.1 daN

n = Ned / Nrd = 0.017, a = (A - 2 B e) / A = 0.242

Mrd = Wpx f_{yk} / γ_{M0} = 454404.8 daNcm

Mnrd = Mrn (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 508080.7 daNcm > Mrd => Mnrd = Mrd

Med / Mnrd = 0.35 < 1 Ok

sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = 156259,3 daNcm, Ned = 1413,7 daN, Ved = -2163,8 daN

Instabilità a compressione:

Ncr = π² E J / lo² = 1204922.0 daN

Ned < 0.04 Ncr => Verifica non richiesta

Verifica sezioni in acciaio del tratto 3-4

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
3-4	1	0.0	-322436.3	5199.2	2827.5
2	25.4	-250713.1	5211.7	2827.5	
3	50.7	-178990.0	5224.2	2827.5	
4	76.1	-107266.8	5236.7	2827.5	
5	101.5	-35543.6	5249.2	2827.5	
6	126.8	36179.6	5261.7	2827.5	
7	152.2	107902.8	5274.2	2827.5	
8	177.6	179626.0	5286.7	2827.5	
9	202.9	251349.2	5299.2	2827.5	
10	228.3	323072.4	5311.7	2827.5	

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 3-4

Taglio: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Ved = 1413,7 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63 \text{ daN}$

$V_{ed} / V_{crd} = 0.092 < 1$ Ok

Presso-flessione: sez. 10, dist. = 228,3 cm, Med = 161536,2 daNcm, Ned = 2655,9 daN, Ved = 1413,7 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.60$, $\psi = -0.84$

Ali in compressione: $c_f / e = 6.50 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 16.73 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 54.31$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1 \text{ daN}$

$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.032$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.242$

$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8 \text{ daNcm}$

$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 500272.4 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$

$Med / M_{nrd} = 0.36 < 1$ Ok

sez. 10, dist. = 228,3 cm, Med = 161536,2 daNcm, Ned = 2655,9 daN, Ved = 1413,7 daN

Instabilità a compressione:

$N_{cr} = \pi^2 E J / l_0^2 = 410778.3 \text{ daN}$

$N_{ed} < 0.04 N_{cr} \Rightarrow$ Verifica non richiesta

Verifica sezioni in acciaio del tratto 4-1

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
4-1	1	0.0	319755.0	2769.5	-4789.6
2	26.7	191890.3	2769.5	-4802.7	
3	53.3	63675.2	2769.5	-4815.8	
4	80.0	-64890.3	2769.5	-4829.0	
5	106.6	-193806.1	2769.5	-4842.1	
6	133.3	-323072.4	2769.5	-4855.3	

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	W _x [cm ³]	W _{px} [cm ³]	A [cm ²]	A _v [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 4-1

Taglio: sez. 6, dist. = 133,3 cm, Ved = -2427,6 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63 \text{ daN}$

$V_{ed} / V_{crd} = 0.159 < 1$ Ok

Presso-flessione: sez. 6, dist. = 133,3 cm, Med = -161536,2 daNcm, Ned = 1384,7 daN, Ved = -2427,6 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.55$, $\psi = -0.91$

Ali in compressione: $c_f / e = 6.50 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 16.73 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 59.55$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

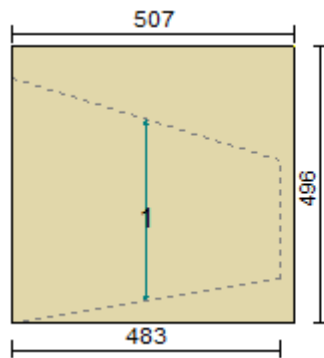
$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1 \text{ daN}$

$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.017$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.242$

$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8 \text{ daNcm}$

$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 508262.9 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$

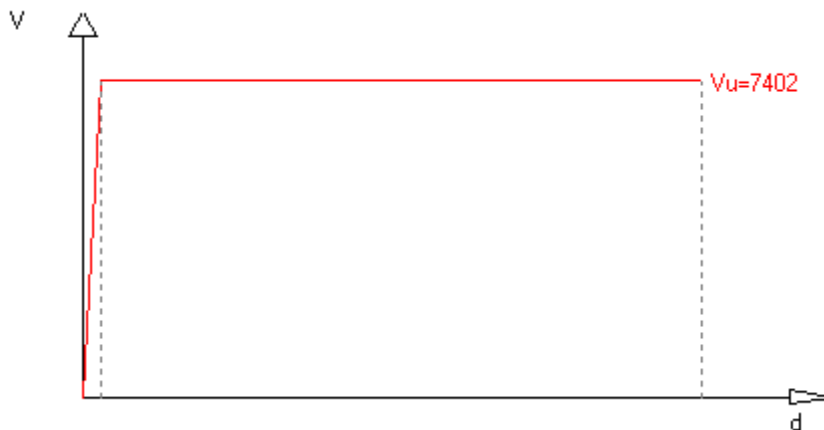
$Med / M_{nrd} = 0.36 < 1$ Ok

CERCHIATURA 2**Ante-operam**

T (sp. parete) = 30.00 cm

Maschio	Lungh.	H calc.	Coef. b	σ_0	K_0	V_u	δe	δu
1	507.0	379.4	1.00	0.575	50468.7	7402.4	0.147	4.960

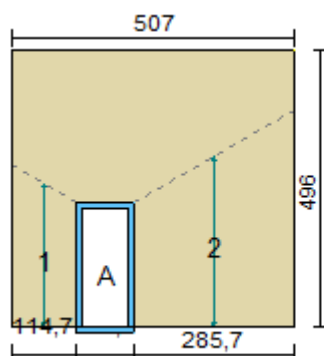
Curva caratteristica ante-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{sa} = 50468.7$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{sa} = 7402.4$ daN

Spostamento ultimo: $\delta u_{sa} = 4.960$ cm

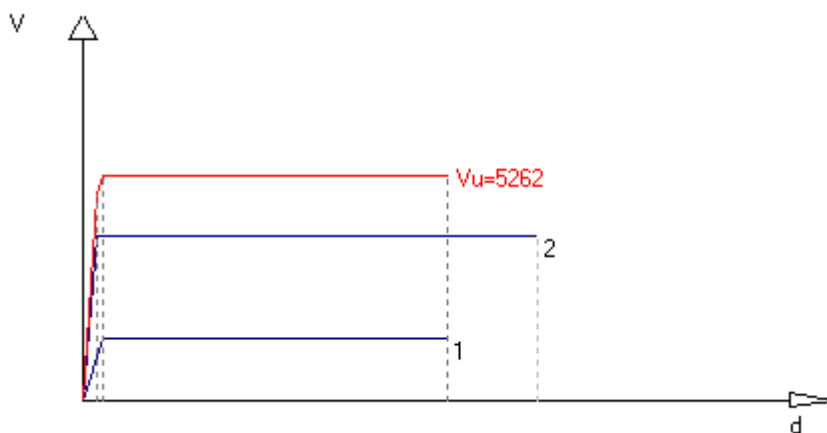
Post-operam

T (sp. parete) = 30.00 cm

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

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ_0	Ko	Vu	δ_e	δ_u
1	114.7	30.00	291.8	1.50	1.143	8782.5	1441.1	0.164	2.918
2	285.7	30.00	364.4	1.28	0.886	33746.1	3820.4	0.113	3.644

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 42528.6 \text{ daN/cm}$

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 5261.5 \text{ daN}$

Spostamento ultimo: $\delta_u \text{ pr} = 2.918 \text{ cm}$

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{mur} = K_{pr} - K_{sa} = 42529 - 50469 = -7940 \text{ daN/cm}$ (riduzione rigidezza = -15.7%)

$\Delta V_{mur} = V_{pr} - V_{sa} = 5262 - 7402 = -2141 \text{ daN}$ (riduzione resistenza = -28.9%)

Rigidezza e resistenza del telaio:

Note:

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

$F_u = n (M_u / H_i)$ nel caso di telaio incernierato alla base, $F_u = n (2 M_u / H_i)$ nel caso di incastro, con n = numero dei montanti del telaio. $F_o = F_u$.

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

Telaio	c	H_i [cm]	K [daN/cm]	M_u [daN cm]	δ_e [cm]	F_u [daN]	F_o [daN]
A	12	223.3	9351.8	1628000.0	1.56	14581.3	14581.3

$K_t = \Sigma K = 9352 \text{ daN/cm}$

$V_t = \Sigma F_o = 14581 \text{ daN}$

Variazione di rigidezza e resistenza dopo l'intervento:

$\Delta K_{tot} = K_{pr} + K_t - K_{sa} = 1412 \text{ daN/cm}$

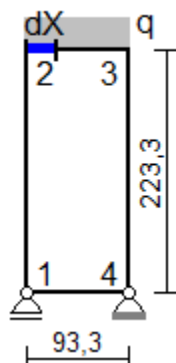
aumento rigidezza = 2.8%; variazione percentuale di ΔK_{tot} compresa entro il 15.0% (Ok)

$\Delta V_{tot} = V_{pr} + V_t - V_{sa} = 12440 \text{ daN}$

aumento resistenza = 168.1%; $\Delta V_{tot} > 0$ (Ok)

Verifiche dei telai.

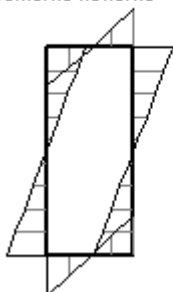
Telaio A



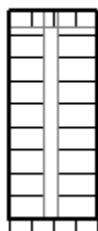
$$dX = 1.167 \text{ cm}, \quad q = G_k + \psi_2 Q_k = 16.63 \text{ daN/cm} \quad (\psi_2 = 0.30)$$

Sollecitazioni telaio A

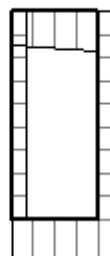
Momento flettente



Sforzo normale



Taglio



Sollecitazione di compressione per $N > 0$

Verifica sezioni in acciaio del tratto 1-2

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1-2	1	0.0	-419288.4	-7883.8	3690.7
	2	24.8	-327717.7	-7896.0	3690.7
	3	49.6	-236146.9	-7908.3	3690.7
	4	74.4	-144576.1	-7920.5	3690.7
	5	99.2	-53005.3	-7932.7	3690.7
	6	124.1	38565.5	-7945.0	3690.7
	7	148.9	130136.3	-7957.2	3690.7
	8	173.7	221707.0	-7969.4	3690.7
	9	198.5	313277.8	-7981.7	3690.7
	10	223.3	404848.6	-7993.9	3690.7

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-2

Taglio: sez. 1, dist. = 0,0 cm, $V_{ed} = 1845,4 \text{ daN}$

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63 \text{ daN}$

$V_{ed} / V_{crd} = 0.121 < 1 \quad \text{Ok}$

Tenso-flessione: sez. 1, dist. = 0,0 cm, $M_{ed} = -209644,2 \text{ daNcm}$, $N_{ed} = -3941,9 \text{ daN}$, $V_{ed} = 1845,4 \text{ daN}$

Classificazione della sezione:

$$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92, \quad \alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.36, \quad \psi = -1.29$$

Ali in compressione: $cf / e = 6.50 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $cw / a = 16.73 < 36 \varepsilon / \alpha = 92.87$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$Nrd = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1 \text{ daN}$

$n = Ned / Nrd = -0.048, a = (A - 2 B e) / A = 0.242$

$Mrd = Wpx f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8 \text{ daNcm}$

$Mnrd = Mrn (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 541747.5 \text{ daNcm} > Mrd \Rightarrow Mnrd = Mrd$

$Med / Mnrd = 0.46 < 1 \text{ Ok}$

Verifica sezioni in acciaio del tratto 2-3

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
2-3	1	0.0	404848.6	3754.3	-7993.9
	2	23.3	213733.6	3754.3	-8393.2
	3	46.7	13303.8	3754.3	-8792.6
	4	70.0	-196440.8	3754.3	-9191.9
	5	93.3	-415500.0	3754.3	-9591.3

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 2-3

Taglio: sez. 5, dist. = 93,3 cm, Ved = -4795,6 daN

Taglio resistente: $Vcrd = Av f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63 \text{ daN}$

$Ved / Vcrd = 0.314 < 1 \text{ Ok}$

Presso-flessione: sez. 5, dist. = 93,3 cm, Med = -207750,0 daNcm, Ned = 1877,1 daN, Ved = -4795,6 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92, \alpha = 0.5 (1 + (N / (cw a f_{yk}))) = 0.57, \psi = -0.89$

Ali in compressione: $cf / e = 6.50 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $cw / a = 16.73 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 57.41$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$Nrd = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1 \text{ daN}$

$n = Ned / Nrd = 0.023, a = (A - 2 B e) / A = 0.242$

$Mrd = Wpx f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8 \text{ daNcm}$

$Mnrd = Mrn (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 505167.6 \text{ daNcm} > Mrd \Rightarrow Mnrd = Mrd$

$Med / Mnrd = 0.46 < 1 \text{ Ok}$

sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = 202424,3 daNcm, Ned = 1877,1 daN, Ved = -3996,9 daN

Instabilità a compressione:

$Ncr = \pi^2 E J / lo^2 = 2459552.0 \text{ daN}$

$Ned < 0.04 Ncr \Rightarrow \text{Verifica non richiesta}$

Verifica sezioni in acciaio del tratto 3-4

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
3-4	1	0.0	-415500.0	9591.3	3754.3
	2	24.8	-322352.2	9603.5	3754.3
	3	49.6	-229204.3	9615.7	3754.3
	4	74.4	-136056.5	9628.0	3754.3
	5	99.2	-42908.6	9640.2	3754.3
	6	124.1	50239.2	9652.4	3754.3
	7	148.9	143387.1	9664.7	3754.3

8	173.7	236534.9	9676.9	3754.3
9	198.5	329682.8	9689.1	3754.3
10	223.3	422830.7	9701.4	3754.3

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 3-4

Taglio: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Ved = 1877,1 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63$ daN

Ved / $V_{crd} = 0.123 < 1$ Ok

Presso-flessione: sez. 10, dist. = 223,3 cm, Med = 211415,3 daNcm, Ned = 4850,7 daN, Ved = 1877,1 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.67$, $\psi = -0.73$

Ali in compressione: $c_f / e = 6.50 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 16.73 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 47.14$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1$ daN

$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.059$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.242$

$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8$ daNcm

$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 486475.3$ daNcm $> M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$

Med / $M_{nrd} = 0.47 < 1$ Ok

sez. 10, dist. = 223,3 cm, Med = 211415,3 daNcm, Ned = 4850,7 daN, Ved = 1877,1 daN

Instabilità a compressione:

$N_{cr} = \pi^2 E J / l_0^2 = 429380.1$ daN

Ned < 0.04 $N_{cr} \Rightarrow$ Verifica non richiesta

Verifica sezioni in acciaio del tratto 4-1

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
4-1	1	0.0	419288.4	3690.7	-9002.9
	2	23.3	209161.0	3690.7	-9014.4
	3	46.7	-1234.7	3690.7	-9025.9
	4	70.0	-211898.6	3690.7	-9037.4
	5	93.3	-422830.7	3690.7	-9048.9

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 4-1

Taglio: sez. 5, dist. = 93,3 cm, Ved = -4524,5 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63$ daN

Ved / $V_{crd} = 0.296 < 1$ Ok

Presso-flessione: sez. 5, dist. = 93,3 cm, Med = -211415,3 daNcm, Ned = 1845,4 daN, Ved = -4524,5 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.57$, $\psi = -0.89$

Ali in compressione: $c_f / e = 6.50 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 16.73 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 57.54$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1 \text{ daN}$$

$$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.022, \quad a = (A - 2 B e) / A = 0.242$$

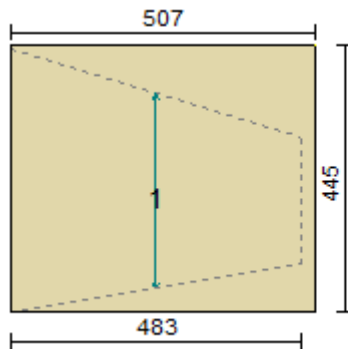
$$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8 \text{ daNcm}$$

$$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 505367.4 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$$

$$M_{ed} / M_{nrd} = 0.47 < 1 \text{ Ok}$$

CERCHIATURA 3

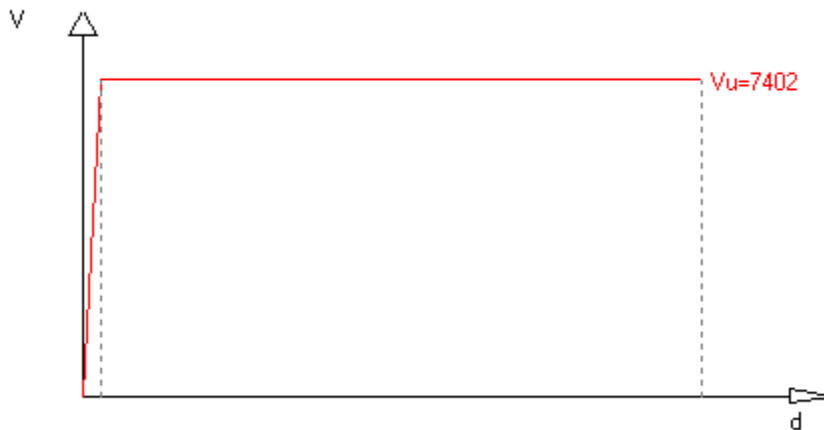
Ante-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

Maschio Lungh.	H calc.	Coef. b	σ_0	Ko	Vu	δe	δu	
1	507.0	379.4	1.00	0.575	58655.9	7402.4	0.126	4.450

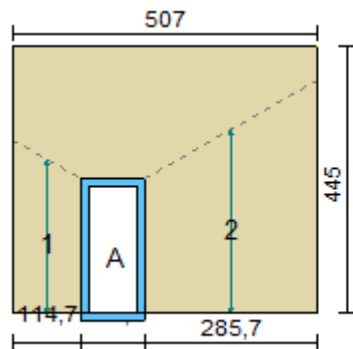
Curva caratteristica ante-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{sa} = 58655.9 \text{ daN/cm}$

Taglio ultimo della parete: $V_{sa} = 7402.4 \text{ daN}$

Spostamento ultimo: $\delta u_{sa} = 4.450 \text{ cm}$

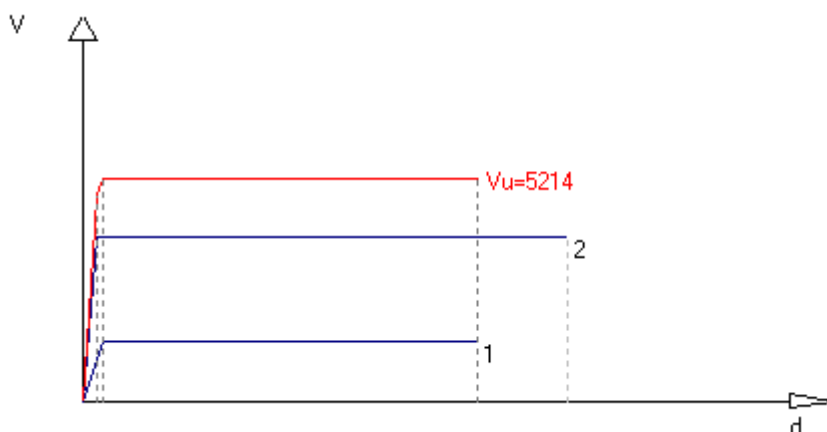
Post-operam

T (sp. parete) = 30.00 cm

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

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ_0	Ko	Vu	δ_e	δ_u
1	114.7	30.00	284.2	1.50	1.021	9320.1	1378.2	0.148	2.842
2	285.7	30.00	348.7	1.22	0.796	36219.9	3836.1	0.106	3.487

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 45540.0$ daN/cm

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 5214.2$ daN

Spostamento ultimo: δ_u pr = 2.842 cm

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{mur} = K_{pr} - K_{sa} = 45540 - 58656 = -13116$ daN/cm (riduzione rigidezza = -22.4%)

$\Delta V_{mur} = V_{pr} - V_{sa} = 5214 - 7402 = -2188$ daN (riduzione resistenza = -29.6%)

Rigidezza e resistenza del telaio:

Note:

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

$F_u = n (M_u / H_i)$ nel caso di telaio incernierato alla base, $F_u = n (2 M_u / H_i)$ nel caso di incastro, con n = numero dei montanti del telaio. $F_o = F_u$.

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]	M_u [daN cm]	δ_e [cm]	F_u [daN]	F_o [daN]
--------	---	------------	------------	----------------	-----------------	-------------	-------------

A 12 223.3 9351.8 1628000.0 1.56 14581.3 14581.3

$$K_t = \Sigma K = 9352 \text{ daN/cm}$$

$$V_t = \Sigma F_o = 14581 \text{ daN}$$

Variazione di rigidezza e resistenza dopo l'intervento:

$$\Delta K_{\text{tot}} = K_{\text{pr}} + K_t - K_{\text{sa}} = -3764 \text{ daN/cm}$$

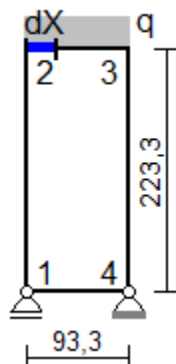
riduzione rigidezza = -6.4%; variazione percentuale di ΔK_{tot} compresa entro il 15.0% (Ok)

$$\Delta V_{\text{tot}} = V_{\text{pr}} + V_t - V_{\text{sa}} = 12393 \text{ daN}$$

aumento resistenza = 167.4%; $\Delta V_{\text{tot}} > 0$ (Ok)

Verifiche dei telai.

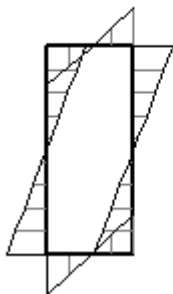
Telaio A



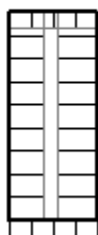
$$dX = 1.137 \text{ cm}, \quad q = G_k + \psi_2 Q_k = 14.28 \text{ daN/cm} \quad (\psi_2 = 0.30)$$

Sollecitazioni telaio A

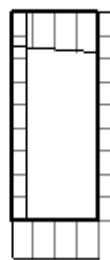
Momento flettente



Sforzo normale



Taglio



Sollecitazione di compressione per $N > 0$

Verifica sezioni in acciaio del tratto 1-2

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1-2	1	0.0	-408686.3	-7767.3	3599.3
	2	24.8	-319384.7	-7779.5	3599.3
	3	49.6	-230083.1	-7791.8	3599.3
	4	74.4	-140781.5	-7804.0	3599.3
	5	99.2	-51479.9	-7816.2	3599.3
	6	124.1	37821.7	-7828.4	3599.3
	7	148.9	127123.3	-7840.7	3599.3
	8	173.7	216424.9	-7852.9	3599.3
	9	198.5	305726.5	-7865.1	3599.3
	10	223.3	395028.1	-7877.4	3599.3

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-2

Taglio: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Ved = 1799,6 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63 \text{ daN}$

$V_{ed} / V_{crd} = 0.118 < 1$ Ok

Tenso-flessione: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -204343,1 daNcm, Ned = -3883,6 daN, Ved = 1799,6 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.36$, $\psi = -1.29$

Ali in compressione: $c_f / e = 6.50 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 16.73 < 36 \varepsilon / \alpha = 92.33$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1 \text{ daN}$

$n = N_{ed} / N_{rd} = -0.047$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.242$

$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8 \text{ daNcm}$

$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 541381.3 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$

$M_{ed} / M_{nrd} = 0.45 < 1$ Ok

Verifica sezioni in acciaio del tratto 2-3

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
2-3	1	0.0	395028.1	3654.4	-7877.4
	2	23.3	207269.5	3654.4	-8222.0
	3	46.7	11473.3	3654.4	-8566.6
	4	70.0	-192360.5	3654.4	-8911.2
	5	93.3	-404231.9	3654.4	-9255.7

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 2-3

Taglio: sez. 5, dist. = 93,3 cm, Ved = -4627,9 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63 \text{ daN}$

$V_{ed} / V_{crd} = 0.303 < 1$ Ok

Presso-flessione: sez. 5, dist. = 93,3 cm, Med = -202115,9 daNcm, Ned = 1827,2 daN, Ved = -4627,9 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.57$, $\psi = -0.89$

Ali in compressione: $c_f / e = 6.50 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 16.73 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 57.62$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1 \text{ daN}$

$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.022$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.242$

$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8 \text{ daNcm}$

$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 505481.7 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$

$M_{ed} / M_{nrd} = 0.44 < 1$ Ok

sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = 197514,0 daNcm, Ned = 1827,2 daN, Ved = -3938,7 daN

Instabilità a compressione:

$$N_{cr} = \pi^2 E J / l_0^2 = 2459552.0 \text{ daN}$$

$N_{ed} < 0.04 N_{cr} \Rightarrow$ Verifica non richiesta

Verifica sezioni in acciaio del tratto 3-4

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
3-4	1	0.0	-404231.9	9255.7	3654.4
	2	24.8	-313563.4	9268.0	3654.4
	3	49.6	-222894.9	9280.2	3654.4
	4	74.4	-132226.4	9292.4	3654.4
	5	99.2	-41557.9	9304.7	3654.4
	6	124.1	49110.5	9316.9	3654.4
	7	148.9	139779.0	9329.1	3654.4
	8	173.7	230447.5	9341.4	3654.4
	9	198.5	321116.0	9353.6	3654.4
	10	223.3	411784.5	9365.8	3654.4

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 3-4

Taglio: sez. 1, dist. = 0,0 cm, $V_{ed} = 1827,2 \text{ daN}$

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63 \text{ daN}$

$V_{ed} / V_{crd} = 0.120 < 1$ Ok

Presso-flessione: sez. 10, dist. = 223,3 cm, $M_{ed} = 205892,2 \text{ daNcm}$, $N_{ed} = 4682,9 \text{ daN}$, $V_{ed} = 1827,2 \text{ daN}$

Classificazione della sezione:

$$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92, \quad \alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk})) = 0.67, \quad \psi = -0.74$$

Ali in compressione: $c_f / e = 6.50 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 16.73 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 47.62$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1 \text{ daN}$$

$$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.057, \quad a = (A - 2 B e) / A = 0.242$$

$$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8 \text{ daNcm}$$

$$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 487529.9 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$$

$$M_{ed} / M_{nrd} = 0.45 < 1 \text{ Ok}$$

sez. 10, dist. = 223,3 cm, $M_{ed} = 205892,2 \text{ daNcm}$, $N_{ed} = 4682,9 \text{ daN}$, $V_{ed} = 1827,2 \text{ daN}$

Instabilità a compressione:

$$N_{cr} = \pi^2 E J / l_0^2 = 429380.1 \text{ daN}$$

$N_{ed} < 0.04 N_{cr} \Rightarrow$ Verifica non richiesta

Verifica sezioni in acciaio del tratto 4-1

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
4-1	1	0.0	408686.3	3599.3	-8770.9
	2	23.3	203970.9	3599.3	-8782.4
	3	46.7	-1012.7	3599.3	-8793.9
	4	70.0	-206264.5	3599.3	-8805.4
	5	93.3	-411784.5	3599.3	-8816.9

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 140	14.0	13.3	155,4	173,5	31.4	10.1	0.55	0.85	1.20

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 4-1

Taglio: sez. 5, dist. = 93,3 cm, Ved = -4408,4 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 15283.63 \text{ daN}$

$V_{ed} / V_{crd} = 0.288 < 1$ Ok

Presso-flessione: sez. 5, dist. = 93,3 cm, Med = -205892,2 daNcm, Ned = 1799,6 daN, Ved = -4408,4 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.56$, $\psi = -0.89$

Ali in compressione: $c_f / e = 6.50 < 9$ $\varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 16.73 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 57.73$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 82238.1 \text{ daN}$

$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.022$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.242$

$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 454404.8 \text{ daNcm}$

$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 505654.9 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$

$Med / M_{nrd} = 0.45 < 1$ Ok

INTERVENTI LOCALI CIVICO 3

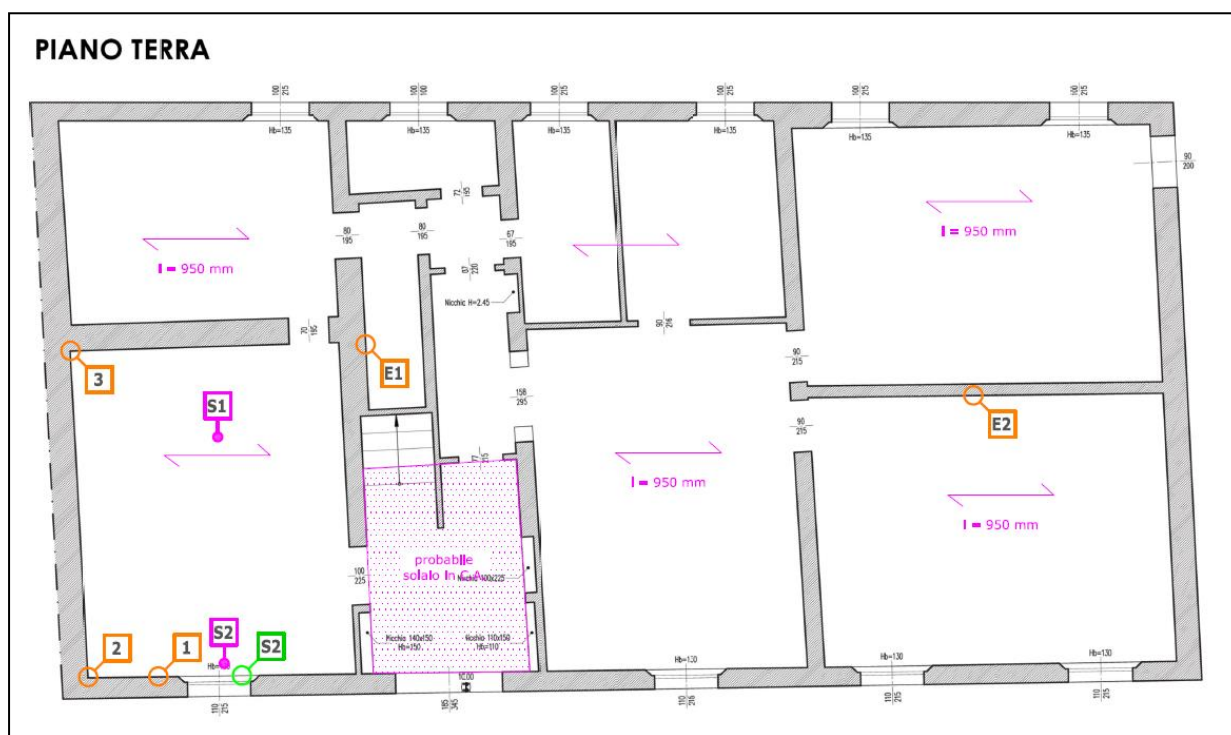
DESCRIZIONE DEL FABBRICATO

Grazie ad una campagna d'indagine effettuata dalla società *LiFE s.r.l. - Laboratori Ingegneria Ferrara* è stato possibile identificare la struttura portante dell'edificio e le principali caratteristiche delle murature (composizione, tessitura, spessore), oltre che verificare la geometria e lo stato di conservazione degli elementi lignei di copertura.

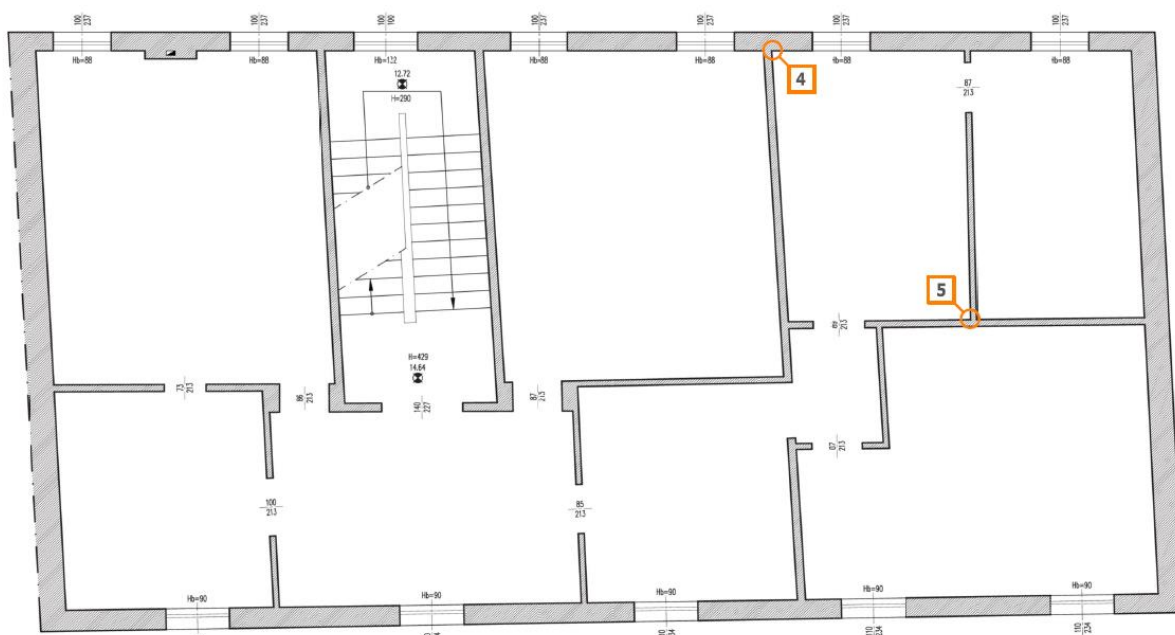
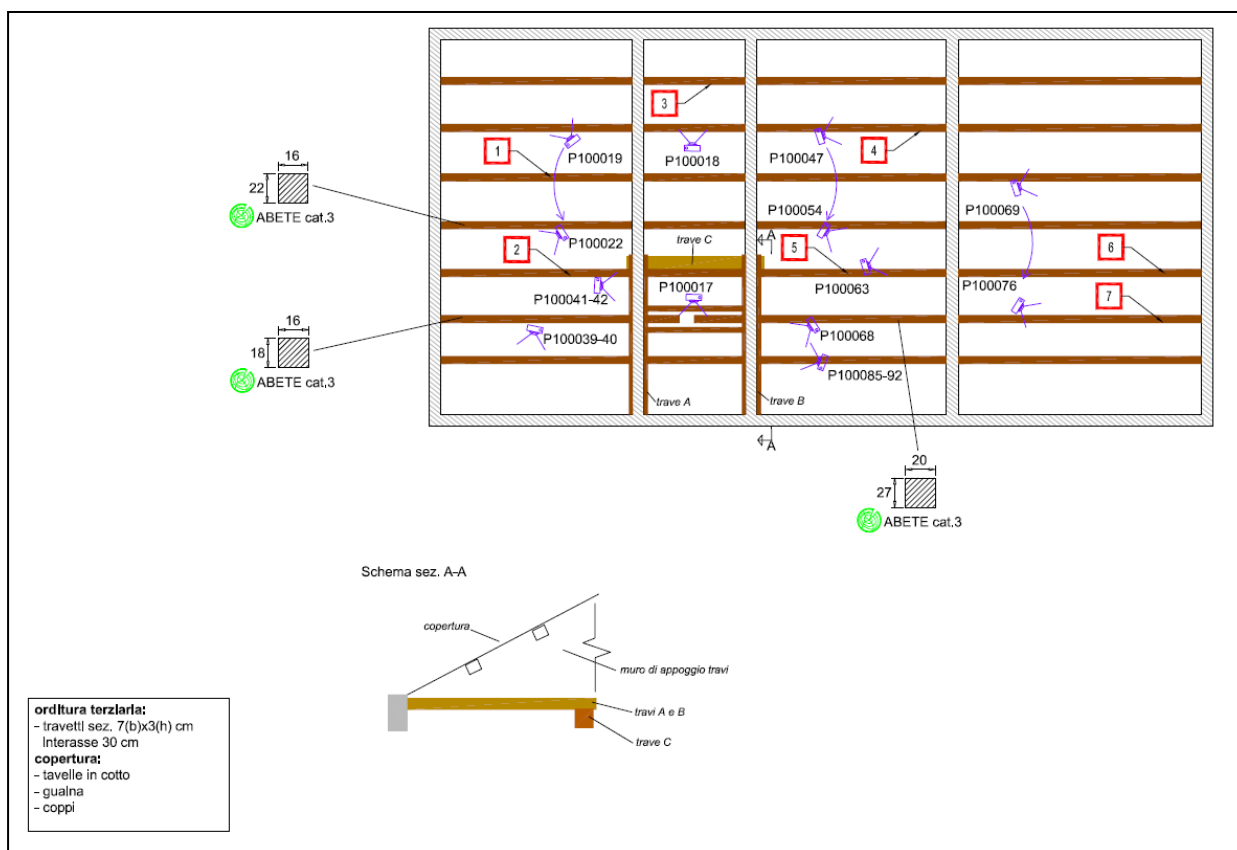
Lo stabile di Via Mentana n.3 è un edificio in muratura portante in mattoni pieni e malta di calce che si sviluppa su due piani fuori terra più sottotetto non abitabile. La scatola muraria è costituita dalle pareti perimetrali a due teste e da tre pareti trasversali interne, a due teste al piano terra e ad una testa al piano primo e nel sottotetto fino in copertura. Il solaio del primo impalcato è a putrelle IPN 160 ad interasse 90 cm e tavelloni di laterizio. Al piano primo vi è poi un controsoffitto in cannucciato per il quale si prevede la rimozione e il rifacimento in cartongesso.

La copertura a due falde è costituita da un'orditura di travi lignee sui cui appoggiano i travicelli e le tavelle in cotto a sostegno del manto di copertura in coppi. Lo stato di conservazione generale appare buono.

Per maggiori informazioni si rimanda ai Rapporti Conclusivi d'Indagine.



Rilevo geometrico - strutturale: Piano Terra

PIANO PRIMO*Rilevo geometrico - strutturale: Piano Primo**Rilevo geometrico - strutturale: Copertura*

DESCRIZIONE INTERVENTI

Per lo stabile di Via Mentana 3 si prevedono una serie di interventi locali finalizzati ad eliminare le principali carenze del fabbricato nei confronti dell'azione sismica, in particolare:

- Apertura nuovo vano su muro portante con idonea cerchiatura metallica in corrispondenza della nuova passerella
- Installazione di catene metalliche $\Phi 20$ con capochiave a paletto $L=60\text{cm}$ per inibire i meccanismi di ribaltamento e flessione fuori dal piano dei due fronti longitudinali del fabbricato.
- Realizzazione di un cordolo metallico sommitale avente la funzione di collegare tutti i muri della scatola muraria

Vedi tavola esecutiva S03.

Per l'edificio, dal punto di vista strutturale, si prospetta il seguente tipo di intervento:

INTERVENTO LOCALE (cap. 8.4.1 D.M. 17-01-2018)

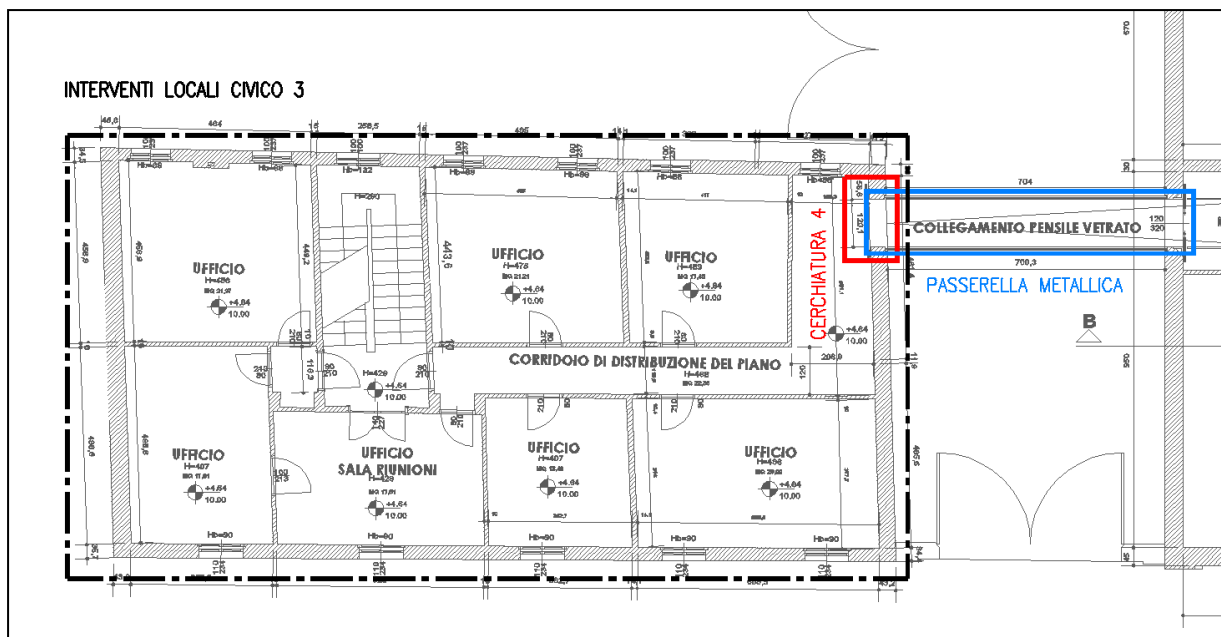
Il progetto e la valutazione della sicurezza riguarderanno pertanto le sole parti e/o elementi oggetto d'intervento.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **D.M. 17/01/2018** *Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- **Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7** del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008*;
- **D.G.R. n.2272/2016 – Regione Emilia Romagna** *Atto di indirizzo recante l'individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti in corso d'opera, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale, ai sensi dell'articolo 9, comma 4 della L.R. n. 19 del 2008*;

INTERVENTO 1: APERTURA NUOVO VANO SU MURO PORTANTE

Come evidenziato nella pianta sottostante, si prevede la realizzazione di un'apertura sulla parete perimetrale del piano primo in corrispondenza della nuova passerella.



Pianta Piano Primo

MATERIALI

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Parametri muratura Tab.C8.5.I Circ. n.7 / CSLLPP del 21/01/2019

f_m - resistenza compressione [daN/cm²]: 26.00 (min.), 43.00 (max.)

τ_o - resistenza a taglio [daN/cm²]: 0.50 (min.), 1.30 (max.)

f_{vo} - resistenza a taglio [daN/cm²]: 1.30 (min.), 2.70 (max.)

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

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

Essendo il livello di conoscenza LC1 (Limitata) si utilizzano i valori medi per i moduli elastici e i valori minimi per la resistenza.

Valori di riferimento:

f_m - resistenza compressione = 26.00 daN/cm²

τ_o - resistenza a taglio = 0.50 daN/cm²

f_{vo} - resistenza a taglio = 1.30 daN/cm²

E - modulo elastico = 15000.0 daN/cm²

G - modulo el. tang. = 5000.0 daN/cm²

γ_m = peso specifico = 1800.0 daN/mc

Valori di progetto:

Fattore confidenza $FC = 1.35$

Coef. parz. sic. $\gamma_M = 2.00$ (4.5.6.1)

$f_m = 9.63$ daN/cm²

$\tau_o = 0.19$ daN/cm²

$f_{vo} = 0.48$ daN/cm²

Coef. rid. moduli elastici per fessurazione = 2.00

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/m ³]
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 180	18.0	17.1	293,6	324,9	102,7	156,5	45.3	35.57

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 variazione 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%).

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. 7 / 2019 CSLLPP al punto C8.7.1.16, 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:

$$K = 1 / (H^3 / n E J + 1.2 H / G A)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

E, G moduli di elasticità normale e tangenziale della muratura

J momento di inerzia del maschio murario = T L³ / 12

n coefficiente relativo al grado di vincolo offerto dal traverso superiore.

In questo caso n = 12 (presenza di cordolo rigido => schema incastro scorrevole).

A area del maschio murario = T L

H altezza deformabile = h' + 0.33 L (H_{Piano} - h') / h' (metodo Dolce, fasce murarie parzialmente rigide)

con h' = base media dei trapezi individuati tra le aperture

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 sopprimere a tale carenza dovrà avere una rigidezza K_t maggiore o uguale a ΔK

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

Rigidità del montante $K_i = n E J / H^3$ con n che dipende dal vincolo alla base (3 cerniera, 12 incastro)

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 $= M_u = f_{yk} W / \gamma_{MO}$

$F_o = n M_u / H$ con n che dipende dallo schema (1 cerniera-incastro, 2 incastro-incastro)

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

CARICHI

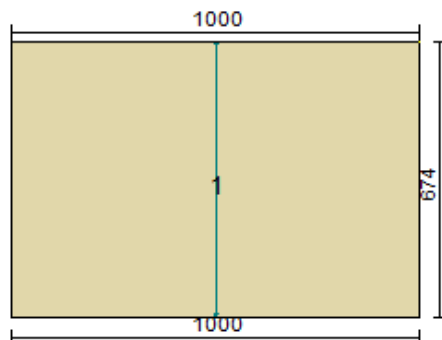
In sommità della parete sono applicati i seguenti carichi distribuiti:

Carico permanente $G_k = 450.0$ daN/m

Carico variabile $Q_k = 240.0$ 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.

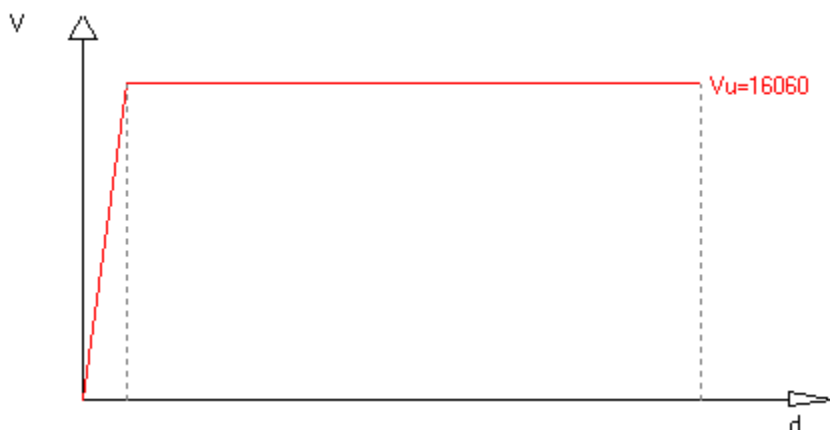
Ante-operam



T (sp. parete) = 30.00 cm

Maschio Lungh.	H calc.	Coef. b	σ_o	Ko	Vu	δ_e	δ_u	
1	1000.0	674.0	1.00	0.754	82339.7	16059.8	0.195	2.696

Curva caratteristica ante-operam:

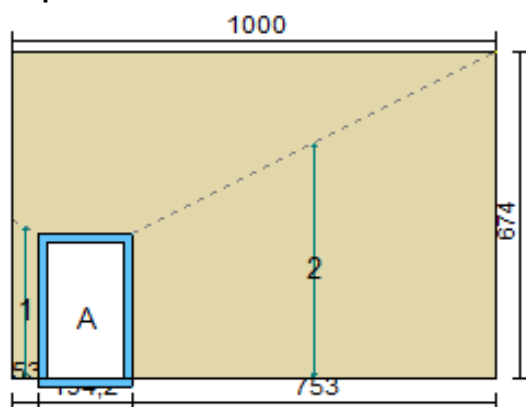


Rigidezza complessiva della parete: $K_{sa} = 82339.7 \text{ daN/cm}$

Taglio ultimo della parete: $V_{sa} = 16059.8 \text{ daN}$

Spostamento ultimo: $\delta u_{sa} = 2.696 \text{ cm}$

Post-operam

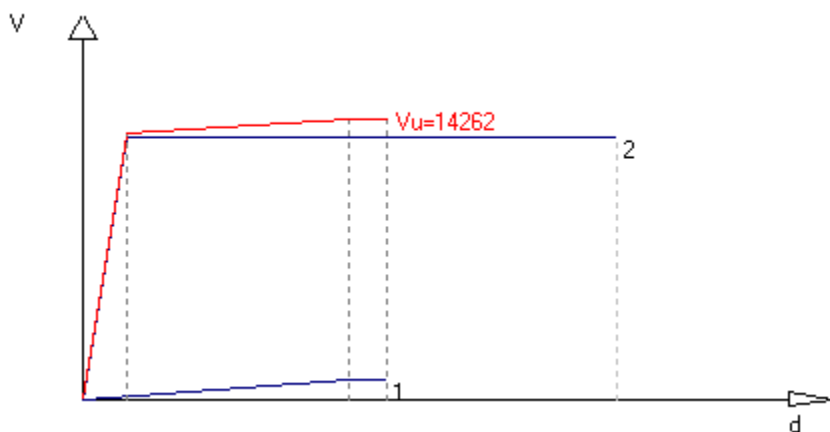


$T \text{ (sp. parete) } = 30.00 \text{ cm}$

Apertura Stato	Architravi	Travi inf.	Montanti
A Cerchiata	2 HEA 180 (S 275)		2 HEA 180 (S 275) 2HEA 180+2HEA 180 (S 275)

MaschioLungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ_0	Ko	Vu	δe	δu	
1	52.9	30.00	332.6	1.50	2.694	829.9	961.3	1.158	1.330
2	752.9	30.00	582.0	1.00	0.970	69345.8	13300.7	0.192	2.328

Curva caratteristica post-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 70175.7 \text{ daN/cm}$

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 14262.0 \text{ daN}$

Spostamento ultimo: $\delta u_{pr} = 1.330 \text{ cm}$

VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{mur} = K_{pr} - K_{sa} = 70176 - 82340 = -12164 \text{ daN/cm}$ (riduzione rigidezza = -14.8%)

$\Delta V_{mur} = V_{pr} - V_{sa} = 14262 - 16060 = -1798 \text{ daN}$ (riduzione resistenza = -11.2%)

Rigidezza e resistenza del telaio:

Note:

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

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

con n = numero dei montanti del telaio. $F_o = F_u$.

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

Telaio	c	H_i [cm]	K [daN/cm]	M_u [daN cm]	δ_e [cm]	F_u [daN]	F_o [daN]
A	12	297.10	9647.8	3075810.0	2.15	20705.6	12834.6

$K_t = \Sigma K = 9648 \text{ daN/cm}$

$V_t = \Sigma F_o = 12835 \text{ daN}$

Variazione di rigidezza e resistenza dopo l'intervento:

$\Delta K_{tot} = K_{pr} + K_t - K_{sa} = -2516 \text{ daN/cm}$

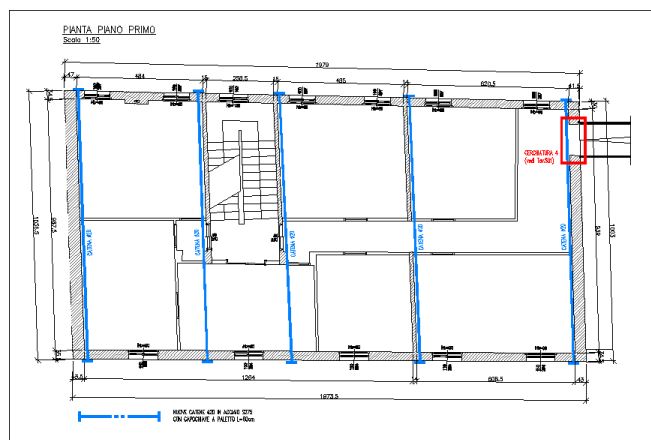
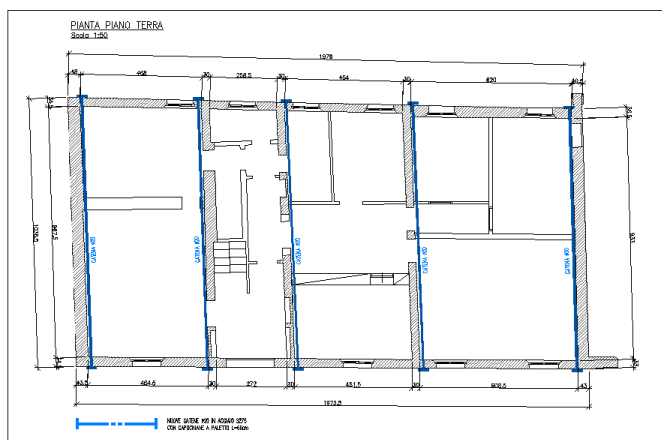
riduzione rigidezza = -3.1%; variazione percentuale di ΔK_{tot} compresa entro il 15.0% (Ok)

$\Delta V_{tot} = V_{pr} + V_t - V_{sa} = 11037 \text{ daN}$

aumento resistenza = 68.7%; $\Delta V_{tot} > 0$ (Ok)

INTERVENTO 2: CATENE METALLICHE

A livello del primo impalcato e del controsoffitto di sottotetto si prevede la predisposizione di 4 catene $\Phi 20$ in acciaio S275 con capochiave a paletto in corrispondenza dei muri trasversali del fabbricato.



Parametri sismici

Località: FERRARA (FE)

Altezza totale dell'edificio: 10,00 m

Vita nominale dell'edificio: 50,00 anni

Coefficiente di struttura: 2,00

Periodo del modo perincipale di vibrare (T_1): 0,281 sec

Coefficiente di partecipazione modale: γ : 1,00

Categoria di sottosuolo: Tipo D

SLV

Periodo di ritorno per lo SLV (T_r): 712 anni

Probabilità di superamento per lo SLV (P_{ver}): 10 %

Periodo di inizio del tratto a velocità costante per lo SLV (T_{c^*}): 0,280 sec

Accelerazione orizzontale massima al sito per lo SLV (a_g): 0,156 g

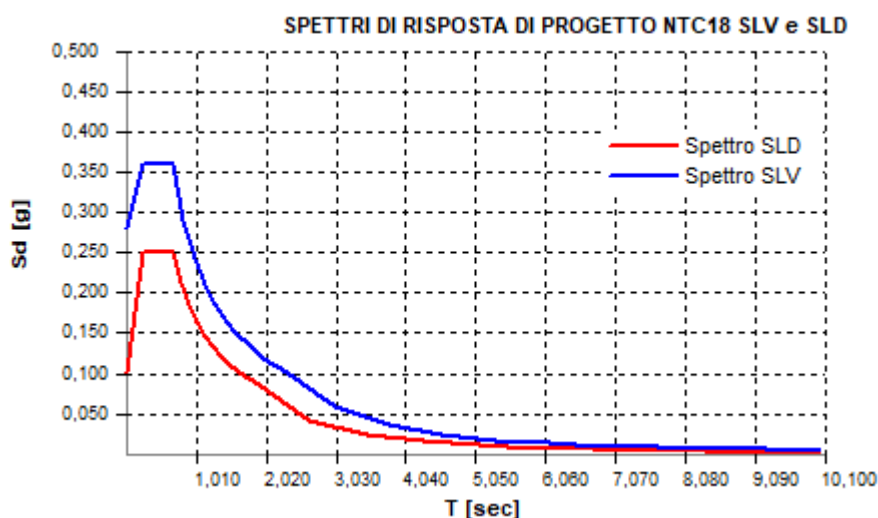
Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale per lo SLV (F_0): 2,57

Periodo dello spettro T_b : 0,22 sec

Periodo dello spettro T_c : 0,66 sec

Periodo dello spettro T_d : 2,23 sec

Coefficiente di sottosuolo S : 1,80



Nel calcolo dei cinematismi viene considerato l'arretramento del punto di contatto tra i blocchi nei seguenti casi:

- Cinematismi di ribaltamento fuori piano
- Cinematismi di flessione verticale
- Cinematismi di flessione orizzontale

STATO DI FATTO

Proprietà meccaniche caratteristiche delle pareti e coefficienti correttivi

Parete n°: 1

Tipologia muraria: Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Modulo Elastico minimo [kN/mq]: 1200000,000

Modulo Elastico massimo [kN/mq]: 1800000,000

Resistenza minima a compressione [kN/mq]: 2600,000

Resistenza massima a compressione [kN/mq]: 4300,000

Resistenza minima a taglio [kN/mq]: 50,000
 Resistenza minima a taglio [kN/mq]: 130,000
 Resistenza media a compressione [kN/mq]: 3450,000
 Resistenza media a taglio [kN/mq]: 90,000
 Peso specifico [kN/mc]: 18,00
 Livello di Conoscenza LC1 con un fattore di sicurezza pari a: 1,35
 Coefficiente di sicurezza sulle proprietà meccaniche γ_{m2} : 2,00

Parete n°: 2

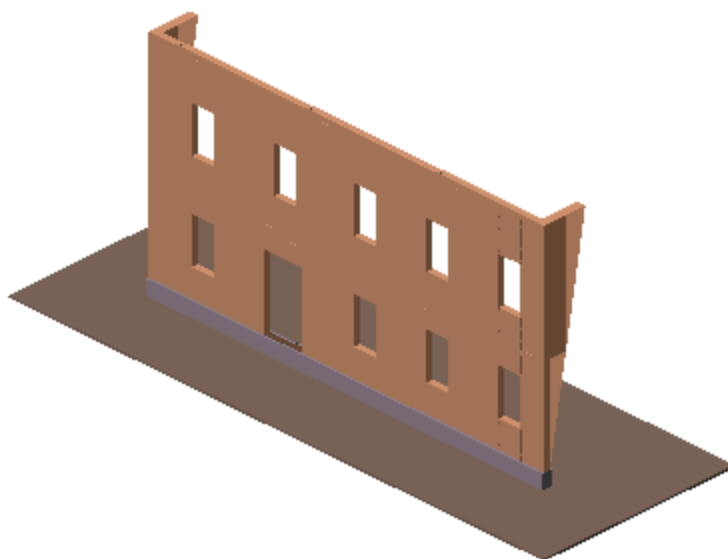
Tipologia muraria: Muratura a blocchi lapidei squadri
 Modulo Elastico minimo [kN/mq]: 2400000,000
 Modulo Elastico massimo [kN/mq]: 3300000,000
 Resistenza minima a compressione [kN/mq]: 5800,000
 Resistenza massima a compressione [kN/mq]: 8200,000
 Resistenza minima a taglio [kN/mq]: 90,000
 Resistenza minima a taglio [kN/mq]: 120,000
 Resistenza media a compressione [kN/mq]: 7000,000
 Resistenza media a taglio [kN/mq]: 105,000
 Peso specifico [kN/mc]: 22,00
 Livello di Conoscenza LC1 con un fattore di sicurezza pari a: 1,35
 Coefficiente di sicurezza sulle proprietà meccaniche γ_{m2} : 2,00

Proprietà meccaniche delle pareti, valori di progetto:

n°	γ [kN/m ³]	f_{cd} [kN/mq]	f_{vd} [kN/mq]
1	18,00	962,963	18,519
2	22,00	2148,148	33,333

Geometria delle pareti:

n°	Larghezza [m]	Altezza [m]	Spessore [m]
1	19,70	4,5	0,30
2	19,70	5,5	0,30



Carichi sulle pareti:

Legenda:

P_p : peso proprio della parete
 Y_p : Posizione verticale baricentro parete

G_{1k} : carico permanente strutturale gravante sul solaio della parete

G_{2k} : carico permanente non strutturale gravante sul solaio della parete

Q_k : carico variabile gravante sul solaio della parete

φ_2 : coefficiente carico variabile gravante sul solaio della parete

i_s : semi-lunghezza del solaio

p_{vd} : carico di calcolo verticale del solaio della parete

p_{hd} : carico di calcolo orizzontale del solaio della parete

$G_{1k,cop}$: carico permanente strutturale gravante sul solaio di copertura (timpano o falda)

$G_{2k,cop}$: carico permanente non strutturale gravante sul solaio di copertura (timpano o falda)

$Q_{k,cop}$: carico variabile gravante sul solaio di copertura (timpano o falda)

$\varphi_{2,cop}$: coefficiente carico variabile gravante sul solaio del timpano

i_c : semi-lunghezza del solaio di copertura

n°	P_p [kN]	Y_p [m]	G_{1k} [kN/m ²]	G_{2k} [kN/m ²]	Q_k [kN/m ²]	φ_2	i_s [m]	p_{vd} [kN]	p_{hd} [kN]
0	393,16	2,28	3,50	2,00	2,00	0,30	1,00	120,17	120,17
1	637,07	2,80	3,50	2,00	2,00	0,30	0,00	0,00	0,00

Carichi sulle pareti ortogonali:

Legenda:

G_{1korto} : carico permanente strutturale gravante sul solaio delle pareti ortogonali

G_{2korto} : carico permanente non strutturale gravante sul solaio delle pareti ortogonali

Q_{korto} : carico variabile gravante sul solaio delle pareti ortogonali

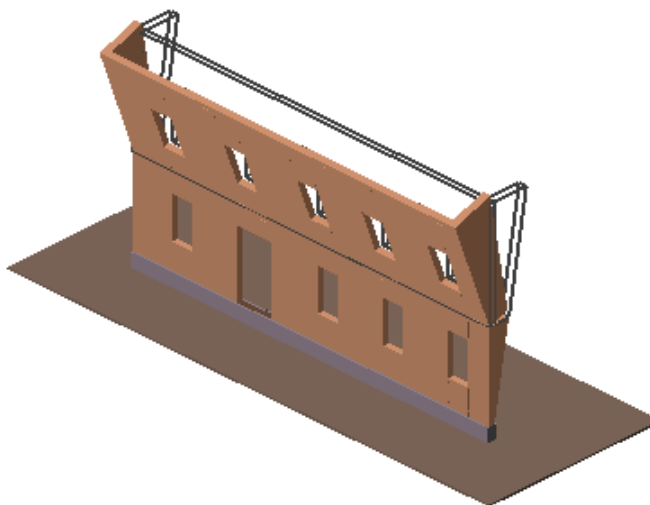
φ_{2orto} : carico variabile gravante sul solaio delle pareti ortogonali

n°:	G_{1korto} [kN/m ²]	G_{2korto} [kN/m ²]	Q_{korto} [kN/m ²]	φ_{2orto}
1	1,00	1,00	2,00	0,30
2	1,00	1,00	2,00	0,30

Cinematismi:

Cinematismo n°: 1

Tipo: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento di entrambe le pareti ortogonali a quota sopra elevata



Quota: 4,50[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi(Z)$: 0,450

PGA relativa al cinematisimo nel caso di analisi cinematica lineare: 0,0722 [g]

Momento Ribaltante M_{rib} : 2290,598[kN*m]

Momento Stabilizzante M_{st} : 233,267[kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0,102

accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo a_0^* : 0,075 [g]

Massa partecipante al cinematisimo M^* : 78 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 1,005

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0,140 [g]

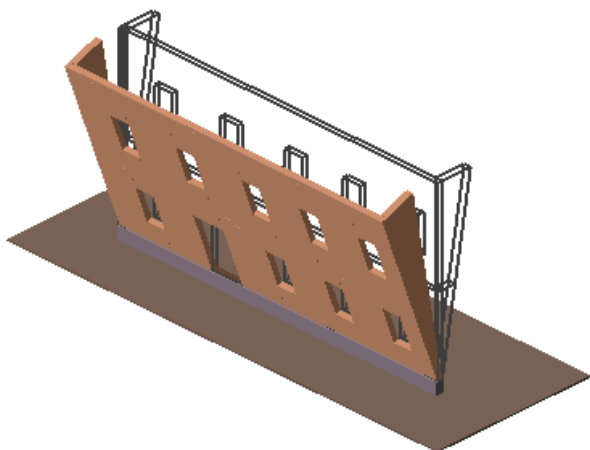
Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0,163 [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 1,871$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 2,175$ [-]

Cinematisimo n°: 2

Tipo: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento di entrambe le pareti ortogonali a quota zero



Quota: 0,00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi(Z)$: 0,000

PGA relativa al cinematisimo nel caso di analisi cinematica lineare: 0,0369 [g]

Momento Ribaltante M_{rib} : 7378,029[kN*m]

Momento Stabilizzante M_{st} : 286,472[kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0,039

accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo a_0^* : 0,033 [g]

Massa partecipante al cinematisimo M^* : 115 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0,868

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0,140 [g]

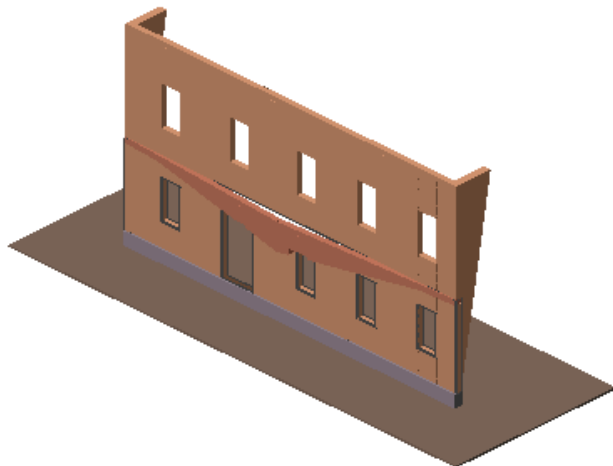
Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: N.R [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 4,236$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = N.R$ [-]

Cinematismo n°: 3

Tipo: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota: 0,00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi(Z)$: 0,305

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica lineare: 0,0649 [g]

Momento Ribaltante M_{rib} : 1059,067[kN*m]

Momento Stabilizzante M_{st} : 81,771[kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0,077

accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* : 0,058 [g]

Massa partecipante al cinematismo M^* : 20 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0,981

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0,140 [g]

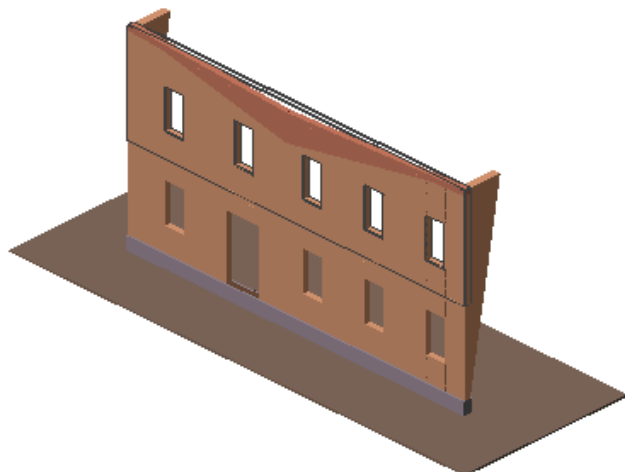
Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0,111 [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 2,407$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 1,897$ [-]

Cinematismo n°: 4

Tipo: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota: 0,00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi(Z)$: 0,855

PGA relativa al cinematisimo nel caso di analisi cinematica lineare: 0,1132 [g]

Momento Ribaltante M_{rib} : 619,004[kN*m]

Momento Stabilizzante M_{st} : 186,791[kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0,302

accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo a_0^* : 0,224 [g]

Massa partecipante al cinematisimo M^* : 10 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 1,000

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0,140 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0,310 [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0,628$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 1,387$ [-]

STATO DI PROGETTO

Proprietà meccaniche caratteristiche delle pareti e coefficienti correttivi

Parete n°: 1

Tipologia muraria: Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Modulo Elastico minimo [kN/mq]: 1200000,000

Modulo Elastico massimo [kN/mq]: 1800000,000

Resistenza minima a compressione [kN/mq]: 2600,000

Resistenza massima a compressione [kN/mq]: 4300,000

Resistenza minima a taglio [kN/mq]: 50,000

Resistenza minima a taglio [kN/mq]: 130,000

Resistenza media a compressione [kN/mq]: 3450,000

Resistenza media a taglio [kN/mq]: 90,000

Peso specifico [kN/mc]: 18,00

Livello di Conoscenza LC1 con un fattore di sicurezza pari a: 1,35

Coefficiente di sicurezza sulle proprietà meccaniche γ_{m2} : 2,00

Parete n°: 2

Tipologia muraria: Muratura a blocchi lapidei squadriati

Modulo Elastico minimo [kN/mq]: 2400000,000

Modulo Elastico massimo [kN/mq]: 3300000,000

Resistenza minima a compressione [kN/mq]: 5800,000

Resistenza massima a compressione [kN/mq]: 8200,000

Resistenza minima a taglio [kN/mq]: 90,000

Resistenza minima a taglio [kN/mq]: 120,000

Resistenza media a compressione [kN/mq]: 7000,000

Resistenza media a taglio [kN/mq]: 105,000

Peso specifico [kN/mc]: 22,00

Livello di Conoscenza LC1 con un fattore di sicurezza pari a: 1,35

Coefficiente di sicurezza sulle proprietà meccaniche γ_{m2} : 2,00

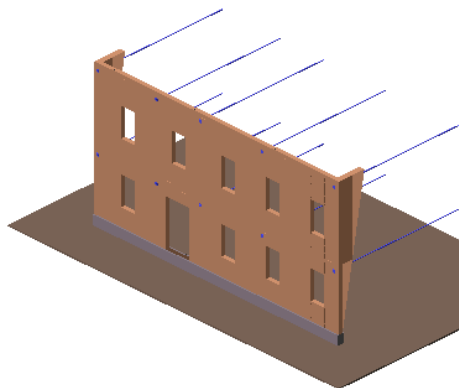
Proprietà meccaniche delle pareti, valori di progetto:

n°	γ [kN/m ³]	f_{cd} [kN/mq]	f_{vd} [kN/mq]
1	18,00	962,963	18,519

2 22,00 2148,148 33,333

Geometria delle pareti:

n°	Larghezza [m]	Altezza [m]	Spessore [m]
1	19,70	4,5	0,30
2	19,70	5,5	0,30



Carichi sulle pareti:

Legenda:

P_p : peso proprio della parete

Y_p : Posizione verticale baricentro parete

G_{1k} : carico permanente strutturale gravante sul solaio della parete

G_{2k} : carico permanente non strutturale gravante sul solaio della parete

Q_k : carico variabile gravante sul solaio della parete

φ_2 : coefficiente carico variabile gravante sul solaio della parete

i_s : semi-lunghezza del solaio

p_{vd} : carico di calcolo verticale del solaio della parete

p_{hd} : carico di calcolo orizzontale del solaio della parete

$G_{1k, cop}$: carico permanente strutturale gravante sul solaio di copertura (timpano o falda)

$G_{2k, cop}$: carico permanente non strutturale gravante sul solaio di copertura (timpano o falda)

$Q_{k, cop}$: carico variabile gravante sul solaio di copertura (timpano o falda)

$\varphi_{2, cop}$: coefficiente carico variabile gravante sul solaio del timpano

i_c : semi-lunghezza del solaio di copertura

n°	P_p [kN]	Y_p [m]	G_{1k} [kN/m²]	G_{2k} [kN/m²]	Q_k [kN/m²]	φ_2	i_s [m]	p_{vd} [kN]	p_{hd} [kN]
0	393,16	2,28	3,50	2,00	2,00	0,30	1,00	120,17	120,17
1	637,07	2,80	3,50	2,00	2,00	0,30	0,00	0,00	0,00

Carichi sulle pareti ortogonali:

Legenda:

G_{1korto} : carico permanente strutturale gravante sul solaio delle pareti ortogonali

G_{2korto} : carico permanente non strutturale gravante sul solaio delle pareti ortogonali

Q_{korto} : carico variabile gravante sul solaio delle pareti ortogonali

φ_{2orto} : carico variabile gravante sul solaio delle pareti ortogonali

n°:	G_{1korto} [kN/m²]	G_{2korto} [kN/m²]	Q_{korto} [kN/m²]	φ_{2orto}
1	1,00	1,00	2,00	0,30
2	1,00	1,00	2,00	0,30

Descrizione Tiranti:

Legenda:

Tiro: tiro applicato alla catena

Quota: Quota di applicazione della catena

dy: distanza della catena dal sistema di riferimento globale

 f_{yd} : tensione di progetto a snervamento della catena

E: Modulo elastico della catena

 ϕ : diametro della catena

L: lunghezza della catena

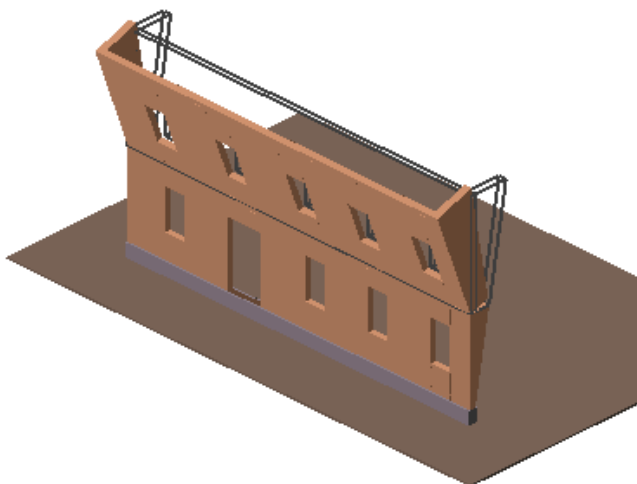
N: azione assiale sulla catena

E.V.: esistente da verificare

N.V.: nuovo da verificare

N.P.: nuovo da progettare

Tirante:	Tiro pos.	orizz pos.	vert.	f_{yd}	E	ϕ	L	N	tipo
	[kN]	[m]	[m]	[kN/mq]	[kN/mq]	[mm]	[cm]	[kN]	
Par.1 Tir.1	0,00	4,00	0,30	240000210000000		20	1000,00	20,32	N.V.
Par.1 Tir.2	0,00	4,00	5,00	240000210000000		20	1000,00	20,32	N.V.
Par.1 Tir.3	0,00	4,00	8,50	240000210000000		20	1000,00	20,32	N.V.
Par.1 Tir.4	0,00	4,00	13,50	240000210000000		20	1000,00	20,32	N.V.
Par.1 Tir.5	0,00	4,00	19,30	240000210000000		20	1000,00	20,32	N.V.
Par.2 Tir.1	0,00	5,00	0,30	240000210000000		20	1000,00	10,96	N.V.
Par.2 Tir.2	0,00	5,00	5,00	240000210000000		20	1000,00	10,96	N.V.
Par.2 Tir.3	0,00	5,00	8,50	240000210000000		20	1000,00	10,96	N.V.
Par.2 Tir.4	0,00	5,00	13,50	240000210000000		20	1000,00	10,96	N.V.
Par.2 Tir.5	0,00	5,00	19,30	240000210000000		20	1000,00	10,96	N.V.

Cinematismi:**Cinematismo n°: 1**

Tipo: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento di entrambe le pareti ortogonali a quota sopra elevata

Quota: 4,50[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi(Z)$: 0,450

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica lineare: 0,2269 [g]

Momento Ribaltante M_{rib} : 2290,598[kN*m]

Momento Stabilizzante M_{st} : 733,267[kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0,320

accelerazione spettrale di attivazione del cinematisma a_0^* : 0,236 [g]

Massa partecipante al cinematisma M^* : 78 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 1,005

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

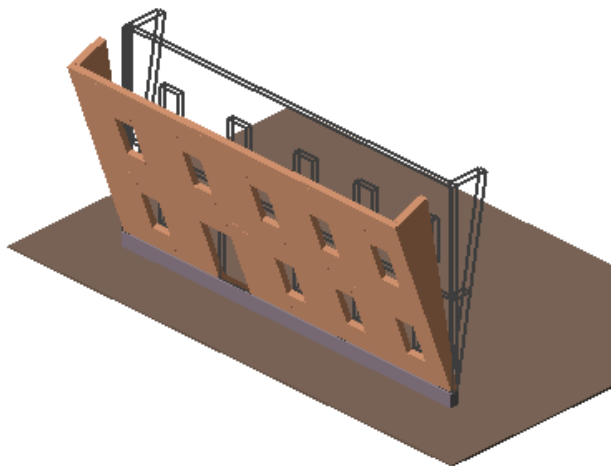
Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0,140 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0,163 [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0,595$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0,692$ [-]

Cinematisma n°: 2



Tipo: Ribaltamento Singola Parete con coinvolgimento di entrambe le pareti ortogonali a quota zero

Quota: 0,00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi(Z)$: 0,000

PGA relativa al cinematisma nel caso di analisi cinematica lineare: 0,1878 [g]

Momento Ribaltante M_{rib} : 7378,029[kN*m]

Momento Stabilizzante M_{st} : 1458,694[kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0,198

accelerazione spettrale di attivazione del cinematisma a_0^* : 0,169 [g]

Massa partecipante al cinematisma M^* : 115 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0,868

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0,140 [g]

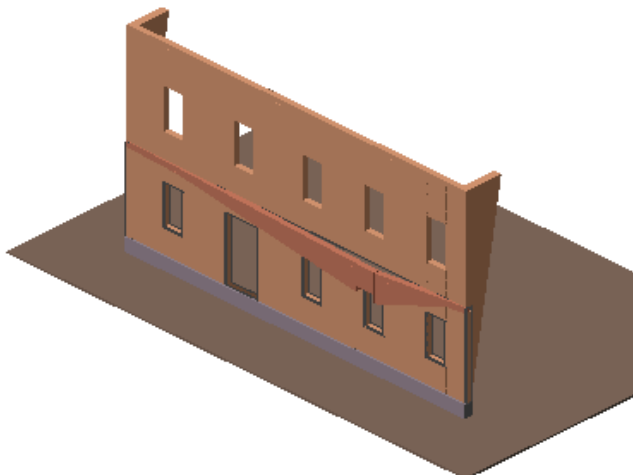
Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: N.R [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0,832$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Cinematismo n°: 3

Tipo: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota: 0,00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi(Z)$: 0,305

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica lineare: 0,2146 [g]

Momento Ribaltante M_{rib} : 1639,119[kN*m]

Momento Stabilizzante M_{st} : 418,890[kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0,256

accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* : 0,193 [g]

Massa partecipante al cinematismo M^* : 20 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0,981

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0,140 [g]

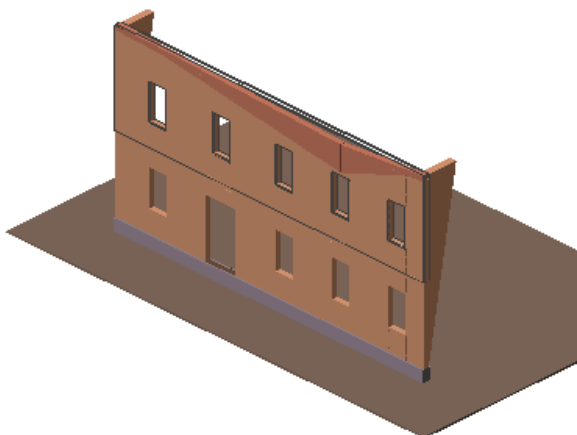
Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0,111 [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0,728$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0,573$ [-]

Cinematismo n°: 4

Tipo: Espulsione Flessionale Orizzontale a quota sopra elevata



Quota: 0,00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi(Z)$: 0,855

PGA relativa al cinematisimo nel caso di analisi cinematica lineare: 0,3305 [g]

Momento Ribaltante M_{rib} : 940,886[kN*m]

Momento Stabilizzante M_{st} : 829,148[kN*m]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0,881

accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo a_0^* : 0,653 [g]

Massa partecipante al cinematisimo M^* : 10 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 1,000

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0,140 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0,310 [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0,215$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0,475$ [-]

Verifica catene metalliche e ancoraggio

Si prevede una catena $\Phi 20$ (acciaio S275) ancorata con capochiave a paletto ($L=60\text{cm}$)

La catena dovrà essere in grado di assorbire un tiro massimo pari ad $H = 20.3 \text{ kN}$

La **resistenza di progetto del tirante** sarà pari a:

$$T_1 = A \cdot f_y = 86.35 \text{ kN} > H = 20.3 \text{ kN}$$

snervamento tirante

Si verifica poi l'**ancoraggio** da realizzarsi mediante capochiave a paletto ($l=60\text{cm}$ $h=2\text{cm}$):

$$T_2 = f_v \cdot \sqrt{2} \cdot d \cdot (h + 2d + t + h + l) = 39.8 \text{ kN} > H = 20.3 \text{ kN}$$

punzonamento muratura

con:

f_v : resistenza a taglio della muratura in presenza di carichi verticali, pari a 2.9 N/cm^2

$$f_v = \frac{f_{vk}}{\gamma_M \cdot FC}$$

f_{vk} : resistenza caratteristica a taglio della muratura

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_n = 5 + 0.4 \cdot 7 = 7.8 \text{ N/cm}^2$$

γ_M : coeff. parziale di sicurezza della muratura, pari a 2

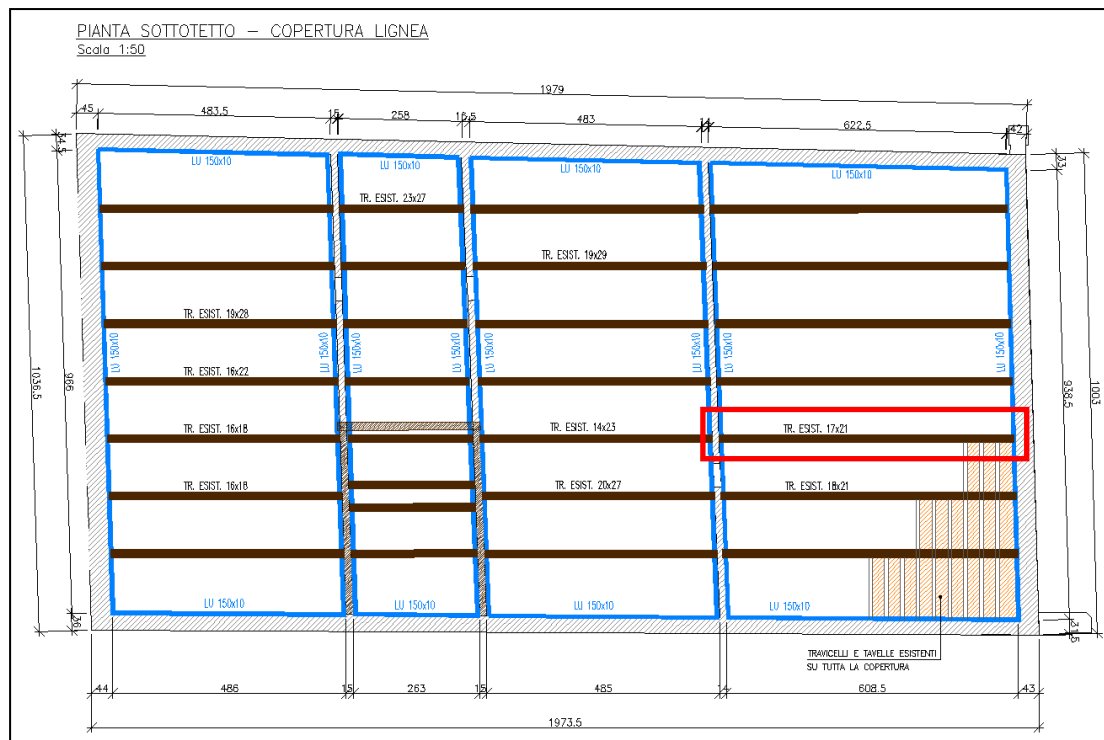
FC: Fattore di Confidenza, pari a 1.35

d: distanza di ancoraggio, pari a 50 cm

t: spessore murario, pari a 30 cm

VERIFICA COPERTURA LIGNEA ESISTENTE

Sulla base del rilievo effettuato si verifica la trave maggiormente sollecitata.



Verifica di un tetto in legno a orditura semplice

Dati generali:

Normativa di riferimento: DM 17/01/2018 NTC

Classe di servizio 2 - (caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi l'85% solo per poche settimane all'anno.)

Categoria carichi variabili: Neve (alt. s.l.m. =< 1000 m)

Dati geometrici:

Dimensioni delle travi in legno: B x H = 17.0 x 21.0 cm, interasse: i = 115.0 cm

A = 357.0 cm², A_v = 239.2 cm², W_x = 1249.5 cm³, J_x = 13119.8 cm⁴, W_y = 1011.5 cm³, J_y = 8597.8 cm⁴

Angolo inclinazione della falda $\alpha = 19.0^\circ$

Luce di calcolo: L = 600.0 cm

Spessore tavelle in cotto: t_w = 3.0 cm

Materiali:

Legno travi:

Classe: C24 - UNI-EN 338:2016 UNI-EN 338 (massiccio)

Massa volumica: $\rho_k = 350.0$ kg/mc

Modulo elastico medio: E_m = 110000.0 daN/cm²

Modulo elastico tangenziale medio: G_m = 6900.0 daN/cm²

Moduli elastici per deformazioni a lungo termine:

Classe di servizio 2: K_{def} = 0.8

E_{m,fin} = E_m / (1 + K_{def}) = 61160.0 daN/cm²

G_{m,fin} = G_m / (1 + K_{def}) = 3833.3 daN/cm²

$\gamma_m = 1.50$

K_h = 1.000

$$K_{cf} = 0.67$$

Resistenze caratteristiche:

Flessione: $f_{mk} = 240.0 \text{ daN/cm}^2$

Taglio: $f_{vk} = 40.0 \text{ daN/cm}^2$

Trazione: $f_{tk} = 145.0 \text{ daN/cm}^2$

Resistenze di calcolo:

Con durata dei carichi variabili di breve durata (meno di 1 settimana)

$$K_{mod} = 0.900$$

Resistenza a flessione: $f_{md} = (f_{mk} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 144.00 \text{ daN/cm}^2$

Resistenza a taglio: $f_{vd} = (f_{vk} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 24.00 \text{ daN/cm}^2$

Resistenza a trazione: $f_{td} = (f_{tk} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 87.00 \text{ daN/cm}^2$

Per soli carichi permanenti:

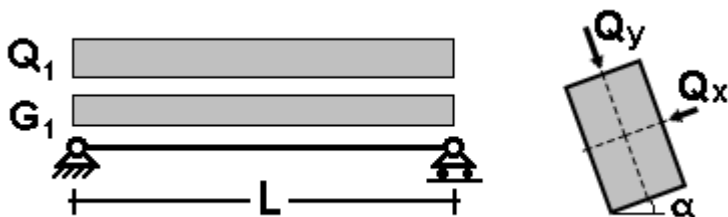
$$K_{mod} = 0.600$$

Resistenza a flessione: $f_{pmd} = (f_{mk} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 96.00 \text{ daN/cm}^2$

Resistenza a taglio: $f_{pvd} = (f_{vk} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 16.00 \text{ daN/cm}^2$

Resistenza a trazione: $f_{ptd} = (f_{tk} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 58.00 \text{ daN/cm}^2$

Schema statico:



Analisi dei carichi:

Carichi permanenti:

- copertura in coppi	60,0	daN/mq
- impermeabilizzazione+coibentazione	0,0	daN/mq
- tavole in cotto	51,0	daN/mq
g1 =	111,0	daN/mq

g1 x interasse travi	127.7	daN/m
<u>peso proprio trave</u>	<u>12.5</u>	<u>daN/m</u>
G1 =	140.1	daN/m

Carichi variabili:

q = carico da neve	80,0	daN/mq
Q1 = q x interasse travi	92.0	daN/m

Verifiche delle travi in legno:

Scomposizione delle azioni nelle direzioni degli assi principali d'inerzia:

$$G1x = G1 \sin \alpha = 45.63 \text{ daN/m}$$

$$G1y = G1 \cos \alpha = 132.51 \text{ daN/m}$$

$$G2x = G2 \sin \alpha = 0.00 \text{ daN/m}$$

$$G2y = G2 \cos\alpha = 0.00 \text{ daN/m}$$

$$Q1x = Q1 \sin\alpha = 29.95 \text{ daN/m}$$

$$Q1y = Q1 \cos\alpha = 86.99 \text{ daN/m}$$

Combinazione di carico: permanenti + variabili ($K_{mod} = 0.900$)

$$Q_x = G1x \gamma_{g1} + G2x \gamma_{g2} + Q1x \gamma_{q1} = 104.24 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \gamma_{g2} = 1.50; \gamma_{q1} = 1.50)$$

$$Q_y = G1y \gamma_{g1} + G2y \gamma_{g2} + Q1y \gamma_{q1} = 302.74 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \gamma_{g2} = 1.50; \gamma_{q1} = 1.50)$$

Verifica a flessione deviata:

$$M_x = (Q_y L^2) / 8 = 136234.9 \text{ daN cm}$$

$$M_y = (Q_x L^2) / 8 = 46909.4 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_{xw} = M_x / W_x = 109.03 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_{yw} = M_y / W_y = 46.38 \text{ daN/cm}^2$$

$$(\sigma_{xw} / f_{md}) + 0,7 (\sigma_{yw} / f_{md}) = 0.983 < 1 \text{ (Ok)}$$

$$(\sigma_{yw} / f_{md}) + 0,7 (\sigma_{xw} / f_{md}) = 0.852 < 1 \text{ (Ok)}$$

Verifica a taglio:

$$V_x = (Q_y L) / 2 = 908.2 \text{ daN}$$

$$V_y = (Q_x L) / 2 = 312.7 \text{ daN}$$

$$\tau_{wx} = 1,5 V_x / A = 5.70 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_{wy} = 1,5 V_y / A = 1.96 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_w = (\tau_{wx}^2 + \tau_{wy}^2)^{1/2} = 6.02 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 24.00 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Combinazione di carico: soli carichi permanenti ($K_{mod} = 0.600$)

$$Q_x = G1x \gamma_{g1} + G2x \gamma_{g2} = 59.31 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \gamma_{g2} = 1.50)$$

$$Q_y = G1y \gamma_{g1} + G2y \gamma_{g2} = 172.26 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \gamma_{g2} = 1.50)$$

Verifica a flessione deviata:

$$M_x = (Q_y L^2) / 8 = 77518.2 \text{ daN cm}$$

$$M_y = (Q_x L^2) / 8 = 26691.7 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_{xw} = M_x / W_x = 62.04 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_{yw} = M_y / W_y = 26.39 \text{ daN/cm}^2$$

$$(\sigma_{xw} / f_{md}) + 0,7 (\sigma_{yw} / f_{md}) = 0.839 < 1 \text{ (Ok)}$$

$$(\sigma_{yw} / f_{md}) + 0,7 (\sigma_{xw} / f_{md}) = 0.727 < 1 \text{ (Ok)}$$

Verifica a taglio:

$$V_x = (Q_y L) / 2 = 516.8 \text{ daN}$$

$$V_y = (Q_x L) / 2 = 177.9 \text{ daN}$$

$$\tau_{wx} = 1,5 V_x / A = 3.24 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_{wy} = 1,5 V_y / A = 1.12 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_w = (\tau_{wx}^2 + \tau_{wy}^2)^{1/2} = 3.43 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 16.00 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Frecce in esercizio:

Deformazione istantanea per effetto dei carichi permanenti:

$$U1Xi = ((5 G1x L^4) / (384 E_m J_y)) + ((1.2 G1x L^2) / (8 G_m A)) = 8.241 \text{ mm}$$

$$U1Yi = ((5 G1y L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 G1y L^2) / (8 G_m A)) = 15.785 \text{ mm}$$

Deformazione istantanea per effetto dei carichi variabili:

$$U2Xi = ((5 Q1x L^4) / (384 E_m J_y)) + ((1.2 Q1x L^2) / (8 G_m A)) = 5.410 \text{ mm}$$

$$U2Yi = ((5 Q1y L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 Q1y L^2) / (8 G_m A)) = 10.362 \text{ mm}$$

$$U2i = (U2Xi^2 + U2Yi^2)^{1/2} = 11.689 \text{ mm}$$

Deformazione finale per effetto dei carichi permanenti + variabili:

$$UXfin = U1Xi (1 + Kdef) + U2Xi (1 + \psi/2 Kdef) = 20.244 \text{ mm} \quad (Kdef = 0.800, \psi/2 = 0.00):$$

$$UYfin = U1Yi (1 + Kdef) + U2Yi (1 + \psi/2 Kdef) = 38.775 \text{ mm} \quad (Kdef = 0.800, \psi/2 = 0.00):$$

$$Ufin = (UXfin^2 + UYfin^2)^{1/2} = 43.741 \text{ mm}$$

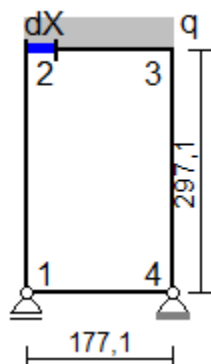
Verifiche di deformazione:

$$U2i / L = 1 / 513 < 1 / 250 \text{ (Ok)}$$

$$Ufin / L = 1 / 137 < 1 / 100 \text{ (Ok)}$$

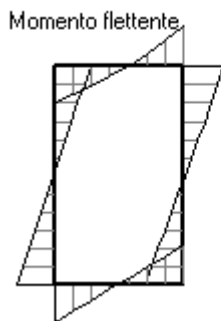
Verifiche dei telai.

Telaio A

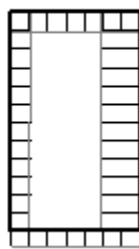


$$dX = 1.330 \text{ cm}, \quad q = Gk + \psi/2 Qk = 23.66 \text{ daN/cm} \quad (\psi/2 = 0.30)$$

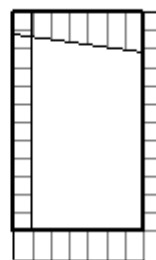
Sollecitazioni telaio A



Sforzo normale



Taglio



Sollecitazione di compressione per $N > 0$

Verifica sezioni in acciaio del tratto 1-2

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1-2	1	0.0	-581710.6	-4229.0	3815.0
	2	24.8	-487257.2	-4246.6	3815.0
	3	49.5	-392803.8	-4264.2	3815.0
	4	74.3	-298350.5	-4281.9	3815.0
	5	99.0	-203897.1	-4299.5	3815.0
	6	123.8	-109443.8	-4317.1	3815.0
	7	148.6	-14990.4	-4334.7	3815.0
	8	173.3	79463.0	-4352.3	3815.0
	9	198.1	173916.3	-4369.9	3815.0
	10	222.8	268369.7	-4387.5	3815.0

11	247.6	362823.1	-4405.1	3815.0
12	272.3	457276.4	-4422.7	3815.0
13	297.1	551729.8	-4440.3	3815.0

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 180	18.0	17.1	293,6	324,9	45.3	14.5	0.60	0.95	1.50

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-2

Taglio: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Ved = 1907,5 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 21955.81$ daN

Ved / $V_{crd} = 0.087 < 1$ Ok

Tenso-flessione: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -290855,3 daNcm, Ned = -2114,5 daN, Ved = 1907,5 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.45$, $\psi = -1.10$

Ali in compressione: $c_f / e = 7.58 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 20.33 < 36 \varepsilon / \alpha = 74.37$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 118642.9$ daN

$n = N_{ed} / N_{rd} = -0.018$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.245$

$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 850928.6$ daNcm

$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 987020.7$ daNcm $> M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$

Med / $M_{nrd} = 0.34 < 1$ Ok

Verifica sezioni in acciaio del tratto 2-3

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
2-3	1	0.0	551729.8	4097.6	-4440.3
	2	25.3	431590.6	4097.6	-5056.8
	3	50.6	295853.8	4097.6	-5673.3
	4	75.9	144519.3	4097.6	-6289.9
	5	101.2	-22412.8	4097.6	-6906.4
	6	126.5	-204942.5	4097.6	-7522.9
	7	151.8	-403069.9	4097.6	-8139.4
	8	177.1	-616794.9	4097.6	-8755.9

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 180	18.0	17.1	293,6	324,9	45.3	14.5	0.60	0.95	1.50

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 2-3

Taglio: sez. 8, dist. = 177,1 cm, Ved = -4377,9 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 21955.81$ daN

Ved / $V_{crd} = 0.199 < 1$ Ok

Presso-flessione: sez. 8, dist. = 177,1 cm, Med = -308397,5 daNcm, Ned = 2048,8 daN, Ved = -4377,9 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.55$, $\psi = -0.91$

Ali in compressione: $c_f / e = 7.58 < 9 \varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 20.33 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 59.41$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 118642.9 \text{ daN}$$

$$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.017, \quad a = (A - 2 B e) / A = 0.245$$

$$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 850928.6 \text{ daNcm}$$

$$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 952991.6 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$$

$$M_{ed} / M_{nrd} = 0.36 < 1 \text{ Ok}$$

sez. 1, dist. = 0,0 cm, $M_{ed} = 275864,9 \text{ daNcm}$, $N_{ed} = 2048,8 \text{ daN}$, $V_{ed} = -2220,2 \text{ daN}$

Instabilità a compressione:

$$N_{cr} = \pi^2 E J / l_0^2 = 1658653.0 \text{ daN}$$

$$N_{ed} < 0.04 N_{cr} \Rightarrow \text{Verifica non richiesta}$$

Verifica sezioni in acciaio del tratto 3-4

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
3-4	1	0.0	-616794.9	8755.9	4097.6
	2	24.8	-515346.1	8773.5	4097.6
	3	49.5	-413897.3	8791.1	4097.6
	4	74.3	-312448.4	8808.7	4097.6
	5	99.0	-210999.6	8826.3	4097.6
	6	123.8	-109550.7	8843.9	4097.6
	7	148.6	-8101.9	8861.5	4097.6
	8	173.3	93347.0	8879.1	4097.6
	9	198.1	194795.8	8896.8	4097.6
	10	222.8	296244.7	8914.4	4097.6
	11	247.6	397693.5	8932.0	4097.6
	12	272.3	499142.3	8949.6	4097.6
	13	297.1	600591.2	8967.2	4097.6

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	W _x [cm ³]	W _{px} [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 180	18.0	17.1	293,6	324,9	45.3	14.5	0.60	0.95	1.50

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 3-4

Taglio: sez. 1, dist. = 0,0 cm, $V_{ed} = 2048,8 \text{ daN}$

$$\text{Taglio resistente: } V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 21955.81 \text{ daN}$$

$$V_{ed} / V_{crd} = 0.093 < 1 \text{ Ok}$$

Presso-flessione: sez. 1, dist. = 0,0 cm, $M_{ed} = -308397,5 \text{ daNcm}$, $N_{ed} = 4377,9 \text{ daN}$, $V_{ed} = 2048,8 \text{ daN}$

Classificazione della sezione:

$$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92, \quad \alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.61, \quad \psi = -0.82$$

$$\text{Ali in compressione: } c_f / e = 7.58 < 9 \varepsilon = 8.32 \text{ (cl. 1)}$$

$$\text{Anima a presso-flessione: } c_w / a = 20.33 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 52.95 \text{ (cl. 1)}$$

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 118642.9 \text{ daN}$$

$$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.037, \quad a = (A - 2 B e) / A = 0.245$$

$$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 850928.6 \text{ daNcm}$$

$$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 933954.1 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$$

$$M_{ed} / M_{nrd} = 0.36 < 1 \text{ Ok}$$

sez. 13, dist. = 297,1 cm, $M_{ed} = 300295,6 \text{ daNcm}$, $N_{ed} = 4483,6 \text{ daN}$, $V_{ed} = 2048,8 \text{ daN}$

Instabilità a compressione:

$$N_{cr} = \pi^2 E J / l_0^2 = 589369.2 \text{ daN}$$

$$N_{ed} < 0.04 N_{cr} \Rightarrow \text{Verifica non richiesta}$$

Verifica sezioni in acciaio del tratto 4-1

Tratto	sez.	dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
4-1	1	0.0	581710.6	3815.0	-6612.9
	2	25.3	414176.0	3815.0	-6630.9
	3	50.6	246186.3	3815.0	-6648.9
	4	75.9	77741.3	3815.0	-6666.9
	5	101.2	-91159.0	3815.0	-6684.9
	6	126.5	-260514.5	3815.0	-6702.9
	7	151.8	-430325.2	3815.0	-6720.9
	8	177.1	-600591.2	3815.0	-6738.9

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [cm]	e [cm]	r [cm]
HEA 180	18.0	17.1	293,6	324,9	45.3	14.5	0.60	0.95	1.50

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 4-1

Taglio: sez. 8, dist. = 177,1 cm, Ved = -3369,4 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 21955.81 \text{ daN}$

$V_{ed} / V_{crd} = 0.153 < 1$ Ok

Presso-flessione: sez. 8, dist. = 177,1 cm, Med = -300295,6 daNcm, Ned = 1907,5 daN, Ved = -3369,4 daN

Classificazione della sezione:

$\varepsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.55$, $\psi = -0.92$

Ali in compressione: $c_f / e = 7.58 < 9$ $\varepsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 20.33 < 396 \varepsilon / (13 \alpha - 1) = 59.85$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 118642.9 \text{ daN}$

$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.016$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.245$

$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 850928.6 \text{ daNcm}$

$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 954146.4 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$

$Med / M_{nrd} = 0.35 < 1$ Ok