

7.9. Esempio 1: trave in legno

Si consideri il caso di una trave in legno lamellare incollato utilizzata per la copertura di un edificio, sito a Trieste.

Dati:

Luce trave: $l = 19.50 \text{ m}$
 Interasse travi: $i = 6.00 \text{ m}$
 Edificio di classe 1 $T_R = 500 \text{ anni}$
 Classe di servizio 2

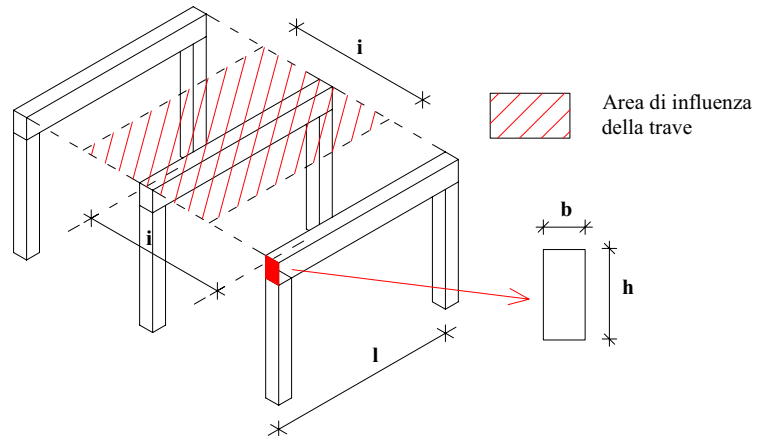
Carichi agenti:

permanente (pp + perm.): $G_k = 0.70 \text{ kN/m}^2$
 variabili (neve): $Q_k = 1.43 \text{ kN/m}^2$

Resistenza al fuoco R30

Dimensioni sezione:

Larghezza: $b = 17 \text{ cm}$
 Altezza: $h = 118 \text{ cm}$
 Classe di resistenza **GL36h**



Si richiede la verifica al fuoco per la Classe di resistenza R30, secondo la [UNI9504](#).

Carichi caratteristici agenti sulla trave:

$G_k = 0.70 \times 6.00 = 4.20 \text{ kN/m}$ (peso proprio + carichi permanenti portati)
 $Q_k = 1.43 \times 6.00 = 8.58 \text{ kN/m}$ (carichi variabili da neve)

Verifiche allo Stato Limite Ultimo SLU e Stato Limite di Esercizio SLE:

Tutte le “verifiche a freddo” sono già state eseguite secondo gli SLU e SLE, al paragrafo §5.8.5 Esempio 1 pag. 5.140 della dispensa sulle strutture in legno.

Verifiche allo Stato Limite Ultimo SLU – Combinazione Eccezionale - Incendio:

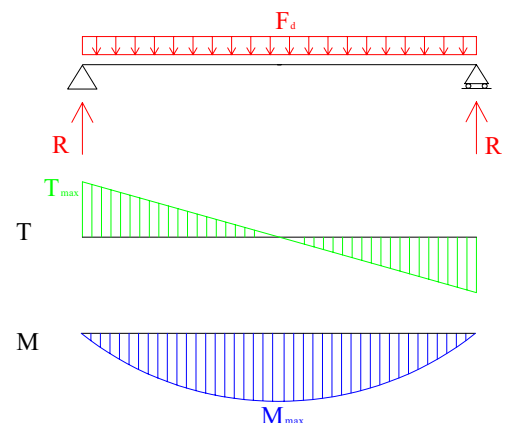
È necessario risolvere lo schema statico di trave appoggiata soggetta alla combinazione di azioni prevista per lo scenario eccezionale:

$$F_{d,F} = G_k + Q_{1,k} + 0.7 Q_{2,k} =$$

$$= 4.20 + 0.7 \times 8.58 = 10.21 \text{ kN/m}$$

$$T_{\max,F} = \frac{F_{d,F} \times l}{2} = \frac{10.21 \times 19.50}{2} = 99.55 \text{ kN}$$

$$M_{\max,F} = \frac{F_{d,F} \times l^2}{8} = \frac{10.21 \times 19.50^2}{8} = 485.29 \text{ kNm}$$



Caratteristiche dei materiali:Classe di resistenza **GL36h**

$$f_{m,g,k} = 36 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,g,k} = 4.30 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{\text{mod}} = 0.90$$

$$v_c = 0.7 \text{ mm/min}$$

$$\gamma_m = 1.4 \text{ (UNI9504)}$$

$$\gamma_{vc} = 0.8 \text{ (UNI9504)}$$

$$f_{m,g,d,F} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_m} = 0.90 \times \frac{36.00}{1.4} = 23.14 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,g,d,F} = k_{\text{mod}} \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_m} = 0.90 \times \frac{4.30}{1.4} = 2.76 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{cd} = \frac{v_c}{\gamma_{vc}} = \frac{0.7}{0.8} = 0.875 \text{ mm/min}$$

Caratteristiche resistenti della sezione:

$$b_{R,F} = b - 2 v_{cd} C = 170 - 2 \times 0.875 \times 30 = 117.5 \text{ mm} \quad (\text{esposizione su 4 lati})$$

$$h_{R,F} = h - 2 v_{cd} C = 1180 - 2 \times 0.875 \times 30 = 1127.5 \text{ mm}$$

$$J_{x,F} = \frac{b_{RF} \cdot h_{RF}^3}{12} = \frac{117.5 \times 1127.5^3}{12} = 1.40 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$y_{\text{max}} = \frac{h_{RF}}{2} = \frac{1127.5}{2} = 563.7 \text{ mm}$$

La verifica a flessione semplice:

$$\sigma_{m,d,F} = \frac{M(F_{d,F})}{J_{x,F}} y_{\text{max}} = \frac{485.29 \times 10^6}{1.40 \times 10^{10}} \times 563.7 = 19.54 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d,F} = 19.54 \text{ N/mm}^2 \leq f_{m,g,d,F} = 23.14 \text{ N/mm}^2$$

La verifica a taglio.

$$\tau_{d,F} = 1.5 \frac{T(F_{d,F})}{A_{R,F}} \quad T(F_{d,F}) = T_{\text{max},F} = 99.55 \text{ kN}$$

$$\tau_{d,F} = 1.5 \times \frac{99.55 \times 10^3}{117.5 \times 1127.5} = 1.13 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,g,d,F} = 2.76 \text{ N/mm}^2$$

La verifica è dunque soddisfatta.

7.10. Esempio 2: trave in acciaio

Si consideri il caso di una trave in acciaio utilizzata per la copertura di un edificio, sito a Trieste.

Dati:

Luce trave: $l = 9.00 \text{ m}$
 Interasse travi: $i = 6.00 \text{ m}$
 Edificio di classe 1 $T_R = 500 \text{ anni}$

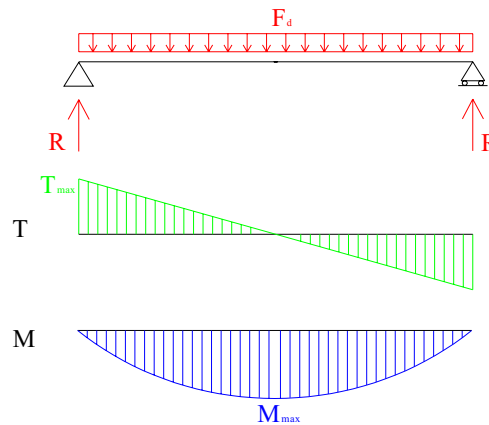
Carichi agenti:

permanente (pp + perm.): $G_k = 1.50 \text{ kN/m}^2$
 variabili (neve): $Q_k = 1.43 \text{ kN/m}^2$

Dimensioni sezione:

IPE 450
 Acciaio Fe430

Resistenza al fuoco R ?



Si determini la Classe di resistenza al fuoco massima, secondo la UNI9503 con il metodo SLU.

Carichi caratteristici agenti sulla trave:

$G_k = 1.50 \times 6.00 = 9.00 \text{ kN/m}$ (peso proprio + carichi permanenti portati)
 $Q_k = 1.43 \times 6.00 = 8.58 \text{ kN/m}$ (carichi variabili da neve)

Verifiche allo Stato Limite Ultimo SLU a freddo:

Si eseguono le verifiche secondo lo Stato Limite Elastico.

È necessario risolvere lo schema statico di trave appoggiata soggetta alla combinazione di azioni prevista nelle verifiche allo stato limite ultimo:

$$F_d = \gamma_g G_k + \gamma_q Q_k = 1.4 \times 9.00 + 1.5 \times 8.58 = 25.47 \text{ kN/m}$$

$$T_{\max} = \frac{F_d \times l}{2} = \frac{25.47 \times 9.00}{2} = 114.61 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = \frac{F_d \times l^2}{8} = \frac{25.47 \times 9.00^2}{8} = 257.88 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione e dei materiali:

IPE 450	$W_{el} = 1500 \text{ cm}^3$	$J_x = 33740 \text{ cm}^4$
	$A_{vz} = 50.85 \text{ cm}^2$	$S/V = 163.0$ prospetto II – esposto 4 lati
Fe430	$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$	$\gamma_m = 1.0$ (Stato limite elastico)

La verifica a flessione semplice:

$$M_{Rd,el} = W_{el} \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = 1500 \times 10^3 \frac{275}{1.0} = 412.5 \times 10^6 \text{ Nmm} = 412.5 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,el} = 412.5 \text{ kNm} \geq M_{Sd} = 257.88 \text{ kNm} \quad \frac{M_{Sd}}{M_{Rd,el}} = 0.62$$

La verifica a taglio.

$$V_{Rd} = \frac{f_{yd}}{\gamma_m \sqrt{3}} A_v = \frac{275}{1.0 \sqrt{3}} \times 50.85 \times 10^2 = 807.35 \times 10^3 \text{ N} = 807.35 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 807.3 \text{ kN} \geq V_{Sd} = 114.61 \text{ kN} \quad \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} = 0.14$$

Verifiche allo Stato Limite Esercizio SLE a freddo:

$$f = \frac{5}{384} \frac{F_d \cdot l^4}{EJ} = \frac{5}{384} \frac{25.47 \times (9 \times 10^3)^4}{2.10 \times 10^5 \times 33740 \times 10^4} = 30.71 \text{ mm} = \frac{1}{293} l$$

Verifiche allo Stato Limite Ultimo SLU – Combinazione Eccezionale - Incendio:

È necessario risolvere lo schema statico di trave appoggiata soggetta alla combinazione di azioni prevista per lo scenario eccezionale:

$$F_{d,F} = G_k + Q_{1,k} + 0.7 Q_{2,k} =$$

$$= 9.00 + 0.7 \times 8.58 = 15.01 \text{ kN/m}$$

$$T_{\max,F} = \frac{F_{d,F} \times l}{2} = \frac{15.01 \times 9.00}{2} = 67.54 \text{ kN}$$

$$M_{\max,F} = \frac{F_{d,F} \times l^2}{8} = \frac{15.01 \times 9.00^2}{8} = 151.98 \text{ kNm}$$

$$\eta = \chi \frac{P}{P_u} = \frac{f_{y,\theta}}{f_y} \quad P_u = \psi_1 \psi_2 P_e \quad \chi = 0.85 \quad \psi_1 = 1.15 \quad \psi_2 = 1.00$$

$$\eta = 0.85 \frac{151.98}{1.15 \times 1.00 \times 412.5} = 0.272 = \frac{f_{y,\theta}}{f_y} \quad \rightarrow f_{y,\theta} = 0.272 \cdot f_y = 74.9 \text{ N/mm}^2$$

Dal nomogramma seguente si ha:

$$\theta = 599^\circ\text{C}$$

una Classe di resistenza al fuoco massima **R15**

