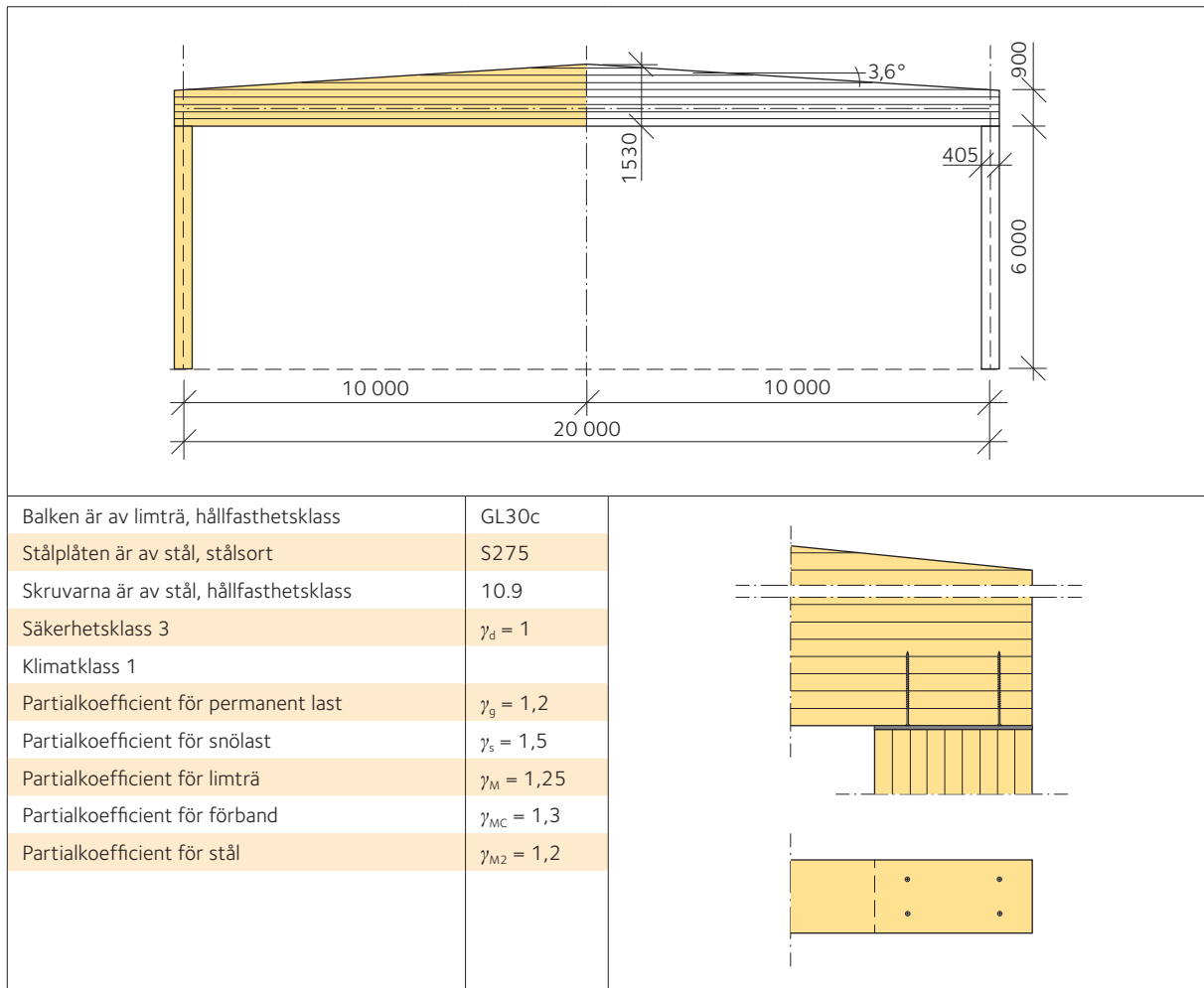


## Exempel 19: Förstärkning av en balks upplag

### 19.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag

Dimensionera förstärkningen vid balkens upplag enligt nedan.



## 19.2 Laster

Beakta följande laster vid dimensionering:

Limträbalkar

$$g_{k,1} = 1,1 \text{ kN/m}$$

Övrig permanent last

$$G_{k,2} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{k,2} = G_{k,2} \cdot i \cdot 1,1 = 1,5 \cdot 1,1 = 5,5 \text{ kN/m}$$

Snölast

$$S_k = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$s_k = S_k \cdot \mu \cdot i \cdot 1,1 = 3 \cdot 0,854 \cdot 5 \cdot 1,1 = 14,1 \text{ kN/m}$$

Faktorn 1,1 i ekvationerna ovan beaktar att sekundärbalkarna är kontinuerliga över primärbalkarna.

## 19.3 Lastkombinationer

Beakta två lastkombinationer (SS-EN 1990, avsnitt 6.4.3 och SS-EN 1991-1-3, avsnitt 5.3.3):

**Kombination 1** (egentyngd, permanent last,  $k_{\text{mod}} = 0,6$ ):

$$q_{\text{dI}} = \gamma_d \cdot [\gamma_g \cdot (g_{k,1} + g_{k,2})] = 1,2 \cdot (1,1 + 5,5) = 7,9 \text{ kN/m}$$

**Kombination 2** (egentyngd + symmetrisk snölast, medellång last,  $k_{\text{mod}} = 0,8$ ):

$$q_{\text{dII}} = \gamma_d \cdot [\gamma_g \cdot (g_{k,1} + g_{k,2}) + \gamma_s \cdot s_k] = [1,2 \cdot (1,1 + 5,5) + 1,5 \cdot 14,1] = 29,1 \text{ kN/m}$$

## 19.4 Beräkningar i brottgränstillstånd

a) Tryck vinkelrätt fibrerna vid upplag

Använd beräkningsmetoden presenterad i tabell 8.12, sidan 5 i avsnitt 8:

$$N_{\text{Ed}} = q_{\text{dII}} \cdot \frac{l_{\text{tot}}}{2} = 296 \text{ kN} \quad \sigma_{c,90,d} = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot 10^3}{b \cdot (h_{\text{ef}} + 30)} = \frac{296 \cdot 10^3}{190 \cdot (400 + 30)} = 3,63 \text{ MPa}$$

Kontrollera villkoret för tryckspänning vinkelrätt mot fibrerna (SS-EN 1995-1-1, ekvation 6.3):

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{3,63}{1,75 \cdot 1,6} = 1,3 > 1 \quad \text{EJ OK}$$

Villkoret uppfylls inte, balkens upplag behöver förstärkas.

## 19.5 Förstärkning vid balkens upplag

Förstärkningen utförs med 4 stycken självborrande träskruvar och en stålplåt.

$$d = 11 \text{ mm}$$

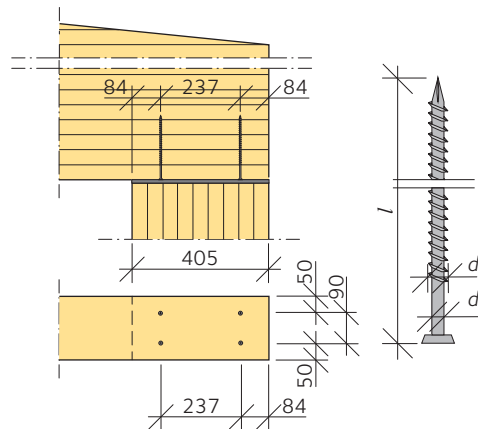
$$d_m = 7,5 \text{ mm}$$

$$f_{uk} = 1000 \text{ MPa}$$

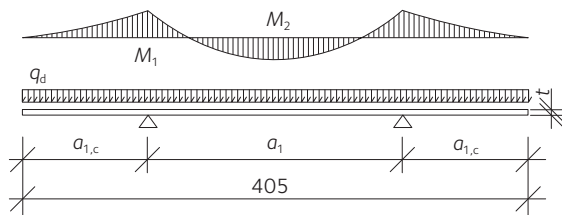
$$f_{yk} = 900 \text{ MPa}$$

$$l = 450 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = l - d = 450 - 11 = 439 \text{ mm}$$



Träskruvarnas placering väljs så att stålplåtens tjocklek minimeras. Förstärkningens statistiska modell visas nedan.



Avstånd parallellt med fibrerna:

$$a_{1,\min} = 5 \cdot d = 55 \text{ mm}$$

Avstånd vinkelrätt mot fibrerna (mellan skruvradena):

$$a_{2,\min} = 5 \cdot d = 55 \text{ mm} \rightarrow a_2 = 90 \text{ mm}$$

Avstånd mellan träskruv och balkens ände:

$$a_{1c,\min} = 5 \cdot d = 55 \text{ mm}$$

Avstånd mellan träskruv och balkens kant::

$$a_{2e,\min} = 3 \cdot d = 33 \text{ mm} \rightarrow a_2 = 50 \text{ mm}$$

Avstånden mellan träskruvarna i balkens längsriktning väljs så, att plåtens böjmoment  $M_1$  och  $M_2$  blir lika stora:

$$M_1 = q_d \cdot \frac{a_{1,c}^2}{2}$$

$$M_2 = q_d \cdot \frac{a_1^2}{8} - M_1 \quad \rightarrow \quad a_{1,c} = \frac{a_1}{2 \cdot \sqrt{2}}$$

$$a_1 = h_{col} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2} + 1}$$

$$h_{col} = 2 \cdot a_{1,c} + a_1$$

$$q_d = \frac{N_{Ed}}{h_{col}} = \frac{277200}{405} = 684 \text{ N/mm}$$

$$a_1 = h_{col} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2} + 1} = 405 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2} + 1} = 237 \text{ mm}$$

$$a_{1,c} = \frac{a_1}{2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{237}{2 \cdot \sqrt{2}} = 84 \text{ mm}$$

$$M_{el} = W_{el} \cdot f_{y,d} = \frac{b_{col} \cdot t^2}{6} \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \quad \rightarrow \quad M_1 = M_{el} \quad \rightarrow \quad t_{min} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_1}{b_{col} \cdot f_{y,d}}}$$

$$M_1 = q_d \cdot \frac{a_{1,c}^2}{2} = 684 \cdot \frac{84^2}{2} = 2407725 \text{ Nmm}$$

$$t_{min} = \sqrt{\frac{6 M_1}{b_{col} \cdot f_{y,d}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 2407725,052}{190 \cdot 229,167}} = 18,21 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad t = 20 \text{ mm}$$

### a) Träskruvens bärförmåga

Träskruvens bärförmåga vid inträngning vinkelrätt mot fibrerna (SS-EN 1995-1-1, ekvation 8.38):

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} = 0,52 \cdot 11^{-0,5} \cdot 439^{-0,1} \cdot 390^{0,8} = 10,09 \text{ MPa} \quad k_d = \min\left(1, \frac{d}{8}\right) = 1$$

$$F_{ax,k,rk} = \frac{f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot (\cos(\alpha))^2 + \sin(\alpha)} = \frac{10 \cdot 11 \cdot 439}{1 \cdot \cos(90^\circ)^2 + \sin(90^\circ)} = 48727 \text{ N}$$

Träskruvens knäckning, se tabell 8.15, sidan 8 i avsnitt 8:

Konstant för horisontell styvhet:

$$c_h = (0,19 + 0,012 \cdot d) \cdot \rho_k = (0,19 + 0,01 \cdot 11) \cdot 390 = 125,58$$

Träskruvens tröghetsmoment:

$$I_s = \frac{d_m^4 \cdot \pi}{64} = \frac{7,5^4 \cdot \pi}{64} = 155,3 \text{ mm}^4$$

Träskruvens bärförmåga relaterad till knäckning:

$$N_{cr} = \sqrt{c_h \cdot E_s \cdot I_s} \rightarrow \sqrt{125,6 \cdot 210000 \cdot 155,3} = 63999,6 \text{ N}$$

Träskruvens bärförmåga relaterad till flytgräns:

$$N_{pl} = \frac{\pi \cdot d_m^2 \cdot f_{yk}}{4} = \frac{\pi \cdot 8^2 \cdot 900}{4} = 39761 \text{ N}$$

Relativt slankhetstal:

$$\lambda_{\text{rel}} = \sqrt{\frac{N_{\text{pl}}}{N_{\text{cr}}}} = \sqrt{\frac{39760,8}{63999,6}} = 0,8$$

Faktor  $k$ :

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (\lambda_{\text{rel}} - 0,2) + \lambda_{\text{rel}}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,79 - 0,2) + 0,79^2] = 0,95$$

Reduktionsfaktor vid knäckning:

$$k_c = \left( k + \sqrt{k - \lambda_{\text{rel}}^2} \right)^{-1} = \left( 0,95 + \sqrt{0,95 - 0,79^2} \right)^{-1} = 0,65$$

Bärförmåga relaterad till träskruvens knäckning:

$$R_{\text{kl},k} = k_c \cdot \left( \frac{\pi \cdot d_m^2}{4} \right) \cdot f_{\text{yk}} = k_c \cdot \frac{\pi \cdot 8^2}{4} \cdot 900 = 25950 \text{ N}$$

Träskruvens bärförmåga är det mindre värdet av bärförmåga vid inträngning eller knäckning:

$$R_k = \min(f_{\text{ax},k,\text{rk}}, R_{\text{kl},k}) = \min(48,7, 25,9) = 25,9 \text{ kN}$$

b) Det förstärkta stödets bärförmåga vinkelrätt fibrerna

Se tabell 8.14, sidan 7 i avsnitt 8:

$$l_{\text{ef},1} = h_{\text{ef}} + 30 = 400 + 30 = 430 \text{ mm}$$

$$l_{\text{ef},2} = h_{\text{col}} + 0,25 l_{\text{ef}} \cdot e^{\frac{3,3 l_{\text{ef}}}{h_0}} = 405 + 0,25 \cdot 439 \cdot e^{\frac{3,3 \cdot 439}{900}} = 953,88 \text{ mm}$$

$$R_{90,k} = \min(k_{e,90} \cdot b \cdot l_{\text{ef},1} \cdot f_{c,90,k} + n \cdot R_k; b \cdot l_{\text{ef},2} \cdot f_{c,90,k}) = \min(1,75 \cdot 190 \cdot 430 \cdot 2,5 + 4 \cdot 25,95 \cdot 10^3; 190 \cdot 953,88 \cdot 2,5) = 453090,88 \text{ N}$$

$$R_{90,d} = \frac{R_{90,k} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_{\text{MC}}} = \frac{453,1 \cdot 0,8}{1,3} = 278,8 \text{ kN}$$

Kontrollera villkoret för tryckspänning vinkelrätt mot fibrerna vid det förstärkta upplaget:

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{R_{90,d}} = \frac{277,2}{278,83} = 0,99 < 1 \quad \text{OK}$$