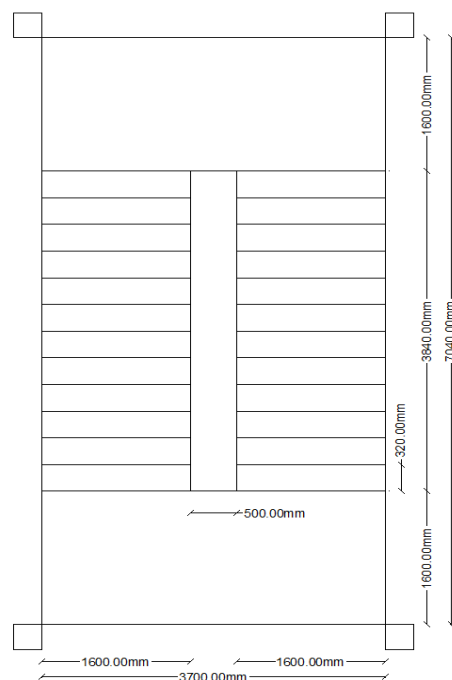


Analisi dei carichi variabili in copertura

DATI DI PROGETTO

Ubicazione:	Area urbana tra edifici alti		
Quota (a_s):	400	[m]	s.l.m
Distanza dal mare:	36	[km]	
Tipo di scala:	Tipologia		6
	l_1 :	1600	[mm]
	l_2 :	4000	[mm]
Dati Geometrici:	z :	12000	[mm]
	n° gradini:	26	
	alzata:	154	[mm]
	pedata:	320	[mm]



CARICO VENTO

Zona	Sicilia	zona 4	$V_{b,0}$:	28	[m/s]
			a_0 :	500	[m]
			k_a :	0,02	[1/s]

Calcolo della velocità di riferimento V_b

- 1) $V_b = V_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$
- 2) $V_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ [m]

$$a_s \leq a_0 \quad V_b = V_{b,0} \quad V_b = \quad \mathbf{28} \quad [\text{m/s}]$$

Calcolo della pressione del vento p [Kn/m²]

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

q_b : pressione cinetica di riferimento

c_e : coefficiente di esposizione

c_p : coefficiente di forma 1,2

c_d : coefficiente dinamico 1

Calcolo della pressione cinetica di riferimento

$$q_b = (1/2) \cdot \rho \cdot V_b^2 \quad \mathbf{490} \quad [\text{N/m}^2] \quad \mathbf{0,49} \quad [\text{KN/m}^2]$$

$$V_b: \text{Velocità di riferimento del vento} \quad 28 \quad [\text{m/s}]$$

$$\rho: \text{Densità dell'aria} \quad 1,25 \quad [\text{kg/m}^3]$$

Calcolo del coefficiente di esposizione

$$1) \quad c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per} \quad z \geq z_{\min}$$

$$2) \quad c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per} \quad z < z_{\min}$$

Classe di esposizione del sito **V**

$$k_r: \quad 0,23$$

$$z_0: \quad 0,7 \quad [\text{m}]$$

$$z_{\min}: \quad 12 \quad [\text{m}]$$

$$c_t: \quad 1$$

$$z: \quad 12 \quad [\text{m}]$$

per $z \geq z_{\min}$

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)]$$

$$c_e(z) = \mathbf{1,479}$$

Calcolo della pressione del vento p verso il basso

$$p = q_b \cdot c_e \cdot C_p \cdot C_d$$

$$\mathbf{p = \quad 0,87 \quad [KN/m^2]}$$

Calcolo della pressione del vento p verso l'alto

$$p = q_b \cdot c_e \cdot C_p \cdot C_d$$

$$\text{con } C_p: \quad -1,20$$

$$\mathbf{p = \quad -0,87 \quad [KN/m^2]}$$

CARICO NEVE

Carico da neve sulla copertura

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t$$

μ_i : Coefficiente di forma	0,8	
q_{sk} : Valore caratteristico della neve al suolo		
C_e : Coefficiente di esposizione	1,1	
C_t : Coefficiente termico	1	
a_s : Quota	400	[m]

Calcolo di q_{sk}

Sicilia (Zona 3) e $a_s > 200m$

$$q_{sk} = 0,51 \cdot [1 + (a_s/481)^2]$$

$$q_s = 0,86 \quad [KN/m^2]$$

Carico da neve sulla copertura

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t$$

$$q_s: 0,76 \quad [KN/m^2]$$

CARICO MANUTENZIONE

$$q_{1K}: 0,5 \quad [KN/m^2]$$

COMBINAZIONE DEI CARICHI

Carico da manutenzione	$q_{1K}:$	0,5	[KN/m ²]
Carico da vento	$q_{2K}:$	0,87	[KN/m ²]
Carico da neve	$q_{3K}:$	0,76	[KN/m ²]

Coefficienti riduttivi

Carico da manutenzione	$\psi_{0m}:$	0
Carico da vento	$\psi_{0v}:$	0,6
Carico da neve	$\psi_{0n}:$	0,5

Combinazione manutenzione come carico principale

$q_k: q_{1k}+q_{2k}\cdot\psi_{0v}+q_{3k}\cdot\psi_{0n}$

$q_k: 1,40 \quad [KN/m^2]$

Combinazione vento come carico principale

$q_k: q_{2k}+q_{1k}\cdot\psi_{0m}+q_{3k}\cdot\psi_{0n}$

$q_k: 1,25 \quad [KN/m^2]$

Combinazione neve come carico principale

$q_k: q_{3k}+q_{1k}\cdot\psi_{0m}+q_{2k}\cdot\psi_{0v}$

$q_k: 1,28 \quad [KN/m^2]$

La combinazione peggiore risulta per il carico da manutenzione come principale

>>>>>>>	$q_k: 1,40 \quad [KN/m^2]$	<<<<<<<<
---------	--	----------

Copertura

SCELTA DELLA LAMIERA GRECATA

Profilo Alubel 21

Caratteristiche tecniche del profilo 21 acciaio

s	p	J	W	EJ	M max
[mm]	[kg/m ²]	[cm ⁴ /m]	[cm ³ /m]	[kN cm ² /m]	[kN cm/m]
0,5	4,91	4,20	3,64	86.520	49,98
0,6	5,90	5,04	4,92	103.824	67,55
0,7	6,88	5,88	5,74	121.128	78,81
0,8	7,86	6,72	6,56	138.432	90,07
1,0	9,83	8,41	8,20	173.246	112,59

Simbologie

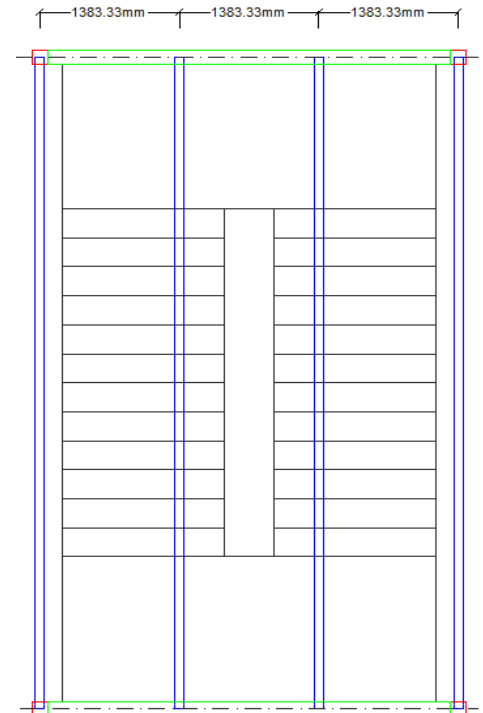
s = spessore lamiera
p = peso unitario
J = momento di inerzia
W = modulo di resist. flessione
EJ = rigidità a flessione
M max = momento flettente ammissibile
(σ amm. = 13,73 kN/cm²)
i = interasse appoggi
σ amm. = carico unitario di sicurezza
f amm. = deformazione massima ammissibile

Carico uniforme ammissibile [kg/m²] SU 4 APPOGGI*

i [m]	1.00		1.25		1.50		1.75		2.00		2.25		2.50		2.75		3.00	
s [mm]	σ	ƒ	σ	ƒ	σ	ƒ	σ	ƒ	σ	ƒ	σ	ƒ	σ	ƒ	σ	ƒ	σ	ƒ
0,5	510	564	326	289	226	167	166	105	127	71	101	50	82	36	67	27	57	21
0,6	689	677	441	347	306	201	225	126	172	85	136	59	110	43	91	33	77	25
0,7	804	790	514	405	357	234	262	147	201	99	159	69	129	51	106	38	89	29
0,8	918	903	588	462	408	268	300	169	230	113	181	79	147	58	121	43	102	33
1,0	1.148	1.130	735	579	510	335	375	211	287	141	227	99	184	72	152	54	128	42

* (il calcolo è condotto nella doppia ipotesi di σ amm. = 1.400 kg/cm² = 13,73 kN/cm² e di f amm. = i/200)
* Il contenuto della presente tabella di calcolo e' da considerarsi di massima e con semplice valore indicativo. E' di competenza del progettista e/o utilizzatore procedere per i singoli casi di impiego al relativo calcolo strutturale nonché determinare le specifiche progettuali applicative del pacchetto di copertura

interasse	i:	1383,33	[mm]	1,38	[m]
	q _k :	1,40	[kN/m ²]	140,15	[Kg/m ²]
spessore	s:	0,50	[mm]		
peso	p:	4,91	[Kg/m ²]	0,05	[kN/m ²]



DIMENSIONAMENTO TRAVE SECONDARIA DI COPERTURA

$$g_d + q_d = \gamma_g g_k + \gamma_q q_k$$

γ_g : 1,3
 γ_q : 1,5

Carichi unitari			
Carichi variabili	q _k :	1,40	[kN/m ²]
p.p lamiera grecata	g _{k1} :	0,05	[kN/m ²]
p.p trave secondaria	g _{k2} :	0,20	[kN/m]
q _d = γ _q q _k	q _d :	2,10	[kN/m ²]
g _{d1} = γ _g g _{k1}	g _{d1} :	0,06	[kN/m ²]
g _{d2} = γ _g g _{k2}	g _{d2} :	0,26	[kN/m]

(ipotesi)

Calcolo dei carichi per aree di influenza

i:	1,38	[m]
coeff.	1,1	
$i^*=i \cdot 1,1$:	1,52	[m]
g_{d2} :	0,26	[kN/m]
$g_{d1} \cdot i^*$:	0,10	[kN/m]
$q_d \cdot i^*$:	3,20	[kN/m]

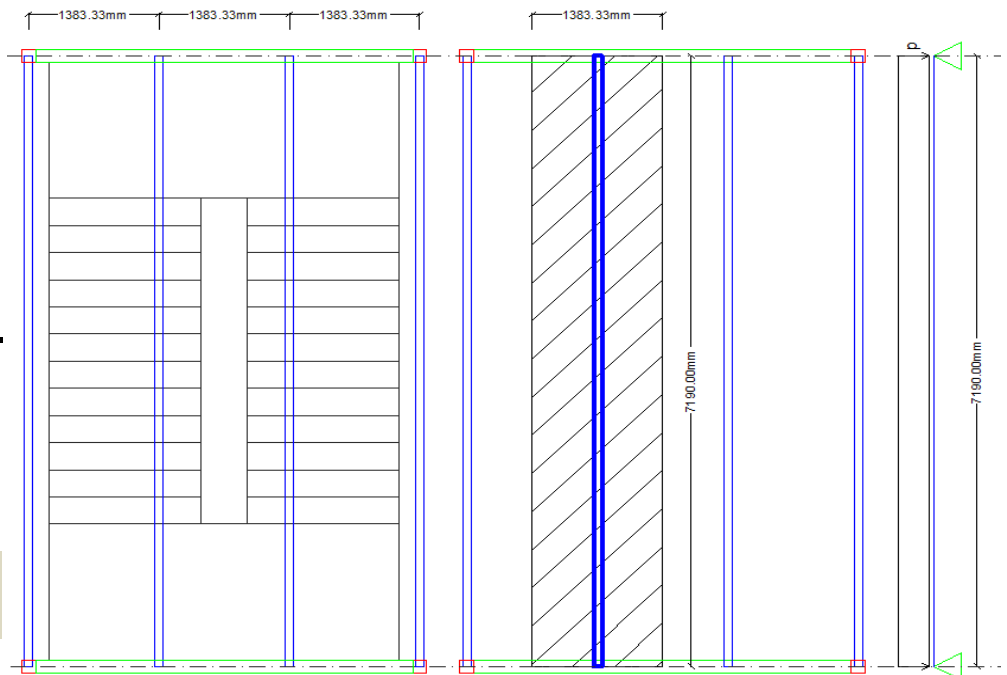
p: 3,30 [kN/m]
Carico di progetto

L: 7,19 [m]

Acciaio S275

f_y : 275 [N/mm²]

γ_{m0} 1,05



Calcolo a flessione semplice

Calcolo a resistenza (SLU) con valori di calcolo

Momento agente $M_{Ed} = (p \cdot L^2)/8$ 21,30 [kN·m]

Modulo di resistenza plastico $W_{pl} \geq M_{Ed} / (f_y / \gamma_{m0})$ 81324,45 [mm³]
81,32 · 10³ [mm³]

Scelgo un profilo **IPE140** con W_{pl} : 88,34 · 10³ [mm³]

Calcolo a deformazione (SLE) con carichi variabili e permanenti caratteristici (L/200)

$i^*=i \cdot 1,1$: 1,52 [m]
 $q_k \cdot i^*$: **2,13** [kN/m]
 $g_{k1} \cdot i^*$: 0,07 [kN/m]
 g_{k2} : 0,20 [kN/m]
 $g_k = g_{k1} + g_{k2}$ 0,27 [kN/m]

L: 7,19 [m]
E: 210000 [N/mm²]

freccia $f \leq L/200$ $5/384 [(q_k + g_k) L^4] / EI \leq L/200$

Da cui posso ricavare il momento d'inerzia I

$I \geq [(g_k + q_k) \cdot L^3 \cdot 5 \cdot 200] / E \cdot 384$ 11096197,61 [mm⁴]
1109,62 · 10⁴ mm⁴

Calcolo a deformazione (SLE) con carichi variabili caratteristici (L/250)

freccia $f \leq L/250$ $5/384 [q_k \cdot L^4]/EI \leq L/250$

Da cui posso ricavare il momento d'inerzia I

$I \geq [q_k \cdot L^3 \cdot 5 \cdot 250]/E \cdot 384$ $12287445,67 \text{ [mm}^4\text{]}$
 $1228,74 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

L' IPE 140 ha $I_y:$ $541,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Non va bene l' IPE140. Come trave secondaria scelgo un **IPE 180**

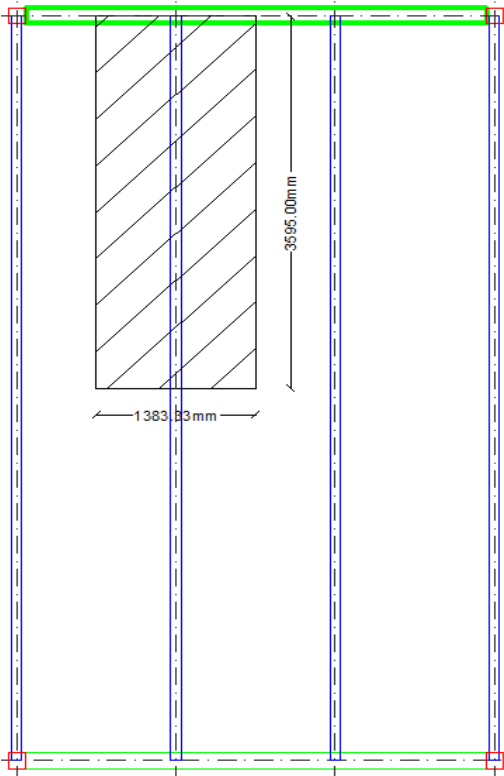
$I_y =$	$1317 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
$W_{pl} =$	$166,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

DIMENSIONAMENTO TRAVE PRINCIPALE DI COPERTURA

Carichi unitari			
Carichi variabili (manut. princ.)	$q_k:$	1,40	$[\text{kN/m}^2]$
p.p. lamiera grecata	$g_{k1}:$	0,05	$[\text{kN/m}^2]$
p.p trave secondaria	$g_{k2}:$	0,20	$[\text{kN/m}]$

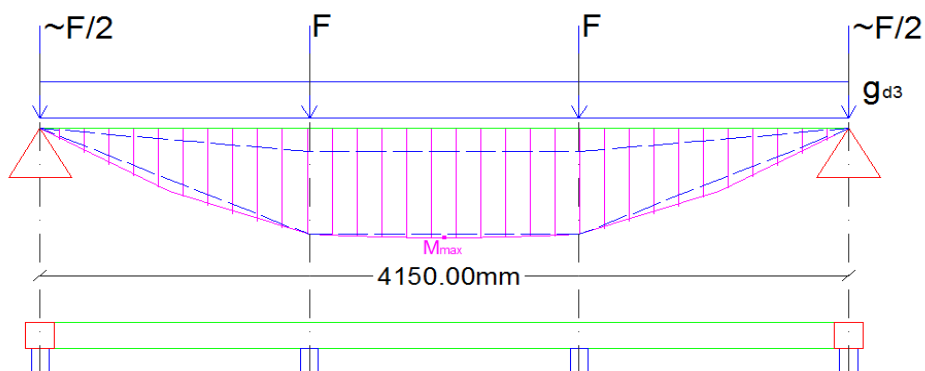
Calcolo dei carichi per aree di influenza

Area	a:	1383,33	[mm]	1,38	[m]
	b:	3595	[mm]	3,60	[m]
	g_k	q_k			
Carichi variabili:	$a \cdot b \cdot q_k$		6,97		[kN]
p.p lamiera grecata:	$a \cdot b \cdot g_{k1}$		0,24		[kN]
p.p trave secondaria:	$b \cdot g_{k2}$		0,72		[kN]
			0,96	6,97	[kN]
	$F_k = g_k + q_k$		$F_k:$	7,93	[kN]
	$F_d = g_d + q_d = \gamma_g g_k + \gamma_q q_k$		$\gamma_g:$	1,3	
			$\gamma_q:$	1,5	
			$F_d:$	11,71	[kN]



Considero inoltre:

p.p. trave principale	$g_{k3}:$	0,3 $[\text{kN/m}]$	(ipotesi)
$g_{d3} = \gamma_g \cdot g_{k3}$	$g_{d3}:$	0,39 $[\text{kN/m}]$	
	L:	4,15 $[\text{m}]$	



Verifica a resistenza (SLU) con valori di calcolo

Momento agente $M_{Ed} = M_{max} = (F_d \cdot L/3) + g_{d3} \cdot L^2/8$ 17,03 [kN·m]

Modulo di resistenza plastico $W_{pl} \geq M_{Ed} / (f_y/\gamma_{m0})$ 65039,26 [mm³]
65,04 · 10³ [mm³]

Dal sagomario scelgo un profilo **IPE140** W_{pl} : 88,34 · 10³ [mm³]

Verifica a deformazione (SLE) con carichi variabili e permanenti caratteristici (L/200)

Deformazione schema con le 4 forze F concentrate $f_{max1} = 23/648 F_k \cdot L^3/EI$

Deformazione schema carico distribuito g_{d3} $f_{max2} = 5/384 g_{k3} \cdot L^4/EI$

Deformazione totale $f_{max} = f_{max1} + f_{max2}$

$$f_{max} \leq L/200$$

Da cui posso ricavare il momento d'inerzia $I \geq 200/E (23/648 F_k L^2 + 5/384 g_{k3} \cdot L^3)$

$$I \geq 4884357,478 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$I \geq \mathbf{488,44 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}$$

Verifica a deformazione (SLE) con carichi variabili caratteristici (L/250)

Deformazione schema con le 4 forze F concentrate $f_{max} = 23/648 q_k \cdot L^3/EI$

con q_k : 6,97 kN

$$f_{max} \leq L/250$$

Da cui posso ricavare il momento d'inerzia $I \geq 250/E (23/648 q_k L^2)$

$$I \geq 5072141,873 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$I \geq \mathbf{507,21 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}$$

L'IPE140 ha $I_y = 541,8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ OK

IPE 140

I_y :	$541,8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
W_{pl} :	$88,34 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Uniformo entrambi i profili (trave secondaria e trave principale) scegliendo il più grande tra i due (IPE180)

Trave principale e secondaria di copertura:


IPE 180	I_y	=	$1317 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
	W_{pl}	=	$166,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Scala

SCELTA DEL GRIGLIATO

Carico dinamico 630 daN/m ²							
Luce netta massima tra gli appoggi (mm)							
Interasse barre portanti (mm)							
Barra Portante h x s	11	f	15	f	21	f	22
20 x 2	1116	5,00	1032	5,00	933	4,66	918
25 x 2	1319	5,00	1220	5,00	1122	5,00	1109
30 x 2	1512	5,00	1399	5,00	1286	5,00	1272
35 x 2	1698	5,00	1571	5,00	1444	5,00	1427
40 x 2	1876	5,00	1736	5,00	1596	5,00	1578
45 x 2	2050	5,00	1897	5,00	1744	5,00	1724



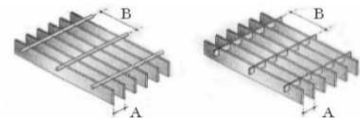


tecnogrigliati

PANNELLI NON BORDATI GREZZI - TABELLA DEI PESI

kg/m²

Maglie (AxB - HxS)																					
Barre Portanti	15 x 76	21 x 38	21 x 50	21 x 76	25 x 25	25 x 38	25 x 50	25 x 76	30 x 50	30 x 100	34 x 23	34 x 33	34 x 38	34 x 50	34 x 76	34 x 100	41 x 100	44 x 44	60 x 66	60 x 132	
20x2	22,4				16,8			14,5					12,8		11,2						
25x2	27,7	22,8	21,9	21,1	20,0	20,0		14,5	16,6		17,6		15,2	14,4	13,5	13,1		11,0	8,4	7,2	
30x2	33,0		25,8	25,0				17,8	19,3		20,0		17,5	16,7	15,9						
40x2	43,6							20,6					22,3		20,6						
20x3	33,0							27,0					17,5				13,6				
25x3	40,9	32,5	31,6	30,8			27,4	25,8	24,0	22,0	23,6		21,0	20,3	19,4		16,6		11,0	9,8	



Luce netta massima tra gli appoggi : 1600 [mm]
Peso proprio grigliato g_{k1} : 0,436 [kN/m²]

CARICHI VARIABILI

Carico variabile q_{k1} : 5,00 [kN/m²]
 Carico della neve $\psi \cdot q_{k2}$: 0,76 [kN/m²]
Carico variabile totale q_k : 5,76 [kN/m²]

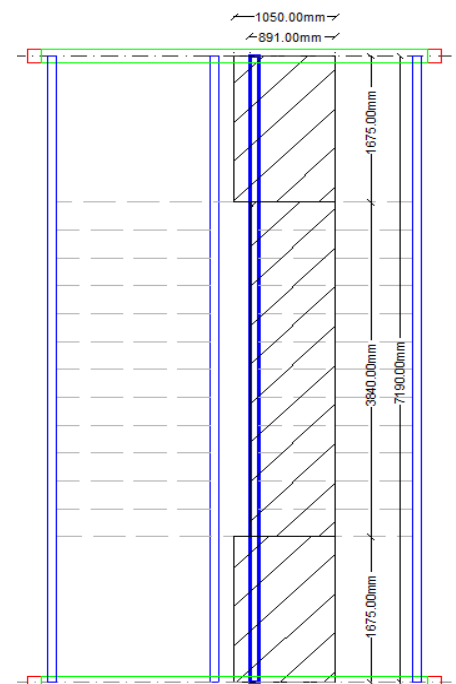
DIMENSIONAMENTO TRAVE A GINOCCHIO

Carichi unitari			
Carichi variabili	q_k :	5,76	[kN/m ²]
p.p. grigliato	g_{k1} :	0,44	[kN/m ²]
p.p. trave sec. a ginocchio	g_{k2} :	0,35	[kN/m]

(ipotesi)

Calcolo dei carichi per aree di influenza

Pianerottolo a : 1050 [mm] 1,05 [m]
 Rampa a' : 891 [mm] 0,89 [m]
 Carichi variabili pianerottolo q_{kp} : $1,2 \cdot a \cdot q_k$ 7,26 [kN/m]
 Carichi variabili rampa q_{kr} : $a' \cdot q_k$ 5,13 [kN/m]
 p.p. grigliato pianerottolo g_{k1p} : $1,2 \cdot a \cdot g_{k1}$ 0,55 [kN/m]
 p.p. grigliato rampa g_{k1r} : $a' \cdot g_{k1}$ 0,39 [kN/m]
 p.p. trave secondaria g_{k2} : 0,35 [kN/m]



Luce pianerottolo	L_p :	1,675	[m]
Luce rampa (proiezione)	L_r :	3,84	[m]
Luce totale	L_{tot} :	$2L_p + L_r$	7,19 [m]

$$p_d = g_d + q_d = \gamma_g g_k + \gamma_q q_k$$

γ_g :	1,3
γ_q :	1,5

Carico sui pianerottoli (caratteristico)

$$p_{k2}: q_{kp} + g_{k1p} + g_{k2} \quad 8,16 \text{ [kN/m]}$$

Carico sulla rampa (caratteristico)

$$p_{k1}: q_{kr} + g_{k1r} + g_{k2} \quad 5,87 \text{ [kN/m]}$$

Carico equivalente p (caratteristico)

$$p_k: (p_{k2} \cdot 2L_p + p_{k1} \cdot L_r) / (L_{tot}) \quad 6,94 \text{ [kN/m]}$$

Carico sui pianerottoli (di calcolo)

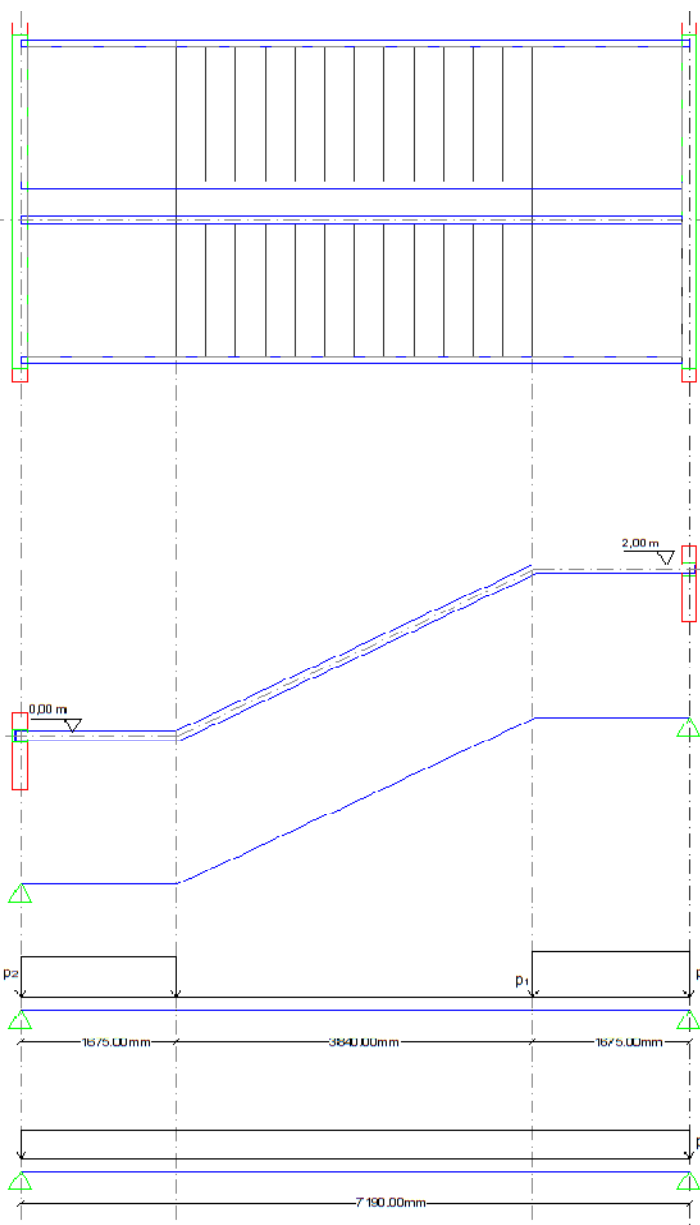
$$p_{d2}: \gamma_q q_{kp} + \gamma_g g_{k1p} + \gamma_g g_{k2} \quad 12,05 \text{ [kN/m]}$$

Carico sulla rampa (di calcolo)

$$p_{d1}: \gamma_q q_{kr} + \gamma_g g_{k1r} + \gamma_g g_{k2} \quad 8,66 \text{ [kN/m]}$$

Carico equivalente p (di calcolo)

$$p_d: (p_{d2} \cdot 2L_p + p_{d1} \cdot L_r) / (L_{tot}) \quad 10,24 \text{ [kN/m]}$$



Calcolo a flessione semplice

Calcolo a resistenza (SLU) con valori di calcolo

Momento agente	$M_{Ed} = (p_d \cdot L_{tot}^2) / 8$	66,17 [kN·m]
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl} \geq M_{Ed} / (f_y / \gamma_{m0})$	252648,7 [mm ³] 252,65 · 10³ [mm³]
Scelgo un profilo UPN220 con	W_{pl} :	292 · 10 ³ [mm ³]

Verifica a deformazione (SLE) con carichi variabili e permanenti caratteristici (L/250)

$$\text{freccia } f \leq l/250 \qquad 5/384 [p_k \cdot L_{\text{tot}}^4]/EI \leq L_{\text{tot}}/250$$

Da cui posso ricavare il momento d'inerzia I

$I \geq [p_k \cdot L_{tot}^3 \cdot 5 \cdot 250] / E \cdot 384$	39957042,60	[mm ⁴]
	3995,70	· 10⁴ mm⁴
L'UPN220 ha	I _v :	2690 · 10 ⁴ mm ⁴

Non va bene l'UPN220. Scelgo un **UPN 260**

$$\begin{aligned} I_y &= 4820 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \\ W_{pl} &= 442 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Verifica a deformazione (SLE) con carichi variabili caratteristici (L/300)

- Carico variabile sui pianerottoli (caratteristico)

p_{k2} : q_{kp} 7,26 [kN/m]

- Carico variabile sulla rampa (caratteristico)

p_{k1} : q_{kr} 5,13 [kN/m]

-Carico variabile equivalente p (caratteristico)

$$p_k: (p_{k2} \cdot 2L_p + p_{k1} \cdot L_r) / (L_{tot}) \quad 6,12 \quad [\text{kN/m}]$$

$$\text{freccia } f \leq l/300 \qquad 5/384 [p_k \cdot L_{\text{tot}}^4]/EI \leq L_{\text{tot}}/300$$

Da cui posso ricavare il momento d'inerzia I

$I \geq [p_k \cdot L_{tot}^3 \cdot 5 \cdot 300] / E \cdot 384$	42324381,01 [mm ⁴]
	4232,44 · 10⁴ mm⁴
L'UPN260 ha I _y :	4820 · 10 ⁴ mm ⁴

Va bene un **UPN 260**

$$I_y = 3600 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$
$$W_{pl} = 442 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

DIMENSIONAMENTO TRAVE PRINCIPALE

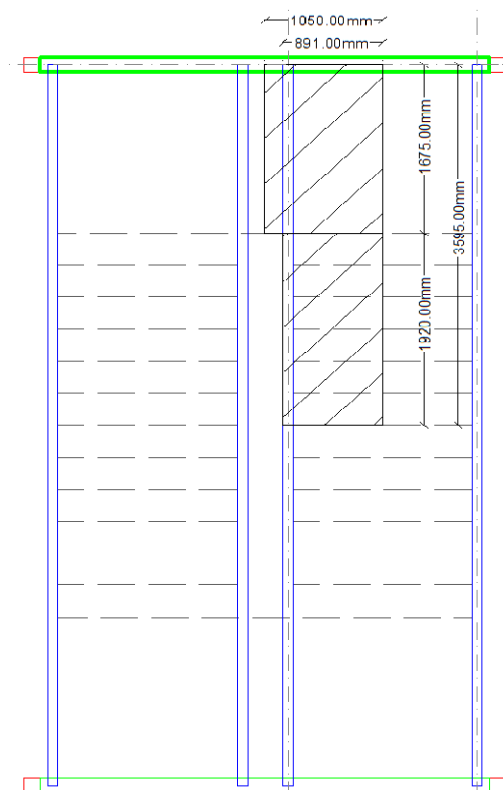
Carichi unitari			
Carichi variabili	q_k :	5,76	[kN/m ²]
p.p. grigliato	g_{k1} :	0,44	[kN/m ²]
p.p trave secondaria	g_{k2} :	0,35	[kN/m]

Calcolo dei carichi per aree di influenza (trave interna)

Area	a:	1050	[mm]	1,05	[m]
pianerottolo	b:	1675	[mm]	1,68	[m]
Area rampa	a':	891	[mm]	0,89	[m]
	b':	1920	[mm]	1,92	[m]

tolto 1,1

Carichi variabili pianerottolo	q_{kp} :	$a \cdot b \cdot q_k$	10,13	[kN]
Carichi variabili rampa	q_{kr} :	$a' \cdot b' \cdot q_k$	9,85	[kN]
p.p grigliato pianerottolo	g_{k1p} :	$a \cdot b \cdot g_{k1}$	0,77	[kN]
p.p grigliato rampa	g_{k1r} :	$a' \cdot b' \cdot g_{k1}$	0,75	[kN]
p.p trave secondaria	g_{k2} :	$(b+b') \cdot g_{k2}$	1,26	[kN]
Carichi variabili totali	q_k :	$q_{kp} + q_{kr}$	19,98	
Carichi permanenti totali	g_k :	$g_{k1p} + g_{k1r} + g_{k2}$	2,77	



$$F_k = g_k + q_k$$

$$F_d = g_d + q_d = \gamma_g g_k + \gamma_q q_k$$

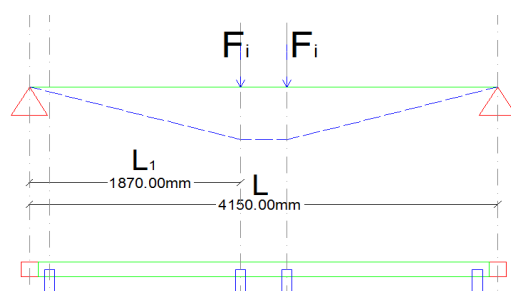
(pedice "i" per indicare la trave interna)

$$F_{k,i}: 22,75 \text{ [kN]}$$

$$\gamma_g: 1,3$$

$$\gamma_q: 1,5$$

$$F_{d,i}: 33,57 \text{ [kN]}$$



Calcolo dei carichi per aree di influenza (trave esterna)

Area	a:	891	[mm]	0,89	[m]
	b:	3595	[mm]	3,60	[m]
Carichi variabili	q_k :	$a \cdot b \cdot q_k$	18,45	[kN]	
p.p grigliato	g_{k1} :	$a \cdot b \cdot g_{k1}$	1,40	[kN]	
p.p trave secondaria	g_{k2} :	$(b+b') \cdot g_{k2}$	1,26	[kN]	
tolto 1,1					
Carichi variabili totali	q_k :		18,45	[kN]	
Carichi permanenti totali	g_k :	$g_{k1} + g_{k2}$	1,76	[kN]	

$$F_k = g_k + q_k$$

$$F_{k,e} = 20,20 \text{ [kN]}$$

$$F_d = g_d + q_d = \gamma_g g_k + \gamma_q q_k$$

$$\gamma_g = 1,3$$

$$\gamma_q = 1,5$$

$$F_{d,e} = 29,96 \text{ [kN]}$$

(pedice "e" per indicare la trave esterna)

Considero inoltre:

p.p. trave principale

$$g_{d3} = \gamma_g \cdot g_{k3}$$

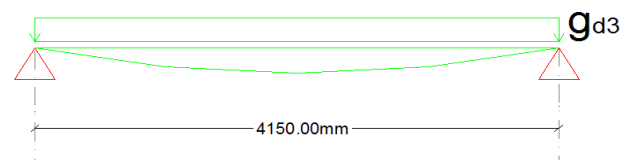
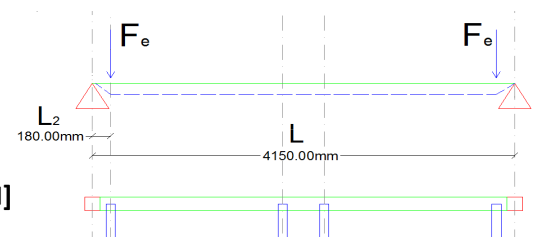
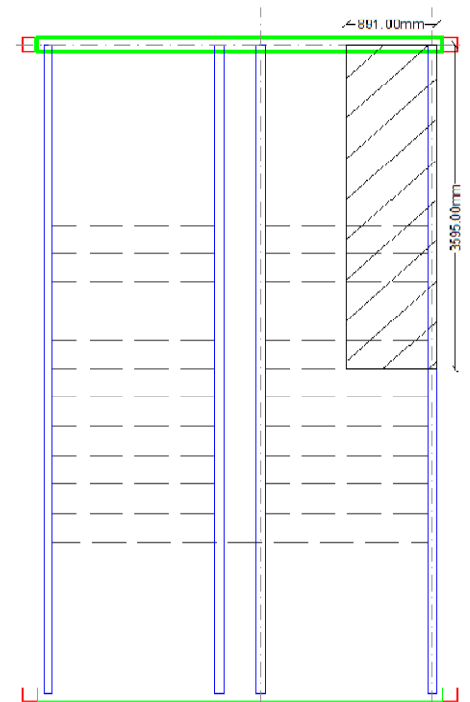
$$g_{k3} = 0,4 \text{ [kN/m]} \quad (\text{ipotesi})$$

$$g_{d3} = 0,52 \text{ [kN/m]}$$

$$L = 4,15 \text{ [m]}$$

$$L_1 = 1,87 \text{ [m]}$$

$$L_2 = 0,18 \text{ [m]}$$



Momento massimo come somma dei tre schemi

$$M_{\max} = g_{d3} \cdot L^3 / 8 \quad (\text{peso proprio trave principale})$$

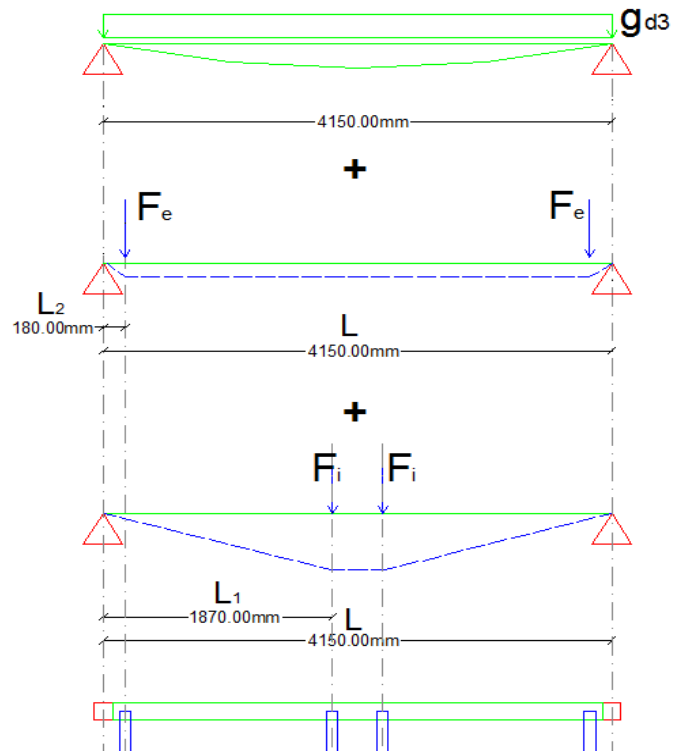
+

$$M_{\max} = F_{d,e} \cdot L_2 \quad (\text{travi secondarie esterne})$$

+

$$M_{\max} = F_{d,i} \cdot L_1 \quad (\text{travi secondarie interne})$$

$$M_{\max \text{ tot}} = g_{d3} \cdot L^3 / 8 + F_{d,e} \cdot L_2 + F_{d,i} \cdot L_1$$



Verifica a resistenza (SLU) con valori di calcolo

Momento agente $M_{ed} = M_{\max} = (F_{d,e} \cdot L_2) + (F_{d,i} \cdot L_1) + g_{d3} \cdot L^2 / 8$ 69,30 [kN·m]

Modulo di resistenza plastico $W_{pl} \geq M_{ed} / (f_y / \gamma_{m0})$ 264581,3 [mm³]
264,58 · 10³ [mm³]

Dal sagomario scelgo un profilo **IPE220** $W_{pl}: 285,4 \cdot 10^3$ [mm³]

Verifica a deformazione (SLE) con carichi variabili e permanenti caratteristici (L/250)

Deformazione schema con le due forze $F_{k,e}$ concentrate esterne $f_{\max 1} = (F_{k,e} \cdot L_2 / 24EI) (3L^2 - 4L_2^2)$

Deformazione schema con le due forze $F_{k,i}$ concentrate interne $f_{\max 2} = (F_{k,i} \cdot L_1 / 24EI) (3L^2 - 4L_1^2)$

Deformazione schema carico distribuito g_{k3} $f_{\max 3} = 5/384 g_{k3} \cdot L^4 / EI$

Deformazione totale $f_{\max} = f_{\max 1} + f_{\max 2} + f_{\max 3}$

$$f_{\max} \leq L/250$$

Da cui posso ricavare il momento d'inerzia $I \geq 250/24E [(F_{k,e} \cdot L_2 (3L^2 - 4L_2^2)/L) + (F_{k,i} \cdot L_1 (3L^2 - 4L_1^2)/L) + 5/16 g_{k3} L^3]$

$$I \geq 21845301,92 \quad [\text{mm}^4]$$

$$I \geq \mathbf{2184,53 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}$$

L'IPE220 ha $I_y = 2772 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ OK

Verifica a deformazione (SLE) con carichi variabili caratteristici (L/300)

Deformazione schema con le due forze concentrate interne considerando solo i carichi variabili q_k

$$q_{k,i}: \quad 19,98 \quad [\text{kN}]$$

$$f_{\max 1} = (q_{k,i} \cdot L_1 / 24EI) (3L^2 - 4L_1^2)$$

Deformazione schema con le due forze concentrate esterne considerando solo i carichi variabili q_k

$$q_{k,e}: \quad 18,45 \quad [\text{kN}]$$

$$f_{\max 2} = (q_{k,e} \cdot L_2 / 24EI) (3L^2 - 4L_2^2)$$

Deformazione totale

$$f_{\max} = f_{\max 1} + f_{\max 2}$$

$$f_{\max} \leq L/300$$

Da cui posso ricavare il momento d'inerzia

$$I \geq 300/24E [(q_{k,i} \cdot L_1(3L^2 - 4L_1^2)/L) + (q_{k,e} \cdot L_2(3L^2 - 4L_2^2)/L)]$$

$$I \geq 20193758,73 \quad [\text{mm}^4]$$
$$I \geq 2019,38 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

L'**IPE220** ha $I_y = 2772 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ OK

Trave secondaria a ginocchio:

UPN 260	$I_y =$	$4820 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
	$W_{pl} =$	$442 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

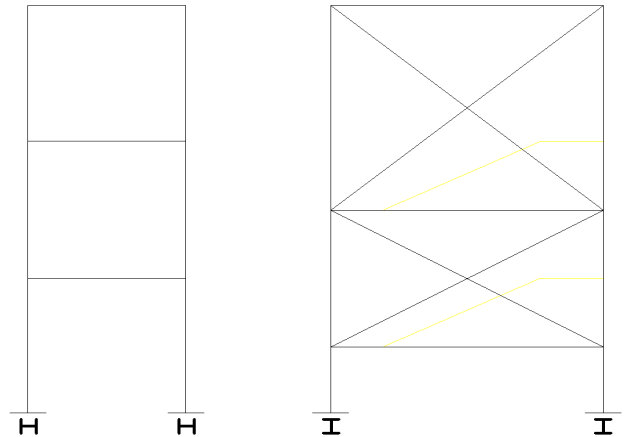
Trave principale

IPE220	$I_y =$	$2772 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
	$W_{pl} =$	$285,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

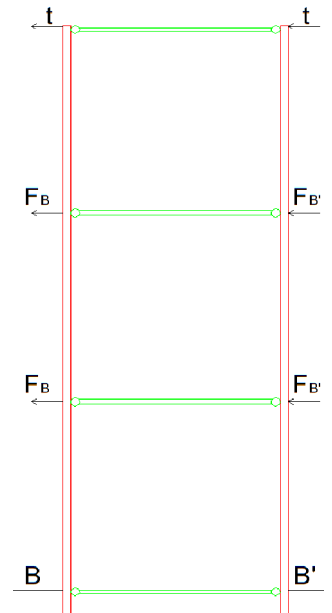
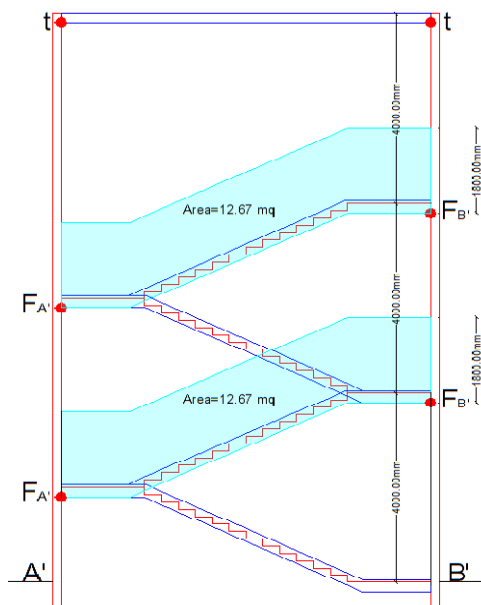
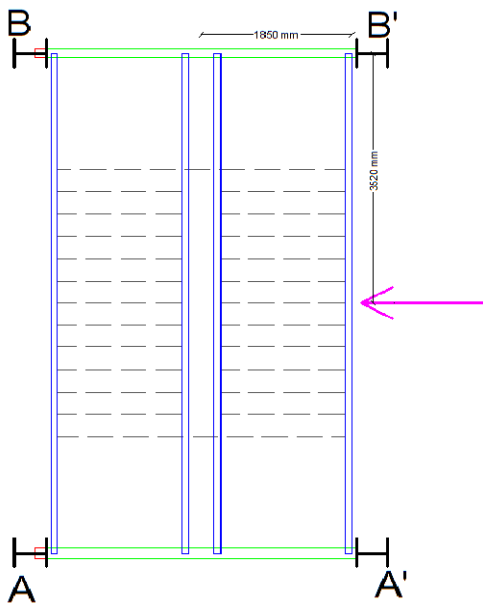
Colonne e controventi

Premessa

Scelgo di disporre il profilo con l'asse forte parallelo al lato più lungo della scala in modo da avere lungo il lato della trave a ginocchio un comportamento a mensola e nell'altro lato un comportamento a telaio inserendo dei controventi. Studio quindi i due casi in cui il vento soffia sul lato più lungo (mensola) e quando soffia sul lato più corto (telaio).



Analisi dei carichi - Schema a mensola

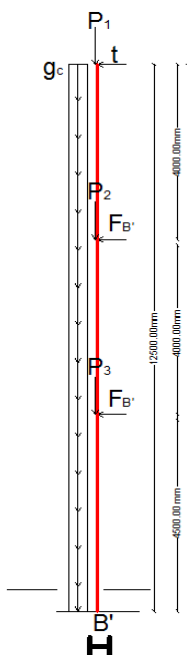


Area impattata dal vento

Mensole

Ho le seguenti forze:

- $F_{A,A',B,B'}$: Forza del vento che impatta su una fascia alta 1.8 m di persone
- t : Forza tangenziale del vento sulla copertura
- P_1 : Carico verticale (manut. princ. o vento princ.) sulla copertura + p.p. della copertura
- P_2 e P_3 : Carico verticale (rampa princ. o vento princ.) sulla rampa + p.p. della trave principale, secondaria e del grigliato
- g_c : P.p. della colonna (ipotesi)



$$F_{kB'} = P_v \cdot A / 4 = 2,76 \quad [\text{kN}] \quad (\text{vento principale})$$

$$F_{kB'} = P_v \cdot A / 4 \cdot \psi_{\text{vento}} = 1,65 \quad [\text{kN}] \quad (\text{vento secondario})$$

$$t_k = q_b \cdot c_e \cdot c_f \cdot A_{\text{infl.copertura}} / 4 = 0,23 \quad [\text{kN}] \quad (\text{vento principale})$$

$$t_k = q_b \cdot c_e \cdot c_f \cdot A_{\text{i.c.}} / 4 \cdot \psi_{\text{vento}} = 0,14 \quad [\text{kN}] \quad (\text{vento secondario})$$

$$P_{k1} = (q_{\text{cop.manut.princ.}} \cdot A_{\text{infl.}}) + (g_{\text{trave princ.cop.}} \cdot 1,85\text{m}) + (g_{\text{trave sec.cop.}} \cdot 3,52\text{m}) + (g_{\text{lam.grec.cop.}} \cdot A_{\text{infl.}}) =$$

$$= 10,46 \quad [\text{kN}] \quad (\text{manutenzione principale})$$

$$P_{k1} = (q_{\text{cop.vento.princ.}} \cdot A_{\text{infl.}}) + (g_{\text{trave princ.cop.}} \cdot 1,85\text{m}) + (g_{\text{trave sec.cop.}} \cdot 3,52\text{m}) + (g_{\text{lam.grec.cop.}} \cdot A_{\text{infl.}}) =$$

$$= 9,47 \quad [\text{kN}] \quad (\text{vento principale})$$

$$q_{\text{scala vento.princ.}} = p_{\text{vento}} + q_{\text{rampa}} \cdot \psi_1 + q_{\text{neve}} \cdot \psi_2 = 4,75 \quad [\text{kN}]$$

$$q_{\text{scala rampa.princ.}} = q_{\text{rampa}} + p_{\text{vento}} \cdot \psi_1 + q_{\text{neve}} \cdot \psi_2 = 5,90 \quad [\text{kN}]$$

$$P_{k2} = (q_{\text{scala vento.princ.}} \cdot A_{\text{infl.}}) + (g_{\text{trave princ.scala}} \cdot 1,85\text{m}) + (g_{\text{trave sec.scala}} \cdot 3,52\text{m}) + (g_{\text{grigliato}} \cdot A_{\text{infl.}}) + (g_c \cdot 4\text{m}) =$$

$$= 37,77 \quad [\text{kN}] \quad (\text{vento principale})$$

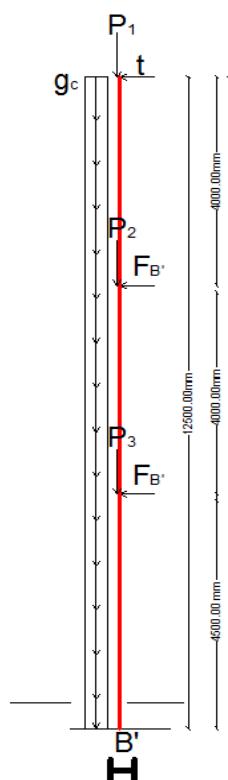
$$P_{k2} = (q_{\text{scala rampa.princ.}} \cdot A_{\text{infl.}}) + (g_{\text{trave princ.scala}} \cdot 1,85\text{m}) + (g_{\text{trave sec.scala}} \cdot 3,52\text{m}) + (g_{\text{grigliato}} \cdot A_{\text{infl.}}) + (g_c \cdot 4\text{m}) =$$

$$= 45,28 \quad [\text{kN}] \quad (\text{rampa principale})$$

$$P_{k3} = 37,77 \quad [\text{kN}] \quad (\text{vento principale})$$

$$P_{k3} = 45,28 \quad [\text{kN}] \quad (\text{rampa principale})$$

Riepilogando:



Valori caratteristici [kN]		Valori di calcolo [kN]	
$F_{kB'}$ (vento princ.)	2,76	$F_{dB'}$ (vento princ.)	4,13
$F_{kB'}$ (vento sec.)	1,65	$F_{dB'}$ (vento sec.)	2,48
t_k (vento princ.)	0,23	t_d (vento princ.)	0,34
t_k (vento sec.)	0,14	t_d (vento sec.)	0,21
P_{k1} (manut. princ.)	10,46	P_{d1} (manut. princ.)	15,42
P_{k1} (vento princ.)	9,47	P_{d1} (vento princ.)	12,31
$P_{k2,k3}$ (rampa. princ.)	45,28	$P_{d2,d3}$ (rampa. princ.)	66,55
$P_{k2,k3}$ (vento princ.)	37,77	$P_{d2,d3}$ (vento princ.)	55,29

Calcolo le caratteristiche di sollecitazione che agiscono sulla mensola

$$1) \quad \begin{aligned} N_{EDmax} &= P_{d1} + P_{d2} + P_{d3} = 148,52 \quad [\text{kN}] \\ M_{ED} &= t_d \cdot 12 + F_{dB'} \cdot 8 + F_{dB'} \cdot 4 = 32,23 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$2) \quad \begin{aligned} N_{ED} &= P_{d1} + P_{d2} + P_{d3} = 122,89 \quad [\text{kN}] \\ M_{EDmax} &= t_d \cdot 12 + F_{dB'} \cdot 8 + F_{dB'} \cdot 4 = 53,71 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

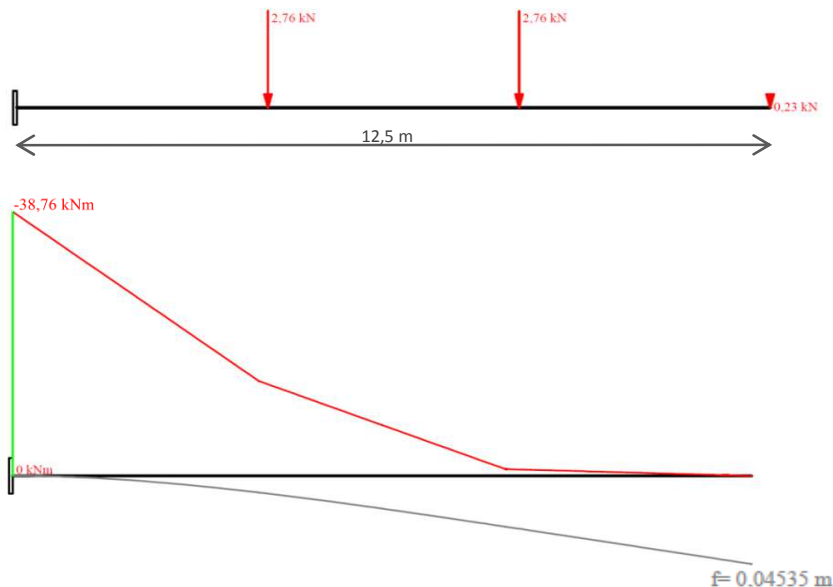
Verifica a spostamento (SLE) calcolata con carichi caratteristici

$$f_{\max} \leq h_{\text{fuoriterza}} / 250 = 0,048 \text{ [m]}$$

Con un profilo **HEB260** ho

$$f_{\max} = 0,0453 \text{ [m]} \quad \text{OK}$$

HEB260			
A	118,4	$\times 10^2$	mm ²
I _y	14920	$\times 10^4$	mm ⁴
I _z	5135	$\times 10^4$	mm ⁴
W _{pl.y}	1283	$\times 10^3$	mm ³
W _{pl.z}	602,2	$\times 10^3$	mm ³
i _y	11,22	$\times 10$	mm
i _z	6,58	$\times 10$	mm



Limite di snellezza λ

$$\lambda = l_o / i_{\max} \leq 250 \quad \lambda = 2 \cdot 12,5 \cdot 10^3 / (11,22 \cdot 10) = 222,82 \leq 250 \quad \text{OK}$$

Calcolo dell' $N_{b, RD, Y}$

$$N_{cr} = (\pi^2 E I_{\max} / l_o^2) \cdot \Psi = 864,98 \text{ [kN]}$$

con $\Psi=1,75$ per compensare lo sforzo normale che non è costante

$$\bar{\lambda} = \text{rad} q(A \cdot f_y / N_{cr}) = 1,94$$

Curva "b" (inflessione lungo y-y, $h/b \leq 1,2$, $t_f \leq 100 \text{ mm}$)

$$\chi = 0,221$$

$$N_{RD} = A \cdot (f_y / \gamma_{m0}) = 3100,95 \text{ [kN]}$$

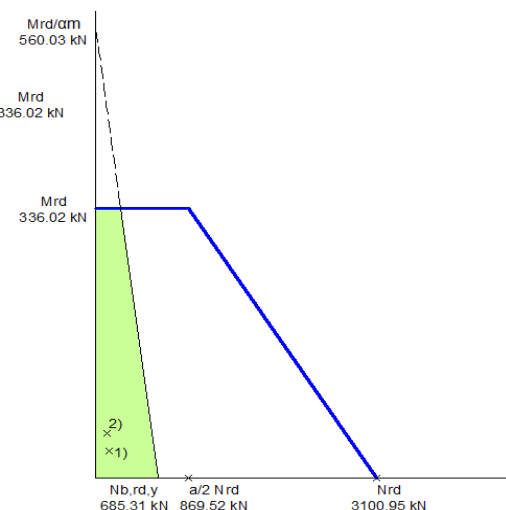
$$N_{b, RD, Y} = \chi \cdot N_{RD} = 685,31 \text{ [kN]} \geq N_{ED\max} = 148,52 \text{ [kN]}$$

$$\begin{aligned} 1) \quad N_{ED\max} &= P_{d1} + P_{d2} + P_{d3} = 148,52 \text{ [kN]} \\ M_{ED} &= t_d \cdot 12,5 + F_{dB'} \cdot 8,5 + F_{dB'} \cdot 4,5 = 34,81 \text{ [kN} \cdot \text{m]} \end{aligned}$$

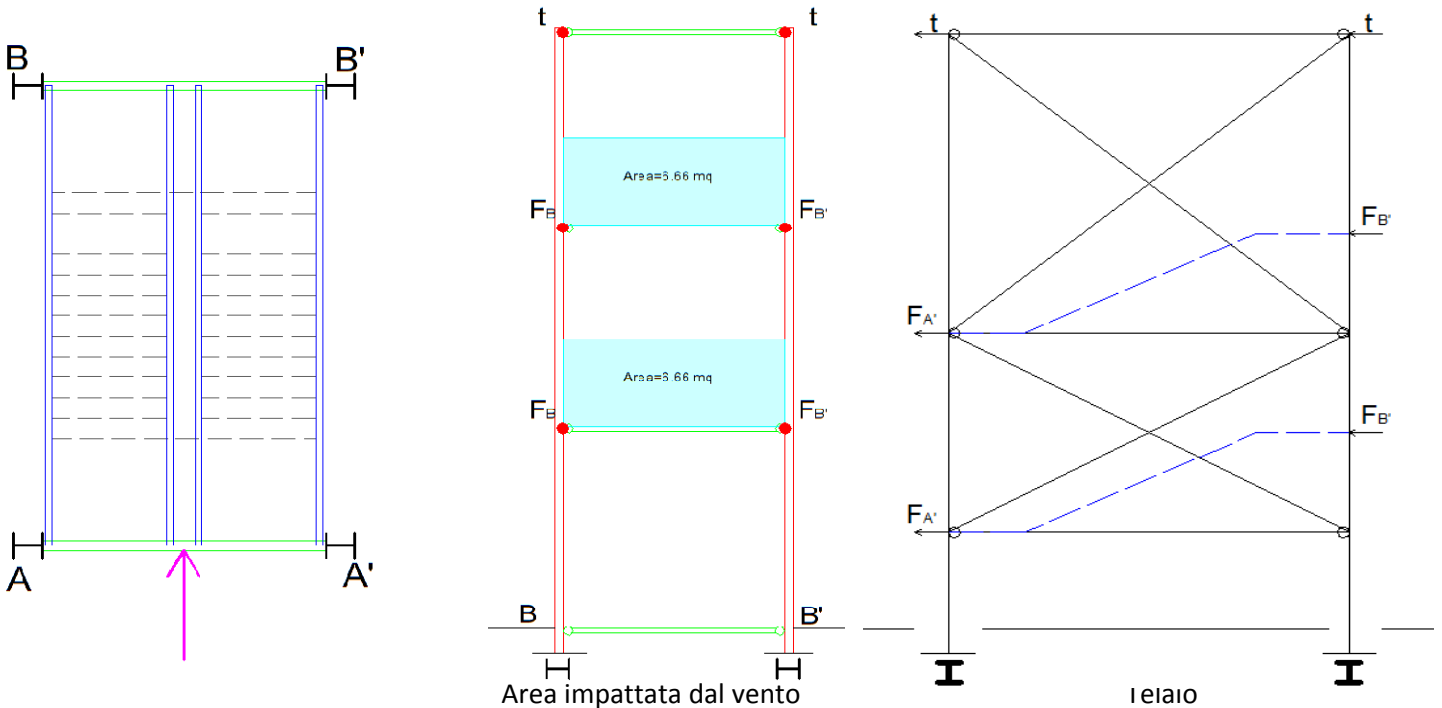
$$\begin{aligned} 2) \quad N_{ED} &= P_{d1} + P_{d2} + P_{d3} = 122,89 \text{ [kN]} \\ M_{ED\max} &= t_d \cdot 12,5 + F_{dB'} \cdot 8,5 + F_{dB'} \cdot 4,5 = 58,02 \text{ [kN} \cdot \text{m]} \end{aligned}$$

$$N_{b, RD, Y} = \chi \cdot N_{RD} = 685,31 \text{ [kN]}$$

$$M_{RD, Y} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{m0} = 336,02 \text{ [kN} \cdot \text{m]}$$



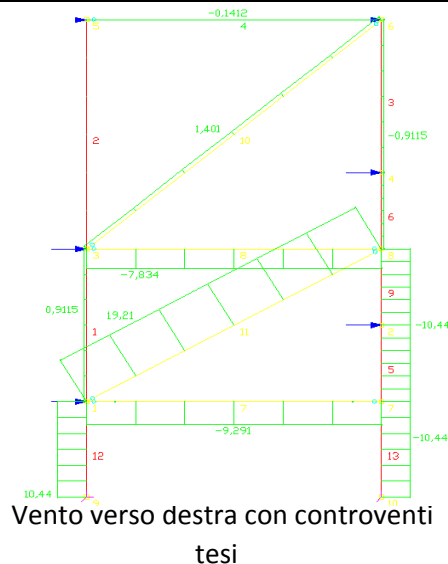
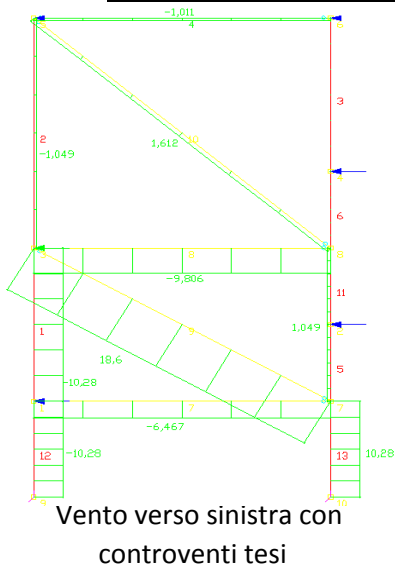
Analisi dei carichi - Schema a telaio (carichi orizzontali)



Realizzo un foro asolato nel collegamento travi a ginocchio-trave principale in modo da avere un comportamento come uno schema appoggio-carrello e non portare sforzo normale. Inoltre incastro la colonna a terra per limitare gli spostamenti in testa.

$$\begin{aligned}
 F_{kB'} &= P_v \cdot A / 2 = & \mathbf{2,90} & \text{ [kN]} & \text{(vento principale)} \\
 F_{kB'} &= P_v \cdot A / 2 \cdot \psi_{\text{vento}} = & \mathbf{1,74} & \text{ [kN]} & \text{(vento secondario)} \\
 t_k &= q_b \cdot c_e \cdot c_f \cdot A_{\text{infl.copertura}} = & \mathbf{0,23} & \text{ [kN]} & \text{(vento principale)} \\
 t_k &= q_b \cdot c_e \cdot c_f \cdot A_{\text{i.c.}} \cdot \psi_{\text{vento}} = & \mathbf{0,14} & \text{ [kN]} & \text{(vento secondario)}
 \end{aligned}$$

Valori caratteristici [kN]		Valori di calcolo [kN]	
$F_{kB'}$ (vento princ.)	2,90	$F_{dB'}$ (vento princ.)	4,33
$F_{kB'}$ (vento sec.)	1,74	$F_{dB'}$ (vento sec.)	2,60
t_k (vento princ.)	0,23	t_d (vento princ.)	0,35
t_k (vento sec.)	0,14	t_d (vento sec.)	0,21



Verifica delle aste diagonali

$$\begin{aligned}
 N_{ED\max} &= 19,21 & \text{ [kN]} \\
 L &= \mathbf{40 \times 40 \times 5} \\
 A &= 379 & \text{ [mm}^2\text{]} \\
 N_{RD} &= 99,26 & \text{ [kN]} \\
 N_{ED} &\leq N_{RD} & \text{ OK}
 \end{aligned}$$

Verifica delle aste orizzontali

$N_{EDmax} = 9,81 \text{ [kN]}$ di compressione

Coppia di UPN140			
UPN140			
A	20,4	$\times 10^2$	mm^2
I_z	62,7	$\times 10^4$	mm^4
i_z	1,75	$\times 10$	mm

Limite di snellezza λ

$\lambda = l_o / i_{min} \leq 200$ $\lambda = 7 \cdot 10^3 / (1,75 \cdot 2 \cdot 10) =$ $200,00 \leq 200$ OK

Calcolo dell' $N_{b, RD, z}$

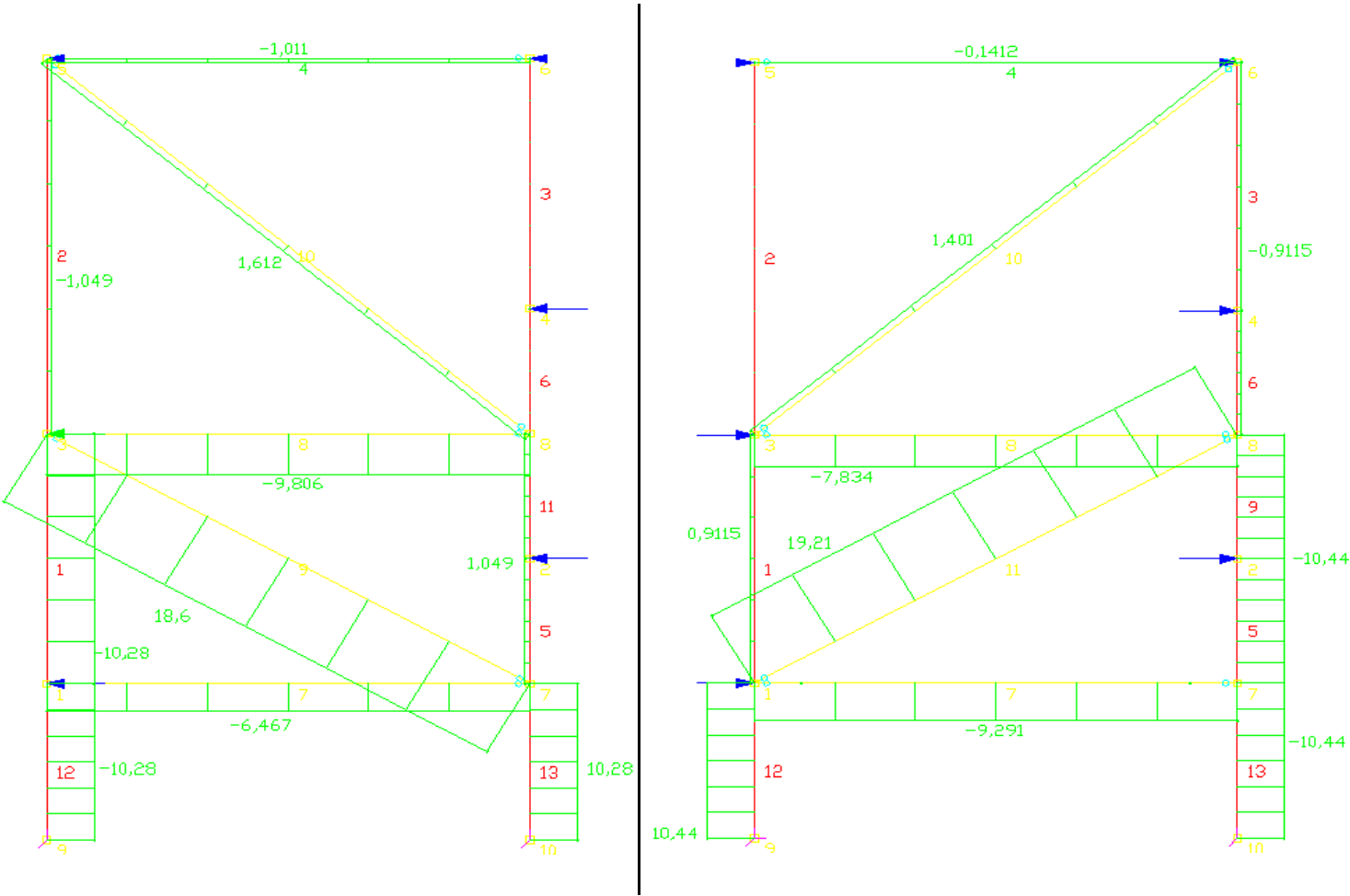
$N_{cr} = (\pi^2 E I_{min} / l_o^2) =$ $N_{cr} = ((3,14^2 \cdot 210000 \cdot 2 \cdot 62,7 \cdot 10^4 / (7 \cdot 10^3)^2)) / 10^3 =$ $52,99 \text{ [kN]}$

$\bar{\lambda} = \text{radq}(A \cdot f_y / N_{cr}) =$ $\bar{\lambda} = \text{radq}(2 \cdot 20,4 \cdot 10^2 \cdot 275 / 52,99 \cdot 10^3) =$ $4,60$

Curva "c" (sezioni ad U) $\chi = 0,043$

$N_{RD} = 2 \cdot A \cdot (f_y / \gamma_{m0}) =$ $N_{RD} = 2 \cdot 20,4 \cdot 10^2 \cdot (275 / 1,05) \cdot 10^{-3} =$ $1068,57 \text{ [kN]}$

$N_{b, RD, z} = \chi \cdot N_{RD} =$ $45,95 \text{ [kN]}$ OK



Analisi dei carichi - Schema a telaio (carichi verticali)

Ho gli stessi carichi verticali che ci sono nello schema a mensola

Valori di calcolo	
P_{d1} (manut. princ.)	15,42
$P_{d2,d3}$ (rampa. princ.)	66,55

Verifica della colonna a compressione

Colonna HEB260

$$A = 118,4 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

$$I_{\min}=I_z = 5135 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$N_{ED} = N_{\max} = 148,5 + 10,44 = 158,94 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr} = (\pi^2 E I_z / l_o^2) \quad \text{Con} \quad l_o = \text{altezza interpiano (4 m)}$$

$$N_{cr} = 6645,06 \text{ [kN]}$$

$$\bar{\lambda}_z = \text{radq}(A \cdot f_y / N_{cr}) = 0,70$$

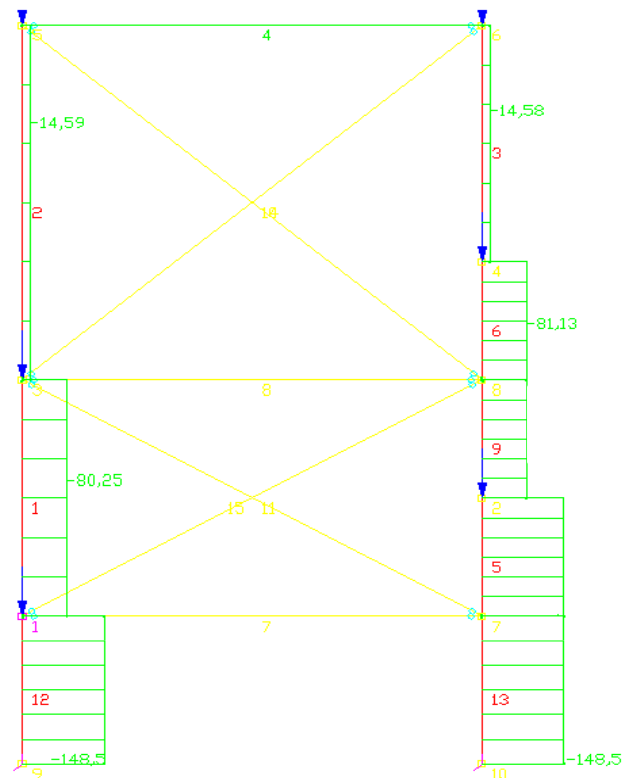
Curva "c" per inflessione intorno l'asse z-z

$$\chi = 0,72$$

$$N_{RD} = A \cdot (f_y / \gamma_{m0}) = 3100,95 \text{ [kN]}$$

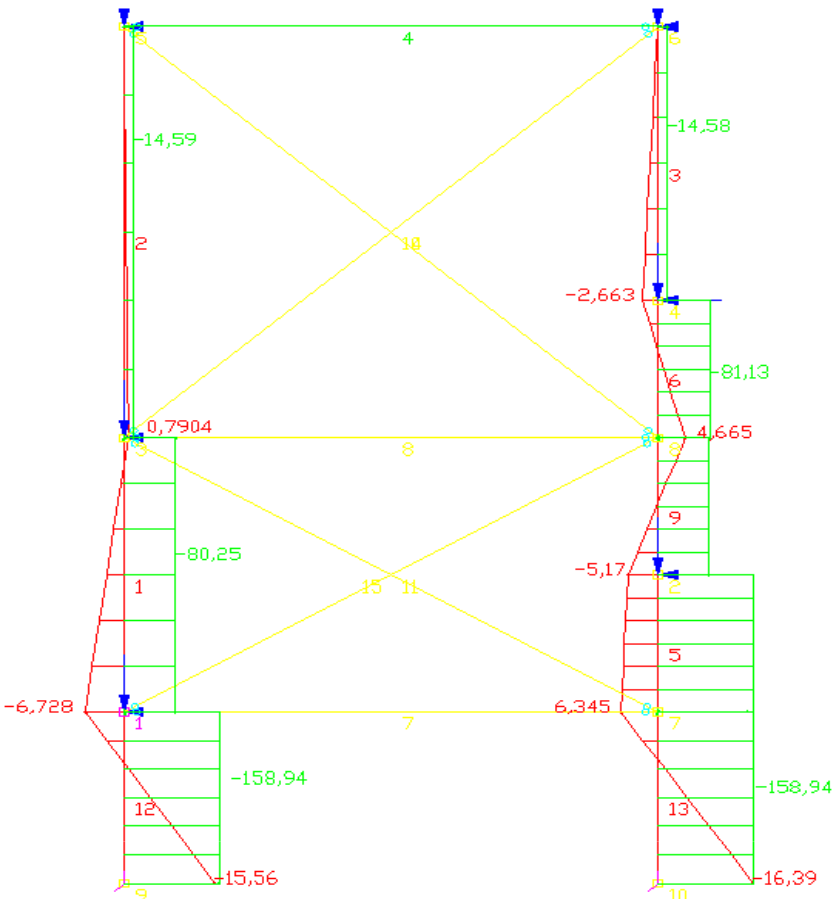
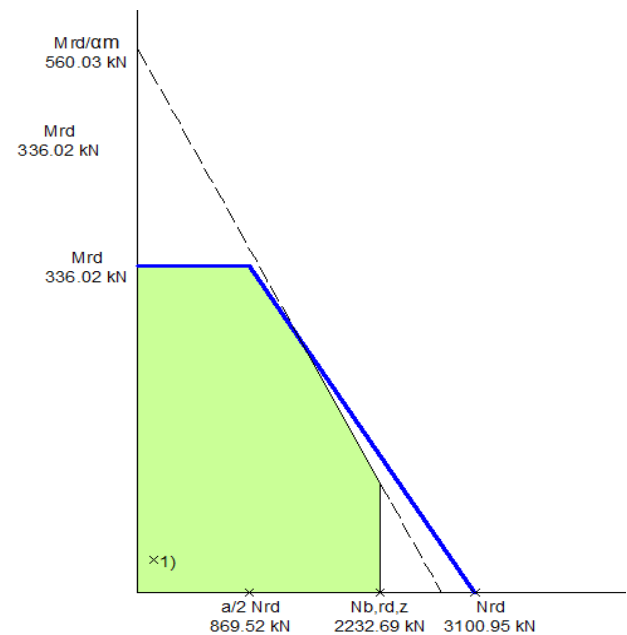
$$N_{b, RD, z} = \chi \cdot N_{RD} = 2232,69 \text{ [kN]}$$

$$\geq N_{ED\max} = 158,94 \text{ [kN]} \quad \text{OK}$$



Verifica della colonna a pressoflessione

$N_{EDmax} = 158,94 \text{ [kN]}$
 $M_{EDmax} = 16,39 \text{ [kN}\cdot\text{m]}$



Colonna

HEB260

Controventi diagonali

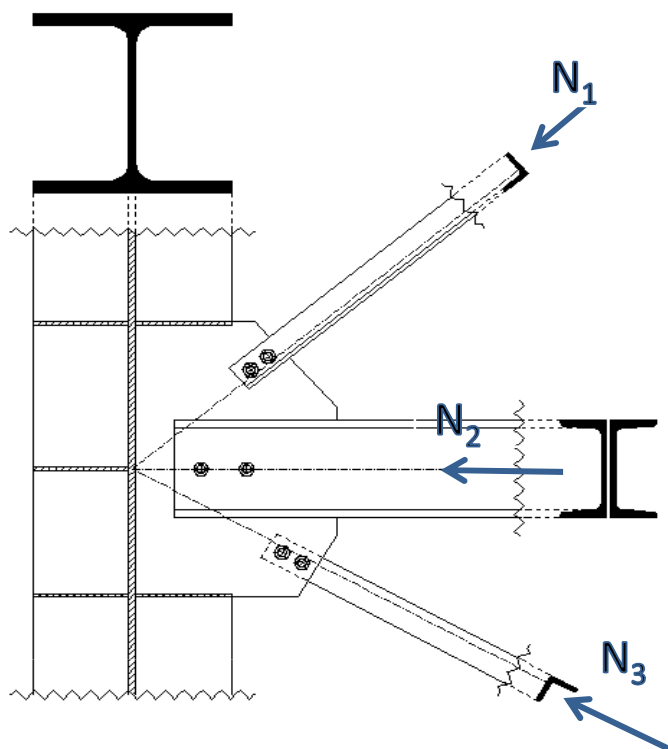
L 40x40x5

Controventi orizzontali

COPPIA DI UPN140

Collegamenti

Colonna-Controventi



N_1 :	19,21 [kN]
N_2 :	9,806 [kN]
N_3 :	19,21 [kN]

Dimensionamento bulloni controvento L 40X40X5

$$F_{V,ED} = 19,21 \text{ [kN]}$$

$$F_{V,RD} = 0,6 \cdot A \cdot f_{ub} / 1,25 \cdot n_b \cdot n_s$$

Con classe 4.6 ricavo l'area imponendo $F_{V,ED} = F_{V,RD}$

$$A = 50,03 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Con dei bulloni filettati solo all'estremità posso usare

M12 CL 4.6

Verifica a rifollamento

$$\text{Spessore piatto } t = 5 \text{ [mm]}$$

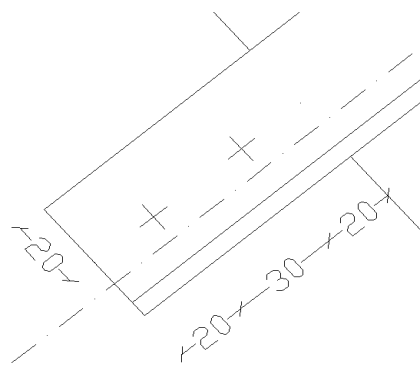
$$F_{b,RD} = k \cdot \alpha \cdot d \cdot t \cdot f_u / 1,25 \cdot n_s \cdot n_b$$

con $k=2,5$ ricavo α

$$\alpha = 0,19$$

$$\alpha = e_1 / 3d_0 \text{ da cui } e_1 \geq 3\alpha d_0 = 7,26 \text{ [mm]}$$

$$\alpha = p_1 / 3d_0 - 0,25 \text{ da cui } p_1 \geq 3d_0(\alpha + 0,25) = 17,01 \text{ [mm]}$$



Porto

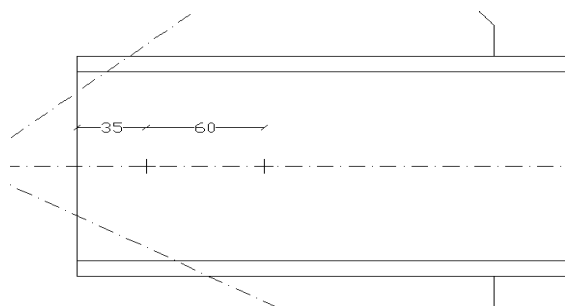
$$\begin{aligned} e_1 &= 20 \text{ [mm]} \\ p_1 &= 30 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

Dimensionamento bulloni controvento 2 UPN180

$$F_{V,ED} = 9,806 \text{ [kN]}$$

Bastano due bulloni **M12 CL 4.6**

$$\begin{aligned} e_1 &= 35 \text{ [mm]} \\ p_1 &= 60 \text{ [mm]} \end{aligned}$$



Dimensionamento saldatura piatto-colonna

Risultante sulla saldatura

$$F_{ED} = 28,15 \text{ [kN]}$$

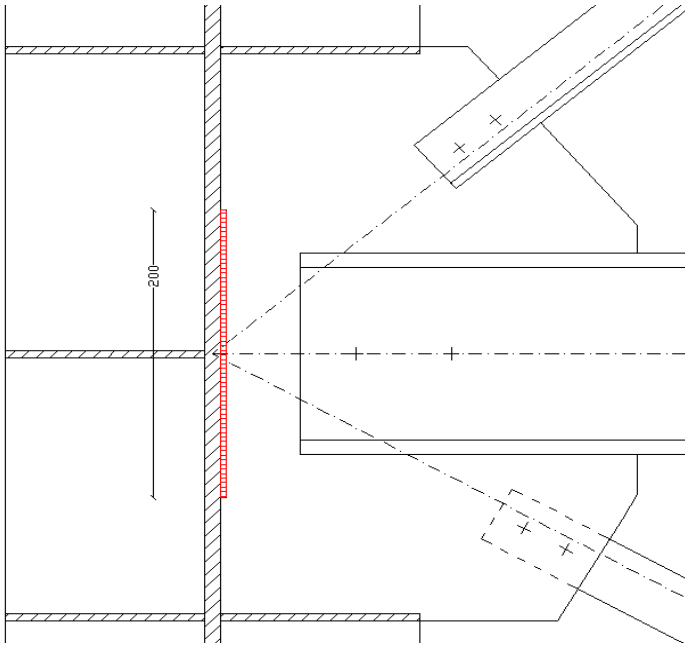
Metodo sferico, fisso $l = 200 \text{ [mm]}$

$$F_{ED}/n_c \cdot a \cdot l \geq f_{v,wd} = 233,66 \quad \text{con } n_c = 2$$

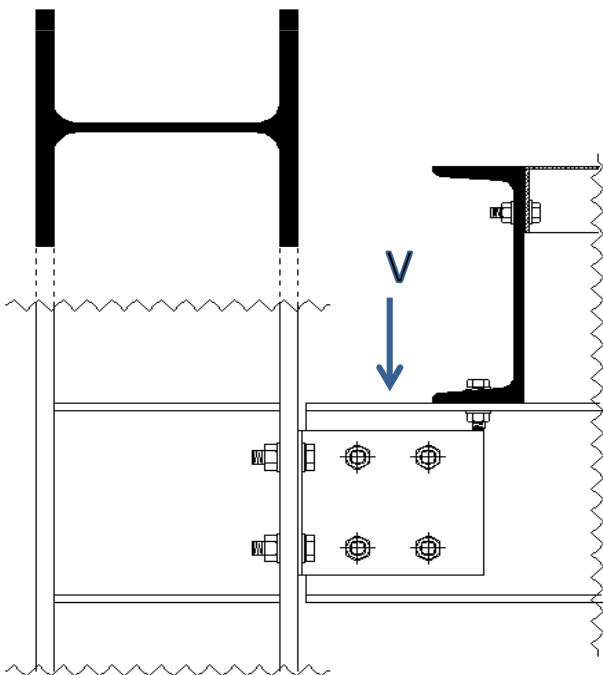
ricavo l'altezza di gola a

$$a \geq 0,30 \text{ [mm]}$$

$$a = 3 \text{ mm}$$



Trave principale - Colonna



Trave principale	$M_{rd} =$	74,75 [kN·m]
	$M_{ed} =$	69,3 [kN·m]

$$M_{rd}/M_{ed} = 1,1$$

$$V^* = 62,83 \text{ [kN]}$$

$$V = V^* \cdot 1,10 = 69,11 \text{ [kN]}$$

Momento parassita dovuta ad e = 260/2+10+70 (70 ipotesi)

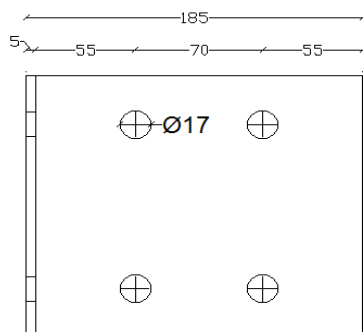
$$M = V \cdot e = 14,51 \text{ [kN·m]}$$

Dimensionamento di un bullone

$$F_{v,Ed \text{ orizz.}} = M/d \cdot 1/2 = 72,57 \text{ [kN]}$$

$$F_{v,Ed \text{ vert.}} = V/4 = 17,28 \text{ [kN]}$$

$$F_{v,Ed \text{ tot.}} = \text{radq}(F_{\text{orizz}}^2 + F_{\text{vert}}^2) = 74,60 \text{ [kN]}$$



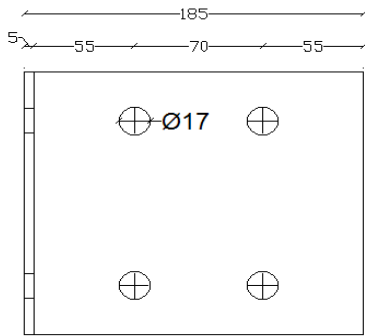
$$F_{V,RD} = 0,6 \cdot A \cdot f_{ub}/1,25 \cdot n_b \cdot n_s$$

Con clase 5.6 ricavo l'area imponendo $F_{v,ED} = F_{V,RD}$

$$A = 155,41 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Con dei bulloni filettati solo all'estremità posso usare

M16 CL 5.6



Verifica a rifollamento

Spessore anima IPE220 (trave princ) $t = 5,9$ [mm]

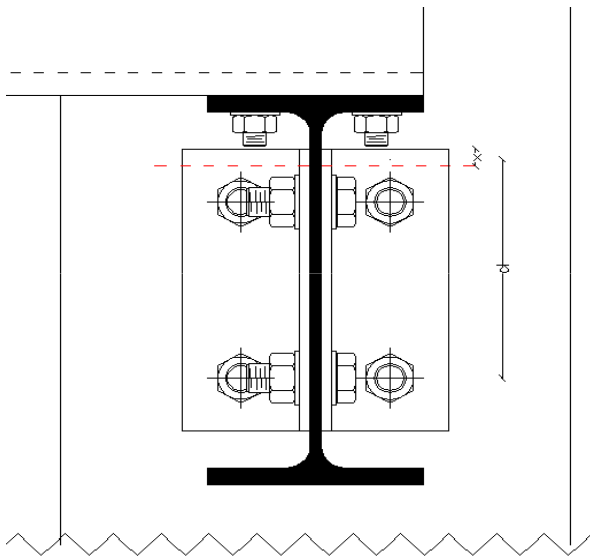
$$F_{b, RD} = k \cdot \alpha \cdot d \cdot t \cdot f_u / 1,25 \cdot n_s \cdot n_b$$

Con i valori in figura ottengo $k=2,5$ e $\alpha=1$

$$F_{b, RD} = 2,5 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 5,9 \cdot 430 / 1,25 \cdot 10^{-3} = 81,18 \text{ [kN]}$$

$$F_{b, RD} \geq F_{v, ED} \quad \text{OK}$$

Passando al collegamento dell'angolare con l'ala della colonna, faccio portare trazione ai due bulloni inferiori e taglio ai due sopra.



Verifica a trazione di un bullone

$$F_{t, ED} = M/d \cdot 1/2 \quad \text{con } d = 100 + 30 - x/2 \quad \text{hp: } x=10 \text{ mm}$$

$$F_{t, ED} = 58,05 \text{ [kN]}$$

M16 CL 5.6 non bastano più. Passo a **CL 6.8**

$$F_{t, RD} = 67,82 \text{ [kN]}$$

Verifica a punzonamento

$$B_{p, RD} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t \cdot f_u / 1,25 = 82,95629 \text{ [kN]}$$

OK

Verifica a taglio di un bullone

$$F_{v, ED} = V/2 = 34,56 \text{ [kN]}$$

$$F_{v, RD} = 0,6 \cdot A \cdot f_{ub} / 1,25 = 44,64 \text{ [kN]}$$

OK

Verifica a rifollamento

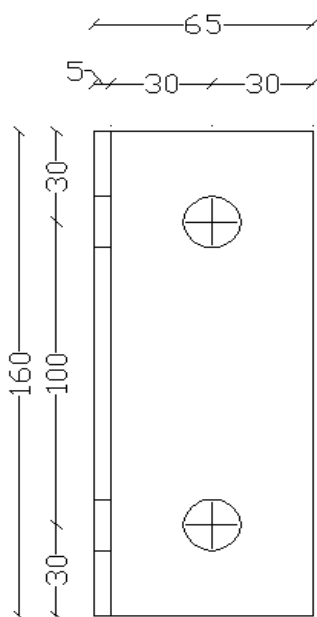
Spessore angolare $t = 5$ [mm]

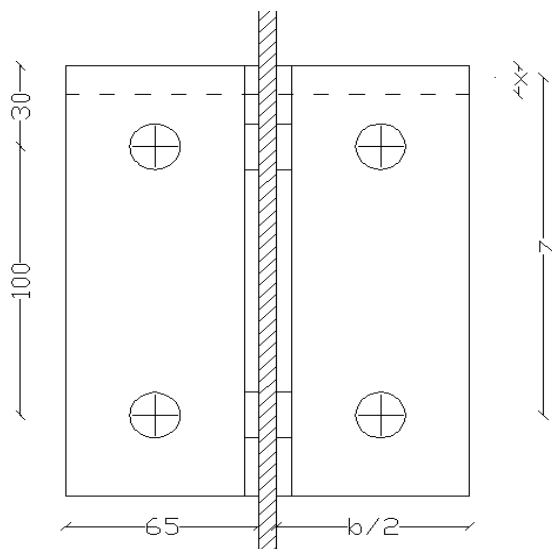
$$F_{b, RD} = k \cdot \alpha \cdot d \cdot t \cdot f_u / 1,25 \cdot n_s \cdot n_b$$

Con i valori in figura ottengo $k=2,5$ e $\alpha=1$

$$F_{b, RD} = 2,5 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 5 \cdot 430 / 1,25 \cdot 10^{-3} = 68,80 \text{ [kN]}$$

$$F_{b, RD} \geq F_{v, ED} \quad \text{OK}$$





Verifica angolare

$$x = n_b \cdot F_{t,Rd} / (b \cdot f_{yt} / 1,25) = 4,74 \text{ [mm]}$$

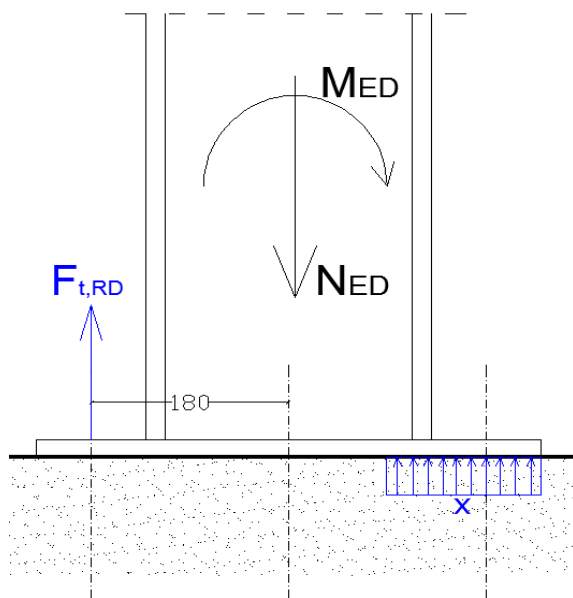
$$z = 100 + 30 - x / 2 = 127,63 \text{ [mm]}$$

$$M_{rd} = F_{t,Rd} \cdot z \cdot n_b = 17,31155 \text{ [kN}\cdot\text{m]}$$

$$M = V \cdot e = 14,51 \text{ [kN}\cdot\text{m]}$$

$$M_{rd} \geq M \text{ (momento parassita) OK}$$

Trave principale - Fondazione



Ho un momento e uno sforzo normale alla base della colonna dal lato a mensola pari a :

$$M_{ED} : 38,76 \text{ [kN}\cdot\text{m]}$$

$$N_{ED} : 158,44 \text{ [kN]}$$

Dimensiono la piastra e le distanze e_1, p_1 etc

Provo con tirafondi **M18 CL. 4.6**

Facendo l'equilibrio alla rotazione ottengo che

$$x = 22,54 \text{ [mm]}$$

$$z = B - C - x / 2 = 460 - 50 - 22,54 / 2 = 398,73 \text{ [mm]}$$

$$M_{RD} = F_{t,Rd} \cdot z = 165,88 \cdot 10^3 \cdot 398,73 = 66,14 \text{ [kN}\cdot\text{m]}$$

$$M_{RD} > M_{ED} \text{ OK}$$

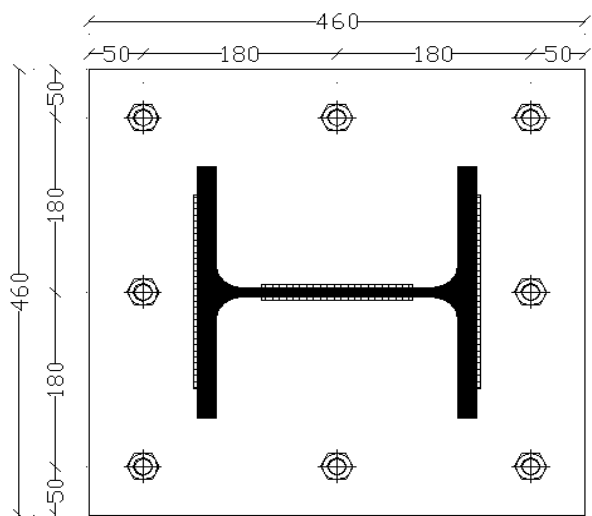
Verifica punzonamento

$$B_{p,RD} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t \cdot f_u / 1,25$$

Da cui ricavo lo spessore t minimo

$$t \geq 2,83 \text{ [mm]}$$

Porto $t = 5 \text{ mm}$ provvisorio in attesa della verifica a flessione



Verifica a flessione del piatto

$$W_{pl} = b t^2 / 4$$

$$M_{ed} \leq W_{pl} (f_y / \gamma_{m0}) = b t^2 / 4 (f_y / \gamma_{m0})$$

$$M_{ED} = F_{t, RD} \cdot 50 = 165,88 \cdot 50 = 8,29 \quad [\text{Kn} \cdot \text{m}]$$

$$\text{Ricavo lo spessore } t \quad t \geq 16,6 \quad [\text{mm}] \quad \text{Porto a } \mathbf{18 \text{ [mm]}}$$

Progetto saldatura colonna-piatto

Utilizzo il metodo sferico

$$F_{ed} = M_{ed} / 260 = 149,08 \quad [\text{Kn}]$$

$$f_{v, wd} = 233,66 \quad [\text{Mpa}] \quad \text{per S275}$$

$$F_{ed} \leq n_c \cdot a \cdot l \cdot f_{v, wd} \quad \text{fisso } l = 200 \text{ e ricavo l'altezza di gola } a$$

$$a \geq F_{ed} / (n_c \cdot l \cdot f_{v, wd}) \geq 1,59 \quad [\text{mm}]$$

Prendo a minima pari a 3 mm

Per le saldature nell'anima che portano taglio, dato che lo sforzo è molto basso scelgo sempre $a = 3 \text{ mm}$ e $l = 140 \text{ mm}$

