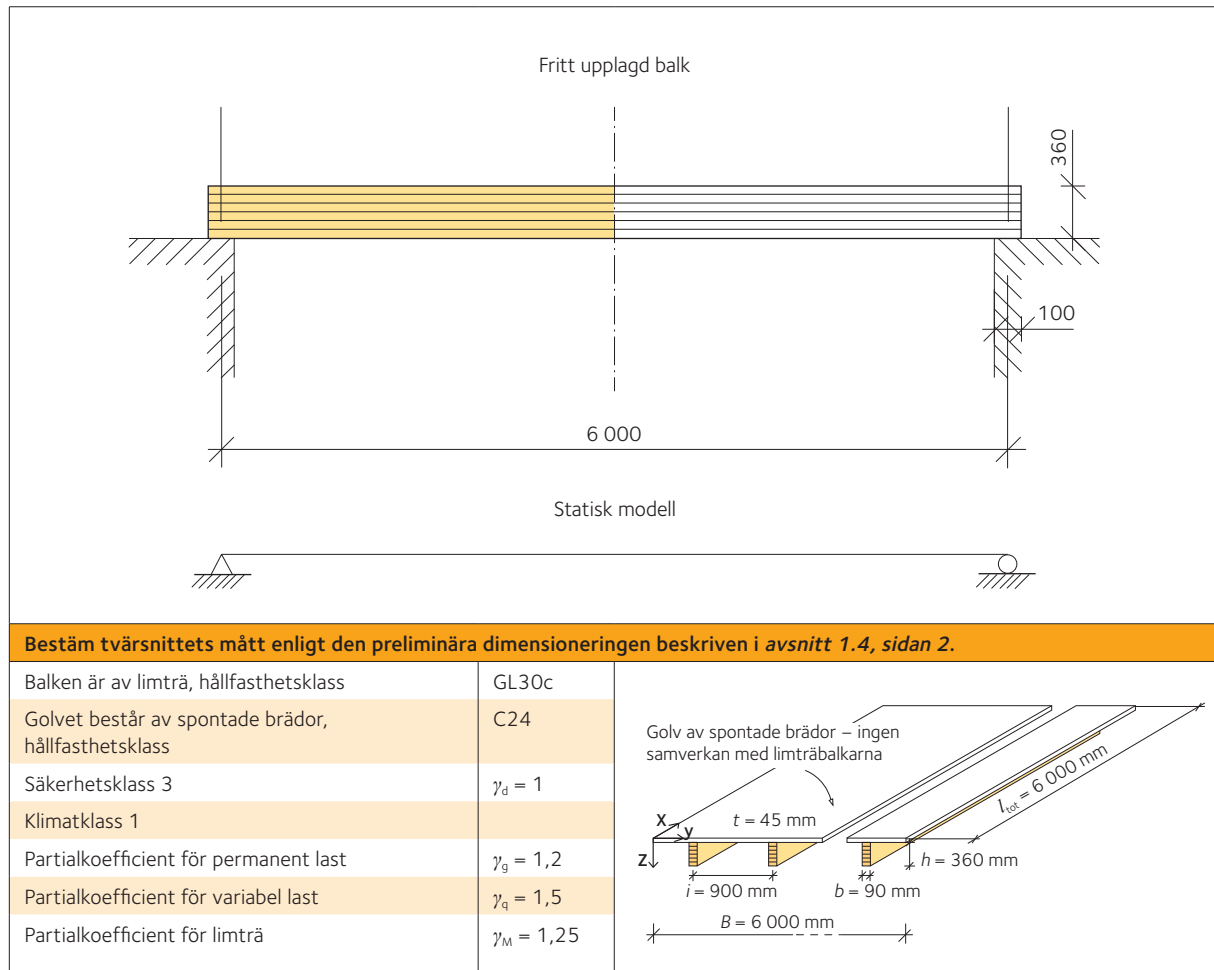


Exempel 1: Fritt upplagd balk

1.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag

Dimensionera balken enligt nedan.



1.2 Laster

Beakta följande laster vid dimensionering:

Limträbalkar

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

Övrig permanent last

$$G_{k,2} = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{k,2} = G_{k,2} \cdot i = 0,5 \cdot 0,9 = 0,5 \text{ kN/m}$$

Variabel last

$$Q_k = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = Q_k \cdot i = 2 \cdot 0,9 = 1,8 \text{ kN/m}$$

1.3 Lastkombinationer

Beakta två lastkombinationer (SS-EN 1990, avsnitt 6.4.3):

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

$$q_{dI} = \gamma_d \cdot [\gamma_g \cdot (g_{k,1} + g_{k,2})] = 1,0 \cdot 1,2 \cdot (0,2 + 0,5) = 0,8 \text{ kN/m}$$

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

$$q_{dII} = \gamma_d \cdot [\gamma_g \cdot (g_{k,1} + g_{k,2}) + \gamma_q \cdot q_k] = 1,0 \cdot [1,2 \cdot (0,2 + 0,5) + 1,5 \cdot 1,8] = 3,5 \text{ kN/m}$$

Välj den kritiska kombinationen i brottgränstillstånd:

$$\frac{q_{dI}}{k_{\text{mod},1}} = \frac{0,8}{0,6} = 1,3 < \frac{q_{dII}}{k_{\text{mod},2}} = \frac{3,5}{0,8} = 4,4$$

Sålunda är kombination 2 dimensionerande.

1.4 Preliminär dimensionering

$$b = 90 \text{ mm}$$

$$h = \frac{l_{\text{tot}}}{17} = \frac{6 \cdot 10^3}{17} = 353 \text{ mm} \rightarrow h = 360 \text{ mm}$$

1.5 Beräkningar i brottgränstillstånd

a) Tryck vinkelrätt fibrerna

$$N_{\text{Ed}} = q_{\text{dII}} \cdot \frac{l_{\text{tot}}}{2} = 3,48 \cdot \frac{6}{2} = 10,44 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\text{c},90,\text{d}} = \frac{N_{\text{Ed}}}{b \cdot l_{\text{support}}} = \frac{10,44 \cdot 10^3}{90 \cdot (100 + 30)} = 0,89 \text{ MPa}$$

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

$$\frac{\sigma_{\text{c},90,\text{d}}}{f_{\text{c},90,\text{d}} \cdot k_{\text{c},90}} = \frac{0,89}{2,5 \cdot 1,75} = 0,20 < 1 \quad \text{OK}$$

b) Skjuvning

Beräkna dimensioneringsvärdet för skjuvspänningen τ_{d} utgående från tvärkraftens reducerade värde vid upplag, V_{red} , se tabell 8.5, sidan 2 i avsnitt 8:

$$V_{\text{Ed}} = q_{\text{dII}} \cdot \frac{l_{\text{tot}}}{2} = 3,48 \cdot \frac{6}{2} = 10,44 \text{ kN}$$

$$V_{\text{red}} = \frac{2 \cdot V_{\text{Ed}}}{l_{\text{tot}}} \cdot \left(\frac{l_{\text{tot}}}{2} - \frac{b_{\text{support}}}{2} - h \right) = \frac{2 \cdot 10,44}{6} \cdot \left(\frac{6}{2} - \frac{0,1}{2} - 0,36 \right) = 9,01 \text{ kN}$$

$$\tau = \frac{3 \cdot V_{\text{red}}}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 9,01 \cdot 10^3}{2 \cdot 90 \cdot 360} = 0,42 \text{ MPa}$$

Kontrollera villkoret för skjuvspänning (SS-EN 1995-1-1, ekvation 6.13):

$$\frac{\tau}{f_{\text{v},\text{d}} \cdot k_{\text{cr}}} = \frac{0,42}{2,24 \cdot 0,86} = 0,22 < 1 \quad \text{OK}$$

c) Böjmoment

Vippling förhindras av golvet:

$$M_{\text{Ed}} = q_{\text{dII}} \cdot \frac{l_{\text{tot}}^2}{8} = 3,48 \cdot \frac{6^2}{8} = 15,66 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{\text{m},\text{d}} = \frac{6 \cdot M_{\text{Ed}}}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 15,66 \cdot 10^6}{90 \cdot 360^2} = 8,06 \text{ MPa}$$

Kontrollera villkoret för böjspänning (SS-EN 1995-1-1, ekvation 6.11):

$$\frac{\sigma_{\text{m},\text{d}}}{f_{\text{m},\text{d}} \cdot k_{\text{h}}} = \frac{8,06}{19,2 \cdot 1,05} = 0,4 < 1 \quad \text{OK}$$

1.6 Beräkningar i bruksgränstillstånd

a) Nedböjning

Beakta två lastkombinationer:

Kombination SLS 1 (permanent laster):

$$q_{\text{sls},1} = (g_{k,1} + g_{k,2}) = 0,7 \text{ kN/m}$$

Kombination SLS 2 (variabla laster):

$$q_{\text{sls},2} = q_k = 1,8 \text{ kN/m}$$

Beräkna initialnedböjningen i mitten av spännvidden, se *Projektering av limträkonstruktioner, avsnitt 6.2.6*, för jämnt fördelad last:

$$w_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{l_{\text{tot}}^4}{E_{0,\text{mean}} \cdot \frac{b \cdot h^3}{12}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{6000^4}{13000 \cdot \frac{90 \cdot 360^3}{12}} = 3,7 \text{ mm}$$

Nedböjning förorsakad av skjuvning beaktas inte.

Initialnedböjning förorsakad av permanent last:

$$w_{\text{inst,permanent}} = w_1 \cdot q_{\text{sls},1} = 3,7 \cdot 0,7 = 2,4 \text{ mm}$$

Initialnedböjning förorsakad av variabel last:

$$w_{\text{inst,variable}} = w_1 \cdot q_{\text{sls},2} = 3,7 \cdot 1,8 = 6,7 \text{ mm}$$

Kontrollera villkoret för initialnedböjning, se *tabell 11.4, sidan 2 i avsnitt 11*:

$$w_{\text{inst,permanent}} + w_{\text{inst,variable}} = 9,1 \text{ mm} < \frac{l_{\text{tot}}}{500} = 12 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Slutlig nedböjning förorsakad av permanent last:

$$w_{\text{final,perm}} = w_{\text{inst,permanent}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 2,4 \cdot (1 + 0,6) = 3,9 \text{ mm}$$

Slutlig nedböjning förorsakad av variabel last:

$$w_{\text{final,variable}} = w_{\text{inst,variable}} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) = 6,7 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 7,9 \text{ mm}$$

Total slutlig nedböjning:

$$w_{\text{final,tot}} = w_{\text{final,variable}} + w_{\text{final,perm}} = 7,9 + 3,9 = 11,7 \text{ mm}$$

Kontrollera villkoret för total slutlig nedböjning, se *tabell 11.4, sidan 2 i avsnitt 11*:

$$w_{\text{final,tot}} = 11,7 \text{ mm} < \frac{l_{\text{tot}}}{300} = 20 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

b) Vibration

Golvets ekvivalenta böjstyvhets kring y-axeln:

$$EI_l = E_{0,\text{mean}} \cdot \frac{b \cdot h^3}{12} \cdot \frac{1}{i} = 13000 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,09 \cdot 0,36^3}{12} \cdot \frac{1}{0,9} = 5054400 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

Golvets ekvivalenta böjstyvhets kring x-axeln:

$$EI_b = E_{0,\text{mean, floor}} \cdot \frac{t^3}{12} = 11000 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,045^3}{12} = 83531,25 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

där t är golvbrädornas tjocklek.

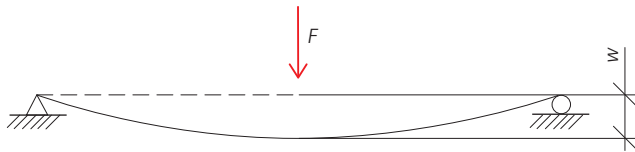
Massa per ytenhet:

$$m = 72 \text{ kg/m}^2$$

Eigenfrekvens (SS-EN 1995-1-1, avsnitt 7.3):

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot l_{\text{tot}}^2} \cdot \sqrt{\frac{EI_l}{m}} = \frac{3,14}{2 \cdot 6^2} \cdot \sqrt{\frac{5054400}{72}} = 11,55 \text{ Hz}$$

Golvets första egenfrekvens är $f_1 > 8 \text{ Hz}$. Tillämpa beräkningsmetoden presenterad i SS-EN 1995-1-1, avsnitt 7.3.3.



Statisk nedböjning förorsakad av en punktlast i mitten av spännvidden:

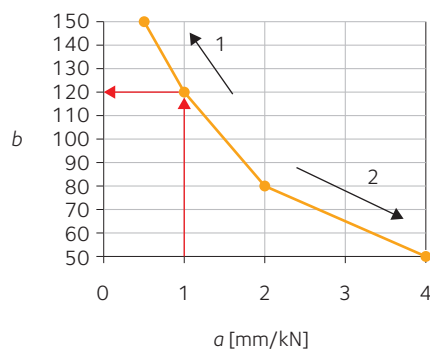
$$\frac{w}{F} = \frac{12 \cdot F \cdot 6000^3}{48 \cdot 13000 \cdot 90 \cdot 360^3} \cdot 10^3 = 0,989 \frac{\text{mm}}{\text{kN}}$$

Välj parametern a större än w/F men mindre än $1,5 \text{ mm/kN}$:

Välj $a = 1$

$$\frac{w}{F} = 0,989 < a = 1 < 1,5 \frac{\text{mm}}{\text{kN}}$$

Enligt SS-EN 1995-1-1, figur 7.2:



$$a = 1 \frac{\text{mm}}{\text{kN}} \rightarrow b = 120$$

Antalet första ordningens vibrationsmoder som har en egenfrekvens = 40 Hz:

$$\eta_{40} = \left[\left[\left(\frac{40}{f_1} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left(\frac{B}{l_{\text{tot}}} \right)^4 \cdot \frac{EI_l}{EI_B} \right]^{0,25} = \left[\left[\left(\frac{40}{11,55} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left(\frac{6}{6} \right)^4 \cdot \frac{5,05 \cdot 10^6}{8,35 \cdot 10^4} \right]^{0,25} = 5,08$$

Impulshastighetsrespons:

$$v = \frac{4 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot n_{40})}{m \cdot B \cdot l_{\text{tot}} + 200} = \frac{4 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot 5,08)}{72 \cdot 6 \cdot 6 + 200} = 0,0049 \frac{N}{m \cdot s^2}$$

Kontrollera villkoret för vibrationer (SS-EN 1995-1-1, ekvation 7.4):

Relativ dämpning $\zeta = 0,01$

$$v = 0,0003 < b^{(f_i \zeta - 1)} = 120^{(11,55 \cdot 0,01 - 1)} = 0,014 \frac{N}{m \cdot s^2} \quad \mathbf{OK}$$