

Moduuli 2

Kotitehtävä 11_VASTAUS (5 pistettä)

11.12.2018

1.0 Naulan kestävyys (0,5 p)

Naulan paksuus $2,5 \text{ mm} \leq 0,5 \cdot t \Rightarrow \text{OK}$

Naulan tunkeuma palkkiin $42 \text{ mm} \geq 12 \cdot d \Rightarrow \text{OK}$

$$k_{\rho} = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}} = \sqrt{\frac{480}{350}} = 1,17$$

$$k_{\ell} = \left(0,5 + \frac{t}{12 \cdot d}\right) \cdot k_{\rho} = \left(0,5 + \frac{18}{12 \cdot 2,5}\right) \cdot 1,17 = 1,287 \leq 1,2 \cdot k_{\rho} \Rightarrow \text{OK}$$

$$R_k = 120 \cdot d^{1,7} = 120 \cdot 2,5^{1,7} = 569,7 \text{ N}$$

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_{M, \text{liitos}}} \cdot k_{\ell} \cdot R_k \cdot \min \left[\frac{1}{\frac{t_2}{12 \cdot d}} = \frac{1,1}{1,3} \right] = 1,1 \cdot 1,287 \cdot 569,7 \cdot 1 = 620 \text{ N}$$

2.0 Naulan siirtymäkerroin (0,25 p)

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m, \text{palkki}} \cdot \rho_{m, \text{levy}}} = \sqrt{510 \cdot 460} = 484,4 \text{ kg/m}^3$$

$$K_{\text{ser}} = \frac{\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8}}{30} = \frac{484,4^{1,5} \cdot 2,5^{0,8}}{30} = 740 \text{ N/mm}$$

3.0 Levyjen leikkausjäykkyys (1 p)

Havuvanerilevy 2400 x 1200 x 18

$$G_{\text{mean}} = 350 \text{ N/mm}^2$$

Liitinjako $s = 100 \text{ mm}$

$$K_{\text{ser}} = 740 \text{ N/mm}$$

$$\beta = \frac{8}{5 \cdot \left(\frac{h}{b}\right)^2} + \frac{12}{5} \quad \text{kiinnitystapa 7}$$

$$\beta = \frac{8}{5 \cdot \left(\frac{2400}{1200}\right)^2} + \frac{12}{5} = 2,80$$

$$C_{1,v} = \frac{1}{\beta \cdot \frac{s \cdot h^2}{K_{\text{ser}} \cdot b^3} + \frac{h}{b \cdot G_{\text{mean}} \cdot t}}$$

$$C_{1,v} = \frac{1}{2,8 \cdot \frac{100 \cdot 2400^2}{740 \cdot 1200^3} + \frac{2400}{1200 \cdot 350 \cdot 18}} = 633 \text{ N/mm}$$

Levytyksen yhteinen jäykkyys

$$\Sigma C_{i,v} = 633 + 633 + 633 + 633 + 227 = 2759 \text{ N/mm}$$

Havuvanerilevy 2400 x 800 x 18

$$G_{\text{mean}} = 350 \text{ N/mm}^2$$

Liitinjako $s = 100 \text{ mm}$

$$K_{\text{ser}} = 740 \text{ N/mm}$$

$$\beta = \frac{8}{5 \cdot \left(\frac{h}{b}\right)^2} + \frac{12}{5} \quad \text{kiinnitystapa 7}$$

$$\beta = \frac{8}{5 \cdot \left(\frac{2400}{800}\right)^2} + \frac{12}{5} = 2,58$$

$$C_{2,v} = \frac{1}{\beta \cdot \frac{s \cdot h^2}{K_{\text{ser}} \cdot b^3} + \frac{h}{b \cdot G_{\text{mean}} \cdot t}}$$

$$C_{2,v} = \frac{1}{2,58 \cdot \frac{100 \cdot 2400^2}{740 \cdot 800^3} + \frac{2400}{800 \cdot 350 \cdot 18}} = 227 \text{ N/mm}$$

4.0 Levytyksen leikkaussiirtymä (0,25 p)

$$u_{\text{inst}} = \frac{F_{v,Ek}}{\Sigma C_{i,v}} = \frac{6000}{2759} = 2,2 \text{ mm}$$

5.0 Ulkoisen voiman jakautuminen levytykselle (0,5 p)

Havuvanerilevy 2400 x 1200 x 18

$$F_{1,v,Ed} = \left(\frac{C_{1,v}}{\sum C_{i,v}} \right) \cdot F_{v,Ed} = \left(\frac{633}{2759} \right) \cdot 9,0 = 2,06 \text{ kN}$$

Havuvanerilevy 2400 x 800 x 18

$$F_{2,v,Ed} = \left(\frac{C_{2,v}}{\sum C_{i,v}} \right) \cdot F_{v,Ed} = \left(\frac{227}{2759} \right) \cdot 9,0 = 0,74 \text{ kN}$$

6.0 Levyjen leikkausvoimakkestävyys (1 p)

Havuvanerilevy 2400 x 1200 x 18

Liitinjako s = 100 mm

$R_d = 645 \text{ N}$

Havuvanerilevy 2400 x 800 x 18

Liitinjako s = 100 mm

$R_d = 645 \text{ N}$

$$\gamma = \sqrt{\frac{36}{25} \cdot \left(\frac{h}{b} \right)^2 + \frac{16}{25}} \quad \text{kiinnitystapa 7}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{36}{25} \cdot \left(\frac{2400}{1200} \right)^2 + \frac{16}{25}} = 2,53$$

$$F_{1,v,Rd} = \frac{R_d \cdot b}{\gamma \cdot s} = \frac{620 \cdot 1200}{2,53 \cdot 100} = 2,9 \text{ kN} > 2,06 \text{ (71\%)} \quad \text{OK}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{36}{25} \cdot \left(\frac{h}{b} \right)^2 + \frac{16}{25}} \quad \text{kiinnitystapa 7}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{36}{25} \cdot \left(\frac{2400}{800} \right)^2 + \frac{16}{25}} = 3,69$$

$$F_{2,v,Rd} = \frac{R_d \cdot b}{\gamma \cdot s} = \frac{620 \cdot 800}{3,69 \cdot 100} = 1,3 \text{ kN} > 0,74 \text{ (57\%)} \quad \text{OK}$$

7.0 Levyn lommahduskestävyys (1 p)

Tarkastellaan havuvanerilevyä 2400 x 1200 x 18, koska se saa suuremmat rasitukset

$$EI_z = E_{0,05} \cdot \frac{b \cdot t^3}{12} = (0,7 \cdot 8556) \cdot \frac{1 \cdot 18^3}{12} = 2910751 \text{ Nmm}^2 \text{ (mm:n kaistaa kohti)}$$

$$EI_x = E_{0,05} \cdot \frac{b \cdot t^3}{12} = (0,7 \cdot 3444) \cdot \frac{1 \cdot 18^3}{12} = 1171649 \text{ Nmm}^2 \text{ (mm:n kaistaa kohti)}$$

$$GI_v = \frac{1}{3} \cdot G_{0,05} \cdot t^3 = \frac{1}{3} \cdot (0,7 \cdot 350) \cdot 18^3 = 476280 \text{ Nmm}$$

$k_1 = 4,0$ (levyssä täysponttisaumat, RIL 205-1-2017 sivu 169)

$$k_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{GI_v}{\sqrt{EI_z \cdot EI_x}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{476280}{\sqrt{2910751 \cdot 1171649}} = 0,13$$

$k = 0,9$ (lommahduskäyrästä)

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{F_{1,v,Ed}}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2060}{(18 \cdot 1200)} = 0,14 \text{ N/mm}^2 \text{ (paneelileikkausjännitys)}$$

$$I = I_x = I_z = \frac{b \cdot t^3}{12} = \frac{1 \cdot 18^3}{12} = 486 \text{ mm}^4 \text{ (mm:n kaistaa kohti)}$$

$$f_{v,crit} = 3,3 \cdot k \cdot \sqrt[4]{\frac{EI_z}{EI_x} \cdot \frac{EI_x}{I} \cdot \left(\frac{t}{a} \right)^2} = 3,3 \cdot 0,9 \cdot \sqrt[4]{\frac{2910751}{1171649} \cdot \frac{1171649}{486} \cdot \left(\frac{18}{600} \right)^2} = 8,1 \text{ N/mm}^2 \text{ (kriittinen lommahdusjännitys)}$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_{v,k} = \frac{1,1}{1,2} \cdot 3,5 = 3,21 \text{ N/mm}^2 \text{ (paneelileikkauslujuus)}$$

$$\text{Mitoitusehto } \tau_d = 0,14 \text{ N/mm}^2 \leq \min \begin{cases} 8,1 \text{ N/mm}^2 \\ 3,21 \text{ N/mm}^2 \end{cases} \Rightarrow (4\%) \quad \text{OK! (paneelileikkaus määräävä)}$$

8.0 Levyn taivutuskestävyys (0,5 p)

Tarkastellaan havuvanerilevyä 2400 x 1200 x 18, koska se saa suuremmat rasitukset

Ehdot RIL 205-1-2017 taulukko 9.3S

Viilupaksuus välillä 2,6...3,2 mm $\Rightarrow$ OK

b = c = 1200 mm $\Rightarrow$ OK

t = 18 mm $\Rightarrow$ OK

$a \leq a_{\max} \Rightarrow 600 \text{ mm} \leq 900 \text{ mm} \Rightarrow$ OK

$F_{1,v,Ed} \leq F_{1,m,Rd} \Rightarrow 2,06 \text{ kN} \leq 5,1 \text{ kN} \Rightarrow$ OK

Ehdot täyttyvät, joten taivutuskestävyyttä ei tarvitse tarkastaa