



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E MECCANICA
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

RELAZIONE COSTRUZIONI IN LEGNO

*Rete di drenaggio acque meteoriche
Quartiere “Le Albere” – Ex Parco Michelin (Trento)*

DOCENTI

Alberto Bellin

Maria Grazia Zanoni

STUDENTI

Nicola Meoli 225077

Luca Zorzi 227085

Anno accademico 2020/21

Indice

Elenco delle tabelle	3
Elenco delle figure	4
1 Introduzione	5
1.1 Premessa	5
2 Verifica degli elementi	6
2.1 Arcarecci	6
2.1.1 Flessione	6
2.1.2 Taglio	7
2.1.3 Freccia	7
3 Verifica dei collegamenti	8
3.1 Viti inclinate trave a doppia rastremazione e arcarecci	8
3.1.1 Resistenze caratteristiche R_k	8
3.1.2 Resistenze di progetto R_d e verifica	9
3.1.3 Distanze minime e distanze effettive	10

Elenco delle tabelle

Elenco delle figure

3.1 Schematizzazione della connessione tramite viti incrociate tra la trave rastremata e gli arcarecci	8
--	---

Introduzione

1.1 Premessa

Verifica degli elementi

2.1 Arcarecci

Dati di progetto per il legno lamellare $GL28h$, $\gamma_M = 1.45$:

Valori [MPa]			
$f_{m,k}$	28,0	$E_{0,mean}$	12 600
$f_{v,k}$	3,5	$E_{0,05}$	10 500
$f_{c,90,k}$	2,5	G_{mean}	650

Sezione di verifica: 160×200 mm

Classe di servizio 2: $k_{mod} = 0.9$

disegno, momento, taglio, sezione, ecc

2.1.1 Flessione

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} \quad (2.1)$$

La sollecitazione massima la si ha in mezzeria, pertanto è pari, avendo sezione rettangolare, a:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{M_d}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{9,63 \times 10^6 \text{ N mm}}{\frac{160 \cdot 200^2}{6} \text{ mm}^3} = 9,028 \text{ MPa}$$

Sebbene lo sbandamento sia impedito, pur tenendone conto si ha:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} \quad (2.2)$$

dove

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{se } \lambda_{rel,m} \leq 0.75 \\ 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} & \text{se } 0.75 \leq \lambda_{rel,m} \leq 1.4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{se } \lambda_{rel,m} \geq 0.75 \end{cases} = 1 \quad (2.3)$$

in cui

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28.0}{366.6}} = 0.276$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi}{l_{eff}} \frac{b^2}{h} E_{0.05} \sqrt{\frac{G_{mean}}{E_{mean}}} = \frac{\pi}{2615.9} \frac{160^2}{200} 10500 \sqrt{\frac{650}{12600}} = 366,6 \text{ MPa}$$

$$l_{eff} = \frac{l_t}{a_1 \left(1 - a_2 \frac{a_z}{l_t} \sqrt{\frac{B}{T}} \right)} = \frac{2500}{1.13 \left(1 - 1.44 \frac{100.0}{2500} \sqrt{\frac{860160000000.0}{119927927927.9}} \right)} = 2615,9 \text{ mm}$$

avendo preso $l_t = \frac{l}{2}$, $a_z = \frac{h}{2}$, i coefficienti di ribaltamento a_1, a_2 in base alla condizione di vincolo (tabella E.2 DIN 1052:2004) ed essendo B e T rispettivamente la rigidezza flessionale attorno all'asse z e torsionale di un rettangolo.

Quindi la resistenza di progetto vale

$$k_{crit} \cdot f_{m,d} = k_{crit} \cdot \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = 1 \cdot \frac{0.9 \cdot 28,0 \text{ MPa}}{1.45} = 17,379 \text{ MPa}$$

La verifica a flessione è pertanto soddisfatta

2.1.2 Taglio

Si deve avere

$$\tau_d \leq f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} \quad (2.4)$$

La resistenza a taglio vale quindi

$$f_{v,d} = \frac{0.9 \cdot 3,5 \text{ MPa}}{1.45} = 2,172 \text{ MPa}$$

mentre la sollecitazione massima che si ha agli appoggi vale

$$\tau_d = 1.5 \frac{V_d}{b_{eff} \cdot h} = \frac{7,704 \times 10^3 \text{ N}}{114.3 \cdot 200 \text{ mm}^2} = 0,506 \text{ MPa}$$

in cui da normativa (C.4.4.8.1.9) per il legno lamellare

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = \frac{2.5}{f_{v,k}} \cdot b = \frac{2.5}{3.5} \cdot 160 = 114,3 \text{ mm}$$

La verifica a taglio è pertanto soddisfatta

2.1.3 Freccia

La freccia dovuta al contributo del momento flettente e del taglio, nel caso di semplice appoggio vale

$$w(q) = \frac{5}{384} \frac{q \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot J} + \chi \frac{1}{8} \frac{q \cdot l^2}{G_{mean} \cdot b \cdot h} \quad (2.5)$$

che, per un carico unitario e per una sezione rettangolare, assume il valore di riferimento

$$w(q = 1 \text{ kN m}^{-1}) = \frac{5}{384} \frac{1 \cdot 5000^4}{12600 \cdot 106,667 \times 10^6} + 1.2 \frac{1}{8} \frac{1 \cdot 5000^2}{650 \cdot 160 \cdot 200} = 6,235 \text{ mm} \quad (2.6)$$

Verifica dei collegamenti

3.1 Viti inclinate trave a doppia rastremazione e arcarecci

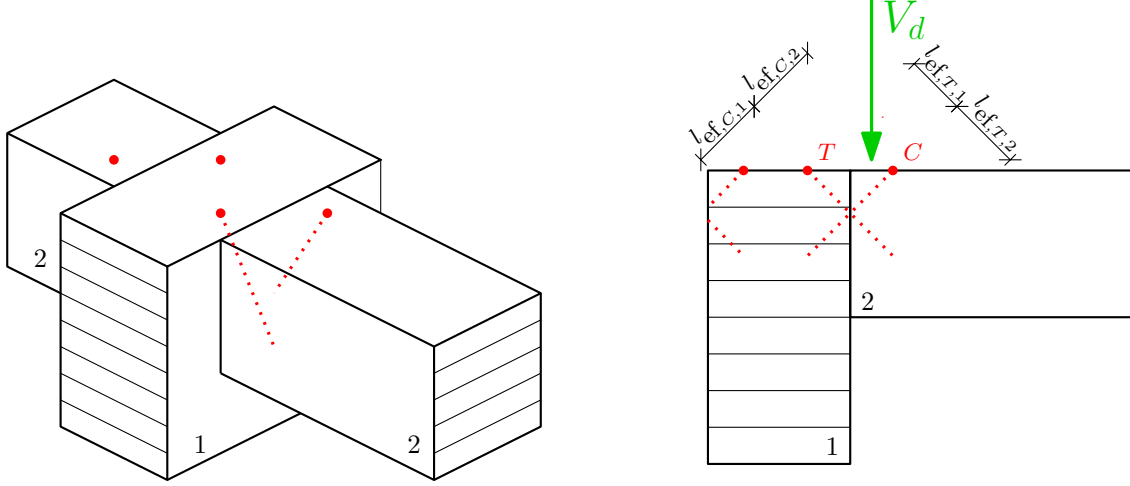


Figura 3.1: Schematizzazione della connessione tramite viti incrociate tra la trave rastremata e gli arcarecci

La connessione tra la trave a doppia rastremazione e ciascun arcareccio viene eseguita tramite due viti a tutto filetto. Entrambe le viti sono sottoposte a puro sforzo assiale ed essendo inclinate ad $\alpha = 45^\circ$ gli sforzi valgono

$$F_{traz} = F_{comp} = V^{arcareccio} \cos(\alpha) = 7704 \text{ N} \cos 45^\circ = 5447,6 \text{ N} \quad (3.1)$$

Per la vite sottoposta a sola trazione si tengono conto dei modi di rottura per trazione del materiale acciaio e della rottura per estrazione della vite lato elemento principale 1 e lato elemento secondario 2. Per la vite sottoposta a sola compressione si tiene conto della rottura per estrazione nei due elementi, e della rottura a instabilità per carico di punta a compressione. Infine si tengono conto delle distanze minime dal bordo e dalle estremità .

3.1.1 Resistenze caratteristiche R_k

Rottura acciaio

$$F_{ax,Rk}^{acciaio} = 0.9 A_{res} f_{u,k} = 0.9 \frac{\pi d_1^2}{4} f_{u,k} = \frac{\pi (6,2 \text{ mm})^2}{4} 600 \text{ MPa} = 16 303,0 \text{ N} \quad (3.2)$$

Estrazione elemento 1

$$F_{ax,Rk}^{estr.1} = \frac{f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}^i \cdot k_d \cdot n_{ef}}{1,2 \cos^2 \alpha_{f-v} + \sin^2 \alpha_{f-v}} = \frac{13,44 \cdot 10 \cdot 80 \cdot 1 \cdot 1}{1,2 \cos^2 90 + \sin^2 90} = 10 752,2 \text{ N} \quad (3.3)$$

dove

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0.5} \cdot l_{ef}^{-0.1,i} \cdot \rho_k^{0.8,i} = 0,52 \cdot 10^{-0.5} \cdot 80^{-0.1} \cdot 425^{0.8} = 13,44 \text{ MPa}$$

$$k_d = \min \left(\frac{d}{8}; 1 \right) = \min \left(\frac{10}{8}; 1 \right) = 1$$

$$\alpha_{f-v} = 90^\circ \quad \text{angolo tra la direzione delle fibre e la vite}$$

$$n_{ef} = n^{0.9} = 1$$

Estrazione elemento 2

$$F_{ax,Rk}^{estr.2} = \frac{f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}^i \cdot k_d \cdot n_{ef}}{1,2 \cos^2 \alpha_{f-v} + \sin^2 \alpha_{f-v}} = \frac{13,44 \cdot 10 \cdot 80 \cdot 1 \cdot 1}{1,2 \cos^2 45 + \sin^2 45} = 9774,7 \text{ N} \quad (3.4)$$

dove

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0.5} \cdot l_{ef}^{-0.1,i} \cdot \rho_k^{0.8,i} = 0,52 \cdot 10^{-0.5} \cdot 80^{-0.1} \cdot 425^{0.8} = 13,44 \text{ MPa}$$

$$k_d = \min\left(\frac{d}{8}; 1\right) = \min\left(\frac{10}{8}; 1\right) = 1$$

$$\alpha_{f-v} = 45^\circ$$

$$n_{ef} = n^{0.9} = 1$$

Instabilità

$$F_{ax,Rk}^{buck} = k_c \cdot N_{pl,k} = 0,735 \cdot 18\,114,4 \text{ N} = 13\,313,9 \text{ N} \quad (3.5)$$

dove

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{se } \bar{\lambda}_k \leq 0.2 \\ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \bar{\lambda}_k^2}} & \text{se } \bar{\lambda}_k > 0.2 \end{cases} = 0,735$$

$$N_{pl,k} = \frac{\pi d_1^2}{4} f_{y,k} = \frac{\pi (6,2 \text{ mm})^2}{4} 600 \text{ MPa} = 18\,114,4 \text{ N}$$

in cui

$$k = 0.5 \left[1 + 0.49 (\bar{\lambda}_k - 0.2) + \bar{\lambda}_k^2 \right] = 0.5 \left[1 + 0.49 (0.683 - 0.2) + 0.683^2 \right] = 0,8519$$

$$\bar{\lambda}_k = \sqrt{\frac{N_{pl,k}}{N_{ki,k}}} = \sqrt{\frac{18\,114,4 \text{ N}}{38\,795,7 \text{ N}}} = 0,683$$

$$N_{ki,k} = \sqrt{c_h E_s I_s} = \sqrt{98,81 \cdot 210\,000 \cdot 72,533} = 38\,795,7 \text{ N}$$

$$c_h = (0.19 + 0.012 d) \rho_k^i \frac{90^\circ + \alpha_{f-v}^i}{180^\circ} = (0.19 + 0.012 d) 425 \frac{90 + 45}{180} = 98,81$$

in cui si è preso il minore tra le due combinazioni di α_{f-v} e ρ_k

$$E_s = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$I_s = \frac{\pi d_1^4}{64} = \frac{\pi 6,2^4}{64} = 72,533 \text{ mm}^4$$

3.1.2 Resistenze di progetto Rd e verifica

$$F_{ax,Rd}^{acciaio} = \frac{F_{ax,Rk}^{acciaio}}{\gamma_{M2}} = \frac{16\,303,0 \text{ N}}{1.25} = 13\,042,4 \text{ N} \quad (3.6)$$

$$F_{ax,Rd}^{estr.1} = \frac{k_{mod} \cdot F_{ax,Rk}^{estr.1}}{\gamma_M} = \frac{0.9 \cdot 10\,752,2 \text{ N}}{1.25} = 6451,3 \text{ N} \quad (3.7)$$

$$F_{ax,Rd}^{estr.2} = \frac{k_{mod} \cdot F_{ax,Rk}^{estr.2}}{\gamma_M} = \frac{0.9 \cdot 9774,7 \text{ N}}{1.25} = 5864,8 \text{ N} \quad (3.8)$$

$$F_{ax,Rd}^{buck} = \frac{F_{ax,Rk}^{buck}}{\gamma_{M1}} = \frac{13\,313,9 \text{ N}}{1.05} = 12\,679,9 \text{ N} \quad (3.9)$$

Avendo una sola vite per tipologia di sollecitazione $n_{ef} = 1$, quindi le resistenze del singolo connettore corrispondono alle resistenze totali della connessione. Per la sollecitazione di trazione si deve avere

$$\min[\text{eqq. (3.6), (3.7), (3.8)}] = 5864,8 \text{ N} > F_{traz} = 5447,6 \text{ N};$$

mentre per quella di compressione

$$\min[\text{eqq. (3.7), (3.8), (3.9)}] = 5864,8 \text{ N} > F_{comp} = 5447,6 \text{ N}.$$

Le verifiche sono pertanto soddisfatte.

3.1.3 Distanze minime e distanze effettive