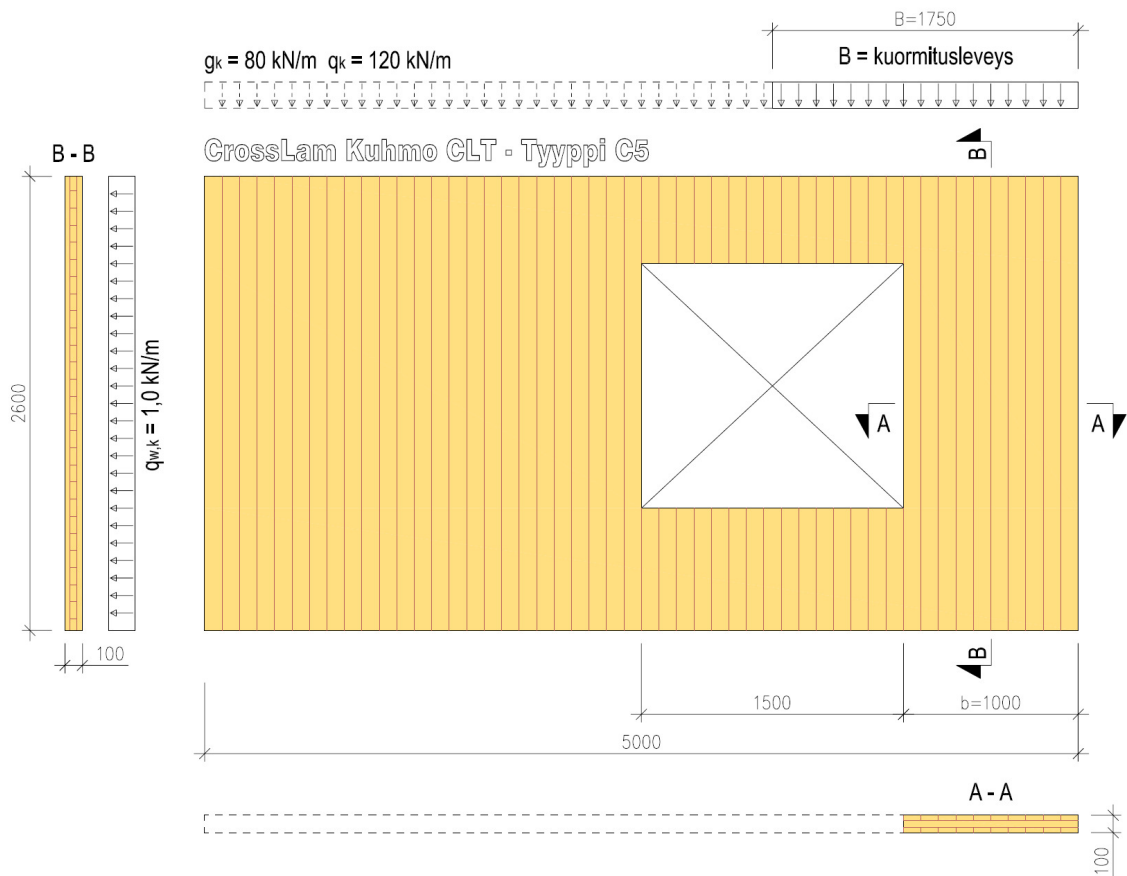


Seinän nurjahduskestävyys

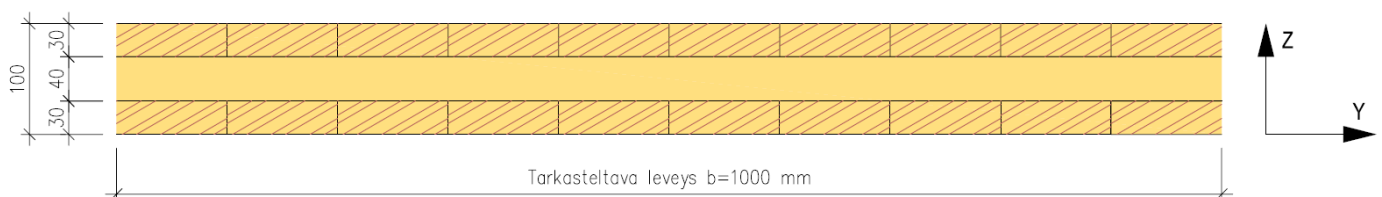
1.0 Kuormitus

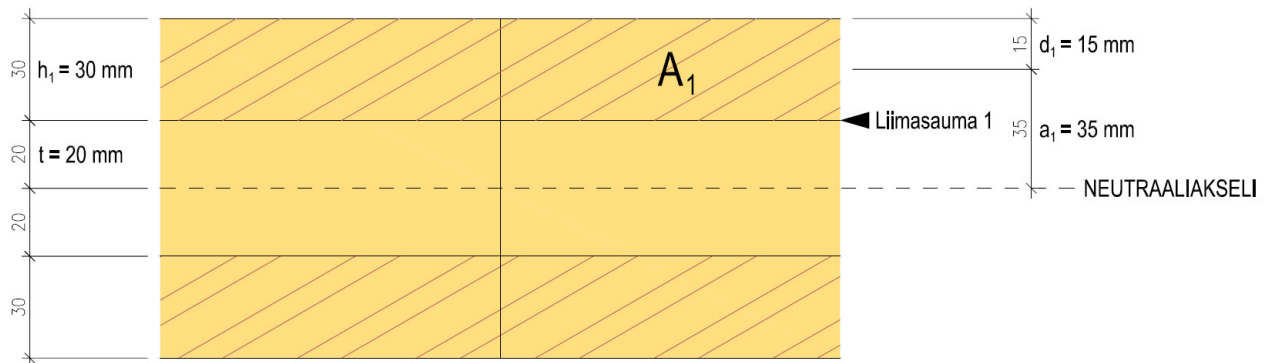
Seinän ominaiskuormat on esitetty alla olevassa kuvassa. Tarkastetaan ikkuna-aukon pielessä olevan 1000 mm leveän seinän osan nurjahduskestävyys nivelpäisenä seinärakenteena. Seuraamusluokka on CC2 → $K_{FI} = 1,0$ (ei esitetä laskelmassa). Tässä laskelmassa tarkastetaan vain yksi kuormitustapaus. Myös muut kuormitustapaukset tulee tarkastaa.



2.0 Poikkileikkaus

CrossLam Kuhmo CLT-seinän nurjahduskestävyys mitoitetaan seinän pystysuuntaisten lamellien avulla (vaaka-suuntaisia lamelleja ei huomioida mitoituksessa). Vaakasuuntaiset lamellit kuormittuvat kohtisuorassa suunnassa syysuuntaa vastaan, joten ne aiheuttavat pystysuuntaisten lamellien välille liukumaa. Liukuma alentaa poikkileikkauksen taivutusjäykkyyttä, joten poikkileikkaukselle tulee määrittää teholliset poikkileikkausvakiot. Seuraavassa esitetty tehollisen jäykkyyden mitoitusmenetelmä pätee, kun CLT-levyssä on **enintään viisi** lamellikerrosta.





2.1 Tehollinen jäyhyysmomentti

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

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

$L = 2600 \text{ mm}$ (seinän korkeus)

$b = 1000 \text{ mm}$ (tarkasteltavan poikkileikkauksen leveys)

$t = 20 \text{ mm}$

$h_1 = 30 \text{ mm}$

$a_1 = 35 \text{ mm}$

$d_1 = 15 \text{ mm}$

$$A_1 = b \cdot h_1 = 1000 \cdot 30 = 30000 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot E_{0,mean} \cdot A_1 \cdot t}{L^2 \cdot G_{R,mean} \cdot b} \right)} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot 11500 \cdot 30000 \cdot 20}{2600^2 \cdot 65 \cdot 1000} \right)} = 0,865812$$

$$I_{y,1} = \frac{b \cdot h_1^3}{12} + \gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = \frac{1000 \cdot 30^3}{12} + 0,865812 \cdot 30000 \cdot 35^2 = 34068591 \text{ mm}^4$$

$$I_{ef,L} = 2 \cdot I_{y,1} = 2 \cdot 34068591 = 68137182 \text{ mm}^4$$

2.2 Tehollinen taivutusvastus

$$W_{ef,L} = \frac{I_{ef,L}}{\gamma_1 \cdot a_1 + d_1} = \frac{68137182}{0,865812 \cdot 35 + 15} = 1504019 \text{ mm}^3$$

2.3 Tehollinen staattinen momentti

$$S_{ef,1} = A_1 \cdot \gamma_1 \cdot a_1 = 30000 \cdot 0,865812 \cdot 35 = 909103 \text{ mm}^3$$

2.4 Tehollinen pinta-ala

$$A_{ef} = 2 \cdot A_1 = 2 \cdot 30000 = 60000 \text{ mm}^2$$

3.0 Nurjahduskestävyys

$L_{c,z} = 2600$ mm (nurjahduspituus Z-akselin suuntaan)

$k_{mod} = 1,1$ (hetkellinen aikaluokka / käyttöluokka 1)

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

$f_{c,0,k} = 21,0$ N/mm² (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin puristuslujuus)

$f_{m,k} = 24,0$ N/mm² (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin taivutuslujuus)

$E_{0,mean} = 11500$ N/mm² (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin kimmomoduuli)

$E_{0,05} = 7400$ N/mm² (CrossLam Kuhmo CLT - lamellin kimmomoduuli)

$\beta_c = 0,1$ (CrossLam Kuhmo CLT - alkukäyräkerroin)

$$k_{sys} = \min \begin{cases} 1 + 0,025 \cdot n \\ 1,2 \end{cases} \quad (\text{CrossLam Kuhmo CLT - kuormanjakoluku})$$

$n =$ vierekkäisten lamellien määrä tarkasteltavassa poikkileikkauksessa

$n = 10$ kpl tässä esimerkkilaskelmassa

$k_{sys} = 1,2$ tässä esimerkkilaskelmassa

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{ef,L}}{A_{ef}}} = \sqrt{\frac{68137182}{60000}} = 33,7 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y} = \frac{2600}{33,7} = 77,2$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{77,2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21,0}{7400}} = 1,31$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,31 - 0,3) + 1,31^2) = 1,41$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \leq 1 = \frac{1}{1,41 + \sqrt{1,41^2 - 1,31^2}} = 0,52 \leq 1$$

Ikkuna-aukon kohdalta tarkasteltavalle leveydelle b kerääntyvä kuormitus huomioidaan käyttämällä kuormitusleveyttä $B=1750$ mm

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{B}{b} \cdot \frac{(1,15 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k)}{A_{ef}} = \frac{1750}{1000} \cdot \frac{(1,15 \cdot 80000 + 1,5 \cdot 120000)}{60000} = 7,9 \text{ N/mm}^2$$

Tässä esimerkissä tuulikuorman yhdistelykerroin $\psi_0 = 0,6$

$$M_{y,d} = \frac{B}{b} \cdot \frac{(1,5 \cdot \psi_0 \cdot q_{w,k}) \cdot L^2}{8} = \frac{1750}{1000} \cdot \frac{(1,5 \cdot 0,6 \cdot 1,0) \cdot 2,6^2}{8} = 1,3 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{ef,L}} = \frac{1,3 \cdot 10^6}{1504019} = 0,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_{c,0,k} = \frac{1,1}{1,25} \cdot 21,0 = 18,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_{m,k} \cdot k_{sys} = \frac{1,1}{1,25} \cdot 24,0 \cdot 1,2 = 25,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{7,9}{0,52 \cdot 18,5} + \frac{0,9}{25,3} = 0,86 < 1 \text{ (käyttöaste 86 \%) OK}$$

4.0 Leikkauskestävyys liimasaumassa 1

Poikittaislamellin leikkausjännitys voidaan olettaa samaksi koko lamellin korkeudella, joten liimasaumassa 1 on sama leikkausjännitys kuin neutraaliakselilla.

$$k_{\text{mod}} = 1,1 \text{ (hetkellinen aikaluokka / käyttöluokka 1)}$$

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

$$f_{R,k,0^\circ} = 0,71 \text{ N/mm}^2 \text{ (CrossLam Kuhmo CLT - Tyyppi C5 - tasoleikkauslujuus, ks. osa 1 taulukko 2)}$$

$$V_d = \frac{B}{b} \cdot \frac{(1,5 \cdot \psi_0 \cdot q_{w,k}) \cdot L}{2} = \frac{1750}{1000} \cdot \frac{(1,5 \cdot 0,6 \cdot 1,0) \cdot 2,6}{2} = 2,048 \text{ kN}$$

$$\tau_d = \frac{V_d \cdot S_{ef,1}}{I_{ef,L} \cdot b} = \frac{2048 \cdot 909103}{68137182 \cdot 1000} = 0,03 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{R,d,0^\circ} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{R,k,0^\circ} = \frac{1,1}{1,25} \cdot 0,71 = 0,62 \text{ N/mm}^2 > 0,03 \text{ N/mm}^2 \text{ (käyttöaste 5 \%)} \text{ OK}$$

5.0 Taipuma

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

$$u_{inst,w} = \frac{5}{384} \cdot \frac{B}{b} \cdot \frac{(\psi_0 \cdot q_{w,k}) \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I_{ef,L}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1750}{1000} \cdot \frac{(0,6 \cdot 1,0) \cdot 2600^4}{11500 \cdot 68137182} = 0,8 \text{ mm}$$

$$u_{inst,w} = 0,8 \text{ mm} < L / 300 \text{ (8,7 mm)} \text{ (käyttöaste 9 \%)} \text{ OK}$$

Lisätiedot

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

Laskelman tekijä ei vastaa laskelman mahdollisista virheistä ja niistä aiheutuneista vahingoista laskelman käyttäjälle ja mahdolliselle kolmannelle osapuolelle. Laskelman käyttäjä käyttää laskelmaa omalla vastuulla ja on itse vastuussa tulosten oikeellisuudesta.