

01.01.01.	Normativa nazionale di riferimento	2
01.01.02.	Normativa europea di riferimento	2
01.02.	MATERIALI IMPIEGATI	2
02.	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	3
02.01.	GENERALITÀ	3
02.02.	MODELLO DI CALCOLO	3
02.03.	AZIONI APPLICATE ALLA STRUTTURA	5
02.03.01.	Carichi verticali.....	5
	Pesi propri elementi strutturali	5
	Copertura in legno	5
	Azione del vento	6
02.04.	CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO	8
02.05.	VERIFICHE STRUTTURALI	10
02.05.01.	Generalità.	10
02.05.01.	Verifica arcarecci (14x24)	15
02.05.01.	Verifica travi principali (20x40)	25
02.05.01.	Verifica tiranti metallici.	36
02.05.01.	Collegamenti	36
03.	PIANO DI MANUTENZIONE.....	37

L'elenco delle normative di riferimento si riferisce a tutte le strutture oggetto delle presente relazione di calcolo.

01.01.01. Normativa nazionale di riferimento

O.P.C.M. 3274 20/03/2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, e successive modifiche e integrazioni (OPCM 3431 03/05/05).

D.M. 14.01.2008 – “Norme tecniche per le costruzioni” e tutte le norme richiamate nel decreto.

CNR – DT 206/2007 – “Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo delle strutture in legno”

CNR 10025/98 (N.193/2000) – Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo

UNI EN 1194:2000 – “Strutture in legno – legno lamellare incollato – Classi di resistenza e determinazione dei valori caratteristici.

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

01.01.02. Normativa europea di riferimento

UNI ENV 1991-x – Eurocodice 1. Basi di calcolo ed azioni sulle strutture

UNI ENV 1992-x – Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo

UNI ENV 1998-x – Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture.

01.02. MATERIALI IMPIEGATI

La tipologia e le caratteristiche dei materiali impiegati confronta elaborato ReIM_STR – relazione sui materiali.

02. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

02.01. GENERALITÀ

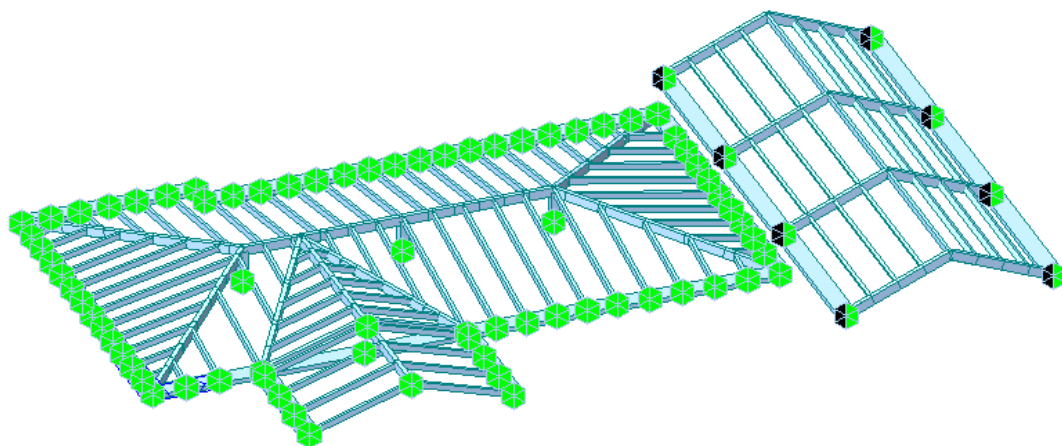
La struttura oggetto della presente relazione consiste in una copertura non praticabile realizzata nell'ambito delle opere edili dei lavori per il completamento dei lavori denominati "Progetto definitivo – esecutivo: Completamento lavori presso scuola elementare e materna del Capoluogo sita in via Borgo da Monte. La struttura portante viene realizzata in legno lamellare incollato classe GL28H; in particolare sono presenti travi principali di sezione rettangolare minima 20x40 e arcarecci di ripartizione di sezione rettangolare 14x24.

Poiché essa va a sostituire una copertura in latero-cemento molto più pesante e va a poggiarsi negli stessi identici punti, dal punto di vista statico l'edificio sottostante non subisce alcun aggravio. Vengono invece ridursi le masse simiche in copertura. Pertanto l'intervento è, in questo senso, strutturalmente migliorativo e non sono necessarie verifiche statiche aggiuntive sulla sottostruttura.

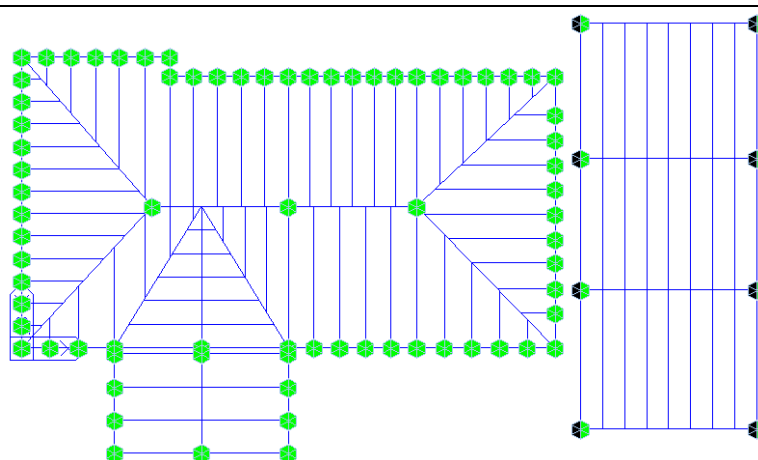
La struttura in legno risulta, in virtù della intrinseche caratteristiche di leggerezza che comportano massa e rigidità ridotte; subisce un'azione sismica sensibilmente inferiore al carico del vento, azione orizzontale dunque di maggiore entità e pertanto considerata nel calcolo degli elementi lignei.

02.02. MODELLO DI CALCOLO

La struttura viene modellata agli elementi finiti mediante il software Midas Gen. Si distinguono tre corpi strutturali giuntati tra loro; di ciò si tiene debitamente conto nel modello di calcolo vincolando indipendentemente gli uni dagli altri i tre corpi. I vincoli alla base sono schematizzati come incastri per i complessi in cui è presente il solaio di sottotetto e come appoggi per la copertura dotata di tiranti per il contrasto delle azioni spingenti. Gli elementi portanti principali (sez. 20x40) e gli arcarecci di ripartizione (sez. 14x24) sono elementi finiti monodimensionali "beam"; sono considerati incastrati agli appoggi. Le caratteristiche dei materiali e i pesi inseriti nel modello di calcolo sono coerenti con la presente relazione.



Modello di calcolo – vista 3D



Modello di calcolo – vista in pianta

02.03. AZIONI APPLICATE ALLA STRUTTURA

02.03.01. Carichi verticali

Pesi propri elementi strutturali

Sono elencati di seguito i principali pesi propri dei materiali strutturali più comuni. Il loro effettivo utilizzo nella struttura oggetto della presente relazione è specificato nei paragrafi pertinenti.

Calcestruzzo armato	25,00 kN/m ³
Acciaio per carpenteria metallica	78,50 kN/m ³
Legname	6,00/8,00 kN/m ³
Laterizio pieno	18,00 kN/m ³
Malta di calce	18,00 kN/m ³
Malta di cemento	21,00 kN/m ³
Vetro	25,00 kN/m ³

Copertura in legno

Il peso proprio delle strutture in legno viene considerato in automatico dal programma di calcolo.

Tipo di carico	Valore	Aliquota inerziale
G _{1,1} : Carico permanente portato compiutamente definito	0,70 kN/m ²	1
Q _{1,1} : Sovraccarico accidentale (Cat. neve)	1,00 kN/m ²	0,0

Carico della neve

viene considerata un'altezza s.l.m.m. pari a: a_s= 270m.

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_E C_I$$

dove

$$q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] = 1,12 \text{ KN/m}^2 \quad \text{zona II}$$

$$C_E = 1$$

$$C_I = 1$$

Trattasi di copertura a doppia falda con pendenza tra 0 e 30°.

$$\mu_1 = 0,8$$

$$q_{s,max} = 0,896 \text{ kN/m}^2 \quad \text{carico massimo}$$

Il valore viene incrementato, per ragioni di sicurezza, a **1,00 kN/m²**.

Azione del vento

Il sito in questione è classificabile come Zona 3:

$$V_{b,0} = 27 \text{ m/s} \quad \text{Zona 3 per } a_0 < 500 \text{ m}$$

$$a_0 = 500 \text{ m}$$

$$k_a = 0,020 \text{ 1/s}$$

La pressione del vento è calcolabile con le espressioni:

$$p = q_b c_e c_p c_d \quad \text{pressione del vento}$$

$$p_f = q_b c_e c_f \quad \text{azione tangenziale del vento}$$

$$q_b = 0,5 \rho V_b^2 = 455,63 \text{ N/m}^2 \quad \text{pressione cinetica di riferimento}$$

Per il sito in esame abbiamo classe di rugosità B, categoria di esposizione III.

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = C_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

Considerando cautelativamente una quota rispetto al p.c pari a 10,00 m si ottiene:

$c_e(z)$	z [m]	$q_b * c_e$ [N/m ²]
----------	---------	---------------------------------

2.14	10	974.02
------	----	--------

La massima pendenza delle falde risulta essere pari a 20°.

$c_d = 1$ coefficiente dinamico

$c_{pe} = -0,4$ superfici esterne soggette a pressioni / depressioni del vento

$c_{pi} = 0,2$ superfici interne soggette a pressioni / depressioni del vento

$c_f = 0,04$ coefficiente di attrito (superficie molto scabra)

In definitiva:

$p_{1,max} = -0,40 \text{ kN/m}^2$ pressione/depressione superfici esterne

$p_{2,max} = 0,20 \text{ kN/m}^2$ pressione/depressione superfici interne

$p_f = 0,04 \text{ kN/m}^2$ azione tangenziale

02.04. CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche si adottano le combinazioni prescritte dalla norma per la verifica degli stati limite.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

Le combinazioni vengono gestite in automatico dal programma di calcolo in base alle condizioni di carico elementari inserite nel modello di calcolo.

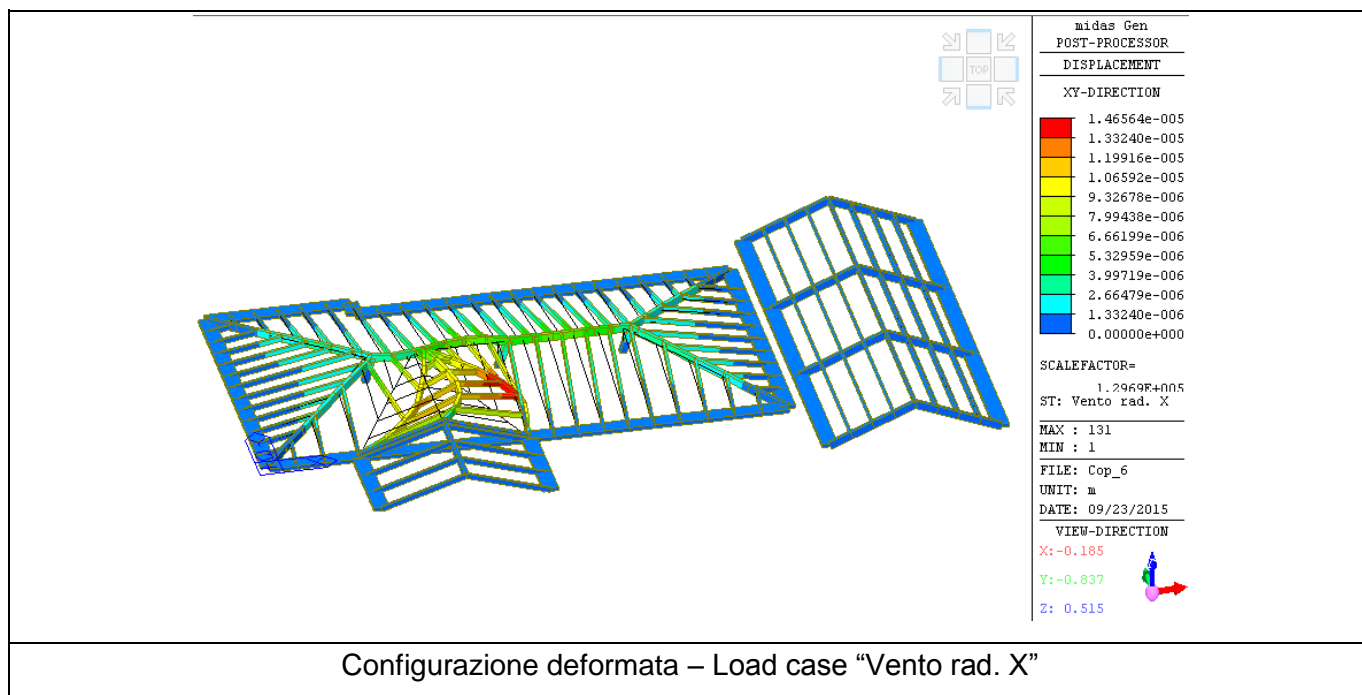
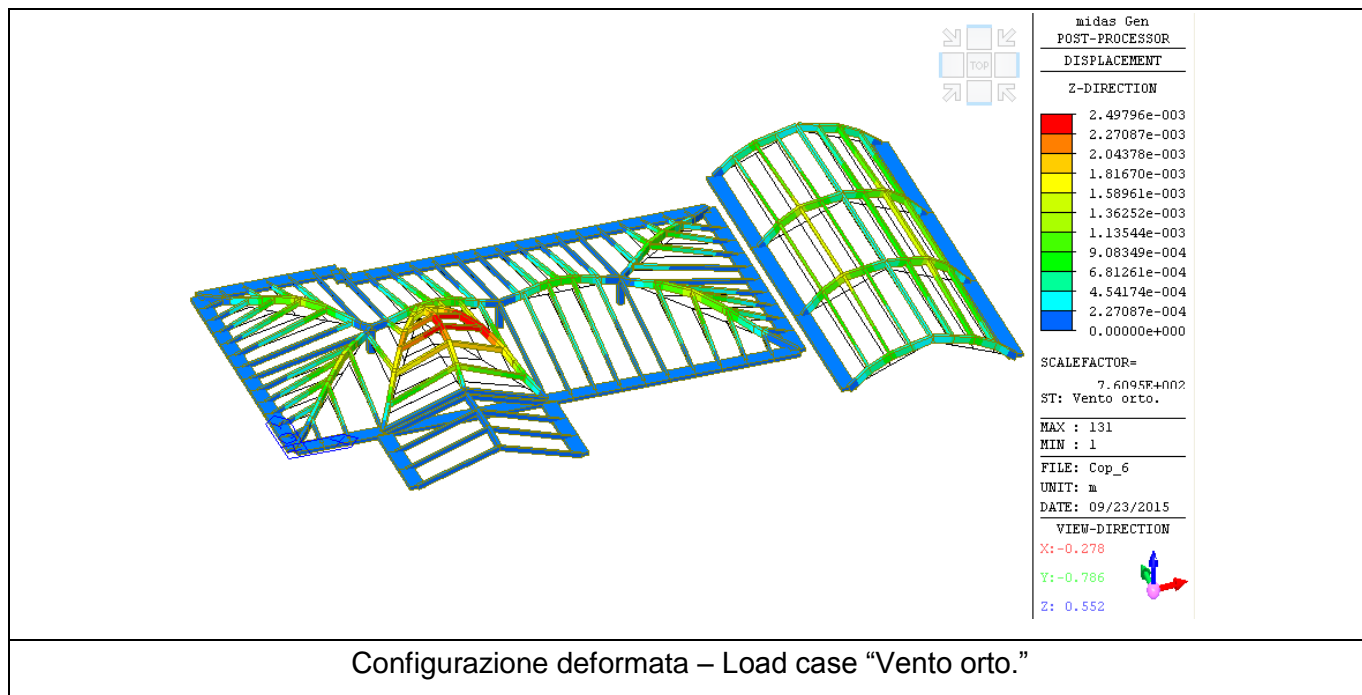
Tabella 1 LoadCase

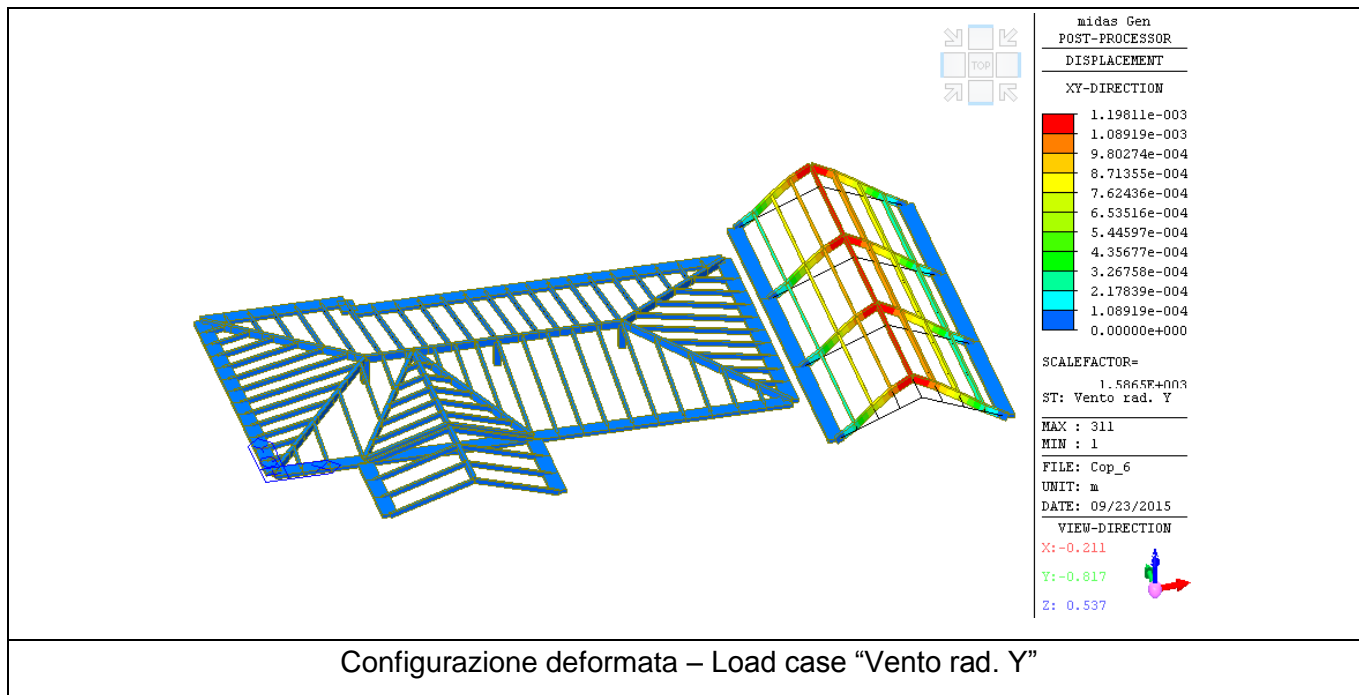
No.	Name	Type	Description
1	Permanente copertura	Dead Load (D)	Permanente
2	Accidentale	Live Load (L)	Accidentale
3	Vento orto.	Wind Load on Structure (W)	Vento ortogonale
4	Vento rad. X	Wind Load on Structure (W)	Vento radente dir.X
5	Vento rad. Y	Wind Load on Structure (W)	Vento radente dir.Y

Tabella 2 LoadComb

Name	Type	Permanente copertura (ST)	Accidentale (ST)	Vento orto. (ST)	Vento rad. X (St)	Vento rad. Y (ST.)	Description
gLCB ₁	Add	1.3	1.5				1.3D + 1.5(1.0Accidentale)
gLCB ₂	Add	1.3	1.5	0.9	0.9	0.9	Vento_1(+X,+Y)
gLCB ₃	Add	1.3	1.5	0.9	-0.9	0.9	Vento_1(-X,+Y)
gLCB ₄	Add	1.3	1.5	0.9	0.9	-0.9	Vento_1(+X,-Y)
gLCB ₅	Add	1.3	1.5	0.9	-0.9	-0.9	Vento_1(-X,-Y)
LCB6	Add	1.3	0.75	1.5	1.5	1.5	Vento_2(+X,+Y)
LCB7	Add	1.3	0.75	1.5	-1.5	1.5	Vento_2(-X,+Y)

LCB8	Add	1.3	0.75	1.5	1.5	-1.5	Vento_2(-X,-Y)
LCB9	Add	1.3	0.75	1.5	-1.5	-1.5	Vento_2(-X,-Y)
LCB10	Add	1.3		1.5	1.5	1.5	Vento_3(+X,+Y)
LCB11	Add	1.3		1.5	-1.5	1.5	Vento_3(-X,+Y)
LCB12	Add	1.3		1.5	1.5	-1.5	Vento_3(-X,-Y)
LCB13	Add	1.3		1.5	-1.5	-1.5	Vento_3(-X,-Y)
ENVE	Envelope						





02.05. VERIFICHE STRUTTURALI

02.05.01. Generalità.

Il dimensionamento e le verifiche avvengono con fogli di calcolo excel preparati ad hoc considerando le verifiche allo SLU. Vengono utilizzate le indicazioni del DM 14.01.2008, le CNR DT 206/2007 e per le caratteristiche dei materiali le norme tecniche UNI EN 338:2004 (legno massiccio) e UNI EN 1194:2000 (legno lamellare).

Trattandosi di copertura non praticabile, viene omessa la verifica delle deformazioni allo SLE.

Le verifiche allo SLU necessarie per il lavoro in oggetto sono riassunte di seguito:

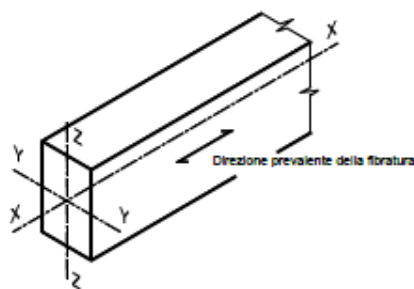


Figura 6-1 - Assi dell'elemento

6.5.1.8 - Pressoflessione

Nel caso di sforzo normale di compressione accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, devono essere soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.17)$$

I valori di k_m da utilizzare sono quelli riportati al punto 6.5.1.6 -.

Devono essere inoltre effettuate le verifiche di instabilità, come definite al punto 6.5.2 -.

6.5.1.7 - Tensoflessione

Nel caso di sforzo normale di trazione accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, devono essere soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.16)$$

I valori di k_m sono quelli riportati al punto 6.5.1.6 -.

Deve essere inoltre verificata la stabilità allo svergolamento di trave (flesso-torsionale) per gli elementi inflessi, come definita al punto 6.5.2.1 -.

6.5.1.9 - Taglio

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.18)$$

nella quale:

- τ_d è la tensione massima tangenziale di calcolo, valutata secondo la teoria di Jourawski;
- $f_{v,d}$ è la corrispondente resistenza di calcolo a taglio.

Alle estremità della trave si potrà effettuare la verifica sopra indicata valutando in modo convenzionale τ_d , considerando nullo, ai fini del calcolo dello sforzo di taglio di estremità, il contributo di eventuali forze agenti all'interno del tratto di lunghezza pari all'altezza h della trave, misurato a partire dal bordo interno dell'appoggio, o all'altezza h_{eff} (vedi punto 8.2 -) nel caso di travi con intagli.

Per la verifica di travi con intagli o rastremazioni di estremità si rimanda al punto 8.2 -.

La resistenza a taglio per rotolamento delle fibre (*rolling shear*) si può assumere non maggiore di due volte la resistenza a trazione in direzione ortogonale alla fibratura.

6.5.2.1 - Elementi inflessi (Instabilità di trave).

Nel caso di flessione semplice, con momento flettente agente attorno all'asse forte y della sezione (cioè nel piano ortogonale a quello di possibile svergolamento), con riferimento alla tensione dovuta al massimo momento agente nel tratto di trave compreso tra due successivi ritegni torsionali, deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1 \quad (6.21)$$

nella quale:

- $\sigma_{m,d}$ è la tensione di calcolo massima per flessione;
- $k_{crit,m}$ è il coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di trave, per tener conto della riduzione di resistenza dovuta allo sbandamento laterale;
- $f_{m,d}$ è la resistenza di calcolo a flessione, determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_h .

Per travi aventi una deviazione laterale iniziale rispetto alla rettilinearità nei limiti definiti nel punto 3.1.5 si possono assumere i seguenti valori del coefficiente di tensione critica $k_{crit,m}$:

$$k_{crit,m} = \begin{cases} 1 & \text{per } \lambda_{rel,m} \leq 0.75 \\ 1.56 - 0.75\lambda_{rel,m} & \text{per } 0.75 < \lambda_{rel,m} \leq 1.4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & \text{per } 1.4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (6.22)$$

dove:

- $\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}}$ è la snellezza relativa di trave;
- $f_{m,k}$ è la resistenza caratteristica a flessione;
- $\sigma_{m,crit}$ è la tensione critica per flessione calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i valori dei moduli elastici caratteristici (frattile 5%).

La tensione critica assume il valore:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} \quad (6.23)$$

dove:

- $M_{y,crit}$ è il momento critico per instabilità flessio-torsionale attorno all'asse forte y della sezione;
- W_y è il modulo di resistenza a flessione attorno all'asse y .

Il momento critico è dato dalla relazione:

$$M_{y,crit} = \frac{\pi}{l_{eff}} \sqrt{E_{0.05} \cdot I_z \cdot G_{0.05} \cdot I_{tor}} \quad (6.24)$$

nella quale:

- $E_{0.05}$ è il modulo elastico caratteristico parallelo alla fibratura;
- $G_{0.05}$ è il modulo elastico tangenziale caratteristico: si può assumere $G_{0.05} = E_{0.05} (G_{mean}/E_{0,mean})$;
- I_z è il momento di inerzia della sezione relativo all'asse debole z ;
- I_{tor} è il momento di inerzia torsionale della sezione;
- l_{eff} è la luce efficace della trave, che tiene conto sia delle condizioni di vincolo che del tipo di carico.

In mancanza di valutazioni più rigorose, i valori da adottare per la lunghezza efficace l_{eff} si possono ricavare dalla Tabella 6-3, valida per travi con rotazione torsionale impedita agli appoggi e carico applicato nel baricentro della sezione. Il simbolo L riportato in tabella rappresenta la luce del tratto di trave compreso tra due ritegni torsionali successivi. Per altre situazioni di carico e/o di vincolo, si potrà fare riferimento a specifiche prescrizioni normative di comprovata validità o a valutazioni teoriche ricavate da pertinente bibliografia.

Nel caso particolare di asta prismatica a sezione rettangolare con $h/b > 5$, essendo $I_{tor} \cong (h b^3)/3$, si può assumere:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi}{l_{eff}} \frac{b^2}{h} E_{0.05} \sqrt{\frac{G_{0.05}}{E_{0.05}}} \quad (6.25)$$

Il coefficiente $k_{crit,m}$ può essere posto uguale ad 1 quando lo sbandamento laterale del bordo compresso è impedito per tutta la lunghezza della trave e la rotazione torsionale agli appoggi è anch'essa impedita.

Nel caso di trave di altezza variabile si può assumere il valore medio di h nel tratto di trave compreso tra due ritegni torsionali successivi.

Tabella 6-3-Valori della lunghezza efficace l_{eff}

Condizioni di vincolo	Tipo di carico o di sollecitazione	l_{eff}
Semplice appoggio	Momento flettente costante nel tratto L	$1.0 L$
	Carico uniformemente distribuito	$0.9 L$
	Forza concentrata in mezzzeria	$0.8 L$
Incastro ad un estremo (mensola)	Carico uniformemente distribuito	$0.5 L$
	Forza concentrata all'estremo libero	$0.8 L$

Nel caso di flessione deviata, cioè con momenti flettenti agenti sia attorno all'asse forte y sia attorno all'asse debole z della sezione, devono essere soddisfatte entrambe le relazioni seguenti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,m} f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,m} f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.26)$$

nelle quali:

- $\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di calcolo massime per flessione rispettivamente attorno agli assi y e z ;
- $f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le resistenze di calcolo a flessione, determinate tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_h .

I valori da adottare per il coefficiente k_m sono quelli già riportati al punto 6.5.1.6 -.

Nel caso in cui agisca anche uno sforzo normale di trazione (aste tensoinflesse) e la sezione non risulti interamente tesa, devono essere soddisfatte le seguenti due condizioni:

$$\frac{\sigma_{t,o,d}}{f_{t,o,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,m} f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \frac{\sigma_{t,o,d}}{f_{t,o,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,m} f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.27)$$

nelle quali:

- $\sigma_{t,o,d}$ è la tensione di calcolo per trazione;
- $f_{t,o,d}$ è la resistenza di calcolo a trazione, determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_h .

6.5.2.2 - Elementi compressi (Instabilità di colonna)

Nel caso di asta soggetta solo a sforzo normale deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\frac{\sigma_{c,o,d}}{k_{crit,c} f_{c,o,d}} \leq 1 \quad (6.28)$$

nella quale:

- $\sigma_{c,o,d}$ è la tensione di compressione di calcolo per sforzo normale;
- $f_{c,o,d}$ è la resistenza di calcolo a compressione;
- $k_{crit,c}$ è il coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di colonna valutato per il piano in cui assume il valore minimo.

Il coefficiente riduttivo $k_{crit,c}$ si calcola in funzione della snellezza relativa di colonna $\lambda_{rel,c}$ che vale:

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\sqrt{f_{c,o,k}}}{\sigma_{c,crit}} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{E_{0.05}}} \quad (6.29)$$

dove:

- $f_{c,o,k}$ è la resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura;
- $\sigma_{c,crit}$ è la tensione critica calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i valori dei moduli elastici caratteristici (frattile 5%);
- λ è la snellezza dell'elemento strutturale valutata per il piano in cui essa assume il valore massimo.

Quando $\lambda_{rel,c} \leq 0.3$ si deve porre $k_{crit,c} = 1$, altrimenti:

$$k_{crit,c} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} \quad \text{con} \quad k = 0.5 \left(1 + \beta_c \lambda_{rel,c} - 0.3 + \lambda_{rel,c}^2 \right) \quad (6.30)$$

dove β_c è il coefficiente di imperfezione, che, se gli elementi rientrano nei limiti di rettilineità definiti al punto 3.1.5, può assumere i seguenti valori:

- per legno massiccio $\beta_c = 0.2$
- per legno lamellare $\beta_c = 0.1$

6.5.2.3 - Elementi presso-inflessi (Instabilità composta di trave e di colonna)

Nel caso di uno stato composto di compressione e di flessione deviata, si può operare nel seguente modo.

Per l'asta pressoinflessa, nel caso in cui il problema dell'instabilità di trave sia trascurabile (cioè risulti $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$), se $\lambda_{rel,c} \leq 0.3$ si possono seguire le prescrizioni di cui al punto 6.5.1.8 -.

Altrimenti, in tutti gli altri casi, dovranno essere soddisfatte le condizioni seguenti:

$$\frac{\sigma_{c,o,d}}{k_{crit,c} f_{c,o,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,m} f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \frac{\sigma_{c,o,d}}{k_{crit,c} f_{c,o,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,m} f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.31)$$

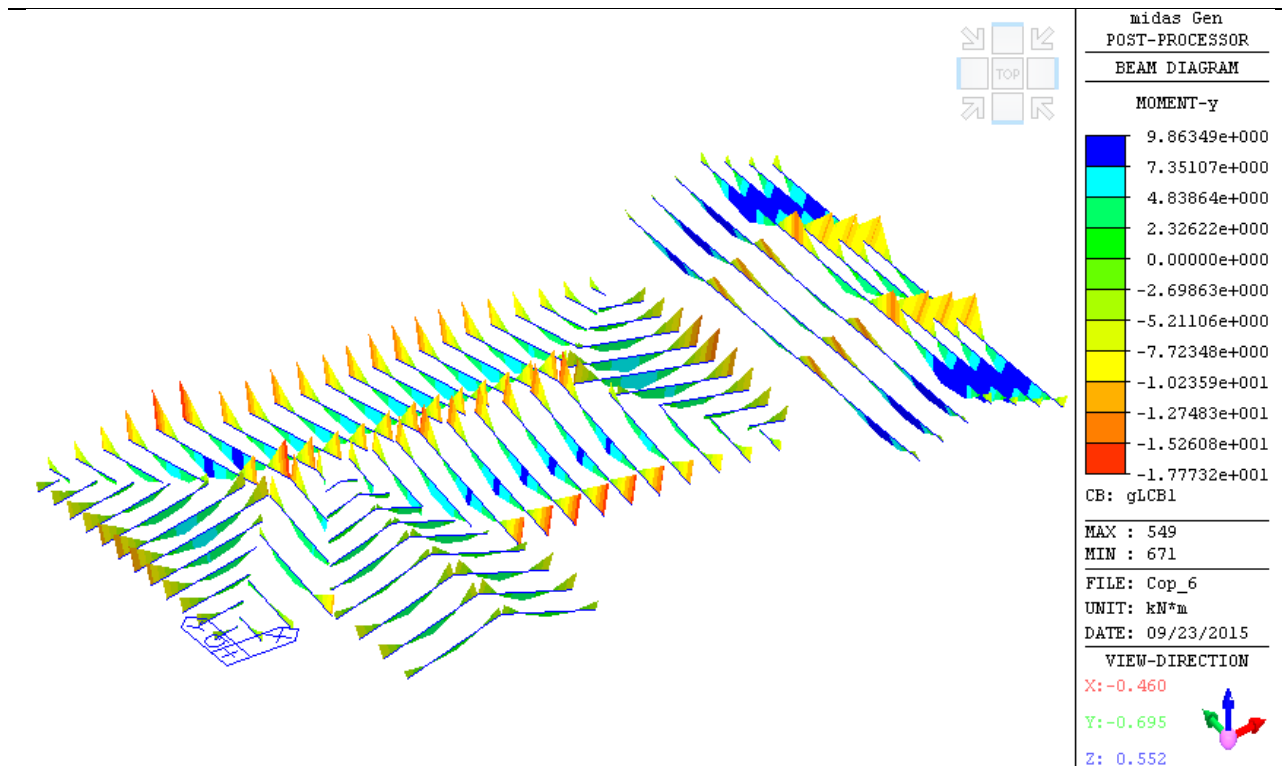
nelle quali:

- $\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di calcolo massime per flessione rispettivamente intorno agli assi y e z;
- $f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le resistenze di calcolo a flessione;
- k_m è il coefficiente di redistribuzione riportato al punto 6.5.1.6 -.

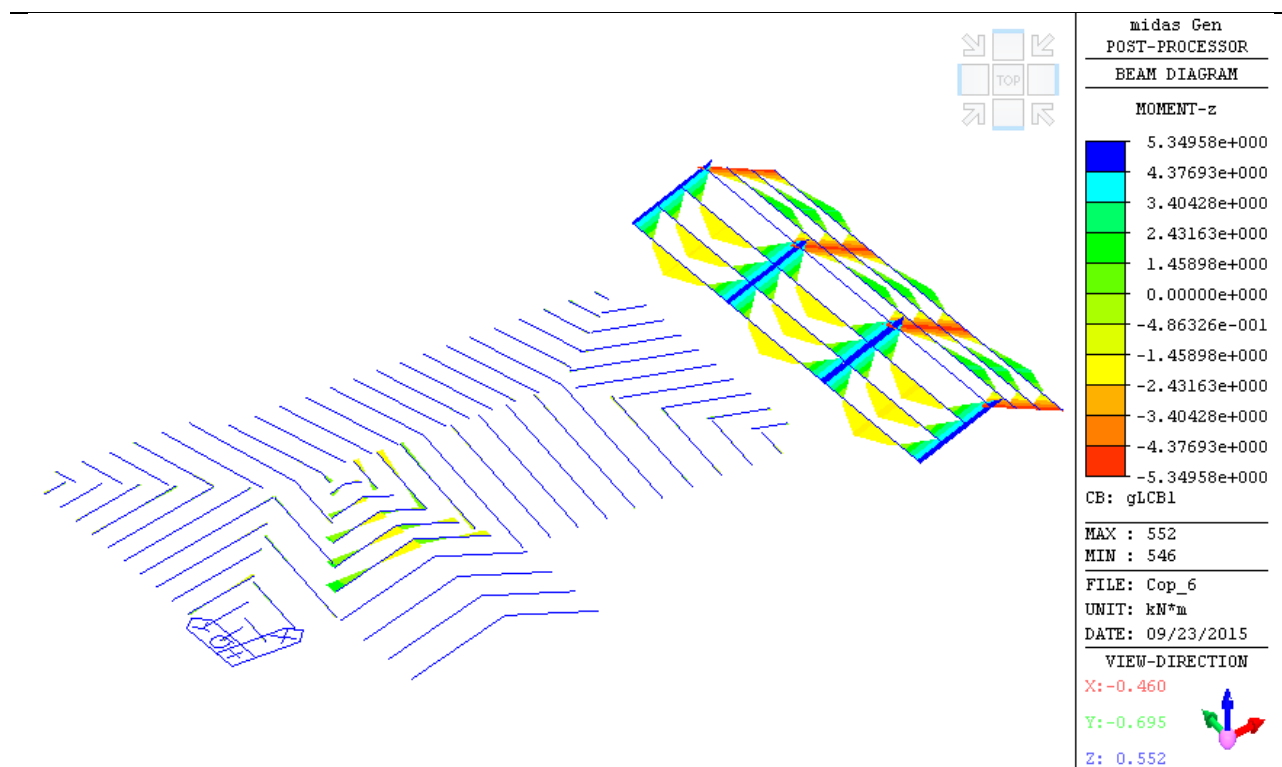
Nel caso di flessione agente in un solo piano (xz - Figura 6-1), si potrà utilizzare in alternativa la condizione seguente:

$$\frac{\sigma_{c,o,d}}{k_{crit,c} f_{c,o,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,m} f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (6.32)$$

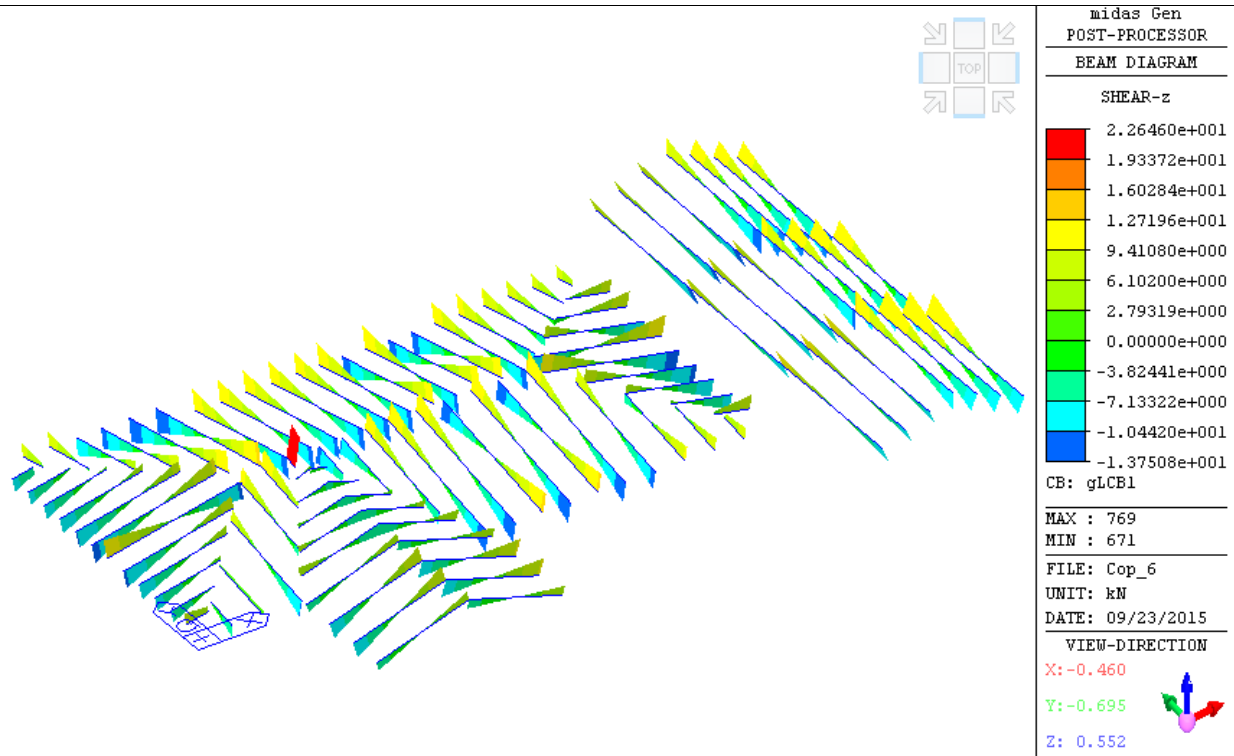
02.05.01. Verifica arcarecci (14x24)



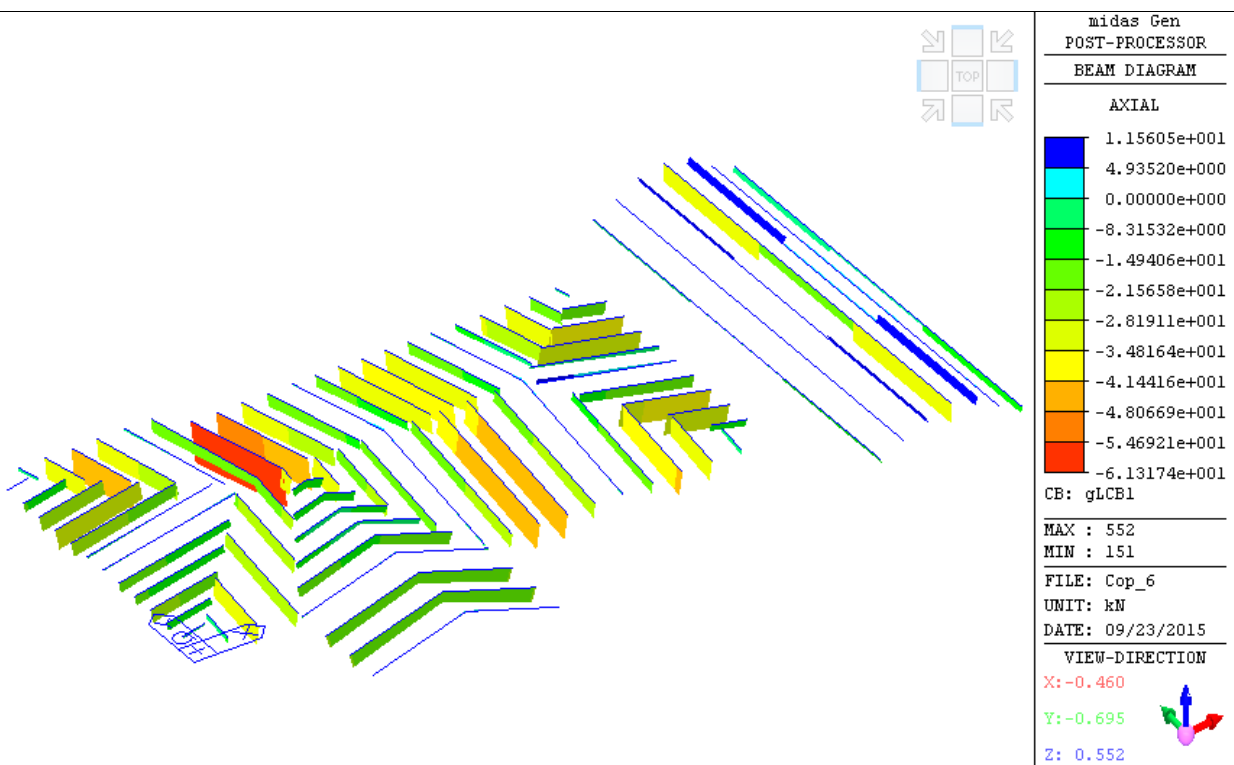
Arcarecci: diagrammi M_y – gLCB1



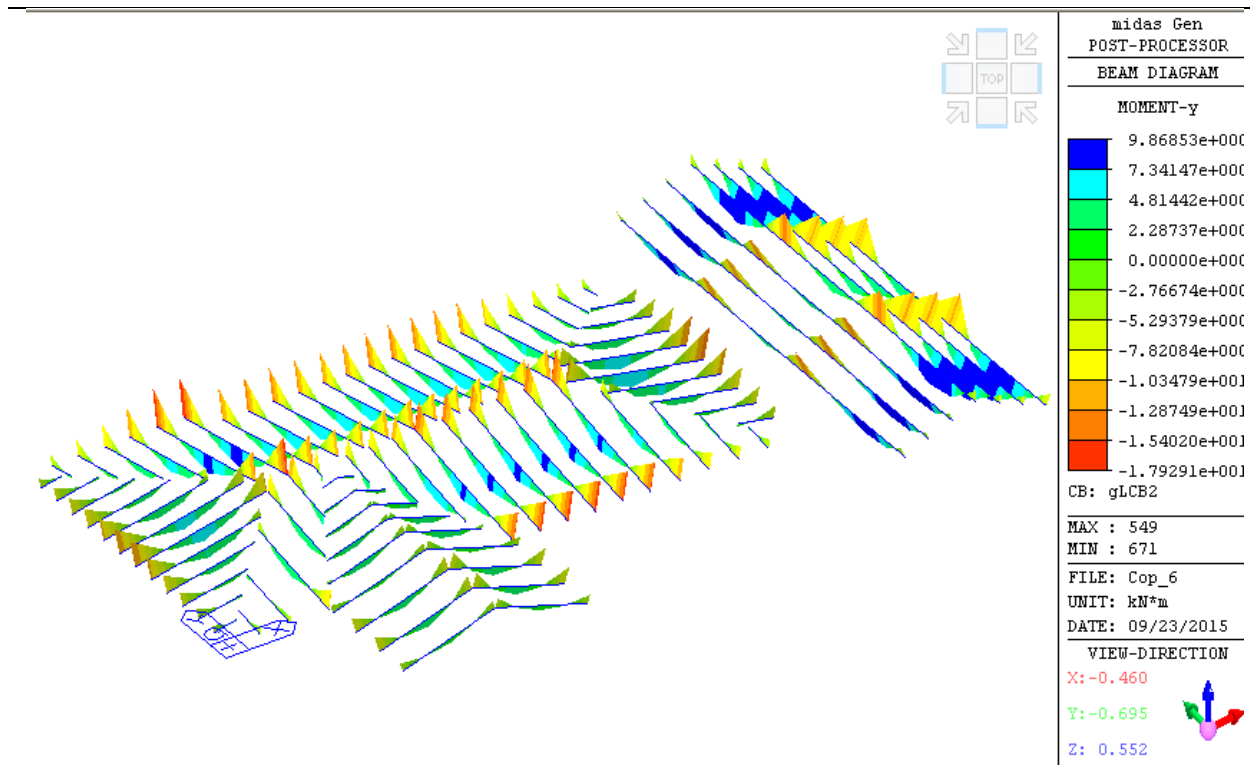
Arcarecci: diagrammi M_z – gLCB1



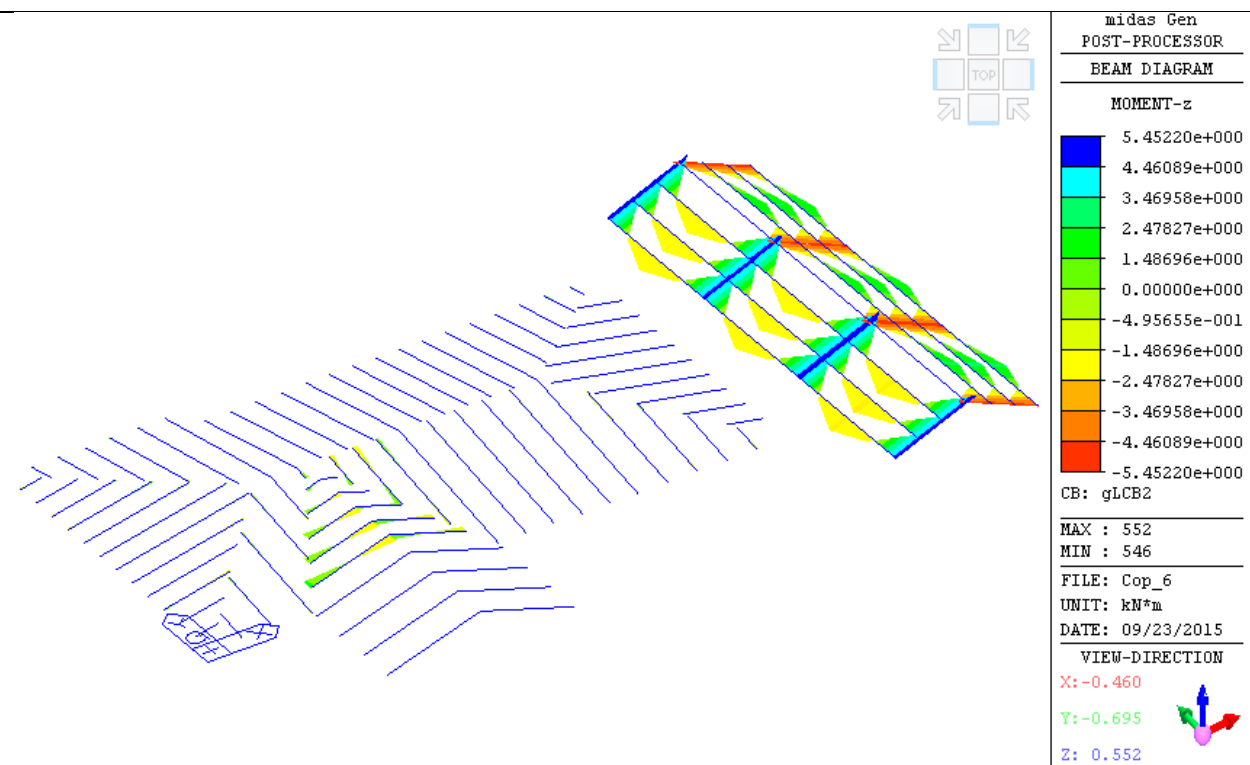
Arcarecci: diagrammi Fz – gLCB1



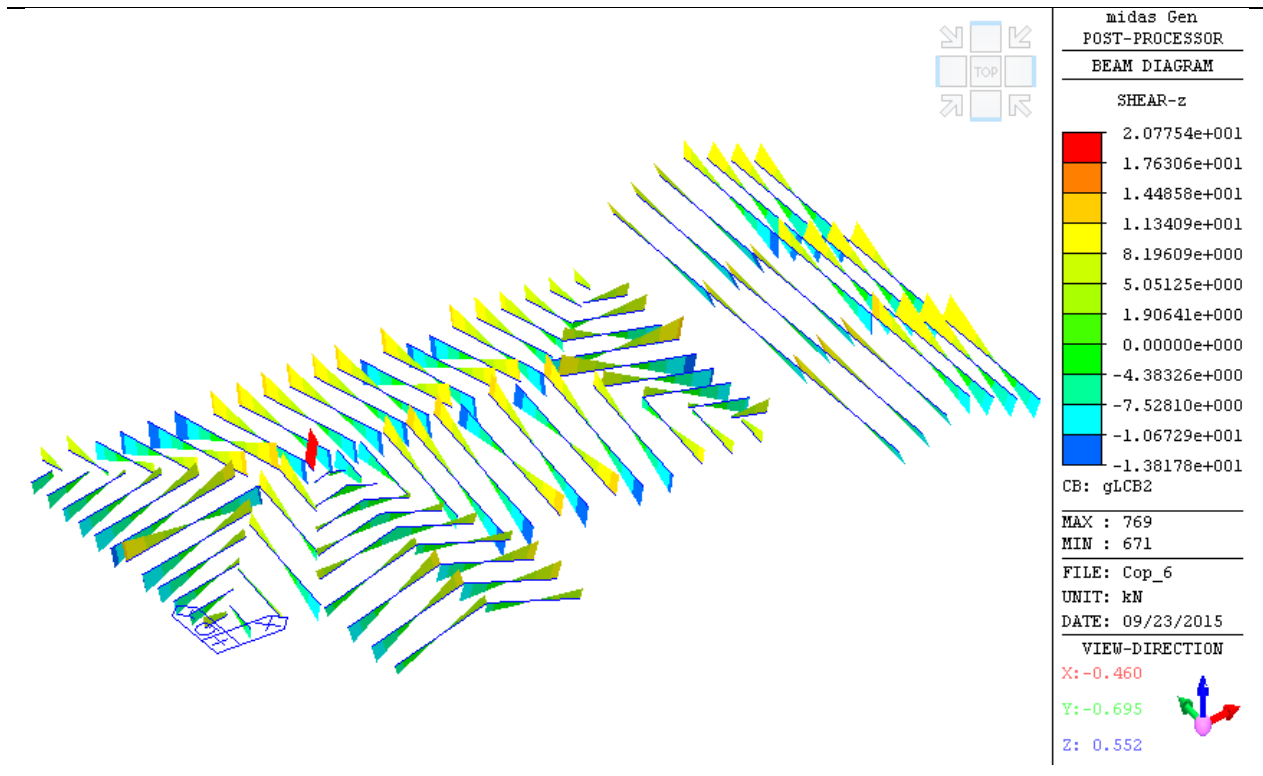
Arcarecci: diagrammi Fx – gLCB1



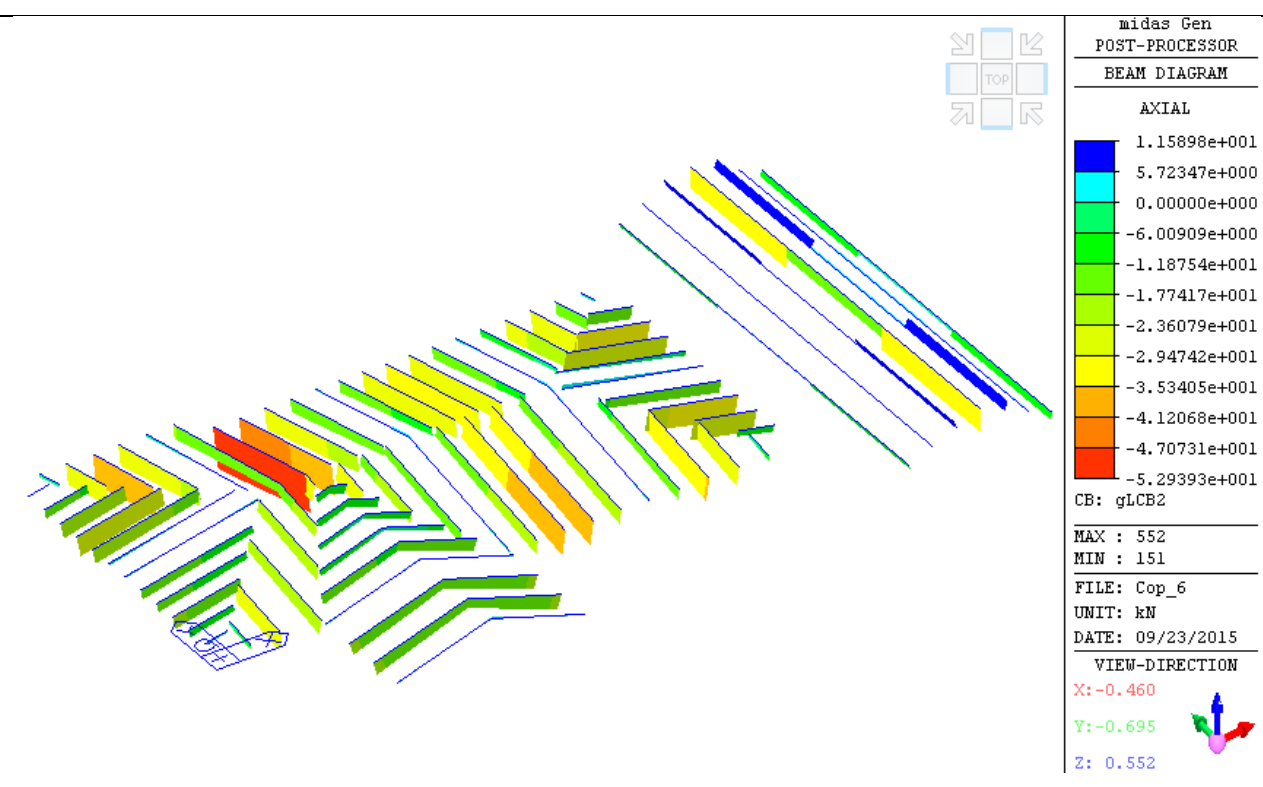
Arcarecci: diagrammi My – gLCB2



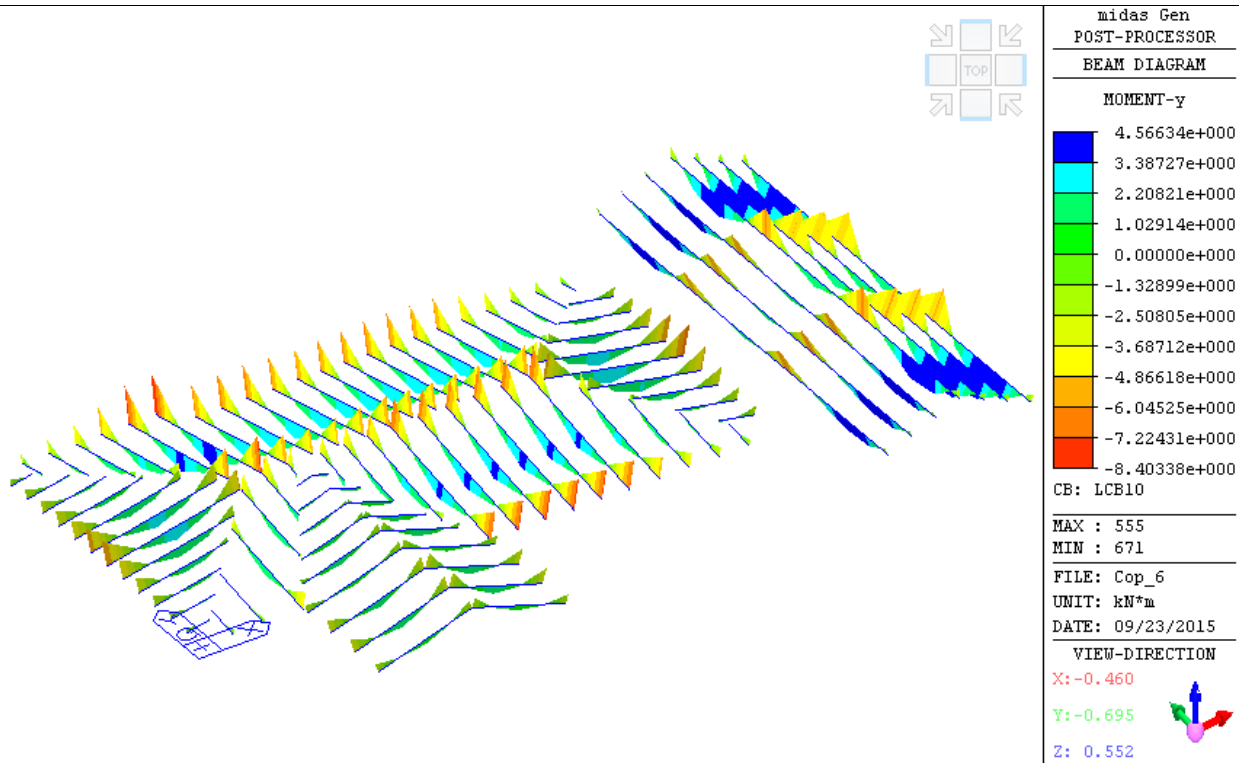
Arcarecci: diagrammi Mz – gLCB2



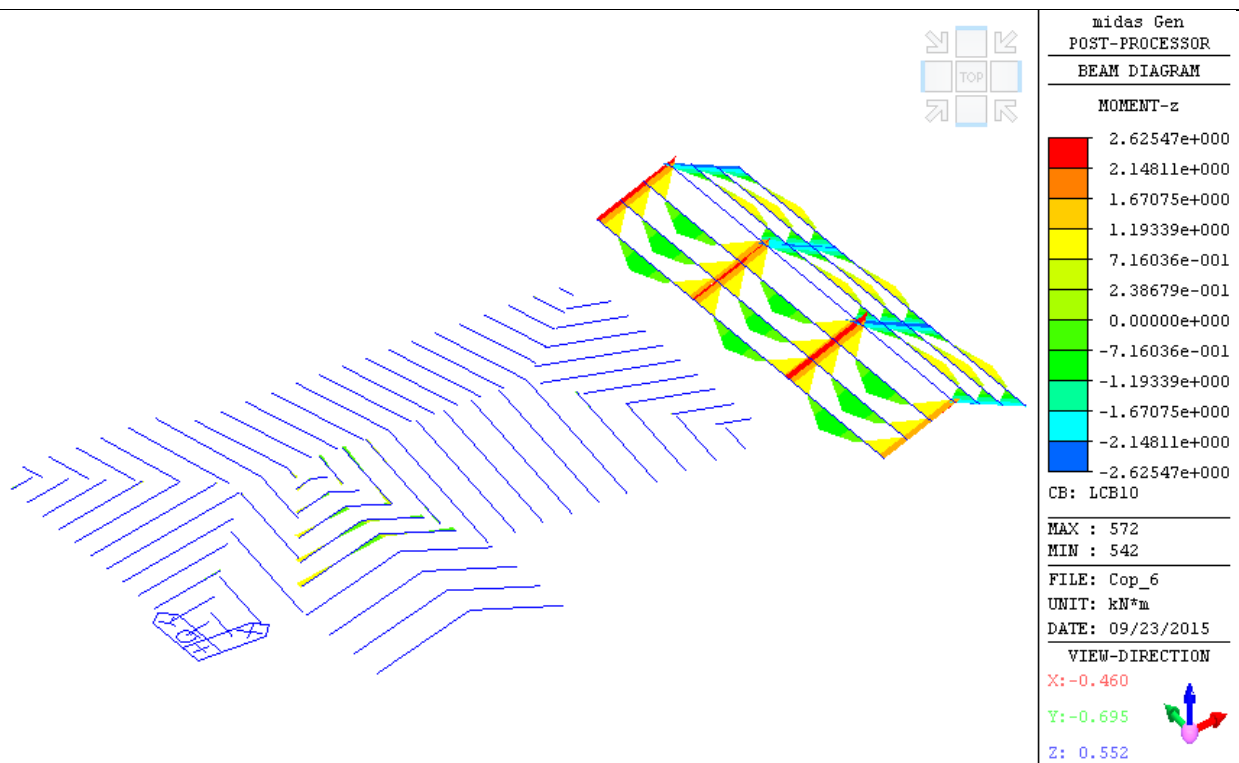
Arcarecci: diagrammi Fz – gLCB2



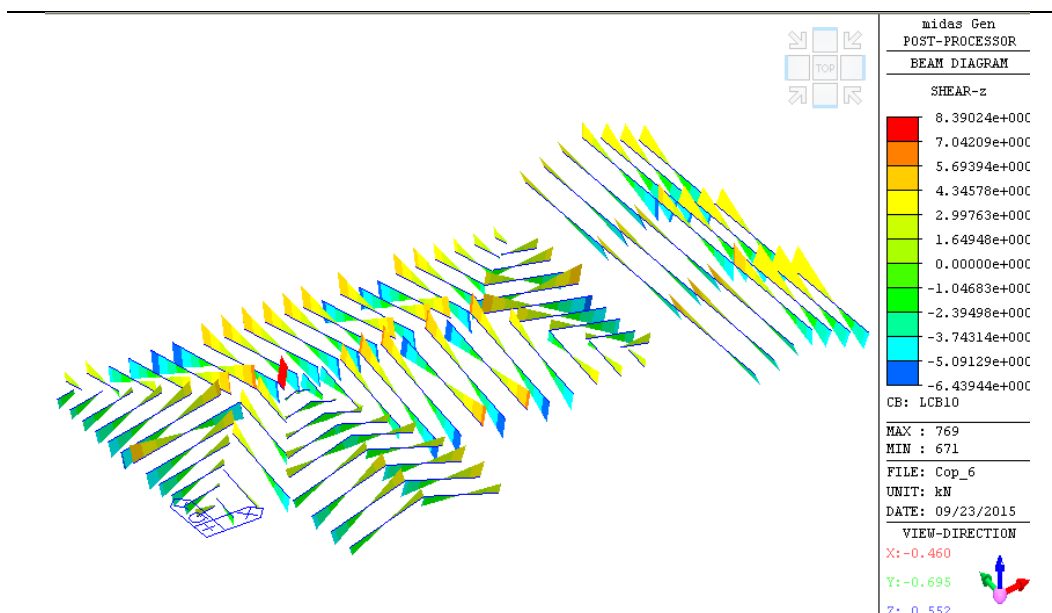
Arcarecci: diagrammi Fx – gLCB2



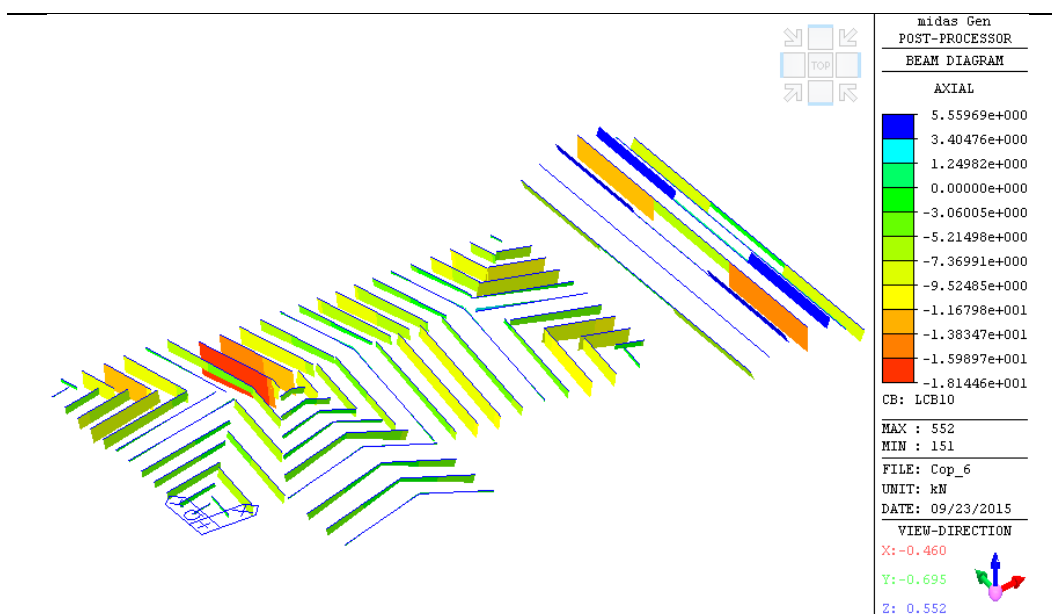
Arcarecci: diagrammi My – LCB10



Arcarecci: diagrammi Mz – gLCB10



Arcarecci: diagrammi Fz – gLCB10



Arcarecci: diagrammi Fx – gLCB10

Le verifiche per gli arcarecci vengono svolte nelle sezioni maggiormente sollecitate. Si adotta un coefficiente k_{mod} relativo ai carichi di breve durata (neve). Di seguito vengono riassunte in tabella le principali sollecitazioni agenti negli elementi più sollecitati; riguardo alla forza assiale, si indica col segno “-” uno stato di compressione.

Elem	Lenght (m)	Load	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
151	4.85	gLCB1	-61.32	Trasc.	11.79	13.5	Trasc.
546	7.05	gLCB2	11.59	4.53	12.23	14.44	-5.45
769	0.7	gLCB1	-32.2	Trasc.	22.65	11.45	Trasc.
671	7.7	gLCB4	-17.73	Trasc.	13.82	17.93	Trasc.

Si riportano appresso le verifiche per le quali si adotta un foglio di calcolo realizzato ad hoc:

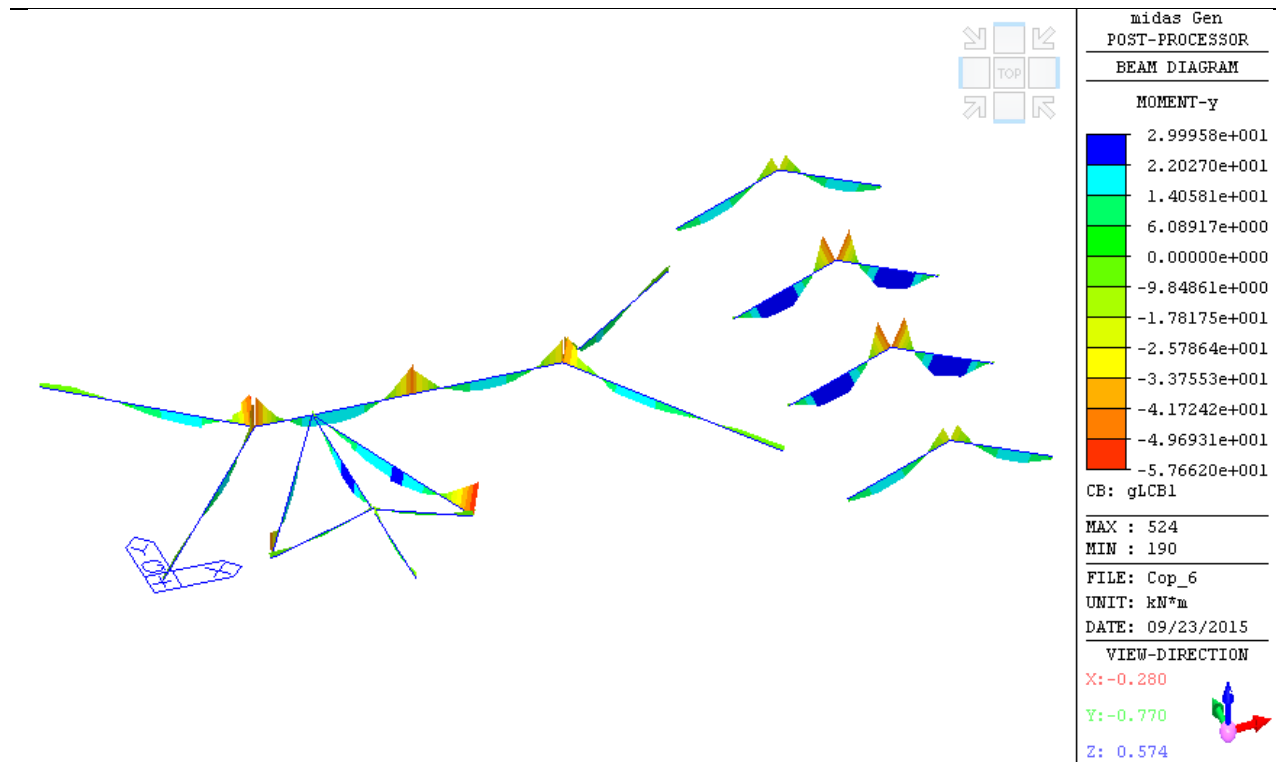
Verifica sezione in legno - rettangolare 14x24 (elem.151)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-	h	240	mm	
fm,k	28	MPa	b	140	mm	
ft,o,k	19.5	MPa	kh	1.096	-	
ft,90,k	0.45	MPa	km	0.7	(sez.rettangolare)	
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa	Jy	1.61E+08	mm^4	
fv,k	3.2	MPa	Jz	5.49E+07	mm^4	
			Jtors	1.63E+08	mm^4	
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa	Wy	1.34E+06	mm^3	
E,90, mean	420	MPa	Wz	7.84E+05	mm^3	
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa	My	13.5	kNm	
			Fz	11.79	kN	
C. di servizio	2	-	N	-61.32	kN	
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-	Mz	0	kNm	
gM	1.45	-	Fy	0	kN	
Sollecitazioni semplici			Verifiche resistenza			
		azione	reazione	U. M.	azione/reaz.	ESITO VERIFICA
Fless. Piano xz	sm,y,d	10.04	16.93	MPa	0.59	verificato
Compress in x	sc,0,d	1.83	16.02	MPa	0.11	verificato
Traz. in x	st,0,d	-	-	MPa	-	-
Fless. Piano xy	sm,z,d	0.00	16.93	MPa	0.00	verificato
Taglio in z	tdz	0.53	1.77	MPa	0.30	verificato
Taglio in y	tdx	0.00	1.77	MPa	0.00	verificato
Sollecitazione composte			Verifiche resistenza			
		caso 1	caso 2			ESITO VERIFICA
Flessione Deviata		-	-			-
Presso - Flessione Deviata		0.61	0.43			verificato
Tenso - Flessione Deviata		-	-			-
			Verifiche stabilità			
		L	4.85	m		
		leff	4.365	m		
		My,crit	1.73E+08	Nmm		
		sm,crit.	1.28E+02	Mpa		
		$\lambda_{rel,m}$	0.47	-		
		k _{crit,m}	1	-		
		L ₀	2.43	m		
		r _{min}	40	mm^4		
		λ	60.00	-		
		$\lambda_{rel,c}$	0.973525448	-		
		b _c	0.1	-		
		k	1.008	-		
		k _{crit,c}	0.415	-		
Sollecitazioni semplici			ESITO VERIFICA			
Flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Presso-flessione semplice	piano xz	0.63	-	-	verificato	
	piano xy	0.27	-	-	verificato	
Tenso-flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Sollecitazioni composte			ESITO VERIFICA			
Flessione deviata	Caso 1	-	-	-	-	
	Caso 2	-	-	-	-	
Presso-flessione deviata	Caso 1	0.87	-	-	verificato	
	Caso 2	0.69	-	-	verificato	
Tenso-flessione deviata	Caso 1	-	-	-	-	
	Caso 2	-	-	-	-	

Verifica sezione in legno - rettangolare 14x24 (elem.546)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-	h	240	mm	
fm,k	28	MPa	b	140	mm	
ft,o,k	19.5	MPa	kh	1.096	-	
ft,90,k	0.45	MPa	km	0.7	(sez.rettangolare)	
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa	Jy	1.61E+08	mm^4	
fv,k	3.2	MPa	Jz	5.49E+07	mm^4	
			Jtors	1.63E+08	mm^4	
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa	Wy	1.34E+06	mm^3	
E,90, mean	420	MPa	Wz	7.84E+05	mm^3	
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa	My	14.44	kNm	
			Fz	12.23	kN	
C. di servizio	2	-	N	11.59	kN	
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-	Mz	5.45	kNm	
gM	1.45	-	Fy	4.53	kN	
Sollecitazioni semplici			Verifiche resistenza			
		azione	reazione	U. M.	azione/reaz.	ESITO VERIFICA
Fless. Piano xz	sm,y,d	10.74	16.93	MPa	0.63	verificato
Compress in x	sc,0,d	-	-	MPa	-	-
Traz. in x	st,0,d	0.34	10.76	MPa	0.03	verificato
Fless. Piano xy	sm,z,d	6.95	16.93	MPa	0.41	verificato
Taglio in z	tdz	0.55	1.77	MPa	0.31	verificato
Taglio in y	tdx	0.20	1.77	MPa	0.11	verificato
Sollecitazione composte			Verifiche resistenza			
		caso 1	caso 2			ESITO VERIFICA
Flessione Deviata		-	-			-
Presso - Flessione Deviata		-	-			-
Tenso - Flessione Deviata		0.95	0.89			verificato
			Verifiche stabilità			
		L	7.05	m		
		leff	6.345	m		
		My,crit	1.19E+08	Nmm		
		sm,crit.	8.83E+01	Mpa		
		$\lambda_{rel,m}$	0.56	-		
		k _{crit,m}	1	-		
		L ₀	3.53	m		
		r _{min}	40	mm^4		
		λ	87.22	-		
		$\lambda_{rel,c}$	1.415124621	-		
		b _c	0.1	-		
		k	1.557	-		
		k _{crit,c}	0.273	-		
Sollecitazioni semplici			ESITO VERIFICA			
Flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Presso-flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Tenso-flessione semplice	piano xz	0.43	-	-	verificato	
	piano xy	0.20	-	-	verificato	
Sollecitazioni composte			ESITO VERIFICA			
Flessione deviata	Caso 1	-	-	-	-	
	Caso 2	-	-	-	-	
Presso-flessione deviata	Caso 1	-	-	-	-	
	Caso 2	-	-	-	-	
Tenso-flessione deviata	Caso 1	0.95	-	-	verificato	
	Caso 2	0.89	-	-	verificato	

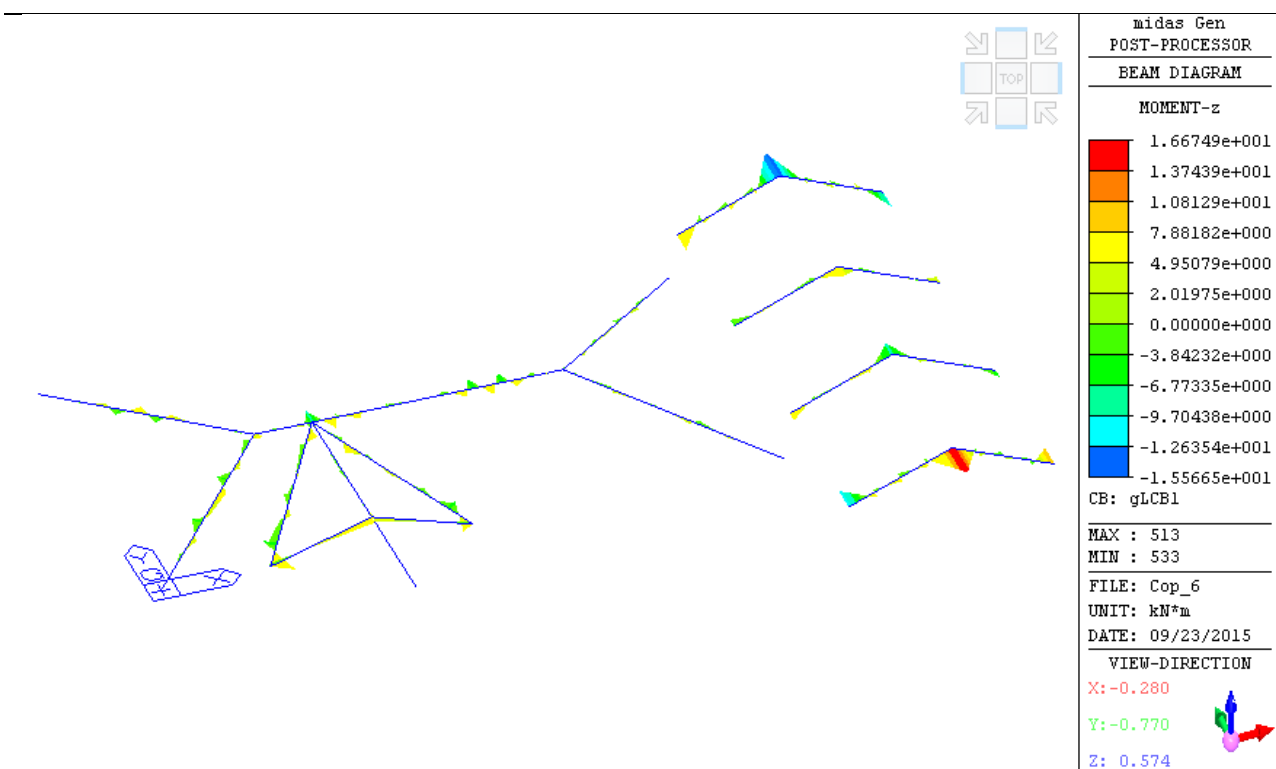
Verifica sezione in legno - rettangolare 14x24 (elem.769)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-	h	240	mm	
fm,k	28	MPa	b	140	mm	
ft,o,k	19.5	MPa	kh	1.096	-	
ft,90,k	0.45	MPa	km	0.7	(sez.rettangolare)	
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa	Jy	1.61E+08	mm^4	
fv,k	3.2	MPa	Jz	5.49E+07	mm^4	
			Jtors	1.63E+08	mm^4	
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa	Wy	1.34E+06	mm^3	
E,90, mean	420	MPa	Wz	7.84E+05	mm^3	
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa	My	11.45	kNm	
			Fz	22.65	kN	
C. di servizio	2	-	N	-32.2	kN	
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-	Mz	0	kNm	
gM	1.45	-	Fy	0	kN	
Sollecitazioni semplici			Verifiche resistenza			
		azione	reazione	U. M.	azione/reaz.	ESITO VERIFICA
Fless. Piano xz	sm,y,d	8.52	16.93	MPa	0.50	verificato
Compress in x	sc,0,d	0.96	16.02	MPa	0.06	verificato
Traz. in x	st,0,d	-	-	MPa	-	-
Fless. Piano xy	sm,z,d	0.00	16.93	MPa	0.00	verificato
Taglio in z	tdz	1.01	1.77	MPa	0.57	verificato
Taglio in y	tdx	0.00	1.77	MPa	0.00	verificato
Sollecitazione composte			Verifiche resistenza			
		caso 1	caso 2			ESITO VERIFICA
Flessione Deviata		-	-			-
Presso - Flessione Deviata		0.51	0.36			verificato
Tenso - Flessione Deviata		-	-			-
			Verifiche stabilità			
		L	0.7	m		
		leff	0.63	m		
		My,crit	1.20E+09	Nmm		
		sm,crit.	8.90E+02	Mpa		
		$\lambda_{rel,m}$	0.18	-		
		k _{crit,m}	1	-		
		L ₀	0.35	m		
		r _{min}	40	mm^4		
		λ	8.66	-		
		$\lambda_{rel,c}$	0.140508828	-		
		b _c	0.1	-		
		k	0.502	-		
		k _{crit,c}	1.000	-		
Sollecitazioni semplici			ESITO VERIFICA			
Flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Presso-flessione semplice	piano xz	0.31	-	-	verificato	
	piano xy	0.06	-	-	verificato	
Tenso-flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	

Verifica sezione in legno - rettangolare 14x24 (elem.671)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-	h	240	mm	
fm,k	28	MPa	b	140	mm	
ft,o,k	19.5	MPa	kh	1.096	-	
ft,90,k	0.45	MPa	km	0.7	(sez.rettangolare)	
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa	Jy	1.61E+08	mm^4	
fv,k	3.2	MPa	Jz	5.49E+07	mm^4	
			Jtors	1.63E+08	mm^4	
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa	Wy	1.34E+06	mm^3	
E,90, mean	420	MPa	Wz	7.84E+05	mm^3	
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa	My	17.93	kNm	
			Fz	13.82	kN	
C. di servizio	2	-	N	-17.73	kN	
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-	Mz	0	kNm	
gM	1.45	-	Fy	0	kN	
Sollecitazioni semplici			Verifiche resistenza			
		azione	reazione	U. M.	azione/reaz.	ESITO VERIFICA
Fless. Piano xz	sm,y,d	13.34	16.93	MPa	0.79	verificato
Compress in x	sc,0,d	0.53	16.02	MPa	0.03	verificato
Traz. in x	st,0,d	-	-	MPa	-	-
Fless. Piano xy	sm,z,d	0.00	16.93	MPa	0.00	verificato
Taglio in z	tdz	0.62	1.77	MPa	0.35	verificato
Taglio in y	tdx	0.00	1.77	MPa	0.00	verificato
Sollecitazione composte			Verifiche resistenza			
		caso 1	caso 2			ESITO VERIFICA
Flessione Deviata		-	-			-
Presso - Flessione Deviata		0.79	0.55			verificato
Tenso - Flessione Deviata		-	-			-
			Verifiche stabilità			
		L	7.7	m		
		leff	6.93	m		
		My,crit	1.09E+08	Nmm		
		sm,crit.	8.09E+01	Mpa		
		$\lambda_{rel,m}$	0.59	-		
		k _{crit,m}	1	-		
		L ₀	3.85	m		
		r _{min}	40	mm^4		
		λ	95.26	-		
		$\lambda_{rel,c}$	1.545597104	-		
		b _c	0.1	-		
		k	1.757	-		
		k _{crit,c}	0.244	-		
Sollecitazioni semplici			ESITO VERIFICA			
Flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Presso-flessione semplice	piano xz	0.76	-	-	verificato	
	piano xy	0.13	-	-	verificato	
Tenso-flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	

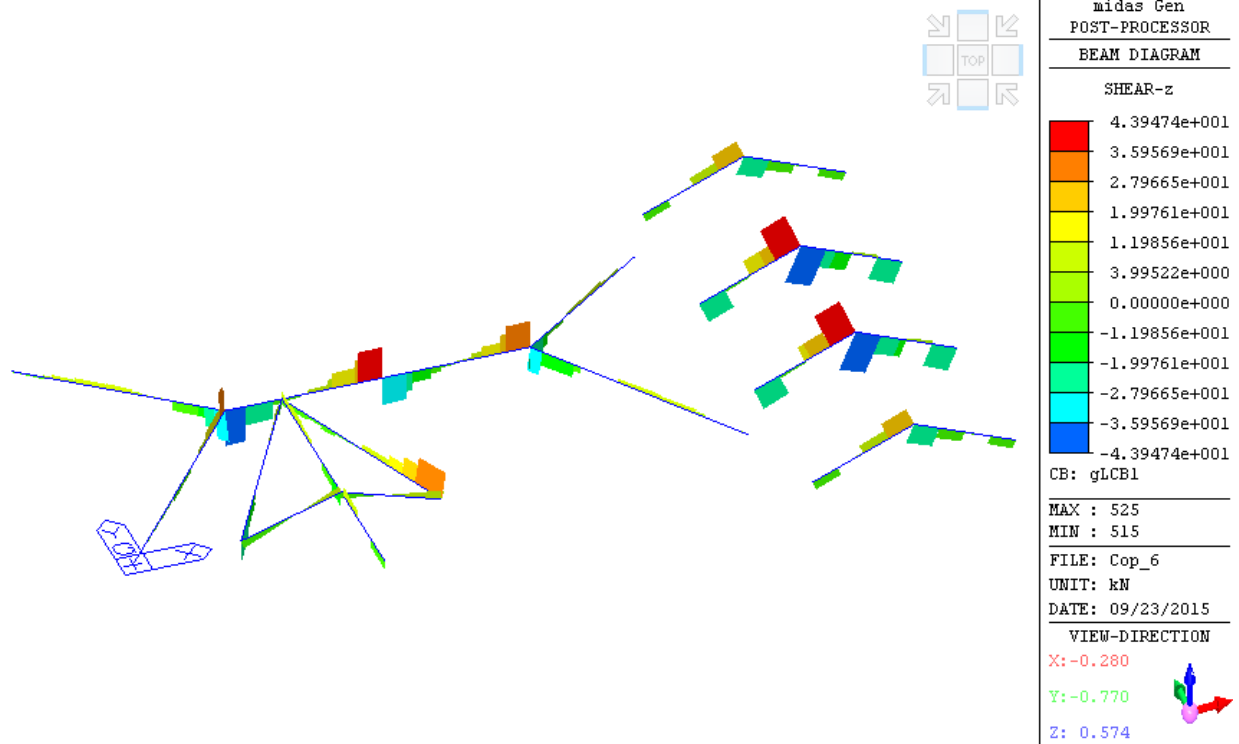
02.05.01. Verifica travi principali (20x40)



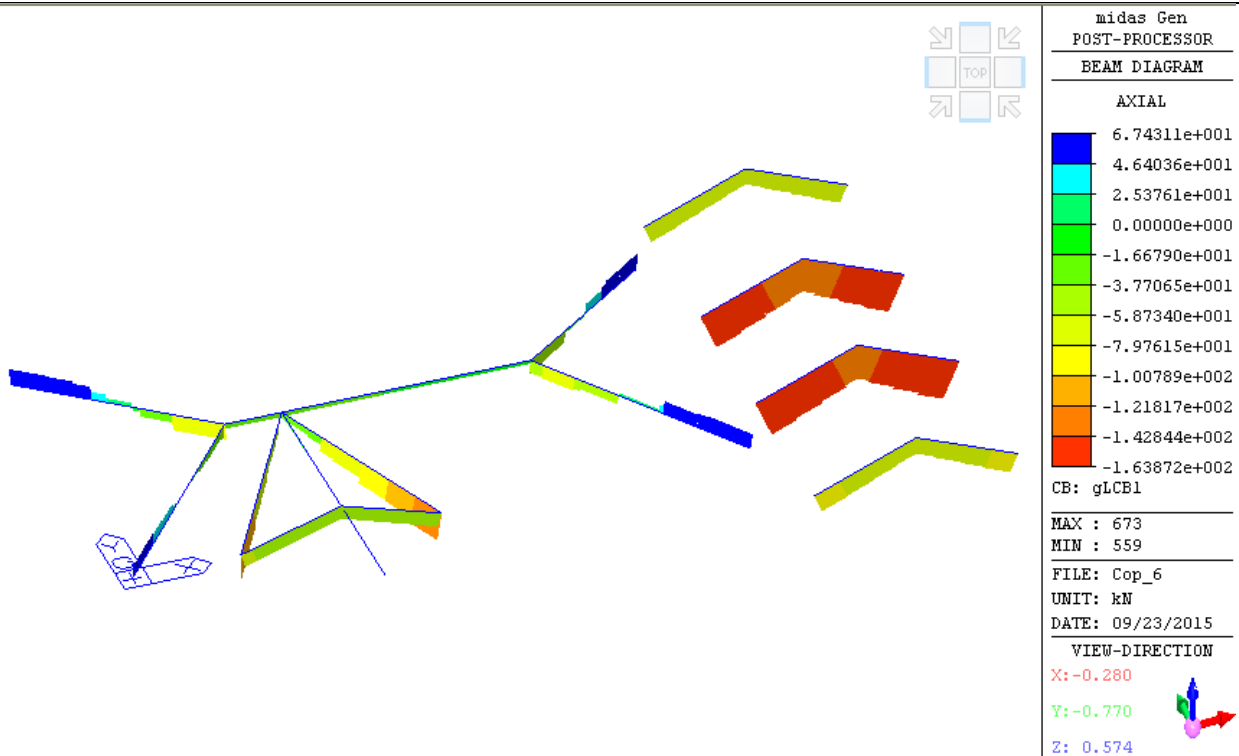
Travi principali: diagrammi My – gLCB1



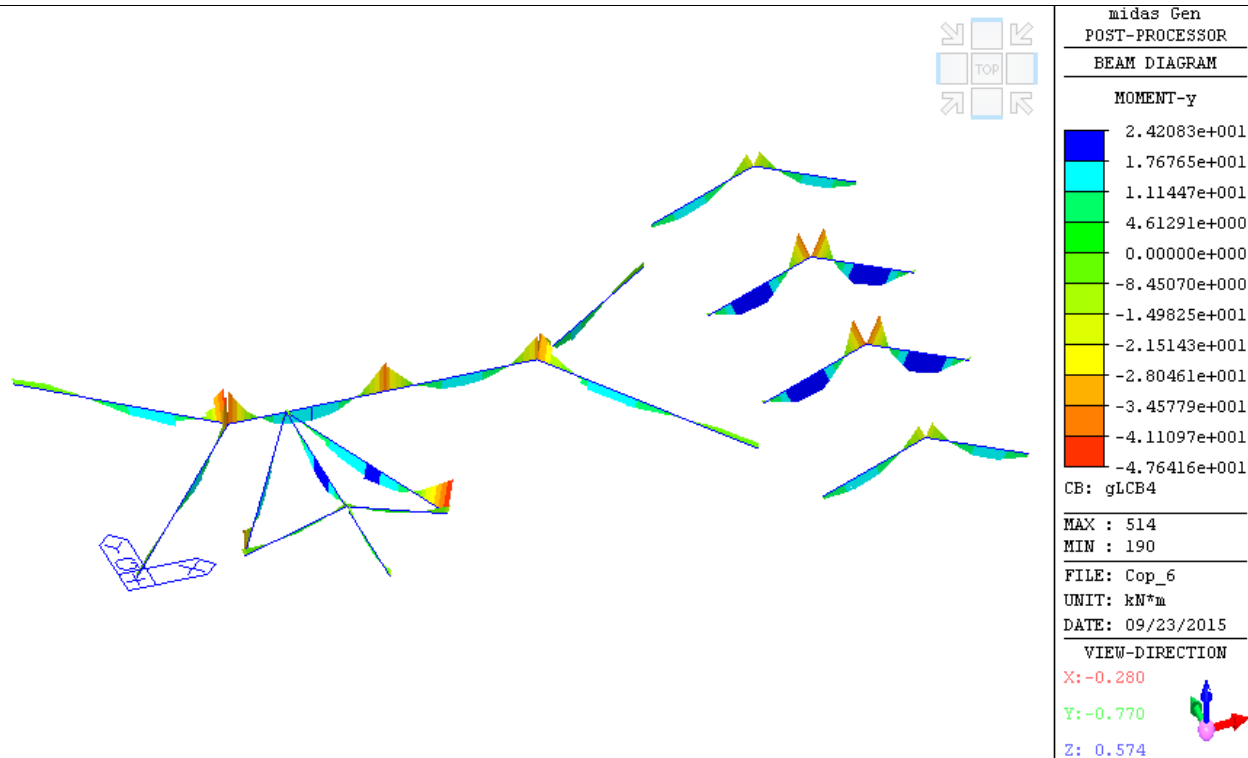
Travi principali: diagrammi Mz – gLCB1



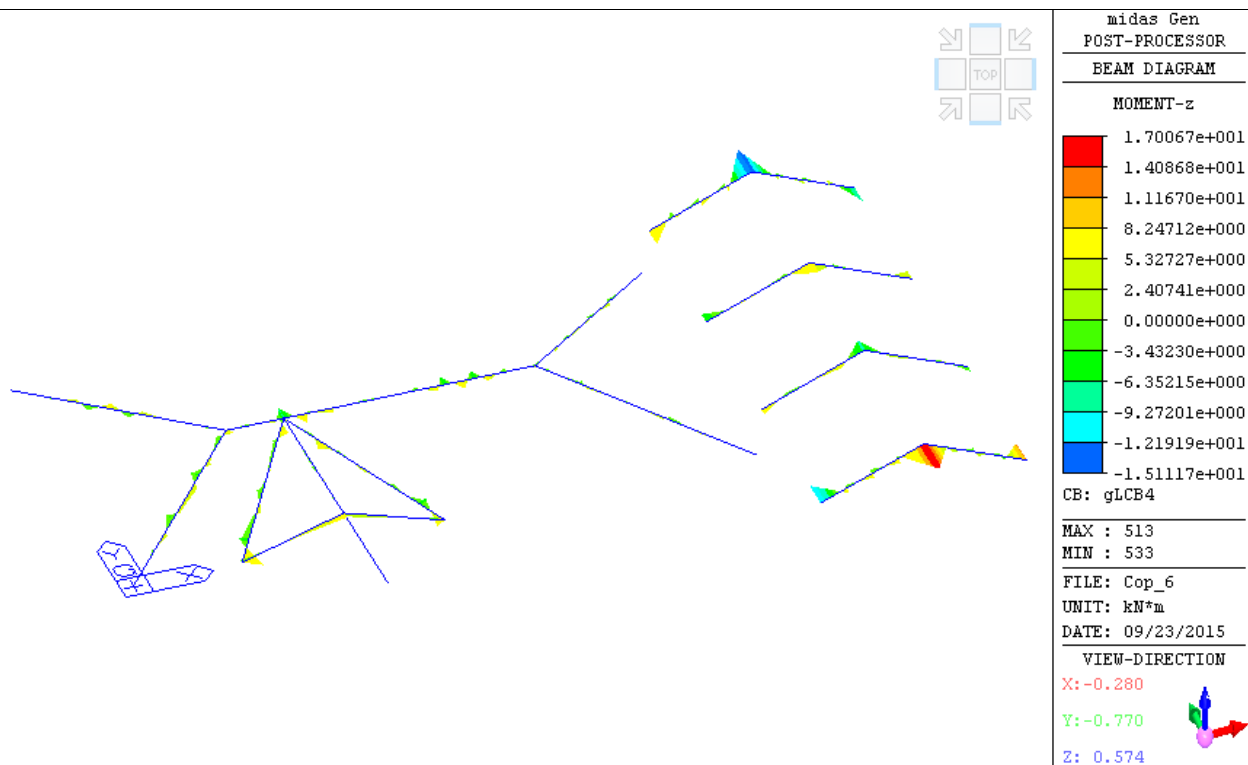
Travi principali: diagrammi Fz – gLCB1



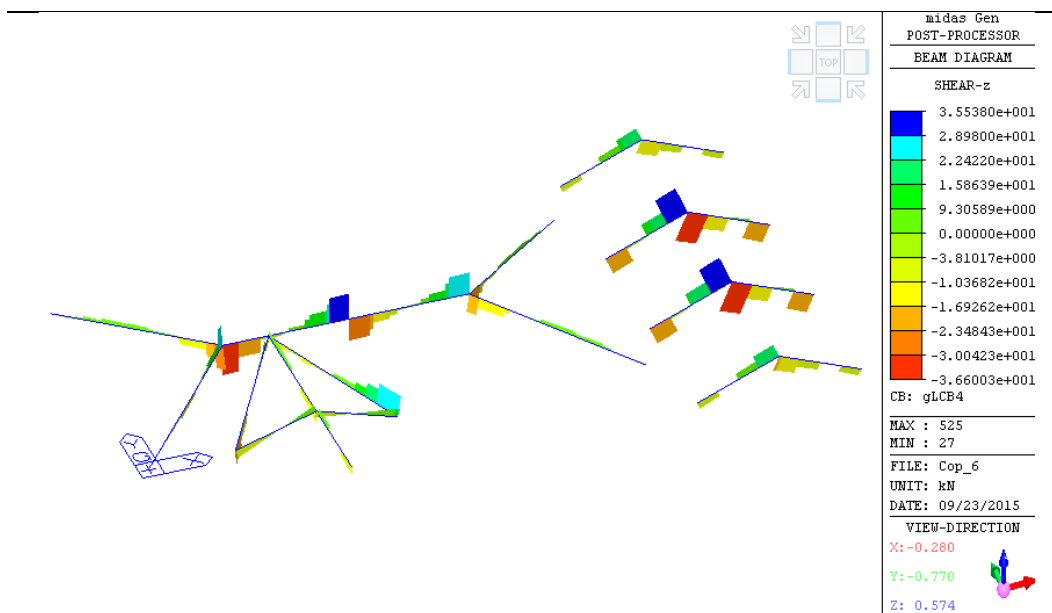
Travi principali: diagrammi Fx – gLCB1



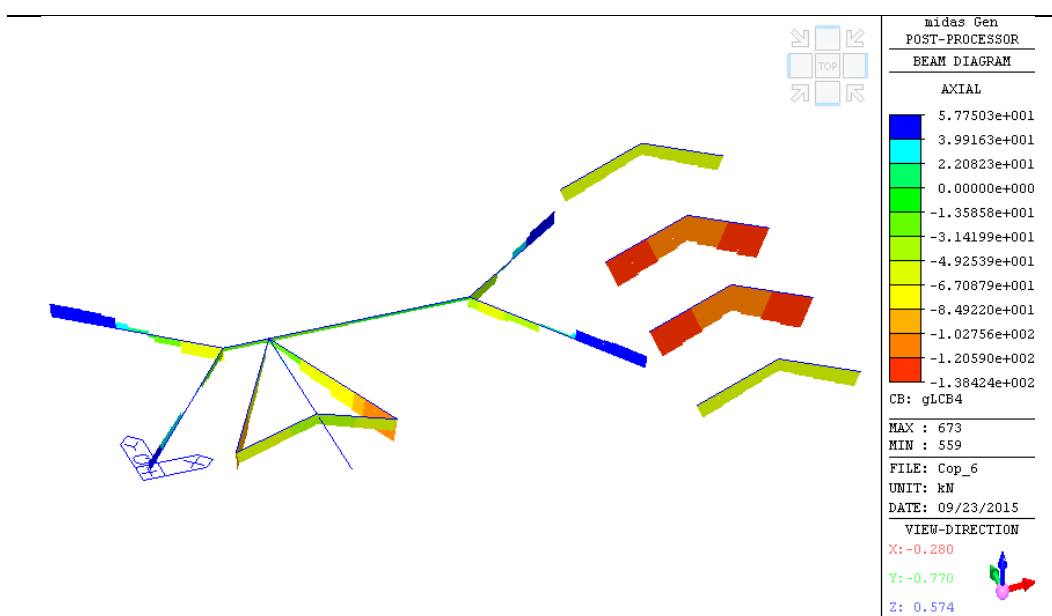
Travi principali: diagrammi My – gLCB4



Travi principali: diagrammi Mz – gLCB4



Travi principali: diagrammi Fz – gLCB4



Travi principali: diagrammi Fx – gLCB4

Le verifiche per le travi vengono svolte nelle sezioni maggiormente sollecitate. Si adotta un coefficiente k_{mod} relativo ai carichi di breve durata (neve). Di seguito vengono riassunte in tabella le principali sollecitazioni agenti negli elementi più sollecitati; riguardo alla forza assiale, si indica col segno “-” uno stato di compressione.

Elem	Lenght (m)	Load	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
559	4.85	gLCB1	-163.87	5.17	-26.37	-4.8	4.71
673	10.15	gLCB1	67.43	Trasc.	2.04	-8.38	Trasc.
773	13.4	gLCB1	-18.74	28.3	-0.83	20.06	6.51
515	4.85	gLCB1	-136.3	-8.14	-43.95	-47.01	-7.36
190	8.6	gLCB1	-131.16	Trasc.	33.89	-57.66	Trasc.
524	4.85	gLCB1	-145.76	Trasc.	19.76	30	Trasc.
521	4.85	gLCB4	-51.26	-15.98	17.05	-18.9	17.01

Si riportano appresso le verifiche per le quali si adotta un foglio di calcolo realizzato ad hoc:

Verifica sezione in legno - rettangolare 20x40 (elem.559)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-	h	400	mm	
fm,k	28	MPa	b	200	mm	
ft,o,k	19.5	MPa	kh	1.041	-	
ft,90,k	0.45	MPa	km	0.7	(sez.rettangolare)	
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa	Jy	1.07E+09	mm^4	
fv,k	3.2	MPa	Jz	2.67E+08	mm^4	
			Jtors	8.21E+08	mm^4	
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa	Wy	5.33E+06	mm^3	
E,90, mean	420	MPa	Wz	2.67E+06	mm^3	
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa	My	4.8	kNm	
			Fz	26.37	kN	
C. di servizio	2	-	N	-163.87	kN	
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-	Mz	4.71	kNm	
gM	1.45	-	Fy	5.17	kN	
Sollecitazioni semplici			Verifiche resistenza			
		azione	reazione	U. M.	azione/reaz.	ESITO VERIFICA
Fless. Piano xz	sm,y,d	0.90	16.09	MPa	0.06	verificato
Compress in x	sc,0,d	2.05	15.23	MPa	0.13	verificato
Traz. in x	st,0,d	-	-	MPa	-	-
Fless. Piano xy	sm,z,d	1.77	16.09	MPa	0.11	verificato
Taglio in z	tdz	0.49	1.77	MPa	0.28	verificato
Taglio in y	tdx	0.10	1.77	MPa	0.05	verificato
Sollecitazione composte			Verifiche resistenza			ESITO VERIFICA
		caso 1		caso 2		
Flessione Deviata		-		-		-
Presso - Flessione Deviata		0.15		0.17		verificato
Tenso - Flessione Deviata		-		-		-
			Verifiche stabilità			
		L	4.85	m		
		leff	4.365	m		
		My,crit	8.54E+08	Nmm		
		sm,crit.	1.60E+02	Mpa		
		$\lambda_{rel,m}$	0.42	-		
		k _{crit,m}	1	-		
		L ₀	3.23	m		
		r _{min}	58	mm^4		
		λ	56.00	-		
		$\lambda_{rel,c}$	0.908623752	-		
		b _c	0.1	-		
		k	0.943	-		
		k _{crit,c}	0.444	-		
Sollecitazioni semplici			ESITO VERIFICA			
Flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Presso-flessione semplice	piano xz	0.31	-	-	verificato	
	piano xy	0.32	-	-	verificato	
Tenso-flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Sollecitazioni composte			ESITO VERIFICA			
Flessione deviata	Caso 1	-	-	-	-	
	Caso 2	-	-	-	-	
Presso-flessione deviata	Caso 1	0.44	-	-	verificato	
	Caso 2	0.45	-	-	verificato	
Tenso-flessione deviata	Caso 1	-	-	-	-	
	Caso 2	-	-	-	-	

Verifica sezione in legno - rettangolare 20x40 (elem.673)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-	h	400	mm	
fm,k	28	MPa	b	200	mm	
ft,o,k	19.5	MPa	kh	1.041	-	
ft,90,k	0.45	MPa	km	0.7	(sez.rettangolare)	
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa	Jy	1.07E+09	mm^4	
fv,k	3.2	MPa	Jz	2.67E+08	mm^4	
			Jtors	8.21E+08	mm^4	
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa	Wy	5.33E+06	mm^3	
E,90, mean	420	MPa	Wz	2.67E+06	mm^3	
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa	My	8.38	kNm	
			Fz	2.04	kN	
C. di servizio	2	-	N	67.43	kN	
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-	Mz	0	kNm	
gM	1.45	-	Fy	0	kN	
Sollecitazioni semplici			Verifiche resistenza			
			azione	reazione	U. M.	azione/reaz.
Fless. Piano xz	sm,y,d		1.57	16.09	MPa	0.10
Compress in x	sc,0,d		-	-	MPa	-
Traz. in x	st,0,d		0.84	10.76	MPa	0.08
Fless. Piano xy	sm,z,d		0.00	16.09	MPa	0.00
Taglio in z	tdz		0.04	1.77	MPa	0.02
Taglio in y	tdx		0.00	1.77	MPa	0.00
Sollecitazione composte			Verifiche resistenza			
			caso 1	caso 2		ESITO VERIFICA
Flessione Deviata			-	-		-
Presso - Flessione Deviata			-	-		-
Tenso - Flessione Deviata			0.18	0.15		verificato
			Verifiche stabilità			
			L	10.15	m	
			leff	9.135	m	
			My,crit	4.08E+08	Nmm	
			sm,crit.	7.65E+01	Mpa	
			$\lambda_{rel,m}$	0.60	-	
			$k_{crit,m}$	1	-	
			L ₀	5.08	m	
			r _{min}	58	mm^4	
			λ	87.90	-	
			$\lambda_{rel,c}$	1.4261646	-	
			b _c	0.1	-	
			k	1.573	-	
			$k_{crit,c}$	0.271	-	
Sollecitazioni semplici			ESITO VERIFICA			
Flessione semplice	piano xz		-	-		-
	piano xy		-	-		-
Presso-flessione semplice	piano xz		-	-		-
	piano xy		-	-		-
Tenso-flessione semplice	piano xz		0.09	-		verificato
	piano xy		0.08	-		verificato

Verifica sezione in legno - rettangolare 20x40 (elem.773)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-		h	400	mm
fm,k	28	MPa		b	200	mm
ft,o,k	19.5	MPa		kh	1.041	-
ft,90,k	0.45	MPa		km	0.7	(sez.rettangolare)
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa		Jy	1.07E+09	mm^4
fv,k	3.2	MPa		Jz	2.67E+08	mm^4
				Jtors	8.21E+08	mm^4
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa		Wy	5.33E+06	mm^3
E,90, mean	420	MPa		Wz	2.67E+06	mm^3
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa		My	20.06	kNm
				Fz	0.83	kN
C. di servizio	2	-		N	-18.74	kN
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-		Mz	6.51	kNm
gM	1.45	-		Fy	28.3	kN
Sollecitazioni semplici			Verifiche resistenza			
			azione	reazione	U. M.	azione/reaz.
						ESITO VERIFICA
Fless. Piano xz	sm,y,d	3.76	16.09	MPa	0.23	verificato
Compress in x	sc,0,d	0.23	15.23	MPa	0.02	verificato
Traz. in x	st,0,d	-	-	MPa	-	-
Fless. Piano xy	sm,z,d	2.44	16.09	MPa	0.15	verificato
Taglio in z	tdz	0.02	1.77	MPa	0.01	verificato
Taglio in y	tdx	0.53	1.77	MPa	0.30	verificato
Sollecitazione composte			Verifiche resistenza			
			caso 1		caso 2	
					ESITO VERIFICA	
Flessione Deviata		-			-	
Presso - Flessione Deviata		0.34			0.32	
Tenso - Flessione Deviata		-			-	
			Verifiche stabilità			
			L	13.4	m	
			leff	12.06	m	
			My,crit	3.09E+08	Nmm	
			sm,crit.	5.80E+01	Mpa	
			λrel,m	0.69	-	
			kcrit,m	1	-	
			L0	6.70	m	
			rmin	58	mm^4	
			λ	116.05	-	
			λrel,c	1.88281829	-	
			b_c	0.1	-	
			k	2.352	-	
			kcrit,c	0.186	-	
Sollecitazioni semplici					ESITO VERIFICA	
Flessione semplice	piano xz	-	-	-		
	piano xy	-	-	-		
Presso-flessione semplice	piano xz	0.14	-	verificato		
	piano xy	0.11	-	verificato		
Tenso-flessione semplice	piano xz	-	-	-		
	piano xy	-	-	-		
Sollecitazioni composte					ESITO VERIFICA	
Flessione deviata	Caso 1	-	-	-		
	Caso 2	-	-	-		
Presso-flessione deviata	Caso 1	0.42	-	verificato		
	Caso 2	0.40	-	verificato		
Tenso-flessione deviata	Caso 1	-	-	-		
	Caso 2	-	-	-		

Verifica sezione in legno - rettangolare 20x40 (elem.515)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-	h	400	mm	
fm,k	28	MPa	b	200	mm	
ft,o,k	19.5	MPa	kh	1.041	-	
ft,90,k	0.45	MPa	km	0.7	(sez.rettangolare)	
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa	Jy	1.07E+09	mm^4	
fv,k	3.2	MPa	Jz	2.67E+08	mm^4	
			Jtors	8.21E+08	mm^4	
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa	Wy	5.33E+06	mm^3	
E,90, mean	420	MPa	Wz	2.67E+06	mm^3	
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa	My	47.01	kNm	
			Fz	43.95	kN	
C. di servizio	2	-	N	-136.3	kN	
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-	Mz	7.36	kNm	
gM	1.45	-	Fy	8.14	kN	
Sollecitazioni semplici			Verifiche resistenza			
		azione	reazione	U. M.	azione/reaz.	ESITO VERIFICA
Fless. Piano xz	sm,y,d	8.81	16.09	MPa	0.55	verificato
Compress in x	sc,0,d	1.70	15.23	MPa	0.11	verificato
Traz. in x	st,0,d	-	-	MPa	-	-
Fless. Piano xy	sm,z,d	2.76	16.09	MPa	0.17	verificato
Taglio in z	tdz	0.82	1.77	MPa	0.47	verificato
Taglio in y	tdx	0.15	1.77	MPa	0.09	verificato
Sollecitazione composte			Verifiche resistenza			
		caso 1	caso 2			ESITO VERIFICA
Flessione Deviata		-	-			-
Presso - Flessione Deviata		0.68	0.57			verificato
Tenso - Flessione Deviata		-	-			-
			Verifiche stabilità			
			L	4.85	m	
			leff	4.365	m	
			My,crit	8.54E+08	Nmm	
			sm,crit.	1.60E+02	Mpa	
			$\lambda_{rel,m}$	0.42	-	
			k _{crit,m}	1	-	
			L ₀	3.23	m	
			r _{min}	58	mm^4	
			λ	56.00	-	
			$\lambda_{rel,c}$	0.908623752	-	
			b _c	0.1	-	
			k	0.943	-	
			k _{crit,c}	0.444	-	
Sollecitazioni semplici			ESITO VERIFICA			
Flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Presso-flessione semplice	piano xz	0.55	-	-	verificato	
	piano xy	0.28	-	-	verificato	
Tenso-flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Sollecitazioni composte			ESITO VERIFICA			
Flessione deviata	Caso 1	-	-	-	-	
	Caso 2	-	-	-	-	
Presso-flessione deviata	Caso 1	0.92	-	-	verificato	
	Caso 2	0.81	-	-	verificato	
Tenso-flessione deviata	Caso 1	-	-	-	-	
	Caso 2	-	-	-	-	

Verifica sezione in legno - rettangolare 20x40 (elem.190)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-	h	400	mm	
fm,k	28	MPa	b	200	mm	
ft,o,k	19.5	MPa	kh	1.041	-	
ft,90,k	0.45	MPa	km	0.7	(sez.rettangolare)	
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa	Jy	1.07E+09	mm^4	
fv,k	3.2	MPa	Jz	2.67E+08	mm^4	
			Jtors	8.21E+08	mm^4	
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa	Wy	5.33E+06	mm^3	
E,90, mean	420	MPa	Wz	2.67E+06	mm^3	
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa	My	57.66	kNm	
			Fz	33.89	kN	
C. di servizio	2	-	N	-131.16	kN	
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-	Mz	0	kNm	
gM	1.45	-	Fy	0	kN	
Sollecitazioni semplici			Verifiche resistenza			
		azione	reazione	U. M.	azione/reaz.	ESITO VERIFICA
Fless. Piano xz	sm,y,d	10.81	16.09	MPa	0.67	verificato
Compress in x	sc,0,d	1.64	15.23	MPa	0.11	verificato
Traz. in x	st,0,d	-	-	MPa	-	-
Fless. Piano xy	sm,z,d	0.00	16.09	MPa	0.00	verificato
Taglio in z	tdz	0.64	1.77	MPa	0.36	verificato
Taglio in y	tdx	0.00	1.77	MPa	0.00	verificato
Sollecitazione composte			Verifiche resistenza			
		caso 1	caso 2			ESITO VERIFICA
Flessione Deviata		-	-			-
Presso - Flessione Deviata		0.68	0.48			verificato
Tenso - Flessione Deviata		-	-			-
			Verifiche stabilità			
		L	8.6	m		
		leff	7.74	m		
		My,crit	4.82E+08	Nmm		
		sm,crit.	9.03E+01	Mpa		
		$\lambda_{rel,m}$	0.56	-		
		$k_{crit,m}$	1	-		
		L_0	5.73	m		
		r_{min}	58	mm^4		
		λ	99.30	-		
		$\lambda_{rel,c}$	1.61116789	-		
		b_c	0.1	-		
		k	1.863	-		
		$k_{crit,c}$	0.231	-		
Sollecitazioni semplici			ESITO VERIFICA			
Flessione semplice	piano xz	-	-	-		
	piano xy	-	-	-		
Presso-flessione semplice	piano xz	0.92	-	verificato		
	piano xy	0.47	-	verificato		
Tenso-flessione semplice	piano xz	-	-	-		
	piano xy	-	-	-		

Verifica sezione in legno - rettangolare 20x40 (elem.524)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-	h	400	mm	
fm,k	28	MPa	b	200	mm	
ft,o,k	19.5	MPa	kh	1.041	-	
ft,90,k	0.45	MPa	km	0.7	(sez.rettangolare)	
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa	Jy	1.07E+09	mm^4	
fv,k	3.2	MPa	Jz	2.67E+08	mm^4	
			Jtors	8.21E+08	mm^4	
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa	Wy	5.33E+06	mm^3	
E,90, mean	420	MPa	Wz	2.67E+06	mm^3	
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa	My	57.66	kNm	
			Fz	33.89	kN	
C. di servizio	2	-	N	-145.76	kN	
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-	Mz	0	kNm	
gM	1.45	-	Fy	0	kN	
Sollecitazioni semplici			Verifiche resistenza			
		azione	reazione	U. M.	azione/reaz.	ESITO VERIFICA
Fless. Piano xz	sm,y,d	10.81	16.09	MPa	0.67	verificato
Compress in x	sc,0,d	1.82	15.23	MPa	0.12	verificato
Traz. in x	st,0,d	-	-	MPa	-	-
Fless. Piano xy	sm,z,d	0.00	16.09	MPa	0.00	verificato
Taglio in z	tdz	0.64	1.77	MPa	0.36	verificato
Taglio in y	tdx	0.00	1.77	MPa	0.00	verificato
Sollecitazione composte			Verifiche resistenza			
		caso 1	caso 2			ESITO VERIFICA
Flessione Deviata		-	-			-
Presso - Flessione Deviata		0.69	0.48			verificato
Tenso - Flessione Deviata		-	-			-
			Verifiche stabilità			
		L	4.85	m		
		leff	4.365	m		
		My,crit	8.54E+08	Nmm		
		sm,crit.	1.60E+02	Mpa		
		$\lambda_{rel,m}$	0.42	-		
		$k_{crit,m}$	1	-		
		L ₀	3.23	m		
		r _{min}	58	mm^4		
		λ	56.00	-		
		$\lambda_{rel,c}$	0.908623752	-		
		b _c	0.1	-		
		k	0.943	-		
		$k_{crit,c}$	0.444	-		
Sollecitazioni semplici			ESITO VERIFICA			
Flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	
Presso-flessione semplice	piano xz	0.72	-	-	verificato	
	piano xy	0.27	-	-	verificato	
Tenso-flessione semplice	piano xz	-	-	-	-	
	piano xy	-	-	-	-	

Verifica sezione in legno - rettangolare 20x40 (elem.521)						
Materiale utilizzato			Geometria della sezione			
Classe	GL28h	-	h	400	mm	

fm,k	28	MPa		b	200	mm
ft,o,k	19.5	MPa		kh	1.041	-
ft,90,k	0.45	MPa		km	0.7	(sez.rettangolare)
fc,0,k	26.5	MPa				
fc,90,k	3	MPa		Jy	1.07E+09	mm^4
fv,k	3.2	MPa		Jz	2.67E+08	mm^4
				Jtors	8.21E+08	mm^4
Eo,mean	12600	MPa				
Eo,05	10200	MPa		Wy	5.33E+06	mm^3
E,90, mean	420	MPa		Wz	2.67E+06	mm^3
Gmean	780	MPa				
Go,05	631.43	MPa		My	18.9	kNm
				Fz	17.05	kN
C. di servizio	2	-		N	-51.26	kN
kmod	0.8	-				
kdef	0.8	-		Mz	17.01	kNm
gM	1.45	-		Fy	51.26	kN

Sollecitazioni semplici		Verifiche resistenza				
		azione	reazione	U. M.	azione/reaz.	ESITO VERIFICA
Fless. Piano xz	sm,y,d	3.54	16.09	MPa	0.22	verificato
Compress in x	sc,0,d	0.64	15.23	MPa	0.04	verificato
Traz. in x	st,0,d	-	-	MPa	-	-
Fless. Piano xy	sm,z,d	6.38	16.09	MPa	0.40	verificato
Taglio in z	tdz	0.32	1.77	MPa	0.18	verificato
Taglio in y	tdx	0.96	1.77	MPa	0.54	verificato

Sollecitazione composte		Verifiche resistenza		
		caso 1	caso 2	ESITO VERIFICA
Flessione Deviata		-	-	-
Presso - Flessione Deviata		0.50	0.55	verificato
Tenso - Flessione Deviata		-	-	-

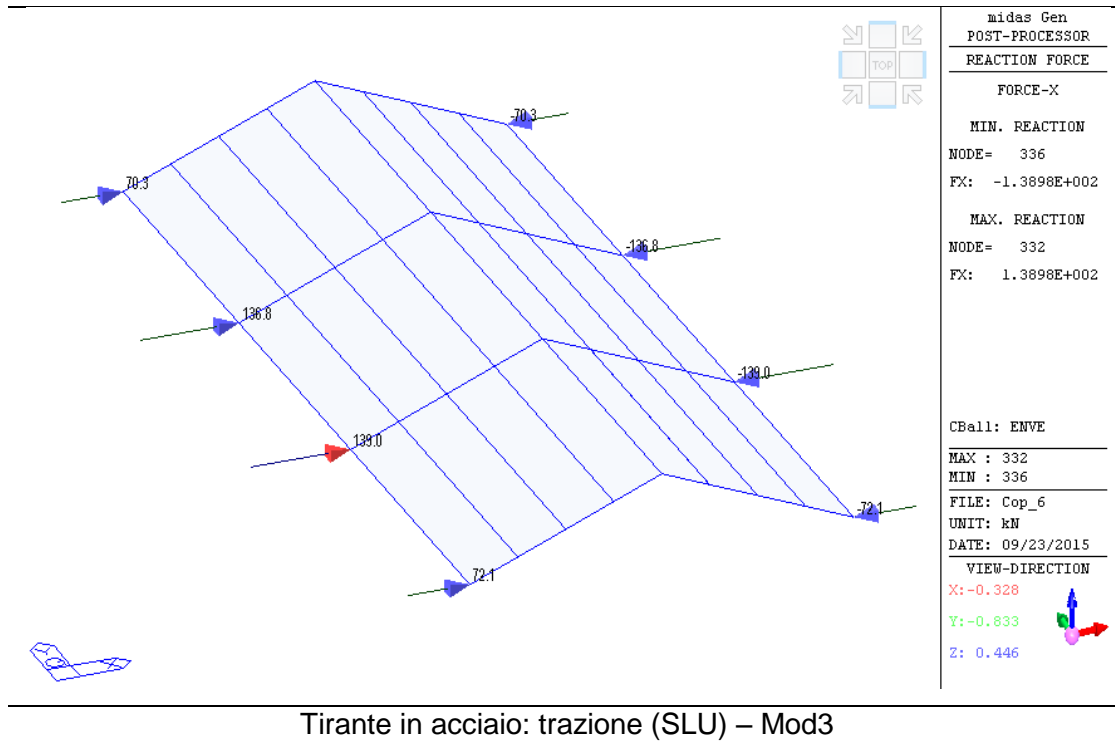
Verifiche stabilità		
L	4.85	m
leff	4.365	m
My,crit	8.54E+08	Nmm
sm,crit.	1.60E+02	Mpa
$\lambda_{rel,m}$	0.42	-
$k_{crit,m}$	1	-
L_0	3.23	m
r_{min}	58	mm^4
λ	56.00	-
$\lambda_{rel,c}$	0.908623752	-
b_c	0.1	-
k	0.943	-
$k_{crit,c}$	0.444	-

Sollecitazioni semplici				ESITO VERIFICA
Flessione semplice	piano xz	-	-	-
	piano xy	-	-	-
Presso-flessione semplice	piano xz	0.14	-	verificato
	piano xy	0.25	-	verificato
Tenso-flessione semplice	piano xz	-	-	-
	piano xy	-	-	-

Sollecitazioni composte				ESITO VERIFICA
Flessione deviata	Caso 1	-	-	-
	Caso 2	-	-	-
Presso-flessione deviata	Caso 1	0.59	-	verificato
	Caso 2	0.65	-	verificato
Tenso-flessione deviata	Caso 1	-	-	-
	Caso 2	-	-	-

02.05.01. Verifica tiranti metallici.

Il tirante della capriata, soggetto a trazione semplice, viene calcolato per rimanere in campo elastico; la sollecitazione considerata agente sul tirante viene desunta dai valori delle reazioni vincolari alla base della porzione di copertura interessata.



$$N_{ed,MAX} = 139,00 \text{ kN}$$

$$A_s = N_{ed}/f_{yd} = (139 \cdot 1000) / (275 / 1,05) = 5,31 \text{ cm}^2 \rightarrow \mathbf{2 \Phi 20 \text{ (acciaio S275)}} \rightarrow A_{res} = 6,28 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{ok}$$

02.05.01. Collegamenti

Le verifiche dei collegamenti legno-legno e legno-calcestruzzo verranno debitamente svolte in fase di direzione lavori, di concerto con le scelte costruttive adottate dall'impresa esecutrice di concerti con il progettista delle strutture e il direttore lavori, in accordo con le ipotesi di vincoli le sollecitazioni derivanti dalla presente.

03. PIANO DI MANUTENZIONE

Il presente piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera è relativo alle opere in in legno e in acciaio da carpenteria della struttura oggetto della presente relazione.

E' da considerarsi come elemento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Tale piano di manutenzione delle strutture, coordinato con quello generale della costruzione, costituisce parte essenziale della progettazione strutturale.

Opere in elevazione

1. Opere in legno

LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI

- Resistenza ai carichi e alle sollecitazioni previste in fase di progettazione.
- Adeguata resistenza meccanica a compressione e flessione.
- Adeguata resistenza al fuoco.

MODALITA' DI CONTROLLO

- Controllo visivo atto a riscontrare possibili anomalie che precedano fenomeni di cedimenti strutturali.

PERIODICITA'

- Annuale.

PROBLEMI RISCONTRABILI

- Rigonfiamenti, crepe o presenza di muffe.
- Movimenti o distacchi relativi fra i giunti strutturali.
- Fenomeni di instabilità.

POSSIBILI CAUSE

- Variazioni significative di umidità nel legno.

TIPO DI INTERVENTO (in ogni caso consultare preventivamente un tecnico strutturale).

- Riparazioni localizzate delle parti strutturali.
- Protezione elementi lignei.
- Sostituzione elementi lignei.

STRUMENTI ATTI A MIGLIORARE LA CONSERVAZIONE DELL'OPERA

- Vernici e trattamenti speciali.

- Prodotti contenenti resine idrofuganti e altri additivi specifici.

2. Opere in acciaio

LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI

- Elevata resistenza meccanica.
- Adeguata resistenza al fuoco.

MODALITA' DI CONTROLLO

- Controllo visivo atto a riscontrare possibili anomalie che precedano fenomeni di cedimenti strutturali.
- Controlli tramite prove in sito con strumentazioni adeguate.

PERIODICITA'

- Annuale.

PROBLEMI RISCONTRABILI

- Possibili distacchi fra i vari componenti.
- Perdita della capacità portante.
- Rottura dei punti di saldatura.
- Cedimento delle giunzioni bullonate.
- Fenomeni di corrosione.
- Perdita della protezione ignifuga.

POSSIBILI CAUSE

- Anomalie incrementi dei carichi da sopportare.
- Fenomeni atmosferici.
- Incendi.

TIPO DI INTERVENTO (in ogni caso consultare preventivamente un tecnico strutturale).

- Riparazioni localizzate delle parti strutturali.
- Verifica del serraggio fra gli elementi giuntati.
- Ripristino della protezione ignifuga.
- Verniciatura.

EVENTUALI ACCORGIMENTI ATTI A MIGLIORARE LA CONSERVAZIONE DELL'OPERA

- Vernici ignifughe.
- Altri additivi specifici.