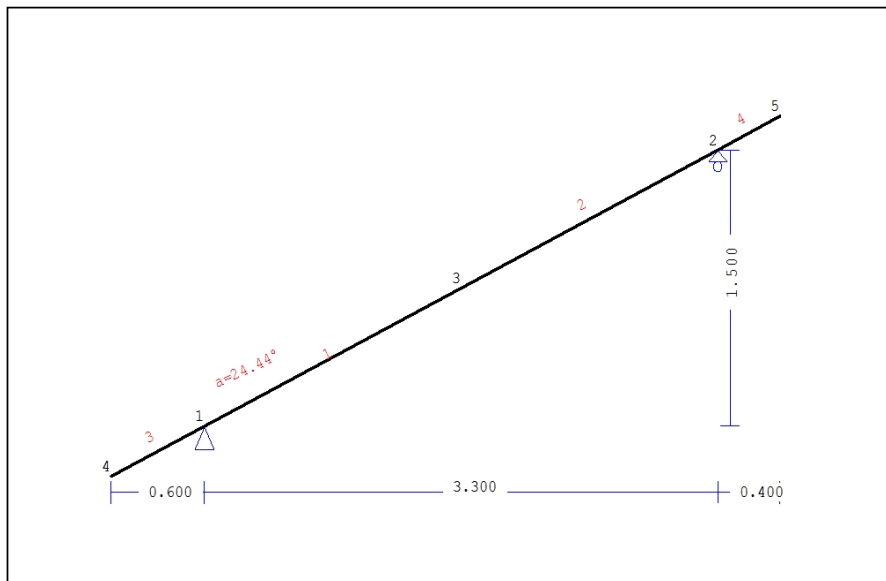


1. UNA FALDA-01

Tetto a falda unica



1.1. Descrizione tecnica

1.1.1. Tipologia costruttiva

Tetto in legno di classe D40. La tipologia della trave è illustrata nel disegno soprastante.
 Luce 3.300m, altezza 1.500m, inclinazione 24.44°, interasse delle travi 2.000m
 Assito costituito da legno di classe C22, spessore 20 mm
 Travetti in legno di classe C22, con dimensioni 75x100 mm, ad interasse 0.300 m
 Elementi , sezione 75x225 [mm]
 Volume della trave =0.080 m³, peso proprio della trave =0.430 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

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 (trave) (NTC-DM2008, §4.4)

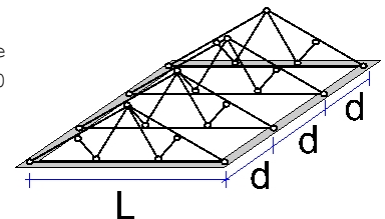
Classe del legno : D40

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** $f_{mk} = 40.0 \text{ MPa}$, $f_{t0k} = 24.0 \text{ MPa}$, $f_{t90k} = 0.6 \text{ MPa}$ $f_{c0k} = 26.0 \text{ MPa}$, $f_{c90k} = 8.3 \text{ MPa}$, $f_{vk} = 4.0 \text{ MPa}$ $E_{0m} = 13000 \text{ MPa}$, $E_{005} = 10900 \text{ MPa}$, $E_{90m} = 860 \text{ MPa}$ $G_m = 810 \text{ MPa}$, $\rho_k = 550 \text{ Kg/m}^3$ **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)**

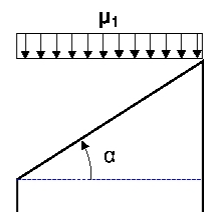
Classe del legno : C22

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 $= 200 \text{ m}$ $s_{sk} = 1.500 \text{ kN/m}^2$ ($s_s = 200 \leq 200 \text{ m}$)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 : $\alpha = 24.444^\circ$ Coefficiente di esposizione : $C_e = 1.000$ (DM2008 §5.2(7))Coefficiente termico : $C_t = 1.000$ (DM2008 §5.2(8))Fattori di forma, $\alpha = 24.44^\circ$, $\mu_1 = 0.800$ (Tab. 3.4.II)

Azioni della neve (DM2008, §3.4.8.2)

 $S_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.800 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.500 = 1.200 \text{ kN/m}^2$

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, $10 \text{ km} < \text{distanza costa} \leq 30 \text{ km}$, 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)

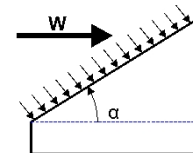
Pressione del vento sulla superficie verticale: $Q_{\text{ref}} \cdot C_e = 0.001 \times (25.00^2 / 1.6) \times 1.929 = 0.754 \text{ kN/m}^2$

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 $\alpha = 24.44^\circ$, $C_p = -0.27$

Pressione del vento $p_f = -0.201 \text{ kN/m}^2$

**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

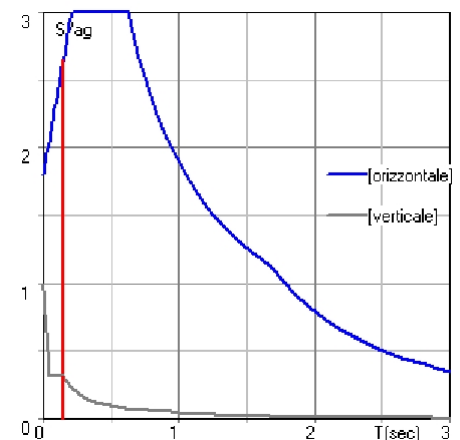
$\psi_2 = 0.30$

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

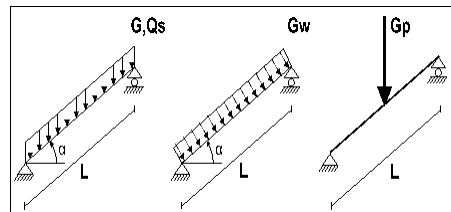
L'assito è progettato come trave semplicemente appoggiata con luce interasse tra i travetti $L=0.300\text{m}$, e larghezza 1.00m .

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 $\alpha=24.44^\circ$, 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 $Q_s = 1.200 \text{ kN/m}^2$
 Carico da vento $Q_w = -0.201 \text{ kN/m}^2$
 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	0.070	0.077	0.006
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 1.200 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.70	0.136	0.149	0.011
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.201 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.60	0.000	-0.030	-0.002
(Qk3) Carpentiere	$Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$	Istantaneo	0.00	1.00	0.00	0.497	0.546	0.082

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	$Q_{ks} = 1.200 [\text{kN/m}]$	0.007	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.201 [\text{kN/m}]$	-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	0.010	0.013
3 Gk + Qk2	0.003	0.005
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	0.010	0.013
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.008	0.011

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

Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 0.010 \text{ mm}$, $w_{fin} = 0.013 \text{ mm}$

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

Deformazioni finali

$w_{inst} = 0.010 \text{ mm} < L/300 = 300/300 = 1.000 \text{ mm}$
 $w_{net, fin} = 0.013 \text{ mm} < L/250 = 300/250 = 1.200 \text{ mm}$
 $w_{fin} = 0.013 \text{ mm} < L/150 = 300/150 = 2.000 \text{ mm}$

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	-0.153	0.168	0.013
2	yg.Gk + yq.Qk1	Breve	0.90	-0.328	0.360	0.027
3	yg.Gk + yq.Qk2	Breve	0.90	-0.102	0.112	0.008
4	yg.Gk + yq.Qk3	Istantaneo	1.00	-0.588	0.647	0.089
5	yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-0.328	0.360	0.027
6	yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-0.260	0.286	0.021
	Valori massimi			-0.588	0.647	0.089

Assito, combinazione di carico No 4**Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-0.588 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=-0.588 kN, σc0d=Fc0d/Anetto=1000x0.588/20000=0.03N/mm² < 13.33N/mm²=fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Taglio, Fv=0.647 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=0.647 kN, τv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.647/13400=0.07N/mm² < 2.53N/mm²=fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Flessione, Myd=0.089 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+06x0.089/6.667E+004= 1.34 N/mm²σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/3.333E+006= 0.00 N/mm²

σmyd/fmyd+Km.σmzd/fmzd=0.092+0.000= 0.09 < 1 (EC5 Eq.6.11)

Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.064+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=-0.588kN, Myd=0.089kNm, 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=1000x0.588/20000= 0.03 N/mm²σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.089/6.667E+004= 1.34 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+0.092+0.000= 0.09 < 1 (EC5 Eq.6.19)(σc0d/fc0d)²+Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.000+0.064+0.000= 0.06 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Stabilità a pressoflessione, $F_{c0d} = -0.588 \text{ kN}$, $M_{yd} = 0.089 \text{ kNm}$, $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$ (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 $\gamma_M = 1.50$, $E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2$ $f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{c0d} = K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 1.00 \times 20.00 / 1.50 = 13.33 \text{ N/mm}^2$ $f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{myd} = K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67 \text{ N/mm}^2$ $f_{mzk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{mzd} = K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67 \text{ N/mm}^2$ Sezione rettangolare $K_m = 0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 0.588 / 20000 = 0.03 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1 \text{ E}+06 \times 0.089 / 6.667 \text{ E}+004 = 1.34 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1 \text{ E}+06 \times 0.000 / 3.333 \text{ E}+006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$ 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) $\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.003 + 0.092 + 0.000 = 0.09 < 1$ (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.002 + 0.064 + 0.000 = 0.07 < 1$ (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

1.6. Progettazione dei travetti

Sistema strutturale dei travetti

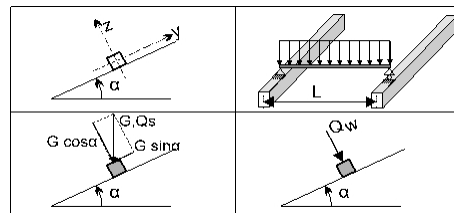
I travetti sono progettati come travi semplicemente appoggiate con luce $L=2.000\text{m}$ che è la distanza tra le travi. Essi sono sottoposti ad un carico di superficie di larghezza $L_1=0.300\text{m}$ (interasse tra i travetti). L'asse dei travetti ha un'inclinazione $\alpha=24.44^\circ$ sulla verticale. 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: 75x100mm
Interasse dei travetti 0.300m, inclinazione della falda $\alpha=24.44^\circ$, interasse delle trave 2.000m.

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 $Q_s = 1.200 \text{ kN/m}^2$
Carico da vento $Q_w = -0.201 \text{ kN/m}^2$
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 $G_k = 0.180 \text{ kN/m}$, $G_{kz} = 0.164 \text{ kN/m}$, $G_{kez} = 0.074 \text{ kN/m}$
Carico neve $Q_{ks} = 0.360 \text{ kN/m}$, $Q_{ksz} = 0.328 \text{ kN/m}$, $Q_{ksy} = 0.149 \text{ kN/m}$
Carico da vento $Q_{kw} = -0.060 \text{ kN/m}$, $Q_{kwz} = -0.060 \text{ kN/m}$, $Q_{kwy} = 0.000 \text{ kN/m}$
Peso del carpentiere $Q_{kp} = 1.200 \text{ kN}$, $Q_{kpz} = 1.092 \text{ kN}$, $Q_{kpy} = 0.497 \text{ kN}$

Sforzi interni nei travetti (luce $L=2.000 \text{ m}$, BxH: 75x100 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	0.164	0.074	0.082	0.000
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 0.360 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.70	0.328	0.149	0.164	0.000
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.060 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.60	-0.060	0.000	-0.030	0.000
(Qk3) Carpentiere	$Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$	Istantaneo	0.00	1.00	0.00	0.546	0.248	0.546	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 $G_k = 0.164 [\text{kN/m}]$	0.227	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve $Q_{ks} = 0.328 [\text{kN/m}]$	0.454	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60
(Qk2) Vento $Q_{kw} = -0.060 [\text{kN/m}]$	-0.083	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	0.227	0.363
2 Gk + Qk1	0.680	0.871
3 Gk + Qk2	0.227	0.363
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	0.680	0.871
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.544	0.735

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

Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 0.680 \text{ mm}$, $w_{fin} = 0.871 \text{ mm}$

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

w.inst = 0.680 mm < L/300=2000/300= 6.667 mm

w.net,fin = 0.871 mm < L/250=2000/250= 8.000 mm

w.fin = 0.871 mm < L/150=2000/150= 13.333 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	0.355	0.161	0.178	0.000
2	yg.Gk + yq.Qk1	Breve	0.90	0.783	0.356	0.391	0.000
3	yg.Gk + yq.Qk2	Breve	0.90	0.237	0.108	0.118	0.000
4	yg.Gk + yq.Qk3	Istantaneo	1.00	0.759	0.345	0.653	0.000
5	yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.783	0.356	0.391	0.000
6	yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	0.619	0.281	0.310	0.000
	Valori massimi			0.783	0.356	0.653	0.000

Travetto, combinazione di carico No 5**Taglio, Fv=0.705 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare, bef=0.67x75=50 mm, h=100 mm, A= 5 000 mm²

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

fvk=3.80 N/mm², fvd=Kmod·fvk/γM=0.90x3.80/1.50=2.28N/mm² (EC5 Eq.2.14)

Fv=0.705 kN, τv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.705/5000=0.21N/mm² < 2.28N/mm²=fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Travetto, combinazione di carico No 5**Taglio, Fv=0.320 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare, bef=0.67x100=67 mm, h=75 mm, A= 5 025 mm²

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

fvk=3.80 N/mm², fvd=Kmod·fvk/γM=0.90x3.80/1.50=2.28N/mm² (EC5 Eq.2.14)

Fv=0.320 kN, τv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.320/5025=0.10N/mm² < 2.28N/mm²=fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Travetto, combinazione di carico No 4**Flessione, Myd=0.653 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)

Sezione rettangolare, b=75mm, h=100mm, A=7.500E+003mm², Wy=1.250E+005mm³, Wz=9.375E+004mm³

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/mm²

fmzk=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))

omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.653/1.250E+005= 5.22 N/mm²

omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/9.375E+004= 0.00 N/mm²

omyd/fmyd+Km. omzd/fmzd=0.356+0.000= 0.36 < 1 (EC5 Eq.6.11)

Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.249+0.000= 0.25 < 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

Travetto, combinazione di carico No 4**Stabilità laterale, Myd=0.653 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.3.3)

Sezione rettangolare, b=75mm, h=100mm, A=7.500E+003mm², Wy=1.250E+005mm³, Wz=9.375E+004mm³

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/mm²

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

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

Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2))
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my, netto} = 1E+06 \times 0.653 / 1.250E+005 = 5.22 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz, netto} = 1E+06 \times 0.000 / 9.375E+004 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione S_k

$S_{ky} = 1.00 \times 2.000 = 2.000 \text{ m} = 2000 \text{ mm}$

$S_{kz} = 0.00 \times 2.000 = 0.000 \text{ m} = 0 \text{ mm}$

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 100 = 29 \text{ mm}$, $\lambda_y = 2000 / 29 = 68.97$

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

$\sigma_{m, crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 75^2 \times 6700 / (100 \times 1800) = 163.31 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq.6.32)

Tensioni critiche

$\sigma_{m, crity} = 163.31 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel, my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m, crity}} = 0.37$ (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)

$\lambda_{rel, my} = 0.37$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{crity} = 1.00$ (EC5 Eq.6.34)

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

$\sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.356 + 0.000 = 0.36 < 1$ (EC5 Eq.6.33)

$K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.249 + 0.000 = 0.25 < 1$ (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

1.7. Progettazione della trave**Caratteristiche geometriche della trave**

Lunghezza $L=3.300$ m, altezza $H=1.500$ m, interasse travi $d=2.000$ m
 Inclinazione $=45.45\%$, angolo $\alpha=24.44^\circ$, $\tan\alpha=0.455$, $\sin\alpha=0.414$, $\cos\alpha=0.910$
 Numero dei nodi = 5, numero degli elementi =4, numero degli appoggi =2

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

Nodo	x[m]	y[m]	Sup.	Elemento	K1	K2	b x h [mm]	L [m]	A [mm ²]	Iy [mm ⁴]	Wy [mm ³]
1	0.000	0.000	11	1	1	3	75x225	1.812	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
2	3.300	1.500	01	2	3	2	75x225	1.812	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
3	1.650	0.750		3	4	1	75x225	0.659	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
4	-0.600	-0.273		4	2	5	75x225	0.439	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
5	3.700	1.682									

Carico lineare per trave

Massa volumica del legname $=550.00$ kg/m³, peso proprio della trave $=0.430$ kN
 Interasse delle travi $d=2.00$ m, peso delle unioni delle trave $=0.043$ kN

Carico lineare permanente (kN/m) sulle trave

Manto di copertura +peso proprio $Gk1= 1.310$ kN/m
 Controsoffitto del tetto $Gk2= 0.200$ kN/m

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

Sovraccario $Qk1= 0.50 \times 2.000 = 1.000$ kN/m
 Carico neve $Qk1= 2.400$ kN/m
 Carico da vento $Qk2=-0.402$ kN/m

Azioni sismiche dovute alle azioni accidentali (kN/m), sulla trave

AeX Sismica $q_h=0.053 \times (G+0.20 \times Qk1)$
 AeY Sismica $q_v=0.006 \times (G+0.20 \times Qk1)$

Combinazioni di carico di progetto

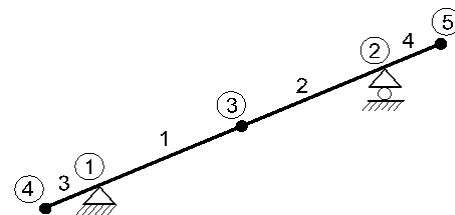
($\gamma_g=1.30$, $\gamma_q=1.50$, ψ_0 (di esercizio Q_f) $=0.70$, ψ_0 (neve Q_1) $=0.70$, ψ_0 (vento Q_2) $=0.60$)

L.C.	Azioni permanenti-Variabili	Classe di durata
1	$\gamma_g.Gk$	Permanente
2	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qk1$	Breve
3	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qk2$	Breve
4	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qki$	Breve
5	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qk1+\gamma_q.\psi_0.Qk2$	Breve
6	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qk2+\gamma_q.\psi_0.Qk1$	Breve
7	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qki+\gamma_q.\psi_0.Qk1+\gamma_q.\psi_0.Qk2$	Breve
8	$Gk + \psi_2.Qk1 + Ae_x$	Accidentale
9	$Gk + \psi_2.Qk1 + Ae_y$	Accidentale

1.8. Analisi statica della trave

La struttura del tetto è una trave continua.

Gli sforzi interni sono calcolati per condizioni di carico s (permanente-di esercizio-neve-vento) e successivamente dalle vengono calcolati gli sforzi interni per le combinazioni di Numero dei nodi = 5, numero degli elementi =4, numero degli



1.8.1. Forze interne

Forze interne, Carico, : (Gk) Proprio Gk1 = 1.310, Gk2 = 0.200 [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	3	-1.15	2.54	-0.30	-0.02	0.05	2.04	-0.02	0.05	2.04
2	3	2	-0.02	0.05	2.04	1.11	-2.45	-0.13	0.00	0.00	2.04
3	4	1	0.00	0.00	0.00	0.41	-0.91	-0.30	0.00	0.00	0.00
4	2	5	-0.27	0.60	-0.13	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, : (Qk1) Neve Qks = 2.400 [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	3	-1.67	3.67	-0.43	-0.03	0.07	2.95	-0.03	0.07	2.95
2	3	2	-0.03	0.07	2.95	1.61	-3.54	-0.19	0.00	0.00	2.96
3	4	1	0.00	0.00	0.00	0.60	-1.31	-0.43	0.00	0.00	0.00
4	2	5	-0.40	0.87	-0.19	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, : (Qk2) Vento Qkw = -0.402 [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	3	-0.41	-0.74	0.09	-0.41	-0.01	-0.60	-0.41	-0.01	-0.60
2	3	2	-0.41	-0.01	-0.60	-0.41	0.72	0.04	-0.41	0.00	-0.60
3	4	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.09	0.00	0.00	0.00
4	2	5	0.00	-0.18	0.04	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, : (Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.000 [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	3	-0.76	1.68	-0.20	-0.01	0.03	1.35	-0.01	0.03	1.35
2	3	2	-0.01	0.03	1.35	0.74	-1.62	-0.09	0.00	0.00	1.35
3	4	1	0.00	0.00	0.00	0.27	-0.60	-0.20	0.00	0.00	0.00
4	2	5	-0.18	0.40	-0.09	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, : (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	3	0.47	0.09	-0.01	0.28	0.00	0.07	0.28	0.00	0.07
2	3	2	0.28	0.00	0.07	0.09	-0.08	0.00	0.28	0.00	0.07
3	4	1	0.00	0.00	0.00	-0.07	-0.03	-0.01	0.00	0.00	0.00
4	2	5	0.05	0.02	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 $q_v=0.006x(G+0.20xQ_{k1})$ [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	3	-0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02
2	3	2	0.00	0.00	0.02	0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.02
3	4	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
4	2	5	0.00	0.01	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)

1.8.2. spostamenti verticali dei nodi (in mm)

nodo	Gk	Qk1	Qk2	Qki
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-2.69	-3.90	0.79	-1.78
4	1.45	2.10	-0.42	0.96
5	1.03	1.48	-0.30	0.68

1.8.3. Reazioni agli appoggi (kN)

nodo	reaz.	Gk	Qk1	Qk2	Qki
1	Fx	0.00	0.00	0.79	0.00
1	Fy	3.78	5.47	-0.75	2.50
2	Fx	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Fy	3.35	4.85	-0.98	2.22

1.9. Stato limite di servizio**1.9.1. Stato limite di servizio** (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)**Deformazione a flessione nel nodo 3** (EC5 §7.2)

Carico [kN/m]		u[mm]	Azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Kdef		
(Gk) Proprio	Gk1 = 1.310, Gk2 = 0.200	-2.959	Permanente	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	
(Qk1) Neve	Qks = 2.400	-4.281	Breve		0.70	0.50	0.20	0.00	
(Qk2) Vento	Qkw = -0.402	0.865	Breve		0.60	0.20	0.00	0.00	

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	2.959	4.734
2 Gk + Qk1	7.240	9.529
3 Gk + Qk2	2.959	4.734
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	7.240	9.529
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	5.955	8.244

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

Massimi valori della freccia nel nodo 3

w.inst = 7.240 mm, w.fin = 9.529 mm

Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2Deformazioni finali nel nodo 3

w.inst = 7.240 mm < $L/300 = 3625/300 = 12.083$ mm

w.net,fin = 9.529 mm < $L/250 = 3625/250 = 14.500$ mm

w.fin = 9.529 mm < $L/150 = 3625/150 = 24.166$ mm

La verifica è soddisfatta

1.9.2. 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 = 1.310, Gk2 = 0.200	1.593	1.593	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve	Qks = 2.400	2.306	2.306	Breve	0.70	0.50	0.20	0.00
(Qk2) Vento	Qkw = -0.402	-0.467	-0.467	Breve	0.60	0.20	0.00	0.00

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	1.593	2.550
2 Gk + Qk1	3.899	5.132
3 Gk + Qk2	1.593	2.550
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	3.899	5.132
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	3.207	4.440

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

Massimi valori della freccia nel nodo 4

$w_{inst} = 3.899 \text{ mm}$, $w_{fin} = 5.132 \text{ mm}$

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

$w_{inst} = 3.899 \text{ mm} < L/150 = 659/150 = 4.394 \text{ mm}$

$w_{net,fin} = 5.132 \text{ mm} < L/125 = 659/125 = 5.273 \text{ mm}$

$w_{fin} = 5.132 \text{ mm} < L/75 = 659/75 = 8.788 \text{ mm}$

La verifica è soddisfatta

1.10. 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	10.98621	0.09102
2	31.20730	0.03204
3	45.16883	0.02214
4	70.40880	0.01420
5	90.59168	0.01104

1.10.1. Stato limite ultimo (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Puntone, elementi: 1, 2**

Carico [kN/m]	Azione	γ_g	γ_q	ψ_0	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.310, Gk2 = 0.200	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 2.400	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.402	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.000	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	yg.Gk	Permanente	0.60	-2.499	2.409	5.497	4.426
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-4.447	4.287	9.784	7.878
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-1.666	1.606	3.665	2.951
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-2.939	2.833	6.466	5.206
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-4.447	4.287	9.784	7.878
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-3.613	3.482	7.948	6.400
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4	Breve	0.90	-4.886	4.709	10.749	8.655
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-0.680	1.017	2.239	1.803
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-0.998	0.962	2.196	1.768
	Valori massimi			-4.886	4.709	10.749	8.655

1.10.2. Verifica della sezione Puntone, elementi: 1, 2**Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=4.239 kN** (EC5 §6.1.2)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)ft0k=24.00 N/mm², ft0d=Kmod·ft0k/ $\gamma_M=0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40$ N/mm² (EC5 Eq.2.14)Ft0d=4.239 kN, $\sigma_{t0d} = Ft0d / A_{netto} = 1000 \times 4.239 / 16875 = 0.25$ N/mm² < 14.40 N/mm² = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7**Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-4.397 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=26.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/ $\gamma_M=0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60$ N/mm² (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-4.397 kN, $\sigma_{c0d} = Fc0d / A_{netto} = 1000 \times 4.397 / 16875 = 0.26$ N/mm² < 15.60 N/mm² = fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7**Taglio, Fv=9.674 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, bef=0.67x75=50 mm, h=225 mm, A= 11 250 mm²Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (Tab. 2.3)fvk=4.00 N/mm², fvd=Kmod·fvk/ $\gamma_M=0.90 \times 4.00 / 1.50 = 2.40$ N/mm² (EC5 Eq.2.14)Fv=9.674 kN, $\tau_{v0d} = 1.50 Fv0d / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 9.674 / 11250 = 1.29$ N/mm² < 2.40 N/mm² = fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7**Flessione, Myd=7.789 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+005mm³Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008fmyk=40.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$ N/mm²fmzk=40.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$ N/mm²

Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2))
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 7.789 / 6.328E+005 = 12.31 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.513 + 0.000 = 0.51 < 1$ (EC5 Eq.6.11)

$K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.359 + 0.000 = 0.36 < 1$ (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7

Flessione e compressione assiale combinate, $F_{c0d} = -4.397 \text{ kN}$, $M_{yd} = 7.786 \text{ kNm}$, $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$ (§6.2.4)

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

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

$f_{c0k} = 26.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{c0d} = K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60 \text{ N/mm}^2$

$f_{myk} = 40.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{myd} = K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk} = 40.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{mzd} = K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

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

$\sigma_{c0d} = F_{c0d}/A_{netto} = 1000 \times 4.397 / 16875 = 0.26 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 7.786 / 6.328E+005 = 12.30 \text{ N/mm}^2$

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

$(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2 + \sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.000 + 0.513 + 0.000 = 0.51 < 1$ (EC5 Eq.6.19)

$(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2 + K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.000 + 0.359 + 0.000 = 0.36 < 1$ (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7

Stabilità a pressoflessione, $F_{c0d} = -4.397 \text{ kN}$, $M_{yd} = 7.786 \text{ kNm}$, $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$ (EC5 §6.3.2)

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

Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$, coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$, $E_{005}=10900 \text{ N/mm}^2$

$f_{c0k} = 26.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{c0d} = K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60 \text{ N/mm}^2$

$f_{myk} = 40.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{myd} = K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk} = 40.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{mzd} = K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

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

$\sigma_{c0d} = F_{c0d}/A_{netto} = 1000 \times 4.397 / 16875 = 0.26 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 7.786 / 6.328E+005 = 12.30 \text{ N/mm}^2$

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

Lunghezza libera di inflessione S_k

$S_{ky} = 1.00 \times 3.625 = 3.625 \text{ m} = 3625 \text{ mm}$ (più sfavorevole)

$S_{kz} = 0.08 \times 3.625 = 0.300 \text{ m} = 300 \text{ mm}$ (lunghezza efficace/lunghezza totale = $0.30/3.62 = 0.08$)

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 225 = 65 \text{ mm}$, $\lambda_y = 3625 / 65 = 55.77$

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

Tensioni critiche

$\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 34.59 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c0k}/\sigma_{c,crity}} = 0.87$ (EC5 Eq.6.21)

$\sigma_{c,critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 578.23 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c0k}/\sigma_{c,critz}} = 0.21$ (EC5 Eq.6.22)

$\beta_c = 0.20$ (legno lamellare)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.93$, $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 0.784$ (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)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.021 + 0.513 + 0.000 = 0.53 < 1$ (EC5 Eq.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.017 + 0.359 + 0.000 = 0.38 < 1$ (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7**Stabilità laterale, Myd=7.789 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)
 $f_{c0k}=26.00\text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60\text{ N/mm}^2$
 $f_{myk}=40.00\text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00\text{ N/mm}^2$
 $f_{mk}=40.00\text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00\text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2))
 $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1\text{E}+06 \times 7.789 / 6.328\text{E}+005 = 12.31\text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.109\text{E}+005 = 0.00\text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione S_k $S_{ky} = 1.00 \times 3.625 = 3.625\text{ m} = 3625\text{ mm}$ (più sfavorevole) $S_{kz} = 0.08 \times 3.625 = 0.300\text{ m} = 300\text{ mm}$ (lunghezza efficace/lunghezza totale = $0.30/3.62 = 0.08$)Snellezza $i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 225 = 65\text{ mm}$, $\lambda_y = 3625 / 65 = 55.77$ $i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 75 = 22\text{ mm}$, $\lambda_z = 300 / 22 = 13.64$ $\sigma_{m, crit} = M_{ycrit} / W_y = n \sqrt{(E_{005} \cdot I_z \cdot G_{005} \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 58.32\text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq.6.31) $\sigma_{m, crit} = M_{ycrit} / W_y = n \sqrt{(E_{005} \cdot I_z \cdot G_{005} \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 5707.56\text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq.6.31)Tensioni critiche $\sigma_{m, crity} = 58.32\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel, my} = \sqrt{(f_{myk} / \sigma_{m, crity})} = 0.83$ (EC5 Eq.6.30) $\sigma_{m, critz} = 5707.56\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel, mz} = \sqrt{(f_{mk} / \sigma_{m, critz})} = 0.08$ (EC5 Eq.6.30) $\lambda_{rel, my} = 0.83$, ($0.75 < \lambda_{rel} \leq 1.40$, $K_{crit} = 1.56 - 0.75 \lambda_{relm}$), $K_{crity} = 0.94$ (EC5 Eq.6.34) $\lambda_{rel, mz} = 0.08$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{critz} = 1.00$ (EC5 Eq.6.34) $\sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.546 + 0.000 = 0.55 < 1$ (EC5 Eq.6.33) $K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.382 + 0.000 = 0.38 < 1$ (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7**Flessione e trazione assiale combinate, Ft0d=4.239kN, Myd=7.786kNm, Mzd=0.000kNm** (EC5 §6.2.3)

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)
 $f_{t0k}=24.00\text{ N/mm}^2$, $f_{t0d}=K_{mod} \cdot f_{t0k} / \gamma_M = 0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40\text{ N/mm}^2$
 $f_{myk}=40.00\text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00\text{ N/mm}^2$
 $f_{mk}=40.00\text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00\text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{t0d} = F_{t0d} / A_{netto} = 1000 \times 4.239 / 16875 = 0.25\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1\text{E}+06 \times 7.786 / 6.328\text{E}+005 = 12.30\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.109\text{E}+005 = 0.00\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{t0d} / f_{t0d} + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.017 + 0.513 + 0.000 = 0.53 < 1$ (EC5 Eq.6.17) $\sigma_{t0d} / f_{t0d} + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.017 + 0.359 + 0.000 = 0.38 < 1$ (EC5 Eq.6.18)

La verifica è soddisfatta

1.10.3. Stato limite ultimo (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Puntone, elementi: 3**

Carico [kN/m]	Azione	γ_g	γ_q	ψ_0	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.310, Gk2 = 0.200	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 2.400	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.402	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.000	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	yg.Gk	Permanente	0.60	0.000	0.893	1.963	0.647	
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	0.000	1.590	3.494	1.151	
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	0.000	0.595	0.867	0.286	
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	0.000	1.050	2.309	0.761	
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.000	1.590	3.229	1.064	
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	0.000	1.291	2.396	0.790	
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4	Breve	0.90	0.000	1.746	3.573	1.178	
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	0.000	0.309	0.799	0.263	
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	0.000	0.357	0.784	0.258	
	Valori massimi				0.000	1.746	3.573	1.178

1.10.4. Verifica della sezione Puntone, elementi: 3**Puntone, elementi: 3 , combinazione di carico No 7****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=1.572 kN** (EC5 §6.1.2)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)ft0k=24.00 N/mm², ft0d=Kmod·ft0k/ $\gamma_M=0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40$ N/mm² (EC5 Eq.2.14)Ft0d=1.572 kN, $\sigma_{t0d} = Ft0d / A_{netto} = 1000 \times 1.572 / 16875 = 0.09$ N/mm² < 14.40 N/mm² = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 3 , combinazione di carico No 7**Taglio, Fv=3.216 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, b_{ef}=0.67x75=50 mm, h=225 mm, A= 11 250 mm²Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (Tab. 2.3)fvk=4.00 N/mm², fvd=Kmod·fvk/ $\gamma_M=0.90 \times 4.00 / 1.50 = 2.40$ N/mm² (EC5 Eq.2.14)Fv=3.216 kN, $\tau_{v0d} = 1.50 Fv0d / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 3.216 / 11250 = 0.43$ N/mm² < 2.40 N/mm² = fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 3 , combinazione di carico No 7**Flessione, Myd=1.060 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+005mm³Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008)fmyk=40.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$ N/mm²fmzk=40.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$ N/mm²

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

 $\sigma_{myd} = Myd / W_{my, netto} = 1E+06 \times 1.060 / 6.328E+005 = 1.67$ N/mm² $\sigma_{mzd} = Mzd / W_{mz, netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00$ N/mm² $\sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.070 + 0.000 = 0.07 < 1$ (EC5 Eq.6.11) $K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.049 + 0.000 = 0.05 < 1$ (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 3 , combinazione di carico No 7**Stabilità laterale, Myd=1.060 kNm, Mzd=0.000 kNm (EC5 §6.3.3)**Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm², Wy=6.328E+005mm³, Wz=2.109E+005mm³Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γ_M=1.50 (DM2008f_{c0k}=26.00 N/mm², f_{c0d}=Kmod·f_{c0k}/γ_M=0.90x26.00/1.50=15.60N/mm²f_{yk}=40.00 N/mm², f_{yd}=Kmod·f_{yk}/γ_M=0.90x40.00/1.50=24.00N/mm²f_{mk}=40.00 N/mm², f_{md}=Kmod·f_{mk}/γ_M=0.90x40.00/1.50=24.00N/mm²

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

omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x1.060/6.328E+005= 1.67 N/mm²omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/2.109E+005= 0.00 N/mm²Lunghezza libera di inflessione Sk

Sky= 1.00x1.318=1.318 m= 1318 mm (più sfavorevole)

Skz= 0.23x1.318=0.300 m= 300 mm (lunghezza efficace/lunghezza totale=0.30/1.32=0.23)

Snellezzaiy=√(Iy/A)=0.289x 225= 65 mm, λ_y= 1318/ 65= 20.28iz=√(Iz/A)=0.289x 75= 22 mm, λ_z= 300/ 22= 13.64om,crit=Mycrit/Wy=n √(E005·Iz·G005·Itor)/(Lef·Wy)= 160.34N/mm² (EC5 Eq.6.31)om,crit=Mycrit/Wy=n √(E005·Iz·G005·Itor)/(Lef·Wy)=5707.56N/mm² (EC5 Eq.6.31)Tensioni criticheom,crity= 160.34 N/mm², λ_{rel,my}= √(f_{yk}/om,crity)= 0.50 (EC5 Eq.6.30)om,critz= 5707.56 N/mm², λ_{rel,mz}= √(f_{mk}/om,critz)= 0.08 (EC5 Eq.6.30)λ_{rel,my}=0.50, (λ_{rel}≤0.75), K_{crity}=1.00 (EC5 Eq.6.34)λ_{rel,mz}=0.08, (λ_{rel}≤0.75), K_{critz}=1.00 (EC5 Eq.6.34)omyd/(K_{crity}·f_{yd})+Km.omzd/(K_{critz}·f_{md})=0.070+0.000= 0.07 < 1 (EC5 Eq.6.33)Km.omyd/(K_{crity}·f_{yd})+omzd/(K_{critz}·f_{md})=0.049+0.000= 0.05 < 1 (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

Tensione di traz. trascurabile, verifica flessi.-trazione combinate non necessaria (EC5 §6.2.3)

1.10.5. Stato limite ultimo (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Puntone, elementi: 4**

Carico [kN/m]	Azione	γ_g	γ_q	ψ_o	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.310, Gk2 = 0.200	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 2.400	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.402	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.000	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	$\gamma_g \cdot G_k$	Permanente	0.60	-0.595	0.000	1.309	0.288
2	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1}$	Breve	0.90	-1.060	0.000	2.329	0.512
3	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	-0.397	0.000	0.872	0.192
4	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki}$	Breve	0.90	-0.700	0.000	1.539	0.338
5	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	-1.060	0.000	2.329	0.512
6	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Q_{k1}$	Breve	0.90	-0.861	0.000	1.892	0.416
7	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Q_{k4}$	Breve	0.90	-1.164	0.000	2.559	0.562
8	$G_k + 0.2 \cdot x \cdot Q_{k1} + A_{edX}$	Accidental	1.00	-0.206	0.000	0.533	0.117
9	$G_k + 0.2 \cdot x \cdot Q_{k1} + A_{edY}$	Accidental	1.00	-0.238	0.000	0.523	0.115
	Valori massimi			-1.164	0.000	2.559	0.562

1.10.6. Verifica della sezione Puntone, elementi: 4**Puntone, elementi: 4 , combinazione di carico No 7****Compressione parallela alla fibratura, $F_{c0d} = -1.048$ kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, $b=75$ mm, $h=225$ mm, $A=16\,875$ mm²Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$ (Tab.3.1), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (Tab. 2.3) $f_{c0k}=26.00$ N/mm², $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60$ N/mm² (EC5 Eq.2.14) $F_{c0d} = -1.048$ kN, $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.048 / 16875 = 0.06$ N/mm² < 15.60 N/mm² = f_{c0d} (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 4 , combinazione di carico No 7**Taglio, $F_v = 2.303$ kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, $b_{ef}=0.67 \times 75 = 50$ mm, $h=225$ mm, $A=11\,250$ mm²Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$ (Tab.3.1), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (Tab. 2.3) $f_{vk}=4.00$ N/mm², $f_{vd}=K_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M = 0.90 \times 4.00 / 1.50 = 2.40$ N/mm² (EC5 Eq.2.14) $F_v = 2.303$ kN, $\tau_{v0d} = 1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 2.303 / 11250 = 0.31$ N/mm² < 2.40 N/mm² = f_{v0d} (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 4 , combinazione di carico No 7**Flessione, $M_{yd} = 0.506$ kNm, $M_{zd} = 0.000$ kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, $b=75$ mm, $h=225$ mm, $A=1.688 \times 10^4$ mm², $W_y=6.328 \times 10^5$ mm³, $W_z=2.109 \times 10^5$ mm³Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$ (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008) $f_{myk}=40.00$ N/mm², $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$ N/mm² $f_{mzk}=40.00$ N/mm², $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$ N/mm²Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1 \times 10^6 \times 0.506 / 6.328 \times 10^5 = 0.80$ N/mm² $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.109 \times 10^5 = 0.00$ N/mm² $\sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.033 + 0.000 = 0.03 < 1$ (EC5 Eq.6.11) $K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.023 + 0.000 = 0.02 < 1$ (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

Tensione di compress. trascurabile, verifica fless.-compress. combinate non necessaria (EC5 §6.2.4)

Puntone, elementi: 4 , combinazione di carico No 7**Stabilità a pressoflessione, $F_{c0d}=-1.048\text{kN}$, $M_{yd}=0.506\text{kNm}$, $M_{zd}=0.000\text{kNm}$ (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 $\gamma_M=1.50$, $E_{005}=10900\text{N/mm}^2$ $f_{c0k}=26.00\text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.90\times 26.00/1.50=15.60\text{N/mm}^2$ $f_{myk}=40.00\text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=0.90\times 40.00/1.50=24.00\text{N/mm}^2$ $f_{mk}=40.00\text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=0.90\times 40.00/1.50=24.00\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000\times 1.048/16875= 0.06\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 0.506/6.328\text{E}+005= 0.80\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/2.109\text{E}+005= 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione S_k $S_{ky}= 1.00\times 0.879=0.879\text{ m}= 879\text{ mm}$ (più sfavorevole) $S_{kz}= 0.34\times 0.879=0.300\text{ m}= 300\text{ mm}$ (lunghezza efficace/lunghezza totale=0.30/0.88=0.34)Snellezza $i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 225= 65\text{ mm}$, $\lambda_y= 879/ 65= 13.52$ $i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 75= 22\text{ mm}$, $\lambda_z= 300/ 22= 13.64$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2= 588.54\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,y}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,crity})}= 0.21$ (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2= 578.23\text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,z}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,critz})}= 0.21$ (EC5 Eq.6.22) $\beta_c=0.20$ (legno lamellare) $k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,y}-0.3)+\lambda_{rel,y}^2]= 0.50$, $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel,y}^2)})=1.000$ (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) $(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2+\sigma_{myd}/f_{myd}+K_m\cdot\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.000+0.033+0.000= 0.03 < 1$ $(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2+K_m\cdot\sigma_{myd}/f_{myd}+\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.000+0.023+0.000= 0.02 < 1$ $\sigma_{c0d}/(K_{cy}\cdot f_{c0d})+\sigma_{myd}/f_{myd}+K_m\cdot\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.004+0.033+0.000= 0.04 < 1$ (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d}/(K_{cz}\cdot f_{c0d})+K_m\cdot\sigma_{myd}/f_{myd}+\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.004+0.023+0.000= 0.03 < 1$ (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

Puntone, elementi: 4 , combinazione di carico No 7**Stabilità laterale, $M_{yd}=0.506\text{ kNm}$, $M_{zd}=0.000\text{ kNm}$ (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) $f_{c0k}=26.00\text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.90\times 26.00/1.50=15.60\text{N/mm}^2$ $f_{myk}=40.00\text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=0.90\times 40.00/1.50=24.00\text{N/mm}^2$ $f_{mk}=40.00\text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=0.90\times 40.00/1.50=24.00\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 0.506/6.328\text{E}+005= 0.80\text{ N/mm}^2$ $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/2.109\text{E}+005= 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione S_k $S_{ky}= 1.00\times 0.879=0.879\text{ m}= 879\text{ mm}$ (più sfavorevole) $S_{kz}= 0.34\times 0.879=0.300\text{ m}= 300\text{ mm}$ (lunghezza efficace/lunghezza totale=0.30/0.88=0.34)Snellezza $i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 225= 65\text{ mm}$, $\lambda_y= 879/ 65= 13.52$ $i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 75= 22\text{ mm}$, $\lambda_z= 300/ 22= 13.64$

$\sigma_{m,crit} = \text{Mycrit} / W_y = \pi \sqrt{(E005 \cdot I_z \cdot G005 \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 216.46 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq.6.31)
 $\sigma_{m,crit} = \text{Mycrit} / W_y = \pi \sqrt{(E005 \cdot I_z \cdot G005 \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 5707.56 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq.6.31)
Tensioni critiche
 $\sigma_{m,crity} = 216.46 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m,crity}} = 0.43$ (EC5 Eq.6.30)
 $\sigma_{m,critz} = 5707.56 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,mz} = \sqrt{f_{mzk} / \sigma_{m,critz}} = 0.08$ (EC5 Eq.6.30)

$\lambda_{rel,my} = 0.43, (\lambda_{rel} \leq 0.75), K_{cristy} = 1.00$ (EC5 Eq.6.34)
 $\lambda_{rel,mz} = 0.08, (\lambda_{rel} \leq 0.75), K_{cristz} = 1.00$ (EC5 Eq.6.34)

$\sigma_{myd} / (K_{cristy} \cdot f_{myd}) + K_{m,\sigma_{mzd}} / (K_{cristz} \cdot f_{mzd}) = 0.033 + 0.000 = 0.03 < 1$ (EC5 Eq.6.33)
 $K_{m,\sigma_{myd}} / (K_{cristy} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{cristz} \cdot f_{mzd}) = 0.023 + 0.000 = 0.02 < 1$ (EC5 Eq.6.33)
 La verifica è soddisfatta