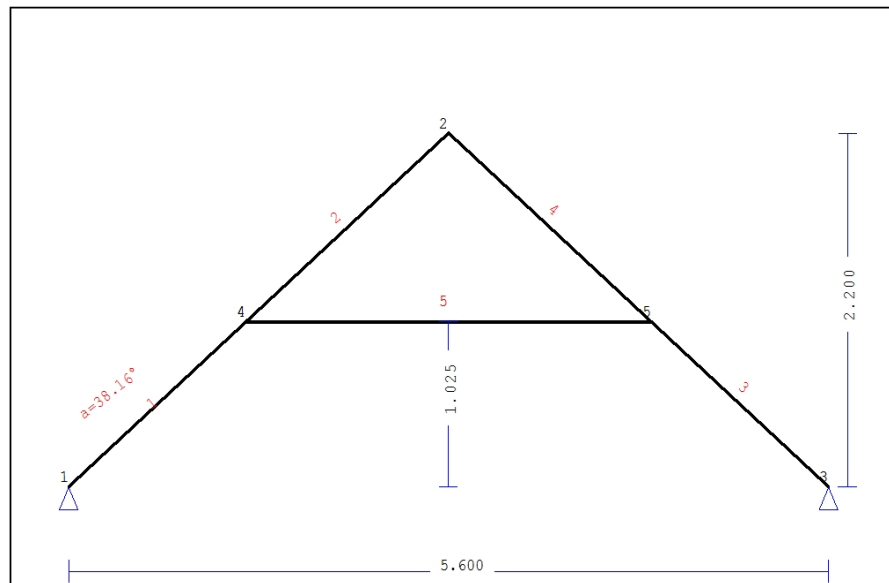


1. CAPRIATA-09

Tetto con capriate di tipo A



1.1. Descrizione tecnica

1.1.1. Tipologia costruttiva

Tetto in legno C24. La tipologia della capriata è illustrata nel disegno soprastante.

Luce della capriata 5.600m, altezza 2.200m, inclinazione 38.16°, interasse delle capriate 5.000m

Assito costituito da legno di classe C22, spessore 20 mm

Travetti in legno di classe C22, con dimensioni 75x150 mm, ad interasse 0.300 m

Sezione degli elementi della capriata BxH [mm]

Elementi 1, 2, 3, 4, sezione 75x225 [mm]

Elementi 5, sezione 58x150 [mm]

Volume della capriata = 0.146 m³, peso proprio della capriata = 0.502 kN

1.1.2. Normative di calcolo

Norme Tecniche per le Costruzioni (DM2008)

UNI EN1990-1-1:2004, Eurocodice 0 Parte 1-1, Basi di calcolo

UNI EN1991-1-1:2004, Eurocodice 1 Parte 1-1, Azioni sulle strutture

DM2008, §3.4, Azioni della neve

DM2008, §3.3, Azioni del vento

UNI EN1995-1-1:2009, Eurocodice 5 Parte 1-1, Progettazione delle strutture di legno

1.1.3. Metodo di calcolo

Gli sforzi interni alla capriata sono calcolati mediante analisi ad elementi finiti. La capriata è considerata come un elemento trave reticolare a due dimensioni. La rigidezza delle unioni è modulata secondo il grado desiderato di rigidezza. Per calcolare il valore di progetto degli sforzi interni, gli sforzi interni sono dapprima calcolati come sforzi unitari e successivamente, dalle loro combinazioni si ottengono gli sforzi interni nelle varie condizioni di carico. Tutte le combinazioni di carico previste dall'Eurocodice 5 sono considerate, e le verifiche sono svolte nelle condizioni di carico più sfavorevoli, per le combinazioni di carico, allo stato limite ultimo di progetto, secondo EN1995-1-1, §6. Le giunzioni sono considerate come unioni con bulloni con piastre metalliche e sono dimensionate secondo EN1995-1-1, §8. In aggiunta le deformazioni sono verificate nello stato limite di servizio, secondo UNI EN1995-1-1:2009, §7.

1.1.4. Proprietà dei materiali (capriata) (NTC-DM2008, §4.4)

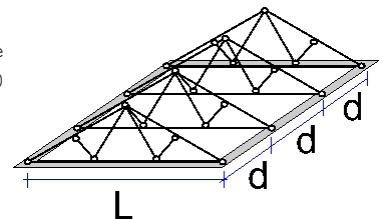
Classe del legno : C24

Classe di servizio : Classe 1, umidità $\leq 12\%$ (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname** $f_{mk} = 24.0 \text{ MPa}$, $f_{t0k} = 14.0 \text{ MPa}$, $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$ $f_{c0k} = 21.0 \text{ MPa}$, $f_{c90k} = 2.5 \text{ MPa}$, $f_{vk} = 4.0 \text{ MPa}$ $E_{0m} = 11000 \text{ MPa}$, $E_{005} = 7400 \text{ MPa}$, $E_{90m} = 370 \text{ MPa}$ $G_m = 690 \text{ MPa}$, $\rho_k = 350 \text{ Kg/m}^3$ **1.1.5. Proprietà dei materiali (legname, finitura) (NTC-DM2008, §4.4)**

Classe del legno : C22

Classe di servizio : Classe 1, umidità $\leq 12\%$ (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname** $f_{mk} = 22.0 \text{ MPa}$, $f_{t0k} = 13.0 \text{ MPa}$, $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$ $f_{c0k} = 20.0 \text{ MPa}$, $f_{c90k} = 2.4 \text{ MPa}$, $f_{vk} = 3.8 \text{ MPa}$ $E_{0m} = 10000 \text{ MPa}$, $E_{005} = 6700 \text{ MPa}$, $E_{90m} = 330 \text{ MPa}$ $G_m = 630 \text{ MPa}$, $\rho_k = 340 \text{ Kg/m}^3$ **1.1.6. Proprietà dei materiali (legname, travetti) (NTC-DM2008, §4.4)**

Classe del legno : C22

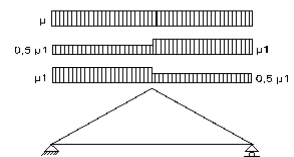
Classe di servizio : Classe 1, umidità $\leq 12\%$ (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname** $f_{mk} = 22.0 \text{ MPa}$, $f_{t0k} = 13.0 \text{ MPa}$, $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$ $f_{c0k} = 20.0 \text{ MPa}$, $f_{c90k} = 2.4 \text{ MPa}$, $f_{vk} = 3.8 \text{ MPa}$ $E_{0m} = 10000 \text{ MPa}$, $E_{005} = 6700 \text{ MPa}$, $E_{90m} = 330 \text{ MPa}$ $G_m = 630 \text{ MPa}$, $\rho_k = 340 \text{ Kg/m}^3$ **1.1.7. Carichi distribuiti sulla copertura**Carico permanente del manto di copertura $G_e = 0.500 \text{ kN/m}^2$ (Tegole)Travetti, assito, isolamento $G_t = 0.100 \text{ kN/m}^2$ $G_e + G_t = 0$ Peso del controsoffitto del tetto $G_c = 0.100 \text{ kN/m}^2$ Carico della neve sul terreno $S_k = 1.500 \text{ kN/m}^2$ Pressione del vento sulle superfici vert. $Q_w = 0.754 \text{ kN/m}^2$ Carico (categoria H) $Q_i = 0.500 \text{ kN/m}^2$ **1.2. Azioni della neve (DM2008, §3.4)**Carico neve al suolo S_k (DM2008, §3.4.2)

Classe di importanza 1, vita utile 50 anni, periodo di ritorno 500 anni (§3.3.2)

Zona climatica : I , altitudine del suolo sul livello del mare = 200 m

 $s_{sk} = 1.500 \text{ kN/m}^2$ ($s = 200 \leq 200 \text{ m}$)Valore di riferimento del carico neve al suolo: $s_k = q_{ref}(T) = 1.500 \text{ kN/m}^2$

Carico neve sulla copertura (DM2008, §3.4.5)

Inclinazione del tetto : $\alpha = 38.157^\circ$ Coefficiente di esposizione : $C_e = 1.000$ (DM2008 §5.2(7))Coefficiente termico : $C_t = 1.000$ (DM2008 §5.2(8))Fattori di forma, $\alpha_1 = \alpha_2 = 38.16^\circ$, $\mu_1(\alpha_1) = \mu_1(\alpha_2) = 0.582$ (Tab. 3.4.II) $S(\alpha_1) = \mu_1(\alpha_1) \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.582 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.500 = 0.874 \text{ kN/m}^2$ (§3.4.1) $S(\alpha_2) = \mu_1(\alpha_2) \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.582 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.500 = 0.874 \text{ kN/m}^2$ 

Azioni della neve (DM2008, §3.4.1)

Combinazione di carico (I), $S(\text{Sinistra}) = S(\alpha_1) = 0.874 \text{ kN/m}^2$, $S(\text{Destra}) = S(\alpha_2) = 0.874 \text{ kN/m}^2$ Combinazione di carico (II), $S(\text{Sinistra}) = 0.5 \times S(\alpha_1) = 0.437 \text{ kN/m}^2$, $S(\text{Destra}) = S(\alpha_2) = 0.874 \text{ kN/m}^2$ Combinazione di carico (III), $S(\text{Sinistra}) = S(\alpha_1) = 0.874 \text{ kN/m}^2$, $S(\text{Destra}) = 0.5 \times S(\alpha_2) = 0.437 \text{ kN/m}^2$

1.3. Azioni del vento (DM2008 §3.3)

Pressione del vento $q_b(z) = C_e(z) \cdot V_b^2 / 1.6$ (DM2008 §3.3.6)

Classe di importanza 1, vita utile 50 anni, periodo di ritorno 500 anni (§3.3.2)

Zona:1, $V_b = 25.00 \text{ m/s}$ ($a_s = 500 < a_o = 1000 \text{ m}$), $V_b = 25 \text{ m/s}$, $a_o = 1000 \text{ m}$, $K_a = 0.012 (1/\text{s})$ (Tab. 3.3.I)

Velocità di riferimento, $T_r = 500$ anni (§3.3.2)

Classe di rugosità del terreno = D, $10 \text{ km} < \text{distanza costa} < 30 \text{ km}$, altitudine di riferimento = 500 m

Categorie di esposizione del sito: II, $k_r = 0.19$, $z_o = 0.05 \text{ m}$, $z_{\min} = 4.00 \text{ m}$ (Tab.3.3.II)

Coefficiente di topografia: $C_t = 1.000$ (§3.3.7)

Coefficiente di esposizione: $C_e = 0.19^2 \times 1.000 \times \ln(5/0.05) \times [7 + 1.000 \times \ln(5/0.05)] = 1.929$ (§3.3.7)

Pressione del vento sulla superficie verticale: $Q_{\text{ref}} \cdot C_e = 0.001 \times (25.00^2 / 1.6) \times 1.929 = 0.754 \text{ kN/m}^2$

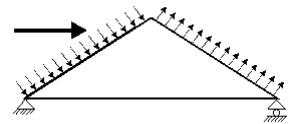
Pressione del vento $p_f = C_p \cdot q_b$ (DM2008, §3.3.7.1)

Coefficiente di forma C_p (DM2008 §3.3.7.1)

Con inclinazione $\alpha = 38.16^\circ$, $C_p(+) = 0.14$, $C_p(-) = -0.40$

Pressione del vento $p_f(\text{Sinistra}) = 0.109 \text{ kN/m}^2$

Pressione del vento $p_f(\text{Destra}) = -0.302 \text{ kN/m}^2$

**1.4. Azione sismica (DM2008, §3.2)**

Accelerazione orizzontale (§3.2.3.2.1)

$a_g/g = 0.02$

Fattore d'importanza (§3.2.1)

$\gamma_i = 1.00$

Fattore di suolo [orizzontale] (§3.2.3.2.1)

$S_o = 1.80$

Fattore di suolo [verticale]

$S_v = 1.00$

Fattore di struttura [orizzontale] (§7.3.1)

$q_o = 1.50$

Fattore di struttura [verticale]

$q_v = 1.50$

Fattore di spettro [orizzontale] (§3.2.3.1)

$\beta_o(T) = 2.21$

Fattore di spettro [verticale] (§3.2.3.2.2)

$\beta_v(T) = 0.48$

Fattore di correzione (§7.3.3.2)

$\lambda = 1.00$

Distribuzione della forza $\zeta = z_i W_i / \sum z_j W_j$ (§7.3.3.2)

$\zeta = 1.00$

Primo periodo di vibrazione (§7.3.3.2)

$T(\text{sec}) = 0.15$

Fattore di combinazione carichi accidentali

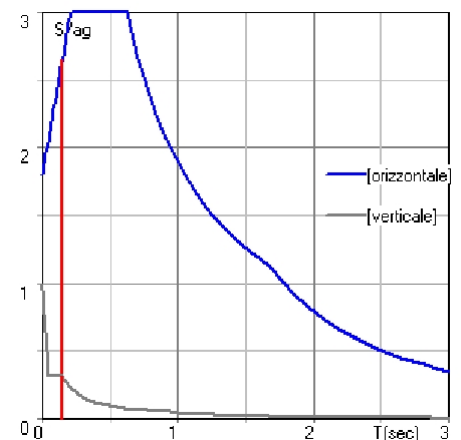
$\psi_2 = 0.30$

Fattore di combinazione carico da neve

$\psi_2 = 0.20$

Periodi di spettro [orizzontale]: $T_b = 0.21 \text{ sec}$, $T_c = 0.63 \text{ sec}$, $T_d = 1.68 \text{ sec}$

Periodi di spettro [verticale]: $T_b = 0.05 \text{ sec}$, $T_c = 0.15 \text{ sec}$, $T_d = 1.00 \text{ sec}$



Orizzontale: $F_o = a_g \cdot \gamma_i \cdot S_o \cdot \beta_o(T) \cdot \lambda \cdot \zeta / q_o$

$F_o = g \times 0.02 \times 1.00 \times 1.80 \times 2.21 \times 1.00 \times 1.00 / 1.50 = 0.053 \times g$ (DM2008 §3.2.3.2.1)

Verticale: $F_v = a_g \cdot \gamma_i \cdot S_v \cdot \beta_v(T) \cdot \lambda \cdot \zeta / q_v$

$F_v = g \times 0.02 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.48 \times 1.00 \times 1.00 / 1.50 = 0.006 \times g$ (DM2008 §3.2.3.2.2)

1.5. Finitura del tetto

Sistema strutturale dell'assito

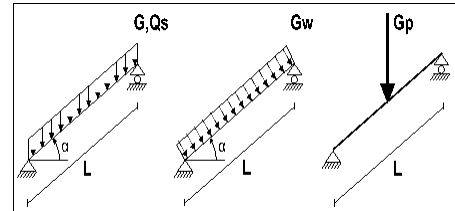
L'assito è progettato come trave semplicemente appoggiata con luce interasse tra i travetti $L=0.300\text{m}$, e larghezza 1.00m .

Dimensioni del materiale dell'assito

Specie legnosa dell'assito: C22, classe di servizio: Classe 1, umidità $\leq 12\%$
 Interasse dei travetti $L=0.300\text{m}$, inclinazione del tetto $\alpha=38.16^\circ$, spessore dell'assito 20mm

Carico sull'assito

Manto di copertura $G_e = 0.500 \text{ kN/m}^2$
 Peso proprio $G_l = 0.067 \text{ kN/m}^2$
 Carico neve $Q_s = 0.874 \text{ kN/m}^2$
 Carico da vento $Q_w = 0.109 \text{ kN/m}^2$
 Peso del carpentiere $Q_p = 1.200 \text{ kN}$



Sforzi interni dell'assito (luce $L=0.300 \text{ m}$, larghezza $=1.00 \text{ m}$)

Carico	Azione	γ_g	γ_q	ψ_0	$\max N [\text{kN}]$	$\max V [\text{kN}]$	$\max M [\text{kNm}]$		
(Gk) Permanente	$G_k = 0.567 [\text{kN/m}]$	Permanente	1.30	0.00	1.00	0.105	0.067	0.005	
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 0.874 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.70	0.127	0.081	0.006	
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = 0.109 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.60	0.000	0.016	0.001	
(Qk3) Carpentiere	$Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$	Istantaneo	0.00	1.00	0.00	0.741	0.472	0.071	

1.5.1. Stato limite di servizio (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

Deformazione a flessione (EC5 §7.2)

Carico $[\text{kN/m}]$	$u [\text{mm}]$	Azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2	K_{def}		
(Gk) Permanente $G_k = 0.567 [\text{kN/m}]$	0.003	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60		
(Qk1) Neve $Q_{ks} = 0.874 [\text{kN/m}]$	0.004	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60		
(Qk2) Vento $Q_{kw} = 0.109 [\text{kN/m}]$	0.001	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60		

Combinazione di carico	w_{inst}	$w_{fin} [\text{mm}]$
1 Gk	0.003	0.005
2 Gk + Qk1	0.006	0.009
3 Gk + Qk2	0.004	0.005
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	0.007	0.009
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.006	0.008

$w_{fin, g} = w_{inst, g} (1 + k_{def})$, $w_{fin, q} = w_{inst, q} (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 0.007 \text{ mm}$, $w_{fin} = 0.009 \text{ mm}$

Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2

Deformazioni finali

$w_{inst} = 0.007 \text{ mm} < L/300 = 300/300 = 1.000 \text{ mm}$

$w_{net, fin} = 0.009 \text{ mm} < L/250 = 300/250 = 1.200 \text{ mm}$

$w_{fin} = 0.009 \text{ mm} < L/150 = 300/150 = 2.000 \text{ mm}$

La verifica è soddisfatta

1.5.2. Verifica dell'assito, Stato limite ultimo di progetto (UNI EN1995-1-1:2009, §6)

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-0.228	0.145	0.011
2	yg.Gk + yq.Qk1	Breve	0.90	-0.364	0.232	0.017
3	yg.Gk + yq.Qk2	Breve	0.90	-0.152	0.124	0.009
4	yg.Gk + yq.Qk3	Istantaneo	1.00	-0.878	0.559	0.077
5	yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-0.364	0.248	0.019
6	yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-0.300	0.218	0.016
	Valori massimi			-0.878	0.559	0.077

Assito, combinazione di carico No 4**Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-0.878 kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=1000 mm, h=20 mm, A= 20 000 mm²

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

fc0k=20.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/γM=1.00x20.00/1.50=13.33N/mm² (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-0.878 kN, σc0d=Fc0d/Anetto=1000x0.878/20000=0.04N/mm² < 13.33N/mm²=fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Taglio, Fv=0.559 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, bef=0.67x1000=670 mm, h=20 mm, A= 13 400 mm²

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

fvk=3.80 N/mm², fvd=Kmod·fvk/γM=1.00x3.80/1.50=2.53N/mm² (EC5 Eq.2.14)Fv=0.559 kN, τv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.559/13400=0.06N/mm² < 2.53N/mm²=fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Flessione, Myd=0.077 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=1000mm, h=20mm, A=2.000E+004mm², Wy=6.667E+004mm³, Wz=3.333E+006mm³

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

fmyk=22.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm²fmzk=22.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm²

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.077/6.667E+004= 1.16 N/mm²σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/3.333E+006= 0.00 N/mm²

σmyd/fmyd+Km.σmzd/fmzd=0.079+0.000= 0.08 < 1 (EC5 Eq.6.11)

Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.055+0.000= 0.06 < 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Flessione e compressione assiale combinate, Fc0d=-0.878kN, Myd=0.077kNm, Mzd=0.000kNm** (§6.2.4)Sezione rettangolare, b=1000mm, h=20mm, A=2.000E+004mm², Wy=6.667E+004mm³, Wz=3.333E+006mm³

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

fc0k=20.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/γM=1.00x20.00/1.50=13.33N/mm²fmyk=22.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm²fmzk=22.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm²

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x0.878/20000= 0.04 N/mm²σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.077/6.667E+004= 1.16 N/mm²σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/3.333E+006= 0.00 N/mm²(σc0d/fc0d)²+σmyd/fmyd+Km.σmzd/fmzd=0.000+0.079+0.000= 0.08 < 1 (EC5 Eq.6.19)(σc0d/fc0d)²+Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.000+0.055+0.000= 0.06 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Stabilità a pressoflessione, $F_{c0d}=-0.878\text{kN}$, $M_{yd}=0.077\text{kNm}$, $M_{zd}=0.000\text{kNm}$ (EC5 §6.3.2)**Sezione rettangolare, $b=1000\text{mm}$, $h=20\text{mm}$, $A=2.000\text{E}+004\text{mm}^2$, $W_y=6.667\text{E}+004\text{mm}^3$, $W_z=3.333\text{E}+006\text{mm}^3$ Coefficiente di correzione $K_{mod}=1.00$, coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$, $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$ $f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 1.00 \times 20.00 / 1.50 = 13.33\text{N/mm}^2$ $f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67\text{N/mm}^2$ $f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 0.878 / 20000 = 0.04\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06 \times 0.077 / 6.667\text{E}+004 = 1.16\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 3.333\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione S_k $S_{ky}=1.00 \times 0.300 = 0.300\text{ m} = 300\text{ mm}$ $S_{kz}=0.00 \times 0.300 = 0.000\text{ m} = 0\text{ mm}$ Snellezza $i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 20 = 6\text{ mm}$, $\lambda_y = 300 / 6 = 50.00$ $i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 1000 = 289\text{ mm}$, $\lambda_z = 0 / 289 = 0.00$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 26.45\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,crity}} = 0.87$ (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 2000.00\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,critz}} = 0.00$ (EC5 Eq.6.22) $\beta_c=0.20$ (legno massiccio) $k_y = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.94$, $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 0.782$ (Eq.6.27 6.25) $k_z = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.50$, $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1.000$ (Eq.6.28 6.26) $\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.004 + 0.079 + 0.000 = 0.08 < 1$ (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.003 + 0.055 + 0.000 = 0.06 < 1$ (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

1.6. Progettazione dei travetti

Sistema strutturale dei travetti

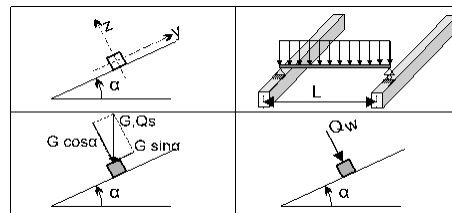
I travetti sono progettati come travi semplicemente appoggiate con luce $L=5.000\text{m}$ che è la distanza tra le capriate. Essi sono sottoposti ad un carico di superficie di larghezza $L_1=0.300\text{m}$ (interasse tra i travetti). L'asse dei travetti ha un'inclinazione $\alpha=38.16^\circ$ sulla verticale. I carichi verticali (peso proprio, neve, peso del carpentiere) sono scomposti in due componenti nelle direzioni z-z $P \cdot \cos\alpha$, e y-y $P \cdot \sin\alpha$, la pressione del vento agisce nella direzione z-z.

Dimensioni dei travetti

Specie legnosa dei travetti: C22, Classe 1, umidità $\leq 12\%$, sezione dei travetti BxH: 75x150mm
Interasse dei travetti 0.300m, inclinazione della falda $\alpha=38.16^\circ$, interasse delle capriate 5.000m.

Carico uniformemente distribuito sui travetti kN/m^2

Manto di copertura $G_e = 0.500 \text{ kN/m}^2$
Assito+peso proprio $G_l = 0.100 \text{ kN/m}^2$
Carico neve $Q_s = 0.874 \text{ kN/m}^2$
Carico da vento $Q_w = 0.109 \text{ kN/m}^2$
Peso del carpentiere $Q_p = 1.200 \text{ kN}$



Carico lineare sui travetti (kN/m) in z-z e y-y

Manto di copertura+peso proprio $G_k = 0.180 \text{ kN/m}$, $G_{kz} = 0.142 \text{ kN/m}$, $G_{kez} = 0.111 \text{ kN/m}$
Carico neve $Q_{ks} = 0.262 \text{ kN/m}$, $Q_{ksz} = 0.206 \text{ kN/m}$, $Q_{ksy} = 0.162 \text{ kN/m}$
Carico da vento $Q_{kw} = 0.033 \text{ kN/m}$, $Q_{kwz} = 0.033 \text{ kN/m}$, $Q_{kwy} = 0.000 \text{ kN/m}$
Peso del carpentiere $Q_{kp} = 1.200 \text{ kN}$, $Q_{kpz} = 0.944 \text{ kN}$, $Q_{kpy} = 0.741 \text{ kN}$

Sforzi interni nei travetti (luce $L=5.000 \text{ m}$, BxH: 75x150 mm)

Carico	Azione	γ_g	γ_q	ψ_0	$Q_z [\text{kN}]$	$Q_y [\text{kN}]$	$M_y [\text{kNm}]$	$M_z [\text{kNm}]$	
(Gk) Permanente	$G_k = 0.180 [\text{kN/m}]$	Permanente	1.30	0.00	1.00	0.354	0.278	0.442	0.000
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 0.262 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.70	0.515	0.405	0.644	0.000
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = 0.033 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.60	0.082	0.000	0.102	0.000
(Qk3) Carpentiere	$Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$	Istantaneo	0.00	1.00	0.00	0.472	0.371	1.179	0.000

1.6.1. Stato limite di servizio (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

Deformazione a flessione (EC5 §7.2)

Carico $[\text{kN/m}]$	$u [\text{mm}]$	Azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2	K_{def}
(Gk) Permanente $G_k = 0.142 [\text{kN/m}]$	5.461	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve $Q_{ks} = 0.206 [\text{kN/m}]$	7.952	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60
(Qk2) Vento $Q_{kw} = 0.033 [\text{kN/m}]$	1.263	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	5.461	8.737
2 Gk + Qk1	13.412	17.643
3 Gk + Qk2	6.723	10.000
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	14.170	18.400
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	12.290	16.520

$w_{fin,g} = w_{inst,g}(1+k_{def})$, $w_{fin,q} = w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 14.170 \text{ mm}$, $w_{fin} = 18.400 \text{ mm}$

Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2Deformazioni finali

$w_{inst} = 14.170 \text{ mm} < L/300 = 5000/300 = 16.667 \text{ mm}$

$w_{net,fin} = 18.400 \text{ mm} < L/250 = 5000/250 = 20.000 \text{ mm}$

$w_{fin} = 18.400 \text{ mm} < L/150 = 5000/150 = 33.333 \text{ mm}$

La verifica è soddisfatta

1.6.2. Verifica dei travetti, Stato limite ultimo di progetto (UNI EN1995-1-1:2009, §6)

L.C.	Combinazione di carichi	classe di durata	kmod	Qz/Kmod	Qy/Kmod	My/Kmod	Mz/Kmod
1	yg.Gk	Permanente	0.60	0.767	0.602	0.958	0.000
2	yg.Gk + yq.Qk1	Breve	0.90	1.370	1.076	1.712	0.000
3	yg.Gk + yq.Qk2	Breve	0.90	0.648	0.402	0.809	0.000
4	yg.Gk + yq.Qk3	Istantaneo	1.00	0.932	0.732	1.754	0.000
5	yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	1.452	1.076	1.815	0.000
6	yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	1.249	0.874	1.561	0.000
	Valori massimi			1.452	1.076	1.815	0.000

Travetto, combinazione di carico No 5**Taglio, Fv=1.307 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare, bef=0.67x75=50 mm, h=150 mm, A= 7 500 mm²

Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

f_{vk}=3.80 N/mm², f_{vd}=Kmod·f_{vk}/γM=0.90x3.80/1.50=2.28N/mm² (EC5 Eq.2.14)

Fv=1.307 kN, τ_{v0d}=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x1.307/7500=0.26N/mm² < 2.28N/mm²=f_{v0d} (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Travetto, combinazione di carico No 5**Taglio, Fv=0.969 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare, bef=0.67x150=101 mm, h=75 mm, A= 7 575 mm²

Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

f_{vk}=3.80 N/mm², f_{vd}=Kmod·f_{vk}/γM=0.90x3.80/1.50=2.28N/mm² (EC5 Eq.2.14)

Fv=0.969 kN, τ_{v0d}=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.969/7575=0.19N/mm² < 2.28N/mm²=f_{v0d} (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Travetto, combinazione di carico No 5**Flessione, Myd=1.633 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)

Sezione rettangolare, b=75mm, h=150mm, A=1.125E+004mm², Wy=2.813E+005mm³, Wz=1.406E+005mm³

Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

f_{myk}=22.00 N/mm², f_{myd}=Kmod·f_{myk}/γM=0.90x22.00/1.50=13.20N/mm²

f_{mzk}=22.00 N/mm², f_{mzd}=Kmod·f_{mzk}/γM=0.90x22.00/1.50=13.20N/mm²

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x1.633/2.813E+005= 5.81 N/mm²

omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.406E+005= 0.00 N/mm²

omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.440+0.000= 0.44 < 1 (EC5 Eq.6.11)

Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.308+0.000= 0.31 < 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

Travetto, combinazione di carico No 5**Stabilità laterale, Myd=1.633 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.3.3)

Sezione rettangolare, b=75mm, h=150mm, A=1.125E+004mm², Wy=2.813E+005mm³, Wz=1.406E+005mm³

Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

f_{c0k}=20.00 N/mm², f_{c0d}=Kmod·f_{c0k}/γM=0.90x20.00/1.50=12.00N/mm²

f_{myk}=22.00 N/mm², f_{myd}=Kmod·f_{myk}/γM=0.90x22.00/1.50=13.20N/mm²

f_{mzk}=22.00 N/mm², f_{mzd}=Kmod·f_{mzk}/γM=0.90x22.00/1.50=13.20N/mm²

Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2))
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my, netto} = 1E+06 \times 1.633 / 2.813E+005 = 5.81 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz, netto} = 1E+06 \times 0.000 / 1.406E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione S_k

$S_{ky} = 1.00 \times 5.000 = 5.000 \text{ m} = 5000 \text{ mm}$

$S_{kz} = 0.00 \times 5.000 = 0.000 \text{ m} = 0 \text{ mm}$

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 150 = 43 \text{ mm}$, $\lambda_y = 5000 / 43 = 116.28$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 75 = 22 \text{ mm}$, $\lambda_z = 0 / 22 = 0.00$

$\sigma_{m, crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 75^2 \times 6700 / (150 \times 4500) = 43.55 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq.6.32)

Tensioni critiche

$\sigma_{m, crity} = 43.55 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel, my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m, crity}} = 0.71$ (EC5 Eq.6.30)

$\sigma_{m, critz} = 200.00 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel, mz} = \sqrt{f_{mzk} / \sigma_{m, critz}} = 0.00$ (EC5 Eq.6.30)

$\lambda_{rel, my} = 0.71$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{crity} = 1.00$ (EC5 Eq.6.34)

$\lambda_{rel, mz} = 0.00$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{critz} = 1.00$ (EC5 Eq.6.34)

$\sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.440 + 0.000 = 0.44 < 1$ (EC5 Eq.6.33)

$K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.308 + 0.000 = 0.31 < 1$ (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

1.7. Progettazione della capriata**Caratteristiche geometriche della capriata**

Lunghezza $L=5.600$ m, altezza $H=2.200$ m, interasse capriate $d=5.000$ m

Inclinazione $=78.57\%$, angolo $\alpha=38.16^\circ$, $\tan\alpha=0.786$, $\sin\alpha=0.618$, $\cos\alpha=0.786$

Numero dei nodi = 5, numero degli elementi =5, numero degli appoggi =2

Coordinate dei nodi**Caratteristiche degli elementi della capriata**

Nodo	x[m]	y[m]	Sup.	Elemento	K1	K2	b x h [mm]	L [m]	A [mm ²]	I _y [mm ⁴]	W _y [mm ³]
1	0.000	0.000	11	1	1	4	75x225	1.659	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
2	2.800	2.200		2	4	2	75x225	1.902	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
3	5.600	0.000	11	3	5	3	75x225	1.659	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
4	1.305	1.025		4	2	5	75x225	1.902	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
5	4.295	1.025		5	4	5	58x150	2.991	8.700E+003	1.631E+007	2.175E+005

Carico lineare per capriata

Massa volumica del legname $=350.00$ kg/m³, peso proprio della capriata $=0.502$ kN

Interasse delle capriate $d=5.00$ m, peso delle unioni delle capriate $=0.050$ kN

Carico lineare permanente (kN/m) sulle capriate

Manto di copertura +peso proprio $G_{k1}= 3.099$ kN/m

Controsoffitto del tetto $G_{k2}= 0.500$ kN/m

Carichi lineari variabili di breve durata (kN/m) sulla capriata

Sovraccario $Q_{ki}= 0.50 \times 5.000 = 2.500$ kN/m

Neve (Sinistra) $Q_{k1l}= 4.369$ kN/m (Destra) $Q_{k1r}= 4.369$ kN/m

Neve (Sinistra) $Q_{k2l}= 2.184$ kN/m (Destra) $Q_{k2r}= 4.369$ kN/m

Neve (Sinistra) $Q_{k3l}= 4.369$ kN/m (Destra) $Q_{k3r}= 2.184$ kN/m

Vento (Sinistra) $Q_{k4l}= 0.546$ kN/m (Destra) $Q_{k4r}= -1.508$ kN/m

Vento (Sinistra) $Q_{k5l}= -1.508$ kN/m (Destra) $Q_{k5r}= 0.546$ kN/m

Azioni sismiche dovute alle azioni accidentali (kN/m), sulle capriate

AeX Sismica $q_h=0.053 \times (G+0.20 \times Q_{k1})$

AeY Sismica $q_v=0.006 \times (G+0.20 \times Q_{k1})$

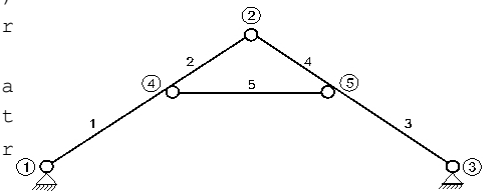
Combinazioni di carico di progetto

($\gamma_g=1.30$, $\gamma_q=1.50$, $\psi_0(\text{di esercizio } Q_f)=0.70$, $\psi_0(\text{neve } Q_1, Q_2, Q_3)=0.70$, $\psi_0(\text{vento } Q_4, Q_5)=0.60$)

L.C.	Azioni permanenti-Variabili	Classe di durata
1	$\gamma_g.G_k$	Permanente
2	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k1}$	Breve
3	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k2}$	Breve
4	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k3}$	Breve
5	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k4}$	Breve
6	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k5}$	Breve
7	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}$	Breve
8	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k1}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$	Breve
9	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k1}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$	Breve
10	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k2}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$	Breve
11	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k2}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$	Breve
12	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k3}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$	Breve
13	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k3}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$	Breve
14	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k4}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k1}$	Breve
15	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k4}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k2}$	Breve
16	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k4}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k3}$	Breve
17	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k5}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k1}$	Breve
18	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k5}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k2}$	Breve
19	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k5}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k3}$	Breve
20	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k1}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$	Breve
21	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k1}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$	Breve
22	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k2}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$	Breve
23	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k2}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$	Breve
24	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k3}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$	Breve
25	$\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k3}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$	Breve
26	$G_k + \psi_2.Q_{k1} + A_{ex}$	Accidental
27	$G_k + \psi_2.Q_{k1} + A_{ey}$	Accidental

1.8. Analisi statica della capriata

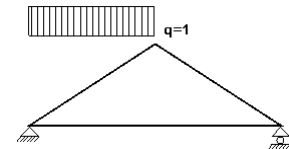
Progettazione di unioni con rigidezza ridotta (fattore 0.20)
 La capriata è progettata come struttura reticolare con una r di rigidezza delle unioni secondo il fattore sopraindicato.
 e la catena sono considerati come aste continue. La capriata viene calcolata dapprima per varie condizioni di carico unitario e sulla base di questi sono calcolati gli sforzi interni per le varie condizioni di carico e combinazioni di carichi.
 Numero dei nodi = 5, numero degli elementi = 5, numero degli



1.8.1. Analisi statica per carichi unitari

Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m puntone sinistro verso il basso)

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]
1	1	4	-2.45	0.75	0.00	-1.65	-0.28	0.39
2	4	2	-0.80	0.39	0.39	0.12	-0.79	0.01
3	5	3	-1.58	0.36	-0.59	-1.58	0.36	0.00
4	2	5	-0.74	-0.31	-0.01	-0.74	-0.31	-0.59
5	4	5	-1.08	0.00	0.00	-1.08	0.00	0.00



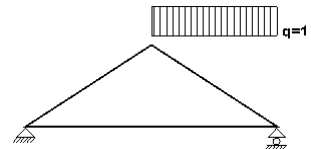
Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m puntone sinistro verso il basso)

elem.	nodo-1	nodo-2	F1x[kN]	F1y[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	1.46	2.10	0.00	-1.46	-0.80	-0.39
2	4	2	0.39	0.80	0.39	-0.39	0.70	-0.01
3	5	3	1.46	-0.70	-0.59	-1.46	0.70	0.00
4	2	5	0.39	-0.70	-0.01	-0.39	0.70	0.59
5	4	5	1.08	0.00	0.00	-1.08	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m puntone destro verso il basso)

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]
1	1	4	-1.58	-0.36	0.00	-1.58	-0.36	-0.59
2	4	2	-0.74	0.31	-0.59	-0.74	0.31	-0.01
3	5	3	-1.65	0.28	0.39	-2.45	-0.75	0.00
4	2	5	0.12	0.79	0.01	-0.80	-0.39	0.39
5	4	5	-1.08	0.00	0.00	-1.08	0.00	0.00



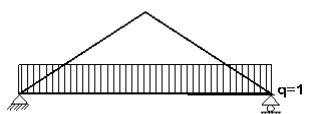
Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m puntone destro verso il basso)

elem.	nodo-1	nodo-2	F1x[kN]	F1y[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	1.46	0.70	0.00	-1.46	-0.70	0.59
2	4	2	0.39	0.70	-0.59	-0.39	-0.70	0.01
3	5	3	1.46	-0.80	0.39	-1.46	2.10	0.00
4	2	5	0.39	0.70	0.01	-0.39	0.80	-0.39
5	4	5	1.08	0.00	0.00	-1.08	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m catena verso il basso)

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]
1	1	4	-2.40	0.02	0.00	-2.40	0.02	0.03
2	4	2	-0.04	-0.03	0.06	-0.04	-0.03	0.00
3	5	3	-2.40	-0.02	0.03	-2.40	-0.02	0.00
4	2	5	-0.04	0.03	0.00	-0.04	0.03	0.06
5	4	5	-1.82	1.50	0.02	-1.82	-1.50	0.02



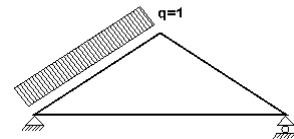
Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m catena verso il basso)

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	1.87	1.50	0.00	-1.87	-1.50	-0.03
2	4	2	0.05	0.00	0.06	-0.05	0.00	0.00
3	5	3	1.87	-1.50	0.03	-1.87	1.50	0.00
4	2	5	0.05	0.00	0.00	-0.05	0.00	-0.06
5	4	5	1.82	1.50	0.02	-1.82	1.50	-0.02

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone sinistro)

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]
1	1	4	-1.17	1.21	0.00	-1.17	-0.45	0.63
2	4	2	0.20	0.63	0.63	0.20	-1.27	0.02
3	5	3	-2.56	0.58	-0.96	-2.56	0.58	0.00
4	2	5	-1.19	-0.50	-0.01	-1.19	-0.50	-0.96
5	4	5	-1.75	0.00	0.00	-1.75	0.00	0.00

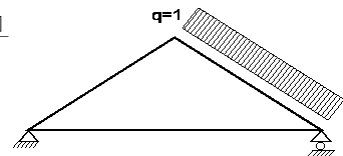
**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone sinistro)**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	0.17	1.67	0.00	-1.20	-0.37	-0.63
2	4	2	-0.55	0.37	0.63	-0.63	1.13	-0.02
3	5	3	2.37	-1.13	-0.96	-2.37	1.13	0.00
4	2	5	0.63	-1.13	-0.01	-0.63	1.13	0.96
5	4	5	1.75	0.00	0.00	-1.75	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone destro)

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]
1	1	4	-2.56	-0.58	0.00	-2.56	-0.58	-0.96
2	4	2	-1.19	0.50	-0.96	-1.19	0.50	-0.01
3	5	3	-1.17	0.45	0.63	-1.17	-1.21	0.00
4	2	5	0.20	1.27	0.02	0.20	-0.63	0.63
5	4	5	-1.75	0.00	0.00	-1.75	0.00	0.00

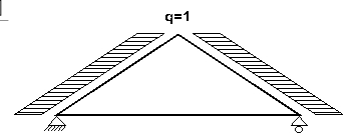
**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone destro)**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	2.37	1.13	0.00	-2.37	-1.13	0.96
2	4	2	0.63	1.13	-0.96	-0.63	-1.13	0.01
3	5	3	1.20	-0.37	0.63	-0.17	1.67	0.00
4	2	5	0.63	1.13	0.02	0.55	0.37	-0.63
5	4	5	1.75	0.00	0.00	-1.75	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m seismic load)

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]
1	1	4	3.66	1.11	0.00	2.36	0.08	0.98
2	4	2	2.36	0.08	0.98	0.86	-1.09	0.02
3	5	3	-2.36	0.08	-0.98	-3.66	1.11	0.00
4	2	5	-0.86	-1.09	-0.02	-2.36	0.08	-0.98
5	4	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m seismic load)

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	-3.56	-1.39	0.00	1.90	1.39	-0.98
2	4	2	-1.90	-1.39	0.98	0.00	1.39	-0.02
3	5	3	1.90	-1.39	-0.98	-3.56	1.39	0.00
4	2	5	0.00	-1.39	-0.02	-1.90	1.39	0.98
5	4	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

1.8.2. Forze interne**Forze interne, Carico, : (Gk) Proprio Gk1 = 3.099, Gk2 = 0.500 [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	4	-17.09	1.55	0.00	-13.92	-2.49	-0.78	-15.87	0.00	0.50
2	4	2	-6.07	2.73	-0.76	-2.43	-1.91	0.02	-3.92	0.00	0.76
3	5	3	-13.92	2.49	-0.78	-17.09	-1.55	0.00	-15.87	0.00	0.50
4	2	5	-2.43	1.91	0.02	-6.07	-2.73	-0.76	-3.92	0.00	0.76
5	4	5	-9.40	0.75	0.01	-9.40	-0.75	0.01	-9.40	0.00	0.57

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

Forze interne, Carico, : (Qk1) Neve QksL= 4.369, QksR= 4.369 [kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	4	-17.62	1.71	0.00	-14.10	-2.77	-0.88	-16.27	-0.01	0.54
2	4	2	-6.70	3.04	-0.88	-2.67	-2.10	0.02	-4.33	0.02	0.83
3	5	3	-14.10	2.77	-0.88	-17.62	-1.71	0.00	-16.27	0.01	0.54
4	2	5	-2.67	2.10	0.02	-6.70	-3.04	-0.88	-4.33	-0.02	0.83
5	4	5	-9.40	0.00	0.00	-9.40	0.00	0.00	-9.40	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

Forze interne, Carico, : (Qk2) Neve QksL= 2.184, QksR= 4.369 [kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	4	-12.27	0.07	0.00	-10.51	-2.17	-1.73	-11.59	-0.79	-0.23
2	4	2	-4.96	2.19	-1.73	-2.94	-0.38	-0.01	-3.77	0.68	-0.13
3	5	3	-10.64	1.99	0.42	-14.17	-2.49	0.00	-12.81	-0.77	1.04
4	2	5	-1.06	2.77	0.04	-5.10	-2.37	0.42	-2.72	0.66	1.38
5	4	5	-7.05	0.00	0.00	-7.05	0.00	0.00	-7.05	0.00	0.00

Forze interne, Carico, : (Qk3) Neve QksL= 4.369, QksR= 2.184 [kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	4	-14.17	2.49	0.00	-10.64	-1.99	0.42	-12.81	0.77	1.04
2	4	2	-5.10	2.37	0.42	-1.06	-2.77	0.04	-2.72	-0.66	1.38
3	5	3	-10.51	2.17	-1.73	-12.27	-0.07	0.00	-11.59	0.79	-0.23
4	2	5	-2.94	0.38	-0.01	-4.96	-2.19	-1.73	-3.77	-0.68	-0.13
5	4	5	-7.05	0.00	0.00	-7.05	0.00	0.00	-7.05	0.00	0.00

Forze interne, Carico, : (Qk4) Vento QkwL= 0.546, QkwR=-1.508 [kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	4	3.22	1.53	0.00	3.22	0.63	1.80	3.22	1.19	0.87
2	4	2	1.90	-0.41	1.80	1.90	-1.45	0.03	1.90	-1.02	1.00
3	5	3	0.37	-0.36	-1.48	0.37	2.14	0.00	0.37	1.18	-1.06
4	2	5	-0.96	-2.19	-0.04	-0.96	0.68	-1.48	-0.96	-1.01	-1.29
5	4	5	1.68	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

Forze interne, Carico, : (Qk5) Vento QkwL=-1.508, QkwR= 0.546 [kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	4	0.37	-2.14	0.00	0.37	0.36	-1.48	0.37	-1.18	-1.06
2	4	2	-0.96	-0.68	-1.48	-0.96	2.19	-0.04	-0.96	1.01	-1.29
3	5	3	3.22	-0.63	1.80	3.22	-1.53	0.00	3.22	-1.19	0.87
4	2	5	1.90	1.45	0.03	1.90	0.41	1.80	1.90	1.02	1.00
5	4	5	1.68	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00

Forze interne, Carico, : (Qki) Sovraccario (H) Qi = 2.500 [kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	4	-10.08	0.98	0.00	-8.07	-1.59	-0.50	-9.31	-0.01	0.31
2	4	2	-3.84	1.74	-0.50	-1.53	-1.20	0.01	-2.48	0.01	0.48
3	5	3	-8.07	1.59	-0.50	-10.08	-0.98	0.00	-9.31	0.01	0.31
4	2	5	-1.53	1.20	0.01	-3.84	-1.74	-0.50	-2.48	-0.01	0.48
5	4	5	-5.38	0.00	0.00	-5.38	0.00	0.00	-5.38	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

Forze interne, Carico, : (Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1) [kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	4	0.93	0.28	0.00	0.60	0.02	0.25	0.81	0.18	0.15
2	4	2	0.60	0.02	0.25	0.22	-0.28	0.01	0.38	-0.16	0.18
3	5	3	-0.60	0.02	-0.25	-0.93	0.28	0.00	-0.81	0.18	-0.15
4	2	5	-0.22	-0.28	-0.01	-0.60	0.02	-0.25	-0.38	-0.16	-0.18
5	4	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

Forze interne, Carico, : (Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1) [kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	4	-0.13	0.01	0.00	-0.11	-0.02	-0.01	-0.12	0.00	0.00
2	4	2	-0.05	0.02	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	-0.03	0.00	0.01
3	5	3	-0.11	0.02	-0.01	-0.13	-0.01	0.00	-0.12	0.00	0.00
4	2	5	-0.02	0.01	0.00	-0.05	-0.02	-0.01	-0.03	0.00	0.01
5	4	5	-0.07	0.00	0.00	-0.07	0.00	0.00	-0.07	0.00	0.00

1.8.3. Sforzi all'estremità dell'elemento**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Gk) Proprio Gk1 = 3.099, Gk2 = 0.500[kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	12.48	11.78	0.00	-12.48	-6.64	0.78
2	4	2	3.08	5.89	-0.76	-3.08	0.00	-0.02
3	5	3	12.48	-6.64	-0.78	-12.48	11.78	0.00
4	2	5	3.09	0.00	0.02	-3.09	5.89	0.76
5	4	5	9.40	0.75	0.01	-9.40	0.75	-0.01

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk1) Neve QksL= 4.369, QksR= 4.369[kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	12.80	12.23	0.00	-12.80	-6.53	0.88
2	4	2	3.39	6.53	-0.88	-3.39	0.00	-0.02
3	5	3	12.80	-6.53	-0.88	-12.80	12.23	0.00
4	2	5	3.39	0.00	0.02	-3.39	6.53	0.88
5	4	5	9.40	0.00	0.00	-9.40	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk2) Neve QksL= 2.184, QksR= 4.369[kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	9.60	7.64	0.00	-9.60	-4.79	1.73
2	4	2	2.55	4.79	-1.73	-2.55	-1.52	0.01
3	5	3	9.60	-5.01	0.42	-9.60	10.71	0.00
4	2	5	2.55	1.52	0.04	-2.55	5.01	-0.42
5	4	5	7.05	0.00	0.00	-7.05	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk3) Neve QksL= 4.369, QksR= 2.184[kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	9.60	10.71	0.00	-9.60	-5.01	-0.42
2	4	2	2.55	5.01	0.42	-2.55	1.52	-0.04
3	5	3	9.60	-4.79	-1.73	-9.60	7.64	0.00
4	2	5	2.55	-1.52	-0.01	-2.55	4.79	1.73
5	4	5	7.05	0.00	0.00	-7.05	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk4) Vento QkwL= 0.546, QkwR=-1.508[kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	-3.48	-0.78	0.00	2.92	1.50	-1.80
2	4	2	-1.24	-1.50	1.80	0.60	2.31	-0.03
3	5	3	-0.51	-0.06	-1.48	-1.03	-1.91	0.00
4	2	5	-0.60	-2.31	-0.04	-1.17	0.06	1.48
5	4	5	-1.68	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk5) Vento QkwL=-1.508, QkwR= 0.546[kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	1.03	-1.91	0.00	0.51	-0.06	1.48
2	4	2	1.17	0.06	-1.48	0.60	-2.31	0.04
3	5	3	-2.92	1.50	1.80	3.48	-0.79	0.00
4	2	5	-0.60	2.31	0.03	1.24	-1.50	-1.80
5	4	5	-1.68	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qki) Sovraccario (H) Qi = 2.500[kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	7.32	7.00	0.00	-7.32	-3.74	0.50
2	4	2	1.94	3.74	-0.50	-1.94	0.00	-0.01
3	5	3	7.32	-3.74	-0.50	-7.32	7.00	0.00
4	2	5	1.94	0.00	0.01	-1.94	3.74	0.50
5	4	5	5.38	0.00	0.00	-5.38	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1) [kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	-0.91	-0.36	0.00	0.49	0.36	-0.25
2	4	2	-0.49	-0.36	0.25	0.00	0.36	-0.01
3	5	3	0.49	-0.36	-0.25	-0.91	0.36	0.00
4	2	5	0.00	-0.36	-0.01	-0.49	0.36	0.25
5	4	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1) [kN/m]

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	0.10	0.09	0.00	-0.10	-0.05	0.01
2	4	2	0.02	0.05	-0.01	-0.02	0.00	0.00
3	5	3	0.10	-0.05	-0.01	-0.10	0.09	0.00
4	2	5	0.02	0.00	0.00	-0.02	0.05	0.01
5	4	5	0.07	0.00	0.00	-0.07	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

1.8.4. spostamenti verticali dei nodi (in mm)

nodo	Gk	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5	Qki
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.30	-0.31	-0.23	-0.23	0.03	0.03	-0.66
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	-0.41	-0.42	1.17	-1.80	-2.19	2.31	1.10
5	-0.41	-0.42	-1.80	1.17	2.31	-2.19	-2.92

1.8.5. Reazioni agli appoggi (kN)

nodo	reaz.	Gk	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5	Qki
1	Fx	12.48	12.80	9.60	9.60	-3.48	1.03	7.32
1	Fy	11.78	12.23	7.64	10.71	-0.78	-1.91	7.00
3	Fx	-12.48	-12.80	-9.60	-9.60	-1.03	3.48	-7.32
3	Fy	11.78	12.23	10.71	7.64	-1.91	-0.79	7.00

1.9. Reazioni agli appoggi combinazione di carichi (kN)

Carico [kN/m]	Azione	γ_g	γ_q	ψ_0	
(Gk) Proprio $G_{k1} = 3.099$, $G_{k2} = 0.500$	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve $Q_{ksL} = 4.369$, $Q_{ksR} = 4.369$	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Neve $Q_{ksL} = 2.184$, $Q_{ksR} = 4.369$	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk3) Neve $Q_{ksL} = 4.369$, $Q_{ksR} = 2.184$	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk4) Vento $Q_{kwL} = 0.546$, $Q_{kwR} = -1.508$	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qk5) Vento $Q_{kwL} = -1.508$, $Q_{kwR} = 0.546$	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) $Q_i = 2.500$	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica $q_h = 0.053 \times (G + 0.20 \times Q_{k1})$	Accidental				
(Aey) AeY Sismica $q_v = 0.006 \times (G + 0.20 \times Q_{k1})$	Accidental				

1.9.1. Reazioni nel nodo : 1 (kN)

L.C.	Combinazione di carichi	classe di	durata	kmod	Fx	Fy	Fx/Kmod	Fy/Kmod
1	$\gamma_g \cdot G_k$	Permanente	0.60	16.224	15.316	27.041	25.527	
2	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1}$	Breve	0.90	35.422	33.664	39.357	37.404	
3	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	30.622	26.771	34.025	29.746	
4	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k3}$	Breve	0.90	30.622	31.382	34.025	34.869	
5	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k4}$	Breve	0.90	11.000	14.138	12.222	15.709	
6	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k5}$	Breve	0.90	17.776	12.451	19.752	13.835	
7	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki}$	Breve	0.90	27.210	25.816	30.234	28.684	
8	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$	Breve	0.90	32.287	32.957	35.874	36.619	
9	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$	Breve	0.90	36.353	31.945	40.392	35.494	
10	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$	Breve	0.90	27.488	26.065	30.542	28.961	
11	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$	Breve	0.90	31.554	25.052	35.060	27.836	
12	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k3} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$	Breve	0.90	27.487	30.676	30.542	34.084	
13	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k3} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$	Breve	0.90	31.554	29.664	35.059	32.960	
14	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k4} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1}$	Breve	0.90	24.438	26.982	27.153	29.980	
15	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k4} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	21.078	22.157	23.420	24.619	
16	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k4} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k3}$	Breve	0.90	21.078	25.385	23.420	28.206	
17	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k5} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1}$	Breve	0.90	31.215	25.295	34.683	28.105	
18	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k5} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	27.855	20.470	30.950	22.744	
19	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k5} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k3}$	Breve	0.90	27.855	23.698	30.950	26.331	
20	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$	Breve	0.90	37.514	37.953	41.682	42.170	
21	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$	Breve	0.90	41.580	36.941	46.200	41.045	
22	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$	Breve	0.90	34.154	33.128	37.949	36.809	
23	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$	Breve	0.90	38.220	32.116	42.467	35.684	
24	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k3} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$	Breve	0.90	34.154	36.356	37.949	40.395	
25	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k3} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$	Breve	0.90	38.220	35.344	42.467	39.271	
26	$G_k + 0.2 \times Q_{k1} + A_{edX}$	Accidental	1.00	15.902	14.583	15.902	14.583	
27	$G_k + 0.2 \times Q_{k1} + A_{edY}$	Accidental	1.00	15.136	14.319	15.136	14.319	
	Valori massimi				41.580	37.953	46.200	42.170
28	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k4} = 0.9 G_k + 1.5 Q_{k4}$, (EQU)	Breve	0.90	6.007	9.426	6.675	10.473	
29	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k5} = 0.9 G_k + 1.5 Q_{k5}$, (EQU)	Breve	0.90	12.784	7.739	14.205	8.599	

1.9.2. Reazioni nel nodo : 3 (kN)

L.C.	Combinazione di carichi	classe di	durata	kmod	Fx	Fy	Fx/Kmod	Fy/Kmod
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-16.225	15.316	-27.041	25.527	
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-35.422	33.664	-39.358	37.405	
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-30.623	31.383	-34.025	34.870	
4	yg.Gk+yq.Qk3	Breve	0.90	-30.623	26.771	-34.025	29.746	
5	yg.Gk+yq.Qk4	Breve	0.90	-17.777	12.451	-19.752	13.835	
6	yg.Gk+yq.Qk5	Breve	0.90	-11.000	14.139	-12.222	15.710	
7	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-27.211	25.816	-30.234	28.685	
8	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk4	Breve	0.90	-36.353	31.945	-40.393	35.495	
9	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk5	Breve	0.90	-32.287	32.958	-35.875	36.620	
10	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk4	Breve	0.90	-31.554	29.664	-35.060	32.960	
11	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk5	Breve	0.90	-27.488	30.676	-30.542	34.085	
12	yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk4	Breve	0.90	-31.554	25.053	-35.060	27.836	
13	yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk5	Breve	0.90	-27.488	26.065	-30.542	28.961	
14	yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-31.215	25.295	-34.683	28.106	
15	yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-27.855	23.698	-30.950	26.331	
16	yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk3	Breve	0.90	-27.855	20.470	-30.951	22.745	
17	yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-24.438	26.982	-27.153	29.980	
18	yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-21.078	25.385	-23.420	28.206	
19	yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk3	Breve	0.90	-21.078	22.157	-23.421	24.619	
20	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4	Breve	0.90	-41.580	36.941	-46.200	41.046	
21	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk5	Breve	0.90	-37.514	37.953	-41.682	42.170	
22	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk4	Breve	0.90	-38.221	35.344	-42.468	39.271	
23	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk5	Breve	0.90	-34.155	36.356	-37.950	40.396	
24	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk4	Breve	0.90	-38.221	32.116	-42.468	35.685	
25	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk5	Breve	0.90	-34.155	33.128	-37.950	36.809	
26	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-14.109	14.583	-14.109	14.583	
27	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-14.944	14.319	-14.944	14.319	
	Valori massimi				41.580	37.953	46.200	42.170
28	yg.Gk+yq.Qk4=0.9Gk+1.5Qk4, (EQU)	Breve	0.90	-12.785	7.739	-14.205	8.599	
29	yg.Gk+yq.Qk5=0.9Gk+1.5Qk5, (EQU)	Breve	0.90	-6.008	9.426	-6.675	10.473	

1.10. Stato limite di servizio**1.10.1. Stato limite di servizio** (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)**Deformazione a flessione nel nodo 4** (EC5 §7.2)

Carico [kN/m]		u[mm]	Azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Kdef		
(Gk) Proprio	Gk1 = 3.099, Gk2 = 0.500	-0.415	Permanente	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	
(Qk1) Neve	QksL= 4.369, QksR= 4.369	-0.420	Breve	0.70	0.50	0.20	0.20	0.60	
(Qk2) Neve	QksL= 2.184, QksR= 4.369	1.169	Breve	0.70	0.50	0.20	0.20	0.60	
(Qk3) Neve	QksL= 4.369, QksR= 2.184	-1.799	Breve	0.70	0.50	0.20	0.20	0.60	
(Qk4) Vento	QkwL= 0.546, QkwR=-1.508	-2.192	Breve	0.60	0.20	0.00	0.00	0.60	
(Qk5) Vento	QkwL=-1.508, QkwR= 0.546	2.312	Breve	0.60	0.20	0.00	0.00	0.60	

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	0.415	0.664
2 Gk + Qk1	0.835	1.134
3 Gk + Qk2	0.415	0.664
4 Gk + Qk3	2.214	2.679
5 Gk + Qk4	2.607	2.856
6 Gk + Qk5	0.415	0.664
7 Gk + Qk1 + ψ_0 .Qk4	2.150	2.450
8 Gk + Qk1 + ψ_0 .Qk5	0.835	1.134
9 Gk + Qk2 + ψ_0 .Qk4	1.730	1.979
10 Gk + Qk2 + ψ_0 .Qk5	0.415	0.664
11 Gk + Qk3 + ψ_0 .Qk4	3.529	3.994
12 Gk + Qk3 + ψ_0 .Qk5	2.214	2.679
13 Gk + Qk4 + ψ_0 .Qk1	2.901	3.200
14 Gk + Qk4 + ψ_0 .Qk2	2.607	2.856
15 Gk + Qk4 + ψ_0 .Qk3	3.866	4.331
16 Gk + Qk5 + ψ_0 .Qk1	0.709	1.008
17 Gk + Qk5 + ψ_0 .Qk2	0.415	0.664
18 Gk + Qk5 + ψ_0 .Qk3	1.674	2.139

$w_{fin,g}=w_{inst,g}(1+k_{def})$, $w_{fin,q}=w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

Massimi valori della freccia nel nodo 4

$w_{inst} = 3.866$ mm, $w_{fin} = 4.331$ mm

Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2Deformazioni finali nel nodo 4

$w_{inst} = 3.866$ mm < $L/300=5600/300= 18.667$ mm

$w_{net,fin} = 4.331$ mm < $L/250=5600/250= 22.400$ mm

$w_{fin} = 4.331$ mm < $L/150=5600/150= 37.333$ mm

La verifica è soddisfatta

1.10.2. Stato limite di servizio (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)**Deformazione a flessione a metà asta 2** (EC5 §7.2)

Carico [kN/m]		u[mm]	Azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Kdef	
(Gk) Proprio	Gk1 = 3.099, Gk2 = 0.500		0.221	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve	QksL= 4.369, QksR= 4.369		0.311	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60
(Qk2) Neve	QksL= 2.184, QksR= 4.369		0.155	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60
(Qk3) Neve	QksL= 4.369, QksR= 2.184		0.311	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60
(Qk4) Vento	QkwL= 0.546, QkwR=-1.508		0.049	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60
(Qk5) Vento	QkwL=-1.508, QkwR= 0.546		-0.136	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	0.221	0.353
2 Gk + Qk1	0.531	0.701
3 Gk + Qk2	0.376	0.527
4 Gk + Qk3	0.531	0.701
5 Gk + Qk4	0.270	0.402
6 Gk + Qk5	0.221	0.353
7 Gk + Qk1 + ψ_0 .Qk4	0.561	0.731
8 Gk + Qk1 + ψ_0 .Qk5	0.531	0.701
9 Gk + Qk2 + ψ_0 .Qk4	0.406	0.557
10 Gk + Qk2 + ψ_0 .Qk5	0.376	0.527
11 Gk + Qk3 + ψ_0 .Qk4	0.561	0.731
12 Gk + Qk3 + ψ_0 .Qk5	0.531	0.701
13 Gk + Qk4 + ψ_0 .Qk1	0.487	0.657
14 Gk + Qk4 + ψ_0 .Qk2	0.379	0.530
15 Gk + Qk4 + ψ_0 .Qk3	0.487	0.657
16 Gk + Qk5 + ψ_0 .Qk1	0.438	0.608
17 Gk + Qk5 + ψ_0 .Qk2	0.329	0.480
18 Gk + Qk5 + ψ_0 .Qk3	0.438	0.608

$w_{fin,g}=w_{inst,g}(1+k_{def})$, $w_{fin,q}=w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

Massimi valori della freccia a metà asta 2

$w_{inst} = 0.561$ mm, $w_{fin} = 0.731$ mm

Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2**Deformazioni finali a metà asta 2**

$w_{inst} = 0.561$ mm < $L/300=1902/300= 6.339$ mm

$w_{net,fin} = 0.731$ mm < $L/250=1902/250= 7.607$ mm

$w_{fin} = 0.731$ mm < $L/150=1902/150= 12.679$ mm

La verifica è soddisfatta

1.11. Frequenze strutturali naturali caratteristiche (peso proprio + carichi permanenti)

Dopo un'analisi dinamica vengono calcolate le frequenze naturali di base della struttura.
Per il calcolo delle frequenze naturali si considera una massa corrispondente

No.	Frequenza[Hz]	Periodo[sec]
1	7.76589	0.12877
2	25.99432	0.03847
3	27.19266	0.03677
4	33.87625	0.02952
5	44.07111	0.02269

1.12. Stato limite ultimo**1.12.1. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4**

Carico [kN/m]	Azione	γ_g	γ_q	ψ_0	
(Gk) Proprio Gk1 = 3.099, Gk2 = 0.500	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve QksL= 4.369, QksR= 4.369	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Neve QksL= 2.184, QksR= 4.369	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk3) Neve QksL= 4.369, QksR= 2.184	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk4) Vento QkwL= 0.546, QkwR= -1.508	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qk5) Vento QkwL=-1.508, QkwR= 0.546	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 2.500	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1)	Accidental				
(Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1)	Accidental				

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	$\gamma_g \cdot Gk$	Permanente	0.60	-37.034	0.000	5.910	1.681
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	-54.057	0.000	9.008	2.585
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	-48.298	0.000	7.888	4.012
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3$	Breve	0.90	-48.297	0.000	7.888	4.012
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4$	Breve	0.90	-24.689	0.000	5.164	2.761
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5$	Breve	0.90	-24.689	0.000	5.163	2.761
7	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	-41.496	0.000	6.840	1.959
8	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-54.057	0.000	9.008	3.485
9	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-54.057	0.000	9.008	3.485
10	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-48.298	0.000	7.888	3.395
11	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-45.132	0.000	8.813	4.391
12	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-45.133	0.000	8.813	4.391
13	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-48.297	0.000	7.888	3.395
14	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	-45.247	0.000	7.610	3.733
15	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	-41.215	0.000	6.704	2.707
16	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$	Breve	0.90	-39.000	0.000	8.393	4.367
17	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	-45.246	0.000	7.610	3.733
18	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	-38.999	0.000	8.393	4.366
19	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$	Breve	0.90	-41.215	0.000	6.704	2.707
20	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-62.053	0.000	10.387	3.863
21	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-62.053	0.000	10.387	3.863
22	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-58.022	0.000	9.604	3.501
23	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-55.805	0.000	9.429	4.497
24	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-55.806	0.000	9.429	4.497
25	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-58.021	0.000	9.604	3.501
26	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-14.368	0.000	2.238	0.802
27	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-13.832	0.000	2.238	0.639
Valori massimi				-62.053	0.000	10.387	4.497

1.12.2. Verifica della sezione Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4**Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 20****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-55.848 kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm²Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (Tab. 2.3)fc0k=21.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/ $\gamma_M=0.90 \times 21.00 / 1.50 = 12.60$ N/mm² (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-55.848 kN, $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 55.848 / 16875 = 3.31$ N/mm² < 12.60 N/mm² = fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 20**Taglio, Fv=9.348 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, bef=0.67x75=50 mm, h=225 mm, A= 11 250 mm²

Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

fvk=4.00 N/mm², fvd=Kmod·fvk/γM=0.90x4.00/1.50=2.40N/mm² (EC5 Eq.2.14)Fv=9.348 kN, fv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x9.348/11250=1.25N/mm² < 2.40N/mm²=fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 24**Flessione, Myd=4.047 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm², Wy=6.328E+005mm³, Wz=2.109E+005mm³

Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

fmyk=24.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm²fmzk=24.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm²

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x4.047/6.328E+005= 6.40 N/mm²omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/2.109E+005= 0.00 N/mm²

omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.444+0.000= 0.44 < 1 (EC5 Eq.6.11)

Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.311+0.000= 0.31 < 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 20**Flessione e compressione assiale combinate, Fc0d=-55.848kN, Myd=2.459kNm, Mzd=0.000kNm** (§6.2.4)Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm², Wy=6.328E+005mm³, Wz=2.109E+005mm³

Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

fc0k=21.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/γM=0.90x21.00/1.50=12.60N/mm²fmyk=24.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm²fmzk=24.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm²

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x55.848/16875= 3.31 N/mm²omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x2.459/6.328E+005= 3.89 N/mm²omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/2.109E+005= 0.00 N/mm²(σc0d/fc0d)²+omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.069+0.270+0.000= 0.34 < 1 (EC5 Eq.6.19)(σc0d/fc0d)²+Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.069+0.189+0.000= 0.26 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 24**Flessione e compressione assiale combinate, Fc0d=-49.317kN, Myd=4.047kNm, Mzd=0.000kNm** (§6.2.4)Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm², Wy=6.328E+005mm³, Wz=2.109E+005mm³

Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

fc0k=21.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/γM=0.90x21.00/1.50=12.60N/mm²fmyk=24.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm²fmzk=24.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm²

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x49.317/16875= 2.92 N/mm²omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x4.047/6.328E+005= 6.40 N/mm²omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/2.109E+005= 0.00 N/mm²(σc0d/fc0d)²+omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.054+0.444+0.000= 0.50 < 1 (EC5 Eq.6.19)(σc0d/fc0d)²+Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.054+0.311+0.000= 0.36 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 20**Stabilità a pressoflessione, $F_{c0d}=-55.848\text{kN}$, $M_{yd}=2.459\text{kNm}$, $M_{zd}=0.000\text{kNm}$** (EC5 §6.3.2)Sezione rettangolare, $b=75\text{mm}$, $h=225\text{mm}$, $A=1.688\text{E}+004\text{mm}^2$, $W_y=6.328\text{E}+005\text{mm}^3$, $W_z=2.109\text{E}+005\text{mm}^3$ Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$, coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$, $E_{005}=7400\text{N/mm}^2$ $f_{c0k}=21.00\text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.90\times 21.00/1.50=12.60\text{N/mm}^2$ $f_{myk}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=0.90\times 24.00/1.50=14.40\text{N/mm}^2$ $f_{mk}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=0.90\times 24.00/1.50=14.40\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000\times 55.848/16875= 3.31\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 2.459/6.328\text{E}+005= 3.89\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/2.109\text{E}+005= 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione S_k $S_{ky}=1.00\times 1.659=1.659\text{ m}=1659\text{ mm}$ (più sfavorevole) $S_{kz}=0.18\times 1.659=0.300\text{ m}=300\text{ mm}$ (lunghezza efficace/lunghezza totale=0.30/1.66=0.18)Snellezza $i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 225=65\text{ mm}$, $\lambda_y=1659/65=25.52$ $i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 75=22\text{ mm}$, $\lambda_z=300/22=13.64$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2=112.14\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,y}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,crity})}=0.43$ (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2=392.56\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,z}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,critz})}=0.23$ (EC5 Eq.6.22) $\beta_c=0.20$ (legno massiccio) $k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,y}-0.3)+\lambda_{rel,y}^2]=0.61$, $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel,y}^2)})=0.969$ (Eq.6.27 6.25) $k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,z}-0.3)+\lambda_{rel,z}^2]=0.50$, $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel,z}^2)})=1.000$ (Eq.6.28 6.26) $\sigma_{c0d}/(K_{cy}\cdot f_{c0d})+\sigma_{myd}/f_{myd}+K_m\cdot\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.271+0.270+0.000=0.54 < 1$ (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d}/(K_{cz}\cdot f_{c0d})+K_m\cdot\sigma_{myd}/f_{myd}+\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.263+0.189+0.000=0.45 < 1$ (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 24**Stabilità a pressoflessione, $F_{c0d}=-49.317\text{kN}$, $M_{yd}=4.047\text{kNm}$, $M_{zd}=0.000\text{kNm}$** (EC5 §6.3.2)Sezione rettangolare, $b=75\text{mm}$, $h=225\text{mm}$, $A=1.688\text{E}+004\text{mm}^2$, $W_y=6.328\text{E}+005\text{mm}^3$, $W_z=2.109\text{E}+005\text{mm}^3$ Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$, coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$, $E_{005}=7400\text{N/mm}^2$ $f_{c0k}=21.00\text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.90\times 21.00/1.50=12.60\text{N/mm}^2$ $f_{myk}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=0.90\times 24.00/1.50=14.40\text{N/mm}^2$ $f_{mk}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=0.90\times 24.00/1.50=14.40\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000\times 49.317/16875= 2.92\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 4.047/6.328\text{E}+005= 6.40\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/2.109\text{E}+005= 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione S_k $S_{ky}=1.00\times 1.659=1.659\text{ m}=1659\text{ mm}$ (più sfavorevole) $S_{kz}=0.18\times 1.659=0.300\text{ m}=300\text{ mm}$ (lunghezza efficace/lunghezza totale=0.30/1.66=0.18)Snellezza $i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 225=65\text{ mm}$, $\lambda_y=1659/65=25.52$ $i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 75=22\text{ mm}$, $\lambda_z=300/22=13.64$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2=112.14\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,y}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,crity})}=0.43$ (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2=392.56\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,z}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,critz})}=0.23$ (EC5 Eq.6.22)

$\beta_c = 0.20$ (legno massiccio)
 $k_y = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.61$, $K_{cy} = 1/(k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.969$ (Eq. 6.27 6.25)
 $k_z = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.50$, $K_{cz} = 1/(k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 1.000$ (Eq. 6.28 6.26)

$\sigma_{c0d}/(K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd}/f_{myd} + K_{mz} \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.239 + 0.444 + 0.000 = 0.68 < 1$ (EC5 Eq. 6.23)

$\sigma_{c0d}/(K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_{my} \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.232 + 0.311 + 0.000 = 0.54 < 1$ (EC5 Eq. 6.24)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 24

Stabilità laterale, Myd=4.047 kNm, Mzd=0.000 kNm (EC5 §6.3.3)

Sezione rettangolare, $b=75\text{mm}$, $h=225\text{mm}$, $A=1.688\text{E}+004\text{mm}^2$, $W_y=6.328\text{E}+005\text{mm}^3$, $W_z=2.109\text{E}+005\text{mm}^3$

Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$ (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008

$f_{c0k}=21.00\text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.90 \times 21.00/1.50=12.60\text{ N/mm}^2$

$f_{myk}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk}/\gamma_M=0.90 \times 24.00/1.50=14.40\text{ N/mm}^2$

$f_{mzk}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk}/\gamma_M=0.90 \times 24.00/1.50=14.40\text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my, netto} = 1\text{E}+06 \times 4.047/6.328\text{E}+005 = 6.40\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz, netto} = 1\text{E}+06 \times 0.000/2.109\text{E}+005 = 0.00\text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione S_k

$S_{ky} = 1.00 \times 1.659 = 1.659\text{ m} = 1659\text{ mm}$ (più sfavorevole)

$S_{kz} = 0.18 \times 1.659 = 0.300\text{ m} = 300\text{ mm}$ (lunghezza efficace/lunghezza totale = $0.30/1.66 = 0.18$)

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 225 = 65\text{ mm}$, $\lambda_y = 1659/65 = 25.52$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 75 = 22\text{ mm}$, $\lambda_z = 300/22 = 13.64$

$\sigma_{m, crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005}/(h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 75^2 \times 7400/(225 \times 1493) = 96.64\text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq. 6.32)

$\sigma_{m, crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005}/(h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 225^2 \times 7400/(75 \times 300) = 12987.00\text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq. 6.32)

Tensioni critiche

$\sigma_{m, crity} = 96.64\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel, my} = \sqrt{f_{myk}/\sigma_{m, crity}} = 0.50$ (EC5 Eq. 6.30)

$\sigma_{m, critz} = 12987.00\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel, mz} = \sqrt{f_{mzk}/\sigma_{m, critz}} = 0.04$ (EC5 Eq. 6.30)

$\lambda_{rel, my} = 0.50$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{crity} = 1.00$ (EC5 Eq. 6.34)

$\lambda_{rel, mz} = 0.04$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{critz} = 1.00$ (EC5 Eq. 6.34)

$\sigma_{myd}/(K_{crity} \cdot f_{myd}) + K_{mz} \cdot \sigma_{mzd}/(K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.444 + 0.000 = 0.44 < 1$ (EC5 Eq. 6.33)

$K_{my} \cdot \sigma_{myd}/(K_{crity} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd}/(K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.311 + 0.000 = 0.31 < 1$ (EC5 Eq. 6.33)

La verifica è soddisfatta

1.12.3. Stato limite ultimo (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Catena, elementi: 5**

Carico [kN/m]	Azione	γ_g	γ_q	ψ_0	
(Gk) Proprio Gk1 = 3.099, Gk2 = 0.500	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve QksL= 4.369, QksR= 4.369	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Neve QksL= 2.184, QksR= 4.369	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk3) Neve QksL= 4.369, QksR= 2.184	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk4) Vento QkwL= 0.546, QkwR=-1.508	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qk5) Vento QkwL=-1.508, QkwR= 0.546	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 2.500	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1)	Accidental				
(Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1)	Accidental				

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	$\gamma_g \cdot Gk$	Permanente	0.60	-20.357	0.000	1.620	1.234
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	-29.246	0.000	1.080	0.823
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	-25.327	0.000	1.080	0.823
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3$	Breve	0.90	-25.327	0.000	1.080	0.823
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4$	Breve	0.90	-13.571	0.000	1.080	0.823
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5$	Breve	0.90	-13.571	0.000	1.080	0.823
7	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	-22.541	0.000	1.080	0.823
8	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-29.246	0.000	1.080	0.823
9	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-29.246	0.000	1.080	0.823
10	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-25.327	0.000	1.080	0.823
11	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-25.327	0.000	1.080	0.823
12	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-25.327	0.000	1.080	0.823
13	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-25.327	0.000	1.080	0.823
14	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	-24.543	0.000	1.080	0.823
15	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	-21.800	0.000	1.080	0.823
16	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$	Breve	0.90	-21.800	0.000	1.080	0.823
17	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	-24.543	0.000	1.080	0.823
18	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	-21.800	0.000	1.080	0.823
19	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$	Breve	0.90	-21.800	0.000	1.080	0.823
20	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-33.513	0.000	1.080	0.823
21	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-33.513	0.000	1.080	0.823
22	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-30.770	0.000	1.080	0.823
23	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-30.770	0.000	1.080	0.823
24	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-30.770	0.000	1.080	0.823
25	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$	Breve	0.90	-30.770	0.000	1.080	0.823
26	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-7.518	0.000	0.499	0.380
27	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-7.566	0.000	0.502	0.382
	Valori massimi				-33.513	0.000	1.620 1.234

1.12.4. Verifica della sezione Catena, elementi: 5**Catena, elementi: 5 , combinazione di carico No 21****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-30.162 kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=58 mm, h=150 mm, A= 8 700 mm²Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (Tab. 2.3)fc0k=21.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/ $\gamma_M=0.90 \times 21.00 / 1.50 = 12.60$ N/mm² (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-30.162 kN, oc0d=Fc0d/Anetto=1000x30.162/8700=3.47 N/mm² < 12.60 N/mm²=fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

Catena, elementi: 5 , combinazione di carico No 1**Taglio, Fv=0.972 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, bef=0.67x58=39 mm, h=150 mm, A= 5 850 mm²

Coefficiente di correzione Kmod=0.60 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

fvk=4.00 N/mm², fvd=Kmod·fvk/γM=0.60x4.00/1.50=1.60N/mm² (EC5 Eq.2.14)Fv=0.972 kN, τv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.972/5850=0.25N/mm² < 1.60N/mm²=fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Catena, elementi: 5 , combinazione di carico No 1**Flessione, Myd=0.741 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=58mm, h=150mm, A=8.700E+003mm², Wy=2.175E+005mm³, Wz=8.410E+004mm³

Coefficiente di correzione Kmod=0.60 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

fmyk=24.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.60x24.00/1.50=9.60N/mm²fmzk=24.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.60x24.00/1.50=9.60N/mm²

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.741/2.175E+005= 3.41 N/mm²omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/8.410E+004= 0.00 N/mm²

omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.355+0.000= 0.35 < 1 (EC5 Eq.6.11)

Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.248+0.000= 0.25 < 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

Catena, elementi: 5 , combinazione di carico No 21**Flessione e compressione assiale combinate, Fc0d=-30.162kN, Myd=0.741kNm, Mzd=0.000kNm** (§6.2.4)Sezione rettangolare, b=58mm, h=150mm, A=8.700E+003mm², Wy=2.175E+005mm³, Wz=8.410E+004mm³

Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

fc0k=21.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/γM=0.90x21.00/1.50=12.60N/mm²fmyk=24.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm²fmzk=24.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm²

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x30.162/8700= 3.47 N/mm²omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.741/2.175E+005= 3.41 N/mm²omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/8.410E+004= 0.00 N/mm²(σc0d/fc0d)²+omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.076+0.236+0.000= 0.31 < 1 (EC5 Eq.6.19)(σc0d/fc0d)²+Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.076+0.166+0.000= 0.24 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

Catena, elementi: 5 , combinazione di carico No 1**Flessione e compressione assiale combinate, Fc0d=-12.214kN, Myd=0.741kNm, Mzd=0.000kNm** (§6.2.4)Sezione rettangolare, b=58mm, h=150mm, A=8.700E+003mm², Wy=2.175E+005mm³, Wz=8.410E+004mm³

Coefficiente di correzione Kmod=0.60 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

fc0k=21.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/γM=0.60x21.00/1.50=8.40N/mm²fmyk=24.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.60x24.00/1.50=9.60N/mm²fmzk=24.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.60x24.00/1.50=9.60N/mm²

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x12.214/8700= 1.40 N/mm²omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.741/2.175E+005= 3.41 N/mm²omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/8.410E+004= 0.00 N/mm²(σc0d/fc0d)²+omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.028+0.355+0.000= 0.38 < 1 (EC5 Eq.6.19)(σc0d/fc0d)²+Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.028+0.248+0.000= 0.28 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

Catena, elementi: 5 , combinazione di carico No 21**Stabilità a pressoflessione, $F_{c0d}=-30.162\text{kN}$, $M_{yd}=0.741\text{kNm}$, $M_{zd}=0.000\text{kNm}$** (EC5 §6.3.2)Sezione rettangolare, $b=58\text{mm}$, $h=150\text{mm}$, $A=8.700\text{E}+003\text{mm}^2$, $W_y=2.175\text{E}+005\text{mm}^3$, $W_z=8.410\text{E}+004\text{mm}^3$ Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$, coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$, $E_{005}=7400\text{N/mm}^2$ $f_{c0k}=21.00\text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.90\times 21.00/1.50=12.60\text{N/mm}^2$ $f_{myk}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=0.90\times 24.00/1.50=14.40\text{N/mm}^2$ $f_{mk}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=0.90\times 24.00/1.50=14.40\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000\times 30.162/8700= 3.47\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 0.741/2.175\text{E}+005= 3.41\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/8.410\text{E}+004= 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione S_k $S_{ky}= 1.00\times 2.991=2.991\text{ m}= 2991\text{ mm}$ (più sfavorevole) $S_{kz}= 0.10\times 2.991=0.300\text{ m}= 300\text{ mm}$ (lunghezza efficace/lunghezza totale= $0.30/2.99=0.10$)Snellezza $i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 150= 43\text{ mm}$, $\lambda_y= 2991/ 43= 69.56$ $i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 58= 17\text{ mm}$, $\lambda_z= 300/ 17= 17.65$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2= 15.09\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,y}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,crity})}= 1.18$ (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2= 234.45\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,z}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,critz})}= 0.30$ (EC5 Eq.6.22) $\beta_c=0.20$ (legno massiccio) $k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,y}-0.3)+\lambda_{rel,y}^2]= 1.28$, $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel,y}^2)})=0.559$ (Eq.6.27 6.25) $k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,z}-0.3)+\lambda_{rel,z}^2]= 0.50$, $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel,z}^2)})=1.000$ (Eq.6.28 6.26) $\sigma_{c0d}/(K_{cy}\cdot f_{c0d})+\sigma_{myd}/f_{myd}+K_m\cdot\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.492+0.236+0.000= 0.73 < 1$ (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d}/(K_{cz}\cdot f_{c0d})+K_m\cdot\sigma_{myd}/f_{myd}+\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.275+0.166+0.000= 0.44 < 1$ (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

Catena, elementi: 5 , combinazione di carico No 1**Stabilità a pressoflessione, $F_{c0d}=-12.214\text{kN}$, $M_{yd}=0.741\text{kNm}$, $M_{zd}=0.000\text{kNm}$** (EC5 §6.3.2)Sezione rettangolare, $b=58\text{mm}$, $h=150\text{mm}$, $A=8.700\text{E}+003\text{mm}^2$, $W_y=2.175\text{E}+005\text{mm}^3$, $W_z=8.410\text{E}+004\text{mm}^3$ Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.60$, coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$, $E_{005}=7400\text{N/mm}^2$ $f_{c0k}=21.00\text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.60\times 21.00/1.50=8.40\text{N/mm}^2$ $f_{myk}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=0.60\times 24.00/1.50=9.60\text{N/mm}^2$ $f_{mk}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=0.60\times 24.00/1.50=9.60\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000\times 12.214/8700= 1.40\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 0.741/2.175\text{E}+005= 3.41\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/8.410\text{E}+004= 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione S_k $S_{ky}= 1.00\times 2.991=2.991\text{ m}= 2991\text{ mm}$ (più sfavorevole) $S_{kz}= 0.10\times 2.991=0.300\text{ m}= 300\text{ mm}$ (lunghezza efficace/lunghezza totale= $0.30/2.99=0.10$)Snellezza $i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 150= 43\text{ mm}$, $\lambda_y= 2991/ 43= 69.56$ $i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 58= 17\text{ mm}$, $\lambda_z= 300/ 17= 17.65$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2= 15.09\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,y}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,crity})}= 1.18$ (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2= 234.45\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,z}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,critz})}= 0.30$ (EC5 Eq.6.22)

$\beta_c=0.20$ (legno massiccio)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,y}-0.3)+\lambda_{rel,y}^2]=1.28$, $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel,y}^2)})=0.559$ (Eq. 6.27 6.25)

$k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,z}-0.3)+\lambda_{rel,z}^2]=0.50$, $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel,z}^2)})=1.000$ (Eq. 6.28 6.26)

$\sigma_{c0d}/(K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd}/f_{myd} + K_{m,\sigma} \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.299 + 0.355 + 0.000 = 0.65 < 1$ (EC5 Eq. 6.23)

$\sigma_{c0d}/(K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_{m,\sigma} \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.167 + 0.248 + 0.000 = 0.42 < 1$ (EC5 Eq. 6.24)

La verifica è soddisfatta

1.13. Progetto delle unioni

1.13.1. Resistenza di giunzioni (UNI EN1995-1-1:2009, §8)

Bulloni del giunto e piastre del giunto

Diametro dei bulloni $d=4.0$ mm. Piastre del giunto $t=2.0$ mm.

Res. snervamento piastre in acciaio $f_y=240\text{N/mm}^2$. Superficie netta piastra $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Proprietà della sezione

Spessore del legname $d=58.0$ mm, spessore della piastra in acciaio $t=2.0$ mm

Proprietà dei bulloni (EC5 §8.5.1)

Diametro dei bulloni $d=4.0$ mm, diametro rondella ≥ 12.0 mm spessore ≥ 1.2 mm.

Distanza tra i bulloni (EC5 Table 8.4)

come maggiormente sfavorevole viene scelta $a_1=7d=7 \times 4.0=28$ mm, $a_2=4d=16$ mm

Momento caratteristico di snervamento (EC5 §8.5.1.1)

$M_{yk}=0.30 f_{yk} \cdot d^{2.6}=0.30 \times 400 \times 4.0^{2.6}=4411$ Nmm ($f_{yk}=400\text{N/mm}^2$) (EN1995-1-1 Eq.8.30)

Valori caratteristici della resistenza a rifollamento (EC5 §8.3.1.1)

$f_{hk}=0.082(1-0.01d) \rho_k=27.55\text{N/mm}^2$, ($\rho_k=350\text{kg/m}^3$, $d=4.0$ mm) (EN1995-1-1 Eq.8.32)

Azione permanente

Resistenza caratteristica a taglio dei bulloni -Unione a doppia sezione resistente (EC5 §8.2.3)

$t_2=58.0$ mm, Spessore della piastra in acciaio $t=2.0 \leq 0.5d=0.5 \times 4.0=2.0$ mm

R_d =il minore tra i valori (UNI EN1995-1-1:2009 Eq.8.12(j), 8.12(k))

$0.50 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d=3.196$ kN

$1.15 \sqrt{2 M_{yk} \cdot f_{hk} \cdot d}=1.134$ kN

Resistenza di progetto del bullone $R_d=2 K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M=2 \times 0.60 \times 1.134 / 1.50=0.907$ kN

Azione di lunga durata

Resistenza caratteristica a taglio dei bulloni -Unione a doppia sezione resistente (EC5 §8.2.3)

$t_2=58.0$ mm, Spessore della piastra in acciaio $t=2.0 \leq 0.5d=0.5 \times 4.0=2.0$ mm

R_d =il minore tra i valori (UNI EN1995-1-1:2009 Eq.8.12(j), 8.12(k))

$0.50 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d=3.196$ kN

$1.15 \sqrt{2 M_{yk} \cdot f_{hk} \cdot d}=1.134$ kN

Resistenza di progetto del bullone $R_d=2 K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M=2 \times 0.80 \times 1.134 / 1.50=1.209$ kN

Azione di breve durata

Resistenza caratteristica a taglio dei bulloni -Unione a doppia sezione resistente (EC5 §8.2.3)

$t_2=58.0$ mm, Spessore della piastra in acciaio $t=2.0 \leq 0.5d=0.5 \times 4.0=2.0$ mm

R_d =il minore tra i valori (UNI EN1995-1-1:2009 Eq.8.12(j), 8.12(k))

$0.50 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d=3.196$ kN

$1.15 \sqrt{2 M_{yk} \cdot f_{hk} \cdot d}=1.134$ kN

Resistenza di progetto del bullone $R_d=2 K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M=2 \times 0.90 \times 1.134 / 1.50=1.361$ kN

Azione Accidentale

Resistenza di progetto del bullone $R_d=2 K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M=2 \times 1.00 \times 1.134 / 1.00=2.268$ kN

Ipotesi per la progettazione di unioni con bulloni

La progettazione dell'unione è basata sull'analisi plastica. Gli sforzi sui bullone raggiungono tutti lo stesso valore limite. La resistenza della piastra metallica è basata sulla sezione resistente plastica. Lo sforzo resistente a compressione è ridotto a $0.50 \times F_d$

1.13.2. Stato limite ultimo

Progettazione di unione con bulloni al nodo : 2 (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)

Unione con due (2) piastre metalliche.

Verifica dell'unione tra gli elementi 2 e 4, al nodo 2

Caratteristiche della ferramenta:

Due (2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=100mmx120mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

7 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio $f_y=240\text{N/mm}^2$

Superficie netta piastra $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Fa= forza al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo $F_n=F_a/n+M_a/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

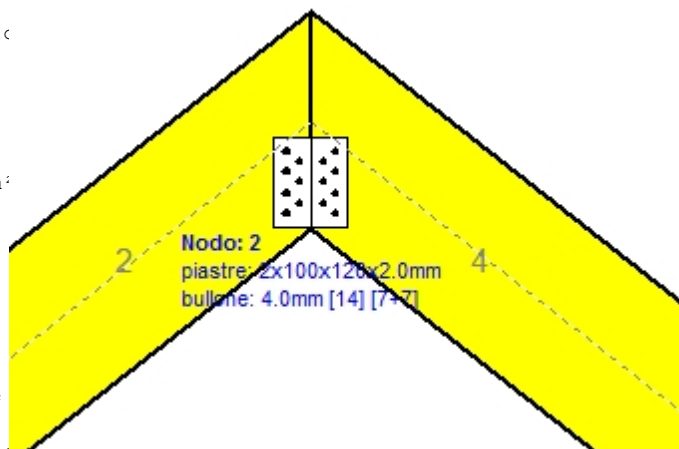
$A=n \cdot x \cdot a$: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

W_p : modulo di resistenza del collegamento

$n=7$, ($n_{ef}=1.00n$), $A=88\text{mm}^2$, $r=32\text{mm}$, $W_p=1931\text{mm}^3$

σ e σ_d tens. normale e di esercizio piastra N/mm^2



Sforzi nel nodo 2 ,dall'elemento 2, al centro della unione F(forza) M(momento)

Verifica resistenza della unione

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	F _n (kN)	R _d (kN)
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-4.010	-0.022	0.329 <	0.907
2	yg.Gk+yg.Qk1	Breve	0.90	-9.101	-0.051	0.747 <	1.361
3	yg.Gk+yg.Qk2	Breve	0.90	-8.154	0.027	0.648 <	1.361
4	yg.Gk+yg.Qk3	Breve	0.90	-8.154	-0.114	0.763 <	1.361
5	yg.Gk+yg.Qk4	Breve	0.90	-4.657	-0.125	0.599 <	1.361
6	yg.Gk+yg.Qk5	Breve	0.90	-4.010	-0.022	0.329 <	1.361
7	yg.Gk+yg.Qki	Breve	0.90	-6.923	-0.039	0.569 <	1.361
8	yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90	-8.808	-0.112	0.813 <	1.361
9	yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90	-9.101	-0.051	0.747 <	1.361
10	yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90	-7.289	-0.035	0.588 <	1.361
11	yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90	-8.154	0.027	0.648 <	1.361
12	yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90	-8.492	-0.176	0.838 <	1.361
13	yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90	-8.154	-0.114	0.763 <	1.361
14	yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk1	Breve	0.90	-7.518	-0.145	0.731 <	1.361
15	yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90	-6.075	-0.090	0.574 <	1.361
16	yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk3	Breve	0.90	-7.685	-0.189	0.899 <	1.361
17	yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk1	Breve	0.90	-7.574	-0.042	0.622 <	1.361
18	yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90	-6.871	0.012	0.519 <	1.361
19	yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk3	Breve	0.90	-6.871	-0.087	0.633 <	1.361
20	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90	-10.160	-0.120	0.927 <	1.361
21	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90	-10.487	-0.059	0.861 <	1.361
22	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90	-9.067	-0.066	0.769 <	1.361
23	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90	-9.728	-0.004	0.704 <	1.361
24	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90	-9.772	-0.165	0.938 <	1.361
25	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90	-9.728	-0.103	0.872 <	1.361
26	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-3.780	-0.032	0.328 <	2.268
27	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-3.788	-0.021	0.311 <	2.268

Verifica la resistenza della piastra di unione

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	σ	σ_d (N/mm ²)
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-4.010	-0.022	7 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-9.101	-0.051	15 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-8.154	0.027	13 <	196
4	yg.Gk+yq.Qk3	Breve	0.90	-8.154	-0.114	17 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk4	Breve	0.90	-4.657	-0.125	12 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk5	Breve	0.90	-4.010	-0.022	7 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-6.923	-0.039	11 <	196
8	yg.Gk+yq.Qk1+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-8.808	-0.112	17 <	196
9	yg.Gk+yq.Qk1+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-9.101	-0.051	15 <	196
10	yg.Gk+yq.Qk2+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-7.289	-0.035	12 <	196
11	yg.Gk+yq.Qk2+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-8.154	0.027	13 <	196
12	yg.Gk+yq.Qk3+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-8.492	-0.176	20 <	196
13	yg.Gk+yq.Qk3+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-8.154	-0.114	17 <	196
14	yg.Gk+yq.Qk4+yq. ψ_o .Qk1	Breve	0.90	-7.518	-0.145	17 <	196
15	yg.Gk+yq.Qk4+yq. ψ_o .Qk2	Breve	0.90	-6.075	-0.090	13 <	196
16	yg.Gk+yq.Qk4+yq. ψ_o .Qk3	Breve	0.90	-7.685	-0.189	19 <	196
17	yg.Gk+yq.Qk5+yq. ψ_o .Qk1	Breve	0.90	-7.574	-0.042	12 <	196
18	yg.Gk+yq.Qk5+yq. ψ_o .Qk2	Breve	0.90	-6.871	0.012	10 <	196
19	yg.Gk+yq.Qk5+yq. ψ_o .Qk3	Breve	0.90	-6.871	-0.087	14 <	196
20	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk1+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-10.160	-0.120	20 <	196
21	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk1+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-10.487	-0.059	17 <	196
22	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk2+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-9.067	-0.066	16 <	196
23	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk2+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-9.728	-0.004	14 <	196
24	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk3+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-9.772	-0.165	21 <	196
25	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk3+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-9.728	-0.103	18 <	196
26	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-3.780	-0.032	7 <	240
27	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-3.788	-0.021	6 <	240

1.13.3. Stato limite ultimo

Progettazione di unioni con bulloni nei nodi : 4, 5 (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)

Unione con due (2) piastre metalliche.

Verifica dell'unione dell'elemento 5, con gli elementi 1 e 2, al nodo 4

Caratteristiche della ferramenta:

Due (2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=220mmx80mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

12 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio $f_y=240\text{N/mm}^2$

Superficie netta piastra $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Fa= forza al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo $F_n=F_a/n+M_a/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

$A=n \cdot a$: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

W_p : modulo di resistenza del collegamento

$n=12$, ($n_{ef}=1.30n$), $A=151\text{mm}^2$, $r=42\text{mm}$, $W_p=4926\text{mm}^3$

σ e σ_d tens. normale e di esercizio piastra N/mm^2

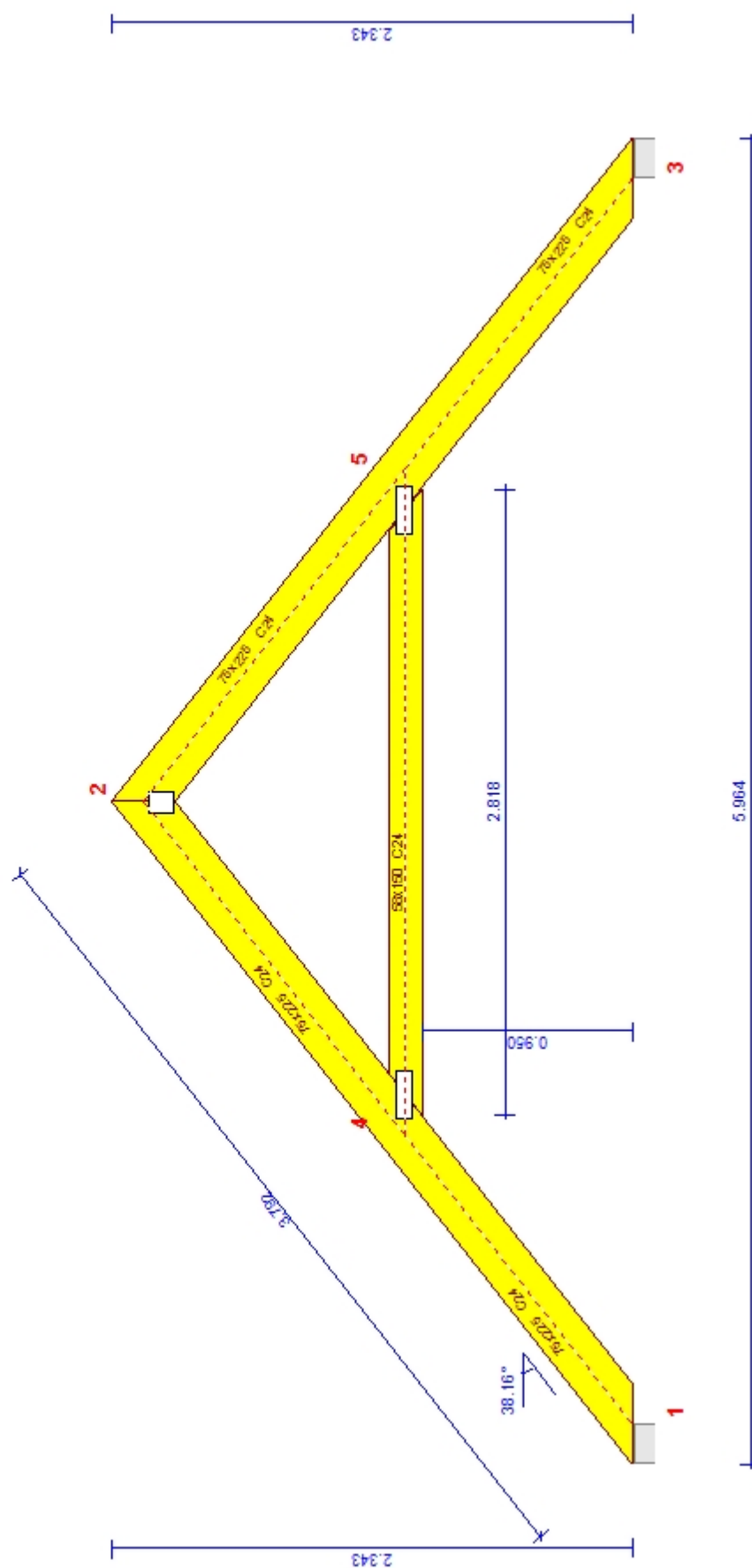
Sforzi nel nodo 4 ,dall'elemento 5, al centro della unioni F(forza) M(momento)**Verifica resistenza della unione**

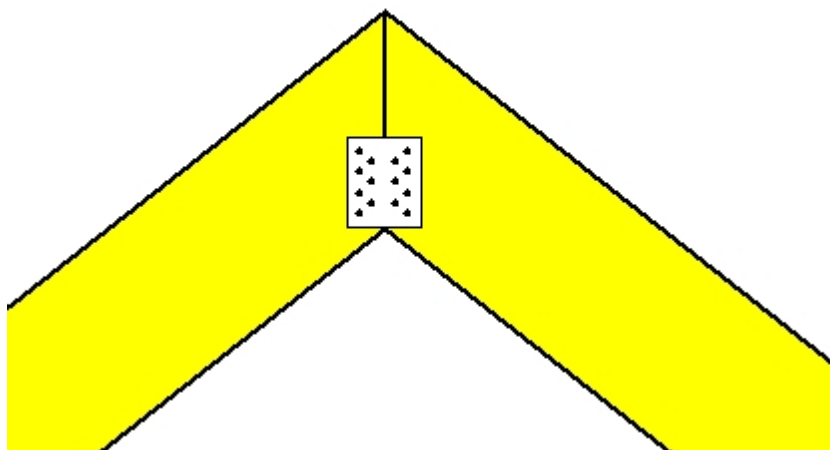
L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	F _n (kN)	R _d (kN)
1	yg.Gk	Permanente	0.60 -12.253	0.035	0.547 <	0.907	
2	yg.Gk+yg.Qk1	Breve	0.90 -26.339	0.035	1.133 <	1.361	
3	yg.Gk+yg.Qk2	Breve	0.90 -22.815	0.035	0.986 <	1.361	
4	yg.Gk+yg.Qk3	Breve	0.90 -22.815	0.036	0.987 <	1.361	
5	yg.Gk+yg.Qk4	Breve	0.90 -12.253	0.035	0.547 <	1.361	
6	yg.Gk+yg.Qk5	Breve	0.90 -12.253	0.035	0.547 <	1.361	
7	yg.Gk+yg.Qki	Breve	0.90 -20.310	0.035	0.882 <	1.361	
8	yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90 -26.339	0.035	1.133 <	1.361	
9	yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90 -26.339	0.035	1.133 <	1.361	
10	yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90 -22.815	0.035	0.986 <	1.361	
11	yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90 -22.815	0.035	0.986 <	1.361	
12	yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90 -22.815	0.036	0.987 <	1.361	
13	yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90 -22.815	0.036	0.987 <	1.361	
14	yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk1	Breve	0.90 -22.110	0.035	0.957 <	1.361	
15	yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90 -19.644	0.035	0.854 <	1.361	
16	yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk3	Breve	0.90 -19.644	0.035	0.855 <	1.361	
17	yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk1	Breve	0.90 -22.110	0.035	0.957 <	1.361	
18	yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90 -19.644	0.035	0.854 <	1.361	
19	yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk3	Breve	0.90 -19.644	0.035	0.855 <	1.361	
20	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90 -30.178	0.035	1.293 <	1.361	
21	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90 -30.178	0.035	1.293 <	1.361	
22	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90 -27.710	0.035	1.190 <	1.361	
23	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90 -27.710	0.035	1.190 <	1.361	
24	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk4	Breve	0.90 -27.710	0.035	1.190 <	1.361	
25	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk5	Breve	0.90 -27.710	0.035	1.190 <	1.361	
26	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00 -11.301	0.027	0.499 <	2.268	
27	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00 -11.373	0.027	0.502 <	2.268	

Verifica la resistenza della piastra di unione

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	σ	σ_d (N/mm ²)
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-12.253	0.035	29 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-26.339	0.035	59 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-22.815	0.035	51 <	196
4	yg.Gk+yq.Qk3	Breve	0.90	-22.815	0.036	51 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk4	Breve	0.90	-12.253	0.035	29 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk5	Breve	0.90	-12.253	0.035	29 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-20.310	0.035	46 <	196
8	yg.Gk+yq.Qk1+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-26.339	0.035	59 <	196
9	yg.Gk+yq.Qk1+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-26.339	0.035	59 <	196
10	yg.Gk+yq.Qk2+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-22.815	0.035	51 <	196
11	yg.Gk+yq.Qk2+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-22.815	0.035	51 <	196
12	yg.Gk+yq.Qk3+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-22.815	0.036	51 <	196
13	yg.Gk+yq.Qk3+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-22.815	0.036	51 <	196
14	yg.Gk+yq.Qk4+yq. ψ_o .Qk1	Breve	0.90	-22.110	0.035	50 <	196
15	yg.Gk+yq.Qk4+yq. ψ_o .Qk2	Breve	0.90	-19.644	0.035	45 <	196
16	yg.Gk+yq.Qk4+yq. ψ_o .Qk3	Breve	0.90	-19.644	0.035	45 <	196
17	yg.Gk+yq.Qk5+yq. ψ_o .Qk1	Breve	0.90	-22.110	0.035	50 <	196
18	yg.Gk+yq.Qk5+yq. ψ_o .Qk2	Breve	0.90	-19.644	0.035	45 <	196
19	yg.Gk+yq.Qk5+yq. ψ_o .Qk3	Breve	0.90	-19.644	0.035	45 <	196
20	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk1+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-30.178	0.035	67 <	196
21	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk1+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-30.178	0.035	67 <	196
22	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk2+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-27.710	0.035	61 <	196
23	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk2+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-27.710	0.035	61 <	196
24	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk3+yq. ψ_o .Qk4	Breve	0.90	-27.710	0.035	61 <	196
25	yg.Gk+yq.Qki+yq. ψ_o .Qk3+yq. ψ_o .Qk5	Breve	0.90	-27.710	0.035	61 <	196
26	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-11.301	0.027	26 <	240
27	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-11.373	0.027	27 <	240

Scala 1:30

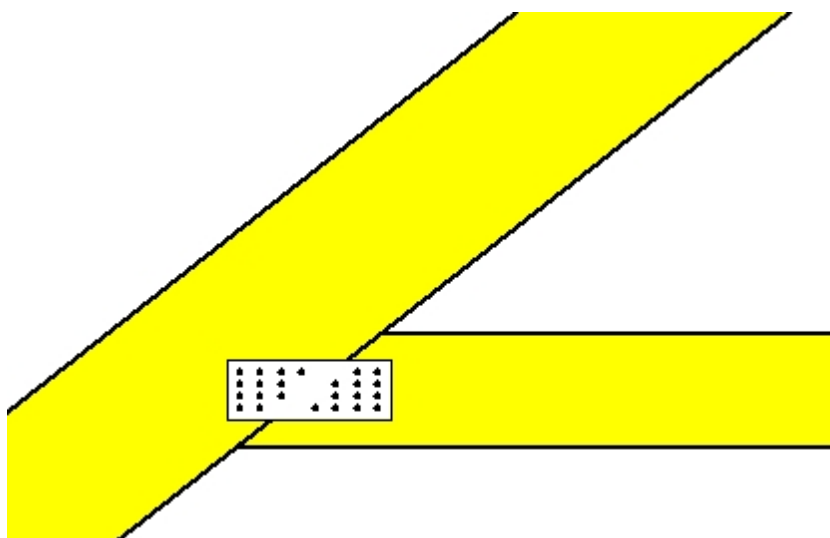


**Unione chiodata al nodo 2**

(nodo a x=2.800 m, y=2.057 m)

piastre: 2x100x120x2.0mm

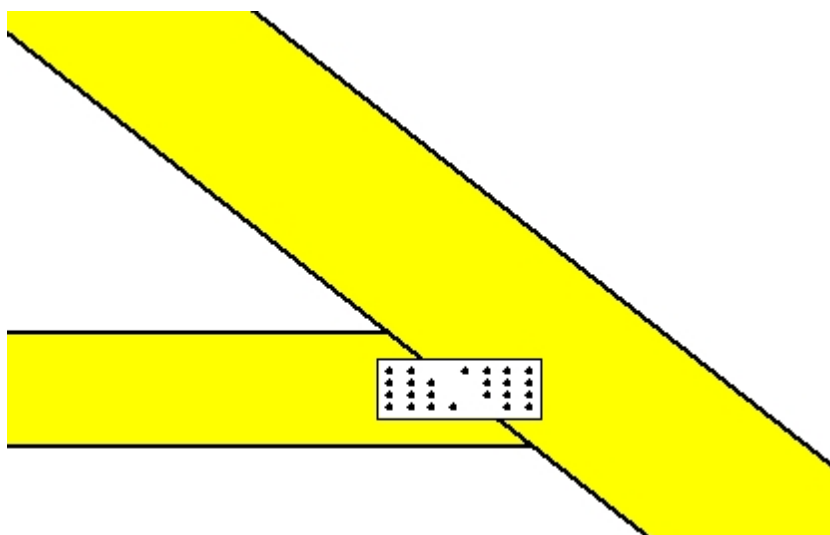
bullone: 4.0mm [14] [7+7]

**Unione chiodata al nodo 4**

(nodo a x=1.487 m, y=1.025 m)

piastre: 2x220x80x2.0mm

bullone: 4.0mm [24] [12+12]

**Unione chiodata al nodo 5**

(nodo a x=4.113 m, y=1.025 m)

piastre: 2x220x80x2.0mm

bullone: 4.0mm [24] [12+12]