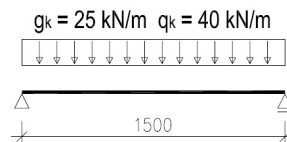


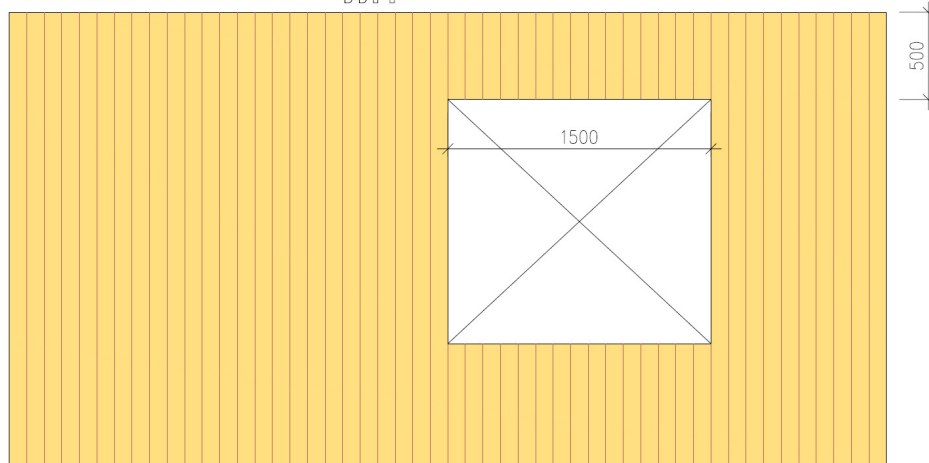
Aukkopalkin kestävyys

1.0 Kuormitus

Aukkopalkin ominaiskuormat on esitetty alla olevassa kuvassa. Tarkastellaan palkkia yksiaukkoisena nivelpäisenä palkkina. Seuraamusluokka on CC2 → $K_{FI} = 1,0$ (ei esitetä laskelmassa). Tässä laskelmassa tarkastetaan vain yksi kuormitustapaus. Myös muut kuormitustapaukset tulee tarkastaa.

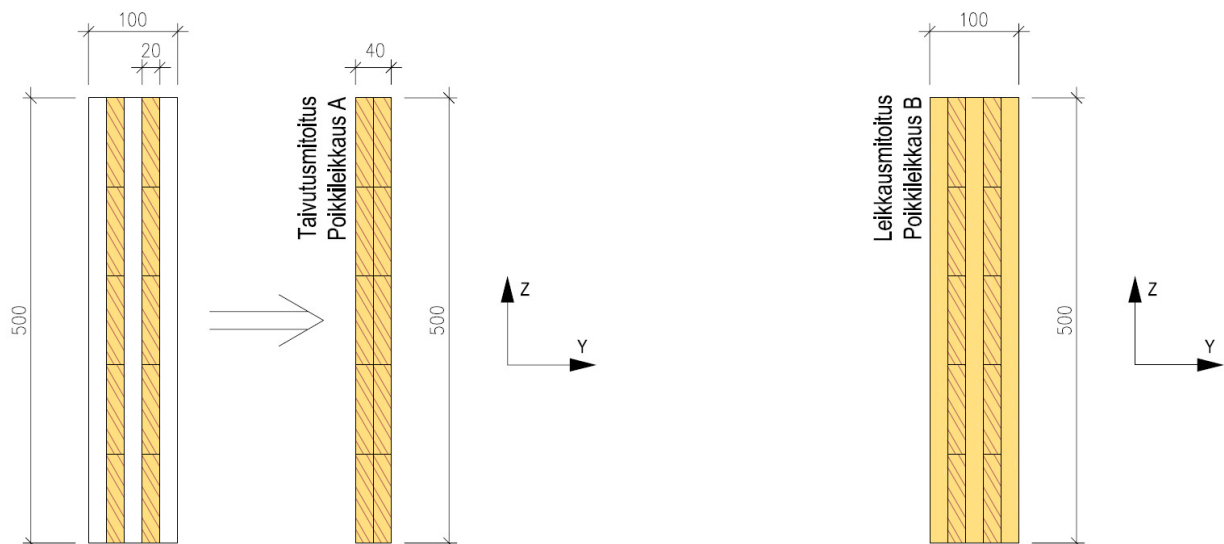


CrossLam Kuhmo CLT - Tyyppi G7



2.0 Poikkileikkaus

CrossLam Kuhmo CLT-palkin taivutuskestävyys mitoitetaan palkin jännevälän suuntaisten lamellien avulla ja leikkauskestävyys palkin bruttopoikkileikkauksen avulla. Leikkauslujuutena käytetään kyseiselle CLT-levylle määritettyä leikkauslujuutta $f_{v,k}$ (ks. osa 1 taulukko 3).



2.1 Tehollinen jäyhyysmomentti

$$b_{ef} = 20 + 20 = 40 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$I_{ef,y} = \frac{b_{ef} \cdot h^3}{12} = \frac{40 \cdot 500^3}{12} = 0,417 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

2.2 Tehollinen taivutusvastus

$$b_{ef} = 20 + 20 = 40 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$W_{ef,y} = \frac{b_{ef} \cdot h^2}{6} = \frac{40 \cdot 500^2}{6} = 1,67 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

2.3 Poikkileikkausala leikkausmitoituksessa

$$k_{cr} = 1,0 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - halkeilukerroin)}$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$A = k_{cr} \cdot b \cdot h = 1,0 \cdot 100 \cdot 500 = 50000 \text{ mm}^2$$

3.0 Taivutuskestävyys

$$k_{mod} = 0,8 \text{ (keskipitkä aikaluokka / käyttöluokka 1)}$$

$$\gamma_M = 1,25 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - materiaalin osavarmuusluku)}$$

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin taivutuslujuus)}$$

$$M_{y,d} = \frac{(1,15 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k) \cdot L^2}{8} = \frac{(1,15 \cdot 25 + 1,5 \cdot 40) \cdot 1,5^2}{8} = 25,0 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{ef,y}} = \frac{25,0 \cdot 10^6}{1,67 \cdot 10^6} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_{m,k} = \frac{0,8}{1,25} \cdot 24,0 = 15,4 \text{ N/mm}^2 > 15,0 \text{ N/mm}^2 \text{ (käyttöaste 97 \%) OK}$$

4.0 Leikkauskestävyys

CrossLam Kuhmo CLT-palkin leikkausvoimaa ei saa pienentää tukien läheisyydessä (V_{red} käyttö kielletty).

$$k_{mod} = 0,8 \text{ (keskipitkä aikaluokka / käyttöluokka 1)}$$

$$\gamma_M = 1,25 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - materiaalin osavarmuusluku)}$$

$$f_{v,k} = 3,2 \text{ N/mm}^2 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - Tyyppi C7 - leikkauslujuus syrjällään, ks. osa 1 taulukko 3)}$$

$$V_d = \frac{(1,15 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k) \cdot L}{2} = \frac{(1,15 \cdot 25 + 1,5 \cdot 40) \cdot 1,5}{2} = 67,0 \text{ kN}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{67000}{50000} = 2,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_{v,k} = \frac{0,8}{1,25} \cdot 3,2 = 2,05 \text{ N/mm}^2 > 2,0 \text{ N/mm}^2 \text{ (käyttöaste 98 \%) OK}$$

5.0 Taipuma

$E_{0,mean} = 11500 \text{ N/mm}^2$ (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin kimmomoduuli)

$k_{def} = 0,6$ (CrossLam Kuhmo CLT - virumakerroin syrjällään taivutuksessa)

$\psi_2 = 0,3$ (tässä esimerkissä)

$$w_{inst,g} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I_{ef,y}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{25 \cdot 1500^4}{11500 \cdot 0,417 \cdot 10^9} = 0,34 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I_{ef,y}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{40 \cdot 1500^4}{11500 \cdot 0,417 \cdot 10^9} = 0,55 \text{ mm}$$

$$\Sigma w_{inst} = 0,34 + 0,55 = 0,89 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \cdot w_{inst,q} = 0,34 \cdot (1 + 0,6) + (1 + 0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,55 = 1,2 \text{ mm}$$

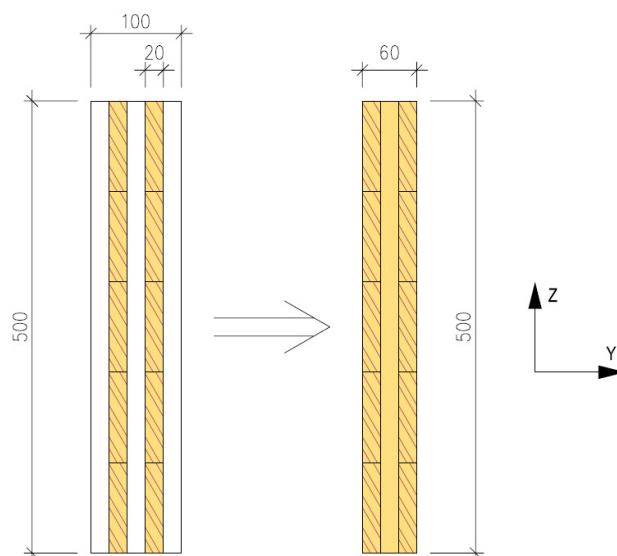
$$\Sigma w_{fin} = 1,2 \text{ mm} < L / 300 \text{ (5,0 mm) (käyttöaste 24 \%)} \text{ OK}$$

6.0 Kiepahduskestävyys

Tavallisesti aukkopalkki on kiepahdustuettu esimerkiksi vaakarakenteen avulla. Mikäli palkki ei ole kiepahdustuettu, tulee kiepahduskestävyys tarkastaa. Tarkastetaan seuraavassa palkin kiepahduskestävyys tapaukselle, jossa kiepahdustuenta ei ole. Kriittinen taivutusjännitys määritetään RIL 205-1-2009 kaavalla 6.31 (kaavan 6.31.1S käyttö kielletty).

6.1 Poikkileikkaus

CrossLam Kuhmo CLT-palkin kiepahduskestävyys tarkastetaan alla olevassa kuvassa esitetyn poikkileikkauksen avulla.



6.2 Tehollinen kiepahduspituus

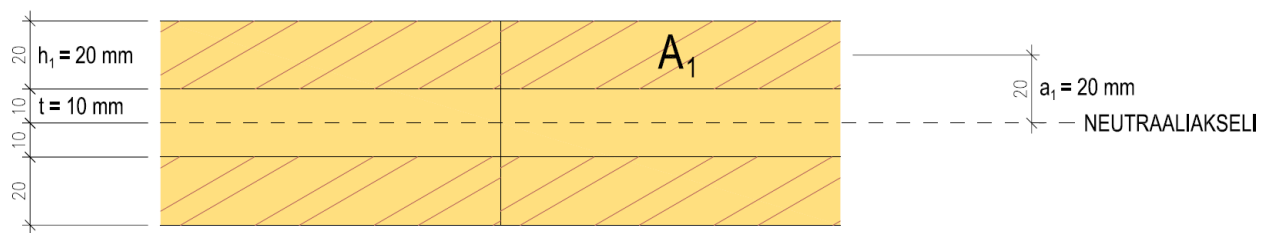
Palkkia ei ole kiepahdustuettu, joten kiepahduspituus on koko ikkuna-aukon leveys (1500 mm). Kuorma sijaitsee palkin yläreunassa, joten tehollista kiepahduspituutta tulee suurentaa mitalla $2h$.

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$\frac{\ell_{ef}}{\ell} = 0,9 \text{ (tasainen kuorma)}$$

$$\ell_{ef} = 0,9 \cdot \ell + 2 \cdot h = 0,9 \cdot 1500 + 2 \cdot 500 = 2350 \text{ mm}$$

6.3 Tehollinen jäyhyysmomentti Z-akselin suhteen



$$E_{0,mean} = 11500 \text{ N/mm}^2 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin kimmomoduuli)}$$

$$G_{R,mean} = 65 \text{ N/mm}^2 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin tasoleikkauksen liukumoduuli)}$$

$$\ell_{ef} = 2350 \text{ mm (tehollinen kiepahduspituus)}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm (palkin korkeus)}$$

$$h_1 = 20 \text{ mm}$$

$$a_1 = 20 \text{ mm}$$

$$A_1 = b \cdot h_1 = 500 \cdot 20 = 10000 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot E_{0,mean} \cdot A_1 \cdot t}{\ell_{ef}^2 \cdot G_{R,mean} \cdot b} \right)} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot 11500 \cdot 10000 \cdot 10}{2350^2 \cdot 65 \cdot 500} \right)} = 0,940523$$

$$I_{z,1} = \frac{b \cdot h_1^3}{12} + \gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = \frac{500 \cdot 20^3}{12} + 0,940523 \cdot 10000 \cdot 20^2 = 4095425 \text{ mm}^4$$

$$I_{ef,z} = 2 \cdot I_{z,1} = 2 \cdot 4095425 = 8190850 \text{ mm}^4$$

6.4 Taivutusvastus Y-akselin suhteen

ks. kohta 2.2

$$W_{ef,y} = 1,67 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

6.5 Vääntöjäyhyysmomentti

$$b_{ef} = 60 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$I_{tor} = \frac{h \cdot b_{ef}^3 \cdot \left(1 - 0,63 \cdot \frac{b_{ef}}{h}\right)}{3} = \frac{500 \cdot 60^3 \cdot \left(1 - 0,63 \cdot \frac{60}{500}\right)}{3} = 3,3 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

6.6 Kriittinen taivutusjännitys

$$E_{0,mean} = 11500 \text{ N/mm}^2 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin kimmomoduuli)}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ N/mm}^2 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin kimmomoduuli)}$$

$$G_{0,05} = 460 \text{ N/mm}^2 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin liukumoduuli)}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_{ef,z} \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{ef} \cdot W_{ef,y}} = \frac{\pi \cdot \sqrt{7400 \cdot 8190850 \cdot 460 \cdot 3,3 \cdot 10^7}}{2350 \cdot 1,67 \cdot 10^6} = 24,3 \text{ N/mm}^2$$

6.7 Jännitystarkastus

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin taivutuslujuus)}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24,0}{24,3}} = 0,99$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \cdot 0,99 = 0,82$$

$$f_{m,d} = 15,4 \text{ N/mm}^2 \text{ (kohdasta 3.0)}$$

$$k_{crit} \cdot f_{m,d} = 0,82 \cdot 15,4 = 12,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = 15,0 \text{ N/mm}^2 \text{ (kohdasta 3.0)}$$

$$\sigma_{m,y,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} \text{ (mitoitusehto)} \Rightarrow 15,0 \text{ N/mm}^2 > 12,6 \text{ N/mm}^2 \text{ (käyttöaste 119 \%)} \text{ **YLITTYY**}$$

Palkki tarvitsee kiepahdustuennan

Lisätiedot

- Tuotesertifikaatti VTT-C-11272-14
- RIL 205-1-2009 CrossLam Kuhmo CLT päivitys
- EN 1995-1-1 + kansalliset liitteet
- EN 338