

INDICE

ANALISI DEI CARICHI	2
CARICO DA NEVE	3
AZIONE DEL VENTO	4
TABELLA CARICHI UNITARI	6
COMBINAZIONE DEI CARICHI UNITARI PER LO STATO LIMITE ULTIMO	7
CARICHI UNITARI SULLA TRAVATURA	10
TENSIONI NELLA TRAVE RETICOLARE	11
RIEPILOGO MASSIME SOLLECITAZIONI DA VERIFICARE ALLO SLU	13
SCELTA DELLE SEZIONI DELLE MEMBRATURE	13
PROGETTO DELLE MEMBRATURE TESE – CORRENTE INFERIORE	14
PROGETTO DELLE MEMBRATURE TESE – DIAGONALE	15
PROGETTO DELLE MEMBRATURE COMPRESSE – CORRENTE SUPERIORE	16
PROGETTO DELLE MEMBRATURE COMPRESSE – DIAGONALE	19
ANALISI DEI CARICHI SULLA TRAVE SECONDARIA	22
COMBINAZIONI DI CARICO DELLA TRAVE SECONDARIA	23
PROGETTO DELLA TRAVE SECONDARIA TIPO FINK	23
VERIFICA DELLA FRECCIA	28
ESECUTIVO TRAVE FINK	29
VERIFICA DEI COLLEGAMENTI BULLONATI	29
VERIFICA DEL COLLEGAMENTO BULLONATO SULLA PIASTRA 4	37
DIFFERENZA TRA GLI SFORZI NORMALI AGENTI SUL NODO	37
VERIFICA DELLA DEFORMAZIONE DELLA TRAVATURA RETICOLARE	38

ANALISI DEI CARICHI

- Strato di copertura in lamiera di rame grecata, dello spessore di 2 mm:

$$0.002m \times 89.00 \frac{kN}{m^3} = 0.18 \frac{kN}{m^2}$$

- Strato di coibente termico in lana di vetro, dello spessore di 3cm:

$$0.03m \times 1.00 \frac{kN}{m^3} = 0.03 \frac{kN}{m^2}$$

- Tavolato in legno di noce, dello spessore di 4cm:

$$0.04m \times 8.00 \frac{kN}{m^3} = 0.32 \frac{kN}{m^2}$$

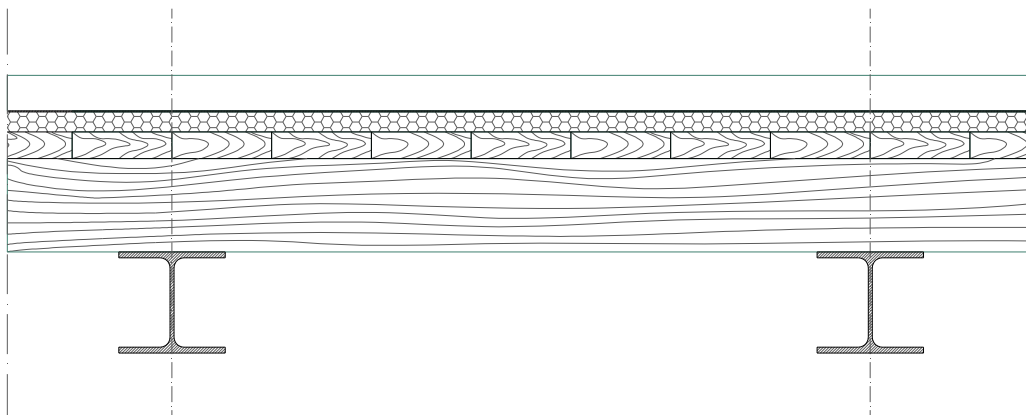
- Travetti in legno di noce, sezione 8x14cm, disposti ad un interasse di 1.05m:

$$\frac{0.08m \times 0.14m \times 8.00 \frac{kN}{m^3}}{1.05m} = 0.08 \frac{kN}{m^2}$$

- Travi secondarie in acciaio, tipo HEA 160, disposte ad un interasse di 2.00m:

$$\frac{0.0039m^2 \times 78.50 \frac{kN}{m^3}}{1.05m} = 0.29 \frac{kN}{m^2}$$

Totale: $= 0.90 \frac{kN}{m^2}$



CARICO DA NEVE

Il carico neve sulle coperture, secondo il D. M. 16.01.1996 – circ. 4.07.1996 n. 156, sarà valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \times q_{sk}$$

Dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura;

q_{sk} è il valore di riferimento del carico neve al suolo.

Il carico da neve al suolo dipende dalle condizioni locali del clima e di esposizione e varia da zona a zona; constatando che la Sicilia ricade in zona III, e che l'altitudine di riferimento

$$a_s = 50m < 200m$$

$$\text{Il } q_{ks} = 0.75KN / m^2$$

- Calcolo del coefficiente di forma μ_i

Copertura a due falde di uguale pendenza;

$$\alpha = 21.8^\circ$$

$$\mu_1 = 0.8$$

$$\mu_2 = 0.8 + 0.4 \times \frac{(\alpha - 15)}{30} = 0.8 + 0.4 \times \frac{(21.8^\circ - 15)}{30} = 0.89$$

$$\mu_1^* = 0.8 \times \frac{(60 - \alpha)}{45} = 0.8 \times \frac{(60 - 21^\circ.8)}{45} = 0.68$$

$$0.5\mu_1 = 0.4$$

Calcolo dei q_s

$$q_{s1} = q_{sk} \times 0.5\mu_1 = 0.75KN / m^2 \times 0.4 = 0.30KN / m^2$$

$$Q_{s1} = 1.00m \times q_{s1} = \underline{\underline{0.30KN / m}}$$

$$q_{s2} = q_{sk} \times \mu_2 = 0.75KN / m^2 \times 0.89 = 0.67KN / m^2$$

$$Q_{s2} = 1.00m \times q_{s2} = \underline{\underline{0.67KN / m}}$$

$$q_{s1}^* = q_{sk} \times \mu_1^* = 0.75KN / m^2 \times 0.68 = 0.51KN / m^2$$

$$Q_{s1}^* = 1.00m \times q_{s1}^* = \underline{\underline{0.51KN / m}}$$

AZIONE DEL VENTO

La pressione del vento, secondo il D. M. 16.01.1996 – circ. 4.07.1996 n. 156, sarà valutato con la seguente espressione:

$$p = q_{ref} \times c_e \times c_p \times c_d$$

dove:

q_{ref} è la pressione cinetica di riferimento;

c_e è il coefficiente di esposizione;

c_p è il coefficiente di forma, funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;

c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali;

- Calcolo della *pressione cinetica del vento* q_{ref}

$$q_{ref} = \frac{V_{ref}^2}{1.6}$$

Dove:

a_s Altitudine s.l.m. del terreno su cui sorge la costruzione;

a_0 Altitudine di riferimento della zona;

1,2,3, ..., 9 Zona geografica di ubicazione.

Ed essendo:

$$a_s = 50 \text{ms.l.m.} < a_0 = 500 \text{m}$$

Allora:

$$V_{ref} = V_{ref,0} = 28 \text{m/sec}$$

Quindi:

$$q_{ref} = \frac{28 \text{m/sec}^2}{1.6} = 490 \text{N/m}^2$$

- Calcolo del *coefficiente di esposizione* c_e funzione: dell'altezza z della costruzione dal suolo, della rugosità e topografia del terreno e dell'esposizione del sito ove sorge la costruzione

Dove:

z è l'altezza della costruzione dal suolo;

z_{min} è l'altezza di riferimento della categoria;

c_t è il coefficiente di topografia, posto di regola pari a 1;

Essendo:

$$z = 5.50 \text{m} + \frac{3.20}{2} \text{m} = 7.10 \text{m} > z_{min} = 5.00 \text{m}$$

Ed essendo:

Classe di rugosità B;

Distanza dal mare 5km;

Categoria di esposizione del sito III;

$$k_r = 0.20$$

$$z_0 = 0.10m$$

Allora:

$$\begin{aligned} c_e(z) &= k_r^2 \times c_t \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \times \left[7 + c_t \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] = \\ &= 0.20^2 \times 1 \times \ln\left(\frac{7.10m}{0.10m}\right) \times \left[7 + 1 \times \ln\left(\frac{7.10m}{0.10m}\right)\right] = 1.920 \end{aligned}$$

- Calcolo del coefficiente di forma c_p

Per elementi sopravvento con inclinazione sull'orizzontale: $20^\circ < \alpha < 60^\circ$

Pendenza della copertura: $p = 40\%$

Angolo inclinazione copertura: $\alpha = \arctan 0.40 = 21^\circ.80$

$$c_{pe} = +0.03\alpha - 1 = +0.03 \times 21^\circ.80 - 1 = -0.346$$

Per elementi sottovento con inclinazione sull'orizzontale: $20^\circ < \alpha < 60^\circ$

Pendenza della copertura: $p = -40\%$

Angolo inclinazione copertura: $\alpha = \arctan -0.40 = -21^\circ.80$

$$c_{pe} = -0.40$$

Per costruzioni completamente stagne: $c_{pi} = 0$

- Calcolo del coefficiente dinamico c_d

Di norma si assume $c_d = 1$

La pressione del vento, vale quindi:

Per la superficie sopravvento

$$p = q_{ref} \times c_e \times c_p \times c_d = 490N/m^2 \times 1.920 \times (-0.346) \times 1 = -325.52N/m^2$$

Per la superficie sottovento

$$p = q_{ref} \times c_e \times c_p \times c_d = 490 \text{ N/m}^2 \times 1.920 \times (-0.40) \times 1 = -376.32 \text{ N/m}^2$$

TABELLA CARICHI UNITARI

Tipo di carico	Valore caratteristico [kN/m ²]	Valore di calcolo [kN/m ²]
Peso proprio manto	$g_k = 0.90$	$\gamma_g g_k = 1.26$
Sovr. manutenzione	$q'_k = 0.50$	$\gamma_g q'_k = 0.70$
Sovraccarico neve	$q_{s1} = 0.30$ $q_{s2} = 0.67$ $q_{s1}^* = 0.51$	$\gamma_q q_{s1} = 0.45$ $\gamma_q q_{s2} = 1.01$ $\gamma_q q_{s1}^* = 0.76$
Azione del vento	$p_{sopr} = -0.326$ $p_{sott} = -0.376$	$p_{sopr} = -0.489$ $p_{sott} = -0.564$

Tipo di carico	Valore caratteristico [kN/m]	Valore di calcolo [kN/m]
Peso trave secondaria (stima HEA 160)	$q_k = 0.30$ ovvero: $0.29 \frac{kN}{m^2}$	$\gamma_g q_k = 0.42$ ovvero: $0.41 \frac{kN}{m^2}$

COMBINAZIONE DEI CARICHI UNITARI PER LO STATO LIMITE ULTIMO

1) Carichi permanenti + sovraccarico variabile da neve (tutta la copertura)

$$F_d = \gamma_g \times G_k + \gamma_q \times (Q_{k1} + \sum \psi_{0i} \times Q_{k1})$$

$$F_d = 1.4 \times (0.90 + 0.29) + 1.5 \times (0.67 + 0.7 \times 0.50) = 3.20 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$F_d = 1.4 \times (0.90 + 0.29) + 1.5 \times (0.51 + 0.7 \times 0.50) = 2.95 \text{ kN} / \text{m}^2$$

2) Carichi permanenti + sovraccarico variabile da neve (metà copertura)

$$F_d = \gamma_g \times G_k + \gamma_q \times (Q_{k1} + \sum \psi_{0i} \times Q_{k1})$$

$$F_d = 1.4 \times (0.90 + 0.29) + 1.5 \times (0.30 + 0.7 \times 0.50) = 2.64 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$F_d = \gamma_g \times G_k + \gamma_q \times (Q_{k1})$$

$$F_d = 1.4 \times (0.90 + 0.29) + 1.5 \times (0.50) = 2.42 \text{ kN} / \text{m}^2$$

3) Carichi permanenti + azione del vento diretta verso l'alto

Falda sopravvento:

Componente verticale

$$F_d = 1.0 \times (0.90 + 0.29) + 1.5 \times (-0.326 \cos 21.8^\circ) = 0.73 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Componente orizzontale:

$$F_d = 1.5 \times (-0.326 \sin 21.8^\circ) = -0.18 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Falda sottovento:

Componente verticale

$$F_d = 1.0 \times (0.90 + 0.29) + 1.5 \times (-0.376 \cos 21.8^\circ) = 0.66 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Componente orizzontale:

$$F_d = 1.5 \times (-0.376 \sin 21.8^\circ) = -0.21 \text{ kN} / \text{m}^2$$

COMBINAZIONE DEI CARICHI UNITARI PER LO STATO LIMITE ESERCIZIO
(COMBINAZIONE RARA)

1) Carichi permanenti + sovraccarico variabile da neve (tutta la copertura)

$$F_d = G_k + Q_{k1} + \psi_{02} \times Q_{k2}$$

$$F_d = (0.90 + 0.29) + 0.67 + (0.7 \times 0.50) = 2.07 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$F_d = (0.90 + 0.29) + 0.51 + (0.7 \times 0.50) = 2.05 \text{ kN} / \text{m}^2$$

2) Carichi permanenti + sovraccarico variabile da neve (metà copertura)

$$F_d = G_k + Q_{k1} + \psi_{02} \times Q_{k2}$$

$$F_d = (0.90 + 0.29) + 0.30 + (0.7 \times 0.50) = 1.84 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$F_d = G_k + Q_{k1} + Q_{k2}$$

$$F_d = (0.90 + 0.29) + 0.50 = 1.69 \text{ kN} / \text{m}^2$$

3) Carichi permanenti + azione del vento diretta verso l'alto

Falda sopravento:

Componente verticale

$$F_d = (0.90 + 0.29) - 0.326 \cos 21.8^\circ = 0.89 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Componente orizzontale:

$$F_d = -0.326 \sin 21.8^\circ = -0.30 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Falda sottovento:

Componente verticale

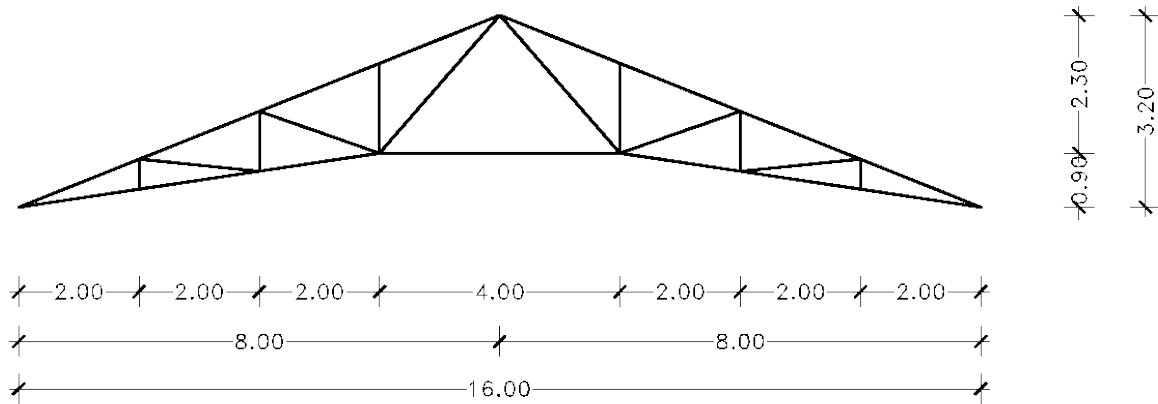
$$F_d = (0.90 + 0.29) - 0.376 \cos 21.8^\circ = 0.84 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Componente orizzontale:

$$F_d = -0.376 \sin 21.8^\circ = -0.14 \text{ kN} / \text{m}$$

COMBINAZIONE	STATO LIMITE ULTIMO [kN / m ²]	STATO LIMITE DI ESERCIZIO (combinazione rara) [kN / m ²]
Combinazione 1	3.20 2.95	2.07 2.05
Combinazione 2	2.64 2.42	1.84 1.69
Combinazione 3 Falda sopravento comp. vert. (cos $\alpha = 0.93$) comp. orizz. (sen $\alpha = 0.37$) Falda sottovento comp. vert. (cos $\alpha = 0.93$) comp. orizz. (sen $\alpha = 0.37$)	0.73 -0.18 0.66 -0.21	0.89 -0.30 0.84 -0.14

CARICHI UNITARI SULLA TRAVATURA



NODO CENTRALE:

$$I = 2.00\text{m} \quad D = L_1 = 8.40\text{m} \quad A_{\text{inf}} = D \times I = 8.40 \times 2.00 = 16.80 \text{ m}^2$$

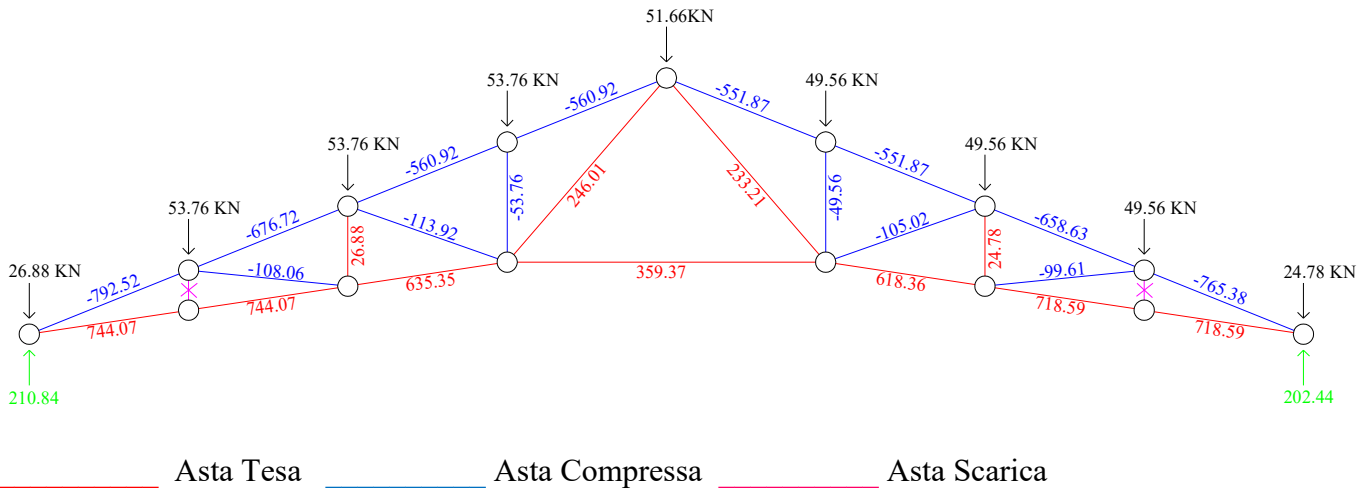
NODO LATERALE:

$$I/2 = 1.00\text{m} \quad D = L_1 = 8.40\text{m} \quad A_{\text{inf}} = D \times I = 8.40 \times 1.00 = 8.40 \text{ m}^2$$

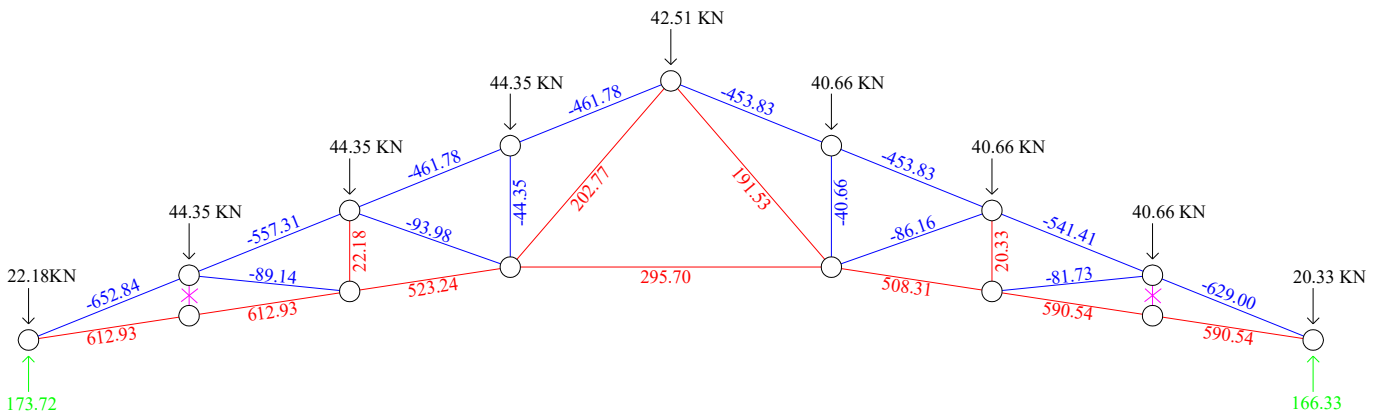
COMBINAZIONE	STATO LIMITE ULTIMO [kN]	STATO LIMITE DI ESERCIZIO (combinazione rara) [kN]
Combinazione 1	$3.20 \times 2.00 \times 8.40$ 53.76 $2.95 \times 2.00 \times 8.40$ 49.56	$2.07 \times 2.00 \times 8.40$ 34.78 $2.05 \times 2.00 \times 8.40$ 34.44
Combinazione 2	$2.64 \times 2.00 \times 8.40$ 44.35 $2.42 \times 2.00 \times 8.40$ 40.66	$1.84 \times 2.00 \times 8.40$ 30.90 $1.69 \times 2.00 \times 8.40$ 28.39
Combinazione 3 Falda sopravvento comp. vert. ($\cos \alpha = 0.93$) comp. orizz. ($\sin \alpha = 0.37$) Falda sottovento comp. vert. ($\cos \alpha = 0.93$) comp. orizz. ($\sin \alpha = 0.37$)	$0.73 \times 2.00 \times 8.40$ 12.26 $-0.18 \times 2.00 \times 8.40$ -3.02 $0.66 \times 2.00 \times 8.40$ 11.09 $-0.21 \times 2.00 \times 8.40$ -3.53	$0.89 \times 2.00 \times 8.40$ 14.95 $-0.30 \times 2.00 \times 8.40$ -5.04 $0.84 \times 2.00 \times 8.40$ 14.11 $-0.14 \times 2.00 \times 8.40$ -2.35

TENSIONI NELLA TRAVE RETICOLARE

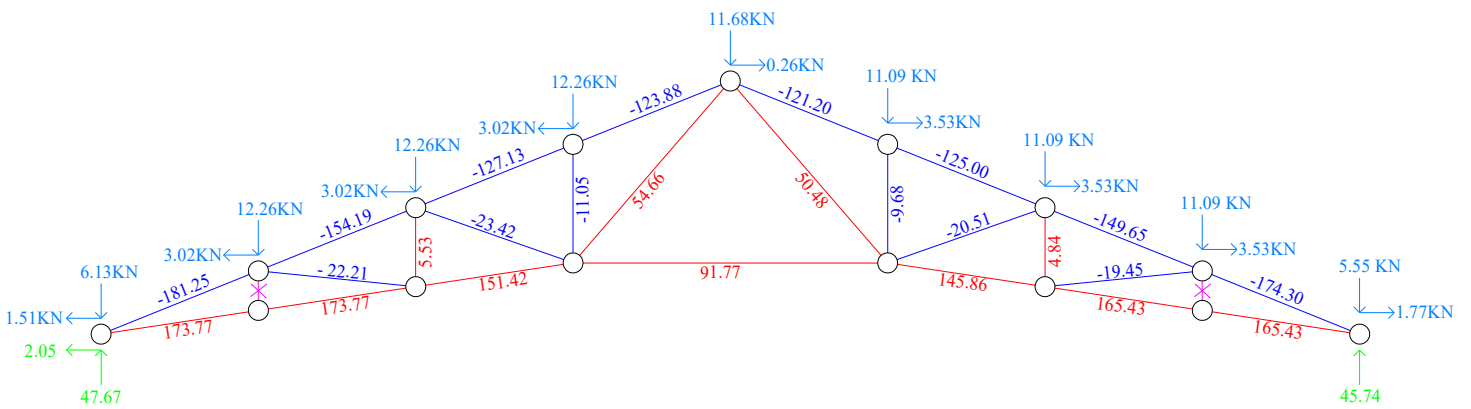
1° COMBINAZIONE: STATO LIMITE ULTIMO



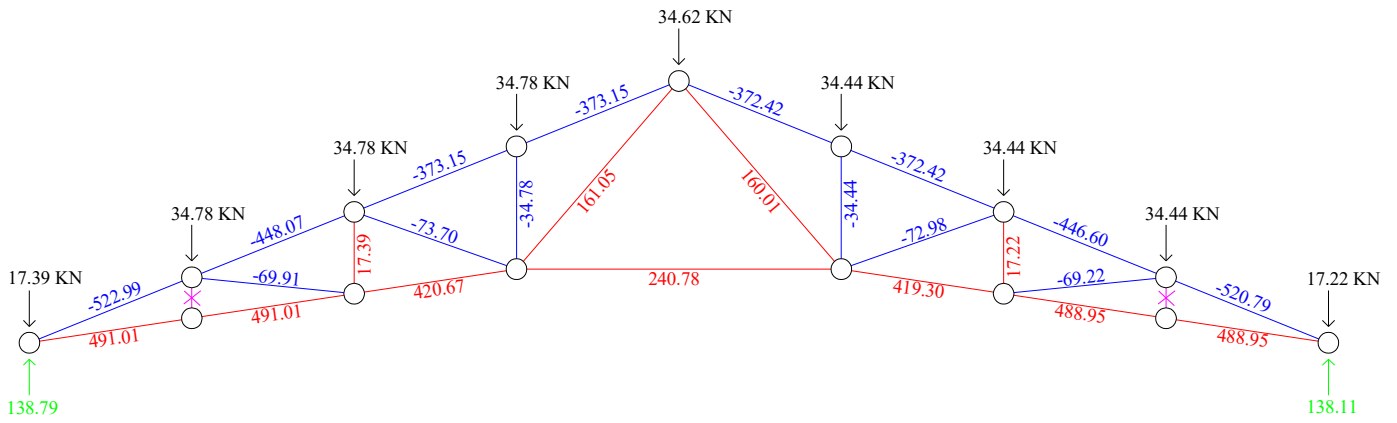
2° COMBINAZIONE: STATO LIMITE ULTIMO



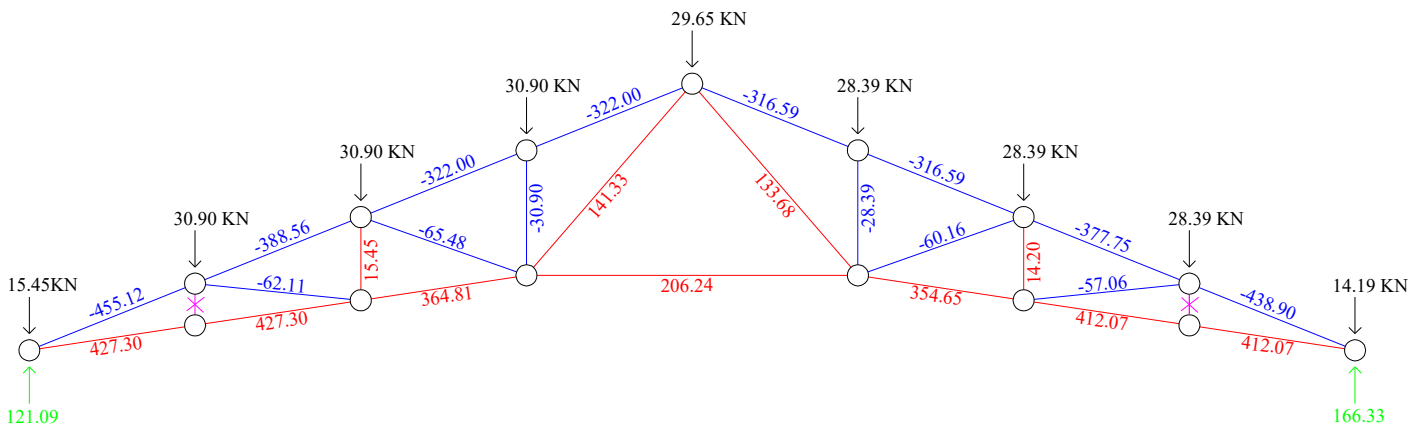
3° COMBINAZIONE: STATO LIMITE ULTIMO



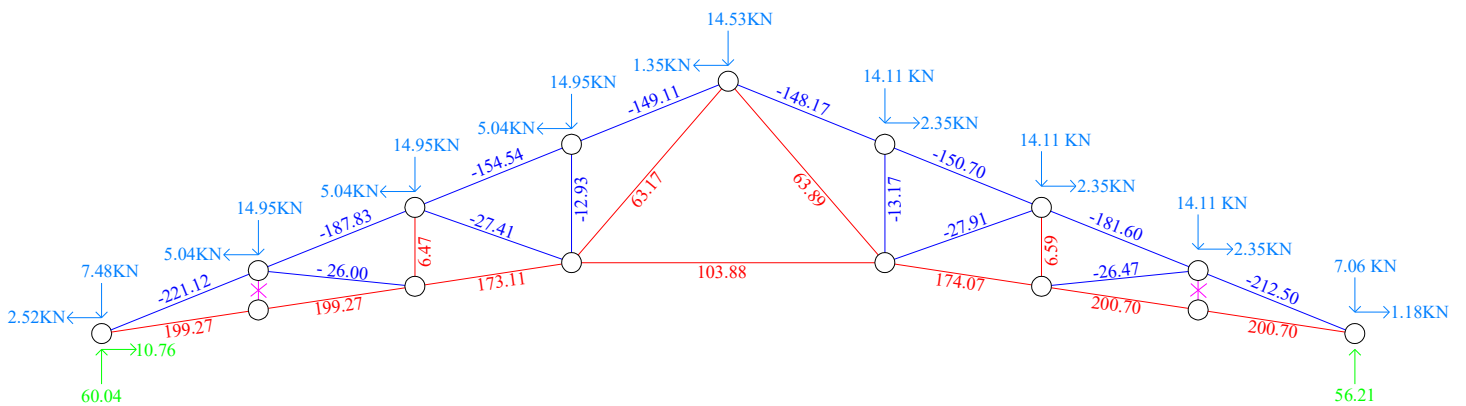
1° COMBINAZIONE: STATO LIMITE D'ESERCIZIO



2° COMBINAZIONE: STATO LIMITE D'ESERCIZIO



3° COMBINAZIONE: STATO LIMITE D'ESERCIZIO



RIEPILOGO DELLE MASSIME SOLLECITAZIONI DA VERIFICARE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

MEMBRATURE TESE

- Corrente Inferiore $N_{sd} = 744.07KN$

- Diagonale $N_{sd} = 246.01KN$ (verificare anche per comb. 1 con $N_{sd} = -113.92KN$)

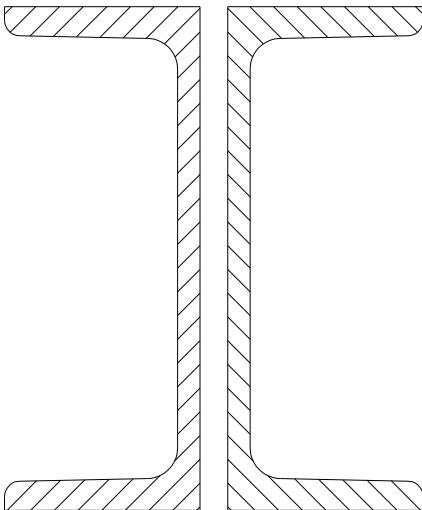
MEMBRATURE COMPRESSE

- Corrente Superiore $N_{sd} = -792.52KN$

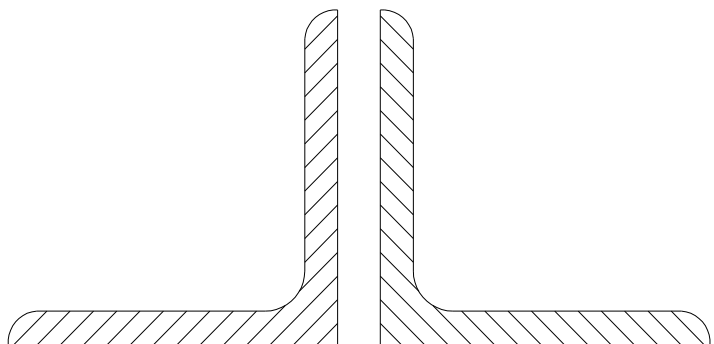
- Montante $N_{sd} = -53.76KN$ (verificare anche per comb. 1 con $N_{sd} = 26.88KN$)

SCELTA DELLE SEZIONI DELLE MEMBRATURE

Profili UPN



Profili a L ad ali uguali



PROGETTO DELLE MEMBRATURE TESE – CORRENTE INFERIORE

Si progetta la Sezione del Corrente Inferiore (Fe360):

$$N_{sd} = 744.07 \text{ KN}$$

Deve Risultare:

$$A \geq \frac{N_{sd}}{f_y / \gamma_{M0}} = \frac{744.07 \times 10^3}{235 / 1.05} = 3324 \text{ mm}^2$$

Si sceglie dal Sagomario un Profilo accoppiato costituito da **2 UPN 120**

$$A = 3400 \text{ mm}^2 \quad N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3400 \times \frac{235}{1.05 \times 10^3} = 761 \text{ KN}$$

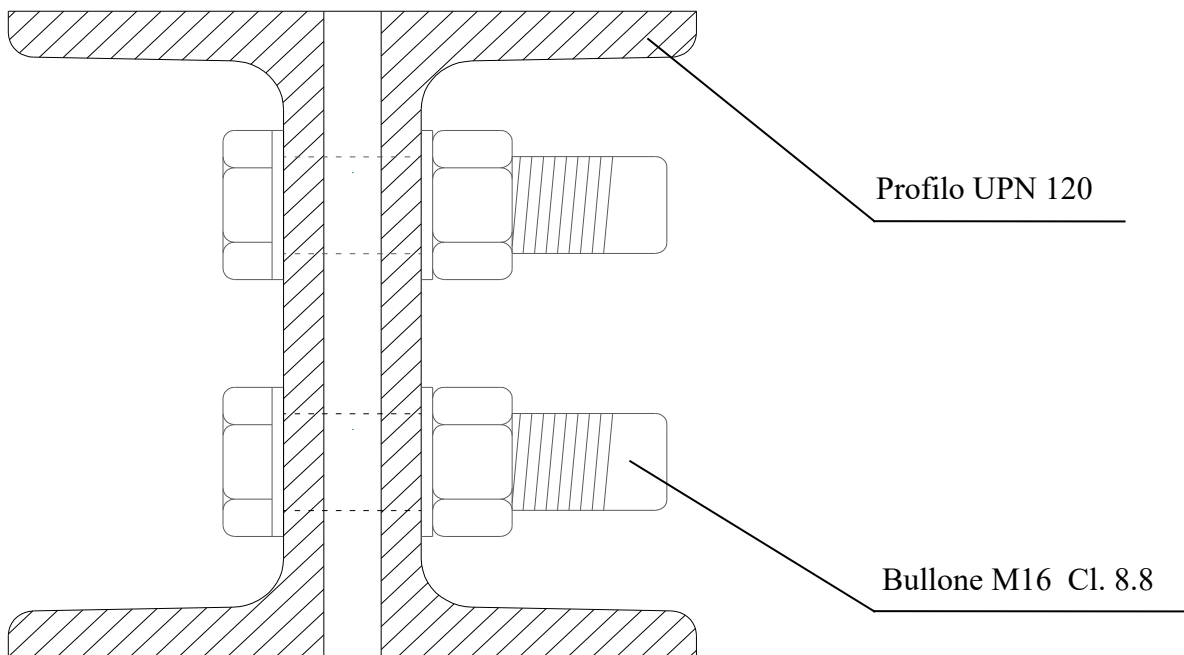
$$\text{Verifica } N_{sd} \leq N_{pl,Rd} \quad 744.07 \text{ KN} < 761 \text{ KN}$$

VERIFICATO

Per soddisfare la condizione sulla sezione forata si utilizzano dei bulloni **M16** aventi un foro di **diametro 18 mm**

$$A_{net} = A - A_{foro} = 3400 - 4 \times 18 \times 7 = 2896 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = 0.9 A_{net} \times \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0.9 \times 2896 \frac{360}{1.20 \times 10^3} = 782 \text{ KN} \geq N_{pl,Rd} \quad (\text{PROFILO DUTTILE})$$



PROGETTO DELLE MEMBRATURE TESE – DIAGONALE

Si progetta la Sezione del Corrente Inferiore (Fe360):

$$N_{sd} = 246.01KN$$

deve risultare:

$$A \geq \frac{N_{sd}}{f_y / \gamma_{M0}} = \frac{246.01 \times 10^3}{235 / 1.05} = 1099.2mm^2$$

Si sceglie dal sagomario un profilo accoppiato costituito da **2 L 65X5**

$$A = 1268mm^2 \quad N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1268 \times \frac{235}{1.05 \times 10^3} = 283.8KN$$

$$\text{Verifica } N_{sd} \leq N_{pl,Rd} \quad 246.01KN < 283.80KN$$

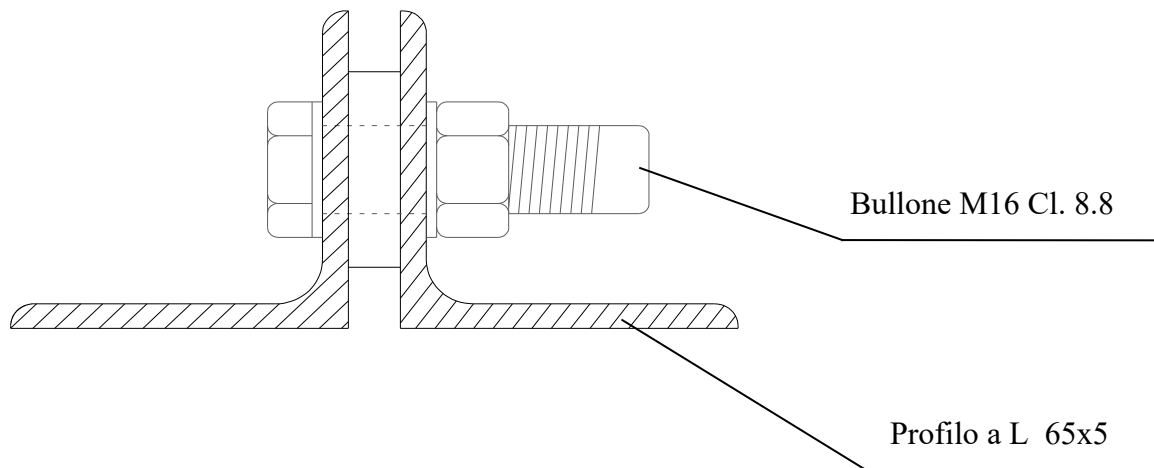
VERIFICATO

Per soddisfare la condizione sulla sezione forata si utilizzano dei bulloni **M16** aventi un foro di **diametro 18 mm**

$$A_{net} = A - A_{foro} = 1268 - 2 \times 18 \times 5 = 1088mm^2$$

$$N_{u,Rd} = 0.9 A_{net} \times \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0.9 \times 1088 \frac{360}{1.20 \times 10^3} = 294 \text{KN} \geq N_{pl,Rd} \quad (\text{PROFILO DUTTILE})$$

VERIFICATO



PROGETTO DELLE MEMBRATURE COMPRESSE – CORRENTE SUPERIORE

Si progetta la Sezione del Corrente Superiore (Fe360):

$$N_{sd} = -792.52 \text{KN} \quad l = 2150 \text{mm}$$

$$\text{Si assume } \chi = 0.65 \quad A \geq \frac{N_{sd}}{\chi \times \beta_A \times f_y / \gamma_{M1}} = \frac{792.52 \times 10^3}{0.65 \times 1.00 \times 235 / 1.05} = 5448 \text{mm}^2$$

Si sceglie dal sagomario un profilo accoppiato costituito da **2 UPN 180**

$$A = 5600 \text{mm}^2$$

Bisogna calcolare la massima snellezza valutando i_{\min}

$$i_x = 69.6 \text{mm}$$

$$I_y = 2 \times (1140000 \text{mm}^4 + 2800 \text{mm}^2 \times 24.3^2) = 5586744 \text{mm}^4$$

$$A = 5600 \text{mm}^2$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{5586744}{5600}} = 31.6 \text{mm}^4 = i_{\min}$$

Si progetta la Sezione del Corrente Superiore (Fe360):

$$N_{sd} = -792.52KN \quad l = 2150mm$$

$$\lambda_{Dp} = \frac{l_0}{i_{\min}} = \frac{2150}{31.6} = 68.0 \quad \lambda_{Sp} = \frac{l_0/3}{i_{\min}} = \frac{2150/3}{20.2} = 35.5$$

$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda_{Dp}^2 + \lambda_{Sp}^2} = \sqrt{68.0^2 + 35.5^2} = 76.7$$

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.14 \times \sqrt{\frac{210000}{235}} = 94.0 \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda_{eq}}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_A} = \frac{76.7}{94} \times \sqrt{1.0} = 0.82$$

$$\Phi = 0.5 \times \left[1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0.5 \times \left[1 + 0.49 \times (0.82 - 0.2) + 0.82^2 \right] = 0.99$$

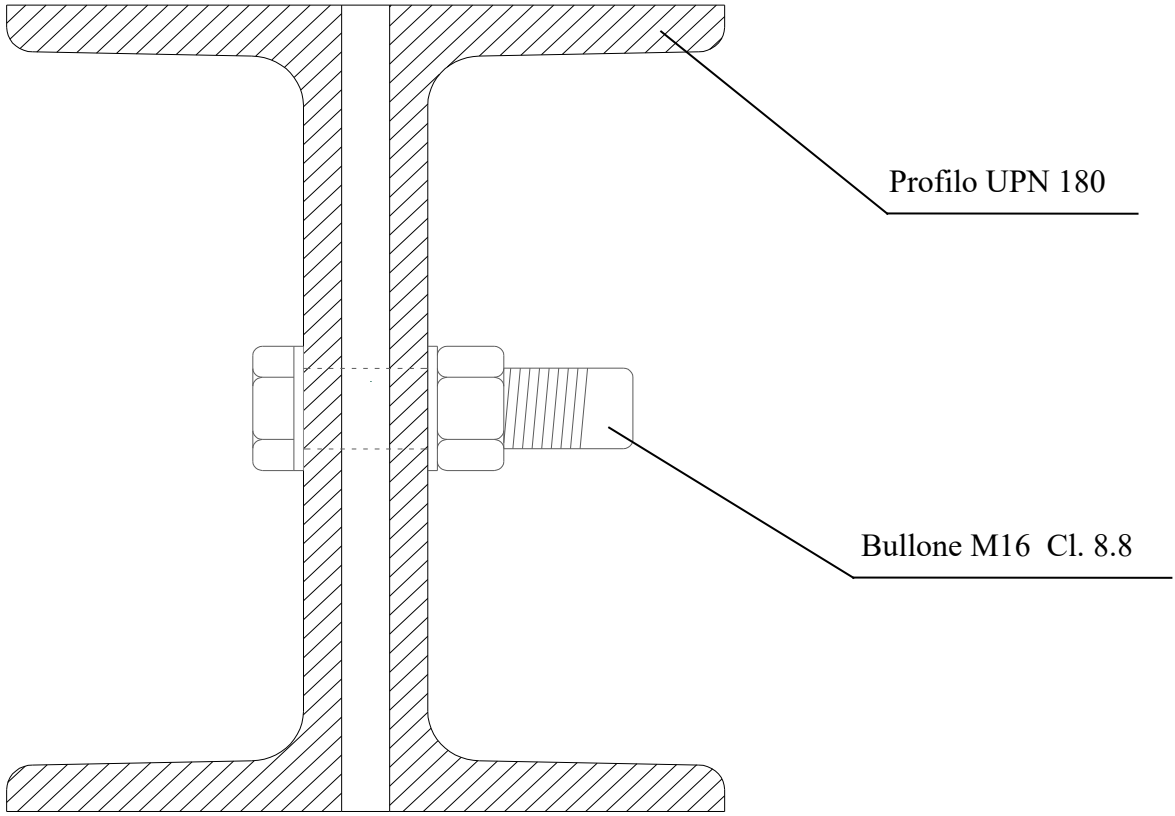
$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0.99 + \sqrt{0.99^2 - 0.82^2}} = 0.65$$

$$N_{b,Rd} = \chi \times \beta_A \times A \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0.65 \times 1.00 \times 5600 \times \frac{235}{1.05} = 814.66KN$$

Risulta inoltre ovviamente

$$N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}} > N_{sd} = 5600 \times \frac{235}{1.05 \times 10^3} = 1253KN$$

VERIFICATO



PROGETTO DELLE MEMBRATURE COMPRESSE – DIAGONALE

Si progetta la Sezione della Diagonale (Fe360):

$$N_{sd} = -113.92KN \quad l = 2120mm$$

$$\text{Si assume } \chi = 0.50 \quad A \geq \frac{N_{sd}}{\chi \times \beta_A \times f_y / \gamma_{M1}} = \frac{113.92 \times 10^3}{0.50 \times 1.00 \times 235 / 1.05} = 1018mm^2$$

Si sceglie dal sagomario un profilo accoppiato costituito da **2 L 65X5**

$$A = 1268mm^2$$

Bisogna calcolare la massima snellezza valutando i_{\min}

$$i_x = 19.8mm = i_{\min}$$

$$I_y = 2 \times (247000mm^4 + 634mm^2 \times 22.6^2) = 1141643mm^4$$

$$A = 1268mm^2$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1141643}{1268}} = 30.0mm$$

Si progetta la Sezione della Diagonale (Fe360):

$$N_{sd} = -113.92KN \quad l = 2120mm$$

$$\lambda_{Dp} = \frac{l_0}{i_{\min}} = \frac{2120}{19.8} = 107.07 \quad \lambda_{Sp} = \frac{l_0/3}{i_{\min}} = \frac{2120/3}{19.8} = 35.7$$

$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda_{Dp}^2 + \lambda_{Sp}^2} = \sqrt{107.07^2 + 35.7^2} = 113$$

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.14 \times \sqrt{\frac{210000}{235}} = 94.0 \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda_{eq}}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_A} = \frac{113}{94} \times \sqrt{1.0} = 1.20$$

$$\Phi = 0.5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2] = 0.5 \times [1 + 0.49 \times (1.20 - 0.2) + 1.20^2] = 1.46$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{1.46 + \sqrt{1.46^2 - 1.20^2}} = 0.44$$

$$N_{b,Rd} = \chi \times \beta_A \times A \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0.44 \times 1.00 \times 1268 \times \frac{235}{1.05} = 124.86 \text{ KN}$$

Risulta inoltre ovviamente

$$N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}} > N_{sd} = 1268 \times \frac{235}{1.05 \times 10^3} = 284 \text{ KN}$$

VERIFICATO

Progetto delle Membrature Compresse – MONTANTE

Si progetta la Sezione del Montante (Fe360):

$$N_{sd} = -53.76 \text{ KN} \quad l = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Si assume } \chi = 0.30 \quad A \geq \frac{N_{sd}}{\chi \times \beta_A \times f_y / \gamma_{M1}} = \frac{53.76 \times 10^3}{0.30 \times 1.00 \times 235 / 1.05} = 800.70 \text{ mm}^2$$

Si sceglie dal Sagomario un profilo accoppiato costituito da **2 L 50x5**

$$A = 960 \text{ mm}^2$$

Bisogna calcolare la massima snellezza valutando i_{\min}

$$i_x = 15.1 \text{ mm} = i_{\min}$$

$$I_y = 2 \times (110000 \text{ mm}^4 + 480 \text{ mm}^2 \times 17.0^2) = 497440 \text{ mm}^4$$

$$A = 960 \text{ mm}^2$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{497440}{960}} = 23.0 \text{ mm}$$

Si progetta la Sezione del Montante (Fe360):

$$N_{sd} = -53.76 \text{ KN} \quad l = 1000 \text{ mm}$$

$$\lambda_{Dp} = \frac{l_0}{i_{\min}} = \frac{1000}{15.1} = 66.2$$

$$\lambda_{Dp} = \frac{l_0/3}{i_{\min}} = \frac{1000/3}{15.1} = 22.0$$

$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda_{Dp}^2 + \lambda_{Sp}^2} = \sqrt{66.2^2 + 22.0^2} = 69.7$$

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.14 \times \sqrt{\frac{210000}{235}} = 94.0$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_{eq}}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_A} = \frac{69.7}{94} \times \sqrt{1.0} = 0.74$$

$$\Phi = 0.5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2] = 0.5 \times [1 + 0.49 \times (0.74 - 0.2) + 0.74^2] = 0.91$$

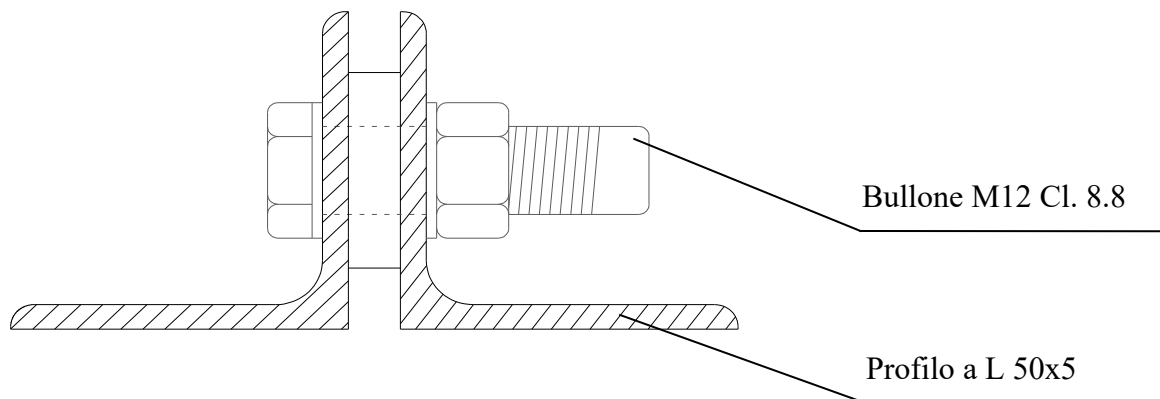
$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0.91 + \sqrt{0.91^2 - 0.74^2}} = 0.69$$

$$N_{b,Rd} = \chi \times \beta_A \times A \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0.69 \times 1.00 \times 960 \times \frac{235}{1.05} = 148.25 \text{ KN}$$

Risulta inoltre ovviamente

$$N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}} > N_{Sd} = 960 \times \frac{235}{1.05 \times 10^3} = 215 \text{ KN}$$

VERIFICATO



ANALISI DEI CARICHI SULLA TRAVE SECONDARIA

Tabella carichi unitari

Tipo di carico	Valore caratteristico [kN / m ²]	Valore di calcolo [kN / m ²]
Peso proprio manto	$g_k = 0.90$	$\gamma_g g_k = 1.26$
Sovr. manutenzione	$q'_k = 0.50$	$\gamma_g q'_k = 0.70$
Sovraccarico neve	$q_{s2} = 0.67$	$\gamma_q q_{s2} = 1.01$
Azione del vento	$p_{sott} = -0.376$	$p_{sott} = -0.564$

Tipo di carico	Valore caratteristico [kN / m]	Valore di calcolo [kN / m]
Peso trave secondaria (stima HEA 160)	$q_k = 0.30$ ovvero: $0.29 \frac{kN}{m^2}$	$\gamma_g q_k = 0.42$ ovvero: $0.41 \frac{kN}{m^2}$

Tabella carichi unitari

Tipo di carico	Valore caratteristico [kN / m]	Valore di calcolo [kN / m ²]
Peso proprio manto	$0.90 \times 2.00 = 1.80$	2.52
Sovr. manutenzione	$0.50 \times 2.00 = 1.00$	1.50
Sovraccarico neve	$0.67 \times 2.00 = 1.34$	2.01
Azione del vento	$-0.376 \times 2.00 = -0.752$	-1.13

Tipo di carico	Valore caratteristico [kN / m]	Valore di calcolo [kN / m]
Peso trave secondaria (stima HEA 160)	$q_k = 0.30$ ovvero: $0.29 \frac{kN}{m^2}$	$\gamma_g q_k = 0.42$ ovvero: $0.41 \frac{kN}{m^2}$

COMBINAZIONI DI CARICO DELLA TRAVE SECONDARIA

COMBINAZIONE	STATO LIMITE ULTIMO [kN / m]	STATO LIMITE DI ESERCIZIO (combinazione rara) [kN / m]
1) P.P. + Sovr. Neve	$2.52 + 0.42 + 2.01 = 4.95$	$1.80 + 0.30 + 1.34 = 3.44$
1) P.P. + Azione del vento Comp. Verticale Comp. Orizzontale	$2.52 + 0.42 - 0.564 \times \cos 21^\circ 8 = 2.42$ $- 0.564 \times \sin 21^\circ 8 = -0.21$	$1.80 + 0.30 - 0.376 \times \cos 21^\circ 8 = 1.75$ $- 0.376 \times \sin 21^\circ 8 = -0.14$

PROGETTO DELLA TRAVE SECONDARIA TIPO FINK

Consideriamo la sola componente di carico nel piano della trave:

$$q = 4.95 \text{ KN / m}$$

$$q_y = q \times \cos \alpha = 4.95 \times \cos 21^\circ 8 = 4.60 \text{ KN / m}$$

$$q_z = q \times \sin \alpha = 4.95 \times \sin 21^\circ 8 = 1.84 \text{ KN / m}$$

$$M_z = \frac{q_y \left(\frac{l}{2} \right)^2}{8} = \frac{4.60 \text{ KN / m} \times \left(\frac{8.40}{2} \right)^2}{8} = 10.14 \text{ KNm}$$

$$M_y = \frac{q_z l^2}{8} = \frac{1.84 \text{ KN / m} \times 8.40^2}{8} = 16.23 \text{ KNm}$$

$$W_{pl,y} \geq \frac{M_y}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{16.23 \times 10^3}{\frac{235}{1.05}} = 72.52 \text{ cm}^3 = 75520 \text{ mm}^3$$

Scegliamo dal sagomario un profilo cavo quadrato formato a caldo: 180X180X5

$$M = 272 N / m$$

$$A = 3460 mm^2$$

$$I = 17550000 mm^4$$

$$\rho = 71.2 mm$$

$$W_{el} = 195000 mm^3$$

$$W_{pl} = 226000 mm^3$$

Progetto del tirante:

$$R = \frac{5}{8} \times ql = \frac{5}{8} \times 4.60 \times 8.40 = 24.15 KN$$

Si assume il Montante di lunghezza 75 cm

$$tg\beta = \frac{4.20}{0.75} = 5.60 \quad \beta = arctg 5.60 = 79^\circ.87$$

Per l'Equilibrio del nodo:

$$2 \times N_{t,sd} \times \cos \beta = R \quad N_{t,sd} = \frac{R}{2 \times \cos \beta} = \frac{24.15}{2 \times \cos 79^\circ.87} = 68.65 KN$$

Si progetta il Tirante a Trazione

$$A \geq \frac{N_{t,sd}}{f_y / \gamma_{M0}} = \frac{68.65 \times 10^3}{235 / 1.05} = 307 mm^2$$

Si sceglie dal Sagomario una sezione circolare piena in Acciaio Fe360 del diametro di 20mm

$$A = r^2 \times \pi = 10^2 \times 3.14 = 314 mm^2$$

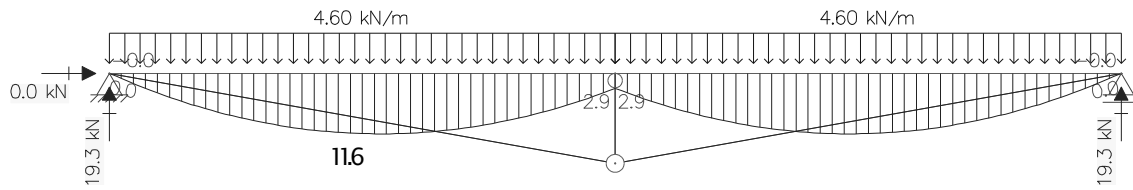
Sollecitazioni Massime del Corrente

$$M_{z,Sd} = 11.6 \text{KNm}$$

$$M_{y,Sd} = 16.2 \text{KNm}$$

$$N_{Sd} = -50.2 \text{KN}$$

Schema 1 (piano y-y)



$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.14 \times \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93.9$$

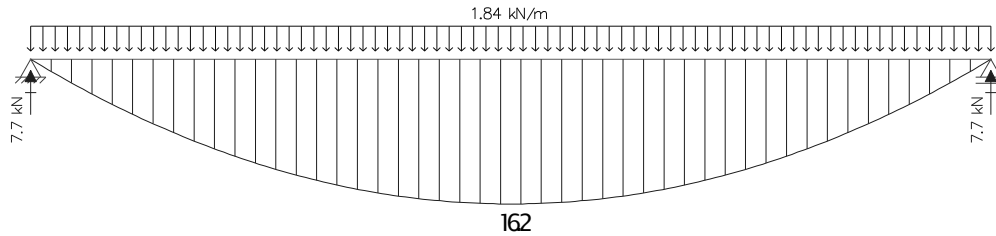
$$\lambda = \frac{l_0}{\rho_z} = \frac{8400/2}{71.2} = 59.0$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_A} = \frac{59.0}{93.9} \times \sqrt{1} = 0.63$$

$$\phi = 0.5 \times [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2] = 0.5 \times [1 + 0.21(0.63 - 0.2) + 0.63^2] = 0.74$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0.74 + \sqrt{0.74^2 - 0.63^2}} = 0.88$$

Schema 2 (piano z-z)



$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.14 \times \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93.9$$

$$\lambda = \frac{l_0}{\rho_z} = \frac{8400}{71.2} = 118$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_A} = \frac{118}{93.9} \times \sqrt{1} = 1.25$$

$$\phi = 0.5 \times \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0.5 \times \left[1 + 0.21(1.25 - 0.2) + 1.25^2 \right] = 1.39$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1.39 + \sqrt{1.39^2 - 1.25^2}} = 0.50$$

Si sceglie il valore minimo tra i coefficienti di riduzione χ

$$\chi_{\min} = 0.50$$

Calcolo dei coefficienti: k

Schema 1 (piano y-y)

$$\psi = 0$$

$$\beta_{M,\psi} = 1.8 - 0.7\psi = 1.8 - 0.7 \times 0 = 1.8$$

$$\beta_{M,Q} = 1.3$$

$$\Delta M_z = 11.6 \text{ KNm}$$

$$M_Q = 11.6 - \left(\frac{2.9}{2} \right) = 4.35 \text{ KNm}$$

$$\beta_{My} = \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M_z} \times (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi}) = 1.8 + \frac{4.35}{11.6} \times (1.3 - 1.8) = -1.09$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y (2\beta_{My} - 4) + \left[\frac{W_{pl,y} - W_{el,y}}{W_{el,z}} \right] = 1.25(2 \times 1.3 - 4) + \left[\frac{226 - 195}{195} \right] = -3.73$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \times N_{sd}}{\chi_y \times A \times f_y} = 1 - \frac{3.73 \times 50.2}{0.88 \times 34.6 \times 235} \times 10 = 0.74 \leq 1.5$$

Schema 2 (piano z-z)

$$\psi = 1$$

$$\beta_{M,\psi} = 1.8 - 0.7\psi = 1.8 - 0.7 \times 1 = 1.1$$

$$\beta_{M,Q} = 1.3$$

$$\Delta M_z = 16.2 \text{ KNm}$$

$$M_Q = 16.2 \text{ KNm}$$

$$\beta_{My} = \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M_z} \times (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi}) = 1.1 + \frac{16.2}{16.2} \times (1.3 - 1.1) = 1.3$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y (2\beta_{My} - 4) + \left[\frac{W_{pl,y} - W_{el,y}}{W_{el,z}} \right] = 0.63(2 \times (-1.09) - 4) + \left[\frac{226 - 195}{195} \right] = -1.59$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \times N_{sd}}{\chi_y \times A \times f_y} = 1 - \frac{1.59 \times 50.2}{0.50 \times 34.6 \times 235} \times 10 = 0.80 \leq 1.5$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{\min} \times A \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{K_y \times M_{z,sd}}{W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{K_z \times M_{y,sd}}{W_{pl,z} \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1.00$$

$$\frac{50.2}{0.50 \times 34.6 \times \frac{235}{1.05}} \times 10 + \frac{0.80 \times 16.2}{226 \times \frac{235}{1.05}} \times 10^3 + \frac{0.74 \times 11.6}{226 \times \frac{235}{1.05}} \times 10^3 = 0.55 \leq 1.00$$

VERIFICATO

VERIFICA DELLA FRECCIA

La verifica di deformabilità verrà condotta sulla base della condizione di carico relativa allo stato limite di esercizio.

$$q = 3.44 \text{ KN} / \text{m}$$

$$q_y = q \times \cos \alpha = 3.44 \times \cos 21^\circ 8' = 3.19 \text{ KN} / \text{m}$$

$$q_z = q \times \sin \alpha = 3.44 \times \sin 21^\circ 8' = 1.28 \text{ KN} / \text{m}$$

Schema 1 (piano y-y)

Dalla risoluzione dello Schema, si ricava:

$$f_y = 14.2 \text{ mm}$$

Schema 2 (piano z-z)

$$l = 8400 \text{ mm}$$

$$I = 17550000 \text{ mm}^4$$

$$f_z = \frac{5}{384} \times \frac{q_z l^4}{EI_y} = \frac{5}{384} \times \frac{1.28 \times 8400^4}{210000 \times 17550000} = 22.5 \text{ mm}$$

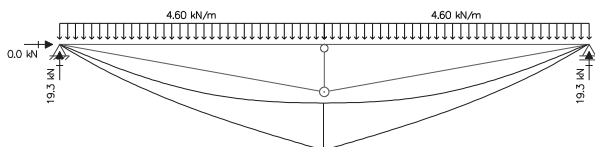
Da cui:

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{22.5^2 + 14.2^2} = 26.6 \text{ mm}$$

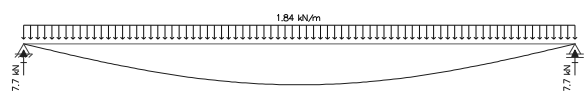
$$f \leq \frac{l}{250} = \frac{8400}{250} = 33.6 \text{ mm}$$

$$f = 26.6 \text{ mm} < 33.6 \text{ mm}$$

VERIFICATO

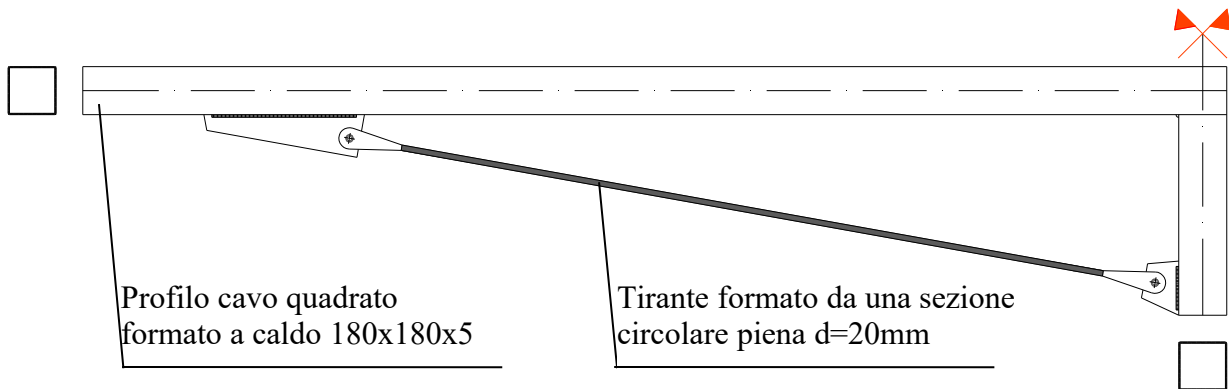


$$f_y = 14.2 \text{ mm}$$



$$f_z = 22.5 \text{ mm}$$

ESECUTIVO TRAVE FINK



VERIFICA DEI COLLEGAMENTI BULLONATI

Si progetta il collegamento bullonato del Corrente Inferiore (Fe360):

$$N_{sd} = 744.07 \text{ KN}$$

Si è scelto dal sagomario un profilo UPN120 utilizzando bulloni da M16 di classe 8.8

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$A_b = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times 16^2}{4} = 201.06 \text{ mm}^2 \quad t = 10 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 8 \times 100 = 800 \text{ N/mm}^2 \quad f_{yb} = \frac{8}{10} \times 800 = 640 \text{ N/mm}^2$$

Scegliamo di sistemare due file di bulloni formate da tre bulloni per ogni fila

Verifica a Taglio

$$F_{b,Sd} = \frac{N_{sd}}{n_s \times n_b} = \frac{744.07}{4 \times 3} = \frac{744.07}{12} = 62.00 \text{ KN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \times f_{ub} \times A_b}{\gamma_{Mb}} = \frac{0.6 \times 800 \times 201.06}{1.35 \times 10^3} = 71.48 \text{ KN}$$

$$F_{b,Sd} \leq F_{v,Rd} = 62.00 < 71.48$$

Verifica a rifollamento della lamiera

Calcolo della distanza minima dall'estremità

$$e_1 = 2 \times d_0 = 2 \times 18 = 36 \text{ mm} \cong 40 \text{ mm}$$

Calcolo dell'interasse minimo fra i fori

$$p_1 = 3 \times d_0 = 3 \times 18 = 54 \text{ mm} \cong 55 \text{ mm}$$

La resistenza a rifollamento vale

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \times \alpha \times f_u \times d \times t}{\gamma_{Mb}}$$

Il coefficiente alfa risulta essere il valore minimo fra

$$\alpha_{\min} = \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right\} = \left\{ \frac{40}{3 \times 18}; \frac{55}{3 \times 18} - \frac{1}{4}; \frac{800}{360}; 1 \right\} = 0.74; 0.77; 2.22; 1$$

$$\alpha = 0.74$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \times \alpha \times f_u \times d \times t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2.5 \times 0.74 \times 360 \times 16 \times 10}{1.35 \times 10^3} = 79 \text{ KN}$$

$$F_{b,Sd} \leq F_{b,Rd} = 62.00 \text{ KN} < 79 \text{ KN}$$

Si progetta il collegamento bullonato del Corrente Superiore (Fe360):

$$N_{sd} = -792.52KN$$

Si è scelto dal sagomario un profilo UPN180 utilizzando bulloni da M16 di classe 8.8

$$d_0 = 18mm$$

$$A_b = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times 16^2}{4} = 201.06mm^2 \quad t = 10mm$$

$$f_{ub} = 8 \times 100 = 800N/mm^2 \quad f_{yb} = \frac{8}{10} \times 800 = 640N/mm^2$$

Scegliamo di sistemare una fila di sei bulloni

Verifica a Taglio

$$F_{b,Sd} = \frac{N_{sd}}{n_s \times n_b} = \frac{792.52}{2 \times 6} = \frac{792.52}{12} = 66.04KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \times f_{ub} \times A_b}{\gamma_{Mb}} = \frac{0.6 \times 800 \times 201.06}{1.35 \times 10^3} = 71.48KN$$

$$F_{b,Sd} \leq F_{v,Rd} = 66.04 < 71.48$$

VERIFICATO

Verifica a rifollamento della Lamiera

Calcolo della distanza minima dall'estremità

$$e_1 = 2 \times d_0 = 2 \times 18 = 36mm \cong 40mm$$

Calcolo dell'interasse minimo fra i fori

$$p_1 = 3 \times d_0 = 3 \times 18 = 54mm \cong 55mm$$

La resistenza a rifollamento vale

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \times \alpha \times f_u \times d \times t}{\gamma_{Mb}}$$

Il coefficiente alfa risulta essere il valore minimo fra

$$\alpha_{\min} = \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right\} = \left\{ \frac{40}{3 \times 18}; \frac{55}{3 \times 18} - \frac{1}{4}; \frac{800}{360}; 1 \right\} = 0.74; 0.77; 2.22; 1$$

$$\alpha = 0.74$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \times \alpha \times f_u \times d \times t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2.5 \times 0.74 \times 360 \times 16 \times 10}{1.35 \times 10^3} = 79 \text{ KN}$$

$$F_{b,Sd} \leq F_{b,Rd} = 66.04 \text{ KN} < 79 \text{ KN}$$

VERIFICATO

Si progetta il collegamento bullonato della Diagonale (Fe360):

$$N_{sd} = 246.01KN$$

Si è scelto dal Sagomario un profilo 2L 65X5 utilizzando bulloni da M16 di classe 8.8

$$d_0 = 18mm$$

$$A_b = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times 16^2}{4} = 201.06mm^2 \quad t = 10mm$$

$$f_{ub} = 8 \times 100 = 800N/mm^2 \quad f_{yb} = \frac{8}{10} \times 800 = 640N/mm^2$$

Scegliamo di sistemare una fila di tre bulloni

Nei Profili a L tra l'asse baricentrico del profilo e l'asse dei fori dei bulloni si crea un'eccentricità pari a:

$$e = e_2 - d = (65 \div 2)mm - 17.6mm = 32.5mm - 17.6mm = 14.9mm$$

Verifica a Taglio

$$F_{b,Sd} = \frac{N_{sd}}{n_b} = \frac{246.01}{3} = \frac{246.01}{3} = 82.00KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \times f_{ub} \times A_b}{\gamma_{Mb}} = \frac{0.6 \times 800 \times 201.06}{1.35 \times 10^3} = 71.48KN$$

Calcolo della Componente Parallela del bullone

$$N'_{b,Sd} = \frac{N_{sd}}{n_s \times n_b} = \frac{246.01}{2 \times 3} = 41.00KN$$

Calcolo della Componente Ortogonale del bullone

$$N''_{b,Sd} = \frac{N_{sd} \times e}{p \times n_s \times n_b} = \frac{246.01 \times 14.9}{60 \times 2 \times 3} = 10.18KN$$

Calcolo della Risultante fra le due componenti

$$R = \sqrt{(N'_{b, Sd})^2 + (N''_{b, Sd})^2} = \sqrt{(41.00)^2 + (10.18)^2} = 42.24 \text{ KN}$$

$$R \leq F_{v, Rd} = 42.24 \text{ KN} < 71.48 \text{ KN}$$

VERIFICATO

Verifica a rifollamento della lamiera

Calcolo della distanza minima dall'estremità

$$e_1 = 2 \times d_0 = 2 \times 18 = 36 \text{ mm} \cong 45 \text{ mm}$$

Calcolo dell'interasse minimo fra i fori

$$p_1 = 3 \times d_0 = 3 \times 18 = 54 \text{ mm} \cong 60 \text{ mm}$$

La resistenza a rifollamento vale

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \times \alpha \times f_u \times d \times t}{\gamma_{Mb}}$$

Il coefficiente alfa risulta essere il valore minimo fra

$$\alpha_{\min} = \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right\} = \left\{ \frac{45}{3 \times 18}; \frac{60}{3 \times 18} - \frac{1}{4}; \frac{800}{360}; 1 \right\} = 0.83; 0.86; 2.22; 1$$

$$\alpha = 0.83$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \times \alpha \times f_u \times d \times t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2.5 \times 0.83 \times 360 \times 16 \times 10}{1.35 \times 10^3} = 88.53 \text{ KN}$$

$$2 \times R \leq F_{b,Rd} = 2 \times 42.24 \text{ KN} = 84.48 \text{ KN} < 88.53 \text{ KN}$$

VERIFICATO

Si progetta il collegamento bullonato del Montante (Fe360):

$$N_{sd} = -53.76KN$$

Si è scelto dal sagomario un profilo 2L 50X5 utilizzando bulloni da M12 di classe 8.8

$$d_0 = 13mm$$

$$A_b = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times 12^2}{4} = 113.10mm^2 \quad t = 10mm$$

$$f_{ub} = 8 \times 100 = 800N/mm^2 \quad f_{yb} = \frac{8}{10} \times 800 = 640N/mm^2$$

Scegliamo di sistemare una fila formata da due bulloni

Ne i Profili a L tra l'asse baricentrico del profilo e l'asse dei fori dei bulloni si crea un'eccentricità pari a:

$$e = e_2 - d = (50 \div 2)mm - 14mm = 25mm - 14mm = 11mm$$

Verifica a Taglio

$$F_{b,Sd} = \frac{N_{sd}}{n_b} = \frac{53.76}{2} = 26.88KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \times f_{ub} \times A_b}{\gamma_{Mb}} = \frac{0.6 \times 800 \times 113.10}{1.35 \times 10^3} = 40.21KN$$

Calcolo della componente parallela del bullone

$$N'_{b,Sd} = \frac{N_{sd}}{n_s \times n_b} = \frac{53.76}{2 \times 2} = 13.44KN$$

Calcolo della componente ortogonale del bullone

$$N''_{b,Sd} = \frac{N_{sd} \times e}{p \times n_s \times n_b} = \frac{53.76 \times 11}{40 \times 2 \times 2} = 3.70KN$$

Calcolo della risultante fra le due componenti

$$R = \sqrt{(N'_{b,Sl})^2 + (N''_{b,Sl})^2} = \sqrt{(13.44)^2 + (3.70)^2} = 13.94KN$$

$$R \leq F_{v,Rd} = 13.94KN < 40.21KN$$

VERIFICATO

Verifica a rifollamento della lamiera

Calcolo della distanza minima dall'estremità

$$e_1 = 2 \times d_0 = 2 \times 13 = 26 \text{ mm} \cong 30 \text{ mm}$$

Calcolo dell'interasse minimo fra i fori

$$p_1 = 3 \times d_0 = 3 \times 13 = 39 \text{ mm} \cong 40 \text{ mm}$$

La resistenza a rifollamento vale

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \times \alpha \times f_u \times d \times t}{\gamma_{Mb}}$$

Il coefficiente alfa risulta essere il valore minimo fra

$$\alpha_{\min} = \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right\} = \left\{ \frac{30}{3 \times 13}; \frac{40}{3 \times 13} - \frac{1}{4}; \frac{800}{360}; 1 \right\} = 0.77; 0.78; 2.22; 1$$

$$\alpha = 0.77$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \times \alpha \times f_u \times d \times t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2.5 \times 0.77 \times 360 \times 12 \times 10}{1.35 \times 10^3} = 61.6 \text{ KN}$$

$$2 \times R \leq F_{b,Rd} = 2 \times 13.94 \text{ KN} = 27.88 < 61.6 \text{ KN}$$

VERIFICATO

VERIFICA DEL COLLEGAMENTO BULLONATO SULLA PIASTRA 4

Differenza tra gli sforzi normali agenti sul nodo a destra e sinistra:

$$N_{sd} = N_{sd,DEX} - N_{sd,SIN} = 792.52 - 676.72 = 115.80KN$$

Scegliamo di sistemare una fila formata da due bulloni M12 classe 8.8

$$d_0 = 13mm$$

$$A_b = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times 12^2}{4} = 113.10mm^2 \quad t = 10mm$$

$$f_{ub} = 8 \times 100 = 800N/mm^2 \quad f_{yb} = \frac{8}{10} \times 800 = 640N/mm^2$$

Verifica a Taglio

$$F_{b,Sd} = \frac{N_{sd}}{n_s \times n_b} = \frac{115.80}{2 \times 2} = 28.95KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \times f_{ub} \times A_b}{\gamma_{Mb}} = \frac{0.6 \times 800 \times 113.10}{1.35 \times 10^3} = 40.21KN$$

$$F_{b,Sd} = 28.95KN < F_{v,Rd} = 40.21KN$$

VERIFICATO

VERIFICA DELLA DEFORMAZIONE DELLA TRAVATURA RETICOLARE

La verifica si effettua risolvendo lo schema di trave su due appoggi soggetta alle combinazioni dei CARICHI CARATTERISTICI.

L'abbassamento della trave principale può essere valutato come somma di tre contributi:

la deformazione elastica, determinata mediante la risoluzione dello schema, vale:

$$v_e = 30.68mm$$

Lo scorrimento inelastico foro bullone dei nodi delle diagonali, vale:

$$v_d = \sum_{i=1}^n \frac{L_{di}}{h_i} \times (d_0 - d)$$
$$v_d = 2 \times \left[\frac{1194}{2300} \times (18 - 16) + \frac{1693}{2300} \times (18 - 16) + \frac{2598}{2300} \times (18 - 16) \right] = 9.54mm$$

Lo scorrimento inelastico foro bullone dei nodi dei correnti, vale:

$$v_c = \frac{n}{6} \times \frac{L}{h} \times (d_0 - d) = \frac{8}{6} \times \frac{16000}{2300} \times (18 - 16) = 18.55mm$$

Quindi, la deformazione totale della travatura, vale:

$$v \leq \frac{l}{250} = \frac{16000}{250} = 64.00mm$$

$$v = 58.77mm < 64.00mm$$

VERIFICATO