REGIONE: REGIONE LIGURIA

PROVINCIA: PROVINCIA DI IMPERIA

COMMITTENTE: REGIONE PIEMONTE

PROGETTO:

S.P. 97 delle Salse – Lavori di ricostruzione del ponte sul Rio Bavera al km 29+900

CUP:I81B21004530001



Coordinate: Latitudine 44.078393 - Longitudine 07.745743

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

ai sensi del D.Lgs 36/2023

ALLEGATO N°

5

RELAZIONE DI CALCOLO

DATA: **Maggio 2024**

PROTOCOLLO: **012-2024**

PROGETTISTI:

Ing. Giorgio Scioldo

Ing. Roberto Sperandio

TIMBRI E FIRME:

REV.:	REDATTO:	VALIDATO:	VERIFICATO:	RESPONSABILE PROCEDIMENTO:
2	*Fabio Salomone*	*Roberto Sperandio*	*Giorgio Scioldo*	

studio associato INGEOPROJECT

SEDE LEGALE E OPERATIVA:

TORINO
Corso Matteotti, 12 - 10121 Torino
Tel +39 0115 113490
pec: ingeoproject@pec.it

UFFICIO OPERATIVO:

CUNEO
Corso Dante, 64 - 12100 Cuneo
tel +39 0171 681817
e-mail: info@ingeoproject.it

INGEOPROJECT Studio Associato - Ing. Giorgio Scioldo – Ing. Roberto Sperandio - Partita IVA: 09542980017

Ai sensi delle vigenti leggi sui diritti di autore questo documento è coperto da copyright e non potrà essere modificato, riprodotto o trasmesso a terzi senza autorizzazione

SOMMARIO

PREMESSA 1
NORMATIVA DI RIFERIMENTO 2
DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO 3
INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO 5
MATERIALI 9
CLASSE DI ESECUZIONE DELLE STRUTTURE 14
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 15
AZIONI SULLE COSTRUZIONI 23
STATI LIMITE – COMBINAZIONE DELLE AZIONI 27
ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI 30
VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI 46
VERIFICA DEFORMAZIONI 55
VERIFICA COLLEGAMENTI 59
CONCLUSIONI 96

PREMESSA

Il presente elaborato illustra i principi ed i metodi utilizzati per il dimensionamento e la verifica strutturale delle opere in carpenteria metallica e cemento armato riportate negli elaborati grafici del progetto esecutivo.

I lavori interessano la ricostruzione del ponte sul Rio Bavera sulla S.P. 97 delle Salse e sono localizzati nel territorio comunale di Briga Alta (CN) e Triora (IM), sull'area classificata in zona sismica 3s secondo la Deliberazione della Giunta Regionale 30 Dicembre 2019 n°6-887 della Regione Piemonte. In particolare, l'intervento in oggetto prevede la demolizione dell'attraversamento esistente e la nuova realizzazione del ponte con struttura ad arco in carpenteria metallica.
Il metodo di calcolo utilizzato è quello semiprobabilistico agli Stati Limite, riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018 e Circ. Min. n°7 del 21 Gennaio 2019, D.M. 14 Gennaio 2008 e Circ. Min. n°617 del 2 Febbraio 2009.

La presente relazione è redatta in accordo a quanto previsto dalla normativa in vigore (capitolo 10 del "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17 Gennaio 2018).

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

[1] **D.M. 17 Gennaio 2018**
"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

[2] **Circolare 21 Gennaio 2019 n°7**
"Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018"

[3] **D.M. 14 Gennaio 2008**
"Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"

[4] **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"

[5] **D.G.R. 30 Dicembre 2019 n°6-887 della Regione Piemonte**
"O.P.C.M. 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. 21 Maggio 2014, n°65-7656"

[6] **UNI EN 1993 - 1 - 1**
"Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio Parte 1.1 – Regole generali e regole per gli edifici"

[7] **UNI EN 1993 - 1 - 8**
"Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio Parte 1.8 – Progettazione dei collegamenti"

[8] **UNI EN 1993 - 2**
"Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio Parte 2 – Ponti di acciaio"

[9] **UNI EN 1090**
"Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio"

DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO

In fase di progettazione strutturale, alla luce delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018, si sono assunti i parametri di progetto, peculiari delle **NUOVE COSTRUZIONI**:

STRUTTURA:

- VITA NOMINALE Opera ordinaria **V_N = 50 anni**
- CLASSE D'USO III Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
  Pertanto si attribuisce, ai sensi del Cap.2 - §2.4.2 **C_U = 1.5**
- PERIODO DI RIFERIMENTO **$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.5 = 75$ anni**

AZIONE SISMICA:

- CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO **C**
- CATEGORIA TOPOGRAFICA **T1** – Superficie pianeggiante pendii e rilievi con i < 15 °
- ZONA SISMICA DEL SITO **ZONA 3s**
- COORDINATE DEL SITO **Long. 7.74579** ; **Lat. 44.0783**
- TIPOLOGIA DI COSTRUZIONE Ponte in acciaio
- TIPOLOGIA DI STRUTTURA Struttura ad arco

CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE:

- COMPORTAMENTO STRUTTURALE **Non dissipativo**
- FATTORE DI STRUTTURA **q = 1**
- PROGRAMMA DI CALCOLO **Robot Structural Analysis Professional**

  Validato e certificato

DEFINIZIONE DEL MODELLO DELLA STRUTTURA

Modello F.E.M. realizzato utilizzando elementi Asta (monodimensionali) con sei gradi di libertà per nodo, elementi Barra con tre gradi di libertà per nodo ed elementi bidimensionali con comportamento a piastra con sei gradi di libertà per nodo. Tutti gli elementi finiti sono stati costruiti secondo l'asse dell'elemento strutturale di appartenenza. I carichi e gli eventuali cedimenti o deformazioni impresse vengono applicati su aree di carico opportunamente individuate e ripartiti ai nodi del modello FEM. Attraverso IL PRINCIPIO DEI LAVORI VIRTUALI, si risale agli spostamenti dei nodi stessi sottoposti a carico. L'energia potenziale elastica permette di definire la matrice di rigidezza della struttura in termini quadratici degli spostamenti e quindi di risalire alle forze nodali degli elementi (sollecitazioni). Quando si utilizzano elementi finiti bidimensionali unitamente ad elementi finiti monodimensionali, particolare attenzione va posta in fase di modellazione al fine di evitare il fenomeno del Drilling (Accoppiamento rotazionale) in modo tale da trasferire correttamente le caratteristiche di sollecitazione flettente che, come soprascritto, si definiscono attraverso i termini rotazionali della matrice di rigidezza globale della struttura (es. dalla platea ai pilastri in elevazione e viceversa).

ANALISI DINAMICA

Il metodo utilizzato nel presente progetto è l'analisi lineare dinamica volta a determinare gli effetti dell'azione sismica sul manufatto. L'equilibrio è trattato dinamicamente modellando l'azione sismica secondo gli spettri di progetto ottenuti dalle calcolazioni effettuate (v. paragrafo successivo). Le risultanze di calcolo, ai fini dell'analisi modale con spettro di risposta hanno fornito gli autovalori del sistema, ovvero i modi di vibrare della struttura. Alla luce di quanto previsto dalle NTC '18, occorre prendere tutti i modi di vibrare che abbiano almeno il 5% di partecipazione modale (cioè che riescano a coinvolgere durante la vibrazione prevista per quel modo almeno il 5% della massa modale di tutta la struttura) per ottenere almeno l'85% in x e y.

VERIFICHE DI RESISTENZA

Sono state eseguite nei confronti dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), appurando che la caratteristica resistente di progetto R_d fosse superiore alla caratteristica agente di progetto E_d.

VERIFICHE NEI CONFRONTI DELLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Sono state svolte in termini di contenimento del danno valutando le azioni allo Stato Limite di Danno (SLD) e di mantenimento della funzionalità.

INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni e per la verifica degli elementi strutturali si è fatto ricorso all'elaboratore elettronico utilizzando il seguente programma di calcolo:
Robot Structural Analysis Professional, versione 2024 prodotto, distribuito ed assistito dalla Autodesk.
Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows e permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono la trave, con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse, ed il guscio, sia rettangolare che triangolare, avente comportamento di membrana e di piastra. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidezza elastica.
A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

GRADO DI AFFIDABILITA' DEL CODICE

L' affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, come indicato nel paragrafo precedente. La presenza di un modulo CAD per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. E' possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura. Al termine dell'elaborazione viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

MOTIVAZIONE DELLA SCELTA DEL CODICE

ADVANCE DESIGN permette in campo elastico lineare un'analisi dettagliata del comportamento dell'intera struttura, tenendo conto del comportamento irrigidente di setti anche complessi e solai considerati con la loro effettiva rigidezza. E' possibile inoltre scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando mesh via via più dettagliate.

ESAME DEI RISULTATI E CONTROLLI DI VALUTAZIONE DEL MODELLO

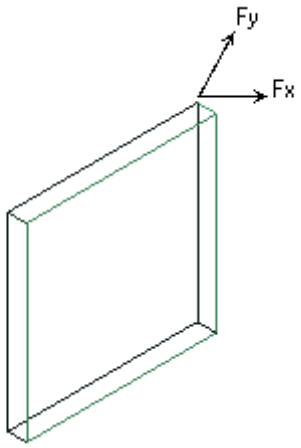
Il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità', le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura da' origine a sollecitazioni simmetriche.

GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo nonché il confronto con calcolazioni di massima eseguite manualmente porta ad confermare la validità dei risultati.

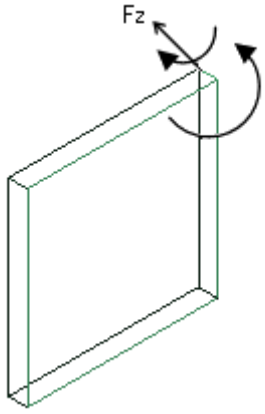
SOLLECITAZIONI DI MEMBRANA

- 2 gdl per nodo: Tx, Ty
- Forze consentite: Fx, Fy nel piano dell'elemento



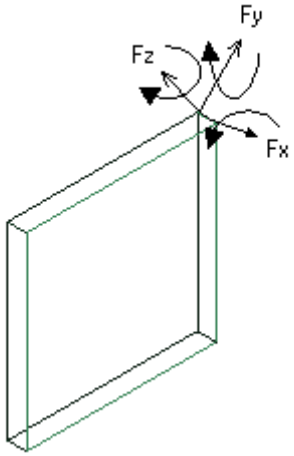
SOLLECITAZIONI DI PIASTRA

- 3 gdl per nodo: Tx, Ty, Tz
- Forze consentite: Forze di taglio Fz, momenti nel piano dell'elemento

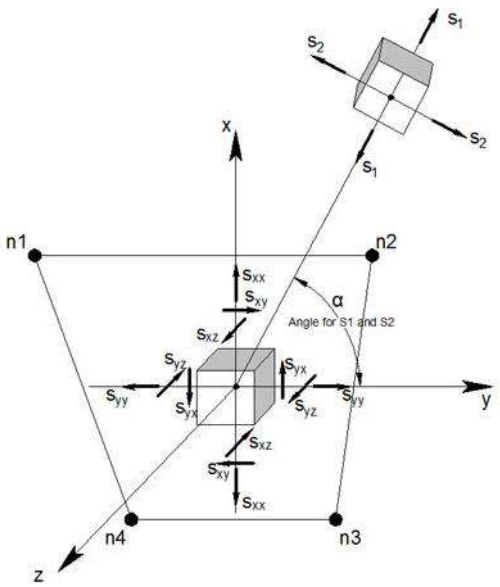


SOLLECITAZIONI DI PIASTRA

- 6 gdl per nodo: Tx, Ty, Tz, Rx, Ry, Rz
- Forze consentite: Fx, Fy nel piano dell'elemento, forze di taglio Fz, momenti nel piano dell'elemento



TENSIONI NEGLI ELEMENTI BIDIMENSIONALI



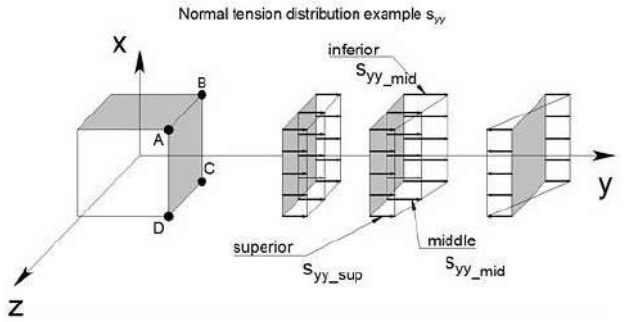
$$s_1 = \frac{s_{xx} + s_{yy}}{2} + \sqrt{\left(\frac{s_{xx} - s_{yy}}{2}\right)^2 + s_{xy}^2}$$

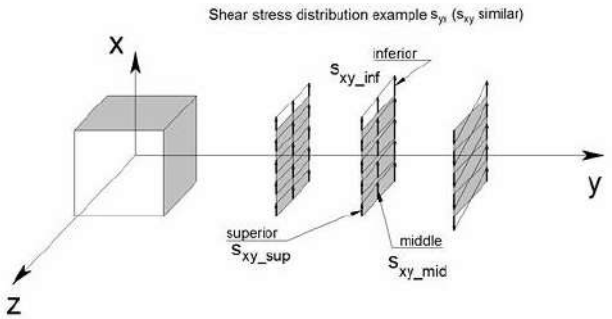
$$s_2 = \frac{s_{xx} + s_{yy}}{2} - \sqrt{\left(\frac{s_{xx} - s_{yy}}{2}\right)^2 + s_{xy}^2}$$

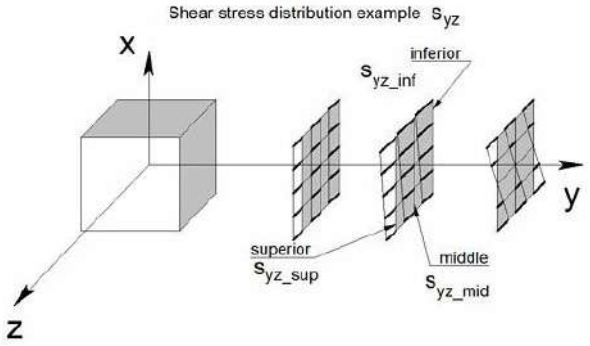
$$\alpha = arctg\,\frac{1}{s_{xy}}\left(\frac{s_{yy} - s_{xx}}{2} - \sqrt{\left(\frac{s_{yy} - s_{xx}}{2}\right)^2 + s_{xy}^2}\right), \quad for \;\; s_{xy} \neq 0$$

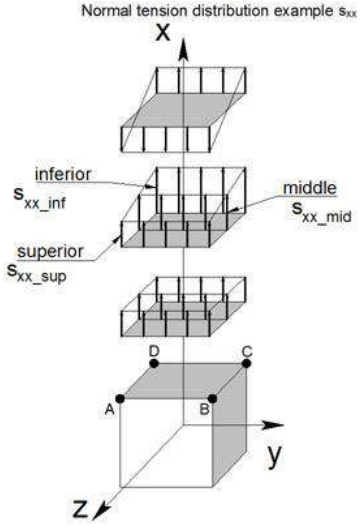
$$for \;\; s_{xx} < s_{yy}, \quad \alpha = \frac{\pi}{2}$$

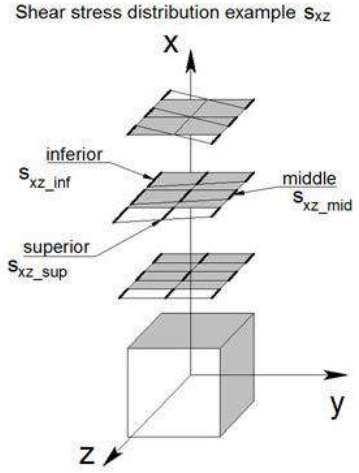
$$for \;\; s_{xx} \geq s_{yy}, \quad \alpha = 0$$

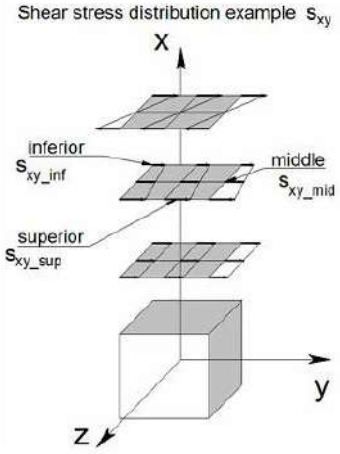












Tensione equivalente di Von Mises:

$$s_v = \sqrt{\frac{1}{2}\left((s_{xx} - s_{yy})^2 + (s_{yy} - s_{zz})^2 + (s_{xx} - s_{zz})^2 + 6\left(s_{xy}^2 + s_{xz}^2 + s_{yz}^2\right)\right)}$$

MATERIALI

CALCESTRUZZO SOLETTA

Classe di resistenza	C35/45
Classe di consistenza	S4
Classe di esposizione ambientale	XC2 – XC4 – XD3 – XF4
Diametro massimo dell'aggregato	32 mm
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica a 28 gg	f_{ck} = 35 N/mm^2
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	R_{ck} = 45 N/mm^2
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	γ_C = 1,5
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α_{cc} = 0,85

Valore di progetto della resistenza a compressione del calcestruzzo

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C = 19{,}83 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza media a trazione del calcestruzzo

$$f_{ctm} = 0{,}30 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 3.{,}21 \text{ N/mm}^2$$

ACCIAIO DA ARMATURA

Tipo B450C

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq$ 450 N/mm^2
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq$ 540 N/mm^2
Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio	γ_S = 1,15
Tensione di snervamento di calcolo	f_{yd} = 391,3 N/mm^2
Deformazione dell'acciaio ordinario di snervamento	ε_{syd} = 1,957‰
Deformazione dell'acciaio ordinario al carico massimo	ε_{ud} = 10,00‰
Allungamento totale al carico massimo	Agt > 7%

ACCIAIO DA CARPENTERIA STRUTTURA PONTE - CORTEN

UNI EN 10025-5 Tipo S 355 W

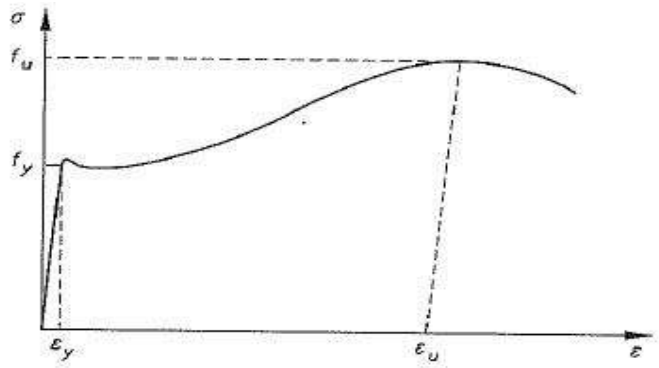
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq$ 355 N/mm^2
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq$ 510 N/mm^2
Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio	γ_{M0} = 1,05
Tensione di snervamento di calcolo	f_{yd} = 338,1 N/mm^2

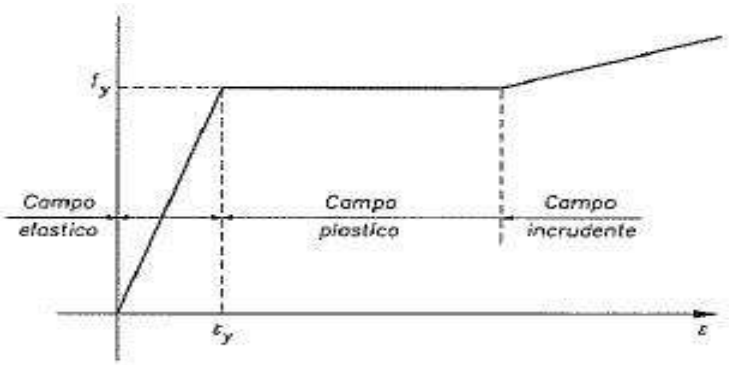
Modulo di elasticità normale: $E = 206000 \text{N/mm}^2$

Modulo di elasticità tangenziale o trasversale: $G = 78400 \text{N/mm}^2$

L'EC3, relativamente ai coefficienti del materiale per i calcoli sulle costruzioni metalliche, prescrive i seguenti valori:

Densità: $\varrho = 7850 \text{ kg/m}^3$


σ
f_u
f_y
ε_y
ε_u
ε


f_y
Campo elastico
Campo plastico
Campo incrudente
ε_y
ε

GIUNTI BULLONATI

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{tb} (N/mm²)	400	400	500	500	600	800	1000

Coppia di serraggio per bulloni da precarico a serraggio controllato secondo D.M. 17 Gennaio 2018

Tabella 4.2.XVI – *Coppie di serraggio per i bulloni 8.8*

Viti 8.8 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	*k=0.10*	*k=0.12*	*k=0.14*	*k=0.16*	$F_{p,C}$ *[kN]*	A_{res} *[mm²]*
M12	56.6	68.0	79.3	90.6	47.2	84.3
M14	90.2	108	126	144	64.4	115
M16	141	169	197	225	87.9	157
M18	194	232	271	310	108	192
M20	274	329	384	439	137	245
M22	373	448	523	597	170	303
M24	474	569	664	759	198	353
M27	694	833	972	1110	257	459
M30	942	1131	1319	1508	314	561
M36	1647	1976	2306	2635	457	817

Tabella 4.2.XVII *Coppie di serraggio per bulloni 10.9*

Viti 10.9 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	*k=0.10*	*k=0.12*	*k=0.14*	*k=0.16*	$F_{p,C}$ *[kN]*	A_{res} *[mm²]*
M12	70.8	85.0	99.1	113	59.0	84.3
M14	113	135	158	180	80.5	115
M16	176	211	246	281	110	157
M18	242	290	339	387	134	192
M20	343	412	480	549	172	245
M22	467	560	653	747	212	303
M24	593	712	830	949	247	353
M27	868	1041	1215	1388	321	459
M30	1178	1414	1649	1885	393	561
M36	2059	2471	2882	3294	572	817

Regole di serraggio per bulloni non da precarico non a serraggio controllato

- Le parti da collegare devono essere posizionate in contatto stabile
- Ciascuna assieme bullonato deve essere serrato raggiungendo le condizioni di “snug-tight” (condizione di serraggio raggiungibile mediante l’impegno di un uomo che usi una chiave di manovra normale senza nessuna estensione del braccio e corrispondente al punto in cui una chiave a impulsi inizia a “martellare”)
- Una particolare cura deve essere posta nell’evitare sovra-serraggi, specialmente nel caso di viti corte e M12
- La procedura di serraggio fino alle condizioni di “snug-tight” deve essere eseguita partendo dalle parti più rigide della giunzione, muovendosi progressivamente verso le parti meno rigide
- Per raggiungere una condizione di serraggio uniforme possono essere necessari più cicli di avvitamento
- La vite deve sporgere con almeno un filetto completo dalla faccia non appoggiata del dado

Valori dei coefficienti di sicurezza

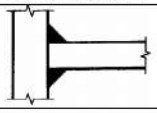
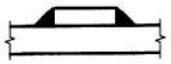
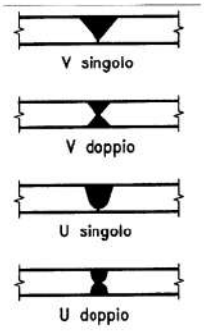
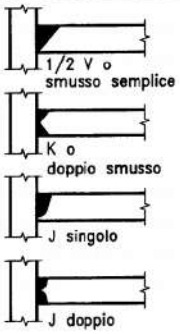
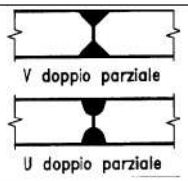
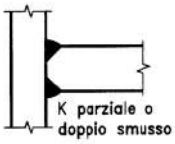
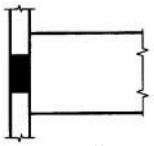
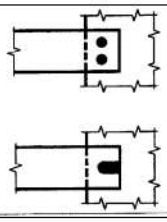
Tab. 4.2. XIV - *Coefficienti di sicurezza per la verifica delle unioni.*

Resistenza dei bulloni	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo	
Resistenza dei piatti a contatto	
Resistenza a scorrimento: per SLU	$\gamma_{M3} = 1,25$
per SLE	$\gamma_{M3} = 1,10$
Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$
Precarico di bullone ad alta resistenza	
con serraggio controllato	$\gamma_{M7} = 1,0$
con serraggio non controllato	$\gamma_{M7} = 1,10$

GIUNTI SALDATI

Tipo di giunto	Saldature per officine e cantieri		
	EXC1	EXC2	EXC3 [a]
Saldature di testa trasversali e saldature a penetrazione parziale nei giunti di testa:	0 % [b]	10%	20%
Saldature di testa trasversali e saldature a penetrazione parziale: - in giunti a croce - in giunti a T	 0 % [b] 0%	 10% 5%	 20% 10%
Saldature d'angolo trasversali [c]: con $a > 12$ mm o $t > 30$ mm con $a \leq 12$ mm e $t \leq 30$ mm	 0% 0%	 5% 0%	 10% 5%
Saldature longitudinali a piena penetrazione [d] tra il setto e la flangia superiore dell'intelaiatura della gru	0%	10%	20%
Altre saldature longitudinali [d], saldature negli irrigidimenti e saldature specificate nella specifica di esecuzione come in compressione	0%	0%	5%

a) Per EXC4 la percentuale deve essere almeno pari a quella indicata per EXC3.
b) 10% per le saldature di questo tipo eseguite in acciaio ≥ S420.
c) I termini a e t si riferiscono rispettivamente allo spessore della gola e al materiale più spesso da unire.
d) Le saldature longitudinali sono quelle eseguite parallelamente all'asse del componente. Tutte le altre sono considerate saldature trasversali.

Tipo di saldatura	Tipo di giunto		
	Giunto di testa	Giunto di testa a T	Giunto a sovrapposizione
Saldatura a cordoni d'angolo			
Saldatura di testa			
Saldatura di testa a penetrazione completa*)			
Saldatura di testa a penetrazione parziale*)			
Saldatura entro fori			
Saldatura entro scanalature	(vedere le fig. 6.6.3 e 6.6.4)		

*) Talvolta si possono eseguire le saldature testa a testa senza preparazione dei lembi.

CLASSE DI ESECUZIONE DELLE STRUTTURE

La classe di esecuzione viene definita dal progettista come un insieme classificato di requisiti specificati per l'esecuzione delle opere nel loro insieme, per un singolo componente o per un dettaglio di un componente.

La scelta della classe di esecuzione di una struttura/componente/dettaglio (EXC1, EXC2, EXC3, o EXC4) viene fatta prima dell'inizio della costruzione e si basa su criteri di affidabilità, sul tipo di struttura/componente/dettaglio e sulla tipologia di carico di progetto, ovvero è un compito del progettista.

Una volta definita la struttura da realizzare, è necessario individuare la Classe di Conseguenza (CC), o in alternativa la Classe di Affidabilità (RC), secondo quanto specificato nella UNI EN 1990 (Appendice B – Differenziazione dell'affidabilità strutturale per le costruzioni):

Prospetto B.1 – Definizione della classe di conseguenze		
Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile
CC3	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali	Gradinate in impianti sportivi, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (per esempio, una sala concerti)
CC2	Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali	Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (per esempio un edificio per uffici)
CC1	Conseguenze basse per perdita di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	Costruzioni agricole, nei quali generalmente nessuno entra (per esempio, i magazzini), serre

Tabella tratta da Prospetto B.1 – UNI EN 1990:2006

Individuata la Classe di Conseguenza o la Classe di Affidabilità, è possibile determinare la Classe di Esecuzione dalla Tabella C.1 della UNI EN 1993-1-1:2014 (Annex C – Selection of execution class):

Table C.1 - Choice of execution class (EXC)		
Reliability Class (RC) or Consequences Class (CC)	Type of loading	
	Static, quasi-static or seismic DCL[a]	Fatigue[b] or seismic DCM or DCH[a]
RC3 or CC3	EXC3[c]	EXC3[c]
RC2 or CC2	EXC2	EXC3
RC1 or CC1	EXC1	EXC2

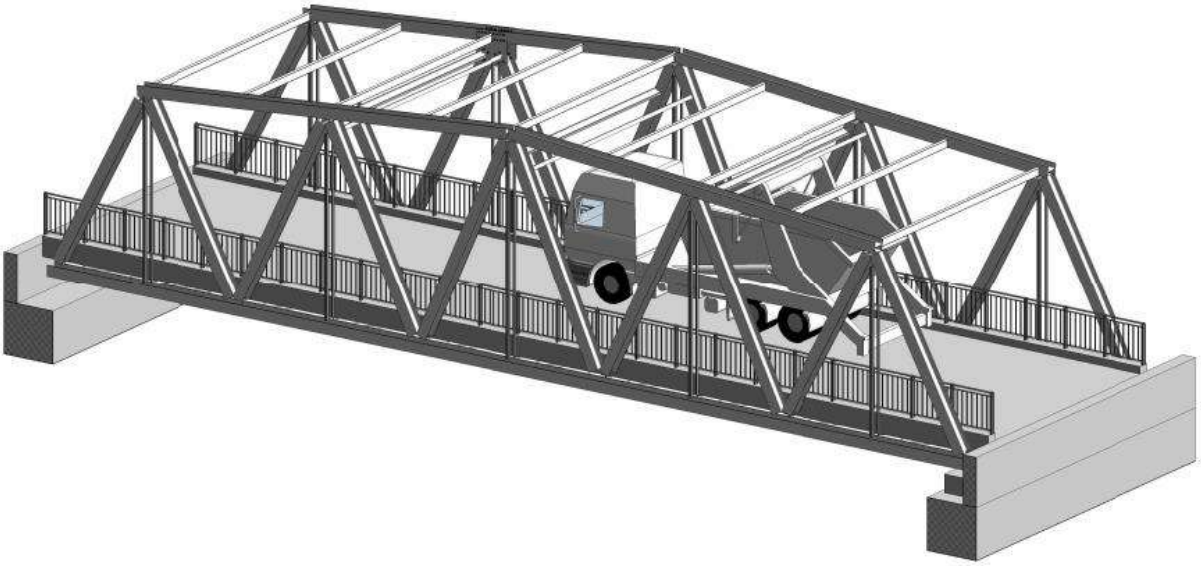
[a] Seismic ductility classes are defined in EN 1998-1: Low=DCL; Medium=DCM; High=DCH.
[b] See EN 1993-1-9.
[c] EXC4 may be specify for structures with extreme consequences of structural failure.

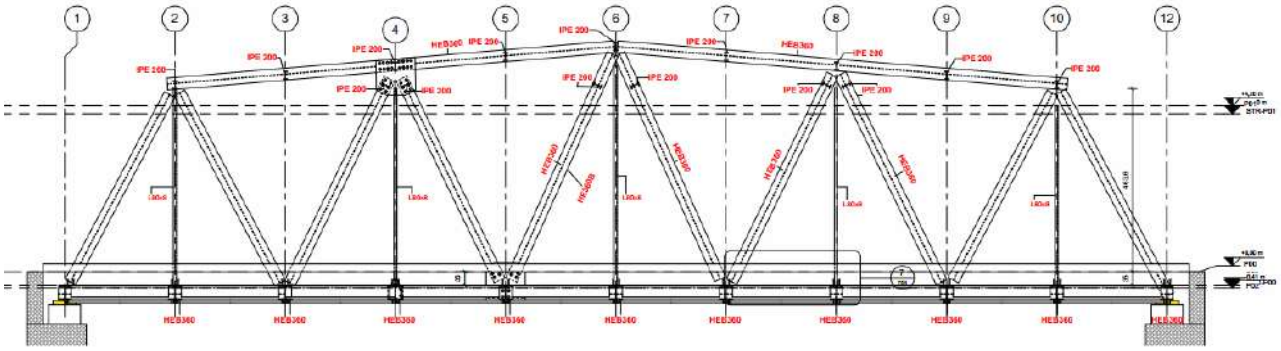
Tabella tratta da Table C.1 – UNI EN 1993-1-1:2005/A1:2014

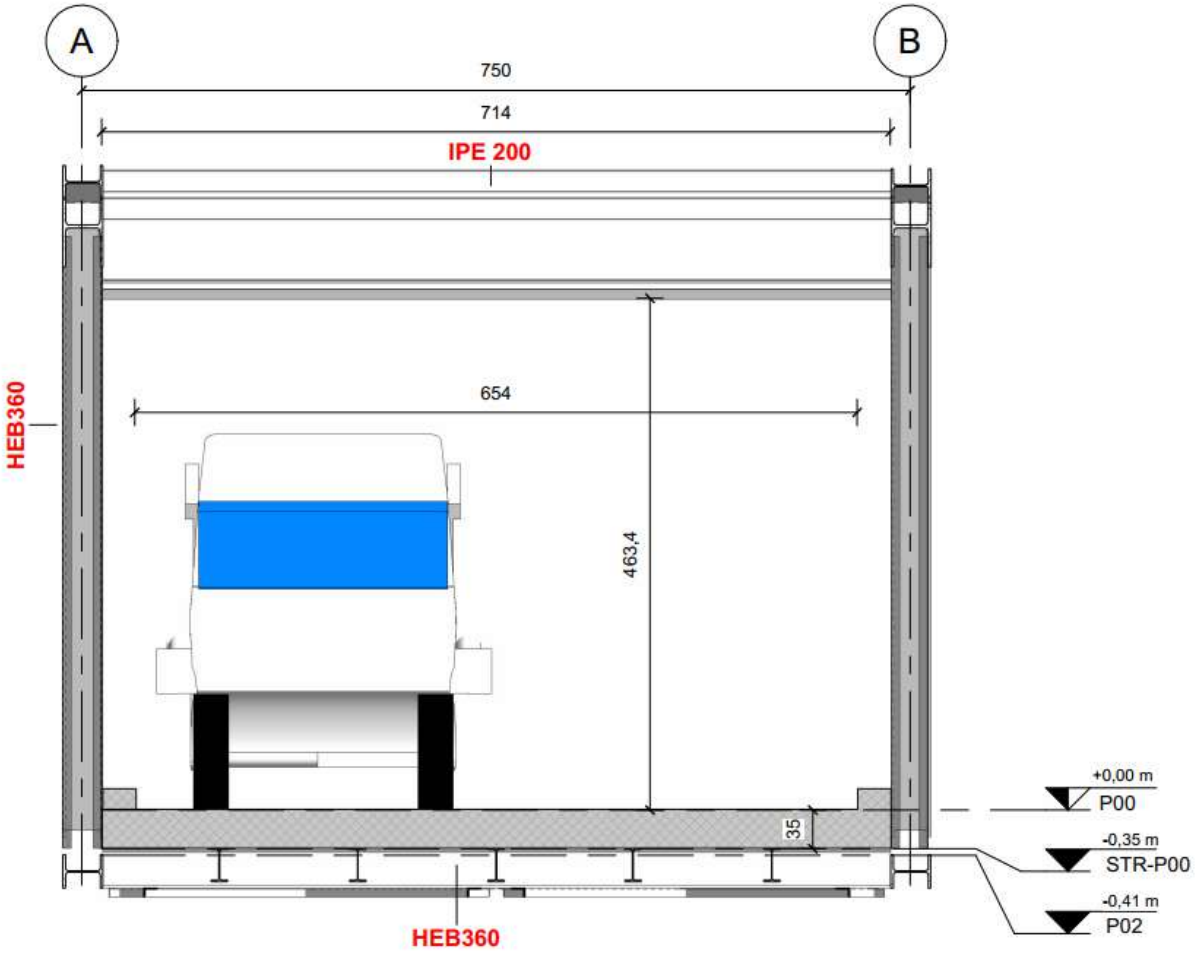
CLASSE DI ESECUZIONE DELLE STRUTTURE CASO IN ESAME: **EXC3**

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

I lavori interessano la ricostruzione del ponte sul Rio Bavera sulla S.P. 97 delle Salse e sono localizzati nel territorio comunale di Briga Alta (CN) e Triora (IM) e la costruzione di un nuovo ponte in carpenteria metallica. La struttura, realizzata in acciaio, avrà una struttura reticolare come descritto negli elaborati grafici di progetto. L'impalcato sarà realizzato con travi principali e secondarie in acciaio mentre il solaio, reso collaborante con le travi sottostanti per mezzo di connettori a taglio opportunamente dimensionati, sarà realizzato con una predalle in lamiera con getto collaborante.

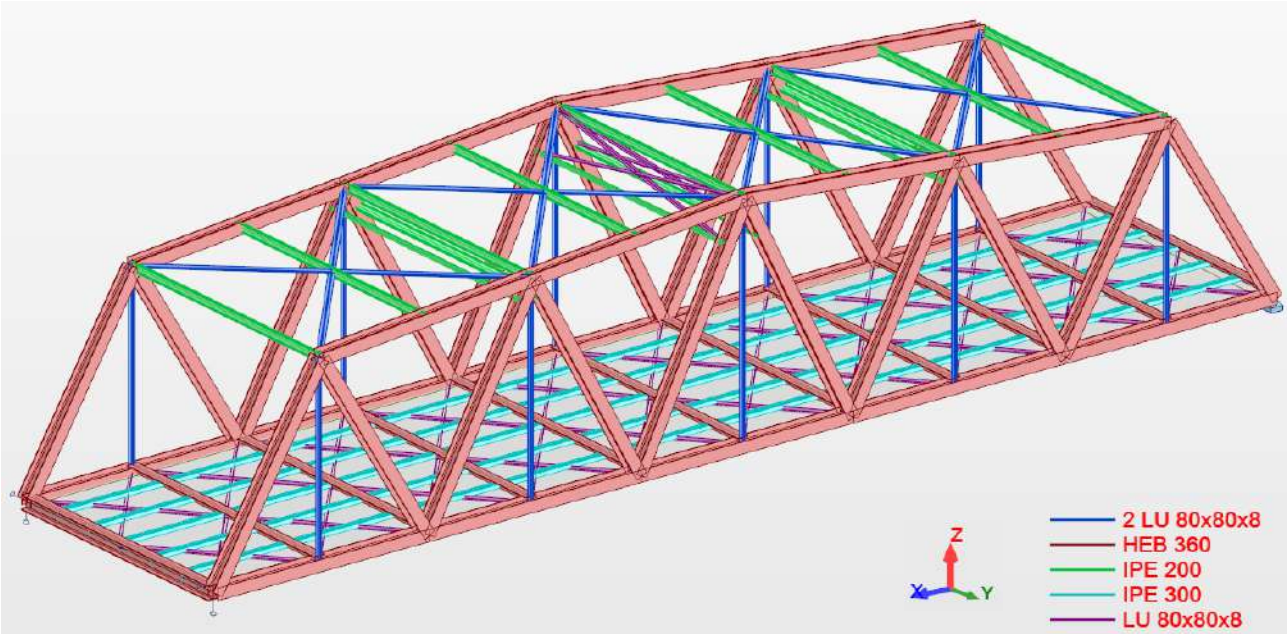






Nota sul calcolo agli elementi finiti: la realizzazione di un solaio collaborante con l'utilizzo di connettori a taglio per realizzare sezioni composte acciaio-calcestruzzo rende valida l'ipotesi di piano rigido nella parte centrale dell'impalcato. Tuttavia al fine di eseguire calcolazioni a favore di sicurezza nella verifica a SLU degli elementi questa ipotesi viene trascurata, mentre viene presa in considerazione nella verifica delle deformazioni.

I traversi sono verificati come sezione composta acciaio-calcestruzzo.



Modello FEM

Per quanto concerne l'organismo strutturale, i principali elementi strutturali sono i seguenti:

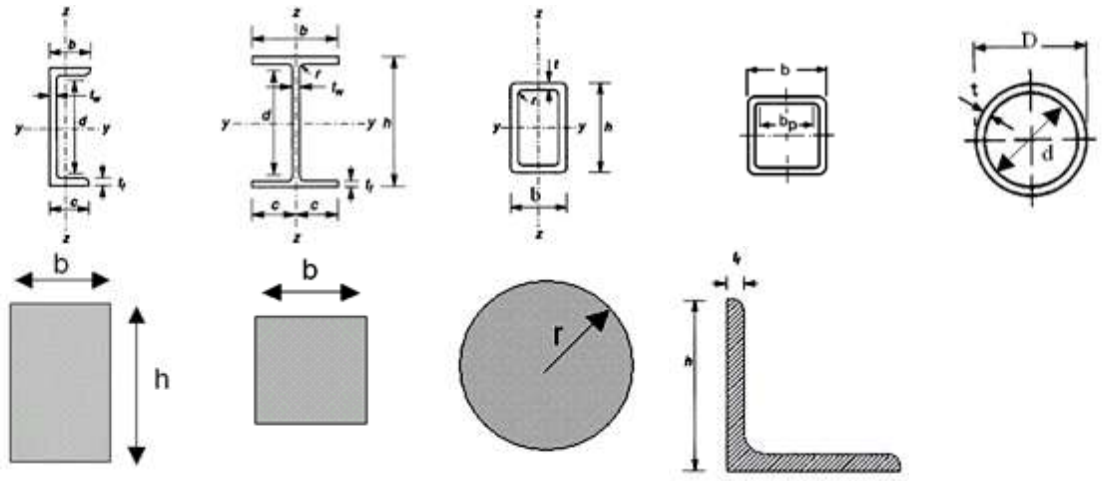
TRAVI LATERALI RETICOLATE	Sezione HEB 360	S 355
TRAVI TRASVERSALI CORSIE	Sezione HEB 360	S 355
TRAVI LONGITUDINALI	Sezione IPE 300	S 355
TRAVI TRASVERSALI SOPRA	Sezione IPE 200	S 355
MONTANTI	Sezione 2 L 80x80x8	S 355
CONTROVENTI CORSIE	Sezione L 80x80x8	S 355
CONTROVENTI SOPRA	Sezione L 80x80x8	S 355

Convenzioni:

La convenzione utilizzata dal software per la descrizione delle sezioni è la seguente:

- y: asse debole
- z: asse forte
- h: altezza sezione
- b: larghezza sezione
- tw: spessore anima
- tf: spessore ala
- r: raggio raccordo
- d: altezza della parte destra dell'anima
- Iy,Iz: momento d'inerzia su y e z
- Iyz: momento di inerzia composto

- It: momento d'inerzia torsionale
- Iw: momento d'inerzia d'ingobbamento
- Welyinf, Welysup: modulo di resistenza a flessione elastico nel lembo superiore / inferiore in y.
- Welyinf, Welysup: modulo di resistenza a flessione elastico nel lembo superiore / inferiore in z.
- Wply, Wplz: Modulo della flessione plastica
- Wt: modulo di torsione
- Sy, Sz: area di taglio in direzione y e z



Proprietà sezioni							
Nome della sezione	Lista dei membri	AX (cm2)	AY (cm2)	AZ (cm2)	IX (cm4)	IY (cm4)	IZ (cm4)
2 LU 80x80x8	6A10 264A268 279A294	24,6	0	0	12,56	144,4	270,05
HEB 360	1A5 14A57	180,6	135	45	248,32	43193	10141
IPE 200	88A96 269A274	28,5	17	11,2	5,17	1943	142
IPE 300	154A158 165A169 176A180 187A191 198A202 209A213 220A224 231A235 242A246 253A257	53,8	32,1	21,3	15,57	8356	604
LU 80x80x8	275A278 295A334	12,3	0	0	2,42	72,2	72,2

Distinta elementi lineari per sezione					
Tipo	No elem	Lungh. (m)	Peso unitario (kG/m)	Peso del membro (kG)	Peso totale (kG)
S 355					
2 LU 80x80x8	16	4,62	19,32	89,25	1428
2 LU 80x80x8	4	5	19,32	96,59	386
2 LU 80x80x8	4	5,5	19,32	106,25	425
2 LU 80x80x8	2	6	19,32	115,91	232
HEB 360	8	5,83	141,82	826,82	6615
HEB 360	10	6	141,82	850,93	8509
HEB 360	8	6,02	141,82	853,77	6830
HEB 360	8	6,27	141,82	889,23	7114
HEB 360	4	6,71	141,82	951,63	3807
HEB 360	11	7	141,82	992,76	10920
IPE 200	15	7	22,38	156,66	2350
IPE 300	50	3	42,25	126,74	6337
LU 80x80x8	40	4,61	9,66	44,53	1781
LU 80x80x8	4	7,09	9,66	68,48	274
Totale/sezione					
2 LU 80x80x8	26	127,92	19,32	2471,16	2471

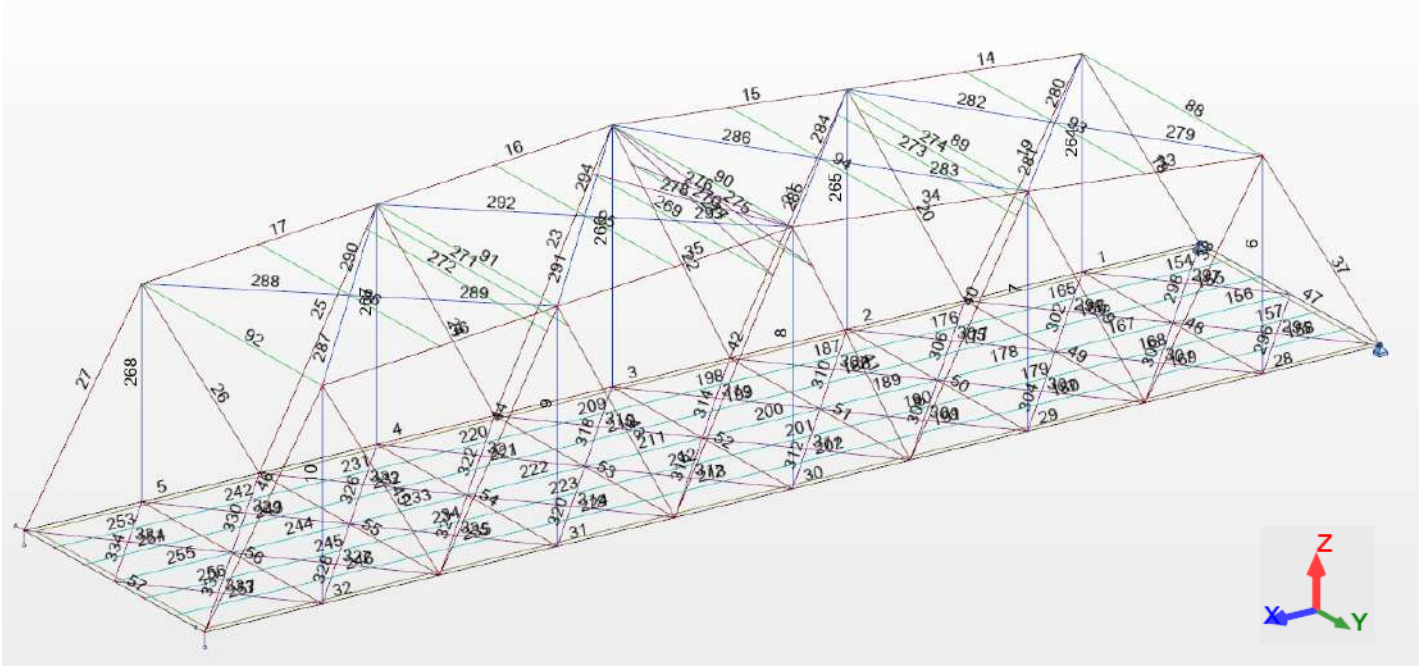
HEB 360	49	308,8	141,82	43794,69	43795
IPE 200	15	105	22,38	2349,96	2350
IPE 300	50	150	42,25	6337,24	6337
LU 80x80x8	44	212,76	9,66	2055,05	2055
				Totale	57008

Distinta elementi lineari per lunghezza

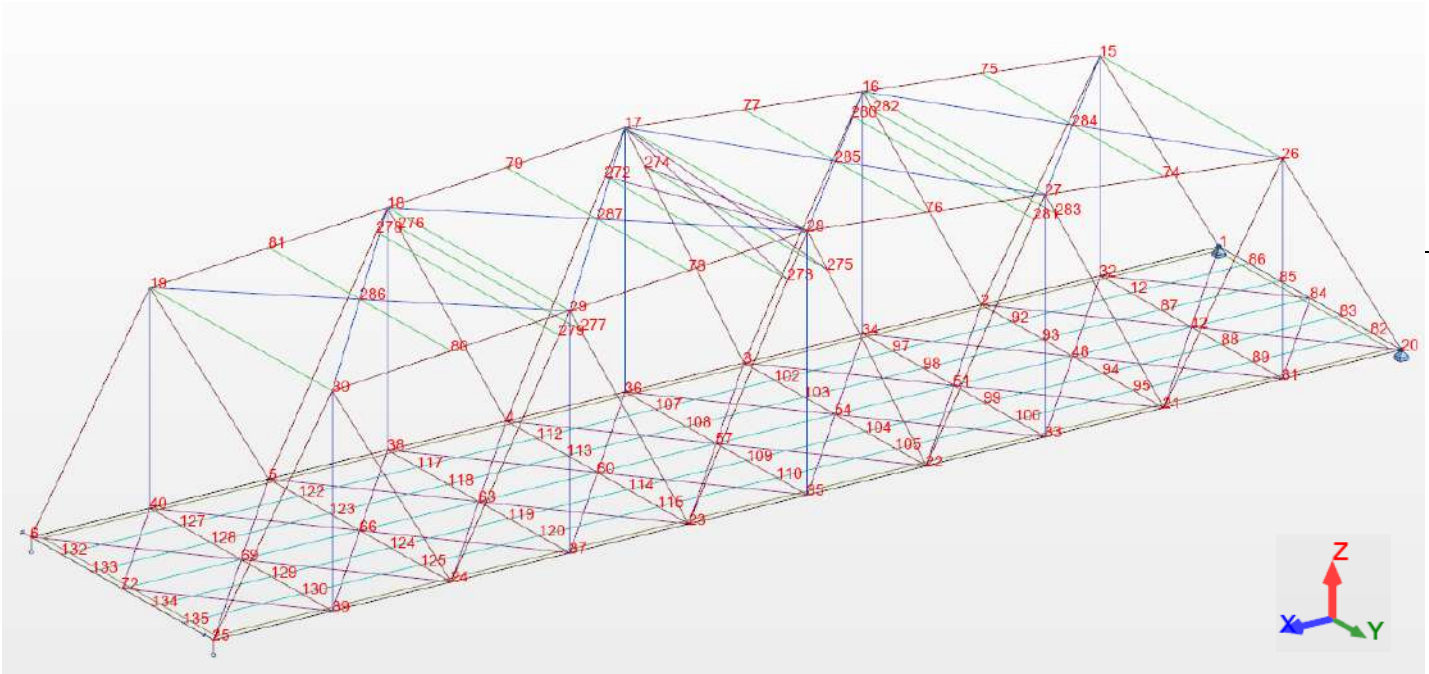
Membro	Nodo 1	Nodo 2	Sezione	Materiali	Lunghezza (m)	Tipo di barra
1	1	2	HEB 360	S 355	6	Trave L/2
2	2	3	HEB 360	S 355	6	Trave L/2
3	3	4	HEB 360	S 355	6	Trave L/2
4	4	5	HEB 360	S 355	6	Trave L/2
5	5	6	HEB 360	S 355	6	Trave L/2
6	26	31	2 LU 80x80x8	S 355	5	Membro semplice
7	27	33	2 LU 80x80x8	S 355	5,5	Membro semplice
8	28	35	2 LU 80x80x8	S 355	6	Membro semplice
9	29	37	2 LU 80x80x8	S 355	5,5	Membro semplice
10	30	39	2 LU 80x80x8	S 355	5	Membro semplice
14	15	16	HEB 360	S 355	6,02	Trave L/2
15	16	17	HEB 360	S 355	6,02	Trave L/2
16	17	18	HEB 360	S 355	6,02	Trave L/2
17	18	19	HEB 360	S 355	6,02	Trave L/2
18	1	15	HEB 360	S 355	5,83	Membro semplice
19	15	2	HEB 360	S 355	5,83	Membro semplice
20	2	16	HEB 360	S 355	6,26	Membro semplice
21	16	3	HEB 360	S 355	6,26	Membro semplice
22	3	17	HEB 360	S 355	6,71	Membro semplice
23	17	4	HEB 360	S 355	6,71	Membro semplice
24	4	18	HEB 360	S 355	6,26	Membro semplice
25	18	5	HEB 360	S 355	6,26	Membro semplice
26	5	19	HEB 360	S 355	5,83	Membro semplice
27	19	6	HEB 360	S 355	5,83	Membro semplice
28	20	21	HEB 360	S 355	6	Trave L/2
29	21	22	HEB 360	S 355	6	Trave L/2
30	22	23	HEB 360	S 355	6	Trave L/2
31	23	24	HEB 360	S 355	6	Trave L/2
32	24	25	HEB 360	S 355	6	Trave L/2
33	26	27	HEB 360	S 355	6,02	Trave L/2
34	27	28	HEB 360	S 355	6,02	Trave L/2
35	28	29	HEB 360	S 355	6,02	Trave L/2
36	29	30	HEB 360	S 355	6,02	Trave L/2
37	20	26	HEB 360	S 355	5,83	Membro semplice
38	26	21	HEB 360	S 355	5,83	Membro semplice
39	21	27	HEB 360	S 355	6,26	Membro semplice
40	27	22	HEB 360	S 355	6,26	Membro semplice
41	22	28	HEB 360	S 355	6,71	Membro semplice
42	28	23	HEB 360	S 355	6,71	Membro semplice
43	23	29	HEB 360	S 355	6,26	Membro semplice
44	29	24	HEB 360	S 355	6,26	Membro semplice
45	24	30	HEB 360	S 355	5,83	Membro semplice
46	30	25	HEB 360	S 355	5,83	Membro semplice
47	20	1	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
48	31	32	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
49	21	2	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
50	33	34	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
51	22	3	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
52	35	36	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
53	23	4	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
54	37	38	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
55	24	5	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
56	39	40	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
57	25	6	HEB 360	S 355	7	Trave L/6
88	26	15	IPE 200	S 355	7	Trave
89	27	16	IPE 200	S 355	7	Trave

90	28	17	IPE 200	S 355	7	Trave
91	29	18	IPE 200	S 355	7	Trave
92	30	19	IPE 200	S 355	7	Trave
93	74	75	IPE 200	S 355	7	Trave
94	76	77	IPE 200	S 355	7	Trave
95	78	79	IPE 200	S 355	7	Trave
96	80	81	IPE 200	S 355	7	Trave
154	86	12	IPE 300	S 355	3	Trave
155	85	87	IPE 300	S 355	3	Trave
156	84	42	IPE 300	S 355	3	Trave
157	83	88	IPE 300	S 355	3	Trave
158	82	89	IPE 300	S 355	3	Trave
165	12	92	IPE 300	S 355	3	Trave
166	87	93	IPE 300	S 355	3	Trave
167	42	48	IPE 300	S 355	3	Trave
168	88	94	IPE 300	S 355	3	Trave
169	89	95	IPE 300	S 355	3	Trave
176	92	97	IPE 300	S 355	3	Trave
177	93	98	IPE 300	S 355	3	Trave
178	48	51	IPE 300	S 355	3	Trave
179	94	99	IPE 300	S 355	3	Trave
180	95	100	IPE 300	S 355	3	Trave
187	97	102	IPE 300	S 355	3	Trave
188	98	103	IPE 300	S 355	3	Trave
189	51	54	IPE 300	S 355	3	Trave
190	99	104	IPE 300	S 355	3	Trave
191	100	105	IPE 300	S 355	3	Trave
198	102	107	IPE 300	S 355	3	Trave
199	103	108	IPE 300	S 355	3	Trave
200	54	57	IPE 300	S 355	3	Trave
201	104	109	IPE 300	S 355	3	Trave
202	105	110	IPE 300	S 355	3	Trave
209	107	112	IPE 300	S 355	3	Trave
210	108	113	IPE 300	S 355	3	Trave
211	57	60	IPE 300	S 355	3	Trave
212	109	114	IPE 300	S 355	3	Trave
213	110	115	IPE 300	S 355	3	Trave
220	112	117	IPE 300	S 355	3	Trave
221	113	118	IPE 300	S 355	3	Trave
222	60	63	IPE 300	S 355	3	Trave
223	114	119	IPE 300	S 355	3	Trave
224	115	120	IPE 300	S 355	3	Trave
231	117	122	IPE 300	S 355	3	Trave
232	118	123	IPE 300	S 355	3	Trave
233	63	66	IPE 300	S 355	3	Trave
234	119	124	IPE 300	S 355	3	Trave
235	120	125	IPE 300	S 355	3	Trave
242	122	127	IPE 300	S 355	3	Trave
243	123	128	IPE 300	S 355	3	Trave
244	66	69	IPE 300	S 355	3	Trave
245	124	129	IPE 300	S 355	3	Trave
246	125	130	IPE 300	S 355	3	Trave
253	127	132	IPE 300	S 355	3	Trave
254	128	133	IPE 300	S 355	3	Trave
255	69	72	IPE 300	S 355	3	Trave
256	129	134	IPE 300	S 355	3	Trave
257	130	135	IPE 300	S 355	3	Trave
264	15	32	2 LU 80x80x8	S 355	5	Membro semplice
265	16	34	2 LU 80x80x8	S 355	5,5	Membro semplice
266	17	36	2 LU 80x80x8	S 355	6	Membro semplice
267	18	38	2 LU 80x80x8	S 355	5,5	Membro semplice
268	19	40	2 LU 80x80x8	S 355	5	Membro semplice
269	272	273	IPE 200	S 355	7	Trave
270	274	275	IPE 200	S 355	7	Trave
271	276	277	IPE 200	S 355	7	Trave

272	278	279	IPE 200	S 355	7	Trave
273	280	281	IPE 200	S 355	7	Trave
274	282	283	IPE 200	S 355	7	Trave
275	275	17	LU 80x80x8	S 355	7,09	Membro semplice
276	274	28	LU 80x80x8	S 355	7,09	Membro semplice
277	273	17	LU 80x80x8	S 355	7,09	Membro semplice
278	272	28	LU 80x80x8	S 355	7,09	Membro semplice
279	26	284	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
280	284	15	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
281	27	284	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
282	284	16	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
283	27	285	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
284	285	16	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
285	28	285	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
286	285	17	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
287	30	286	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
288	286	19	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
289	29	286	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
290	286	18	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
291	29	287	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
292	287	18	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
293	28	287	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
294	287	17	2 LU 80x80x8	S 355	4,62	Membro semplice
295	20	42	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
296	31	84	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
297	84	32	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
298	42	1	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
299	42	2	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
300	42	21	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
301	31	48	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
302	48	32	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
303	21	51	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
304	33	48	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
305	48	34	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
306	51	2	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
307	51	3	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
308	51	22	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
309	33	54	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
310	54	34	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
311	22	57	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
312	35	54	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
313	54	36	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
314	57	3	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
315	57	4	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
316	57	23	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
317	35	60	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
318	60	36	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
319	23	63	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
320	37	60	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
321	60	38	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
322	63	4	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
323	63	5	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
324	63	24	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
325	37	66	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
326	66	38	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
327	24	69	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
328	39	66	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
329	66	40	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
330	69	5	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
331	69	6	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
332	69	25	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
333	39	72	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice
334	72	40	LU 80x80x8	S 355	4,61	Membro semplice



Indicazione ID elementi lineari



Indicazione ID nodi

AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Nel presente capitolo si definiscono le azioni agenti sulla struttura in esame. Esse si suddividono in funzione della variazione della loro intensità del tempo, ovvero:

AZIONI PERMANENTI "G"

Azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo.
Sono azioni permanenti quelle dovute ai seguenti carichi:

- Carico permanente strutturale G_Str
  - Peso specifico dell'acciaio 78,50 kN/m^3
  - Peso solaio lamiera grecata + getto impalcato centrale 4,00 kN/m^2
- Carichi permanenti non strutturali G_NonStr
  - Pavimentazione stradale, cordolo, parapetto 4,50 kN/m^2

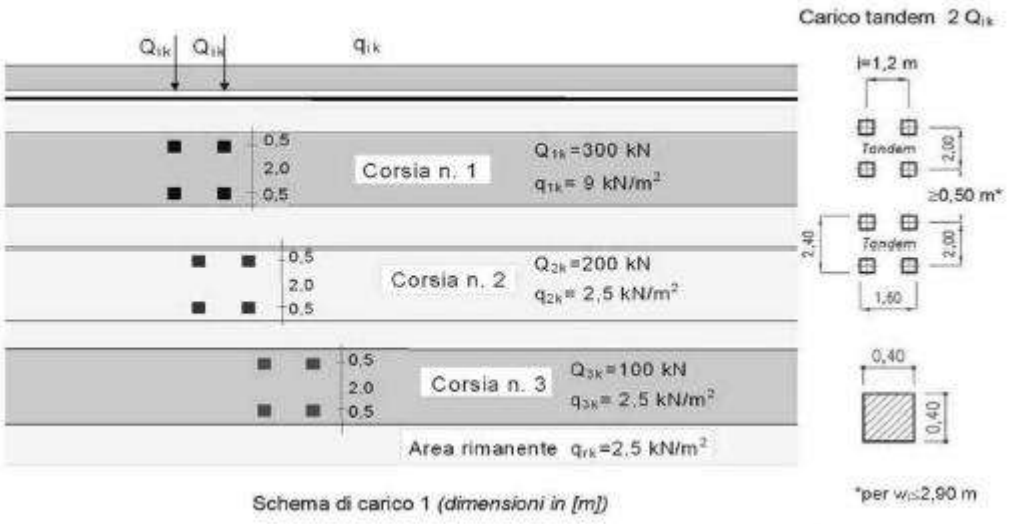
AZIONI VARIABILI TRAFFICO "Q"

Azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente differenti fra loro nel tempo. Le azioni variabili del traffico prese in considerazione in sede di analisi strutturale, sono:

- Carico verticale
  - Schema di carico 1 Q_Punt

    Larghezza superficie carrabile w = 6.5 m

    Numero corsie convenzionali n = 2



Schema di carico 1 *(dimensioni in [m])*

La divisione delle corsie e la disposizione dei carichi tandem sulla struttura è stata eseguito in modo da massimizzare le sollecitazioni, data la simmetria della stessa le azioni sono state disposte secondo gli schemi di seguito riportati.

- Schema di carico 5 Q_Dist



Schema di carico 5

- Azione longitudinale di frenamento o accelerazione Q_Fren

0.6 x (2 x 300) + 0.1 x 9 x 3 x 30 = 441 kN
508.5 / 30 = 14.7 kN/m

0.6 x (2 x 200) + 0.1 x 2.5 x 3 x 30 = 262.5 kN
508.5 / 30 = 8.75 kN/m

CARICO VENTO "V"

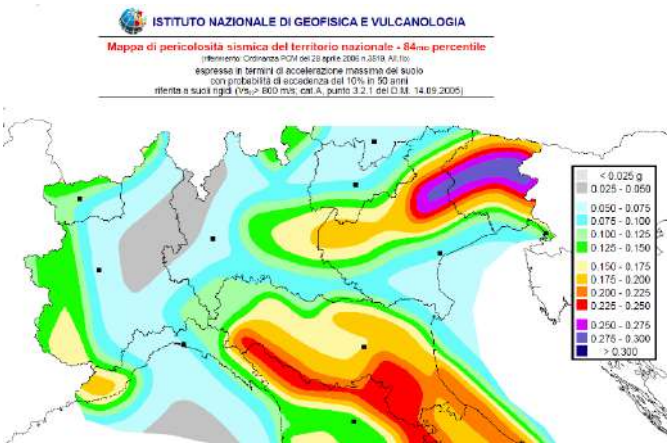
Il carico del vento è valutato mediante la seguente espressione:

$$p = q_b \, C_E \, C_P \, C_D$$

dove p è la pressione del vento, q_b è la pressione cinetica di riferimento, dipendente dalla velocità di riferimento (ovvero il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni), ce, cp e cd sono rispettivamente il coefficiente di esposizione, il coefficiente di forma ed il coefficiente dinamico. In base alla tabella 3.3.I delle NTC 2018, considerato che il comune si trova in Zona 1 ad una quota di 590 m s.l.m., si calcolano pertanto:

Caratteristiche vento	
Direzione	Tutte le direzioni
Regione vento	1 - 25 m/s
Valore fondamentale della velocità di riferimento del vento	25.00 m/s
Altitudine	590 m
Coefficiente dinamico Cd	1.00
Categoria di esposizione della zona	III
Coefficiente di topografia	1.00
Pressione cinetica di riferimento	0.94 kN/m²
Coefficiente di esposizione	2.407

AZIONE SISMICA “E”



Mappa di pericolosità Sismica



Vita nominale V_N 50 (anni)

Classe d'uso III C_u 1,5

Parametri spettro di risposta

Coordinate geografiche della struttura

Latitudine 44,0783 Longitudine 7,74579

Stato limite

SLV P_{VR} 0,1 Auto

V_R 75 T_R 711,842

a_g 1,73446 F_o 2,47712 T_C^* 0,303157

Categoria di sottosuolo

A B C D E

Ss 1,44221 Cc 1,55682

Categoria topografica

T1 T2 T3 T4

h/H 1 S_T 1

Coefficiente q 1 Calcoli del fattore q

Posizione geografica

Griglia di coordinate

Coordinate geografiche ...

Latitudine (deg) 44,0783

Longitudine (deg) 7,74579

Individuazione mediante codici ISTAT

Regione Piemonte

Provincia Cuneo

Comune Acceglio

Isole

Arcipelago Toscano

Periodo di riferimento per azione sismica

Vita Vn [anni] 50

Coeff. uso Cu 1,5

Periodo di riferimento Vr [anni] 75

Vertici della maglia per interpolazione

Metodo d'interpolazione lineare

ID nodo	Latitudine	Longitudine	Distanza (km)
18232	44.044	7.715	4.579
18233	44.047	7.784	4.640
18011	44.097	7.779	3.403
18010	44.094	7.710	3.332

Risultato

Stato limite	Tr (anni)	ag (g/10)	Fo (-)	Tc* (sec)
SLO (0.81)	45.161	0.423	2.572	0.212
SLD (0.63)	75.434	0.579	2.562	0.234
SLV (0.10)	711.842	1.734	2.477	0.303
SLC (0.05)	1462.179	2.301	2.499	0.317
Dell'utente (0.10)	711.842	1.734	2.477	0.303

Per quanto riguarda la modellazione delle azioni sismiche ci si è attenuti al punto §7.2.6 delle NTC. Si è utilizzata un'analisi di tipo lineare, si trascura quindi la non linearità meccanica e geometrica dei materiali che costituiscono la struttura. L'azione sismica è stata modellata attraverso uno spettro di risposta ottenuto seguendo le prescrizioni contenute nel capitolo §3.2 della normativa. In particolare lo spettro di progetto per lo stato limite di esercizio è lo spettro elastico corrispondente alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento Pvr considerato. Lo spettro di progetto per lo stato limite ultimo è lo spettro elastico corrispondente alla probabilità di superamento (Pvr = 10%) considerata, ma con le ordinate ridotte, sostituendo il coefficiente di smorzamento μ con 1/q, dove q è il fattore di struttura determinato precedentemente.

Il metodo di analisi per determinare gli effetti dell'azione sismica è del tipo dinamica modale con uno spettro di risposta conforme alle NTC 2018. Il sistema da analizzare è essere visto come un oscillatore a n gradi di libertà, di cui vanno individuati i modi propri di vibrazione. Vengono calcolati, per ogni modo di vibrazione, gli spostamenti e le sollecitazioni relative a ciascuna direzione dinamica attivata, per ogni modo di vibrazione. Per ogni direzione dinamica viene calcolato l'effetto globale, dovuto ai singoli modi di vibrazione, mediante la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti. La risposta viene calcolata separatamente per le due componenti orizzontale e verticale, che saranno poi combinate secondo la seguente espressione, con rotazione dei coefficienti moltiplicativi:

$$1,00 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y + 0,30 \cdot E_z$$

STATI LIMITE – COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Una struttura raggiunge uno stato limite quando cessa di svolgere una o tutte le funzioni per le quali è stata progettata, violando così, in parte o completamente, i requisiti di progetto. In base a tale definizione si opera la distinzione tra **stati limite ultimi**, legati alla capacità della struttura di resistere alle azioni di progetto e **stati limite di esercizio**, corrispondenti all'uso ordinario della struttura e della sua durabilità.

Per ogni stato limite individuato occorre definire una combinazione delle azioni gravanti sull'opera, per la quale vanno calcolati i livelli di sollecitazione degli elementi strutturali con i quali verificare i livelli di soddisfazione dei requisiti richiesti.

Allo SLU il valore caratteristico dei carichi agenti sulla struttura viene moltiplicato per il rispettivo coefficiente parziale di sicurezza maggiore di uno, secondo Tab 2.6.I – NTC 18, così come le resistenze dei materiali che vengono divise per un coefficiente parziale di sicurezza maggiore dell'unità in modo da utilizzare un valore inferiore a scopo cautelativo.

Nella combinazione delle azioni vengono inoltre introdotti dei coefficienti di combinazione ψ , per tener conto della scarsa probabilità che le azioni variabili possano esercitare i loro effetti contemporaneamente con la massima intensità.

Definiti i valori caratteristici delle azioni (analisi dei carichi), le diverse combinazioni delle azioni possono essere rappresentati simbolicamente come segue (simbolo + è sinonimo di "combinato con").

Per i ponti, in accordo al par. 5.1.3.14 delle NTC 2018 le combinazioni di carico devono essere generate secondo i seguenti criteri.

Tab. 5.1.IV – *Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico*

	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			*Carichi orizzontali*		*Carichi verticali*
Gruppo di azioni	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

STATO LIMITE ULTIMO

- in situazioni **persistenti o transitorie** si considerano i valori di calcolo delle azioni dominanti e i valori di combinazione delle altre azioni, per cui si ha:

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{Gj}G_{K,j} + \sum_{j\geq 1}\gamma_{G}{}^{*}G^{*}_{K,j} + \gamma_{P}P_{K} + \gamma_{Q,1}Q_{K1} + \sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\,\psi_{0,i}\cdot Q_{K,i}$$

nella quale:

G_{KJ} : è il valore caratteristico delle azioni permanenti;

G^{*}_{KJ} : è il valore caratteristico delle azioni permanenti di intensità variabile;

P_K : è il valore caratteristico dell'azione di precompressione;

$Q_{K,1}$: è il valore caratteristico dell'azione variabile dominante;

$\psi_{0,1}$ $Q_{K,J}$: è il valore di combinazione delle azioni variabili concomitanti con l'azione dominante.

Si generano così delle combinazioni di carico che considerano di volta in volta un'azione variabile come dominante.

- in situazioni **accidentali** si considerano i valori di calcolo delle azioni permanenti combinate con i valori frequenti dell'azione variabile dominante, con valori quasi permanenti delle altre azioni variabili ed il valore di calcolo di un eventuale azione accidentale.

Ne discende un'espressione del seguente tipo:

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{Gi}G_{Kj} + \sum_{j\geq 1}\gamma_{G^{*}}G^{*}_{K,j} + \gamma_{P}P_{K} + \gamma_{A}A_{K} + \gamma_{Q,1}\psi_{1,1}Q_{K,1} + \sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{2,i}Q_{K,i}$$

dove

A_K	valore caratteristico delle azioni accidentali;
$\psi_{1,1}Q_{K,1}$	valore frequente dell'azione dominante;
$\psi_{2,i}Q_{K,i}$	sono i valori quasi permanenti delle azioni variabili concomitanti con l'azione variabile dominante o con l'azione accidentale.

STATO LIMITE DI ESERCIZIO

- combinazione rara:

$$\sum_{j\geq 1}G_{KJ} + \sum_{j\geq 1}G^{*}_{K,J} + P_K + Q_{K,1} + \sum_{i\geq 1}\psi_{0,i}Q_{K,i}$$

- combinazione frequente:

$$\sum_{j\geq 1}G_{KJ} + \sum_{j\geq 1}G^{*}_{K,J} + P_K + \psi_{1,1}\cdot Q_{K,1} + \sum_{i\geq 1}\psi_{2,i}\cdot Q_{K,i}$$

- combinazione quasi permanente:

$$\sum_{j\geq 1}G_{KJ} + \sum_{j\geq 1}G^{*}_{K,J} + P_K + \sum_{i\geq 1}\psi_{2,i}Q_{K,i}$$

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA UTILIZZATI NELLE VERICHE

Tab. 5.1.V – *Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU*

		Coefficiente	EQU[1]	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli sfavorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Azioni permanenti non strutturali [2] g_2	favorevoli sfavorevoli	γ_{G2}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	γ_Q	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Azioni variabili	favorevoli sfavorevoli	γ_{Qi}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\varepsilon 1}$	0,90 1,00[3]	1,00 1,00[4]	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\varepsilon 2}$, $\gamma_{\varepsilon 3}$, $\gamma_{\varepsilon 4}$	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 1,00

(1) Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.
(2) Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
(3) 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
(4) 1,20 per effetti locali

COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Tab. 5.1.VI - *Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali*

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Le azioni vengono combinate al fine di individuare la condizione più sfavorevoli per ogni singolo elemento oggetto di verifica. A partire da tali combinazioni si costruiscono gli inviluppi delle sollecitazioni. Il dimensionamento e le verifiche vengono effettuati proprio su questi inviluppi, che riportano, sezione per sezione, il massimo ed il minimo valore dell'azione.

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA PER I MATERIALI Cap. 11 – NTC '18

Acciaio per strutture metalliche $\gamma_M = 1,05$

Acciaio ordinario da armatura $\gamma_S = 1,15$

Calcestruzzo $\gamma_C = 1,50$

ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

L'analisi delle sollecitazioni è stata condotta su supporto informatico a mezzo del programma di calcolo Robot Structural Analysis Professional Sono stati modellati gli elementi secondo le caratteristiche geometriche ed i materiali definiti in fase di predimensionameto. Gli stessi sono stati caricati secondo le combinazioni e condizioni di carico utili a massimizzare e minimizzare le caratteristiche di sollecitazione. Tali elementi sono stati caricati secondo le azioni delle diverse combinazioni di carico, ottenendo così le sollecitazioni agenti sulla struttura. Si è quindi passati alle verifiche di resistenza nei confronti dello Stato Limite Ultimo (SLU) e con le sollecitazioni calcolate allo Stato Limite Esercizio (SLE) si sono controllati deformazione ed inflessione.

IPOTESI ANALISI SISMICA

Spettro:	Tipo di calcolo
Tipo di terreno:	Zona C
Accelerazione orizzontale al suolo ag/g:	0.1734
Fattore di amplificazione F0:	2.477
Periodo Tc*:	0.303
Categoria topografica:	T1
Parametro del terreno (S):	1.00
Periodo T_B:	0.62 s
Periodo T_C:	0.91 s
Periodo T_D :	1.44 s
Coefficiente di importanza (γ_I) :	1.00

Fattore di struttura:

- X: 1.000
- Y: 1.000
- Z: 1.000

Modalità residua disponibile:	No
Metodo:	CQC

Segno di risultati:

- Direzione X (Analisi 13) : Segno del modo predominante
- Direzione Y (Analisi 14) : Segno del modo predominante
- Direzione Z (Analisi 15) : Segno del modo predominante

DESCRIZIONE CASI DI CARICO

Nomi dei casi di carico		
Caso n°	**Nome**	**Titolo**
1	G_Str	PESO PROPRIO
2	G_NonStr	PERMANENTE
3	Q_Dist	VARIABILI
4	Q_Punt1	VARIABILI
5	Q_Punt2	VARIABILI
6	Q_Punt3	VARIABILI
7	Q_Punt4	VARIABILI
8	Q_Freno1	VARIABILI
9	Q_Freno2	VARIABILI
10	V Y+	VENTO
11	V Y-	VENTO
12	MODAL	
13	Sx	SISMICI X

14	Sy	SISMICI Y
15	Sz	SISMICI Z

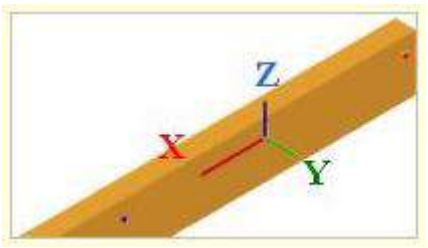
DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO

Descrizione combinazioni			
Nr.	Nome	Dettagli	Tipo di combinazione
16 (C) (CQC)	SLV 1 * X 0.3 * Y 0.3 * Z	SLU	13*1.00+(14+15)*0.30
17 (C) (CQC)	SLV 1 * X -0.3 * Y 0.3 * Z	SLU	13*1.00+14*-0.30+15*0.30
18 (C) (CQC)	SLV 1 * X -0.3 * Y -0.3 * Z	SLU	13*1.00+(14+15)*-0.30
19 (C) (CQC)	SLV 1 * X 0.3 * Y -0.3 * Z	SLU	13*1.00+14*0.30+15*-0.30
20 (C) (CQC)	SLV 0.3 * X 1 * Y 0.3 * Z	SLU	(13+15)*0.30+14*1.00
21 (C) (CQC)	SLV 0.3 * X -1 * Y 0.3 * Z	SLU	(13+15)*0.30+14*-1.00
22 (C) (CQC)	SLV 0.3 * X -1 * Y -0.3 * Z	SLU	13*0.30+14*-1.00+15*-0.30
23 (C) (CQC)	SLV 0.3 * X 1 * Y -0.3 * Z	SLU	13*0.30+14*1.00+15*-0.30
24	1.35x[1 G_Std]+1.3x[2 G_NonStd]	SLU	1*1.35+2*1.50
25	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]	SLU	1*1.35+(2+3)*1.50
26	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLU	1*1.35+(2+3)*1.50+8*1.00
27	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLU	1*1.35+(2+3)*1.50+9*2.00
28	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+0,9x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+3)*1.50+10*0.90
29	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+0,9x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+3)*1.50+11*0.90
30	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+1,0x[8 Q_Freno1]+0,9x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+3)*1.50+8*1.00+10*0.90
31	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+1,0x[9 Q_Freno2]+0,9x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+3)*1.50+9*2.00+11*0.90
32	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]	SLU	1*1.35+(2+4)*1.50
33	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLU	1*1.35+(2+4)*1.50+8*1.00
34	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+4)*1.50+10*0.90
35	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+4)*1.50+11*0.90
36	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[10 Vy+]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLU	1*1.35+(2+4)*1.50+10*0.90+8*1.00
37	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[11 Vy-]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLU	1*1.35+(2+4)*1.50+11*0.90+8*1.00
38	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]	SLU	1*1.35+(2+5)*1.50
39	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLU	1*1.35+(2+5)*1.50+9*1.00
40	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+5)*1.50+10*0.90
41	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+5)*1.50+11*0.90
42	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLU	1*1.35+(2+5)*1.50+10*0.90+9*1.00
43	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLU	1*1.35+(2+5)*1.50+11*0.90+9*1.00
44	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]	SLU	1*1.35+(2+6)*1.50
45	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLU	1*1.35+(2+6)*1.50+8*1.00
46	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+6)*1.50+10*0.90
47	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+6)*1.50+11*0.90
48	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLU	1*1.35+(2+6)*1.50+10*0.90+8*1.00
49	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLU	1*1.35+(2+6)*1.50+11*0.90+8*1.00
50	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]	SLU	1*1.35+(2+7)*1.50
51	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLU	1*1.35+(2+7)*1.50+9*1.00
52	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]+0,9x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+7)*1.50+10*0.90
53	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]+0,9x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+7)*1.50+11*0.90
54	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]+0,9x[10 Vy+]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLU	1*1.35+(2+7)*1.50+10*0.90+9*1.00
55	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]+0,9x[11 Vy-]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLU	1*1.35+(2+7)*1.50+11*0.90+9*1.00
56	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[3 Q_Dist]+1,5x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+10)*1.50+3*1.00
57	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[3 Q_Dist]+1,5x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+11)*1.50+3*1.00
58	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[4 Q_Punt1]+1,5x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+10)*1.50+4*1.00
59	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[4 Q_Punt1]+1,5x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+11)*1.50+4*1.00
60	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[5 Q_Punt2]+1,5x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+10)*1.50+5*1.00
61	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[5 Q_Punt2]+1,5x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+11)*1.50+5*1.00
62	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[6 Q_Punt3]+1,5x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+10)*1.50+6*1.00
63	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[6 Q_Punt3]+1,5x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+11)*1.50+6*1.00
64	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[7 Q_Punt4]+1,5x[10 Vy+]	SLU	1*1.35+(2+10)*1.50+7*1.00
65	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[7 Q_Punt4]+1,5x[11 Vy-]	SLU	1*1.35+(2+11)*1.50+7*1.00
66	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]	SLE	(1+2)*1.00
67	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]	SLE	(1+2+3)*1.00
68	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[4 Q_Punt1]	SLE	(1+2+4)*1.00
69	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[5 Q_Punt2]	SLE	(1+2+5)*1.00
70	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[6 Q_Punt3]	SLE	(1+2+6)*1.00
71	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[7 Q_Punt4]	SLE	(1+2+7)*1.00
72	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]+0,6x[10 Vy+]	SLE	(1+2+3)*1.00+10*0.60

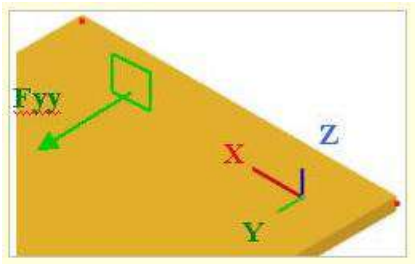
73	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]+0,6x[11 Vy-]	SLE	(1+2+3)*1.00+11*0.60
74	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[4 Q_Punt1]+0,6x[10 Vy+]	SLE	(1+2+4)*1.00+10*0.60
75	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[4 Q_Punt1]+0,6x[11 Vy-]	SLE	(1+2+4)*1.00+11*0.60
76	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[5 Q_Punt2]+0,6x[10 Vy+]	SLE	(1+2+5)*1.00+10*0.60
77	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[5 Q_Punt2]+0,6x[11 Vy-]	SLE	(1+2+5)*1.00+11*0.60
78	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[6 Q_Punt3]+0,6x[10 Vy+]	SLE	(1+2+6)*1.00+10*0.60
79	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[6 Q_Punt3]+0,6x[11 Vy-]	SLE	(1+2+6)*1.00+11*0.60
80	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[7 Q_Punt4]+0,6x[10 Vy+]	SLE	(1+2+7)*1.00+10*0.60
81	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[7 Q_Punt4]+0,6x[11 Vy-]	SLE	(1+2+7)*1.00+11*0.60
82	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLE	(1+2+3+8)*1.00
83	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLE	(1+2+3+9)*1.00
84	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[4 Q_Punt1]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLE	(1+2+4+8)*1.00
85	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[5 Q_Punt2]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLE	(1+2+5+9)*1.00
86	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLE	(1+2+6+8)*1.00
87	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[7 Q_Punt4]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLE	(1+2+7+9)*1.00
88	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]+0,6x[10 Vy+]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLE	(1+2+3+8)*1.00+10*0.60
89	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]+0,6x[11 Vy-]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLE	(1+2+3+8)*1.00+11*0.60
90	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]+0,6x[10 Vy+]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLE	(1+2+3+9)*1.00+10*0.60
91	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]+0,6x[11 Vy-]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLE	(1+2+3+9)*1.00+11*0.60
92	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[4 Q_Punt1]+0,6x[10 Vy+]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLE	(1+2+4+8)*1.00+10*0.60
93	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[4 Q_Punt1]+0,6x[11 Vy-]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLE	(1+2+4+8)*1.00+11*0.60
94	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[5 Q_Punt2]+0,6x[10 Vy+]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLE	(1+2+5+9)*1.00+10*0.60
95	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[5 Q_Punt2]+0,6x[11 Vy-]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLE	(1+2+5+9)*1.00+11*0.60
96	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[6 Q_Punt3]+0,6x[10 Vy+]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLE	(1+2+6+8)*1.00+10*0.60
97	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[6 Q_Punt3]+0,6x[11 Vy-]+1,0x[8 Q_Freno1]	SLE	(1+2+6+8)*1.00+11*0.60
98	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[7 Q_Punt4]+0,6x[10 Vy+]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLE	(1+2+7+9)*1.00+10*0.60
99	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[7 Q_Punt4]+0,6x[11 Vy-]+1,0x[9 Q_Freno2]	SLE	(1+2+7+9)*1.00+11*0.60
100	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]+1x[10 Vy+]	SLE	(1+2+3+10)*1.00
101	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[3 Q_Dist]+1x[11 Vy-]	SLE	(1+2+3+11)*1.00
102	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[4 Q_Punt1]+1x[10 Vy+]	SLE	(1+2+4+10)*1.00
103	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[4 Q_Punt1]+1x[11 Vy-]	SLE	(1+2+4+11)*1.00
104	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[5 Q_Punt2]+1x[10 Vy+]	SLE	(1+2+5+10)*1.00
105	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[5 Q_Punt2]+1x[11 Vy-]	SLE	(1+2+5+11)*1.00
106	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[6 Q_Punt3]+1x[10 Vy+]	SLE	(1+2+6+10)*1.00
107	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[6 Q_Punt3]+1x[11 Vy-]	SLE	(1+2+6+11)*1.00
108	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[7 Q_Punt4]+1x[10 Vy+]	SLE	(1+2+7+10)*1.00
109	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[7 Q_Punt4]+1x[11 Vy-]	SLE	(1+2+7+11)*1.00
110 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[13 COMB]	SLA	(1+2+13)*1.00
111 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[14 COMB]	SLA	(1+2+14)*1.00
112 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[15 COMB]	SLA	(1+2+15)*1.00
113 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[16 COMB]	SLA	(1+2+16)*1.00
114 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[17 COMB]	SLA	(1+2+17)*1.00
115 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[18 COMB]	SLA	(1+2+18)*1.00
116 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[19 COMB]	SLA	(1+2+19)*1.00
117 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]	SLA	(1+2+20)*1.00
118 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[21 COMB]	SLA	(1+2+21)*1.00
119 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[22 COMB]	SLA	(1+2+22)*1.00
120 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[23 COMB]	SLA	(1+2+23)*1.00
121 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[13 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+13*-1.00
122 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[14 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+14*-1.00
123 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[15 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+15*-1.00
124 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[16 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+16*-1.00
125 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[17 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+17*-1.00
126 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[18 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+18*-1.00
127 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[19 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+19*-1.00
128 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[20 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+20*-1.00
129 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[21 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+21*-1.00
130 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[22 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+22*-1.00
131 (C) (CQC)	1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[23 COMB]	SLA	(1+2)*1.00+23*-1.00

Il software di calcolo Robot Structural Analysis Professional esprime i risultati del calcolo agli elementi finiti nel sistema di

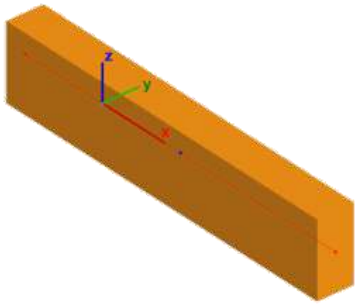
coordinate locale del relativo elemento. Soltanto le forze vincolari sono espresse nel sistema di coordinate globale. Pertanto i risultati su un elemento lineare sono espressi nel seguente modo, in cui Fx risulta sempre uno sforzo normale (ad esempio se Fx > 0 stà ad indicare che l'elemento è teso).



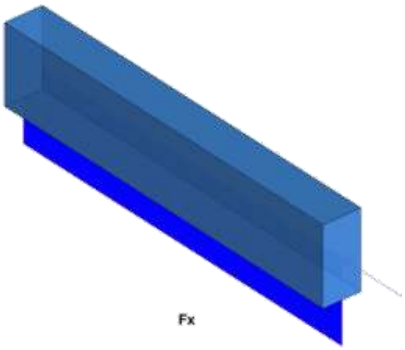
Allo stesso modo, i risultati sugli elementi bidimensionali sono forniti nel sistema di coordinate locale dell'elemento come indicato in seguito, in cui Fyy è uno sforzo normale in direzione y in un piano perpendicolare all'asse y del sistema locale.



Convenzioni elementi lineari

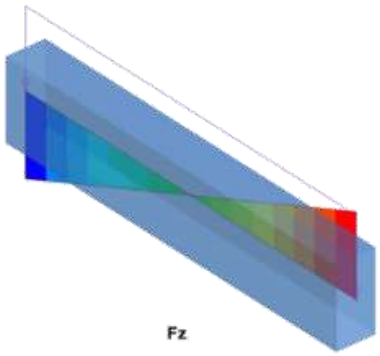


ASSI LOCALI	
In Rosso:	Asse locale X
In Verde:	Asse locale Y
In Blu:	Asse locale Z

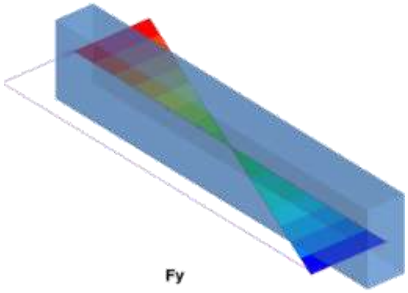


F_X Sforzo normale

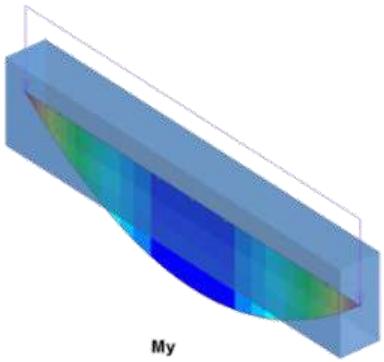
F_X è positivo se di trazione e negativo se di compressione a prescindere dall'orientamento dell'asse X



F_Z Sforzo di taglio dovuto ad una forza applicata lungo l'asse locale Z



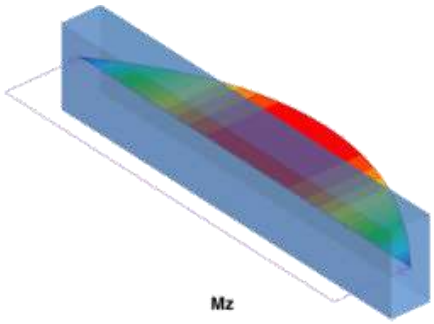
F_Y Sforzo di taglio dovuto ad una forza applicata lungo l'asse locale Y



M_Y Momento fettente rispetto all'asse locale Y (dovuto ad un carico applicato lungo l'asse locale Z)

M_Y positivo se tende le fibre Z positive (generalmente sugli appoggi)

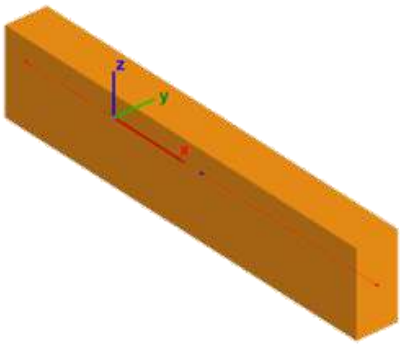
M_Y negativo se tende le fibre Z negative (generalmente in campata)



M_Z Momento fettente rispetto all'asse locale Z (dovuto ad un carico applicato lungo l'asse locale Y)

M_Z positivo se tende le fibre Y positive

M_Z negativo se tende le fibre Y negative



Tensioni normali (dovute a sforzo normale e momenti flettenti)

$$\sigma_{xx} = \frac{F_x}{S_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{M_z}{W_z}$$

Tensioni tangenziali (dovute a sforzi di taglio e momento torcente)

σ_{xz} tensione nel piano normale ad X in direzione parallela a Z

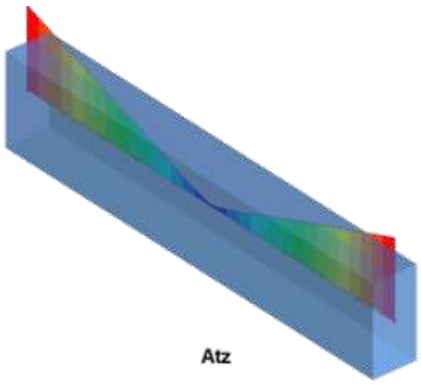
$$\sigma_{xz} = \frac{F_z}{S_z} \pm \frac{M_x}{W_t}$$

σ_{xy} tensione nel piano normale ad X in direzione parallela a Y

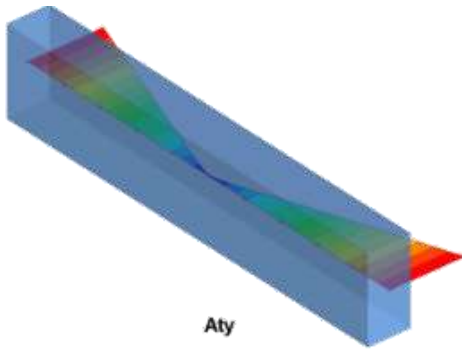
$$\sigma_{xy} = \frac{F_y}{S_y} \pm \frac{M_x}{W_t}$$

Tensioni equivalenti di Von Mises

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + 3(\sigma_{xy}^2 + \sigma_{xz}^2)}$$

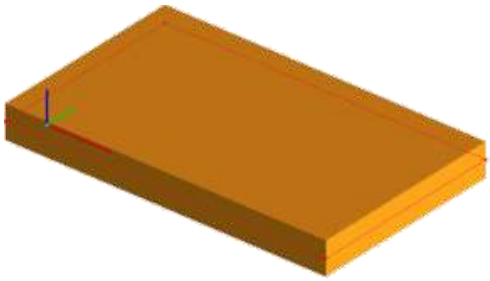


A_{tZ} Armatura a taglio fornita per lo sforzo di taglio F_Z



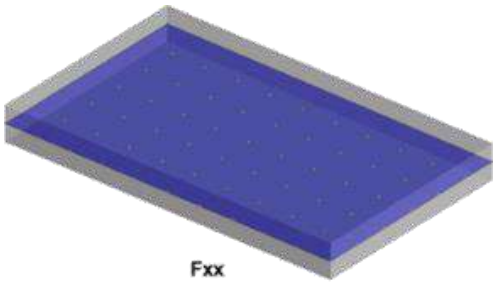
A_{tY} Armatura a taglio fornita per lo sforzo di taglio F_Y

Convenzioni elementi superficiali



ASSI LOCALI

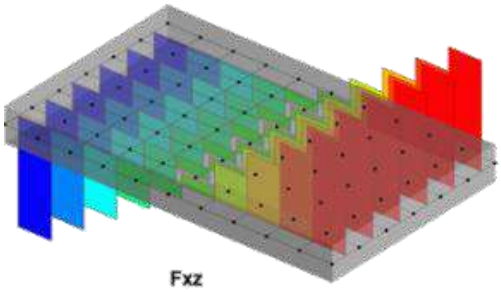
In Rosso:	Asse locale X
In Verde:	Asse locale Y
In Blu:	Asse locale Z



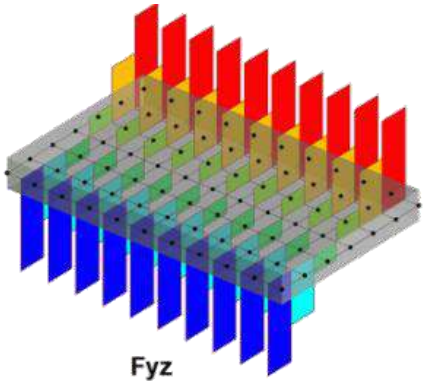
F_{XX} Sforzo normale lungo l'asse locale X

F_{YY} Sforzo normale lungo l'asse locale Y

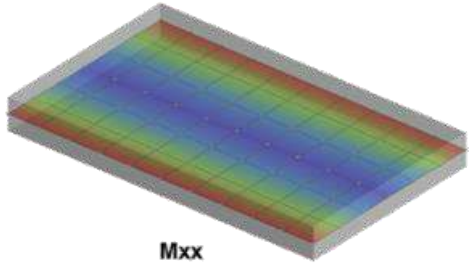
F_{XX} è positivo se di trazione e negativo se di compressione a prescindere dall'orientamento dell'asse X
(Idem per F_{YY})



F_{XZ} Sforzo di taglio nel piano normale ad X in direzione parallela a Z



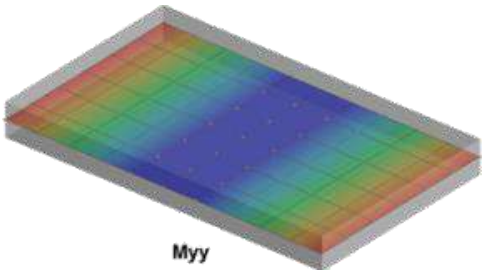
F_{YZ} Sforzo di taglio nel piano normale ad Y in direzione parallela a Z



M_{XX} Momento fettente rispetto all'asse locale X

M_{XX} positivo se tende le fibre Z positive (generalmente sugli appoggi)

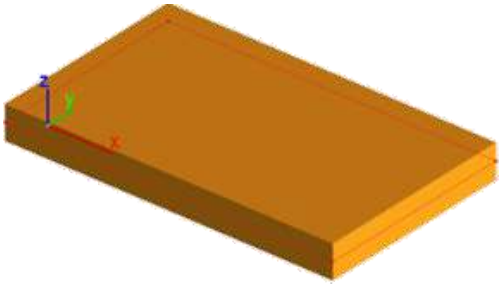
M_{XX} negativo se tende le fibre Z negative (generalmente in campata)



M_{YY} Momento flettente rispetto all'asse locale Y

M_{YY} positivo se tende le fibre Z positive (generalmente sugli appoggi)

M_{YY} negativo se tende le fibre Z negative (generalmente in campata)



Tensioni normali (dovute a sforzo normale e momenti flettenti)

$$Lungo\ X \quad \sigma_{xx} = \frac{F_{xx}}{e} \pm 6\frac{M_{yy}}{e^2}$$

$$Lungo\ Y \quad \sigma_{yy} = \frac{F_{yy}}{e} \pm 6\frac{M_{xx}}{e^2}$$

Tensioni tangenziali (dovute a sforzi di taglio e momento torcente)

σ_{xz} tensione nel piano normale ad X in direzione parallela a Z

$$\sigma_{xz} = \frac{6}{5}\frac{F_{xz}}{e}$$

σ_{yz} tensione nel piano normale ad Y in direzione parallela a Z

$$\sigma_{yz} = \frac{6}{5}\frac{F_{yz}}{e}$$

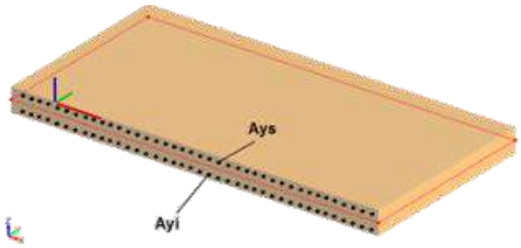
Tensioni equivalenti di Von Mises

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2}\left((\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{xx} - \sigma_{zz})^2 + 6(\sigma_{xy}^2 + \sigma_{xz}^2 + \sigma_{yz}^2)\right)}$$



A_{Xi} e A_{Xs} barre d'armatura parallele all'asse locale X fornite per il momento M_{YY}

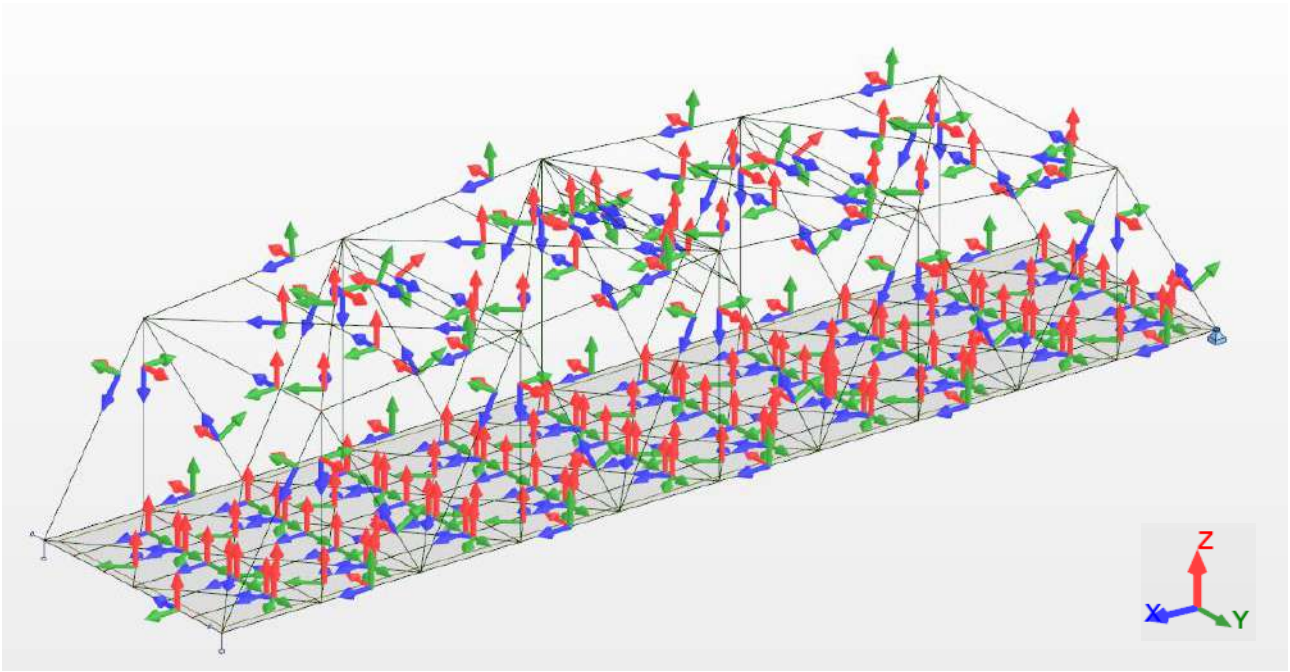
M_{YY} positivo richiede armatura A_{Xs} sulla fibra superiore tesa
M_{YY} negativo richiede armatura A_{Xi} sulla fibra inferiore tesa



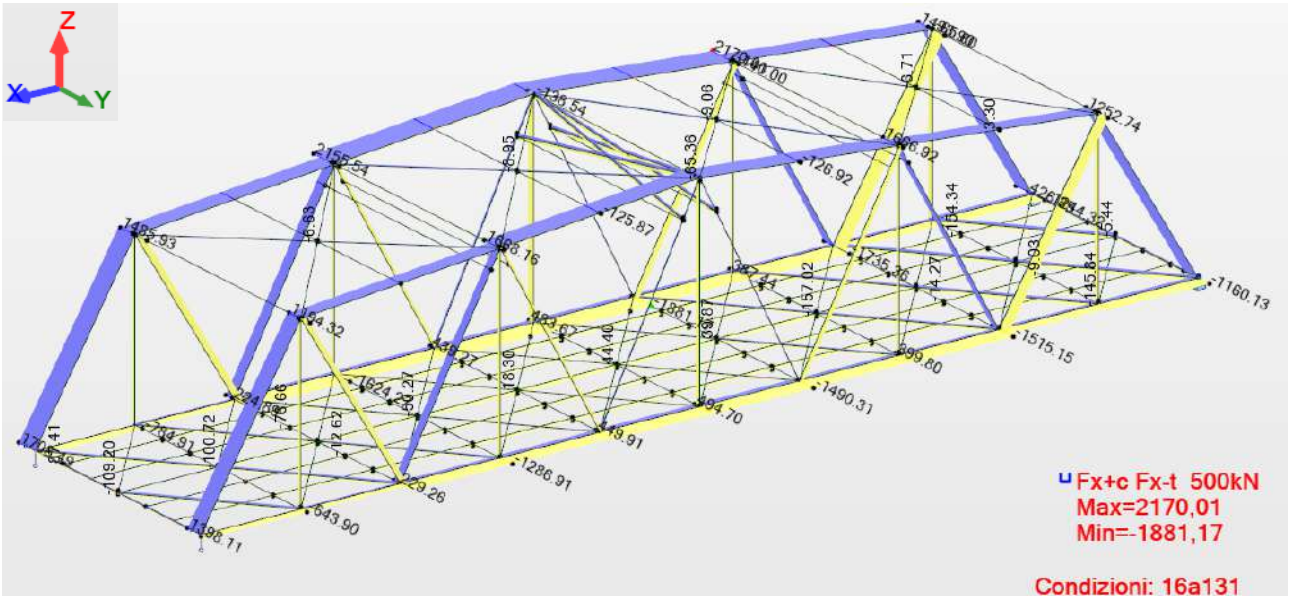
A_{Yi} e A_{Ys} barre d'armatura parallele all'asse locale Y fornite per il momento M_{XX}

M_{XX} positivo richiede armatura A_{Ys} sulla fibra superiore tesa
M_{XX} negativo richiede armatura A_{Yi} sulla fibra inferiore tesa

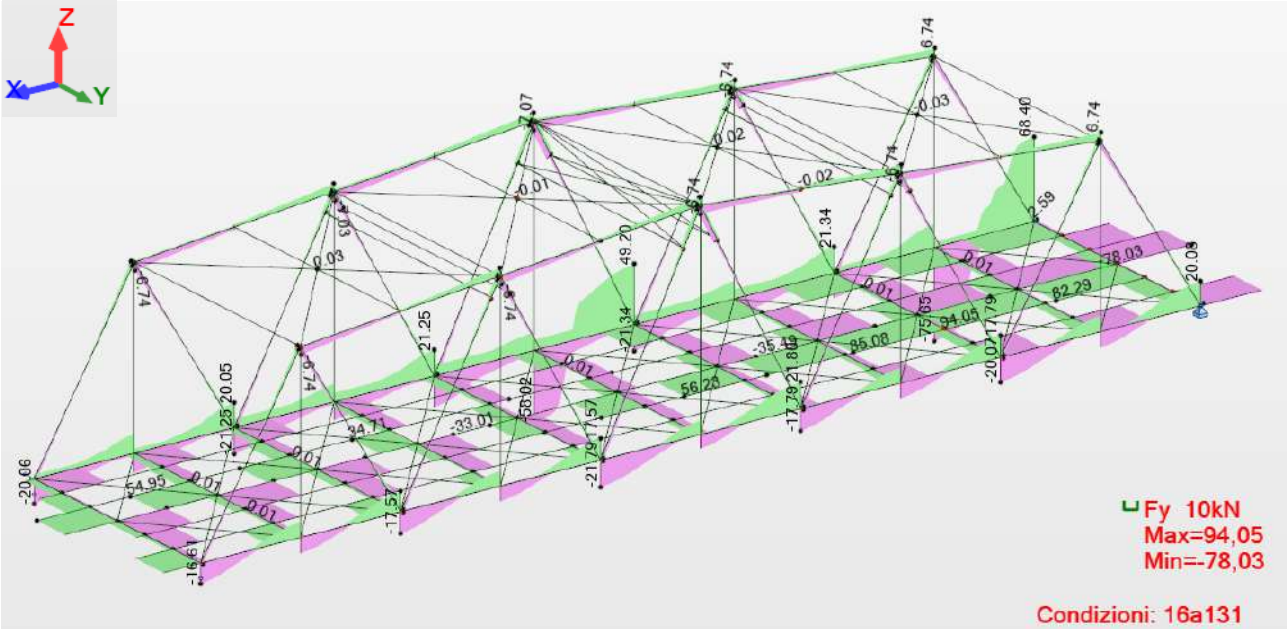
SOLLECITAZIONI ELEMENTI LINEARI:



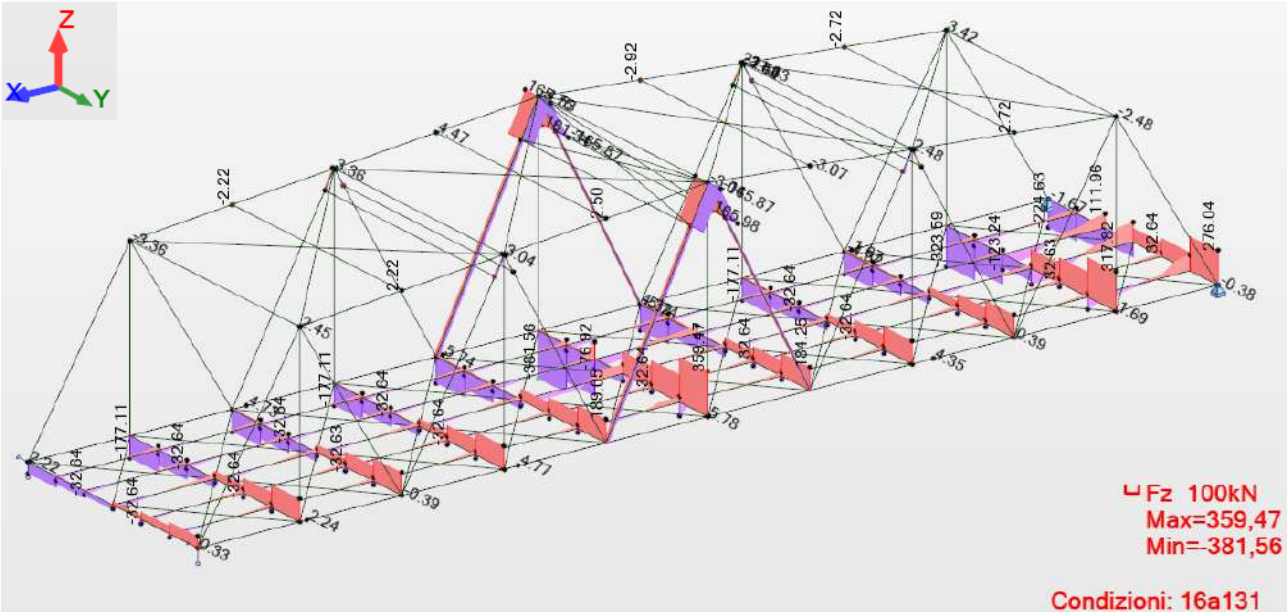
Indicazione assi locali degli elementi lineari



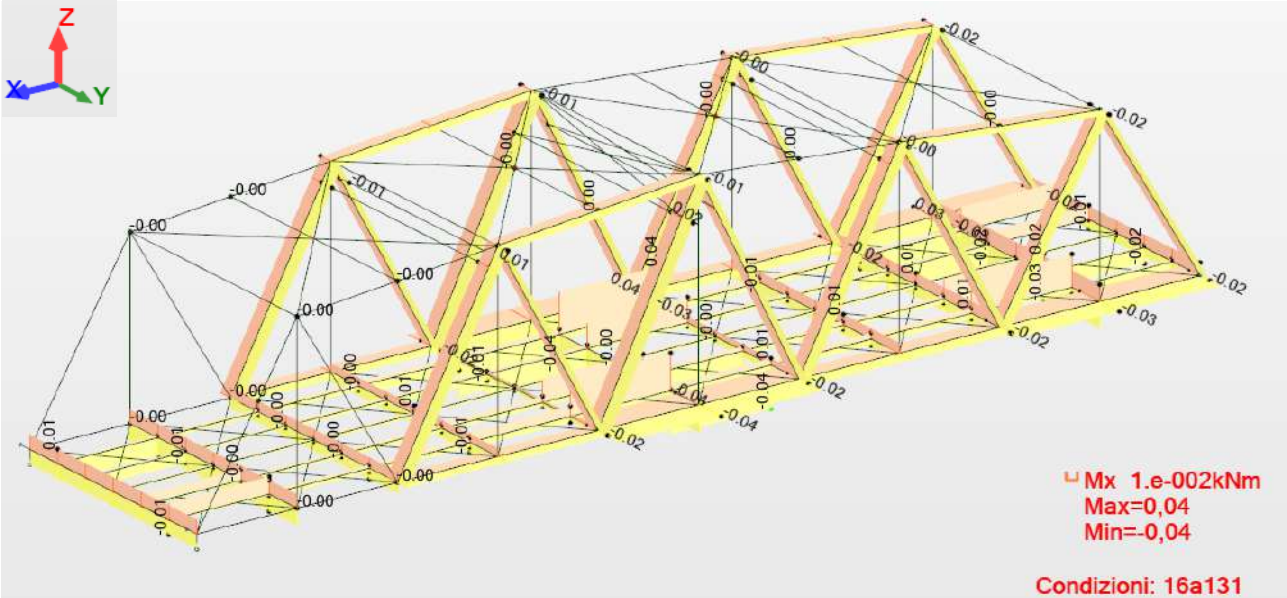
Sforzi normali Fx negli elementi lineari (inviluppo)



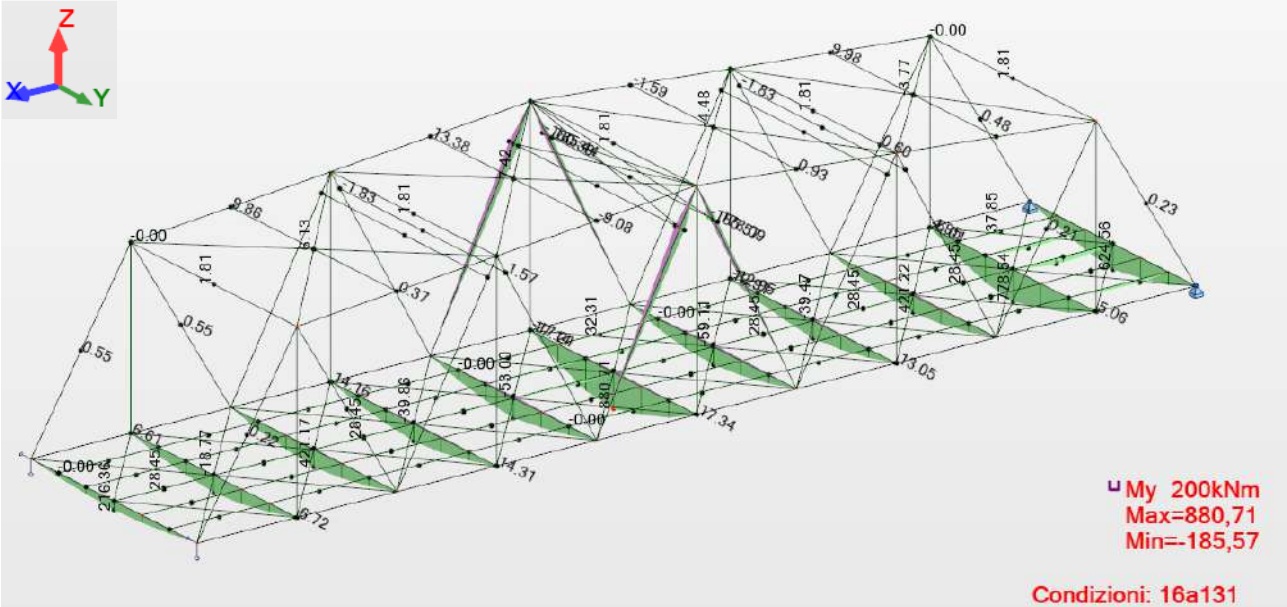
Sforzi di taglio Fy negli elementi lineari (inviluppo)



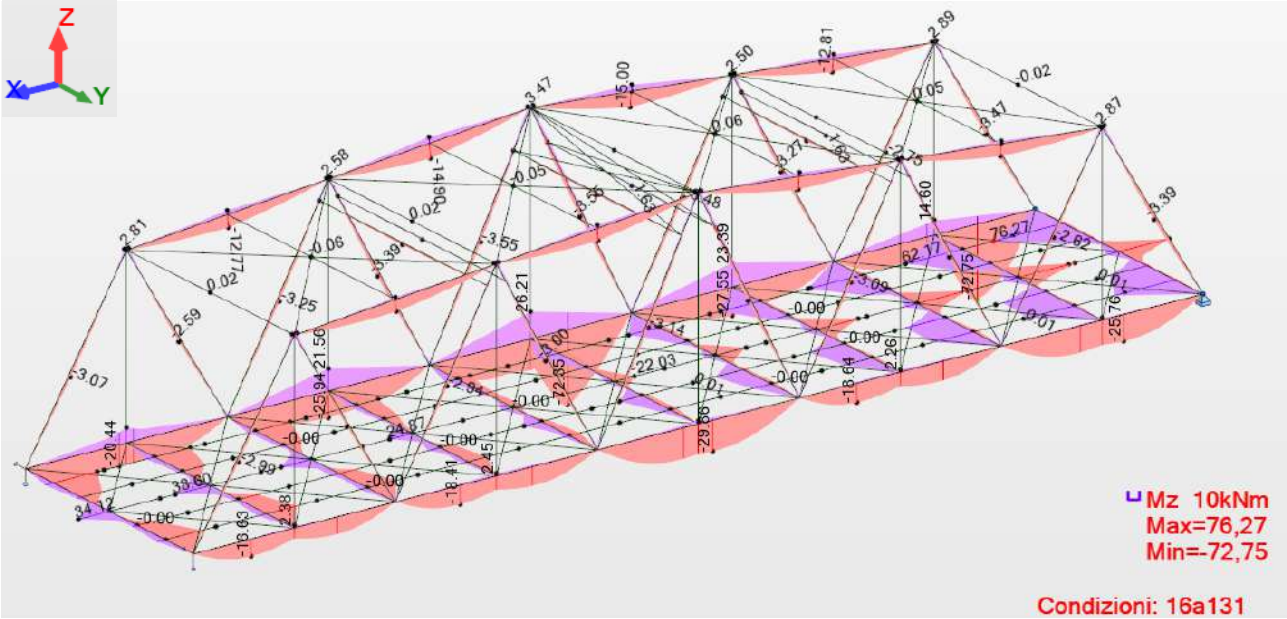
Sforzi di taglio Fz negli elementi lineari (inviluppo)



Momenti torcenti Mx negli elementi lineari (inviluppo)



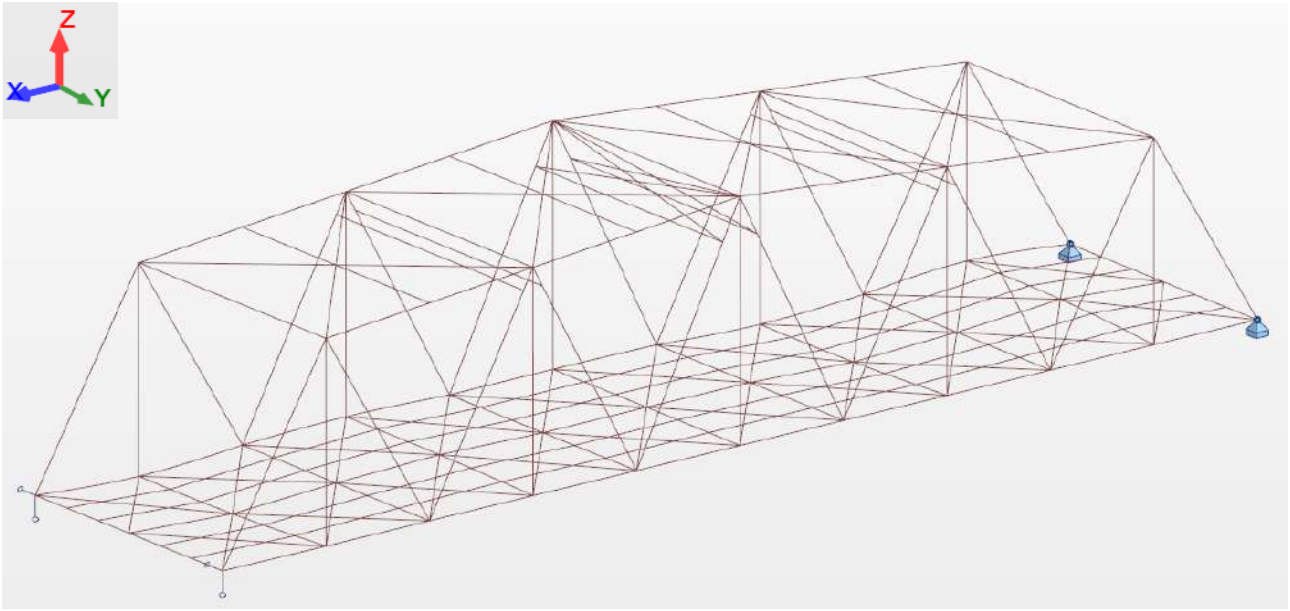
Momenti flettenti My negli elementi lineari (inviluppo)



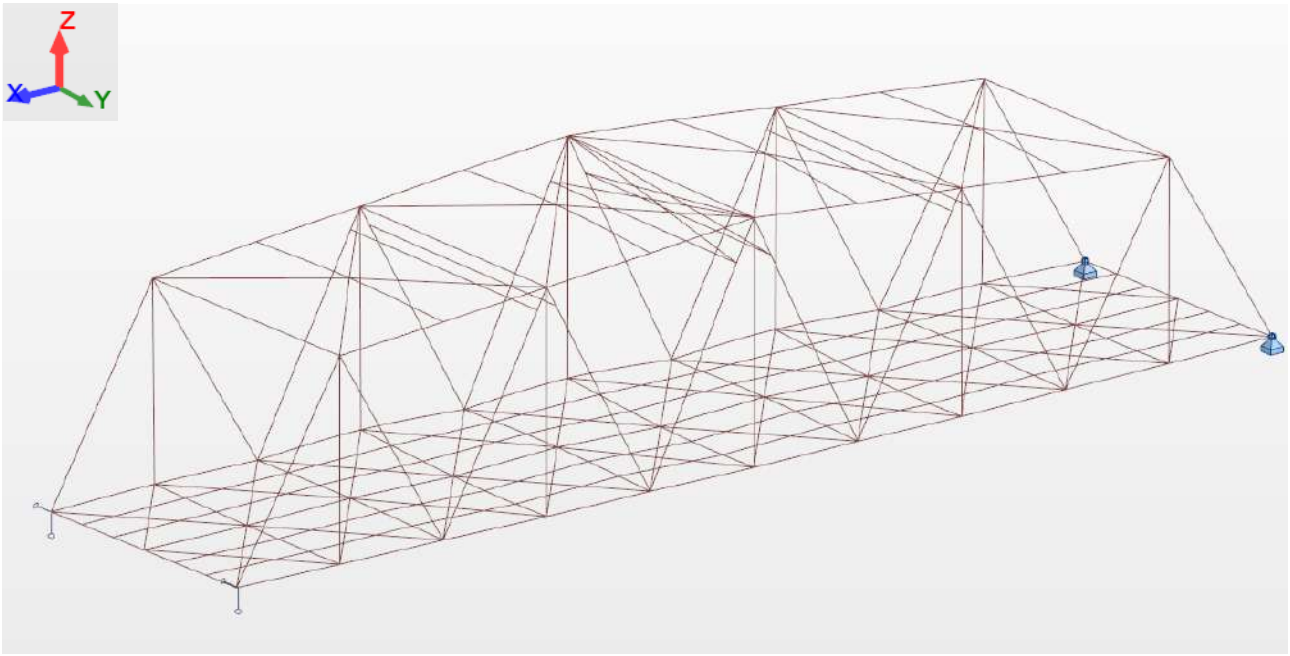
Momenti flettenti Mz negli elementi lineari (inviluppo)

RISULTATI ANALISI SISMICA

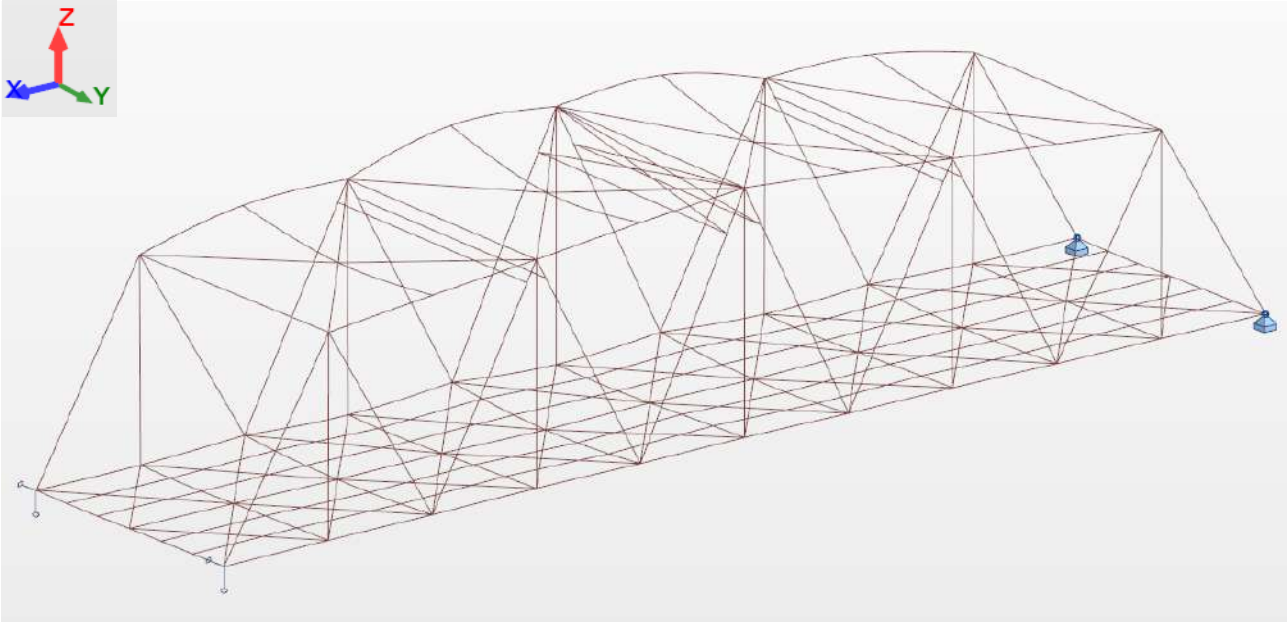
Valori modali								
Condiz./Modo	Frequenza (Hz)	Periodo (sec)	Mas_mod.UX (%)	Mas_mod.UY (%)	Mas_mod.UZ (%)	Mas_cor.UX (%)	Mas_cor.UY (%)	Mas_cor.UZ (%)
12/ 1	1,6	0,62	0,00	17,15	0,00	0,00	17,15	0,00
12/ 2	3,5	0,29	0,49	17,20	48,50	0,49	0,05	48,50
12/ 3	3,76	0,27	0,50	17,21	48,50	0,01	0,00	0,00
12/ 4	3,78	0,26	0,50	17,21	51,25	0,00	0,00	2,75
12/ 5	3,79	0,26	0,50	17,38	51,32	0,00	0,18	0,07
12/ 6	3,79	0,26	0,50	17,50	54,19	0,00	0,11	2,87
12/ 7	3,8	0,26	0,51	80,74	54,42	0,01	63,25	0,22
12/ 8	5,33	0,19	2,83	80,79	75,25	2,32	0,05	20,83
12/ 9	5,99	0,17	2,93	80,79	75,25	0,10	0,00	0,01
12/ 10	6,07	0,16	2,93	80,79	76,36	0,01	0,00	1,11
12/ 11	6,09	0,16	2,94	80,79	76,36	0,00	0,00	0,00
12/ 12	7,18	0,14	3,32	80,80	76,62	0,38	0,01	0,25
12/ 13	7,21	0,14	3,37	80,80	76,62	0,05	0,00	0,00
12/ 14	7,21	0,14	3,37	80,80	76,65	0,00	0,00	0,03
12/ 15	7,21	0,14	3,37	80,80	76,65	0,00	0,00	0,00
12/ 16	7,83	0,13	3,41	80,83	76,67	0,04	0,03	0,02
12/ 17	7,97	0,13	12,62	81,45	77,52	9,21	0,62	0,85
12/ 18	8,43	0,12	12,62	81,45	80,71	0,00	0,00	3,19
12/ 19	8,43	0,12	12,62	81,45	83,90	0,00	0,00	3,19
12/ 20	8,94	0,11	84,59	81,53	84,33	71,97	0,08	0,43
12/ 21	9,93	0,10	84,88	81,53	84,33	0,30	0,00	0,00
12/ 22	10,04	0,10	84,90	81,53	84,38	0,02	0,00	0,05
12/ 23	10,1	0,10	84,93	81,53	84,47	0,03	0,00	0,09
12/ 24	10,1	0,10	84,95	81,53	84,48	0,02	0,00	0,01
12/ 25	10,37	0,10	85,15	81,62	84,61	0,20	0,09	0,13
12/ 26	11,87	0,08	85,15	88,78	84,61	0,00	7,16	0,00
12/ 27	12,44	0,08	87,27	88,78	86,52	2,12	0,00	1,91
12/ 28	13,26	0,08	87,46	88,79	86,74	0,19	0,02	0,22
12/ 29	14,04	0,07	91,95	88,80	92,37	4,48	0,01	5,63
12/ 30	15,61	0,06	91,95	88,81	92,37	0,00	0,00	0,00



Modo di vibrare 5



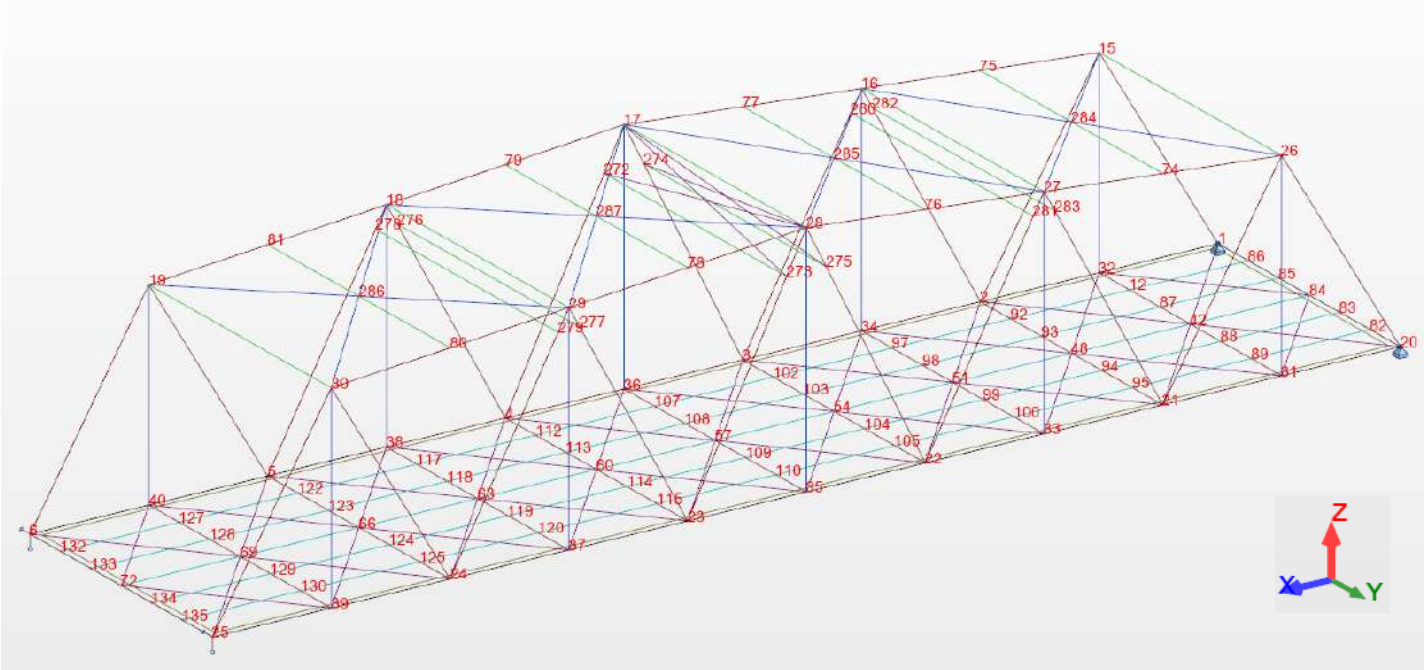
Modo di vibrare 17



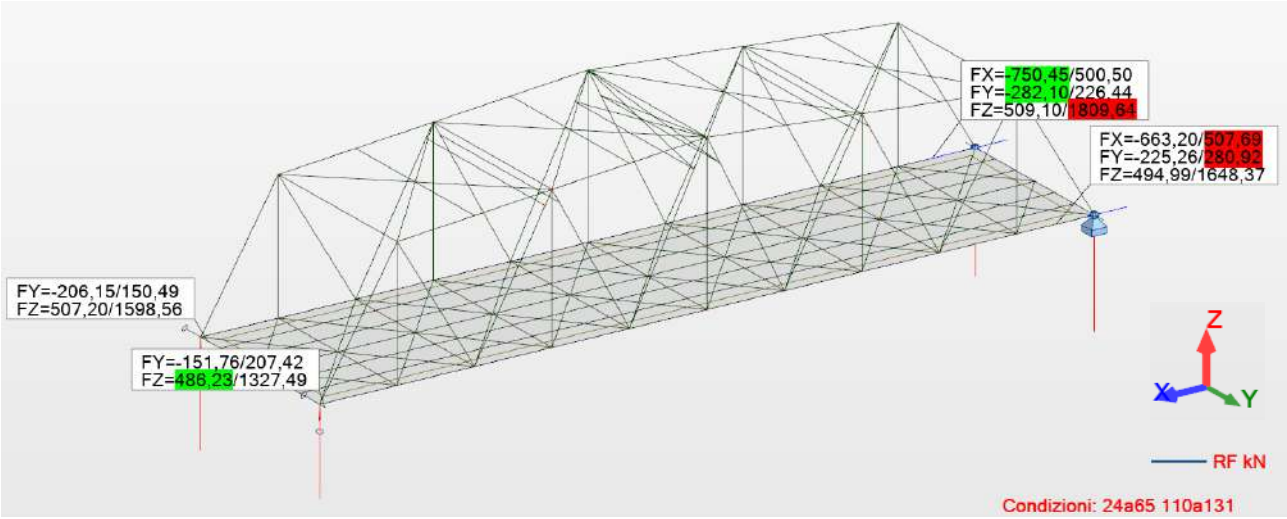
Modo di vibrare 29

REAZIONI AGLI APPOGGI

Si riportano di seguito l'inviluppo delle azioni trasmesse agli appoggi.



Indicazione ID nodi



Reazioni agli appoggi

Nodo/Condiz./Modo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
1/ 16 (C) (CQC)/	500,50>>	105,38	68,42	0	0	0
1/ 27/	-750,45<<	-105,51	1220,31	0	0	0
1/ 20 (C) (CQC)/	419,54	254,27>>	76,9	0	0	0
1/ 128 (C) (CQC)/	-419,54	-282,10<<	509,1	0	0	0
1/ 37/	-290,23	-69,98	1809,64>>	0	0	0
1/ 22 (C) (CQC)/	-176,29	-235,61	-53,20<<	0	0	0
1/ 117 (C) (CQC)/	419,54	226,44	662,9	0,00>>	0	0
1/ 128 (C) (CQC)/	-419,54	-282,1	509,1	-0,00<<	0	0
1/ 20 (C) (CQC)/	419,54	254,27	76,9	0	0,00>>	0
1/ 128 (C) (CQC)/	-419,54	-282,1	509,1	0	-0,00<<	0
1/ 20 (C) (CQC)/	419,54	254,27	76,9	0	0	0,00>>
1/ 128 (C) (CQC)/	-419,54	-282,1	509,1	0	0	-0,00<<
6/ 20 (C) (CQC)/	0,04>>	178,32	78,8	0	0	0
6/ 128 (C) (CQC)/	-0,04<<	-206,15	507,2	0	0	0
6/ 20 (C) (CQC)/	0,04	178,32>>	78,8	0	0	0
6/ 128 (C) (CQC)/	-0,04	-206,15<<	507,2	0	0	0
6/ 47/	0	-86,1	1598,56>>	0	0	0
6/ 22 (C) (CQC)/	-0,03	-170,17	-49,94<<	0	0	0
6/ 117 (C) (CQC)/	0,04	150,49	664,79	0,00>>	0	0
6/ 128 (C) (CQC)/	-0,04	-206,15	507,2	-0,00<<	0	0
6/ 47/	0	-86,1	1598,56	0	0,00>>	0
6/ 35/	0	-70,43	1392,94	0	-0,00<<	0
6/ 20 (C) (CQC)/	0,04	178,32	78,8	0	0	0,00>>
6/ 128 (C) (CQC)/	-0,04	-206,15	507,2	0	0	-0,00<<
20/ 113 (C) (CQC)/	507,69>>	132,56	677,01	0	0	0
20/ 31/	-663,20<<	123,79	1216,87	0	0	0
20/ 117 (C) (CQC)/	415,22	280,92>>	669,08	0	0	0
20/ 22 (C) (CQC)/	-166,38	-234,71<<	-45,73	0	0	0
20/ 40/	46,68	55,66	1648,37>>	0	0	0
20/ 7/	-60,35	9,65	-86,30<<	0	0	0
20/ 117 (C) (CQC)/	415,22	280,92	669,08	0,00>>	0	0
20/ 128 (C) (CQC)/	-415,22	-225,26	502,92	-0,00<<	0	0
20/ 117 (C) (CQC)/	415,22	280,92	669,08	0	0,00>>	0
20/ 128 (C) (CQC)/	-415,22	-225,26	502,92	0	-0,00<<	0
20/ 20 (C) (CQC)/	415,22	253,09	83,08	0	0	0,00>>
20/ 128 (C) (CQC)/	-415,22	-225,26	502,92	0	0	-0,00<<
25/ 117 (C) (CQC)/	0,04>>	207,42	673,97	0	0	0
25/ 128 (C) (CQC)/	-0,04<<	-151,76	498,03	0	0	0
25/ 117 (C) (CQC)/	0,04	207,42>>	673,97	0	0	0
25/ 22 (C) (CQC)/	-0,03	-167,56<<	-45,92	0	0	0
25/ 42/	0	50,93	1327,49>>	0	0	0
25/ 7/	0	-4,39	-82,60<<	0	0	0
25/ 20 (C) (CQC)/	0,04	179,59	87,97	0,00>>	0	0
25/ 128 (C) (CQC)/	-0,04	-151,76	498,03	-0,00<<	0	0

25/ 30/	0	42,75	1222,18	0	0,00>>	0
25/ 42/	0	50,93	1327,49	0	-0,00<<	0
25/ 117 (C) (CQC)/	0,04	207,42	673,97	0	0	0,00>>
25/ 128 (C) (CQC)/	-0,04	-151,76	498,03	0	0	-0,00<<

VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Il calcolo degli elementi strutturali è condotto con il criterio semiprobabilistico agli stati limite. Le resistenze e le azioni sono rappresentate mediante i loro valori caratteristici definiti rispettivamente come i frattili al 5% inferiori della distribuzione delle resistenze e i frattili al 5% (superiori o inferiori) della distribuzione delle azioni che minimizzano la sicurezza.
La verifica di resistenza è stata affrontata con la combinazione fondamentale:

$$E_d = E\left\{ \gamma_{G,j} \cdot G_{K,j}; \gamma_{Q,1} \cdot Q_{K,1}; \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{K,i} \right\}$$

Occorre verificare che:

$$\boldsymbol{E}_d \leq \boldsymbol{R}_d$$

Dove con:

E_d = effetto delle azioni di progetto, funzione dei valori caratteristici delle azioni $F_{k,i}$ moltiplicato per un coefficiente parziale di sicurezza γ_E di modello delle azioni, che è dato dal prodotto di $\gamma_{F,i}$ di sicurezza delle azioni per il coefficiente parziale $\gamma_{E,d}$ *(≥ 1)* che tiene conto delle incertezze nel modellare le azioni e i loro effetti, e del coefficiente di combinazione ψ.

R_d = resistenza di progetto della struttura, funzione dei valori caratteristici di ciascun materiale, diviso per un coefficiente parziale γ_M che è dato dal prodotto di $\gamma_{m,i}$ *(≥ 1)* di sicurezza sulla resistenza del materiale, e per un ulteriore coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{R,d}$ *(≥ 1)* che tiene conto delle incertezze di modellazione del materiale.

Le verifiche in campo elastico, per gli stati di sforzo piani tipici dei paletti, si eseguono con riferimento al seguente criterio:

$$\sigma_{X,Ed}{}^2 + \sigma_{Z,Ed}{}^2 - \sigma_{Z,Ed} \cdot \sigma_{X;Ed} + 3 \cdot \tau_{Ed}{}^2 \leq \left(f_{yk} / \gamma_{M0}\right)^2$$

I modelli resistenti esposti nei paragrafi seguenti definiscono la resistenza delle sezioni delle membrature nei confronti delle sollecitazioni interne, agenti separatamente o contemporaneamente.
Ogni sezione trasversale di un elemento compresso o inflesso ha una classe di appartenenza che, in funzione della geometria della sezione (snellezza delle parti componenti), ne individua e definisce il comportamento e condiziona il metodo di calcolo per l'analisi strutturale.
Questa situazione è evidenziata dal diagramma M/χ (momento curvatura) relativo ai profili e alle loro sezioni in relazione alla possibilità di essi di manifestare completamente il comportamento plastico, infatti questo può essere limitato dall'instabilità complessiva dell'asta o dall'instabilità locale (profili a parete sottile).
La Normativa Tecnica definisce la capacità rotazionale C_θ come:

$$C_\theta = \frac{\chi_r}{\chi_y - 1}$$

essendo

χ_r curvatura corrispondente alla ε_u

χ_y curvatura corrispondente alla ε_y

La classificazione è influenzata da:

- Tipo di acciaio che costituisce il profilo;
- Proporzioni geometriche fra le varie parti (anima, ali, flange ecc..) della sezione trasversale del profilato;
- Diagramma delle tensioni presenti sulla sezione trasversale;
- Possibilità da parte delle anime o delle flange di instabilizzarsi localmente
- Duttilità della sezione.

La classificazione è conseguente alla possibilità di instabilizzazione del generico pannello, individuabile negli elementi componenti la sezione, sottoposto a tensioni normali derivanti dalle sollecitazioni di momento flettente e sforzo normale.

SEZIONI IN CLASSE 1 E 2

A queste classi appartengono le sezioni nelle quali la resistenza supera il valore del momento di piena plasticizzazione.
Classe 1: "Sezioni Plastiche" le sezioni sono in grado di assicurare una duttilità pari a quella teorica massima sviluppabile dalla sezione,
Classe 2 "Sezioni Compatte" cominciano ad insorgere problemi locali (shear lag) che inducono una minore duttilità di sezione.
Orientativamente si può affermare che la sezione è in classe 1 se la $\varepsilon_u > \varepsilon_y$; infatti per essa, qualora si adotti come modello di calcolo quello ElastoPlastico, è necessario prevedere (EC3) un accurato controllo delle deformazioni cui è soggetta la sezione, e provvedere a stabilizzare, con opportuni elementi irrigidenti (ad esempio squadrettature) le parti della sezione che risultassero carenti.

SEZIONI IN CLASSE 3

Classe 3 "Sezioni Semicompatte" le sezioni delle membrature non riescono a plasticizzarsi ma solamente a raggiungere, nella fibra estrema, la tensione limite f_{yd}. Per la conformazione degli elementi componenti non sono in grado di ridistribuire la plasticizzazione nell'ambito della sezione a causa dell'insorgere di fenomeni di instabilità locale e di conseguenza caratterizzate da un calo di duttilità.

SEZIONI IN CLASSE 4

Classe 4 " Sezioni snelle"**.** Le sezioni delle membrature non riescono, a causa di fenomeni di instabilità locale, a raggiunge il limite elastico del materiale. Per esse è, di conseguenza, prevista una riduzione delle caratteristiche meccaniche e geometriche differenziando le caratteristiche inerziali della sezione "*lorda"* da quelle della sezione *"efficace".* La duttilità contenuta è minima.
Questa classificazione, che sottolinea la dipendenza delle prestazioni offerte dalla sezione in termini di duttilità dai fenomeni di instabilità locale, è determinante per la scelta del tipo di analisi che deve essere condotta per la valutazione delle sollecitazioni.

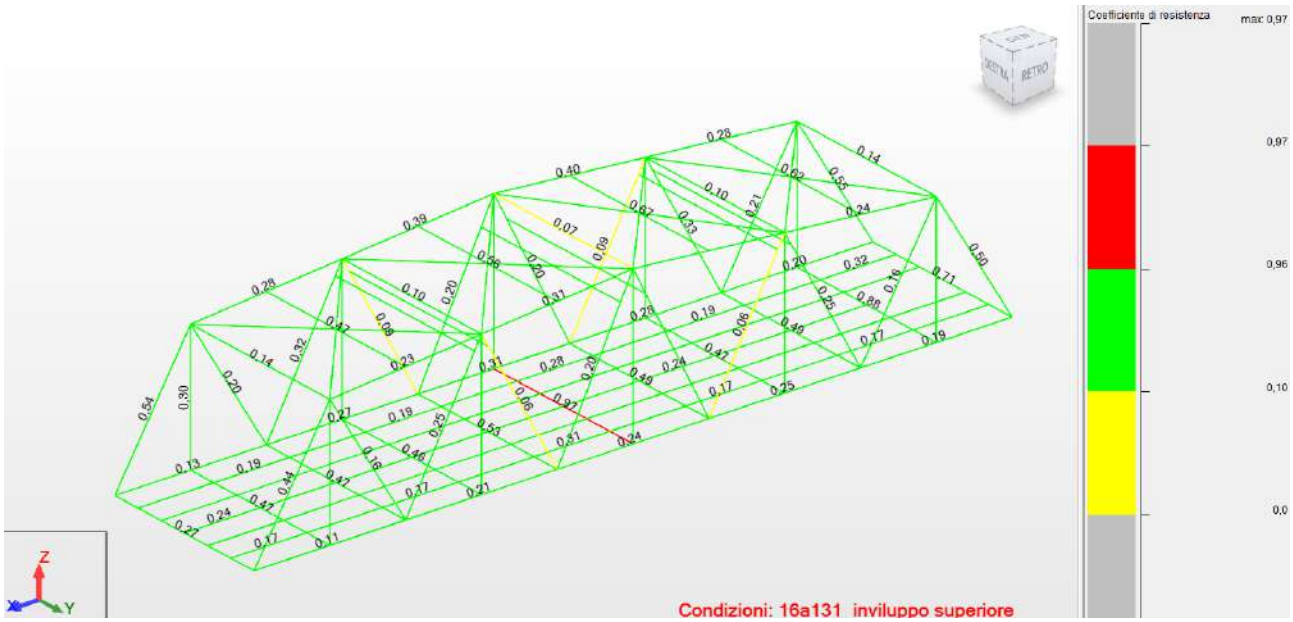
VERIFICA ASTE IN ACCIAIO

Tasso di lavoro massimo							
Barra	Profilato		Materiale	Lay	Laz	Reisitenza	Condizione
1 Trave L/2_1	OK	HEB 360	S 355	19.40	40.03	0.20	27 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+1,0x[9 Q_Freno2]
2 Trave L/2_2	OK	HEB 360	S 355	19.40	40.03	0.28	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
3 Trave L/2_3	OK	HEB 360	S 355	19.40	40.03	0.31	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
4 Trave L/2_4	OK	HEB 360	S 355	19.40	40.03	0.27	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
5 Trave L/2_5	OK	HEB 360	S 355	19.40	40.03	0.13	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
6 Membro semplice_6	OK	2 LU 80x80x8	S 355	206.37	150.91	0.48	41 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]
7 Membro semplice_7	OK	2 LU 80x80x8	S 355	227.01	166.00	0.28	41 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]
8 Membro semplice_8	OK	2 LU 80x80x8	S 355	247.65	181.09	0.50	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
9 Membro semplice_9	OK	2 LU 80x80x8	S 355	227.01	166.00	0.28	41 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]
10 Membro semplice_10	OK	2 LU 80x80x8	S 355	206.37	150.91	0.28	41 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]
14 Trave L/2_14	OK	HEB 360	S 355	19.47	40.17	0.28	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
15 Trave L/2_15	OK	HEB 360	S 355	19.47	40.17	0.40	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
16 Trave L/2_16	OK	HEB 360	S 355	19.47	40.17	0.39	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
17 Trave L/2_17	OK	HEB 360	S 355	19.47	40.17	0.28	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
18 Membro semplice_18	OK	HEB 360	S 355	37.70	77.81	0.55	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
19 Membro semplice_19	OK	HEB 360	S 355	37.70	77.81	0.21	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
20 Membro semplice_20	OK	HEB 360	S 355	40.51	83.61	0.33	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
21 Membro semplice_21	OK	HEB 360	S 355	40.51	83.61	0.09	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
22 Membro semplice_22	OK	HEB 360	S 355	43.38	89.52	0.20	128 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[20 COMB]
23 Membro semplice_23	OK	HEB 360	S 355	43.38	89.52	0.20	128 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[20 COMB]
24 Membro semplice_24	OK	HEB 360	S 355	40.51	83.61	0.09	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
25 Membro semplice_25	OK	HEB 360	S 355	40.51	83.61	0.32	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
26 Membro semplice_26	OK	HEB 360	S 355	37.70	77.81	0.20	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
27 Membro semplice_27	OK	HEB 360	S 355	37.70	77.81	0.54	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
28 Trave L/2_28	OK	HEB 360	S 355	19.40	40.03	0.19	31 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+1,0x[9 Q_Freno2]
29 Trave L/2_29	OK	HEB 360	S 355	19.40	40.03	0.25	27 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+1,0x[9 Q_Freno2]
30 Trave L/2_30	OK	HEB 360	S 355	19.40	40.03	0.24	48 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]+1,
31 Trave L/2_31	OK	HEB 360	S 355	19.40	40.03	0.21	42 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]+1,
32 Trave L/2_32	OK	HEB 360	S 355	19.40	40.03	0.11	42 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]+1,
33 Trave L/2_33	OK	HEB 360	S 355	19.47	40.17	0.24	42 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]+1,
34 Trave L/2_34	OK	HEB 360	S 355	19.47	40.17	0.31	42 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]+1,
35 Trave L/2_35	OK	HEB 360	S 355	19.47	40.17	0.31	48 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]+1,
36 Trave L/2_36	OK	HEB 360	S 355	19.47	40.17	0.23	42 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]+1,
37 Membro semplice_37	OK	HEB 360	S 355	37.70	77.81	0.50	42 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]+1,
38 Membro semplice_38	OK	HEB 360	S 355	37.70	77.81	0.16	48 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]+1,
39 Membro semplice_39	OK	HEB 360	S 355	40.51	83.61	0.25	48 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]+1,
40 Membro semplice_40	OK	HEB 360	S 355	40.51	83.61	0.06	48 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]+1,
41 Membro semplice_41	OK	HEB 360	S 355	43.38	89.52	0.20	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
42 Membro semplice_42	OK	HEB 360	S 355	43.38	89.52	0.20	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
43 Membro semplice_43	OK	HEB 360	S 355	40.51	83.61	0.06	48 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]+1,
44 Membro semplice_44	OK	HEB 360	S 355	40.51	83.61	0.25	48 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]+1,
45 Membro semplice_45	OK	HEB 360	S 355	37.70	77.81	0.16	42 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]+1,
46 Membro semplice_46	OK	HEB 360	S 355	37.70	77.81	0.44	42 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]+1,
47 Trave L/6_47	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.71	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
48 Trave L/6_48	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.88	33 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+1,0x[8 Q_Freno1
49 Trave L/6_49	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.49	42 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]+1,

50 Trave L/6_50	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.47	39 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+1,0x[9 Q_Freno2
51 Trave L/6_51	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.49	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
52 Trave L/6_52	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.97	45 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1
53 Trave L/6_53	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.53	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
54 Trave L/6_54	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.46	38 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]
55 Trave L/6_55	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.47	40 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]
56 Trave L/6_56	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.47	38 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]
57 Trave L/6_57	OK	HEB 360	S 355	7.51	15.51	0.27	40 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]
88 Trave_88	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.14	50 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]
89 Trave_89	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.10	116 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[19 COMB]
90 Trave_90	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.07	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
91 Trave_91	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.10	116 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[19 COMB]
92 Trave_92	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.14	50 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]
93 Trave_93	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.62	124 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[16 COMB]
94 Trave_94	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.67	124 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[16 COMB]
95 Trave_95	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.56	124 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[16 COMB]
96 Trave_96	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.47	124 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[16 COMB]
154 Trave_154	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.32	37 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[11 Vy-]+1,
155 Trave_155	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.81	37 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[11 Vy-]+1,
156 Trave_156	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.61	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
157 Trave_157	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
158 Trave_158	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.68	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
165 Trave_165	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
166 Trave_166	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
167 Trave_167	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.24	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
168 Trave_168	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
169 Trave_169	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.17	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
176 Trave_176	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
177 Trave_177	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
178 Trave_178	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.24	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
179 Trave_179	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
180 Trave_180	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.17	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
187 Trave_187	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
188 Trave_188	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
189 Trave_189	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.24	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
190 Trave_190	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
191 Trave_191	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.17	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
198 Trave_198	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.28	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
199 Trave_199	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.55	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
200 Trave_200	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.24	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
201 Trave_201	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
202 Trave_202	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.22	55 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]+0,9x[11 Vy-]+1,
209 Trave_209	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.20	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
210 Trave_210	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.33	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
211 Trave_211	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.57	55 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]+0,9x[11 Vy-]+1,
212 Trave_212	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
213 Trave_213	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.31	55 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]+0,9x[11 Vy-]+1,

220 Trave_220	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
221 Trave_221	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
222 Trave_222	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.24	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
223 Trave_223	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
224 Trave_224	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.17	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
231 Trave_231	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
232 Trave_232	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
233 Trave_233	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.24	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
234 Trave_234	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
235 Trave_235	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.17	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
242 Trave_242	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
243 Trave_243	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
244 Trave_244	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.24	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
245 Trave_245	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
246 Trave_246	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.17	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
253 Trave_253	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
254 Trave_254	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	49 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,
255 Trave_255	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.24	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
256 Trave_256	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.19	41 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]
257 Trave_257	OK	IPE 300	S 355	24.07	89.54	0.17	43 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[11 Vy-]+1,
264 Membro semplice_264	OK	2 LU 80x80x8	S 355	206.37	150.91	0.58	32 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]
265 Membro semplice_265	OK	2 LU 80x80x8	S 355	227.01	166.00	0.30	34 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[10 Vy+]
266 Membro semplice_266	OK	2 LU 80x80x8	S 355	247.65	181.09	0.73	46 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]
267 Membro semplice_267	OK	2 LU 80x80x8	S 355	227.01	166.00	0.30	34 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[10 Vy+]
268 Membro semplice_268	OK	2 LU 80x80x8	S 355	206.37	150.91	0.30	34 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[10 Vy+]
269 Trave_269	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.11	44 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]
270 Trave_270	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.11	44 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]
271 Trave_271	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.11	44 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]
272 Trave_272	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.11	44 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]
273 Trave_273	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.11	44 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]
274 Trave_274	OK	IPE 200	S 355	84.78	313.60	0.11	44 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]
275 Membro semplice_275	OK	LU 80x80x8	S 355	292.58	292.58	0.45	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
276 Membro semplice_276	OK	LU 80x80x8	S 355	292.58	292.58	0.45	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
277 Membro semplice_277	OK	LU 80x80x8	S 355	292.58	292.58	0.45	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
278 Membro semplice_278	OK	LU 80x80x8	S 355	292.58	292.58	0.45	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
279 Membro semplice_279	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.46	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
280 Membro semplice_280	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.48	46 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]
281 Membro semplice_281	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.46	46 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]
282 Membro semplice_282	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.48	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
283 Membro semplice_283	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.69	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
284 Membro semplice_284	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.72	46 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]
285 Membro semplice_285	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.69	46 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]
286 Membro semplice_286	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.72	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
287 Membro semplice_287	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.45	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
288 Membro semplice_288	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.47	46 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]
289 Membro semplice_289	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.46	46 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]

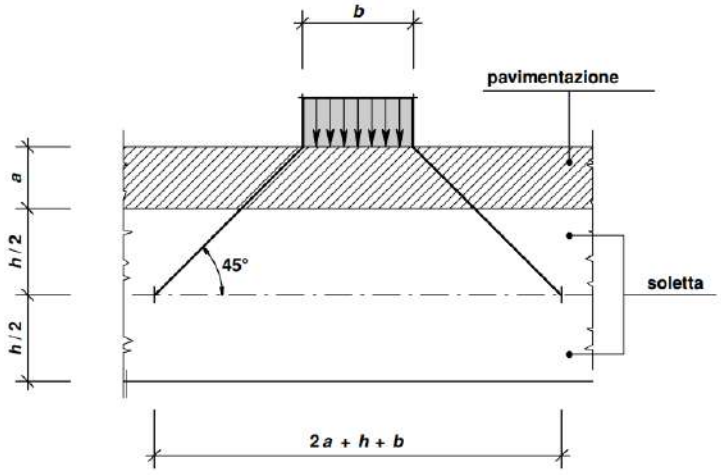
290 Membro semplice_290	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.48	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
291 Membro semplice_291	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.69	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
292 Membro semplice_292	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.72	46 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]
293 Membro semplice_293	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.69	46 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]
294 Membro semplice_294	OK	2 LU 80x80x8	S 355	190.55	139.34	0.72	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
295 Membro semplice_295	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.34	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
296 Membro semplice_296	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.46	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
297 Membro semplice_297	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.47	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
298 Membro semplice_298	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.34	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
299 Membro semplice_299	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.43	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
300 Membro semplice_300	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.43	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
301 Membro semplice_301	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.30	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
302 Membro semplice_302	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.30	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
303 Membro semplice_303	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.23	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
304 Membro semplice_304	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.33	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
305 Membro semplice_305	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.33	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
306 Membro semplice_306	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.23	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
307 Membro semplice_307	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.24	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
308 Membro semplice_308	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.24	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
309 Membro semplice_309	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.17	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
310 Membro semplice_310	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.17	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
311 Membro semplice_311	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.48	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
312 Membro semplice_312	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.78	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
313 Membro semplice_313	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.76	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
314 Membro semplice_314	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.49	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
315 Membro semplice_315	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.14	47 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]
316 Membro semplice_316	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.09	40 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[5 Q_Punt2]+0,9x[10 Vy+]
317 Membro semplice_317	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.22	113 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[16 COMB]
318 Membro semplice_318	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.19	113 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[16 COMB]
319 Membro semplice_319	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.93	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
320 Membro semplice_320	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.32	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
321 Membro semplice_321	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.31	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
322 Membro semplice_322	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.91	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
323 Membro semplice_323	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.67	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
324 Membro semplice_324	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.68	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
325 Membro semplice_325	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.22	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
326 Membro semplice_326	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.22	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
327 Membro semplice_327	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.32	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
328 Membro semplice_328	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.17	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
329 Membro semplice_329	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.17	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
330 Membro semplice_330	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.31	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
331 Membro semplice_331	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.20	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
332 Membro semplice_332	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.20	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
333 Membro semplice_333	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.35	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]
334 Membro semplice_334	OK	LU 80x80x8	S 355	190.27	190.27	0.35	117 1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB]



Tasso di lavoro rispetto alla resistenza delle sezioni

VERIFICA SOLETTA

Lo schema di carico 2 è costituito da carichi concentrati disposti su singolo asse e applicati su impronte di forma rettangolare, 0.6x0.35m. i carichi concentrati si considerano uniformemente ripartiti su relativa impronta con una diffusione a 45° fino al piano medio della soletta.



Diffusione dei carichi concentrati nelle solette

$$2a + h + b = 2 * 0.15 + 0.20 + 0.6 = 1.10\ m$$

AZIONI SOLLECITANTI:

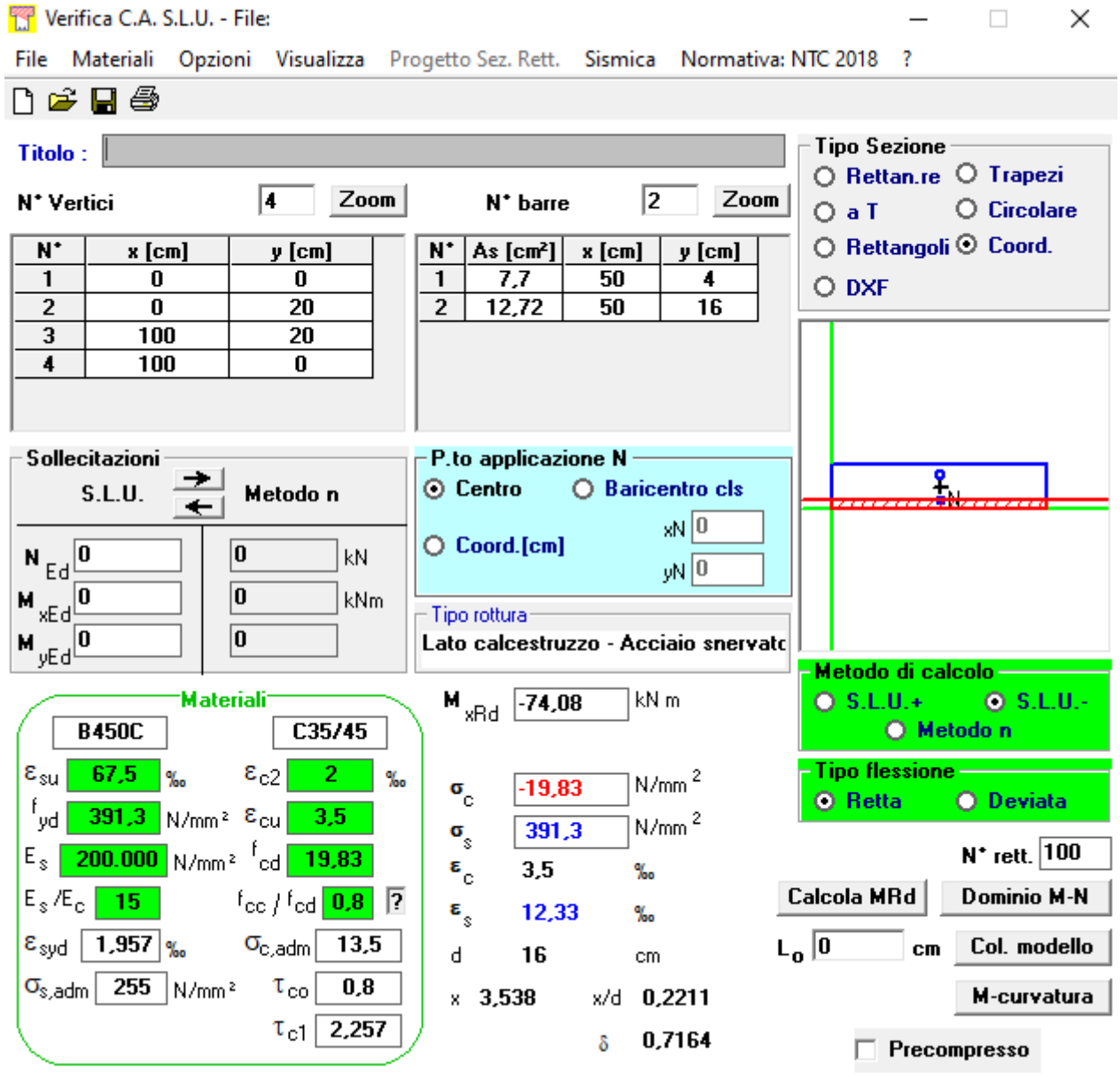
Momento flettente negativo appoggi: 63.25 kNm

Momento flettente positivo: 37.25 kNm

Taglio massimo: 304.79 kN

VERIFICA FLESSIONE APPOGGI

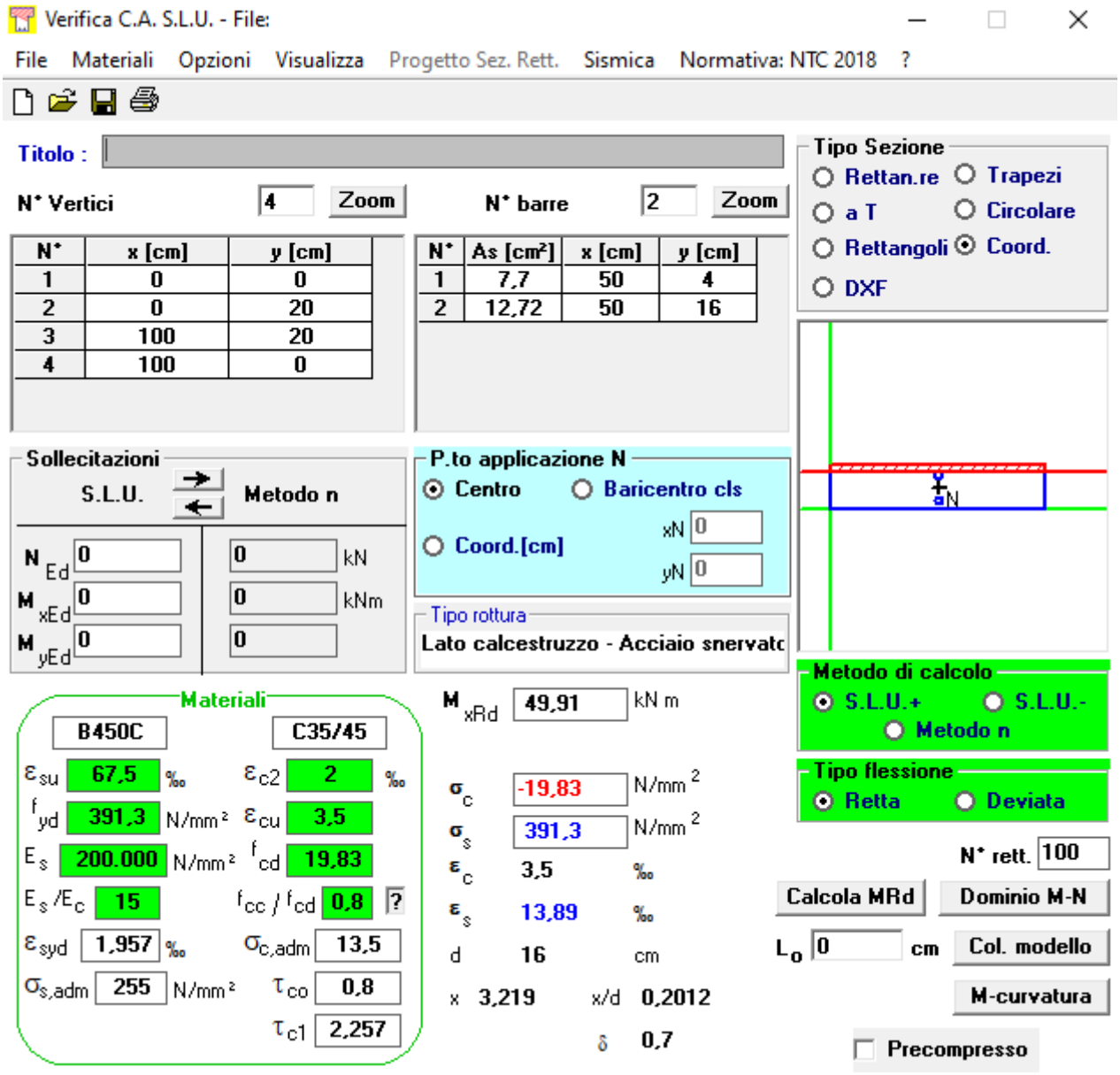
Per la verifica si considerano Φ18/20 superiori e Φ14/20 inferiori con una porzione di soletta di larghezza pari ad 1 metro soggetta a momento negativo.



$M_{Rd} = 74.08\ kNm > 63.25\ kNm$ → Verificato

VERIFICA FLESSIONE POSITIVO

Per la verifica si considerano Φ18/20 superiori e Φ14/20 inferiori con una porzione di soletta di larghezza pari ad 1 metro soggetta a momento negativo.



$M_{Rd} = 49.91\ kNm > 37.25 kNm$ → Verificato

VERIFICA DEFORMAZIONI

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2 \qquad [4.2.60]$$

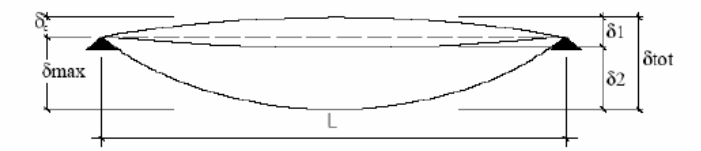


Fig. 4.2.3 -*Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio*

essendo:

δ_C la monta iniziale della trave,

δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_C$.

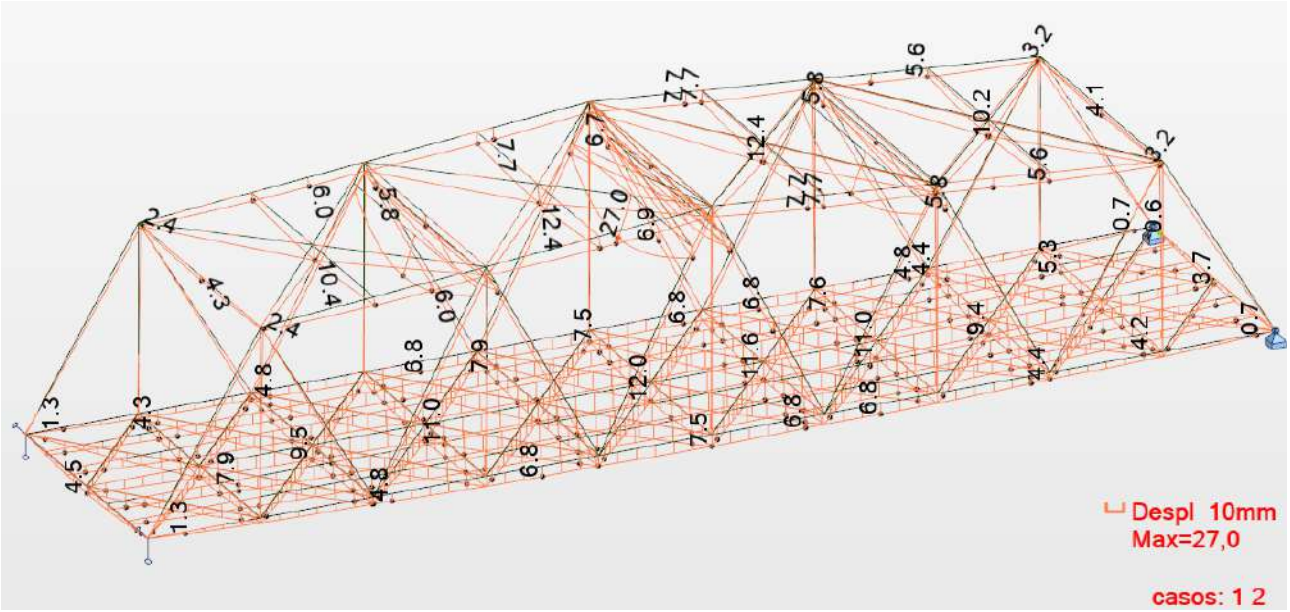
Tab. 4.2.XII - *Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie*

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

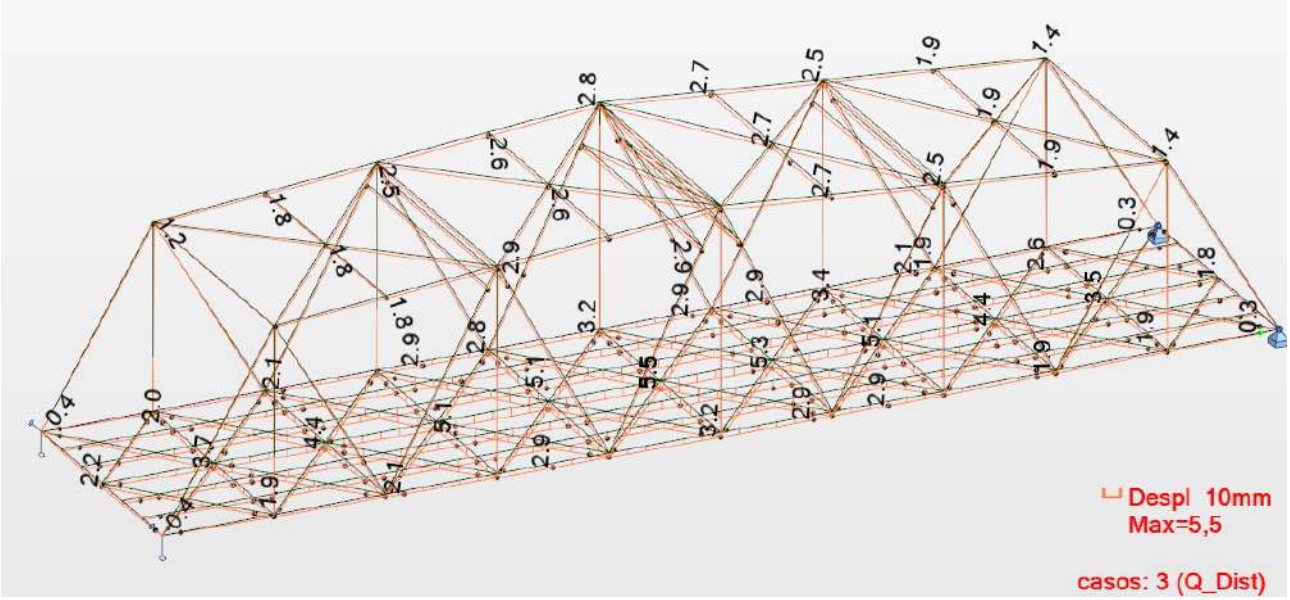
In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

DEFORMAZIONI E SPOSTAMENTI

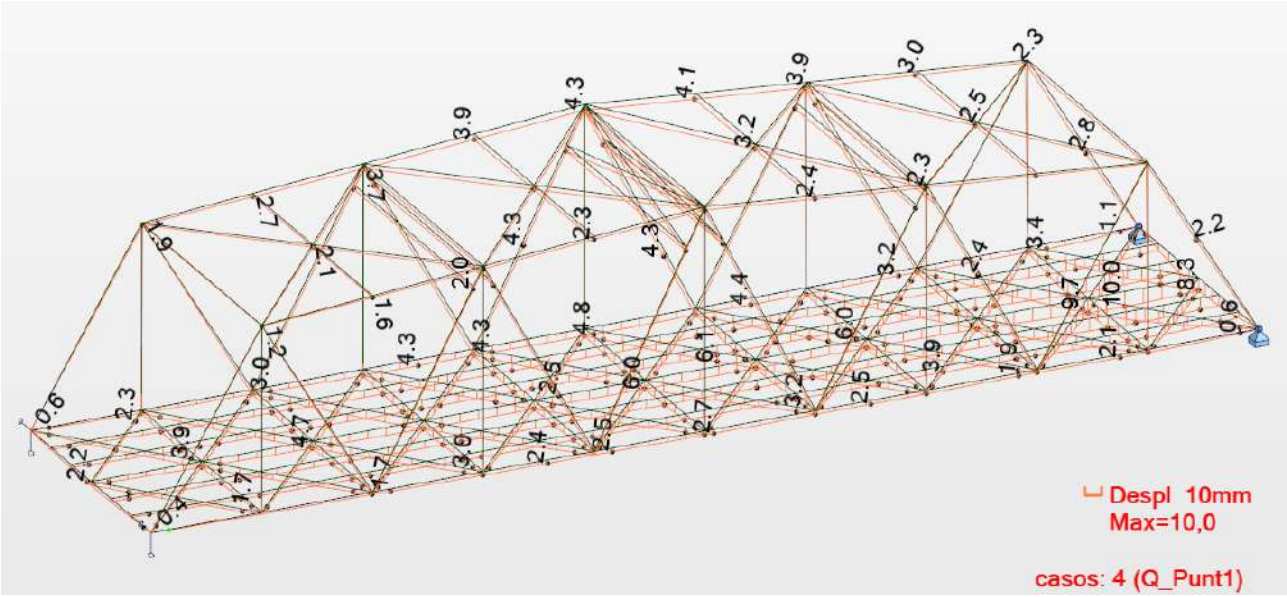
Come illustrato in precedenza per il controllo delle deformazioni si tiene in conto l'ipotesi di piano rigido.



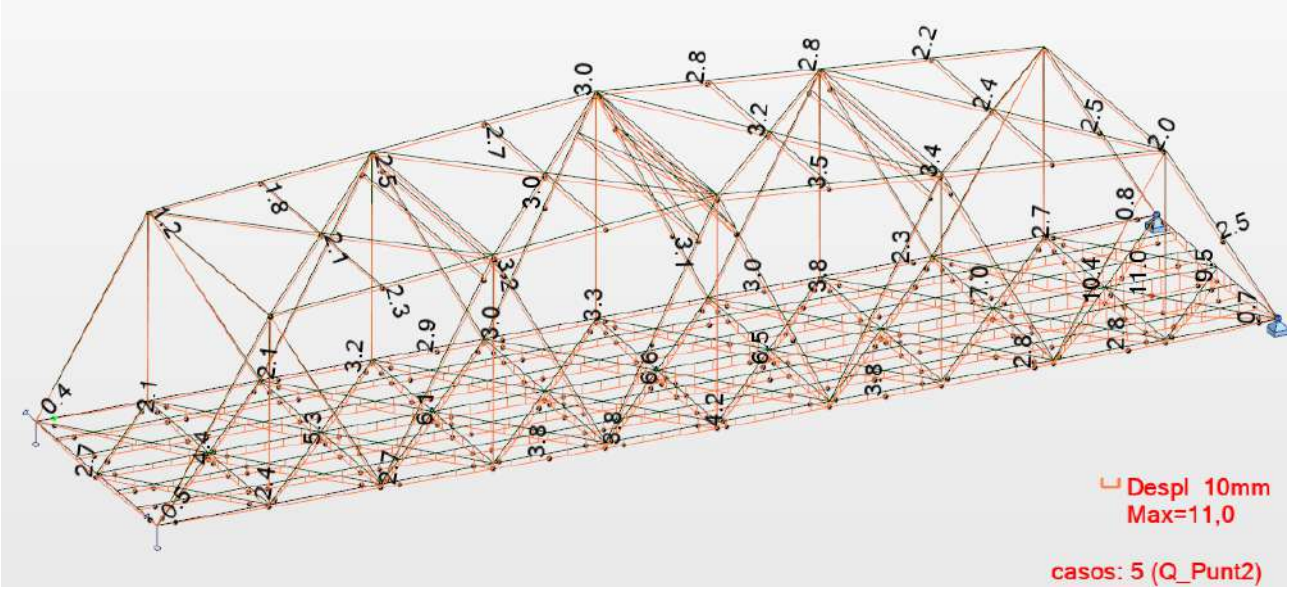
Deformazioni Carico permanente strutturale G_Str e G_NonStr



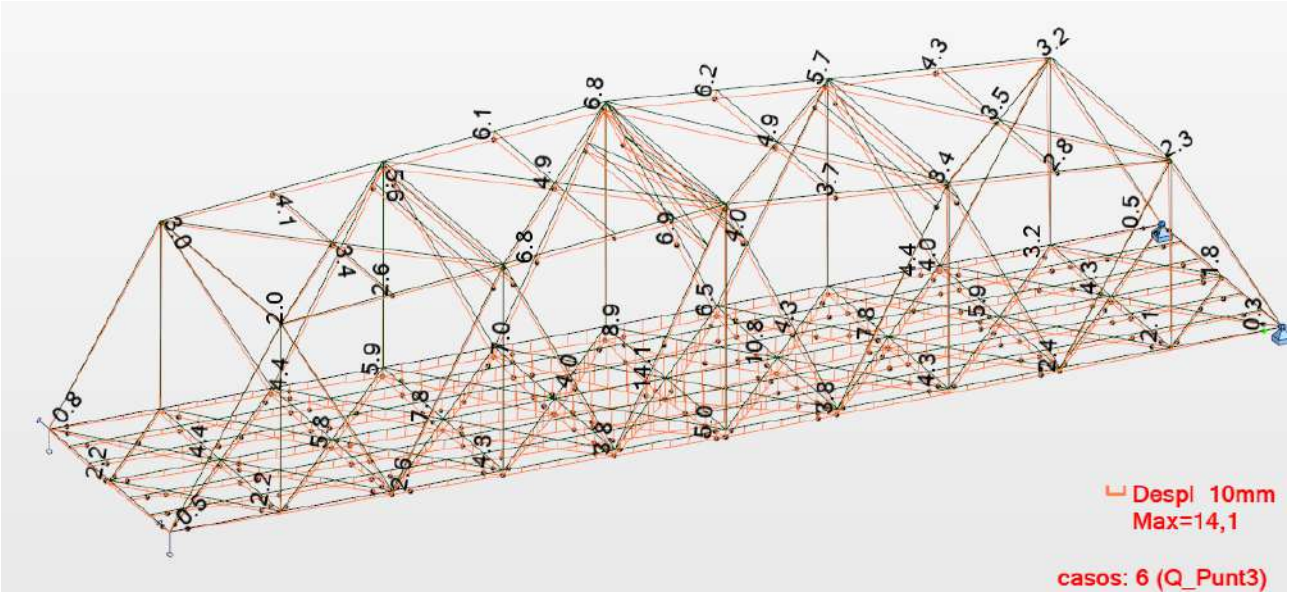
Deformazioni Carico traffico Q_Dest



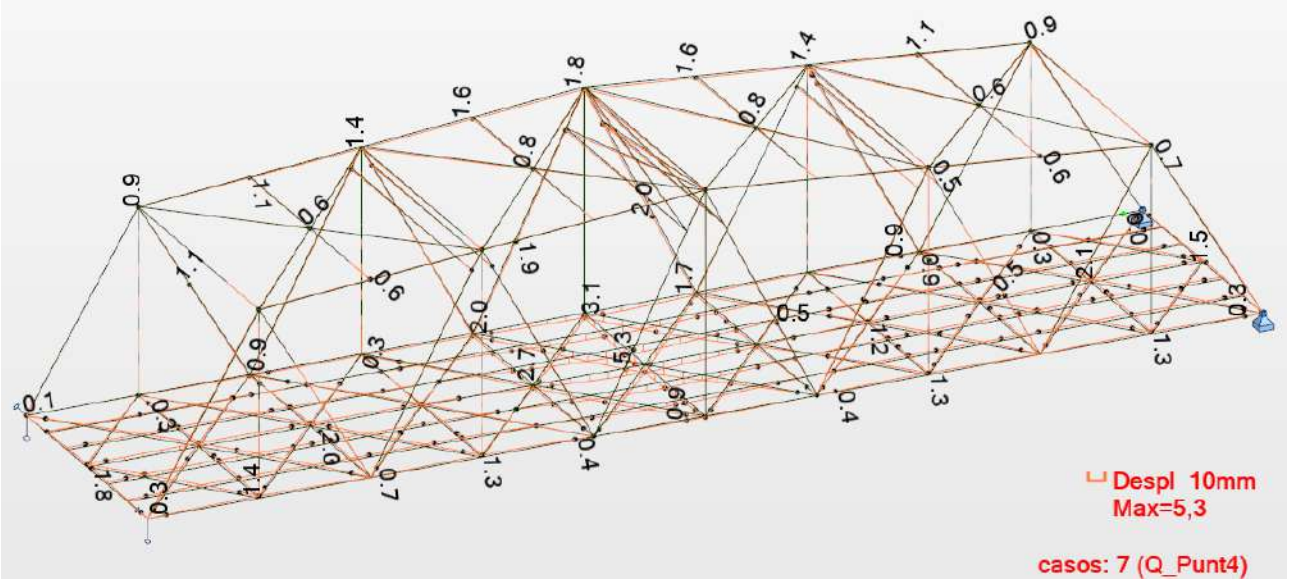
Deformazioni Carico traffico Q_Punt1



Deformazioni Carico traffico Q_Punt2



Deformazioni Carico traffico Q_Punt3



Deformazioni Carico traffico Q_Punt4

Si ritengono le deformazioni accettabili.

VERIFICA COLLEGAMENTI

UNIONI BULLONATE

VERIFICA A TRAZIONE SUI BULLONI

La verifica prevede che la forza di progetto Ft,sd non ecceda la resistenza a trazione del complesso bullone-piatto , da assumersi come valore minimo tra la resistenza di progetto a trazione dei bulloni, Ft,Rd comprendendo eventualmente l'azione dovuta all'effetto leva, e la resistenza di progetto a punzonamento della testa del bullone Bp,Rd. In dettaglio, viene richiestio che:

$$F_{t,sd} \leq B_{t,Rd}$$

Essendo:

$$B_{t,Rd} = \min\{F_{t,Rd}; B_{p,Rd}\}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0{,}9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} \qquad B_{t,Rd} = \frac{0{,}6 \cdot \pi \cdot f_u \cdot d_m \cdot t_p}{\gamma_{Mb}}$$

in cui fu e fud rappresentano rispettivamente la tensione ultima del piatto sotto la testa del bullone e quella del bullone stesso, tp lo spessore del piatto sottostante la testa del bullone o del dado, dm il valore minimo fra il valore medio della distanza misurata fra i punti e fra le superfici piane della testa del bullone oppure del dado, γ_{Mb} il coefficiente parziale di sicurezza per le unioni bullonate e As l'area della sezione resistente del bullone.

VERIFICA A TAGLIO NEI BULLONI

La verifica viene differenziata a seconda che il piano di taglio passi o meno attraverso la porzione filettata del bullone. In particolare si è considerato il caso in cui il piano di taglio passi attraverso la porzione filettata della barra di area As , la resistenza a taglio nel bullone vale

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}}$$

VERIFICA A TAGLIO E TRAZIONE AZIONE COMBINATA SUI BULONI

Nel caso specifico sulle barre agisce una quota derivante dall'azione di Taglio e e una quota derivante dalla trazione generata dal momento agente. Deve essere verificata anche la seguente relazione:

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1{,}4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$$

I termini corrispondenti della relazione sono stati definiti nelle equazioni precedenti.

VERIFICA DELLA RESISTENZA A RIFOLLAMENTO

La resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ viene definita come:

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}}$$

in cui d rappresenta il diametro del bullone ed il termine α è espresso come :

$$\alpha = \min\left\{\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1{,}0\right\}$$

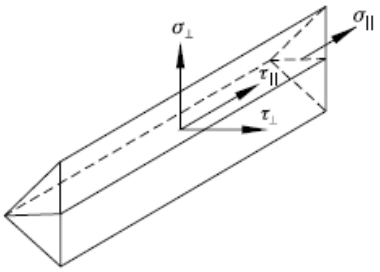
essendo d_0 è il diametro del foro mentre i termini e_1 e p_1 sono rispettivamente le distanze da centro foro esterno e fine piastra, e distanza centro foro a foro successivo.

UNIONI SALDATE

Nelle unioni con saldature a cordoni d'angolo la resistenza di progetto, per unità di lunghezza, dei cordoni d'angolo si determina con riferimento all'altezza di gola "a", cioè all'altezza "a" del triangolo iscritto nella sezione trasversale del cordone.

Allo stato limite ultimo le azioni di calcolo sui cordoni d'angolo si distribuiscono uniformemente sulla sezione di gola (definita al § 4.2.8.2.3). Nel seguito si indicano con $\sigma_\perp$ la tensione normale e con $\tau_\perp$ la tensione tangenziale perpendicolari all'asse del cordone d'angolo, agenti nella sezione di gola nella sua posizione effettiva, e con $\sigma_\parallel$ la tensione normale e con $\tau_\parallel$ la tensione tangenziale parallele all'asse del cordone d'angolo. La tensione normale $\sigma_\parallel$ non influenza la resistenza del cordone.

Tensioni sulla sezione di gola di una saldatura a cordone d'angolo



Considerando la sezione di gola nella sua effettiva posizione, si può assumere la seguente condizione di resistenza:

$$[\,\sigma_\perp{}^2 + 3\,(\,\tau_\perp{}^2 + \tau_{||}{}^2\,)\,]^{0{,}5} \le f_{tk} / (\beta\,\gamma_{M2})$$

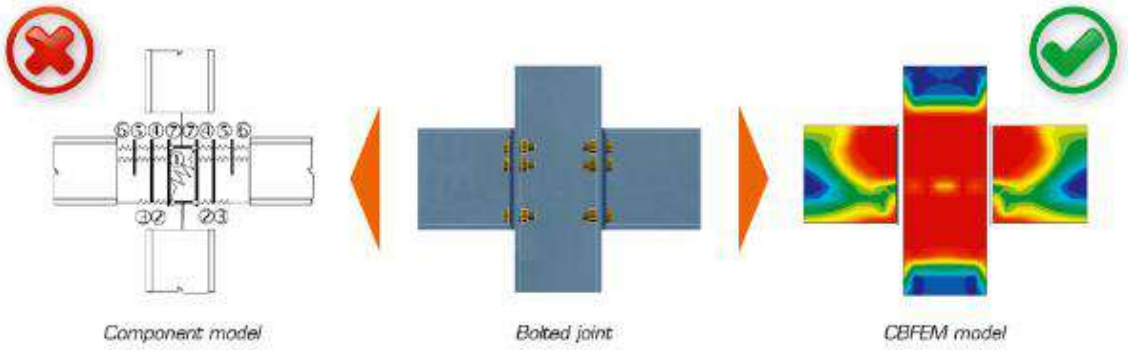
dove

f_{tk} è la resistenza a rottura del più debole degli elementi collegati, β = 0,80 per acciaio S235, 0,85 per acciaio S275, 0,90 per acciaio S355, 1,00 per acciaio S420 e S460.

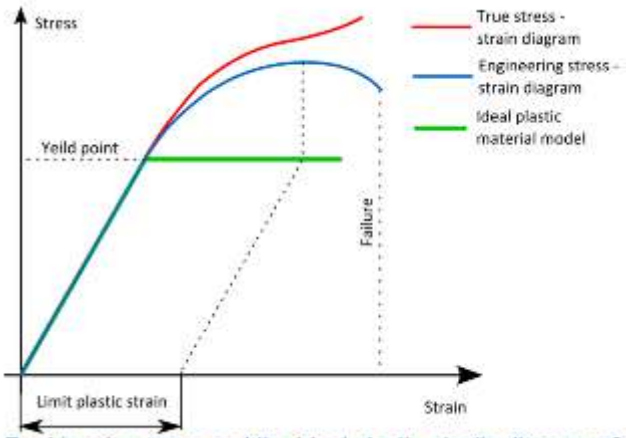
VERIFICA GIUNTI CON METODO CBFEM (Component Based Finite Element Model)

THEORETICAL BACKGROUND – CBFEM vs Components method

The weak point of standard Component method is in analyzing of internal forces and stress in a joint. CBFEM replaces specific analysis of internal forces in joint with general FEA.



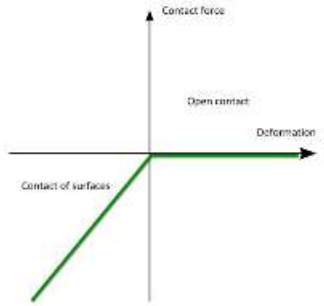
Check methods of specific components like bolts or welds are done according to standard Component method (Eurocode). For the fasteners – bolts and welds – special FEM components had to be developed to model the welds and bolts behaviour in joint. All parts of 1D members and all additional plates are modelled as plate/walls. These elements are made of steel (metal in general) and the behaviour of this material is significantly nonlinear. The real stress-strain diagram of steel is replaced by the ideal plastic material for design purposes in building practice. The advantage of ideal plastic material is, that only yield strength and modulus of elasticity must be known to describe the material curve. The granted ductility of construction steel is 15 %. The real usable value of limit plastic strain is 5% for ordinary design (1993-1-5 appendix C paragraph C.8 note 1). The stress in steel cannot exceed the yield strength when using the ideal elastic-plastic stress-strain diagram.



Real tension curve and the ideal elastic-plastic diagram of material

CBFEM method tries to create to model the real state precisely. The analysis plate/walls are not interconnected, no intersections are generated between them, unlike it is used to when modelling structures and buildings. Mesh of finite elements is generated on each individual plate independently on mesh of other plates. Welds are modelled as special massless force interpolation constrains, which ensure the connection between the edge of one plate and the surface or edge of the other plate. This unique calculation model of bolt provides very good results – both for the point of view of precision and of the analysis speed. The method protected by patent. The steel base plate is placed loosely on the concrete

foundation. It is a contact element in the analysis model – the connection resists fully to compression, but does not resist to tension.



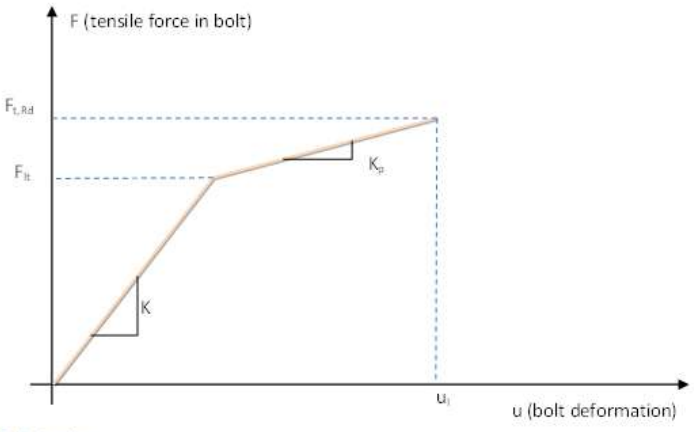
Stress-strain diagram of contact between the concrete block and the base plate

Two approaches of modelling welds are implemented. The first option of weld model between plates is direct merge of meshes of welded plates. The load is transmitted through a force-deformation constrains to opposite plate. This model does not respect the stiffness of the weld and the stress distribution is conservative. Stress peaks, which appear at the end of plate edges, in corners and rounding, govern the resistance along the whole length of the weld. To eliminate the effect of stress peaks three methods for evaluation of the weld can be chosen:

- Maximal stress (conservative)
- Average stress on weld
- Linear interpolation along weld

The second approach uses an improved weld model. A special elastoplastic element is added between the plates. The element respects the weld throat thickness, position and orientation. Ideal plastic model is used and the plasticity state is controlled by stresses in the weld throat section. The stress peaks are redistributed along the longer part of the weld length. Bolted connection consists of two or more clasped plates and one or more bolts. Plates are placed loosely on each other. A contact element is inserted between plates in the analysis model, which acts only in compression. No forces are carried in tension.

Shear force is taken by bearing. Special model for its transferring in the force direction only is implemented. IDEA StatiCa Connection can check bolts for interaction of shear and tension. The bolt behavior is implemented according following picture.

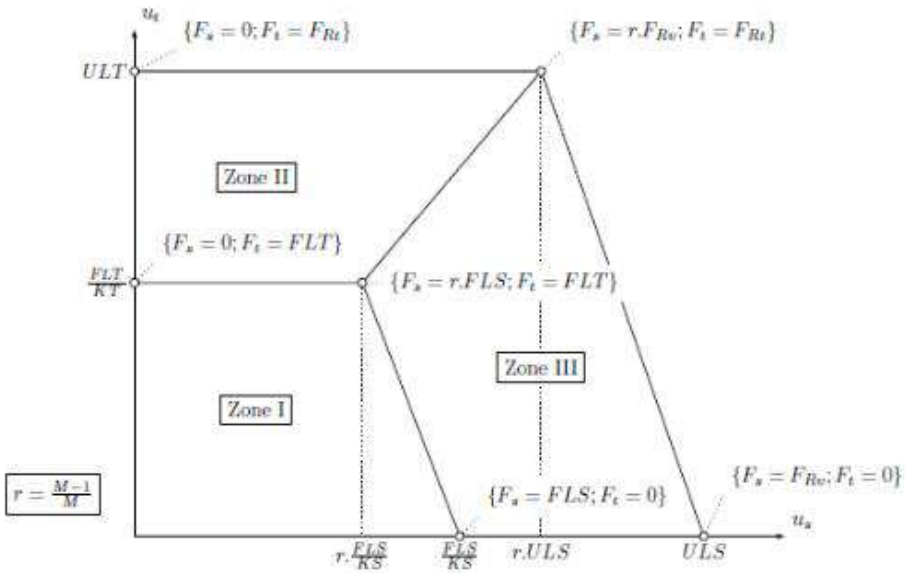


Bolt - tension

Symbols explanation:

- K – linear stiffness of bolt,
- K_p – stiffness of bolt at plastic branch,
- F_{lt} – limit force for linear behaviour of bolt,
- $F_{t,Rd}$ – limit bolt resistance,

u_l – limit deformation of bolt.

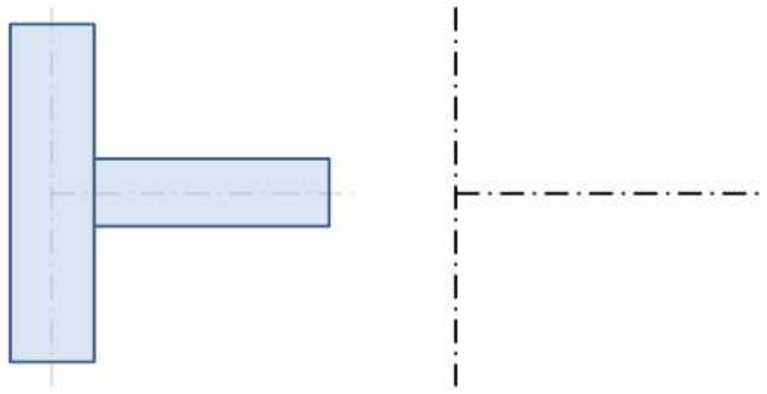


Bolt - interaction of shear and tension

The concrete block in CBFEM is modelled using Winkler-Pasternak subsoil model. The stiffness of subsoil is determined using modulus of elasticity of concrete and effective height of subsoil. The concrete block is not designed by CBFEM method. Only the minimal dimension of block under the base plate is determined to avoid the concrete cone breakout.

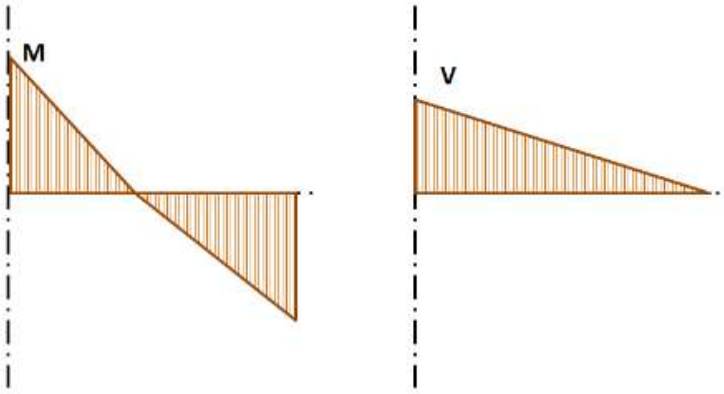
LOADS

End forces of member of the frame analysis model are transferred to the ends of member segments. Eccentricities of members caused by the joint design are respected during transfer. The analysis model created by CBFEM method corresponds to the real joint very precisely, whereas the analysis of internal forces is performed on very idealised 3D FEM 1D model, where individual beams are modelled using centrelines and the joints are modelled using immaterial nodes.



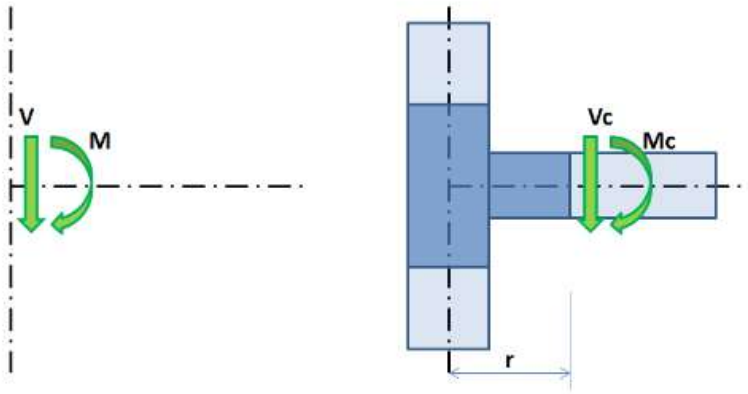
Real shape and theoretical 3D FEM model of joint of vertical column and horizontal beam

Internal forces are analysed using 1D members in 3D model. There is an example of courses of internal forces in the following picture.



Course of bending moment and shear force on horizontal beam. M and V are the end forces at joint.

The effects caused by member on the joint are important to design the joint (connection). The effects are illustrated in the following picture.



Effects of member on the joint in 1D members model and CBFEM model. CBFEM model is drawn in dark color.

Moment M and force V act in theoretical joint. The point of theoretical joint does not exist ni CBFEM model, thus the load cannot be applied here. The model must be loaded by actions M and V, which have to be transferred to the end of segment in the distance r.

$Mc = M – V \cdot r$

$Vc = V$

In CBFEM model, the end section of segment is loaded by moment Mc and force Vc.

WELDS

Design resistance

The stress in the throat section of fillet weld is determined according to art. 4.5.3:

$\sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3 (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5}$

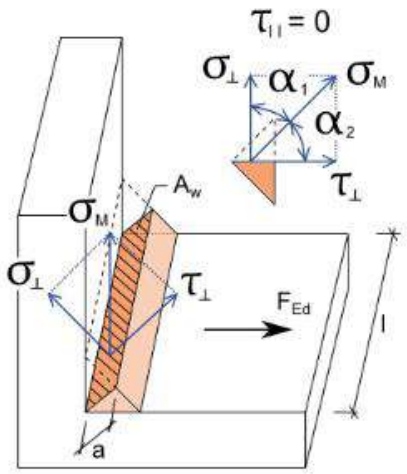
$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$

$0.9 \cdot \sigma_{w,Rd} = f_u / \gamma_{M2}$

Weld utilisation

$U_t = \min (\sigma_{w,Ed}/\sigma_{w,Rd};\ \sigma_\perp/0.9\cdot\sigma_{w,Rd})$

β_w - correlation factor tab 4.1



BOLTS

Design tension resistance of bolt: $F_{tRd} = 0.9\ f_{ub}\ A_s / \gamma_{M2}$.

Design shear resistance at punching of bolt head or nut EN 1993-1-8: $B_{pRd} = 0.6\ \pi\ d_m\ t_p\ f_u / \gamma_{M2}$.

Design shear resistance per one shear plane: $F_{vRd} = \alpha_v\ f_{ub}\ A_s / \gamma_{M2}$.

Design bearing resistance of plate EN 1993-1-8: $F_{bRd} = k_1\ a_b\ f_u\ d\ t / \gamma_{M2}$.

Utilisation in tension [%]: $Utt = F_{tEd} / \min (F_{tRd}, B_{pRd})$.

Utilisation in shear [%]: $Uts = V / \min (F_{vRd}, F_{bRd})$.

Interaction of shear and tension [%]: $Utts = (V / F_{vRd}) + (F_{tEd} / 1.4\ F_{tRd})$.

where

- A_s - tensile stress area of the bolt,
- f_{ub} - ultimate tensile strength,
- d_m - bolt head diameter,
- d - bolt diameter,
- t_p - plate thickness under the bolt head/nut,
- f_u - ultimate steel strength,
- α_v = 0,6 for classes (4.6, 5.6, 8.8)
  α_v = 0,5 for classes (4.8, 5.8, 6.8, 10,9),
- k_1 - 2.5,
- a_b - 1.0,
- F_{tEd} - design tensile force in bolt,

V - resultant of shear forces in bolt.

PRELOADED BOLTS

The design slip resistance of a preloaded class 8.8 or 10.9 bolt is subjected to an applied tensile force, $F_{t,Ed}$.

Preloading force to be used EN 1993-1-8 3.9 (3.7)

$F_{p,C} = 0,7\ f_{ub}$

As Design slip resistance per bolt EN 1993-1-8 3.9 (3.8)

$F_{s,Rd} = ks\ n\ \mu\ (F_{p,C} – 0,8\ F_{t,Ed}) / \gamma\ M_3$

Utilisation in shear [%]:

$U_{ts} = V / F_{s,Rd}$ where

- A_s - tensile stress area of the bolt,
- f_{ub} - ultimate tensile strength,
- k_s – coefficient given in Table 3.6; $k_s = 1$,
- μ - slip factor obtained,
- n - number of the friction surfaces. Check is calculated for each friction surface separately,
- $\gamma\ M_3$ - safety factor,
- V - shear force,
- $F_{t,Ed}$ - design tensile force in bolt.

ANCHORS

Concrete cone failure resistance of anchor or group of anchors ETAG-001 5.2.2.4: $N_{Rkc} = N^0_{Rkc}\ A_{cN} / A^0_{cN}\ \Psi_{sN}\ \Psi_{reN}$.

Initial value of characteristic resistance:

$N^0_{Rkc} = 7.2\ f_{ck}^{0.5}\ hef^{1.5}$,

where

- A^0_{cN} - area of concrete cone of an individual anchor; circle of diameter 1.5 * hef,
- hef - length of anchor in concrete,
- f_{ck} - characteristic concrete compressive strength,
- A_{cN} - actual area of concrete cone of the anchorage at the concrete surface respecting influence of edges and adjoining anchors,
- $\Psi_{sN} = 1$,
- $\Psi_{reN} = 1$.

Anchors shear resistance in case of transfer of shear forces. Friction is not taken into account. Valid in case, that the anchor failure precedes the concrete failure ETAG-001 5.2.3.2:

$V_{Rks} = 0.5\ f_y\ A_s$.

Concrete pry-out failure ETAG-001 5.2.3.3:

$V_{Rkcp} / \gamma_{Mc} <= V$,

$V_{Rkcp} = k * N_{Rkc}$,

where

- V - shear force,
- k = 1 for hef < 60
- k = 2 for hef >= 60.

Concrete edge failure ETAG-001 5.2.3.4:

$V_{Rkc} / \gamma_{Mc} <= V$,

$V_{Rkc} = V^0_{Rkc} A_{cV} / A^0_{cV} \Psi_{sV} \Psi_{reV}$,

$V^0_{Rkc} = 1.7 d^{\alpha} lf^{\beta} f_{ck}^{0.5} c_1^{1.5}$,

$\alpha = 0.1 (lf / c_1)^{0.5}$,

$\beta = 0.1 (d / c_1)^{0.2}$,

where

- lf = hef,
- c_1 - edge distance,
- d - anchor diameter,
- $\Psi_{sV} = 1$,
- $\Psi_{reV} = 1$,
- A^0_{cV} - area of concrete cone of an individual anchor at the lateral concrete surface not affected by edges ($4.5 c_1^2$),
- A_{cV} - actual area of concrete cone of anchorage at the lateral concrete surface.

CONCRETE BLOCK

Concrete resistance at concentrated compression:

$F_{jd} = \beta_j k_j f_{ck} / \gamma_C$.

Average stress under the base plate:

$\sigma = N / A_{eff}$.

Utilisation in compression [%]:

$U_t = \sigma / F_{jd}$,

where

- f_{ck} - characteristic compressive concrete strength,
- $\beta_j = 0.6$,
- k_j - concentration factor,
- γ_C - safety factor,

- A_{eff} - effective area, on which the column force N is distributed.

SHEAR IN CONCRETE BLOCK

1. Shear is transferred only by friction:

   $V_{Rd,y} = N \cdot C_f$,

   $V_{Rd,z} = N \cdot C_f$.

2. Shear is transferred by shear iron and friction:

   $V_{Rd,y} = N \cdot C_f + A_{vy} \cdot f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$,

   $V_{Rd,z} = N \cdot C_f + A_{vz} \cdot f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$.

Utilisation in shear [%]:
$U_t = \min (V_y/V_{Rd,y}, V_z/V_{Rd,z})$,
where

- A_{vy} - shear area Ay of shear iron cross-section,
- A_{vz} - shear area Az of shear iron cross-section,
- f_y - yield strength,
- γ_{M0} - safety factor,
- V_y - shear force component in the base plate plane in y-direction,
- V_z - shear force component in the base plate plane in z-direction,
- N - force perpendicular to the base plate,
- C_f - friction coefficient.

Impostazioni codice

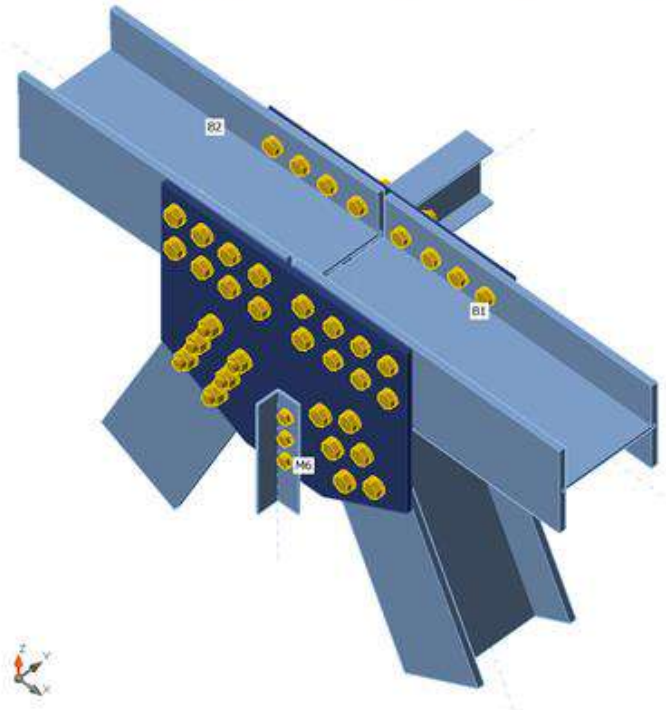
Elemento	Valore	Unità	Di riferimento
γ_{M0}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1.25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1.25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1.50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1.20	-	ETAG 001-C: 3.2.1
Coefficiente unione βj	0.67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Area utile - influenza della dimensione della mesh	0.10	-	
Coefficiente di attrito - calcestruzzo	0.25	-	EN 1993-1-8
Coefficiente di attrito in resistenza all'attrito	0.30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Resistenza plastica limite	0.05	-	EN 1993-1-5
Valutazione della tensione nella saldatura	Ridistribuzione plastica		
Dettagli costruttivi	No		
Distanza tra i bulloni [d]	2.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distanza tra i bulloni e il bordo [d]	1.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Resistenza ad estrazione del cono di calcestruzzo	Si		ETAG 001-C
Usa il valore di αb calcolato nella verifica a rifollamento	No		EN 1993-1-8: tab 3.4

GIUNTO ARCO – MONTANTE – DIAGONALE

Membrature

Geometry

Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forze in	X [mm]
B1	8 - HEB360	0,0	0,0	90,0	10	0	0	Nodo	0
B2	8 - HEB360	180,0	-1,3	90,0	10	0	0	Nodo	0
M3	8 - HEB360	180,0	-63,8	90,0	0	60	0	Nodo	0
M4	8 - HEB360	0,0	-63,8	90,0	0	60	0	Nodo	0
M5	4 - IPE200	90,0	0,0	0,0	0	0	0	Bulloni	0
M6	10 - L80X8	0,0	-90,0	90,0	320	0	223	Bulloni	145
M7	10 - L80X8	0,0	-90,0	-90,0	320	0	223	Bulloni	145



Sezioni

Nome	Materiale
8 - HEB360	S 355
4 - IPE200	S 355
10 - L80X8	S 355

Bulloni

Nome	Assieme bullone	Diametro [mm]	fu [MPa]	Superficie lorda [mm^2]
M33 10.9	M33 10.9	33	1000,0	855
M30 10.9	M30 10.9	30	1000,0	707
M24 10.9	M24 10.9	24	1000,0	452

Effetti del carico (forze in equilibrio)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	B1	-2168,8	-6,7	-4,5	0,0	0,0	0,0
	B2	-2154,4	-6,7	-4,4	0,0	0,0	0,0
	M3	-131,2	-3,7	-3,6	0,0	0,0	2,6
	M4	-163,3	-3,7	-5,3	0,0	0,0	-2,6
	M5	-65,3	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M6	300,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	300,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE3	B1	-540,1	-6,0	-1,7	0,0	0,0	0,0
	B2	-539,9	-3,9	-0,6	0,0	0,0	0,0
	M3	25,2	-3,7	-165,9	0,0	0,0	1,7
	M4	22,6	-2,1	156,7	0,0	0,0	-1,7
	M5	-26,2	0,0	-0,8	0,0	0,0	0,0
	M6	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE4	B1	-900,7	-3,9	-0,7	0,0	0,0	0,0
	B2	-900,9	-6,0	-1,7	0,0	0,0	0,0
	M3	-18,6	-1,6	156,8	0,0	0,0	3,3
	M4	-15,9	-3,2	-165,7	0,0	0,0	-3,3
	M5	-22,9	0,0	-0,8	0,0	0,0	0,0
	M6	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE5	B1	-787,7	-3,3	-0,9	0,0	0,0	0,0
	B2	-790,3	-6,7	-1,6	0,0	0,0	0,0
	M3	-8,1	-0,3	-1,2	0,0	0,0	3,2
	M4	-5,9	-3,6	-8,3	0,0	0,0	-3,2
	M5	-22,6	0,0	-0,8	0,0	0,0	0,0
	M6	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE6	B1	-2154,6	-6,5	-4,5	0,0	0,0	0,0
	B2	-2140,2	-6,5	-4,5	0,0	0,0	0,0
	M3	-129,7	-3,6	-18,7	0,0	0,0	2,6
	M4	-161,8	-3,6	-20,2	0,0	0,0	-2,6
	M5	-65,3	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M6	300,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	300,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE7	B1	-849,1	-2,9	-0,7	0,0	0,0	0,0
	B2	-851,6	-7,0	-1,8	0,0	0,0	0,0
	M3	-14,8	-0,1	47,1	0,0	0,0	3,5
	M4	-12,0	-3,7	-56,6	0,0	0,0	-3,5
	M5	-21,9	0,0	-0,8	0,0	0,0	0,0
	M6	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

LE8	B1	-2168,9	-6,7	-4,5	0,0	0,0	0,0
	B2	-2154,4	-6,7	-4,4	0,0	0,0	0,0
	M3	-131,0	-3,6	-3,4	0,0	0,0	2,4
	M4	-163,2	-3,6	-5,5	0,0	0,0	-2,4
	M5	-65,4	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M6	300,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	300,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE9	B1	-1323,1	-6,3	-2,3	0,0	0,0	0,0
	B2	-1323,1	-6,3	-2,3	0,0	0,0	0,0
	M3	7,8	-3,6	-20,9	0,0	0,0	3,2
	M4	7,9	-3,6	-20,7	0,0	0,0	-3,2
	M5	-45,5	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M6	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE10	B1	-1346,8	-6,7	-2,2	0,0	0,0	0,0
	B2	-1346,7	-6,7	-2,2	0,0	0,0	0,0
	M3	5,3	-3,6	4,2	0,0	0,0	3,2
	M4	5,4	-3,6	4,1	0,0	0,0	-3,2
	M5	-45,5	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M6	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE11	B1	618,8	-4,4	-1,4	0,0	0,0	0,0
	B2	-620,0	-5,5	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M3	14,9	-2,1	-163,3	0,0	0,0	2,3
	M4	13,8	-2,9	153,8	0,0	0,0	-2,3
	M5	-23,8	0,0	-0,8	0,0	0,0	0,0
	M6	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE12	B1	-1015,8	-6,7	-1,7	0,0	0,0	0,0
	B2	-1015,8	-6,7	-1,7	0,0	0,0	0,0
	M3	4,7	-3,6	-6,4	0,0	0,0	3,4
	M4	4,7	-3,6	-6,4	0,0	0,0	-3,4
	M5	-34,6	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M6	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE13	B1	-591,6	-7,1	-1,7	0,0	0,0	0,0
	B2	-589,2	-2,9	-0,6	0,0	0,0	0,0
	M3	21,5	-5,2	-56,1	0,0	0,0	1,5
	M4	18,6	-1,6	47,5	0,0	0,0	-1,5
	M5	-27,2	0,0	-0,8	0,0	0,0	0,0
	M6	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

LE14	B1	-861,3	-4,7	-0,8	0,0	0,0	0,0
	B2	-860,7	-5,2	-1,6	0,0	0,0	0,0
	M3	-13,4	-2,4	155,5	0,0	0,0	3,0
	M4	-11,5	-2,8	-164,3	0,0	0,0	-3,0
	M5	-24,1	0,0	-0,8	0,0	0,0	0,0
	M6	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE15	B1	-1750,8	-6,7	-3,5	0,0	0,0	0,0
	B2	-1727,8	-6,7	-3,4	0,0	0,0	0,0
	M3	39,3	-3,7	-9,3	0,0	0,0	3,2
	M4	-12,9	-3,7	-10,4	0,0	0,0	-3,2
	M5	-53,6	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M6	125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE16	B1	-1326,9	-6,7	-2,8	0,0	0,0	0,0
	B2	-1323,0	-6,7	-2,7	0,0	0,0	0,0
	M3	-120,5	-3,5	-6,7	0,0	0,0	2,7
	M4	-128,6	-3,5	-8,0	0,0	0,0	-2,7
	M5	-40,1	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M6	215,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	215,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE17	B1	-1504,8	-6,5	-2,3	0,0	0,0	0,0
	B2	-1481,5	-6,5	-2,2	0,0	0,0	0,0
	M3	40,6	-3,5	-17,5	0,0	0,0	2,9
	M4	-12,6	-3,6	-17,1	0,0	0,0	-2,9
	M5	-53,6	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M6	105,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	105,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE18	B1	-2154,7	-6,5	-4,5	0,0	0,0	0,0
	B2	-2140,2	-6,5	-4,5	0,0	0,0	0,0
	M3	-129,5	-3,6	-18,5	0,0	0,0	2,4
	M4	-161,7	-3,6	-20,4	0,0	0,0	-2,4
	M5	-65,4	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	M6	300,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7	300,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Verifica

Riassunto

Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	2,4 < 5,0%	OK
Bulloni	97,1 < 100%	OK
Saldature	53,1 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

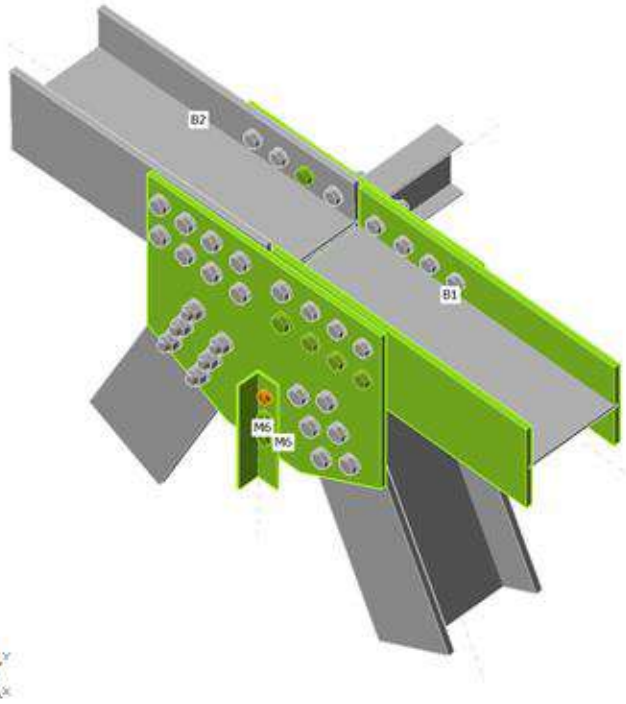
Nome	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
B1-bfl 1	22,5	LE18	355,5	0,2	15,6	OK
B1-tfl 1	22,5	LE18	356,0	0,5	21,4	OK
B1-w 1	12,5	LE4	355,7	0,3	0,0	OK
B2-bfl 1	22,5	LE3	233,8	0,0	88,9	OK
B2-tfl 1	22,5	LE2	213,6	0,0	18,6	OK
B2-w 1	12,5	LE3	355,6	0,3	0,0	OK
M3-bfl 1	22,5	LE3	327,7	0,0	116,4	OK
M3-tfl 1	22,5	LE4	327,0	0,0	98,7	OK
M3-w 1	12,5	LE3	355,4	0,2	0,0	OK
M4-bfl 1	22,5	LE4	326,0	0,0	105,9	OK
M4-tfl 1	22,5	LE3	314,7	0,0	128,6	OK
M4-w 1	12,5	LE3	355,4	0,2	0,0	OK
M5-bfl 1	8,5	LE18	75,7	0,0	0,0	OK
M5-tfl 1	8,5	LE8	81,8	0,0	0,0	OK
M5-w 1	5,6	LE8	43,4	0,0	0,0	OK
M6-bfl 1	8,0	LE2	360,0	2,4	131,0	OK
M6-w 1	8,0	LE18	355,8	0,4	0,0	OK
M7-bfl 1	8,0	LE8	360,0	2,4	132,1	OK
M7-w 1	8,0	LE6	355,8	0,4	0,0	OK
SP1	20,0	LE3	355,2	0,1	45,1	OK
SP2	20,0	LE4	355,2	0,1	54,1	OK
SP3	20,0	LE18	86,7	0,0	0,0	OK

Dati Progetto

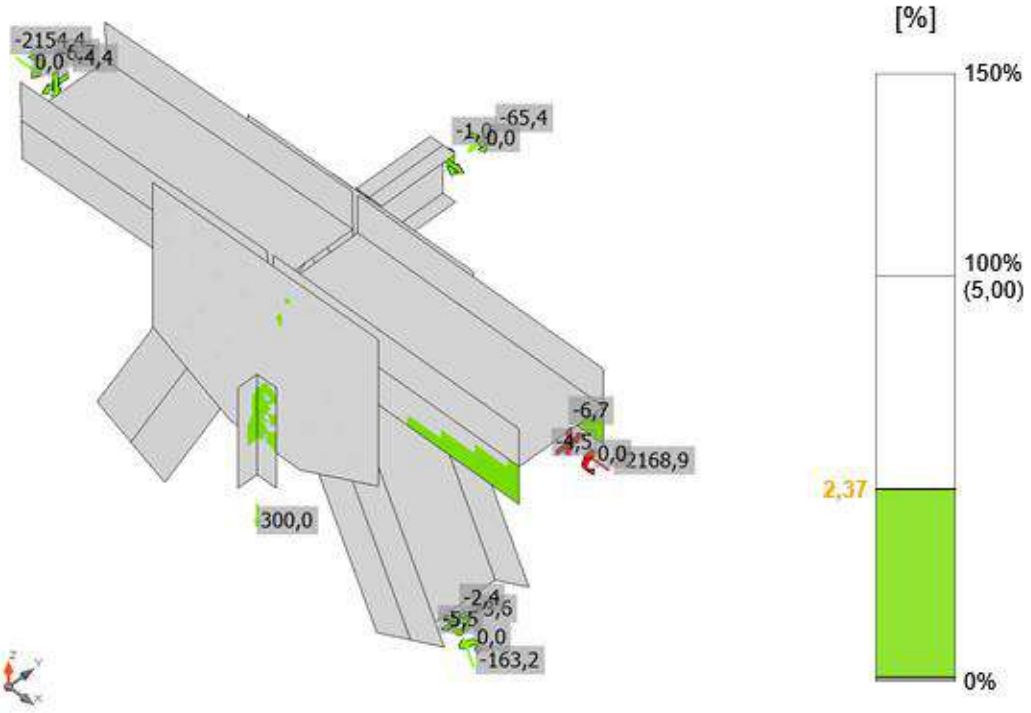
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

Spiegazione dei simboli

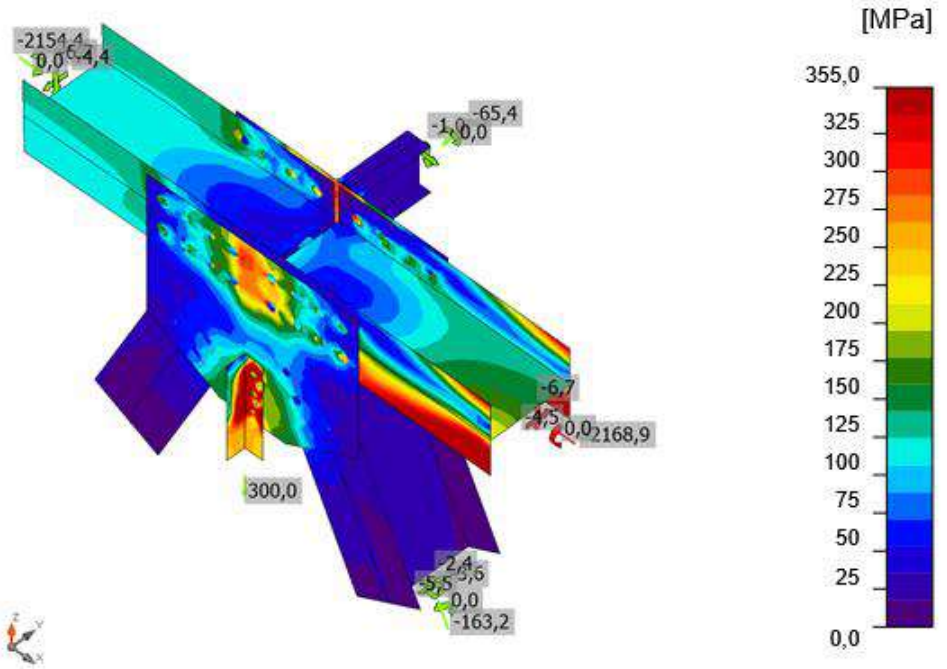
t_p	Spessore piastra
σ_{Ed}	Sforzo equivalente
ε_{Pl}	Deformazione Plastica
$\sigma_{c,Ed}$	Tensione di contatto
f_y	Tensione di snervamento
ε_{lim}	Limite di deformazione plastica



Verifica globale, LE8

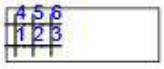


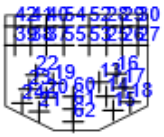
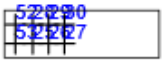
Verifica deformazione, LE8

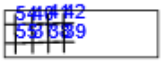
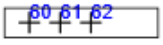


Sforzo equivalente, LE8

Bulloni

Forma	Elemento	Classe	Carichi	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Stato
	B1	M33 10.9 - 1	LE4	107,6	15,0	608,9	21,5	5,4	20,8	OK
	B2	M33 10.9 - 1	LE3	10,9	32,1	437,2	2,2	11,6	13,1	OK
	B3	M33 10.9 - 1	LE3	21,7	38,2	381,7	4,3	13,8	16,9	OK
	B4	M33 10.9 - 1	LE4	132,6	15,7	353,1	26,5	5,7	24,6	OK
	B5	M33 10.9 - 1	LE2	2,0	16,4	437,2	0,4	5,9	6,2	OK
	B6	M33 10.9 - 1	LE2	2,6	16,7	437,2	0,5	6,0	6,4	OK

	B7	M33 10.9 - 1	LE4	108,6	4,3	643,0	21,7	1,6	17,1	OK
	B8	M33 10.9 - 1	LE3	14,6	19,5	437,2	2,9	7,0	9,1	OK
	B9	M33 10.9 - 1	LE3	15,8	22,6	430,0	3,2	8,2	10,4	OK
	B10	M33 10.9 - 1	LE4	139,1	20,5	487,7	27,8	7,4	27,3	OK
	B11	M33 10.9 - 1	LE3	7,3	16,5	437,2	1,5	5,9	7,0	OK
	B12	M33 10.9 - 1	LE3	8,5	24,1	425,4	1,7	8,7	9,9	OK
	B31	M30 10.9 - 2	LE8	3,0	148,4	502,8	0,7	66,1	66,6	OK
	B32	M30 10.9 - 2	LE8	6,7	149,4	446,9	1,7	66,6	67,8	OK
	B33	M30 10.9 - 2	LE8	8,8	160,2	446,9	2,2	71,4	73,0	OK
	B34	M30 10.9 - 2	LE2	1,6	113,1	502,8	0,4	50,4	50,7	OK
	B35	M30 10.9 - 2	LE2	2,0	107,3	446,9	0,5	47,8	48,2	OK
	B36	M30 10.9 - 2	LE2	2,8	108,3	446,9	0,7	48,3	48,8	OK
	B43	M33 10.9 - 1	LE6	5,5	137,1	491,8	1,1	49,4	50,2	OK
	B44	M33 10.9 - 1	LE18	5,4	135,2	437,2	1,1	48,7	49,5	OK
	B45	M33 10.9 - 1	LE8	6,4	141,3	437,2	1,3	50,9	51,8	OK
	B46	M33 10.9 - 1	LE2	3,6	128,1	491,8	0,7	46,1	46,7	OK
	B47	M33 10.9 - 1	LE2	2,5	124,0	437,2	0,5	44,7	45,0	OK
	B48	M33 10.9 - 1	LE2	5,3	128,8	437,2	1,1	46,4	47,1	OK
	B56	M33 10.9 - 1	LE6	61,7	137,8	559,2	12,4	49,6	58,5	OK
	B57	M33 10.9 - 1	LE18	68,0	175,9	646,8	13,6	63,4	73,1	OK
	B58	M33 10.9 - 1	LE6	21,1	142,3	559,2	4,2	51,2	54,3	OK
	B59	M33 10.9 - 1	LE6	19,1	149,4	559,2	3,8	53,8	56,5	OK
	B13	M30 10.9 - 2	LE3	95,7	0,9	334,1	23,7	0,4	17,3	OK
	B14	M30 10.9 - 2	LE14	14,9	16,4	446,9	3,7	7,3	10,0	OK
	B15	M30 10.9 - 2	LE14	15,6	19,5	426,5	3,9	8,7	11,4	OK
	B16	M30 10.9 - 2	LE3	119,6	18,1	541,2	29,6	8,1	29,2	OK
	B17	M30 10.9 - 2	LE14	7,5	14,8	446,9	1,9	6,6	7,9	OK
	B18	M30 10.9 - 2	LE4	7,9	22,0	421,9	1,9	9,8	11,2	OK
	B19	M30 10.9 - 2	LE3	104,9	14,3	588,0	26,0	6,4	24,9	OK
	B20	M30 10.9 - 2	LE14	11,8	27,2	446,9	2,9	12,1	14,2	OK
	B21	M30 10.9 - 2	LE14	18,6	33,1	378,6	4,6	14,8	18,1	OK
	B22	M30 10.9 - 2	LE3	126,5	14,0	370,0	31,3	6,3	28,6	OK
	B23	M30 10.9 - 2	LE6	0,8	18,0	446,9	0,2	8,0	8,2	OK
	B24	M30 10.9 - 2	LE6	1,2	18,3	446,9	0,3	8,2	8,4	OK
	B25	M30 10.9 - 2	LE8	38,4	153,7	502,8	9,5	68,5	75,3	OK
	B26	M30 10.9 - 2	LE18	8,4	152,6	446,9	2,1	68,0	69,5	OK
	B27	M30 10.9 - 2	LE8	10,3	162,7	446,9	2,6	72,5	74,3	OK
	B28	M30 10.9 - 2	LE2	29,9	114,0	502,8	7,4	50,8	56,1	OK
	B29	M30 10.9 - 2	LE2	0,1	107,1	446,9	0,0	47,7	47,7	OK
	B30	M30 10.9 - 2	LE2	2,7	106,5	446,9	0,7	47,5	48,0	OK
	B52	M30 10.9 - 2	LE2	-17,2	131,2	568,2	-4,2	58,5	55,4	OK
	B53	M30 10.9 - 2	LE18	-15,5	166,2	588,0	-3,8	74,1	71,3	OK

	B37	M30 10.9 - 2	LE8	41,1	135,2	502,8	10,2	60,3	67,5	OK
	B38	M30 10.9 - 2	LE8	0,4	137,1	446,9	0,1	61,1	61,2	OK
	B39	M30 10.9 - 2	LE8	3,5	142,6	446,9	0,9	63,6	64,2	OK
	B40	M30 10.9 - 2	LE8	48,6	126,5	502,8	12,0	56,4	65,0	OK
	B41	M30 10.9 - 2	LE8	0,1	126,5	446,9	0,0	56,4	56,4	OK
	B42	M30 10.9 - 2	LE8	4,1	131,0	446,9	1,0	58,4	59,1	OK
	B54	M30 10.9 - 2	LE8	-17,2	132,3	569,6	-4,3	59,0	55,9	OK
	B55	M30 10.9 - 2	LE8	-15,5	139,4	569,6	-3,8	62,1	59,4	OK
	B49	M24 10.9 - 3	LE18	97,5	98,5	105,6	43,4	93,2	97,1	OK
	B50	M24 10.9 - 3	LE8	29,7	105,5	136,2	13,2	77,5	83,1	OK
	B51	M24 10.9 - 3	LE2	27,4	110,1	120,1	12,2	91,7	85,7	OK
	B60	M24 10.9 - 3	LE18	97,4	98,5	105,6	43,4	93,3	97,1	OK
	B61	M24 10.9 - 3	LE8	30,5	105,6	136,2	13,6	77,5	83,3	OK
	B62	M24 10.9 - 3	LE8	28,1	110,1	120,1	12,5	91,7	85,9	OK

Dati Progetto

Classe	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M33 10.9 - 1	499,7	778,6	277,6
M30 10.9 - 2	403,9	715,6	224,4
M24 10.9 - 3	254,2	224,6	141,2

Saldature

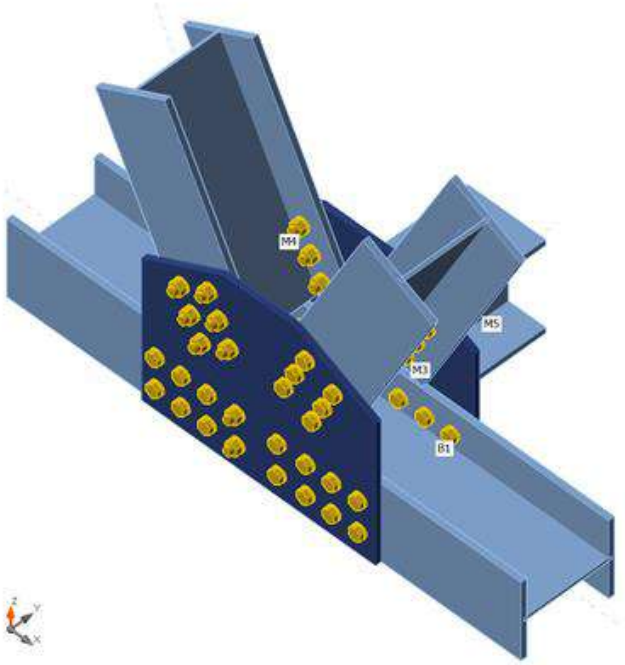
Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Stato
SP3	M5-bfl 1	◢ 4,0 ◣	100	LE8	214,1	0,0	-73,7	-102,9	-53,6	49,2	20,6	OK
		◢ 4,0 ◣	100	LE18	166,7	0,0	-40,0	71,7	60,0	38,3	22,1	OK
SP3	M5-tfl 1	◢ 4,0 ◣	100	LE18	182,1	0,0	-44,6	78,4	-65,2	41,8	23,9	OK
		◢ 4,0 ◣	100	LE18	231,3	0,0	-79,6	-110,6	59,1	53,1	22,2	OK
SP3	M5-w 1	◢ 4,0 ◣	190	LE8	47,7	0,0	-23,4	5,0	-23,5	11,0	8,4	OK
		◢ 4,0 ◣	190	LE18	47,8	0,0	-23,5	-5,5	23,4	11,0	8,4	OK

GIUNTO TRAVE – MONTANTE – DIAGONALE

Membrature

Geometry

Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forze in
B1	5 - HEB360	0,0	0,0	90,0	10	0	0	Nodo
B2	5 - HEB360	180,0	0,0	90,0	10	0	0	Nodo
M3	5 - HEB360	0,0	63,0	90,0	0	-20	0	Nodo
M4	5 - HEB360	180,0	63,0	90,0	0	-20	0	Nodo
M5	5 - HEB360	90,0	0,0	0,0	215	0	35	Bulloni



Sezioni

Nome	Materiale
5 - HEB360	S 355

Bulloni

Nome	Assieme bullone	Diametro [mm]	fu [MPa]	Superficie lorda [mm^2]
M30 10.9	M30 10.9	30	1000,0	707

Effetti del carico (forze in equilibrio)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	B1	123,4	-3,5	4,3	0,0	0,0	0,0
	B2	97,3	-14,1	5,7	0,0	0,0	0,0
	M3	68,4	-1,9	-0,5	0,0	0,0	2,0
	M4	-56,5	-2,3	33,2	0,0	0,1	-2,0
	M5	-39,3	10,2	-62,3	0,0	0,0	0,0
LE3	B1	1458,0	-17,9	0,1	0,0	0,0	0,0
	B2	1489,9	-17,5	-0,1	0,0	0,0	0,0
	M3	269,0	-2,9	-1,7	0,0	0,0	1,6
	M4	-3,2	-2,8	1,8	0,0	0,0	-1,6
	M5	-34,2	-28,9	-163,2	0,0	0,0	0,0
LE4	B1	898,3	-13,4	-4,3	0,0	0,0	0,0
	B2	1020,7	-2,5	-5,7	0,0	0,0	0,0
	M3	185,5	-2,2	-1,1	0,0	0,0	0,8
	M4	46,1	-1,7	-31,4	0,0	-0,1	-0,8
	M5	14,4	-2,6	-85,9	0,0	0,0	0,0
LE5	B1	179,7	-0,6	1,4	0,0	0,0	0,0
	B2	240,1	-17,0	1,8	0,0	0,0	0,0
	M3	89,1	-1,9	-0,6	0,0	0,0	2,2
	M4	-31,8	-2,6	11,2	0,0	0,0	-2,2
	M5	-25,0	-12,4	-51,7	0,0	0,0	0,0
LE6	B1	841,9	-16,2	-1,4	0,0	0,0	0,0
	B2	877,9	0,4	-1,8	0,0	0,0	0,0
	M3	164,8	-2,2	-1,0	0,0	0,0	0,7
	M4	21,4	-1,5	-9,4	0,0	0,0	-0,7
	M5	0,1	-4,9	-96,6	0,0	0,0	0,0
LE7	B1	1104,6	-15,7	-0,1	0,0	0,0	0,0
	B2	1166,6	-15,4	-0,1	0,0	0,0	0,0
	M3	226,6	-2,7	-1,9	0,0	0,0	1,3
	M4	28,8	-2,6	2,0	0,0	0,0	-1,3
	M5	-26,8	7,1	-164,7	0,0	0,0	0,0
LE9	B1	1110,1	-15,7	-0,1	0,0	0,0	0,0
	B2	1175,3	-15,4	-0,1	0,0	0,0	0,0
	M3	228,7	-2,7	-1,7	0,0	0,0	1,3
	M4	26,7	-2,6	0,5	0,0	0,0	-1,3
	M5	-26,2	7,2	-164,7	0,0	0,0	0,0
LE10	B1	1424,4	-21,1	0,3	0,0	0,0	0,0
	B2	1707,3	-49,1	-0,6	0,0	0,0	0,0
	M3	522,7	-2,6	-2,1	0,0	0,0	0,5
	M4	-141,1	-2,6	2,2	0,0	0,0	-0,5
	M5	-35,2	12,4	-204,9	0,0	0,0	0,0

LE11	B1	1429,8	-21,1	0,4	0,0	0,0	0,0
	B2	1716,0	-49,1	0,6	0,0	0,0	0,0
	M3	524,8	-2,6	-2,0	0,0	0,0	0,5
	M4	-143,2	-2,6	-0,7	0,0	0,0	-0,5
	M5	-34,6	12,5	-204,9	0,0	0,0	0,0
LE12	B1	1619,0	-21,3	0,4	0,0	0,0	0,0
	B2	1862,0	-49,2	0,5	0,0	0,0	0,0
	M3	520,7	-2,7	-2,4	0,0	0,0	0,7
	M4	-138,7	-2,6	-3,9	0,0	0,0	-0,7
	M5	-39,9	27,0	-204,9	0,0	0,0	0,0
LE13	B1	1057,2	-13,4	0,3	0,0	0,0	0,0
	B2	1229,4	-33,7	0,4	0,0	0,0	0,0
	M3	346,9	-2,8	-1,3	0,0	0,0	1,7
	M4	-131,9	-2,8	-1,3	0,0	0,0	-1,7
	M5	-25,7	18,4	-101,5	0,0	0,0	0,0
LE14	B1	1050,2	-13,4	0,2	0,0	0,0	0,0
	B2	1219,0	-33,7	0,3	0,0	0,0	0,0
	M3	344,6	-2,8	-1,6	0,0	0,0	1,7
	M4	-129,7	-2,7	-3,1	0,0	0,0	-1,7
	M5	-26,6	18,3	-101,4	0,0	0,0	0,0
LE15	B1	1631,5	-21,3	0,5	0,0	0,0	0,0
	B2	1881,2	-49,2	0,7	0,0	0,0	0,0
	M3	525,1	-2,7	-2,0	0,0	0,0	0,7
	M4	-143,0	-2,7	-0,6	0,0	0,0	-0,7
	M5	-38,3	27,1	-204,9	0,0	0,0	0,0
LE16	B1	1626,0	-21,3	0,4	0,0	0,0	0,0
	B2	1872,4	-49,2	0,6	0,0	0,0	0,0
	M3	523,1	-2,7	-2,1	0,0	0,0	0,7
	M4	-141,0	-2,7	-2,2	0,0	0,0	-0,7
	M5	-38,9	27,1	-204,9	0,0	0,0	0,0
LE17	B1	1221,3	-20,9	0,2	0,0	0,0	0,0
	B2	1316,2	-20,6	0,3	0,0	0,0	0,0
	M3	269,4	-2,7	-1,9	0,0	0,0	0,9
	M4	28,4	-2,6	-1,9	0,0	0,0	-0,9
	M5	-29,1	8,5	-177,1	0,0	0,0	0,0
LE18	B1	1296,2	-15,9	-0,1	0,0	0,0	0,0
	B2	1321,0	-15,5	-0,2	0,0	0,0	0,0
	M3	224,6	-2,8	-2,1	0,0	0,0	1,4
	M4	31,2	-2,7	-3,7	0,0	0,0	-1,4
	M5	-31,9	17,6	-164,7	0,0	0,0	0,0
LE20	B1	720,3	-11,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	B2	788,2	-11,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	179,4	-2,8	-1,2	0,0	0,0	1,9
	M4	-6,7	-2,7	-1,3	0,0	0,0	-1,9
	M5	-17,6	5,3	-105,3	0,0	0,0	0,0

LE21	B1	1214,4	-20,9	0,2	0,0	0,0	0,0
	B2	1305,7	-20,6	0,2	0,0	0,0	0,0
	M3	267,1	-2,7	-2,1	0,0	0,0	0,9
	M4	30,7	-2,6	-3,6	0,0	0,0	-0,9
	M5	-30,0	8,4	-177,1	0,0	0,0	0,0

Verifica

Riassunto

Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	0,4 < 5,0%	OK
Bulloni	86,7 < 100%	OK
Saldature	28,5 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

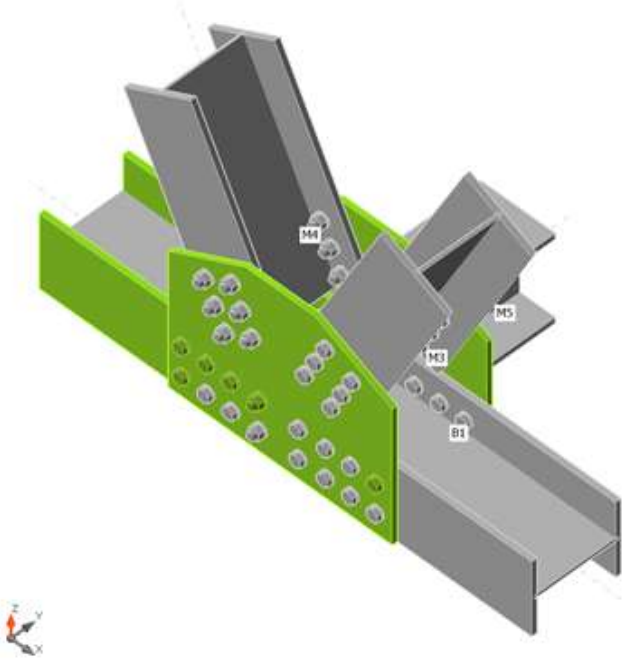
Nome	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
B1-bfl 1	22,5	LE15	280,5	0,0	10,9	OK
B1-tfl 1	22,5	LE15	279,6	0,0	15,4	OK
B1-w 1	12,5	LE12	138,7	0,0	0,0	OK
B2-bfl 1	22,5	LE15	354,6	0,0	12,7	OK
B2-tfl 1	22,5	LE15	355,8	0,4	16,6	OK
B2-w 1	12,5	LE15	216,2	0,0	0,0	OK
M3-bfl 1	22,5	LE11	190,7	0,0	9,8	OK
M3-tfl 1	22,5	LE11	189,5	0,0	11,7	OK
M3-w 1	12,5	LE12	175,5	0,0	0,0	OK
M4-bfl 1	22,5	LE11	127,9	0,0	9,1	OK
M4-tfl 1	22,5	LE10	125,9	0,0	9,5	OK
M4-w 1	12,5	LE10	175,0	0,0	0,0	OK
M5-bfl 1	22,5	LE15	57,0	0,0	0,0	OK
M5-tfl 1	22,5	LE12	69,4	0,0	0,0	OK
M5-w 1	12,5	LE12	102,3	0,0	0,0	OK
SP1	20,0	LE15	314,1	0,0	14,1	OK
SP2	20,0	LE15	355,4	0,2	16,6	OK
SP3	15,0	LE16	127,4	0,0	24,8	OK

Dati Progetto

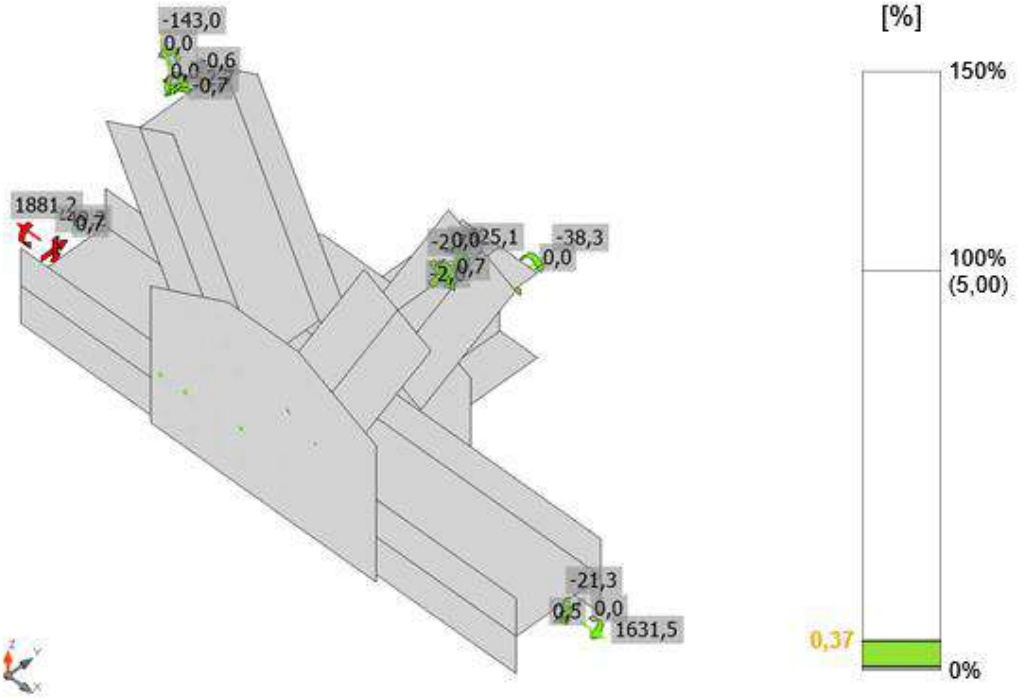
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

Spiegazione dei simboli

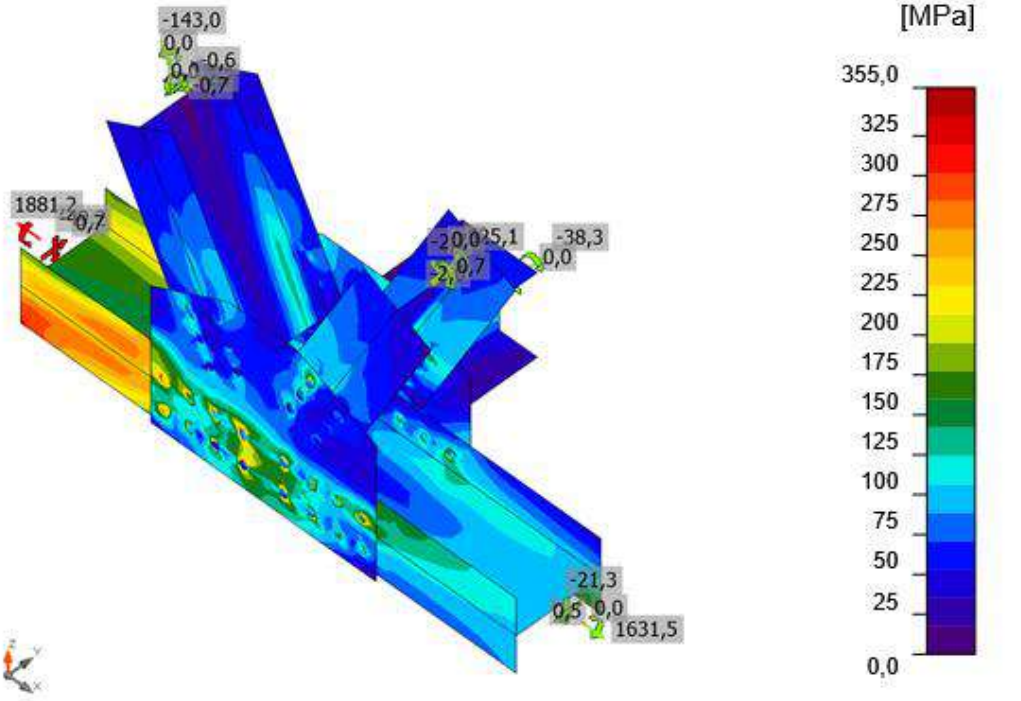
t_p	Spessore piastra
σ_{Ed}	Sforzo equivalente
ε_{Pl}	Deformazione Plastica
$\sigma_{c,Ed}$	Tensione di contatto
f_y	Tensione di snervamento
ε_{lim}	Limite di deformazione plastica



Verifica globale, LE15

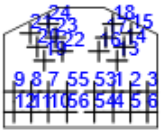


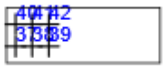
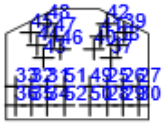
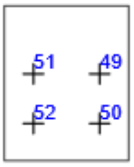
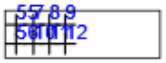
Verifica deformazione, LE15



Sforzo equivalente, LE15

Bulloni

Forma	Elemento	Classe	Carichi	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Stato
	B1	M30 10.9 - 1	LE15	6,1	110,8	446,9	1,5	49,4	50,4	OK
	B2	M30 10.9 - 1	LE15	9,2	112,1	446,9	2,3	50,0	51,6	OK
	B3	M30 10.9 - 1	LE15	40,6	119,4	356,4	10,1	53,2	60,4	OK
	B4	M30 10.9 - 1	LE15	1,4	85,0	446,9	0,4	37,9	38,1	OK
	B5	M30 10.9 - 1	LE15	0,9	83,4	446,9	0,2	37,2	37,3	OK
	B6	M30 10.9 - 1	LE15	13,3	86,1	356,4	3,3	38,4	40,7	OK
	B7	M30 10.9 - 1	LE15	3,3	139,7	446,9	0,8	62,2	62,8	OK
	B8	M30 10.9 - 1	LE15	3,1	141,1	446,9	0,8	62,9	63,4	OK
	B9	M30 10.9 - 1	LE15	29,2	158,1	356,4	7,2	70,5	75,6	OK
	B10	M30 10.9 - 1	LE15	1,9	104,5	446,9	0,5	46,6	46,9	OK
	B11	M30 10.9 - 1	LE15	0,2	108,0	446,9	0,0	48,1	48,2	OK
	B12	M30 10.9 - 1	LE15	55,1	128,1	357,3	13,6	57,1	66,8	OK
	B13	M30 10.9 - 1	LE11	0,4	28,6	347,8	0,1	12,8	12,8	OK
	B14	M30 10.9 - 1	LE15	1,4	19,2	387,5	0,3	8,5	8,8	OK
	B15	M30 10.9 - 1	LE11	5,4	33,2	422,0	1,3	14,8	15,7	OK
	B16	M30 10.9 - 1	LE11	13,6	69,2	334,1	3,4	30,9	33,3	OK
	B17	M30 10.9 - 1	LE11	12,0	66,8	387,5	3,0	29,8	31,9	OK
	B18	M30 10.9 - 1	LE11	31,6	76,3	369,9	7,8	34,0	39,6	OK
	B53	M30 10.9 - 1	LE15	6,0	114,8	467,7	1,5	51,1	52,2	OK
	B54	M30 10.9 - 1	LE15	1,6	90,0	467,7	0,4	40,1	40,4	OK
	B19	M30 10.9 - 1	LE21	8,3	30,4	340,7	2,0	13,6	15,0	OK
	B20	M30 10.9 - 1	LE21	12,9	25,5	387,5	3,2	11,3	13,6	OK
	B21	M30 10.9 - 1	LE21	23,4	40,2	392,1	5,8	17,9	22,0	OK
	B22	M30 10.9 - 1	LE11	1,3	46,1	588,0	0,3	20,5	20,8	OK
	B23	M30 10.9 - 1	LE10	2,5	37,0	387,5	0,6	16,5	16,9	OK
	B24	M30 10.9 - 1	LE10	5,0	51,6	588,0	1,2	23,0	23,9	OK
	B25	M30 10.9 - 1	LE15	1,8	88,3	446,9	0,4	39,4	39,7	OK
	B26	M30 10.9 - 1	LE15	2,3	85,9	446,9	0,6	38,3	38,7	OK
	B27	M30 10.9 - 1	LE15	23,7	88,2	356,4	5,9	39,3	43,5	OK
	B28	M30 10.9 - 1	LE15	2,5	119,8	446,9	0,6	53,4	53,9	OK
	B29	M30 10.9 - 1	LE15	0,6	118,1	446,9	0,2	52,6	52,7	OK
	B30	M30 10.9 - 1	LE15	31,5	123,3	356,4	7,8	55,0	60,5	OK
	B49	M30 10.9 - 2	LE15	10,0	97,2	467,7	2,5	43,3	45,1	OK
	B50	M30 10.9 - 2	LE15	9,1	131,3	467,7	2,3	58,5	60,1	OK
	B31	M30 10.9 - 1	LE15	4,1	82,5	588,0	1,0	36,8	37,5	OK
	B32	M30 10.9 - 1	LE15	8,8	81,1	588,0	2,2	36,1	37,7	OK
	B33	M30 10.9 - 1	LE15	70,4	128,5	389,8	17,4	57,3	69,7	OK
	B34	M30 10.9 - 1	LE15	3,0	154,5	446,9	0,7	68,8	69,4	OK
	B35	M30 10.9 - 1	LE15	1,4	153,0	446,9	0,4	68,2	68,5	OK
	B36	M30 10.9 - 1	LE15	14,6	188,7	358,4	3,6	84,1	86,7	OK

	B37	M30 10.9 - 1	LE11	13,3	73,9	334,1	3,3	32,9	35,3	OK
	B38	M30 10.9 - 1	LE11	9,9	69,0	387,5	2,4	30,7	32,5	OK
	B39	M30 10.9 - 1	LE11	26,6	77,9	375,3	6,6	34,7	39,4	OK
	B40	M30 10.9 - 1	LE15	0,6	33,4	350,1	0,2	14,9	15,0	OK
	B41	M30 10.9 - 1	LE15	2,4	20,5	387,5	0,6	9,1	9,5	OK
	B42	M30 10.9 - 1	LE15	8,5	37,8	436,6	2,1	16,8	18,4	OK
	B43	M30 10.9 - 1	LE11	0,9	41,3	588,0	0,2	18,4	18,6	OK
	B44	M30 10.9 - 1	LE11	2,5	38,0	387,5	0,6	16,9	17,4	OK
	B45	M30 10.9 - 1	LE11	4,7	53,8	588,0	1,2	24,0	24,8	OK
	B46	M30 10.9 - 1	LE21	11,7	32,3	340,3	2,9	14,4	16,5	OK
	B47	M30 10.9 - 1	LE17	12,7	24,0	387,5	3,1	10,7	12,9	OK
	B48	M30 10.9 - 1	LE17	25,3	37,2	393,8	6,3	16,6	21,0	OK
	B51	M30 10.9 - 2	LE15	20,8	121,7	588,0	5,1	54,2	57,9	OK
	B52	M30 10.9 - 2	LE15	9,7	187,3	468,0	2,4	83,5	85,2	OK
	B55	M30 10.9 - 1	LE15	3,5	149,2	467,7	0,9	66,5	67,1	OK
	B56	M30 10.9 - 1	LE15	11,8	114,5	467,7	2,9	51,0	53,1	OK

Dati Progetto

Classe	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M30 10.9 - 1	403,9	715,6	224,4
M30 10.9 - 2	403,9	536,7	224,4

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Stato
SP3	M5-bfl 1	◢ 6,0 ◣	299	LE12	69,1	0,0	-23,9	-21,0	-31,0	15,9	8,3	OK
		◢ 6,0 ◣	299	LE15	104,2	0,0	-51,3	28,3	44,1	23,9	6,4	OK
SP3	M5-tfl 1	◢ 6,0 ◣	299	LE12	42,9	0,0	5,9	-24,2	4,0	9,8	6,4	OK
		◢ 6,0 ◣	299	LE12	104,3	0,0	-47,6	-38,0	37,8	23,9	6,9	OK
SP3	M5-w 1	◢ 6,0 ◣	336	LE12	119,9	0,0	-9,9	-68,3	-9,9	27,5	19,2	OK
		◢ 6,0 ◣	337	LE15	124,2	0,0	1,4	54,9	46,1	28,5	19,3	OK

Dati Progetto

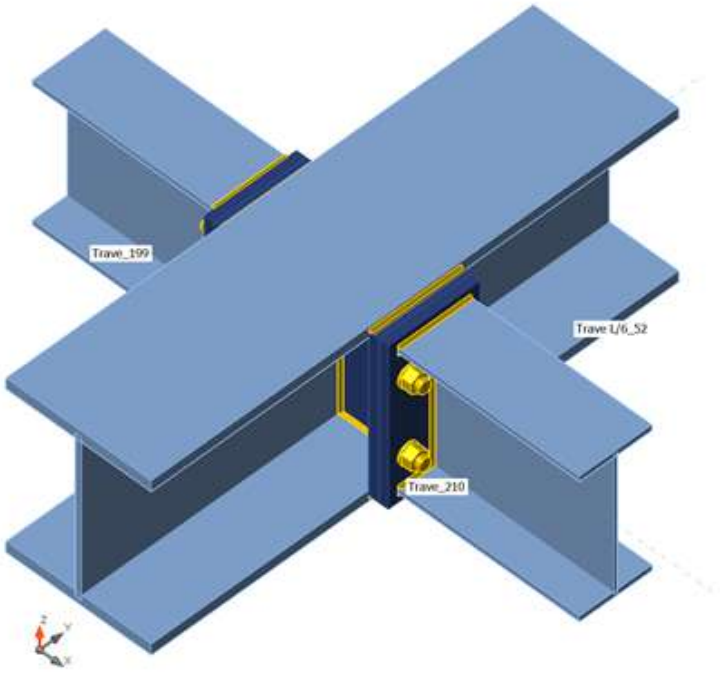
Materiale	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	0,90	435,6	352,8

GIUNTO ROMPITRATTA-TRAVERSO

Membrature

Geometry

Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forze in
Trave L/6_52	1 - HEB360	-90,0	0,0	0,0	0	0	0	Posizione
Trave_199	5 - IPE300	0,0	0,0	0,0	0	0	20	Posizione
Trave_210	5 - IPE300	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Posizione



Sezioni

Nome	Materiale
1 - HEB360	S 355
5 - IPE300	S 355

Bulloni

Nome	Assieme bullone	Diametro [mm]	fu [MPa]	Superficie lorda [mm^2]
M24 10.9	M24 10.9	24	1000,0	452

Effetti del carico (forze in equilibrio)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[16 COMB](49)	Trave L/6_52	-21,6	-2,0	32,5	0,0	-108,8	-5,9
	Trave L/6_52	17,7	12,4	-13,7	0,0	108,8	5,9
	Trave_199	-28,6	0,0	-11,2	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	30,4	0,0	-11,2	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	Trave L/6_52	-37,5	12,3	293,6	0,0	-787,6	-2,4
	Trave L/6_52	37,5	-10,9	-80,9	0,0	787,6	2,4
	Trave_199	-158,2	0,0	-76,9	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	156,8	0,0	-135,8	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,0x[3 Q_Dist]+1,5x[11 Vy-](51)	Trave L/6_52	-21,5	0,0	95,3	0,0	-279,1	0,0
	Trave L/6_52	21,5	0,0	-51,1	0,0	279,1	0,0
	Trave_199	-100,4	0,0	-22,1	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	100,4	0,0	-22,1	0,0	0,0	0,0
1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[20 COMB](52)	Trave L/6_52	8,6	1,5	57,7	0,0	-163,7	2,7
	Trave L/6_52	5,0	-4,6	-33,2	0,0	163,7	-2,7
	Trave_199	-64,6	0,0	-11,2	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	63,7	0,0	-11,2	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-](53)	Trave L/6_52	-34,3	0,4	293,6	0,0	-787,6	-0,2
	Trave L/6_52	34,3	-0,1	-80,9	0,0	787,6	0,2
	Trave_199	-141,9	0,0	-76,9	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	141,7	0,0	-135,8	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]+0,9x[10 Vy+](54)	Trave L/6_52	-20,6	0,2	221,9	0,0	-585,0	-0,1
	Trave L/6_52	20,6	-0,1	-82,5	0,0	584,9	0,1
	Trave_199	-86,0	0,0	-50,1	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	85,9	0,0	-89,3	0,0	0,0	0,0
1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]+1x[20 COMB](55)	Trave L/6_52	-31,2	-1,5	39,4	0,0	-122,5	-2,7
	Trave L/6_52	17,7	4,6	-19,2	0,0	122,5	2,7
	Trave_199	-43,8	0,0	-11,2	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	44,7	0,0	-11,2	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[11 Vy-](56)	Trave L/6_52	-27,6	0,1	107,5	0,0	-332,0	0,1
	Trave L/6_52	27,6	0,5	-42,2	0,0	332,0	-0,1
	Trave_199	-120,3	0,0	-32,6	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	119,7	0,0	-32,6	0,0	0,0	0,0

1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4](57)	Trave L/6_52	-20,7	0,2	221,9	0,0	-585,0	-0,1
	Trave L/6_52	20,7	-0,1	-82,5	0,0	585,0	0,1
	Trave_199	-86,1	0,0	-50,1	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	86,0	0,0	-89,3	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3](58)	Trave L/6_52	-34,1	0,3	293,6	0,0	-787,6	-0,2
	Trave L/6_52	34,1	-0,1	-80,9	0,0	787,6	0,2
	Trave_199	-142,0	0,0	-76,9	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	141,8	0,0	-135,8	0,0	0,0	0,0
1x[1 G_Std]+1x[2 G_NonStd]-1x[16 COMB](33)	Trave L/6_52	-1,1	2,0	64,6	0,0	-177,4	5,9
	Trave L/6_52	4,9	-12,4	-38,8	0,0	177,4	-5,9
	Trave_199	-79,8	0,0	-11,2	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	78,0	0,0	-11,2	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[4 Q_Punt1]+0,9x[10 Vy+](35)	Trave L/6_52	-27,2	0,0	107,5	0,0	-332,0	0,1
	Trave L/6_52	27,2	0,5	-42,2	0,0	332,0	-0,1
	Trave_199	-120,2	0,0	-32,6	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	119,7	0,0	-32,6	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+1,0x[9 Q_Freno2](3)	Trave L/6_52	-31,5	20,4	108,5	0,0	-317,0	0,4
	Trave L/6_52	31,5	-18,5	-58,1	0,0	317,0	-0,4
	Trave_199	-153,8	0,0	-25,2	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	151,9	0,0	-25,2	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[10 Vy+]+1,(7)	Trave L/6_52	-37,4	12,2	293,6	0,0	-787,6	-2,4
	Trave L/6_52	37,4	-10,9	-80,9	0,0	787,6	2,4
	Trave_199	-158,1	0,0	-76,9	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	156,7	0,0	-135,8	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+1,0x[9 Q_Freno2](1)(8)	Trave L/6_52	-31,8	20,4	108,5	0,0	-317,0	0,4
	Trave L/6_52	31,8	-18,5	-58,1	0,0	317,0	-0,4
	Trave_199	-153,7	0,0	-25,2	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	151,8	0,0	-25,2	0,0	0,0	0,0
1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,(10)	Trave L/6_52	-37,8	12,3	293,6	0,0	-787,6	-2,4
	Trave L/6_52	37,8	-10,9	-80,9	0,0	787,6	2,4
	Trave_199	-158,1	0,0	-76,9	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	156,8	0,0	-135,8	0,0	0,0	0,0

1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[7 Q_Punt4]+0,9x[11 Vy-](11)	Trave L/6_52	-21,0	0,3	221,9	0,0	-585,0	-0,1
	Trave L/6_52	21,0	-0,1	-82,5	0,0	585,0	0,1
	Trave_199	-86,0	0,0	-50,1	0,0	0,0	0,0
	Trave_210	85,9	0,0	-89,3	0,0	0,0	0,0

Verifica

Riassunto

Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	0,0 < 5,0%	OK
Bulloni	56,9 < 100%	OK
Saldature	98,5 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

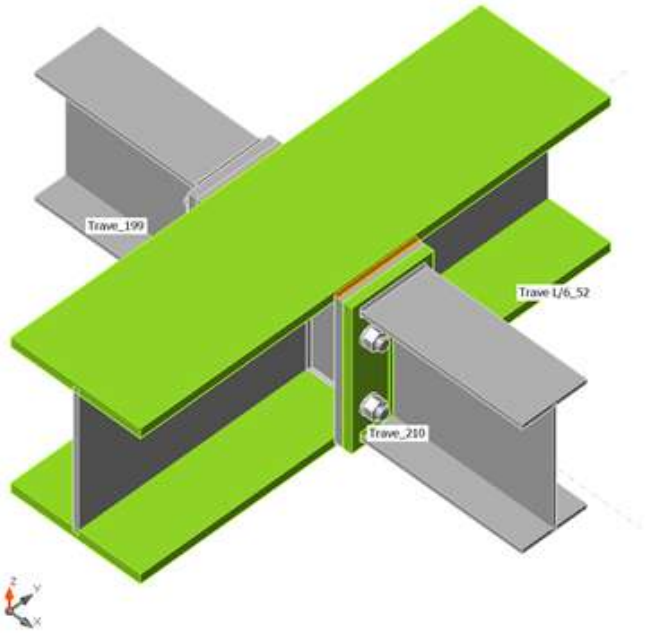
Nome	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
Trave L/6_52-bfl 1	22,5	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	350,4	0,0	0,0	OK
Trave L/6_52-tfl 1	22,5	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1, (10)	355,0	0,0	0,0	OK
Trave L/6_52-w 1	12,5	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1, (10)	292,6	0,0	0,0	OK
Trave_199-bfl 1	10,7	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	130,1	0,0	0,0	OK
Trave_199-tfl 1	10,7	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-](53)	53,2	0,0	0,0	OK
Trave_199-w 1	7,1	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	178,1	0,0	0,0	OK
Trave_210-bfl 1	10,7	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	177,5	0,0	0,0	OK
Trave_210-tfl 1	10,7	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-](53)	113,7	0,0	0,0	OK
Trave_210-w 1	7,1	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	254,1	0,0	0,0	OK
SEP1a	20,0	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	204,4	0,0	27,8	OK
SEP1b	20,0	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	250,2	0,0	51,4	OK
IRR	20,0	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	92,9	0,0	0,0	OK
SEP2a	20,0	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	231,3	0,0	25,2	OK
SEP2b	20,0	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	316,9	0,0	42,6	OK
IRR	20,0	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	122,4	0,0	0,0	OK

Dati Progetto

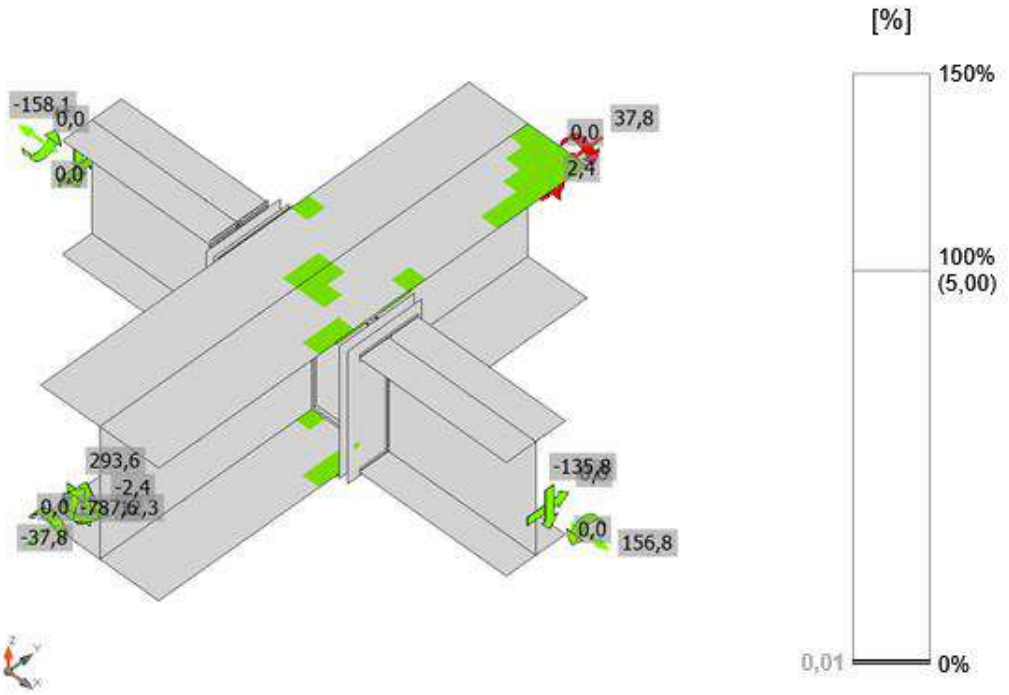
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

Spiegazione dei simboli

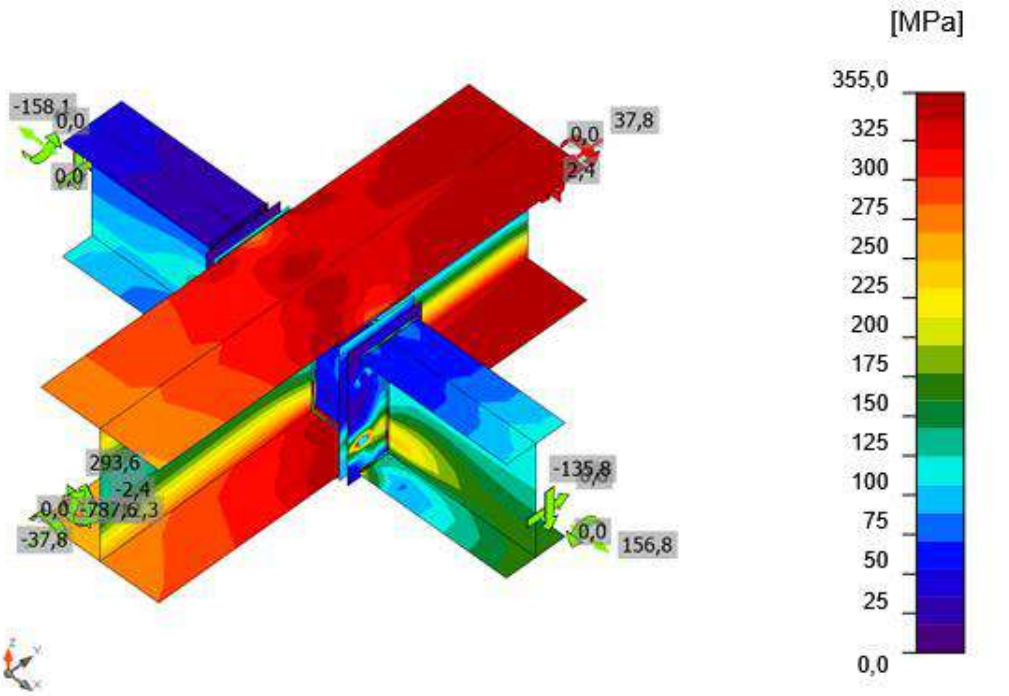
t_p	Spessore piastra
σ_{Ed}	Sforzo equivalente
ε_{Pl}	Deformazione Plastica
$\sigma_{c,Ed}$	Tensione di contatto
f_y	Tensione di snervamento
ε_{lim}	Limite di deformazione plastica



Verifica globale, 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,(10)

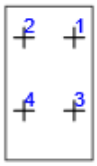
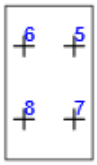


Verifica deformazione, 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,(10)



Sforzo equivalente, 1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,(10)

Bulloni

Forma	Elemento	Classe	Carichi	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Stato
	B1	M24 10.9 - 1	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	26,3	17,9	431,5	10,4	12,7	20,1	OK
	B2	M24 10.9 - 1	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	26,4	18,5	431,5	10,4	13,1	20,5	OK
	B3	M24 10.9 - 1	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	91,4	20,1	489,6	36,0	14,2	39,9	OK
	B4	M24 10.9 - 1	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	88,6	20,6	489,6	34,9	14,6	39,5	OK
	B5	M24 10.9 - 1	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	25,1	33,8	489,6	9,9	23,9	31,0	OK
	B6	M24 10.9 - 1	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	25,4	32,6	489,6	10,0	23,1	30,2	OK
	B7	M24 10.9 - 1	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	113,7	35,2	489,6	44,7	25,0	56,9	OK
	B8	M24 10.9 - 1	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	114,9	34,2	489,6	45,2	24,2	56,5	OK

Dati Progetto

Classe	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M24 10.9 - 1	254,2	584,3	141,2

Spiegazione dei simboli

$F_{t,Ed}$	Forza di trazione
$F_{v,Ed}$	Risultante delle forze di taglio del bullone Vy e Vz nei piani di taglio
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 – Tab. 3.4
Ut_t	Utilizzo in trazione
Ut_s	Utilizzo a taglio
Ut_{ts}	Interaction of tension and shear EN 1993-1-8 – Tab. 3.4
$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 – Tab. 3.4
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance EN 1993-1-8 – Tab. 3.4
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN 1993-1-8 – Tab. 3.4

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Stato
SEP1a	Trave L/6_52-tfl 1	◢ 4,0	190	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,(10)	446,1	1,0	-29,7	-248,6	65,2	98,4	83,3	OK
SEP1a	Trave L/6_52-bfl 1	◢ 4,0	190	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3](58)	445,9	0,9	66,4	-240,9	82,4	98,4	86,1	OK
SEP1b	Trave_199-bfl 1	◢ 4,0 ◣	150	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	263,8	0,0	125,4	104,4	83,9	58,2	30,7	OK
		◢ 4,0 ◣	149	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	191,6	0,0	-139,7	3,3	75,7	42,3	28,5	OK
SEP1b	Trave_199-tfl 1	◢ 4,0 ◣	149	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-](53)	61,9	0,0	-27,8	6,3	-31,3	13,7	10,3	OK
		◢ 4,0 ◣	150	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[3 Q_Dist]+1,0x[9 Q_Freno2](3)	83,7	0,0	41,9	37,0	-19,5	18,5	9,8	OK
SEP1b	Trave_199-w 1	◢ 4,0 ◣	288	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	265,4	0,0	117,6	67,2	119,8	58,6	23,7	OK
		◢ 4,0 ◣	288	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	267,2	0,0	121,3	-68,7	-119,0	58,9	23,3	OK
Trave L/6_52-bfl 1	IRR	◢ 4,0 ◣	144	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3](58)	172,7	0,0	-12,2	98,6	-13,4	38,1	26,6	OK
		◢ 4,0 ◣	144	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3](58)	177,1	0,0	-103,4	47,5	68,1	39,1	28,7	OK
Trave L/6_52-w 1	IRR	◢ 4,0 ◣	315	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	174,4	0,0	108,9	17,2	76,7	38,5	26,0	OK
		◢ 4,0 ◣	315	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,(10)	194,0	0,0	70,2	-20,6	-102,3	42,8	26,6	OK
Trave L/6_52-tfl 1	IRR	◢ 4,0 ◣	144	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,(10)	219,5	0,0	48,0	-92,4	82,1	48,4	22,0	OK

		4,0	315	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,(10)	194,0	0,0	70,2	-20,6	-102,3	42,8	26,6	OK
Trave L/6_52-tfl 1	IRR	4,0	144	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,(10)	219,5	0,0	48,0	-92,4	82,1	48,4	22,0	OK
		4,0	144	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-]+1,(10)	224,2	0,0	114,3	77,4	-80,1	49,5	27,2	OK
SEP1a	IRR	4,0	314	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	396,7	0,0	171,9	104,4	178,1	87,5	32,9	OK
		4,0	314	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	392,2	0,0	187,0	-83,4	-180,7	86,5	31,8	OK
SEP2a	Trave L/6_52-tfl 1	4,0	190	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3](58)	446,6	1,3	-80,3	-246,2	61,1	98,5	82,5	OK
SEP2a	Trave L/6_52-bfl 1	4,0	190	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	446,4	1,2	106,0	-241,6	65,6	98,5	86,9	OK
SEP2b	Trave_210-bfl 1	4,0	150	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	356,8	0,0	168,9	146,4	107,3	78,7	42,6	OK
		4,0	149	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	227,5	0,0	-162,0	2,2	92,2	50,2	38,3	OK
SEP2b	Trave_210-tfl 1	4,0	149	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-](53)	194,9	0,0	-116,4	-5,2	-90,1	43,0	28,4	OK
		4,0	149	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-](53)	132,5	0,0	-52,5	-28,1	64,4	29,2	20,9	OK
SEP2b	Trave_210-w 1	4,0	288	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	360,7	0,0	168,6	-77,1	167,2	79,6	34,6	OK
		4,0	288	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	360,3	0,0	166,1	77,6	-167,5	79,5	35,7	OK
Trave L/6_52-bfl 1	IRR	4,0	144	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+0,9x[11 Vy-](53)	189,1	0,0	-109,9	-59,7	-65,8	41,7	26,8	OK

		◢ 4,0 ◣	144	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	191,9	0,0	-19,8	-110,1	5,2	42,3	34,0	OK
Trave L/6_52-w 1	IRR	◢ 4,0 ◣	315	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	198,8	0,0	71,8	43,5	97,8	43,9	27,2	OK
		◢ 4,0 ◣	315	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	183,1	0,0	107,1	-27,5	-81,2	40,4	26,3	OK
Trave L/6_52-tfl 1	IRR	◢ 4,0 ◣	144	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	261,7	0,0	123,5	-107,5	78,6	57,7	30,8	OK
		◢ 4,0 ◣	144	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	236,5	0,0	43,2	101,3	-88,1	52,2	25,5	OK
SEP2a	IRR	◢ 4,0 ◣	314	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	444,4	0,1	217,5	19,1	222,9	98,0	47,6	OK
		◢ 4,0 ◣	314	1.35x[1 G_Std]+1.5x[2 G_NonStd]+1,5x[6 Q_Punt3]+1,0x[8 Q_Freno1(50)	444,4	0,1	226,1	-4,0	-220,8	98,0	44,7	OK

Dati Progetto

Materiale	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	0,90	453,3	367,2

CONCLUSIONI

L'analisi condotta ha portato alla luce le risultanze di calcolo relative alle strutture in oggetto. Le calcolazioni hanno messo in evidenza gli stati tensionali a cui tutti gli elementi sono sottoposti. Alla luce delle calcolazioni e delle verifiche effetuate gli elementi considerati rispettano i limiti imposti dalle normative vigenti e gli stati tensionali e deformativi rispettano i modelli costitutivi dei materiali considerati.