

REGIONE EMILIA ROMAGNA

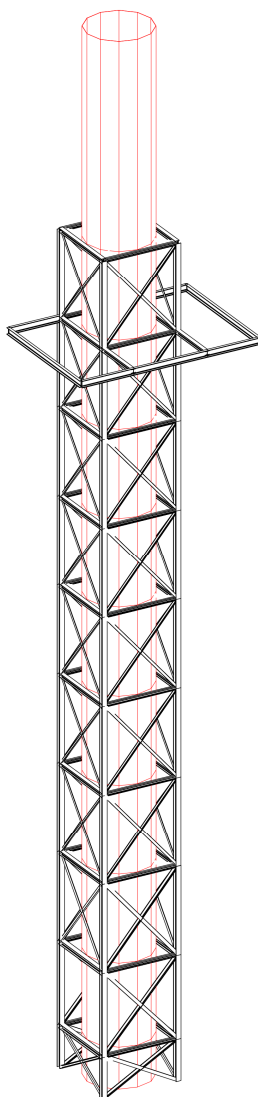
PROVINCIA DI PARMA

COMUNE DI TRAVERSETOLO

STRUTTURA DI SOSTEGNO PER CAMINO

Integrazione Pratica STC 154/2023/SISM/UPP

– Prot. 19547 del 19/10/2023



Committente: ***Mister Pet s.r.l.***

Il Progettista
Ing. Livio Catalani

Data: 21/11/2023

SOMMARIO

• GENERALITA'	3
3. Carichi su platea di fondazione.....	3
4. Combinazioni Sismiche	3
5. Verifica SLD.....	10
6. Giudizio di accettabilità dei risultati	12
7. Dettagli Ballatoio, Parapetti e Scala alla marinara.....	14

INTEGRAZIONE RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

(Ai sensi del D.M. 17.01.2018, Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”)

• GENERALITA’

La presente integrazione della pratica STC n° 154/2023/SISM/UPP si riferisce alla richiesta ricevuta da UNIONE PEDEMONTANA PARMENSE – Servizio Prevenzione Rischio Sismico con n° di protocollo 19547 datata 19/10/2023.

In questo documento, in veste di progettista della struttura in elevazione in acciaio, si risponde ai punti 3-4-5-6-7 relativi alla conformità del progetto alle norme tecniche delle costruzioni con la corrispondente numerazione

3. CARICHI SU PLATEA DI FONDAZIONE

In relazione al punto 3 della richiesta di integrazione circa la congruenza fra i carichi alla base delle colonne in acciaio e quelli assunti per il dimensionamento e la verifica della platea di fondazione ho verificato che la tabella riportata a pag. 23 del documento “PROGETTO ESECUTIVO DELLE STRUTTURE IN C.A. IN OPERA” relativo al “BASAMENTO IN C.A. DI ANCORAGGIO IMPIANTO SCRUBBER” redatto dall’ing. Francesco Ferrari, datato 21/03/2023, corrisponde fedelmente alle tabella delle reazioni vincolari estratte dal modello di calcolo denominato “Traliccio Mr PET 02” utilizzato per il dimensionamento della struttura in elevazione del traliccio .

4. COMBINAZIONI SISMICHE

Nel modello di calcolo utilizzato per il dimensionamento della struttura in elevazione del traliccio in acciaio per la valutazione degli effetti dell’azione sismica è stata utilizzata l’analisi dinamica modale con spettro di risposta considerando 20 frequenze proprie di oscillazione per ottenere oltre l’85% di masse eccitate in entrambe le direzioni.

Il software utilizzato “Mastersap” calcola la risposta sismica combinando le componenti:

$E_x + \lambda E_y$

$E_x - \lambda E_y$

$-E_x + \lambda E_y$

$-E_x - \lambda E_y$

$\lambda E_x + E_y$

$\lambda E_x - E_y$

$-\lambda E_x + E_y$

$-\lambda E_x - E_y$

Nella tabella a pag. 21 della relazione di calcolo, che riportiamo di seguito è indicato il valore di λ assunto pari a 0,3:

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	Traliccio Mr PET 02
Intestazione del lavoro	Traliccio Mr PET 02
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	daN
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

Normativa

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	II
Vita di riferimento	50 anni
Localita'	Traversetolo - Strada Pedemontana-Mamiano 35
Longitudine (WGS84)	10.326
Latitudine (WGS84)	44.672
Categoria del suolo	C
Coefficiente topografico	1
Coefficiente di smorzamento	3%
Eccentricita' accidentale	5%
Numero di frequenze	20
Comportamento strutturale	NON Dissipativo

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s^2)
SLO	30	0.0512	2.4640	0.24	1.68	1.50	0.753
SLD	50	0.0640	2.4810	0.26	1.64	1.50	0.942
SLV	475	0.1560	2.4690	0.28	1.60	1.47	2.248
SLE	475	0.1560	2.4690	0.28	1.60	1.47	2.248
SLC	975	0.1968	2.4790	0.29	1.58	1.41	2.717

Stato limite ultimo

Fattore di comportamento q per sisma orizzontale	qor=1
--------------------------------------------------	-------

Parametri sismici

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Assente
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC - Eurocodice 8
λ	0.3
μ	0.3

Le varie combinazioni sismiche con il sisma in una direzione ed il 30% nell'altra direzione sono evidenti nelle tabelle di verifica degli elementi strutturali dove per la combinazione dinamica si generano n° 16 combinazioni denominate con le

lettere da 1A a 1P; a titolo esemplificativo si riporta una parte del tabulato (pag. 41 della relazione di calcolo) di verifica di una trave HEA 100 del ballatoio:

Lavoro: **Traliccio Mr PET 02** Intestazione lavoro: **Traliccio Mr PET 02**
 Elemento: **TRAVE** Metodo di verifica: **Eurocodice 3 - NTC 2018**
 Gruppo: **6** Descrizione: **Pianerottolo**
 Tabella: **Travi Ballatoio** Struttura: **Nuova**
 Tipo acciaio: **S 275** Beta piano 'yx': **1.000** Beta piano 'zx': **1.000**
 Tipologia sismica: **Senza prescrizioni aggiuntive**
 γ_{M0} : **1.050** γ_{M1} : **1.050** $\gamma_{M1'}$: **1.050** γ_{M2} : **1.250** γ_{rv} : **0.000** γ_{M0} Pf: **1.000** γ_{M1} Pf: **1.000**
 Tipo collegamento: **saldato** Connessione su un solo lato Connessione sul lato corto (solo 'L')

ASTA NUM. 1 NI 42 NF 57 Lungh. 130.0 cm SEZ. 5 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.

qy medio: 0.1664 0.5100 3.4000 4.0764 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
1A	0	-195	203	92	0	41	-120	1	0.02	0.00	0.05	
1B	0	-195	607	92	0	41	-644	1	0.05	0.00	0.29	
1C	0	-195	203	-92	0	-41	-120	1	0.02	0.00	0.05	
1D	0	-195	607	-92	0	-41	-644	1	0.05	0.00	0.29	
1E	0	195	203	92	0	41	-120	1	0.02	0.00	0.05	
1F	0	195	607	92	0	41	-644	1	0.05	0.00	0.29	
1G	0	195	203	-92	0	-41	-120	1	0.02	0.00	0.05	
1H	0	195	607	-92	0	-41	-644	1	0.05	0.00	0.29	
1I	0	-140	271	197	0	117	-209	1	0.02	0.00	0.12	
1J	0	-140	539	197	0	117	-555	1	0.05	0.00	0.25	
1K	0	-140	271	-197	0	-117	-209	1	0.02	0.00	0.12	
1L	0	-140	539	-197	0	-117	-555	1	0.05	0.00	0.25	
1M	0	140	271	197	0	117	-209	1	0.02	0.00	0.12	
1N	0	140	539	197	0	117	-555	1	0.05	0.00	0.25	
1O	0	140	271	-197	0	-117	-209	1	0.02	0.00	0.12	
1P	0	140	539	-197	0	-117	-555	1	0.05	0.00	0.25	
2	0	-0	985	-1	0	-0	-900	1	0.08	0.00	0.41	
3	0	0	984	-0	0	-0	-900	1	0.08	0.00	0.41	
4	0	0	984	-0	0	-0	-900	1	0.08	0.00	0.41	
5	0	-0	1297	-0	0	-0	-1176	1	0.11	0.00	0.53	
1A	65	-195	93	92	0	-25	-24	1	0.01	0.00	0.02	
1B	65	-195	497	92	0	-25	-285	1	0.04	0.00	0.13	
1C	65	-195	93	-92	0	25	-24	1	0.01	0.00	0.02	
1D	65	-195	497	-92	0	25	-285	1	0.04	0.00	0.13	
1E	65	195	93	92	0	-25	-24	1	0.01	0.00	0.02	
1F	65	195	497	92	0	-25	-285	1	0.04	0.00	0.13	
1G	65	195	93	-92	0	25	-24	1	0.01	0.00	0.02	
1H	65	195	497	-92	0	25	-285	1	0.04	0.00	0.13	
1I	65	-140	161	197	0	-13	-68	1	0.01	0.00	0.03	
1J	65	-140	429	197	0	-13	-241	1	0.04	0.00	0.11	
1K	65	-140	161	-197	0	13	-68	1	0.01	0.00	0.03	
1L	65	-140	429	-197	0	13	-241	1	0.04	0.00	0.11	
1M	65	140	161	197	0	-13	-68	1	0.01	0.00	0.03	
1N	65	140	429	197	0	-13	-241	1	0.04	0.00	0.11	
1O	65	140	161	-197	0	13	-68	1	0.01	0.00	0.03	
1P	65	140	429	-197	0	13	-241	1	0.04	0.00	0.11	
2	65	-0	695	-1	0	-0	-354	1	0.06	0.00	0.16	
3	65	0	695	-0	0	0	-354	1	0.06	0.00	0.16	
4	65	0	695	-0	0	-0	-354	1	0.06	0.00	0.16	
5	65	-0	908	-0	0	-0	-459	1	0.08	0.00	0.21	

La norma richiederebbe anche l'introduzione di un'eccentricità accidentale per tener conto di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse che per i soli edifici può essere considerata non inferiore a 0,05 volte la dimensione media dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica (NTC 7.2.6). Detta eccentricità è assunta costante, per entità e direzione, su tutti gli orizzontamenti.

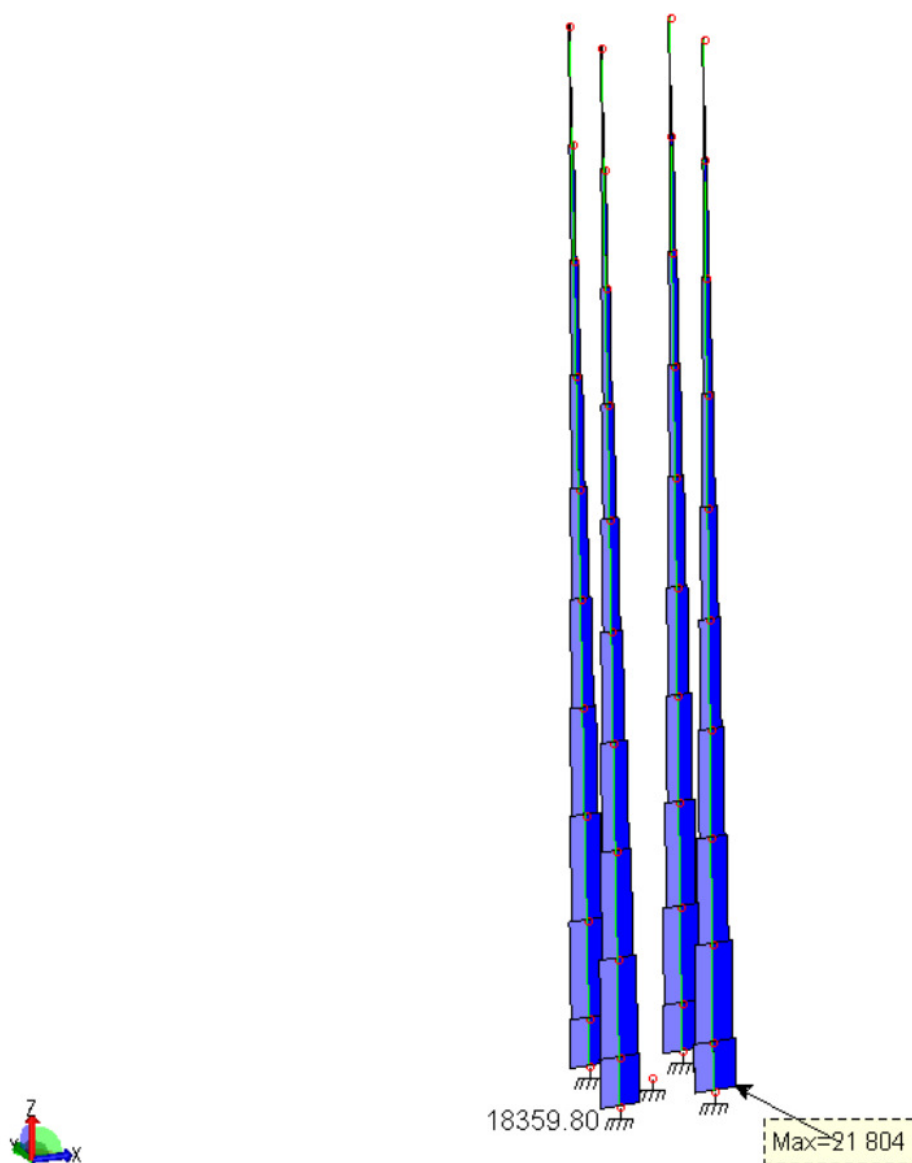
Nel caso in esame non sono presenti veri e propri orizzontamenti e meno che mai piani rigidi orizzontali. Per cui non è possibile applicare in automatico detta eccentricità al software.

D'altro canto le dimensioni in pianta sono 200x200 cm e pertanto, facendo una similitudine con gli edifici, l'eccentricità sarebbe pari a soli 10 cm. Non ultimo, per la struttura in esame, nella combinazione sismica sono sostanzialmente presenti solo i pesi propri ed i carichi permanenti portati (nel modello cautelativamente sono stati inseriti anche il 30% del carico variabile sul piccolo ballatoio ma è oltremodo remota la possibilità di concomitanza con il sisma) la cui dislocazione

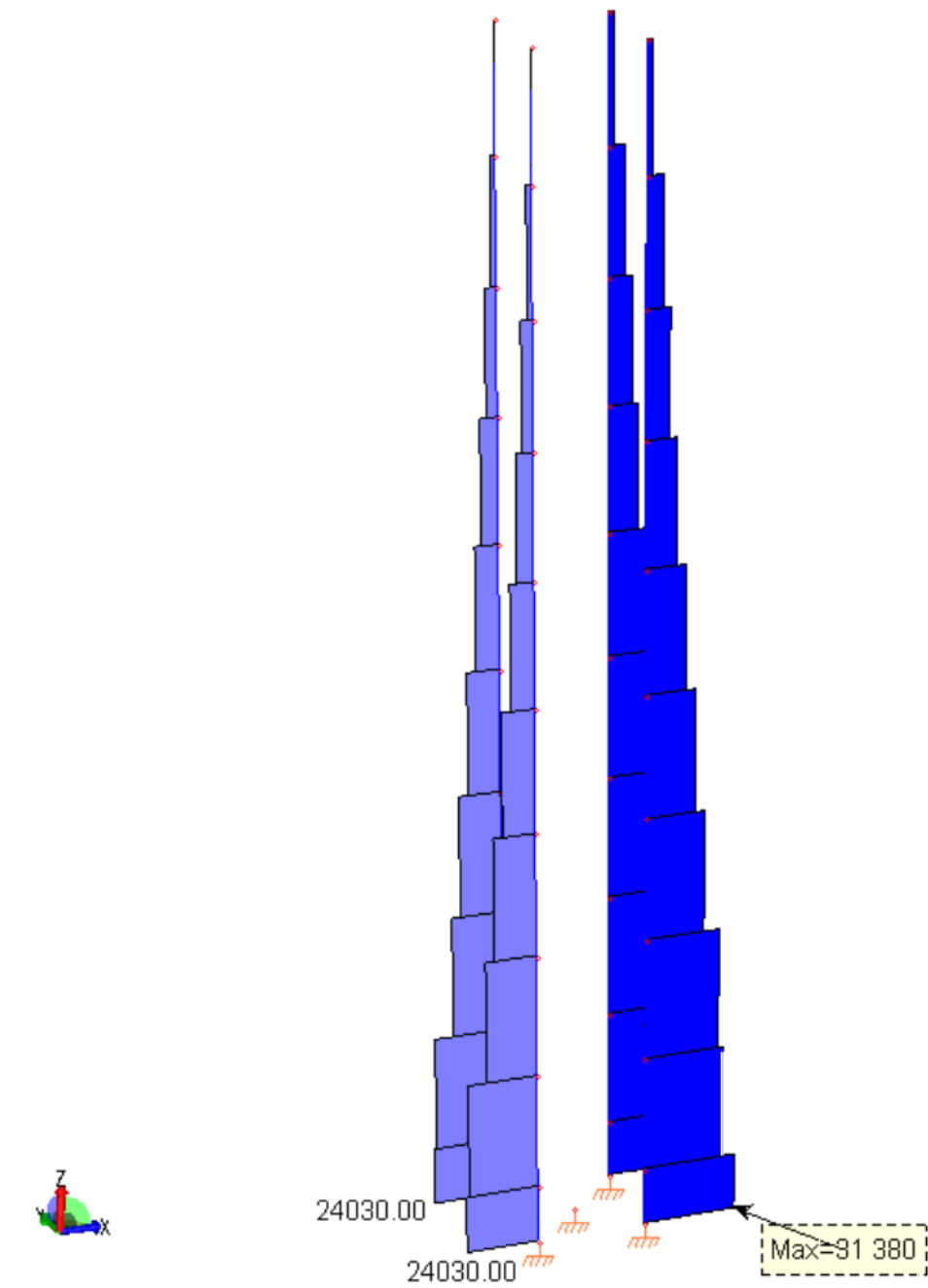
spaziale è fissa senza sensibili incertezze. Pertanto si può sostenere con ragionevole certezza che l'eccentricità del centro di massa sia trascurabile e conseguentemente i risultati ottenuti sono validi.

Si precisa inoltre che la valutazione delle masse è stata in tutti i casi cautelativa. In particolare la massa della tubazione diametro 1600 in polipropilene per l'azione sismica è assunta come fosse in acciaio sp. 5mm.

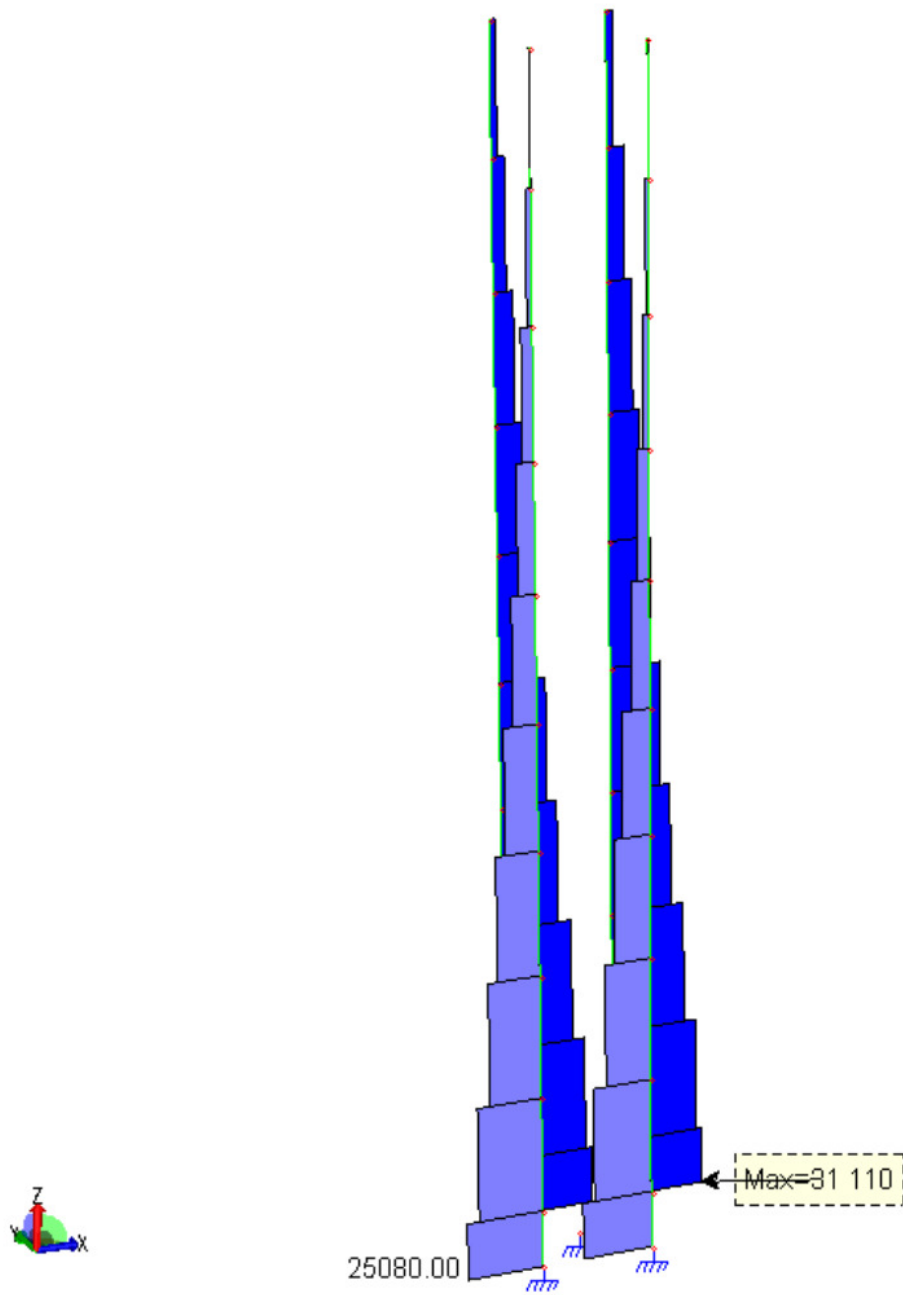
Nonostante ciò le azioni sismiche non sono dimensionanti rispetto al vento poiché come si rileva dalla relazione di calcolo le massime sollecitazioni su tutti gli elementi strutturali si rilevano con le combinazioni di carico aventi come azione base il vento. A scopo esemplificativo si riporta il confronto dei diagrammi dello sforzo normale per i montanti con le varie combinazioni di carico riprese dalla pag. 47 della relazione di calcolo e successive:



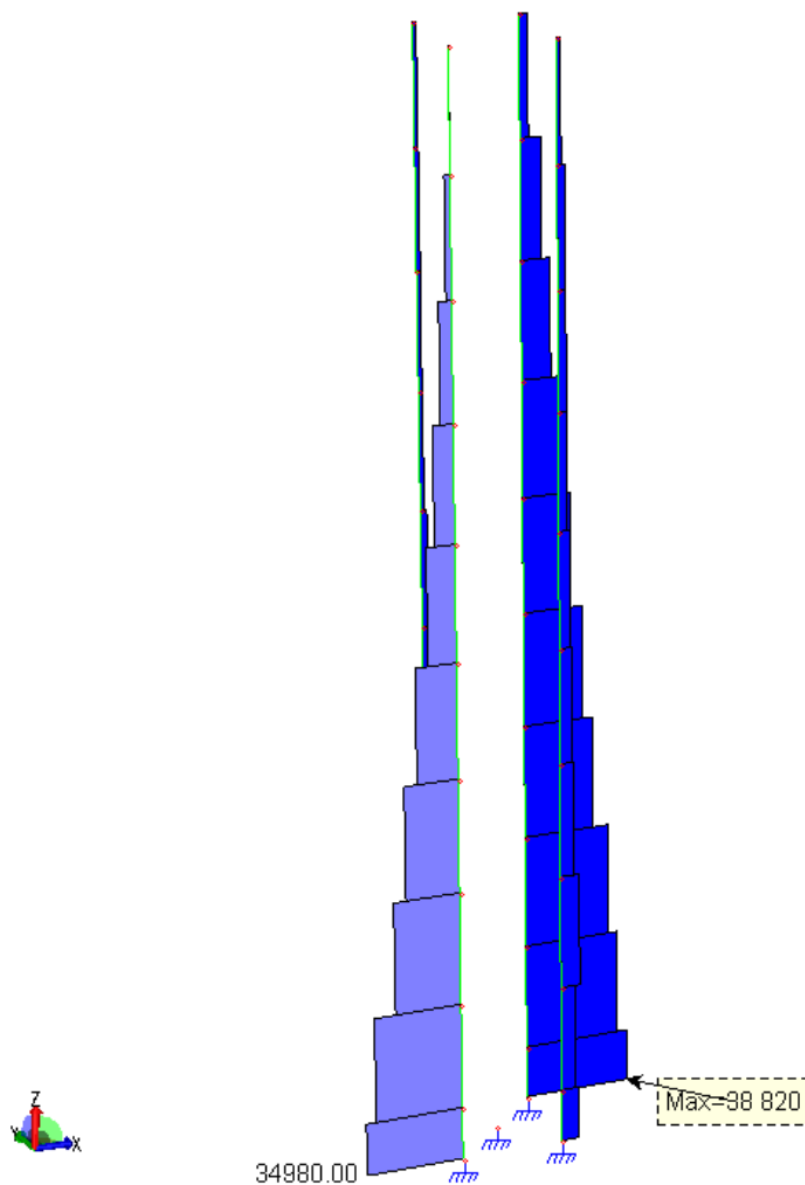
Modello generale per combinazione 1 dinamica – Involuppo Sforzo Normale F_x Montanti



Modello vento +X per combinazioni 2-5 statiche – Involuppo Sforzo Normale Fx Montanti



Modello vento +Y per combinazione 3 statica – Involuppo Sforzo Normale F_x Montanti



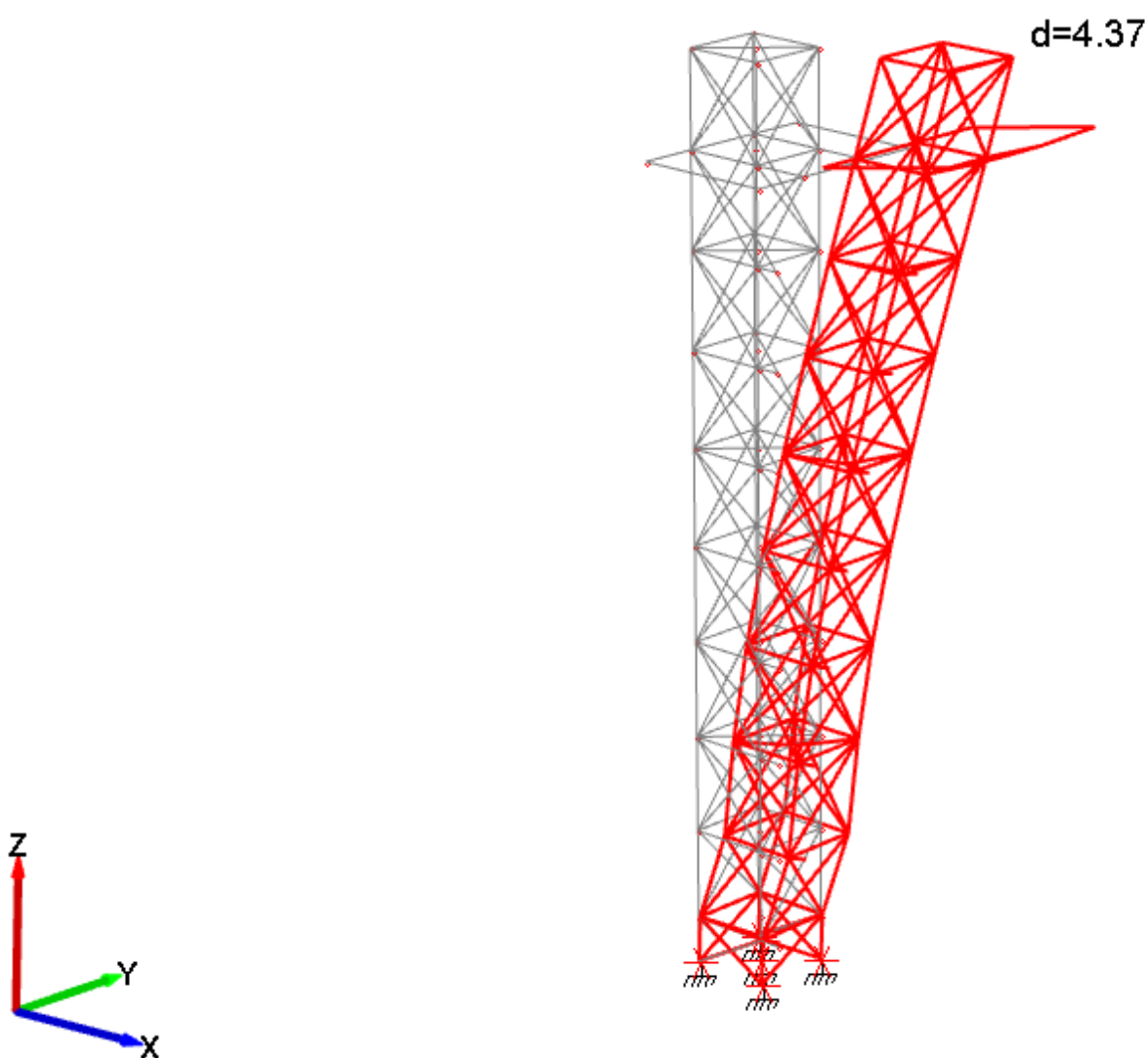
Modello vento diagonale per combinazione 4 statica – Involuppo Sforzo Normale F_x Montanti

Il massimo sforzo normale con la combinazione sismica è pari a 21804 daN mentre con le combinazioni con azione base il vento il massimo sforzo normale è pari a 38820 daN.

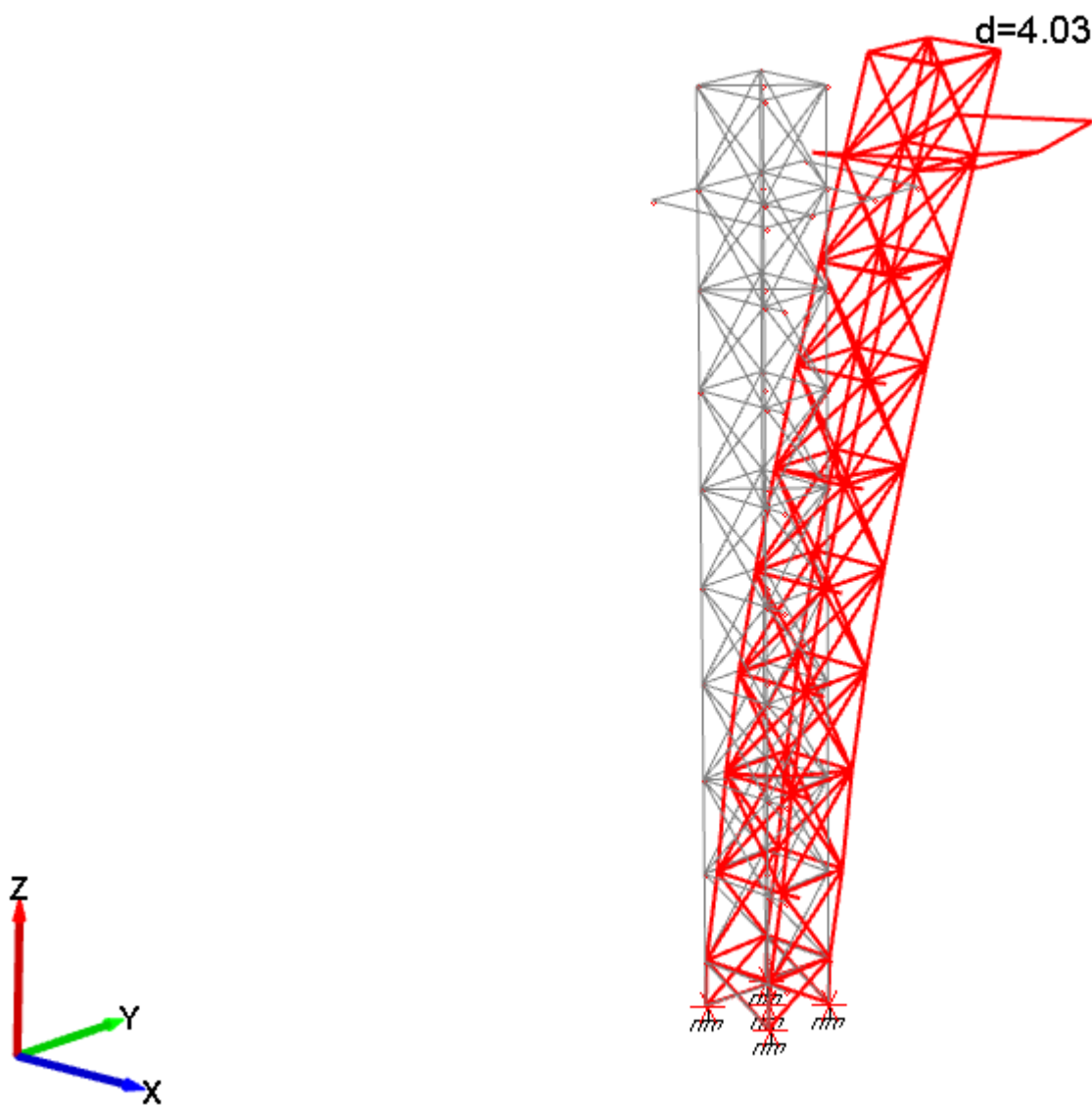
5. VERIFICA SLD

La classe d'uso della struttura è di tipo 2 per cui occorrerebbe verificare la rigidezza allo stato limite di danno secondo la tabella 7.3.III delle NTC. Al punto 7.3.6.1 delle NTC: “La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione in agibile”. Nel caso in esame non sono presenti tamponamenti o comunque elementi non strutturali che si possano danneggiare essendo presente la sola tubazione in polipropilene avente ampi margini di flessibilità rispetto alla struttura in acciaio. Per questo motivo nella relazione di calcolo non sono state eseguite verifiche SLD.

Si riportano comunque di seguito gli spostamenti massimi in sommità con la combinazione di carico dinamica SLV (più gravosa rispetto a SLD)



Spostamento in sommità SLV – $E_x + \lambda E_y$



Spostamento in sommità SLV – $E_x + \lambda E_y$

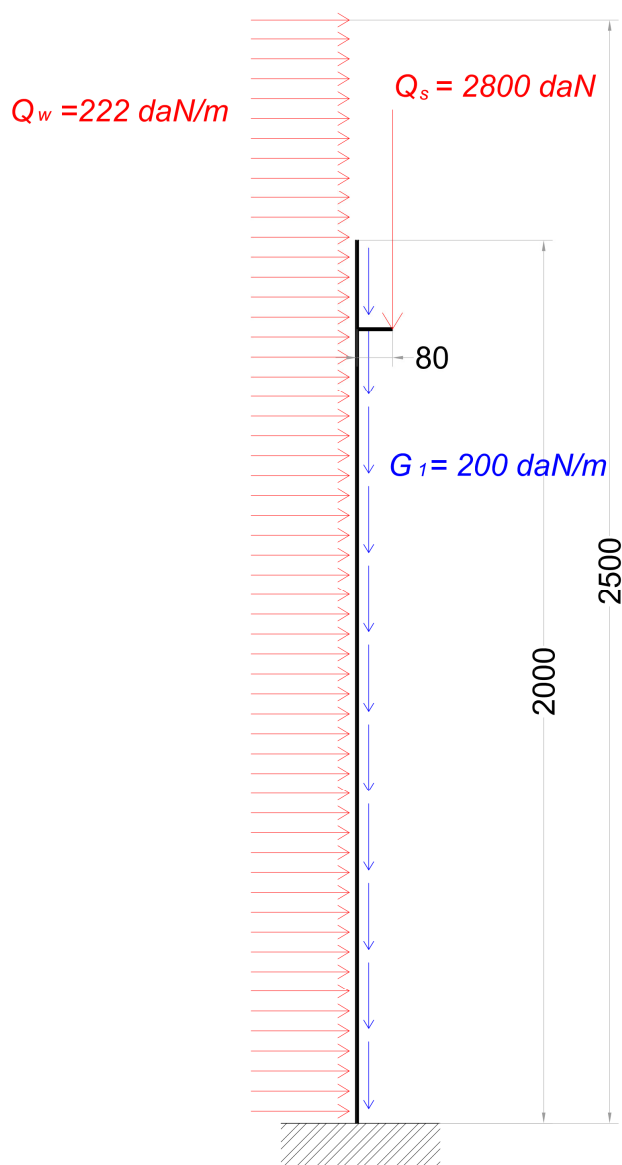
Il massimo spostamento pari a 4,37 cm su un altezza di 20 m corrisponde a 0,0022 h inferiore anche alla limitazione di 0,0050 h che prescrive NTC in caso di tamponature fragili .

6. GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Data la forma della struttura per poter dare il giudizio di accettabilità dei risultati si può eseguire un confronto con una semplice struttura a mensola incastrata alla base e soggetta al carico verticale (pesi propri, carichi permanenti portati e carico variabile sul ballatoio con la sua eccentricità) e al carico orizzontale dovuto al vento. Con questa schematizzazione si ricavano lo sforzo normale ed il momento flettente alla base che suddivisi sui quattro montanti in funzione della relativa distanza dovrebbero fornire sollecitazioni dello stesso ordine di grandezza di quelle ricavate dal modello di calcolo.

Ipotizzando di eseguire il calcolo per la combinazione di carico 2 avente come azione base il vento in direzione +X si assumono i seguenti carichi:

- Peso proprio e carichi permanenti portati 200 daN/ml (carico verticale per un'altezza di 20 ml)
- Carico variabile sul ballatoio 2800 daN (carico verticale con eccentricità di 80 cm)
- Vento +X 222 daN/ml (carico orizzontale per un'altezza di 25 ml)



$$N_{Ed} = \gamma_G \cdot G_1 \cdot h_1 + \gamma_Q \cdot \psi_{01} \cdot Q_s = 1,3 \cdot 200 \cdot 20 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 2800 = 8140 \text{ daN}$$

$$M_{Ed} = \frac{\gamma_Q \cdot Q_w \cdot h_2^2}{2} + \gamma_Q \cdot \psi_{01} \cdot Q_s \cdot e = \frac{1,5 \cdot 222 \cdot 25^2}{2} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 2800 \cdot 0,8 = 106414 \text{ daN/m}$$

$$N_{Ed, \max} = \frac{N_{Ed}}{n} + \frac{M_{Ed}}{\frac{n}{2} \cdot d} = \frac{8140}{4} + \frac{106414}{2 \cdot 1,88} = 30336 \text{ daN}$$

$$N_{Ed, \min} = \frac{N_{Ed}}{n} - \frac{M_{Ed}}{\frac{n}{2} \cdot d} = \frac{8140}{4} - \frac{106414}{2 \cdot 1,88} = -26266 \text{ daN}$$

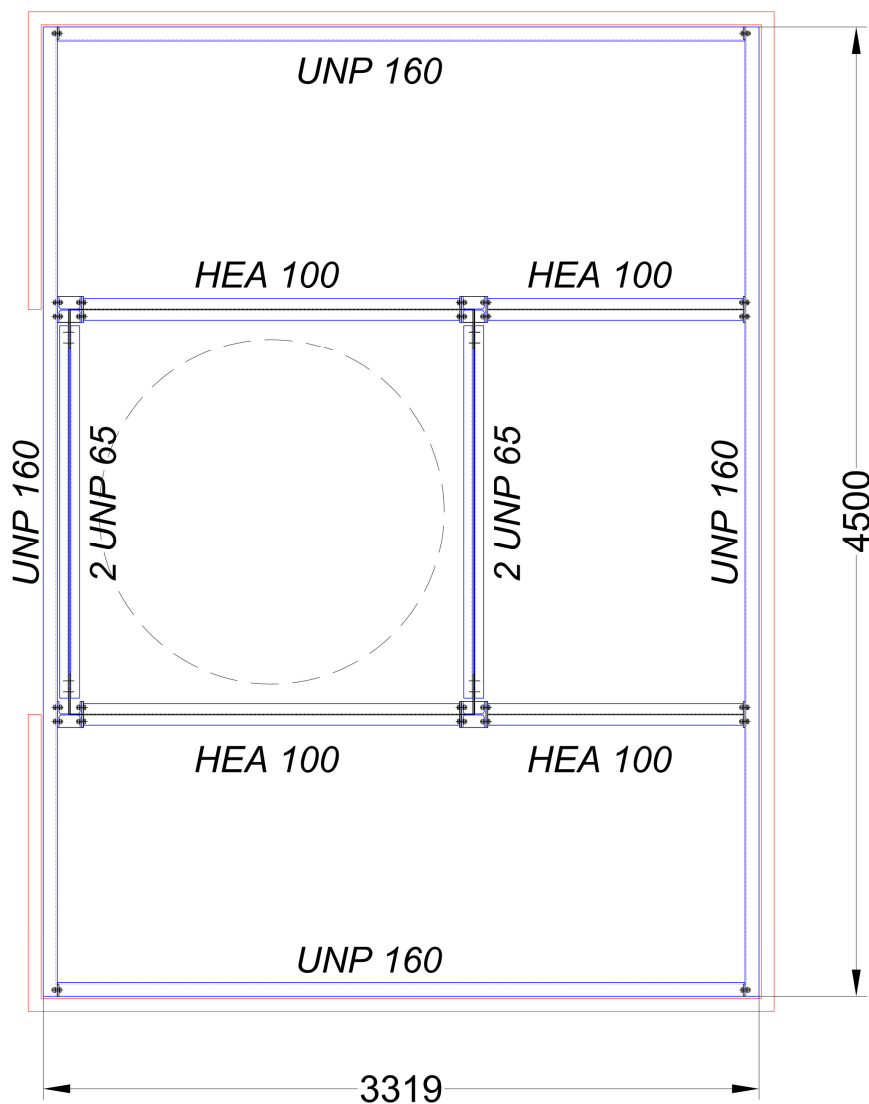
Confrontando i risultati del modello semplificato con quelli ottenuti con il modello di calcolo completo in merito alle sollecitazioni alla base dei montanti con la combinazione di carico 2 si ha:

nodo	modello reale	schema sempl.	differenza
	N_{Ed}	N_{Ed}	
1	-27040	-26266	2,86%
4	-27140	-26266	3,22%
45	31230	30336	2,86%
46	31370	30336	3,30%
Somma	8420	8140	3,33%

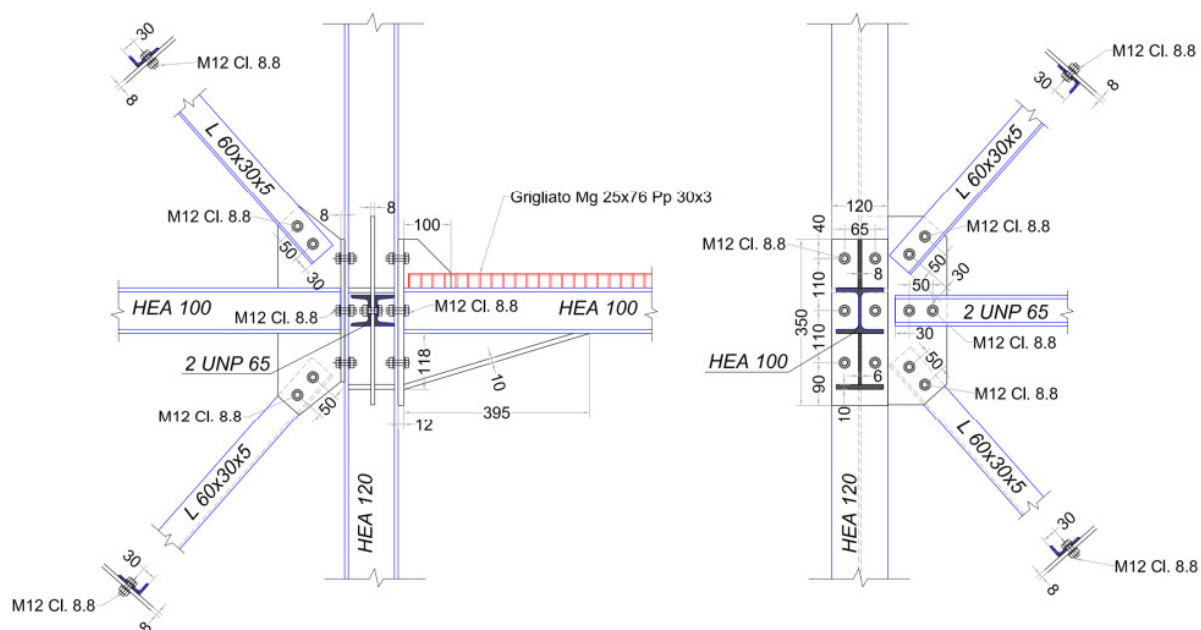
Le differenze riscontrate intorno al 3 % sono sicuramente accettabili.

7. DETTAGLI BALLATOIO, PARAPETTI E SCALA ALLA MARINARA

La struttura del ballatoio a q. + 18,198 avente dimensioni esterne 4,50 x 3,319 m è formata da travi HEA 100 e UNP 160 disposte nelle due direzioni principali. Di seguito l'immagine in pianta del ballatoio:

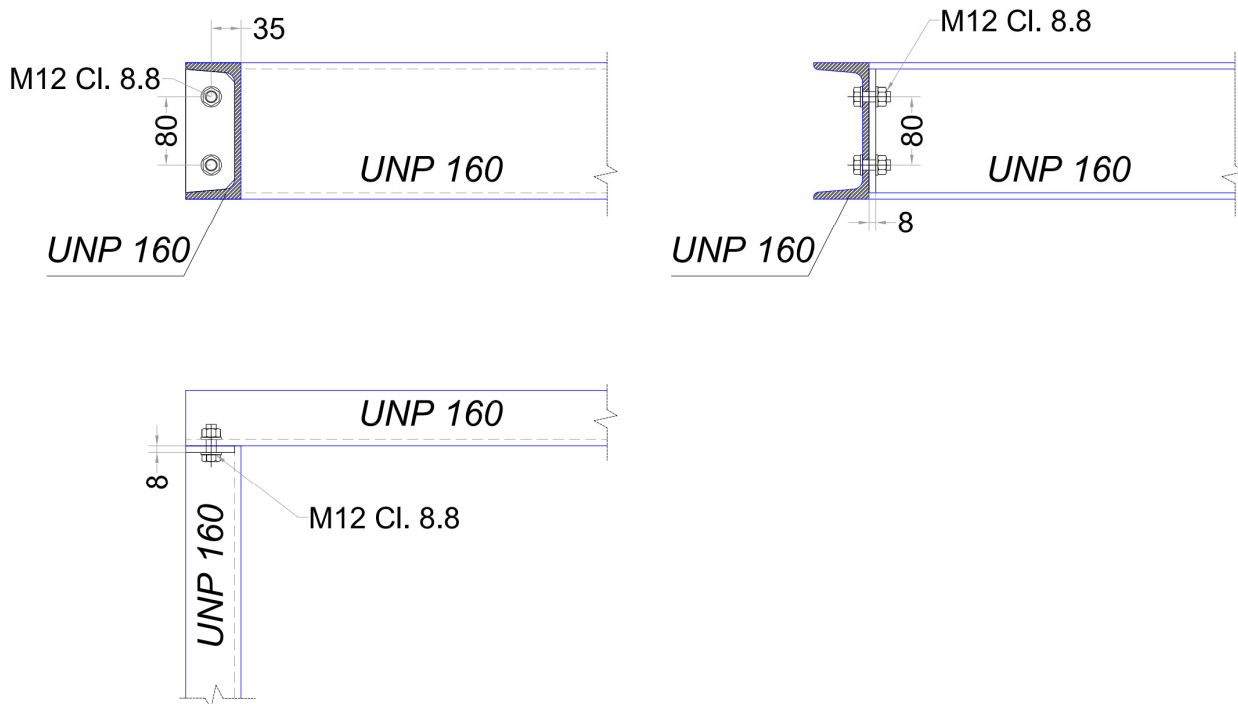


Nella relazione di calcolo (pag. 104) è riportata la verifica del collegamento fra la trave a mensola HEA 100 ed il montante del traliccio HEA 120 di cui si riporta l'immagine.



Tale collegamento è senza dubbio il più impegnato relativamente alle travi che formano il ballatoio.

Il collegamento fra profili UNP 160 negli angoli è schematizzato come articolato ed è realizzato con una flangia sp. 8 mm e n° 2 bulloni M12 cl. 8.8. Di seguito un dettaglio del nodo:



Dal modello di calcolo si ricava la massima sollecitazione:

$$V_{Ed} = 465 \text{ daN}$$

Tenendo conto dell'eccentricità della bullonatura rispetto al baricentro della sezione si calcola il massimo sforzo di taglio su un bullone:

$$F_{b,Ed} = \sqrt{\left(\frac{V_{Ed}}{n}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed} \cdot e}{d}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{465}{2}\right)^2 + \left(\frac{465 \cdot 1,66}{8}\right)^2} = 252 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M12 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 3237 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 252 \text{ daN}$$

La resistenza a rifollamento dell'anima del profilo UNP 160:

Per il bullone vicino al bordo (considerando cautelativamente in entrambe le direzioni la distanza più piccola):

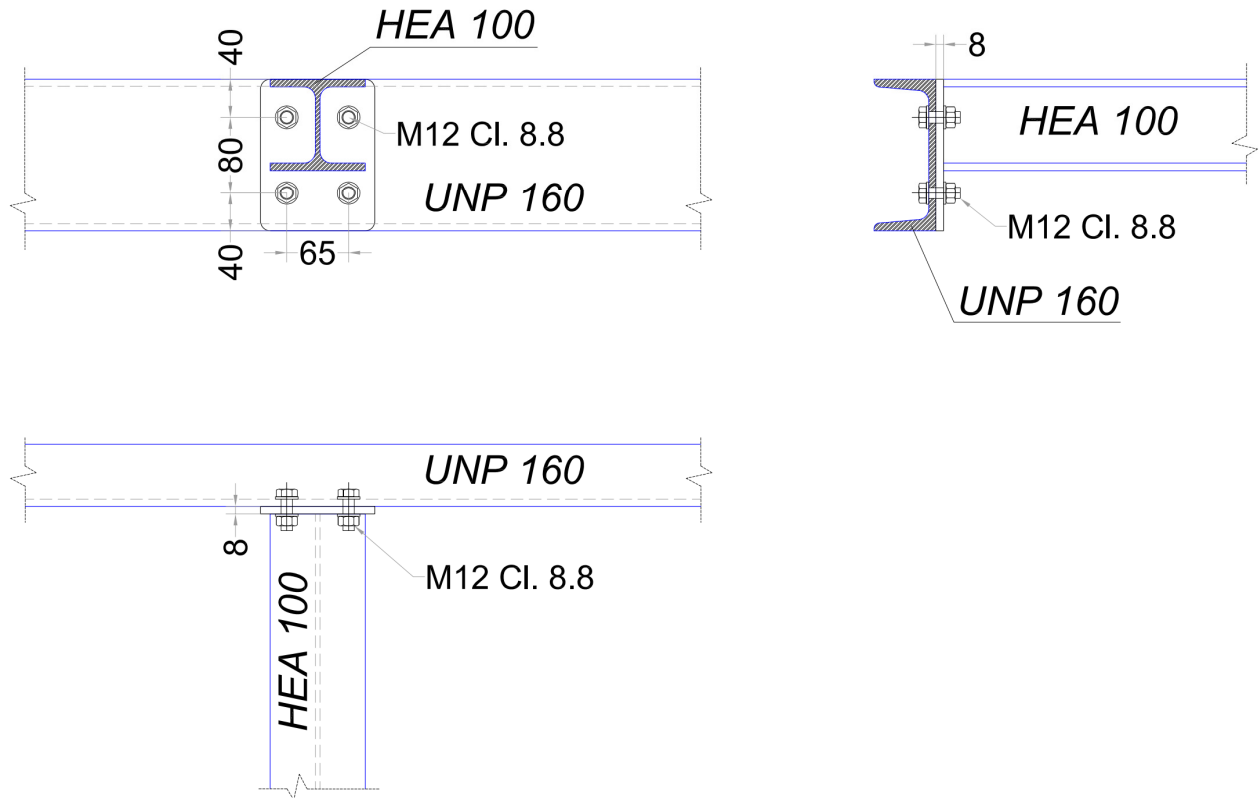
$$\alpha = \min\{e_1 / 3d_o ; f_{tb} / f_t ; 1\} = \min\{30 / (3 \cdot 13) ; 8000 / 4300 ; 1\} = \min\{0,77 ; 1,86 ; 1\} = 0,77$$

$$k = \min\{2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5\} = \min\{2,8 \cdot 30 / 13 - 1,7 ; 2,5\} = \min\{4,76 ; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 0,77 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,75}{1,25} = 5959 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 252 \text{ daN}$$

La verifica a rifollamento sulla piastra saldata all'altro UNP 160 è superflua poiché lo spessore è maggiore (8mm contro 7,5mm) e le distanze dai bordi non sono inferiori.

Il collegamento fra la trave perimetrale UNP 160 e la trave a mensola HEA 100 è schematizzato come articolato e in pratica si realizza con una flangia sp. 8 mm e n° 4 bulloni M12 cl. 8.8. Di seguito un dettaglio del nodo:



Dal modello di calcolo si ricava la massima sollecitazione:

$$V_{Ed} = 519 \text{ daN}$$

Il collegamento è centrato per cui il massimo sforzo di taglio su un bullone risulta:

$$F_{b,Ed} = \frac{V_{Ed}}{4} = \frac{519}{4} = 130 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M12 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 3237 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 130 \text{ daN}$$

La resistenza a rifollamento dell'anima del profilo UNP 160:

Per il bullone vicino al bordo (considerando cautelativamente in entrambe le direzioni la distanza più piccola sulla piastra):

$$\alpha = \min \left\{ e_1 / 3d_o ; f_{tb} / f_t ; 1 \right\} = \min \left\{ 27,5 / (3 \cdot 13) ; 8000 / 4300 ; 1 \right\} = \min \{ 0,70 ; 1,86 ; 1 \} = 0,70$$

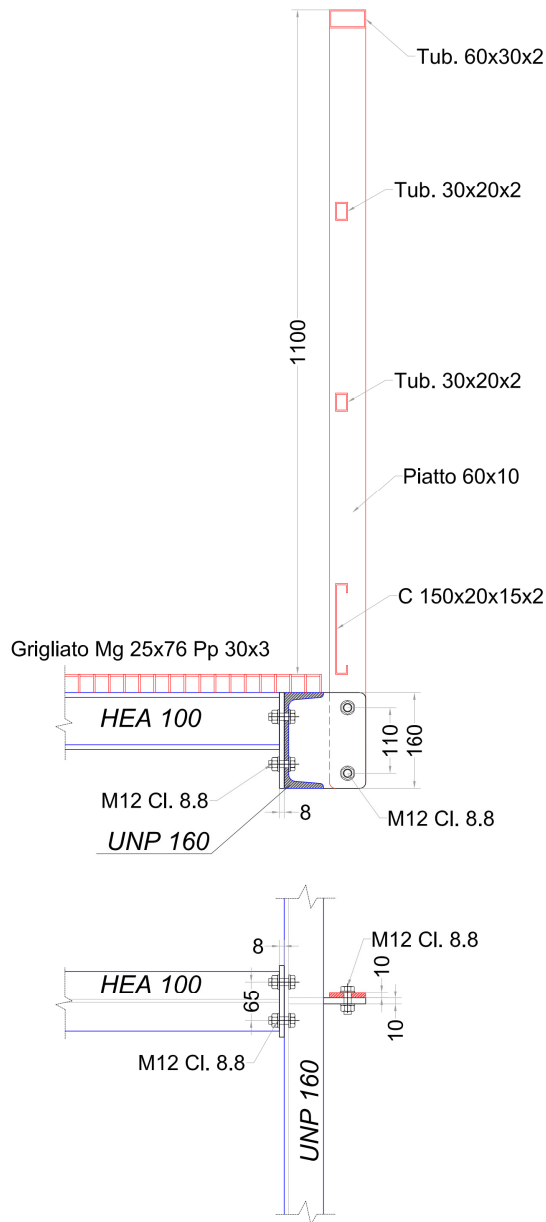
$$k = \min \left\{ 2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \cdot 27,5 / 13 - 1,7 ; 2,5 \right\} = \min \{ 4,22 ; 2,5 \} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 0,70 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,75}{1,25} = 5418 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 130 \text{ daN}$$

La verifica a rifollamento sulla piastra saldata al profilo HEA 100 è superflua poiché lo spessore è maggiore (8mm contro 7,5mm) e le distanze dai bordi non sono inferiori.

Il collegamento del profilo UNP 160 al lato opposto del ballatoio alle colonne HEA 120 è realizzato in modo analogo con n° 4 bulloni M12 cl. 8.8 nelle stesse posizioni che si collegano all'ala della colonna sp. 8 mm. Poiché le sollecitazioni sono inferiori rispetto al nodo già verificato non è necessario eseguire ulteriori verifiche.

I parapetti del ballatoio sono realizzati con capisaldi in piatto 60x10 in acciaio S275 ad interasse massimo di 1,09 m. Il collegamento fra i capisaldi e le travi UNP 160 perimetrali è realizzato con un fazzoletto sp. 10 mm e n° 2 bulloni M12 cl. 8.8. Di seguito un dettaglio del collegamento.



L'azione orizzontale sul mancorrente, assimilando il ballatoio ad una copertura accessibile per sola manutenzione, è pari a 100 daN/ ml. L'azione di taglio massima sul bullone superiore risulta:

$$F_{B,Ed} = \gamma_Q \cdot Q \cdot i \cdot \frac{h_2}{d} = 1,5 \cdot 100 \cdot 1,09 \cdot \frac{126,5}{11} = 1880 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M12 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 3237 \text{ daN} > F_{B,Ed} = 1880 \text{ daN}$$

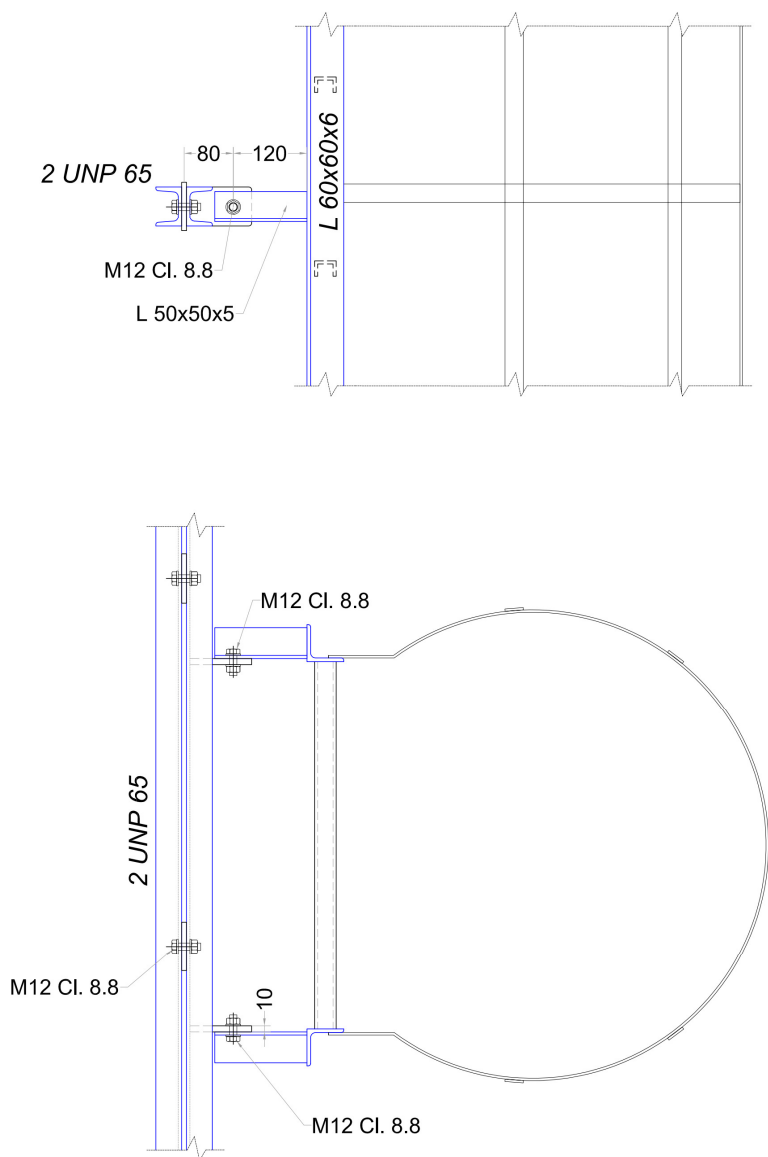
La resistenza a rifollamento per il bullone vicino al bordo (considerando cautelativamente in entrambe le direzioni la distanza più piccola):

$$\alpha = \min \{ e_1 / 3d_o ; f_{tb} / f_t ; 1 \} = \min \{ 30 / (3 \cdot 13) ; 8000 / 4300 ; 1 \} = \min \{ 0,77 ; 1,86 ; 1 \} = 0,77$$

$$k = \min \{ 2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 2,8 \cdot 30 / 13 - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 4,76 ; 2,5 \} = 2,5$$

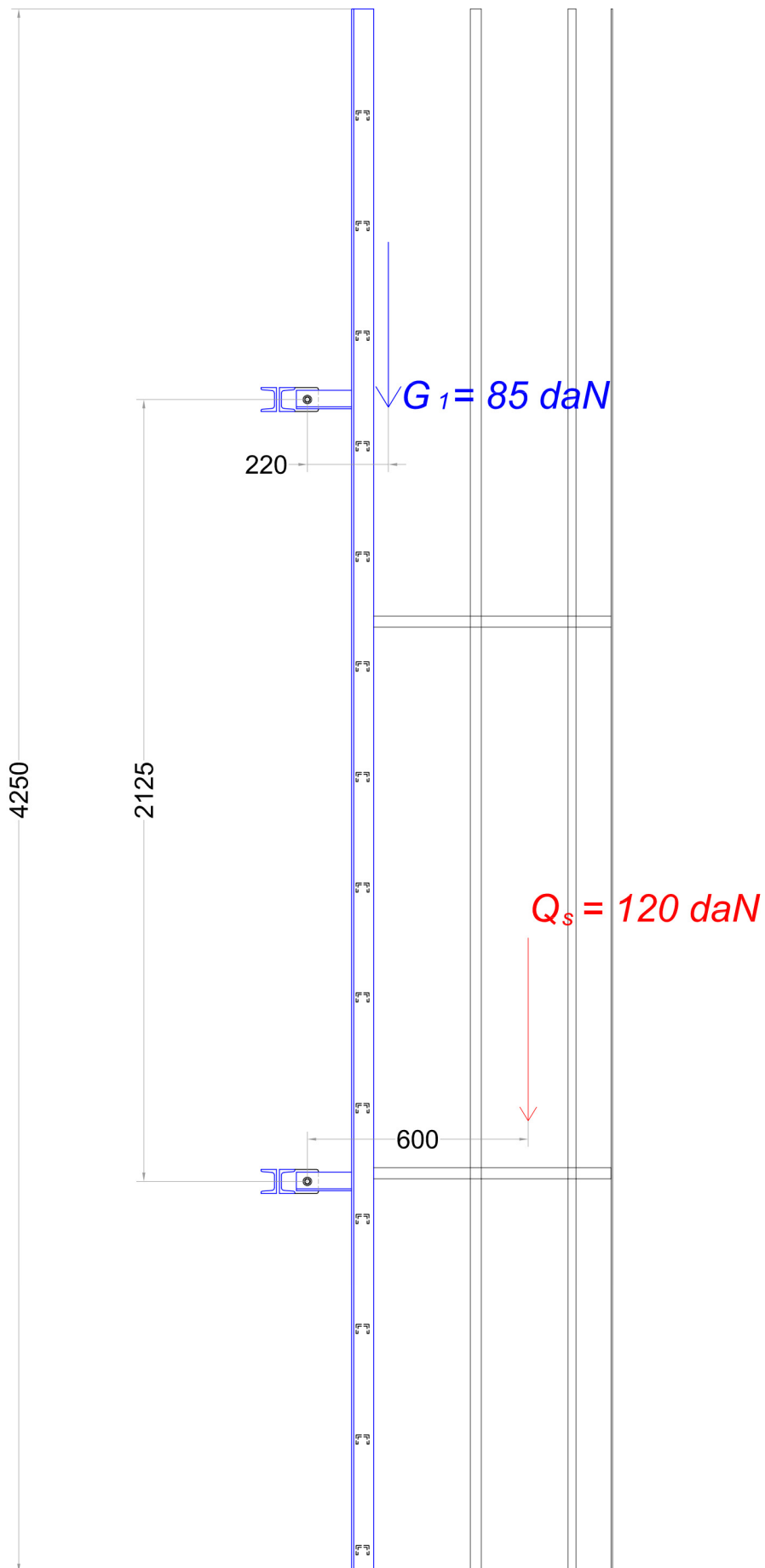
$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 0,77 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,2 \cdot 1,0}{1,25} = 7946 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 1880 \text{ daN}$$

La scala alla marinara è realizzata con n° 2 montanti in profilo angolare L 60x60x6 distanti 60 cm e collegati fra loro dai gradini in lamiera bugnata pressopiegata. La scala è collegata ai traversi (realizzati con n° 2 UNP 65) su tutti i livelli che sono posizionati ad interasse di 2,125 m. Questi collegamenti sono schematizzati a cerniera e sono realizzati con piatti sp. 10 mm e bulloni M12. Di seguito un dettaglio del collegamento:



Per la verifica del collegamento si ipotizza, per un tronco di scala comprendente due livelli di attacchi distanti 2,125 m, che i carichi derivanti dal peso proprio della scala (si ipotizza cautelativamente un carico di 20 daN/ml) e dal carico concentrato pari a 120 daN (lo stesso considerato per interventi di manutenzione delle coperture) con le relative eccentricità siano interamente sopportati dai due collegamenti.

Di seguito lo schema statico ipotizzato.



Sulla base di questo schema le sollecitazioni massime su una coppia di attacchi risultano:

$$V_{Ed} = \frac{\gamma_G \cdot G_1 + \gamma_Q \cdot Q_1}{2} = \frac{1,3 \cdot 85 + 1,5 \cdot 120}{2} = 145 \text{ daN}$$

$$H_{Ed} = \frac{\gamma_G \cdot G_1 \cdot e_G + \gamma_Q \cdot Q_1 \cdot e_Q}{h} = \frac{1,3 \cdot 85 \cdot 22 + 1,5 \cdot 120 \cdot 60}{212,5} = 62 \text{ daN}$$

Conseguentemente il taglio massimo su un bullone M12 risulta:

$$F_{b,Ed} = \frac{\sqrt{V_{Ed}^2 + H_{Ed}^2}}{2} = \frac{\sqrt{145^2 + 62^2}}{2} = 79 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M12 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 3237 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 79 \text{ daN}$$

La resistenza a rifollamento per il bullone sull'ala dell'angolare (considerando cautelativamente in entrambe le direzioni la distanza più piccola):

$$\alpha = \min \left\{ e_1 / 3d_o ; f_{tb} / f_t ; 1 \right\} = \min \left\{ 25 / (3 \cdot 13) ; 8000 / 4300 ; 1 \right\} = \min \{ 0,64 ; 1,86 ; 1 \} = 0,64$$

$$k = \min \left\{ 2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \cdot 25 / 13 - 1,7 ; 2,5 \right\} = \min \{ 3,68 ; 2,5 \} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 0,64 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,5}{1,25} = 3302 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 79 \text{ daN}$$