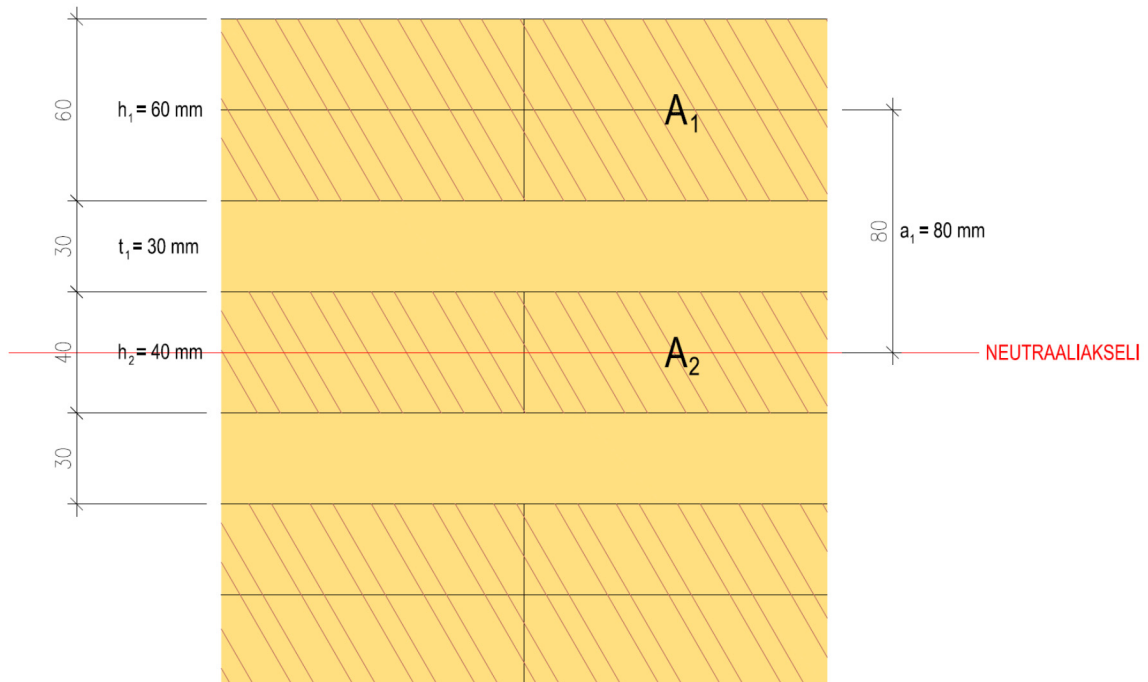


Moduuli 5

Kotitehtävä 25_VASTAUS (5 pistettä)

30.10.2015

1.0 Tehollinen jäyhyysmomentti suunnassa L (1,0 p)



$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{R,mean} = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\ell_{ef} = 5300 \text{ mm}$$

$$t_1 = 30 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h_1 = 60 \text{ mm}$$

$$h_2 = 40 \text{ mm}$$

$$a_1 = 80 \text{ mm}$$

$$A_1 = b \cdot h_1 = 1000 \cdot 60 = 60000 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot E_{0,mean} \cdot A_1}{\ell_{ef}^2 \cdot G_{R,mean} \cdot b} \cdot \frac{t_1}{G_{R,mean} \cdot b} \right)} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot 11000 \cdot 60000}{5300^2} \cdot \frac{30}{50 \cdot 1000} \right)} = 0,8779$$

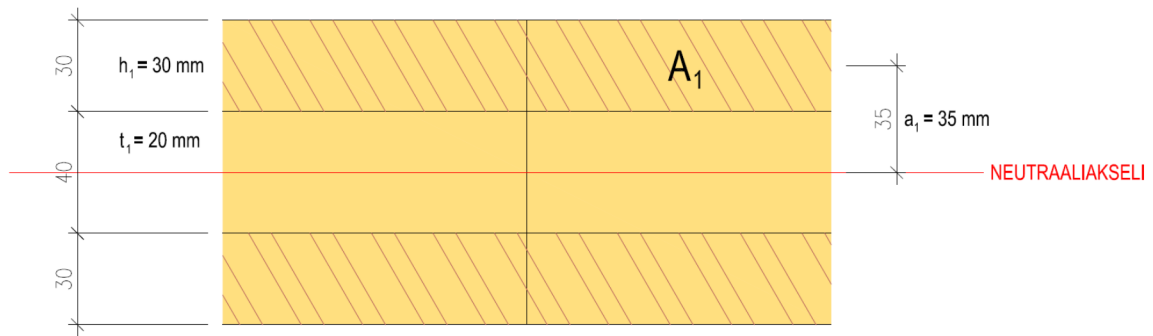
$$I_{y,1} = \frac{b \cdot h_1^3}{12} + \gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = \frac{1000 \cdot 60^3}{12} + 0,8779 \cdot 60000 \cdot 80^2 = 3,551 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_{y,2} = \frac{b \cdot h_2^3}{12} = \frac{1000 \cdot 40^3}{12} = 5,333 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{ef,L} = 2 \cdot I_{y,1} + I_{y,2} = 2 \cdot 3,551 \cdot 10^8 + 5,333 \cdot 10^6 = 7,16 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 = 7,16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$(EI_{ef})_L = 11000 \cdot 10^6 \cdot 7,16 \cdot 10^{-4} = 7876000 \text{ Nm}^2$$

2.0 Tehollinen jäyhyysmomentti suunnassa B (1,0 p)



$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{R,mean} = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\ell_{ef} = 2400 \text{ mm}$$

$$t_1 = 20 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h_1 = 30 \text{ mm}$$

$$a_1 = 35 \text{ mm}$$

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

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot E_{0,mean} \cdot A_1}{\ell_{ef}^2 \cdot G_{R,mean} \cdot b} \cdot \frac{t_1}{b} \right)} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot 11000 \cdot 30000}{2400^2 \cdot 50 \cdot 1000} \cdot \frac{20}{1000} \right)} = 0,8155$$

$$I_{y,1} = \frac{b \cdot h_1^3}{12} + \gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = \frac{1000 \cdot 30^3}{12} + 0,8155 \cdot 30000 \cdot 35^2 = 3,222 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{ef,B} = 2 \cdot I_{y,1} = 2 \cdot 3,222 \cdot 10^7 = 6,44 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 = 6,44 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$(EI_{ef})_B = 11000 \cdot 10^6 \cdot 6,44 \cdot 10^{-5} = 708400 \text{ Nm}^2$$

3.0 Ominäistäajuus (1,0 p)

Käytetään yhteen suuntaan kantavan laatan kaavoja, koska välipohja on elementtirakenteinen

$$\text{Omapaino } m_{g,CLT} = 112 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Omapaino } m_{g,betoni} = 153 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Omapaino } m_{g,muut} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Hyötykuorman pysyväosa } m_{g,hyöty} = 30 \text{ kg/m}^2$$

$$\Sigma m = 315 \text{ kg/m}^2$$

$$I_{y,betoni} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{1000 \cdot 60^3}{12} = 1,8 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$(EI)_{betoni} = 20000 \cdot 10^6 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} = 360000 \text{ Nm}^2$$

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{(EI_{ef})_L + (EI)_{betoni}}{m}} = \frac{\pi}{2 \cdot 5,3^2} \cdot \sqrt{\frac{7876000 + 360000}{315}} = 9 \text{ Hz} \geq 9 \text{ Hz OK}$$

4.0 Taipuma 1 kN:n pistekuormasta, kun lattiarakenteen leveys B = 2,4 m (CLT + Betoni) (1,0 p)

$F = 1,0 \text{ kN}$

$s = 1,0 \text{ m}$ (tarkasteltavan poikkileikkauksen leveys b)

Huoneen suurin mitta on $> 6 \text{ m} \Rightarrow$ taipumarajaa ei voida korottaa

Lattiarakenteen leveys $B = 2,4 \text{ m}$ (CLT-levyn hyötyleveys)

Välipohjan jänneväli $L = 5,3 \text{ m}$

$$k_s = \sqrt[4]{\frac{(EI_{ef})_B + (EI)_{betoni}}{(EI_{ef})_L + (EI)_{betoni}}} = \sqrt[4]{\frac{708400 + 360000}{7876000 + 360000}} = 0,60 > \frac{B}{L} = \frac{2,4}{5,3} = 0,45 \Rightarrow k_s = 0,45$$

$$\min \begin{cases} \delta = \frac{F \cdot L^2}{42 \cdot k_s \cdot [(EI_{ef})_L + (EI)_{betoni}]} = \frac{1000 \cdot 5,3^2}{42 \cdot 0,45 \cdot [7876000 + 360000]} = 0,18 \text{ mm} \leq 0,5 \text{ mm OK} \\ \delta = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot s \cdot [(EI_{ef})_L + (EI)_{betoni}]} = \frac{1000 \cdot 5,3^3}{48 \cdot 1,0 \cdot [7876000 + 360000]} = 0,38 \text{ mm} \end{cases}$$

Välipohja täyttää Suomen värähtelymitoituskriteerit

5.0 Taipuma 1 kN:n pistekuormasta, kun lattiarakenteen leveys B = 7,2 m (Betoni) (1,0 p)

$F = 1,0 \text{ kN}$

$s = 1,0 \text{ m}$ (tarkasteltavan poikkileikkauksen leveys b)

Huoneen suurin mitta on $> 6 \text{ m} \Rightarrow$ taipumarajaa ei voida korottaa

Lattiarakenteen leveys $B = 7,2 \text{ m}$ (välipohjan leveys)

Välipohjan jänneväli $L = 5,3 \text{ m}$

$$k_s = \sqrt[4]{\frac{(EI)_{betoni}}{(EI_{ef})_L + (EI)_{betoni}}} = \sqrt[4]{\frac{360000}{7876000 + 360000}} = 0,45 < \frac{B}{L} = \frac{7,2}{5,3} = 1,36 \Rightarrow k_s = 0,45$$

$$\min \begin{cases} \delta = \frac{F \cdot L^2}{42 \cdot k_s \cdot [(EI_{ef})_L + (EI)_{betoni}]} = \frac{1000 \cdot 5,3^2}{42 \cdot 0,45 \cdot [7876000 + 360000]} = 0,18 \text{ mm} \leq 0,5 \text{ mm OK} \\ \delta = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot s \cdot [(EI_{ef})_L + (EI)_{betoni}]} = \frac{1000 \cdot 5,3^3}{48 \cdot 1,0 \cdot [7876000 + 360000]} = 0,38 \text{ mm} \end{cases}$$

Välipohja täyttää Suomen värähtelymitoituskriteerit