



Università di Catania  
Corso di laurea in Ingegneria edile-architettura

Corso di Tecnica delle costruzioni  
Anno accademico 2013/14  
Docenti: Aurelio Gheresi e Edoardo M. Marino

Progetto di una scala  
con struttura in acciaio

Relazione

Progetto e verifica di elementi strutturali  
e rispettivi collegamenti

Materiali utilizzati

Acciaio S275  
Bulloni M10 classe 4.6  
Bulloni M12 classe 5.6  
Tirafondi M20 classe 10.9

Revisore  
Aurelio Gheresi

Stud: Andrea Bonaccorsi  
Matr. 609000588

Bonaccorsi

Andrea

matr. 609/000588

sigla 225252

Ubicazione area urbana tra edifici alti

quota 250 m s.l.m.

distanza dal mare 36 km

Tipo di scala

tipologia 5

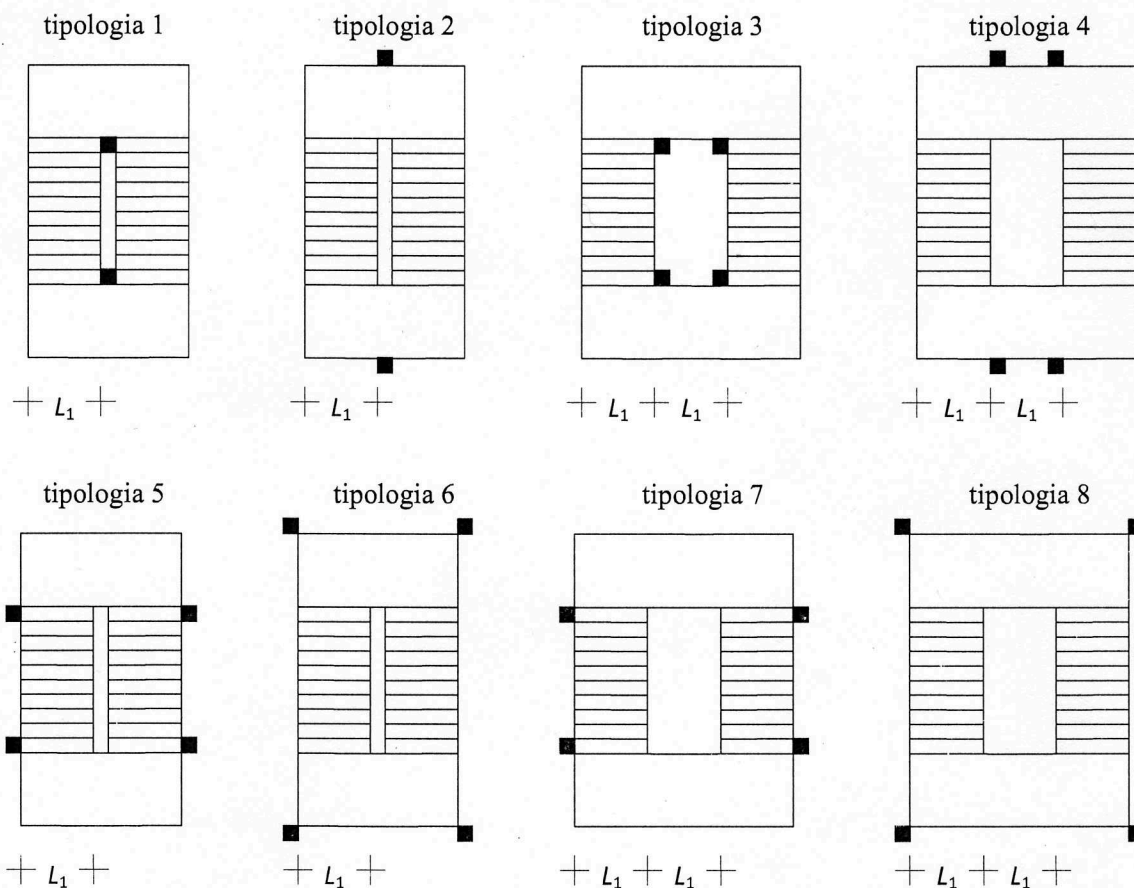
carico variabile  $q_k = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Dati geometrici

$L_1 = 1400 \text{ mm}$

$L_2 = 3800 \text{ mm}$

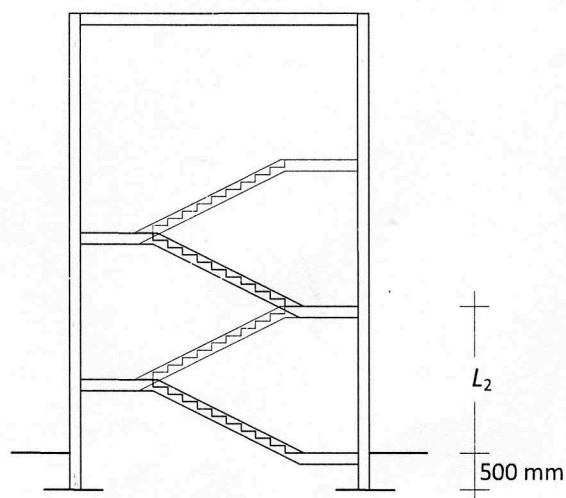
### Possibili tipologie di scale



#### Note

I disegni in pianta sono solo indicativi: la posizione delle colonne è rappresentata da un quadratino nero.

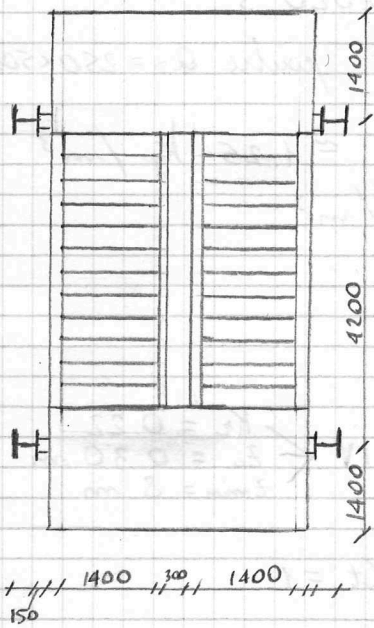
L'immagine della vista laterale riporta le colonne all'esterno, ma la loro reale posizione è definita dalla tipologia in pianta.



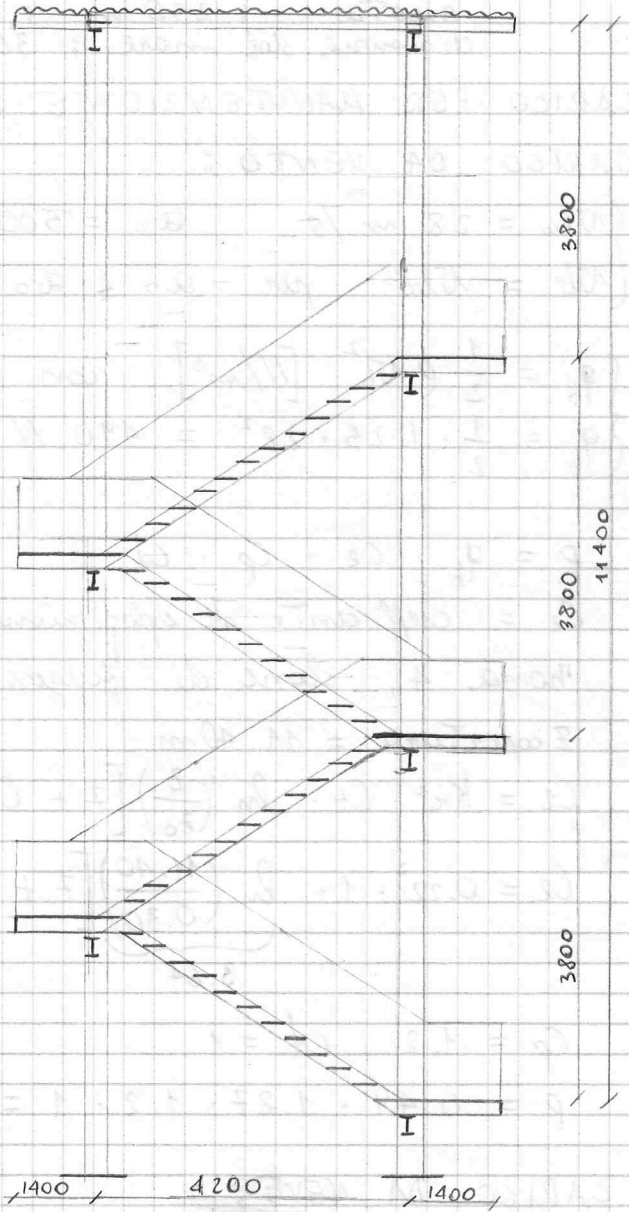
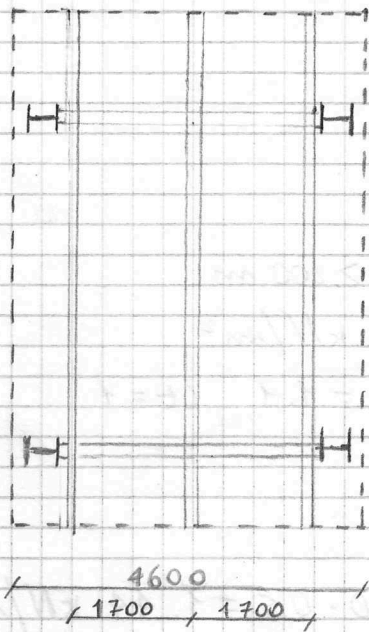
vista laterale



PIANTA



COPERTURA





CARICHI SULLA COPERTURA (norme Tecniche per le costruzioni 2008)

DATI: Ubicazione: area urbana tra edifici alti  
quota: 250 m s.l.m.  
distanza dal mare: 36 km

CARICO PER MANUTENZIONE:  $q_k = 0.50 \text{ kN/m}^2$

CARICO DA VENTO:

VELOCITÀ  
PRESSIONE DI RIFERIMENTO

$$\begin{cases} V_{bo} = 28 \text{ m/s} & a_0 = 500 \text{ m s.l.m.} & K_0 = 0.020 \text{ s}^{-1} \\ V_b = V_{bo} & \text{per } a_s \leq a_0 \Rightarrow V_b = 28 \text{ m/s} & \text{poiché } a_s = 250 < 500 = a_0 \end{cases}$$
$$\begin{cases} q_b = \frac{1}{2} \rho V_b^2 \text{ [N/m}^2\text{]} & \text{con } \rho = \text{densità dell'aria} \approx 1.25 \text{ kg/m}^3 \\ q_b = \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot 28^2 = 490 \text{ N/m}^2 = 0.49 \text{ kN/m}^2 \end{cases}$$

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

$C_e$  = coefficiente di esposizione

zona 4, classe di rugosità A, categoria IV  $\leftarrow \begin{matrix} K_z = 0.22 \\ z_0 = 0.30 \text{ m} \\ z_{min} = 8 \text{ m} \end{matrix}$

$$z_{copertura} = 11.40 \text{ m}$$

$$C_e = K_z \cdot C_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[ 7 + C_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad \text{con } C_t = 1$$

$$C_e = 0.22^2 \cdot 1 \cdot \underbrace{\ln\left(\frac{11.40}{0.30}\right)}_{3.64} \left[ 7 + 1 \cdot \underbrace{\ln\left(\frac{11.40}{0.30}\right)}_{3.64} \right] = 1.87$$

$$C_p = 1.2 \quad C_d = 1$$

$$p = 0.49 \cdot 1.87 \cdot 1.2 \cdot 1 = 1.10$$

CARICO DA NEVE:

$$q_{ks} = 0.51 \left[ 1 + (a_s/481)^2 \right] \text{ kN/m}^2 \quad \text{per } a_s > 200 \text{ m}$$

$$q_{ks} = 0.51 \left[ 1 + (250/481)^2 \right] \text{ kN/m}^2 = 0.65 \text{ kN/m}^2$$

$$q_s = q_{ks} \cdot \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \quad \text{con } \mu_i = 0.8 \quad C_e = 1.1 \quad C_t = 1$$

$$q_s = 0.65 \cdot 0.8 \cdot 1.1 \cdot 1 = 0.57 \text{ kN/m}^2$$

COMBINAZIONI DI CARICO

$$\text{vento principale: } q_{1k} = 1.1 + 0.6 \cdot 0.57 + 0 \cdot 0.5 = 1.44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{neve principale: } q_{2k} = 0.57 + 0.5 \cdot 1.1 + 0 \cdot 0.5 = 1.12 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{manutenzione principale: } q_{3k} = 0.5 + 0.6 \cdot 0.57 + 0.5 \cdot 1.1 = 1.39 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{scelgo le combinazioni } q_{1k} = 1.44 \text{ kN/m}^2$$

PANNELLO DI COPERTURA (cap 4.2.4.2.2 sparamenti laterali)

limite superiore per gli sparamenti verticali  $\frac{s}{L} = \frac{1}{200}$

panno (distanza fra gli appoggi) 1,7 m; due coperte

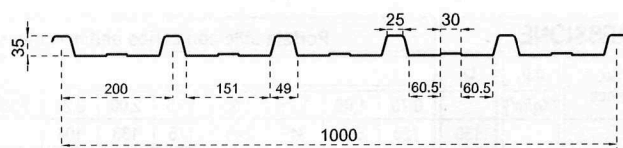
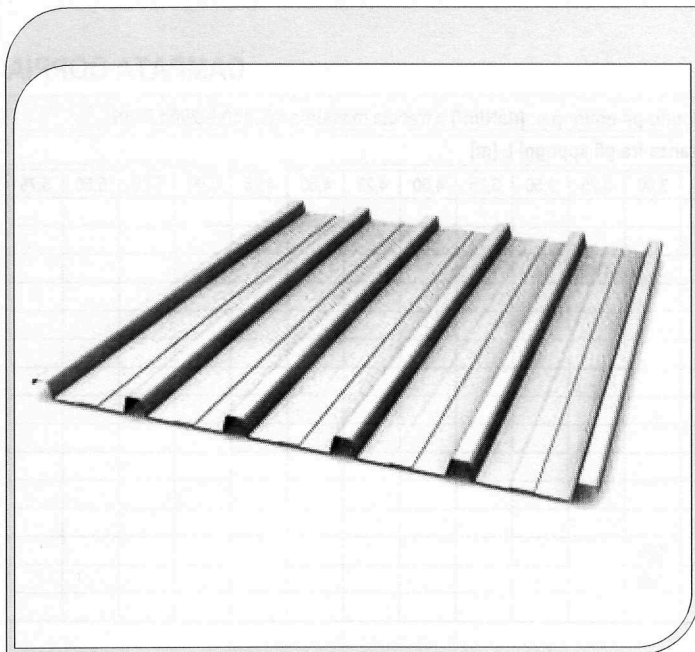
Scelgo: HEDAR HV 3510/6 R panno 0.6 cm (vedi schede tecnica)

$$D.O. < 89 \text{ kg/m}^2$$



**Elementi grecati in acciaio per coperture e pareti**  
*Steel trapezoidal corrugated sheets for roofs and walls*

**HV 3510/6 R**  
**HV 3510/6 F**



Lato A Side A

Lato B Side B

(6.200.35.1000) - sv 1250 mm

N° greche Rib's number:	6
Passo greche Distance between rib's:	200 mm
Altezza greche Rib's height:	35 mm
Larghezza utile Rib's width:	1000 mm
Sviluppo coil Coil development:	1250 mm

## Materiali

Acciaio zincato UNI EN 10142 e UNI EN 10147 con procedimento "Sendzimir".  
Preverniciati (Coil Coating) in base alle norme ECCA:  
di produzione normale: -con rivestimento poliestere  
di produzione speciale: -con rivestimento SILICON POLIESTERE  
-con rivestimento PVDF fluoruro di polivinile.

Altri materiali: alluminio, rame, inox, corten, aluzinc.

Tolleranza spessore: UNI EN 10143.

Tolleranza lunghezza: -0 +5 mm (salvo accordi).

Galvanized steel UNI EN 10142 and UNI EN 10147 with "Sendzimir" process.  
 Prepainted (Coil Coating) in according with ECCA norms:

normal production:	-with polyester cycle
special production:	-with POLYESTER SILICON cycle
	-with PVDF cycle polyvinyl fluoride.

Others materials: aluminium, copper, inox, corten, aluzinc.  
 Thickness tolerance: UNI EN 10143.  
 Length tolerance: -0 +5 mm (unless agreements).

### Caratteristiche Characteristics

**Acciaio S 250GD (EN 10147)**  
Tensione resistente caratteristica a trazione  
 $f_{yp} = 250 \text{ N/mm}^2$   
Tensione resistente di progetto a trazione  
 $f_{dp} = 238 \text{ N/mm}^2$

**Steel grade S 250 GD (EN 10147)**  
Typical tensile strength  
 $f_{yp} = 250 \text{ N/mm}^2$

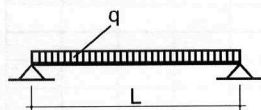
Designed tensile strength  
 $f_{dp} = 238 \text{ N/mm}^2$

### Criteri di calcolo

#### Calculation principle

L'approccio generale del calcolo è quello dell'Eurocodice 3 "Progettazione delle strutture di acciaio", parte 1-3 "Regole supplementari per elementi sottili formati a freddo".

The Eurocode 3 "Design of steel structures", part 1-3 "Supplementary rules for cold-formed thin gauge members and sheeting" provides the general approach for calculation.

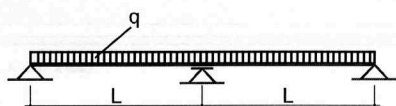


## CAMPATA SINGOLA

[illegible]

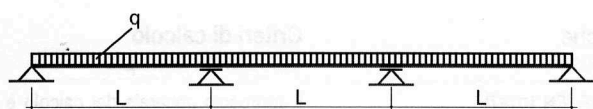


# HV 3510/6 R HV 3510/6 F



## CAMPATA DOPPIA

PRESSIONE			Portata utile con carico uniformemente distribuito $p = q_{min} - p.p.$ [daN/m²] a freccia massima $< (L/150 \text{ L}/200 \text{ L}/300)$																					
Sp. greca	p.p.	L/	Distanza fra gli appoggi L [m]																					
	[Kg/m²]		0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	
Sp. 06/10	5,89	150	723	541	349	241	175	133	104															
		200	723	541	349	241	175	133	104															
		300	723	541	349	241	175	133	104															
Sp. 07/10	6,87	150	945	635	404	278	203	154	120															
		200	945	635	404	278	203	154	120															
		300	945	635	404	278	203	154	120															
Sp. 08/10	7,85	150	1194	735	467	322	235	178	139	111														
		200	1194	735	467	322	235	178	139	111														
		300	1194	735	467	322	235	178	139	111														
Sp. 10/10	9,81	150	1389	906	577	398	289	219	171	137	112													
		200	1389	906	577	398	289	219	171	137	112													
		300	1389	906	577	398	289	219	171	137	109													
Sp. 12/10	11,78	150	1768	1069	680	469	341	259	202	161	131	109												
		200	1768	1069	680	469	341	259	202	161	131	109												
		300	1768	1069	680	469	341	259	202	161	129													



## CAMPATA TRIPLA

PRESSIONE			Portata utile con carico uniformemente distribuito $p= q_{min} -p.p.$ [daN/m²] a freccia massima $\leq(L/150 \text{ L}/200 \text{ L}/300)$																					
Sp. greca	p.p.	L/	Distanza fra gli appoggi L [m]																					
	[Kg/m²]		0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	
Sp. 06/10	5,89	150	822	615	438	302	220	167	131	105														
		200	822	615	438	302	220	167	131	105														
		300	822	615	438	302	216	142																
Sp. 07/10	6,87	150	1075	795	506	350	255	194	152	122														
		200	1075	795	506	350	255	194	152	119														
		300	1075	795	506	350	237	157	108															
Sp. 08/10	7,85	150	1247	920	586	405	295	224	176	141	115													
		200	1247	920	586	405	295	224	176	137	101													
		300	1247	920	586	405	273	181	124															
Sp. 10/10	9,81	150	1580	1135	723	499	364	277	217	174	142	118												
		200	1580	1135	723	499	364	277	217	172	127													
		300	1580	1135	723	499	343	227	156	111														
Sp. 12/10	11,78	150	1922	1340	853	589	430	326	255	205	167	139	116											
		200	1922	1340	853	589	430	326	255	205	151	114												
		300	1922	1340	853	589	409	270	186	133														

### Legenda

#### Legend

$q$  = carico ammissibile uniformemente distribuito incl. peso proprio del profilato in daN/m<sup>2</sup>.  
 $q$  = admissible load uniformly distributed included weight of metal sheet.

### Rapporto di conversione

#### Conversion ratio

Per trasformare i daN/m<sup>2</sup> in kg/m<sup>2</sup> dividere per 1,02.  
 To convert daN/m<sup>2</sup> into kg/m<sup>2</sup> divide by 1,02.



S.P. Est Sesia - 28060 Vicolungo (NO)  
 tel. +39 0321.835511 r.a. - fax +39 0321.835599  
 e-mail: hedar@hedar.it - web: [www.hedar.it](http://www.hedar.it)



Sono disponibili a richiesta i carichi di portate della lamiera in fase di DEPRESSIONE.  
 On demand are available load flow of metal sheet in the DEPRESSION phase.

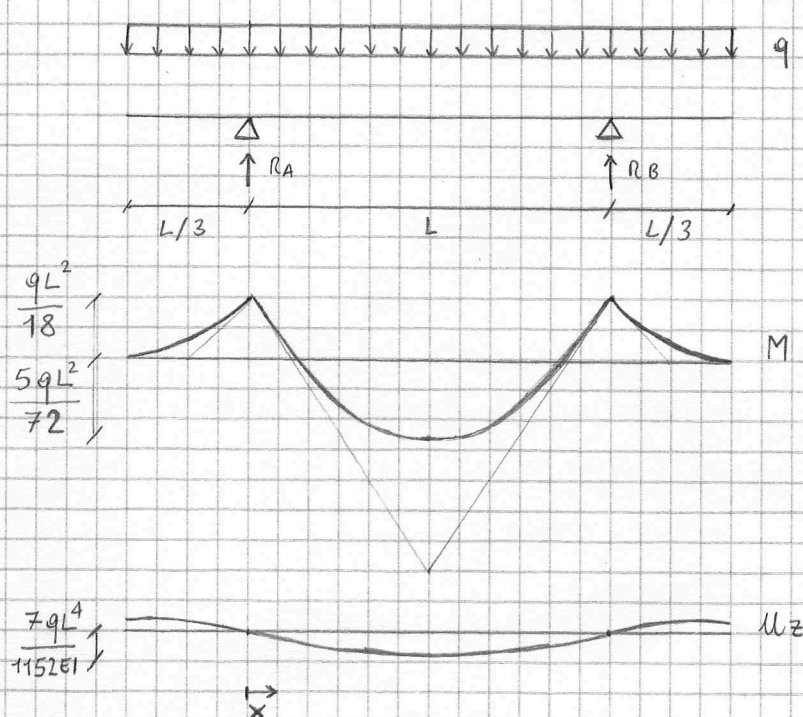


# CARICHI UNITARI

NOME	g	q	UNITA' DI MISURA
pannelli di copertura	0.0589		$kN/m^2$
vento neve manutenzione }		1.44	$kN/m^2$
trave secondaria di cop.	0.3 (0.17)		$kN/m$
Trave principale di cop.	0.3 (0.22)		$kN/m$
grigliato	0.4		$kN/m^2$
paramano	0.1		$kN/m$
carico d'esercizio		5.00	$kN/m^2$
trave a ginocchio	0.3 (0.27)		$kN/m$
Trave principale	0.3 (0.19)		$kN/m$
vento Tangenziale		0.037	$kN/m^2$
vento sulle rampe		0.95	$kN/m^2$



# TRAVE SECONDARIA DI COPERTURA



$$R_A = R_B = \frac{5qL}{6}$$

$$M(x) = -\frac{qx^2}{2} + \frac{qL}{2}x - \frac{qL^2}{18}$$

$$\varphi(x) = -\frac{qx^3}{6EI} + \frac{qLx^2}{4EI} - \frac{qL^2}{18EI}x - \frac{qL^3}{72EI}$$

$$u_z(x) = \frac{qx^4}{24EI} - \frac{qLx^3}{12EI} + \frac{qL^2x^2}{36EI} + \frac{qL^3}{72EI}x$$

$$M(0, L) = -\frac{qL^2}{18}$$

$$M\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{5qL^2}{72}$$

$$u_z\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{7qL^4}{1152EI}$$

## ANALISI DEL CARICO (q)

NOME	TIPO	QUANTITA'	q	q	UNITA' DI MISURA
p.p. pannelli		$1.7 \times 1.2$	0.12	-	kN/m
vento	}	$1.7 \times 1.2$	-	2.94	kN/m
neve			-		
manutenzione					
p.p. trave sec.			0.3	-	kN/m
	SLE		0.42	2.94	kN/m
	SLU		$0.42 \times 1.3 = 0.55$	$2.94 \times 1.5 = 4.41$	kN/m

$$L = 4200 \text{ mm}$$

## PROGETTO (SLE)

$$I_{max} = \frac{7qL^4}{1152EI} \quad \text{con } q = (g_k + q_k) \quad I \geq 200 \times \frac{7}{1152} \times \frac{L^3}{E} \times (g_k + q_k) = \frac{1400}{1152} \times \frac{4.2^3}{210000} \times (3.36 \times 10^9)$$

$$I \geq 144.10 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{7qL^4}{1152EI} \quad \text{con } q = q_k \quad I \geq 250 \times \frac{7}{1152} \times \frac{L^3}{E} \times (q_k) = \frac{1750}{1152} \times \frac{4.2^3}{210000} \times (2.94 \times 10^9)$$

$$I \geq 157.56 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{selgo HE 100 A} \quad \text{con } I_y = 349.2 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

## PROGETTO (SLU)

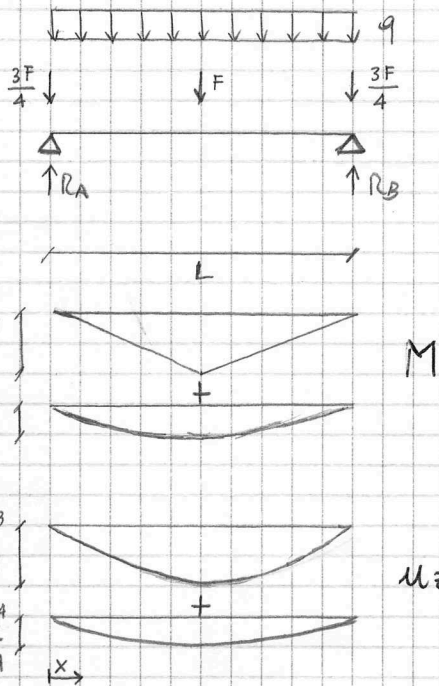
$$W_{pl} \geq \frac{M_{ed}}{\gamma_y / \gamma_{M0}} \quad M_{ed} = \frac{5qL^2}{72} \quad \text{con } q = (g_d + q_d) = \frac{5 \times 4.96 \times 4.2^2}{72} = 6.08 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} \geq \frac{6.08}{275/1.05} \times 10^6 = 23.20 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{selgo HE 100 A} \quad \text{con } W_{ply} = 83.01 \times 10^3 \text{ mm}^3$$



# TRAVE PRINCIPALE DI COPERTURA



$$R_A = R_B = \frac{5F}{4} + \frac{qL}{2}$$

$$M\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{FL}{4} + \frac{qL^2}{8}$$

$$u_z\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{FL^3}{48EI} + \frac{5qL^4}{384EI}$$

$$L = 3800 \text{ mm}$$

## ANALISI DEL CARICO (F)

NOME	TIPO	QUANTITA	g	q	UNITA DI MISURA
p.p. permelli		1.7 x 3.5 x 1.2	0.42	-	kN
vento neve manutenzione		1.7 x 3.5 x 1.2	-	10.28	kN
p.p. trave rec.		3.5	1.05	-	kN
	SLE		1.47	10.28	kN
	SLU		x1.3 = 1.91	x1.5 = 15.42	kN

## ANALISI DEL CARICO (q)

p.p. trave prin. di copertura		0.3	kN/m
	SLE	0.3	kN/m
	SLU	x1.3 = 0.39	kN/m

## PROGETTO (SLE)

$$I_{max} = \frac{FL^3}{48EI} + \frac{5qL^4}{384EI}$$

$$I \geq 200 \times \frac{1}{48} \times \frac{L^2}{E} \times (q_k + q_{lk}) + 200 \times \frac{5}{384} \times \frac{L^3}{E} \times (q_k)$$

$$I \geq \left[ \frac{200}{48} \times \frac{14.44}{210000} \times (11.75) + \frac{1000}{384} \times \frac{54.87}{210000} \times 0.3 \right] \times 10^9 = (336.65 + 20.41) \times 10^4 = 357.06 \times 10^4$$

$$I_2 = \frac{FL^3}{48EI} + \frac{5qL^4}{384EI}$$

$$I \geq 250 \times \frac{1}{48} \times \frac{L^2}{E} \times (q_k) = \frac{250}{48} \times \frac{14.44}{210000} \times 10.28 = 368.16 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

scelgo IPE 140

$$\text{con } I_y = 541.2 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

## PROGETTO (SLU)

$$W_{pl} = \frac{M_{ed}}{\sigma_y / \gamma_{M0}}$$

$$M_{ed} = \frac{FL}{4} + \frac{qL^2}{8} = \frac{17.33 \times 3.8}{4} + \frac{0.39 \times 14.44}{8} = 17.16 \text{ kNm}$$

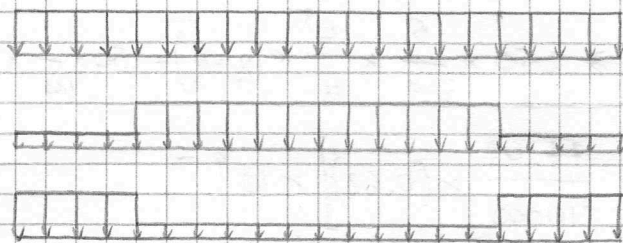
$$W_{pl} = \frac{17.16}{275 \cdot 1.05} \times 10^6 = 65.52 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

scelgo IPE 140 con  $I_{y,0.1} = 80.21 \times 10^3 \text{ mm}^3$



# TRAVE A GINO CCHIO

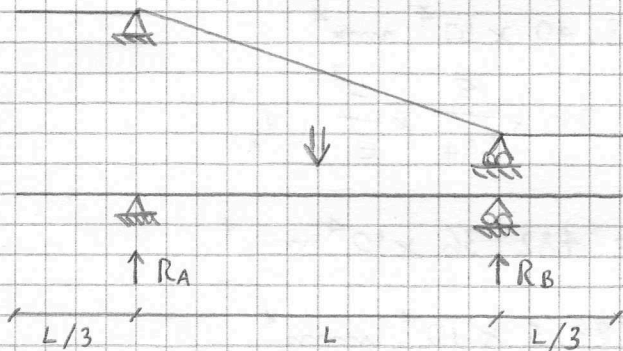
$$L = 4200 \text{ mm}$$



$$\{q_2\} q$$

$$\{q_2\} q$$

$$\{q_2\} q$$



1<sup>a</sup> Condizione di carico

$$R_A = R_B = \frac{5 q L}{6}$$

$$M\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{5 q L^2}{72} \quad M(0, L) = -\frac{q L^2}{18}$$

$$u_z\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{7 q L^4}{1152 EI}$$

2<sup>a</sup> condizione di carico

$$M(0, L) = -\frac{q L^2}{18} \quad M\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{q L^2}{8} - \frac{q L^2}{18}$$

$$u_z\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{5 q L^4}{384 EI} - \frac{q L^4}{144 EI}$$

3<sup>a</sup> condizione di carico

$$M(q_1) = -\frac{q L^2}{18} \quad M\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{q L^2}{8} - \frac{q L^2}{18}$$

$$u_z\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{5 q L^4}{384 EI} - \frac{q L^4}{144 EI}$$

$$u_z\left(-\frac{L}{3}, \frac{4L}{3}\right) = \frac{7 q L^4}{648 EI} - \frac{q L^4}{72 EI}$$

## ANALISI DEL CARICO (q1)

NOME	TIPO	QUANTITA'	g	q	UNITA' DI MISURA
p.p. grigliato		0.7	0.28	-	kN/m
manomano			0.10	-	kN/m
p.p. Trave gin.			0.30		kN/m
	SLE		0.68		kN/m
	SLU		$\times 1.3 = 0.88$		kN/m

## ANALISI DEL CARICO (q2)

carico d'esercizio	0.7	-	3.5	kN/m
	SLE	-	3.5	kN/m
	SLU		$\times 1.5 = 5.25$	kN/m

dall'analisi dei carichi, degli sbracciamenti e dei momenti massimi risulta che la 2<sup>a</sup> condizione di carico è più condizionante sia per la resistenza che per i limiti di freccia in campo



PROGETTO (SLE) per la 2<sup>a</sup> condizione di carico

$$\delta_{\max} = \frac{5 q L^4}{384 EI} - \frac{q_1 L^4}{144 EI} \leq \frac{L}{250} \quad I \geq 250 \times \frac{5}{384} \times \frac{L^3}{E} \times (q_k + q_k) - 250 \times \frac{1}{144} \times \frac{L^3}{E} \times (q_{1k} + q_k)$$

$$I \geq \left[ \frac{1250}{384} \times \frac{74.09}{210000} \times (4.18) - \frac{250}{144} \times \frac{74.09}{210000} \times (0.68) \right] \times 10^9$$

$$I \geq (480.05 - 41.65) \times 10^4 = 438.40 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\delta_2 = \frac{5 q L^4}{384 EI} - \frac{q_1 L^4}{144 EI} \leq \frac{L}{300} \quad I \geq 300 \times \frac{5}{384} \times \frac{L^3}{E} (q_k)$$

$$I \geq \frac{1500}{384} \times \frac{74.09}{210000} \times (3.5) \times 10^9 = 482.36 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

scelgo UPE 140 con  $I_y = 599.5 \times 10^4 \text{ mm}^4$

PROGETTO (SLV) per la 2<sup>a</sup> condizione di carico

$$W_{pl} = \frac{M_{ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \quad M_{ed} = \frac{q L^2}{8} - \frac{q_1 L^2}{18} = \frac{(6.13) \times 17.64}{8} - \frac{(0.88) \times 17.64}{18}$$

$$M_{ed} = 13.51 - 0.86 = 12.65 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} = \frac{12.65}{275/1.05} \times 10^6 = 48.3 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

potrei scegliere UPE 120 con  $W_{ply} = 70.33 \times 10^3 \text{ mm}^3$

ma per i limiti di freccia

scelgo UPE 140 con  $W_{ply} = 98.84 \times 10^3 \text{ mm}^3$

VERIFICA (SLV)

UPE 140 pressoflessione

$$1) \frac{N_{ed}}{N_{y,b,rd}} + k_{yy} \frac{M_{ed}}{M_{y,rd}} \leq 1$$

$$2) \frac{N_{ed}}{N_{z,b,rd}} \leq 1$$

$$N_{ed} = 18.77 \text{ kN}$$

$$M_{y,ed} = 12.65 \text{ kNm}$$

$$N_{y,b,rd} = ? = \chi_y A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 289.1 \text{ kN}$$

$$N_{z,b,rd} = ? = \chi_z A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 481.9 \text{ kN}$$

$$M_{y,rd} = W_{ply} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 98.84 \times 10^3 \times \frac{275}{1.05} = 25.88 \text{ Nmm}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0.92$$

$$\chi_y = 0.6$$

$$\bar{\lambda}_z = 0.2$$

$$\chi_z = 1$$

$$\lambda_y = \frac{l_0}{i_y} = \frac{4600}{57.1} = 80.6$$

$$\lambda_1 = 86.8$$

$$\lambda_z = \frac{l_0}{i_z} = \frac{360}{20.7} = 17.4$$

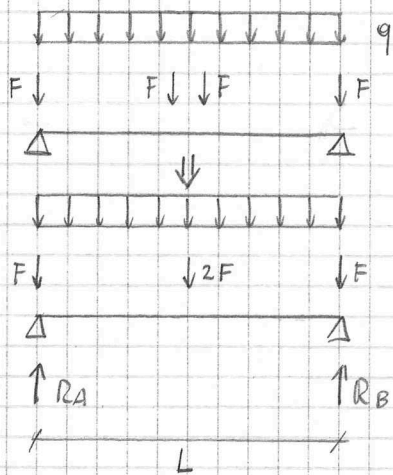
$$K_{yy} = 0.95 \left[ 1 + (0.92 - 0.2) \times \frac{18.77}{289.1} \right] = 0.99$$

$$1) \frac{18.77}{289.1} + 0.99 \times \frac{12.65}{25.88} = 0.55 \leq 1 \quad \text{VERIFICATO}$$

$$2) \frac{18.77}{481.9} = 0.04 \leq 1 \quad \text{VERIFICATO}$$



# TRAVE PRINCIPALE



$$R_A = R_B = 2F + \frac{qL}{2}$$

$$M\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{FL}{2} + \frac{qL^2}{8}$$

$$u_z\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{FL^3}{24EI} + \frac{5qL^4}{384EI}$$

$$L = 3300 \text{ mm}$$

## ANALISI DEL CARICO (F)

NOME	TIPO	QUANTITA'	q	q	UNITA' DI MISURA
p.p. grigliato		0.7 x 3.5	0.98	-	kN
passamano		3.5	0.35	-	kN
carico d'uscio		0.7 x 3.5	-	12.25	kN
p.p. Trave gin.		3.5	1.05		kN
	SLE		2.38	12.25	kN
	SLU		x1.3 = 3.1	x1.5 = 18.38	kN

## ANALISI DEL CARICO (q)

p.p. trave prin.		0.3		kN/m
	SLE	0.3		
	SLU	x1.3 = 0.39		

## PROGETTO (SLE)

$$I_{max} = \frac{FL^3}{24EI} + \frac{5qL^4}{384EI}$$

$$I \geq 250 \times \frac{1}{24} \times \frac{L^2}{E} \times (q_k + q_k) + 250 \times \frac{5}{384} \times \frac{L^3}{E} \times (q_k)$$

$$I \geq \left[ \frac{250}{24} \times \frac{14.44}{210000} \times (14.63) + \frac{250}{384} \times \frac{54.87}{210000} \times 0.3 \right] \times 10^9 = (1047.90 + 34.50) \times 10^9 = 1082.40 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{FL^3}{24EI} + \frac{5qL^4}{384EI}$$

$$I \geq 300 \times \frac{1}{24} \times \frac{L^2}{E} \times (q_k) = \frac{300}{24} \times \frac{14.44}{210000} \times (12.25) \times 10^9$$

$$I \geq 1052.91 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\text{scelgo IPE 180 con } I_y = 1317 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

## PROGETTO (SLU)

$$W_{pl} = \frac{M_{ed}}{\gamma_y / \gamma_{Mo}}$$

$$M_{ed} = \frac{FL}{2} + \frac{qL^2}{8} = \frac{21.48 \times 3.8}{2} + \frac{0.39 \times 14.44}{8}$$

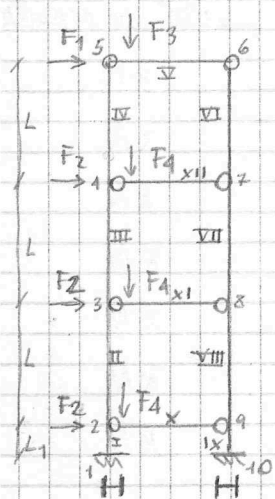
$$M_{ed} = 40.81 + 0.70 = 41.51 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} = \frac{41.51}{275/1.05} = 158.49 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{scelgo IPE 180 con } W_{ply} = 166.4 \times 10^3 \text{ mm}^3$$



# COLONNA (SCHEMA A MENSOLE)



$$L = 3800 \text{ mm} \quad L_1 = 500 \text{ mm}$$

$F_1$  = vento Tangenziale su copertura  
azione per unità di superficie

$$p_f = q_b \text{ ce } c_p = 0.49 \times 1.87 \times 0.04 = 0.037 \text{ kN/m}^2$$

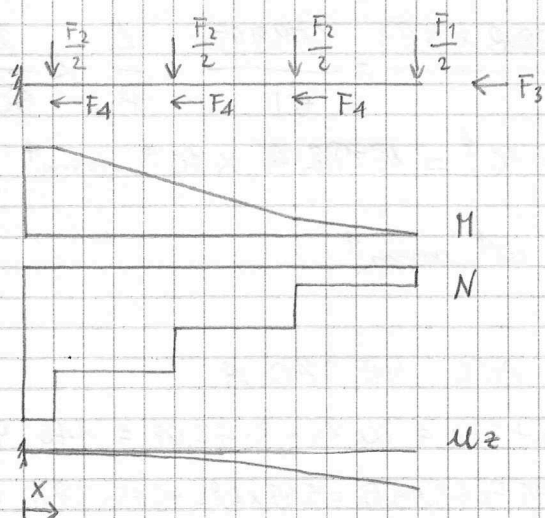
$F_2$  = vento

azione per unità di superficie

$$p = q_b \times c_e \times c_p \times c_d \quad \text{con } c_e = c_e(z_{min}) = 1.63$$

$$p = 0.49 \times 1.63 \times 1.2 \times 1 = 0.95 \text{ kN/m}^2$$

## SCHEMA A MENSOLA



$$M(x=0) = \frac{F_1}{2} \times 11.9 + \frac{F_2}{2} \times (8.1 + 4.3 + 0.5) \text{ kNm}$$

$$M(x=0) = 5.95 F_1 + 6.45 F_2 \text{ kNm}$$

$$N(x=0) = F_3 + 3 F_4$$

$$u_z(x=11.9) = \frac{F_2}{2} \left( \frac{0.5^3}{3EI} + \frac{0.5^2 \times 11.4}{2EI} + \frac{4.3^3}{3EI} + \frac{4.3^2 \times 7.6}{2EI} + \frac{8.1^3}{3EI} + \frac{8.1^2 \times 3.8}{2EI} \right) + \frac{F_1}{2} \times \frac{11.9^3}{3EI}$$

$$u_z(x=11.9) = \frac{200 F_2 + 280.8 F_1}{EI} \text{ mm}$$

## ANALISI DEL CARICO ( $F_1$ )

NOME	TIPO	QUANTITÀ	g	q	UNITÀ DI MISURA
vento tang.		4.6 x 3.5	-	0.59	kN
	SLE			0.59	kN
	SLU			x 1.5 = 0.88	kN

## ANALISI DEL CARICO ( $F_2$ )

vento comp.		3.5 x 1.8	-	5.98	kN
	SLE			5.98	kN
	SLU			x 1.5 = 8.98	kN

## ANALISI DEL CARICO ( $F_3$ )

pp pannelli		3.5 x 2.3	0.47		kN
vento rete muri		3.5 x 2.3		11.59	kN
pp trave sec.		5.95	1.57		kN
pp trave prin. cop.		1.9	0.57		kN
	SLE		2.61	11.59	kN
	SLU		x 1.3 = 3.40	x 1.5 = 17.38	kN



# ANALISI DEL CARICO (F4)

NOME	TIPO	QUANTITA'	$\gamma$	$\gamma$	UNITA' DI MISURA
grigliato		$3.5 \times 1.4$	1.96		kN
paramento		4.9	0.49		kN
carico d'urto		$3.5 \times 1.4$		24.5	kN
trave gim.		3.5	1.05		kN
trave princ.		1.9	0.57		kN
	SLE		4.07	24.5	kN
	SLU		$4.07 \times 1.3 = 5.29$	$24.5 \times 1.5 = 36.75$	kN

## PROGETTO (SLE)

$$\Delta = \frac{200 F_2 + 280.8 F_1}{EI} = \frac{200 \times 5.98 + 280.8 \times 0.59}{EI} = \frac{1198.9}{EI} \quad \frac{\Delta}{H} < \frac{2}{500}$$

$$I \geq 250 \times \frac{1361.7}{HE} = 250 \times \frac{1361.7}{11.9 \times 210000} \times 10^9 = 13622.4 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

scelgo HE 280 A con  $I_y = 13670 \times 10^4 \text{ mm}^4$

## PROGETTO (SLU)

primo - flessione METODO B VERIFICA PER HE 280 A

$$1) \frac{N_{ed}}{N_{y,b,rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,ed}}{M_{y,rd}} \leq 1$$

$$2) \frac{N_{ed}}{N_{z,b,rd}} \leq 1$$

$$N_{ed} = F_3 + 3F_4 = 20.78 + 3 \times 42.04 = 146.9 \text{ kN}$$

$$M_{y,ed} = 5.95 F_1 + 6.45 F_2 = 5.95 \times 0.88 + 6.45 \times 8.98 \text{ kNm}$$

$$= 63.19 \text{ kNm}$$

$$N_{y,b,rd} = \chi_y A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = ? = 407.73 \text{ kN}$$

$$N_{z,b,rd} = \chi_z A \frac{f_z}{\gamma_{M1}} = ? = 2115.10 \text{ kN}$$

$$M_{y,rd} = W_{ply} \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1112 \times 10^3 \times \frac{275}{1.05} = 291.2 \text{ kNm}$$

$$\lambda_y = 2.31 \quad \chi_y = 0.18$$

$$\lambda_z = 0.62 \quad \chi_z = 0.83$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_y} = \frac{23800}{118.6} = 200.67$$

$$\lambda_z = \frac{l_{oz}}{i_z} = \frac{3800}{70} = 54.3$$

$$\lambda_1 = 86.8$$

$$k_{yy} = 0.6 \times \left[ 1 + \left( \frac{2.31 - 0.2}{2.31} \right) \times \frac{146.9}{407.73} \right] = 0.77$$

$$1) \frac{146.9}{407.73} + 0.77 \frac{63.19}{291.2} = 0.53 \leq 1 \quad \text{VERIFICATO}$$

$$2) \frac{146.9}{2115.10} = 0.07 \leq 1 \quad \text{VERIFICATO}$$

scelgo HE 280 A



Programma: TELGEN 5.1

data: 19/01/2014

ora: 11:57

# COLONNA SCHEMA A MENSOLE

## COORDINATE E VINCOLI DEI NODI

nodo	x (m)	y (m)	vincolo
1	0.00	0.00	111
2	0.00	0.50	000
3	0.00	4.30	000
4	0.00	8.10	000
5	0.00	11.90	000
6	3.80	11.90	000
7	3.80	8.10	000
8	3.80	4.30	000
9	3.80	0.50	000
10	3.80	0.00	111

## DATI RELATIVI ALLE TRAVI

asta	tipo	estremi		forma	b m	h m	area m2	inerzia m4	materiale
1	T	1	2	G	HE280A		0.0097	0.000137	1
2	T	2	3	G	HE280A		0.0097	0.000137	1
3	T	3	4	G	HE280A		0.0097	0.000137	1
4	T	4	5	G	HE280A		0.0097	0.000137	1
5	P	5	6	G	IPE140		0.0016	0.000005	1
6	T	6	7	G	HE280A		0.0097	0.000137	1
7	T	7	8	G	HE280A		0.0097	0.000137	1
8	T	8	9	G	HE280A		0.0097	0.000137	1
9	T	9	10	G	HE280A		0.0097	0.000137	1
10	P	2	9	G	IPE180		0.0024	0.000013	1
11	P	3	8	G	IPE180		0.0024	0.000013	1
12	P	4	7	G	IPE180		0.0024	0.000013	1

Materiale	Modulo E [N/mm2]	Modulo G [N/mm2]	Coeff. di Poisson ni
1	210000	80769	0.30



SCHEMA DI CARICO N.1 (valori di calcolo)

CARICHI NODALI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
2	8.98	-42.00	0.00
3	8.98	-42.00	0.00
4	8.98	-42.00	0.00
5	0.88	-20.78	0.00
6	0.00	-20.78	0.00
7	0.00	-42.00	0.00
8	0.00	-42.00	0.00
9	0.00	-42.00	0.00

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI DEI NODI

nodo	vx (mm)	vy (mm)	rotaz.x1000
1	0.000	0.000	0.000
2	0.268	-0.036	-1.049
3	15.333	-0.231	-6.097
4	42.053	-0.349	-7.553
5	71.025	-0.387	-7.660
6	71.020	-0.387	-7.670
7	42.019	-0.349	-7.556
8	15.298	-0.231	-6.096
9	0.260	-0.036	-1.026
10	0.000	0.000	0.000

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NELLE ASTE

asta	M1 (kNm)	M2 (kNm)	V1 (kN)	V2 (kN)	N1 (kN)	N2 (kN)
1	-64.65	-56.01	17.27	17.27	-146.78	-146.78
2	-56.01	-20.42	9.37	9.37	-104.78	-104.78
3	-20.42	-1.63	4.95	4.95	-62.78	-62.78
4	-1.63	0.00	0.43	0.43	-20.78	-20.78
5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.45	-0.45
6	0.00	1.72	0.45	0.45	-20.78	-20.78
7	1.72	20.39	4.91	4.91	-62.78	-62.78
8	20.39	56.39	9.47	9.47	-104.78	-104.78
9	56.39	61.66	10.55	10.55	-146.78	-146.78
10	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.07	-1.07
11	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.56	-4.56
12	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.46	-4.46

AZIONI SUI VINCOLI ESTERNI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
1	17.27	-146.78	-64.65
10	10.55	-146.78	-61.66

Il calcolo e' stato eseguito :

- tenendo conto della deformazione estensionale delle aste
- trascurando la deformazione a taglio delle aste



# SCHEMA DI CARICO N.2 (valori caratteristici)

## CARICHI NODALI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
2	5.98	-28.57	0.00
3	5.98	-28.57	0.00
4	5.98	-28.57	0.00
5	0.59	-14.20	0.00
6	0.00	-14.20	0.00
7	0.00	-28.57	0.00
8	0.00	-28.57	0.00
9	0.00	-28.57	0.00

## SPOSTAMENTI E ROTAZIONI DEI NODI

nodo	vx (mm)	vy (mm)	rotaz.x1000
1	0.000	0.000	0.000
2	0.179	-0.025	-0.699
3	10.217	-0.158	-4.063
4	28.025	-0.237	-5.034
5	47.336	-0.264	-5.106
6	47.333	-0.264	-5.112
7	28.002	-0.237	-5.036
8	10.194	-0.158	-4.063
9	0.173	-0.025	-0.684
10	0.000	0.000	0.000

## CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NELLE ASTE

asta	M1 (kNm)	M2 (kNm)	V1 (kN)	V2 (kN)	N1 (kN)	N2 (kN)
1	-43.08	-37.32	11.50	11.50	-99.91	-99.91
2	-37.32	-13.62	6.24	6.24	-71.34	-71.34
3	-13.62	-1.09	3.30	3.30	-42.77	-42.77
4	-1.09	0.00	0.29	0.29	-14.20	-14.20
5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.30	-0.30
6	0.00	1.15	0.30	0.30	-14.20	-14.20
7	1.15	13.59	3.27	3.27	-42.77	-42.77
8	13.59	37.57	6.31	6.31	-71.34	-71.34
9	37.57	41.09	7.03	7.03	-99.91	-99.91
10	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.72	-0.72
11	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.04	-3.04
12	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.97	-2.97

## AZIONI SUI VINCOLI ESTERNI

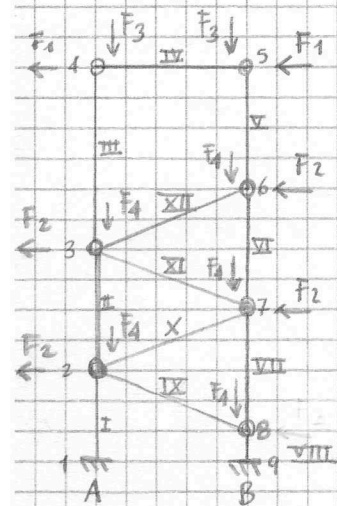
nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
1	11.50	-99.91	-43.08
10	7.03	-99.91	-41.09

Il calcolo e' stato eseguito :

- tenendo conto della deformazione estensionale delle aste
- trascurando la deformazione a taglio delle aste



# COLONNA (SCHEMA CONTROVENTATO)



Schema risolto con Tel 2008 e varie combinaz. di carico

$$M_A = ? = 2.43 \text{ kNm}$$

$$M_B = ? = 8.40 \text{ kNm}$$

$$N_A = ? = 126.54 \text{ kN}$$

$$N_B = ? = 168.63 \text{ kN}$$

$$V_4 = 2.33 \text{ mm}$$

$$V_5 = 2.33 \text{ mm}$$

## ANALISI DEL CARICO (F1)

NOME	TIPO	QUANTITA'	g	q	UNITA' DI MISURA
Vento Long.		$3.5 \times 2.3$	-	0.29	kN
	SLE			0.29	kN
	SLU			$\times 1.5 = 0.44$	kN

## ANALISI DEL CARICO (F2)

Vento Camp		$1.7 \times 1.8$		2.9	kN
	SLE			2.9	kN
	SLU			$\times 1.5 = 4.36$	kN

## ANALISI DEL CARICO (F3)

p.p. permessi		$3.5 \times 2.3$	0.47		kN
Vento neve manutenzione		$3.5 \times 2.3$		11.59	kN
p.p. Trave sc		5.25	1.57		kN
p.p. Trave princ. cop.		1.9	0.57		kN
	SLE		2.61	11.59	kN
	SLU		$\times 1.3 = 3.40$	$\times 1.5 = 17.38$	kN

## ANALISI DEL CARICO (F4)

grigliato		$3.5 \times 1.4$	1.96		
pannello		4.9	0.49		
carico d'arredo		$3.5 \times 1.4$		24.5	
trave gin		3.5	1.05		
trave princ.		1.9	0.57		
			4.07	24.5	
			$\times 1.3 = 5.29$	$\times 1.5 = 36.75$	



VERIFICA (SLE)

HE 280 A

$$\Delta_{\text{amm.}} = \frac{H}{500} = \frac{11900}{500} = 23.8 \text{ mm}$$

$$\Delta = 2.33 \text{ mm} < 23.8 \text{ mm} \quad \text{VERIFICATO}$$

VERIFICA (SLU)

HE 280 A

verno - flessione METODO B

$$1) \frac{N_{\text{ed}}}{N_{y,b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,\text{ed}}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$2) \frac{N_{\text{ed}}}{N_{z,b,Rd}} \leq 1$$

$$N_{\text{ed}} = 168.6 \text{ kN}$$

$$M_{y,\text{ed}} = 8.4 \text{ kNm}$$

$$N_{y,b,Rd} = \chi_y A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = ? = 2115.1 \text{ kN}$$

$$N_{z,b,Rd} = \chi_z A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = ? = 407.73 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rd} = \chi_{pl,y} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 518 \times 10^3 \times \frac{275}{1.05} = 135.7 \text{ kNm}$$

$$\lambda_y = 54.3$$

$$\lambda_z = 200.67$$

$$\lambda_1 = 86.8$$

$$\bar{\lambda}_y = 0.62$$

$$\bar{\lambda}_z = 2.31$$

$$\chi_y = 0.83$$

$$\chi_z = 0.16$$

$$k_{yy} = 0.4 \times \left[ 1 + (0.62 - 0.2) \times \frac{168.6}{2115.1} \right] = 0.41$$

$$1) \frac{168.6}{2115.1} + 0.41 \frac{8.4}{135.7} = 0.108 \leq 1 \quad \text{VERIFICATO}$$

$$2) \frac{168.6}{407.73} = 0.41 \leq 1 \quad \text{VERIFICATO}$$



Programma: TELGEN 5.1

data: 19/01/2014

ora: 12:06

COLONNA SCHEMA CONTROVENTATO

COORDINATE E VINCOLI DEI NODI

nodo	x (m)	y (m)	vincolo
1	0.00	0.00	111
2	0.00	2.40	000
3	0.00	6.20	000
4	0.00	11.90	000
5	4.20	11.90	000
6	4.20	8.10	000
7	4.20	4.30	000
8	4.20	0.50	000
9	4.20	0.00	111

DATI RELATIVI ALLE TRAVI

asta	tipo	estremi	forma	b m	h m	area m2	inerzia m4	materiale
1	T	1 2	G	HE280A		0.0097	0.000047	1
2	T	2 3	G	HE280A		0.0097	0.000047	1
3	T	3 4	G	HE280A		0.0097	0.000047	1
4	P	4 5	G	HE100A		0.0021	0.000003	1
5	T	5 6	G	HE280A		0.0097	0.000047	1
6	T	6 7	G	HE280A		0.0097	0.000047	1
7	T	7 8	G	HE280A		0.0097	0.000047	1
8	T	8 9	G	HE280A		0.0097	0.000047	1
9	P	2 8	G	UPE140		0.0018	0.000006	1
10	P	2 7	G	UPE140		0.0018	0.000006	1
11	P	3 7	G	UPE140		0.0018	0.000006	1
12	P	3 6	G	UPE140		0.0018	0.000006	1

Materiale	Modulo E [N/mm2]	Modulo G [N/mm2]	Coeff. di Poisson ni
1	210000	80769	0.30



SCHEMA DI CARICO N.1 (valori di calcolo con vento verso sinistra)

CARICHI NODALI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
2	-4.36	-42.00	0.00
3	-4.36	-42.00	0.00
4	-0.44	-20.78	0.00
5	-0.44	-20.78	0.00
6	-4.36	-42.00	0.00
7	-4.36	-42.00	0.00
8	0.00	-42.00	0.00

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI DEI NODI

nodo	vx (mm)	vy (mm)	rotaz.x1000
1	0.000	0.000	0.000
2	-0.362	-0.149	0.159
3	-0.742	-0.281	0.196
4	-3.286	-0.339	0.571
5	-3.284	-0.351	0.808
6	-0.812	-0.312	0.335
7	-0.546	-0.200	0.013
8	-0.068	-0.031	0.202
9	0.000	0.000	0.000

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NELLE ASTE

asta	M1 (kNm)	M2 (kNm)	V1 (kN)	V2 (kN)	N1 (kN)	N2 (kN)
1	2.43	-1.11	-1.48	-1.48	-126.54	-126.54
2	-1.11	1.31	0.64	0.64	-70.45	-70.45
3	1.31	0.00	-0.23	-0.23	-20.78	-20.78
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.21
5	0.00	-2.47	-0.65	-0.65	-20.78	-20.78
6	-2.47	0.79	0.86	0.86	-60.13	-60.13
7	0.79	0.20	-0.15	-0.15	-90.57	-90.57
8	0.20	-8.22	-16.84	-16.84	-125.02	-125.02
9	0.00	0.00	0.00	0.00	18.32	18.32
10	0.00	0.00	0.00	0.00	-15.85	-15.85
11	0.00	0.00	0.00	0.00	12.18	12.18
12	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.44	-6.44

AZIONI SUI VINCOLI ESTERNI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
1	-1.48	-126.54	2.43
9	-16.84	-125.02	8.22

Il calcolo e' stato eseguito :

- tenendo conto della deformazione estensionale delle aste
- trascurando la deformazione a taglio delle aste

SCHEMA DI CARICO N.2 (valori caratteristici con vento verso sinistra)

CARICHI NODALI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
2	-2.90	-28.60	0.00
3	-2.90	-28.60	0.00
4	-0.29	-14.20	0.00
5	-0.29	-14.20	0.00
6	-2.90	-28.60	0.00
7	-2.90	-28.60	0.00
8	0.00	-28.60	0.00

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI DEI NODI

nodo	vx (mm)	vy (mm)	rotaz.x1000
1	0.000	0.000	0.000
2	-0.241	-0.101	0.106
3	-0.493	-0.191	0.129
4	-2.169	-0.230	0.377
5	-2.168	-0.240	0.533
6	-0.539	-0.213	0.221
7	-0.363	-0.137	0.009
8	-0.045	-0.021	0.134
9	0.000	0.000	0.000

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NELLE ASTE

asta	M1 (kNm)	M2 (kNm)	V1 (kN)	V2 (kN)	N1 (kN)	N2 (kN)
1	1.62	-0.74	-0.98	-0.98	-85.86	-85.86
2	-0.74	0.86	0.42	0.42	-47.89	-47.89
3	0.86	0.00	-0.15	-0.15	-14.20	-14.20
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.14
5	0.00	-1.63	-0.43	-0.43	-14.20	-14.20
6	-1.63	0.52	0.57	0.57	-41.04	-41.04
7	0.52	0.14	-0.10	-0.10	-61.96	-61.96
8	0.14	-5.46	-11.20	-11.20	-85.54	-85.54
9	0.00	0.00	0.00	0.00	12.18	12.18
10	0.00	0.00	0.00	0.00	-10.54	-10.54
11	0.00	0.00	0.00	0.00	8.09	8.09
12	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.27	-4.27

AZIONI SUI VINCOLI ESTERNI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
1	-0.98	-85.86	1.62
9	-11.20	-85.54	5.46

Il calcolo e' stato eseguito :

- tenendo conto della deformazione estensionale delle aste
- trascurando la deformazione a taglio delle aste



SCHEMA DI CARICO N.3 (valori di calcolo con vento verso destra)

CARICHI NODALI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
2	4.36	-42.00	0.00
3	4.36	-42.00	0.00
4	0.44	-20.78	0.00
5	0.44	-20.78	0.00
6	4.36	-42.00	0.00
7	4.36	-42.00	0.00
8	0.00	-42.00	0.00

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI DEI NODI

nodo	vx (mm)	vy (mm)	rotaz.x1000
1	0.000	0.000	0.000
2	0.290	-0.098	-0.136
3	0.757	-0.201	-0.239
4	3.518	-0.259	-0.607
5	3.516	-0.424	-0.841
6	0.925	-0.385	-0.365
7	0.571	-0.263	-0.026
8	0.070	-0.041	-0.206
9	0.000	0.000	0.000

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NELLE ASTE

asta	M1 (kNm)	M2 (kNm)	V1 (kN)	V2 (kN)	N1 (kN)	N2 (kN)
1	-1.87	0.74	1.09	1.09	-82.93	-82.93
2	0.74	-1.28	-0.53	-0.53	-55.16	-55.16
3	-1.28	0.00	0.23	0.23	-20.78	-20.78
4	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.21	-0.21
5	0.00	2.49	0.65	0.65	-20.78	-20.78
6	2.49	-0.72	-0.84	-0.84	-65.43	-65.43
7	-0.72	-0.22	0.13	0.13	-118.89	-118.89
8	-0.22	8.40	17.23	17.23	-168.63	-168.63
9	0.00	0.00	0.00	0.00	-18.77	-18.77
10	0.00	0.00	0.00	0.00	15.76	15.76
11	0.00	0.00	0.00	0.00	-12.05	-12.05
12	0.00	0.00	0.00	0.00	6.43	6.43

AZIONI SUI VINCOLI ESTERNI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
1	1.09	-82.93	-1.87
9	17.23	-168.63	-8.40

Il calcolo e' stato eseguito :

- tenendo conto della deformazione estensionale delle aste
- trascurando la deformazione a taglio delle aste



SCHEMA DI CARICO N.4 (valori caratteristici con vento verso destra)

CARICHI NODALI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
2	2.90	-28.60	0.00
3	2.90	-28.60	0.00
4	0.29	-14.20	0.00
5	0.29	-14.20	0.00
6	2.90	-28.60	0.00
7	2.90	-28.60	0.00
8	0.00	-28.60	0.00

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI DEI NODI

nodo	vx (mm)	vy (mm)	rotaz.x1000
1	0.000	0.000	0.000
2	0.192	-0.067	-0.090
3	0.503	-0.137	-0.158
4	2.328	-0.177	-0.401
5	2.326	-0.288	-0.555
6	0.615	-0.262	-0.241
7	0.380	-0.179	-0.018
8	0.046	-0.028	-0.137
9	0.000	0.000	0.000

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NELLE ASTE

asta	M1 (kNm)	M2 (kNm)	V1 (kN)	V2 (kN)	N1 (kN)	N2 (kN)
1	-1.24	0.49	0.72	0.72	-56.88	-56.88
2	0.49	-0.84	-0.35	-0.35	-37.74	-37.74
3	-0.84	0.00	0.15	0.15	-14.20	-14.20
4	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.14	-0.14
5	0.00	1.64	0.43	0.43	-14.20	-14.20
6	1.64	-0.47	-0.56	-0.56	-44.56	-44.56
7	-0.47	-0.15	0.09	0.09	-80.77	-80.77
8	-0.15	5.58	11.46	11.46	-114.52	-114.52
9	0.00	0.00	0.00	0.00	-12.48	-12.48
10	0.00	0.00	0.00	0.00	10.48	10.48
11	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.00	-8.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	4.27	4.27

AZIONI SUI VINCOLI ESTERNI

nodo	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
1	0.72	-56.88	-1.24
9	11.46	-114.52	-5.58

Il calcolo e' stato eseguito :

- tenendo conto della deformazione estensionale delle aste
- trascurando la deformazione a taglio delle aste



# CONTROVENTO



$$L = 4600 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = 18.77 \text{ kN}$$

$$l_0 = 4600 \text{ mm}$$

ipotizziamo una  $\chi = 0.1$

$$A \geq \frac{N_{ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_y \cdot \chi} = \frac{18.77 \times 1.05}{275 \times 0.1} \times 10^3 = 7.12 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

provo con 2 profili accoppiati U 60 x 30

$$\text{con } A = 2 \times 6.46 \times 10^2 = 12.92 \times 10^2 \text{ mm}^2 \quad i_y = 22.1 \text{ mm}$$

$i_{\min}$  (raggio d'inertia del profilo accoppiato con piatto da  $t = 12.4 \text{ mm}$ )

$$i_{\bar{z}} = \sqrt{\frac{I_z + Y_m^2 A(1)}{A(1)}} = \sqrt{\frac{45300 + 231.04 \times 646}{646}} = 17.35 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{4600}{17.35} = 265.13 \quad \lambda_1 = 86.8 \quad \bar{\lambda} = 3.05 \quad \chi = 0.092$$

VERIFICA

$$N_{b, Rd} = 0.092 \times 12.92 \times 10^2 \times \frac{275}{1.05} \times 10^{-3} = 31.25 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$

PROGETTO della lancia per il singolo profilo  $i_z = 0.84 \times 10 \text{ mm}$

$$\chi \geq 0.1 \quad \bar{\lambda} \leq 2.8 \quad \lambda_1 = 86.8 \quad \lambda \leq 243.04$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i_z} \Rightarrow l_0 \leq 243.04 \times 0.84 \times 10 = 2041 \text{ mm}$$

quindi scelgo una coppia di profili U 60 x 30 distanziati da un piatto con  $t > 12.4 \text{ mm}$  da imbottire con pannello  $\frac{4}{3}$  (2 imbottiture, 1 ogni 1400 mm)

VERIFICA FINALE

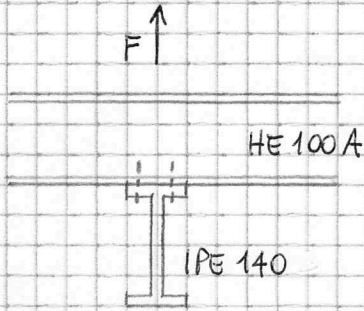
$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda_{(2)}^2 + \lambda_{(1)}^2} = 313 \quad \bar{\lambda}_{eq} = 3.61 \quad \chi = 0.067$$

$$N_{b, Rd} = 0.067 \times 12.92 \times 10^2 \times \frac{275}{1.05} \times 10^{-3} = 22 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$



## COLLEGAMENTI

1) trave secondaria di copertura - trave principale di copertura  
analisi del carico  $F$



vento ( $1.1 \text{ kN/m}^2$ )

$$1.7 \times 3.5 = 6.54 \text{ kN}$$

$$SLU \times 1.5 = 9.82 \text{ kN}$$

Per un collegamento a completo ripristino di resistenza incremento lo  $F$  di un 35 % pari al minimo surplus di resistenza tra gli elementi di copertura:  $F = 13.26 \text{ kN}$

Per evitare un comportamento fragile della sezione forata prevedo 4 fori da  $d_{\text{max}} = 18.3 \text{ mm} \Rightarrow$  scelgo  $d_o = 11 \text{ mm}$

Sull'ala dell'IPE 140 di  $73 \text{ mm}$  avevo i valori:

$$e_2 = 20 \text{ mm} = 1.8 d_o > 1.2 d_o \quad \text{VERIFICATO}$$

$$p_2 = 33 \text{ mm} = 3 d_o > 2.4 d_o \quad \text{VERIFICATO}$$

$$p_1 = 56 \text{ mm} = 5.1 d_o > 2.2 d_o \quad \text{VERIFICATO}$$

L'ala dell'HE 100 A essendo di  $100 \text{ mm}$  ha valori più elevati

Provo con 4 bulloni M10 con  $A_{\text{res}} = 58.0 \text{ mm}^2$

$$F_{\text{ed}} = \frac{F}{4} = 3.32 \text{ kN}$$

$$F_{\text{ed}} \leq 0.9 A_{\text{res}} \frac{f_{\text{ub}}}{\gamma_{M2}} \Rightarrow f_{\text{ub}} \geq \frac{F_{\text{ed}} \gamma_{M2}}{0.9 A_{\text{res}}} = \frac{3.32 \times 1.25}{0.9 \times 58.0} \times 10^3 = 79.5 \text{ N/mm}^2$$

scelgo 4 bulloni M10 classe 4.6

VERIFICA A PUNZONAMENTO (ala dell'IPE 140)

$$t_f = 6.9 \text{ mm} \quad d_n = 1.6 \times 10 = 16 \text{ mm}$$

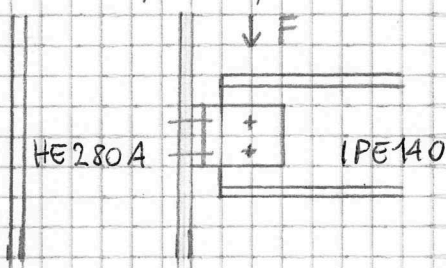
$$B_{p, \text{rd}} = 0.6 \times \pi \times d_n \times t_f \times \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0.6 \times \pi \times 16 \times 6.9 \times \frac{430}{1.25} \times 10^{-3} = 71.6 \text{ kN}$$

$$B_{p, \text{rd}} = 71.6 \text{ kN} > 3.32 \text{ kN} = F_{\text{ed}} \quad \text{VERIFICATO}$$



## COLLEGAMENTI

2) trave principale di copertura - colonna



$$F = 24.7 \text{ kN}$$

Per un collegamento a totale ripristino di resistenza incremento la  $F$  di un 35 %

$$F = 33.3 \text{ kN}$$

Per evitare un comportamento fragile delle viti prevedo 2 fori da  $d_o \max = 26.8 \text{ mm} \Rightarrow$  scelgo  $d_o = 11 \text{ mm}$

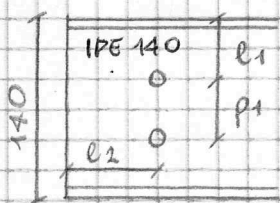
prevedo con 2 bulloni M10 con  $A_{res} = 58.0 \text{ mm}^2$

$$F_{v,ed} = \frac{F}{4} = 8.33$$

$$F_{v,ed} \leq 0.6 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \Rightarrow f_{ub} \geq \frac{F_{v,ed} \gamma_{M2}}{0.6 A_{res}} = \frac{8.33 \times 1.25}{0.6 \times 58.0} \times 10^3 = 299.0$$

scelgo 2 + 4 bulloni M10 classe 4.6

VERIFICA A RIFOLLAMENTO (anima IPE 140)  $t_w = 4.7 \text{ mm}$



per evitare la riduzione dei valori  $\alpha$  e  $\alpha$  scelgo:

$$l_1 \geq 3 d_o = 33 \text{ mm}$$

$$l_2 \geq 1.5 d_o = 16.5 \text{ mm}$$

$$p_1 \geq 3.75 d_o = 41.25$$

progetto  $p_1 = 42 \text{ mm}$ , ne

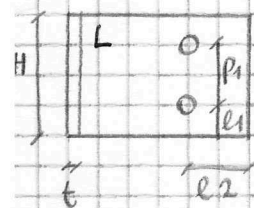
regole un  $l_1 = 49 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 18 \text{ mm}$

$$k = 2.5 \quad \alpha = f_{ub}/f_u = 400/430 = 0.93$$

$$F_{b,Rd} = k \alpha \times d \times t_w \times \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 2.5 \times 0.93 \times 10 \times 4.7 \times \frac{430}{1.25} \times 10^{-3} = 37.60 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 37.60 \text{ kN} > 16.7 \text{ kN} = 2 F_{v,ed} \quad \text{VERIFICATO}$$

PROGETTO DELL' ANGOLARE



$$H_{max} = 112 \text{ mm}$$

Progettando un angolare di  $H = 110 \text{ mm}$  con 2 fori da  $d_o = 11 \text{ mm}$  a distanza  $p_1 = 42 \text{ mm}$ ,  $l_1 = 34 \text{ mm}$  ed  $l_2 = 18 \text{ mm}$  con  $t \geq \frac{t_w}{2} = 2.35$ , prendo  $t = 3 \text{ mm}$  non ho bisogno di verificare il piotto a RIFOLLAMENTO

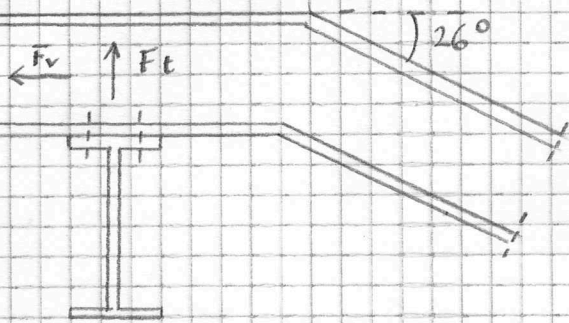
VERIFICA A TAGLIO (angolare)

$$a) F_{v,Rd} > 2 F_{v,ed} \Rightarrow A \times \frac{f_y/\sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = 110 \times 3 \times \frac{275/\sqrt{3}}{1.05} \times 10^{-3} = 49.9 \text{ kN} > 16.7 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$

$$b) F_{v,Rd,u} > 2 F_{v,ed} \Rightarrow 0.9 \times A_{net} \times \frac{f_u/\sqrt{3}}{\gamma_{M2}} = 0.9 \times 88 \times 3 \times \frac{430/\sqrt{3}}{1.25} \times 10^{-3} = 47.2 \text{ kN} > 16.7 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$



### 3) trave a ginocchio - Trave principale



$$F = 18.77 \text{ kN}$$

Per un collegamento a totale ripristino di resistenza incremento  $F$  di un 85 %

$$F = 34.5 \text{ kN}$$

$$F_v = F \cos 26^\circ = 31.0 \text{ kN}$$

$$F_t = F \sin 26^\circ = 15.1 \text{ kN}$$

Per evitare un comportamento fragile della sezione forata prevedo

$$2 \text{ fori da } d_{o \max} = 23 \text{ mm} \Rightarrow \text{scelgo } d_o = 13 \text{ mm}$$

$$\text{provo con 2 bulloni M12 con } A_{res} = 84.3 \text{ mm}^2$$

progetto i bulloni a Taglio e poi eseguo la verifica a taglio + trazione

$$F_{v,ed} = \frac{F_v}{2} = 15.5 \text{ kN} \quad F_{v,ed} \leq 0.6 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \Rightarrow f_{ub} \geq \frac{F_{v,ed} \gamma_{M2}}{0.6 A_{res}}$$

$$f_{ub} = \frac{15.5 \times 1.25}{0.6 \times 84.3} \times 10^3 = 383.05 \quad \text{scelgo 2 bulloni M12 classe 5.6}$$

#### VERIFICA A TAGLIO + TRAZIONE

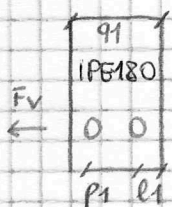
$$\left. \begin{array}{l} \text{a) } \frac{F_{v,ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,ed}}{1.4 F_{t,Rd}} \\ \text{b) } \frac{F_{t,ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} F_{v,ed} = 15.5 \text{ kN} \quad F_{t,ed} = \frac{F_t}{2} = 7.6 \text{ kN} \\ F_{v,Rd} = 0.6 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0.6 \times 84.3 \times \frac{500}{1.25} \times 10^{-3} = 20.2 \\ F_{t,Rd} = 0.9 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0.9 \times 84.3 \times \frac{500}{1.25} \times 10^{-3} = 30.3 \end{array}$$

$$\text{a) } \frac{15.5}{20.2} + \frac{7.6}{1.4 \times 30.3} = 0.94 < 1 \text{ VERIFICATO} \quad \text{b) } \frac{7.6}{30.3} = 0.25 < 1 \text{ VERIFICATO}$$

#### VERIFICA A PUNZONAMENTO (da IPE 180) $t_f = 8 \text{ mm}$ $d_n = 1.6 \times 12 = 19.2 \text{ mm}$

$$B_{p,Rd} = 0.6 \times \pi \times d_n \times t_f \times \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0.6 \times \pi \times 19.2 \times 8 \times \frac{430}{1.25} \times 10^{-3} = 99.5 > 7.6 \text{ VERIFICATO}$$

#### VERIFICA A RIFOLLAMENTO (da IPE 180) $t_f = 8 \text{ mm}$



Per evitare la riduzione dei valori  $\kappa$  e  $\alpha$  scelgo:

$$p_1 \geq 3.75 d_o = 48.75 \text{ mm}$$

$$\text{pono progettare } p_1 = 48 \text{ mm}$$

$$e_1 \geq 3 d_o = 39 \text{ mm}$$

$$\text{ed } e_1 = 21.5 \text{ mm} \Rightarrow \alpha \text{ varia } < 1$$

$$\kappa = 2.5 \quad \alpha = \min \left( \frac{21.5}{39}; \frac{48}{39} - 0.25; f_{ub}/f_u \right) = 0.55$$

$$F_{b,Rd} = \kappa \alpha \times d \times t_f \times \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 2.5 \times 0.55 \times 12 \times 8 \times \frac{430}{1.25} \times 10^{-3} = 45.4 > 15.5 \text{ VERIFICATO}$$

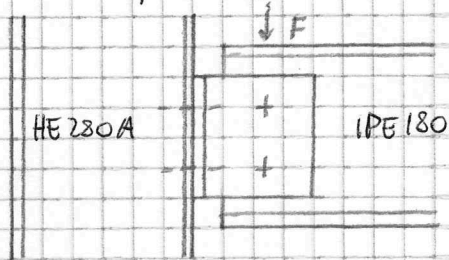
inoltre la distanza  $e_2$  sull'ala dell' IPE 140 di 65 mm non deve essere inferiore a 19.5 mm; scelgo  $e_2 = 27 \text{ mm}$

aggiungo anche 2 piastre saldate all'anima dell' IPE 180 con spessore  $t \geq 5.3 \text{ mm}$  in corrispondenza dell'anima dell' IPE 140



## COLLEGAMENTI

### 4) Trave principale - colonna



$$F = 43.7 \text{ kN}$$

Per un collegamento a totale ripristino di res.  
incremento  $F$  di un 5 %

$$F = 45.88$$

inoltre i bulloni tra angolare e colonna

dovranno resistere ad un incremento di  $F_v$  dovuto all'eccentricità  
della forma trasversale delle trave a ginocchio:  $F' = 31 \times 90/50 = 55.8$

$$F_v = \sqrt{F^2 + F'^2} = 72.3 \text{ kN}$$

Per evitare un comportamento fragile delle res. lavorate prevedo fori  $d_{max} = 34.7 \text{ mm}$

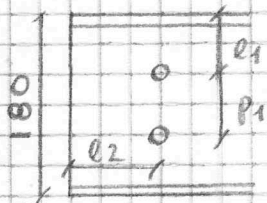
scego  $d_o = 13 \text{ mm}$  e provo con 2 bulloni M12 con  $A_{res} = 84.3 \text{ mm}^2$

$$F_{v,ed} = \frac{F_v}{4} = 18.1 \text{ kN} \quad F_{v,ed} \geq 0.6 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \Rightarrow f_{ub} \geq \frac{F_{v,ed} \gamma_{M2}}{0.6 A_{res}}$$

$$f_{ub} \geq \frac{18.1 \times 1.25}{0.6 \times 84.3} \times 10^3 = 446.32 \text{ N/mm}^2$$

scego 2 + 4 bulloni M12 classe 5.6

VERIFICA A RIFOLLAMENTO (animo IPE 180)  $t_w = 5.3 \text{ mm}$



per evitare la riduzione dei valori  $k$  e  $\alpha$  scelgo:

$$l_1 > 3 d_o = 39 \text{ mm}$$

$$p_1 > 3.75 d_o = 48.75 \text{ mm}$$

$$l_2 > 1.5 d_o = 19.5 \text{ mm}$$

progetto  $p_1 = 50 \text{ mm}$ , ne segue

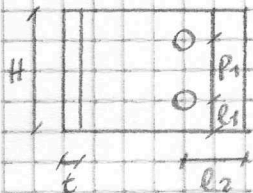
un  $l_1 = 65 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 20 \text{ mm}$

$$k = 2.5 \quad \alpha = 1 \quad \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 446.32$$

$$F_{b,rd} = k \alpha \times d \times t_f \times \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 2.5 \times 1 \times 12 \times 5.3 \times \frac{430}{1.25} \times 10^{-3} = 54.6$$

$$F_{b,rd} = 54.6 \text{ kN} > 36.2 \text{ kN} = 2 F_{v,ed} \quad \text{VERIFICATO}$$

PROGETTO DELL'ANGOLARE



$$H_{max} = 146 \text{ mm}$$

Progettando un angolare di  $H = 144 \text{ mm}$  con i fori  $d_o = 13 \text{ mm}$

a distanze  $p_1 = 50 \text{ mm}$ ,  $l_1 = 47$ ,  $l_2 = 20 \text{ mm}$

con  $t \geq \frac{t_w}{2} = 2.65$ , prendo  $t = 3 \text{ mm}$

non ho bisogno di verificare il piatto a RIFOLLAMENTO

VERIFICA A TAGLIO (angolare)

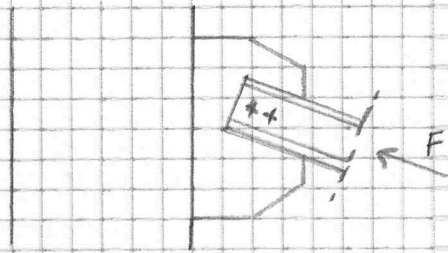
$$a) F_{v,rd} > 2 F_{v,ed} \Rightarrow A \times \frac{l_y \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = 144 \times 3 \times \frac{275 \sqrt{3}}{1.05} \times 10^{-3} = 65.3 > 36.2 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$

$$b) F_{v,rd,u} > 2 F_{v,ed} \Rightarrow 0.9 A_{net} \times \frac{f_u \sqrt{3}}{\gamma_{M2}} = 0.9 \times 118 \times 3 \times \frac{430 \sqrt{3}}{1.25} \times 10^{-3} = 63.27 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$



# COLLEGAMENTI

## 5) controvento - colonna



$$F = 18.77 \text{ kN}$$

Per un collegamento a totale ripristino di res. incremento le  $F$  di un 85%  $F = 34.5 \text{ kN}$

Per evitare un comportamento fragile della unione forata prevedo 2 fori da  $d_{max} = 16.57 \text{ mm}$

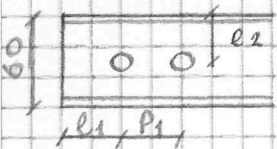
Salgo  $d_o = 11 \text{ mm}$  e provo con 2 bulloni M10 con  $A_{res} = 58.0 \text{ mm}^2$

$$F_{v,ed} = \frac{F}{4} = 8.63 \text{ kN}$$

$$F_{v,ed} \leq 0.6 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \Rightarrow f_{ub} \geq \frac{F_{v,ed} \gamma_{M2}}{0.6 A_{res}} = \frac{8.63 \times 1.25}{0.6 \times 58.0} \times 10^3 = 309.8 \text{ N/mm}^2$$

Salgo 2 bulloni M10 classe 4.6

RIFOLLAMENTO (anima L 60x30)  $t_w = 6 \text{ mm}$



per evitare la riduzione dei volani  $k$  e  $\alpha$  salgo:

$$\begin{aligned} l_1 &> 3 d_o = 33 \text{ mm} \\ p_1 &> 3.75 d_o = 41.25 \\ l_2 &> 1.5 d_o = 16.5 \end{aligned}$$

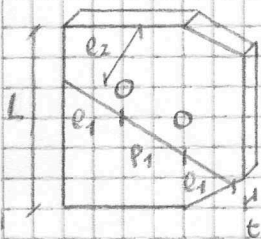
$$\begin{aligned} \text{salgo } l_1 &= 34 \text{ mm} \\ p_1 &= 42 \text{ mm} \\ l_2 &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{resa } k = 2.5$$

$$\alpha = f_{ub}/f_w = 0.93$$

$$F_{b,rd} = k \alpha \cdot d \cdot t_w \cdot \frac{f_w}{\gamma_{M2}} = 2.5 \times 0.93 \times 10 \times 6 \times \frac{430}{1.25} \times 10^{-3} = 48.0 \text{ kN} > 8.63 = F_{v,ed}$$

PROGETTO DEL PIATTO (a trazione - compressione)



$$t_{min} = 12.4 \text{ mm (da progetto controvento)} \text{ salgo } t = 13 \text{ mm}$$

$$F \leq N_{rd} \quad F \leq A \frac{f_t}{\gamma_{M0}} \Rightarrow A = \frac{F \gamma_{M0}}{f_t} = \frac{34.5 \times 1.05}{275} \times 10^3 = 131.8 \text{ mm}^2$$

$$A > 131.8 \text{ mm}^2 \quad t = 13 \text{ mm} \quad L > 10.2 \text{ mm}$$

RIFOLLAMENTO (piatto)

progettando  $l_1 \geq 34 \text{ mm}$ ,  $p_1 \geq 42 \text{ mm}$  ed  $l_2 \geq 30 \text{ mm} \Rightarrow k = 2.5 \quad \alpha = 1$

$$F_{b,rd} = k \alpha \cdot d \cdot t \cdot \frac{f_w}{\gamma_{M2}} = 2.5 \times 0.93 \times 10 \times 13 \times \frac{430}{1.25} \times 10^{-3} = 104.0 \text{ kN} > 17.25 = 2 F_{v,ed}$$

SALDATURA (piatto - colonna)

$$f_{rwd} = \frac{f_w}{\beta_w \sqrt{3} \gamma_{M2}} = \frac{430}{0.85 \times \sqrt{3} \times 1.25} = 233.65 \text{ N/mm}^2$$

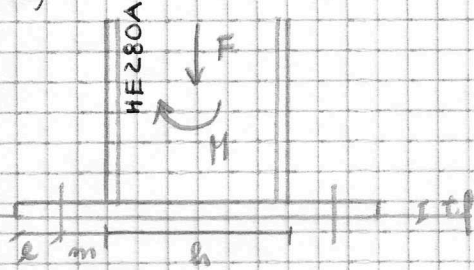
$$\frac{F}{2 a \times l} \leq f_{rwd} \Rightarrow a \times l \geq \frac{F}{2 f_{rwd}} = \frac{34.5}{2 \times 233.65} \times 10^3 = 73.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{salgo } a = 6 \text{ mm} \Rightarrow l > 12.4 \text{ mm}$$



# COLLEGAMENTI

## 6) Colonna - fondazione



$$F = 168.63 \text{ kN} \quad + 5\% = 177 \text{ kN}$$

$$M = 64.65 \text{ kNm} \quad \text{per compl. rip.} \quad + 85\% = 120 \text{ kNm}$$

PROGETTO DELLA FLANGIA (superficie)

$$A = \frac{F_{TOT}}{f_{ck}} \quad F_{TOT} = F + \frac{M}{h} = 177 + 444.5 = 621.5$$

$$A = \frac{621.5}{14} \times 10^3 = 44388 \text{ mm}^2 \approx 210^2 \text{ mm}^2,$$

realizziamo una flangia di  $500 \times 300 \text{ mm}^2$

PROGETTO SALDATURA (colonna - flangia)

$$f_{weld} = 233.65 \text{ N/mm}^2 \quad F_t = 444.5 \text{ kN} \quad \text{considero } l = 400 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_t}{l f_{weld}} = \frac{444.5 \times 10^3}{400 \cdot 233.65} = 4.76 \quad \text{scelgo } a = 5 \text{ mm}$$

PROGETTO TIRAFONDO

$$F_t = 444.5 \text{ kN} \quad \text{provo con 4 HPM 20/L } A_{res} = 245 \text{ mm}^2 \quad L = 350 \text{ mm}$$

$$F_{ed} = F_t / 4 = 111.2 \text{ kN}$$

$$F_{ed} \leq 0.9 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \Rightarrow f_{ub} \geq \frac{F_{ed} \gamma_{M2}}{0.9 A_{res}} = \frac{111.2 \cdot 1.25}{0.9 \cdot 245} \times 10^3 = 630.3$$

scelgo 4+4 tirafondi HPM 20/L classe 10.9 + (1+1) per lato debole

PROGETTO FLANGIA (versione)

PUNZONAMENTO

$$B_{p,rd} = 0.6 \times \pi \times d_n \times t_f \times \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \Rightarrow t_f \geq \frac{F_{ed} \gamma_{M2}}{0.6 \times \pi \times d_n \times f_u} \quad \text{con } d_n = 46 \text{ mm}$$

$$t_f \geq \frac{111.2 \cdot 1.25}{0.6 \times \pi \times 46 \times 430} \times 10^3 = 3.73 \text{ mm}$$

FLESSIONE (con effetto leva)  $F_t = F_{t,rd} \quad m = 50 \text{ mm} \quad l = 65 \text{ mm}$

$$F_t = 705.6 \quad M = F_t \times m = 705.6 \times 50 = 35.30 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} < \frac{b t_f^2}{4} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \Rightarrow t_f > \sqrt{\frac{4 M_{ed} \gamma_{M0}}{b f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 35.30 \times 1.05 \times 10^6}{300 \times 275}} = 42.4 \text{ mm}$$

FLESSIONE (con effetto leva)  $m = 50 \text{ mm} \quad l = 65 \text{ mm}$

$$M_{pl,rd} \geq \min \left[ F_{ed} (e+m) - F_t \times l; \frac{F_{ed} \times m}{2} \right]$$

$$M_{pl,rd} \geq \min \left[ 444.5 (0.065 + 0.05) - 705.6 \times 0.065; \frac{444.5 \times 0.05}{2} \right]$$

$$M_{pl,rd} \geq \min (5.25; 11.2) \Rightarrow M_{pl,rd} \geq 5.25 \text{ kNm}$$

$$t_f > \sqrt{\frac{4 \times 5.25 \times 1.05 \times 10^6}{300 \times 275}} = 16.4 \quad \text{scelgo } t_f = 20 \text{ mm} \quad M_{pl,rd} = 7.8 \text{ kNm}$$

$$Q = \frac{F_t m - M_{pl,rd}}{0.1 m} = \frac{705.6 \times 0.05 - 7.8}{0.1 \times 0.05} \times 10^3 = 238 \quad F_t = Q + F = 238 + 444.5 = 683.4 < 705.6$$

VERIFICATO