




Dott. Ing. SANDRO FAVERO
n. 1403 Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Venezia

EXPO MILANO 2015 PADIGLIONE DEL CHILE *Progetto Esecutivo*

<i>progettista:</i> UNDURRAGA DEVES ARQUITECTOS Arch. principale: Cristiàn Undurraga Coord. progetto: Sebastiàn Mallea <small>Av. Presidente Errazuriz 2999-Z - 7550356 Las Condes - Santiago - Chile +56.2.9989655 - sebastianmallea@undurragadeves.cl</small>	<i>progettista del percorso espositivo:</i> EL OTRO LADO Responsabile: Eugenio Garcia	elaborazione: 18 Settembre 2014
		ultima revisione: C
		disegnato: N.M.
<i>architetto incaricato:</i> PROGETTISTI ASSOCIATI ARCHITETTURA SRL Arch. principale: Hugo Sillano Collaboratori: Marta Garlati, Federica Pugliese <small>milano, via lampedusa 13 - 02.84703425 - architettura@progettistiassociati.com</small>	<i>strutture e impianti:</i> F&M INGEGNERIA SPA Ing. principale: Sandro Favero Collaboratori: Nico Marchiori <small>mirano, via belvedere 8/10 - 041.5785711 - expocile@fm-ingegneria.com</small>	controllato: S.F.
		scala: -----
descrizione: RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE IN ELEVAZIONE		codice elaborato: D.1.1

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	5
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E TOPOGRAFICHE DEL SITO	8
4. NORMATIVE.....	9
5. METODO DI CALCOLO, VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	10
5.1. Verifiche sismiche.....	10
6. MATERIALI	11
6.1. Acciaio.....	11
6.1.1. Acciaio per armatura nel calcestruzzo.....	11
6.1.2. Acciaio da carpenteria	11
6.1.3. Bulloni	11
6.2. Calcestruzzo.....	12
6.2.1. Strutture di fondazione	12
6.3. Vetro	12
6.4. Legno	12
6.4.1. Legno lamellare incollato	12
6.4.2. Legno massiccio	12
7. SOVRACCARICHI.....	13
7.1. Sovraccarichi accidentali	13
7.2. Peso proprio e sovraccarichi permanenti.....	13
7.3. Neve.....	15
7.4. Vento	16
7.5. Sisma.....	18
8. MODELLO DI CALCOLO	21
9. RISULTATI E VERIFICHE DEGLI ELEMENTI IN ELEVAZIONE.....	23
9.1. Combinazioni di carico, classi di durata e classi di servizio	23
9.2. Verifiche di resistenza ed instabilità elementi in legno.....	23
9.2.1. Facciata esterna 230x330 mm.....	24
9.2.2. Facciata interna 345x330 mm	26
9.2.3. Travi di piano 345x500 mm	28
9.2.4. Travi secondarie di piano 240x380 mm, GL32h	29

9.2.5.	Travi secondarie di piano 240x380 mm, GL24h	30
9.2.6.	Travi principali copertura 180/240x550 mm	31
9.2.7.	Travi 345x650 mm	32
9.2.8.	Travi orizzontali facciata interna ed esterna 200x200 mm	33
9.2.9.	Travi orizzontali tra facciata interna ed esterna 200x200 mm	35
9.3.	Verifiche di resistenza elementi in acciaio	37
9.3.1.	Trave principale auditorim HEA 450	37
9.3.2.	Trave secondaria auditorim HEA 260	38
9.3.3.	Trave scale e passerelle UPN 180	40
9.3.4.	Colonne in acciaio “tripodi”	48
9.4.	Verifiche di deformazione e vibrazione	56
9.5.	Verifica in condizione di incendio strutture in legno	60
9.5.1.	Facciata interna 261x246 mm – sezione ridotta	61
9.5.2.	Travi di piano 261x458 mm – sezione ridotta	63
9.5.3.	Travi secondarie di piano 156x338 mm, GL32h – sezione ridotta	64
9.5.4.	Travi secondarie di piano 156x338 mm, GL24h – sezione ridotta	64
9.5.5.	Travi principali copertura 156x508 mm – sezione ridotta	65
9.5.6.	Travi orizz. facciata interna ed esterna 116x116 mm – sezione ridotta	66
9.5.7.	Travi orizz. tra facciata interna ed esterna 116x158 mm	68
9.6.	Verifica in condizione di incendio strutture in acciaio	69
10.	VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI SU COLONNE	73
10.1.	Attacco 14	73
10.2.	Attacco 16	79
11.	VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI FACCIATA ESTERNA	83
11.1.	Attacco 1 e attacco 3/4	83
11.2.	Attacco 2	90
12.	VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI FACCIATA INTERNA	97
12.1.	Attacco 18/19/20	97
12.2.	Attacco 13	104
13.	VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI PIANO PRIMO	112
13.1.	Attacco 8	112
13.2.	Attacco 11	118

13.3.	Attacco 17	124
14.	VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI PIANO SECONDO	130
14.1.	Attacco 15	130
14.2.	Fissaggio banchina (12 × 50)	133
14.3.	Attacco 11	135
15.	VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI PIANO COPERTURA	136
15.1.	Attacco 51	136
15.2.	Attacco 56 / 57 / 58	142
15.3.	Attacco 10	148
16.	VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – COLLEGAMENTI CON ELEMENTI ACCESSORI	151
16.1.	Collegamento dei diagonali orizzontali dei solai	151
16.2.	Collegamento dei traversi orizzontali della “pelle esterna”	153
16.3.	Collegamento dei diagonali orizzontali della copertura	156
16.4.	Collegamento dei travetti di solaio (20 × 20) cm	158

1. PREMESSA

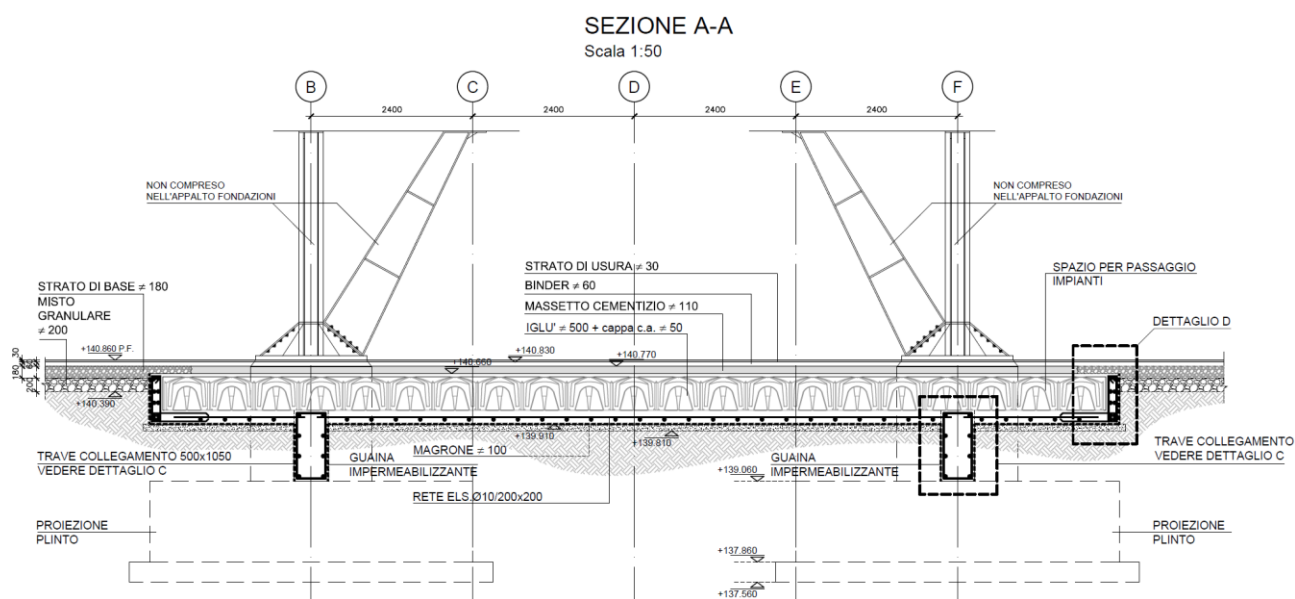
Il presente documento costituisce la relazione di calcolo delle strutture in elevazione del nuovo Padiglione del Cile, da edificare nell'area dell'Expo Milano nel lotto S34.

Si riportano le verifiche effettuate nel rispetto delle normative italiane, valutando anche le azioni sismiche. Viene data evidenza dei carichi agenti, del dimensionamento, delle caratteristiche geometriche e dei materiali costituenti gli elementi strutturali principali.

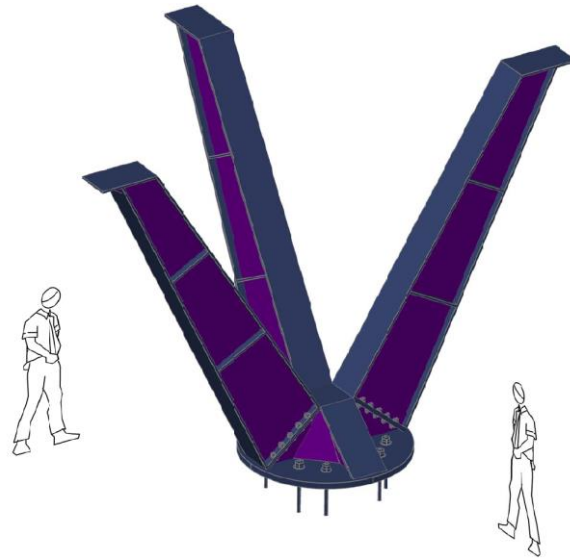
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Si prevede una fondazione superficiale con 6 plinti isolati di impronta 4.8x4.8 m, collegati tra loro da un reticolo di cordoli in c.a. La superficie di appoggio del plinto è circa a quota -3.00 dal piano campagna, in modo da caricare l'unità 2 (strato C1).

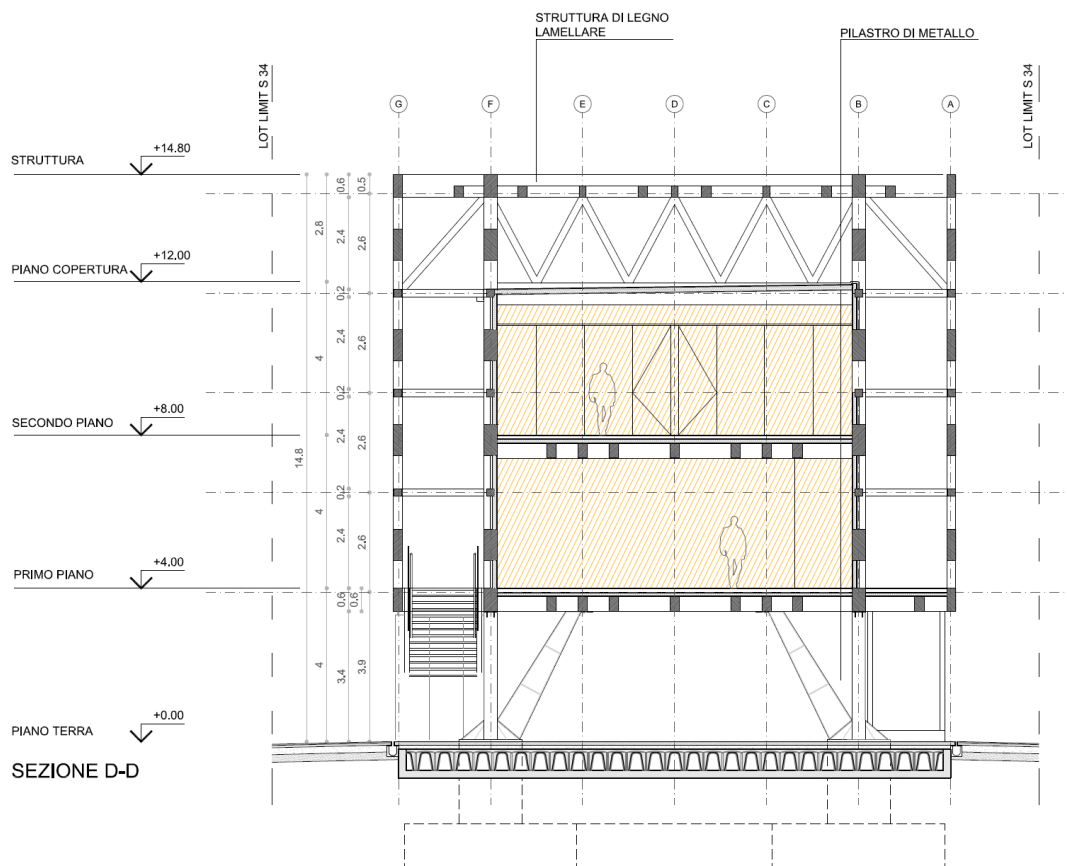
A piano campagna si realizzerà di una "vasca" in c.a. nella quale alloggiare un solaio ad iglù, utile per la dispersione del gas radon e per il passaggio degli impianti. Tale vasca è costituita da una soletta in c.a. e muretti perimetrali spessore 200 mm, sulla quale appoggiano gli iglù altezza 500 mm con soletta armata spessore 50 mm.



Sui plinti sono ancorate le 6 colonne in acciaio a sostegno della struttura in legno lamellare del padiglione. Tali colonne sono costituite da piatti in acciaio spessore 15 e 20 mm, saldate a comporre sezioni "a cassone" di base costante 345 mm ed altezza variabile da circa 400 mm fino a circa 770 mm. Ogni colonna ha tre rami che, partendo dalla testa del plinto ove sono incastrati si elevano con angolo di circa 60° sull'orizzontale a sostenere le travi in legno lamellare.



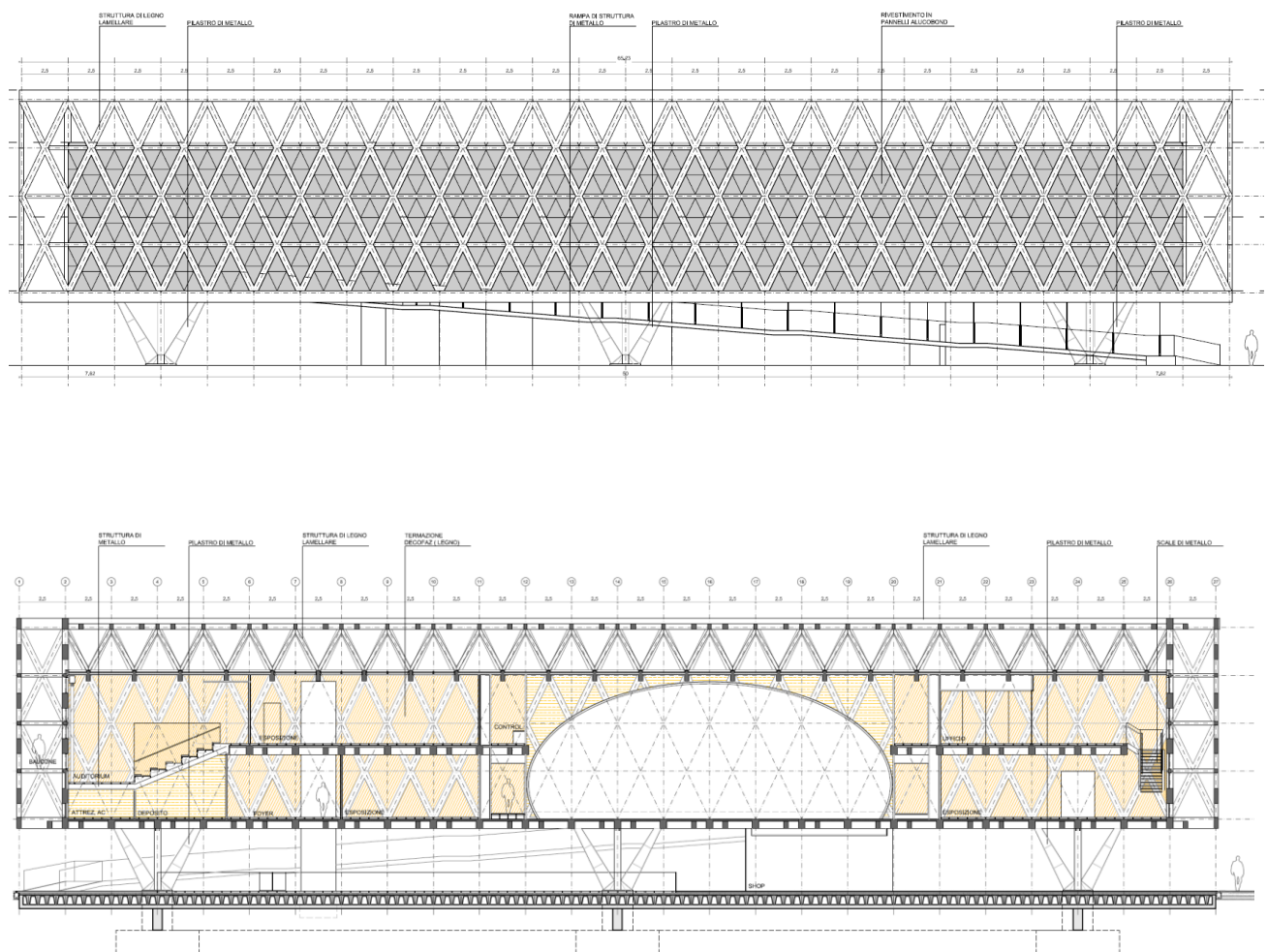
La struttura del padiglione si sviluppa su tre piani fuori terra, per un'altezza totale massima di 14.80 m sul piano campagna e un ingombro in pianta di circa 65x15 m. L'edificio è costituito da una "pelle esterna" in travi reticolari di legno lamellare poste sul perimetro, a tutta altezza (con l'esclusione del piano terra), sostenute dalla struttura del tetto. Una struttura reticolare con la stessa geometria ma con sezioni maggiori è collocata sul filo delle colonne, all'interno, e funziona come una trave parete di altezza 10.80 metri (due piani più la copertura), sulla quale sono ancorati i solai.



Il piano terra, che contiene le colonne in acciaio, ha altezza circa 4 m; il piano primo è quindi a quota +4.00, il piano secondo a quota +8.00 e la copertura a quota +12.00. La parte di edificio tra +12.00 e +14.80 è un reticolo strutturale di travi in legno lamellare con funzione di sostegno del tetto, della facciata esterna e con funzione di ombreggiamento.

I solai sono in legno, con travi principali disposte lungo il lato corto dell'edificio, travi secondarie e pannelli portanti in legno con isolamento interposto.

In alcuni punti dell'auditorium sono state introdotte travi in acciaio per ridurre gli ingombri delle sezioni. Si riportano nel seguito il prospetto principale e una sezione longitudinale.



3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E TOPOGRAFICHE DEL SITO

Si riporta un estratto della relazione di caratterizzazione geotecnica del sito di Expo 2015.

Le indagini eseguite dimostrano che la stratigrafia dell'area in oggetto è piuttosto uniforme, costituita generalmente da uno strato principale di materiali a grana grossa (ghiaie e sabbie) in matrice limosa o limoso argillosa a volte abbondante.

Nella porzione più superficiale, al di sotto del terreno vegetale, si rinviene molto spesso uno strato di materiale limoso-sabbioso, a luoghi argilloso, di mediocri caratteristiche meccaniche. Lo spessore di questo strato è variabile da pochi decimetri ad un massimo di 2 – 3 m circa. Va detto che a volte tale strato viene sostituito da livelli di sabbia limosa, anch'essi piuttosto sciolti, per spessori simili.

Localmente sono presenti in superficie terreni di riporto eterogenei (generalmente ciottoli e frammenti di laterizi in matrice limosa) di spessore limitato (0.80 m nel sondaggio BH8 – 1.2 m nel sondaggio BH10). In profondità, generalmente intorno ai 16 - 20 m da p.c. attuale, si rinvencono con una certa regolarità, all'interno delle ghiaie sabbiose, dei livelli di limo argilloso consistente, di spessore dell'ordine di 1 – 2 m. Al di sotto di questo strato riprende la sequenza di materiali a grana grossa, con prevalenza di sabbie e ghiaie subordinate.

Schematicamente è quindi possibile identificare il seguente profilo stratigrafico di riferimento:

Strato	Classificazione terreno	Profondità del tetto da p.c. (m da p.c.)	Spessore min/max (m)	Spessore medio (m)
Strato A	Terreno vegetale (localmente riporto)	0	0.3 – 1.2	0.7
Strato B	Limo argilloso con rara ghiaia (localmente sabbia limosa)	0.3 - 0.8	0.5 – 2.3 Localmente assente Localmente sostituito da sabbia limosa poco addensata. Ben evidente in DPSH, ove lo spessore complessivo dello strato superiore deformabile può superare localmente i 3.0 m.	
Strato C	Ghiaia sabbiosa in matrice limosa (C1) Sabbia ghiaiosa in matrice limosa/limo sabbioso con ghiaia (C2)	0.6 – 3.0	fino alla massima profondità indagata (30 m circa) Localmente interrotto da uno strato limoso-sabbioso a 15.0 – 16.0 m di profondità (BH26, BH30, BH34) e/o da uno strato limoso argilloso (D)	>25.0
Strato D	Limo argilloso/limo sabbioso	18.0÷22.0	0.8 – 2.3 Non vi sono evidenze della continuità areale di questo strato, tuttavia è stato identificato in quasi tutti i sondaggi profondi (>15 m) eseguiti	≈2.0

Il modello geotecnico del terreno di fondazione è riportato nella tabella:

Unità	Litotipo	Z _{top} (m)	γ_k (kN/m ³)	c_k' (kPa)	ϕ_k' (°)	$c_{u,k}$ (kPa)	E_s (MPa)
1	saSi/siCl	0.00	18	--	25	30	5
2	sasiGr(1)	3.00	20	--	33	--	40
3	saSi/clSi	18.00	19	--	27	100	50
4	sasiGr(2)	20.00	20	--	35	--	100

La falda freatica è a 6.5 m dal piano campagna.

Sulla base delle risultanze delle indagini si è scelto di appoggiare le fondazioni sullo strato di ghiaia sabbiosa C1, a circa 3 metri dal piano campagna.

Il sito è sostanzialmente pianeggiante, risultano presenti solo alcuni dislivelli non significativi tra le estremità del lotto.

4. NORMATIVE

Le leggi e decreti ministeriali sulle costruzioni vigenti in Italia sono:

- *L. 5.11.1971, n° 1086 – "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".*
- *D.M. 14.1.2008 – Norme tecniche per le costruzioni;*
- *Circolare n.617, 2.2.2009 – Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008;*
- *D.M. 16.02.2007 – "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione".*

Le norme UNI sui calcestruzzi sono:

- *UNI EN 206-1/2014 – Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità;*
- *UNI EN 11104/2004 – Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;*

Si utilizza come riferimento anche la norma CNR:

- *CNR-DT 206/2007: "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture in legno".*

In assenza di specifiche indicazioni normative è possibile utilizzare gli Eurocodici, nella versione italiana approvata dall'UNI. L'utilizzo degli Eurocodici è subordinato al rispetto dei livelli minimi di sicurezza stabiliti dalle leggi italiane sopra riportate.

- *UNI EN 1992 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo.*

- UNI EN 1993 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio.
- UNI EN 1995 - Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno.
- UNI EN 1997 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica.

5. METODO DI CALCOLO, VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

Il metodo di calcolo utilizzato è il "metodo semiprobabilistico agli stati limite". Saranno analizzati in questa sede i seguenti stati limite per le azioni:

- Stato Limite Ultimo per azioni statiche (SLU): Resistenza della struttura (A1 STR) e Resistenza del terreno (A2 GEO);
- Stato Limite di Esercizio (SLE): verifiche di deformazione, verifiche di vibrazione.

I coefficienti moltiplicativi delle condizioni elementari di carico sono prescritti dalle vigenti NTC08. Le azioni sono definite in funzione di alcuni parametri che caratterizzano la tipologia di opera:

Vita Nominale V_N : la costruzione ha carattere temporaneo, quindi l'opera è in classe 1 con vita nominale $V_N \leq 10$ anni.

Classe d'uso: la costruzione si colloca in classe III: "costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi". Alla classe III corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.5$

Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R : si calcola come prodotto tra la vita nominale V_N e il coefficiente d'uso C_U , e deve comunque essere sempre almeno 35 anni. Si ottiene $V_R = V_N \times C_U = 10 \times 1.5 = 15$ anni quindi si utilizzerà il valore $V_R = 35$ anni.

5.1. Verifiche sismiche

Le costruzioni soggette all'azione sismica devono essere progettate in accordo con uno dei due seguenti comportamenti strutturali:

- a) Comportamento strutturale non dissipativo.
- b) Comportamento strutturale dissipativo.

Nel caso in oggetto, poiché le azioni sismiche sono modeste, risulta conveniente semplificare la progettazione adottando il comportamento strutturale non dissipativo e quindi utilizzando le azioni sismiche calcolate con fattore di struttura $q=1$. In questo caso non è necessario rispettare i criteri della gerarchia delle resistenze ed è sufficiente rispettare le prescrizioni dei dettagli strutturali di cui al capitolo 4 delle Norme Tecniche.

6. MATERIALI

6.1. Acciaio

6.1.1. Acciaio per armatura nel calcestruzzo

Barre ad aderenza migliorata in acciaio B450C:

Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Allungamento a rottura	$\geq 7.5 \%$
Rapporto $(f_t/f_y)_k$	$1.15 \div 1.35$
Rapporto $(f_y/f_{y,nom})_k$	≤ 1.25

6.1.2. Acciaio da carpenteria

Acciaio tipo S275:

Tensione caratteristica di rottura ($t \leq 40\text{mm}$)	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$
Allungamento a rottura	$\geq 12 \%$

Acciaio tipo S355:

Tensione caratteristica di rottura ($t \leq 40\text{mm}$)	$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
Allungamento a rottura	$\geq 12 \%$

Trattamento superficiale della carpenteria metallica:

- Sabbiatura Sa 2.5
- Primer zincante o zincatura a caldo o elettrolitica
- Vernice intumescente R60 tipo Promapaint SC3 o equivalente
- Mani di finitura

6.1.3. Bulloni

Bulloni ad alta resistenza classe 8.8:

Resistenza caratteristica a rottura	$f_{tb} \geq 800 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yb} \geq 649 \text{ MPa}$

6.2. Calcestruzzo

6.2.1. Strutture di fondazione

Classe di esposizione (UNI EN 206)	XC2
Classe di resistenza del calcestruzzo	C 25/30
Contenuto minimo di cemento	300 kg/m ³
Rapporto massimo a/c	0.60

6.3. Vetro

Le caratteristiche meccaniche minime del vetro temperato termicamente con trattamento HST (utilizzato per i parapetti e per le vetrate) sono:

Carico di rottura a trazione per flessione: $\sigma_{rtf} > 120 \text{ MPa}$;

Modulo di Young: $E = 70000 \text{ MPa}$;

6.4. Legno

6.4.1. Legno lamellare incollato

Legno lamellare omogeneo GL24h

Resistenza caratteristica a flessione $f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$

Legno lamellare omogeneo GL32h

Resistenza caratteristica a flessione $f_{m,g,k} = 32 \text{ MPa}$

6.4.2. Legno massiccio

Legno massiccio C24

Resistenza caratteristica a flessione $f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$

7. SOVRACCARICHI

Si riportano nel seguito i valori caratteristici dei sovraccarichi utilizzati nella progettazione.

7.1. Sovraccarichi accidentali

Il valore dei sovraccarichi accidentali da considerare è riportato nella tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Per gli ambienti in oggetto si ha:

- Uffici aperti al pubblico (cat. B2):	3.00 kN/m ²
- Ristoranti (cat. C1):	3.00 kN/m ²
- Balconi, ballatoi, scale, sala convegni, teatro con posti fissi, negozi (cat. C2 e D1):	4.00 kN/m ²
- Ambienti senza ostacoli per il movimento delle persone: zone espositive e commerciali, (cat. C3 e D2)	5.00 kN/m ²

7.2. Peso proprio e sovraccarichi permanenti

Il peso degli elementi strutturali viene computato automaticamente dal software di calcolo, in funzione delle dimensioni delle sezioni e della densità del materiale:

$$\gamma_{\text{legno}} = 430 \text{ kg/m}^3$$

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

$$\gamma_{\text{cls}} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

I sovraccarichi permanenti considerati sono:

- Parete vetrata: 0.60 kN/mq	
- Parete opaca: 0.70 kN/mq	
- Pannelli portanti coibentati in legno, spessore 120 o 140 mm (piano primo, piano secondo e copertura): 0.35 kN/mq	
- Sovraccarico permanente piano primo e piano secondo:	
sottofondo "a secco" in argilla espansa densità 400 kg/mc :	0.50 kN/mq
pavimentazione in legno:	0.15 kN/mq
impianti:	0.10 kN/mq
elementi divisori interni:	0.80 kN/mq
totale:	1.55 kN/mq

-
- | | |
|--|-------------------|
| - Sovraccarico permanente copertura, zona opaca: | |
| impermeabilizzazione: | 0.15 kN/mq |
| impianti: | 0.15 kN/mq |
| tetto "verde" (sistema estensivo leggero): | 1.50 kN/mq |
| totale: | 1.80 kN/mq |
| | |
| - Sovraccarico permanente copertura, zona vetrata: | |
| copertura vetrata | 0.80 kN/mq |
| schermature esterne (eventuali) | 0.10 kN/mq |
| totale: | 0.90 kN/mq |

7.3. Neve

Il sovraccarico per la neve vale, per coperture piane:

$$q_s = 1.20 \text{ kN/m}^2$$

Il calcolo è esplicitato nel seguito:

3.4 AZIONI DELLA NEVE - NTC 2008

3.4.1 - Carico neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante l'espressione (3.3.7):

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0.8 \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 1 = 1.20 \text{ kN/m}^2 \quad (3.3.7)$$

$$\begin{aligned} \mu_i &= 0.80 && (\text{valore massimo}) \\ q_{sk} &= 1.50 \text{ kN/m}^2 \\ C_E &= 1 \\ C_t &= 1 && (\text{par. 3.4.4}) \end{aligned}$$

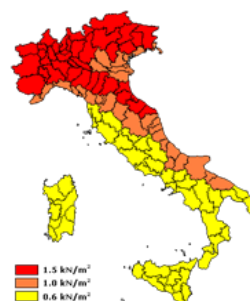
3.4.2 - Valore caratteristico

Provincia:

Zona I - Mediterranea

$a_s = 130 \text{ m}$ altitudine sul livello del mare del sito

$$q_{sk} = 1.50 \text{ kN/m}^2$$



3.4.3 - Coefficiente di esposizione

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

3.4.5.1 - Coefficiente di forma per le coperture

3.4.5.2 - Copertura ad una falda

$$\alpha = 0^\circ$$

$$\mu_{i1} = 0.80$$

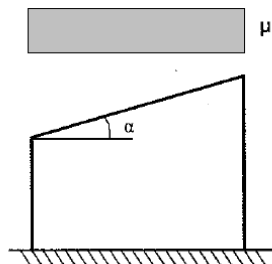


Figura 3.4.2 – Condizioni di carico per coperture ad una falda

7.4. Vento

La pressione del vento sulle pareti verticali (valore caratteristico) è variabile in funzione dell'altezza, secondo la seguente tabella:

z [m]	c _e (z) Cat. IV	+p(z) [N/m ²]	-p(z) [N/m ²]
2.50	1.63	638.36	-484.24
5.00	1.63	638.36	-484.24
7.50	1.63	638.36	-484.24
10.00	1.78	696.54	-484.24
12.50	1.94	756.60	-484.24
15.00	2.07	807.07	-484.24

z = altezza rispetto al piano terra

+p = pressione del vento (perpendicolare alla parete, verso l'interno)

-p = depressione del vento (perpendicolare alla parete, verso l'esterno)

Il calcolo è esplicitato nel seguito:

3.3 AZIONI DEL VENTO - NTC 2008

3.3.2 - Velocità di riferimento

Zona: **1**
 a_s = **130** m altitudine sul livello del mare del sito
 T_R = **50** anni
 α_R = 1.000
 a₀ = 1000 m
 v_{b0} = 25 m/s
 k_a = 0.010 1/s

v_b = **25.00** m/s



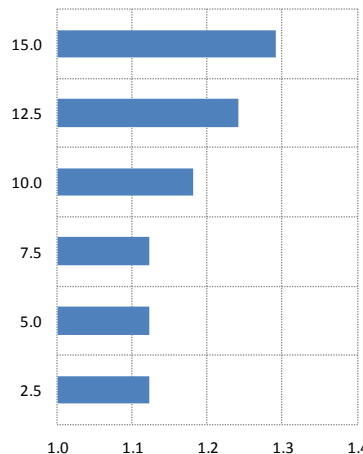
Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

3.3.4 - Pressione del vento

q_b = 390.63 N/m² pressione cinetica di riferimento
 c_p = + 1.00 (sopravento) coefficiente di forma (o aerodinamico)
 c_p = - 0.60 (sottovento)
 c_d = **1** coefficiente dinamico

Tabella - Pressione del vento in funzione della quota di applicazione

z [m]	c _e (z) Cat. IV	+p(z) [N/m ²]	-p(z) [N/m ²]	p _{tot} (z) [N/m ²]	p _{tot} (z) [kN/m ²]
2.50	1.63	638.36	-484.24	1122.61	1.123
5.00	1.63	638.36	-484.24	1122.61	1.123
7.50	1.63	638.36	-484.24	1122.61	1.123
10.00	1.78	696.54	-484.24	1180.78	1.181
12.50	1.94	756.60	-484.24	1240.84	1.241
15.00	2.07	807.07	-484.24	1291.31	1.291



3.3.7 - Coefficiente di esposizione

Zona: 1
 $a_s = 130$ m
 $z = 15$ m (altezza dell'edificio considerato)
 Distanza dalla costa: 120 km ☐ Struttura Off-shore
 Classe di rugosità: B: aree suburbane
 Categoria di esposizione: **IV**
 $k_r = 0.22$
 $z_0 = 0.30$ m
 $z_{min} = 8.00$ m
 $C_t = 1$

C 3.3.10 - Coefficiente di forma (o aerodinamico)

Tipologia di riferimento: Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate, curve
 $C_p = +1.00$ (elementi sopravento)
 $C_p = -0.60$ (elementi sottovento)

C 3.3.10.1 - Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate, curve

$\alpha = 90^\circ$

$C_p = +1.00$
 $C_p = -0.60$

Pressione esterna:

elementi sopravento: $C_{pe} = +0.80$
 elementi sottovento: $C_{pe} = -0.40$

Pressione interna: ☐ Considera perfettamente sigillato

- ☒ Aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale
☐ Una parete con aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale
☐ Due pareti opposte con aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale

$C_{pi} = +0.20$
 $C'_{pi} = -0.20$

7.5. Sisma

Gli effetti dell'azione sismica si determinano secondo il metodo dell'analisi lineare dinamica in spettro di risposta. Lo spettro di progetto si calcola con la procedura di seguito descritta, nell'ipotesi di comportamento strutturale non dissipativo ($q=1$):

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
9.0881

LATITUDINE
45.5111

☐ Ricerca per comune

REGIONE
Lombardia

PROVINCIA
Milano

COMUNE
Pero

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

→

Variabilità dei parametri

→

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

→

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE { SLO - $P_{VR} = 81\%$ info
SLD - $P_{VR} = 63\%$ info

Stati limite ultimi - SLU { SLV - $P_{VR} = 10\%$ info
SLC - $P_{VR} = 5\%$ info

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Strategia di progettazione

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info $S_S = 1.500$ $C_C = 1.634$ info

Categoria topografica **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☐ Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) $\eta = 1.000$ info

☒ Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_o Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q $\eta = 0.667$ info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:SLV**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.040 g
F_o	2.661
T_C	0.262 s
S_s	1.500
C_C	1.634
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.143 s
T_C	0.428 s
T_D	1.762 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.061
$T_B \leftarrow$	0.143	0.161
$T_C \leftarrow$	0.428	0.161
	0.491	0.141
	0.555	0.124
	0.618	0.112
	0.682	0.101
	0.745	0.093
	0.809	0.085
	0.872	0.079
	0.936	0.074
	1.000	0.069
	1.063	0.065
	1.127	0.061
	1.190	0.058
	1.254	0.055
	1.317	0.052
	1.381	0.050
	1.444	0.048
	1.508	0.046
	1.571	0.044
	1.635	0.042
	1.698	0.041
$T_D \leftarrow$	1.762	0.039
	1.868	0.035
	1.975	0.031
	2.082	0.028
	2.188	0.025
	2.295	0.023
	2.401	0.021
	2.508	0.019
	2.614	0.018
	2.721	0.016
	2.828	0.015
	2.934	0.014
	3.041	0.013
	3.147	0.012
	3.254	0.011
	3.361	0.011
	3.467	0.010
	3.574	0.010
	3.680	0.009
	3.787	0.008
	3.893	0.008
	4.000	0.008

8. MODELLO DI CALCOLO

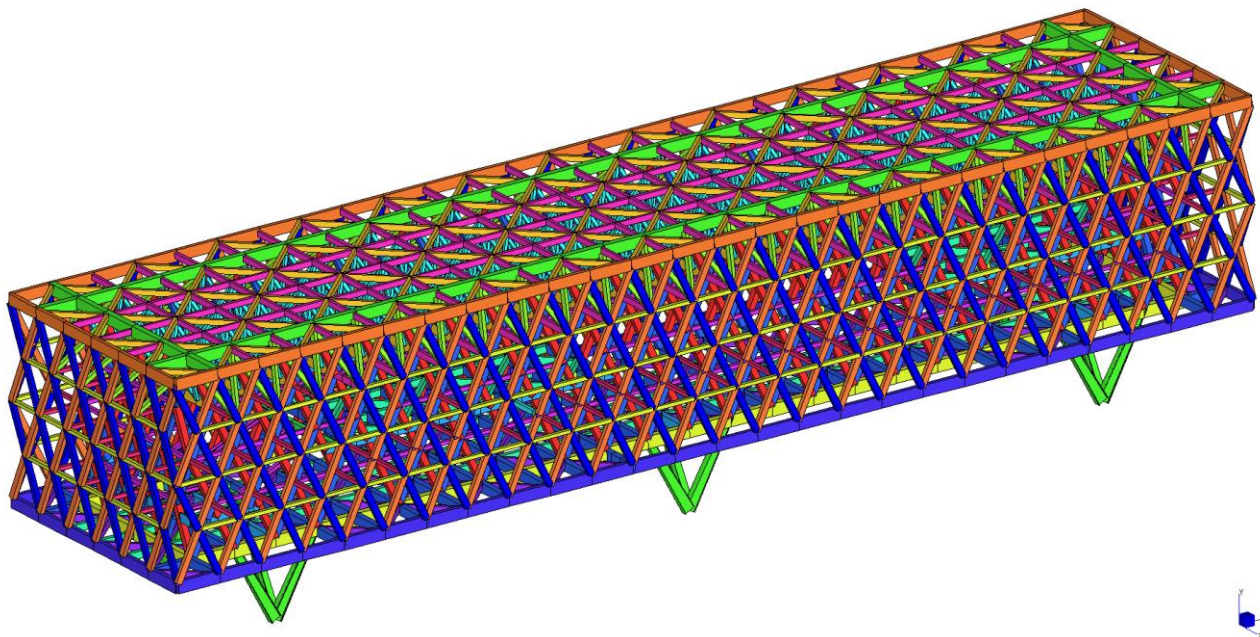
Le elaborazioni mediante calcolatore sono state eseguite con l'ausilio dei seguenti programmi di calcolo:

- Straus7®, versione 2.4.6, sviluppato da G+D Computing, Suite 1, Level 7, 541 Kent St, Sydney NSW 2000 Australia e distribuito in Italia dalla HSH, via N.Tommaseo 13, 35131 Padova, concesso in licenza d'uso a Favero&Milan Ingegneria Spa, licenza n.USBFVMN7. Questo software è utilizzato per l'analisi delle sollecitazioni negli elementi strutturali.
- PresFLE+® versione 5.11, BeamCAD® versione 19.3.51 e SismiCAD® versione 12.1 prodotti da CONCRETE s.r.l., via della Pieve 19, 35121 Padova, concesso in licenza d'uso a Favero&Milan Ingegneria Spa, licenza n.7219922. Questo software è utilizzato per il calcolo e la verifica delle sezioni di calcestruzzo armato.

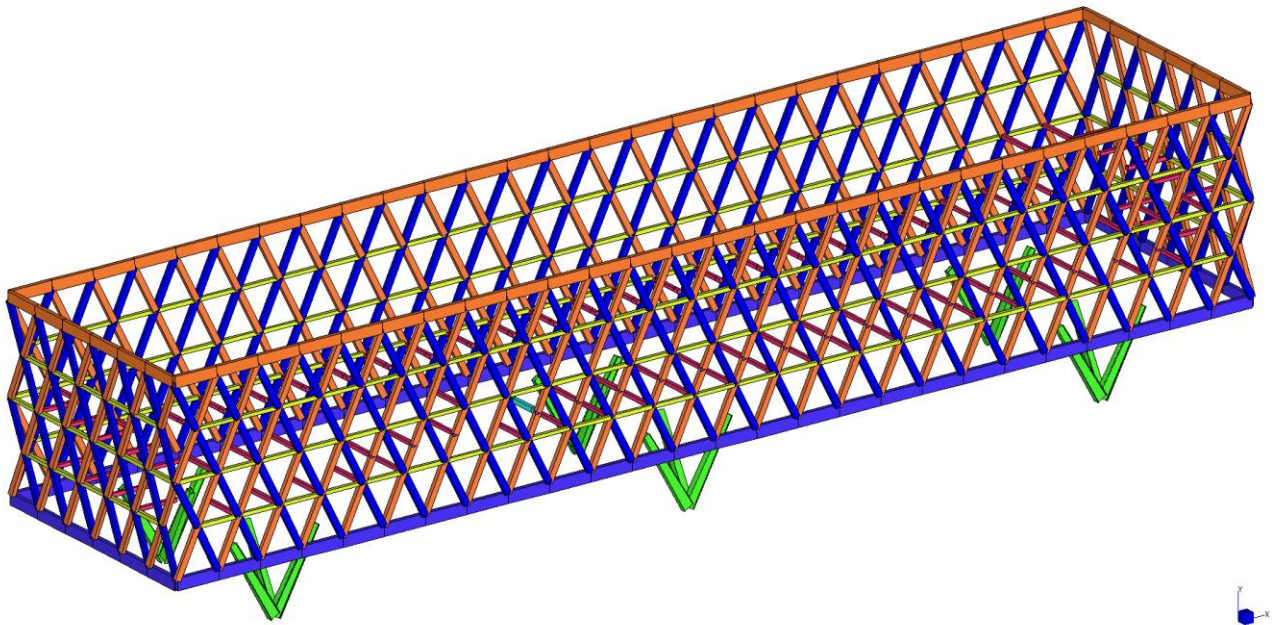
I programmi di calcolo sono usati dalla scrivente in forza di regolari licenze d'uso e sono testati periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti ed individuare eventuali vizi ed anomalie.

Grazie alla raffinatezza dei modelli di calcolo è stato possibile analizzare il comportamento di tutti gli elementi compositivi delle stesse, considerando l'effettivo contributo alla rigidezza complessiva del sistema fornito da ciascun componente elementare. I criteri di modellazione prevedono la riproduzione fedele delle strutture così come sono state progettate e si prescrive siano realizzate.

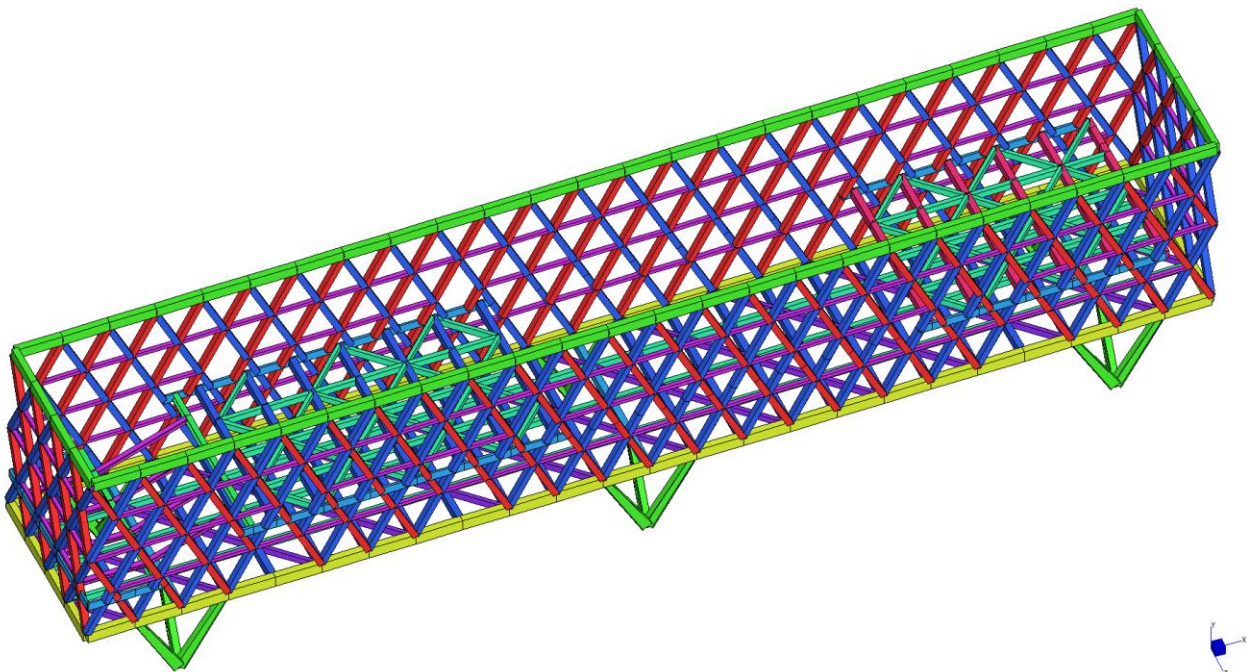
Le immagini seguenti mostrano il modello di calcolo utilizzato:



Modello di calcolo – vista complessiva



Modello di calcolo – vista della sola struttura esterna



Modello di calcolo – vista della sola struttura interna con i solai di piano

9. RISULTATI E VERIFICHE DEGLI ELEMENTI IN ELEVAZIONE

9.1. Combinazioni di carico, classi di durata e classi di servizio

Sono state analizzate le seguenti combinazioni di carico ritenute significative:

CASES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	SLU 1	SLU 2	SLU 3	SLU 4	SLU 5	SLV 1	SLV 2	SLV 3	SLE 1 freq.	SLE 2 freq.	SLE 3 QP
1: Gravità su strutture [Freedom Case 1]	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2: Peso proprio tavolato [Freedom Case 1]	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3: Sovraccarichi permanenti [Freedom Case 1]	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4: Permanenti facciate [Freedom Case 1]	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5: Sovraccarichi accidentali [Freedom Case 1]	0.0	1.5	0.0	1.5	1.05	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6
6: Vento +Z [Freedom Case 1]	0.0	0.0	1.5	0.9	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
7: Tappeto mobile [Freedom Case 1]	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6
8: Appesi passerelle e scale - permanenti [Freedom Case 1]	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
9: Appesi passerelle e scale - accidentali [Freedom Case 1]	0.0	1.5	0.0	1.5	1.05	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6
10: Sisma X [CQC]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0
11: Sisma Z [CQC]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0
12: Sisma Y (verticale) [CQC]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0

La combinazione di carico Eccezionale è riportata nella tabella seguente:

CASES	1
	ECCEZ. 1
1: Gravità su strutture [Freedom Case 1]	1.0
2: Peso proprio tavolato [Freedom Case 1]	1.0
3: Sovraccarichi permanenti [Freedom Case 1]	1.0
4: Permanenti facciate [Freedom Case 1]	1.0
5: Sovraccarichi accidentali (NO NEVE) [Freedom Case 1]	0.6
6: Vento +Z [Freedom Case 1]	0.0
7: Tappeto mobile [Freedom Case 1]	0.6
8: Appesi passerelle e scale - permanenti [Freedom Case 1]	1.0
9: Appesi passerelle e scale - accidentali [Freedom Case 1]	0.6

La classe di durata del carico e la classe di servizio dell'elemento strutturale sono state scelte in funzione del carico prevalente e dell'esposizione ambientale prevista. Si hanno quindi i coefficienti k_{mod} e k_{def} prescritti nelle tabelle 4.4.IV e 4.4.V delle NTC08, come specificato nei calcoli riportati ai paragrafi seguenti.

9.2. Verifiche di resistenza ed instabilità elementi in legno

Si riportano le verifiche strutturali dei principali elementi in legno lamellare, travi e colonne, effettuate per le combinazioni di carico in Stato Limite Ultimo SLU e in Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

Le verifiche sono svolte secondo i metodi e le formulazioni di cui al paragrafo 4.4.8.1 delle NTC 08 per le verifiche a resistenza, e ai paragrafi 6.3.2 e 6.3.3 dell'Eurocodice 5 per le verifiche di stabilità per quanto non specificato dalle NTC 08.

I fogli di calcolo riportati alle pagine seguenti implementano le formule di cui sopra e riportano i principali parametri delle sezioni (geometrici e meccanici) e le condizioni di verifica più gravose, fermo restando che sono state analizzate tutte le combinazioni di carico in tutte le sezioni di verifica.

9.2.1. Facciata esterna 230x330 mm

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h										
p _k	380 kg/mc									
f _{m,k}	24 MPa									
f _{t,0,k}	16.5 MPa									
f _{t,90,k}	0.4 MPa									
f _{c,0,k}	24 MPa									
f _{c,90,k}	2.7 MPa									
f _{v,k}	2.7 MPa									
E _{0,mean}	11600 MPa									
E _{90,mean}	390 MPa									
E _{0,5}	9400 MPa									
G _{mean}	720 MPa									
γ _M	1.45									
K _{def}	0.8									
K _{mod}	0.7									
Sezione rettangolare:										
b	230 mm									
h	330 mm									
kh	1.062									
Resistenze di calcolo "base"										
f _{t,0,d} (base)	7.97 MPa									
f _{c,0,d}	11.59 MPa									
f _{m,d} (base)	11.59 MPa									
Resistenze di calcolo incrementate di kh										
f _{t,0,d}	8.46 MPa									
f _{m,d}	12.30 MPa									
Classe del carico										
Classe di servizio										

N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
Beam 1281: 14: SLU 5 [Combination 5]:	1.362	1.402	0.039	0.277	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 3163: 13: SLU 4 [Combination 4]:	1.097	0.516	1.411	0.274	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 1281: 13: SLU 4 [Combination 4]:	1.588	0.95	0.037	0.267	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 1390: 14: SLU 5 [Combination 5]:	1.072	1.577	0.211	0.267	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 3139: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.316	0.625	2.38	0.266	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 3139: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.248	0.759	2.367	0.265	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 1234: 14: SLU 5 [Combination 5]:	1.009	1.624	0.209	0.263	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 1312: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.269	0.894	2.369	0.000	0.244	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 1312: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.202	0.76	2.382	0.000	0.237	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 750: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-0.011	2.626	0.072	0.000	0.218	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 737: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.864	-0.101	2.564	0.06	0.000	0.212	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 737: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.864	-0.083	2.535	0.073	0.000	0.210	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 1312: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.273	0.791	1.933	0.000	0.203	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 1283: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.277	0.787	1.839	0.000	0.195	0.000	0.000	VERIFICATO
Beam 1283: 11: SLU 2 [Combination 2]:	1.415	0	0	0.000	0.000	0.167	0.000	VERIFICATO
Beam 1283: 13: SLU 4 [Combination 4]:	1.414	0	0	0.000	0.000	0.167	0.000	VERIFICATO
Beam 1289: 13: SLU 4 [Combination 4]:	1.388	0	0	0.000	0.000	0.164	0.000	VERIFICATO
Beam 1289: 11: SLU 2 [Combination 2]:	1.364	0	0	0.000	0.000	0.161	0.000	VERIFICATO
Beam 1295: 13: SLU 4 [Combination 4]:	1.324	0	0	0.000	0.000	0.157	0.000	VERIFICATO
Beam 1295: 11: SLU 2 [Combination 2]:	1.283	0	0	0.000	0.000	0.152	0.000	VERIFICATO
Beam 1235: 13: SLU 4 [Combination 4]:	1.252	0	0	0.000	0.000	0.148	0.000	VERIFICATO
Beam 1218: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.854	0	0	0.000	0.000	0.000	0.074	VERIFICATO
Beam 1218: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.832	0	0	0.000	0.000	0.000	0.072	VERIFICATO
Beam 1216: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.763	0	0	0.000	0.000	0.000	0.066	VERIFICATO
Beam 1218: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.751	0	0	0.000	0.000	0.000	0.065	VERIFICATO
Beam 1216: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.742	0	0	0.000	0.000	0.000	0.064	VERIFICATO
Beam 1217: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.728	0	0	0.000	0.000	0.000	0.063	VERIFICATO
Beam 1217: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.726	0	0	0.000	0.000	0.000	0.063	VERIFICATO

Verifica instabilità di colonna:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h							
p _k	380 kg/mc						
f _{m,k}	24 MPa						
f _{t,0,k}	16.5 MPa						
f _{t,90,k}	0.4 MPa						
f _{c,0,k}	24 MPa						
f _{c,90,k}	2.7 MPa						
f _{v,k}	2.7 MPa						
E _{0,mean}	11600 MPa						
E _{90,mean}	390 MPa						
E _{0,5}	9400 MPa						
G _{mean}	720 MPa						
γ _M	1.45						
K _{def}	0.8						
K _{mod}	0.7						
Sezione rettangolare:							
b	230 mm						
h	330 mm						
kh	1.062						
Resistenze di calcolo "base"							
f _{t,0,d} (base)	7.97 MPa						
f _{c,0,d}	11.59 MPa						
f _{m,d} (base)	11.59 MPa						
Resistenze di calcolo incrementate di kh							
f _{t,0,d}	8.46 MPa						
f _{m,d}	12.30 MPa						
L0							
l _y	2900 mm						
l _z	66.40 mm						
l _z	95.26 mm						
λ _{rel,y}	30.4						
λ _{rel,z}	43.7						
k _y	0.490						
k _z	0.703						
k _{c,y}	0.629						
k _{c,z}	0.767						
Classe del carico							
Classe di servizio							

N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
Beam 1312: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.269	0.894	2.369	0.27	VERIFICATO
Beam 1312: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.202	0.76	2.382	0.25	VERIFICATO
Beam 1312: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.273	0.791	1.933	0.23	VERIFICATO
Beam 737: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.864	-0.101	2.564	0.06	0.22	VERIFICATO
Beam 1312: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.277	0.787	1.839	0.22	VERIFICATO
Beam 750: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-0.011	2.626	0.072	0.22	VERIFICATO
Beam 737: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.864	-0.083	2.535	0.073	0.22	VERIFICATO
Beam 1312: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.205	0.588	1.947	0.21	VERIFICATO
Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.806	0.304	1.447	0.21	VERIFICATO
Beam 1312: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.275	0.736	1.713	0.21	VERIFICATO
Beam 1294: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.766	0.295	1.458	0.20	VERIFICATO
Beam 745: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-0.152	2.216	0.046	0.20	VERIFICATO
Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.807	0.305	1.316	0.20	VERIFICATO
Beam 750: 14: SLU 5 [Combination 5]: 0.000	-0.042	2.266	0.077	0.19	VERIFICATO
Beam 745: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-0.161	2.151	0.038	0.19	VERIFICATO
Beam 1312: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.281	0.77	1.498	0.19	VERIFICATO
Beam 1312: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.207	0.503	1.727	0.19	VERIFICATO
Beam 737: 14: SLU 5 [Combination 5]: 2.864	-0.056	2.183	0.079	0.19	VERIFICATO
Beam 1312: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.152	1.149	1.318	0.19	VERIFICATO
Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.809	0.305	1.192	0.19	VERIFICATO
Beam 757: 15: SLV 1 [Combination 6]: 0.000	-0.082	2.138	0.025	0.18	VERIFICATO
Beam 737: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.291	-0.098	2.051	0.024	0.18	VERIFICATO
Beam 1294: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.77	0.176	1.204	0.18	VERIFICATO
Beam 1312: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.283	0.757	1.325	0.18	VERIFICATO
Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.811	0.302	1.063	0.18	VERIFICATO
Beam 760: 15: SLV 1 [Combination 6]: 2.864	-0.01	2.124	0.022	0.17	VERIFICATO
Beam 4047: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.5	0.225	1.447	0.17	VERIFICATO
Beam 737: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.291	-0.081	2.028	0.035	0.17	VERIFICATO
Beam 1312: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.046	0.511	1.729	0.17	VERIFICATO
Beam 4047: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.461	0.216	1.458	0.17	VERIFICATO
Beam 737: 15: SLV 1 [Combination 6]: 2.864	-0.16	1.88	0.032	0.17	VERIFICATO
Beam 1294: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.713	0.222	1.153	0.17	VERIFICATO
Beam 750: 15: SLV 1 [Combination 6]: 0.000	-0.068	1.96	0.031	0.17	VERIFICATO
Beam 813: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.864	-0.036	1.943	0.06	0.16	VERIFICATO
Beam 1218: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.738	0.845	0.483	0.16	VERIFICATO
Beam 813: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.864	-0.046	1.926	0.052	0.16	VERIFICATO
Beam 745: 14: SLU 5 [Combination 5]: 0.000	-0.157	1.8	0.03	0.16	VERIFICATO
Beam 1294: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.772	0.116	1.075	0.16	VERIFICATO
Beam 1294: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.731	0.804	0.487	0.16	VERIFICATO
Beam 1294: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.716	0.329	0.95	0.16	VERIFICATO

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h					
ρ_k	380 kg/mc					
$f_{m,k}$	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
$f_{t,0,k}$	16.5 MPa					
$f_{t,90,k}$	0.4 MPa	Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.806	1.447	0.09	VERIFICATO
$f_{c,0,k}$	24 MPa	Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.807	1.316	0.09	VERIFICATO
$f_{c,90,k}$	2.7 MPa	Beam 1294: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.766	1.458	0.09	VERIFICATO
$f_{v,k}$	2.7 MPa	Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.809	1.192	0.08	VERIFICATO
$E_{0,mean}$	11600 MPa	Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.811	1.063	0.08	VERIFICATO
$E_{90,mean}$	390 MPa	Beam 1294: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.77	1.204	0.08	VERIFICATO
$E_{0,5}$	9400 MPa	Beam 1218: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.842	0.572	0.08	VERIFICATO
G_{mean}	720 MPa	Beam 1218: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.844	0.432	0.08	VERIFICATO
γ_M	1.45	Beam 1294: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.772	1.075	0.08	VERIFICATO
K_{def}	0.8	Beam 1218: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.854	0	0.08	VERIFICATO
K_{mod}	0.7	Beam 1218: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.847	0.305	0.08	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 1218: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.852	0.089	0.08	VERIFICATO
b	230 mm	Beam 1218: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.849	0.191	0.08	VERIFICATO
h	330 mm	Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.824	0.577	0.08	VERIFICATO
kh	1.062	Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.816	0.666	0.08	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 1218: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.819	0.556	0.08	VERIFICATO
$f_{t,0,d}$ (base)	7.97 MPa	Beam 1218: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.822	0.419	0.08	VERIFICATO
$f_{c,0,d}$	11.59 MPa	Beam 1218: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.832	0	0.08	VERIFICATO
$f_{m,d}$ (base)	11.59 MPa	Beam 1218: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.825	0.295	0.08	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 1218: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.83	0.086	0.08	VERIFICATO
$f_{t,0,d}$	8.46 MPa	Beam 1218: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.827	0.184	0.08	VERIFICATO
$f_{m,d}$	12.30 MPa	Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.819	0.259	0.08	VERIFICATO
		Beam 1294: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.822	0.156	0.08	VERIFICATO
L	5800 mm	Beam 1288: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.776	0.733	0.08	VERIFICATO
L_{ef}	5220 mm	Beam 1294: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.776	0.679	0.08	VERIFICATO
$L_{0,y}$	2900 mm	Beam 1294: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.713	1.153	0.07	VERIFICATO
$\sigma_{m,crit}$	225.16 MPa	Beam 1294: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.784	0.561	0.07	VERIFICATO
$\lambda_{rel,m}$	0.326	Beam 1288: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.779	0.602	0.07	VERIFICATO
k_{crit}	1.00	Beam 1288: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.794	0.367	0.07	VERIFICATO
r_y	66.40 mm	Beam 1288: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.763	0.741	0.07	VERIFICATO
λ_z	43.68	Beam 1288: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.781	0.534	0.07	VERIFICATO
$\lambda_{rel,z}$	0.703	Beam 1288: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.767	0.611	0.07	VERIFICATO
k_z	0.767	Beam 1288: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.786	0.322	0.07	VERIFICATO
$k_{c,z}$	0.931	Beam 1288: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.792	0.131	0.07	VERIFICATO
		Beam 1288: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.79	0.1	0.07	VERIFICATO
		Beam 1288: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.781	0.354	0.07	VERIFICATO
		Beam 1288: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.768	0.544	0.07	VERIFICATO
		Beam 1294: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.78	0.273	0.07	VERIFICATO
Classe del carico	Lunga	Beam 1294: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.783	0.141	0.07	VERIFICATO
Classe di servizio	2	Beam 1288: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.78	0.118	0.07	VERIFICATO

9.2.2. Facciata interna 345x330 mm

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h			(MPa)	(MPa)	(MPa)					
			Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
p _k	380 kg/mc									
f _{m,k}	24 MPa									
f _{t,0,k}	16.5 MPa									
f _{t,90,k}	0.4 MPa									
f _{c,0,k}	24 MPa									
f _{c,90,k}	2.7 MPa									
f _{v,k}	2.7 MPa									
E _{0,mean}	11600 MPa									
E _{90,mean}	390 MPa									
E _{0,5}	9400 MPa									
G _{mean}	720 MPa									
γ _M	1.45									
K _{def}	0.8									
K _{mod}	0.8									
Sezione rettangolare:										
b	345 mm									
h	330 mm									
kh	1.062									
Resistenze di calcolo "base"										
f _{t,0,d} (base)	9.10 MPa									
f _{c,0,d}	13.24 MPa									
f _{m,d} (base)	13.24 MPa									
Resistenze di calcolo incrementate di kh										
f _{t,0,d}	9.66 MPa									
f _{m,d}	14.06 MPa									
Classe del carico										
Classe di servizio										

Verifica instabilità di colonna:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h			(MPa)	(MPa)	(MPa)		
p _k	380 kg/mc						
f _{m,k}	24 MPa						
f _{t,0,k}	16.5 MPa						
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-10.935	0.564	1.578	0.99	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.577	-10.939	0.451	1.326	0.96	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.154	-10.946	0.338	1.048	0.94	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-10.947	0.32	0.999	0.93	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-10.505	0.247	1.471	0.93	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.635	-10.952	0.244	0.788	0.92	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.577	-10.509	0.197	1.24	0.91	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.731	-10.954	0.226	0.733	0.91	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.154	-10.515	0.148	0.984	0.89	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.250	-10.516	0.14	0.988	0.89	VERIFICATO
K _{mod}	0.8	Beam 117: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-9.064	1.793	1.214	0.89	VERIFICATO
		Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.885	-10.813	0.674	0.011	0.88	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.308	-10.96	0.113	0.379	0.88	VERIFICATO
b	345 mm	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.308	-10.818	0.56	0.104	0.88	VERIFICATO
h	330 mm	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.731	-10.827	0.439	0.163	0.87	VERIFICATO
kh	1.062	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.635	-10.829	0.417	0.168	0.87	VERIFICATO
		Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.635	-10.522	0.107	0.742	0.87	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.414	-10.834	0.366	0.173	0.87	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	9.10 MPa	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.731	-10.523	0.099	0.69	0.87	VERIFICATO
f _{c,0,d}	13.24 MPa	Beam 327: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.885	-10.123	1.171	0.059	0.87	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	13.24 MPa	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.154	-10.84	0.303	0.166	0.87	VERIFICATO
		Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.083	-10.842	0.285	0.162	0.86	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 117: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.577	-9.068	1.499	1.035	0.86	VERIFICATO
f _{t,0,d}	9.66 MPa	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.577	-10.851	0.154	0.104	0.85	VERIFICATO
f _{m,d}	14.06 MPa	Beam 327: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.308	-10.127	0.936	0.016	0.85	VERIFICATO
		Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.885	-10.964	0	0	0.85	VERIFICATO
L0	2900 mm	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.308	-10.53	0.049	0.358	0.84	VERIFICATO
γ _y	99.59 mm	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.635	-10.66	0.119	0.16	0.84	VERIFICATO
γ _z	95.26 mm	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.390	-10.666	0.101	0.166	0.84	VERIFICATO
λ _y	30.4	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.731	-10.658	0.126	0.155	0.84	VERIFICATO
λ _z	29.1	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.154	-10.671	0.084	0.16	0.84	VERIFICATO
λ _{rel,y}	0.490	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.083	-10.673	0.079	0.157	0.84	VERIFICATO
λ _{rel,z}	0.468	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-10.857	0	0	0.84	VERIFICATO
k _y	0.629	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.308	-10.649	0.168	0.093	0.84	VERIFICATO
k _z	0.618	Beam 117: 14: SLU 5 [Combination 5]: 0.000	-7.98	2.355	1.093	0.84	VERIFICATO
k _{c,y}	0.976	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.885	-10.644	0.211	0.003	0.84	VERIFICATO
k _{c,z}	0.979	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.577	-10.682	0.042	0.102	0.84	VERIFICATO
		Beam 327: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.731	-10.133	0.702	0.066	0.83	VERIFICATO
Classe del carico	Media	Beam 327: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.635	-10.134	0.663	0.071	0.83	VERIFICATO
Classe di servizio	2	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-10.688	0	0	0.83	VERIFICATO

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 2	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h		(MPa)	(MPa)		
pk	380 kg/mc					
f m,k	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f t,0,k	16.5 MPa					
f t,90,k	0.4 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-10.935	1.578	0.86	VERIFICATO
f c,0,k	24 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.577	-10.939	1.326	0.85	VERIFICATO
f c,90,k	2.7 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.154	-10.946	1.048	0.85	VERIFICATO
f v,k	2.7 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-10.947	0.999	0.85	VERIFICATO
E 0,mean	11600 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.635	-10.952	0.788	0.85	VERIFICATO
E 90,mean	390 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.731	-10.954	0.733	0.85	VERIFICATO
E 0,5	9400 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.308	-10.96	0.379	0.85	VERIFICATO
G mean	720 MPa	Beam 428: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.885	-10.964	0	0.85	VERIFICATO
γ M	1.45	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-10.857	0	0.84	VERIFICATO
K def	0.8	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.577	-10.851	0.104	0.84	VERIFICATO
K mod	0.8	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.083	-10.842	0.162	0.84	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.154	-10.84	0.166	0.84	VERIFICATO
		Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.414	-10.834	0.173	0.84	VERIFICATO
b	345 mm	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.635	-10.829	0.168	0.84	VERIFICATO
h	330 mm	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.731	-10.827	0.163	0.84	VERIFICATO
kh	1.062	Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.308	-10.818	0.104	0.83	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 319: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.885	-10.813	0.011	0.83	VERIFICATO
		Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-10.688	0	0.82	VERIFICATO
f t,0,d (base)	9.10 MPa	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.577	-10.682	0.102	0.82	VERIFICATO
f c,0,d	13.24 MPa	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.083	-10.673	0.157	0.82	VERIFICATO
f m,d (base)	13.24 MPa	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.154	-10.671	0.16	0.82	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.390	-10.666	0.166	0.82	VERIFICATO
		Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.635	-10.66	0.16	0.82	VERIFICATO
f t,0,d	9.66 MPa	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.731	-10.658	0.155	0.82	VERIFICATO
f m,d	14.06 MPa	Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.308	-10.649	0.093	0.82	VERIFICATO
		Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-10.505	1.471	0.82	VERIFICATO
		Beam 319: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.885	-10.644	0.003	0.82	VERIFICATO
L	5800 mm	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.577	-10.509	1.24	0.82	VERIFICATO
Lef	5220 mm	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.154	-10.515	0.984	0.82	VERIFICATO
L0,y	2900 mm	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.250	-10.516	0.938	0.82	VERIFICATO
σm,crit	506.61 MPa	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.635	-10.522	0.742	0.81	VERIFICATO
λrel,m	0.218	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.731	-10.523	0.69	0.81	VERIFICATO
kcrit	1.00	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.308	-10.53	0.358	0.81	VERIFICATO
ry	99.59 mm	Beam 428: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.885	-10.533	0	0.81	VERIFICATO
λz	29.12	Beam 327: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-10.152	0	0.78	VERIFICATO
λrel,z	0.468	Beam 327: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.577	-10.148	0.052	0.78	VERIFICATO
kz	0.618	Beam 327: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.154	-10.141	0.078	0.78	VERIFICATO
kc,z	0.979	Beam 327: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-10.14	0.079	0.78	VERIFICATO
Classe del carico Media		Beam 327: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.277	-10.14	0.079	0.78	VERIFICATO
		Beam 327: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.635	-10.134	0.071	0.78	VERIFICATO
Classe di servizio 2						

9.2.3. Travi di piano 345x500 mm

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LT classe: GL32h			(MPa)	(MPa)	(MPa)					
			Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
pk	430 kg/mc									
f m,k	32 MPa									
f t,0,k	22.5 MPa									
f t,90,k	0.5 MPa	Beam 1796: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.238	0.015	18.996	0.956	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f c,0,k	29 MPa	Beam 1796: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.183	0.016	18.995	0.952	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f c,90,k	3.3 MPa	Beam 1814: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.07	0.019	18.991	0.944	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f v,k	3.8 MPa	Beam 1814: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.058	0.017	18.99	0.943	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E 0,mean	13700 MPa	Beam 1797: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.026	0.016	18.987	0.941	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E 90,mean	460 MPa	Beam 1797: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.021	0.015	18.986	0.941	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E 0,5	11100 MPa	Beam 1798: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.093	0	18.754	0.934	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
G mean	850 MPa	Beam 3211: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.025	0.004	19.081	0.000	0.943	0.000	0.000	VERIFICATO
γ M	1.45	Beam 3211: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.046	0.003	19.081	0.000	0.943	0.000	0.000	VERIFICATO
K def	0.8	Beam 3210: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.031	0.004	19.076	0.000	0.943	0.000	0.000	VERIFICATO
K mod	0.9	Beam 3210: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.036	0.003	19.076	0.000	0.943	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 1815: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.033	0.019	18.975	0.000	0.939	0.000	0.000	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 1815: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.009	0.017	18.976	0.000	0.939	0.000	0.000	VERIFICATO
b	345 mm	Beam 3213: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.15	0.022	18.888	0.000	0.935	0.000	0.000	VERIFICATO
h	500 mm	Beam 3214: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.15	0.022	18.888	0.000	0.935	0.000	0.000	VERIFICATO
kh	1.018	Beam 3213: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.148	0.022	18.888	0.000	0.935	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 3214: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.148	0.022	18.887	0.000	0.935	0.000	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 1996: 12: SLU 3 [Combination 3]:	0.287	0	0	0.000	0.000	0.020	0.000	VERIFICATO
f t,0,d (base)	13.97 MPa	Beam 1996: 12: SLU 3 [Combination 3]:	0.287	0	0	0.000	0.000	0.020	0.000	VERIFICATO
f c,0,d	18.00 MPa	Beam 1997: 12: SLU 3 [Combination 3]:	0.286	0	0	0.000	0.000	0.020	0.000	VERIFICATO
f m,d (base)	19.86 MPa	Beam 1997: 12: SLU 3 [Combination 3]:	0.286	0	0	0.000	0.000	0.020	0.000	VERIFICATO
		Beam 1996: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.281	0	0	0.000	0.000	0.020	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 1673: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.529	0	0	0.000	0.000	0.000	0.029	VERIFICATO
f t,0,d	14.22 MPa	Beam 2009: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.508	0	0	0.000	0.000	0.000	0.028	VERIFICATO
f m,d	20.23 MPa	Beam 2009: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.508	0	0	0.000	0.000	0.000	0.028	VERIFICATO
		Beam 1999: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.497	0	0	0.000	0.000	0.000	0.028	VERIFICATO
Classe del carico	Breve	Beam 1999: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.497	0	0	0.000	0.000	0.000	0.028	VERIFICATO
Classe di servizio	2	Beam 1653: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.496	0	0	0.000	0.000	0.000	0.028	VERIFICATO

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO
LL classe:	GL32h					
ρ _k	430 kg/mc					
f _{m,k}	32 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,0,k}	22.5 MPa					
f _{t,90,k}	0.5 MPa	Beam 3211: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.046	19.081	0.89	VERIFICATO
f _{c,0,k}	29 MPa	Beam 3210: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.036	19.076	0.89	VERIFICATO
f _{c,90,k}	3.3 MPa	Beam 3211: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.025	19.081	0.89	VERIFICATO
f _{v,k}	3.8 MPa	Beam 3210: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.031	19.076	0.89	VERIFICATO
E _{0,mean}	13700 MPa	Beam 1815: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.033	18.975	0.88	VERIFICATO
E _{90,mean}	460 MPa	Beam 1815: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.009	18.976	0.88	VERIFICATO
E _{0,5}	11100 MPa	Beam 3213: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.15	18.888	0.88	VERIFICATO
G _{mean}	850 MPa	Beam 3214: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.15	18.888	0.88	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 3213: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.148	18.888	0.88	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 3214: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.148	18.887	0.88	VERIFICATO
K _{mod}	0.9	Beam 1821: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.018	18.312	0.82	VERIFICATO
		Beam 1820: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.018	18.308	0.82	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 1821: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0	18.307	0.82	VERIFICATO
b	345 mm	Beam 1820: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0	18.303	0.82	VERIFICATO
h	500 mm	Beam 3211: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.046	18.135	0.81	VERIFICATO
kh	1.018	Beam 3210: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.036	18.13	0.81	VERIFICATO
		Beam 3211: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.025	18.135	0.81	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 3210: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.031	18.13	0.81	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	13.97 MPa	Beam 3204: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.178	17.97	0.80	VERIFICATO
f _{c,0,d}	18.00 MPa	Beam 3213: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.15	17.985	0.80	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	19.86 MPa	Beam 3214: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.15	17.984	0.80	VERIFICATO
		Beam 3214: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.148	17.985	0.80	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 3204: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.17	17.97	0.80	VERIFICATO
f _{t,0,d}	14.22 MPa	Beam 3213: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.148	17.984	0.80	VERIFICATO
f _{m,d}	20.23 MPa	Beam 1819: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.016	18.065	0.80	VERIFICATO
		Beam 3205: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.08	17.961	0.79	VERIFICATO
L	9600 mm	Beam 3205: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.07	17.961	0.79	VERIFICATO
L _{ef}	8640 mm	Beam 1815: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.033	17.98	0.79	VERIFICATO
L _{0,y}	2400 mm	Beam 1815: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.009	17.981	0.79	VERIFICATO
σ _{m,crit}	238.55 MPa	Beam 3207: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.065	17.806	0.78	VERIFICATO
λ _{rel,m}	0.366	Beam 3208: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.065	17.801	0.78	VERIFICATO
k _{crit}	1.00	Beam 3217: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.053	17.806	0.78	VERIFICATO
ρ _y	99.59 mm	Beam 3207: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.049	17.808	0.78	VERIFICATO
λ _z	24.10	Beam 3208: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.049	17.803	0.78	VERIFICATO
λ _{rel,z}	0.392	Beam 3217: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.042	17.806	0.78	VERIFICATO
k _z	0.581	Beam 3216: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.039	17.804	0.78	VERIFICATO
k _{c,z}	0.989	Beam 3216: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.03	17.804	0.78	VERIFICATO
		Beam 1820: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.018	17.509	0.75	VERIFICATO
Classe del carico Breve		Beam 1820: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0	17.502	0.75	VERIFICATO
Classe di servizio 2	2	Beam 1821: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.018	17.277	0.73	VERIFICATO

9.2.4. Travi secondarie di piano 240x380 mm, GL32h

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL32h										
pk	430 kg/mc									
f _{m,k}	32 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
f _{t,0,k}	22.5 MPa	Beam 1842: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.255	0.063	20.241	0.993	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{t,90,k}	0.5 MPa	Beam 1843: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.36	0.265	19.926	0.992	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,k}	29 MPa	Beam 1864: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.333	0.182	20	0.991	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,90,k}	3.3 MPa	Beam 1865: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.329	0.182	19.94	0.988	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{v,k}	3.8 MPa	Beam 1864: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.327	0.016	19.99	0.984	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,mean}	13700 MPa	Beam 1865: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.323	0.01	19.931	0.981	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{90,mean}	460 MPa	Beam 1852: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.44	0.226	19.417	0.972	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,5}	11100 MPa	Beam 1833: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.516	0.285	18.342	0.927	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
G _{mean}	850 MPa	Beam 1842: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.451	0.069	18.543	0.925	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.047	0.177	2.032	0.000	0.104	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.047	0.211	2.007	0.000	0.104	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{mod}	0.9	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.047	0.121	2.057	0.000	0.103	0.000	0.000	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.027	0.029	2.059	0.000	0.100	0.000	0.000	VERIFICATO
b	240 mm	Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.027	0.045	2.034	0.000	0.099	0.000	0.000	VERIFICATO
h	380 mm	Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.027	0.055	2.009	0.000	0.098	0.000	0.000	VERIFICATO
kh	1.047	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.048	0.104	1.897	0.000	0.095	0.000	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.028	0.024	1.898	0.000	0.092	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	13.97 MPa	Beam 1834: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.526	0	0	0.000	0.000	0.036	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,d}	18.00 MPa	Beam 1834: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.49	0	0	0.000	0.000	0.034	0.000	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	19.86 MPa	Beam 1787: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.47	0	0	0.000	0.000	0.032	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 1787: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.448	0	0	0.000	0.000	0.031	0.000	VERIFICATO
f _{t,0,d}	14.62 MPa	Beam 1851: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.432	0	0	0.000	0.000	0.030	0.000	VERIFICATO
f _{m,d}	20.79 MPa	Beam 1841: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.423	0	0	0.000	0.000	0.029	0.000	VERIFICATO
Classe del carico		Beam 1851: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.416	0	0	0.000	0.000	0.028	0.000	VERIFICATO
Classe di servizio		Beam 1885: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.415	0	0	0.000	0.000	0.028	0.000	VERIFICATO
		Beam 1885: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.411	0	0	0.000	0.000	0.028	0.000	VERIFICATO
		Beam 1844: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.406	0	0	0.000	0.000	0.028	0.000	VERIFICATO
		Beam 1854: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.393	0	0	0.000	0.000	0.027	0.000	VERIFICATO

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe: GL32h						
pk	430 kg/mc					
f _{m,k}	32 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,0,k}	22.5 MPa	Beam 1788: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.174	1.889	0.02	VERIFICATO
f _{t,90,k}	0.5 MPa	Beam 1788: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.172	1.832	0.02	VERIFICATO
f _{c,0,k}	29 MPa	Beam 1788: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.172	1.8	0.02	VERIFICATO
f _{c,90,k}	3.3 MPa	Beam 1788: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.175	1.75	0.02	VERIFICATO
f _{v,k}	3.8 MPa	Beam 1788: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.176	1.623	0.02	VERIFICATO
E _{0,mean}	13700 MPa	Beam 1788: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.169	1.356	0.01	VERIFICATO
E _{90,mean}	460 MPa	Beam 1788: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.178	1.153	0.01	VERIFICATO
E _{0,5}	11100 MPa	Beam 1788: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.178	1.003	0.01	VERIFICATO
G _{mean}	850 MPa	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.047	2.057	0.01	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.047	2.032	0.01	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.047	2.007	0.01	VERIFICATO
K _{mod}	0.9	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.047	2.007	0.01	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.027	2.059	0.01	VERIFICATO
b	240 mm	Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.027	2.034	0.01	VERIFICATO
h	380 mm	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.048	1.897	0.01	VERIFICATO
kh	1.047	Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.027	2.009	0.01	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 1788: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.18	0.047	0.01	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	13.97 MPa	Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.028	1.898	0.01	VERIFICATO
f _{c,0,d}	18.00 MPa	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.048	1.741	0.01	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	19.86 MPa	Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.028	1.742	0.01	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.046	1.59	0.01	VERIFICATO
f _{t,0,d}	14.62 MPa	Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.026	1.593	0.01	VERIFICATO
f _{m,d}	20.79 MPa	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.049	1.227	0.01	VERIFICATO
		Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.049	1.058	0.01	VERIFICATO
		Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.028	1.228	0.01	VERIFICATO
		Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.029	1.058	0.00	VERIFICATO
		Beam 1876: 12: SLU 3 [Combination 3]:	0	1.187	0.00	VERIFICATO
L	2155 mm	Beam 1876: 12: SLU 3 [Combination 3]:	0	1.183	0.00	VERIFICATO
L _{ef}	1939.5 mm	Beam 1876: 12: SLU 3 [Combination 3]:	0	1.135	0.00	VERIFICATO
L _{0,y}	2155 mm	Beam 1788: 12: SLU 3 [Combination 3]:	-0.002	1.081	0.00	VERIFICATO
σ _{m,crit}	676.65 MPa	Beam 1788: 16: SLV 2 [Combination 7]:	-0.049	0.015	0.00	VERIFICATO
λ _{rel,m}	0.217	Beam 1788: 12: SLU 3 [Combination 3]:	-0.002	1.07	0.00	VERIFICATO
k _{crit}	1.00	Beam 1788: 12: SLU 3 [Combination 3]:	-0.002	1.049	0.00	VERIFICATO
ry	69.28 mm	Beam 1876: 12: SLU 3 [Combination 3]:	0	1.067	0.00	VERIFICATO
λ _z	31.10	Beam 1788: 12: SLU 3 [Combination 3]:	-0.002	0.925	0.00	VERIFICATO
λ _{rel,z}	0.506	Beam 1876: 12: SLU 3 [Combination 3]:	0	0.921	0.00	VERIFICATO
kz	0.638	Beam 1788: 12: SLU 3 [Combination 3]:	-0.002	0.864	0.00	VERIFICATO
k _{c,z}	0.973	Beam 1788: 17: SLV 3 [Combination 8]:	-0.029	0.014	0.00	VERIFICATO
		Beam 1788: 12: SLU 3 [Combination 3]:	-0.002	0.515	0.00	VERIFICATO
Classe del carico		Beam 1876: 12: SLU 3 [Combination 3]:	0	0.543	0.00	VERIFICATO
Classe di servizio		Beam 1876: 15: SLV 1 [Combination 6]:	-0.002	0.047	0.00	VERIFICATO

9.2.5. Travi secondarie di piano 240x380 mm, GL24h

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h			(MPa)	(MPa)	(MPa)					
			(MPa)	(MPa)	(MPa)					
p _k	380 kg/mc									
f _{m,k}	24 MPa									
f _{t,0,k}	16.5 MPa									
f _{t,90,k}	0.4 MPa									
f _{c,0,k}	24 MPa									
f _{c,90,k}	2.7 MPa									
f _{v,k}	2.7 MPa									
E _{0,mean}	11600 MPa									
E _{90,mean}	390 MPa									
E _{0,5}	9400 MPa									
G _{mean}	720 MPa									
γ _M	1.45									
K _{def}	0.8									
K _{mod}	0.9									
Sezione rettangolare:										
b	240 mm									
h	380 mm									
kh	1.047									
Resistenze di calcolo "base"										
f _{t,0,d} (base)	10.24 MPa									
f _{c,0,d}	14.90 MPa									
f _{m,d} (base)	14.90 MPa									
Resistenze di calcolo incrementate di kh										
f _{t,0,d}	10.72 MPa									
f _{m,d}	15.59 MPa									
Classe del carico Breve										
Classe di servizio 2										

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h					
p _k	380 kg/mc					
f _{m,k}	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,0,k}	16.5 MPa					
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 3242: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.202	2.903	0.05	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 3242: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.199	2.903	0.05	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 3258: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.187	2.903	0.05	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 3257: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.186	2.903	0.05	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 3248: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.167	2.903	0.05	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 3257: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.165	2.903	0.05	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 3258: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.165	2.903	0.05	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 3247: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.163	2.903	0.05	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 3242: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.202	2.786	0.05	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 3242: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.202	2.786	0.05	VERIFICATO
K _{mod}	0.9	Beam 3242: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.199	2.786	0.05	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 3242: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.199	2.786	0.05	VERIFICATO
b	240 mm	Beam 3258: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.187	2.786	0.04	VERIFICATO
h	380 mm	Beam 3257: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.186	2.786	0.04	VERIFICATO
kh	1.047	Beam 3257: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.186	2.786	0.04	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 3248: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.142	2.903	0.04	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	10.24 MPa	Beam 3247: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.138	2.903	0.04	VERIFICATO
f _{c,0,d}	14.90 MPa	Beam 3248: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.167	2.786	0.04	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	14.90 MPa	Beam 3248: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.167	2.786	0.04	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 3257: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.165	2.786	0.04	VERIFICATO
f _{t,0,d}	10.72 MPa	Beam 3257: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.165	2.786	0.04	VERIFICATO
f _{m,d}	15.59 MPa	Beam 3258: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.165	2.786	0.04	VERIFICATO
		Beam 3247: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.163	2.786	0.04	VERIFICATO
		Beam 3247: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.163	2.786	0.04	VERIFICATO
L	2155 mm	Beam 3249: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.12	2.903	0.04	VERIFICATO
L _{ef}	1939.5 mm	Beam 3249: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.107	2.903	0.04	VERIFICATO
L _{0,y}	2155 mm	Beam 3248: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.142	2.786	0.04	VERIFICATO
σ _{m,crit}	573.02 MPa	Beam 3248: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.142	2.786	0.04	VERIFICATO
λ _{rel,m}	0.205	Beam 3247: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.138	2.786	0.04	VERIFICATO
k _{crit}	1.00	Beam 3247: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.138	2.786	0.04	VERIFICATO
γ _y	69.28 mm	Beam 3259: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.093	2.903	0.04	VERIFICATO
λ _z	31.10	Beam 3251: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.09	2.903	0.04	VERIFICATO
λ _{rel,z}	0.500	Beam 3251: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.086	2.903	0.04	VERIFICATO
k _z	0.635	Beam 3252: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.085	2.903	0.04	VERIFICATO
k _{c,z}	0.974	Beam 3252: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.082	2.903	0.04	VERIFICATO
		Beam 3256: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.081	2.903	0.04	VERIFICATO
Classe del carico	Breve	Beam 3249: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.12	2.786	0.04	VERIFICATO
Classe di servizio	2	Beam 3249: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.12	2.786	0.04	VERIFICATO

9.2.6. Travi principali copertura 180/240x550 mm

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h			(MPa)	(MPa)	(MPa)					
			Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
pk	380 kg/mc									
f _{m,k}	24 MPa									
f _{t,0,k}	16.5 MPa									
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 2503: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.096	1.481	3.241	0.378	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 2503: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.065	1.535	3.181	0.372	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 2502: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.224	1.307	3.108	0.372	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 2502: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.199	1.369	3.036	0.367	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 2504: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.006	1.007	3.369	0.349	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 2503: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.107	1.207	2.943	0.337	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 2502: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.209	1.054	2.834	0.332	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 2435: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.558	1.217	3.792	0.000	0.400	0.000	0.000	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 2435: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.636	1.244	3.764	0.000	0.400	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 2504: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.02	1.217	3.792	0.000	0.397	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{mod}	0.7	Beam 2504: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.051	1.244	3.764	0.000	0.397	0.000	0.000	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 2434: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.377	1.481	3.241	0.000	0.367	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 2434: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.451	1.535	3.181	0.000	0.366	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 2436: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.708	0.709	3.704	0.000	0.363	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 2436: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.784	0.718	3.674	0.000	0.362	0.000	0.000	VERIFICATO
b	180 mm	Beam 2505: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.137	0.709	3.704	0.000	0.360	0.000	0.000	VERIFICATO
h	550 mm	Beam 2505: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.163	0.718	3.674	0.000	0.358	0.000	0.000	VERIFICATO
kh	1.009	Beam 2435: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-0.44	1.007	3.369	0.000	0.350	0.000	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 2433: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.21	1.307	3.108	0.000	0.345	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	7.97 MPa	Beam 2438: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.828	0.71	3.459	0.000	0.344	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,d}	11.59 MPa	Beam 2438: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.749	0.663	3.502	0.000	0.344	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	11.59 MPa	Beam 2433: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.271	1.369	3.036	0.000	0.342	0.000	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 2395: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.756	0	0	0.000	0.000	0.000	0.152	VERIFICATO
f _{t,0,d}	8.04 MPa	Beam 2395: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.708	0	0	0.000	0.000	0.000	0.147	VERIFICATO
f _{m,d}	11.69 MPa	Beam 2395: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-1.448	0	0	0.000	0.000	0.000	0.125	VERIFICATO
Classe del carico		Beam 2425: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.448	0	0	0.000	0.000	0.000	0.125	VERIFICATO
		Beam 2425: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.4	0	0	0.000	0.000	0.000	0.121	VERIFICATO
		Beam 2448: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.392	0	0	0.000	0.000	0.000	0.120	VERIFICATO
Classe di servizio										

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO
LL classe:	GL24h					
pk	380 kg/mc					
f m,k	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f t,0,k	16.5 MPa					
f t,90,k	0.4 MPa	Beam 2395: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.756	0.831	0.96	VERIFICATO
f c,0,k	24 MPa	Beam 2395: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.756	0.556	0.95	VERIFICATO
f c,90,k	2.7 MPa	Beam 2395: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.756	0.335	0.95	VERIFICATO
f v,k	2.7 MPa	Beam 2395: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.756	0.169	0.95	VERIFICATO
E 0,mean	11600 MPa	Beam 2395: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.756	0.057	0.95	VERIFICATO
E 90,mean	390 MPa	Beam 2395: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.756	0	0.95	VERIFICATO
E 0,5	9400 MPa	Beam 2395: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.708	0.854	0.93	VERIFICATO
G mean	720 MPa	Beam 2395: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.708	0.574	0.93	VERIFICATO
γ M	1.45	Beam 2395: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.708	0.349	0.93	VERIFICATO
K def	0.8	Beam 2395: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.708	0.178	0.93	VERIFICATO
K mod	0.7	Beam 2395: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.708	0.062	0.93	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 2395: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.708	0	0.93	VERIFICATO
		Beam 2395: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-1.448	0.763	0.79	VERIFICATO
b	210 mm	Beam 2425: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.448	0.533	0.79	VERIFICATO
h	550 mm	Beam 2395: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-1.448	0.514	0.79	VERIFICATO
kh	1.009	Beam 2425: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.448	0.318	0.79	VERIFICATO
		Beam 2395: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-1.448	0.313	0.79	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 2395: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-1.448	0.16	0.79	VERIFICATO
f t,0,d (base)	7.97 MPa	Beam 2425: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.448	0.157	0.79	VERIFICATO
f c,0,d	11.59 MPa	Beam 2395: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-1.448	0.056	0.79	VERIFICATO
f m,d (base)	11.59 MPa	Beam 2425: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.448	0.05	0.79	VERIFICATO
		Beam 2425: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.448	0.008	0.79	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 2425: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.448	0.002	0.79	VERIFICATO
f t,0,d	8.04 MPa	Beam 2395: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-1.448	0	0.79	VERIFICATO
f m,d	11.69 MPa	Beam 2425: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-1.448	0	0.79	VERIFICATO
		Beam 2425: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.4	0.547	0.76	VERIFICATO
L	9255 mm	Beam 2425: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.4	0.329	0.76	VERIFICATO
Lef	8329.5 mm	Beam 2425: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.4	0.165	0.76	VERIFICATO
L0,y	9255 mm	Beam 2425: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.4	0.056	0.76	VERIFICATO
σm,crit	70.58 MPa	Beam 2425: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.4	0.007	0.76	VERIFICATO
λrel,m	0.583	Beam 2425: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.4	0.001	0.76	VERIFICATO
kcrit	1.00	Beam 2425: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.4	0	0.76	VERIFICATO
γy	60.62 mm	Beam 2448: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.392	0.639	0.76	VERIFICATO
λz	152.67	Beam 2448: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.392	0.402	0.76	VERIFICATO
λrel,z	2.455	Beam 2448: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.392	0.22	0.76	VERIFICATO
kz	3.622	Beam 2448: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.392	0.092	0.76	VERIFICATO
kc,z	0.159	Beam 2448: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.392	0.019	0.76	VERIFICATO
		Beam 2448: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.392	0.001	0.76	VERIFICATO
Classe del carico		Beam 2448: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.392	0	0.76	VERIFICATO
Classe di servizio		Beam 2424: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-1.367	0.831	0.75	VERIFICATO

9.2.7. Travi 345x650 mm

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h		Stress (MPa)	(MPa)	(MPa)					
			Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
p _k	380 kg/mc									
f _{m,k}	24 MPa									
f _{t,0,k}	16.5 MPa									
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 531: 13: SLU 4 (Combination 4): 2.500	2.34	0.767	8.687	0.954	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 540: 11: SLU 2 (Combination 2): 0.000	2.292	0.571	8.738	0.942	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 531: 11: SLU 2 (Combination 2): 2.500	2.385	0.58	8.438	0.930	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 541: 11: SLU 2 (Combination 2): 2.500	2.262	0.453	8.259	0.896	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 540: 13: SLU 4 (Combination 4): 0.000	1.975	0.681	8.4	0.887	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 550: 13: SLU 4 (Combination 4): 0.000	1.937	0.978	7.829	0.856	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 541: 13: SLU 4 (Combination 4): 2.500	1.94	0.549	7.94	0.842	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 550: 11: SLU 2 (Combination 2): 0.000	1.989	0.788	7.579	0.833	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 532: 13: SLU 4 (Combination 4): 0.000	-0.721	0.419	5.616	0.000	0.449	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 532: 11: SLU 2 (Combination 2): 0.000	-0.642	0.2	5.67	0.000	0.441	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{mod}	0.8	Beam 549: 13: SLU 4 (Combination 4): 2.500	-0.661	0.592	4.985	0.000	0.410	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 549: 11: SLU 2 (Combination 2): 2.500	-0.611	0.39	5.032	0.000	0.403	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 532: 14: SLU 5 (Combination 5): 0.000	-0.68	0.485	4.443	0.000	0.364	0.000	0.000	VERIFICATO
b	345 mm	Beam 548: 13: SLU 4 (Combination 4): 2.500	-0.661	0.1	4.414	0.000	0.341	0.000	0.000	VERIFICATO
h	650 mm	Beam 549: 13: SLU 4 (Combination 4): 0.000	-0.661	0.1	4.396	0.000	0.340	0.000	0.000	VERIFICATO
kh	1.000	Beam 549: 14: SLU 5 (Combination 5): 2.500	-0.602	0.622	3.961	0.000	0.334	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 548: 11: SLU 2 (Combination 2): 2.500	-0.611	0.056	4.338	0.000	0.333	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 549: 11: SLU 2 (Combination 2): 0.000	-0.611	0.055	4.317	0.000	0.331	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 532: 13: SLU 4 (Combination 4): 2.500	-0.721	0.05	4.265	0.000	0.328	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 533: 13: SLU 4 (Combination 4): 0.000	-0.721	0.051	4.258	0.000	0.327	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 532: 11: SLU 2 (Combination 2): 2.500	-0.642	0.015	4.182	0.000	0.319	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 533: 11: SLU 2 (Combination 2): 0.000	-0.642	0.016	4.178	0.000	0.319	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 548: 13: SLU 4 (Combination 4): 2.000	-0.661	0.058	3.922	0.000	0.302	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 533: 13: SLU 4 (Combination 4): 0.500	-0.721	0.032	3.887	0.000	0.298	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 548: 11: SLU 2 (Combination 2): 2.000	-0.611	0.031	3.864	0.000	0.296	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 533: 11: SLU 2 (Combination 2): 0.500	-0.642	0.007	3.826	0.000	0.292	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 539: 11: SLU 2 (Combination 2): 0.000	-1.71	0.177	3.446	0.000	0.286	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 539: 13: SLU 4 (Combination 4): 0.000	-1.696	0.166	3.288	0.000	0.273	0.000	0.000	VERIFICATO
Classe del carico	Media									
Classe di servizio	2									

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 2	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h		(MPa)	(MPa)		
p _k	380 kg/mc					
f _{m,k}	24 MPa		Max Axial	Max Bending Stress 2		
f _{t,0,k}	16.5 MPa		(MPa)	(MPa)		
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 532: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-0.721	5.616	0.24	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 532: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-0.642	5.67	0.23	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 539: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-1.71	3.446	0.20	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 549: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.500	-0.661	4.985	0.19	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 539: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-1.696	3.288	0.19	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 549: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-0.611	5.032	0.19	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 539: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-1.71	2.806	0.18	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 539: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.500	-1.696	2.738	0.17	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 539: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.500	-1.71	2.468	0.17	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 532: 14: SLU 5 [Combination 5]: 0.000	-0.68	4.443	0.16	VERIFICATO
K _{mod}	0.8	Beam 548: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.500	-0.661	4.414	0.16	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 539: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.500	-1.696	2.355	0.16	VERIFICATO
		Beam 549: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-0.661	4.396	0.16	VERIFICATO
b	345 mm	Beam 532: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.500	-0.721	4.265	0.16	VERIFICATO
h	650 mm	Beam 533: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-0.721	4.258	0.16	VERIFICATO
kh	1.000	Beam 548: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-0.611	4.338	0.15	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 549: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-0.611	4.317	0.15	VERIFICATO
		Beam 539: 14: SLU 5 [Combination 5]: 0.000	-1.411	2.682	0.15	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	9.10 MPa	Beam 532: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-0.642	4.182	0.15	VERIFICATO
f _{c,0,d}	13.24 MPa	Beam 533: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-0.642	4.178	0.15	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	13.24 MPa	Beam 542: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-1.421	2.648	0.15	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 542: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.500	-1.443	2.514	0.15	VERIFICATO
		Beam 533: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.500	-0.721	3.887	0.14	VERIFICATO
f _{t,0,d}	9.10 MPa	Beam 539: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.000	-1.71	1.356	0.14	VERIFICATO
f _{m,d}	13.24 MPa	Beam 539: 15: SLV 1 [Combination 6]: 2.500	-1.446	2.336	0.14	VERIFICATO
		Beam 542: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-1.433	2.311	0.14	VERIFICATO
		Beam 542: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-1.421	2.368	0.14	VERIFICATO
L	2500 mm	Beam 539: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.000	-1.71	1.283	0.14	VERIFICATO
L _{ef}	2250 mm	Beam 539: 15: SLV 1 [Combination 6]: 0.000	-1.427	2.32	0.14	VERIFICATO
L _{0,y}	2500 mm	Beam 539: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.000	-1.696	1.288	0.14	VERIFICATO
σ _{m,crit}	596.71 MPa	Beam 539: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.000	-1.696	1.26	0.14	VERIFICATO
λ _{rel,m}	0.201	Beam 548: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.000	-0.661	3.922	0.14	VERIFICATO
k _{crit}	1.00	Beam 539: 14: SLU 5 [Combination 5]: 2.500	-1.411	2.24	0.14	VERIFICATO
γ _y	99.59 mm	Beam 549: 14: SLU 5 [Combination 5]: 2.500	-0.602	3.961	0.14	VERIFICATO
λ _z	25.10	Beam 539: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-1.71	0.748	0.13	VERIFICATO
λ _{rel,z}	0.404	Beam 533: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.500	-0.642	3.826	0.13	VERIFICATO
k _z	0.587	Beam 539: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.250	-1.696	0.702	0.13	VERIFICATO
k _{c,z}	0.988	Beam 548: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.000	-0.611	3.864	0.13	VERIFICATO
Classe del carico	Media	Beam 231: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.500	-1.362	2.191	0.13	VERIFICATO
Classe di servizio	2	Beam 539: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.500	-1.71	0.105	0.13	VERIFICATO

9.2.8. Travi orizzontali facciata interna ed esterna 200x200 mm

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h			(MPa)	(MPa)	(MPa)					
			Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
p _k	380 kg/mc									
f _{m,k}	24 MPa									
f _{t,0,k}	16.5 MPa									
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 604: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	7.43	0	0.662	0.900	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 604: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.000	7.43	0	0.626	0.897	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 604: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.500	7.43	0	0.626	0.897	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 604: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.500	7.43	0	0.384	0.878	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 604: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.000	7.43	0	0.384	0.878	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 604: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.250	7.168	0	0.662	0.870	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 604: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.000	7.168	0	0.626	0.867	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 604: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.500	7.168	0	0.626	0.867	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 672: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.200	-0.223	0	5.231	0.000	0.411	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 672: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.200	-0.223	0	5.231	0.000	0.411	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{mod}	0.7	Beam 672: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.214	0	5.231	0.000	0.411	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 672: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.214	0	5.231	0.000	0.411	0.000	0.000	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 671: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.089	0	5.231	0.000	0.411	0.000	0.000	VERIFICATO
b	200 mm	Beam 671: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.089	0	5.231	0.000	0.411	0.000	0.000	VERIFICATO
h	200 mm	Beam 604: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	7.43	0	0	0.000	0.000	0.848	0.000	VERIFICATO
kh	1.100	Beam 604: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	7.43	0	0	0.000	0.000	0.848	0.000	VERIFICATO
		Beam 604: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	7.168	0	0	0.000	0.000	0.818	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 604: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.500	7.168	0	0	0.000	0.000	0.818	0.000	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	7.97 MPa	Beam 606: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	6.547	0	0	0.000	0.000	0.747	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,d}	11.59 MPa	Beam 606: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	6.547	0	0	0.000	0.000	0.747	0.000	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	11.59 MPa	Beam 606: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	6.287	0	0	0.000	0.000	0.718	0.000	VERIFICATO
		Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-3.393	0	0	0.000	0.000	0.000	0.293	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-3.393	0	0	0.000	0.000	0.000	0.293	VERIFICATO
f _{t,0,d}	8.76 MPa	Beam 602: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-3.175	0	0	0.000	0.000	0.000	0.274	VERIFICATO
f _{m,d}	12.74 MPa	Beam 602: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.500	-3.175	0	0	0.000	0.000	0.000	0.274	VERIFICATO
		Beam 562: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-3.049	0	0	0.000	0.000	0.000	0.263	VERIFICATO
Classe del carico	Lunga	Beam 562: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-3.049	0	0	0.000	0.000	0.000	0.263	VERIFICATO
Classe di servizio	2	Beam 603: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-2.977	0	0	0.000	0.000	0.000	0.257	VERIFICATO

Verifica instabilità di colonna:

Caratteristiche legno Lamellare			N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h							
pk	380 kg/mc							
f _{m,k}	24 MPa							
f _{t,0,k}	16.5 MPa			Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,90,k}	0.4 MPa		Beam 672: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.200	-0.223	0	5.231	0.43	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa		Beam 672: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.200	-0.223	0	5.231	0.43	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa		Beam 672: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.214	0	5.231	0.43	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa		Beam 672: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.214	0	5.231	0.43	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa		Beam 671: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.089	0	5.231	0.42	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa		Beam 671: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.089	0	5.231	0.42	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa		Beam 671: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.200	-0.059	0	5.231	0.42	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa		Beam 671: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.200	-0.059	0	5.231	0.42	VERIFICATO
γ _M	1.45		Beam 672: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.960	-0.223	0	5.015	0.41	VERIFICATO
K _{def}	0.8		Beam 672: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.440	-0.223	0	5.015	0.41	VERIFICATO
K _{mod}	0.7		Beam 672: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.960	-0.214	0	5.015	0.41	VERIFICATO
			Beam 672: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.440	-0.214	0	5.015	0.41	VERIFICATO
Sezione rettangolare:			Beam 671: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.960	-0.089	0	5.015	0.40	VERIFICATO
b	200 mm		Beam 671: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.440	-0.089	0	5.015	0.40	VERIFICATO
h	200 mm		Beam 671: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.960	-0.059	0	5.015	0.40	VERIFICATO
kh	1.100		Beam 671: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.440	-0.059	0	5.015	0.40	VERIFICATO
			Beam 771: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.07	0	4.808	0.38	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"			Beam 771: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.200	-0.064	0	4.808	0.38	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	7.97 MPa		Beam 775: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.200	-0.053	0	4.808	0.38	VERIFICATO
f _{c,0,d}	11.59 MPa		Beam 775: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.052	0	4.808	0.38	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	11.59 MPa		Beam 772: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.200	-0.039	0	4.808	0.38	VERIFICATO
			Beam 772: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.200	-0.037	0	4.808	0.38	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh			Beam 771: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.960	-0.07	0	4.615	0.37	VERIFICATO
f _{t,0,d}	8.76 MPa		Beam 771: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.440	-0.07	0	4.615	0.37	VERIFICATO
f _{m,d}	12.74 MPa		Beam 771: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.960	-0.064	0	4.615	0.37	VERIFICATO
			Beam 771: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.440	-0.064	0	4.615	0.37	VERIFICATO
L0	2500 mm		Beam 775: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.960	-0.053	0	4.615	0.37	VERIFICATO
ry	57.74 mm		Beam 775: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.440	-0.053	0	4.615	0.37	VERIFICATO
rz	57.74 mm		Beam 775: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.960	-0.052	0	4.615	0.37	VERIFICATO
λ _y	43.3		Beam 775: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.440	-0.052	0	4.615	0.37	VERIFICATO
λ _z	43.3		Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-3.393	0	0.662	0.37	VERIFICATO
λ _{rel,y}	0.696		Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-3.393	0	0.662	0.37	VERIFICATO
λ _{rel,z}	0.696		Beam 772: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.960	-0.039	0	4.615	0.37	VERIFICATO
k _y	0.762		Beam 772: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.440	-0.039	0	4.615	0.37	VERIFICATO
k _z	0.762		Beam 772: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.960	-0.037	0	4.615	0.37	VERIFICATO
k _{c,y}	0.933		Beam 772: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.440	-0.037	0	4.615	0.37	VERIFICATO
k _{c,z}	0.933		Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.000	-3.393	0	0.626	0.36	VERIFICATO
			Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.500	-3.393	0	0.626	0.36	VERIFICATO
Classe del carico			Beam 597: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.250	-2.713	0	1.294	0.35	VERIFICATO
Classe di servizio			Beam 293: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.250	-2.942	0.42	0.662	0.35	VERIFICATO

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h					
ρ _k	380 kg/mc					
f _{m,k}	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,0,k}	16.5 MPa					
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-3.393	0.662	0.32	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-3.393	0.662	0.32	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.000	-3.393	0.626	0.32	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.500	-3.393	0.626	0.32	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.500	-3.393	0.384	0.31	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.000	-3.393	0.384	0.31	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-3.393	0	0.31	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 602: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-3.393	0	0.31	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 602: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.250	-3.175	0.662	0.30	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 602: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.250	-3.175	0.662	0.30	VERIFICATO
K _{mod}	0.7	Beam 602: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.000	-3.175	0.626	0.30	VERIFICATO
		Beam 602: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.500	-3.175	0.626	0.30	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 602: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.500	-3.175	0.384	0.29	VERIFICATO
b	200 mm	Beam 602: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.000	-3.175	0.384	0.29	VERIFICATO
h	200 mm	Beam 602: 13: SLU 4 [Combination 4]: 0.000	-3.175	0	0.29	VERIFICATO
kh	1.100	Beam 602: 13: SLU 4 [Combination 4]: 2.500	-3.175	0	0.29	VERIFICATO
		Beam 562: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-3.049	0.388	0.28	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 562: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-3.049	0.388	0.28	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	7.97 MPa	Beam 562: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.000	-3.049	0.368	0.28	VERIFICATO
f _{c,0,d}	11.59 MPa	Beam 562: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.500	-3.049	0.368	0.28	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	11.59 MPa	Beam 562: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.500	-3.049	0.228	0.28	VERIFICATO
		Beam 562: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.000	-3.049	0.228	0.28	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 562: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-3.049	0	0.28	VERIFICATO
f _{t,0,d}	8.76 MPa	Beam 562: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-3.049	0	0.28	VERIFICATO
f _{m,d}	12.74 MPa	Beam 603: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-2.977	0.662	0.28	VERIFICATO
		Beam 603: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-2.977	0.662	0.28	VERIFICATO
L	2500 mm	Beam 603: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.000	-2.977	0.626	0.28	VERIFICATO
L _{ef}	2250 mm	Beam 603: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.500	-2.977	0.626	0.28	VERIFICATO
L _{0,y}	2500 mm	Beam 607: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.250	-2.973	0.662	0.28	VERIFICATO
σ _{m,crit}	651.73 MPa	Beam 607: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.000	-2.973	0.626	0.28	VERIFICATO
λ _{rel,m}	0.192	Beam 607: 11: SLU 2 [Combination 2]: 1.500	-2.973	0.626	0.28	VERIFICATO
k _{crit}	1.00	Beam 603: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.500	-2.977	0.384	0.28	VERIFICATO
γ _y	57.74 mm	Beam 603: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.000	-2.977	0.384	0.28	VERIFICATO
λ _z	43.30	Beam 607: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.500	-2.973	0.384	0.28	VERIFICATO
λ _{rel,z}	0.696	Beam 607: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.000	-2.973	0.384	0.28	VERIFICATO
k _z	0.762	Beam 603: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-2.977	0	0.28	VERIFICATO
k _{c,z}	0.933	Beam 603: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-2.977	0	0.28	VERIFICATO
		Beam 607: 11: SLU 2 [Combination 2]: 0.000	-2.973	0	0.28	VERIFICATO
Classe del carico	Lunga	Beam 607: 11: SLU 2 [Combination 2]: 2.500	-2.973	0	0.28	VERIFICATO
Classe di servizio	2	Beam 293: 13: SLU 4 [Combination 4]: 1.250	-2.942	0.662	0.28	VERIFICATO

9.2.9. Travi orizzontali tra facciata interna ed esterna 200x200 mm

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare			N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h				(MPa)	(MPa)	(MPa)					
				(MPa)	(MPa)	(MPa)					
pk	380 kg/mc										
f _{m,k}	24 MPa		Max Axial	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2						
f _{t,0,k}	16.5 MPa		(MPa)	(MPa)	(MPa)						
f _{t,90,k}	0.4 MPa		Beam 3095: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.074	0	11.576	0.917	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa		Beam 3095: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.069	0	11.576	0.916	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa		Beam 3096: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.061	0	11.576	0.915	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa		Beam 3097: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.06	0	11.576	0.915	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa		Beam 3094: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.059	0	11.576	0.915	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa		Beam 3072: 13: SLU 4 [Combination 4]:	0.044	0	11.576	0.913	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa		Beam 3094: 11: SLU 2 [Combination 2]:	0.035	0	11.576	0.912	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa		Beam 3101: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.131	0	11.576	0.000	0.908	0.000	0.000	VERIFICATO
γ _M	1.45		Beam 3101: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.117	0	11.576	0.000	0.908	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{def}	0.8		Beam 3102: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.093	0	11.576	0.000	0.908	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{mod}	0.7		Beam 3073: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.057	0	11.576	0.000	0.908	0.000	0.000	VERIFICATO
Sezione rettangolare: b 200 mm h 200 mm kh 1.100			Beam 3092: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.056	0	11.576	0.000	0.908	0.000	0.000	VERIFICATO
			Beam 4041: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.053	0	11.576	0.000	0.908	0.000	0.000	VERIFICATO
			Beam 3102: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.051	0	11.576	0.000	0.908	0.000	0.000	VERIFICATO
			Beam 1610: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.322	0	0	0.000	0.037	0.000	VERIFICATO	
			Beam 1610: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.322	0	0	0.000	0.037	0.000	VERIFICATO	
Resistenze di calcolo "base"			Beam 1611: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.316	0	0	0.000	0.000	0.036	0.000	VERIFICATO
			Beam 1611: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.316	0	0	0.000	0.000	0.036	0.000	VERIFICATO
			Beam 1609: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.313	0	0	0.000	0.036	0.000	VERIFICATO	
			Beam 1609: 14: SLU 5 [Combination 5]:	0.313	0	0	0.000	0.036	0.000	VERIFICATO	
			Beam 1642: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-4.521	0	0	0.000	0.000	0.390	VERIFICATO	
Resistenze di calcolo incrementate di kh			Beam 1642: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-4.521	0	0	0.000	0.000	0.390	VERIFICATO	
			Beam 1642: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-4.473	0	0	0.000	0.000	0.386	VERIFICATO	
			Beam 1642: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-4.473	0	0	0.000	0.386	VERIFICATO		
			Beam 1642: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-3.859	0	0	0.000	0.333	VERIFICATO		
			Beam 1642: 14: SLU 5 [Combination 5]:	-3.859	0	0	0.000	0.333	VERIFICATO		
Classe del carico	Lunga		Beam 1641: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-3.591	0	0	0.000	0.000	0.310	VERIFICATO	
Classe di servizio	2		Beam 1641: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-3.591	0	0	0.000	0.000	0.310	VERIFICATO	

Verifica instabilità di colonna:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h							
pk	380 kg/mc						
f _{m,k}	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,0,k}	16.5 MPa	Beam 3101: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.131	0	11.576	0.92	VERIFICATO
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 3101: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.117	0	11.576	0.92	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 3102: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.093	0	11.576	0.92	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 3073: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.057	0	11.576	0.91	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 3092: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.056	0	11.576	0.91	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 4041: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.053	0	11.576	0.91	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 3102: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.051	0	11.576	0.91	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 3100: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.045	0	11.576	0.91	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 3099: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.033	0	11.576	0.91	VERIFICATO
γ _M	1.45	Beam 3100: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.03	0	11.576	0.91	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 3073: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.029	0	11.576	0.91	VERIFICATO
K _{mod}	0.7	Beam 3072: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.026	0	11.576	0.91	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 3098: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.017	0	11.576	0.91	VERIFICATO
b	200 mm	Beam 3099: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.002	0	11.576	0.91	VERIFICATO
h	200 mm	Beam 3101: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.131	0	11.113	0.88	VERIFICATO
kh	1.100	Beam 3101: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.131	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3101: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.117	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3101: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.117	0	11.113	0.88	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 3102: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.093	0	11.113	0.88	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	7.97 MPa	Beam 3102: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.093	0	11.113	0.88	VERIFICATO
f _{c,0,d}	11.59 MPa	Beam 3102: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.093	0	11.113	0.88	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	11.59 MPa	Beam 3073: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.057	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3073: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.057	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3092: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.056	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3092: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.056	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 4041: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.053	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 4041: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.053	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3102: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.051	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3102: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.051	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3100: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.045	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3100: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.045	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3099: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.033	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3099: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.033	0	11.113	0.88	VERIFICATO
		Beam 3100: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.03	0	11.113	0.87	VERIFICATO
		Beam 3100: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.03	0	11.113	0.87	VERIFICATO
		Beam 3073: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.029	0	11.113	0.87	VERIFICATO
		Beam 3073: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.029	0	11.113	0.87	VERIFICATO
		Beam 3072: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.026	0	11.113	0.87	VERIFICATO
		Beam 3072: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.026	0	11.113	0.87	VERIFICATO
		Beam 3098: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.017	0	11.113	0.87	VERIFICATO
		Beam 3098: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.017	0	11.113	0.87	VERIFICATO
Classe del carico							
Classe di servizio							
		Beam 3098: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.017	0	11.113	0.87	VERIFICATO
		Beam 3098: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.017	0	11.113	0.87	VERIFICATO
Lunga							
2							

Verifica instabilità di trave:

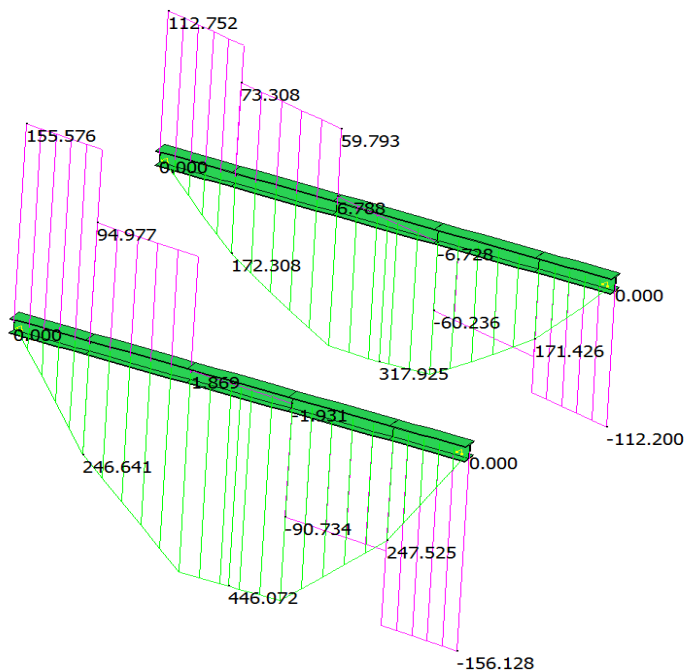
Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h					
pk	380 kg/mc					
f m,k	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f t,0,k	16.5 MPa					
f t,90,k	0.4 MPa	Beam 3101: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.131	11.576	0.84	VERIFICATO
f c,0,k	24 MPa	Beam 3101: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.117	11.576	0.84	VERIFICATO
f c,90,k	2.7 MPa	Beam 3102: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.093	11.576	0.83	VERIFICATO
f v,k	2.7 MPa	Beam 3073: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.057	11.576	0.83	VERIFICATO
E 0,mean	11600 MPa	Beam 3092: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.056	11.576	0.83	VERIFICATO
E 90,mean	390 MPa	Beam 4041: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.053	11.576	0.83	VERIFICATO
E 0,5	9400 MPa	Beam 3102: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.051	11.576	0.83	VERIFICATO
G mean	720 MPa	Beam 3100: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.045	11.576	0.83	VERIFICATO
γ M	1.45	Beam 3099: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.033	11.576	0.83	VERIFICATO
K def	0.8	Beam 3100: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.03	11.576	0.83	VERIFICATO
K mod	0.7	Beam 3073: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.029	11.576	0.83	VERIFICATO
		Beam 3072: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.026	11.576	0.83	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 3098: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.017	11.576	0.83	VERIFICATO
b	200 mm	Beam 3099: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.002	11.576	0.83	VERIFICATO
h	200 mm	Beam 3101: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.131	11.113	0.77	VERIFICATO
kh	1.100	Beam 3101: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.131	11.113	0.77	VERIFICATO
		Beam 3101: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.117	11.113	0.77	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 3101: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.117	11.113	0.77	VERIFICATO
f t,0,d (base)	7.97 MPa	Beam 3102: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.093	11.113	0.77	VERIFICATO
f c,0,d	11.59 MPa	Beam 3102: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.093	11.113	0.77	VERIFICATO
f m,d (base)	11.59 MPa	Beam 3073: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.057	11.113	0.77	VERIFICATO
		Beam 3073: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.057	11.113	0.77	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 3092: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.056	11.113	0.77	VERIFICATO
f t,0,d	8.76 MPa	Beam 3092: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.056	11.113	0.77	VERIFICATO
f m,d	12.74 MPa	Beam 4041: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.053	11.113	0.77	VERIFICATO
		Beam 4041: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.053	11.113	0.77	VERIFICATO
L	2500 mm	Beam 3102: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.051	11.113	0.77	VERIFICATO
Lef	2250 mm	Beam 3102: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.051	11.113	0.77	VERIFICATO
L0,y	2500 mm	Beam 3100: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.045	11.113	0.76	VERIFICATO
σm,crit	651.73 MPa	Beam 3100: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.045	11.113	0.76	VERIFICATO
λrel,m	0.192	Beam 3099: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.033	11.113	0.76	VERIFICATO
kcrit	1.00	Beam 3099: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.033	11.113	0.76	VERIFICATO
ry	57.74 mm	Beam 3100: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.03	11.113	0.76	VERIFICATO
λz	43.30	Beam 3100: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.03	11.113	0.76	VERIFICATO
λrel,z	0.696	Beam 3073: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.029	11.113	0.76	VERIFICATO
kz	0.762	Beam 3073: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.029	11.113	0.76	VERIFICATO
kc,z	0.933	Beam 3072: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.026	11.113	0.76	VERIFICATO
		Beam 3072: 11: SLU 2 [Combination 2]:	-0.026	11.113	0.76	VERIFICATO
Classe del carico	Lunga	Beam 3098: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.017	11.113	0.76	VERIFICATO
Classe di servizio	2	Beam 3098: 13: SLU 4 [Combination 4]:	-0.017	11.113	0.76	VERIFICATO

9.3. Verifiche di resistenza elementi in acciaio

9.3.1. Trave principale auditorim HEA 450

Le sollecitazioni massime sulle travi HEA 450 si hanno in combinazione SLU2 e sono riportate nell'immagine seguente:

	MIN	MAX
SF2(kN)	-156.128	155.576
	[Bm:3047]	[Bm:3056]
BM2(kN.m)	0.000	446.072
	[Bm:3054]	[Bm:3061]



Le verifica di resistenza e di instabilità è riportata nel seguito:

Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

HE 450 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 0

Inflexione attorno all'asse

	y-y	z-z
I_0 [m]	9.6	9.6
Snellezza λ	50.74	131.7
$N_{b,Rd}$ [kN]	4 176	1 567
M_Q [kNm]	446.1	0
β_M	1.3	1.3
μ	-0.708	-1.594
k	1	1
$M_{c,Rd}$ [kNm]	842.3	252.9
M_{Sd} [kNm]	446.1	0

Resistenza della sezione 0.281 OK ?

Instabilità flessio-torsionale 0.793 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0 + 0.530 + 0 = 0.530$$

OK

Resistenza della membratura all'instabilità flessione-torsionale - EC3 (edizione 1992) #5.5.2.

HE 450 A

Acciaio S275 (Fe430)

f_y (N/mm²) 275

z_a [mm] 0.0 L [m] 9.6 = I_{0z} [m]

Coefficienti C

Momenti all'estremità ? Carichi trasversali

C_1 1.132 C_2 0.459 C_3 0.525

Coefficienti di lunghezza efficace

k 1 k_ψ 1.0

Momento resistente di progetto all'instabilità flessione-torsionale (solo M_y) - EC3 #5.5.2.

M_{cr} [kNm] = 889.7 $M_{e,Rd}$ [kNm] = 842.3

$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{e,Rd} \gamma_{M0}}{M_{cr}}} = 0.997$ $\chi_{LT} = 0.668$ $M_{b,Rd}$ [kNm] = 562.4

Resistenza all'instabilità flessione torsionale (flessione e compressione)- Classe 1/2 - EC3 #5.5.4. (2)

N_{Sd} [kN] 0.0 $M_{y,Sd}$ [kNm] 446.1 $M_{z,Sd}$ [kNm] 0

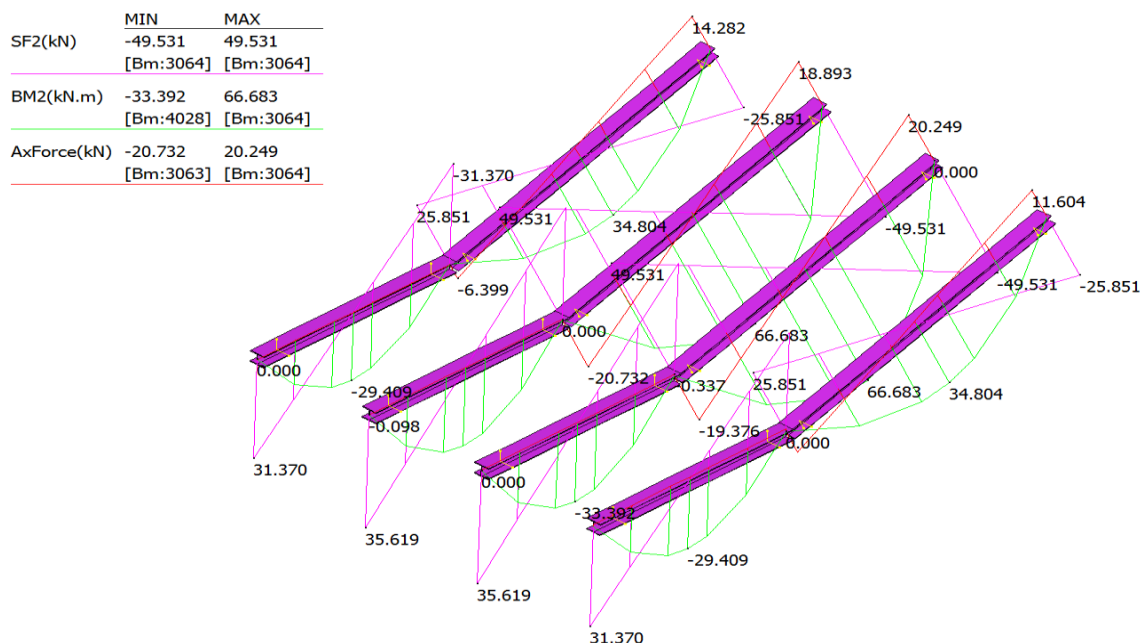
$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd}} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{e,Rd1}} = \frac{0}{1567} + \frac{1 \times 446.1}{562.4} + \frac{1 \times 0}{252.9}$

= 0 + 0.793 + 0 = 0.793

OK

9.3.2. Trave secondaria auditorim HEA 260

Le sollecitazioni massime sulle travi HEA 260 si hanno in combinazione SLU2 e sono riportate nell'immagine seguente:



Le verifiche di resistenza e di instabilità è riportata nel seguito:

Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

HE 260 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 20.7

Inflessione attorno all'asse

	y - y	z - z
I_0 [m]	5.4	5.4
Snellezza λ	49.23	83.08
$N_{b,Rd}$ [kN]	1 940	1 285
M_Q [kNm]	66.7	0
β_M	1.3	1.3
μ	-0.794	-1.340
k	1.008	1.021
$M_{c,Rd}$ [kNm]	219.1	73.88
M_{Sd} [kNm]	66.70	0

Resistenza della sezione 0.314 OK ?

Instabilità flessio-torsionale 0.369 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 3 - EC3 #5.5.4.(3)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.016 + 0.307 + 0 = 0.323$$

OK

Resistenza della membratura all'instabilità flessio-torsionale - EC3 (edizione 1992) #5.5.2.

HE 260 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

z_a [mm] 0.0 L [m] 5.4 = I_{0z} [m]

Coefficienti C

? Momenti all'estremità ? Carichi trasversali

C_1 1.132 C_2 0.459 C_3 0.525

Coefficienti di lunghezza efficace

k 1 k_ψ 1.0

Momento resistente di progetto all'instabilità flessio-torsionale (solo M_y) - EC3 #5.5.2.

M_{cr} [kNm] = 513.7 $M_{c,Rd}$ [kNm] = 219.1

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{c,Rd} \gamma_{M0}}{M_{cr}}} = 0.669 \quad \chi_{LT} = 0.862 \quad M_{b,Rd}$$

$M_{b,Rd}$ [kNm] = 188.8

Resistenza all'instabilità flessio torsionale (flessione e compressione)- Classe 3 - EC3 #5.5.4. (4)

N_{Sd} [kN] 20.7 $M_{y,Sd}$ [kNm] 66.7 $M_{z,Sd}$ [kNm] 0.0

$$\frac{N_{Sd}}{N_{bz,Rd}} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = \frac{20.7}{1285} + \frac{1 \times 66.7}{188.8} + \frac{1.059 \times 0}{73.88}$$

= 0.016 + 0.353 + 0 = 0.369

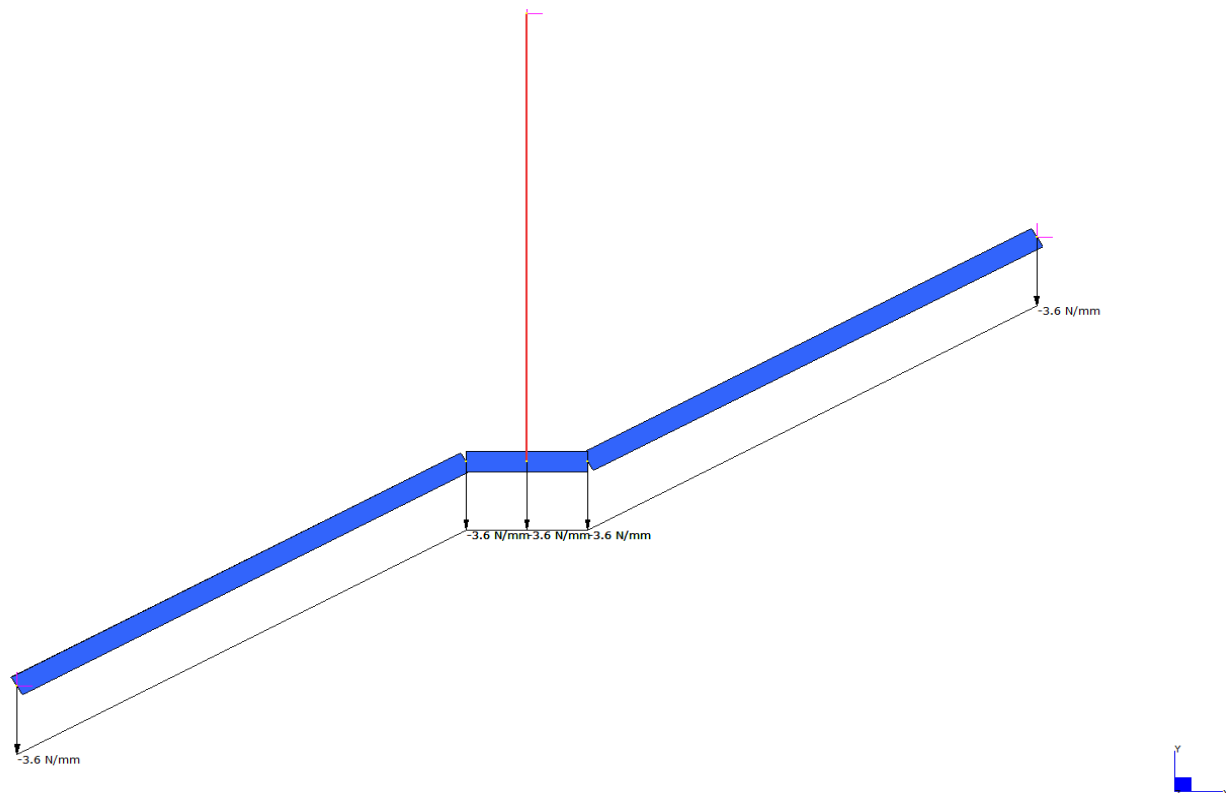
OK

9.3.3. Trave scale e passerelle UPN 180

I cosciali delle scale in acciaio, delle passerelle e della rampa sono in UPN180, collegate alle strutture in legno mediante tiranti $\phi 20$ mm.

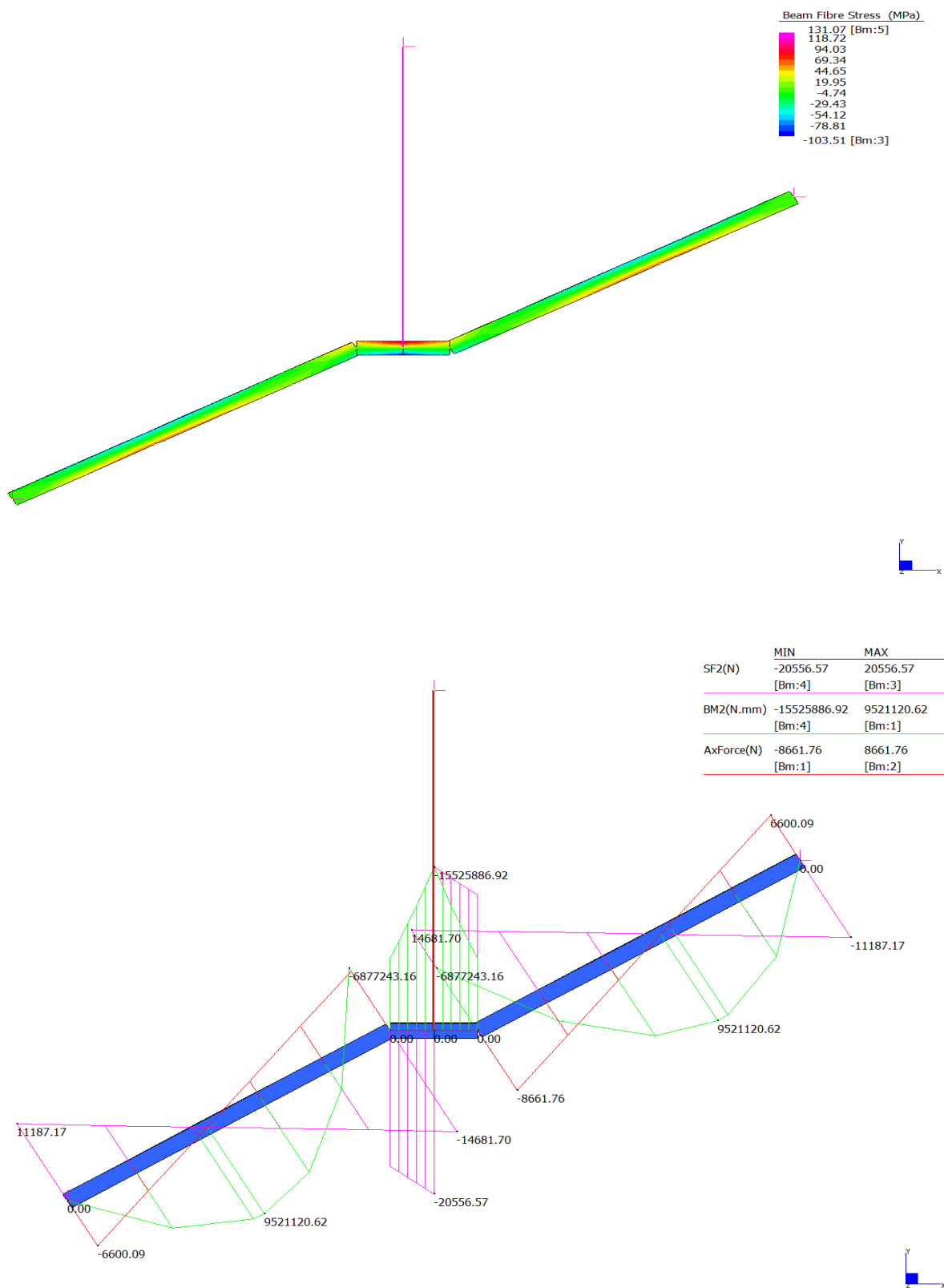
Si riporta la verifica nelle due situazioni più gravose: la scala tipo e la passerella al piano secondo tra i fili A e B, in corrispondenza della porta dove la distanza tra i pendini vale 5.0 m.

Il modello di calcolo del cosciale della scala è il seguente:



Il sovraccarico permanente vale 1.70 kN/mq, il sovraccarico accidentale è 4.00 kN/mq. La scala è larga 1.80 m.

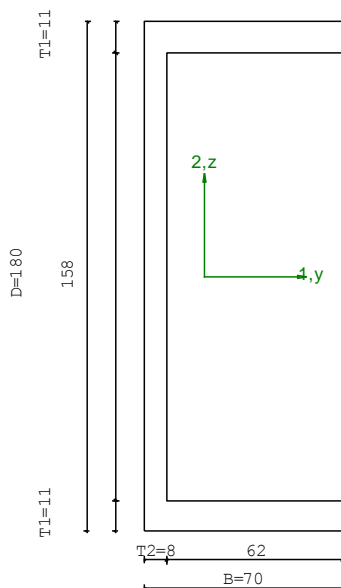
Le tensioni massime in SLU nel cosciale e nel tirante, e le sollecitazioni nel cosciale sono riportate nelle immagini seguenti:



La verifica del cosciale per il tratto tra la partenza scala e il pianerottolo è:

PROP. 1 - BEAM n. 1 - SEZIONE IN X = 0.00

Grp.: Gruppo0 Trave: 1 Prop.: 1 Sez.in: 0.00			
Cmb 1	M1 = 0.00	M2 = -6.88e06	
	N = -8661.76	V1 = 0.00	
	V2 = 14681.70	MT = -4.85e05	
Sezione a C chiusa			
D = 180.0 B = 70.0 T1 = 11.0 T2 = 8.0			
Area = 2.80e03			
I11 = 1.35e07			
I22 = 1.14e06			



VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe = Classe 1
 FR-PF = 0.16
 FR-V = 0.09
 FR-T = 0.38
 FR-τ = 0.42

VERIFICA DI STABILITA':

Classe = Classe 1
 FI-N = 0.07
 FPF,y = 0.50
 FPF,z = 0.59

PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale	D =	180.00	mm
Base	B =	70.00	mm
Spessore ali	T1 =	11.00	mm
Spessore anima	T2 =	8.00	mm
Posizione del baricentro elastico	X1G,e1 =	21.03	mm
	X2G,e1 =	90.00	mm
Posizione del baricentro plastico	X1G,p1 =	7.79	mm
	X2G,p1 =	90.00	mm
Distanza baricentro - centro di taglio	X1CT-X1G =	-44.10	mm
	X2CT-X2G =	0.00	mm
Area della sezione	A =	2.80e03	mm ²
Momento d'inerzia	asse 1 I11 =	1.35e07	mm ⁴
	asse 2 I22 =	1.14e06	mm ⁴
	asse 3 J =	9.28e04	mm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	Ip =	2.04e07	mm ⁴
Costante di ingobbamento	Iω =	7.54e09	mm ⁶
Raggio giratore	asse 1 i11 =	69.44	mm
	asse 2 i22 =	20.18	mm
Modulo di resistenza elastico	superiore W1 sup,e1 =	1.50e05	mm ³
	inferiore W1 inf,e1 =	1.50e05	mm ³
Modulo di resistenza elastico	destro W2 dx,e1 =	2.33e04	mm ³
	sinistro W2 sx,e1 =	5.42e04	mm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1 W1,p1 =	1.80e05	mm ³
	asse 2 W2,p1 =	48035.98	mm ³
Area di taglio	asse 1 Av1,p1 =	1.54e03	mm ²
	asse 2 Av2,p1 =	1.35e03	mm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			3936.00	mm
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	1.00	
	asse 2	$\beta_2 =$	1.00	
	asse 3	$\beta_3 =$	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k_c	m_{LT}	C_m
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 9	0.00	0.91	0.53	0.91

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S275		
Lavorazione		Laminata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y =$	275.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u =$	430.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y =$	255.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u =$	410.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale		$\gamma_{M0} =$	1.05	
Coefficiente di sicurezza all'instabilità		$\gamma_{M1} =$	1.05	

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	-8.66e03	N
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e00	N
	direzione 2	V2 =	1.47e04	N
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e00	Nmm
	direzione 2	M2 =	-6.88e06	Nmm
Momento torcente		MT =	-4.85e05	Nmm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore		y-y =	1-1	
Asse con inerzia minore		z-z =	2-2	
Resistenza assiale		$N_{Rd} =$	7.33e05	N
Resistenza tagliante	asse y	$V_{p1,y,Rd} =$	2.04e05	N
riduzione per la torsione		coeff =	0.83	
		$V_{p1,y,T,Rd} =$	1.70e05	N
Resistenza tagliante	asse z	$V_{p1,z,Rd} =$	2.33e05	N
riduzione per la torsione		coeff =	0.83	
		$V_{p1,z,T,Rd} =$	1.94e05	N
Resistenza flessionale	asse y	$M_{y,Rd} =$	4.72e07	Nmm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{y,V,Rd} =$	4.72e07	Nmm
Resistenza flessionale	asse z	$M_{z,Rd} =$	1.26e07	Nmm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{z,V,Rd} =$	1.26e07	Nmm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} =$	1.28e06	Nmm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R-PP} = 0.16 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-V} = 0.09 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1 \quad F_{R-T} = 0.38 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali

$$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3) \cdot \gamma_{M0} / E_y} \leq 1$$

$$F_{R-T} = 0.42 \quad \text{Verificato}$$

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$$C1 = \text{Classe 1}$$

Sforzo normale

$$N_{ED} = -8.66e03 \quad \text{N}$$

Momento flettente

$$M_{z,ED} = 0.00e00 \quad \text{Nmm}$$

$$M_{y,ED} = 9.52e06 \quad \text{Nmm}$$

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
	$P_{cr} \text{ [N]}$	$\ell_0 \text{ [mm]}$	λ^*	χ
y	1.81e06	3936.00	0.65	0.75
z	1.53e05	3936.00	2.25	0.16
θ	1.17e06	3936.00	0.81	0.66
min	1.53e05		2.25	0.16
	$M_{cr} \text{ [Nmm]}$	$\ell_0 \text{ [mm]}$	λ^*_{LT}	χ_{LT}
fless.tors.	3.60e07	3936.00	1.17	0.39

Resistenza assiale

minimo

$$N_{b,Rd} = 1.17e05 \quad \text{N}$$

asse y

$$N_{b,y,Rd} = 5.53e05 \quad \text{N}$$

asse z

$$N_{b,z,Rd} = 1.17e05 \quad \text{N}$$

Resistenza flessionale

asse y

$$M_{b,y,Rd} = 1.83e07 \quad \text{Nmm}$$

asse z

$$M_{z,Rd} = 1.26e07 \quad \text{Nmm}$$

Coefficiente di interazione

$$k_{yy} = 0.92$$

$$k_{yz} = 0.66$$

$$k_{zy} = 0.99$$

$$k_{zz} = 1.10$$

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$$F_{I-N} = 0.07 \quad (\text{Verificato})$$

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy} (M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz} (M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$$F_{R-PF,y} = 0.50 \quad (\text{Verificato})$$

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy} (M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz} (M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$$

$$F_{R-PF,z} = 0.59 \quad (\text{Verificato})$$

La verifica del cosciale della passerella si effettua nell'ipotesi conservativa di trave appoggiata su luce L=5 m. Le sollecitazioni massime allo SLU si calcolano:

$$Q_{perm} = 1.70 \times 1.20/2 + 0.22 = 1.24 \quad \text{kN/m}$$

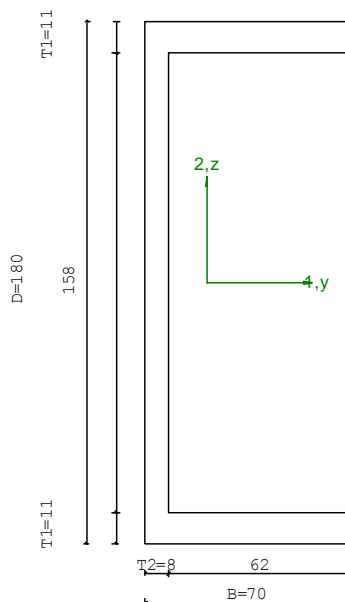
$$Q_{acc} = 4.00 \times 1.20/2 = 2.40 \quad \text{kN/m}$$

$$M_{Sd} = 1/8 \times (1.3 \times 1.24 + 1.5 \times 2.40) \times 5.0^2 = 16.3 \quad \text{kNm}$$

$$V_{Sd} = 1/2 \times (1.3 \times 1.24 + 1.5 \times 2.40) \times 5.0 = 13.03 \quad \text{kN}$$

La verifica di resistenza è riportata nel seguito.

M1 = 0.00	M2 = 1.63e07
N = 0.00	V1 = 0.00
V2 = 13030.00	MT = 0.00
Sezione a C chiusa	
D = 180.0	B = 70.0 T1 = 11.0 T2 = 8.0
Area	= 2.80e03
I11	= 1.35e07
I22	= 1.14e06



VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe	= Classe 1
FR-PF	= 0.35
FR-V	= 0.06
FR-T	= 0.00
FR-τ	= 0.07

VERIFICA DI STABILITA':

Classe	= Classe 1
FI-N	= 0.00
FPF, y	= 0.91
FPF, z	= 0.91

PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza totale		D	=	180.00	mm
Base		B	=	70.00	mm
Spessore ali		T1	=	11.00	mm
Spessore anima		T2	=	8.00	mm
Raccordo / Saldatura		R	=	11.0	mm
Posizione del baricentro elastico		X _{1G,e1}	=	21.03	mm
		X _{2G,e1}	=	90.00	mm
Posizione del baricentro plastico		X _{1G,p1}	=	7.79	mm
		X _{2G,p1}	=	90.00	mm
Distanza baricentro - centro di taglio		X _{1CT} -X _{1G}	=	-44.10	mm
		X _{2CT} -X _{2G}	=	0.00	mm
Area della sezione		A	=	2.80e03	mm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁	=	1.35e07	mm ⁴
	asse 2	I ₂₂	=	1.14e06	mm ⁴
	asse 3	J	=	8.91e04	mm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio		I _p	=	2.04e07	mm ⁴
Costante di ingobbamento		I _ω	=	7.54e09	mm ⁶
Raggio giratore	asse 1	i ₁₁	=	69.44	mm
	asse 2	i ₂₂	=	20.18	mm
Modulo di resistenza elastico	superiore	W _{1 sup,e1}	=	1.50e05	mm ³
	inferiore	W _{1 inf,e1}	=	1.50e05	mm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	W _{2 dx,e1}	=	2.33e04	mm ³
	sinistro	W _{2 sx,e1}	=	5.42e04	mm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	W _{1,p1}	=	1.80e05	mm ³
	asse 2	W _{2,p1}	=	48035.98	mm ³
Area di taglio	asse 1	A _{v1,p1}	=	1.54e03	mm ²
	asse 2	A _{v2,p1}	=	1.47e03	mm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			5000.00	mm
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	1.00	
	asse 2	$\beta_2 =$	1.00	
	asse 3	$\beta_3 =$	0.80	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k_c	m_{LT}	C_m
Piano 1	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00
Piano 2	Tipo 1	1.00	1.00	1.00	1.00

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S275		
Lavorazione		Laminata		
Modulo di elasticità		E =	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y =$	275.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u =$	430.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y =$	255.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u =$	410.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale		$\gamma_{M0} =$	1.05	
Coefficiente di sicurezza all'instabilità		$\gamma_{M1} =$	1.05	

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		AF =	0.00e00	N
Sforzo di taglio	direzione 1	V1 =	0.00e00	N
	direzione 2	V2 =	1.30e04	N
Momento flettente	direzione 1	M1 =	0.00e00	Nmm
	direzione 2	M2 =	1.63e07	Nmm
Momento torcente		MT =	0.00e00	Nmm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Asse con inerzia maggiore		y-y =	1-1	
Asse con inerzia minore		z-z =	2-2	
Resistenza assiale		$N_{Rd} =$	7.33e05	N
Resistenza tagliante	asse y	$V_{pl,y,Rd} =$	2.22e05	N
riduzione per la torsione		coeff =	1.00	
		$V_{pl,y,T,Rd} =$	2.22e05	N
Resistenza tagliante	asse z	$V_{pl,z,Rd} =$	2.33e05	N
riduzione per la torsione		coeff =	1.00	
		$V_{pl,z,T,Rd} =$	2.33e05	N
Resistenza flessionale	asse y	$M_{y,Rd} =$	4.72e07	Nmm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{y,V,Rd} =$	4.72e07	Nmm
Resistenza flessionale	asse z	$M_{z,Rd} =$	1.26e07	Nmm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{z,V,Rd} =$	1.26e07	Nmm
Resistenza torsionale elastica		$T_{Rd} =$	1.22e06	Nmm

Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione

$$F_{R,PF}(N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}) \leq 1 \quad F_{R-PF} = 0.35 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza plastica a Taglio

$$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1 \quad F_{R-V} = 0.06 \text{ Verificato}$$

Verifica di Resistenza elastica a Torsione

$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$	$F_{R-T} =$	0.00	Verificato
Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali			
$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{(3)} \cdot \gamma_{M0} / f_y \leq 1$	$F_{R-\tau} =$	0.07	Verificato

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

C1 = Classe 1

Sforzo normale

 $N_{ED} =$ 0.00e00 N

Momento flettente

 $M_{z,ED} =$ 0.00e00 Nmm $M_{y,ED} =$ 1.63e07 Nmm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
	P_{cr} [N]	ℓ_0 [mm]	λ^*	χ
y	1.12e06	5000.00	0.83	0.64
z	94511.33	5000.00	2.85	0.10
θ	1.12e06	4000.00	0.83	0.64
min	94511.33		2.85	0.10
	M_{cr} [Nmm]	ℓ_0 [mm]	λ^*_{LT}	χ_{LT}
fless.tors.	3.47e07	4000.00	1.19	0.38

Resistenza assiale

minimo

 $N_{b,Rd} =$ 7.64e04 N

asse y

 $N_{b,y,Rd} =$ 4.72e05 N

asse z

 $N_{b,z,Rd} =$ 7.64e04 N

Resistenza flessionale

asse y

 $M_{b,y,Rd} =$ 1.78e07 Nmm

asse z

 $M_{z,Rd} =$ 1.26e07 Nmm

Coefficiente di interazione

 $k_{yy} =$ 1.00 $k_{yz} =$ 0.60 $k_{zy} =$ 1.00 $k_{zz} =$ 1.00

Verifica di Instabilità a Compressione

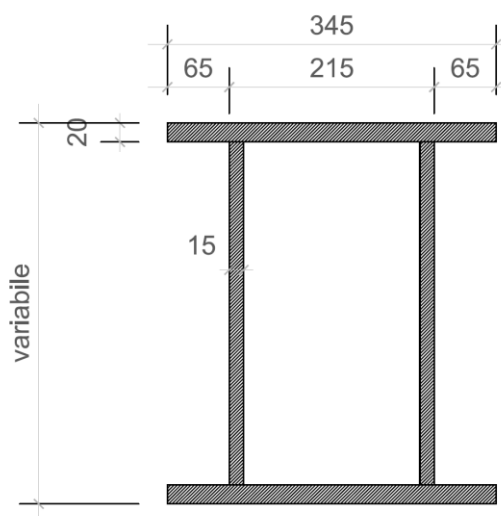
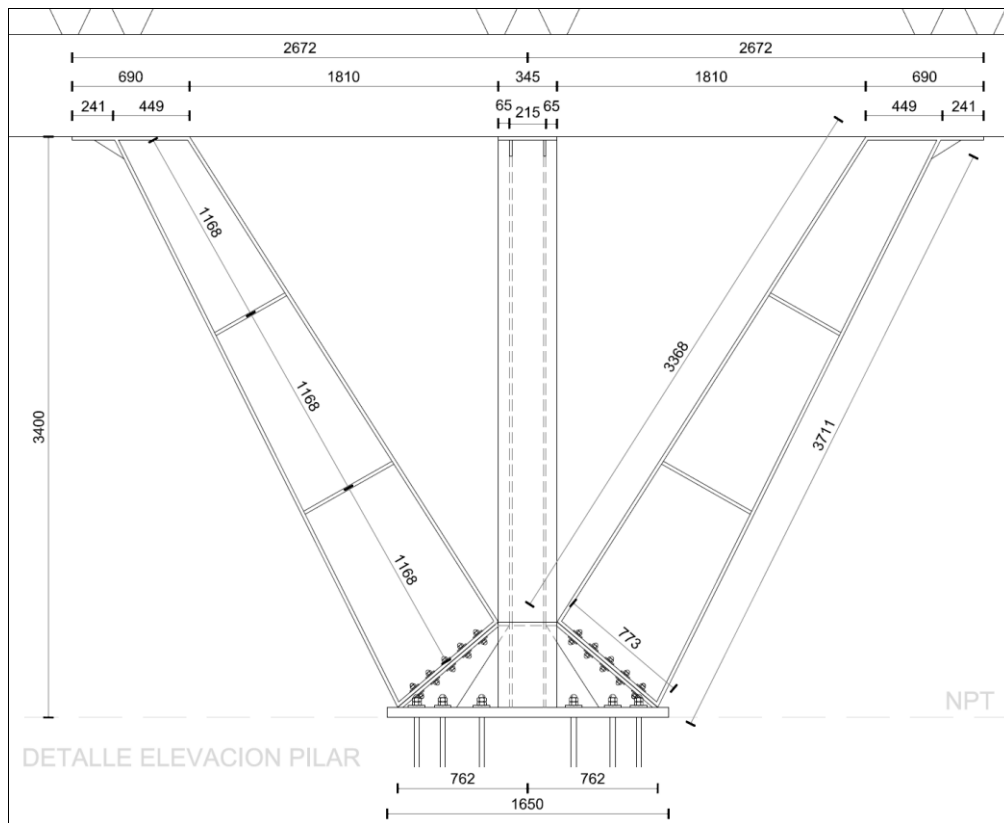
 $N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$ $F_{I-N} =$ 0.00 (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

 $(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy} (M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz} (M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$ $F_{R-PF,y} =$ 0.91 (Verificato) $(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy} (M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz} (M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$ $F_{R-PF,z} =$ 0.91 (Verificato)

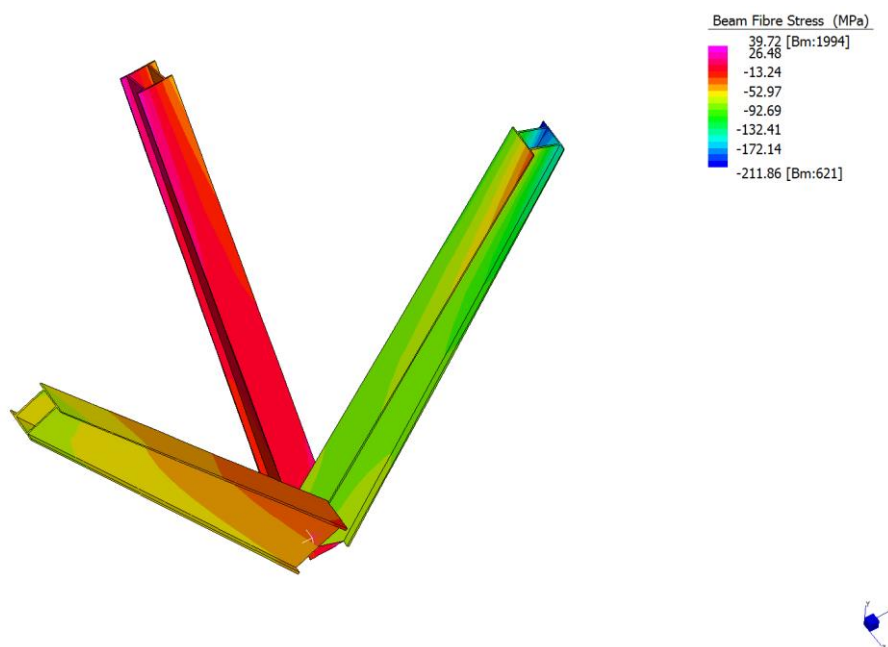
9.3.4. Colonne in acciaio "tripodi"

Le 6 colonne di acciaio che sostengono il padiglione sono ottenute mediante saldatura di lamiere spessore 15 e 20 mm. La sezione ha larghezza costante 345 mm e altezza variabile da circa 400 a circa 770 mm. Il disegno seguente mostra il tripode e la sezione tipo:

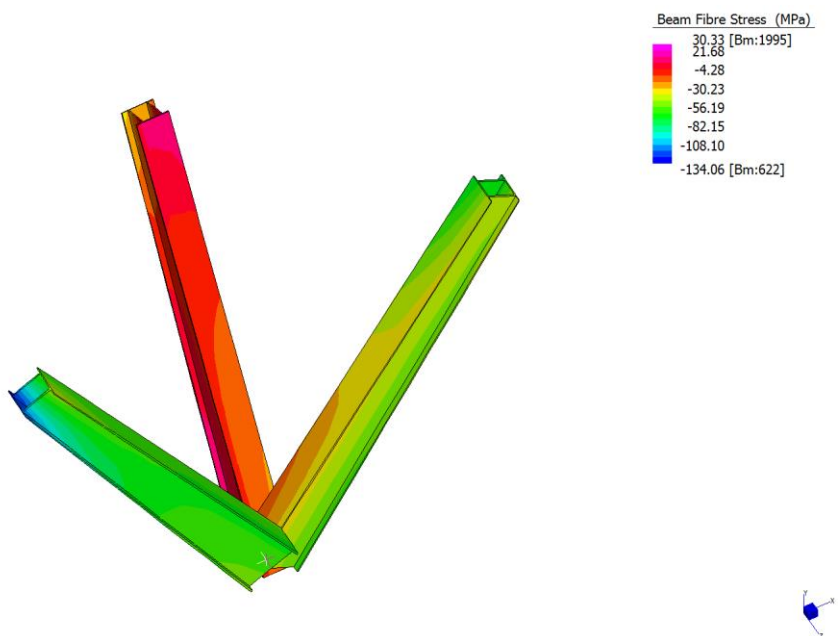


I vincoli di estremità di ogni singola asta sono incastri. Nel modello globale le aste dei tripodi sono state inserite come elementi "beam" a sezione variabile, in modo da simularne correttamente la rigidezza.

Le immagini seguenti mostrano le massime tensioni nell'acciaio:



Massime tensioni di presso-flessione/tenso-flessione in SLU



Massime tensioni di presso-flessione/tenso-flessione in SLV

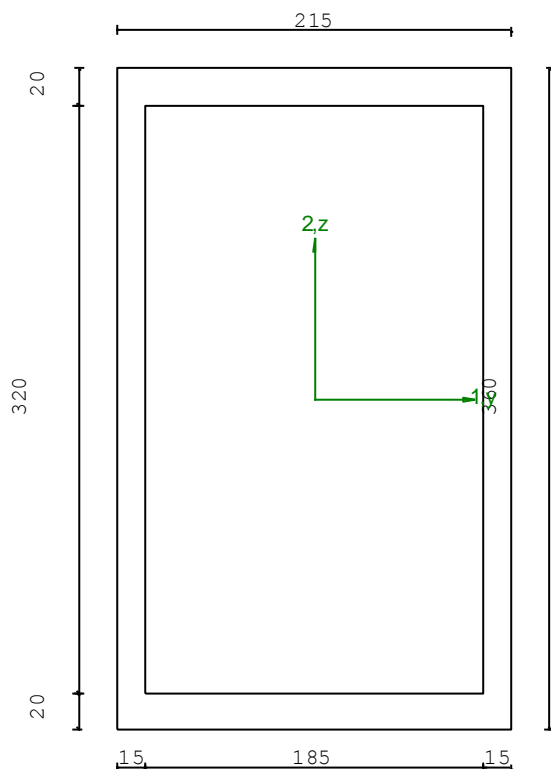
La tabella che segue riporta le massime sollecitazioni nelle aste che costituiscono i tripodi. L'estremità "End 1" è quella lato fondazione, l'estremità "End. 2" è quella sulla sovrastruttura in legno.

	Comb.	End.	V1 [kN]	M1 [kNm]	V2 [kN]	M2 [kNm]	N [kN]	T [kNm]
max/min V1	SLU 5	2	20.29	29.59	-22.03	-80.84	-1930.23	4.56
max/min M1	SLU 5	1	20.29	-73.07	-15.91	16.45	-1941.01	4.58
max/min V2	SLU 3	1	-3.72	8.36	-113.95	386.11	105.16	-0.48
max/min M2	SLU 3	1	-3.72	8.36	-113.95	386.11	105.16	-0.48
max N	SLU 3	2	3.37	9.75	-106.60	-163.61	119.97	0.64
min N	SLU 2	1	8.12	-13.49	4.98	24.11	-2415.46	4.73
max/min T	SLU 5	1	2.48	-44.07	13.29	-19.84	-1306.89	-13.83

Si riporta nel seguito la verifica di resistenza e di instabilità dell'asta più sollecitata, effettuata nell'ipotesi semplificativa e a favore di sicurezza che la resistenza sia garantita solo dal rettangolo interno della sezione.

PROP. 19 - BEAM n. 621 - SEZIONE IN X = 5060.63

Grp.: Gruppo0 Trave: 621 Prop.: 19 Sez.in: 5060.63			
Cmb 4	M1 = 35473.41	M2 = -77697.93	
	N = -2223.85	V1 = 15.28	
	V2 = -21.88	MT = 413.87	
Rettangolare Cava			
D = 360.0 B = 215.0 T1 = 20.0 T2 = 15.0			
Area		= 1.82e04	
I11		= 3.31e08	
I22		= 1.29e08	



VERIFICA DI RESISTENZA:

Classe	= Classe 1
FR-PF	= 0.59
FR-V	= 0.03
FR-T	= 1.34e-03
FR- τ	= 0.02

VERIFICA DI STABILITA':

Classe	= Classe 1
FI-N	= 0.64
F _{PF, y}	= 0.64
F _{PF, z}	= 0.74

PARAMETRI STATICI DELLA SEZIONE

Altezza	D =	360.00	mm
Base	B =	215.00	mm
Spessore base	T1 =	20.00	mm
Spessore altezza	T2 =	15.00	mm
Posizione del baricentro elastico	X _{1G, e1} =	107.50	mm
	X _{2G, e1} =	180.00	mm
Posizione del baricentro plastico	X _{1G, p1} =	107.50	mm
	X _{2G, p1} =	180.00	mm
Distanza baricentro - centro di taglio	X _{1CT} -X _{1G} =	0.00	mm
	X _{2CT} -X _{2G} =	0.00	mm
Area della sezione	A =	1.82e04	mm ²
Momento d'inerzia	asse 1	I ₁₁ =	3.31e08 mm ⁴
	asse 2	I ₂₂ =	1.29e08 mm ⁴
	asse 3	J =	2.83e08 mm ⁴
Momento polare rispetto il centro di taglio	I _p =	4.60e08	mm ⁴

Costante di ingobbamento		$I_{\omega} =$	0.00	mm ⁶
Raggio giratore	asse 1	$i_{11} =$	134.81	mm
	asse 2	$i_{22} =$	84.29	mm
Modulo di resistenza elastico	superiore	$W_{1, sup, el} =$	1.84e06	mm ³
	inferiore	$W_{1, inf, el} =$	1.84e06	mm ³
Modulo di resistenza elastico	destro	$W_{2, dx, el} =$	1.20e06	mm ³
	sinistro	$W_{2, sx, el} =$	1.20e06	mm ³
Modulo di resistenza plastico	asse 1	$W_{1, pl} =$	2.23e06	mm ³
	asse 2	$W_{2, pl} =$	1.42e06	mm ³
Area di taglio	asse 1	$A_{V1, pl} =$	7.40e03	mm ²
	asse 2	$A_{V2, pl} =$	9.60e03	mm ²

CARATTERISTICHE DELL'ASTA:

Lunghezza			5060.63	mm
Molt. per inflessione	asse 1	$\beta_1 =$	1.00	
	asse 2	$\beta_2 =$	1.00	
	asse 3	$\beta_3 =$	1.00	

Attributi per il calcolo di instabilità

	Diagramma	ψ	k_c	m_{LT}	C_m
Piano 1	Tipo 2	-0.85	0.62	0.44	0.40
Piano 2	Tipo 9	-0.28	0.94	0.46	0.46

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE:

Tipo di acciaio		S275		
Lavorazione		Saldata		
Modulo di elasticità		$E =$	210.00	GPa
Tensione di snervamento	(t < 40mm)	$f_y =$	275.00	MPa
Tensione di rottura	(t < 40mm)	$f_u =$	430.00	MPa
Tensione di snervamento	(t > 40mm)	$f_y =$	255.00	MPa
Tensione di rottura	(t > 40mm)	$f_u =$	410.00	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale		$\gamma_{M0} =$	1.05	
Coefficiente di sicurezza all'instabilità		$\gamma_{M1} =$	1.05	

SOLLECITAZIONI:

Sforzo normale		$AF =$	-2.22e03	kN
Sforzo di taglio	direzione 1	$V1 =$	1.53e01	kN
	direzione 2	$V2 =$	-2.19e01	kN
Momento flettente	direzione 1	$M1 =$	3.55e04	kNm
	direzione 2	$M2 =$	-7.77e04	kNm
Momento torcente		$MT =$	4.14e02	kNm

VERIFICA DI RESISTENZA (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.2):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

$C1 =$ Classe 1

Asse con inerzia maggiore		$y-y =$	1-1	
Asse con inerzia minore		$z-z =$	2-2	
Resistenza assiale		$N_{Rd} =$	4766.67	kN
Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse y	$V_{p1, y, Rd} =$	1451.62	kN
		coeff =	1.00	
		$V_{p1, y, T, Rd} =$	1449.68	kN
Resistenza tagliante riduzione per la torsione	asse z	$V_{p1, z, Rd} =$	1118.96	kN
		coeff =	1.00	
		$V_{p1, z, T, Rd} =$	1117.46	kN
Resistenza flessionale	asse y	$M_{y, Rd} =$	4.15e05	kNm

riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{y,V,Rd}$ =	4.15e05	kNmm
Resistenza flessionale	asse z	$M_{z,Rd}$ =	2.49e05	kNmm
riduzione per il taglio		coeff =	1.00	
		$M_{z,V,Rd}$ =	2.49e05	kNmm
Resistenza torsionale elastica		T_{Rd} =	3.08e05	kNmm
Verifica di Resistenza plastica a Presso-Flessione				
$F_{R,PF}(N_{Ed},M_{y,Ed},M_{z,Ed}) \leq 1$		$F_{R-PF} = 0.59$ Verificato		
$ M_{y,Ed}/M_{Ny,Rd} ^{\alpha} + M_{z,Ed}/M_{Nz,Rd} ^{\beta} \leq 1$		$F_{R-exp} = 0.04$		
$\alpha = 2.20, \beta = 2.20$				
Verifica di Resistenza plastica a Taglio				
$(V_{y,Ed}/V_{y,Rd}) + (V_{z,Ed}/V_{z,Rd}) \leq 1$		$F_{R-V} = 0.03$ Verificato		
Verifica di Resistenza elastica a Torsione				
$(T_{Ed}/T_{Rd}) \leq 1$		$F_{R-T} = 1.34e-03$ Verificato		
Verifica di Resistenza elastica delle tensioni tangenziali				
$\tau_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}/f_v \leq 1$		$F_{R-\tau} = 0.02$ Verificato		

VERIFICA DI STABILITÀ (N.T.C.2008 - § 4.2.4.1.3):

Classe della sezione per la sollecitazione considerata:

Cl = Classe 1

Sforzo normale

 $N_{ED} = -2.23e03$ kN

Momento flettente

 $M_{z,ED} = -4.19e04$ kNmm $M_{y,ED} = -7.77e04$ kNmm

Tabella dei carichi critici

Asse	Carico critico	Lunghezza libera	Snellezza adimensionale	Coefficiente riduttivo
	P_{cr} [kN]	ℓ_0 [mm]	λ^*	χ
y	26767.32	5060.63	0.43	0.88
z	10464.89	5060.63	0.69	0.73
θ	9.07e05	5060.63	0.07	1.00
min	10464.89		0.69	0.73
	M_{cr} [kNmm]	ℓ_0 [mm]	λ^*_{LT}	χ_{LT}
fless.tors.	1.56e07	5060.63	0.20	1.00

Resistenza assiale	minimo	$N_{b,Rd} =$	3.48e03	kN
	asse y	$N_{b,y,Rd} =$	4.19e03	kN
	asse z	$N_{b,z,Rd} =$	3.48e03	kN

Resistenza flessionale	asse y	$M_{b,y,Rd} =$	5.84e05	kNmm
	asse z	$M_{b,z,Rd} =$	3.72e05	kNmm

Coefficiente di interazione	$k_{yy} =$	0.52
	$k_{yz} =$	0.32
	$k_{zy} =$	0.31
	$k_{zz} =$	0.53

Verifica di Instabilità a Compressione

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

 $F_{I-N} = 0.64$ (Verificato)

Verifica di Instabilità a Pressoflessione

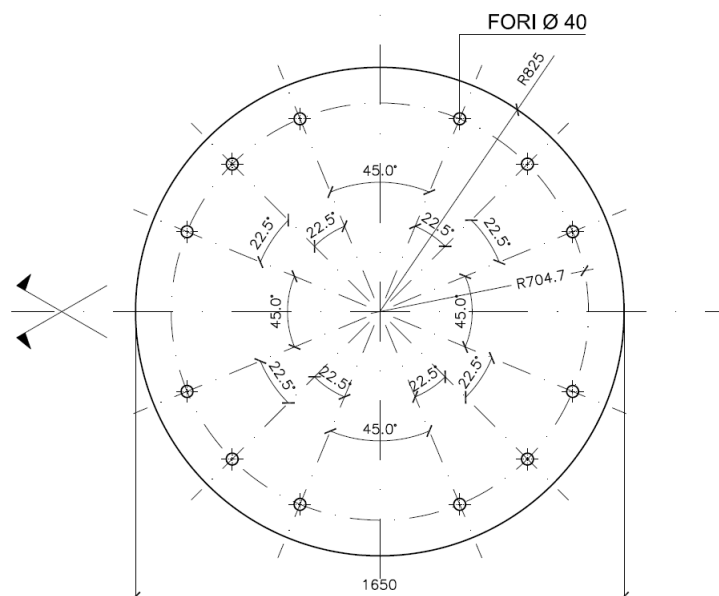
$$(N_{Ed}/N_{b,y,Rd}) + k_{yy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{yz}(M_{z,Ed}/M_{b,z,Rd}) \leq 1$$

 $F_{R-PF,y} = 0.64$ (Verificato)

$$(N_{Ed}/N_{b,z,Rd}) + k_{zy}(M_{y,Ed}/M_{b,y,Rd}) + k_{zz}(M_{z,Ed}/M_{b,z,Rd}) \leq 1$$

 $F_{R-PF,z} = 0.74$ (Verificato)

Si verifica ora la connessione al plinto, effettuata mediante piastra in acciaio circolare, spessore 60 mm e 12 tirafondi M36 in acciaio 8.8.



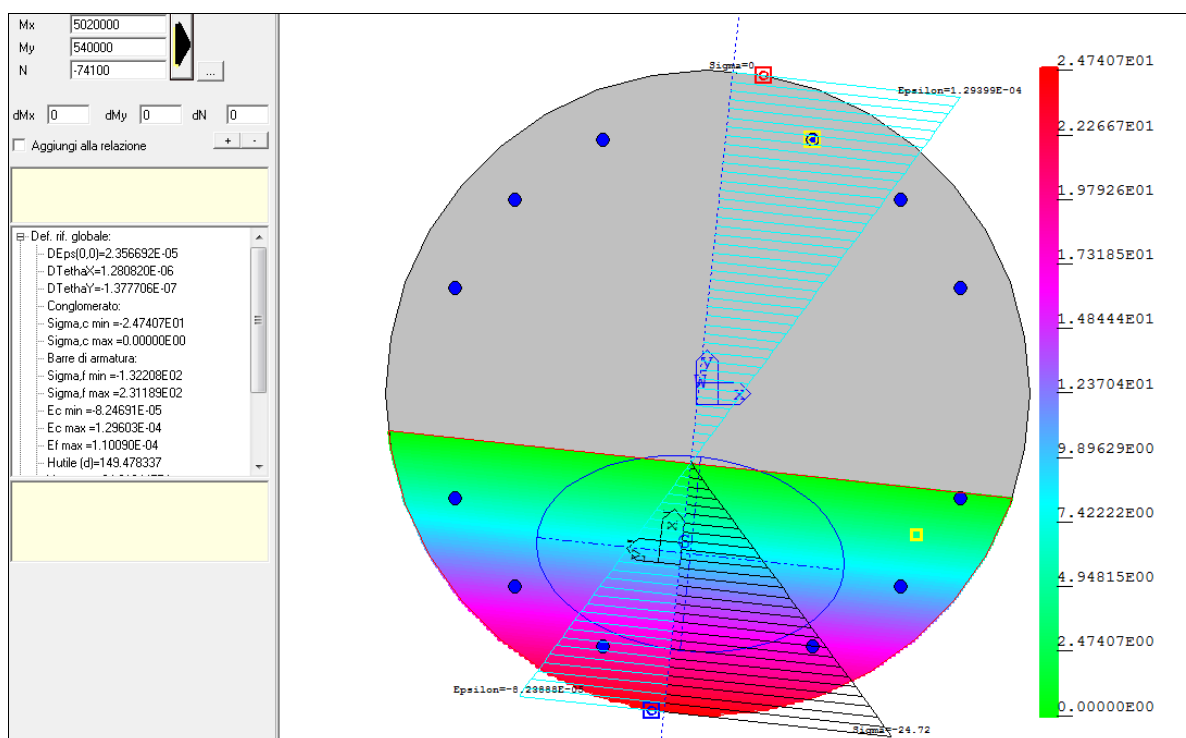
La combinazione più gravosa per il collegamento è quella con sforzo normale minimo e momento flettente massimo (SLU 3, l'asse y è verticale):

$$N_{\min} = 741 \text{ kN}$$

$$M_{x,\max} = 502 \text{ kNm}$$

$$M_z = 54 \text{ kNm}$$

L'immagine seguente mostra la verifica a pressoflessione deviata (in quest'immagine gli assi di flessione sono x e y):



Le sollecitazioni di taglio massimo valgono:

$$V_{x,max} = 527 \text{ kN}$$

$$V_{z,max} = 325 \text{ kN}$$

Si effettua la verifica nell'ipotesi semplificativa, e a favore di sicurezza, che gli sforzi di taglio nelle due direzioni siano contemporanei. Si ha:

$$V_{sd} = \sqrt{(527^2 + 325^2)} = 619 \text{ kN}$$

La resistenza al taglio dei 12 tirafondi M36-8.8 è:

$$V_{rd} = 12 \times 0.6 \times f_{tb} \times A_{res} / \gamma_{M2} = 12 \times 0.6 \times 800 \times 817 / 1.25 / 1000 = 3765 \text{ kN}$$

$$> V_{sd} = 619 \text{ kN}$$

Si effettua infine la verifica del collegamento alla base delle single colonne del tripode, flangia con 5+5 M24-8.8. Si considerano le seguenti sollecitazioni:

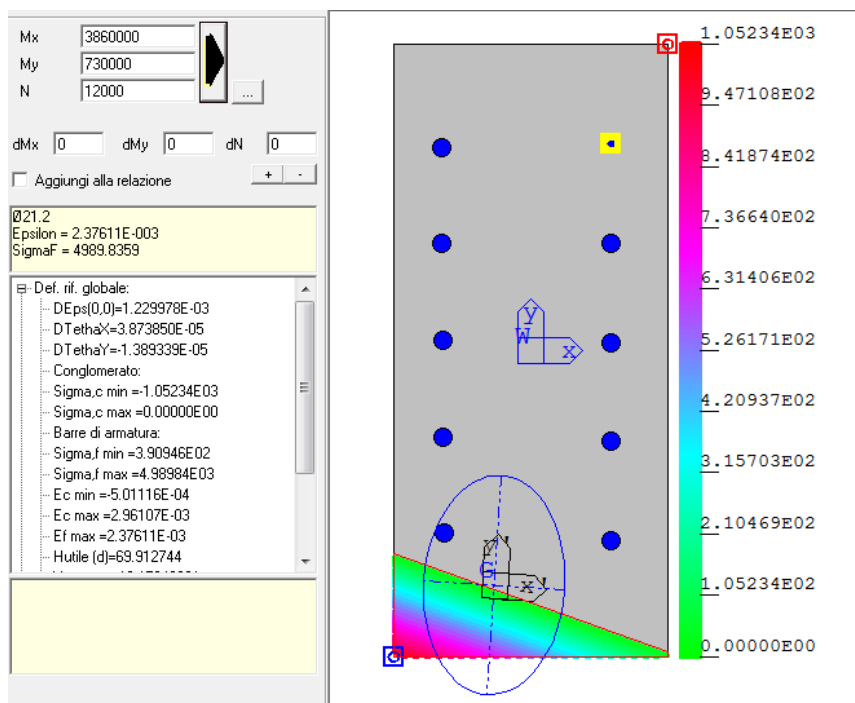
$$N_{max(trazione)} = 120 \text{ kN}$$

$$M_{1,max} = 73 \text{ kNm}$$

$$M_{2,max} = 386 \text{ kNm}$$

$$V_{max} = 114 \text{ kN}$$

La massima forza di trazione si calcola, nell'ipotesi di flangia sufficientemente rigida:



$$F_{t,sd} = 499 \times 353 / 1000 = 176.1 \text{ kN}$$

$$F_{t,sd} = 0.9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0.9 \times 800 \times 353 / 1.25 / 1000 = 203 \text{ kN} > F_{t,sd}$$

La verifica a taglio e combinata taglio-trazione è:

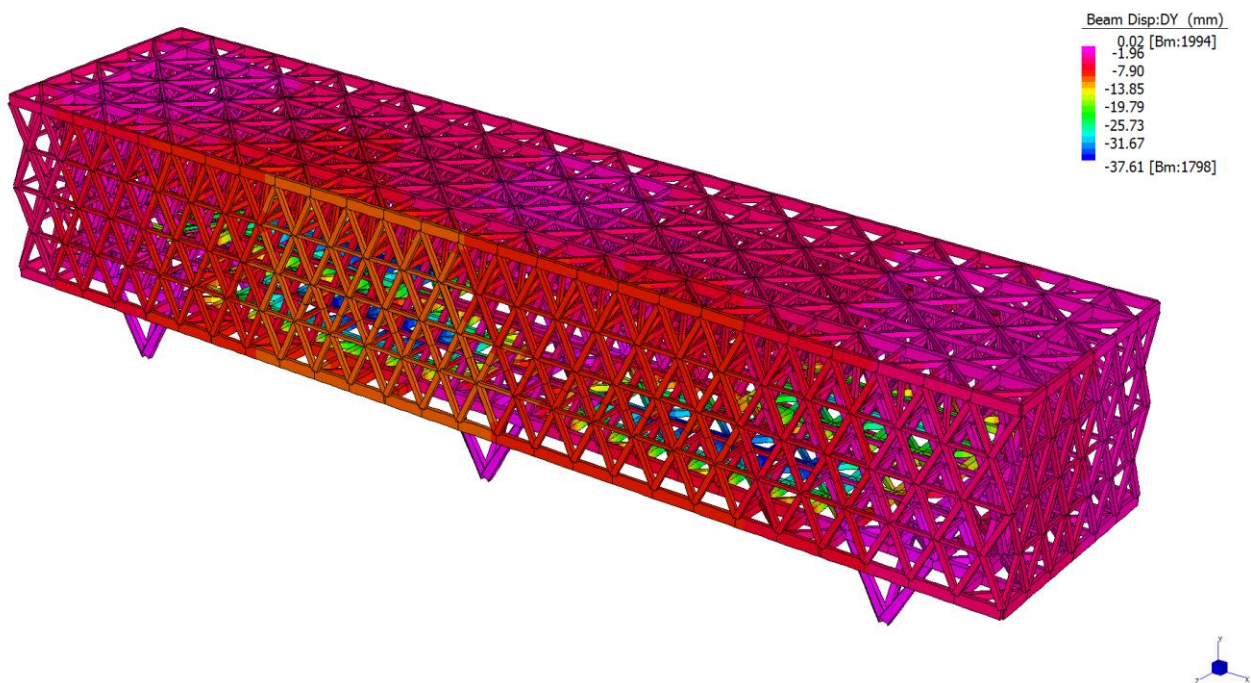
$$F_{v,rd} = 0.6 \times f_{tb} \times A_{res} / \gamma_{M2} = 0.6 \times 800 \times 353 / 1.25 / 1000 = 135.6 \text{ kN}$$

$$> F_{v,sd} = 114/10 = 11.4 \text{ kN}$$

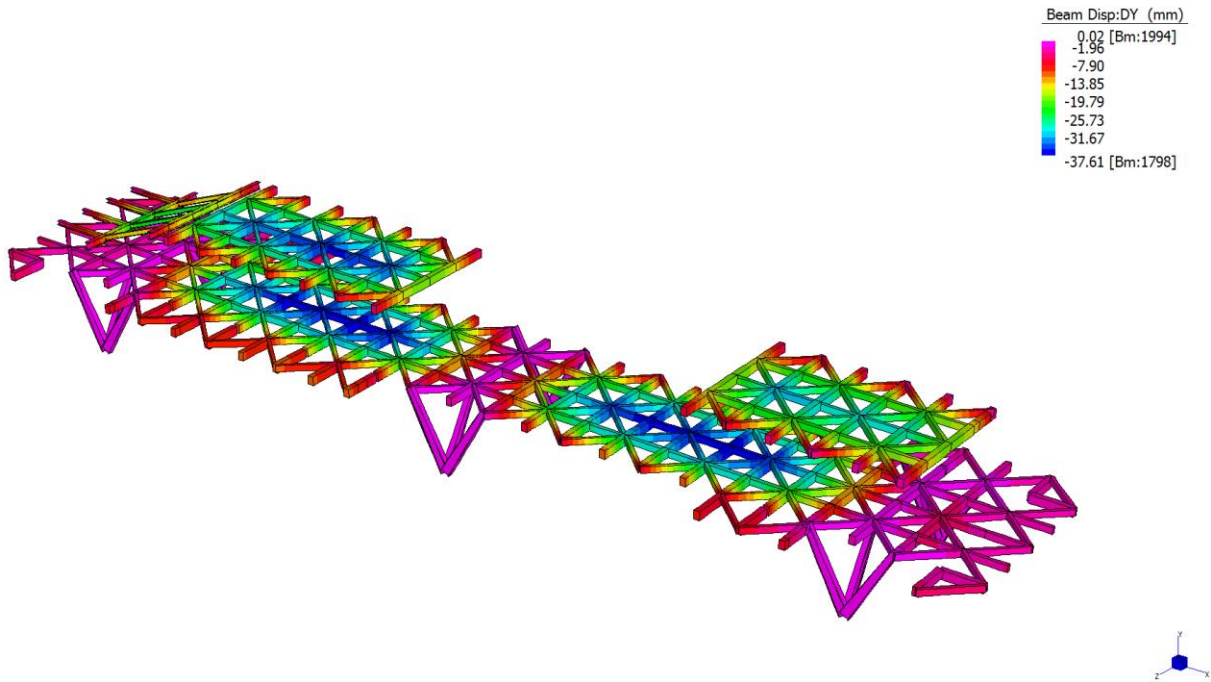
$$F_{v,sd}/F_{v,rd} + F_{t,sd}/(1.4 F_{t,rd}) = 11.4/135.6 + 176.1/(1.4 \times 203) = 0.70 < 1$$

9.4. Verifiche di deformazione e vibrazione

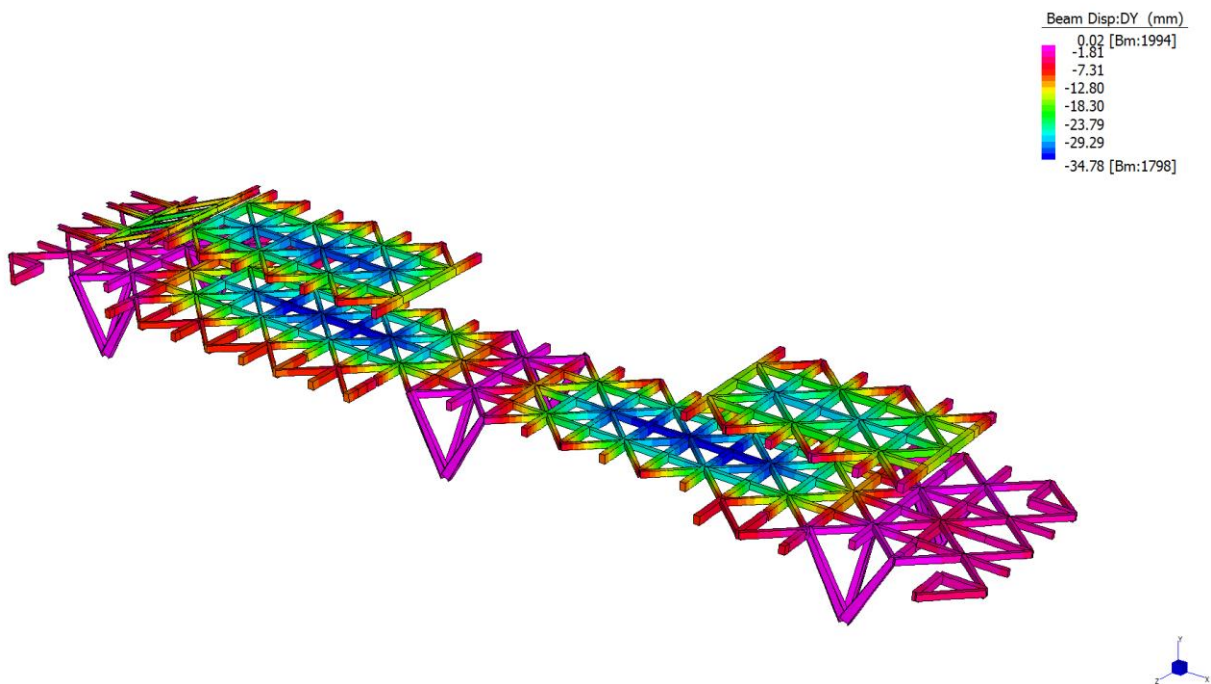
Si riportano nel seguito alcune immagini che mostrano lo stato deformativo istantaneo per le combinazioni di carico in esercizio più significative.



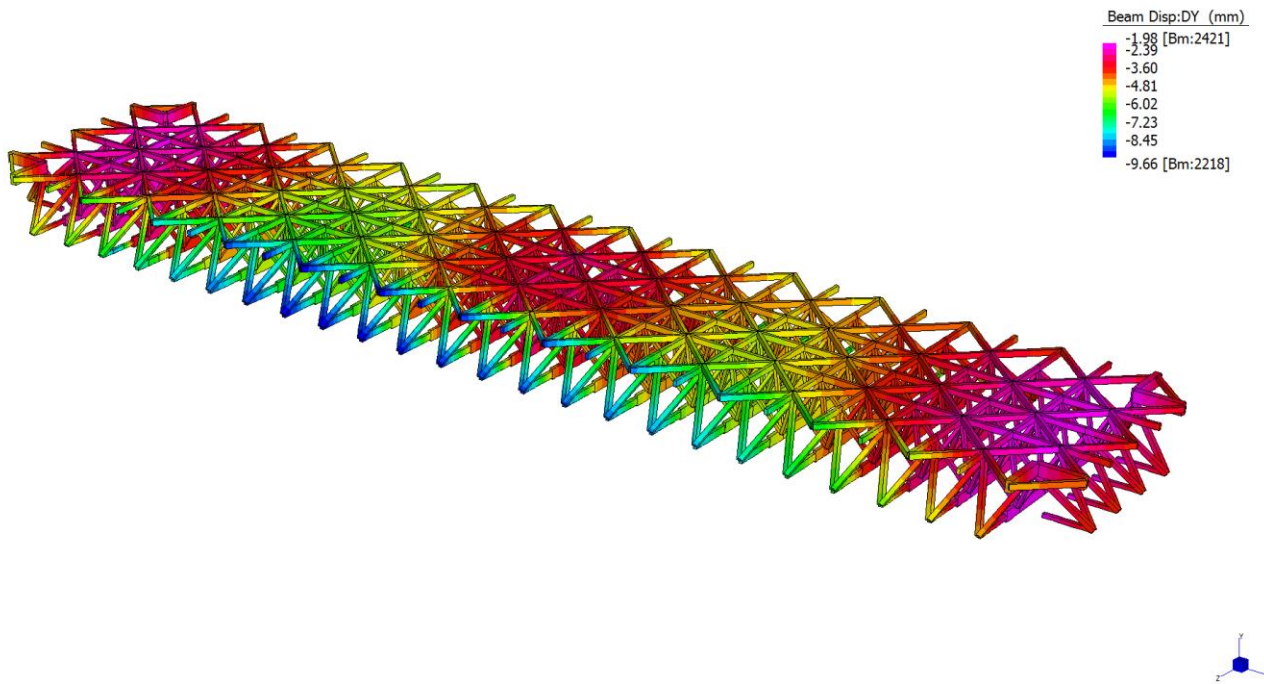
Deformazioni verticali istantanee in SLE 1 frequente



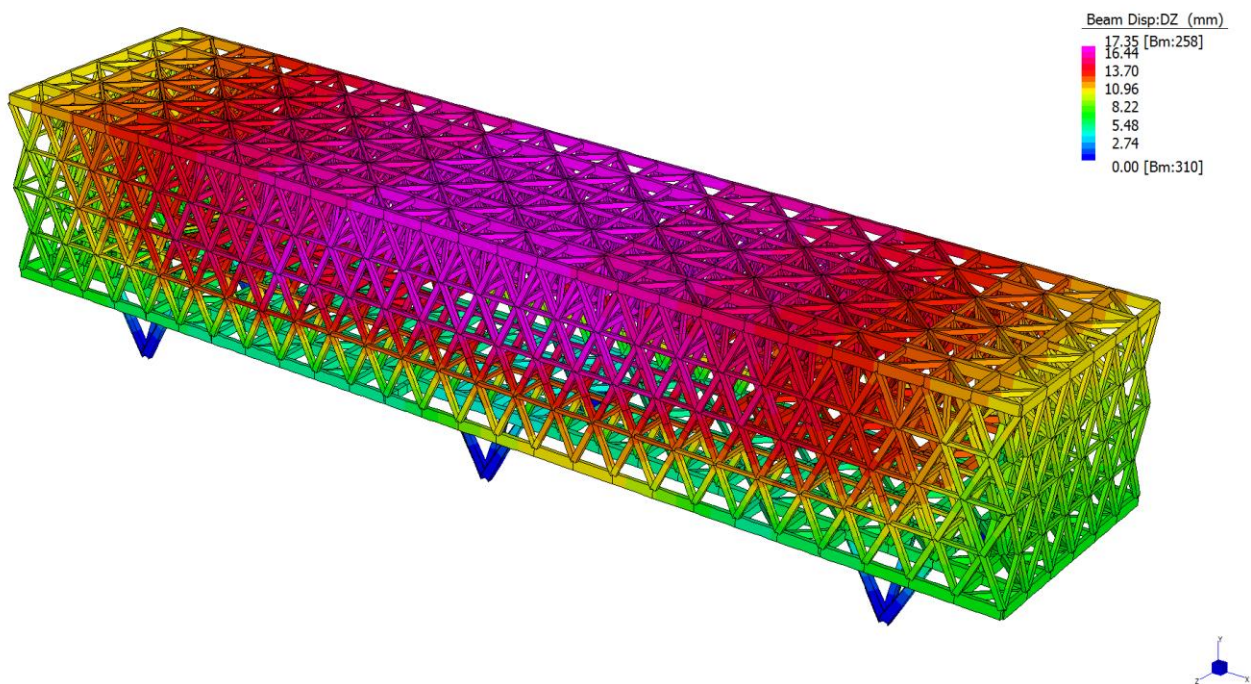
Deformazioni verticali istantanee dei solai in SLE 1 frequente



Deformazioni verticali istantanee dei solai in SLE quasi permanente



Deformazioni verticali istantanee della copertura in SLE quasi permanente



Deformazioni orizzontali istantanee per spinta del vento

La deformazione verticale massima si ha sui solai. La freccia istantanea calcolata rispetto all'estremità della trave vale, in combinazione quasi permanente:

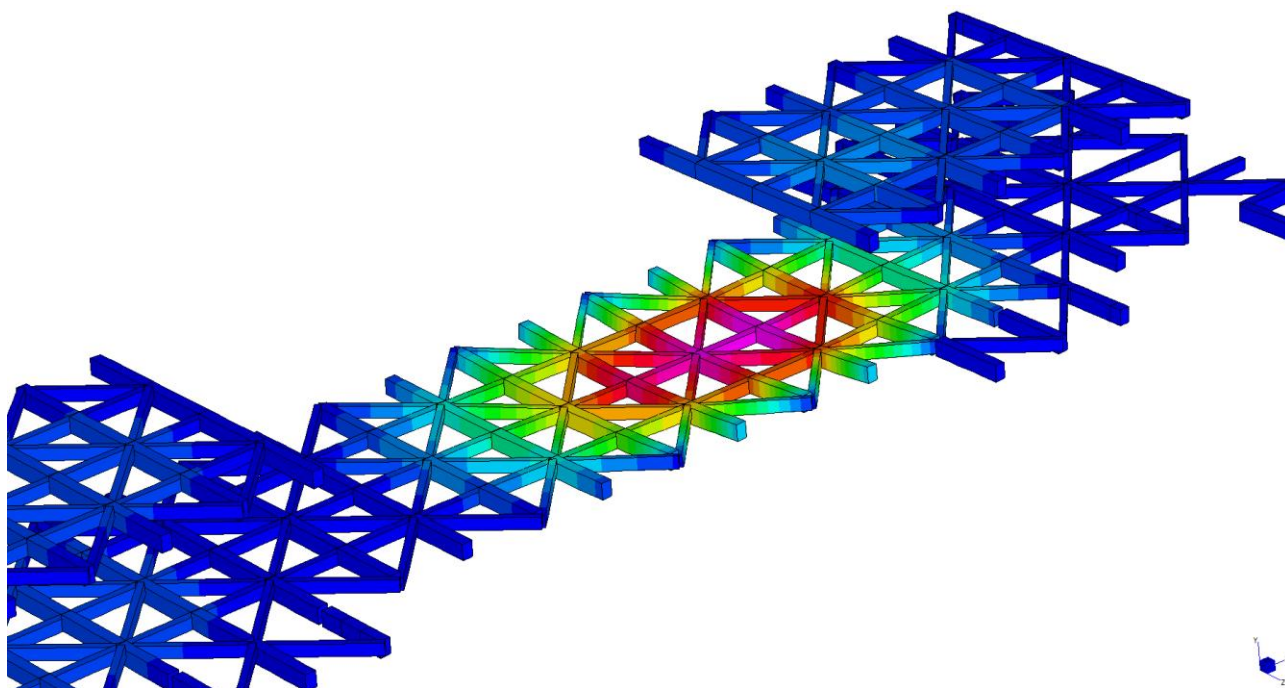
$$f_{\text{trave}, t=0} = 34.78 - 10.06 = 24.72 \text{ mm} < L/300 = 9600/300 = 32 \text{ mm}$$

La freccia a tempo infinito si calcola riducendo il valore del modulo elastico del fattore $1/(1+k_{\text{def}})$, il che equivale ad aumentare la freccia dello stesso fattore:

$$1/(1+k_{\text{def}}) = 1/(1+0.8) = 0.555$$

$$f_{\text{trave}, t=\infty} = (34.78 - 10.06)/0.555 = 44.54 \text{ mm} < L/200 = 9600/200 = 48 \text{ mm}$$

Si riportano inoltre i risultati dell'analisi dei modi di vibrare, al fine di valutare il limite di comfort secondo le indicazioni delle NTC08. Tali indicazioni sono riportate al capitolo 4 e sono valide per le strutture in acciaio ma si possono usare come riferimento anche per altre strutture flessibili, come il legno lamellare.



Prima frequenza naturale della struttura del solaio $f=3.23$ Hz

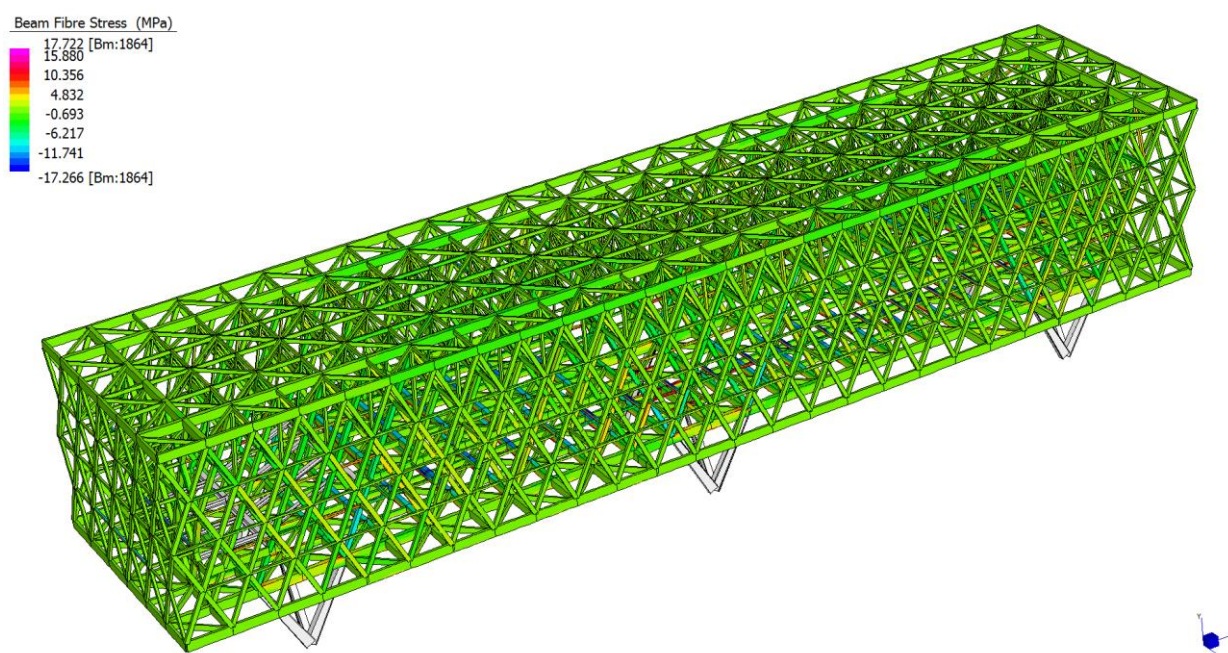
La prima frequenza naturale viene calcolata nell'ipotesi conservativa di non collaborazione alla rigidità dei pannelli di solaio. Il primo modo di vibrare che coinvolge la struttura del solaio vale $f=3.23$ Hz, superiore al limite minimo di 3 Hz indicato nelle normative, quindi la verifica è soddisfatta.

9.5. Verifica in condizione di incendio strutture in legno

Si effettua una verifica di resistenza al fuoco delle strutture principali in legno. Viene valutata la tensione nelle sezioni ridotte a causa della carbonizzazione superficiale. Il calcolo viene effettuato in combinazione di carico eccezionale (i coefficienti sono riportati nel paragrafo 9.1) secondo quanto prescritto nelle NTC08. Le strutture devono resistere all'incendio normalizzato per 60 minuti (R60). Si utilizza il valore, per la velocità di carbonizzazione, di 0.7 mm/min, ottenendo una riduzione di sezione su ogni lato esposto di circa:

$$0.7 \times 60 = 42 \text{ mm}$$

Applicando tale riduzione sui lati esposti al fuoco delle sezioni degli elementi principali dell'edificio, si ottiene un modello "indebolito" al quale applicare la combinazione di carico eccezionale per valutare le tensioni. Il risultato è riassunto nella seguente immagine del modello globale.



Modello di calcolo in condizione eccezionale (incendio)

Vista complessiva delle tensioni massime

Le tensioni sono inferiori al limite in condizione eccezionale:

$$\sigma_m = 17.3 \text{ MPa} < f_{md,ecc} = 24 \times K_{mod} / \gamma_M = 24 \times 1.0 / 1.0 = 24 \text{ MPa}$$

Si riportano nel seguito le verifiche di dettaglio degli elementi ritenuti più significativi.

9.5.1. Facciata interna 261x246 mm – sezione ridotta

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h										
ρ _k	380 kg/mc									
f _{m,k}	24 MPa									
f _{t,0,k}	16.5 MPa									
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 1769: 0.000 m	2.978	1.152	2.473	0.290	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 324: 2.885 m	3.482	1.404	1.536	0.289	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 421: 1.442 m	2.638	1.052	2.471	0.268	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 324: 2.308 m	3.479	1.123	1.133	0.266	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 386: 0.000 m	3.294	0.279	1.688	0.254	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 421: 1.250 m	2.635	1.093	2.017	0.252	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 1769: 0.288 m	2.983	0.882	1.647	0.252	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 428: 0.000 m	-9.352	0.38	1.969	0.000	0.237	0.000	0.000	VERIFICATO
γ _M	1	Beam 428: 0.577 m	-9.355	0.304	1.671	0.000	0.224	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 428: 1.154 m	-9.363	0.228	1.336	0.000	0.209	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{mod}	1	Beam 428: 1.250 m	-9.364	0.215	1.275	0.000	0.207	0.000	0.000	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 3074: 0.000 m	-5.68	0.555	3.537	0.000	0.206	0.000	0.000	VERIFICATO
b	261 mm	Beam 428: 1.635 m	-9.371	0.165	1.013	0.000	0.195	0.000	0.000	VERIFICATO
h	246 mm	Beam 324: 0.000 m	3.451	0	0	0.000	0.000	0.191	0.000	VERIFICATO
kh	1.093	Beam 323: 0.000 m	2.797	0	0	0.000	0.000	0.155	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 11: 0.000 m	2.454	0	0	0.000	0.000	0.136	0.000	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	16.50 MPa	Beam 446: 2.885 m	2.349	0	0	0.000	0.000	0.130	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,d}	24.00 MPa	Beam 406: 2.885 m	2.253	0	0	0.000	0.000	0.125	0.000	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	24.00 MPa	Beam 75: 2.885 m	2.221	0	0	0.000	0.000	0.123	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 393: 2.885 m	2.118	0	0	0.000	0.000	0.117	0.000	VERIFICATO
f _{t,0,d}	18.04 MPa	Beam 428: 2.885 m	-9.383	0	0	0.000	0.000	0.000	0.391	VERIFICATO
f _{m,d}	26.24 MPa	Beam 319: 0.000 m	-9.27	0	0	0.000	0.000	0.000	0.386	VERIFICATO
Classe del carico		Beam 327: 0.000 m	-8.695	0	0	0.000	0.000	0.000	0.362	VERIFICATO
Classe di servizio		Beam 487: 2.885 m	-7.347	0	0	0.000	0.000	0.000	0.306	VERIFICATO
		Beam 4: 0.000 m	-7.179	0	0	0.000	0.000	0.000	0.299	VERIFICATO
		Beam 117: 2.885 m	-7.046	0	0	0.000	0.000	0.000	0.294	VERIFICATO
		Beam 177: 2.885 m	-6.406	0	0	0.000	0.000	0.000	0.267	VERIFICATO
		Beam 325: 0.000 m	-6.24	0	0	0.000	0.000	0.000	0.260	VERIFICATO

Verifica instabilità di colonna:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h							
ρ _k	380 kg/mc						
f _{m,k}	24 MPa						
f _{t,0,k}	16.5 MPa						
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 428: 0.000 m	-9.352	0.38	1.969	0.50	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 428: 0.577 m	-9.355	0.304	1.671	0.49	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 428: 1.154 m	-9.363	0.228	1.336	0.47	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 428: 1.250 m	-9.364	0.215	1.275	0.47	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 428: 1.635 m	-9.371	0.165	1.013	0.46	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 428: 1.731 m	-9.372	0.152	0.943	0.45	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 428: 2.308 m	-9.38	0.076	0.49	0.44	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 319: 1.873 m	-9.231	0.124	0.508	0.43	VERIFICATO
γ _M	1	Beam 319: 1.731 m	-9.234	0.115	0.505	0.43	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 319: 2.308 m	-9.223	0.153	0.487	0.43	VERIFICATO
K _{mod}	1	Beam 319: 1.635 m	-9.237	0.109	0.5	0.43	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 319: 2.885 m	-9.218	0.191	0.414	0.43	VERIFICATO
b	261 mm	Beam 319: 1.154 m	-9.25	0.077	0.431	0.43	VERIFICATO
h	246 mm	Beam 319: 1.083 m	-9.252	0.072	0.414	0.43	VERIFICATO
kh	1.093	Beam 327: 2.885 m	-8.664	1.03	0.212	0.42	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 319: 0.577 m	-9.264	0.038	0.25	0.42	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	16.50 MPa	Beam 428: 2.885 m	-9.383	0	0	0.41	VERIFICATO
f _{c,0,d}	24.00 MPa	Beam 327: 2.308 m	-8.668	0.824	0.073	0.41	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	24.00 MPa	Beam 319: 0.000 m	-9.27	0	0	0.41	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 327: 1.731 m	-8.675	0.618	0.028	0.40	VERIFICATO
f _{t,0,d}	18.04 MPa	Beam 327: 1.635 m	-8.676	0.583	0.04	0.40	VERIFICATO
f _{m,d}	26.24 MPa	Beam 3074: 0.000 m	-5.68	0.555	3.537	0.40	VERIFICATO
Classe del carico		Beam 327: 1.250 m	-8.683	0.446	0.068	0.40	VERIFICATO
Classe di servizio		Beam 327: 1.154 m	-8.684	0.412	0.07	0.40	VERIFICATO
		Beam 327: 1.056 m	-8.686	0.377	0.071	0.40	VERIFICATO
		Beam 327: 0.577 m	-8.692	0.206	0.054	0.39	VERIFICATO
		Beam 327: 0.000 m	-8.695	0	0	0.38	VERIFICATO
		Beam 387: 1.442 m	-6.834	0.027	2.078	0.38	VERIFICATO
		Beam 420: 1.442 m	-5.275	0.486	3.476	0.38	VERIFICATO
		Beam 117: 0.000 m	-7.015	0.612	1.303	0.38	VERIFICATO
		Beam 387: 1.250 m	-6.837	0.019	1.729	0.37	VERIFICATO
		Beam 117: 0.577 m	-7.018	0.49	1.139	0.37	VERIFICATO
		Beam 3074: 0.192 m	-5.683	0.327	2.783	0.37	VERIFICATO
		Beam 387: 1.154 m	-6.838	0.014	1.557	0.36	VERIFICATO
		Beam 3074: 1.442 m	-5.695	1.148	1.98	0.36	VERIFICATO
		Beam 117: 1.154 m	-7.026	0.367	0.937	0.36	VERIFICATO
		Beam 117: 1.250 m	-7.027	0.347	0.898	0.35	VERIFICATO
		Beam 420: 1.250 m	-5.272	0.444	2.75	0.35	VERIFICATO
		Beam 3074: 0.288 m	-5.684	0.214	2.409	0.35	VERIFICATO
		Beam 4: 2.885 m	-7.147	0.066	0.794	0.35	VERIFICATO

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h					
ρ _k	380 kg/mc					
f _{m,k}	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,0,k}	16.5 MPa					
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 428: 0.000 m	-9.352	1.969	0.41	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 428: 0.577 m	-9.355	1.671	0.41	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 428: 1.154 m	-9.363	1.336	0.41	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 428: 1.250 m	-9.364	1.275	0.41	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 428: 1.635 m	-9.371	1.013	0.41	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 428: 1.731 m	-9.372	0.943	0.41	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 428: 2.308 m	-9.38	0.49	0.41	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 428: 2.885 m	-9.383	0	0.41	VERIFICATO
γ _M	1	Beam 319: 0.000 m	-9.27	0	0.41	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 319: 0.577 m	-9.264	0.25	0.41	VERIFICATO
K _{mod}	1	Beam 319: 1.083 m	-9.252	0.414	0.41	VERIFICATO
		Beam 319: 1.154 m	-9.25	0.431	0.41	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 319: 1.635 m	-9.237	0.5	0.40	VERIFICATO
b	261 mm	Beam 319: 1.731 m	-9.234	0.505	0.40	VERIFICATO
h	246 mm	Beam 319: 1.873 m	-9.231	0.508	0.40	VERIFICATO
kh	1.093	Beam 319: 2.308 m	-9.223	0.487	0.40	VERIFICATO
		Beam 319: 2.885 m	-9.218	0.414	0.40	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 327: 0.000 m	-8.695	0	0.38	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	16.50 MPa	Beam 327: 0.577 m	-8.692	0.054	0.38	VERIFICATO
f _{c,0,d}	24.00 MPa	Beam 327: 1.056 m	-8.686	0.071	0.38	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	24.00 MPa	Beam 327: 1.154 m	-8.684	0.07	0.38	VERIFICATO
		Beam 327: 1.250 m	-8.683	0.068	0.38	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 327: 1.635 m	-8.676	0.04	0.38	VERIFICATO
f _{t,0,d}	18.04 MPa	Beam 327: 1.731 m	-8.675	0.028	0.38	VERIFICATO
f _{m,d}	26.24 MPa	Beam 327: 2.308 m	-8.668	0.073	0.38	VERIFICATO
		Beam 327: 2.885 m	-8.664	0.212	0.38	VERIFICATO
L	5800 mm	Beam 487: 2.885 m	-7.347	0	0.32	VERIFICATO
L _{ef}	5220 mm	Beam 487: 2.308 m	-7.341	0.255	0.32	VERIFICATO
L _{0,y}	2900 mm	Beam 487: 1.802 m	-7.328	0.425	0.32	VERIFICATO
σ _{m,crit}	388.95 MPa	Beam 487: 1.731 m	-7.326	0.442	0.32	VERIFICATO
λ _{rel,m}	0.248	Beam 487: 1.250 m	-7.313	0.515	0.32	VERIFICATO
k _{crit}	1.00	Beam 487: 1.154 m	-7.311	0.521	0.32	VERIFICATO
r _y	75.34 mm	Beam 487: 0.974 m	-7.307	0.525	0.32	VERIFICATO
λ _z	38.49	Beam 487: 0.577 m	-7.3	0.508	0.32	VERIFICATO
λ _{rel,z}	0.619	Beam 487: 0.000 m	-7.295	0.441	0.32	VERIFICATO
k _z	0.708	Beam 4: 0.000 m	-7.179	0	0.31	VERIFICATO
k _{c,z}	0.952	Beam 4: 0.577 m	-7.175	0.255	0.31	VERIFICATO
		Beam 4: 1.154 m	-7.168	0.472	0.31	VERIFICATO
Classe del carico	Istantaneo	Beam 4: 1.250 m	-7.166	0.503	0.31	VERIFICATO
Classe di servizio	2	Beam 4: 1.635 m	-7.16	0.609	0.31	VERIFICATO

9.5.2. Travi di piano 261x458 mm – sezione ridotta

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL32h										
ρ _k	430 kg/mc									
f _{m,k}	32 MPa									
f _{t,0,k}	22.5 MPa									
f _{t,90,k}	0.5 MPa									
f _{c,0,k}	29 MPa									
f _{c,90,k}	3.3 MPa									
f _{v,k}	3.8 MPa									
E _{0,mean}	13700 MPa									
E _{90,mean}	460 MPa									
E _{0,5}	11100 MPa									
G _{mean}	850 MPa									
γ _M	1									
K _{def}	0.8									
K _{mod}	1									
Sezione rettangolare:										
b	261 mm									
h	458 mm									
kh	1.027									
Resistenze di calcolo "base"										
f _{t,0,d} (base)	22.50 MPa									
f _{c,0,d}	29.00 MPa									
f _{m,d} (base)	32.00 MPa									
Resistenze di calcolo incrementate di kh										
f _{t,0,d}	23.12 MPa									
f _{m,d}	32.88 MPa									
Classe del carico										
Classe di servizio										

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL32h					
ρ _k	430 kg/mc					
f _{m,k}	32 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,0,k}	22.5 MPa					
f _{t,90,k}	0.5 MPa	Beam 3213: 2.400 m	-0.101	13.794	0.18	VERIFICATO
f _{c,0,k}	29 MPa	Beam 3214: 0.000 m	-0.101	13.794	0.18	VERIFICATO
f _{c,90,k}	3.3 MPa	Beam 1821: 2.400 m	-0.007	13.873	0.18	VERIFICATO
f _{v,k}	3.8 MPa	Beam 1820: 0.000 m	-0.007	13.872	0.18	VERIFICATO
E _{0,mean}	13700 MPa	Beam 3210: 2.400 m	-0.023	13.845	0.18	VERIFICATO
E _{90,mean}	460 MPa	Beam 3211: 0.000 m	-0.021	13.847	0.18	VERIFICATO
E _{0,5}	11100 MPa	Beam 1800: 0.000 m	-0.013	13.692	0.17	VERIFICATO
G _{mean}	850 MPa	Beam 1804: 0.000 m	-0.023	13.676	0.17	VERIFICATO
γ _M	1	Beam 3217: 0.000 m	-0.032	13.656	0.17	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 1801: 2.400 m	0	13.694	0.17	VERIFICATO
K _{mod}	1	Beam 3216: 2.400 m	-0.023	13.655	0.17	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 1805: 2.400 m	-0.006	13.678	0.17	VERIFICATO
b	261 mm	Beam 1820: 0.480 m	-0.007	13.284	0.16	VERIFICATO
h	458 mm	Beam 3213: 1.920 m	-0.101	13.14	0.16	VERIFICATO
kh	1.027	Beam 3214: 0.480 m	-0.101	13.14	0.16	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 3204: 2.400 m	-0.124	13.053	0.16	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	22.50 MPa	Beam 3210: 1.920 m	-0.023	13.165	0.16	VERIFICATO
f _{c,0,d}	29.00 MPa	Beam 3211: 0.480 m	-0.021	13.166	0.16	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	32.00 MPa	Beam 1821: 1.920 m	-0.007	13.12	0.16	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 3205: 0.000 m	-0.054	13.05	0.16	VERIFICATO
f _{t,0,d}	23.12 MPa	Beam 1813: 2.400 m	-0.148	12.911	0.16	VERIFICATO
f _{m,d}	32.88 MPa	Beam 1812: 0.000 m	-0.148	12.91	0.16	VERIFICATO
		Beam 1800: 0.480 m	-0.013	13.07	0.16	VERIFICATO
		Beam 1804: 0.480 m	-0.023	13.054	0.16	VERIFICATO
		Beam 3217: 0.480 m	-0.032	13.007	0.16	VERIFICATO
		Beam 3207: 2.400 m	-0.039	12.986	0.16	VERIFICATO
L	9600 mm	Beam 3208: 0.000 m	-0.039	12.984	0.16	VERIFICATO
L _{ef}	8640 mm	Beam 3216: 1.920 m	-0.023	13.006	0.16	VERIFICATO
L _{0,y}	2400 mm	Beam 1801: 1.920 m	0	12.893	0.15	VERIFICATO
σ _{m,crit}	149.05 MPa	Beam 1805: 1.920 m	-0.006	12.877	0.15	VERIFICATO
λ _{rel,m}	0.463	Beam 1820: 0.960 m	-0.007	12.652	0.15	VERIFICATO
k _{crit}	1.00	Beam 3225: 2.400 m	-0.041	12.576	0.15	VERIFICATO
ry	75.34 mm	Beam 3226: 0.000 m	-0.039	12.575	0.15	VERIFICATO
λ _z	31.85	Beam 3231: 2.400 m	-0.014	12.613	0.15	VERIFICATO
λ _{rel,z}	0.518	Beam 3232: 0.000 m	-0.011	12.614	0.15	VERIFICATO
k _z	0.645	Beam 3214: 0.960 m	-0.101	12.474	0.15	VERIFICATO
k _{c,z}	0.971	Beam 3213: 1.440 m	-0.101	12.473	0.15	VERIFICATO
		Beam 3228: 2.400 m	-0.011	12.562	0.15	VERIFICATO
Classe del carico		Beam 3229: 0.000 m	-0.011	12.562	0.15	VERIFICATO
Classe di servizio		Beam 1812: 0.480 m	-0.148	12.31	0.15	VERIFICATO

9.5.3. Travi secondarie di piano 156x338 mm, GL32h – sezione ridotta

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL32h										
pk	430 kg/mc									
f _{m,k}	32 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
f _{t,0,k}	22.5 MPa	Beam 1864: 2.500 m	0.228	0.005	17.488	0.526	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,k}	29 MPa	Beam 1865: 0.000 m	0.227	0.006	17.455	0.525	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,90,k}	3.3 MPa	Beam 1842: 2.500 m	0.327	0.053	15.41	0.470	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{v,k}	3.8 MPa	Beam 1843: 0.000 m	0.32	0.057	15.19	0.463	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,mean}	13700 MPa	Beam 1886: 2.500 m	0.242	0.044	14.005	0.424	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{90,mean}	460 MPa	Beam 1852: 2.500 m	0.347	0.145	13.724	0.423	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,5}	11100 MPa	Beam 1896: 2.500 m	0.293	0.344	13.661	0.422	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
G _{mean}	850 MPa	Beam 1887: 0.000 m	0.185	0.063	13.801	0.416	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
γ _M	1	Beam 1874: 2.500 m	0.301	0.086	13.567	0.415	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 1834: 2.500 m	0.394	0	0	0.000	0.000	0.017	0.000	VERIFICATO
K _{mod}	1	Beam 1877: 0.000 m	0.374	0	0	0.000	0.000	0.016	0.000	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 1851: 0.000 m	0.332	0	0	0.000	0.000	0.014	0.000	VERIFICATO
b	156 mm	Beam 1841: 0.000 m	0.309	0	0	0.000	0.000	0.013	0.000	VERIFICATO
h	338 mm	Beam 1854: 2.500 m	0.307	0	0	0.000	0.000	0.013	0.000	VERIFICATO
kh	1.059	Beam 1844: 2.500 m	0.302	0	0	0.000	0.000	0.013	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 1878: 2.500 m	0.287	0	0	0.000	0.000	0.012	0.000	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	22.50 MPa	Beam 1898: 2.500 m	0.283	0	0	0.000	0.000	0.012	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,d}	29.00 MPa	Beam 1895: 0.000 m	0.281	0	0	0.000	0.000	0.012	0.000	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	32.00 MPa	Beam 1789: 0.000 m	0.279	0	0	0.000	0.000	0.012	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 1856: 2.500 m	0.245	0	0	0.000	0.000	0.010	0.000	VERIFICATO
f _{t,0,d}	23.83 MPa	Beam 1885: 0.000 m	0.229	0	0	0.000	0.000	0.010	0.000	VERIFICATO
f _{m,d}	33.89 MPa	Beam 1863: 0.000 m	0.203	0	0	0.000	0.000	0.009	0.000	VERIFICATO
Classe del carico		Beam 1873: 0.000 m	0.187	0	0	0.000	0.000	0.008	0.000	VERIFICATO
Classe di servizio		Beam 1888: 2.500 m	0.169	0	0	0.000	0.000	0.007	0.000	VERIFICATO
		Beam 1866: 2.500 m	0.16	0	0	0.000	0.000	0.007	0.000	VERIFICATO
		Beam 1788: 0.000 m	0.057	0	0	0.000	0.000	0.002	0.000	VERIFICATO
		Beam 1876: 2.500 m	0.049	0	0	0.000	0.000	0.002	0.000	VERIFICATO
		Beam 1877: 0.000 m	0.299	0.367	12.982	0.403	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO

9.5.4. Travi secondarie di piano 156x338 mm, GL24h – sezione ridotta

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h										
pk	380 kg/mc									
f _{m,k}	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
f _{t,0,k}	16.5 MPa	Beam 1862: 1.250 m	0.197	0	3.085	0.133	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 1848: 1.250 m	0.134	0	3.085	0.129	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,90,k}	0.4 MPa	Beam 1847: 1.250 m	0.133	0	3.085	0.129	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 1862: 1.000 m	0.197	0	2.962	0.128	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 1862: 1.500 m	0.197	0	2.962	0.128	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 1893: 1.250 m	0.098	0	3.085	0.127	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 3250: 1.250 m	-0.086	0	2.714	0.000	0.107	0.000	0.000	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 3260: 1.250 m	-0.076	0	2.714	0.000	0.107	0.000	0.000	VERIFICATO
γ _M	1	Beam 3250: 1.000 m	-0.086	0	2.605	0.000	0.103	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 3250: 1.500 m	-0.086	0	2.605	0.000	0.103	0.000	0.000	VERIFICATO
K _{mod}	1	Beam 3260: 1.000 m	-0.076	0	2.605	0.000	0.102	0.000	0.000	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 3260: 1.500 m	-0.076	0	2.605	0.000	0.102	0.000	0.000	VERIFICATO
b	156 mm	Beam 3242: 1.250 m	-0.167	0	2.59	0.000	0.102	0.000	0.000	VERIFICATO
h	338 mm	Beam 3257: 1.250 m	-0.161	0	2.59	0.000	0.102	0.000	0.000	VERIFICATO
kh	1.059	Beam 1857: 0.000 m	0.241	0	0	0.000	0.000	0.014	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 1857: 2.500 m	0.241	0	0	0.000	0.000	0.014	0.000	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	16.50 MPa	Beam 1862: 0.000 m	0.197	0	0	0.000	0.000	0.011	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,d}	24.00 MPa	Beam 1862: 2.500 m	0.197	0	0	0.000	0.000	0.011	0.000	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	24.00 MPa	Beam 1838: 0.000 m	0.186	0	0	0.000	0.000	0.011	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 1838: 2.500 m	0.186	0	0	0.000	0.000	0.011	0.000	VERIFICATO
f _{t,0,d}	17.47 MPa	Beam 3246: 0.000 m	-0.176	0	0	0.000	0.000	0.000	0.007	VERIFICATO
f _{m,d}	25.42 MPa	Beam 3246: 2.500 m	-0.176	0	0	0.000	0.000	0.000	0.007	VERIFICATO
Classe del carico		Beam 3242: 0.000 m	-0.167	0	0	0.000	0.000	0.000	0.007	VERIFICATO
Classe di servizio		Beam 3257: 0.000 m	-0.161	0	0	0.000	0.000	0.000	0.007	VERIFICATO
		Beam 3257: 2.500 m	-0.161	0	0	0.000	0.000	0.000	0.007	VERIFICATO
		Beam 3258: 0.000 m	-0.161	0	0	0.000	0.000	0.000	0.007	VERIFICATO
		Beam 3258: 2.500 m	-0.161	0	0	0.000	0.000	0.000	0.007	VERIFICATO

9.5.5. Travi principali copertura 156x508 mm – sezione ridotta

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h										
pk	380 kg/mc									
f _{m,k}	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
f _{t,0,k}	16.5 MPa									
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 2502: 2.400 m	0.123	0.851	4.271	0.207	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 2503: 2.400 m	0.009	0.89	4.398	0.206	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 2501: 2.400 m	0.218	0.55	3.671	0.179	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 2500: 2.400 m	0.221	0.192	3.328	0.155	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 2510: 1.200 m	0.089	0.28	3.402	0.153	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 2499: 2.400 m	0.128	0.217	3.329	0.150	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 2435: 0.000 m	-0.617	0.73	4.964	0.000	0.225	0.000	0.000	VERIFICATO
G mean	720 MPa	Beam 2504: 1.200 m	-0.055	0.73	4.964	0.000	0.224	0.000	0.000	VERIFICATO
γ M	1	Beam 2436: 0.000 m	-0.737	0.428	4.783	0.000	0.209	0.000	0.000	VERIFICATO
k def	0.8	Beam 2505: 1.200 m	-0.152	0.428	4.783	0.000	0.208	0.000	0.000	VERIFICATO
K mod	1	Beam 2434: 0.000 m	-0.485	0.89	4.398	0.000	0.206	0.000	0.000	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 2433: 0.000 m	-0.344	0.851	4.271	0.000	0.200	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 2438: 0.000 m	-0.803	0.368	4.537	0.000	0.198	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 2507: 1.200 m	-0.185	0.368	4.537	0.000	0.197	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 2437: 0.000 m	-0.807	0.004	4.636	0.000	0.191	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 2506: 1.200 m	-0.196	0.004	4.636	0.000	0.190	0.000	0.000	VERIFICATO
b	156 mm	Beam 2439: 0.000 m	-0.751	0.514	4.134	0.000	0.185	0.000	0.000	VERIFICATO
h	508 mm	Beam 2508: 1.200 m	-0.138	0.514	4.134	0.000	0.184	0.000	0.000	VERIFICATO
kh	1.017	Beam 2504: 0.960 m	-0.055	0.64	3.981	0.000	0.182	0.000	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 2435: 0.240 m	-0.617	0.584	3.819	0.000	0.174	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 2440: 0.000 m	-0.618	0.484	3.862	0.000	0.173	0.000	0.000	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 2395: 1.200 m	-1.838	0	0	0.000	0.000	0.000	0.077	VERIFICATO
		Beam 2448: 1.200 m	-1.471	0	0	0.000	0.000	0.000	0.061	VERIFICATO
		Beam 2425: 0.000 m	-1.371	0	0	0.000	0.000	0.000	0.057	VERIFICATO
		Beam 2540: 0.000 m	-1.049	0	0	0.000	0.000	0.000	0.044	VERIFICATO
		Beam 2426: 1.200 m	-0.974	0	0	0.000	0.000	0.000	0.041	VERIFICATO
		Beam 2437: 1.200 m	-0.807	0	0	0.000	0.000	0.000	0.034	VERIFICATO
Classe del carico istantaneo		Beam 2438: 1.200 m	-0.803	0	0	0.000	0.000	0.000	0.033	VERIFICATO
Classe di servizio 2										

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Presso flessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h					
pk	380 kg/mc					
f m,k	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f t,0,k	16.5 MPa					
f t,90,k	0.4 MPa	Beam 2395: 0.000 m	-1.838	1.104	0.86	VERIFICATO
f c,0,k	24 MPa	Beam 2395: 0.240 m	-1.838	0.773	0.86	VERIFICATO
f c,90,k	2.7 MPa	Beam 2395: 0.480 m	-1.838	0.496	0.86	VERIFICATO
f v,k	2.7 MPa	Beam 2395: 0.720 m	-1.838	0.276	0.86	VERIFICATO
E 0,mean	11600 MPa	Beam 2395: 0.960 m	-1.838	0.11	0.86	VERIFICATO
E 90,mean	390 MPa	Beam 2395: 1.200 m	-1.838	0	0.86	VERIFICATO
E 0,5	9400 MPa	Beam 2424: 2.400 m	-1.487	1.104	0.70	VERIFICATO
G mean	720 MPa	Beam 2424: 1.920 m	-1.487	0.511	0.70	VERIFICATO
γ M	1	Beam 2424: 0.000 m	-1.487	0.351	0.70	VERIFICATO
K def	0.8	Beam 2424: 1.440 m	-1.487	0.138	0.70	VERIFICATO
K mod	1	Beam 2424: 0.480 m	-1.487	0.058	0.70	VERIFICATO
		Beam 2424: 0.873 m	-1.487	0.016	0.70	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 2424: 0.960 m	-1.487	0.012	0.70	VERIFICATO
b	156 mm	Beam 2448: 0.000 m	-1.471	0.844	0.69	VERIFICATO
h	508 mm	Beam 2448: 0.240 m	-1.471	0.565	0.69	VERIFICATO
kh	1.017	Beam 2448: 0.480 m	-1.471	0.34	0.69	VERIFICATO
		Beam 2448: 0.720 m	-1.471	0.172	0.69	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 2448: 0.960 m	-1.471	0.058	0.69	VERIFICATO
f t,0,d (base)	16.50 MPa	Beam 2448: 1.200 m	-1.471	0	0.69	VERIFICATO
f c,0,d	24.00 MPa	Beam 2425: 1.200 m	-1.371	0.612	0.64	VERIFICATO
f m,d (base)	24.00 MPa	Beam 2425: 0.960 m	-1.371	0.379	0.64	VERIFICATO
		Beam 2425: 0.720 m	-1.371	0.201	0.64	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 2425: 0.480 m	-1.371	0.079	0.64	VERIFICATO
f t,0,d	16.78 MPa	Beam 2425: 0.240 m	-1.371	0.012	0.64	VERIFICATO
f m,d	24.40 MPa	Beam 2425: 0.069 m	-1.371	0.002	0.64	VERIFICATO
		Beam 2425: 0.000 m	-1.371	0	0.64	VERIFICATO
L	9255 mm	Beam 2423: 0.000 m	-1.306	0.392	0.61	VERIFICATO
Lef	8329.5 mm	Beam 2423: 2.400 m	-1.306	0.351	0.61	VERIFICATO
L0,y	9255 mm	Beam 2423: 1.218 m	-1.306	0.321	0.61	VERIFICATO
σm,crit	42.17 MPa	Beam 2423: 1.440 m	-1.306	0.297	0.61	VERIFICATO
λrel,m	0.754	Beam 2423: 0.960 m	-1.306	0.289	0.61	VERIFICATO
kcrit	0.99	Beam 2423: 1.920 m	-1.306	0.084	0.61	VERIFICATO
γy	45.03 mm	Beam 2423: 0.480 m	-1.306	0.059	0.61	VERIFICATO
λz	205.51	Beam 2422: 0.000 m	-1.263	0.612	0.59	VERIFICATO
λrel,z	3.305	Beam 2422: 2.400 m	-1.263	0.392	0.59	VERIFICATO
kz	6.113	Beam 2422: 1.295 m	-1.263	0.194	0.59	VERIFICATO
kc,z	0.089	Beam 2422: 1.440 m	-1.263	0.184	0.59	VERIFICATO
		Beam 2422: 0.960 m	-1.263	0.14	0.59	VERIFICATO
Classe del carico		Beam 2422: 0.480 m	-1.263	0.125	0.59	VERIFICATO
Classe di servizio		Beam 2422: 1.920 m	-1.263	0.007	0.59	VERIFICATO

9.5.6. Travi orizz. facciata interna ed esterna 116x116 mm – sezione ridotta

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h			(MPa)	(MPa)	(MPa)					
			Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
p _k	380 kg/mc									
f _{m,k}	24 MPa									
f _{t,0,k}	16.5 MPa									
f _{t,90,k}	0.4 MPa									
f _{c,0,k}	24 MPa									
f _{c,90,k}	2.7 MPa									
f _{v,k}	2.7 MPa									
E _{0,mean}	11600 MPa									
E _{90,mean}	390 MPa									
E _{0,5}	9400 MPa									
G _{mean}	720 MPa									
γ _M	1									
K _{def}	0.8									
K _{mod}	1									
Sezione rettangolare:										
b	116 mm									
h	116 mm									
kh	1.100									
Resistenze di calcolo "base"										
f _{t,0,d} (base)	16.50 MPa									
f _{c,0,d}	24.00 MPa									
f _{m,d} (base)	24.00 MPa									
Resistenze di calcolo incrementate di kh										
f _{t,0,d}	18.15 MPa									
f _{m,d}	26.40 MPa									
Classe del carico Istantaneo										
Classe di servizio 2										
		Beam 604: 1.250 m	9.676	0	2.311	0.621	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 604: 1.000 m	9.676	0	2.184	0.616	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 604: 1.500 m	9.676	0	2.184	0.616	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 604: 0.500 m	9.676	0	1.324	0.583	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 604: 2.000 m	9.676	0	1.324	0.583	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 606: 1.250 m	8.376	0	2.311	0.549	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 606: 1.250 m	8.376	0	2.311	0.549	0.000	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 672: 1.200 m	-0.263	0	12.832	0.000	0.486	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 672: 1.200 m	-0.263	0	12.832	0.000	0.486	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 672: 0.960 m	-0.263	0	12.292	0.000	0.466	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 672: 1.440 m	-0.263	0	12.292	0.000	0.466	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 771: 1.200 m	-0.09	0	11.165	0.000	0.423	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 775: 1.200 m	-0.068	0	11.165	0.000	0.423	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 772: 1.200 m	-0.059	0	11.165	0.000	0.423	0.000	0.000	VERIFICATO
		Beam 604: 0.000 m	9.676	0	0	0.000	0.000	0.533	0.000	VERIFICATO
		Beam 604: 2.500 m	9.676	0	0	0.000	0.000	0.533	0.000	VERIFICATO
		Beam 606: 0.000 m	8.376	0	0	0.000	0.000	0.461	0.000	VERIFICATO
		Beam 606: 2.500 m	8.376	0	0	0.000	0.000	0.461	0.000	VERIFICATO
		Beam 286: 0.000 m	7.549	0	0	0.000	0.000	0.416	0.000	VERIFICATO
		Beam 286: 2.500 m	7.549	0	0	0.000	0.000	0.416	0.000	VERIFICATO
		Beam 602: 0.000 m	-4.527	0	0	0.000	0.000	0.000	0.189	VERIFICATO
		Beam 602: 2.500 m	-4.527	0	0	0.000	0.000	0.000	0.189	VERIFICATO
		Beam 603: 0.000 m	-4.243	0	0	0.000	0.000	0.000	0.177	VERIFICATO
		Beam 603: 2.500 m	-4.243	0	0	0.000	0.000	0.000	0.177	VERIFICATO
		Beam 607: 0.000 m	-4.216	0	0	0.000	0.000	0.000	0.176	VERIFICATO
		Beam 607: 2.500 m	-4.216	0	0	0.000	0.000	0.000	0.176	VERIFICATO
		Beam 597: 0.000 m	-3.892	0	0	0.000	0.000	0.000	0.162	VERIFICATO
		Beam 597: 2.500 m	-3.892	0	0	0.000	0.000	0.000	0.162	VERIFICATO

Verifica instabilità di colonna:

Caratteristiche legno Lamellare			N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h								
pk	380 kg/mc							
f m,k	24 MPa			Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f t,0,k	16.5 MPa							
f t,90,k	0.4 MPa		Beam 672: 1.200 m	-0.263	0	12.832	0.50	VERIFICATO
f c,0,k	24 MPa		Beam 672: 1.200 m	-0.263	0	12.832	0.50	VERIFICATO
f c,90,k	2.7 MPa		Beam 672: 0.960 m	-0.263	0	12.292	0.48	VERIFICATO
f v,k	2.7 MPa		Beam 672: 1.440 m	-0.263	0	12.292	0.48	VERIFICATO
E 0,mean	11600 MPa		Beam 597: 1.250 m	-3.892	0	4.804	0.45	VERIFICATO
E 90,mean	390 MPa		Beam 597: 1.000 m	-3.892	0	4.537	0.44	VERIFICATO
E 0,5	9400 MPa		Beam 597: 1.500 m	-3.892	0	4.537	0.44	VERIFICATO
G mean	720 MPa		Beam 771: 1.200 m	-0.09	0	11.165	0.43	VERIFICATO
γ M	1		Beam 775: 1.200 m	-0.068	0	11.165	0.43	VERIFICATO
K def	0.8		Beam 772: 1.200 m	-0.059	0	11.165	0.43	VERIFICATO
K mod	1		Beam 771: 0.960 m	-0.09	0	10.718	0.41	VERIFICATO
			Beam 771: 1.440 m	-0.09	0	10.718	0.41	VERIFICATO
Sezione rettangolare:			Beam 775: 0.960 m	-0.068	0	10.718	0.41	VERIFICATO
b	116 mm		Beam 775: 1.440 m	-0.068	0	10.718	0.41	VERIFICATO
h	116 mm		Beam 772: 0.960 m	-0.059	0	10.718	0.41	VERIFICATO
kh	1.100		Beam 772: 1.440 m	-0.059	0	10.718	0.41	VERIFICATO
			Beam 602: 1.250 m	-4.527	0	2.311	0.40	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"			Beam 602: 1.000 m	-4.527	0	2.184	0.40	VERIFICATO
f t,0,d (base)	16.50 MPa		Beam 602: 1.500 m	-4.527	0	2.184	0.40	VERIFICATO
f c,0,d	24.00 MPa		Beam 603: 1.250 m	-4.243	0	2.311	0.38	VERIFICATO
f m,d (base)	24.00 MPa		Beam 603: 1.250 m	-4.243	0	2.311	0.38	VERIFICATO
			Beam 607: 1.250 m	-4.216	0	2.311	0.38	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh			Beam 607: 1.250 m	-4.216	0	2.311	0.38	VERIFICATO
f t,0,d	18.15 MPa		Beam 603: 1.000 m	-4.243	0	2.184	0.38	VERIFICATO
f m,d	26.40 MPa		Beam 603: 1.500 m	-4.243	0	2.184	0.38	VERIFICATO
			Beam 607: 1.000 m	-4.216	0	2.184	0.38	VERIFICATO
L0	2500 mm		Beam 607: 1.500 m	-4.216	0	2.184	0.38	VERIFICATO
ry	33.49 mm		Beam 597: 0.500 m	-3.892	0	2.74	0.37	VERIFICATO
rz	33.49 mm		Beam 597: 2.000 m	-3.892	0	2.74	0.37	VERIFICATO
λy	74.7		Beam 602: 0.500 m	-4.527	0	1.324	0.36	VERIFICATO
λz	74.7		Beam 602: 2.000 m	-4.527	0	1.324	0.36	VERIFICATO
λrel,y	1.201		Beam 293: 1.250 m	-3.785	0	2.311	0.35	VERIFICATO
λrel,z	1.201		Beam 293: 1.250 m	-3.785	0	2.311	0.35	VERIFICATO
ky	1.266		Beam 293: 1.000 m	-3.785	0	2.184	0.35	VERIFICATO
kz	1.266		Beam 293: 1.500 m	-3.785	0	2.184	0.35	VERIFICATO
kc,y	0.600		Beam 603: 0.500 m	-4.243	0	1.324	0.34	VERIFICATO
kc,z	0.600		Beam 603: 2.000 m	-4.243	0	1.324	0.34	VERIFICATO
			Beam 607: 0.500 m	-4.216	0	1.324	0.34	VERIFICATO
Classe del carico Istantaneo			Beam 607: 2.000 m	-4.216	0	1.324	0.34	VERIFICATO
Classe di servizio 2			Beam 613: 1.250 m	-2.103	0	4.804	0.33	VERIFICATO

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe:	GL24h					
ρ _k	380 kg/mc					
f _{m,k}	24 MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,0,k}	16.5 MPa					
f _{t,90,k}	0.4 MPa	Beam 602: 1.250 m	-4.527	2.311	0.32	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa	Beam 602: 1.000 m	-4.527	2.184	0.32	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa	Beam 602: 1.500 m	-4.527	2.184	0.32	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa	Beam 602: 0.500 m	-4.527	1.324	0.32	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa	Beam 602: 2.000 m	-4.527	1.324	0.32	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa	Beam 602: 0.000 m	-4.527	0	0.31	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa	Beam 602: 2.500 m	-4.527	0	0.31	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa	Beam 597: 1.250 m	-3.892	4.804	0.30	VERIFICATO
γ _M	1	Beam 603: 1.250 m	-4.243	2.311	0.30	VERIFICATO
K _{def}	0.8	Beam 603: 1.250 m	-4.243	2.311	0.30	VERIFICATO
K _{mod}	1	Beam 603: 1.000 m	-4.243	2.184	0.30	VERIFICATO
		Beam 603: 1.500 m	-4.243	2.184	0.30	VERIFICATO
Sezione rettangolare:		Beam 607: 1.250 m	-4.216	2.311	0.30	VERIFICATO
b	116 mm	Beam 607: 1.250 m	-4.216	2.311	0.30	VERIFICATO
h	116 mm	Beam 597: 1.000 m	-3.892	4.537	0.30	VERIFICATO
kh	1.100	Beam 597: 1.500 m	-3.892	4.537	0.30	VERIFICATO
		Beam 607: 1.000 m	-4.216	2.184	0.30	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"		Beam 607: 1.500 m	-4.216	2.184	0.30	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	16.50 MPa	Beam 603: 0.500 m	-4.243	1.324	0.30	VERIFICATO
f _{c,0,d}	24.00 MPa	Beam 603: 2.000 m	-4.243	1.324	0.30	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	24.00 MPa	Beam 607: 0.500 m	-4.216	1.324	0.30	VERIFICATO
		Beam 607: 2.000 m	-4.216	1.324	0.30	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh		Beam 603: 0.000 m	-4.243	0	0.29	VERIFICATO
f _{t,0,d}	18.15 MPa	Beam 603: 2.500 m	-4.243	0	0.29	VERIFICATO
f _{m,d}	26.40 MPa	Beam 607: 0.000 m	-4.216	0	0.29	VERIFICATO
		Beam 607: 2.500 m	-4.216	0	0.29	VERIFICATO
L	2500 mm	Beam 597: 0.500 m	-3.892	2.74	0.28	VERIFICATO
L _{ef}	2250 mm	Beam 597: 2.000 m	-3.892	2.74	0.28	VERIFICATO
L _{0,y}	2500 mm	Beam 293: 1.250 m	-3.785	2.311	0.27	VERIFICATO
σ _{m,crit}	378.01 MPa	Beam 293: 1.250 m	-3.785	2.311	0.27	VERIFICATO
λ _{rel,m}	0.252	Beam 597: 0.000 m	-3.892	0	0.27	VERIFICATO
k _{crit}	1.00	Beam 597: 2.500 m	-3.892	0	0.27	VERIFICATO
r _y	33.49 mm	Beam 562: 1.250 m	-3.857	1.231	0.27	VERIFICATO
λ _z	74.66	Beam 562: 1.250 m	-3.857	1.231	0.27	VERIFICATO
λ _{rel,z}	1.201	Beam 562: 1.000 m	-3.857	1.164	0.27	VERIFICATO
k _z	1.266	Beam 562: 1.500 m	-3.857	1.164	0.27	VERIFICATO
k _{c,z}	0.600	Beam 293: 1.000 m	-3.785	2.184	0.27	VERIFICATO
		Beam 293: 1.500 m	-3.785	2.184	0.27	VERIFICATO
Classe del carico	Istantaneo	Beam 562: 0.500 m	-3.857	0.71	0.27	VERIFICATO
Classe di servizio	2	Beam 562: 2.000 m	-3.857	0.71	0.27	VERIFICATO

9.5.7. Travi orizz. tra facciata interna ed esterna 116x158 mm

Verifica di resistenza:

Caratteristiche legno Lamellare		N° beam e combinazione	Max Axial Stress	Max Bending Stress 1	Max Bending Stress 2	Coeff. Tensoflessione	Coeff. Pressoflessione	Coeff. Trazione	Coeff. Compressione	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h			(MPa)	(MPa)	(MPa)					
			Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)					
pk	380 kg/mc									
f m,k	24 MPa									
f t,0,k	16.5 MPa									
f t,90,k	0.4 MPa									
f c,0,k	24 MPa									
f c,90,k	2.7 MPa									
f v,k	2.7 MPa									
E 0,mean	11600 MPa									
E 90,mean	390 MPa									
E 0,5	9400 MPa									
G mean	720 MPa									
γ M	1									
K def	0.8									
K mod	1									
Sezione rettangolare:										
b	116 mm									
h	158 mm									
kh	1.100									
Resistenze di calcolo "base"										
f t,0,d (base)	16.50 MPa									
f c,0,d	24.00 MPa									
f m,d (base)	24.00 MPa									
Resistenze di calcolo incrementate di kh										
f t,0,d	18.15 MPa									
f m,d	26.40 MPa									
Classe del carico	Istantaneo									
Classe di servizio	2									

Verifica instabilità di colonna:

Caratteristiche legno Lamellare			N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO
LL classe: GL24h								
pk	380	kg/mc						
f _{m,k}	24	MPa		Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 1 (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,0,k}	16.5	MPa						
f _{t,90,k}	0.4	MPa	Beam 3101: 1.200 m	-0.089	0	16.377	0.62	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24	MPa	Beam 3102: 1.200 m	-0.056	0	16.377	0.62	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7	MPa	Beam 4041: 1.200 m	-0.039	0	16.377	0.62	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7	MPa	Beam 3073: 1.200 m	-0.038	0	16.377	0.62	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600	MPa	Beam 3092: 1.200 m	-0.027	0	16.377	0.62	VERIFICATO
E _{90,mean}	390	MPa	Beam 3072: 1.200 m	-0.02	0	16.377	0.62	VERIFICATO
E _{0,5}	9400	MPa	Beam 3100: 1.200 m	-0.011	0	16.377	0.62	VERIFICATO
G _{mean}	720	MPa	Beam 3101: 0.960 m	-0.089	0	15.722	0.60	VERIFICATO
γ _M	1		Beam 3101: 1.440 m	-0.089	0	15.722	0.60	VERIFICATO
K _{def}	0.8		Beam 3102: 0.960 m	-0.056	0	15.722	0.60	VERIFICATO
K _{mod}	1		Beam 3102: 1.440 m	-0.056	0	15.722	0.60	VERIFICATO
			Beam 4041: 0.960 m	-0.039	0	15.722	0.60	VERIFICATO
Sezione rettangolare:			Beam 4041: 1.440 m	-0.039	0	15.722	0.60	VERIFICATO
b	116	mm	Beam 3073: 0.960 m	-0.038	0	15.722	0.60	VERIFICATO
h	158	mm	Beam 3073: 1.440 m	-0.038	0	15.722	0.60	VERIFICATO
kh	1.100		Beam 3092: 0.960 m	-0.027	0	15.722	0.60	VERIFICATO
			Beam 3092: 1.440 m	-0.027	0	15.722	0.60	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"			Beam 3072: 0.960 m	-0.02	0	15.722	0.60	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	16.50	MPa	Beam 3072: 1.440 m	-0.02	0	15.722	0.60	VERIFICATO
f _{c,0,d}	24.00	MPa	Beam 3100: 0.960 m	-0.011	0	15.722	0.60	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	24.00	MPa	Beam 3100: 1.440 m	-0.011	0	15.722	0.60	VERIFICATO
			Beam 3101: 0.480 m	-0.089	0	10.481	0.40	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh			Beam 3101: 1.920 m	-0.089	0	10.481	0.40	VERIFICATO
f _{t,0,d}	18.15	MPa	Beam 3102: 0.480 m	-0.056	0	10.481	0.40	VERIFICATO
f _{m,d}	26.40	MPa	Beam 3102: 1.920 m	-0.056	0	10.481	0.40	VERIFICATO
			Beam 4041: 0.480 m	-0.039	0	10.481	0.40	VERIFICATO
L ₀	2500	mm	Beam 4041: 1.920 m	-0.039	0	10.481	0.40	VERIFICATO
r _y	33.49	mm	Beam 3073: 0.480 m	-0.038	0	10.481	0.40	VERIFICATO
r _z	45.61	mm	Beam 3073: 1.920 m	-0.038	0	10.481	0.40	VERIFICATO
λ _y	54.8		Beam 3092: 0.480 m	-0.027	0	10.481	0.40	VERIFICATO
λ _z	74.7		Beam 3092: 1.920 m	-0.027	0	10.481	0.40	VERIFICATO
λ _{rel,y}	0.882		Beam 3072: 0.480 m	-0.02	0	10.481	0.40	VERIFICATO
λ _{rel,z}	1.201		Beam 3072: 1.920 m	-0.02	0	10.481	0.40	VERIFICATO
k _y	0.918		Beam 3100: 0.480 m	-0.011	0	10.481	0.40	VERIFICATO
k _z	1.266		Beam 3100: 1.920 m	-0.011	0	10.481	0.40	VERIFICATO
k _{c,y}	0.853		Beam 1650: 1.200 m	-0.014	0	9.479	0.36	VERIFICATO
k _{c,z}	0.600		Beam 1650: 0.960 m	-0.014	0	8.999	0.34	VERIFICATO
			Beam 1650: 1.440 m	-0.014	0	8.999	0.34	VERIFICATO
Classe del carico	Istantaneo		Beam 4150: 0.600 m	-0.01	0	9.002	0.34	VERIFICATO
Classe di servizio	2		Beam 4150: 0.480 m	-0.01	0	9.001	0.34	VERIFICATO

Verifica instabilità di trave:

Caratteristiche legno Lamellare			N° beam e combinazione	Max Axial Stress (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)	Coeff. Pressoflessione (instabilità)	VERIFICATO ?
LL classe: GL24h							
ρ _k	380 kg/mc						
f _{m,k}	24 MPa			Max Axial (MPa)	Max Bending Stress 2 (MPa)		
f _{t,0,k}	16.5 MPa						
f _{t,90,k}	0.4 MPa		Beam 3101: 1.200 m	-0.089	16.377	0.39	VERIFICATO
f _{c,0,k}	24 MPa		Beam 3102: 1.200 m	-0.056	16.377	0.39	VERIFICATO
f _{c,90,k}	2.7 MPa		Beam 4041: 1.200 m	-0.039	16.377	0.39	VERIFICATO
f _{v,k}	2.7 MPa		Beam 3073: 1.200 m	-0.038	16.377	0.39	VERIFICATO
E _{0,mean}	11600 MPa		Beam 3092: 1.200 m	-0.027	16.377	0.39	VERIFICATO
E _{90,mean}	390 MPa		Beam 3072: 1.200 m	-0.02	16.377	0.39	VERIFICATO
E _{0,5}	9400 MPa		Beam 3100: 1.200 m	-0.011	16.377	0.39	VERIFICATO
G _{mean}	720 MPa		Beam 3101: 0.960 m	-0.089	15.722	0.36	VERIFICATO
γ _M	1		Beam 3101: 1.440 m	-0.089	15.722	0.36	VERIFICATO
K _{def}	0.8		Beam 3102: 0.960 m	-0.056	15.722	0.36	VERIFICATO
K _{mod}	1		Beam 3102: 1.440 m	-0.056	15.722	0.36	VERIFICATO
			Beam 4041: 0.960 m	-0.039	15.722	0.36	VERIFICATO
Sezione rettangolare:			Beam 4041: 1.440 m	-0.039	15.722	0.36	VERIFICATO
b	116 mm		Beam 3073: 0.960 m	-0.038	15.722	0.36	VERIFICATO
h	158 mm		Beam 3073: 1.440 m	-0.038	15.722	0.36	VERIFICATO
kh	1.100		Beam 3092: 0.960 m	-0.027	15.722	0.36	VERIFICATO
			Beam 3092: 1.440 m	-0.027	15.722	0.36	VERIFICATO
Resistenze di calcolo "base"			Beam 3072: 0.960 m	-0.02	15.722	0.36	VERIFICATO
f _{t,0,d} (base)	16.50 MPa		Beam 3072: 1.440 m	-0.02	15.722	0.36	VERIFICATO
f _{c,0,d}	24.00 MPa		Beam 3100: 0.960 m	-0.011	15.722	0.36	VERIFICATO
f _{m,d} (base)	24.00 MPa		Beam 3100: 1.440 m	-0.011	15.722	0.36	VERIFICATO
			Beam 3101: 0.480 m	-0.089	10.481	0.16	VERIFICATO
Resistenze di calcolo incrementate di kh			Beam 3101: 1.920 m	-0.089	10.481	0.16	VERIFICATO
f _{t,0,d}	18.15 MPa		Beam 3102: 0.480 m	-0.056	10.481	0.16	VERIFICATO
f _{m,d}	26.40 MPa		Beam 3102: 1.920 m	-0.056	10.481	0.16	VERIFICATO
			Beam 4041: 0.480 m	-0.039	10.481	0.16	VERIFICATO
L	2500 mm		Beam 4041: 1.920 m	-0.039	10.481	0.16	VERIFICATO
L _{ef}	2250 mm		Beam 3073: 0.480 m	-0.038	10.481	0.16	VERIFICATO
L _{0,y}	2500 mm		Beam 3073: 1.920 m	-0.038	10.481	0.16	VERIFICATO
σ _{m,crit}	277.52 MPa		Beam 3092: 0.480 m	-0.027	10.481	0.16	VERIFICATO
λ _{rel,m}	0.294		Beam 3092: 1.920 m	-0.027	10.481	0.16	VERIFICATO
k _{crit}	1.00		Beam 3072: 0.480 m	-0.02	10.481	0.16	VERIFICATO
γ _y	33.49 mm		Beam 3072: 1.920 m	-0.02	10.481	0.16	VERIFICATO
λ _z	74.66		Beam 3100: 0.480 m	-0.011	10.481	0.16	VERIFICATO
λ _{rel,z}	1.201		Beam 3100: 1.920 m	-0.011	10.481	0.16	VERIFICATO
k _z	1.266		Beam 1650: 1.200 m	-0.014	9.479	0.13	VERIFICATO
k _{c,z}	0.600		Beam 1650: 0.960 m	-0.014	8.999	0.12	VERIFICATO
			Beam 1650: 1.440 m	-0.014	8.999	0.12	VERIFICATO
Classe del carico		Istantaneo	Beam 4150: 0.600 m	-0.01	9.002	0.12	VERIFICATO
Classe di servizio		2	Beam 4150: 0.480 m	-0.01	9.001	0.12	VERIFICATO

9.6. Verifica in condizione di incendio strutture in acciaio

Si riportano le verifiche dei principali elementi di acciaio in condizione di incendio normalizzato. Le verifiche vengono effettuate in combinazione di carico eccezionale, i coefficienti di combinazione sono riportati al paragrafo 9.1.

La protezione delle strutture in acciaio è ottenuta mediante pittura intumescente in emulsione acquosa tipo Promapaint SC3 o prodotto equivalente. Le verifiche qui riportate fanno riferimento alle tabelle fornite dal produttore, la PROMAT, le quali determinano lo spessore minimo della vernice in funzione della massività del profilo e della temperatura critica.

Si riportano nel seguito le tabelle per il tempo di esposizione R60, nel caso di elementi trave ed elementi colonna.

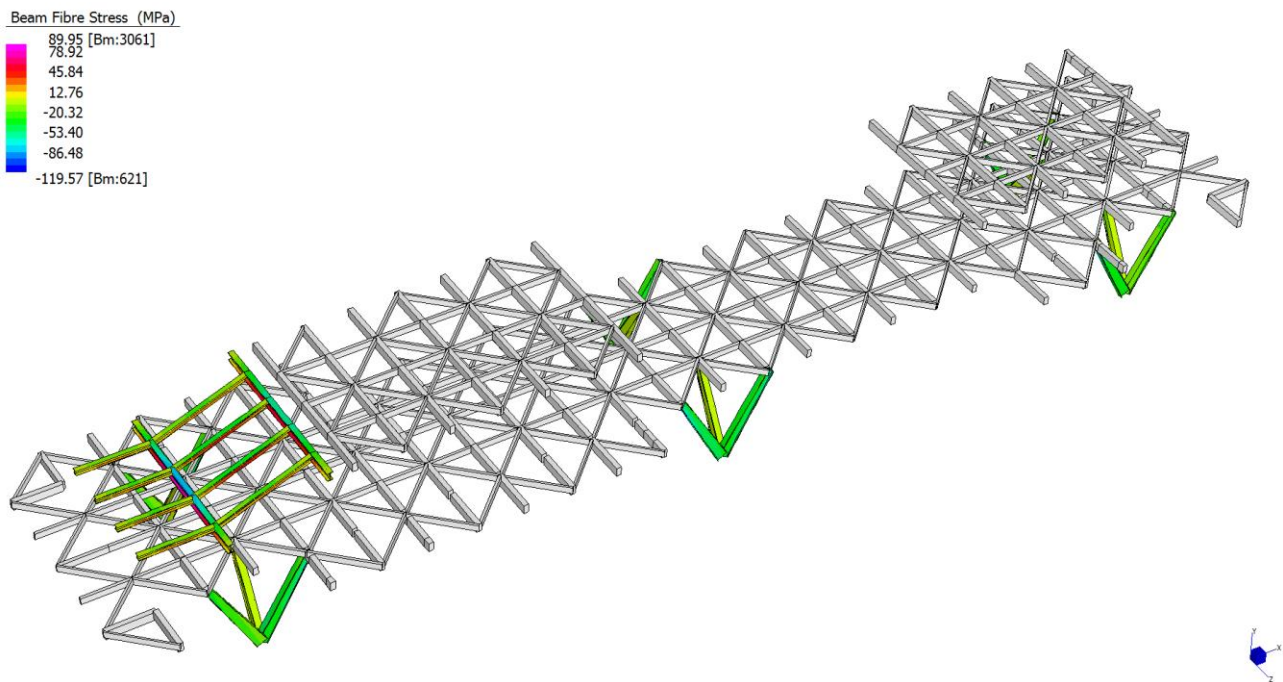
Table 4: I Section Beams 60 Minutes									
Section Factor up to m ⁻¹	Thickness (mm) Required for a Design Temperature of								
	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
66	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
70	1.904	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
75	1.977	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
80	2.046	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
85	2.111	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
90	2.175	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
95	2.235	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
100	2.293	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
105	2.349	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
110	2.402	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
115	2.454	1.849	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
120	2.503	1.890	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
125	2.551	1.930	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
130	2.596	1.968	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
135	2.641	2.005	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
140	2.683	2.041	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
145	2.724	2.076	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
150	2.764	2.109	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
155	2.803	2.142	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
160	2.840	2.173	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
165	2.876	2.204	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
170	2.910	2.233	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
175	2.944	2.262	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
180	2.977	2.290	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
185	3.009	2.317	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
190	3.039	2.343	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
195	3.069	2.369	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
200	3.098	2.394	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
205	3.126	2.418	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
210	3.153	2.441	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
215	3.180	2.464	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
220	3.206	2.487	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
225	3.231	2.508	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
230	3.255	2.530	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
235	3.279	2.550	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
240	3.302	2.570	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
245	3.325	2.590	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
250	3.347	2.609	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
255	3.368	2.628	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
260	3.389	2.646	1.858	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
265	3.410	2.664	1.872	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
270	3.430	2.682	1.886	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
275	3.449	2.699	1.900	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
280	3.468	2.715	1.913	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
285	3.486	2.731	1.926	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
290	3.505	2.747	1.939	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
295	3.522	2.763	1.951	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
300	3.540	2.778	1.963	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
305	3.556	2.793	1.975	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
310	3.573	2.808	1.987	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
315	3.589	2.822	1.998	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
320	3.605	2.836	2.010	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
325	3.620	2.850	2.021	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
330	3.636	2.863	2.031	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
335	3.650	2.876	2.042	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
340	3.665	2.889	2.052	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845
342	3.670	2.894	2.056	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845	1.845

Thickness is intumescent only.

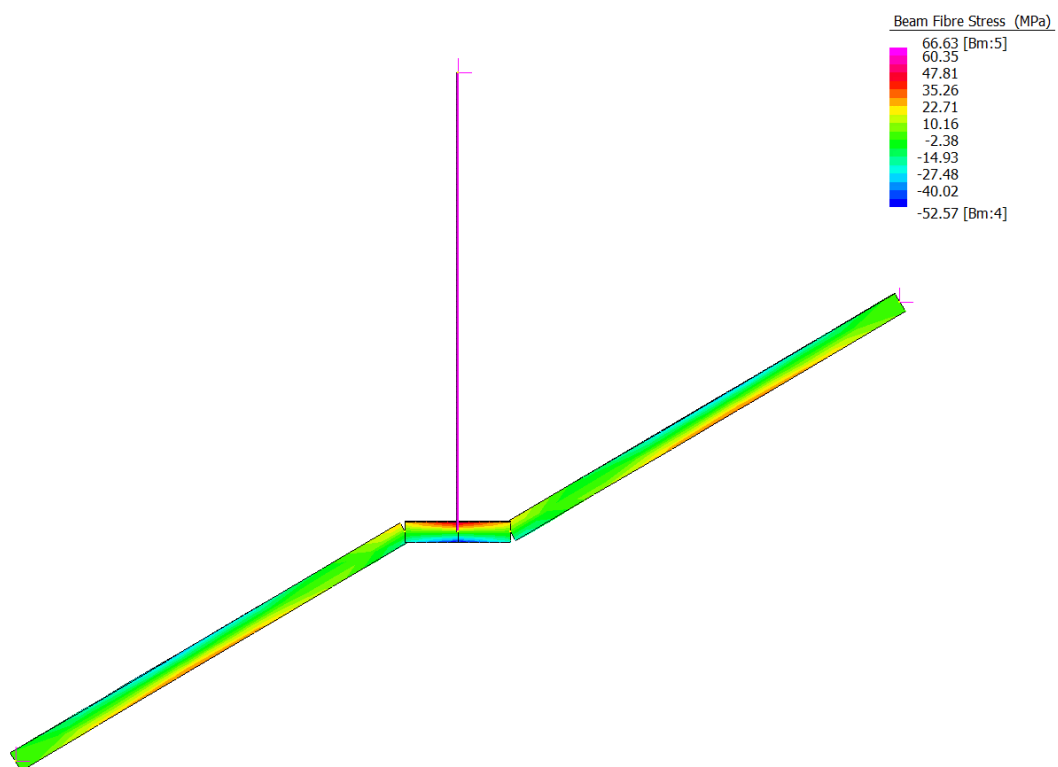
Table 12: I Section Columns 60 Minutes									
Section Factor up to m ⁻¹	Thickness (mm) Required for a Design Temperature of								
	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
71	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
75	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
80	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
85	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
90	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
95	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
100	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
105	1.990	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
110	2.088	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
115	2.180	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
120	2.266	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
125	2.348	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
130	2.426	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
135	2.499	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
140	2.569	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
145	2.635	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
150	2.698	1.955	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
155	2.757	2.014	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
160	2.814	2.070	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
165	2.869	2.124	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
170	2.921	2.175	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
175	2.970	2.224	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
180	3.018	2.271	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
185	3.063	2.317	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
190	3.107	2.360	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
195	3.149	2.402	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
200	3.189	2.443	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
205	3.228	2.482	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
210	3.265	2.519	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
215	3.301	2.555	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
220	3.335	2.590	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
225	3.369	2.624	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
230	3.401	2.657	1.958	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
235	3.432	2.688	1.989	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
240	3.462	2.719	2.019	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
245	3.491	2.748	2.049	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
250	3.519	2.777	2.077	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
255	3.546	2.804	2.104	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
260	3.572	2.831	2.131	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
265	3.597	2.857	2.157	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
270	3.622	2.883	2.182	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
275	3.646	2.907	2.206	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
280	3.669	2.931	2.230	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
285	3.691	2.954	2.253	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
290	3.713	2.976	2.276	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
295	3.734	2.998	2.298	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
300	3.755	3.020	2.319	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
305	3.775	3.040	2.340	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
310	3.794	3.060	2.360	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
315	3.813	3.080	2.380	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
320	3.832	3.099	2.399	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
325	3.850	3.118	2.418	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
330	3.867	3.136	2.436	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
335	3.884	3.154	2.454	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
340	3.901	3.171	2.471	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
345	3.917	3.188	2.488	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
346	3.921	3.192	2.493	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951

Thickness is intumescent only.

L'immagine seguente riporta le tensioni massime negli elementi in acciaio che costituiscono le colonne e le travi del padiglione. Si vede che in combinazione eccezionale la massima tensione è circa 120 MPa.



Gli altri elementi in acciaio che costituiscono scale, passerelle e tiranti, hanno tensioni di lavoro in combinazione eccezionale di circa 67 MPa, come si vede nell'immagine seguente:



Il "tasso di lavoro" dell'acciaio (tipo S275) è quindi, al massimo:

$$k = 120/275 = 0.44$$

Analizzando la curva di riduzione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio (curva definita dall'Eurocodice 3, EN 1993-1-2) si ricava che alla temperatura di 550 °C il valore di snervamento è circa $0.60 \times 275 = 165$ MPa, sufficiente a garantire la sicurezza.

Dalle tabelle precedentemente riportate si evince che, qualunque sia la massività degli elementi, per una temperatura massima di 550 °C lo spessore minimo di pittura intumescente PROMAT Promapaint SC3 o prodotto equivalente necessario per garantire la resistenza vale:

spessore minimo per elementi trave $\rightarrow 1.845$ mm

spessore minimo per elementi colonna $\rightarrow 1.951$ mm

Tali assunzioni devono essere controllate, verificate e se necessario integrate dal produttore della vernice, il quale deve garantire il requisito richiesto.

10. VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI SU COLONNE

10.1. Attacco 14

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole effettivamente agente delle azioni assiali applicate dai diagonali.

Pertanto, si tiene conto dei due seguenti casi:

$N_{Sd} = - 1250,00$ kN (compressione nel diagonale destro)

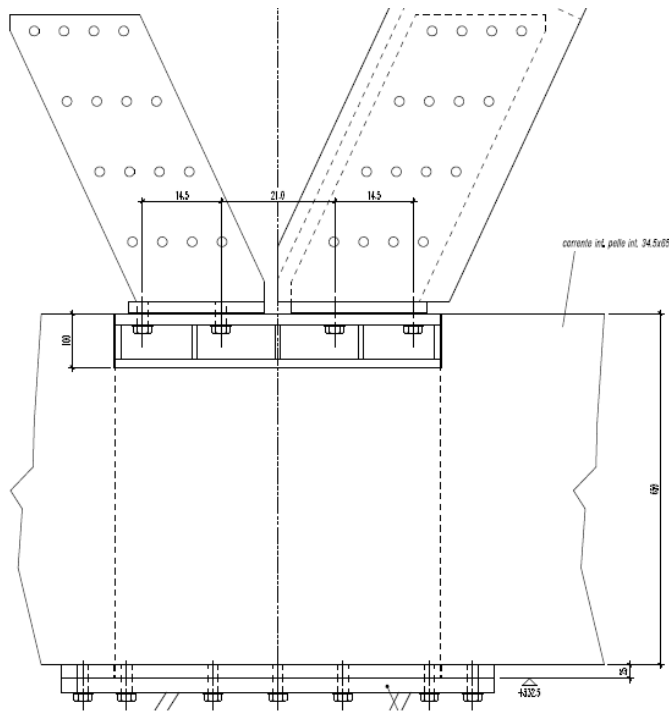
$N_{Sd} = - 780,00$ kN (compressione nel diagonale sinistro)

oppure

$N_{Sd} = - 1235,00$ kN (compressione nel diagonale destro)

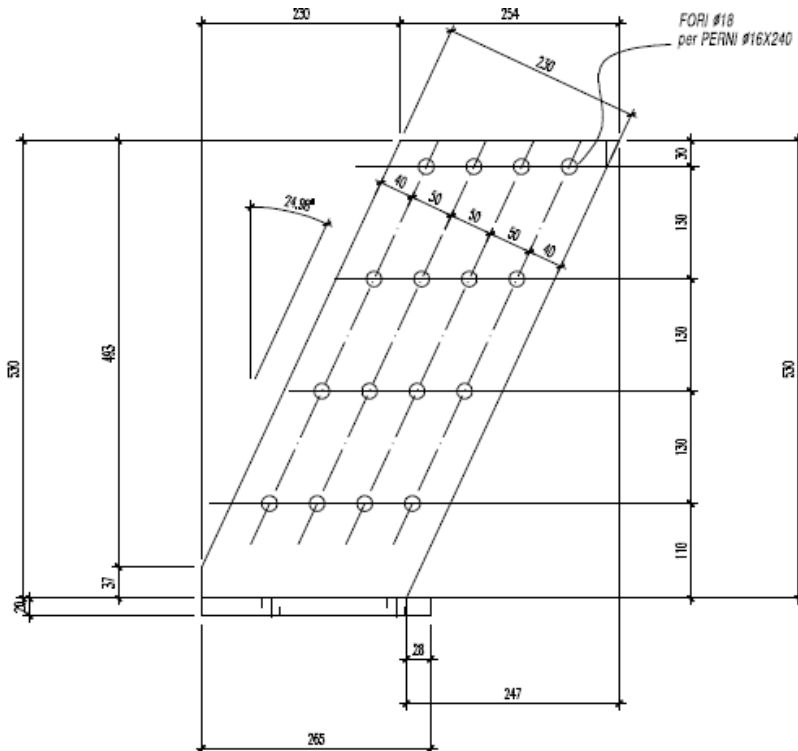
$N_{Sd} = - 562,00$ kN (compressione nel diagonale sinistro)

Stato limite considerato: SLU.



Verifica delle lame interne (6 × 230) mm (acciaio S355) con perni $\phi 16 \times 240$ mm

Il collegamento dei diagonali all'attacco si realizza mediante n. 2 lame metalliche a scomparsa (6 × 230) mm, fissate con n. 16 perni $\phi 16 \times 240$ mm.



Si ipotizza che l'azione assiale di compressione nel diagonale non sia trasferita tramite i perni bensì per contatto diretto con il diagonale speculare e la piastra orizzontale di base.

La funzione delle lame interne è il trasferimento dell'azione tagliante orizzontale "netta", data dalla differenza fra la quota di entrambi i diagonali essendo questi ultimi a contatto fra loro.

Pertanto nella situazione più sfavorevole tale differenza è pari a

$$X_{Sd} = (1235,00 - 562,00) \cdot \cos 65^\circ,02 = \mathbf{284,20 \text{ kN}},$$

ripartita in parti uguali sugli attacchi di entrambi i diagonali.

Essendo tale azione trasferita dalla piastra orizzontale al baricentro della distribuzione dei perni, ne risulta pertanto un momento "parassita" pari a:

$$M_{Sd} = (X_{Sd} / 2) \cdot z = (284,20 / 2) \cdot 0,305 = \mathbf{43,34 \text{ kN m}},$$

applicato ai perni stessi.

Verifica dei perni $\phi 16 \times 240 \text{ mm}$ ($f_{uk} = 600 \text{ N/mm}^2$)

Stato limite considerato: SLU.

Dati: $\gamma_m = 1,5$ (combinazione fondamentale) e $k_{mod} = 0,9$ (breve durata).

L'azione di trazione e flettente agenti in corrispondenza delle lame metalliche valgono (vedi pagine precedenti):

$$N_{Sd} = 248,20 / 2 = \mathbf{142,10 \text{ kN}}$$

$$M_{Sd} = \mathbf{43,34 \text{ kN m}}$$

A seguito di calcolo tramite momento polare della distribuzione di perni, l'azione di taglio agente sul perno più sollecitato risulta:

$$F_{v,Sd} = \sqrt{21,40^2 + 9,90^2} = \mathbf{23,18 \text{ kN}}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del perno $\phi 16 \times 240 \text{ mm}$ (acciaio $f_u = 600 \text{ N/mm}^2$, legno lamellare $GL24h$).

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti, opportunamente combinate:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,k}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,1,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (m) \end{cases}$$

pertanto

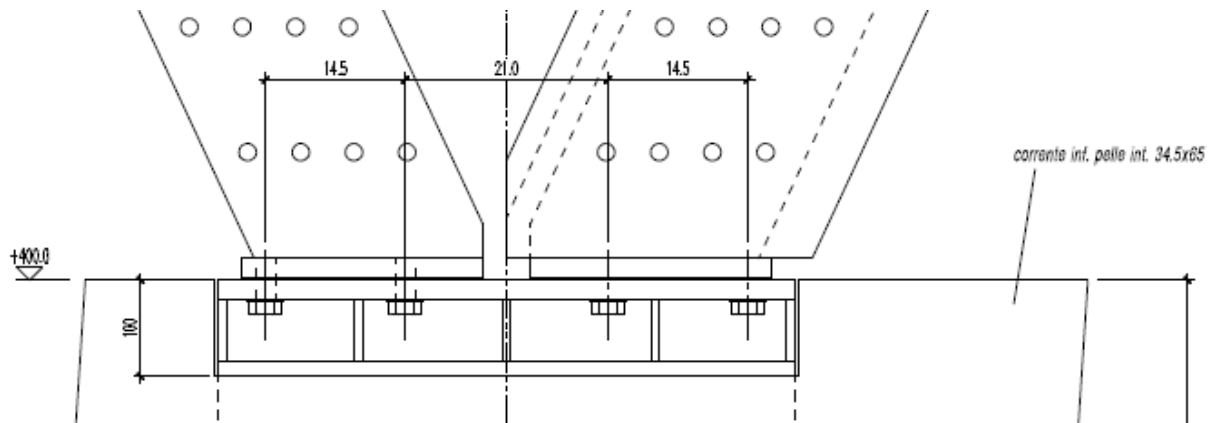
$$F_{v,Rk} = 2 \cdot (2 \cdot 14,70) = 58,80 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_m = \frac{0,9 \cdot 58,80}{1,5} = 35,28 \text{ kN} > F_{v,Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei bulloni superiori M20 (classe 8.8)

Alla luce di quanto detto in precedenza, si esegue la verifica a semplice taglio dei bulloni sotto l'azione della forza tagliante risultante applicata dalle piastre superiori.



Essendo a contatto diretto i diagonal, si considera la ripartizione uniforme della componente tagliante complessiva sull'attacco.

Pertanto

$$F_{v,Ed} = [(1235,00 - 562,00) \cdot \cos 65^\circ,02] / 8 = \mathbf{35,52 \text{ kN}}$$

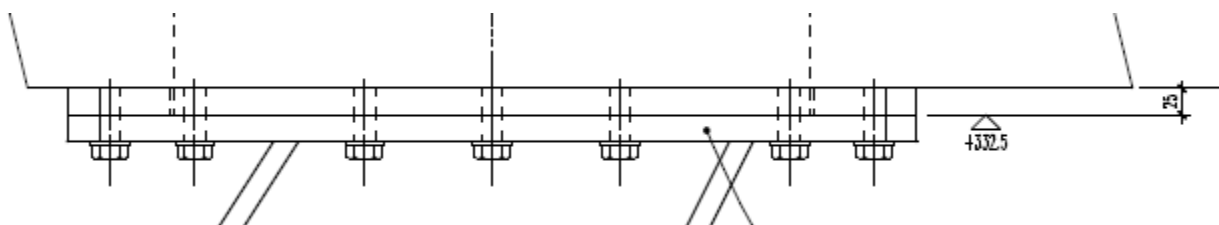
Per il calcolo della resistenza a taglio si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.60)*:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 94080 \text{ N} = \mathbf{94,08 \text{ kN}} > F_{v,Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei bulloni inferiori M20 (classe 8.8)

Il collegamento dell'attacco (14) alla colonna in acciaio si realizza mediante piastra flangiata orizzontale con n. 18 bulloni M20 (classe 8.8).



Le azioni sono trasferite alla bullonatura tramite piastra interna in acciaio di grosso spessore (50 mm), soggetta a compressione e flessione, la cui verifica è qui omessa perchè largamente soddisfatta.

Più precisamente le azioni provenienti dai diagonalali sono trasmesse all'attacco dalla bullonatura superiore mentre le azioni dovute al corrente inferiore lo sono per contatto diretto fra legno e piastra / scatola in acciaio.

Le sollecitazioni massime scambiate fra piastra flangiata e colonna in acciaio sono le seguenti (SLU "2"):

$F_{x, Sd} = 1199,31 \text{ kN}$ (forza orizzontale)

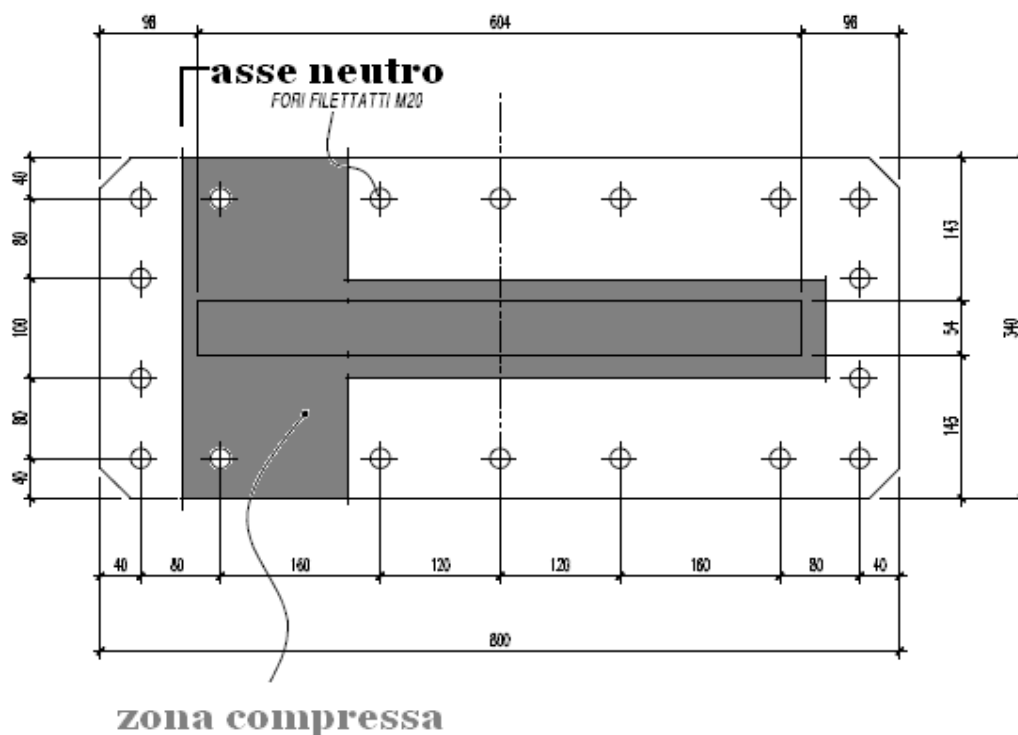
$F_{y, Sd} = 2088,13 \text{ kN}$ (forza verticale)

E' inoltre presente un momento "parassita" dovuto al punto di applicazione della forza orizzontale, posto nel corrente della reticolare, rispetto alla piastra stessa ($e = 0,43 \text{ m}$):

$M_{Sd} = 1199,31 \cdot 0,43 = 517,70 \text{ kN m}$

Si esegue di seguito la verifica del bullone più sollecitato, soggetto a trazione e taglio,

La sollecitazione di trazione massima è determinata mediante verifica della sezione parzializzata della piastra inferiore, considerando cautelativamente reagente a compressione solo parte della piastra stessa (vedi grafico seguente).



Si determina una trazione sul bullone pari a $F_{t,Ed} = 1,50$ kN, cioè sostanzialmente trascurabile.

La tensione massima di contatto fra le due piastre è di circa 50 N/mm².

Si esegue la verifica a solo taglio dei bulloni sotto l'azione delle forze applicate dall'attacco superiore, essendo trascurabile la sollecitazione a trazione.

Pertanto

$$F_{v,Ed} = F_{x,Sd} / n = 1199,31 / 18 = \mathbf{66,63 \text{ kN}}$$

Per il calcolo della resistenza a taglio si fa riferimento a *NTC 2008* (4.2.60):

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 94080 \text{ N} = \mathbf{94,08 \text{ kN}} > F_{v,Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

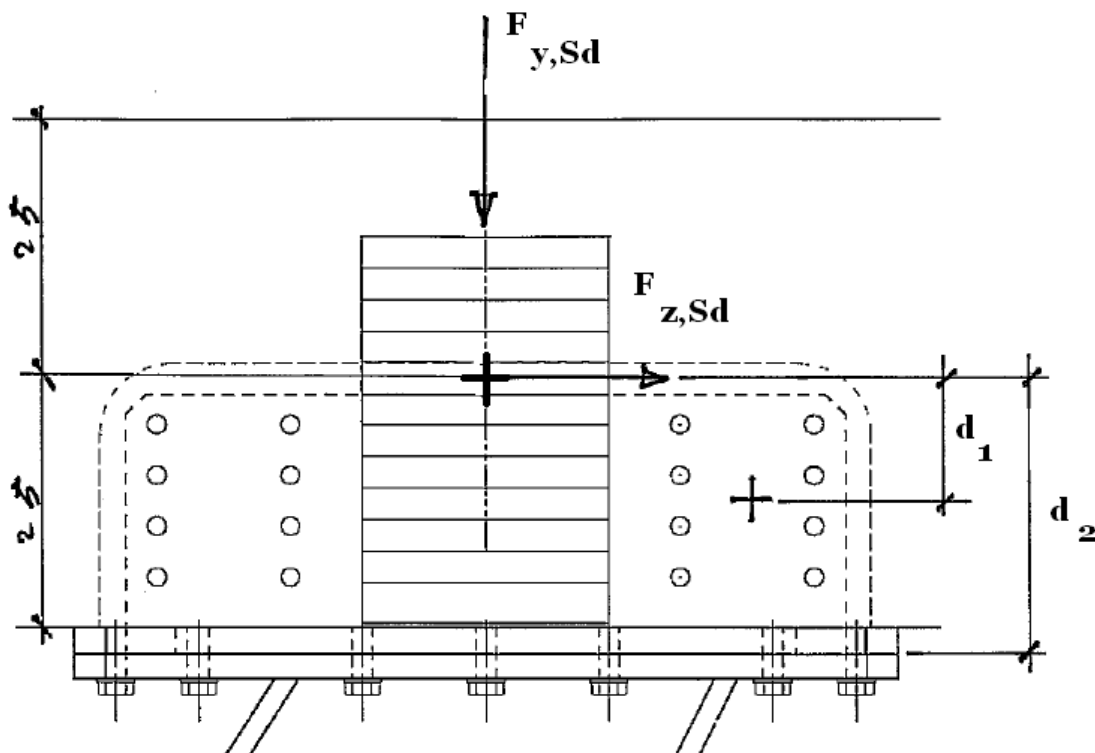
10.2. Attacco 16

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole effettivamente agente delle azioni applicate dalla trave principale del primo piano (34,5 × 50) cm.

$$F_{z,Sd} = \mathbf{270,75 \text{ kN}} \text{ (forza orizzontale)}$$

$$F_{y,Sd} = \mathbf{331,23 \text{ kN}} \text{ (forza verticale)}$$

Stato limite considerato: SLU "5".



Dati: $\gamma_m = 1,5$ (combinazione fondamentale) e $k_{mod} = 1,0$ (durata istantanea).

L'azione di taglio e flettente agenti in corrispondenza delle lame metalliche valgono (vedi sopra):

$$F_{z, Sd} = 270,75 \text{ kN}$$

$$M_{Sd} = 33,84 \text{ kN m}$$

L'azione di taglio agente sul perno più sollecitato risulta:

$$F_{v, Sd} = \sqrt{(33,84 / 0,51 \cdot 8)^2 + (270,75 / 16)^2} = 18,84 \text{ kN}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del perno $\varnothing 16 \times 240 \text{ mm}$ (acciaio $f_u = 600 \text{ N/mm}^2$, legno lamellare $GL32h$).

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti, opportunamente combinate:

$$F_{v, Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,k}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax, Rk}}{4} & (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,1,k}} d + \frac{F_{ax, Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

$$F_{v, Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rk} f_{h,2,k}} d + \frac{F_{ax, Rk}}{4} & (k) \end{cases}$$

$$F_{v, Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k}} d + \frac{F_{ax, Rk}}{4} & (m) \end{cases}$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 2 \cdot (15,47 + 15,12) = 61,18 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_m = \frac{1,0 \cdot 61,18}{1,5} = \mathbf{40,78 \text{ kN}} > F_{v,Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei bulloni M20 (classe 8.8)

Si esegue la verifica combinata a trazione e taglio dei bulloni sotto l'azione delle forze applicate dalle lame metalliche interne:

$$F_{z,Sd} = \mathbf{270,75 \text{ kN}} \text{ (forza orizzontale)}$$

$$F_{y,Sd} = \mathbf{331,23 \text{ kN}} \text{ (forza verticale)}$$

E' stata inoltre prevista anche la presenza di un momento "parassita" dovuto all'eccentricità del punto di applicazione dell'azione tagliente orizzontale rispetto al baricentro dei perni:

$$M_{Sd} = F_{z,Sd} \cdot d_2 = 270,75 \cdot 0,27 = \mathbf{73,10 \text{ kN m}}$$

Trazione: a seguito di calcolo della sezione parzializzata della piastra bullonata risulta sul bullone più sollecitato

$$F_{t,Ed} = \mathbf{1,00 \text{ kN}}$$

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.62)*:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 141120 \text{ N} = \mathbf{141,12 \text{ kN}} > F_{ax,Sd}$$

Taglio:

$$F_{v,Ed} = 270,75 / 18 = \mathbf{15,04 \text{ kN}}$$

Per il calcolo della resistenza a taglio si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.60)*:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 94080 \text{ N} = \mathbf{94,08 \text{ kN}} > F_{v,Sd}$$

Combinata:

si omette perché poco significativa

11. VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI FACCIAIA ESTERNA

11.1. Attacco 1 e attacco 3/4

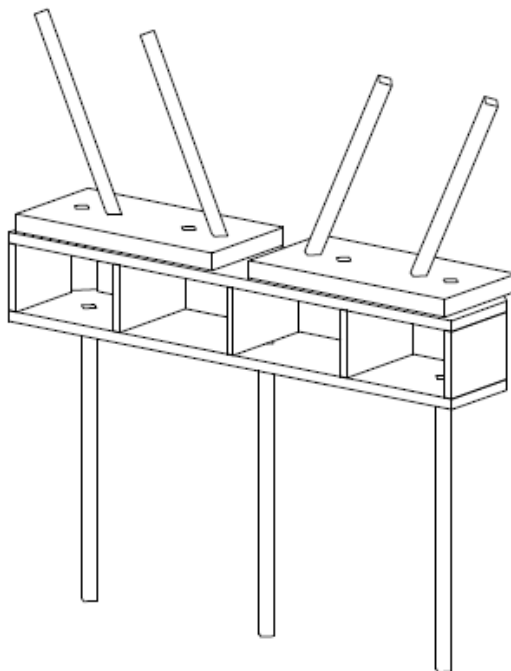
Al fine di verificare ogni possibile combinazione di azioni applicate al collegamento si assume per entrambi i diagonali convergenti nel nodo il valore massimo previsto di azione assiale e con entrambi i segni, considerando di volta in volta la combinazione più sfavorevole.

Pertanto:

$N_{Sd} = \pm 55,00 \text{ kN}$ (diagonale destra)

$N_{Sd} = \pm 55,00 \text{ kN}$ (diagonale sinistra)

Stato limite considerato: SLU.



Verifica delle barre incollate $\phi 20 \times 250 \text{ mm}$ (tondo ad aderenza migliorata B450C)

Si esegue la verifica della barra incollata di ancoraggio sotto l'azione assiale massima presente nel diagonale. Legno lamellare *GL24h*.

La barra è incollata con resina poliuretanica ed è verificata ad aderenza sulla superficie cilindrica del foro, avente diametro 22 mm.

Stato limite considerato: SLU.

La forza assiale applicata alla barra maggiormente sollecitata è pari a:

$$F_{ax, Sd} = 55,00 / 2 = \mathbf{27,50 \text{ kN}}$$

inferiore al valore minore di progetto della capacità portante a trazione

$$F_{ax, Rd} = \pi \cdot 22 \cdot 230 \cdot (0,9 \cdot 4,0 / 1,50) = 38150 \text{ N} = \mathbf{38,15 \text{ kN}}$$

determinato sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{ax, Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{yd} \cdot A_{res} \\ \pi \cdot d_{eq} \cdot \ell_{ad} \cdot f_{v,d} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} \end{array} \right.$$

dove:

$\ell_{ad} = 230 \text{ mm}$ (lunghezza di ancoraggio della barra)

$d_{eq} = 1,1 \cdot d = 22 \text{ mm}$ (diametro del foro)

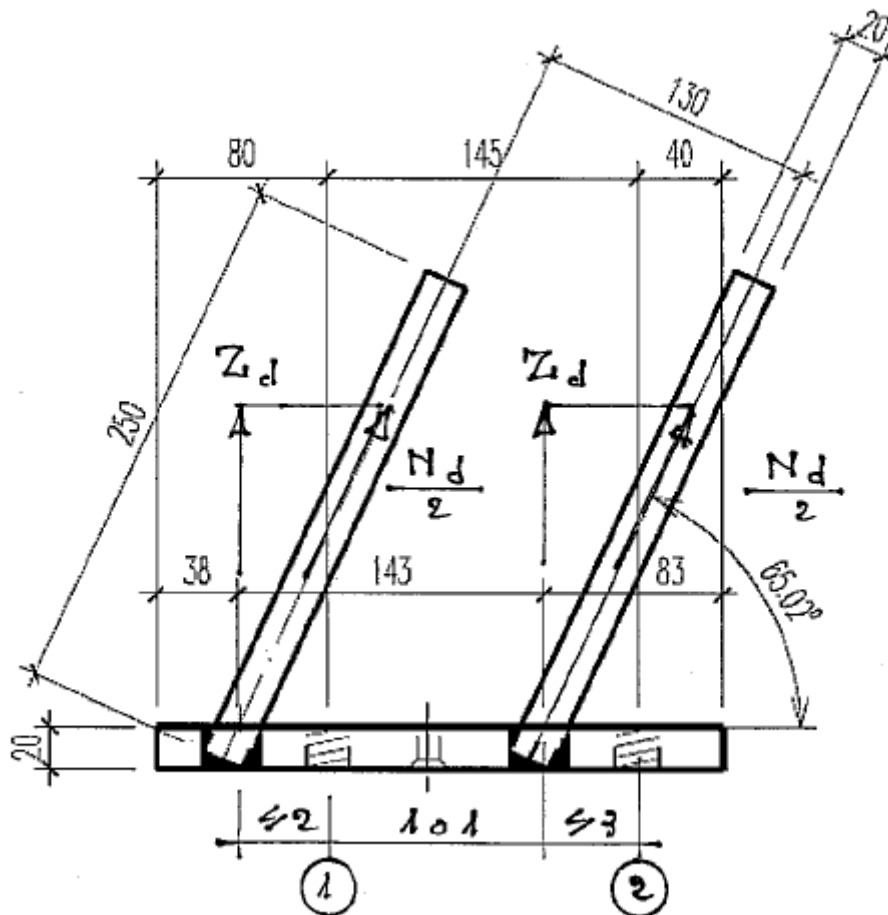
$f_{yd} = 450 \text{ N/mm}^2$

$f_{v,d} = 0,9 \cdot 4,0 / 1,5 = 2,4 \text{ N/mm}^2$ (resistenza a scorrimento)

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra superiore (20 × 130) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a flessione della piastra sotto l'azione delle forze concentrate delle barre e dei bulloni sottostanti di ancoraggio.



Pertanto, dati

$$N_d / 2 = 55,00 / 2 = 27,50 \text{ kN}$$

$$Z_d = 27,50 \cdot \sin 65^\circ,02 = 24,92 \text{ kN}$$

da cui

$$Z_{1,d} = 39,62 \text{ kN}$$

$$Z_{2,d} = 10,22 \text{ kN}$$

Il momento massimo sulla piastra vale

$$M_d = 24,92 \cdot 0,042 = 1,04664 \text{ kN m} = 1046640 \text{ N mm}$$

da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 1046640 / 1,2 \cdot (108 \cdot 20^2 / 6) = \mathbf{121,0 \text{ N/mm}^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = \mathbf{338,1 \text{ N/mm}^2}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei bulloni M20 (classe 8.8)

Si esegue la verifica combinata a trazione e taglio dei bulloni sotto l'azione delle forze applicate dalla piastra superiore.

Trazione:

$F_{t,Ed} = Z_{1,d} = \mathbf{39,62 \text{ kN}}$ (vedi pagina precedente)

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.62)*:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 141120 \text{ N} = \mathbf{141,12 \text{ kN}} > F_{ax,Sd}$$

Taglio:

$$F_{v,Ed} = (N_d \cdot \cos 65^\circ,02) / 2 = \mathbf{11,61 \text{ kN}}$$

Per il calcolo della resistenza a taglio si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.60)*:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 94080 \text{ N} = \mathbf{94,08 \text{ kN}} > F_{v,Sd}$$

Combinata:

Per la verifica si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.65)*:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1, \quad (4.2.65)$$

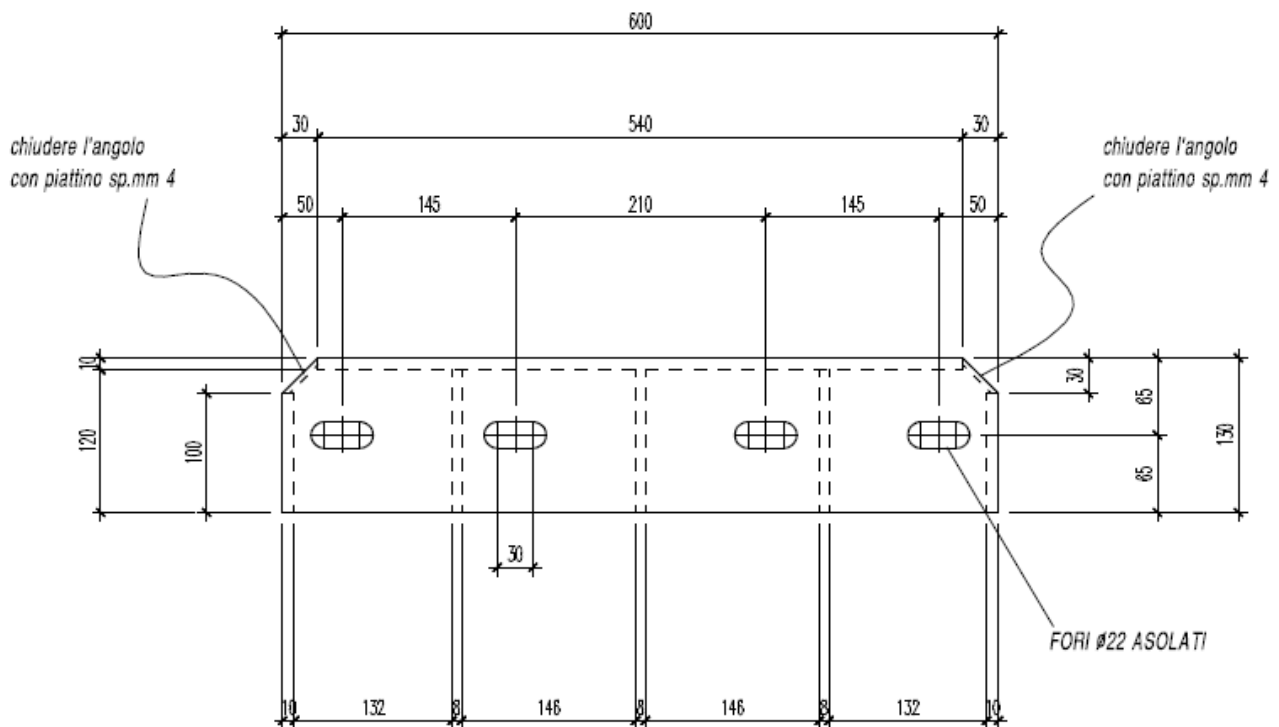
Pertanto

$$(11,61 / 94,08) + (39,62 / 1,4 \cdot 141,12) = \mathbf{0,32} < 1$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra intermedia (12 × 130) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a punzonamento della piastra sotto l'azione delle forze concentrate dei bulloni.



L'azione di trazione sul bullone più sollecitato è pari a:

$$F_{t,Ed} = Z_{1,d} = \mathbf{39,62 \text{ kN}} \text{ (vedi pagine precedenti)}$$

Considerando una diffusione del carico a 45° in direzione dei tre lati appoggiati della piastra, il momento massimo vale

$$M_d = (39,62 / 3) \cdot 0,065 = 0,85843 \text{ kN m} = 858430 \text{ N mm}$$

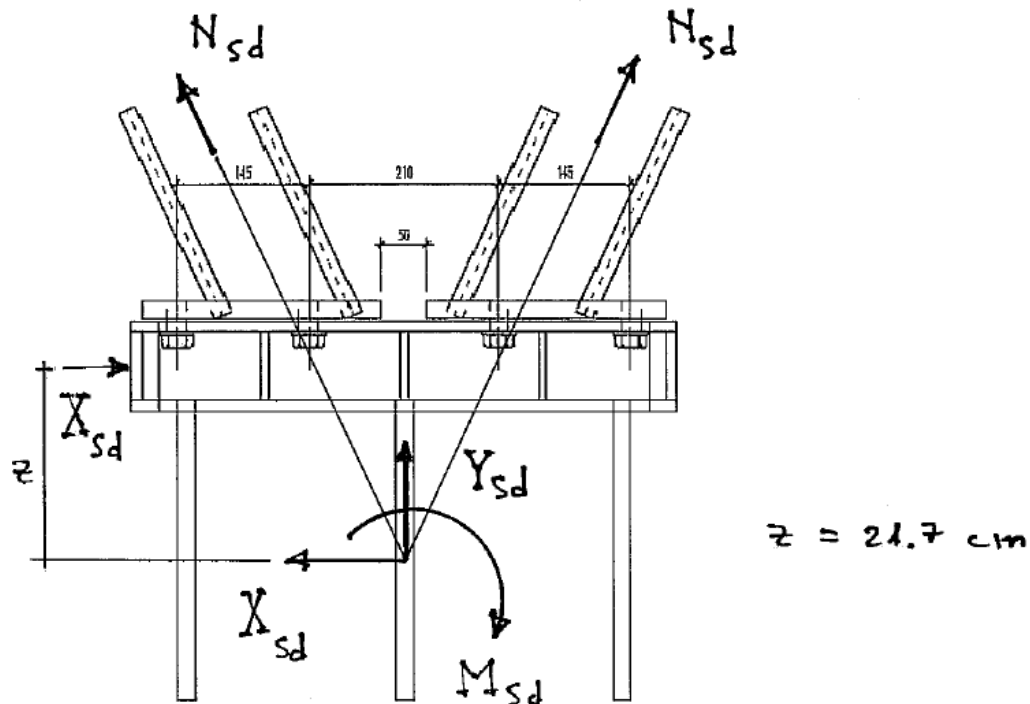
da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 858430 / 1,2 \cdot (130 \cdot 12^2 / 6) = \mathbf{229,2 \text{ N/mm}^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = \mathbf{338,1 \text{ N/mm}^2}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica delle barre incollate $\phi 20 \times 300$ mm (tondo ad aderenza migliorata B450C)

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni assiali applicate dai diagonali all'attacco (verso concorde e verso discorde).



Pertanto, con riferimento allo schema grafico sopra riportato:

(1) azioni assiali con verso concorde di trazione

$$Y_{sd} = (55,00 + 55,00) \cdot \sin 65^\circ,02 = \mathbf{99,71 \text{ kN}}$$

$$X_{sd} = \mathbf{0}$$

$$M_{sd} = \mathbf{0}$$

(2) azioni assiali con verso discorde

$$Y_{sd} = \mathbf{0}$$

$$X_{sd} = (55,00 + 55,00) \cdot \cos 65^\circ,02 = \mathbf{46,45 \text{ kN}}$$

$$M_{sd} = X_{sd} \cdot z = 46,45 \cdot 0,217 = \mathbf{10,08 \text{ kN m}}$$

L'azione orizzontale di taglio X_{Sd} è trasferita per contatto diretto della scatola metallica su legno. Pertanto le barre resinate sono soggette solo a trazione sotto l'azione della forza verticale Y_{Sd} (combinazione 1) o del momento "parassita" M_{Sd} (combinazione 2).

Risulta più sfavorevole la combinazione (1) e pertanto la sollecitazione di trazione applicata alla barra è pari a:

$$F_{ax, Sd} = Y_{Sd} / 3 = \mathbf{33,23 \text{ kN}}$$

inferiore al valore minore di progetto della capacità portante a trazione

$$F_{ax, Rd} = \pi \cdot 22 \cdot 300 \cdot (0,9 \cdot 3,75 / 1,50) = 46652 \text{ N} = \mathbf{46,65 \text{ kN}}$$

determinato sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{ax, Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{yd} \cdot A_{res} \\ \pi \cdot d_{eq} \cdot \ell_{ad} \cdot f_{v,d} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} \end{array} \right.$$

dove:

$$\ell_{ad} = 300 \text{ mm (lunghezza di ancoraggio della barra)}$$

$$d_{eq} = 1,1 \cdot d = 22 \text{ mm (diametro del foro)}$$

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

$$f_{v,d} = 0,9 \cdot 3,75 / 1,5 = 2,25 \text{ N/mm}^2 \text{ (resistenza a scorrimento)}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra inferiore (12 × 130) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a punzonamento della piastra sotto l'azione delle forze concentrate delle barre resinate, qui omessa perché analoga a quella della piastra intermedia ma meno sfavorevole.

11.2. Attacco 2

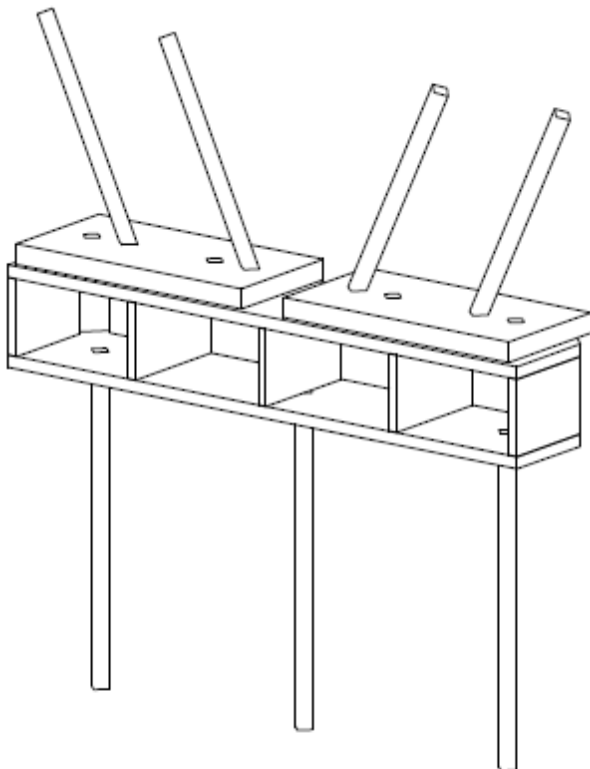
Al fine di verificare ogni possibile combinazione di azioni applicate al collegamento si assume per entrambi i diagonali convergenti nel nodo il valore massimo previsto di azione assiale e con entrambi i segni, considerando di volta in volta la combinazione più sfavorevole.

Pertanto:

$N_{Sd} = \pm 110,00 \text{ kN}$ (diagonale destra)

$N_{Sd} = \pm 110,00 \text{ kN}$ (diagonale sinistra)

Stato limite considerato: SLU.



Verifica delle barre incollate $\phi 24 \times 350$ mm (tondo ad aderenza migliorata B450C)

Si esegue la verifica della barra incollata di ancoraggio sotto l'azione assiale massima presente nel diagonale. Legno lamellare *GL24h*.

La barra è incollata con resina poliuretanica ed è verificata ad aderenza sulla superficie cilindrica del foro, avente diametro 26 mm.

Stato limite considerato: SLU.

La forza assiale applicata alla barra maggiormente sollecitata è pari a:

$$F_{ax, Sd} = 110,00 / 2 = \mathbf{55,00 \text{ kN}}$$

inferiore al valore minore di progetto della capacità portante a trazione

$$F_{ax, Rd} = \pi \cdot 26 \cdot 330 \cdot (0,9 \cdot 3,6 / 1,50) = 58222 \text{ N} = \mathbf{58,22 \text{ kN}}$$

determinato sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{ax, Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{yd} \cdot A_{res} \\ \pi \cdot d_{eq} \cdot \ell_{ad} \cdot f_{v,d} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} \end{array} \right.$$

dove:

$\ell_{ad} = 330 \text{ mm}$ (lunghezza di ancoraggio della barra)

$d_{eq} = 1,1 \cdot d = 26 \text{ mm}$ (diametro del foro)

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

$f_{v,d} = 0,9 \cdot 3,6 / 1,5 = 2,2 \text{ N/mm}^2$ (resistenza a scorrimento)

La verifica è soddisfatta.

da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 2093280 / 1,2 \cdot (108 \cdot 20^2 / 6) = \mathbf{242,0 \text{ N/mm}^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 =$$

$$= \mathbf{338,1 \text{ N/mm}^2}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei bulloni M20 (classe 8.8)

Si esegue la verifica combinata a trazione e taglio dei bulloni sotto l'azione delle forze applicate dalla piastra superiore.

Trazione:

$$F_{t,Ed} = Z_{1,d} = \mathbf{79,24 \text{ kN}} \text{ (vedi pagina precedente)}$$

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a *NTC 2008* (4.2.62):

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 141120 \text{ N} = \mathbf{141,12 \text{ kN}} > F_{ax,Sd}$$

Taglio:

$$F_{v,Ed} = (N_d \cdot \cos 65^\circ,02) / 2 = \mathbf{23,22 \text{ kN}}$$

Per il calcolo della resistenza a taglio si fa riferimento a *NTC 2008* (4.2.60):

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 94080 \text{ N} = \mathbf{94,08 \text{ kN}} > F_{v,Sd}$$

Combinata:

Per la verifica si fa riferimento a *NTC 2008* (4.2.65):

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1, \quad (4.2.65)$$

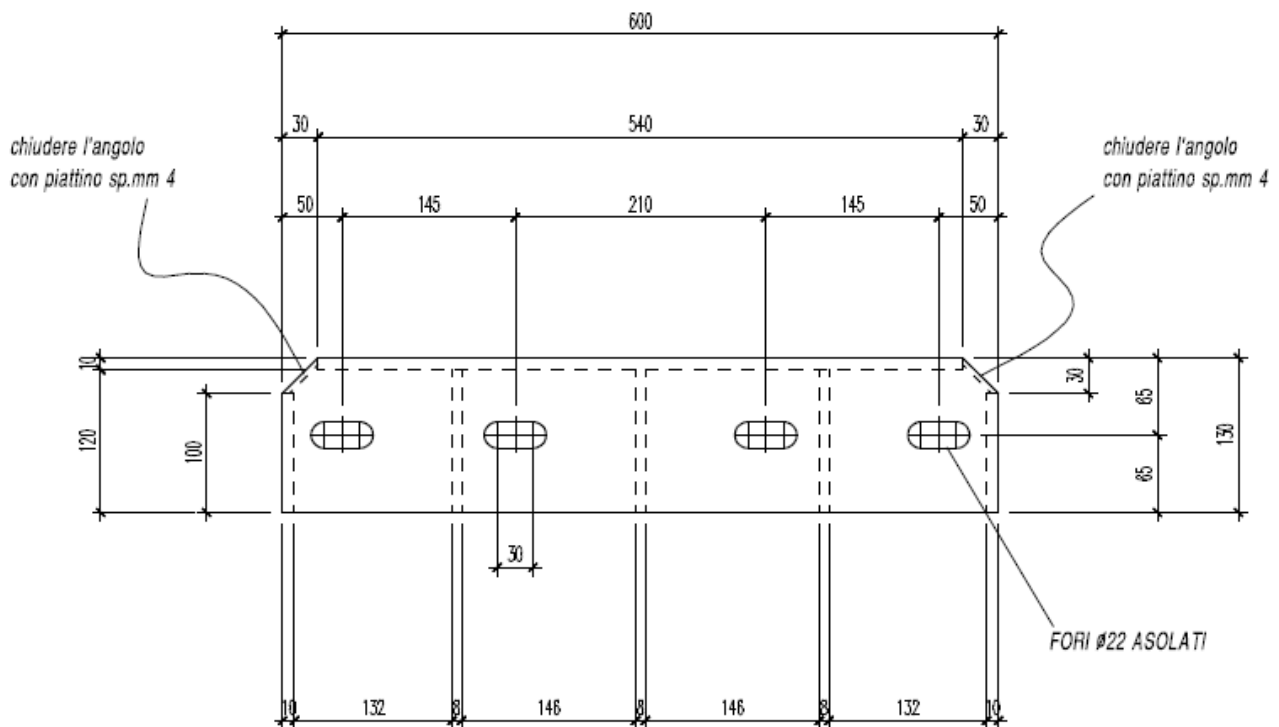
Pertanto

$$(23,22 / 94,08) + (79,24 / 1,4 \cdot 141,12) = \mathbf{0,64} < 1$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra intermedia (20 × 130) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a punzonamento della piastra sotto l'azione delle forze concentrate dei bulloni.



L'azione di trazione sul bullone più sollecitato è pari a:

$$F_{t,Ed} = Z_{1,d} = \mathbf{79,24 \text{ kN}} \text{ (vedi pagine precedenti)}$$

Considerando una diffusione del carico a 45° in direzione dei tre lati appoggiati della piastra, il momento massimo vale

$$M_d = (79,24 / 3) \cdot 0,065 = 1,71686 \text{ kN m} = 1716860 \text{ N mm}$$

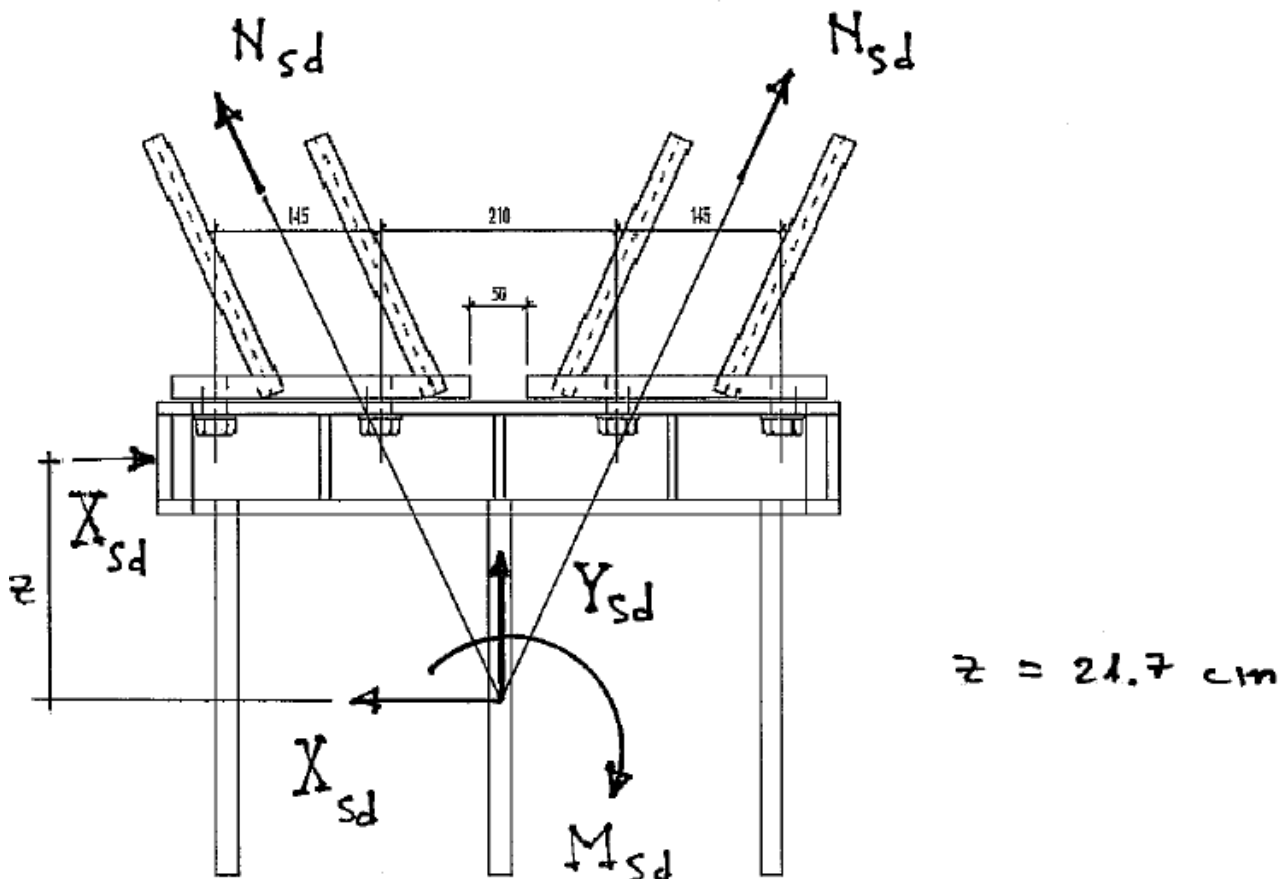
da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 1716860 / 1,2 \cdot (130 \cdot 20^2 / 6) = \mathbf{165,0 \text{ N/mm}^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = \mathbf{338,1 \text{ N/mm}^2}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica delle barre incollate $\phi 24 \times 340$ mm (tondo ad aderenza migliorata B450C)

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni assiali applicate dai diagonalali all'attacco (verso concorde e verso discorde).



Pertanto, con riferimento allo schema grafico sopra riportato:

(1) azioni assiali con verso concorde di trazione

$$Y_{sd} = (110,00 + 110,00) \cdot \sin 65^\circ,02 = \mathbf{199,42 \text{ kN}}$$

$$X_{sd} = \mathbf{0}$$

$$M_{sd} = \mathbf{0}$$

(2) azioni assiali con verso discorde

$$Y_{sd} = 0$$

$$X_{Sd} = (110,00 + 110,00) \cdot \cos 65^\circ,02 = \mathbf{92,90 \text{ kN}}$$

$$M_{Sd} = X_{Sd} \cdot z = 92,90 \cdot 0,217 = \mathbf{20,16 \text{ kN m}}$$

L'azione orizzontale di taglio X_{Sd} è trasferita per contatto diretto della scatola metallica su legno. Pertanto le barre resinare sono soggette solo a trazione sotto l'azione della forza verticale Y_{Sd} (combinazione 1) o del momento "parassita" M_{Sd} (combinazione 2).

Risulta più sfavorevole la combinazione (1) e pertanto la sollecitazione di trazione applicata alla barra è pari a:

$$F_{ax, Sd} = Y_{Sd} / 3 = \mathbf{66,46 \text{ kN}}$$

inferiore al valore minore di progetto della capacità portante a trazione

$$F_{ax, Rd} = \pi \cdot 26 \cdot 340 \cdot (1,0 \cdot 3,6 / 1,50) = 66652 \text{ N} = \mathbf{66,52 \text{ kN}}$$

determinato sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{ax, Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{yd} \cdot A_{res} \\ \pi \cdot d_{eq} \cdot \ell_{ad} \cdot f_{v,d} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} \end{array} \right.$$

avendo assunto $k_{mod} = 1,0$ trattandosi di combinazione di sollecitazioni molto cautelativa e dove:

$$\ell_{ad} = 340 \text{ mm (lunghezza di ancoraggio della barra)}$$

$$d_{eq} = 1,1 \cdot d = 26 \text{ mm (diametro del foro)}$$

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

$$f_{v,d} = 0,9 \cdot 3,6 / 1,5 = 2,16 \text{ N/mm}^2 \text{ (resistenza a scorrimento)}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra inferiore (15 × 130) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a punzonamento della piastra sotto l'azione delle forze concentrate delle barre resinate.

L'azione di trazione sulla barra resinata più sollecitata è pari a:

$F_{t,Ed} = \mathbf{66,46 \text{ kN}}$ (vedi pagine precedenti)

Considerando una diffusione del carico a 45° in direzione dei tre lati appoggiati della piastra, il momento massimo vale

$$M_d = (66,46 / 3) \cdot 0,065 = 1,440 \text{ kN m} = 1440000 \text{ N mm}$$

da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 144000 / 1,2 \cdot (130 \cdot 15^2 / 6) = \mathbf{246,1 \text{ N/mm}^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 =$$

$$= \mathbf{338,1 \text{ N/mm}^2}$$

La verifica è soddisfatta.

12. VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI FACCIAIA INTERNA

12.1. Attacco 18/19/20

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole effettivamente agente delle azioni assiali applicate dai diagonali.

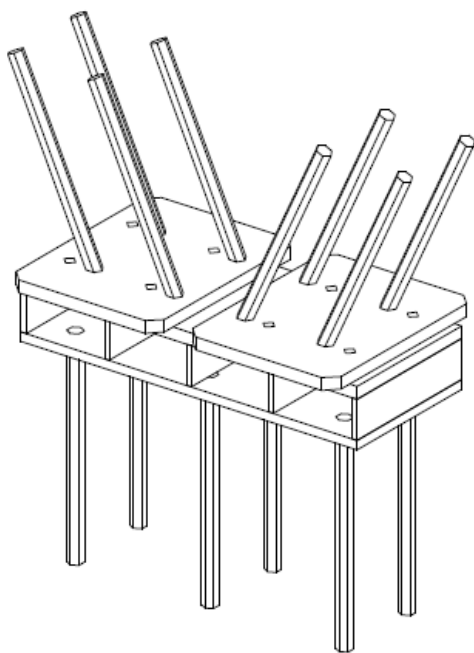
Pertanto:

$N_{Sd} = + \mathbf{230,00 \text{ kN}}$ (trazione nel diagonale destro)

$N_{Sd} = - \mathbf{95,00 \text{ kN}}$ (compressione nel diagonale sinistro)

In via cautelativa e per la sola verifica dell'attacco del singolo diagonale si assume un valore massimo di trazione pari a $N_{Sd} = \mathbf{250,00 \text{ kN}}$.

Stato limite considerato: SLU.



Verifica delle barre incollate $\phi 24 \times 350$ mm (tondo ad aderenza migliorata B450C)

Si esegue la verifica della barra incollata di ancoraggio sotto l'azione assiale massima presente nel diagonale. Legno lamellare *GL24h*.

La barra è incollata con resina poliuretanica ed è verificata ad aderenza sulla superficie cilindrica del foro, avente diametro 26 mm.

Stato limite considerato: SLU.

La forza assiale applicata alla barra maggiormente sollecitata è pari a:

$$F_{ax, Sd} = 250,00 / 4 = \mathbf{62,50 \text{ kN}}$$

inferiore al valore minore di progetto della capacità portante a trazione

$$F_{ax, Rd} = \pi \cdot 26 \cdot 340 \cdot (1,0 \cdot 3,6 / 1,50) = 66652 \text{ N} = \mathbf{66,52 \text{ kN}}$$

determinato sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{ax, Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{yd} \cdot A_{res} \\ \pi \cdot d_{eq} \cdot \ell_{ad} \cdot f_{v,d} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} \end{array} \right.$$

avendo assunto $k_{mod} = 1,0$ trattandosi di combinazione di sollecitazioni cautelativa e dove:

$l_{ad} = 340 \text{ mm}$ (lunghezza di ancoraggio della barra)

$d_{eq} = 1,1 \cdot d = 26 \text{ mm}$ (diametro del foro)

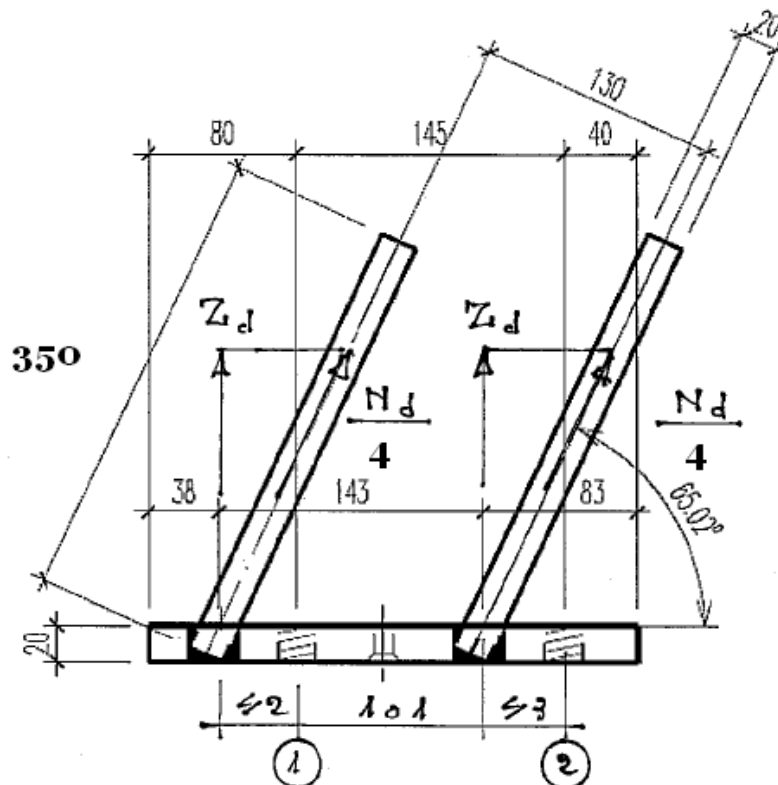
$f_{yd} = 450 \text{ N/mm}^2$

$f_{v,d} = 1,0 \cdot 3,6 / 1,5 = 2,4 \text{ N/mm}^2$ (resistenza a scorrimento)

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra superiore (20 × 320) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a flessione della piastra sotto l'azione delle forze concentrate delle barre e dei bulloni sottostanti di ancoraggio.



Pertanto, dati

$N_d / 4 = 250,00 / 4 = 62,50 \text{ kN}$ (sul singolo bullone)

$Z_d = 62,50 \cdot \sin 65,02 = 56,63 \text{ kN}$ (sulla singola barra)

da cui

$Z_{1,d} = 90,04 \text{ kN}$ (sul singolo bullone)

$Z_{1,d} = 23,22 \text{ kN}$ (sul singolo bullone)

Il momento massimo sulla piastra vale

$$M_d = (2 \cdot 56,63) \cdot 0,042 = 4,75692 \text{ kN m} = 1046640 \text{ N mm}$$

da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 4756920 / 1,2 \cdot (276 \cdot 20^2 / 6) = \mathbf{215,4 \text{ N/mm}^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 =$$
$$= \mathbf{338,1 \text{ N/mm}^2}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei bulloni M20 (classe 8.8)

Si esegue la verifica combinata a trazione e taglio dei bulloni sotto l'azione delle forze applicate dalla piastra superiore.

Trazione:

$$F_{t,Ed} = Z_{1,d} = \mathbf{90,04 \text{ kN}}$$
 (vedi pagina precedente)

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.62)*:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 141120 \text{ N} = \mathbf{141,12 \text{ kN}} > F_{t,Ed}$$

Taglio:

$$F_{v,Ed} = (N_d \cdot \cos 65^\circ,02) / 4 = \mathbf{26,39 \text{ kN}}$$

Per il calcolo della resistenza a taglio si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.60)*:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 94080 \text{ N} = \mathbf{94,08 \text{ kN}} > F_{v,Ed}$$

Combinata:

Per la verifica si fa riferimento a *NTC 2008* (4.2.65):

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1, \quad (4.2.65)$$

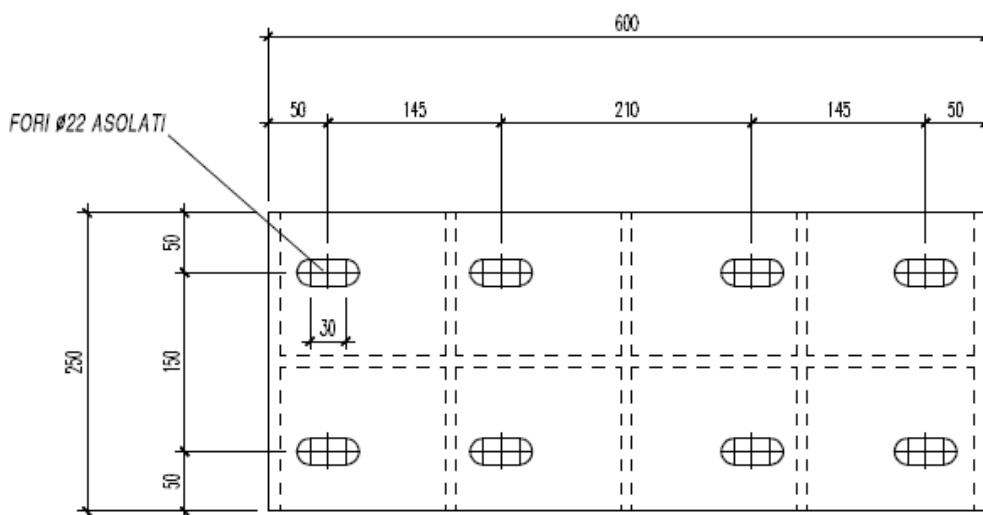
Pertanto

$$(26,39 / 94,08) + (90,04 / 1,4 \cdot 141,12) = \mathbf{0,74} < 1$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra intermedia (20 × 250) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a punzonamento della piastra sotto l'azione delle forze concentrate dei bulloni.



L'azione di trazione sul bullone più sollecitato è pari a:

$$F_{t,Ed} = Z_{1,d} = \mathbf{90,04 \text{ kN}}$$
 (vedi pagine precedenti)

Considerando una diffusione del carico a 45° in direzione dei tre lati appoggiati della piastra, il momento massimo vale

$$M_d = (90,04 / 3) \cdot 0,05 = 1,50 \text{ kN m} = 1500000 \text{ N mm}$$

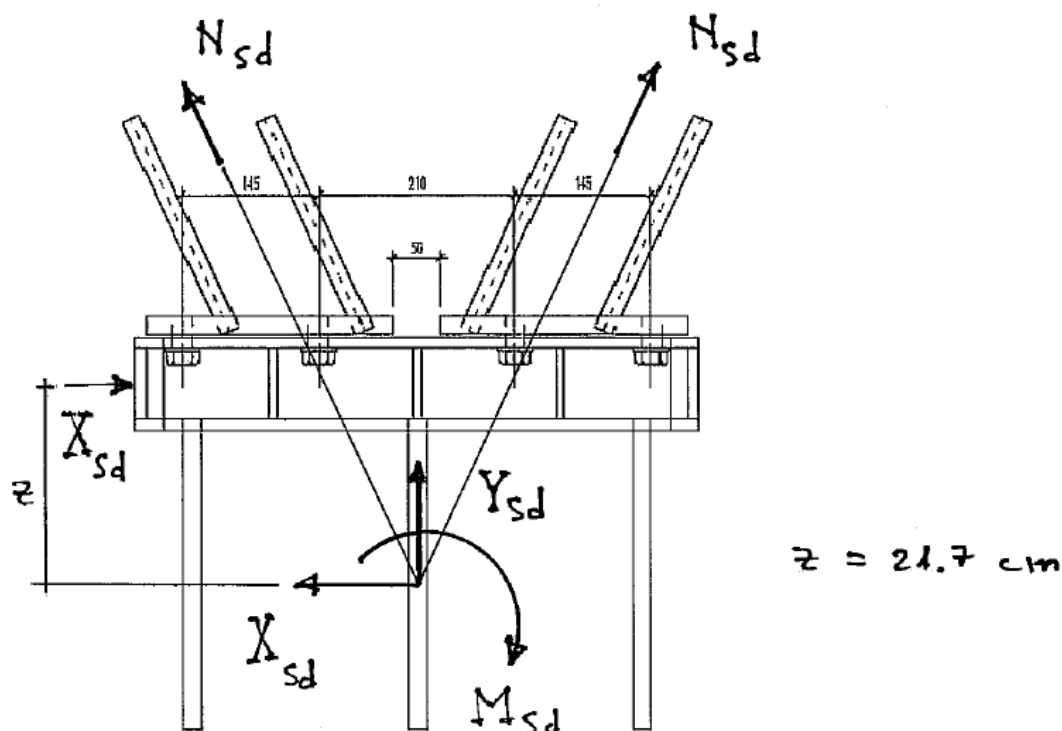
da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 1500000 / 1,2 \cdot (100 \cdot 20^2 / 6) = \mathbf{187,5 \text{ N/mm}^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = \mathbf{338,1 \text{ N/mm}^2}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica delle barre incollate $\phi 24 \times 350$ mm (tondo ad aderenza migliorata B450C)

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole effettivamente agente delle azioni assiali applicate dai diagonali.



$N_{Sd} = + 230,00$ kN (trazione nel diagonale destro)

$N_{Sd} = - 95,00$ kN (compressione nel diagonale sinistro)

Pertanto, con riferimento allo schema grafico sopra riportato:

$$Y_{Sd} = (230,00 - 95,00) \cdot \sin 65^{\circ},02 = 122,37 \text{ kN}$$

$$X_{Sd} = (23,00 + 95,00) \cdot \cos 65^{\circ},02 = 137,25 \text{ kN}$$

$$M_{Sd} = X_{Sd} \cdot z = 137,25 \cdot 0,217 = 29,78 \text{ kN m}$$

L'azione orizzontale di taglio X_{Sd} è trasferita per contatto diretto della scatola metallica su legno.

Pertanto le barre resinate sono soggette solo a trazione sotto l'azione della forza verticale Y_{Sd} e del momento "parassita" M_{Sd} .

Pertanto la sollecitazione di trazione applicata alla barra più sollecitata, determinata a seguito di calcolo della sezione parzializzata, è pari a:

$$F_{ax, Sd} = \mathbf{49,50 \text{ kN}}$$

inferiore al valore minore di progetto della capacità portante a trazione

$$F_{ax, Rd} = \pi \cdot 26 \cdot 340 \cdot (0,9 \cdot 3,6 / 1,50) = 59986 \text{ N} = \mathbf{59,98 \text{ kN}}$$

determinato sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{ax, Rd} = \min \begin{cases} f_{yd} \cdot A_{res} \\ \pi \cdot d_{eq} \cdot \ell_{ad} \cdot f_{v,d} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} \end{cases}$$

dove:

$$\ell_{ad} = 340 \text{ mm (lunghezza di ancoraggio della barra)}$$

$$d_{eq} = 1,1 \cdot d = 26 \text{ mm (diametro del foro)}$$

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

$$f_{v,d} = 0,9 \cdot 3,6 / 1,5 = 2,16 \text{ N/mm}^2 \text{ (resistenza a scorrimento)}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra inferiore (15 × 250) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a punzonamento della piastra sotto l'azione delle forze concentrate delle barre resinate.

L'azione di trazione sulla barra resinata più sollecitata è pari a:

$$F_{t,Ed} = \mathbf{49,50 \text{ kN}} \text{ (vedi pagine precedenti)}$$

Considerando una diffusione del carico a 45° in direzione dei tre lati appoggiati della piastra, il momento massimo vale

$$M_d = (49,50 / 3) \cdot 0,05 = 0,825 \text{ kN m} = 825000 \text{ N m}$$

da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 825000 / 1,2 \cdot (100 \cdot 15^2 / 6) = \mathbf{183,3 \text{ N/mm}^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = \mathbf{338,1 \text{ N/mm}^2}$$

La verifica è soddisfatta.

12.2. Attacco 13

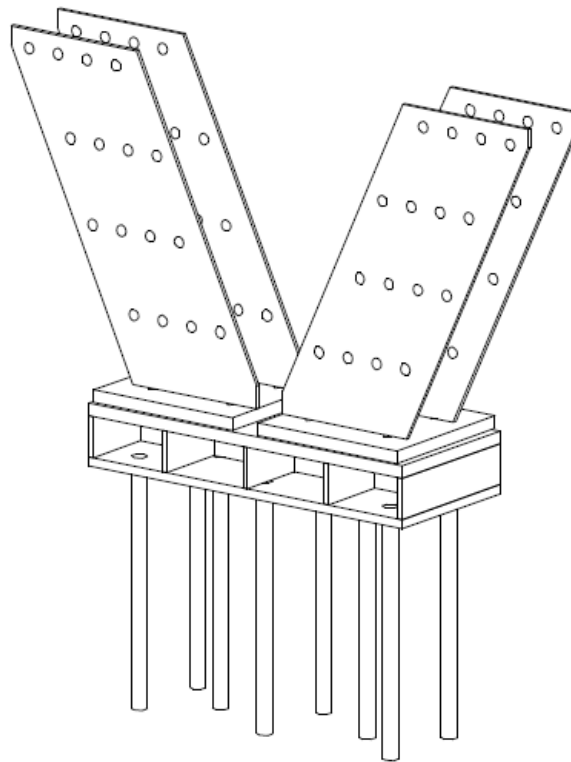
Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole effettivamente agente delle azioni assiali applicate dai diagonali.

Pertanto:

$N_{Sd} = + 480,00 \text{ kN}$ (trazione nel diagonale destro)

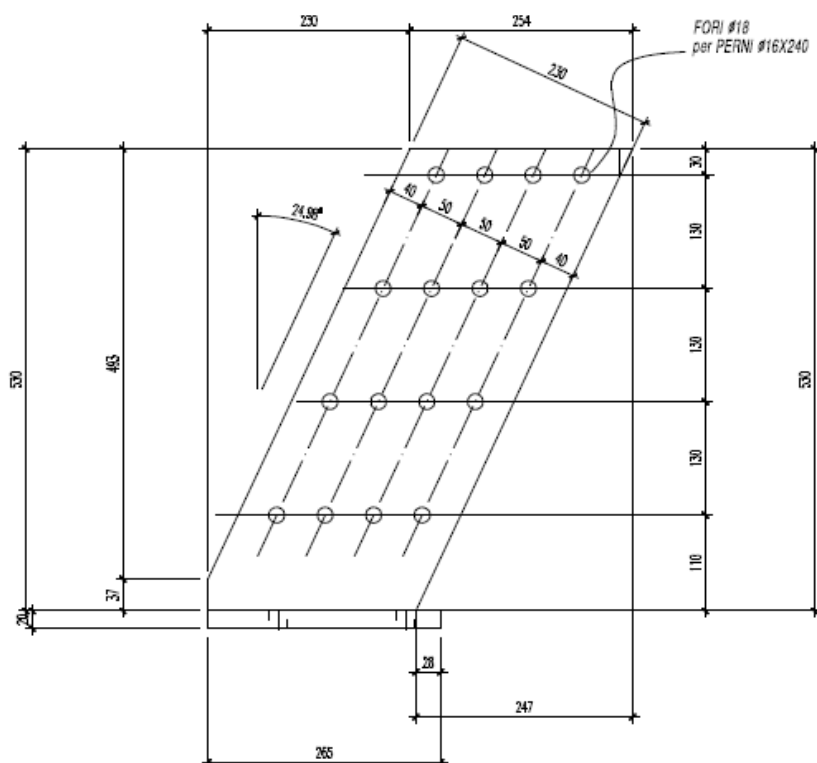
$N_{Sd} = - 39,00 \text{ kN}$ (compressione nel diagonale sinistro)

Stato limite considerato: SLU.



Verifica delle lame interne (6 × 230) mm (acciaio S355) con perni $\phi 16 \times 240 \text{ mm}$

Il collegamento dei diagonali all'attacco si realizza mediante n. 2 lame metalliche a scomparsa (6 × 230) mm, fissate con n. 16 perni $\phi 16 \times 240 \text{ mm}$.



Si considera la seguente sollecitazione di trazione massima:

$N_{Sd} = 480,00 \text{ kN}$ (trazione)

Stato limite considerato: SLU (carico di breve durata).

E' inoltre stata prevista anche la presenza di un momento "parassita" dovuto all'eccentricità del punto di applicazione dell'azione assiale rispetto al baricentro dei sottostanti bulloni M20:

$$M_{Sd} = (N_{Sd} \cdot \sin \alpha) \cdot e = (480,00 \cdot \sin 65^\circ,02) \cdot (0,105 - 0,04) / 2 = 14,10 \text{ kN m}$$

Verifica dei perni $\phi 16 \times 240 \text{ mm}$ ($f_{uk} = 600 \text{ N/mm}^2$)

Stato limite considerato: SLU.

Dati: $\gamma_m = 1,5$ (combinazione fondamentale) e $k_{mod} = 0,9$ (breve durata).

L'azione di trazione e flettente agenti in corrispondenza delle lame metalliche valgono:

$N_{Sd} = 480,00 \text{ kN}$

$M_{Sd} = 14,10 \text{ kN m}$

A seguito di calcolo tramite momento polare della distribuzione di perni, l'azione di taglio agente sul perno più sollecitato risulta:

$$F_{v,Sd} = \sqrt{30,00^2 + 7,00^2} = 30,80 \text{ kN}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del perno $\varnothing 16 \times 240$ mm (acciaio $f_u = 600$ N/mm², legno lamellare GL24h).

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti, opportunamente combinate:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,k}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (k) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (m) \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 2 \cdot (2 \cdot 14,70) = 58,80 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_m = \frac{0,9 \cdot 58,80}{1,5} = 35,28 \text{ kN} > F_{v,Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica delle lame interne (6 × 230) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a trazione, in corrispondenza della sezione indebolita dai fori, per la massima sollecitazione assiale prevista.

Stato limite considerato: SLU.

$$N_{Sd} = 480,00 \text{ kN}$$

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.4.1.2)*:

a) la resistenza plastica della sezione lorda, A ,

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad (4.2.7)$$

b) la resistenza a rottura della sezione netta, A_{net} , in corrispondenza dei fori per i collegamenti

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} \quad (4.2.8)$$

Pertanto:

$$N_{pl,Rd} = 2 \cdot (6 \cdot 230) \cdot 355 \cdot / 1,05 = 933142 \text{ N} = \mathbf{933,14 \text{ kN}} > N_{t,Sd}$$

$$N_{t,Rd} = 2 \cdot 0,9 \cdot (6 \cdot 158) \cdot 510 / 1,25 = 696211 \text{ N} = \mathbf{696,21 \text{ kN}} > N_{t,Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei bulloni M20 (classe 8.8)

Si esegue la verifica combinata a trazione e taglio dei bulloni sotto l'azione delle forze applicate dalla piastra superiore.

Trazione:

$$F_{t,Ed} = (480,00 \cdot \sin 65^\circ,02) / 4 = \mathbf{108,76 \text{ kN}}$$

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.62)*:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 141120 \text{ N} = \mathbf{141,12 \text{ kN}} > F_{ax,Sd}$$

Taglio:

essendo a contatto diretto i diagonali, si considera la ripartizione uniforme della componente tagliante complessiva sull'attacco. Pertanto

$$F_{v,Ed} = [(480,00 + 39,00) \cdot \cos 65^\circ,02] / 8 = \mathbf{30,40 \text{ kN}}$$

Per il calcolo della resistenza a taglio si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.60)*:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 800 \cdot 245 / 1,25 = 94080 \text{ N} = \mathbf{94,08 \text{ kN}} > F_{v,Sd}$$

Combinata:

Per la verifica si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.65)*:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1, \quad (4.2.65)$$

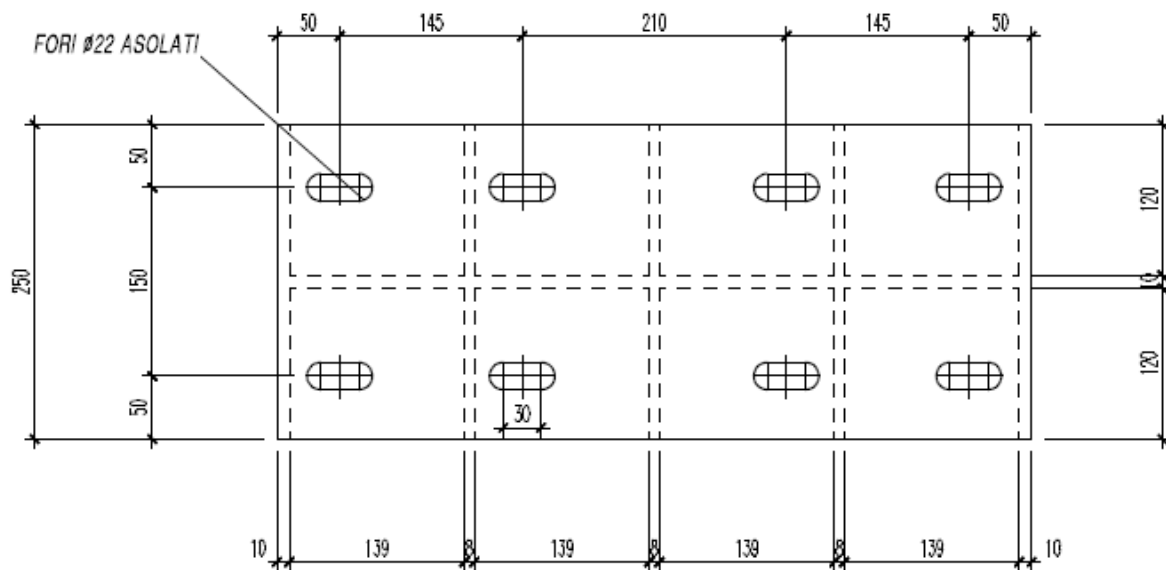
Pertanto

$$(30,40 / 94,08) + (108,76 / 1,4 \cdot 141,12) = \mathbf{0,87} < 1$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra intermedia (20 × 250) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a punzonamento della piastra sotto l'azione delle forze concentrate dei bulloni.



L'azione di trazione sul bullone più sollecitato è pari a:

$$F_{t,Ed} = \mathbf{108,76 \text{ kN}}$$
 (vedi pagine precedenti)

Considerando una diffusione del carico a 45° in direzione dei tre lati appoggiati della piastra, il momento massimo vale

$$M_d = (101,76 / 3) \cdot 0,07 = 2,5377 \text{ kN m} = 2537700 \text{ N mm}$$

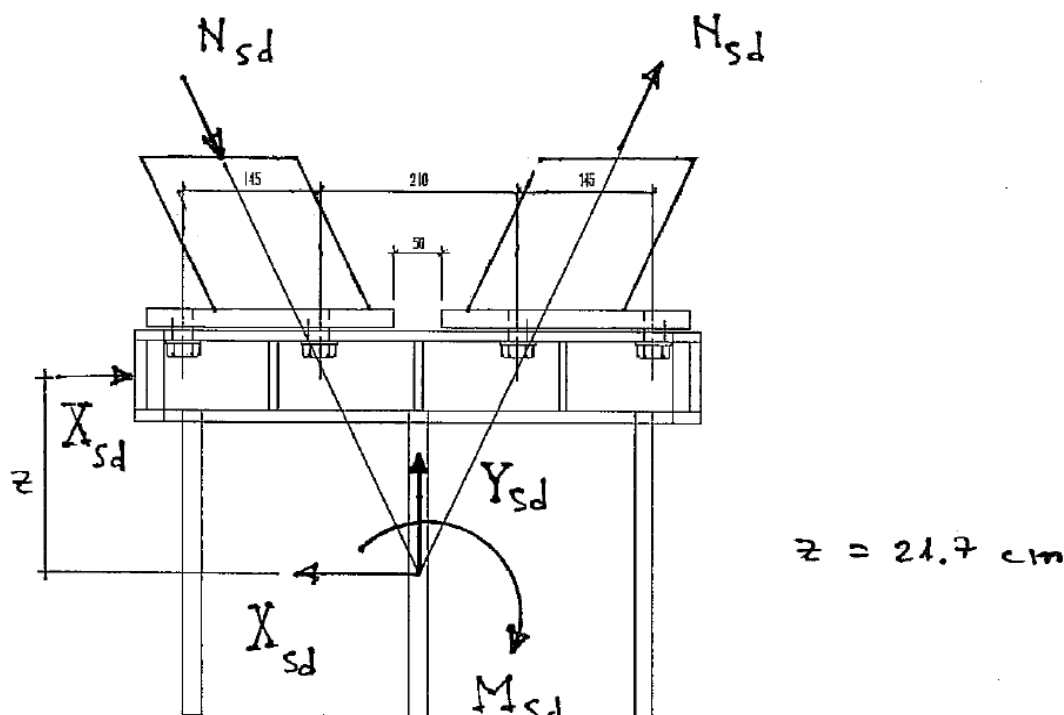
da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 2537700 / 1,2 \cdot (250 \cdot 20^2 / 6) = \mathbf{264,3 \text{ N/mm}^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = \mathbf{338,1 \text{ N/mm}^2}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica delle barre incollate $\phi 24 \times 400 \text{ mm}$ (tondo ad aderenza migliorata B450C)

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole effettivamente agente delle azioni assiali applicate dai diagonal.



$$F_{ax, Rd} = \pi \cdot 26 \cdot 340 \cdot (1,0 \cdot 3,8 / 1,50) = 70360 \text{ N} = \mathbf{70,36 \text{ kN}}$$

determinato sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{ax,Rd} = \min \begin{cases} f_{yd} \cdot A_{res} \\ \pi \cdot d_{eq} \cdot \ell_{ad} \cdot f_{v,d} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} \end{cases}$$

dove:

$\ell_{ad} = 340$ mm (lunghezza di ancoraggio della barra)

$d_{eq} = 1,1 \cdot d = 26$ mm (diametro del foro)

$f_{yd} = 450$ N/mm²

$f_{v,d} = 1,0 \cdot 3,6 / 1,5 = 2,4$ N/mm² (resistenza a scorrimento)

La verifica è soddisfatta.

La sollecitazione di taglio applicata alle barre resinate è pari a:

$F_{v,Sd} = 0,50 \cdot X_{Sd} / 8 = \mathbf{13,69}$ kN

inferiore al valore minore di progetto della capacità portante a trazione

$F_{v,Rd} = 0,9 \cdot 32,00 / 1,50 = \mathbf{19,20}$ kN

determinata sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.4 f_{hk} t_1 d & (a) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (b) \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{hk} t_1 d & (c) \\ f_{hk} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,k}}{f_{hk} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \end{cases}$$

La verifica è soddisfatta.

Si esegue infine la verifica combinata secondo CNR 206.

$$\left(\frac{F_{ax,Sd}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{la,Sd}}{F_{la,Rd}} \right)^2 \leq 1 \quad (7.66)$$

Pertanto

$$(60,00 / 70,36)^2 + (13,69 / 19,20)^2 = 1,1 \approx 1$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra inferiore (15 × 250) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a punzonamento della piastra sotto l'azione delle forze concentrate delle barre resinate.

L'azione di trazione sulla barra resinata più sollecitata è pari a:

$F_{t,Ed} = 60,00 \text{ kN}$ (vedi pagine precedenti)

Considerando una diffusione del carico a 45° in direzione dei tre lati appoggiati della piastra, il momento massimo vale

$$M_d = (60,00 / 3) \cdot 0,05 = 1,00 \text{ kN m} = 1000000 \text{ N mm}$$

da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 1000000 / 1,2 \cdot (100 \cdot 15^2 / 6) = 222,2 \text{ N/mm}^2 < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = 338,1 \text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta.

13. VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI PIANO PRIMO

13.1. Attacco 8

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni assiale e tagliante applicate dalla trave di solaio (34,5 × 50) cm al corrente inferiore della pelle interna.

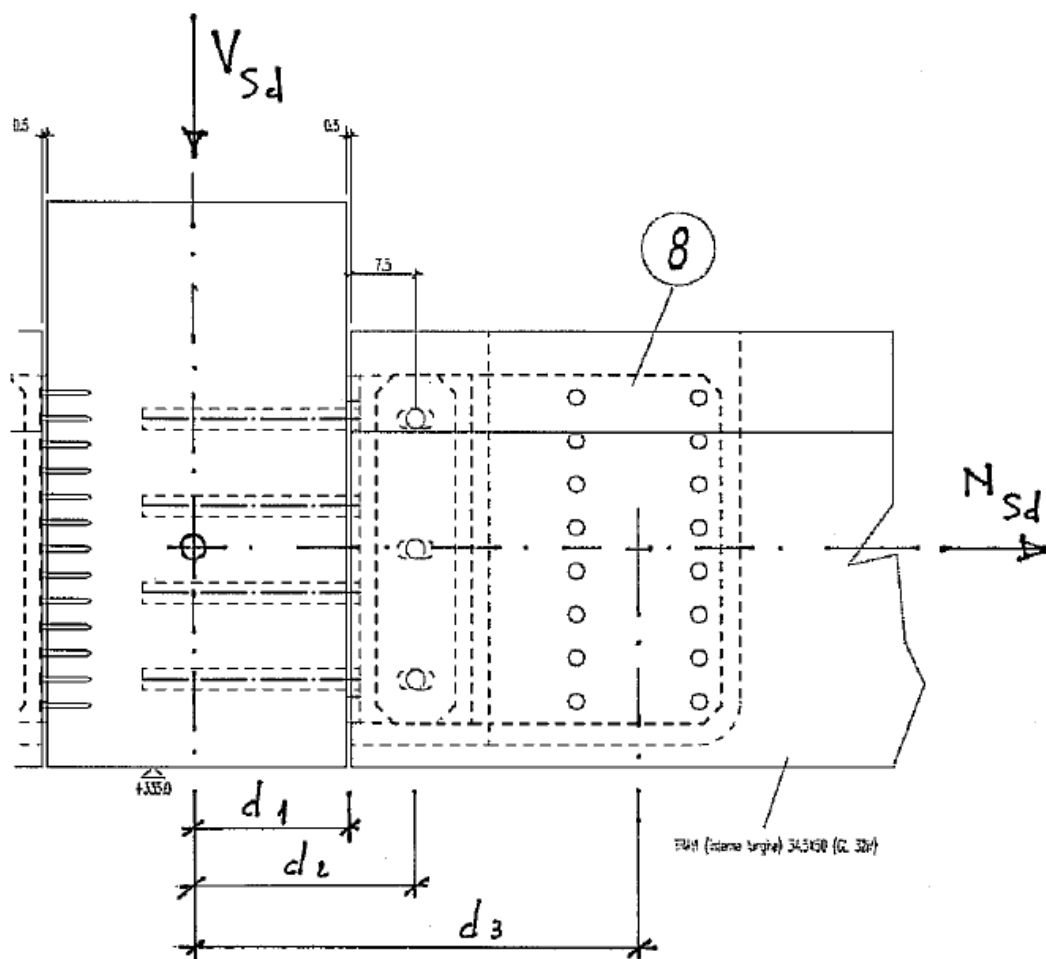
Pertanto:

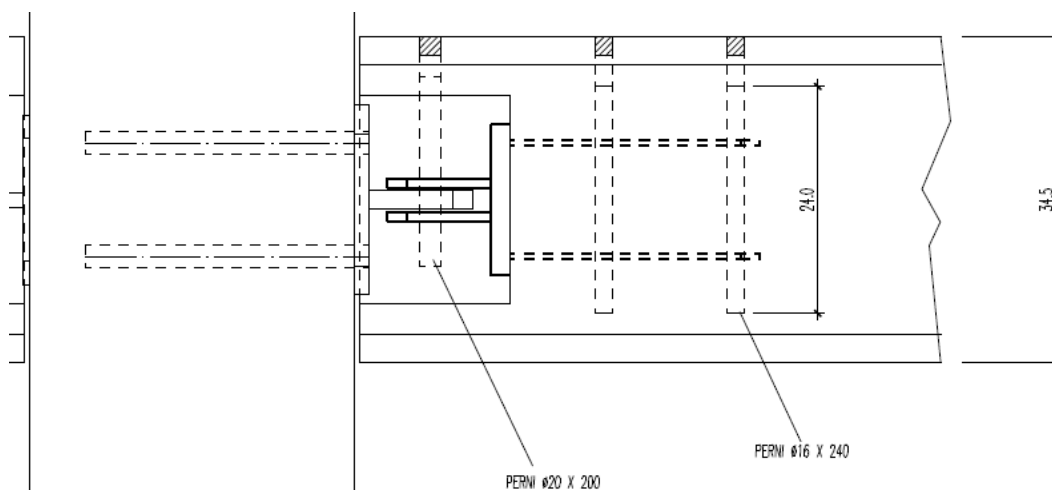
$V_{Sd} = 90,74 \text{ kN}$ (taglio nella trave)

$N_{Sd} = 41,29 \text{ kN}$ (trazione nella trave)

Stato limite considerato: “SLU 4”.

Si assume la *cerniera teorica* sull’asse del corrente inferiore della pelle esterna (vedi grafico sotto).





Verifica delle barre incollate $\phi 24 \times 250$ mm (tondo ad aderenza migliorata B450C)

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni applicate all'attacco dalla trave di solaio (vedi schema grafico alla pagina precedente):

$V_{Sd} = 90,74 \text{ kN}$ (taglio nella trave)

$N_{Sd} = 41,29 \text{ kN}$ (trazione nella trave)

Avendo assunto la cerniera teorica sull'asse del corrente della pelle esterna è presente anche un'azione flettente pari a:

$M_{Sd} = V_{Sd} \cdot d_1 = 90,74 \cdot 0,172 = 15,65 \text{ kN m}$

Pertanto le barre resinate sono soggette sia a trazione, sotto l'azione della forza assiale N_{Sd} e del momento M_{Sd} , che a taglio, sotto l'azione della forza tagliente V_{Sd} .

La sollecitazione di trazione applicata alla barra più sollecitata, determinata a seguito di calcolo della sezione parzializzata legno – barre resinate, è pari circa a:

$F_{ax, Sd} = 25,00 \text{ kN}$

inferiore al valore minore di progetto della capacità portante a trazione

$F_{ax, Rd} = \pi \cdot 26 \cdot 235 \cdot (1,0 \cdot 4,0 / 1,50) = 51200 \text{ N} = 51,20 \text{ kN}$

determinato sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{ax, Rd} = \min \begin{cases} f_{yd} \cdot A_{res} \\ \pi \cdot d_{eq} \cdot \ell_{ad} \cdot f_{v, d} \\ f_{t, 0, d} \cdot A_{eff} \end{cases}$$

dove:

$l_{ad} = 235 \text{ mm}$ (lunghezza di ancoraggio della barra)

$d_{eq} = 1,1 \cdot d = 26 \text{ mm}$ (diametro del foro)

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

$f_{v,d} = 1,0 \cdot 4,0 / 1,5 = 2,67 \text{ N/mm}^2$ (resistenza a scorrimento)

La verifica è soddisfatta.

La sollecitazione di taglio applicata alle barre resinate è pari a:

$F_{v,Sd} = V_{Sd} / 8 = \mathbf{11,34 \text{ kN}}$

inferiore al valore di progetto della capacità portante a taglio

$F_{v,Rd} = 1,0 \cdot 21,50 / 1,50 = \mathbf{14,34 \text{ kN}}$

determinata sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.4 f_{hk} t_1 d & (a) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (b) \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{hk} t_1 d & (c) \\ f_{hk} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{yk}}{f_{hk} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ 2.3 \sqrt{M_{yk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \end{cases}$$

La verifica è soddisfatta.

Si esegue infine la verifica combinata secondo CNR 206.

$$\left(\frac{F_{ax,Sd}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{la,Sd}}{F_{la,Rd}} \right)^2 \leq 1 \quad (7.66)$$

Pertanto

$$(25,00 / 51,20)^2 + (11,34 / 14,34)^2 = \mathbf{0,86} < 1$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra verticale sulle barre resinate (15 × 200) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a punzonamento della piastra sotto l'azione delle forze concentrate delle barre resinate.

L'azione di trazione sulla barra resinata più sollecitata è pari a:

$$F_{t,Ed} = \mathbf{25,00\ kN}$$
 (vedi pagine precedenti)

Considerando una diffusione del carico a 45° in direzione del lato di appoggio della piastra, il momento massimo vale

$$M_d = 25,00 \cdot 0,06 = 1,50\ \text{kN m} = 1500000\ \text{N mm}$$

da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 1500000 / 1,2 \cdot (120 \cdot 15^2 / 6) = \mathbf{277,7\ N/mm^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = \mathbf{338,1\ N/mm^2}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei perni ϕ 20 (acciaio S355)

Si esegue la verifica a taglio del perno più sollecitato sotto l'azione delle forze applicate dai pettini (10 + 20 + 10) mm (vedi schema grafico alle pagine precedenti):

$$V_{Sd} = \mathbf{90,74\ kN}$$
 (taglio nella trave)

$$N_{Sd} = \mathbf{41,29\ kN}$$
 (trazione nella trave)

Avendo assunto la cerniera teorica sull'asse del corrente della pelle esterna è presente anche un'azione flettente pari a:

$$M_{Sd} = V_{Sd} \cdot d_2 = 90,74 \cdot 0,252 = \mathbf{22,91\ kN m}$$

Ne risulta sul perno più sollecitato la seguente azione tagliente (due sezioni di taglio):

$$F_{v,Ed} = 95,05 / 2 = \mathbf{47,52\ kN}$$

Per il calcolo della resistenza a taglio si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.69)*:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tk} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 510 \cdot 314 / 1,25 = 76867\ \text{N} = \mathbf{76,86\ kN} > F_{v,Ed}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei pettini (10 + 20 + 10) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a rifollamento sotto l'azione della forze concentrata dei perni.

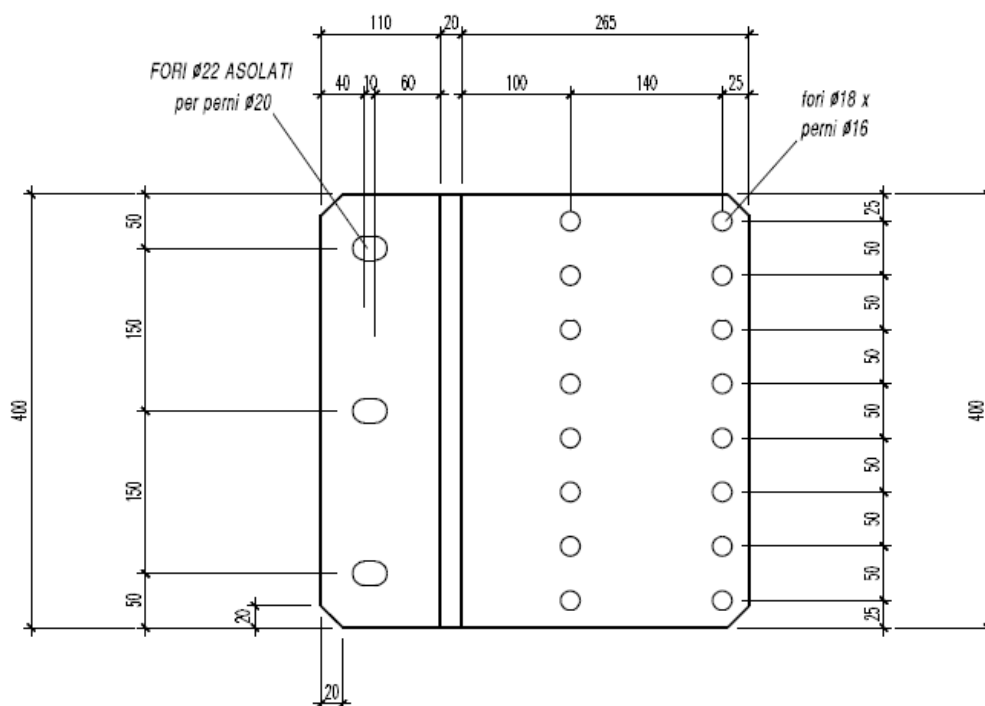
Per il calcolo della resistenza a rifollamento si fa riferimento a *NTC 2008* (4.2.70):

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_{tk} / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 355 / 1,05 = 101428 \text{ N} = \mathbf{101,42 \text{ kN}} > F_{v,Ed}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica delle lame interne (6 × 400) mm (acciaio S355) con perni $\phi 16 \times 240$ mm

Il collegamento della trave (34,5 × 50) cm all'attacco si realizza mediante n. 2 lame metalliche a scomparsa (6 × 400) mm, fissate con n. 16 perni $\phi 16 \times 240$ mm.



Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni applicate all'attacco dalla trave di solaio (vedi schema grafico alla pagina precedente):

$$V_{Sd} = \mathbf{90,74 \text{ kN}} \text{ (taglio nella trave)}$$

$$N_{Sd} = \mathbf{41,29 \text{ kN}} \text{ (trazione nella trave)}$$

Avendo assunto la cerniera teorica sull'asse del corrente della pelle esterna è presente anche un'azione flettente pari a:

$$M_{Sd} = V_{Sd} \cdot d_3 = 90,74 \cdot 0,507 = \mathbf{46,00 \text{ kN m}}$$

Verifica dei perni $\phi 16 \times 240$ mm ($f_{uk} = 600 \text{ N/mm}^2$)

Stato limite considerato: SLU.

Dati: $\gamma_m = 1,5$ (combinazione fondamentale) e $k_{mod} = 1,0$ (durata istantanea).

Le azioni agenti in corrispondenza del baricentro della distribuzione di perni valgono:

$V_{Sd} = 90,74 \text{ kN}$ (taglio nella trave)

$N_{Sd} = 41,29 \text{ kN}$ (trazione nella trave)

$M_{Sd} = 46,00 \text{ kN}$ (momento flettente nella trave)

A seguito di calcolo tramite momento polare della distribuzione di perni, l'azione di taglio agente sul perno più sollecitato risulta:

$F_{v,Sd} = 31,50 \text{ kN}$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del perno $\varnothing 16 \times 240 \text{ mm}$ (acciaio $f_u = 600 \text{ N/mm}^2$, legno lamellare $GL32h$).

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti, opportunamente combinate:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,k}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,1,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (k) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (m) \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 2 \cdot (2 \cdot 11,60) = 46,40 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_m = \frac{1,0 \cdot 46,40}{1,5} = 31,00 \text{ kN} \approx F_{v,Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

13.2. Attacco 11

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni assiale e tagliante applicate dalla trave secondaria di solaio (24 × 38) cm alla trave principale di solaio (34,5 × 50) cm.

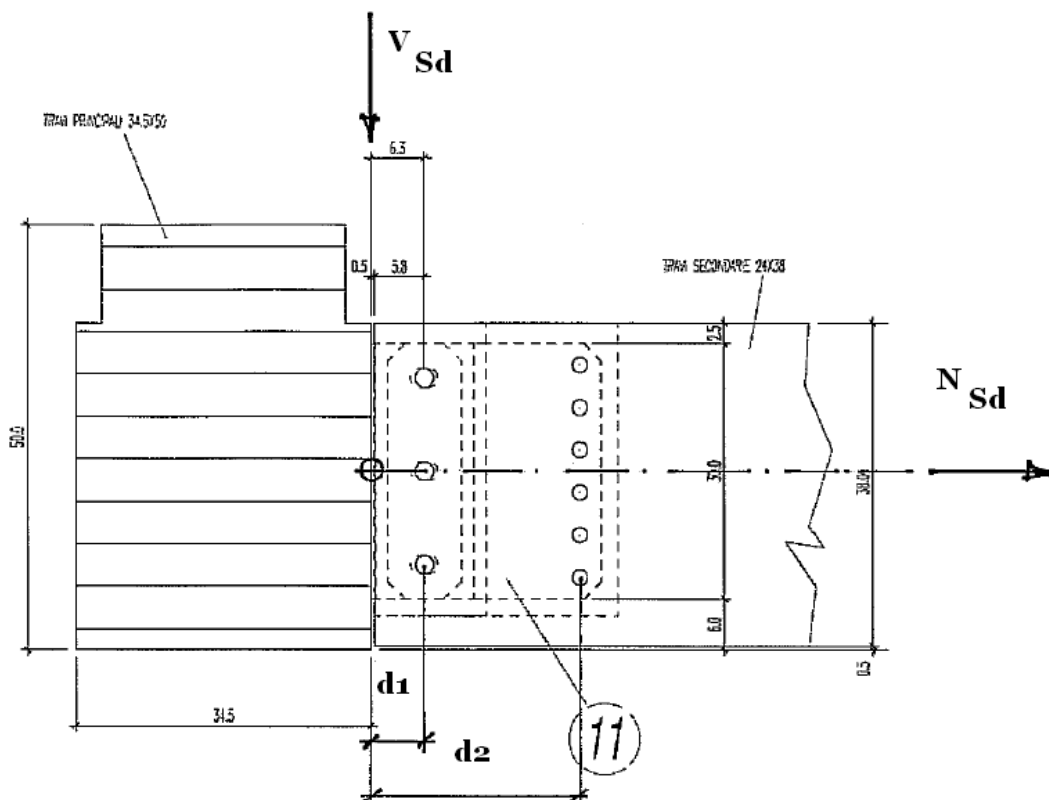
Pertanto:

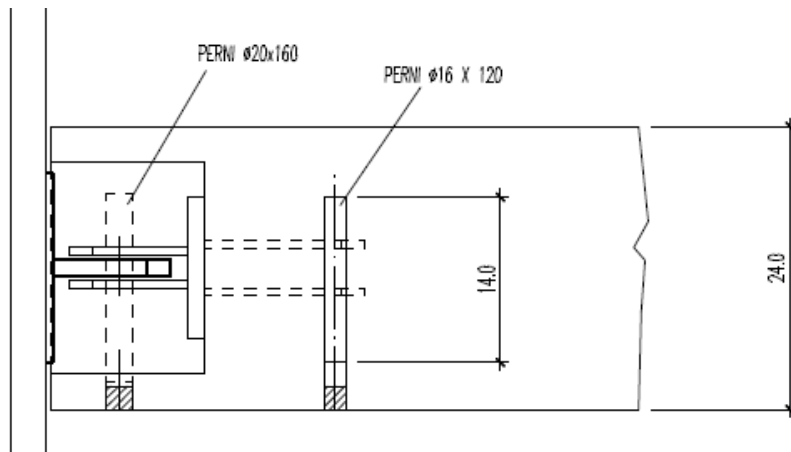
$V_{Sd} = 29,88 \text{ kN}$ (taglio nella trave secondaria)

$N_{Sd} = 28,04 \text{ kN}$ (trazione nella trave secondaria)

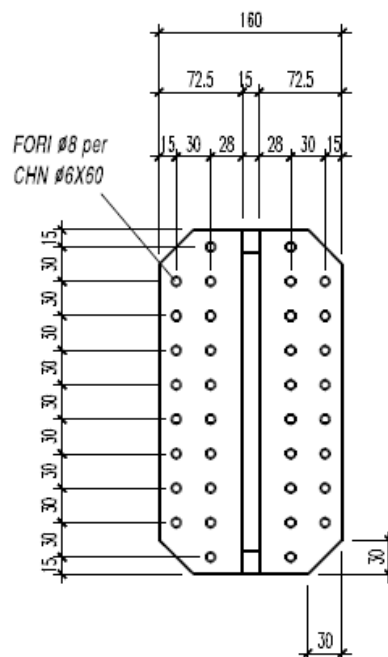
Stato limite considerato: “SLU 2”.

Vista la simmetria di carico, si può assumere la *cerniera teorica* a filo con la trave principale (vedi grafico sotto).





Verifica della chiodatura alla trave principale con n. 36 $\phi 6 \times 60$ mm ($f_{uk} = 600$ N/mm²)



Stato limite considerato: SLU.

Pertanto: $\gamma_m = 1,5$ (unioni) e $k_{mod} = 0,9$ (breve durata)

Avendo assunto la cerniera teorica a filo con la piastra chiodata, la chiodatura è soggetta alla sola azione tagliante pari a:

$V_{Sd} = 29,88$ kN (vedi pagina precedente)

Pertanto l'azione di taglio agente su ogni chiodo risulta:

$$F_{v,Sd} = V_{Sd} / n = 29,88 / 36 = \mathbf{0,83 \text{ kN}}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del chiodo $\varnothing 6 \times 60 \text{ mm}$.

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.4 f_{h,k} t_1 d \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 3,07 \text{ kN}$$

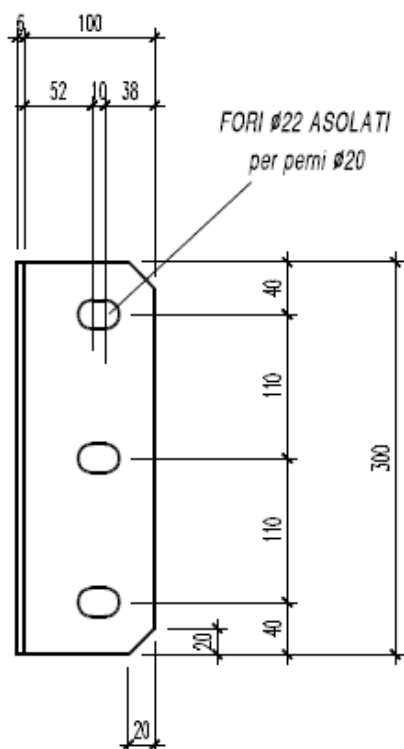
$$F_{v,Rd} = \frac{0,9 \cdot 3,07}{1,5} = \mathbf{1,84 \text{ kN}}$$

superiore al valore prima indicato (0,83 kN).

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei perni $\varnothing 20$ (acciaio S355)

Si esegue la verifica a taglio del perno più sollecitato sotto l'azione delle forze applicate dai pettini (6 + 15 + 6) mm (vedi schema grafico alle pagine precedenti):



$V_{Sd} = 29,88 \text{ kN}$ (taglio nella trave)

$N_{Sd} = 28,04 \text{ kN}$ (trazione nella trave)

Avendo assunto la cerniera teorica a filo della trave principale è presente anche un'azione flettente pari a:

$$M_{Sd} = V_{Sd} \cdot d_1 = 29,88 \cdot 0,063 = 1,88 \text{ kN m}$$

Ne risulta sul perno più sollecitato la seguente azione tagliante (due sezioni di taglio):

$$F_{v,Ed} = 20,52 / 2 = 10,25 \text{ kN}$$

Per il calcolo della resistenza a taglio si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.69)*:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tk} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 510 \cdot 314 / 1,25 = 76867 \text{ N} = 76,86 \text{ kN} > F_{v,Ed}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei pettini (6 + 15 + 6) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a rifollamento sotto l'azione delle forze concentrate dei perni.

Per il calcolo della resistenza a rifollamento si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.70)*:

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_{tk} / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 6 \cdot 20 \cdot 355 / 1,05 = 60856 \text{ N} = 60,85 \text{ kN} > F_{v,Ed}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica delle lame interne (6 × 300) mm (acciaio S355) con perni $\phi 16 \times 140 \text{ mm}$

Il collegamento della trave (24 × 38) cm all'attacco si realizza mediante n. 2 lame metalliche a scomparsa (6 × 300) mm, fissate con n. 6 perni $\phi 16 \times 140 \text{ mm}$.

A seguito di calcolo tramite momento polare della distribuzione di perni, l'azione di taglio agente sul perno più sollecitato risulta:

$$F_{v,Sd} = \mathbf{26,40 \text{ kN}}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del perno $\varnothing 16 \times 140 \text{ mm}$ (acciaio $f_u = 600 \text{ N/mm}^2$, legno lamellare $GL32h$).

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti, opportunamente combinate:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,k}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (k) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (m) \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 2 \cdot (14,45 + 8,05) = 45,00 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_m = \frac{0,9 \cdot 45,00}{1,5} = \mathbf{27,00 \text{ kN}} > F_{v,Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

In analogia alla verifica degli attacchi 8 e 11 è stata svolta la verifica dell'attacco 9 di tavola CM 4, qui omessa per brevità.

13.3. Attacco 17

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni assiale e tagliante applicate dalla trave secondaria di solaio (24×38) cm alla trave principale di solaio ($34,5 \times 50$) cm nelle tre zone del primo solaio dove è stato previsto l'incastro trasversale.

Avendo l'incastro trasversale la sola funzione di limitare la deformabilità locale, e viste anche le difficoltà realizzative del collegamento, si ritiene già soddisfacente adottare per le verifiche un valore delle sollecitazioni ridotto (da 75 a 80 % circa), solo ove necessario.

Pertanto:

$V_{Sd} = 74,89 \text{ kN}$ (taglio nella trave)

$N_{Sd} = 34,52 \text{ kN}$ (trazione nella trave)

$M_{Sd} = 116,91 \text{ kN m}$

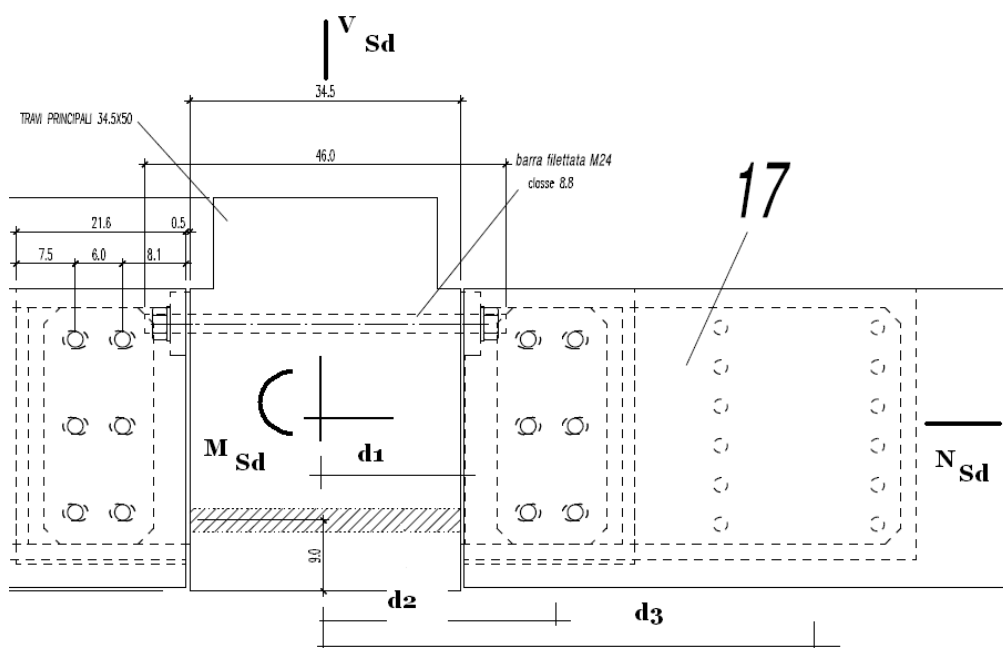
Stato limite considerato: "SLU 4".

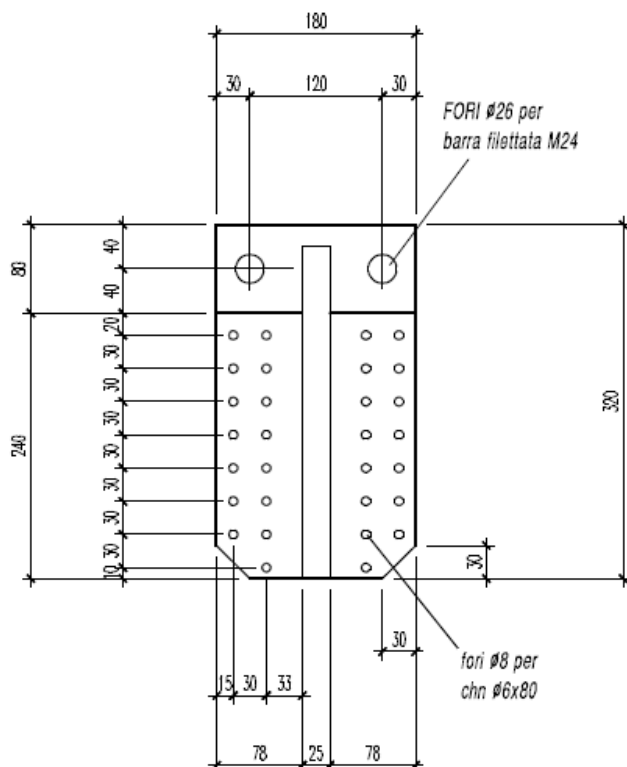
Si assume l'incastro teorico sull'asse della trave principale di solaio ($34,5 \times 50$) cm.

Al fine di ottenere il previsto momento negativo di incastro sulla trave secondaria si sono adottati i seguenti accorgimenti:

1. barre filettate passanti superiori soggette a trazione;
2. barra resinata passante inferiore di contrasto.

Le azioni tagliante ed assiale sono affidate alla chiodatura.



Verifica della chiodatura alla trave principale con n. 30 $\phi 6 \times 80$ mm ($f_{uk} = 600$ N/mm²)

Stato limite considerato: SLU "4".

Pertanto: $\gamma_m = 1,5$ (unioni) e $k_{mod} = 1,0$ (durata istantanea)

Avendo assunto la cerniera teorica in asse alla trave principale la chiodatura, posta alla distanza $d_1 = 17,25$ cm, è soggetta alle seguenti sollecitazioni (vedi pagine precedenti):

$$V_{Sd} = \mathbf{70,90 \text{ kN}}$$

$$N_{Sd} = \mathbf{34,52 \text{ kN}}$$

Pertanto l'azione di taglio agente su ogni chiodo risulta:

$$F_{v,Sd} = V_{Sd} / n = 70,90 / 30 = \mathbf{2,36 \text{ kN}}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del chiodo $\phi 6 \times 80$ mm.

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.4 f_{h,k} t_1 d \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 3,77 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{1,0 \cdot 3,77}{1,5} = \mathbf{2,52 \text{ kN}}$$

superiore al valore prima indicato (2,36 kN).

L'azione di estrazione agente su ogni chiodo è pari a:

$$F_{ax,Sd} = N_{Sd} / n = 34,52 / 30 = \mathbf{1,15 \text{ kN}}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del chiodo $\varnothing 6 \times 80 \text{ mm}$.

$$F_{ax,Rd} = \frac{1,0 \cdot 3,05}{1,5} = \mathbf{2,03 \text{ kN}} > F_{ax,Sd}$$

Si esegue infine la verifica combinata secondo CNR 206.

$$\left(\frac{F_{ax,Sd}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{la,Sd}}{F_{la,Rd}} \right)^2 \leq 1 \quad (7.66)$$

Pertanto

$$(1,15 / 2,03)^2 + (2,36 / 2,52)^2 = 0,8 \times 1,1 = \mathbf{0,88} < 1$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica delle barre filettate superiori M20 (classe 8.8)

Si esegue la verifica a trazione delle barre sotto l'azione della forza dovuta al solo momento d'incastro.

Pertanto alla distanza $d_1 = 17,25 \text{ cm}$ dall'incastro teorico il momento vale:

$$M_{Sd} = \mathbf{105,42 \text{ kN m}}$$

da cui la forza di trazione sulle barre filettate:

$$F_{t,Ed} = 105,00 / 2 \cdot 0,25 = \mathbf{168,00 \text{ kN}}$$

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.62)*:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 800 \cdot 353 / 1,25 = 203320 \text{ N} = \mathbf{203,32 \text{ kN}} > F_{t,Ed}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della piastra verticale sulle barre filettate (25 × 80) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a punzonamento della piastra sotto l'azione delle forze concentrate delle barre filettate.

L'azione di trazione sulla barra più sollecitata è pari a:

$$F_{t,Ed} = \mathbf{201,90 \text{ kN}}$$
 (vedi pagina precedente)

Considerando una diffusione del carico a 45° in due direzioni della piastra, il momento massimo vale

$$M_d = 0,8 \times (201,90 / 2) \cdot 0,04 = 3,23 \text{ kN m} = 3230000 \text{ N mm}$$

da cui

$$\sigma_d = M_d / \psi W = 3230000 / 1,2 \cdot (80 \cdot 25^2 / 6) = \mathbf{322,1 \text{ N/mm}^2} < f_d = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = \mathbf{338,1 \text{ N/mm}^2}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei perni $\phi 20$ (acciaio S355)

Si esegue la verifica a taglio del perno più sollecitato sotto l'azione delle forze applicate dai pettini (15 + 25 + 15) mm alla distanza $d_2 = 29 \text{ cm}$ (vedi grafico):

$$V_{Sd} = \mathbf{67,62 \text{ kN}}$$
 (taglio nella trave)

$$N_{Sd} = \mathbf{34,52 \text{ kN}}$$
 (trazione nella trave)

$$M_{Sd} = \mathbf{96,23 \text{ kN m}}$$

Ne risulta sul perno più sollecitato la seguente azione tagliente (due sezioni di taglio):

$$F_{v,Ed} = 0,8 \times (205,00 / 2) = \mathbf{82,00 \text{ kN}}$$

Per il calcolo della resistenza a taglio si fa riferimento a *NTC 2008* (4.2.69):

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tk} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 600 \cdot 314 / 1,25 = 90430 \text{ N} = \mathbf{90,43 \text{ kN}} > F_{v,Ed}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei pettini (15 + 25 + 15) mm (acciaio S355)

Si esegue la verifica a rifollamento sotto l'azione della forze concentrata dei perni.

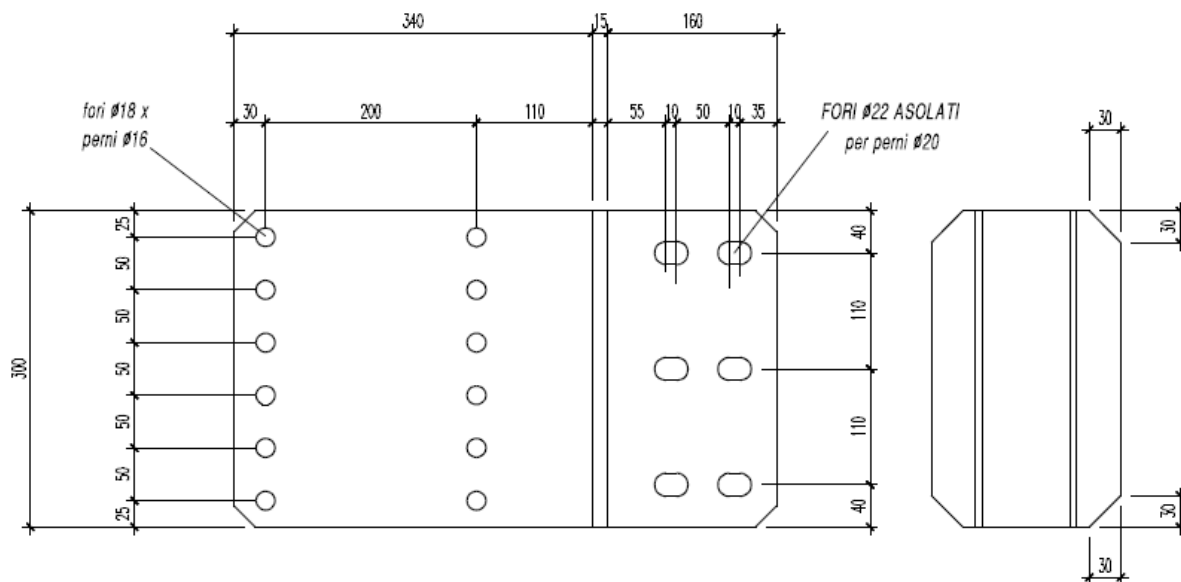
Per il calcolo della resistenza a rifollamento si fa riferimento a *NTC 2008* (4.2.70):

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_{tk} / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 15 \cdot 20 \cdot 355 / 1,05 = 152142 \text{ N} = \mathbf{152,14 \text{ kN}} > F_{v,Ed}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica delle lame interne (6 × 300) mm (acciaio S355) con perni $\phi 16 \times 180$ mm

Il collegamento della trave (24 × 38) cm all'attacco si realizza mediante n. 2 lame metalliche a scomparsa (6 × 300) mm, fissate con n. 12 perni $\phi 16 \times 180$ mm.



Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni applicate all'attacco dalla trave di solaio alla distanza $d_3 = 60$ cm (vedi grafico):

$V_{Sd} = 58,16$ kN (taglio nella trave)

$N_{Sd} = 34,52$ kN (trazione nella trave)

$M_{Sd} = 71,05$ kN m

Verifica dei perni $\phi 16 \times 180$ mm ($f_{uk} = 600$ N/mm²)

Stato limite considerato: SLU.

Dati: $\gamma_m = 1,5$ (combinazione fondamentale) e $k_{mod} = 1,0$ (durata istantanea).

Le azioni agenti in corrispondenza del baricentro della distribuzione di perni valgono:

$V_{Sd} = 58,16$ kN (taglio nella trave)

$N_{Sd} = 34,52$ kN (trazione nella trave)

$M_{Sd} = 71,05$ kN (momento flettente nella trave)

A seguito di calcolo tramite momento polare della distribuzione di perni, l'azione di taglio agente sul perno più sollecitato risulta:

$$F_{v,Sd} = 0,75 \times 54,00 = \mathbf{40,50 \text{ kN}}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del perno $\varnothing 16 \times 180 \text{ mm}$ (acciaio $f_u = 600 \text{ N/mm}^2$, legno lamellare $GL32h$).

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti, opportunamente combinate:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,k}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (k) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (m) \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 2 \cdot (2 \cdot 11,60) = 46,40 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_m = \frac{1,0 \cdot 56,50}{1,5} = \mathbf{38,00 \text{ kN}} \approx F_{v,Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

14. VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI PIANO SECONDO

14.1. Attacco 15

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni assiale e tagliente applicate dalla trave principale di solaio ($34,5 \times 50$) cm alla trave di banchina (12×50) cm.

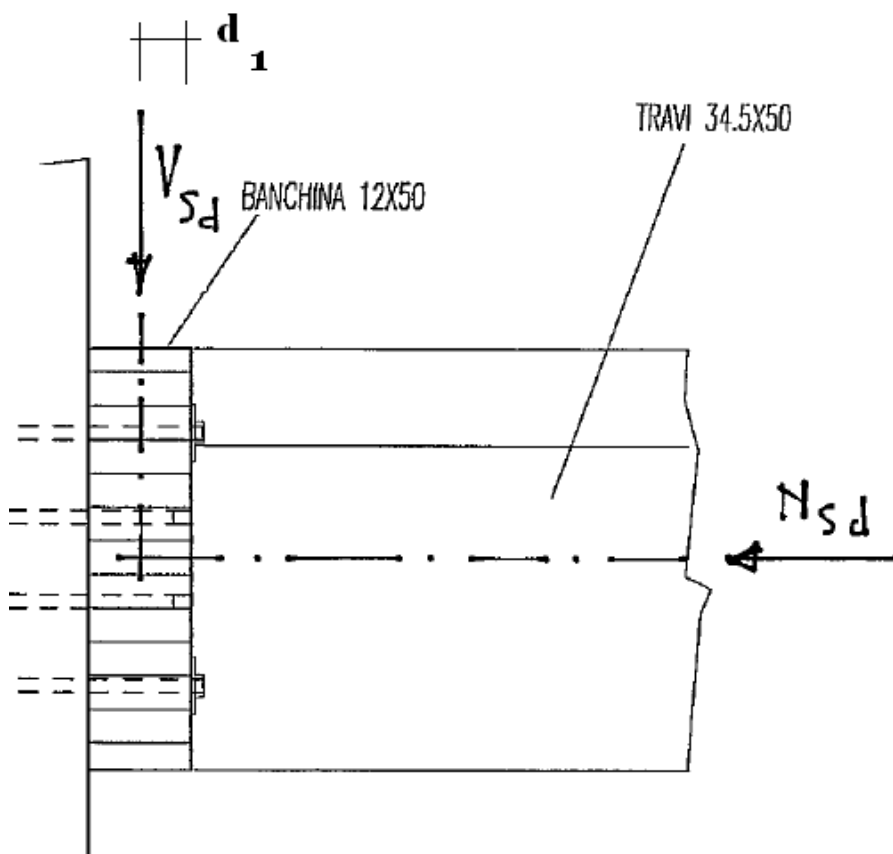
Pertanto:

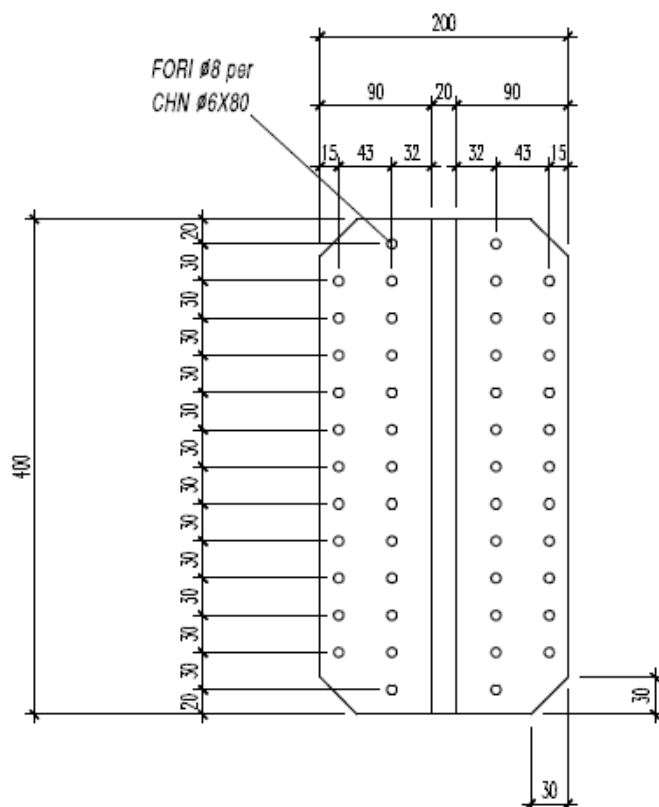
$V_{sd} = 87,58 \text{ kN}$ (taglio nella trave principale di solaio)

$N_{sd} = -10,52 \text{ kN}$ (compressione nella trave principale di solaio)

Stato limite considerato: “SLU 2”.

Si assume la *cerniera teorica* in asse con la trave di banchina (vedi grafico sotto).



Verifica della chiodatura alla trave di banchina con n. 48 $\phi 6 \times 80$ mm ($f_{uk} = 600$ N/mm²)

Stato limite considerato: SLU.

Pertanto: $\gamma_m = 1,5$ (unioni) e $k_{mod} = 0,9$ (breve durata)

Si esegue la verifica della chiodatura per le seguenti sollecitazioni:

$V_{Sd} = 87,58$ kN (taglio nella trave principale di solaio)

$N_{Sd} = - 10,52$ kN (compressione nella trave principale di solaio)

Avendo assunto la cerniera teorica con la trave di banchina è presente anche un'azione flettente pari a:

$M_{Sd} = V_{Sd} \cdot d_1 = 87,58 \cdot 0,06 = 5,25$ kN m

Pertanto l'azione di taglio agente su ogni chiodo risulta:

$F_{v,Sd} = V_{Sd} / n = 87,58 / 48 = 1,82$ kN

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del chiodo $\phi 6 \times 80$ mm.

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.4 f_{hk} t_1 d \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 3,42 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,9 \cdot 3,42}{1,5} = 2,05 \text{ kN}$$

superiore al valore prima indicato (1,82 kN).

L'azione di estrazione agente sul chiodo più sollecitato, dovuta alle azioni flettente ed assiale, è pari a:

$$F_{ax,Sd} = 0,80 \text{ kN}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante a estrazione del chiodo $\varnothing 6 \times 80 \text{ mm}$.

$$F_{ax,Rd} = \frac{0,9 \cdot 2,57}{1,5} = 1,54 \text{ kN} > F_{ax,Sd}$$

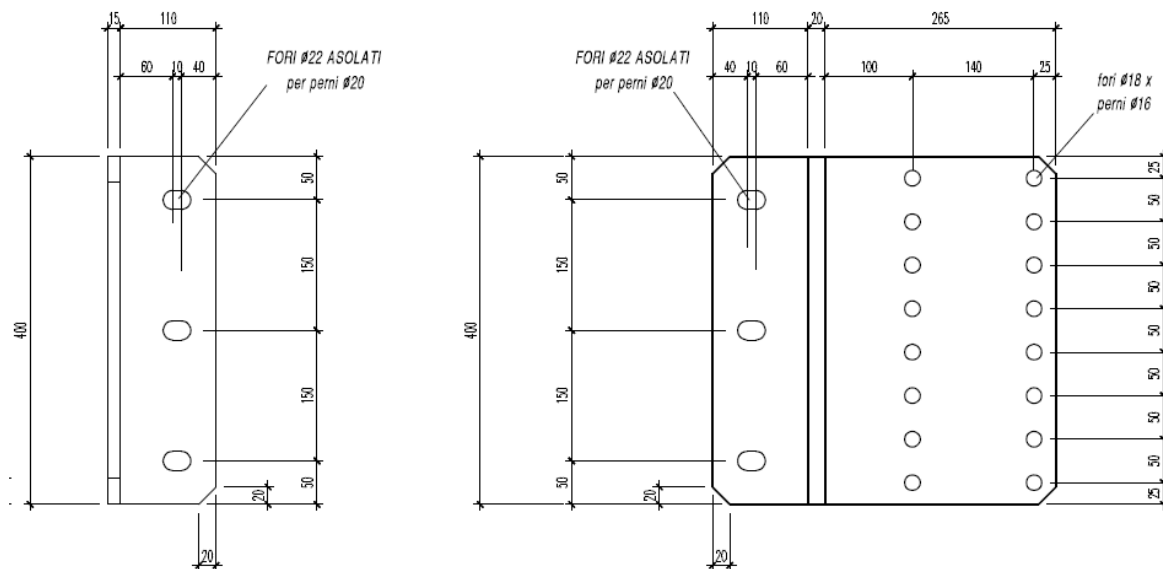
Si esegue infine la verifica combinata secondo CNR 206.

$$\left(\frac{F_{ax,Sd}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{la,Sd}}{F_{la,Rd}} \right)^2 \leq 1 \quad (7.66)$$

Pertanto

$$(0,82 / 1,54)^2 + (1,82 / 2,05)^2 = 1,0$$

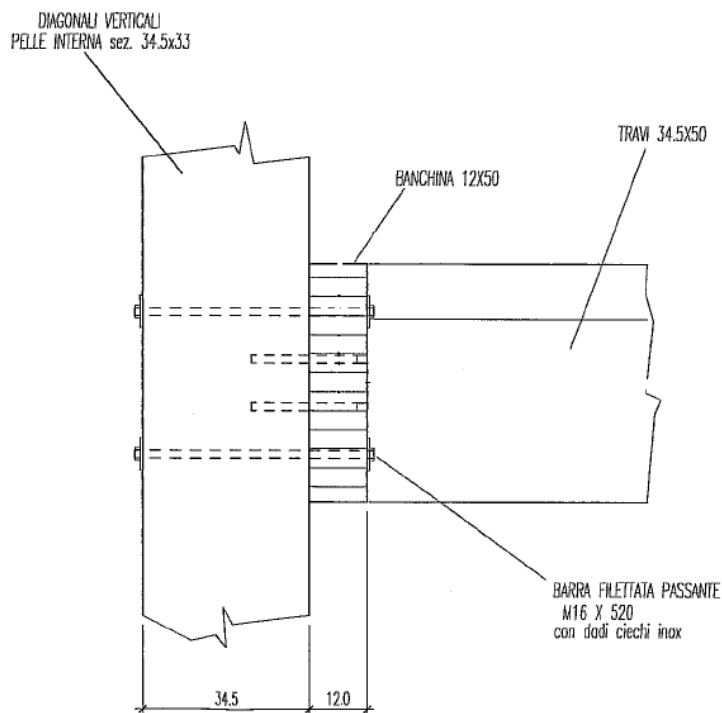
La verifica è soddisfatta.

Verifica degli altri componenti dell'attacco

Si rimanda alla verifica dell'attacco 8 di tavola CM 4, il quale ha gli stessi componenti ma sollecitazioni più gravose.

14.2. Fissaggio banchina (12 × 50)

Il collegamento in oggetto è realizzato mediante n. 8 perni $\phi 16 \times 220$ mm ($f_{uk} = 600$ N/mm²).



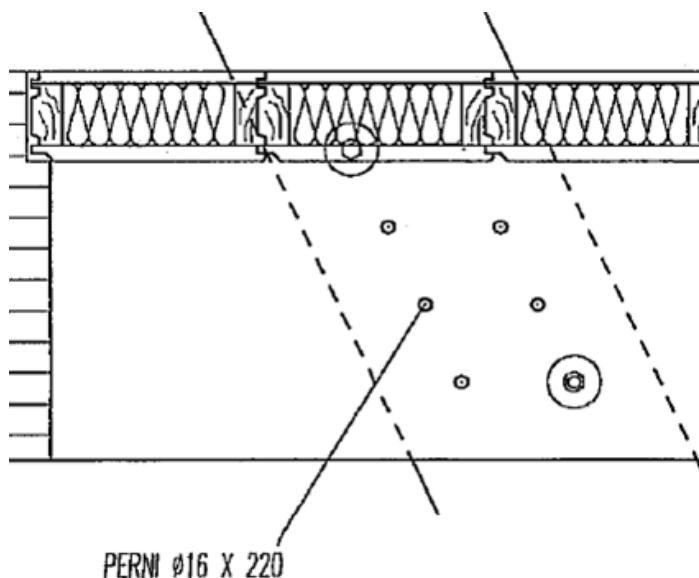
Si esegue la verifica considerando la massima azione tagliante applicata dalle travi principale di solaio (34,5 × 50) cm alla trave di banchina (12 × 50) cm.

Per quanto riguarda le azioni assiali nelle travi di solaio, queste ultime sono agenti significativamente solo in compressione e pertanto sono trasferite per contatto diretto.

Pertanto, data la massima azione tagliante applicata dalla trave principale di solaio (87,58 kN, vedi pagina precedente), i perni sono soggetti alla seguente:

$$V_{Sd} = 87,58 / 2 = \mathbf{43,79 \text{ kN}}$$

Stato limite considerato: “SLU 2”.



Pertanto l'azione di taglio agente su ogni perno risulta:

$$F_{v,Sd} = V_{Sd} / n = 43,79 / 8 = \mathbf{5,47 \text{ kN}}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del perno Ø 16 × 220 mm.

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.4 f_{hk} t_1 d & (a) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (b) \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{hk} t_1 d \quad (c) \\ f_{hk} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,k}}{f_{hk} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (d) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (e) \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 13,76 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,9 \cdot 13,76}{1,5} = 8,25 \text{ kN}$$

superiore al valore prima indicato (5,47 kN).

La verifica è soddisfatta.

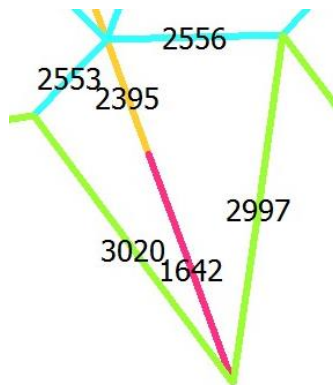
14.3. Attacco 11

Vedi “relazione collegamenti piano primo”.

15. VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – ATTACCHI PIANO COPERTURA

15.1. Attacco 51

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni assiali applicate dalle aste convergenti sull'attacco (aste 2997 / 3020 / 1642 – stato limite SLU “4”).

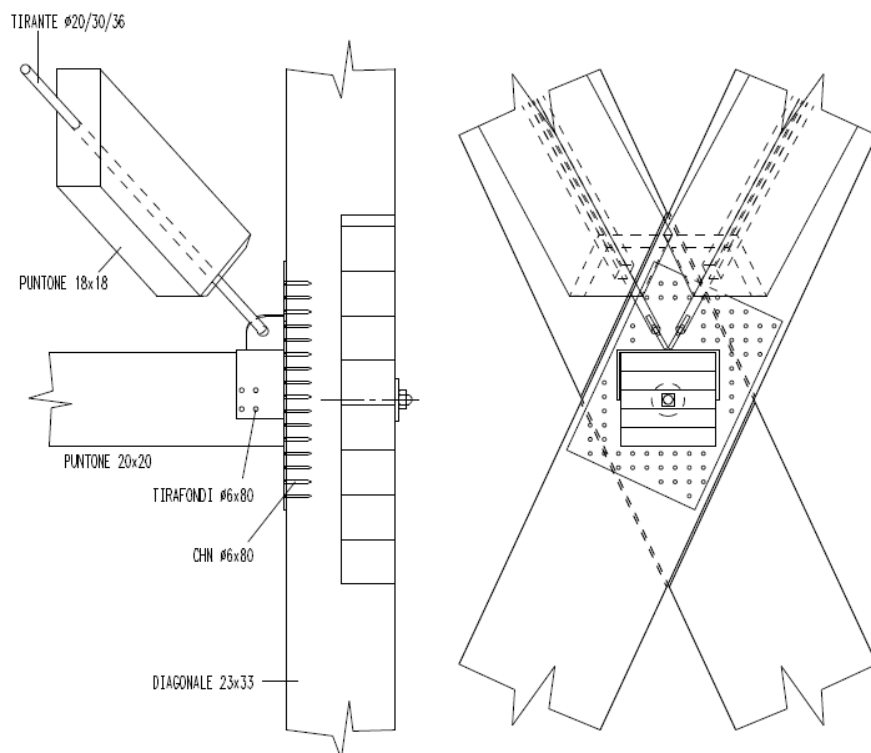


Pertanto:

asta 3020: $N_{Sd} = 278,37 \text{ kN}$ (trazione)

asta 2997: $N_{Sd} = 6,92 \text{ kN}$ (trazione)

asta 1642: $N_{Sd} = -178,90 \text{ kN}$ (compressione)



Verifica del tirante M 36 mm (acciaio S355)

Il tirante è passante all'interno del puntone in legno (18 × 18) cm.

Si esegue la verifica a trazione per la massima sollecitazione prevista (asta 3020).

Pertanto:

$$F_{t,Ed} = \mathbf{278,37 \text{ kN}}$$

Si confronta con la resistenza a trazione di progetto.

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.62)*:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 809 \cdot 510 / 1,25 = 297065 \text{ N} = \mathbf{297,06 \text{ kN}} > F_{t,Ed}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica del tirante M 30 mm (acciaio S355)

Il tirante è passante all'interno del puntone in legno (18 × 18) cm.

Si esegue la verifica a trazione per la massima sollecitazione prevista (asta 3019, *appartenente ad altro attacco*).

Pertanto:

$$F_{t,Ed} = \mathbf{149,36 \text{ kN}}$$

Si confronta con la resistenza a trazione di progetto.

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.62)*:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 561 \cdot 510 / 1,25 = 206000 \text{ N} = \mathbf{206,00 \text{ kN}} > F_{t,Ed}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica del tirante M 20 mm (acciaio S355)

Il tirante è posto all'interno del puntone in legno (18 × 18) cm.

Si esegue la verifica a trazione per la massima sollecitazione prevista (asta 2985, *appartenente ad altro attacco*).

Pertanto:

$$F_{t,Ed} = \mathbf{89,94 \text{ kN}}$$

Si confronta con la resistenza a trazione di progetto.

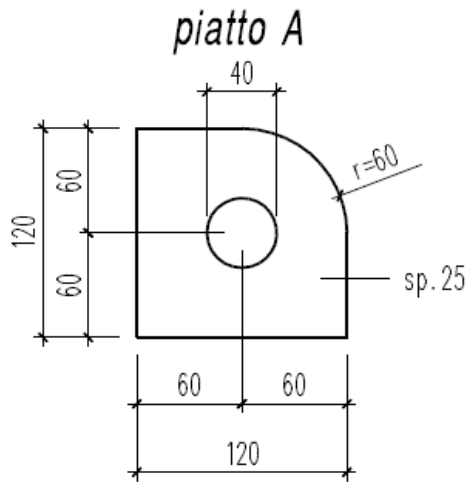
Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a *NTC 2008 (4.2.62)*:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 245 \cdot 510 / 1,25 = 89964 \text{ N} = \mathbf{89,96 \text{ kN}} > F_{t,Ed}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica del piatto di ancoraggio del tirante M 36 mm (acciaio S355)

Trattasi del piatto forato di ancoraggio del tirante in oggetto (piatto "A", spessore 25 mm). Il tirante è dotato all'estremità di forcina e perno standardizzati ed adeguatamente dimensionati.

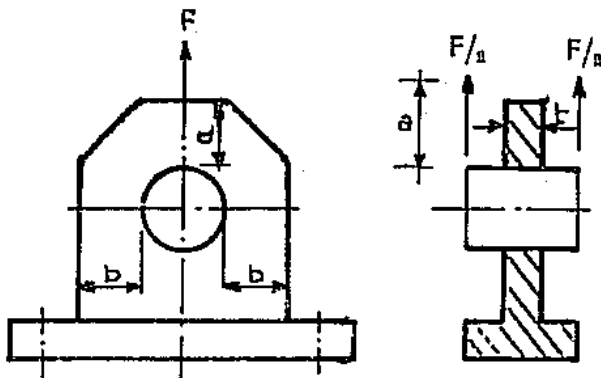


Stato limite considerato: SLU.

$$F_{t, Sd} = 278,37 \text{ kN}$$

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a a *CNR 10011*, par. 5.6.3.

$$\begin{aligned} 2 b t &\geq 1,4 F / f_d \\ t a &\geq F / f_d \end{aligned} \quad \text{Stati limite}$$

Sezione (a)

$$a \cdot t = 40 \cdot 25 = 1000 > F_{t, Sd} / f_d = 278370 / 338,1 = 823$$

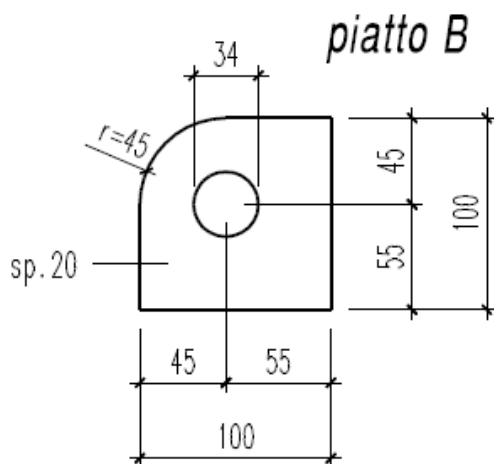
Sezione (b)

$$2 \cdot b \cdot t = 2 \cdot 40 \cdot 25 = 2000 > 1,4 \cdot F_{t, Sd} / f_d = 1,4 \cdot 278370 / 338,1 = 1152$$

Le verifiche sono soddisfatte.

Verifica del piatto di ancoraggio del tirante M 30 mm (acciaio S355)

Trattasi del piatto forato di ancoraggio del tirante in oggetto (piatto "B", spessore 20 mm). Il tirante è dotato all'estremità di forcina e perno standardizzati ed adeguatamente dimensionati.

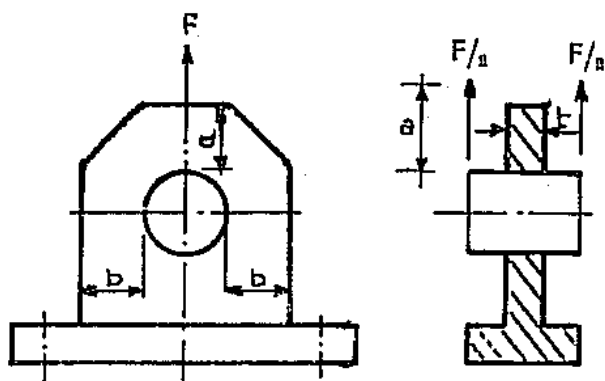


Stato limite considerato: SLU.

$F_{t,Sd} = 149,36 \text{ kN}$

Per il calcolo della resistenza a trazione si fa riferimento a a *CNR 10011, par. 5.6.3*.

$$\begin{aligned} 2 b t &\geq 1,4 F/f_d \\ t a &\geq F/f_d \end{aligned} \quad \text{Stati limite}$$



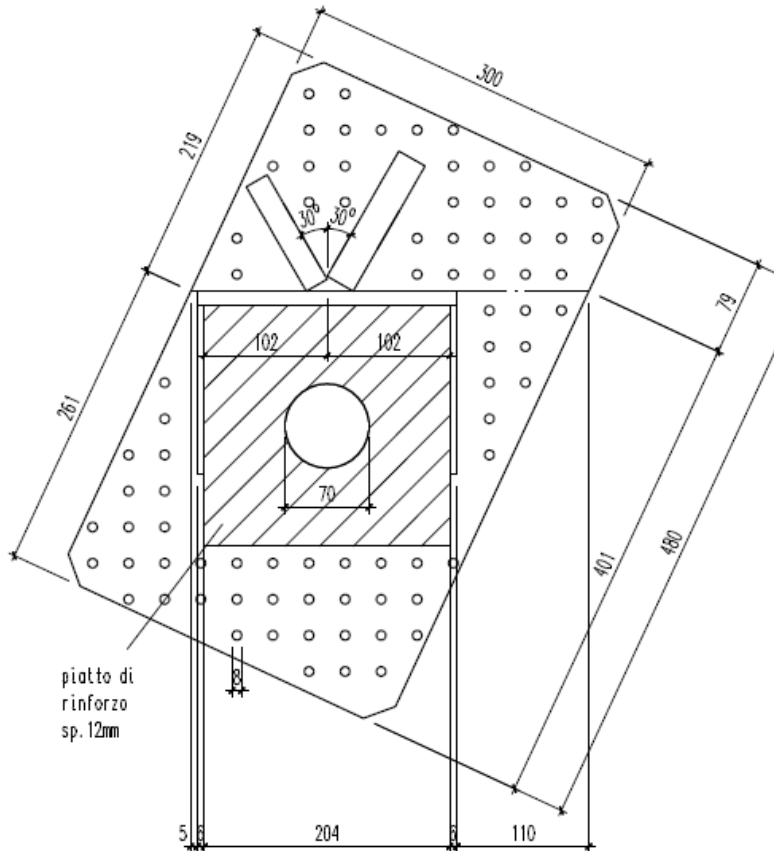
Sezione (a)

$$a \cdot t = 28 \cdot 20 = 560 > F_{t,Sd} / f_d = 149360 / 338,1 = 441$$

Sezione (b)

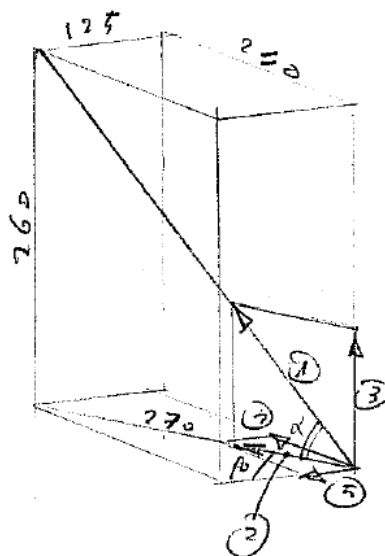
$$2 \cdot b \cdot t = 2 \cdot 28 \cdot 20 = \mathbf{1120} > 1,4 \cdot F_{t, Sd} / f_d = 1,4 \cdot 149360 / 338,1 = \mathbf{617}$$

Le verifiche sono soddisfatte.

Verifica della chiodatura alla “pelle esterna” con n. 85 $\phi 6 \times 80$ mm ($f_{uk} = 600$ N/mm²)

Si verifica la chiodatura a semplice taglio sotto l'azione della componente tagliante risultante nel piatto verticale chiodato.

Tale componente è stata determinata, mediante scomposizione delle forze, sulla base del seguente schema tridimensionale:



$$\alpha = 43^{\circ}91$$

$$\beta = 62^{\circ}48$$

Da cui:

$$(2) = \cos \alpha \cdot (1) = 0,72 \cdot (1)$$

$$(3) = \sin \alpha \cdot (1) = 0,69 \cdot (1)$$

$$(4) = \sin \beta \cdot (2) = 0,64 \cdot (1)$$

$$(5) = \cos \beta \cdot (2) = 0,33 \cdot (1)$$

Ne risultano sul piatto chiodato le seguenti azioni:

forza orizzontale ortogonale

$F_x = 0,64 \cdot (278,37 + 6,92) = 182,58 \text{ kN} \approx 178,90 \text{ kN}$ (compressione nell'asta 1642) → soddisfatto
pertanto l'equilibrio alla traslazione orizzontale;

taglio verticale

$$V_z = 0,69 \cdot (278,37 + 6,92) = 196,85 \text{ kN}$$

taglio orizzontale

$$V_y = 0,33 \cdot (278,37 - 6,92) = 89,74 \text{ kN}$$

taglio risultante

$$V_{Sd} = \sqrt{V_y^2 + V_z^2} = \mathbf{216,34 \text{ kN}}$$

Pertanto l'azione di taglio agente su ogni chiodo risulta:

$$F_{v,Sd} = V_{Sd} / n = 216,34 / 85 = \mathbf{2,5 \text{ kN}}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del chiodo $\varnothing 6 \times 80 \text{ mm}$.

Stato limite considerato: SLU.

Pertanto: $\gamma_m = 1,5$ (unioni) e $k_{mod} = 1,0$ (durata istantanea)

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.4 f_{h,k} t_1 d \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 3,77 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{1,0 \cdot 3,77}{1,5} = 2,52 \text{ kN}$$

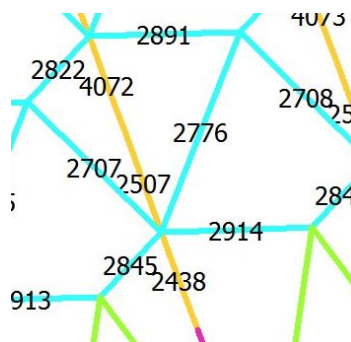
superiore al valore prima indicato (2,5 kN).

La verifica è soddisfatta.

15.2. Attacco 56 / 57 / 58

L'attacco in oggetto costituisce la base di alcune piramidi di copertura, in particolare quelle posizionate in prossimità del corrente superiore della "pelle interna".

Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni assiali applicate dalle aste convergenti sull'attacco (aste 2707 / 2776 / 2845 / 2914 – stato limite SLU "2").



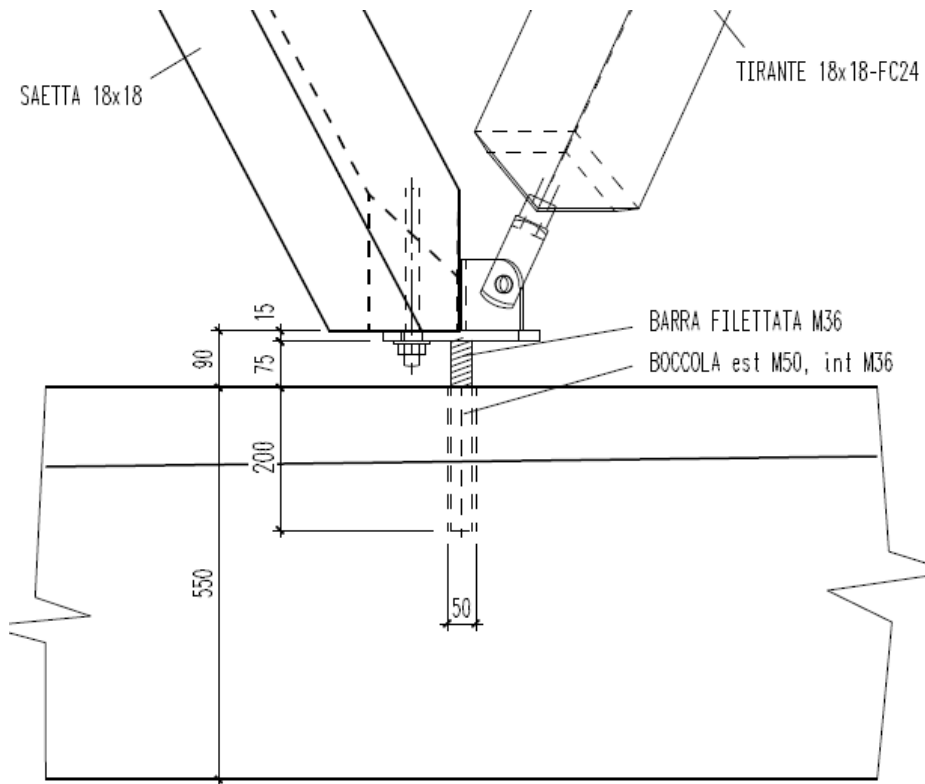
Pertanto:

asta 2707: $N_{Sd} = - 20,31 \text{ kN}$ (compressione)

asta 2776: $N_{Sd} = - 23,55 \text{ kN}$ (compressione)

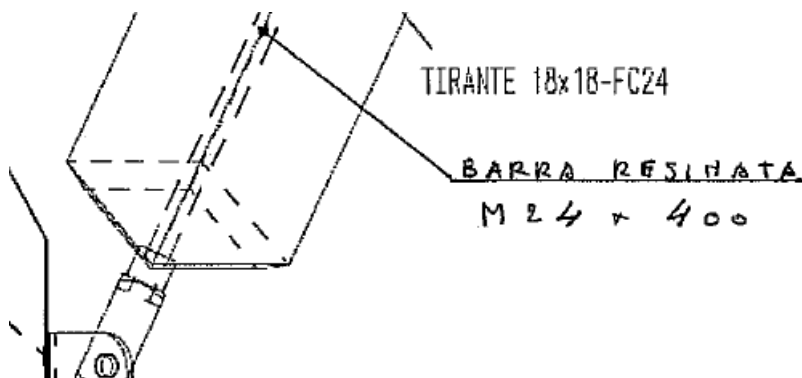
asta 2845: $N_{Sd} = 63,29 \text{ kN}$ (trazione)

asta 2914: $N_{Sd} = 59,53 \text{ kN}$ (trazione)



Verifica della barra resinata $\phi 24 \times 400 \text{ mm}$ (barra filettata classe 4.8)

La barra è posizionata all'interno del tirante (18×18) cm.



Si esegue la verifica considerando la massima sollecitazione di trazione prevista:

$N_{Sd} = 63,29 \text{ kN}$

Si confronta con il valore minore di progetto della capacità portante a trazione.

$$F_{ax,Rd} = \pi \cdot 26 \cdot 400 \cdot (0,9 \cdot 3,25 / 1,50) = 63710 \text{ N} = \mathbf{63,71 \text{ kN}}$$

determinato sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{ax,Rd} = \min \begin{cases} f_{yd} \cdot A_{res} \\ \pi \cdot d_{eq} \cdot l_{ad} \cdot f_{v,d} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} \end{cases}$$

dove:

$l_{ad} = 400 \text{ mm}$ (lunghezza di ancoraggio della barra)

$d_{eq} = 1,1 \cdot d = 26 \text{ mm}$ (diametro del foro)

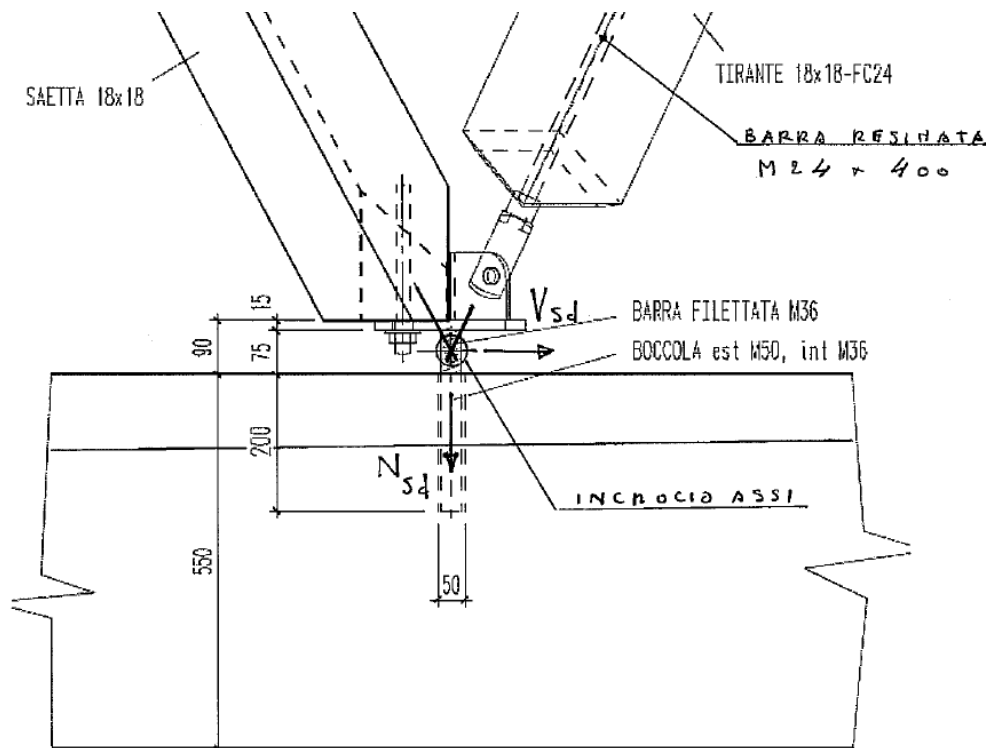
$f_{yd} = 400 \text{ N/mm}^2$

$f_{v,d} = 0,9 \cdot 3,25 / 1,5 = 1,95 \text{ N/mm}^2$ (resistenza a scorrimento)

La verifica è soddisfatta.

Verifica della barra filettata M 36 mm (barra filettata classe 4.8)

Si esegue la verifica sulla base dello schema grafico seguente che ipotizza la convergenza degli assi delle aste in mezzzeria della barra filettata (75 mm).



La barra filettata è soggetta pertanto alle seguenti sollecitazioni risultanti dalle azione assiali delle aste convergenti sull'attacco:

azione assiale di trazione

$$N_{Sd} = (63,29 + 59,53) \cdot \cos 38^\circ - (23,55 + 20,31) \cdot \cos 37^\circ = \mathbf{61,00 \text{ kN}}$$

essendo $\alpha = 38^\circ$ e $\beta = 37^\circ$ gli angoli sulla verticale delle aste.

taglio secondo asse della trave

$$V_x = (63,29 \cdot \sin 38^\circ) \cdot \cos 43^\circ + (59,53 \cdot \sin 38^\circ) \cdot \cos 43^\circ + (23,55 \cdot \sin 37^\circ) \cdot \cos 43^\circ + (20,31 \cdot \sin 37^\circ) \cdot \cos 43^\circ = 74,48 \text{ kN}$$

essendo $\gamma = 43^\circ$ l'angolo sulla orizzontale delle aste.

taglio ortogonale all'asse della trave

$$V_y = (63,29 \cdot \sin 38^\circ) \cdot \sin 43^\circ - (59,53 \cdot \sin 38^\circ) \cdot \sin 43^\circ + (23,55 \cdot \sin 37^\circ) \cdot \sin 43^\circ - (20,31 \cdot \sin 37^\circ) \cdot \sin 43^\circ = 2,98 \text{ kN}$$

essendo $\gamma = 43^\circ$ l'angolo sulla orizzontale delle aste.

taglio risultante

$$V_{Sd} = \sqrt{V_y^2 + V_z^2} = \mathbf{74,54 \text{ kN}}$$

E' presente inoltre un momento flettente pari a:

$$M_{Sd} = V_{Sd} \cdot L / 4 = 74,54 \cdot 0,075 / 4 = \mathbf{1,39 \text{ kNm}}$$

Si esegue la verifica combinata a flessione-trazione e taglio della barra sotto l'azione delle sollecitazioni precedentemente determinate:

$$N_{Sd} = \mathbf{61,00 \text{ kN}} \text{ (trazione)}$$

$$M_{Sd} = \mathbf{1,39 \text{ kNm}} \text{ (flessione)}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{74,54 \text{ kN}} \text{ (taglio)}$$

Secondo NTC 2008 (4.2.5)

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed} \sigma_{x,Ed} + 3 \tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk} / \gamma_{M0})^2 \quad (4.2.5)$$

Si considera la sezione di nocciolo della barra avente le seguenti caratteristiche:

$$\phi = 34 \text{ mm}$$

$$A = 876 \text{ mm}^2$$

$$W = 3850 \text{ mm}^3$$

Pertanto:

$$\sigma_{x,Ed} = (139000 / 3850) + (61000 / 876) = \mathbf{430 \text{ N/mm}^2}$$

$$\tau_{Ed} = 74540 / 876 = 85 \text{ N/mm}^2$$

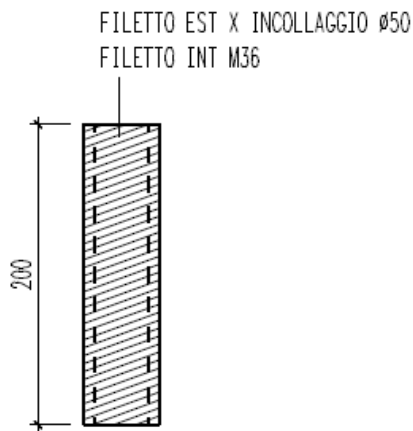
da cui

$$\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \tau_{Ed}^2 = 206575 < (640 / 1,05)^2 = 371520$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della boccola filettata M 50 mm resinata alla trave (acciaio S355)

Si esegue la verifica sulla base dello schema grafico precedente che ipotizza la convergenza degli assi delle aste in mezzzeria della barra filettata (75 mm).



Si esegue la verifica combinata a rifollamento su legno e taglio della boccola sotto l'azione delle sollecitazioni trasmesse dalla barra filettata M36:

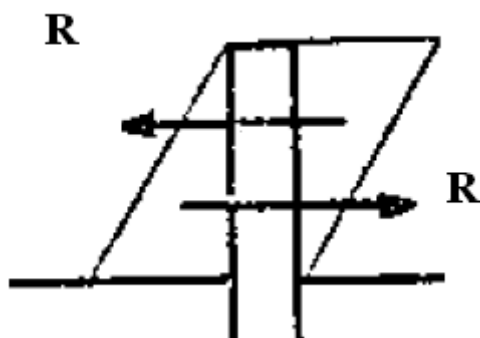
$$N_{Sd} = 61,00 \text{ kN (trazione)}$$

$$M_{Sd} = 1,39 \text{ kNm (flessione)}$$

$$V_{Sd} = 74,54 \text{ kN (taglio)}$$

Verifica a rifollamento del legno

Si calcola la tensione di rifollamento secondo lo schema seguente di "mensola incastrata".



$$R = 1,39 / 0,0666 = 20,87 \text{ kN}$$

Le tensioni di contatto su legno dovute alla flessione e al taglio sono rispettivamente pari a:

$$\sigma_{M,d} = 20870 \cdot 2 / 200 \cdot 52 = 4,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{V,d} = 74540 / 200 \cdot 52 = 7,1 \text{ N/mm}^2$$

per una risultante

$$\sigma_d = 11,1 \text{ N/mm}^2 < f_d = 0,9 \cdot 24,0 / 1,45 = 14,89 \text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica a estrazione

Si esegue la verifica considerando la massima sollecitazione di trazione prevista:

$$F_{ax,Rd} = N_{Sd} = \mathbf{61,00 \text{ kN}}$$

Si confronta con il valore minore di progetto della capacità portante a trazione.

$$F_{ax,Rd} = \pi \cdot 52 \cdot 200 \cdot (0,9 \cdot 4,0 / 1,50) = 78413 \text{ N} = \mathbf{78,41 \text{ kN}}$$

determinato sulla base delle formule seguenti (CNR 206):

$$F_{ax,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{yd} \cdot A_{res} \\ \pi \cdot d_{eq} \cdot \ell_{ad} \cdot f_{v,d} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} \end{array} \right.$$

dove:

$\ell_{ad} = 200 \text{ mm}$ (lunghezza di ancoraggio della barra)

$d_{eq} = 1,1 \cdot d = 52 \text{ mm}$ (diametro del foro)

$f_{yd} = 338,1 \text{ N/mm}^2$

$f_{v,d} = 0,9 \cdot 4,0 / 1,5 = 2,4 \text{ N/mm}^2$ (resistenza a scorrimento)

La verifica è soddisfatta.

In analogia alla verifica dell'attacco 56 è stata svolta la verifica dell'attacco 55 di tavola CM 16, qui omessa per brevità.

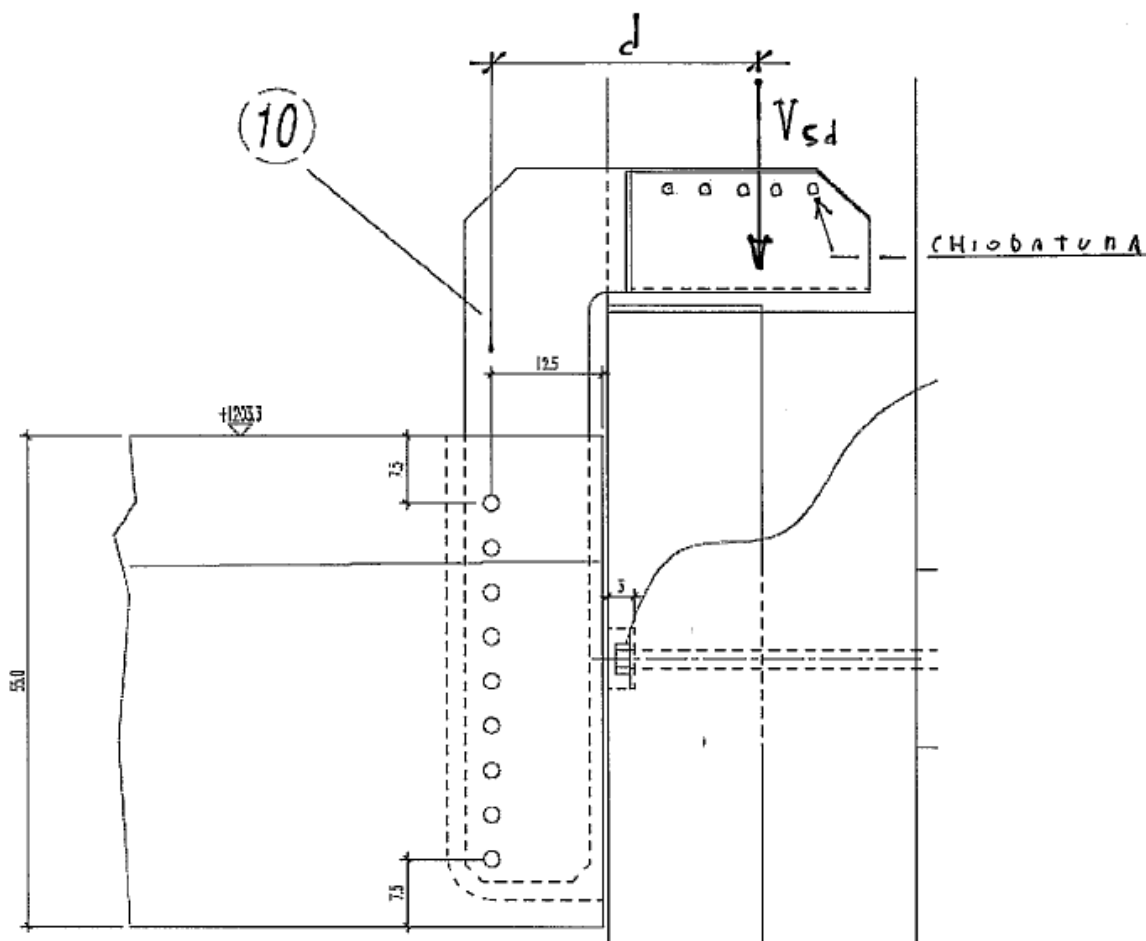
15.3. Attacco 10

L'attacco in oggetto consente l'appoggio delle travi principali di copertura sulla "pelle esterna". Trattasi di appoggio a "sedia". Il carico verticale è trasferito per contatto diretto all'interno dei diagonali della pelle interna, se diretto verso il basso, o tramite chiodatura, se diretto verso l'alto.

Si esegue la verifica considerando la massima sollecitazione di taglio (stato limite SLU "2"):

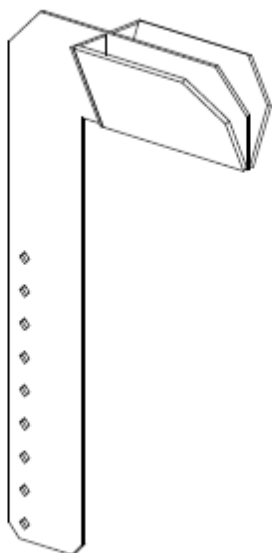
$$V_{sd} = 20,26 \text{ kN}$$

E' presente anche un'azione assiale di compressione che però è trasferita per contatto diretto.



Verifica dei perni $\phi 16 \times 140$ mm ($f_u = 600$ N/mm²)

Il collegamento della trave (24×55) cm all'attacco si realizza mediante lama metallica a scomparsa (6×140) mm, fissata con n. 9 perni $\phi 16 \times 140$ mm.



Si esegue la verifica considerando la combinazione più sfavorevole delle azioni applicate all'attacco dalla trave di solaio (vedi schema grafico alla pagina precedente):

$V_{Sd} = 20,26$ kN (taglio nella trave)

Avendo assunto la cerniera teorica sull'asse del corrente della pelle esterna è presente anche un'azione flettente pari a:

$M_{Sd} = V_{Sd} \cdot d = 20,26 \cdot 0,30 = 6,28$ kN m

Verifica dei perni $\phi 16 \times 240$ mm ($f_{uk} = 600$ N/mm²)

Stato limite considerato: SLU.

Dati: $\gamma_m = 1,5$ (combinazione fondamentale) e $k_{mod} = 0,9$ (breve durata).

A seguito di calcolo tramite momento polare della distribuzione di perni, l'azione di taglio agente sul perno più sollecitato risulta:

$F_{v,Sd} = 12,54$ kN

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del perno $\phi 16 \times 140$ mm (acciaio $f_u = 600$ N/mm², legno lamellare GL24h).

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti, opportunamente combinate:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,k}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (j) \\ 1.15 \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (k) \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (m) \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 31,50 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_m = \frac{0,9 \cdot 31,50}{1,5} = 18,90 \text{ kN} > F_{v,Sd}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica della chiodatura alla “pelle interna” con n. (5 + 5) $\phi 6 \times 80$ mm ($f_{uk} = 600 \text{ N/mm}^2$)

Stato limite considerato: SLU.

Pertanto: $\gamma_m = 1,5$ (unioni) e $k_{mod} = 0,9$ (breve durata)

Si verifica la chiodatura per la sollecitazione tagliante dovuta la carico verticale della trave agente verso l'alto, cioè in sollevamento:

$$V_{Sd} = 20,26 \text{ kN}$$

Pertanto l'azione di taglio agente su ogni chiodo risulta:

$$F_{v,Sd} = V_{Sd} / 2 \times 5 \times \cos 24^\circ 9' = 2,23 \text{ kN}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del chiodo $\phi 6 \times 80$ mm.

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.4 f_{h,k} t_1 d \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 3,77 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,9 \cdot 3,77}{1,5} = 2,27 \text{ kN}$$

superiore al valore prima indicato (2,23 kN).

La verifica è soddisfatta.

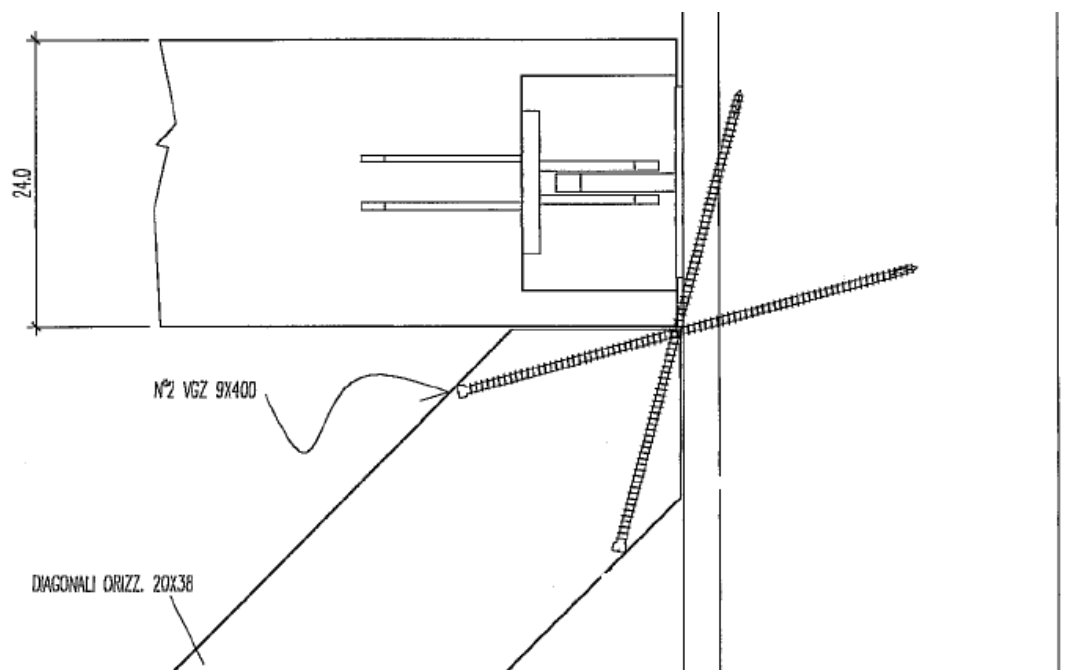
16. VERIFICHE NODI DELLA STRUTTURA IN LEGNO – COLLEGAMENTI CON ELEMENTI ACCESSORI

16.1. Collegamento dei diagonali orizzontali dei solai

Il collegamento in oggetto riguarda i diagonali di controventamento dei solai ed è realizzato mediante viti speciali a tutto filetto aventi la funzione di trasmettere le sollecitazioni di trazione.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni di compressione, queste ultime sono trasferite anche per il solo contatto diretto legno – legno.

Trascurabile è la sollecitazione di taglio.



La sollecitazione di trazione massima prevista è pari a:

$$N_{Sd} = 58,00 \text{ kN}$$

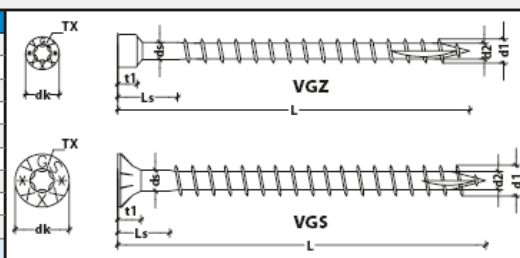
Si confronta con la capacità portante del collegamento “tipo” realizzato con n. (2 + 2) viti speciali tipo “VGZ” $\phi 9 \times 400$ mm di “ROTHOBLAAS” incrociate in orizzontale.

$$N_{Rd} = 4 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot 24,40}{1,5} \right) \cdot \cos 27^\circ = 57,98 \text{ kN} \approx N_{Sd}$$


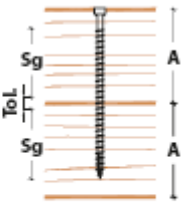
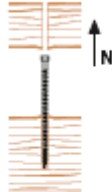
dove la resistenza ad estrazione della singola vite (24,40 kN) è assegnata dal produttore (vedi tabella seguente).

VGS & VGZ Ø 7-11 mm - INFO PRODOTTO

		VGZ		VGS	
Diametro nominale	d ₁ [mm]	7	9	9	11
Diametro testa	d _k [mm]	9.50	10.50	16.00	19.30
Diametro nocciolo	d ₂ [mm]	4.60	5.90	5.90	6.60
Diametro gambo	d ₃ [mm]	5.00	6.50	6.50	7.70
Lunghezza filettata	L _L [mm]	L-25	L-25	L-25	L-35
Spessore testa	t ₁ [mm]	5.50	5.50	6.50	8.20
Lunghezza vite	L [mm]	da 100 a 340	da 160 a 500	da 160 a 360	da 250 a 600
Torx	TX	30	40	40	50
M caratt. Snerv.	M _{yk} [Nm]	14.20	27.20	27.20	45.90
Diametro preforo	d, [mm]	4.00	5.00	5.00	6.00*



*Obbligo di preforo per viti ≥ ø11 x 400 mm

				Estrazione filetto (S_g)		
						
d_1 [mm]	L [mm]	Lung. filetto S_g [mm]	Spessore max. A [mm]	DIN 1052:1988 $z_{ul} N_{ax}$ [kN]	DIN 1052:2004 $R_{ax,k}$ [kN]	EN 1995:2004 $R_{ax,k}^{(1)}$ [kN]
7	100	28	60	0,98	2,26	4,54
	140	48	80	1,68	3,88	6,99
	180	68	100	2,38	5,50	9,24
	220	88	120	3,08	7,12	11,36
	260	108	140	3,78	8,73	13,38
	300	128	160	4,48	10,35	15,33
	340	148	180	5,18	11,97	15,40 ⁽²⁾
9	160	58	90	2,61	6,03	9,95
	200	78	110	3,51	8,11	12,61
	240	98	130	4,41	10,19	15,14
	280	118	150	5,31	12,27	17,56
	320	138	170	6,21	14,35	19,91
	360	158	190	7,11	16,43	22,18
	400	178	210	8,01	18,51	24,40
	450	203	235	9,14	21,11	25,40 ⁽²⁾
	500	228	260	10,26	23,70	25,40 ⁽²⁾
11	100	28	60	1,54	3,56	6,52
	150	53	85	2,92	6,73	10,87
	200	78	110	4,29	9,91	14,81
	250	103	135	5,66	13,09	18,50
	300	128	160	7,04	16,27	22,01
	350	153	185	8,41	19,44	25,38
	400	178	210	9,79	22,62	28,65
	450	203	235	11,16	25,80	31,83
	500	228	260	12,54	28,97	31,83
	550	253	285	13,91	32,15	31,83
	600	278	310	15,29	35,33	31,83

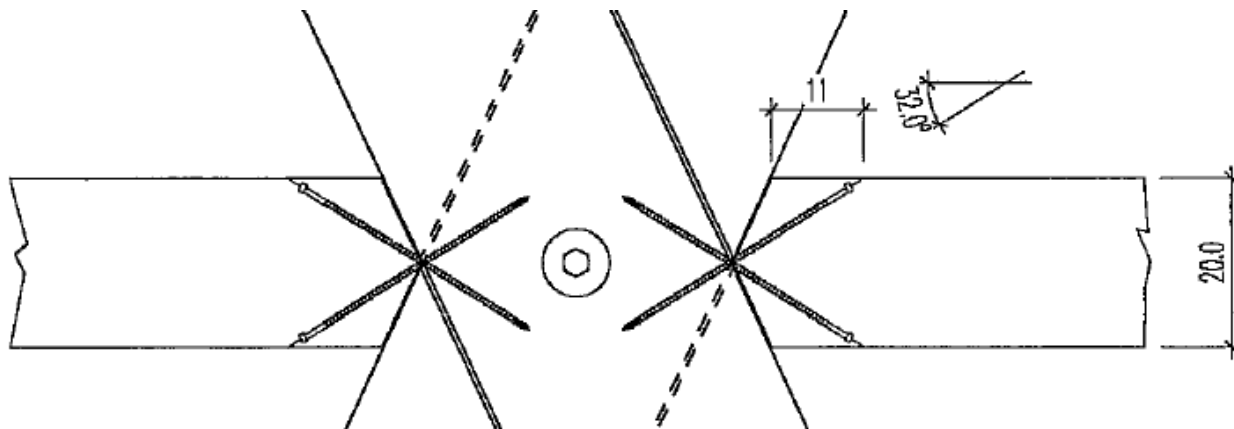
Ove la sollecitazione assiale è superiore al valore sopra determinato è stato previsto l'aumento del numero di viti secondo idoneo schema di posa.

16.2. Collegamento dei traversi orizzontali della "pelle esterna"

Il collegamento in oggetto riguarda i traversi orizzontali della "pelle esterna" ed è realizzato mediante viti speciali a tutto filetto aventi la funzione di trasmettere le sollecitazioni di trazione.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni di compressione, queste ultime sono trasferite anche per il solo contatto diretto legno – legno.

Trascurabile è la sollecitazione di taglio.



La sollecitazione di trazione massima prevista è pari a:

$$N_{sd} = 25,00 \text{ kN}$$

Si confronta con la capacità portante del collegamento “tipo” realizzato con n. (1 + 1) viti speciali tipo “VGZ” $\phi 9 \times 320$ mm di “ROTHOBLAAS” incrociate in verticale.

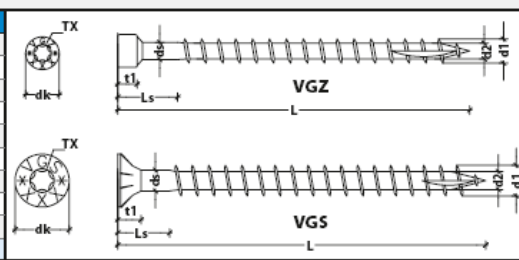
$$N_{Rd} = 2 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot 19,91}{1,5} \right) \cdot \cos 32^\circ = 22,50 \text{ kN}$$

dove la resistenza ad estrazione della singola vite (19,91 kN) è assegnata dal produttore (vedi tabella seguente).


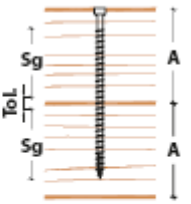
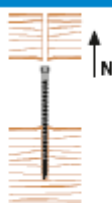
Si ritiene comunque accettabile tale valore ipotizzando una redistribuzione sui traversi adiacenti, meno sollecitati, dell’azione assiale eccedente.

VGZ & VGZ Ø 7-11 mm - INFO PRODOTTO

		VGZ		VGS	
Diametro nominale	d_1 [mm]	7	9	9	11
Diametro testa	d_k [mm]	9.50	10.50	16.00	19.30
Diametro nocciolo	d_2 [mm]	4.60	5.90	5.90	6.60
Diametro gambo	d_s [mm]	5.00	6.50	6.50	7.70
Lunghezza filettata	$L-L_2$ [mm]	L-25	L-25	L-25	L-35
Spessore testa	t_1 [mm]	5.50	5.50	6.50	8.20
Lunghezza vite	L [mm]	da 100 a 340	da 160 a 500	da 160 a 360	da 250 a 600
Torx	TX	30	40	40	50
M caratt. Snerv.	M_{yk} [Nm]	14.20	27.20	27.20	45.90
Diametro preforo	d [mm]	4.00	5.00	5.00	6.00*



*Obbligo di preforo per viti $\geq \phi 11 \times 400$ mm

				Estrazione filetto (S_g) 		
d_1 [mm]	L [mm]	Lung. filetto S_g [mm]	Spessore max. A [mm]	DIN 1052:1988 $z_{ul} N_{ax}$ [kN]	DIN 1052:2004 $R_{ax,k}$ [kN]	EN 1995:2004 $R_{ax,k}^{(1)}$ [kN]
7	100	28	60	0,98	2,26	4,54
	140	48	80	1,68	3,88	6,99
	180	68	100	2,38	5,50	9,24
	220	88	120	3,08	7,12	11,36
	260	108	140	3,78	8,73	13,38
	300	128	160	4,48	10,35	15,33
	340	148	180	5,18	11,97	15,40 ⁽²⁾
9	160	58	90	2,61	6,03	9,95
	200	78	110	3,51	8,11	12,61
	240	98	130	4,41	10,19	15,14
	280	118	150	5,31	12,27	17,56
	320	138	170	6,21	14,35	19,91
	360	158	190	7,11	16,43	22,18
	400	178	210	8,01	18,51	24,40
	450	203	235	9,14	21,11	25,40 ⁽²⁾
	500	228	260	10,26	23,70	25,40 ⁽²⁾
11	100	28	60	1,54	3,56	6,52
	150	53	85	2,92	6,73	10,87
	200	78	110	4,29	9,91	14,81
	250	103	135	5,66	13,09	18,50
	300	128	160	7,04	16,27	22,01
	350	153	185	8,41	19,44	25,38
	400	178	210	9,79	22,62	28,65
	450	203	235	11,16	25,80	31,83
	500	228	260	12,54	28,97	31,83
	550	253	285	13,91	32,15	31,83
	600	278	310	15,29	35,33	31,83

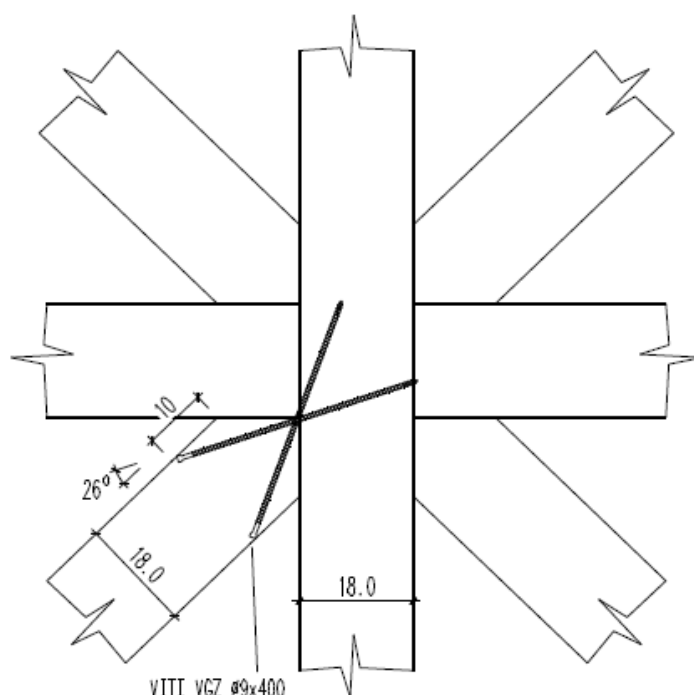
Per quanto riguarda la “pelle interna”, nei casi dove la sollecitazione assiale è superiore al valore sopra determinato, si prevede l’aumento della lunghezza e del numero di viti secondo idoneo schema di posa.

16.3. Collegamento dei diagonali orizzontali della copertura

Il collegamento in oggetto riguarda i diagonali di controventamento della copertura ed è realizzato mediante viti speciali a tutto filetto aventi la funzione di trasmettere le sollecitazioni di trazione.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni di compressione, queste ultime sono trasferite anche per il solo contatto diretto legno – legno.

Trascurabile è la sollecitazione di taglio.



La sollecitazione di trazione massima prevista è pari a:

$$N_{Sd} = \mathbf{86,00 \text{ kN}}$$

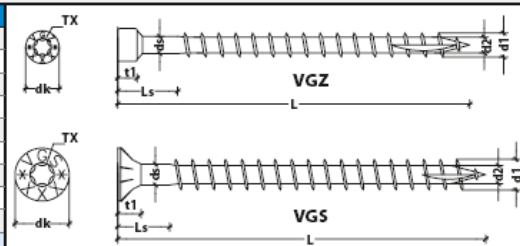
Si confronta con la capacità portante del collegamento “tipo” realizzato con n. (3 + 3) viti speciali tipo “VGZ” $\phi 9 \times 400$ mm di “ROTHOBLAAS” incrociate in orizzontale.

$$N_{Rd} = 6 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot 24,40}{1,5} \right) \cdot \cos 26^\circ = \mathbf{87,72 \text{ kN}} > N_{Sd}$$

dove la resistenza ad estrazione della singola vite (24,40 kN) è assegnata dal produttore (vedi tabella seguente).

VGS & VGZ Ø 7-11 mm - INFO PRODOTTO

		VGZ		VGS	
Diametro nominale	d ₁ [mm]	7	9	9	11
Diametro testa	d _k [mm]	9.50	10.50	16.00	19.30
Diametro nocciolo	d ₂ [mm]	4.60	5.90	5.90	6.60
Diametro gambo	d ₃ [mm]	5.00	6.50	6.50	7.70
Lunghezza filettata	L _L [mm]	L-25	L-25	L-25	L-35
Spessore testa	t ₁ [mm]	5.50	5.50	6.50	8.20
Lunghezza vite	L [mm]	da 100 a 340	da 160 a 500	da 160 a 360	da 250 a 600
Torx	TX	30	40	40	50
M caratt. Snerv.	M _{yk} [Nm]	14.20	27.20	27.20	45.90
Diametro preforo	d _r [mm]	4.00	5.00	5.00	6.00*



*Obbligo di preforo per viti ≥ ø11 x 400 mm

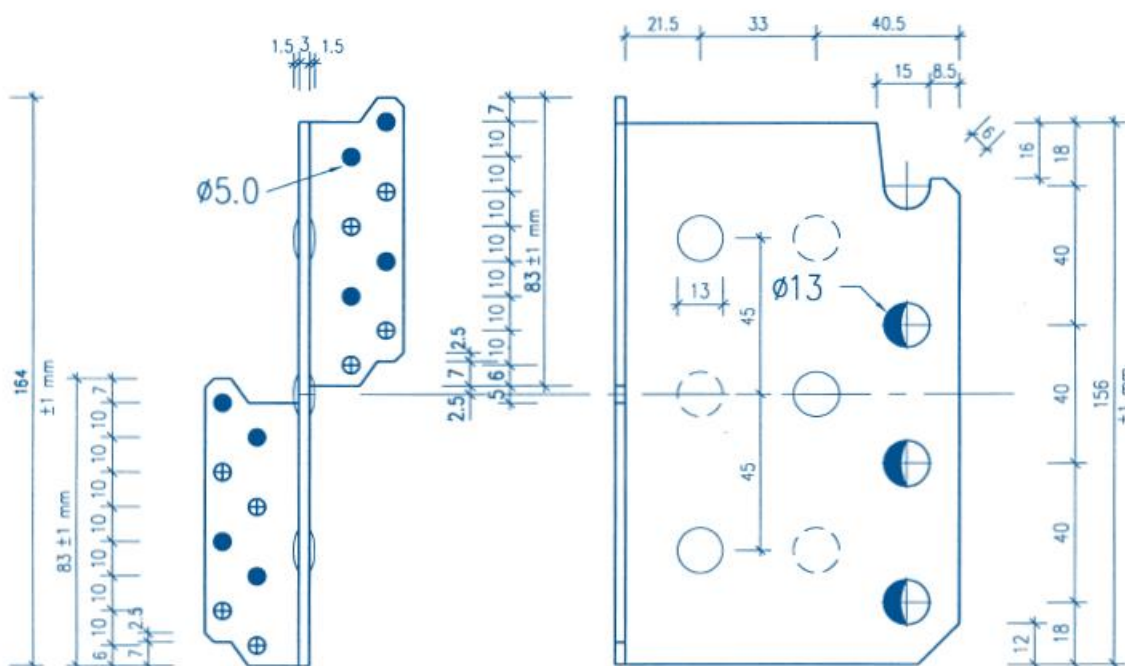
				Estrazione filetto (S _g)		
d ₁ [mm]	L [mm]	Lung. filetto S _g [mm]	Spessore max. A [mm]	DIN 1052:1988 znl N _{ax} [kN]	DIN 1052:2004 Rax _k [kN]	EN 1995:2004 Rax _k ⁽¹⁾ [kN]
7	100	28	60	0,98	2,26	4,54
	140	48	80	1,68	3,88	6,99
	180	68	100	2,38	5,50	9,24
	220	88	120	3,08	7,12	11,36
	260	108	140	3,78	8,73	13,38
	300	128	160	4,48	10,35	15,33
	340	148	180	5,18	11,97	15,40 ⁽²⁾
9	160	58	90	2,61	6,03	9,95
	200	78	110	3,51	8,11	12,61
	240	98	130	4,41	10,19	15,14
	280	118	150	5,31	12,27	17,56
	320	138	170	6,21	14,35	19,91
	360	158	190	7,11	16,43	22,18
	400	178	210	8,01	18,51	24,40
	450	203	235	9,14	21,11	25,40 ⁽²⁾
11	500	228	260	10,26	23,70	25,40 ⁽²⁾
	100	28	60	1,54	3,56	6,52
	150	53	85	2,92	6,73	10,87
	200	78	110	4,29	9,91	14,81
	250	103	135	5,66	13,09	18,50
	300	128	160	7,04	16,27	22,01
	350	153	185	8,41	19,44	25,38
	400	178	210	9,79	22,62	28,65
	450	203	235	11,16	25,80	31,83
	500	228	260	12,54	28,97	31,83
	550	253	285	13,91	32,15	31,83
	600	278	310	15,29	35,33	31,83

Ove la sollecitazione assiale è inferiore al valore sopra determinato è stata prevista la riduzione del numero di viti secondo idoneo schema di posa.

16.4. Collegamento dei travetti di solaio (20 × 20) cm

Il collegamento dei travetti ai diagonali delle “pelli” si realizza mediante attacco metallico a scomparsa, fissato mediante n. 16 chiodi ad aderenza migliorata tipo CHN ϕ 4 × 50 mm e dotata di una lama metallica interna con n. 3 perni ϕ 12 × 120 mm.

Si assume la cerniera teorica a filo con la chiodatura.



Si verifica il collegamento per la seguente azione di taglio verticale:

$$V_{Sd} = (1,3 \cdot 1,90 + 1,5 \cdot 3,00) \times (2,15 / 2) \times 2,50 = \mathbf{18,73 \text{ kN}}$$

Verifica della chiodatura

Stato limite considerato: SLU.

Pertanto: $\gamma_m = 1,5$ (unioni) e $k_{mod} = 0,9$ (breve durata)

L'azione di taglio massima agente in corrispondenza del collegamento vale:

$$V_{Sd} = \mathbf{18,73 \text{ kN}} \text{ (vedi sopra)}$$

pertanto l'azione di taglio agente su ogni chiodo risulta:

$$F_{v,Sd} = V_{Sd} / n = 18,73 / 16 = \mathbf{1,16 \text{ kN}}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del chiodo $\varnothing 4 \times 50 \text{ mm}$.

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.4 f_{hk} t_1 d \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 1,84 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,9 \cdot 1,84}{1,5} = \mathbf{1,12 \text{ daN}}$$

uguale circa al valore prima indicato (1,16 kN).

La verifica è soddisfatta.

Verifica dei perni

Stato limite considerato: SLU.

L'azione di taglio massima agente in corrispondenza del collegamento vale:

$$V_{Sd} = \mathbf{18,73 \text{ kN}} \text{ (vedi sopra)}$$

pertanto l'azione di taglio agente su ogni perno, considerando anche l'effetto della eccentricità, risulta:

$$F_{v,Sd} = \sqrt{(18,73 / 3)^2 + (18,73 \cdot 8,0 / 13,0)^2} = \mathbf{13,10 \text{ kN}}$$

Si confronta quest'ultima con il valore di calcolo della capacità portante del perno $\varnothing 12 \times 120 \text{ mm}$.

Il valore caratteristico della capacità portante è assunto come il minore dei valori ottenibili dalle formule seguenti:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,k}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2.3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

pertanto

$$F_{v,Rk} = 22,50 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_m = \frac{0,9 \cdot 22,50}{1,5} = \mathbf{13,50 \text{ kN}}$$

superiore al valore prima indicato (13,10 kN).

La verifica è soddisfatta.