

PROGETTO: AMPLIAMENTO DEL PARCO PUBBLICO DI VIA REGINA
VIA REGINA 70, BRIENNO

OGGETTO: INTERVENTI STRUTTURE

CALCOLO DELLE STRUTTURE

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	ELABORATI DI RIFERIMENTO	4
4	MATERIALI	5
4.1	CALCESTRUZZO	5
4.2	ACCIAIO	5
4.3	LEGNO	5
4.4	PIETRA	5
5	ANALISI DEI CARICHI	6
5.1	PESI PROPRI STRUTTURALI	6
5.2	PESI PROPRI NON STRUTTURALI	6
5.3	SOVRACCARICHI DI ESERCIZIO	6
5.4	AZIONE DEL VENTO	7
5.5	AZIONE DELLA NEVE	10
5.6	AZIONE SISMICA	11
6	VERIFICHE	16
6.1	TRAVE HEA220 RASTREMATA	16
6.2	HEM200 RASTREMATA	22
6.4	PARAPETTO	42
6.5	GRADINO IN PIETRA	45
6.7	MODELLO AD ELEMENTI FINITI DELLO SBALZO	46
6.8	MODELLO AD ELEMENTI FINITI DELLA STRUTTURA IN LEGNO	50
6.9	TRAVE SECONDARIA 150X150	59
6.10	TRAVE PRINCIPALE 150X300	65
6.11	PILASTRO 150X150	71
6.12	MURO IN C.A.	76
6.14	PLATEA IN C.A.	77
6.16	PRESSIONI SUL TERRENO	79
6.17	MURO ESISTENTE IN PIETRA	80

Il calcolatore della struttura in oggetto:

Ing. Andrea Castiglioni
via bazzini n. 24 – 20131 Milano
Ordine Ingegneri Milano n. 18086

Rev00: emissione

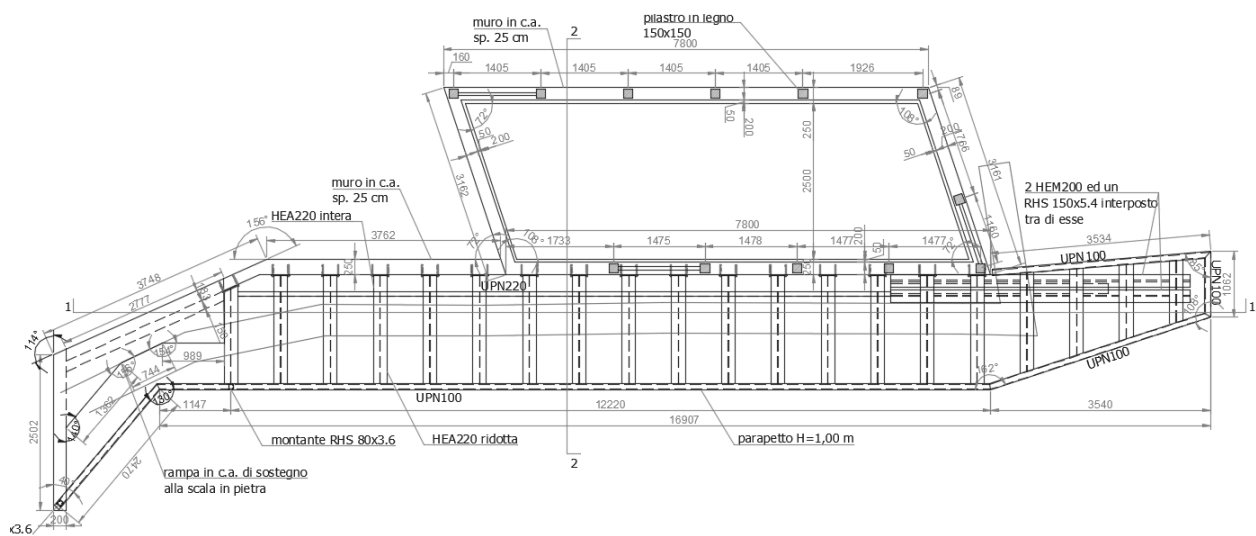


1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la verifica delle strutture previste nel progetto di ampliamento del parco pubblico sito in via Regina n. 70 a Brienno.

Le strutture, visibili nella pianta sottostante, consistono in:

- una struttura in c.a. di fondazione per il locale di nuova realizzazione, composta da quattro pozzetti di dimensioni medie $0,80 \times 0,80 \times 0,80 \text{ m}^3$ a ridosso del muro esistente, una platea di dimensioni $7,80 \times 3,20 \text{ m}^2$ e spessore 20 cm, un muro in c.a. di spessore 25 cm ed altezza 65 cm di contorno alla platea ed alla struttura in acciaio;
- una struttura in acciaio composta da profili del tipo HEM200, HEA220, UPN220, RHS 150x5.4, poggiate e fissate alla struttura in c.a. di cui al punto precedente;
- un parapetto in acciaio costituito da montanti tondi $\phi 14$ e quadrati di lato 10 mm alternati di contorno alla struttura di acciaio ed alla scala di cui sotto;
- una struttura monopiano in legno massiccio composta da montanti 150×150 e travi 150×150 e 150×300 , di dimensioni in pianta $7,80 \times 3,20 \text{ m}^2$ ed altezza variabile tra 2,50 m e 2,80 m;
- una rampa in c.a. di sostegno alla scala in pietra di spessore 20 cm e lunghezza 3,10 m.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Normativa nazionale

D.M. 17 gennaio 2018

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Circolare n. 7 C.S.LL.PP – 21 gennaio 2019

Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni».

Legge 2 febbraio 1974, n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Legge 5 novembre 1971, n. 1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

Normativa regionale

D.G.R. 30 marzo 2016, n. X/5001

Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica.

L.R. 12 ottobre 2015, n. 33

Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche.

Norme UNI

UNI EN 1993-1-1:2014

Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

Istruzioni C.N.R.

C.N.R. DT 206-R1 / 2018

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture di legno

C.N.R. DT 207-R1 / 2018

Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni

3 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Disegni di layout strutture:

ST00_Specifiche dei materiali

ST01_Pianta fondazioni

ST02_Vista piano calpestio e copertura

ST03_Sezioni trasversali

ST04_Sezione longitudinale

ST05_Tipici e dettagli

4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

Per la realizzazione dei solai a piano terra e a piano secondo si prevede l'uso dei calcestruzzi indicati di seguito.

CALCESTRUZZO FONDAZIONI

Si prescrive un calcestruzzo con le seguenti caratteristiche:

Classe di resistenza C32/40

Classe di consistenza S4

Classe di esposizione ambientale XC4

Diametro massimo degli aggregati 25 mm

Le caratteristiche meccaniche di progetto sono:

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 33,2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 18,81 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 33\,643 \text{ N/mm}^2$$

4.2 ACCIAIO

ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Si prescrive l'uso di acciaio di classe S275 con le seguenti caratteristiche:

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

$$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$$

ACCIAIO DA CALCESTRUZZO ARMATO

Si prescrive acciaio tipo B450C per barre e B450A per reti elettrosaldate.

Le caratteristiche meccaniche di progetto sono:

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$$

4.3 LEGNO

Per il legno esistente dei solai a piano secondo si assume una classe di resistenza C24. I parametri meccanici risultano:

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2 \text{ (resistenza caratteristica a flessione)}$$

$$f_{m,d} = 10,7 \text{ N/mm}^2 \text{ (resistenza di progetto a flessione)}$$

$$f_{v,k} = 4,0 \text{ N/mm}^2 \text{ (resistenza caratteristica a taglio)}$$

$$f_{v,d} = 1,8 \text{ N/mm}^2 \text{ (resistenza di progetto a taglio)}$$

$$E_{m,0,mean} = 11\,000 \text{ N/mm}^2 \text{ (modulo elastico medio longitudinale)}$$

$$E_{0,05} = 7\,400 \text{ N/mm}^2 \text{ (modulo elastico caratteristico longitudinale)}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ N/mm}^2 \text{ (modulo elastico medio tangenziale)}$$

$$G_{0,05} = 464 \text{ N/mm}^2 \text{ (modulo elastico caratteristico tangenziale)}$$

$$\rho_{mean} = 420 \text{ kg/m}^3 \text{ (densità media)}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3 \text{ (densità caratteristica)}$$

4.4 PIETRA

Per la scala in pietra si prevede l'uso di una pietra con resistenza a flessione pari a $7,0 \text{ N/mm}^2$.

5 ANALISI DEI CARICHI

5.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

Si adottano i seguenti pesi specifici per i materiali strutturali:

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

$$\gamma_{acciaio} = 78,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{legno} = 6,0 \text{ kN/m}^3$$

5.2 PESI PROPRI NON STRUTTURALI

Sulla struttura di acciaio è previsto un pavimento in legno. Ai fini dei calcoli statici si assume il seguente peso proprio:

Strato	Peso specifico [kN/m ³]	Spessore [cm]	Peso unitario [kN/m ²]
Pavimento in legno	6	6,5	0,39
Totale			0,39

Sulla copertura dell'edificio in legno è prevista la seguente stratigrafia:

Strato	Peso specifico [kN/m ³]	Spessore [cm]	Peso unitario [kN/m ²]
Doppia lastra cartongesso per esterni	13	2,5	0,33
Lana di roccia	1,50	15	0,23
Doppia lastra cartongesso per esterni	13	2,5	0,33
Totale			0,89

5.3 SOVRACCARICHI DI ESERCIZIO

Il sovraccarico agente sulla struttura di acciaio e a pavimento del locale in legno è assunto pari a 4,00 kN/m² (ambiente suscettibile di affollamento).

Il sovraccarico agente sulla copertura della struttura in legno è assunto pari a 0,50 kN/m² (copertura accessibile per sola manutenzione).

Si adottano i seguenti coefficienti di combinazione, come prescritto dal §2.5.2 delle NTC2018:

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
D – ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
H - coperture	0,0	0,0	0,0

5.4 AZIONE DEL VENTO

La spinta del vento è calcolata come indicato al §3.3 delle NTC2018 e nell'appendice G del DT 207-R1/2018 del C.N.R.. Si riportano di seguito i calcoli:

INPUT	
Scenario di progetto	
Fase definitiva (T_r 50 anni)	<input checked="" type="radio"/>
Fase definitiva (T_r 100 anni)	<input type="radio"/>
Fase di costruzione o transitoria con durata prevista ≤ 3 mesi	<input type="radio"/>
Fase di costruzione o transitoria con durata prevista > 3 mesi e ≤ 1 anno	<input type="radio"/>
Geografia	
Comune	Brienno
Distanza dalla costa	164 km
Altitudine s.l.m.	538 m
Classe di rugosità	
A	<input type="radio"/>
B	<input type="radio"/>
C	<input type="radio"/>
D	<input checked="" type="radio"/>
Caratteristiche struttura	
z	3.00 m
Lato 1 in pianta	7.70 m
Lato 2 in pianta	3.35 m
α	0°
$\phi_{dir.perpendicolare}$	1.00
$\phi_{dir.parallela}$	0.00
OUTPUT	
Regione	Lombardia
Provincia	Como
T_R	50 anni
Zona (Tab. 3.3.I.)	1
$v_{b,0}$	25 m/s
a_0	1000 m
k_s	0.40
c_a	1
v_b	25 m/s
c_r	1.00
v_r	25 m/s
q_r	0.39 kN/m ²
Categoria esposiz.	III
k_r	0.20
z_0	0.10 m
z_{min}	5.00 m
c_e	1.71
p	0.67 kN/m²

Coefficienti di pressione		
Vento in direzione $\pm X$		
<i>Pareti verticali</i>		
b	3.35 m	
d	7.70 m	
h/d	0.39	
		Sopravento
C_{pe}	0.74	
		Laterali
C_{pe}	-0.81	
		Sottovento
C_{pe}	-0.38	
<i>Copertura</i>		
	Fascia sopravento di profondità 1.68 m	
$C_{pe,A}$	-0.80	
	Restante parte di profondità 6.03 m	
$C_{pe,B+}$	0.20	
$C_{pe,B-}$	-0.20	
<i>Pressione interna</i>		
C_{pi+}	0.67	
C_{pi-}	-0.73	
Vento in direzione $\pm Y$		
<i>Pareti verticali</i>		
b	7.70 m	
d	3.35 m	
h/d	0.90	
		Sopravento
C_{pe}	0.79	
		Laterali
C_{pe}	-1.22	
		Sottovento
C_{pe}	-0.48	
<i>Copertura</i>		
	Fascia sopravento di profondità 1.68 m	
$C_{pe,A}$	-0.80	
	-Restante parte di profondità 1.68 m	
$C_{pe,B+}$	0.20	
$C_{pe,B-}$	-0.20	
<i>Pressione interna</i>		
C_{pi+}	0.71	
C_{pi-}	-1.09	

Spinte - pressione interna positiva		
	Vento in dir. $\pm X$	Vento in dir. $\pm Y$
Parete sopravento	0.36 kN/m ²	0.05 kN/m ²
Parete laterale	-0.66 kN/m ²	-1.28 kN/m ²
Parete sottovento	-0.38 kN/m ²	-0.79 kN/m ²
Copertura - fascia sopravento	-0.98 kN/m ²	-1.01 kN/m ²
Copertura - fascia sottovento	-0.31 kN/m ²	-0.34 kN/m ²
	-0.58 kN/m ²	-0.61 kN/m ²

Spinte - pressione interna negativa		
	Vento in dir. $\pm X$	Vento in dir. $\pm Y$
Parete sopravento	0.97 kN/m ²	1.25 kN/m ²
Parete laterale	-0.04 kN/m ²	-0.08 kN/m ²
Parete sottovento	0.23 kN/m ²	0.40 kN/m ²
Copertura - fascia sopravento	-0.05 kN/m ²	0.19 kN/m ²
Copertura - fascia sottovento	0.61 kN/m ²	0.86 kN/m ²
	0.35 kN/m ²	0.59 kN/m ²

5.5 AZIONE DELLA NEVE

Il carico da neve è calcolato come indicato al §3.4 delle NTC2018. Si riportano di seguito i calcoli:

INPUT	
Scenario di progetto	
Fase definitiva (T_r 50 anni)	<input checked="" type="radio"/>
Fase definitiva (T_r 100 anni)	<input type="radio"/>
Fase di costruzione o transitoria con durata prevista ≤ 3 mesi	<input type="radio"/>
Fase di costruzione o transitoria con durata prevista > 3 mesi e ≤ 1 anno	<input type="radio"/>
Comune	
Brienno	
Altitudine	
a_s	538 m
Esposizione	
Battuta dai venti	<input checked="" type="radio"/>
Normale	<input type="radio"/>
Riparata	<input type="radio"/>
Caratteristiche copertura	
Inclinazione	
α	0°
Parapetto / ostruzione in gronda	
Presente	<input type="radio"/>
Assente	<input checked="" type="radio"/>
Coefficiente termico	
C_t	1
OUTPUT	
Carico della neve sulla copertura	
Provincia	Como
Zona (§3.4)	I - Alpina
q_{sk}	2.15 kN/m ²
n	50 anni
P_n	0.02
v	0.6
q_{sn}	2.15 kN/m ²
μ	0.8
C_E	0.9
q_s	1.55 kN/m ²

5.6 AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata applicata alla struttura tramite il software di calcolo ad elementi finiti ModeSt, di cui al seguente §6.6, basato sul §3.2 delle NTC2018.

A seguire si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione ed estremi della licenza d'uso:

Titolo: Modest
Versione: 8.26
Autore-Distributore: Tecnisoft S.a.s. – via F.Ferrucci, 203/C – 59100 Prato
Estremi licenza d'uso: Ing. Castiglioni Andrea, via Teodosio 17 – 20131 Milano

Titolo: XFinest
Versione: 2019
Autore-Distributore: Ce.A.S. s.r.l. viale Giustiniano, 10 – 20129 Milano
Estremi licenza d'uso: Ing. Castiglioni Andrea, via Teodosio 17 – 20131 Milano

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 una 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:

Le società produttrici Tecnisoft s.a.s. e Ce.A.S. hanno 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.

L'edificio, costituito dal chiosco e dalla passerella che ne consente l'accesso, è ordinario ed inquadrato nella classe d'uso II del §2.4.2 delle NTC2018, per cui la vita di riferimento al fine del calcolo dell'azione sismica è pari a $V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 1 = 50 \text{ anni}$.

Ai fini della definizione dei sovraccarichi di esercizio e dei rispettivi coefficienti di combinazione, facendo riferimento alla tabella 3.1.II delle NTC2018, il locale del chiosco in legno rientra nella categoria C1 "aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento", mentre la passerella accanto ad esso rientra nella categoria C – "scale comuni, balconi e ballatoi"; la copertura del chiosco è in categoria H – "coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione".

L'edificio è stato considerato in classe di duttilità "B", regolare in pianta e regolare in altezza. Ai fini del calcolo del fattore di struttura si assume la struttura come "Struttura reticolare con collegamenti a mezzo di chiodi, viti, bulloni e spinotti", come indicato nella tabella 7.3.II delle NTC2018.

Si assume come categoria del terreno la C di cui alla tabella 3.2.II delle NTC2018, ovvero "deposito di terreno a grana grossa mediamente addensato o terreno a grana fina mediamente consistente"; la categoria topografica considerata è la T2, di cui alla tabella 3.2.III delle NTC2018, ovvero "Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ".

I parametri base della vulnerabilità sismica del sito sono stati desunti automaticamente dal software tramite le coordinate geografiche del sito, ovvero latitudine 45.91349 e longitudine 9.13183.

L'analisi dei modi di vibrare è stata eseguita con il metodo degli autovalori.

Si riportano di seguito le impostazioni del software con il quale si è fatto il modello agli elementi finiti:

Calcolo struttura con metodo FEM

Opzioni Salva Carica Esporta Importa

Generali | Dati struttura | Dati di piano | Dati di calcolo | Ambienti | Combinazioni | Opzioni pushover

Normativa

☐ Tensioni ammissibili D.M. 92
☐ Stati limite D.M. 96
☒ Stati limite D.M. 18

Tipo di calcolo

☐ Statico
☐ Solo modi di vibrare
☐ Sismica statica
☒ Sismica dinamica
☐ Sismica statica non lineare (pushover a fibre)

Generazione combinazioni

☒ Lineari
☐ Non lineari
☐ Valuta spostamenti e non sollecitazioni

Numero step intermedi

☐ Salva risultati intermedi
☐ Buckling

Numero forme di buckling

Vincoli esterni

☒ Considera sempre vincoli assegnati in modellazione
☐ Considera incastrate fondazioni per analisi sismiche

Piani rigidi

☒ Nessun impalcato rigido
☐ Metodo Master-Slave
☐ Metodo Master-Slave solo per forze sismiche
☐ Controventatura solai
☐ Controventatura solai solo per forze sismiche
☐ Avanzate

Selezione solai controventati

Selezione solai controventati solo per forze sismiche

Recupero masse secondarie

☐ Trasferire le masse

☐ All'impalcato più vicino in assoluto
☐ Anche sui nodi degli impalcati non rigidi
☐ Modificare coordinate baricentro impalcati rigidi

☒ XY
☐ XYZ

☒ Mantenere masse e forze relative sul nodo
☐ Annullare masse e forze relative

Individuazione perimetri impalcato

☐ Dagli elementi appartenenti all'impalcato
☒ Dagli elementi giacenti sull'impalcato
☐ Dai solai appartenenti all'impalcato

Ripristina valori predefiniti

Calcolo struttura con metodo FEM

Opzioni Salva Carica Esporta Importa

Generali Dati struttura Dati di piano Dati di calcolo Ambienti Combinazioni Opzioni pushover

☐ Edificio esistente

Spettri Automatici da normativa

Sito di costruzione: LON. 9.13183 LAT. 45.91349

Contenuto tra ID reticolo: 10262 10263 10040 10041

Tipo di opera Opera ordinaria Vita nominale V_N 50

Classe d'uso Classe II

<input type="checkbox"/> SLO-Pvr		Ag		Fo		Tc*	
<input checked="" type="checkbox"/> SLD-Pvr	63	Ag	0.196314	Fo	2.58631	Tc*	0.161316
<input checked="" type="checkbox"/> SLV-Pvr	10	Ag	0.404865	Fo	2.64929	Tc*	0.28
<input type="checkbox"/> SLC-Pvr		Ag		Fo		Tc*	

☒ Struttura dissipativa

Quota di riferimento <m> 0

Quota max della struttura <m> 2.88

Numero piani edificio 0

Coefficiente θ 0

☒ Edificio regolare in altezza

☒ Edificio regolare in pianta

☐ Genera stati limite per verifiche di resistenza al fuoco

☐ Genera le combinazioni corrispondenti allo stato attuale

Ripristina valori predefiniti OK Annulla

Calcolo struttura con metodo FEM

Opzioni Salva Carica Esporta Importa

Generali | Dati struttura | Dati di piano | Dati di calcolo | Ambienti | Combinazioni | Opzioni pushover

Categoria del suolo di fondazione C

Categoria topografica T2 - Pendii... Coeff. amplificazione topografica S_T 1.2

☐ Tipologia diversa nelle due direzioni sismiche

Direzione X Direzione Y

Tipologia strutturale legno a strutture re...

☒ Valuta T1 in modo automatico

Periodo T_1

Coeff. λ SLV 1

Rapporto di sovrarresistenza (α_u/α_1)

Valore di riferimento del fattore di comportamento (q_0) 2.5

Fattore riduttivo (K_R) 1

Fattore di comportamento dissipativo (q) 2.5

Fattore di comportamento non dissipativo (q_{ND}) 1.5

Fattore di comportamento per SLD (q_D) 1.5

Fattore di comportamento per sisma verticale (q_v) 1.5

Smorzamento spettro < % > 5

Visualizza spettri

Angolo di ingresso del sisma < grad > 0

Modalità di calcolo modi di vibrare CCE per vettori di Ritz e numero di modi da calcolare

☒ Autovalori Num. modi 10 CCE Num. modi

☐ Ritz-vectors Num. vettori CCE Num. modi

CCE Num. modi

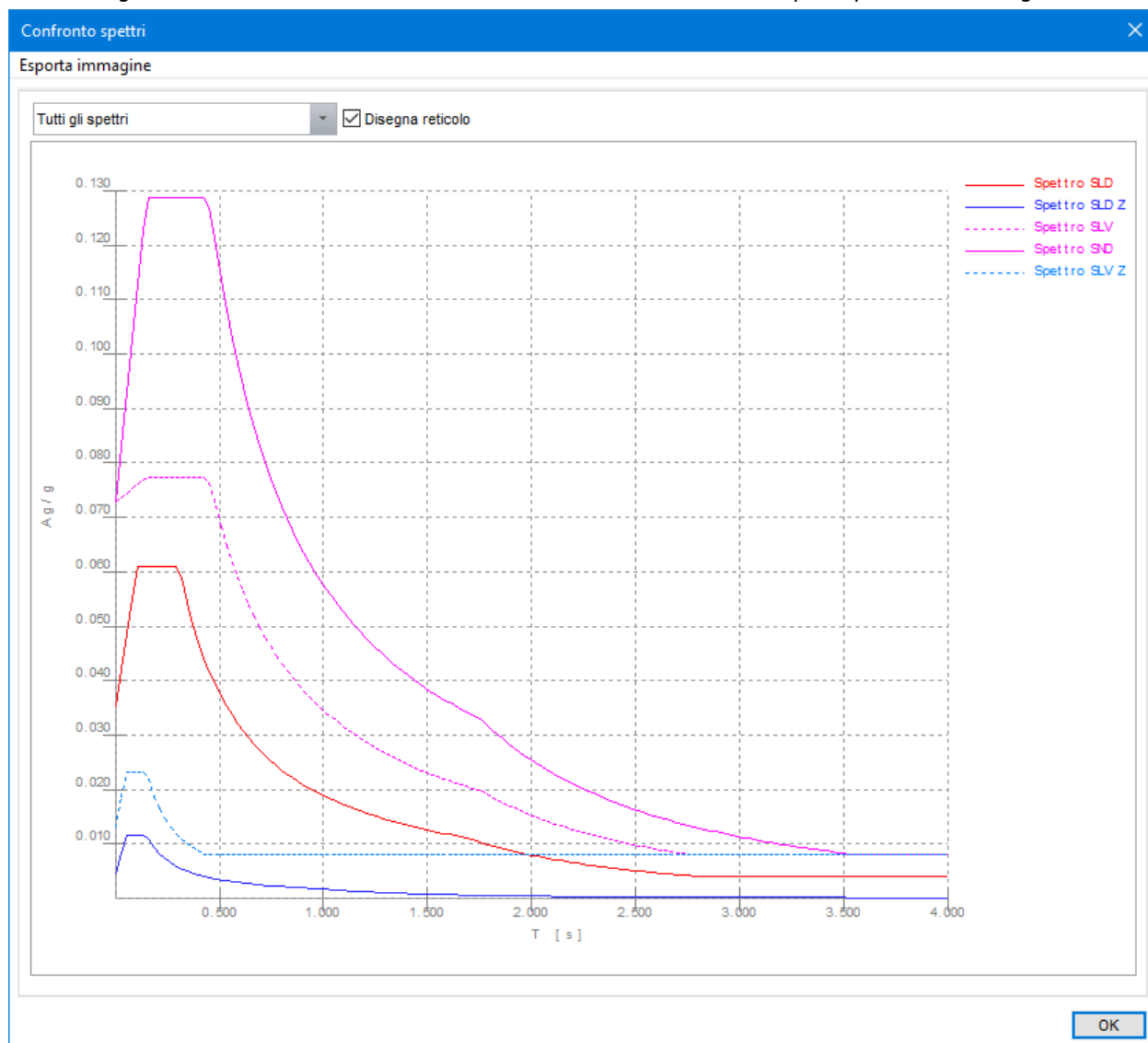
Modi da considerare

☒ Tutti i modi calcolati

☐ Tali da movimentare una percentuale di massa pari a < % > 85

Ripristina valori predefiniti OK Annulla

Si riportano di seguito gli spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali:



6 VERIFICHE

6.1 TRAVE HEA220 RASTREMATA

La trave è stata schematizzata come una mensola di lunghezza 1,80 m. Il carico è stato modellato come uniformemente ripartito sulla luce della trave. Si riportano di seguito i calcoli di verifica:

INPUT	
Modellazione	
Modellazione ala superiore	
Considera	<input checked="" type="radio"/>
Trascura	<input type="radio"/>
Modellazione luce di instabilità	
Luce sbalzo	<input type="radio"/>
Distanza ritegno	<input checked="" type="radio"/>
Geometria	
Trave	
Lunghezza mensola	1.80 m
Lungh. rastremaz.	1.50 m
x verifica	1.80 m
Ritegno-estr. libero	0.10 m
Interasse	0.80 m
Altezza minima	0.10 m
Anima	
Altezza	199 mm
Spessore	7.0 mm
Ala	
Larghezza	220 mm
Spessore	11.0 mm
Acciaio	
Classe di resistenza	
S235	<input type="radio"/>
S275	<input checked="" type="radio"/>
S355	<input type="radio"/>
Costanti elastiche	
E	206 000 N/mm ²
G	78 400 N/mm ²
Carichi	
G ₂	0.39 kN/m ²
Q _{sovraccarico}	4.00 kN/m ²
Q _{neve}	1.55 kN/m ²
Verifica deformabilità	
Coperture in generale	<input type="radio"/>
Coperture praticabili	<input type="radio"/>
Solai in generale	<input type="radio"/>
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	<input type="radio"/>
Solai che supportano colonne	<input checked="" type="radio"/>
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	<input type="radio"/>

OUTPUT

h_{anima}	199 mm
$J_{t,anima}$	22 752 mm ⁴
$J_{t,ala}$	97 607 mm ⁴
$J_{t,totale}$	120 359 mm ⁴
C	9.44E+09 N mm ²
A_{anima}	1 393 mm ²
A_{ala}	2 420 mm ²
A_{totale}	3 813 mm ²
$Y_{G,anima}$	99.5 mm
$Y_{G,ala}$	205 mm
$Y_{G,totale}$	166 mm
$J_{G,xx,anima}$	4.6E+06 mm ⁴
$J_{G,yy,anima}$	5.7E+03 mm ⁴
$J_{G,xx,ala}$	2.4E+04 mm ⁴
$J_{G,yy,ala}$	9.8E+06 mm ⁴
$d_{G,anima}$	67 mm
$d_{G,ala}$	38 mm
$J_{G,xx,totale}$	1.4E+07 mm ⁴
$J_{G,yy,totale}$	9.8E+06 mm ⁴
$J_{G,min}$	9.8E+06 mm ⁴
B	2.01E+12 N mm ²
L_{cr}	3.50 m
M_{cr}	123.7 kNm
G_1	0.30 kN/m
G_2	0.31 kN/m
$Q_{sovraccarico}$	3.20 kN/m
Q_{neve}	1.24 kN/m
$F_{Ed,SLU}$	8.38 kN/m
$F_{Ed,FREQUENTE}$	2.85 kN/m
$M_{Ed,SLU}$	13.6 kNm
f_{yk}	275 N/mm ²
f_{yd}	262 N/mm ²
ε	0.92
Y_{inf}	166.1 mm
Y_{sup}	43.9 mm
W_{inf}	8.6E+04 mm ³
W_{sup}	3.3E+05 mm ³

Verifica di resistenza				
W_{min}	8.6E+04 mm ³			
M_{Rd}	23 kNm	≥	13.6 kNm	60%
Verifica di stabilità				
λ_{LT}	0.43			
β	1			
$\lambda_{LT,0}$	0.2			
α_{LT}	0.76			
k_c	0.91			
f	0.97			
ϕ_{LT}	0.68			
χ_{LT}	0.86			
$M_{b,Rd}$	19.4 kNm	≥	13.6 kNm	70%
Verifica deformabilità				
δ_{max}	2L/400	=	9 mm	
$F_{Ed,RARA}$	5.05 kN/m			
E	206 000 N/mm ²			
J_{xx}	1.4E+07 mm ⁴			
δ	2.2 mm	≤	9 mm	25%
$\delta_{2,max}$	2L/400	=	9 mm	
Q	3.82 kN/m			
δ_2	1.7	≤	9 mm	19%
Verifica vibrazione				
E	206 000 N/mm ²			
J_{xx}	1.4E+07 mm ⁴			
μ	31 kg/m			
f_1	5.4 Hz	≥	3.0 Hz	56%

Si riportano di seguito il diagramma del momento flettente sollecitante e di quelli resistenti, distinguendo tra M_{Rd} , momento resistente della sezione, ed $M_{b,Rd}$, momento resistente che tiene conto dell'instabilità della trave. Il momento $M_{b,Rd}$ è stato calcolato seguendo il procedimento indicato al § con la seguente espressione:

$$M_{b,Rd} = \frac{\pi}{L_{cr}} \cdot \sqrt{E \cdot J_{min} \cdot G \cdot J_{tor}}$$

dove L_{cr} è la lunghezza di libera inflessione dell'asta,

E il modulo di elasticità longitudinale,

J_{min} il minimo momento di inerzia della sezione,

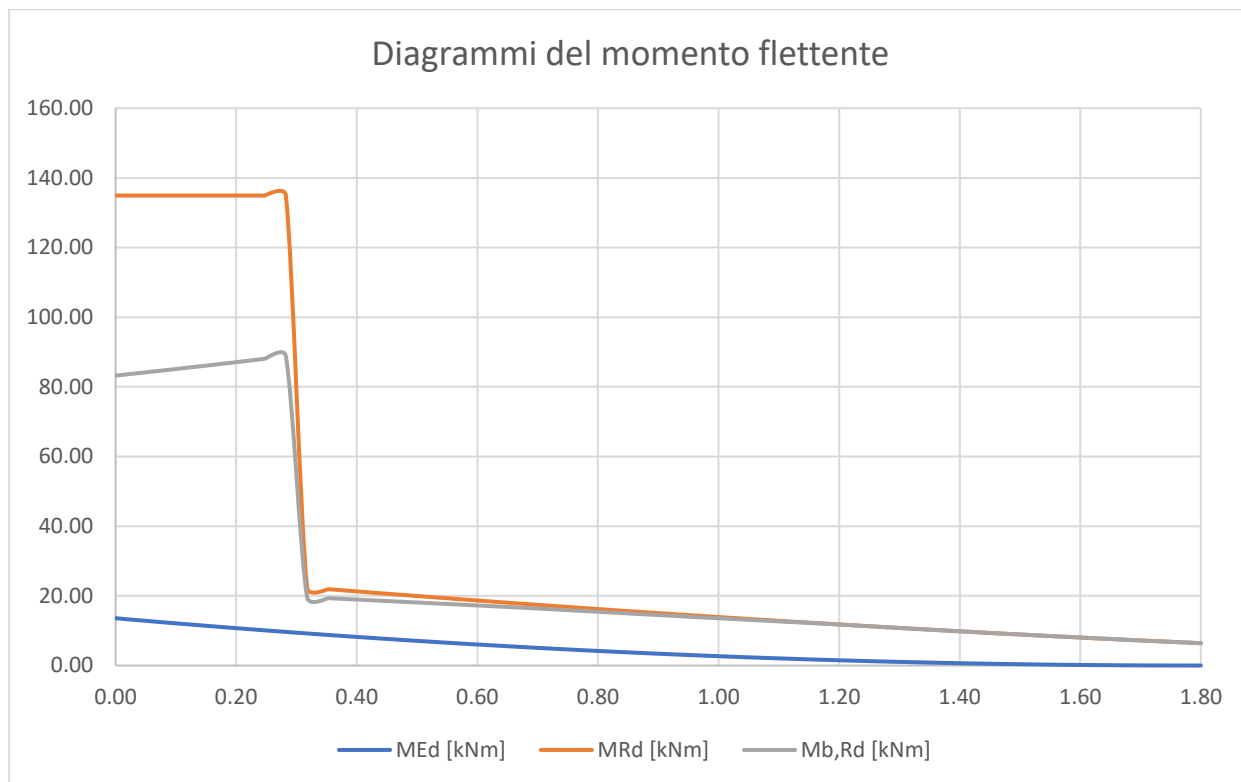
G il modulo di elasticità a taglio,

J_{tor} il momento di inerzia a torsione della sezione

Il momento d'inerzia torsionale è stato calcolato con la seguente espressione:

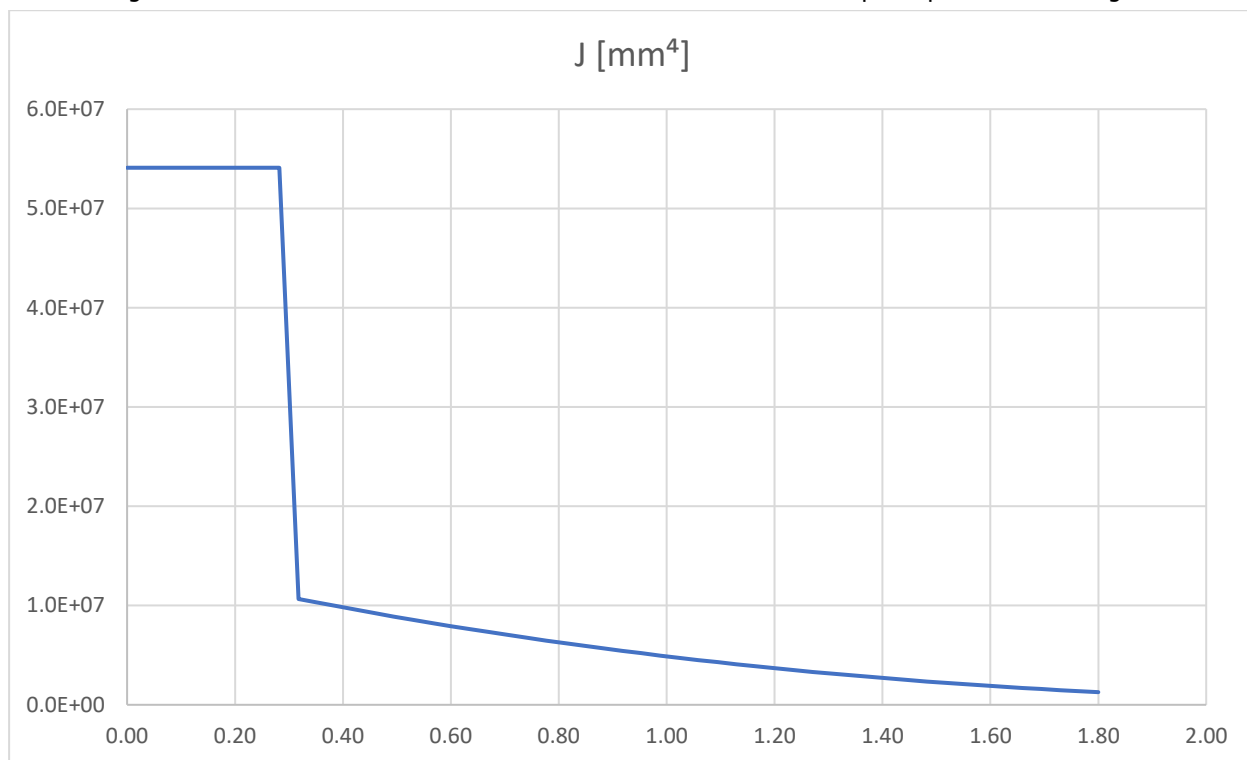
$$J_{\text{tor}} = \frac{1}{3} \cdot \sum a \cdot t^3$$

dove a e t sono rispettivamente la lunghezza e lo spessore dell'anima e delle ali della sezione.



Come si vede nel diagramma il momento resistente è sempre maggiore del momento sollecitante.

Si riporta di seguito lo sviluppo del momento di inerzia della sezione rastremata lungo la lunghezza della trave:



Si procede al calcolo della deflessione in combinazione rara considerando la rastremazione dell'anima. Il procedimento è basato sulla suddivisione della trave in tronchi di lunghezza $dx = 0,04$ m; successivamente, dopo aver determinato il momento sollecitante ed il momento di inerzia di quel tronco si calcola la rotazione della trave in quel punto con la seguente espressione:

$$\alpha_i = \frac{M dx}{EJ(x)}$$

Quindi si calcola l'abbassamento del singolo tronco con la seguente espressione:

$$f_i = \alpha_i dx$$

ed infine si fa la somma delle frecce di tutti i singoli tronchi per ricavare quella totale all'estremità della trave:

$$f = \sum f_i$$

Si riporta di seguito il tabulato di calcolo. Risulta un abbassamento pari a 2,4 mm, praticamente uguale a quello calcolato in precedenza.

x [m]	J [mm ⁴]	$I_{Ed,RARA}$ [kNn]	α [rad]	f [mm]
0.00	5.4E+07	8.18	0.0E+00	0.0E+00
0.04	5.4E+07	7.87	2.5E-05	8.8E-04
0.07	5.4E+07	7.55	4.9E-05	1.7E-03
0.11	5.4E+07	7.25	7.2E-05	2.5E-03
0.14	5.4E+07	6.95	9.4E-05	3.3E-03
0.18	5.4E+07	6.66	1.1E-04	4.1E-03
0.21	5.4E+07	6.37	1.4E-04	4.8E-03
0.25	5.4E+07	6.09	1.5E-04	5.4E-03
0.28	5.4E+07	5.82	1.7E-04	6.1E-03
0.32	1.1E+07	5.55	2.6E-04	9.2E-03
0.35	1.0E+07	5.29	3.5E-04	1.2E-02
0.39	9.9E+06	5.03	4.4E-04	1.5E-02
0.42	9.6E+06	4.79	5.2E-04	1.8E-02
0.46	9.2E+06	4.54	6.1E-04	2.1E-02
0.49	8.9E+06	4.31	6.9E-04	2.4E-02
0.53	8.6E+06	4.08	7.7E-04	2.7E-02
0.56	8.2E+06	3.85	8.5E-04	3.0E-02
0.60	7.9E+06	3.64	9.3E-04	3.3E-02
0.64	7.6E+06	3.43	1.0E-03	3.6E-02
0.67	7.3E+06	3.22	1.1E-03	3.8E-02
0.71	7.0E+06	3.02	1.2E-03	4.1E-02
0.74	6.7E+06	2.83	1.2E-03	4.3E-02
0.78	6.5E+06	2.65	1.3E-03	4.6E-02
0.81	6.2E+06	2.47	1.4E-03	4.8E-02
0.85	5.9E+06	2.29	1.4E-03	5.1E-02
0.88	5.7E+06	2.13	1.5E-03	5.3E-02
0.92	5.4E+06	1.97	1.6E-03	5.5E-02
0.95	5.2E+06	1.81	1.6E-03	5.7E-02
0.99	5.0E+06	1.66	1.7E-03	5.9E-02
1.02	4.7E+06	1.52	1.7E-03	6.1E-02
1.06	4.5E+06	1.39	1.8E-03	6.3E-02
1.09	4.3E+06	1.26	1.8E-03	6.5E-02
1.13	4.1E+06	1.14	1.9E-03	6.6E-02
1.16	3.9E+06	1.02	1.9E-03	6.8E-02
1.20	3.7E+06	0.91	2.0E-03	6.9E-02
1.24	3.5E+06	0.81	2.0E-03	7.1E-02
1.27	3.3E+06	0.71	2.0E-03	7.2E-02
1.31	3.1E+06	0.62	2.1E-03	7.3E-02
1.34	3.0E+06	0.53	2.1E-03	7.4E-02
1.38	2.8E+06	0.45	2.1E-03	7.5E-02
1.41	2.7E+06	0.38	2.2E-03	7.6E-02
1.45	2.5E+06	0.31	2.2E-03	7.7E-02
1.48	2.4E+06	0.25	2.2E-03	7.8E-02
1.52	2.2E+06	0.20	2.2E-03	7.8E-02
1.55	2.1E+06	0.15	2.2E-03	7.9E-02
1.59	1.9E+06	0.11	2.2E-03	7.9E-02
1.62	1.8E+06	0.08	2.2E-03	7.9E-02
1.66	1.7E+06	0.05	2.3E-03	7.9E-02
1.69	1.6E+06	0.03	2.3E-03	8.0E-02
1.73	1.5E+06	0.01	2.3E-03	8.0E-02
1.76	1.4E+06	0.00	2.3E-03	8.0E-02
1.80	1.3E+06	0.00	2.3E-03	8.0E-02
TOTALE				2.4 mm

6.2 HEM200 RASTREMATA

La trave è stata schematizzata come una mensola. Il carico è stato modellato come uniformemente ripartito. Di seguito si riportano le verifiche nel caso di acciaio di classe S235:

INPUT	
Modellazione	
Forma trave	
Intera	<input type="radio"/>
Ala inf. tagliata	<input checked="" type="radio"/>
Ala superiore	
Considera	<input checked="" type="radio"/>
Trascura	<input type="radio"/>
Luce di instabilità	
Luce totale sbalzo	<input type="radio"/>
Distanza tra ritegni	<input checked="" type="radio"/>
Schema statico luce instabilità con ritegni	
Doppia cerniera	<input type="radio"/>
Mensola	<input checked="" type="radio"/>
Geometria	
Trave	
Lunghezza mensola	3.50 m
Lungh. rastremaz.	3.50 m
Altezza minima	0.10 m
x verifica	3.50 m
Interasse ritegni	0.80 m
Numero travi	2
Tipo sezione	
IPE	<input type="radio"/>
HEA	<input type="radio"/>
HEB	<input type="radio"/>
HEM	<input checked="" type="radio"/>
Profilo	
HE 200 M	
Acciaio	
Classe di resistenza	
S235	<input checked="" type="radio"/>
S275	<input type="radio"/>
S355	<input type="radio"/>
Costanti elastiche	
E	206 000 N/mm ²
G	78 400 N/mm ²
Carichi	
G ₁	0.51 kN/m ²
G ₂	0.39 kN/m ²
Q _{sovraccarico}	4.00 kN/m ²
Q _{neve}	0.00 kN/m ²
Larghezza di influenza	
L _{infl,min}	1.27 m
L _{infl,max}	1.90 m

Verifica deformabilità	
Coperture in generale	<input type="radio"/>
Coperture praticabili	<input type="radio"/>
Solai in generale	<input type="radio"/>
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	<input type="radio"/>
Solai che supportano colonne	<input checked="" type="radio"/>
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	<input type="radio"/>
OUTPUT	

Caratteristiche geometriche anima

$h_{\max, \text{anima}}$	195 mm
h_{anima}	195 mm
t_{anima}	15.0 mm
A_{anima}	2 925 mm ²
$Y_{G, \text{anima}}$	97.5 mm
$J_{G, xx, \text{anima}}$	9.3E+06 mm ⁴
$J_{G, yy, \text{anima}}$	5.5E+04 mm ⁴
$J_{t, \text{anima}}$	219 375 mm ⁴

Caratteristiche geometriche ala

b_{ala}	206 mm
t_{ala}	25.0 mm
A_{ala}	5 150 mm ²
$Y_{G, \text{ala}}$	208 mm
$J_{G, xx, \text{ala}}$	2.7E+05 mm ⁴
$J_{G, yy, \text{ala}}$	1.8E+07 mm ⁴
$J_{t, \text{ala}}$	1 072 917 mm ⁴

Caratteristiche geometriche globali

$Y_{G, \text{totale}}$	168 mm
A_{totale}	8 075 mm ²
$d_{G, \text{anima}}$	70 mm
$d_{G, \text{ala}}$	40 mm
$J_{G, xx, \text{totale}}$	3.2E+07 mm ⁴
$J_{G, yy, \text{totale}}$	1.83E+07 mm ⁴
$J_{G, \min}$	1.83E+07 mm ⁴
$J_{t, \text{totale}}$	1 292 292 mm ⁴
J_{ω}	-
B	3.76E+12 N mm ²
C	1.01E+11 N mm ²
L_{cr}	1.60 m
ψ	1.00
M_{cr}	1212.4 kNm
y_{\inf}	167.7 mm
y_{\sup}	52.3 mm
W_{\inf}	1.9E+05 mm ³
W_{\sup}	6.1E+05 mm ³

Carichi e sollecitazioni

$L_{infl,media}$	1.58 m
G_1	1.03 kN/m
G_2	0.31 kN/m
$Q_{sovraccarico}$	3.17 kN/m
Q_{neve}	0.00 kN/m
$F_{Ed,SLU}$	6.50 kN/m
$M_{Ed,SLU}$	39.8 kNm

Classificazione sezione

f_{yk}	235 N/mm ²
f_{yd}	224 N/mm ²
ε	1.00
$\sigma_{inf,compr}$	64.9 N/mm ²
$\sigma_{sup,troz}$	207.7 N/mm ²
ψ	-3.20
c	195 mm
t	15.0 mm
c/t	13.0

Classe 1

Verifica di resistenza

W_{min}	1.9E+05 mm ³			
M_{Rd}	43 kNm	≥	39.8 kNm	93%

Verifica di stabilità

λ_{LT}	0.19			
β	1			
$\lambda_{LT,0}$	0.2			
α_{LT}	0.76			
k_c	0.91			
f	0.99			
ϕ_{LT}	0.52			
χ_{LT}	1.00			
$M_{b,Rd}$	42.9 kNm	≥	39.8 kNm	93%

Verifica deformabilità

δ_{max}	2L/400	=	18 mm	
$F_{Ed,RARA}$	4.51 kN/m			
E	206 000 N/mm ²			
J_{xx}	3.2E+07 mm ⁴			
δ	12.8 mm	≤	18 mm	73%
$\delta_{2,max}$	2L/500	=	14 mm	
Q	3.17 kN/m			
δ_2	9.0 mm	≤	14 mm	64%

Verifica vibrazione

$F_{Ed,FREQ}$	3.56 kN/m			
δ	10.1 mm			
f_1	5.7 Hz	≥	3.0 Hz	53%

Di seguito si riportano le verifiche nel caso di acciaio di classe S275:

INPUT		
Modellazione		
Forma trave		
Intera	<input type="radio"/>	
Ala inf. tagliata	<input checked="" type="radio"/>	
Ala superiore		
Considera	<input checked="" type="radio"/>	
Trascura	<input type="radio"/>	
Luce di instabilità		
Luce totale sbalzo	<input type="radio"/>	
Distanza tra ritegni	<input checked="" type="radio"/>	
Schema statico luce instabilità con ritegni		
Doppia cerniera	<input type="radio"/>	
Mensola	<input checked="" type="radio"/>	
Geometria		
Trave		
Lunghezza mensola	3.50 m	
Lungh. rastremaz.	3.50 m	
Altezza minima	0.10 m	
x verifica	3.50 m	
Interasse ritegni	0.80 m	
Numero travi	2	
Tipo sezione		
IPE	<input type="radio"/>	
HEA	<input type="radio"/>	
HEB	<input type="radio"/>	
HEM	<input checked="" type="radio"/>	
Profilo		
HE 200 M		
Acciaio		
Classe di resistenza		
S235	<input type="radio"/>	
S275	<input checked="" type="radio"/>	
S355	<input type="radio"/>	
Costanti elastiche		
E	206 000 N/mm ²	
G	78 400 N/mm ²	
Carichi		
G ₁	0.51 kN/m ²	
G ₂	0.39 kN/m ²	
Q _{sovraccarico}	4.00 kN/m ²	
Q _{neve}	0.00 kN/m ²	
Larghezza di influenza		
L _{infl,min}	1.27 m	
L _{infl,max}	1.90 m	

Verifica deformabilità	
Coperture in generale	<input type="radio"/>
Coperture praticabili	<input type="radio"/>
Solai in generale	<input type="radio"/>
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	<input type="radio"/>
Solai che supportano colonne	<input checked="" type="radio"/>
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	<input type="radio"/>
OUTPUT	

Caratteristiche geometriche anima

$h_{\max, \text{anima}}$	195 mm
h_{anima}	195 mm
t_{anima}	15.0 mm
A_{anima}	2 925 mm ²
$Y_{G, \text{anima}}$	97.5 mm
$J_{G, xx, \text{anima}}$	9.3E+06 mm ⁴
$J_{G, yy, \text{anima}}$	5.5E+04 mm ⁴
$J_{t, \text{anima}}$	219 375 mm ⁴

Caratteristiche geometriche ala

b_{ala}	206 mm
t_{ala}	25.0 mm
A_{ala}	5 150 mm ²
$Y_{G, \text{ala}}$	208 mm
$J_{G, xx, \text{ala}}$	2.7E+05 mm ⁴
$J_{G, yy, \text{ala}}$	1.8E+07 mm ⁴
$J_{t, \text{ala}}$	1 072 917 mm ⁴

Caratteristiche geometriche globali

$Y_{G, \text{totale}}$	168 mm
A_{totale}	8 075 mm ²
$d_{G, \text{anima}}$	70 mm
$d_{G, \text{ala}}$	40 mm
$J_{G, xx, \text{totale}}$	3.2E+07 mm ⁴
$J_{G, yy, \text{totale}}$	1.83E+07 mm ⁴
$J_{G, \min}$	1.83E+07 mm ⁴
$J_{t, \text{totale}}$	1 292 292 mm ⁴
J_{ω}	-
B	3.76E+12 N mm ²
C	1.01E+11 N mm ²
L_{cr}	1.60 m
ψ	1.00
M_{cr}	1212.4 kNm
y_{\inf}	167.7 mm
y_{\sup}	52.3 mm
W_{\inf}	1.9E+05 mm ³
W_{\sup}	6.1E+05 mm ³

Carichi e sollecitazioni

$L_{infl,media}$	1.58 m
G_1	1.03 kN/m
G_2	0.31 kN/m
$Q_{sovraccarico}$	3.17 kN/m
Q_{neve}	0.00 kN/m
$F_{Ed,SLU}$	6.50 kN/m
$M_{Ed,SLU}$	39.8 kNm

Classificazione sezione

f_{yk}	275 N/mm ²
f_{yd}	262 N/mm ²
ε	0.92
$\sigma_{inf,compr}$	64.9 N/mm ²
$\sigma_{sup,troz}$	207.7 N/mm ²
ψ	-3.20
c	195 mm
t	15.0 mm
c/t	13.0

Classe 1

Verifica di resistenza

W_{min}	1.9E+05 mm ³			
M_{Rd}	50 kNm	≥	39.8 kNm	79%

Verifica di stabilità

λ_{LT}	0.21			
β	1			
$\lambda_{LT,0}$	0.2			
α_{LT}	0.76			
k_c	0.91			
f	0.99			
ϕ_{LT}	0.52			
χ_{LT}	1.00			
$M_{b,Rd}$	50.2 kNm	≥	39.8 kNm	79%

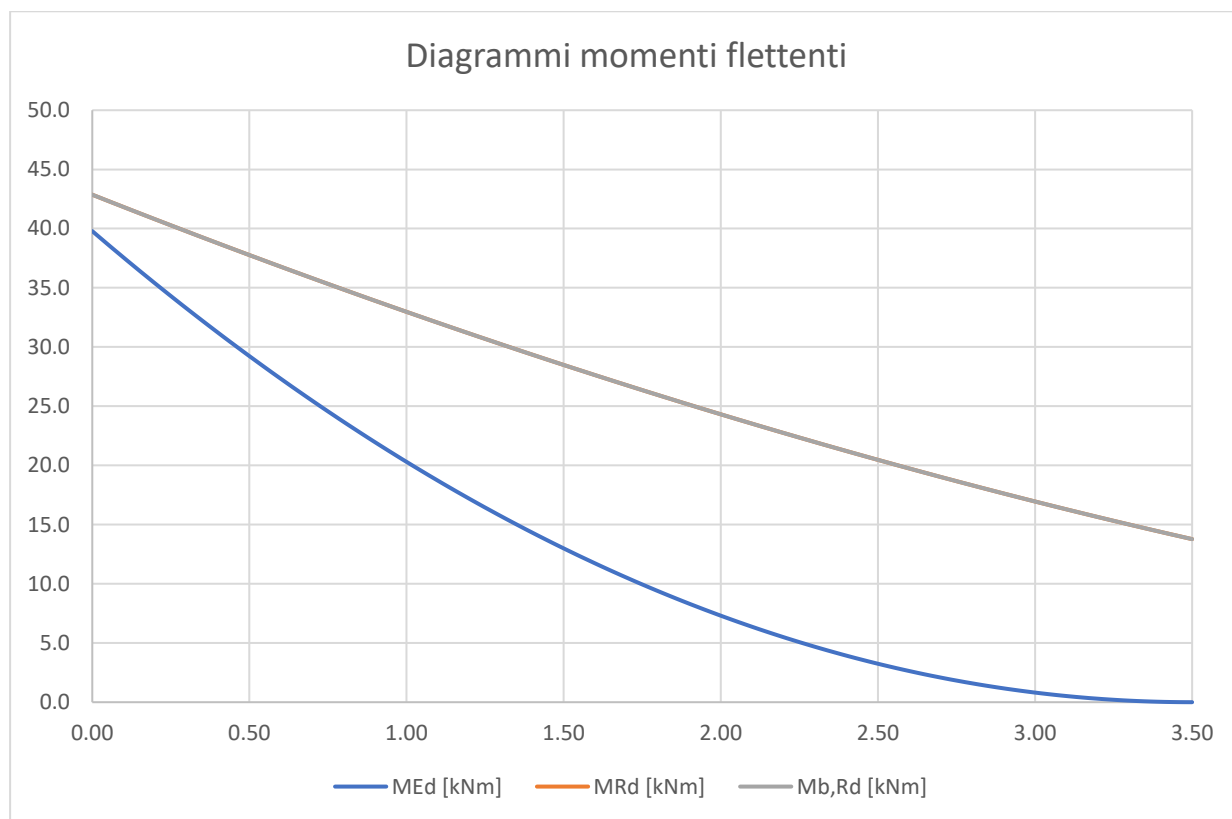
Verifica deformabilità

δ_{max}	2L/400	=	18 mm	
$F_{Ed,RARA}$	4.51 kN/m			
E	206 000 N/mm ²			
J_{xx}	3.2E+07 mm ⁴			
δ	12.8 mm	≤	18 mm	73%
$\delta_{2,max}$	2L/500	=	14 mm	
Q	3.17 kN/m			
δ_2	9.0 mm	≤	14 mm	64%

Verifica vibrazione

$F_{Ed,FREQ}$	3.56 kN/m			
δ	10.1 mm			
f_1	5.7 Hz	≥	3.0 Hz	53%

Si riportano di seguito su un diagramma l'andamento del momento flettente sollecitante e quello del momento flettente resistente, nel caso di acciaio S275. Si nota come il momento resistente a flessione della sezione e quello resistente dell'asta all'instabilità coincidano, poiché i ritegni laterali tra i due profili HEM200 fanno sì che il coefficiente riduttivo χ sia pari ad 1.

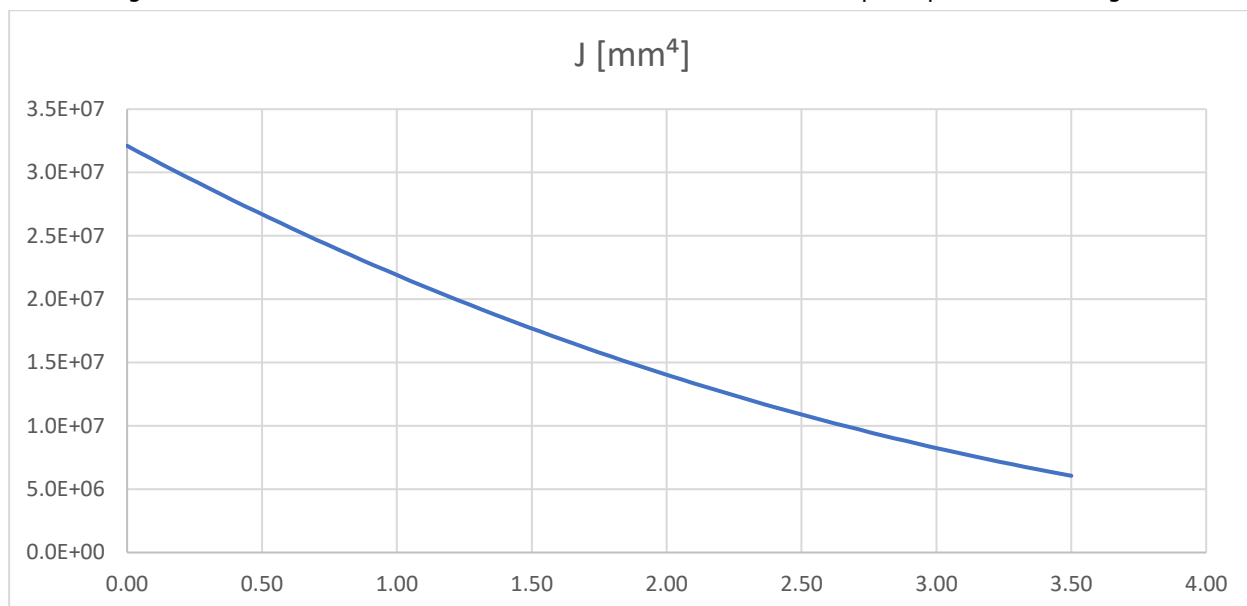


Si sottolinea inoltre che queste verifiche non tengono conto dell'irrigidimento e della resistenza a flessione del profilo RHS 150x5.4 interposto tra di esse.

Si rimanda al §6.7 per un'ulteriore analisi della deformabilità, e quindi delle verifiche agli stati limite di esercizio della struttura.

Come si vede nel diagramma il momento resistente è sempre maggiore del momento sollecitante.

Si riporta di seguito lo sviluppo del momento di inerzia della sezione rastremata lungo la lunghezza della trave:



Si procede al calcolo della deflessione in combinazione rara considerando la rastremazione dell'anima. Il procedimento è basato sulla suddivisione della trave in tronchi di lunghezza $dx = 0,04$ m; successivamente, dopo aver determinato il momento sollecitante ed il momento di inerzia di quel tronco si calcola la rotazione della trave in quel punto con la seguente espressione:

$$\alpha_i = \frac{Mdx}{EJ(x)}$$

Quindi si calcola l'abbassamento del singolo tronco con la seguente espressione:

$$f_i = \alpha_i dx$$

ed infine si fa la somma delle frecce di tutti i singoli tronchi per ricavare quella totale all'estremità della trave:

$$f = \sum f_i$$

Si riporta di seguito il tabulato di calcolo:

x [mm]	J [mm ⁴]	I _{Ed,RARA} [kN r]	α [rad]	f [mm]
0.00	3.2E+07	28	0.0E+00	0.0E+00
0.04	3.2E+07	27	1.8E-04	7.9E-03
0.09	3.1E+07	26	3.6E-04	1.6E-02
0.13	3.1E+07	26	5.3E-04	2.3E-02
0.18	3.0E+07	25	7.0E-04	3.1E-02
0.22	3.0E+07	24	8.7E-04	3.8E-02
0.26	2.9E+07	24	1.0E-03	4.5E-02
0.31	2.9E+07	23	1.2E-03	5.2E-02
0.35	2.8E+07	22	1.3E-03	5.9E-02
0.39	2.8E+07	22	1.5E-03	6.5E-02
0.44	2.7E+07	21	1.6E-03	7.2E-02
0.48	2.7E+07	21	1.8E-03	7.8E-02
0.53	2.6E+07	20	1.9E-03	8.4E-02
0.57	2.6E+07	19	2.1E-03	9.0E-02
0.61	2.6E+07	19	2.2E-03	9.6E-02
0.66	2.5E+07	18	2.3E-03	1.0E-01
0.70	2.5E+07	18	2.4E-03	1.1E-01
0.74	2.4E+07	17	2.5E-03	1.1E-01
0.79	2.4E+07	17	2.7E-03	1.2E-01
0.83	2.3E+07	16	2.8E-03	1.2E-01
0.88	2.3E+07	16	2.9E-03	1.3E-01
0.92	2.3E+07	15	3.0E-03	1.3E-01
0.96	2.2E+07	15	3.0E-03	1.3E-01
1.01	2.2E+07	14	3.1E-03	1.4E-01
1.05	2.1E+07	14	3.2E-03	1.4E-01
1.09	2.1E+07	13	3.3E-03	1.4E-01
1.14	2.1E+07	13	3.4E-03	1.5E-01
1.18	2.0E+07	12	3.4E-03	1.5E-01
1.23	2.0E+07	12	3.5E-03	1.5E-01
1.27	2.0E+07	11	3.5E-03	1.5E-01
1.31	1.9E+07	11	3.6E-03	1.6E-01
1.36	1.9E+07	10	3.6E-03	1.6E-01
1.40	1.8E+07	10	3.7E-03	1.6E-01
1.44	1.8E+07	10	3.7E-03	1.6E-01
1.49	1.8E+07	9	3.7E-03	1.6E-01
1.53	1.7E+07	9	3.7E-03	1.6E-01
1.58	1.7E+07	8	3.7E-03	1.6E-01
1.62	1.7E+07	8	3.7E-03	1.6E-01
1.66	1.6E+07	8	3.7E-03	1.6E-01
1.71	1.6E+07	7	3.7E-03	1.6E-01
1.75	1.6E+07	7	3.7E-03	1.6E-01
1.79	1.5E+07	7	3.7E-03	1.6E-01
1.84	1.5E+07	6	3.7E-03	1.6E-01
1.88	1.5E+07	6	3.6E-03	1.6E-01
1.93	1.5E+07	6	3.6E-03	1.6E-01
1.97	1.4E+07	5	3.5E-03	1.6E-01
2.01	1.4E+07	5	3.5E-03	1.5E-01
2.06	1.4E+07	5	3.4E-03	1.5E-01
2.10	1.3E+07	4	3.4E-03	1.5E-01
2.14	1.3E+07	4	3.3E-03	1.4E-01
2.19	1.3E+07	4	3.2E-03	1.4E-01
2.23	1.3E+07	4	3.1E-03	1.4E-01
2.28	1.2E+07	3	3.1E-03	1.3E-01
2.32	1.2E+07	3	3.0E-03	1.3E-01
2.36	1.2E+07	3	2.9E-03	1.3E-01
2.41	1.1E+07	3	2.8E-03	1.2E-01
2.45	1.1E+07	2	2.6E-03	1.2E-01
2.49	1.1E+07	2	2.5E-03	1.1E-01
2.54	1.1E+07	2	2.4E-03	1.1E-01
2.58	1.0E+07	2	2.3E-03	1.0E-01
2.63	1.0E+07	2	2.2E-03	9.4E-02
2.67	9.9E+06	2	2.0E-03	8.9E-02
2.71	9.7E+06	1	1.9E-03	8.3E-02
2.76	9.5E+06	1	1.8E-03	7.7E-02
2.80	9.2E+06	1	1.6E-03	7.1E-02
2.84	9.0E+06	1	1.5E-03	6.5E-02
2.89	8.8E+06	1	1.3E-03	5.9E-02
2.93	8.6E+06	1	1.2E-03	5.3E-02
2.98	8.4E+06	1	1.1E-03	4.7E-02
3.02	8.2E+06	1	9.4E-04	4.1E-02
3.06	7.9E+06	0	8.1E-04	3.5E-02
3.11	7.7E+06	0	6.8E-04	3.0E-02
3.15	7.5E+06	0	5.6E-04	2.5E-02
3.19	7.3E+06	0	4.5E-04	2.0E-02
3.24	7.1E+06	0	3.4E-04	1.5E-02
3.28	7.0E+06	0	2.5E-04	1.1E-02
3.33	6.8E+06	0	1.6E-04	7.2E-03
3.37	6.6E+06	0	9.6E-05	4.2E-03
3.41	6.4E+06	0	4.5E-05	2.0E-03
3.46	6.2E+06	0	1.2E-05	5.1E-04
3.50	6.1E+06	0	0.0E+00	0.0E+00
TOTALE				7.9 mm

Risulta un abbassamento di 7,9 mm, inferiore a 12,8 mm calcolato in precedenza. Questa differenza è dovuta al fatto che la stima precedente è stata fatta considerando la trave con inerzia costante è pari a quella minima.

Si riporta di seguito la verifica dell'inghisaggio con barre M16 cl. 8.8 e resina Hilti HIT-HY 200-A sul calcestruzzo:



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

www.hilti.it

Impresa:
Indirizzo:
Telefono / Fax:
Design:
Contratto N°:

Attacco IPE220 su c/s sbalzo 3,50 m

Pagina: 1
Progettista:
E-mail:
Data: 17/05/2022

Commenti del progettista:

1 Dimensionamento ancorante

1.1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-RE 500 V4 + HAS-U 5.8 M16

Periodo di ritorno (durata in anni): 50

Codice articolo: 2223869 HAS-U 5.8 M16x260 (inserire) / 2287552
HIT-RE 500 V4 (composto indurente)



Hilti Seismic set o altro sistema per il riempimento dello spazio aulare tra piastra e ancorante.

Profondità di posa effettiva: $h_{ef,act} = 200,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,lim} = - \text{mm}$)

Materiale: 5.8

Certificazione No.: ETA 20/0541

Emesso / Valido: 04/09/2021 | -

Prova: Valutazione ingegneristica SOFA BOND dopo la campagna di test ETAG BOND

Fissaggio distanziato: $e_b = 0,0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 12,0 \text{ mm}$

Piastra d'ancoraggio^{CBFEM}: $l_x \times l_y \times t = 1.600,0 \text{ mm} \times 500,0 \text{ mm} \times 12,0 \text{ mm}$

Profilo: Tubolare, 108 x 4,0; ($L \times W \times T$) = 108,0 mm x 108,0 mm x 4,0 mm

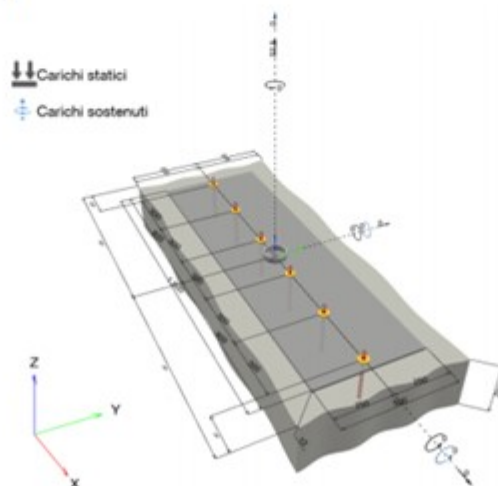
Materiale base: fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{c,cube} = 30,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 250,0 \text{ mm}$, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C

Installazione: Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto

Armatura: nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque \emptyset) o $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$)
senza armatura di bordo longitudinale

^{CBFEM} - Il calcolo dell'ancorante è basato su un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan.



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

www.hilti.it

Impresa:
Indirizzo:
Telefono / Fax:
Design: | Attacco IPE220 su cls sbalzo 3,50 m
Contratto N°:

Pagina: 2
Progettista:
E-mail:
Data: 17/05/2022

1.1.1 Combinazione carichi

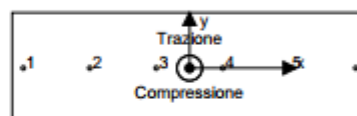
Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max. Tassello [%]
1	Combinazione 1	$N = 52,500; V_x = 0,000; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$	no	no	66

1.2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0,004	0,020	0,020	0,000
2	0,000	0,020	0,020	0,000
3	34,286	0,168	0,168	-0,000
4	34,517	0,168	-0,168	0,000
5	0,000	0,020	-0,020	0,000
6	0,004	0,019	-0,019	-0,000



risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0,5/0,0): 68,812 [kN]

risultante delle forze di compressione (x/y)=(-0,6/-0,6): 21,505 [kN]

Le forze di ancoraggio sono calcolate in base ad un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

www.hilti.it

Impresa:
Indirizzo:
Telefono / Fax:
Design:
Contratto N°:

Pagina: 3
Progettista:
E-mail:
Data: 17/05/2022

1.3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_N [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	34,517	52,333	66	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	68,803	121,576	57	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	68,812	259,827	27	OK
Fessurazione**	68,812	205,264	34	OK

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

1.3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
78,500	1,500	52,333	34,517

1.3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,ec,25}$ [N/mm ²]	$s_{c,Np}$ [mm]	$c_{c,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
376,639	232,107	17,00	481,8	240,9	∞
ψ_c	$\tau_{Rk,ec}$ [N/mm ²]	k	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
1,018	11,20	2,300	1,000	1,000	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{a,Np}$	$\psi_{rn,Np}$
0,5	0,998	0,0	1,000	1,000	1,000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	
112,619	182,365	1,500	121,576	68,803	

ID gruppo ancoranti

3, 4

1.3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{c,N}$ [mm]	$s_{c,N}$ [mm]		
1.260.000	360.000	300,0	600,0		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{a,N}$	$\psi_{rn,N}$
0,5	0,998	0,0	1,000	1,000	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	
7,200	111,542	1,500	259,827	68,812	

ID gruppo ancoranti

1, 3, 4, 6

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

www.hilti.it

Impresa:

Pagina:

4

Indirizzo:

Progettista:

Telefono / Fax:

E-mail:

Design:

Attacco IPE220 su c/c sbalzo 3,50 m

Data:

17/05/2022

Contratto N°:

1.3.4 Fessurazione

$A_{s,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{s,sp}$		
2.173.216	817.216	452,0	904,0	1,039		
$e_{s1,N}$ [mm]	$\psi_{sc1,N}$	$e_{s2,N}$ [mm]	$\psi_{sc2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
0,5	0,999	0,0	1,000	1,000	1,000	7,200
$N_{re,c}^0$ [kN]	$\gamma_{s,sp}$	$N_{re,sp}$ [kN]	N_{sd} [kN]			
111,542	1,500	205,264	68,812			

ID gruppo ancoranti

1, 3, 4, 6



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

www.hilti.it

Impresa:

Indirizzo:

Telefono / Fax:

Design:

Contratto N°:

|
Attacco IPE220 su c/s sbalzo 3,50 m

Pagina:

Progettista:

E-mail:

Data:

5

17/05/2022

1.4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_v [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	0,168	37,728	1	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout*	0,168	74,361	1	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

1.4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

V_{RdA} [kN]	$\gamma_{M,A}$	V_{RdA} [kN]	V_{Sd} [kN]
47,160	1,250	37,728	0,168

1.4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{a,N}$ [mm]	$s_{a,N}$ [mm]	k-factor	
180.000	360.000	300,0	600,0	2,000	
$e_{a1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{a2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{a,N}$	$\psi_{re,N}$
29,7	0,910	301,9	0,498	1,000	1,000
$N_{Rd,C}^0$ [kN]	$\gamma_{M,FP}$	$V_{Rd,FP}$ [kN]	V_{Sd} [kN]		
111,542	1,500	74,361	0,168		

ID gruppo ancoranti

4



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	6
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Attacco IPE220 su cls sbalzo 3,50 m	Data:	17/05/2022
Contratto N°:			

1.5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.4)

Rottura dell'acciaio

β_N	β_V	α	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,660	0,004	2,000	44	OK

$$\beta_N^a + \beta_V^a \leq 1,0$$

1.6 Attenzione

- I metodi di progettazione in PROFIS Engineering richiedono l'impiego di piastre di ancoraggio rigide in base alle attuali disposizioni (ETAG 001/Appendice C, EOTA TR029, ecc.). Questo significa che la redistribuzione sugli ancoranti dovuta alle deformazioni elastiche della piastra di ancoraggio non è considerata - si presuppone che la piastra di ancoraggio sia sufficientemente rigida da non essere deformata quando sottoposta al carico di progetto. PROFIS Engineering calcola lo spessore minimo richiesto per la piastra di ancoraggio con CBFEM per limitare la sollecitazione della piastra di ancoraggio basata sui precedenti presupposti. La verifica se la piastra base rigida sia valida non viene eseguita da PROFIS Engineering. I dati inseriti e i risultati vanno confrontati con le attuali condizioni per verificarne la plausibilità!
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- Il metodo SOFA (fori riempiti) assume l'assenza di spazi anulari tra gli ancoranti e la piastra di ancoraggio. Questo può essere ottenuto mediante il riempimento con resina di sufficiente resistenza a compressione (p.e. usando il sistema Hilti Seismic/Filling set) o attraverso altri mezzi idonei.
- L'utente è responsabile della conformità alle norme correnti (e.g. EC3, AS 4100, ecc.)
- Una verifica agli Stati Limite d'Esercizio non è eseguita da SOFA e deve essere effettuata dall'utente!
- I metodi di progettazione dell'ancoraggio in PROFIS Engineering richiedono delle piastre base rigide, come previsto dalla normativa vigente (AS 5216:2021, ETAG 001/allegato C, TR029 EOTA, ecc.). Ciò significa che la piastra di base deve essere sufficientemente rigida da evitare la redistribuzione del carico tra gli ancoranti dovuta a spostamenti elastici / plastici. L'utente accetta che la piastra base sia considerata quasi rigida secondo i canoni di progettazione.*
- L'adesione chimica caratteristica dipende dal periodo di ritorno (durata in anni): 50

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!
 PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

www.hilti.it

Impresa:
Indirizzo:
Telefono / Fax:
Design:
Contratto N°:

Pagina: 7
Progettista:
E-mail:
Data: 17/05/2022

1.7 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: S 235; $E = 210.000,00 \text{ N/mm}^2$; $f_{yk} = 235,00 \text{ N/mm}^2$

Profilo: Tubolare, 108 x 4,0; (L x W x T) = 108,0 mm x 108,0 mm x 4,0 mm

Diametro del foro nella piastra: $d_f = 18,0 \text{ mm}$

Spessore della piastra (input): 12,0 mm

Metodo di perforazione: Foro con perforazione a roto-percussione

Pulizia: E' necessaria una pulizia accurata del foro (Premium cleaning)

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-RE 500 V4 + HAS-U 5.8 M16

Codice articolo: 2223869 HAS-U 5.8 M16x260 (inserire) / 2287552 HIT-RE 500 V4 (composto indurente)

Coppia di serraggio massima: 80 Nm

Diametro del foro nel materiale base: 18,0 mm

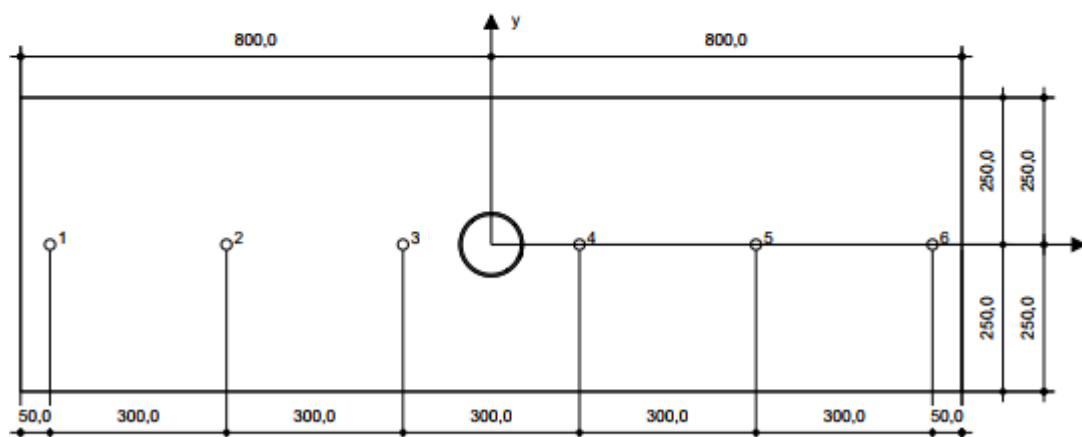
Profondità del foro nel materiale base: 200,0 mm

Spessore minimo del materiale base: 236,0 mm

Hilti HAS-U barra filettata with HIT-RE 500 V4 Resina ad iniezione with 200 mm embedment h_{ef} , M16, Acciaio zincato, Foro eseguito con roto-percussione installation per ETA 20/0541, con fori riempiti attraverso Set Dinamico o altre soluzioni analoghe.

1.7.1 Accessori richiesti

Perforazione	Pulizia	Posa
<ul style="list-style-type: none"> Idoneo per rotopercussione Dimensione appropriata della punta del trapano 	<ul style="list-style-type: none"> Aria compressa con i relativi accessori necessari per soffiare a partire dal fondo del foro. Diametro appropriato dello scovolino 	<ul style="list-style-type: none"> Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore Seismic/Filling set Chiave dinamometrica



Coordinate dell'ancorante [mm]

Ancorante	x	y	c_{ax}	c_{ay}	c_{bx}	c_{by}
1	-750,0	0,0	-	-	-	-
2	-450,0	0,0	-	-	-	-
3	-150,0	0,0	-	-	-	-
4	150,0	0,0	-	-	-	-
5	450,0	0,0	-	-	-	-
6	750,0	0,0	-	-	-	-

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità.
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	8
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Attacco IPE220 su cls sbalzo 3,50 m	Data:	17/05/2022
Contratto N°:			

2 Controllo di rigidità della piastra

2.1 Dati da inserire

Piastra d'ancoraggio:	Forma: Rettangolare $l_x \times l_y \times t = 1.600,0 \text{ mm} \times 500,0 \text{ mm} \times 12,0 \text{ mm}$ Calcolo: Controllo di rigidità piastra Materiale: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$
Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V4 + HAS-U 5.8 M16, $h_{ef} = 200,0 \text{ mm}$
Rigidità di ancoraggio:	L'ancorante è modellato considerando i valori di rigidità valutati secondo le curve sforzo-deformazione determinate tramite test in laboratori indipendenti. Si prega di notare che non è possibile provvedere ad una semplice sostituzione dell'ancorante, in quanto la rigidità dell'ancorante ha grande impatto sui risultati della distribuzione del carico.
Metodo di progettazione:	Progettazione basata su EN utilizzando il FEM basato sul componente
Fissaggio distanziato:	$e_s = 0,0 \text{ mm}$ (Fissaggio a filo materiale base); $t = 12,0 \text{ mm}$
Profilo:	$108 \times 4,0$; $(L \times W \times T \times FT) = 108,0 \text{ mm} \times 108,0 \text{ mm} \times 4,0 \text{ mm} \times$ Materiale: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$ Eccentricità x: 0,0 mm Eccentricità y: 0,0 mm
Materiale base:	Calcestruzzo fessurato; C25/30; $f_{ct,eff} = 25,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 250,0 \text{ mm}$; $E = 31.000,00 \text{ N/mm}^2$; $G = 12.916,67 \text{ N/mm}^2$; $\nu = 0,20$
Saldature (profilo rispetto alla piastra base):	Tipo di ridistribuzione: Plastica Materiale: S 235
Dimensioni delle maglie:	Numero di elementi sul bordo: 8 Dimensione minima dell'elemento: 10,0 mm Dimensione massima dell'elemento: 50,0 mm

2.2 Classificazione piastra di ancoraggio

I risultati in basso sono riportati per le combinazioni decisive del carico: Combinazione 1

Forze di tensione di ancoraggio	Piastra di ancoraggio rigida equivalente (FEM)	Piastra di ancoraggio flessibile (FEM)
Ancoraggio 1	8,617 kN	0,004 kN
Ancoraggio 2	8,764 kN	0,000 kN
Ancoraggio 3	8,869 kN	34,286 kN
Ancoraggio 4	8,869 kN	34,517 kN
Ancoraggio 5	8,764 kN	0,000 kN
Ancoraggio 6	8,617 kN	0,004 kN

L'utente ha accettato di considerare la piastra di ancoraggio selezionata come rigida in base al proprio giudizio di progettazione. Ciò significa che le linee guida di progettazione di ancoraggio si possono applicare.



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

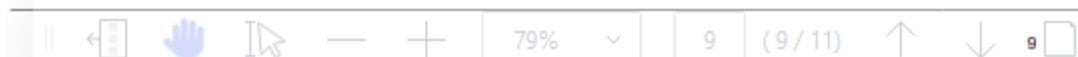
www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	9
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Attacco IPE220 su c/c sbalzo 3,50 m	Data:	17/05/2022
Contratto N°:			

2.3 Attenzione

- Utilizzando la funzionalità di calcolo flessibile di PROFIS Engineering si può agire di fuori i codici al di fuori dei codici di calcolo applicabili e la piastra di ancoraggio specificata potrebbe non rivelarsi propriamente rigida. Si prega di convalidare i risultati con un progettista professionista e/o ingegnere strutturale per garantire l'idoneità e l'adeguatezza per esigenze specifiche di progetto e normative.
- L'ancorante è modellato considerando i valori di rigidità valutati secondo le curve sforzo-deformazione determinate tramite test in laboratori indipendenti. Si prega di notare che non è possibile provvedere ad una semplice sostituzione dell'ancorante, in quanto la rigidità dell'ancorante ha grande impatto sui risultati della distribuzione del carico.

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan.





Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	10
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Attacco IPE220 su cls sbalzo 3,50 m	Data:	17/05/2022
Contratto N°:			

3 Sintesi dei risultati

Ancoranti	Combinazione carichi	Utilizzo max.	Stato
	Combinazione 1	66%	OK

L'ancoraggio risulta verificato!

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan

6.4 PARAPETTO

Il parapetto è stato modellato come una mensola. Il carico è stato schematizzato come un carico concentrato applicato nell'estremo libero della mensola.

INPUT					
Montante					
Altezza	1.00 m				
Interasse	191 mm				
Distanza centri	30 mm				
		Circolare			
Diametro	14 mm				
		Romboideale			
Lato	10 mm				
Acciaio					
S235	○				
S275	●				
S355	○				
Saldatura					
Spessore cordone	5 mm				
Spinta					
F	2.00 kN/m				
OUTPUT					
Verifica montante					
		Caratteristiche geometriche			
n montanti al metro	5.2				
A_{rombo}	100 mm ²				
A_{circolo}	154 mm ²				
$Y_{G,\text{rombo}}$	7 mm				
$Y_{G,\text{circolo}}$	37 mm				
A_{totale}	1331 mm ²				
$Y_{G,\text{totale}}$	25 mm				
$J_{xx,G,\text{rombo}}$	8.33E+02 mm ⁴				
$J_{xx,G,\text{circolo}}$	1.89E+03 mm ⁴				
$J_{xx,\text{rombo}}$	3.39E+04 mm ⁴				
$J_{xx,\text{circolo}}$	2.34E+04 mm ⁴				
$J_{xx,\text{totale}}$	3.00E+05 mm ⁴				
d_{inf}	25 mm				
d_{sup}	19 mm				
W_{inf}	11886 mm ³				
W_{sup}	15957 mm ³				
W	11886 mm ³				
		Sollecitazioni			
$F_{\text{Ed,SLU}}$	3.00 kN/m				
$M_{\text{Ed,SLU}}$	3.00 kNm				
f_{yk}	275 N/mm ²				
f_{yd}	262 N/mm ²				
M_{Rd}	3.11 kNm	≥	3.00 kNm	96%	

Verifica saldatura			
Caratteristiche geometriche			
b_{est}	20 mm		
b_{int}	10 mm		
$A_{corona\ romboideale}$	300 mm ²		
$Y_{G,corona\ romboideale}$	14 mm		
$J_{xx,G,corona\ romboideale}$	1.25E+04 mm ⁴		
ϕ_{est}	19 mm		
ϕ_{int}	14 mm		
$A_{corona\ circolare}$	130 mm ²		
$Y_{G,corona\ circolare}$	44 mm		
$J_{xx,G,corona\ circolare}$	4.51E+03 mm ⁴		
A_{totale}	2252 mm ²		
$Y_{G,totale}$	23 mm		
$J_{xx,totale}$	5.16E+05 mm ⁴		
d_{inf}	23 mm		
d_{sup}	30 mm		
W_{inf}	22252 mm ³		
W_{sup}	16948 mm ³		
W	16948 mm ³		
Sollecitazioni			
τ	1 N/mm ²		
σ_{\perp}	177 N/mm ²		
f_{tk}	430 N/mm ²		
β	0.85		
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau^2} =$	177 N/mm ²	$\leq \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}} =$	405 N/mm ² 44%

Si riporta di seguito la verifica dell'attacco del parapetto sulla UPN100 sottostante, costituito da 1M8 cl. 8.8 ogni 285 mm.

INPUT			
Bulloni			
Passo	285 mm		
	Diametro		
M8	<input checked="" type="radio"/>		
M10	<input type="radio"/>		
M12	<input type="radio"/>		
M14	<input type="radio"/>		
M16	<input type="radio"/>		
M18	<input type="radio"/>		
M20	<input type="radio"/>		
	Classe acciaio		
8.8	<input checked="" type="radio"/>		
10.9	<input type="radio"/>		
Trave sottostante			
UPN50	<input type="radio"/>		
UPN100	<input checked="" type="radio"/>		
	Classe acciaio		
S235	<input type="radio"/>		
S275	<input checked="" type="radio"/>		
S355	<input type="radio"/>		
Azioni			
F_{Ed}	3.00 kN/m		
M_{Ed}	3.00 kNm		
OUTPUT			
	Connessioni		
numero connessioni	3.5		
f_{ybk}	640 N/mm ²		
f_{tbk}	800 N/mm ²		
f_{tk}	430 N/mm ²		
$F_{t,Ed}$	8.6 kN		
	UPN di bordo		
Spessore anima	6.0 mm		
Braccio	100 mm		
	Verifica a trazione del bullone		
A_{res}	37 mm ²		
$F_{t,Rd}$	21.1 kN	≥	8.6 kN 41%
	Verifica a taglio del bullone		
$F_{v,Ed}$	0.86 kN		
$F_{v,Rd}$	11.71 kN	≥	0.9 kN 7%
	Verifica combinata taglio/trazione del bullone		
$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}}$	0.36	<	1 36%
	Verifica a punzonamento dell'anima della UPN		
d_{dado}	13 mm		
d_{testa}	14 mm		
d_m	13 mm		
$B_{p,Rd}$	50.6 kN	≥	8.6 kN 17%

6.5 GRADINO IN PIETRA

Il gradino è stato modellato come una trave a mensola. Il carico è stato schematizzato come uniformemente ripartito sulla lunghezza della trave.

INPUT	
Materiale	
γ	30 kN/m ³
$f_{flessione}$	7.0 N/mm ²
γ_M	3
Geometria	
b	0.30 m
h	0.15 m
L_{sbalzo}	0.75 m
Carico	
Q	4.00 kN/m ²
OUTPUT	
G	1.4 kN/m
Q	1.2 kN/m
$F_{Ed,SLU}$	3.6 kN/m
M_{Ed}	1.0 kN m
W_{el}	1 125 000 mm ³
f_d	2.3 N/mm ²
M_{Rd}	2.6 kN m

≥

1.0 kN m

38%

6.7 MODELLO AD ELEMENTI FINITI DELLO SBALZO

INTRODUZIONE

La porzione di edificio interessata dagli interventi è stata modellata con il software agli elementi finiti ModeSt, versione 8.26, distribuito da Ce.A.S.; per gli estremi della licenza si rimanda al §5.6.

PARTE A SBALZO

È stato fatto il modello della porzione di struttura in acciaio cerchiata in rosso nell'immagine sottostante, per valutarne le deflessioni:

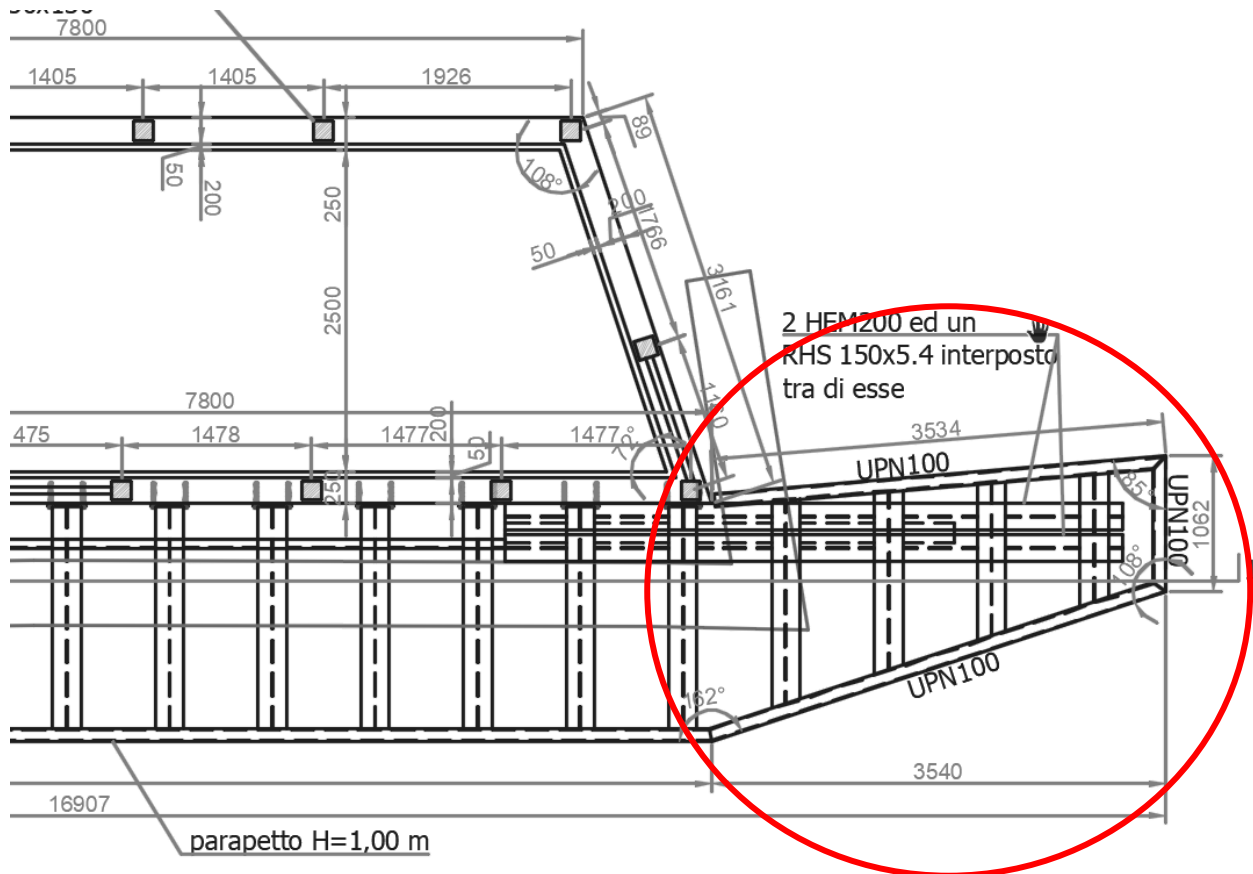


Figura 1: Pianta della struttura

Di seguito si riporta una schermata della vista tridimensionale del modello della struttura con la numerazione dei nodi:

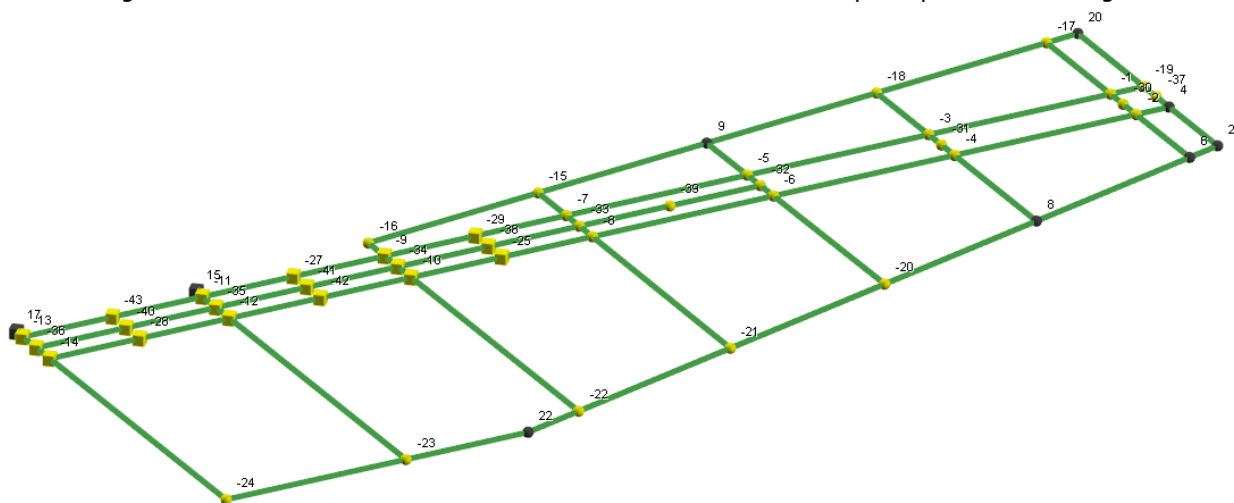


Figura 2: Vista 3D del modello. Numeri nodi

I nodi di forma squadrata corrispondono ai punti di ancoraggio delle HEM200 al c.a. sottostante, e sono stati modellati come degli incastri.

Le travi sono state modellate come "elemento asta". Sono state attribuite agli elementi le sezioni come indicato nella schermata e nell'immagine successive:

Informazioni sezioni aste													
Esporta Stampa													
Sez.	Commento	Tipo	Mem.	Ver.	B <m> Nv Area <mq>	H <m> R <m> Jx <m4>	b <m> s <m> Jy <m4>	h <m> a <m> Jz <m4>	D <m> A <m>	Mat.	Crit.	Crit. C.I.	Crit. C.F.
1	HEM200	I	Is	T	A	0.21	0.22	0.03	0.01	18	1	1	1
2	HEA220	I	Is	T	A	0.22	0.21	0.01	0.01	18	1	1	1
3	UPN100	C	Cs	T	A	0.05	0.1	0.01	0.01	18	1	1	1
4	HEM200 tagliata	I	Pc	T	A	0.008075	0.000002	0.000032	0.000018	18	1	1	1
5	HEA220 tagliata	I	Pc	T	A	0.003812	0	0.000014	0.00001	18	1	1	1
6	150x5.4	C	Rc	T	A	0.15	0.15	0.01		18	1	1	1

Aggiungi

Modifica

Elimina

Rendi corrente

Seleziona elementi

OK

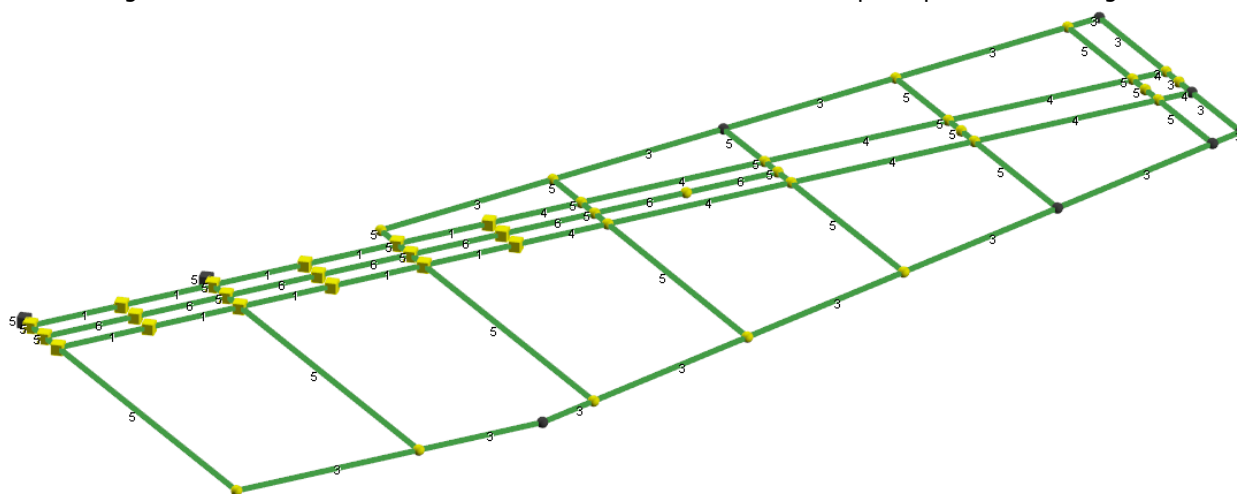


Figura 3: Vista 3D del modello. Numeri aste

I carichi sono stati modellati come appartenenti ad una delle tre categorie, G_1 (permanentì strutturali), G_2 (permanentì non strutturali) e Q (variabili).

Il peso proprio G_1 viene calcolato in automatico dal software. I carichi G_2 e Q sono stati inseriti manualmente con le seguenti intensità:

Informazioni tipi carichi aste

Stampa

Uniformi Trapezi Parziali Concentrati Dilatazioni termiche Gradienti termici

Carico uniformemente distribuito

N	Commento	S	Qx <kN/m>	Qy <kN/m>	Qz <kN/m>
1	G2 3,12 kN/m	G	0	0	3.12
2	G2 0,40 kN/m	G	0	0	0.4

Aggiungi Modifica Elimina Rendi corrente Seleziona elementi

OK

Informazioni tipi carichi aste

Stampa

Uniformi Trapezi Parziali Concentrati Dilatazioni termiche Gradienti termici

Carico uniformemente distribuito

N	Commento	S	Qx <kN/m>	Qy <kN/m>	Qz <kN/m>
1	Q 3,2 kN/m	G	0	0	3.2

Aggiungi Modifica Elimina Rendi corrente Seleziona elementi

OK

Si riporta di seguito la deformata in combinazione rara:

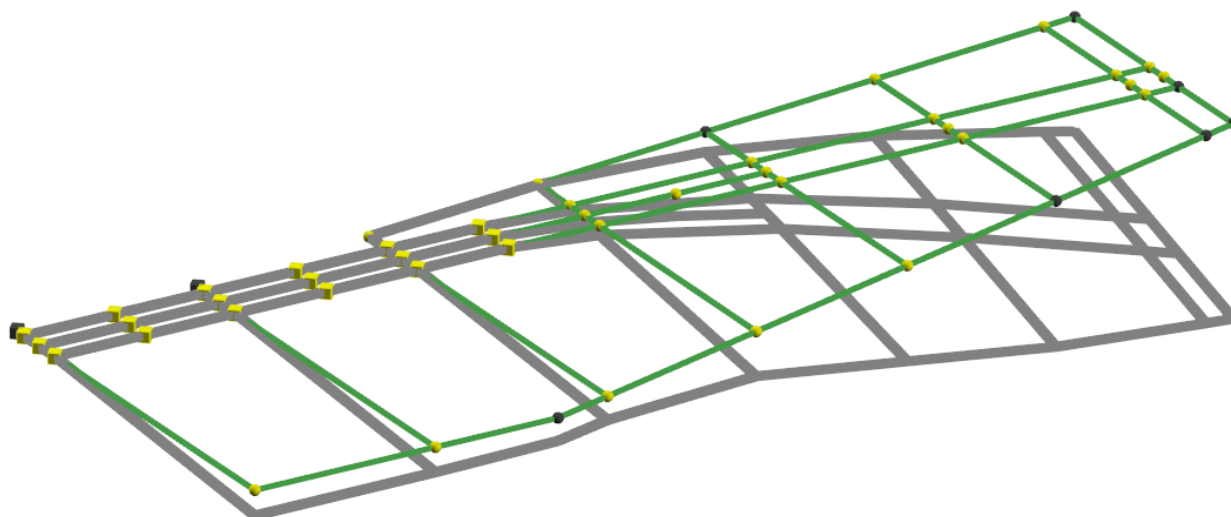


Figura 4: Deformata in combinazione rara.

L'abbassamento maggiore è quello del nodo 21, ed è pari a 13,6 mm.

Informazioni spostamenti nodali								
Esporta Stampa								
Nodo	CC	TCC	Sx <mm>	Sy <mm>	Sz <mm>	Rx <rad>	Ry <rad>	Rz <rad>
21	1	SLU	0.00000	-0.00000	-20.06330	0.00050	0.01021	-0.00000
	2	SLE R	0.00000	-0.00000	-13.60010	0.00030	0.00690	-0.00000
	3	SLE F	0.00000	-0.00000	-11.94130	0.00021	0.00602	-0.00000
	4	SLE Q	0.00000	-0.00000	-11.38830	0.00018	0.00572	-0.00000
<input type="checkbox"/> Ripeti il numero dell'elemento su ogni riga								
Opzioni								OK

Considerando come limite della freccia $2L / 500$, risulta:

$$\delta_{\max} = 2 \times 3500 \text{ mm} / 500 = 14,0 \text{ mm} > 13,6 \text{ mm}.$$

La verifica risulta soddisfatta.

La verifica di vibrazione viene fatta sulla base della deflessione in combinazione frequente, utilizzando l'espressione 5.2.5. delle NTC2018:

$$f_0 = \frac{17,75}{\sqrt{\delta_{\text{FREQ}}}} = \frac{17,75}{\sqrt{11,9}} = 5 \text{ Hz}$$

La verifica soddisfa le limitazioni del §4.2.4.2.3.1. delle NTC2018, le quali indicano come limite minimo 3 Hz per i solai caricati da persone e 5 Hz per quelli soggetti a carichi ciclici. Si sottolinea inoltre che la normativa richiede che nell'espressione di cui sopra la freccia in combinazione frequente sia calcolata rispetto ai soli carichi permanenti, mentre qui si è considerata un'azione maggiorata che tiene in conto anche i sovraccarichi di esercizio.

6.8 MODELLO AD ELEMENTI FINITI DELLA STRUTTURA IN LEGNO

La struttura di legno è stata modellata agli elementi finiti.

Le colonne e le travi sono stati modellati come elementi asta. Le strutture in c.a. sono state modellate come elementi "bidimensionali", dotati di rigidità membranale e flessionale.

I pilastri sono stati modellati come incastrati; i listelli di controvento sono stati modellati con vincoli tipo "biella". Il terreno è stato modellato come un suolo elastico alla Winkler, con costante di rigidità pari a 3 daN/cm³.

Si riporta di seguito la vista tridimensionale del modello:

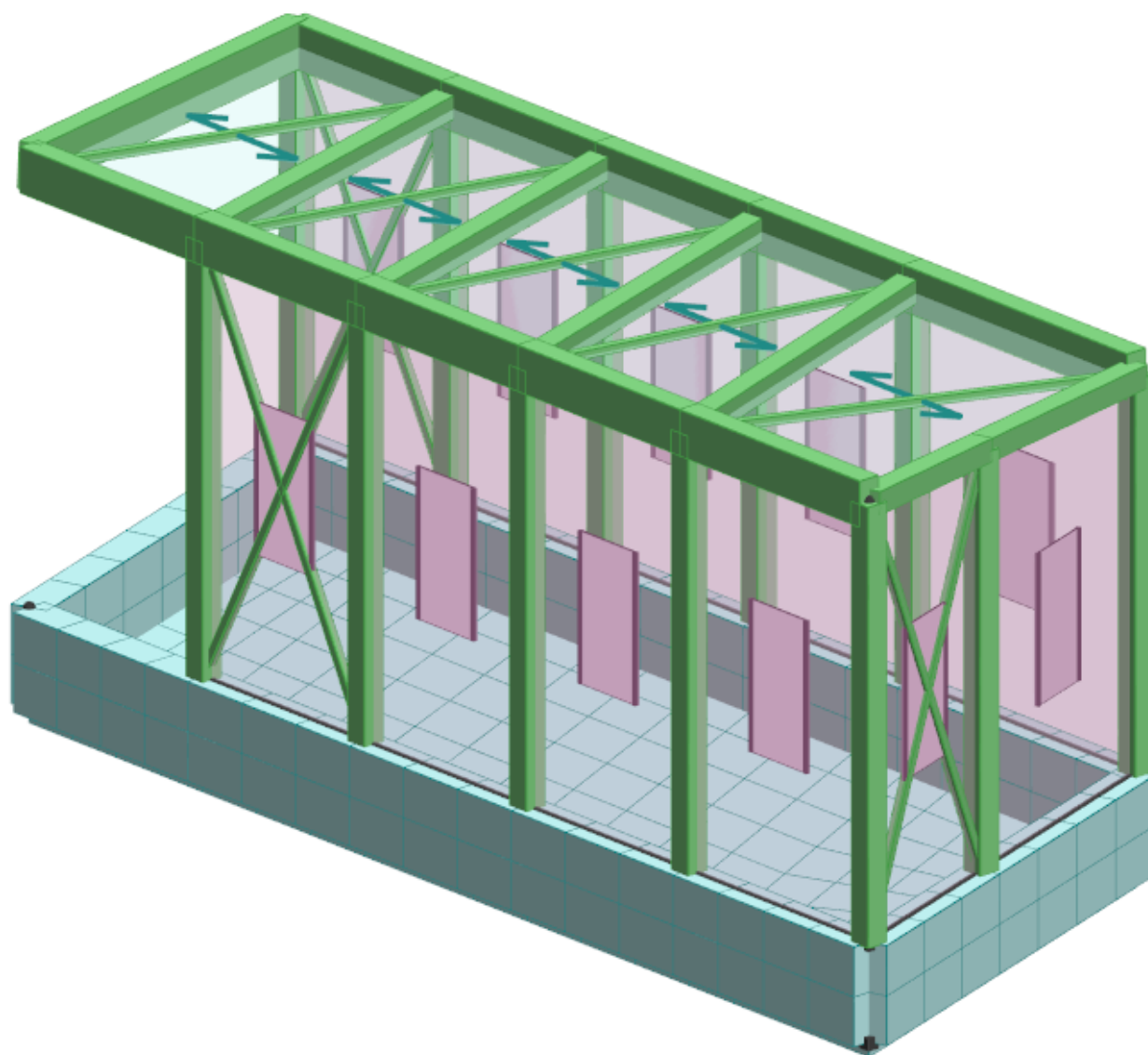


Figura 5: Vista 3D del modello

I carichi verticali dovuti ai pesi propri non strutturali e variabili da neve sono stati applicati come "elementi solaio", di tipo monodirezionale; il carico del vento è stato applicato come carico agente sulle tamponature, le quali scaricano le azioni sui montanti verticali.

i carichi trasmessi dalle HEA220 ai muri sono stati applicati come carichi nodali, la cui intensità è stata determinata calcolando gli scarichi totali dovuti alle 10 putrelle diviso il numero di nodi costituenti il filo di estradosso del muro, pari a 18.

Per il calcolo delle azioni del vento, della neve e per la definizione dei sovraccarichi di esercizio si rimanda al §5. Di seguito si riportano i calcoli delle azioni trasmesse dall'impalcato d'acciaio al muro in c.a.:

INPUT		
Geometria		
Numero putrelle	10	
Lunghezza sbalzo	1.80 m	
Interasse putrelle	0.80 m	
Numero nodi FEM	18	
Carichi		
G _{1,HEA220}	0.51 kN/m	
G _{1,parapetto}	0.39 kN/m	
G _{2,passerella}	0.39 kN/m ²	
Q	4.00 kN/m ²	
OUPUT		
Carichi per putrella		
	Intensità	Braccio
G _{1,HEA220}	0.92 kN/putrella	0.90 m
G _{1,parapetto}	0.31 kN/putrella	1.80 m
G _{2,passerella}	0.56 kN/putrella	0.90 m
Q	5.76 kN/putrella	0.90 m
Carichi totali		
G _{1,HEA220}	9.18 kN	
G _{1,parapetto}	3.12 kN	
G _{2,passerella}	5.62 kN	
Q	57.60 kN	
Carichi per nodo modello FEM		
Scorporati		
	Taglio	Momento
G _{1,HEA220}	0.51 kN/nodo	0.46 kN m/nodo
G _{1,parapetto}	0.17 kN/nodo	0.31 kN m/nodo
G _{2,passerella}	0.31 kN/nodo	0.28 kN m/nodo
Q	3.20 kN/nodo	2.88 kN m/nodo
Cumulati		
	Taglio	Momento
G ₁	0.68 kN/nodo	0.77 kN m/nodo
G ₂	0.31 kN/nodo	0.28 kN m/nodo
Q	3.20 kN/nodo	2.88 kN m/nodo

Di seguito si riporta la vista tridimensionale del telaio in legno con la numerazione dei nodi:

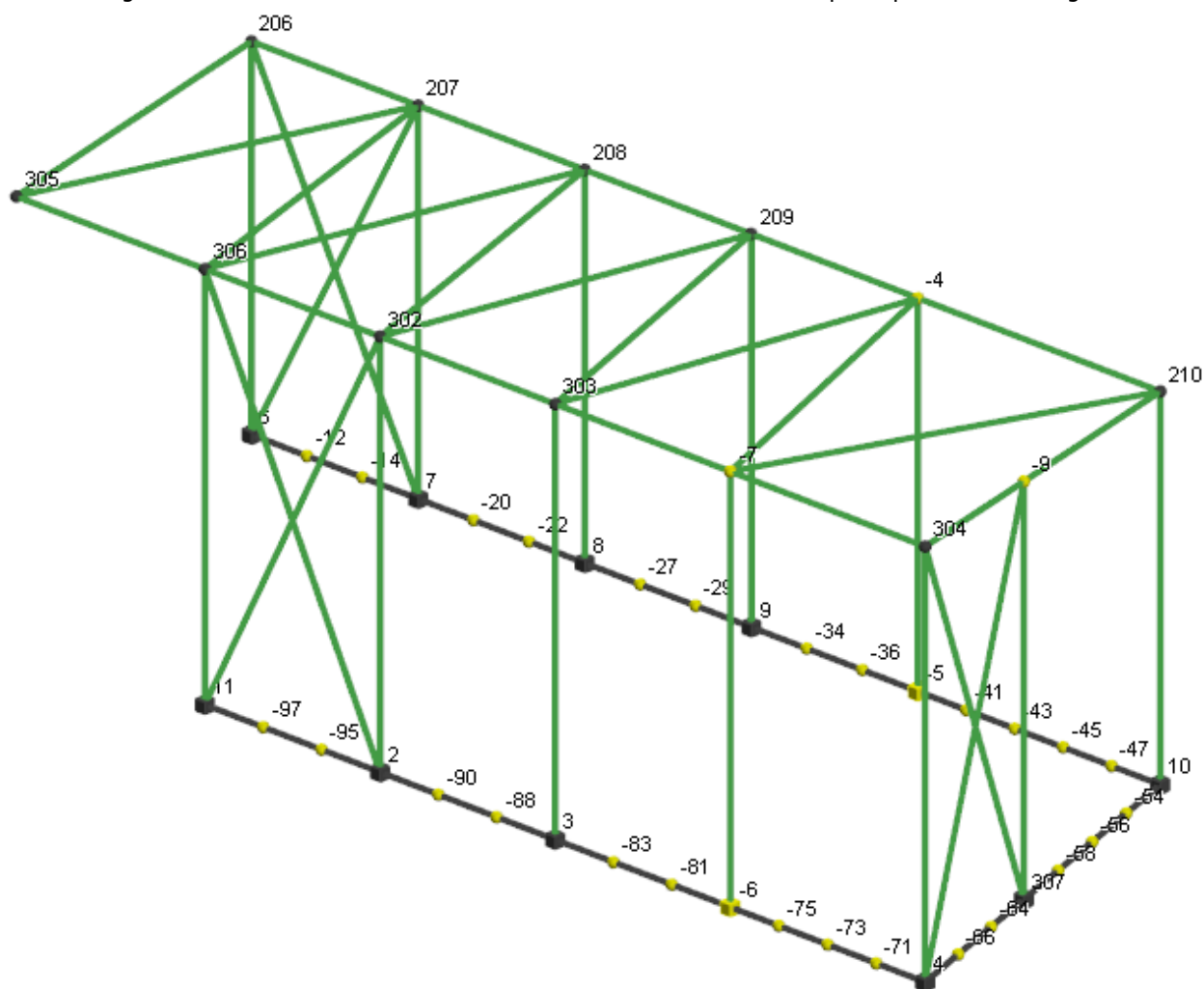


Figura 6: Numerazione dei nodi del telaio in legno

L'analisi sismica condotta è del tipo dinamica lineare. Di seguito si riportano i risultati dell'analisi, con indicazione dei periodi propri dei modi di vibrare e rispettive percentuali di massa attivate:

Informazioni risultati							
Esporta Stampa							
	Risultato	Cons.	T	%Mx	%My	%Mz	%Jpz
Totale				97.45	99.57	51.08	0.00
1	Modo n. 1	<input checked="" type="checkbox"/>	0.344	0.04	30.18	0.00	0.00
2	Modo n. 2	<input checked="" type="checkbox"/>	0.255	0.93	0.11	0.00	0.00
3	Modo n. 3	<input checked="" type="checkbox"/>	0.139	18.06	4.06	0.04	0.00
4	Modo n. 4	<input checked="" type="checkbox"/>	0.112	15.92	3.17	0.24	0.00
5	Modo n. 5	<input checked="" type="checkbox"/>	0.104	2.88	0.12	2.93	0.00
6	Modo n. 6	<input checked="" type="checkbox"/>	0.058	0.08	0.00	0.01	0.00
7	Modo n. 7	<input checked="" type="checkbox"/>	0.052	0.03	0.23	0.01	0.00
8	Modo n. 8	<input checked="" type="checkbox"/>	0.035	0.00	0.06	0.00	0.00
9	Modo n. 9	<input checked="" type="checkbox"/>	0.028	0.00	0.02	0.00	0.00
10	Modo n. 10	<input checked="" type="checkbox"/>	0.024	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Modo n. 11	<input checked="" type="checkbox"/>	0.014	0.00	0.00	9.70	0.00
12	Modo n. 12	<input checked="" type="checkbox"/>	0.013	0.00	0.00	0.42	0.00
13	Modo n. 13	<input checked="" type="checkbox"/>	0.012	0.01	0.00	4.34	0.00
14	Modo n. 14	<input checked="" type="checkbox"/>	0.012	0.00	0.00	0.20	0.00
15	Modo n. 15	<input checked="" type="checkbox"/>	0.012	0.00	0.00	0.27	0.00
16	Modo n. 16	<input checked="" type="checkbox"/>	0.012	0.00	0.00	7.96	0.00
17	Modo n. 17	<input checked="" type="checkbox"/>	0.011	0.00	0.00	0.00	0.00
18	Modo n. 18	<input checked="" type="checkbox"/>	0.011	0.00	0.00	4.66	0.00
19	Modo n. 19	<input checked="" type="checkbox"/>	0.011	0.00	0.00	2.63	0.00
20	Modo n. 20	<input checked="" type="checkbox"/>	0.010	0.00	0.00	0.45	0.00
21	Modo n. 21	<input checked="" type="checkbox"/>	0.010	0.00	0.00	0.17	0.00
22	Modo n. 22	<input checked="" type="checkbox"/>	0.010	0.00	0.00	0.01	0.00
23	Modo n. 23	<input checked="" type="checkbox"/>	0.010	0.00	0.00	0.02	0.00
24	Modo n. 24	<input checked="" type="checkbox"/>	0.009	0.00	0.00	0.23	0.00
25	Modo n. 25	<input checked="" type="checkbox"/>	0.009	1.34	0.62	9.32	0.00
26	Modo n. 26	<input checked="" type="checkbox"/>	0.009	0.00	0.00	1.38	0.00
27	Modo n. 27	<input checked="" type="checkbox"/>	0.008	0.00	0.00	1.19	0.00
28	Modo n. 28	<input checked="" type="checkbox"/>	0.007	0.00	0.00	0.14	0.00
29	Modo n. 29	<input checked="" type="checkbox"/>	0.006	0.01	0.00	0.57	0.00
30	Modo n. 30	<input checked="" type="checkbox"/>	0.006	0.49	0.01	0.54	0.00
31	Modo n. 31	<input checked="" type="checkbox"/>	0.006	5.94	0.50	0.60	0.00
32	Modo n. 32	<input checked="" type="checkbox"/>	0.005	0.17	5.39	1.82	0.00
33	Modo n. 33	<input checked="" type="checkbox"/>	0.004	0.20	0.52	0.05	0.00
34	Modo n. 34	<input checked="" type="checkbox"/>	0.004	0.93	4.44	0.03	0.00
35	Modo n. 35	<input checked="" type="checkbox"/>	0.003	4.79	8.07	0.05	0.00
36	Modo n. 36	<input checked="" type="checkbox"/>	0.003	4.25	4.86	0.71	0.00
37	Modo n. 37	<input checked="" type="checkbox"/>	0.002	0.00	25.29	0.02	0.00
38	Modo n. 38	<input checked="" type="checkbox"/>	0.002	33.76	0.45	0.01	0.00
39	Modo n. 39	<input checked="" type="checkbox"/>	0.002	7.57	7.21	0.21	0.00
40	Modo n. 40	<input checked="" type="checkbox"/>	0.001	0.05	4.26	0.13	0.00

3 Modi calcolati

OK Annulla

Di seguito si riporta la deformata della struttura di legno in combinazione rara:

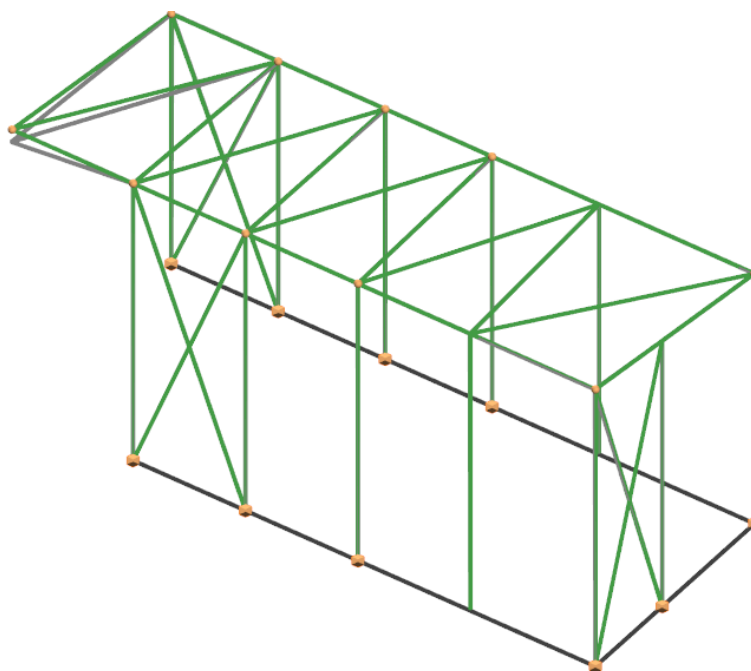


Figura 7: Deformata in combinazione rara

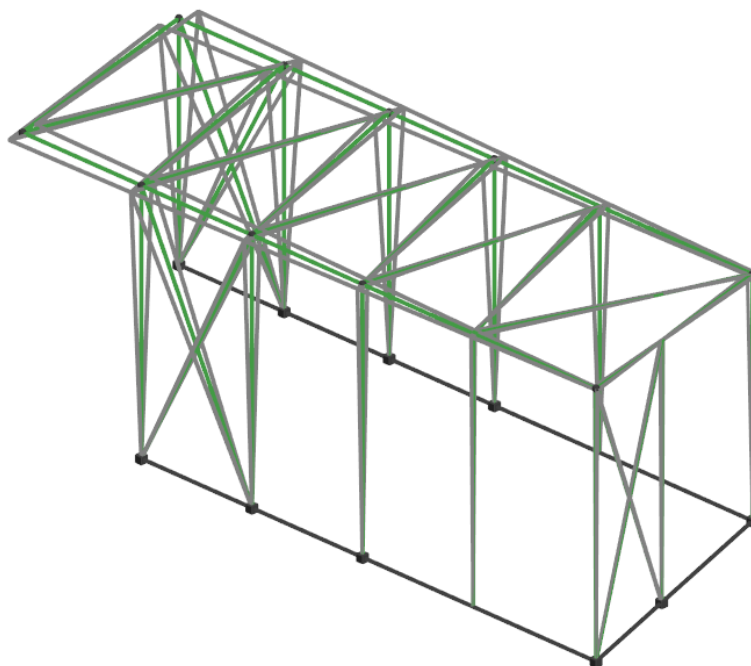


Figura 8: Deformata della struttura in legno nel primo modo di vibrare

Il nodo che subisce la deformazione maggiore è il n. 206. Si riporta di seguito la schermata con gli spostamenti in combinazione SLD di tale nodo:

Informazioni spostamenti nodali								
Esporta Stampa								
Nodo	CC	TCC	Sx <mm>	Sy <mm>	Sz <mm>	Rx <rad>	Ry <rad>	Rz <rad>
206	2	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.63475	1.58555	0.02563	0.00086	0.00007	0.00032
	4	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.63334	1.58454	0.02553	0.00086	0.00007	0.00032
	6	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.37946	-0.37942	0.01540	-0.00023	0.00004	0.00013
	8	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.37805	-0.38043	0.01531	-0.00023	0.00004	0.00013
	10	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.57812	3.45621	0.02323	0.00192	0.00006	0.00039
	12	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.57671	3.45521	0.02313	0.00192	0.00006	0.00039
	14	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.27428	3.09468	0.01095	0.00173	0.00003	0.00025
	16	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.27287	3.09367	0.01085	0.00173	0.00003	0.00025
	18	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.28192	1.16493	0.01141	0.00064	0.00003	0.00016
	20	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.02662	-0.80004	0.00119	-0.00045	0.00000	-0.00003
	22	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	-0.02192	0.80339	-0.00087	0.00045	-0.00000	0.00003
	24	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	-0.27722	-1.16157	-0.01110	-0.00064	-0.00003	-0.00016

☐ Ripeti il numero dell'elemento su ogni riga

Opzioni OK

Assumendo come limite di deformabilità laterale dell'edificio $0,005 h$, valido per tamponamenti fragili, risulta:

$$q = 2,5$$

$$d_r = 4 \text{ mm}$$

$$q d_r = 10 \text{ mm}$$

$$0,005 h = 0,005 \times 2800 \text{ mm} = 14 \text{ mm} > 10 \text{ mm}.$$

La verifica di rigidezza richiesta dal §7.3.6.1. delle NTC2018 risulta soddisfatta.

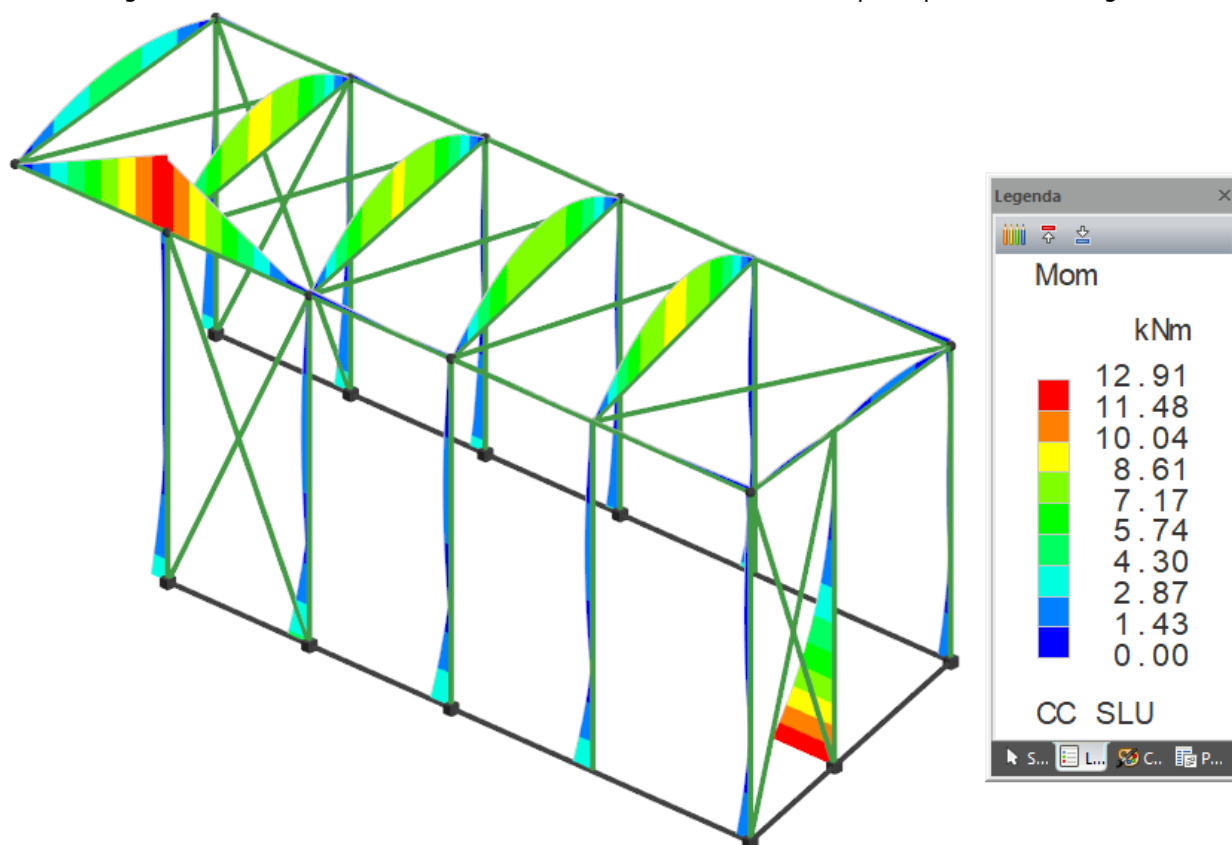


Figura 9: Diagramma dei momenti flettenti allo SLU (inviluppo)

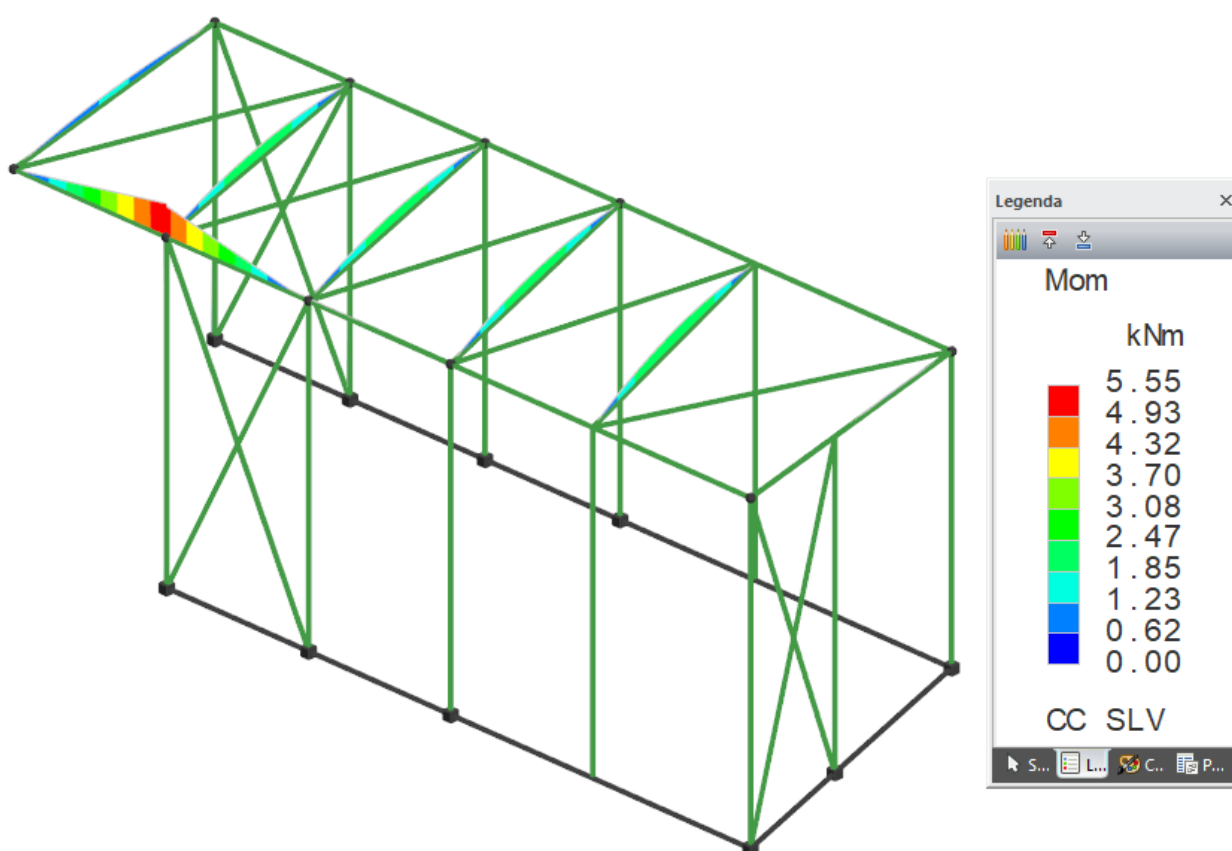


Figura 10: Diagramma del momento flettente allo SLV (inviluppo)

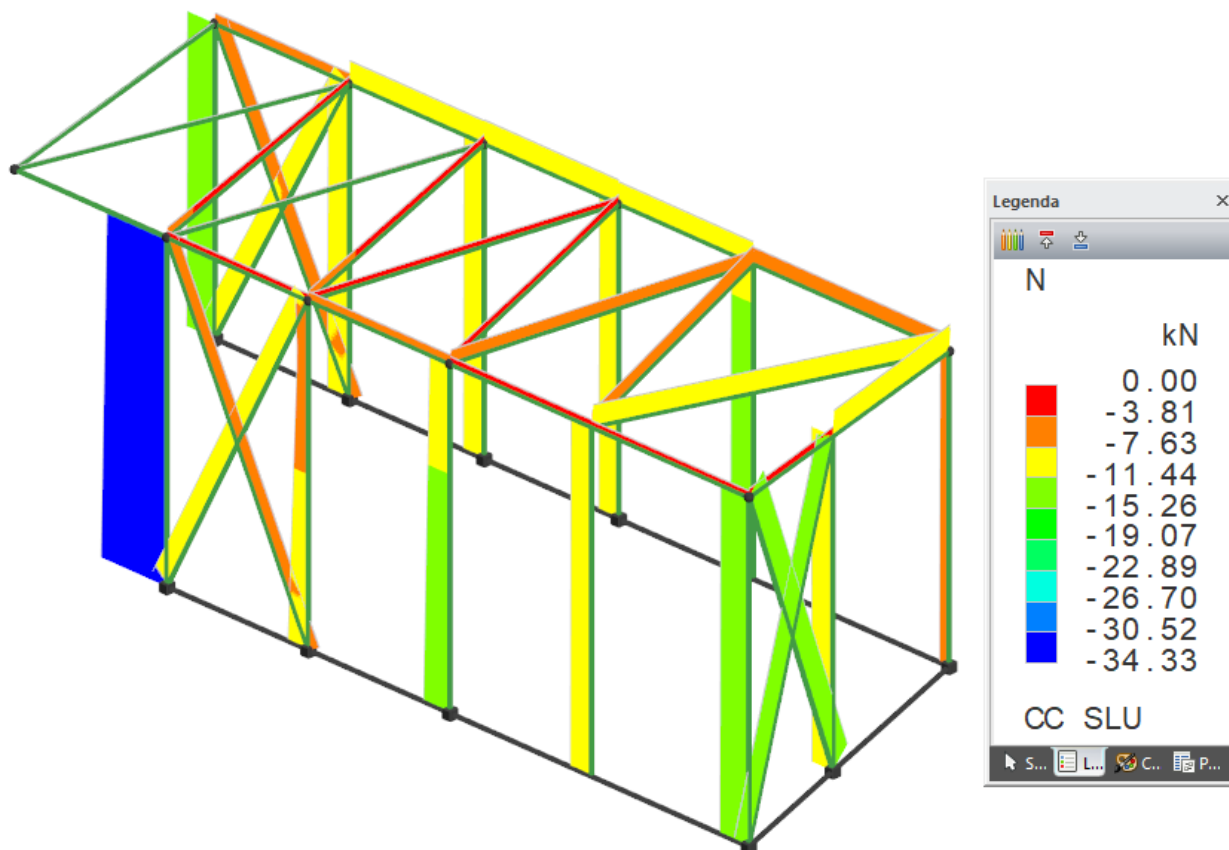


Figura 11: Diagramma dell'azione assiale allo SLU (involuppo)

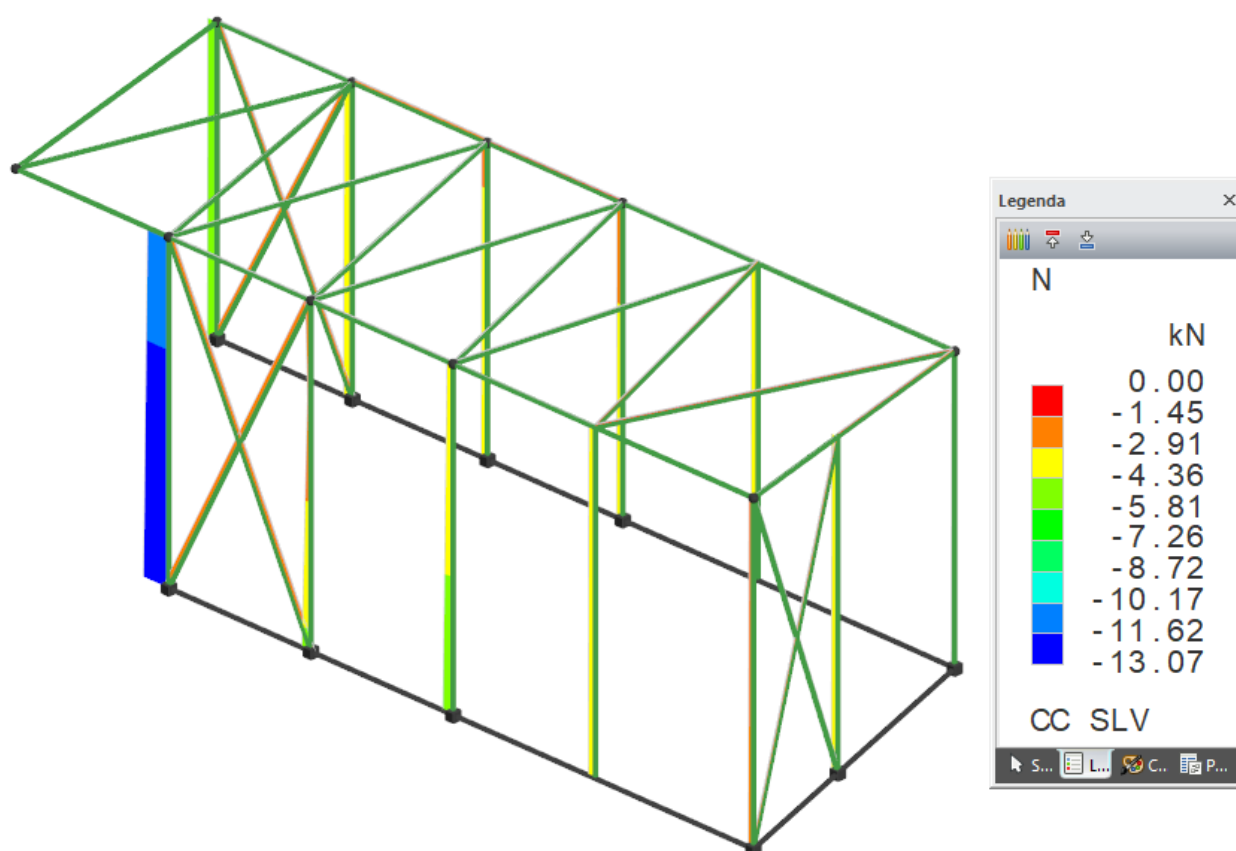


Figura 12: Diagramma dell'azione assiale allo SLV (involuppo)

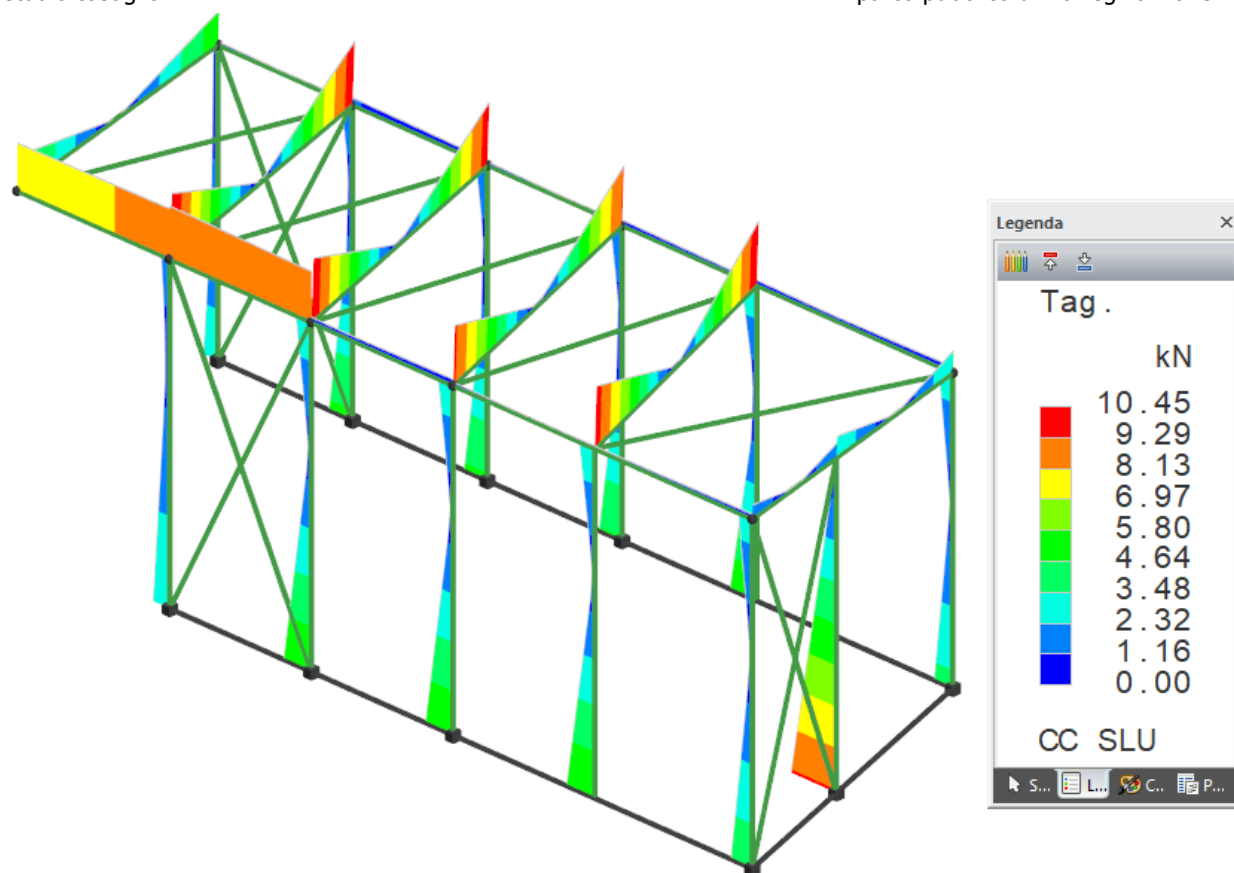


Figura 13: Diagramma del taglio allo SLU (involuppo)

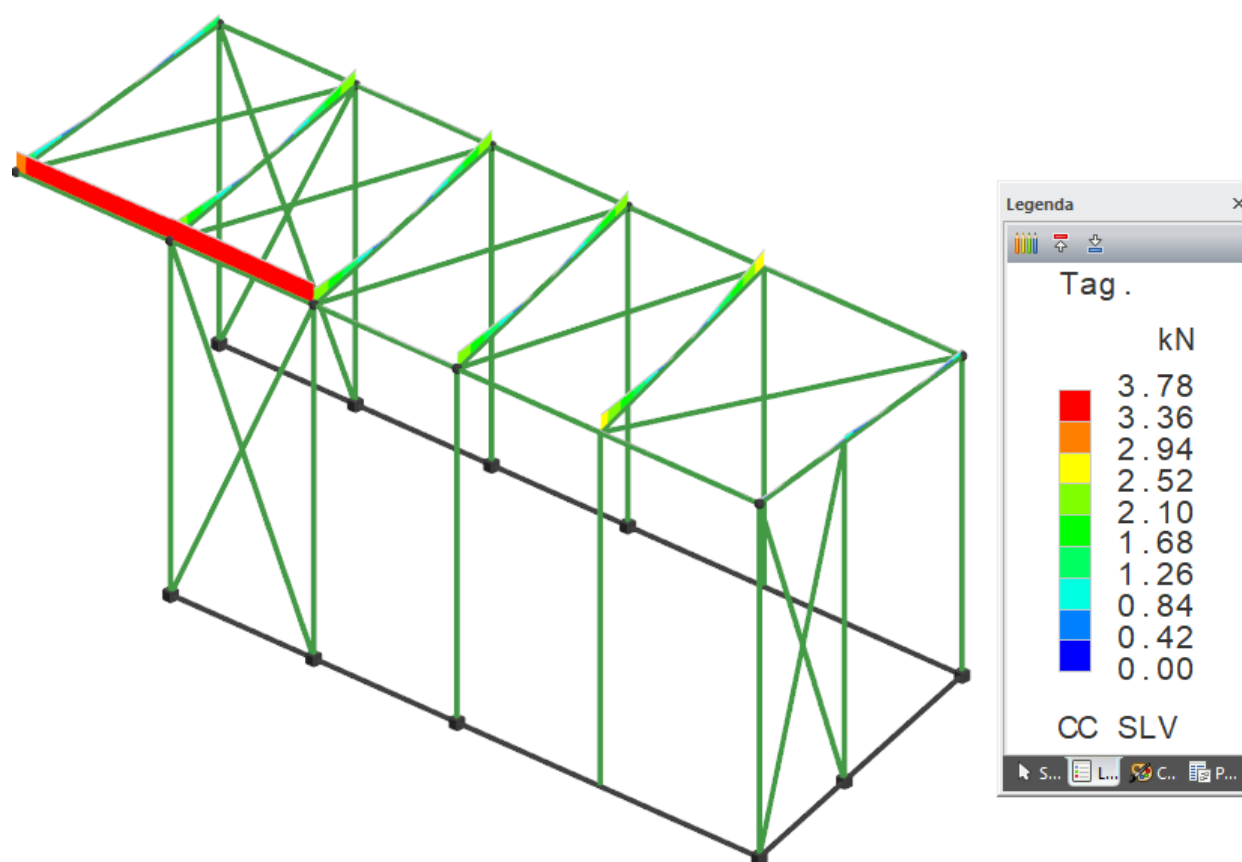


Figura 14: Diagramma del taglio allo SLV (involuppo)

6.9 TRAVE SECONDARIA 150X150

Si riporta di seguito la verifica delle travi secondarie della copertura.

INPUT		
Geometria		
Forma della sezione		
Rettangolare	<input checked="" type="radio"/>	
Circolare	<input type="radio"/>	
Dati geometrici		
b	150 mm	
h	150 mm	
Geometria trave		
Lunghezza	2.96 m	
L_{infl}	1.32 m	
Vincoli esterni		
	Estremo A	Estremo B
Incastro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Appoggio	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Libero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Instabilità a flessione		
Ritegni laterali		
Sì	<input type="radio"/>	
No	<input checked="" type="radio"/>	
Lunghezza inflessione laterale		
$L_{laterale}$	2.96 m	
Schema statico per instabilità		
Mensola	<input type="radio"/>	
Cerniera-cerniera	<input checked="" type="radio"/>	
Incastro-cerniera	<input type="radio"/>	
Incastro-incastro	<input type="radio"/>	
Posizione di applicazione del carico		
Bordo compresso	<input checked="" type="radio"/>	
Asse	<input type="radio"/>	
Bordo tesi	<input type="radio"/>	
Deformabilità		
Freccia istantanea da carichi variabili		
Limitare	<input checked="" type="radio"/>	$L / 300$
Non limitare	<input type="radio"/>	
Freccia finale		
Coperture in generale	<input checked="" type="radio"/>	
Coperture praticabili	<input type="radio"/>	
Solai in generale	<input type="radio"/>	
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	<input type="radio"/>	
Solai che supportano colonne	<input type="radio"/>	
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	<input type="radio"/>	
Frequenza minima per verifica vibrazione		
f_0	3.0 Hz	

Legno	
Tipo legno	
Legno massiccio	<input checked="" type="radio"/>
Legno lamellare	<input type="radio"/>
Sottotipo	
Conifera	<input checked="" type="radio"/>
Latifoglia	<input type="radio"/>
Tipo di classificazione	
Per flessione	<input checked="" type="radio"/>
Per trazione	<input type="radio"/>
Classe di resistenza	
C14	<input type="radio"/>
C16	<input type="radio"/>
C18	<input type="radio"/>
C20	<input type="radio"/>
C22	<input type="radio"/>
C24	<input checked="" type="radio"/>
C27	<input type="radio"/>
C30	<input type="radio"/>
C35	<input type="radio"/>
C40	<input type="radio"/>
C45	<input type="radio"/>
C50	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
Fattore di confidenza	
1.00	<input checked="" type="radio"/>
1.20	<input type="radio"/>
1.35	<input type="radio"/>
Ambiente	
Classe di servizio 1	<input type="radio"/>
Classe di servizio 2	<input checked="" type="radio"/>
Classe di servizio 3	<input type="radio"/>
Carichi	
Classe di durata	
Permanente	<input type="radio"/>
Lunga	<input type="radio"/>
Media	<input type="radio"/>
Breve	<input checked="" type="radio"/>
Istantanea	<input type="radio"/>

Tipologia carichi		
Permanenti		
G ₁	0.09 kN/m ²	
G ₂	0.89 kN/m ²	
Variabili		
	Presenza	Intensità
Sovraccarico	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 kN/m ²
Vento	<input checked="" type="checkbox"/>	0.86 kN/m ²
Neve	<input checked="" type="checkbox"/>	1.55 kN/m ²
Categoria sovraccarico		
A - Ambienti ad uso residenziale		<input type="radio"/>
B - Uffici		<input type="radio"/>
C - Ambienti suscettibili di affollamento		<input type="radio"/>
D - Ambienti ad uso commerciale		<input type="radio"/>
E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale. Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale		<input type="radio"/>
F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)		<input type="radio"/>
G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)		<input type="radio"/>
H - Coperture accessibili per sola manutenzione		<input checked="" type="radio"/>
I - Coperture praticabili		<input type="radio"/>
K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)		<input type="radio"/>
Categoria neve		
a _s ≤ 1000 m s.l.m.	<input checked="" type="radio"/>	
a _s > 1000 m s.l.m.	<input type="radio"/>	

OUTPUT	
$f_{m,k}$	24.0 N/mm ²
$f_{t,0,k}$	14.5 N/mm ²
$f_{t,90,k}$	0.4 N/mm ²
$f_{c,0,k}$	21.0 N/mm ²
$f_{c,90,k}$	2.5 N/mm ²
$f_{v,k}$	4.0 N/mm ²
$f_{r,k}$	-
$E_{m,0,mean}$	11 000 N/mm ²
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm ²
$E_{m,90,mean}$	370 N/mm ²
$E_{t,0,mean}$	-
$E_{t,0,k}$	-
$E_{t,90,mean}$	-
G_{mean}	690 N/mm ²
G_k	464 N/mm ²
ρ_k	350 kg/m ³
ρ_{mean}	420 kg/m ³
k_h	1.00
k_{mod}	0.9
k_{def}	0.80
k_m	0.7
k_{cr}	0.5
γ_M	1.5
FC	1.00
$f_{m,d}$	14.4 N/mm ²
$f_{t,0,d}$	8.7 N/mm ²
$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm ²
$f_{v,d}$	2.4 N/mm ²
Caratteristiche geometriche	
A	22 500 mm ²
J_{xx}	4.2E+07 mm ⁴
J_{yy}	4.2E+07 mm ⁴
W_{xx}	5.6E+05 mm ³
W_{yy}	5.6E+05 mm ³
i_{xx}	43 mm
i_{yy}	43 mm
χ	1.2

Carichi				
Intensità				
G ₁	0.12 kN/m			
G ₂	1.17 kN/m			
Q _{sovraccarico}	0.66 kN/m			
Q _{vento}	1.14 kN/m			
Q _{neve}	2.05 kN/m			
Coefficienti di combinazione				
	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	
Q _{sovraccarico}	0.0	0.0	0.0	
Q _{vento}	0.6	0.2	0.0	
Q _{neve}	0.5	0.2	0.0	
Valori di progetto dei carichi				
F _{Ed,G₁+G₂,RARA}	1.30 kN/m			
F _{Ed,Q,RARA}	2.36 kN/m			
F _{Ed,RARA}	3.66 kN/m			
F _{Ed,SLU}	5.24 kN/m			
F _{Ed,FREQ}	1.71 kN/m			
F _{Ed,QPERM}	1.30 kN/m			
Azioni di progetto allo SLU				
N _{Ed}	0.0 kN		-	
V _{Ed,x}	0.0 kN			
V _{Ed,y,A}	7.7 kN			
V _{Ed,y,B}	7.7 kN			
M _{Ed,x}	0.0 kNm			
M _{Ed,y}	5.7 kNm			
Verifica a flessione				
M _{Ed,x}	0.0 kNm			
M _{Ed,y}	5.7 kNm			
W _{xx}	5.6E+05 mm ³			
W _{yy}	5.6E+05 mm ³			
σ _{m,xx,d}	10.2 N/mm ²			
σ _{m,yy,d}	0.0 N/mm ²			
f _{m,d}	14.4 N/mm ²			
k _m	0.7			
$\frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.71	≤	1	71%
$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.50	≤	1	50%

Taglio				
Direzione Y				
$V_{Ed,y}$	7.75 kN			
k_{cr}	0.5			
b_{ef}	75 mm			
A_{ef}	11250 mm ²			
$f_{v,d}$	2.4 N/mm ²			
τ_d	1.0 N/mm ²	≤	2.4 N/mm ²	43%
Stabilità a flessione				
a	150 mm			
b	150 mm			
a/b	1.0			
β_{tor}	7.11			
J_{min}	42 187 500 mm ⁴			
J_t	71 202 532 mm ⁴			
W_{xx}	5.6E+05 mm ³			
β_c	0.2			
$L_{crit,xx}$	2.96 m			
i_{xx}	43 mm			
λ_{xx}	68			
$L_{crit,yy}$	2.96 m			
i_{yy}	43 mm			
λ_{yy}	68			
λ	68			
$f_{m,k}$	24.0 N/mm ²			
$f_{m,d}$	14.4 N/mm ²			
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm ²			
G_k	464 N/mm ²			
β	0.88			
L_{eff}	2.90 m			
$M_{y,crit}$	109.9 kNm			
$\sigma_{m,crit}$	195.3 N/mm ²			
$\lambda_{rel,m}$	0.35			
$k_{crit,m}$	1.00			
$\sigma_{m,d}$	10.2 N/mm ²			
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} \cdot f_{m,d}}$	0.71	≤	1	71%
Verifica di deformazione				
$w_{ist,Q,max}$	L / 300	=	9.9 mm	
$w_{fin,max}$	L / 200	=	14.8 mm	
$E_{m,0,mean}$	11 000 N/mm ²			
$w_{ist,Q}$	5.1 mm	≤	9.9 mm	52%
w_{ist}	7.9 mm			
w'_{in}	2.8 mm			
w_{creep}	2.2 mm			
w_{fin}	10.1 mm	≤	14.8 mm	68%

6.10 TRAVE PRINCIPALE 150X300

Si riportano di seguito i calcoli di verifica della trave principale 150x300.

INPUT		
Geometria		
Forma della sezione		
Rettangolare	<input checked="" type="radio"/>	
Circolare	<input type="radio"/>	
Dati geometrici		
b	150 mm	
h	300 mm	
Geometria trave		
Lunghezza	1.60 m	
A _{infl}	2.40 m ²	
Vincoli esterni		
	Estremo A	Estremo B
Incastro	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Appoggio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Libero	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Instabilità a flessione		
Ritegni laterali		
Sì	<input type="radio"/>	
No	<input checked="" type="radio"/>	
Lunghezza inflessione laterale		
L _{laterale}	1.60 m	
Schema statico per instabilità		
Mensola	<input checked="" type="radio"/>	
Cerniera-cerniera	<input type="radio"/>	
Incastro-cerniera	<input type="radio"/>	
Incastro-incastro	<input type="radio"/>	
Posizione di applicazione del carico		
Bordo compresso	<input type="radio"/>	
Asse	<input type="radio"/>	
Bordo tesi	<input checked="" type="radio"/>	
Deformabilità		
Freccia istantanea da carichi variabili		
Limitare	<input checked="" type="radio"/>	L / 300
Non limitare	<input type="radio"/>	
Freccia finale		
Coperture in generale	<input checked="" type="radio"/>	
Coperture praticabili	<input type="radio"/>	
Solai in generale	<input type="radio"/>	
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	<input type="radio"/>	
Solai che supportano colonne	<input type="radio"/>	
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	<input type="radio"/>	
Frequenza minima per verifica vibrazione		
f ₀	3.0 Hz	

Legno	
Tipo legno	
Legno massiccio	<input checked="" type="radio"/>
Legno lamellare	<input type="radio"/>
Sottotipo	
Conifera	<input checked="" type="radio"/>
Latifolia	<input type="radio"/>
Tipo di classificazione	
Per flessione	<input checked="" type="radio"/>
Per trazione	<input type="radio"/>
Classe di resistenza	
C14	<input type="radio"/>
C16	<input type="radio"/>
C18	<input type="radio"/>
C20	<input type="radio"/>
C22	<input type="radio"/>
C24	<input checked="" type="radio"/>
C27	<input type="radio"/>
C30	<input type="radio"/>
C35	<input type="radio"/>
C40	<input type="radio"/>
C45	<input type="radio"/>
C50	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
Fattore di confidenza	
1.00	<input checked="" type="radio"/>
1.20	<input type="radio"/>
1.35	<input type="radio"/>
Ambiente	
Classe di servizio 1	<input type="radio"/>
Classe di servizio 2	<input checked="" type="radio"/>
Classe di servizio 3	<input type="radio"/>
Carichi	
Classe di durata	
Permanente	<input type="radio"/>
Lunga	<input type="radio"/>
Media	<input type="radio"/>
Breve	<input checked="" type="radio"/>
Istantanea	<input type="radio"/>

Tipologia carichi		
Permanenti		
G ₁	0.19 kN/m ²	
G ₂	0.89 kN/m ²	
Variabili		
	Presenza	Intensità
Sovraccarico	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 kN/m ²
Vento	<input checked="" type="checkbox"/>	0.86 kN/m ²
Neve	<input checked="" type="checkbox"/>	1.55 kN/m ²
Categoria sovraccarico		
A - Ambienti ad uso residenziale		<input type="radio"/>
B - Uffici		<input type="radio"/>
C - Ambienti suscettibili di affollamento		<input type="radio"/>
D - Ambienti ad uso commerciale		<input type="radio"/>
E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale. Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale		<input type="radio"/>
F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)		<input type="radio"/>
G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)		<input type="radio"/>
H - Coperture accessibili per sola manutenzione		<input checked="" type="radio"/>
I - Coperture praticabili		<input type="radio"/>
K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)		<input type="radio"/>
Categoria neve		
a _s ≤ 1000 m s.l.m.	<input checked="" type="radio"/>	
a _s > 1000 m s.l.m.	<input type="radio"/>	

OUTPUT	
$f_{m,k}$	24.0 N/mm ²
$f_{t,0,k}$	14.5 N/mm ²
$f_{t,90,k}$	0.4 N/mm ²
$f_{c,0,k}$	21.0 N/mm ²
$f_{c,90,k}$	2.5 N/mm ²
$f_{v,k}$	4.0 N/mm ²
$f_{r,k}$	-
$E_{m,0,mean}$	11 000 N/mm ²
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm ²
$E_{m,90,mean}$	370 N/mm ²
$E_{t,0,mean}$	-
$E_{t,0,k}$	-
$E_{t,90,mean}$	-
G_{mean}	690 N/mm ²
G_k	464 N/mm ²
ρ_k	350 kg/m ³
ρ_{mean}	420 kg/m ³
k_h	1.00
k_{mod}	0.9
k_{def}	0.80
k_m	0.7
k_{cr}	0.5
γ_M	1.5
FC	1.00
$f_{m,d}$	14.4 N/mm ²
$f_{t,0,d}$	8.7 N/mm ²
$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm ²
$f_{v,d}$	2.4 N/mm ²
Caratteristiche geometriche	
A	45 000 mm ²
J_{xx}	3.4E+08 mm ⁴
J_{yy}	8.4E+07 mm ⁴
W_{xx}	2.3E+06 mm ³
W_{yy}	1.1E+06 mm ³
i_{xx}	87 mm
i_{yy}	43 mm
χ	1.2

Carichi				
Intensità				
G ₁	0.45 kN			
G ₂	2.14 kN			
Q _{sovraccarico}	1.20 kN			
Q _{vento}	2.06 kN			
Q _{neve}	3.72 kN			
Coefficienti di combinazione				
	ψ _o	ψ ₁	ψ ₂	
Q _{sovraccarico}	0.0	0.0	0.0	
Q _{vento}	0.6	0.2	0.0	
Q _{neve}	0.5	0.2	0.0	
Valori di progetto dei carichi				
F _{Ed,G₁+G₂,RARA}	2.59 kN			
F _{Ed,Q,RARA}	4.30 kN			
F _{Ed,RARA}	6.89 kN			
F _{Ed,SLU}	9.81 kN			
F _{Ed,FREQ}	3.33 kN			
F _{Ed,QPERM}	2.59 kN			
Azioni di progetto allo SLU				
N _{Ed}	0.0 kN		-	
V _{Ed,x}	0.0 kN			
V _{Ed,y,A}	9.8 kN			
V _{Ed,y,B}	0.0 kN			
M _{Ed,x}	0.0 kNm			
M _{Ed,y}	15.7 kNm			
Verifica a flessione				
M _{Ed,x}	0.0 kNm			
M _{Ed,y}	15.7 kNm			
W _{xx}	2.3E+06 mm ³			
W _{yy}	1.1E+06 mm ³			
σ _{m,xx,d}	7.0 N/mm ²			
σ _{m,yy,d}	0.0 N/mm ²			
f _{m,d}	14.4 N/mm ²			
k _m	0.7			
$\frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.48	≤	1	48%
$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.34	≤	1	34%

Taglio				
Direzione Y				
$V_{Ed,y}$	9.81 kN			
k_{cr}	0.5			
bef	75 mm			
A_{ef}	22500 mm ²			
$f_{v,d}$	2.4 N/mm ²			
τ_d	0.7 N/mm ²	≤	2.4 N/mm ²	27%
Stabilità a flessione				
a	300 mm			
b	150 mm			
a/b	2.0			
β_{tor}	4.37			
J_{min}	84 375 000 mm ⁴			
J_t	231 693 364 mm ⁴			
W_{xx}	2.3E+06 mm ³			
β_c	0.2			
$L_{crit,xx}$	3.20 m			
i_{xx}	87 mm			
λ_{xx}	37			
$L_{crit,yy}$	3.20 m			
i_{yy}	43 mm			
λ_{yy}	74			
λ	74			
$f_{m,k}$	24.0 N/mm ²			
$f_{m,d}$	14.4 N/mm ²			
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm ²			
G_k	464 N/mm ²			
β	0.49			
L_{eff}	1.38 m			
$M_{y,crit}$	588.2 kNm			
$\sigma_{m,crit}$	261.4 N/mm ²			
$\lambda_{rel,m}$	0.30			
$k_{crit,m}$	1.00			
$\sigma_{m,d}$	7.0 N/mm ²			
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} \cdot f_{m,d}}$	0.48	≤	1	48%
Verifica di deformazione				
$w_{ist,Q,max}$	L / 300	=	5.3 mm	
$w_{fin,max}$	L / 200	=	8.0 mm	
$E_{m,0,mean}$	11 000 N/mm ²			
$w_{ist,Q}$	1.6 mm	≤	5.3 mm	30%
w_{ist}	2.5 mm			
w'_{in}	1.0 mm			
w_{creep}	0.8 mm			
w_{fin}	3.3 mm	≤	8.0 mm	41%

6.11 PILASTRO 150X150

Si riportano di seguito le verifiche del pilastro 150x150.

INPUT		
Geometria		
Forma della sezione		
Rettangolare	<input checked="" type="radio"/>	
Circolare	<input type="radio"/>	
Dati geometrici		
b	150 mm	
h	150 mm	
Geometria pilastro		
Altezza	2.88 m	
Vincoli esterni		
	Estremo A	Estremo B
Incastro	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Appoggio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Libero	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Instabilità a flessione		
Ritegni laterali		
Sì	<input type="radio"/>	
No	<input checked="" type="radio"/>	
Lunghezza inflessione laterale		
L _{laterale}	2.00 m	
Schema statico per instabilità		
Mensola	<input type="radio"/>	
Cerniera-cerniera	<input checked="" type="radio"/>	
Incastro-cerniera	<input type="radio"/>	
Incastro-incastro	<input type="radio"/>	
Posizione di applicazione del carico		
Bordo compresso	<input type="radio"/>	
Asse	<input type="radio"/>	
Bordo tesi	<input checked="" type="radio"/>	
Legno		
Tipo legno		
Legno massiccio	<input checked="" type="radio"/>	
Legno lamellare	<input type="radio"/>	
Sottotipo		
Conifera	<input checked="" type="radio"/>	
Latifolia	<input type="radio"/>	
Tipo di classificazione		
Per flessione	<input checked="" type="radio"/>	
Per trazione	<input type="radio"/>	

Classe di resistenza		
C14	<input type="radio"/>	
C16	<input type="radio"/>	
C18	<input type="radio"/>	
C20	<input type="radio"/>	
C22	<input type="radio"/>	
C24	<input checked="" type="radio"/>	
C27	<input type="radio"/>	
C30	<input type="radio"/>	
C35	<input type="radio"/>	
C40	<input type="radio"/>	
C45	<input type="radio"/>	
C50	<input type="radio"/>	
-	<input type="radio"/>	
-	<input type="radio"/>	
-	<input type="radio"/>	
-	<input type="radio"/>	
-	<input type="radio"/>	
-	<input type="radio"/>	
Fattore di confidenza		
1.00	<input checked="" type="radio"/>	
1.20	<input type="radio"/>	
1.35	<input type="radio"/>	
Ambiente		
Classe di servizio 1	<input type="radio"/>	
Classe di servizio 2	<input checked="" type="radio"/>	
Classe di servizio 3	<input type="radio"/>	
Carichi		
Classe di durata		
Permanente	<input type="radio"/>	
Lunga	<input type="radio"/>	
Media	<input type="radio"/>	
Breve	<input checked="" type="radio"/>	
Istantanea	<input type="radio"/>	
Azioni		
N_{Ed}	-34.3 kN	Compressione
$V_{Ed,x}$	10.5 kN	
$V_{Ed,y,A}$	0.0 kN	
$V_{Ed,y,B}$	0.0 kN	
$M_{Ed,x}$	0.0 kN m	
$M_{Ed,y}$	3.0 kN m	

OUTPUT	
$f_{m,k}$	24.0 N/mm ²
$f_{t,0,k}$	14.5 N/mm ²
$f_{t,90,k}$	0.4 N/mm ²
$f_{c,0,k}$	21.0 N/mm ²
$f_{c,90,k}$	2.5 N/mm ²
$f_{v,k}$	4.0 N/mm ²
$f_{r,k}$	-
$E_{m,0,mean}$	11 000 N/mm ²
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm ²
$E_{m,90,mean}$	370 N/mm ²
$E_{t,0,mean}$	-
$E_{t,0,k}$	-
$E_{t,90,mean}$	-
G_{mean}	690 N/mm ²
G_k	464 N/mm ²
ρ_k	350 kg/m ³
ρ_{mean}	420 kg/m ³
k_h	1.00
k_{mod}	0.9
k_{def}	0.80
k_m	0.7
k_{cr}	0.5
γ_M	1.5
FC	1.00
$f_{m,d}$	14.4 N/mm ²
$f_{t,0,d}$	8.7 N/mm ²
$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm ²
$f_{v,d}$	2.4 N/mm ²
Caratteristiche geometriche	
A	22 500 mm ²
J_{xx}	4.2E+07 mm ⁴
J_{yy}	4.2E+07 mm ⁴
W_{xx}	5.6E+05 mm ³
W_{yy}	5.6E+05 mm ³
i_{xx}	43 mm
i_{yy}	43 mm
χ	1.2

Verifica a compressione parallela alla fibratura					
N_{Ed}	34.3 kN				
A	22 500 mm ²				
$\sigma_{c,0,d}$	1.5 N/mm ²	\leq	$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm ²	12%
Verifica a flessione					
$M_{Ed,x}$	0.0 kNm				
$M_{Ed,y}$	3.0 kNm				
W_{xx}	5.6E+05 mm ³				
W_{yy}	5.6E+05 mm ³				
$\sigma_{m,xx,d}$	5.3 N/mm ²				
$\sigma_{m,yy,d}$	0.0 N/mm ²				
$f_{m,d}$	14.4 N/mm ²				
k_m	0.7				
$\frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.37	\leq	1	37%	
$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.26	\leq	1	26%	
Verifica a pressoflessione					
N_{Ed}	-34.3 kN				
$M_{Ed,x}$	0.0 kNm				
$M_{Ed,y}$	3.0 kNm				
A	22 500 mm ²				
W_{xx}	5.6E+05 mm ³				
W_{yy}	5.6E+05 mm ³				
$\sigma_{c,0,d}$	1.5 N/mm ²				
$\sigma_{m,xx,d}$	5.3 N/mm ²				
$\sigma_{m,yy,d}$	0.0 N/mm ²				
$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm ²				
$f_{m,d}$	14.4 N/mm ²				
k_m	0.7				
$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.39	\leq	1	39%	
$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.27	\leq	1	27%	

Taglio		Direzione X		
$V_{Ed,x}$	10.45 kN			
k_{cr}	0.5			
h_{ef}	75 mm			
A_{ef}	11250 mm ²			
$f_{v,d}$	2.4 N/mm ²			
τ_d	1.4 N/mm ²	\leq	2.4 N/mm ²	58%
Stabilità a flessione				
a	150 mm			
b	150 mm			
a/b	1.0			
β_{tor}	7.11			
J_{min}	42 187 500 mm ⁴			
J_t	71 202 532 mm ⁴			
W_{xx}	562 500 mm ³			
β_c	0.2			
$L_{crit,xx}$	2.88 m			
i_{xx}	43 mm			
λ_{xx}	67			
$L_{crit,yy}$	2.88 m			
i_{yy}	43 mm			
λ_{yy}	67			
λ	67			
$f_{m,k}$	24.0 N/mm ²			
$f_{m,d}$	14.4 N/mm ²			
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm ²			
G_k	464 N/mm ²			
β	0.49			
L_{eff}	1.71 m			
$M_{y,crit}$	186.5 kNm			
$\sigma_{m,crit}$	331.5 N/mm ²			
$\lambda_{rel,m}$	0.27			
$k_{crit,m}$	1.00			
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} \cdot f_{m,d}}$	0.37	\leq	1	37%
Stabilità a compressione				
$f_{c,0,k}$	21.0 N/mm ²			
$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm ²			
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm ²			
$\lambda_{rel,c}$	1.13			
k	1.22			
$k_{crit,c}$	0.59			
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} \cdot f_{c,0,d}}$	0.20	\leq	1	20%
Stabilità a pressoflessione				
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,xx,d}}{k_{crit,m} \cdot f_{m,d}}$	0.57	\leq	1	57%

6.12 MURO IN C.A.

L'armatura del muro in c.a. è costituita da ferri verticali (1+1)φ12/200.

Ai fini della verifica si assume agente sulla struttura il momento flettente d'incastro delle travi HEA220 a sbalzo, calcolato nel §6.1, pari a 13,6 kN m.

La verifica di resistenza allo SLU viene eseguita con il software VCAslu:

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	5.6
2	5.65	19.4

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN

M_{xEd} 0 0 kNm

M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali

B450C C32/40

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰

f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰

E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 18.81

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?

ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25

σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333

τ_{c1} 2.114

Calcolo

M_{xRd} 49.92 kN m

σ_c -18.81 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ε_c 3.5 ‰

ε_s 19.91 ‰

d 19.4 cm

x 2.9 x/d 0.1495

δ 0.7

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

DXF

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Risulta $M_{Rd} = 49.92 \text{ kN m} > M_{Ed} = 13.6 \text{ kN m}$.

La verifica è soddisfatta.

6.14 PLATEA IN C.A.

Si riporta di seguito il momento flettente di Wood in direzione X allo SLU ed allo SLV:

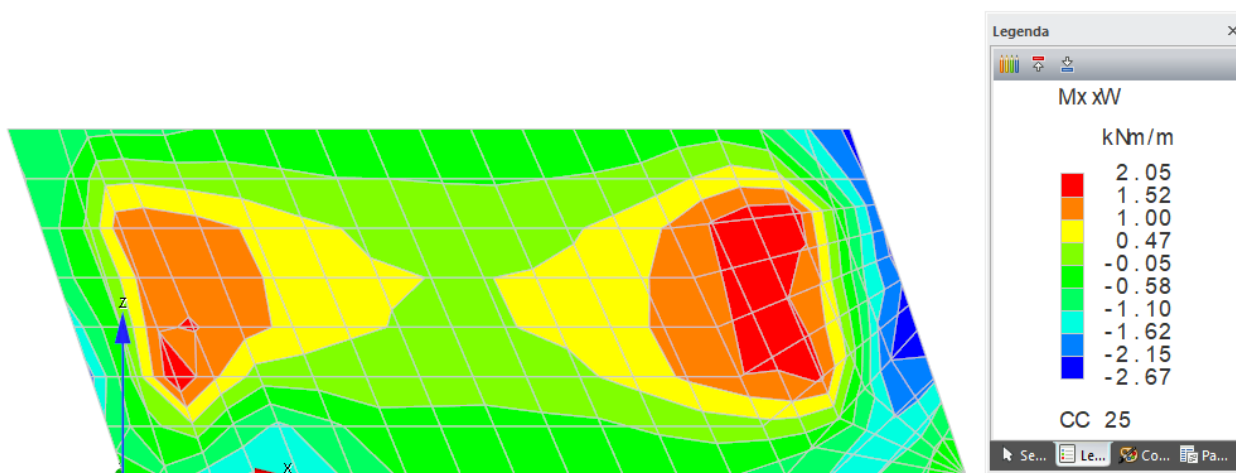


Figura 15: Momento di Wood in direzione X allo SLU

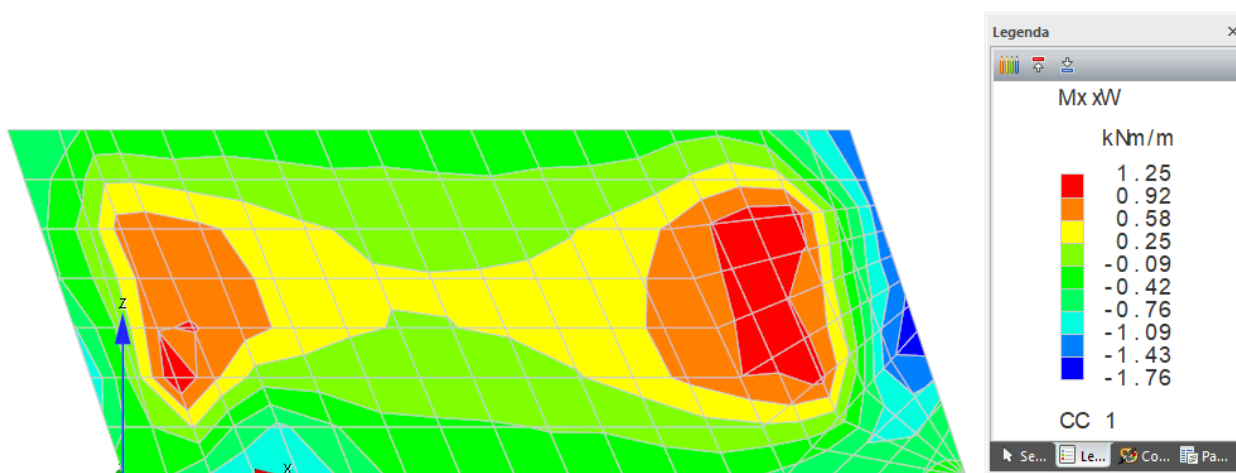


Figura 16: Momento di Wood in direzione X allo SLV

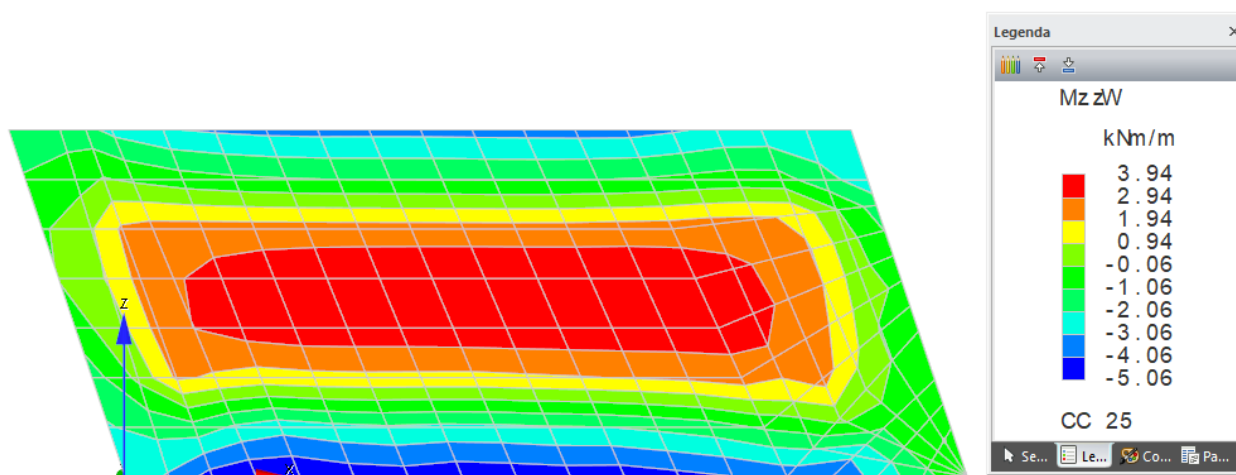


Figura 17: Momento di Wood in direzione Z allo SLU

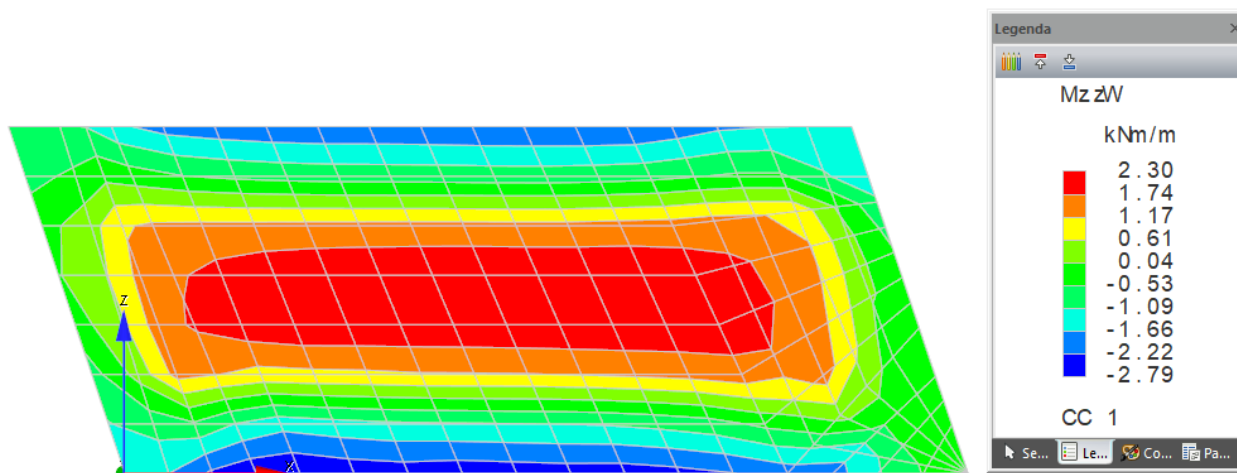


Figura 18: Momento di Wood in direzione Z allo SLV

L'armatura della platea è costituita da (1+1)φ12/200 incrociati. Si riporta di seguito la verifica di resistenza allo SLU:

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	5.8
2	5.65	14.2

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.
☐ DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
 B450C C32/40
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 18.81
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

M_{xRd} 38.87 kN m
 σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 13.63 ‰
 d 14.2 cm
 x 2.901 x/d 0.2043
 δ 0.7

Metodo di calcolo
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
☐ Precompresso

Risulta $M_{Rd} = 38.87 \text{ kN m} > M_{Ed} = 3.94 \text{ kN m}$.

6.16 PRESSIONI SUL TERRENO

Si riportano di seguito le pressioni agenti sul terreno allo SLU e allo SLV:

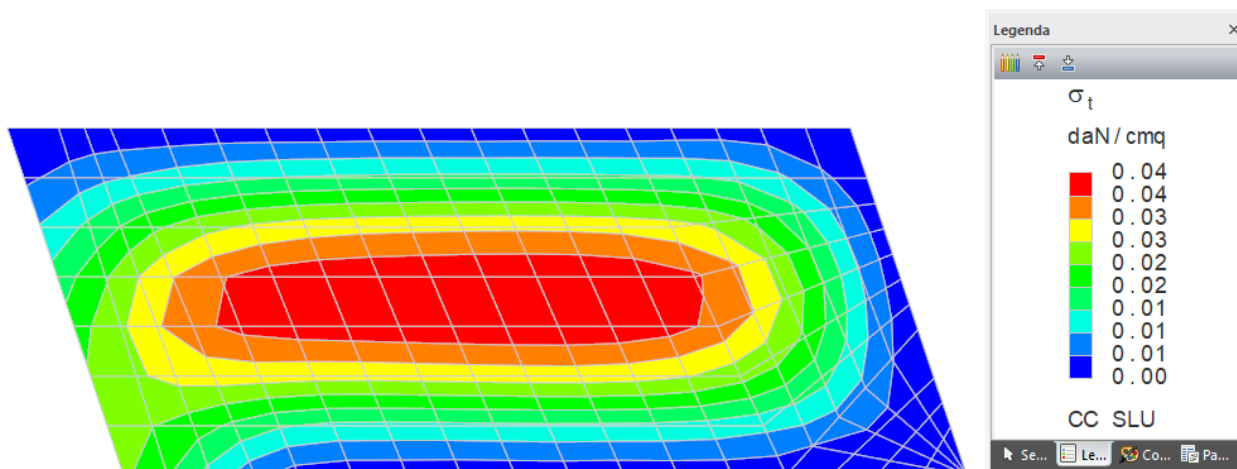


Figura 19: Pressioni sul terreno allo SLU (involuppo)

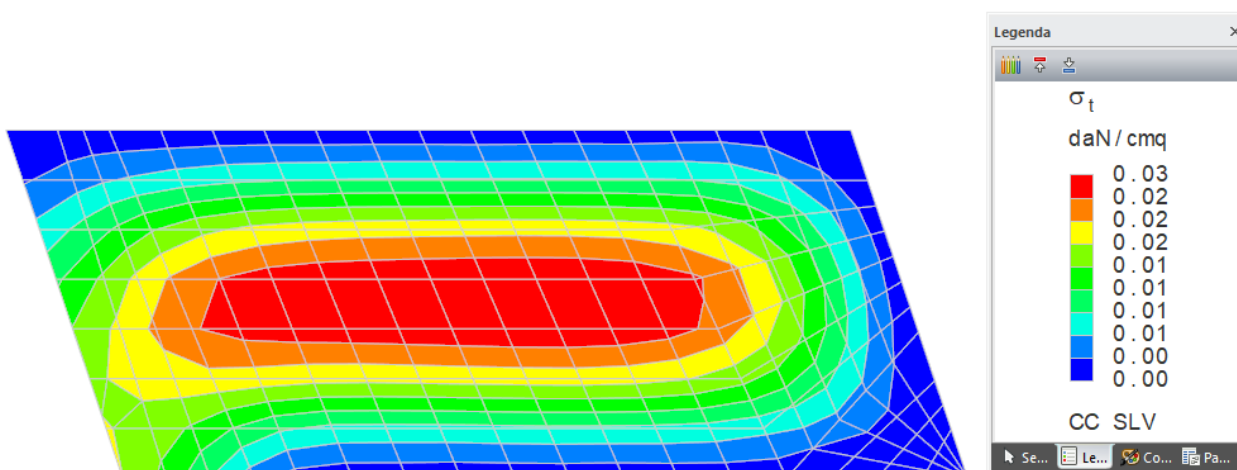


Figura 20: Pressioni sul terreno allo SLV (involuppo)

Con una pressione di 0,04 daN/cm² la fondazione è verificata.

6.17 MURO ESISTENTE IN PIETRA

Le nuove fondazioni sono collegate al muro in pietra tramite inghisaggi da realizzare in corrispondenza dei 4 ringrossi puntuali in c.a.. L'inghisaggio prevede 4 barre M16 di classe 8.8 e resina tipo Hilti HIT-HY 200-A. Si riporta di seguito l'analisi dei carichi ai fini della stima dell'azione tagliante agente sull'inghisaggio:

INPUT	
Geometria	
Lunghezza sbalzo	1.80 m
Interasse ringrossi	3.90 m
Area sezione cls	0.67 m ²
H _{tamponatura}	2.80 m
L _{infl,copertura}	1.60 m
% scarico muro	50%
Carichi	
V _{cls}	25 kN/m ³
G _{2,tamponatura}	0.88 kN/m ²
G _{2,copertura}	0.88 kN/m ²
Q _{passerella}	4.00 kN/m ²
G _{1,UPN220}	0.29 kN/m
G _{1,HEA220}	0.51 kN/m
OUTPUT	
Scarichi totali	
G _{1,c.a.}	65.76 kN
G _{1,UPN220}	1.13 kN
G _{1,HEA220}	1.99 kN
G _{2,tamponatura}	9.61 kN
G _{2,copertura}	5.49 kN
Q _{passerella}	28.08 kN
Scarichi su muro	
G _{1,c.a.}	32.88 kN
G _{1,UPN220}	0.57 kN
G _{1,HEA220}	0.99 kN
G _{2,tamponatura}	4.80 kN
G _{2,copertura}	2.75 kN
Q _{passerella}	14.04 kN
Scarico totale da parte di un ringrosso sul muro	
V _{Ed,RARA}	56 kN
V _{Ed,SLU}	76 kN

Si riporta di seguito la verifica dell'ancoraggio eseguita con il software Hilti PROFIS Engineering 3.0.78:



Hilti PROFIS Engineering 3.0.78

www.hilti.it

Impresa:
Indirizzo:
Telefono / Fax:
Design:
Contratto N°:

Pagina: 1
Progettista:
E-mail:
Data: 27/05/2022

Commenti del progettista:

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-HY 200-A + HIT-Z 100 Years M16

Periodo di ritorno (durata in anni): 100

Codice articolo: 2018416 HIT-Z M16x155 (inserire) / 434674 HIT-HY 200-A (composto indurente)

Hilti Seismic set o altro sistema per il riempimento dello spazio anulare tra piastra e ancorante.

Profondità di posa effettiva: $h_{eff,ope} = 96,0 \text{ mm}$ ($h_{eff,ana} = 192,0 \text{ mm}$)

Materiale: DIN EN ISO 4042

Certificazione No.: ETA 12/0006

Emesso / Valido: 28/10/2020 | -

Prova: Metodo di calcolo SOFA + fib (07/2011) – dopo prove ETAG

Fissaggio distanziato: $e_b = 0,0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 12,0 \text{ mm}$

Piastra d'ancoraggio^R: $l_x \times l_y \times t = 500,0 \text{ mm} \times 1.000,0 \text{ mm} \times 12,0 \text{ mm}$; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

Profilo: nessun profilo

Materiale base: fessurato calcestruzzo, C20/25, $f_{ct,eff} = 20,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 500,0 \text{ mm}$, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C

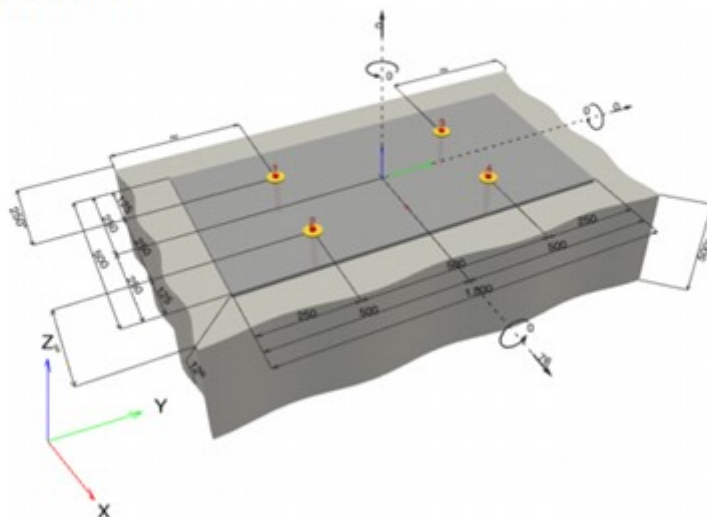
Installazione: Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto

Armatura: nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque \varnothing) o $\geq 100 \text{ mm}$ ($\varnothing \leq 10 \text{ mm}$) senza armatura di bordo longitudinale


SAFE-ET

^R - Il calcolo dell'ancoraggio presuppone la presenza di una piastra di ancoraggio rigida.

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan.



Hilti PROFIS Engineering 3.0.78

www.hilti.it

Impresa:

Indirizzo:

Telefono / Fax:

Design:

Contratto N°:

Bozze_Ancoraggio con passo 3,90 m_2022 05 27

Pagina:

Progettista:

E-mail:

Data:

2

27/05/2022

1.1 Combinazione carichi

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max.	Tassello [%]
1	Combinazione 1	$N = 0,000$; $V_x = 76,000$; $V_y = 0,000$; $M_x = 0,000$; $M_y = 0,000$; $M_z = 0,000$;	no	no		50

2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0,000	19,000	19,000	0,000
2	0,000	19,000	19,000	0,000
3	0,000	19,000	19,000	0,000
4	0,000	19,000	19,000	0,000

Compressione max. nel calcestruzzo:

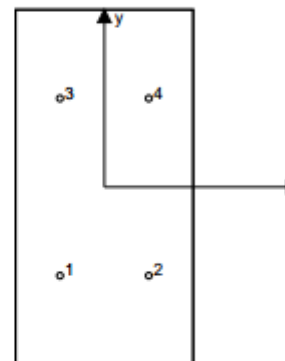
- [%]

Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo:

- [N/mm²]

risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0,0/0,0): 0,000 [kN]

risultante delle forze di compressione (x/y)=(0,0/0,0): 0,000 [kN]



Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.



Hilti PROFIS Engineering 3.0.78

www.hilti.it

Impresa:

Indirizzo:

Telefono / Fax:

Design:

Contratto N°:

|
Bozze_Ancoraggio con passo 3,90 m_2022 05 27

Pagina:

Progettista:

E-mail:

Data:

3

27/05/2022

3 Carico di trazione SOFA (fib (07/2011), paragrafo 10.1)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_N [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura conica del calcestruzzo**	N/A	N/A	N/A	N/A
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan



Hilti PROFIS Engineering 3.0.78

www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	4
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Bozze_Ancoraggio con passo 3,90 m_2022 05 27	Data:	27/05/2022
Contratto N°:			

4 Carico di taglio SOFA (fib (07/2011), paragrafo 10.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_v [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	19,000	38,400	50	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	38,000	103,265	37	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rd,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{sd} [kN]
48,000	1,250	38,400	19,000

4.2 Rottura per pryout

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$\psi_{A,N}$	$c_{a,N}$ [mm]	$s_{a,N}$ [mm]	k_4
154,944	82,944	1,868	144,0	288,0	2,560
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{a,N}$	$\psi_{rs,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000
$N_{Rd,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,c,p}$ [kN]	V_{sd} [kN]		
32,390	1,500	103,265	38,000		

ID gruppo ancoranti

3, 4

5 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

N_{Sk}	■ 0,000 [kN]	δ_N	■ - [mm]
V_{Sk}	■ 14,074 [kN]	δ_V	■ 0,5630 [mm]
		δ_{NV}	■ - [mm]

Carichi a lungo termine:

N_{Sk}	■ 0,000 [kN]	δ_N	■ - [mm]
V_{Sk}	■ 14,074 [kN]	δ_V	■ 0,8444 [mm]
		δ_{NV}	■ - [mm]

Commenti: Gli spostamenti a trazione risultano validi con metà del valore della coppia di serraggio richiesta per non fessurato calcestruzzo!
Gli spostamenti a taglio sono validi trascurando l'attrito tra il calcestruzzo e la piastra d'ancoraggio! Lo spazio derivante dal foro eseguito con perforatore e dalle tolleranze dei fori non viene considerato in questo calcolo!

Gli spostamenti ammissibili dell'ancorante dipendono dalla struttura fissata e devono essere definiti dal progettista!

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan



Hilti PROFIS Engineering 3.0.78

www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	5
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Bozze_Ancoraggio con passo 3,90 m_2022 05 27	Data:	27/05/2022
Contratto N°:			

6 Attenzione

- Fenomeni di redistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- Il metodo Fib (07/2011) assume l'assenza di spazi anulari tra gli ancoranti e la piastra di ancoraggio. Questo può essere ottenuto mediante il riempimento con resina di sufficiente resistenza a compressione (p.e. usando il sistema Hilti Seismic/Filling set) o attraverso altri mezzi idonei.
- L'utente è responsabile della conformità alle norme correnti (e.g. EC3, AS 4100, ecc.)
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo a fib (07/2011)!
- L'adesione chimica caratteristica dipende dal periodo di ritorno (durata in anni): 100

L'ancoraggio risulta verificato!

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan

Si procede ora alla verifica dell'incremento delle tensioni alla base del muro.

Il muro presenta un'altezza di 5,50 m ed una sezione con spessore variabile da 500 mm in sommità a 1000 mm alla base. Si riportano di seguito i calcoli:

INPUT	
Geometria	
Altezza	5.50 m
Sp. in sommità	0.50 m
Sp. alla base	1.00 m
Interasse ringrossi	3.90 m
Lungh. muro	18.26 m
Carichi	
V_{muro}	21 kN/m ³
Q	4.00 kN/m ²
$L_{\text{infl,SDF}}$	0.80 m
$V_{\text{Ed,ringrosso 1}}$	56 kN
$V_{\text{Ed,ringrosso 2}}$	56 kN
$V_{\text{Ed,ringrosso 3}}$	76 kN
$V_{\text{Ed,ringrosso 4}}$	56 kN
OUTPUT	
$A_{\text{base muro}}$	18.26 m ²
G_{muro}	1582 kN
Q_{SDF}	95 kN
$V_{\text{Ed,ringrossi totale}}$	244 kN
σ_{iniziale}	0.09 N/mm ²
σ_{finale}	0.10 N/mm ²
$\Delta\sigma$	0.01 N/mm ² = 9%

L'incremento di tensioni è pari al 9%; l'intervento non richiede pertanto l'adeguamento del muro esistente.