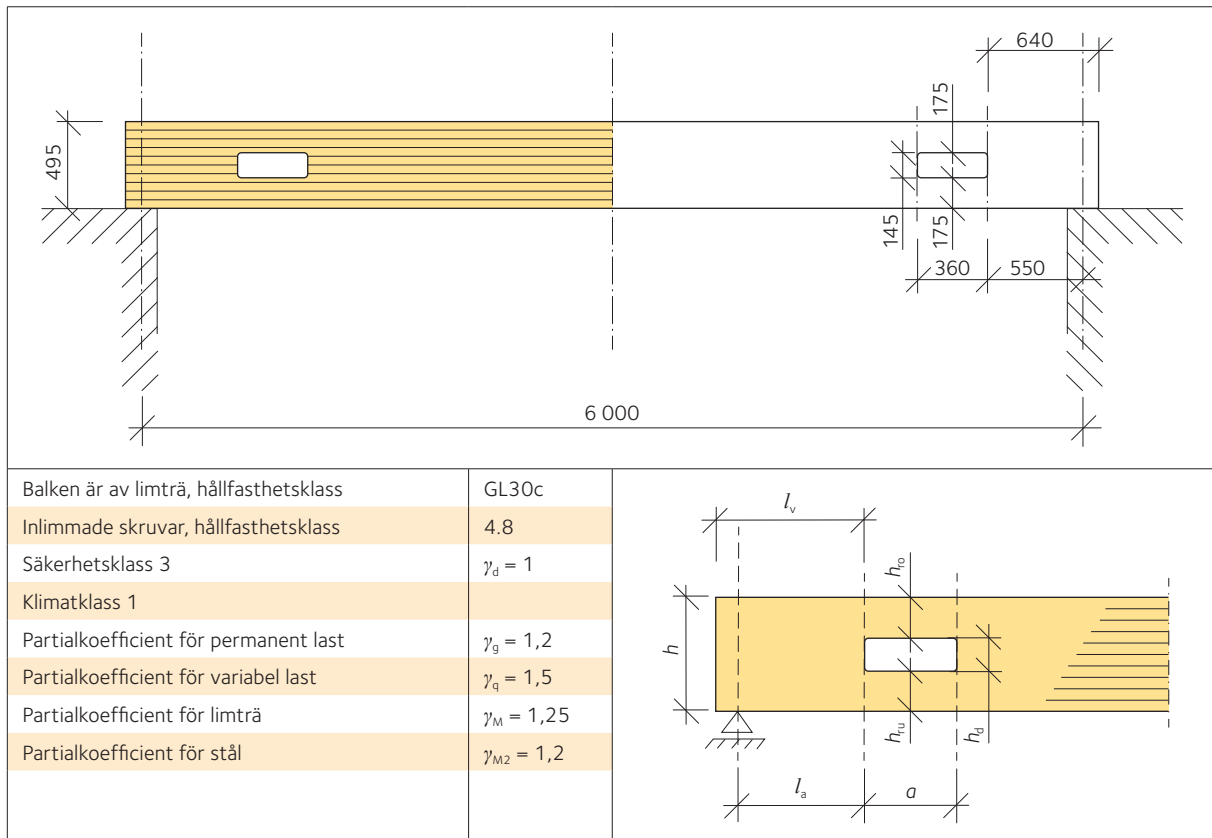


Exempel 15: Balk med hål

15.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag

Dimensionera balken med hål enligt nedan.



15.2 Laster

Beakta följande laster vid dimensionering:

Limträbalkar

$$g_{k,1} = 0,3 \text{ kN/m}$$

Övrig permanent last

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

Variabel last

$$Q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2 \quad q_k = Q_k \cdot i = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ kN/m}$$

15.3 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, $k_{\text{mod}} = 0,6$):

$$q_{dI} = \gamma_d \cdot [\gamma_g \cdot (g_{k,1} + g_{k,2})] = 1,0 \cdot 1,2 \cdot (0,3 + 2,0) = 2,8 \text{ kN/m}$$

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

$$q_{dII} = \gamma_d \cdot [\gamma_g \cdot (g_{k,1} + g_{k,2}) + \gamma_q \cdot q_k] = 1,0 \cdot [1,2 \cdot (0,3 + 2,0) + 1,5 \cdot 5,0] = 10,3 \text{ kN/m}$$

Välj den kritiska kombinationen i brottgränstillståndet:

$$\frac{q_{dI}}{k_{\text{mod},1}} = \frac{2,8}{0,6} = 4,6 \quad \frac{q_{dII}}{k_{\text{mod},2}} = \frac{10,3}{0,8} = 12,8$$

Sålunda är kombination 2 dimensionerande.

15.4 Geometriska villkor

Se tabell 10.8, sidan 6 i avsnitt 10:

$$l_v = 640 \text{ mm} > h = 495 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$l_a = 550 \text{ mm} > \frac{h}{2} = 247,5 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$h_{\text{to}} = 175 \text{ mm} > 0,25 \cdot h = 123,8 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$h_{\text{tu}} = 175 \text{ mm} > 0,25 \cdot h = 123,8 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$h_d = 145 \text{ mm} < 0,3 \cdot h = 149 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$r = 30 \text{ mm} > r_{\text{min}} = 25 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$a = 360 \text{ mm} < h = 495 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$< 2,5 \cdot h_d = 362,5 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

15.5 Inre krafter vid hålkanten närmast upplag

Skjuvning:

$$V_{\text{hole}} = q_{\text{dII}} \cdot \left(\frac{l_{\text{tot}}}{2} - l_a \right) = 10,26 \cdot \left(\frac{6}{2} - 0,55 \right) = 25,14 \text{ kN}$$

Böjmoment t :

$$M_{\text{hole}} = q_{\text{dII}} \cdot \frac{l_{\text{tot}}}{2} \cdot l_a - q_{\text{dII}} \cdot \frac{l_a^2}{2} = 10,26 \cdot \frac{6}{2} \cdot 0,55 - 10,26 \cdot \frac{0,55^2}{2} = 15,38 \text{ kNm}$$

15.6 Beräkningar i brottgränstillstånd

a) Dragkraft vinkelrätt mot fibrerna vid hålkanten

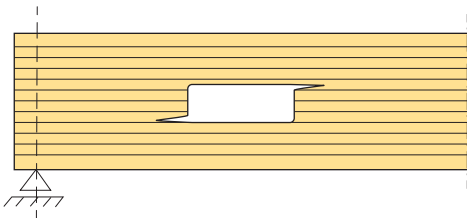
$$h_r = \min(h_{\text{ro}}, h_{\text{ru}}) = 175 \text{ mm}$$

$$F_{t,V,d} = V_{\text{hole}} \cdot \frac{h_d}{4 \cdot h} \cdot \left(3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right) = 25,1 \cdot \frac{145}{4 \cdot 495} \cdot \left(3 - \frac{145^2}{495^2} \right) = 5,4 \text{ kN}$$

$$F_{t,M,d} = 0,008 \cdot \frac{M_{\text{hole}}}{h_r} = 0,008 \cdot \frac{12,274}{0,175} = 0,561 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = 5,9 \text{ kN}$$

Sprickbildning vid brott:



Kontrollera villkoret för dragkraft vinkelrätt mot fibrerna, se tabell 9.16, sidan 12 i avsnitt 9:

$$l_{t,90,d} = 0,5 \cdot (h_d + h) = 0,5 \cdot (145 + 495) = 320 \text{ mm}$$

$$F_{t,90,R} = 0,5 \cdot l_{t,90,d} \cdot f_{t,90,d} \cdot b = 0,5 \cdot 320 \cdot 0,3 \cdot 90 = 4608 \text{ N}$$

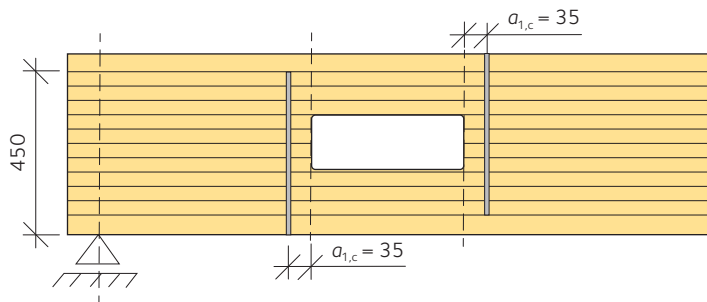
$$\frac{F_{t,90,d}}{F_{t,90,R}} = \frac{5,9}{4,6} = 1,3 > 1 \quad \mathbf{EJ OK}$$

Villkoret uppfylls inte, hålkanten behöver förstärkas.

Två förstärkningsmetoder presenteras:

- inlimmade skruvar.
- självborrande träskruvar.

15.7 Förstärkning med inlimmade skruvar



Använd inlimmade skruvar M10, hållfasthetsklass 4.8:

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

$$f_{uk} = 400 \text{ MPa}$$

$$A_s = 58 \text{ mm}^2$$

Bärförmåga vid skruvens utdragning, se tabell 13.23, sidan 22 i avsnitt 13, och 13.24, sidan 23 i avsnitt 13:

$$\kappa_1 = 1 \quad k_1 = 0,84$$

$$l_i = h_{ru} = 175 \text{ mm}$$

$$f_{ax,k} = 5,5 \text{ MPa}$$

$$R_{t,k,timber} = \pi \cdot (d + 1) \cdot l_i \cdot f_{ax,k} \cdot k_1 \cdot \kappa_1 = \pi \cdot (10 + 1) \cdot 175 \cdot 5,5 \cdot 0,8 = 27939,8 \text{ N}$$

Bärförmåga vid skruvens dragning, se tabell 13.23, sidan 22 i avsnitt 13:

$$R_{t,k,rod} = 0,6 \cdot f_{uk} \cdot A_s = 1 \cdot 400 \cdot 58 = 13920 \text{ N}$$

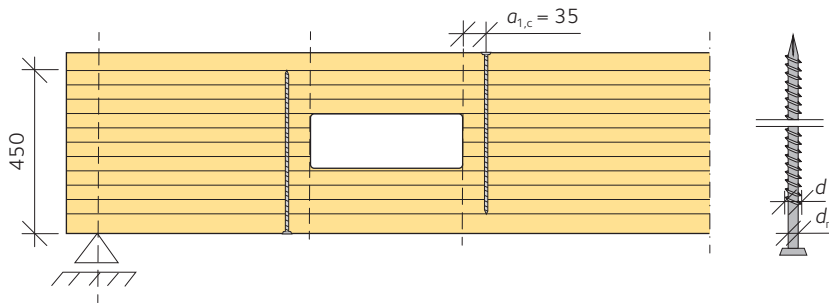
Dimensioneringsvärdet för skruvens axiella bärförmåga:

$$R_t = \min \left(\frac{R_{t,k,rod}}{\gamma_{M2}}, \frac{k_{mod} \cdot R_{t,k,timber}}{\gamma_M} \right) = \min \left(\frac{13,92}{1,2}, \frac{0,8 \cdot 27,94}{1,25} \right) = 11,6 \text{ kN}$$

Kontrollera villkoret för dragning vinkelrätt mot fibrerna:

$$\frac{F_{t,90,d}}{R_t} = \frac{5,9}{11,6} = 0,5 \quad \text{OK}$$

15.8 Förstärkning med självborrande träskruvar



Använd självborrande träskruvar 9×450 mm:

$$f_u = 1000 \text{ MPa}$$

$$d = 9 \text{ mm} \quad d_m = 5,9 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = h_{ru} = 175 \text{ mm}$$

Bärförmåga vid träskruvens utdragning när vinkeln mellan träskruvens axel och fibrerna är 90° (SS-EN 1995-1-1, ekvation 8.38):

$$f_{ax,k,s} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} = 0,5 \cdot 9^{-0,5} \cdot 175^{-0,1} \cdot 390^{0,8} = 12,2 \text{ MPa}$$

$$k_d = \min\left(1,0, \frac{d}{8}\right) = 1$$

$$F_{ax,k,rk} = \frac{f_{ax,k,s} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot \cos(\alpha)^2 + \sin(\alpha)^2} = \frac{12,2 \cdot 9 \cdot 175}{1,2 \cdot \cos(90^\circ)^2 + \sin(90^\circ)^2} = 19262,4 \text{ N}$$

Bärförmåga vid träskruvens dragning, se tabell 6.10, sidan 4 i avsnitt 6:

$$F_{t,Rk} = 0,9 f_u \cdot \pi \cdot \frac{d_m^2}{4} = 0,9 \cdot 1000 \cdot \pi \cdot \frac{5,9^2}{4} = 24605,7 \text{ N}$$

Dimensioneringsvärdet för en träskruvs axiella bärförmåga:

$$F_{t,d} = \min\left(\frac{F_{ax,k,rk} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}, \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M2}}\right) = \min\left(\frac{19,26 \cdot 0,8}{1,25}, \frac{24,61}{1,2}\right) = 12,33 \text{ kN}$$

Kontrollera villkoret för dragning vinkelrätt fibrerna:

$$\frac{F_{t,90,d}}{F_{t,d}} = \frac{5,9}{12,3} = 0,5 \quad \text{OK}$$