

Exempel 9: Golvbalk och dess infästning. Dimensionering med hänsyn till brandklass.

9.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag

Exemplet behandlar bärförmåga vid brand; balken är densamma som i *exempel 1*.
Anta att balken är fäst i väggen med hjälp av inslitsade stålplåtar och dymlingar enligt nedan.

Balken är av limträ, hållfasthetsklass	GL30c	<p>Statisk modell</p>
De inslitsade plåtarna är av stål, stålsort	S355	
Dymlingarna ($d = 12$ mm) är av stål, stålsort	S355	
Säkerhetsklass 3	$\gamma_d = 1$	
Klimatklass 1		
Balken och förbandet ska uppfylla brandklass R60 (60 minuter)		
Använd följande partialkoefficienter och ψ-faktorer vid dimensionering		
	Brottgränstillstånd	Vid brand
Partialkoefficient för permanent last	$\gamma_g = 1,2$	$\gamma_{g,fi} = 1,0$
Partialkoefficient för variabel last	$\gamma_q = 1,5$	$\gamma_{q,fi} = 1,0$
Partialkoefficient för limträ	$\gamma_M = 1,25$	$\gamma_{M,fi} = 1,0$
Partialkoefficient för förband	$\gamma_c = 1,3$	$\gamma_{c,fi} = 1,0$
ψ -faktorn vid brand	-	$\psi_{fi} = 0,5$

9.2 Laster

Beakta följande laster vid dimensionering:

Limträbalkar

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

Övrig permanent last

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

$$g_{k,2} = G_{k,2} \cdot i = 0,50 \cdot 0,90 = 0,45 \text{ kN/m}$$

Variabel last

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

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

9.3 Lastkombinationer

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

Kombination 1 (egentyngd + variabel last, medellång last, $k_{\text{mod}} = 0,8$):

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

Kombination 2 (egentyngd + variabel last vid brand, $k_{\text{mod,fi}} = 1,0$, $k_{\text{fi}} = 1,15$):

$$q_{\text{dII}} = \gamma_d \cdot [\gamma_{g,fi} \cdot (g_{k,1} + g_{k,2}) + \psi_{fi} \cdot \gamma_{q,fi} \cdot q_k] = 1 \cdot [1 \cdot (0,2 + 0,5) + 0,5 \cdot 1 \cdot 1,8] = 1,6 \text{ kN/m}$$

9.4 Dimensioneringsvärden för hållfasthet

Lastkombination 1 (brottgränstillstånd, utan brand):

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_M} = \frac{30 \cdot 0,8}{1,25} = 19,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_M} = \frac{3,5 \cdot 0,8}{1,25} = 2,24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Lastkombination 2 (brandteknisk dimensionering):

$$f_{m,d,fi} = k_{fi} \cdot \frac{f_{m,k} \cdot k_{\text{mod,fi}}}{\gamma_{M,fi}} = 1,15 \cdot \frac{30 \cdot 1}{1} = 34,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{fi} \cdot \frac{f_{v,k} \cdot k_{\text{mod,fi}}}{\gamma_{M,fi}} = 1,15 \cdot \frac{3,5 \cdot 1}{1} = 4,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

9.5 Beräkningar i brottgränstillstånd (utan brand)

a) Skjuvning

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

$$\pi = \frac{3 \cdot V_{\text{Ed}}}{2 \cdot (b - t_{\text{bracket}}) \cdot h} = \frac{3 \cdot 10,44 \cdot 10^3}{2 \cdot (90 - 8) \cdot 360} = 0,53 \text{ MPa}$$

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

$$\frac{\tau}{f_{v,d} \cdot k_{\text{cr}}} = \frac{0,53}{2,24 \cdot 0,86} = 0,28 < 1 \quad \text{OK}$$

b) Böjmoment

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

$$\sigma_{\text{m,d}} = \frac{6 \cdot M_{\text{Ed}}}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 15,66 \cdot 10^6}{90 \cdot 360^2} = 80,6 \text{ MPa}$$

Vippning förhindras av golvet. Kontrollera villkoret för böjspänning (SS-EN 1995-1-1, ekvation 6.11):

$$k_{\text{h}} = \left(\frac{600}{360} \right)^{0,1} = 1,05 \quad \frac{\sigma_{\text{m,d}}}{f_{\text{m,d}} \cdot k_{\text{h}}} = \frac{8,06}{19,2 \cdot 1,05} = 0,4 < 1 \quad \text{OK}$$

c) Förband

$$d = 12 \text{ mm}$$

$$t_1 = \frac{b}{2} - \frac{s}{2} = \frac{90}{2} - \frac{8}{2} = 41 \text{ mm}$$

$$F_{\text{Ed}} = V_{\text{Ed}} = 10,4 \text{ kN}$$

Bärförmåga vid skjuvning för en dymling (SS-EN 1995-1-1, ekvation 8.11):

$$f_{\text{h,k}} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{\text{k}} = 0,08 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 390 = 28,14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{\text{y,Rk}} = 0,3 \cdot f_{\text{u,k}} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 12^{2,6} = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$F_{\text{v,Rk,g}} = 2 \cdot (f_{\text{h,k}} \cdot t_1 \cdot d) \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{\text{y,Rk}}}{f_{\text{h,k}} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) = 2 \cdot 28,14 \cdot 41 \cdot 12 \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 9,79 \cdot 10^4}{28,14 \cdot 12 \cdot 41^2}} - 1 \right) = 1,77 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Kontrollera villkoret för dymlingarnas bärförmåga, två dymlingar $d = 12 \text{ mm}$:

$$F_{\text{v,Rd}} = n \cdot k_{\text{mod}} \cdot \frac{F_{\text{v,Rk,g}}}{\gamma_{\text{C}}} = 2 \cdot 0,8 \cdot \frac{17,7}{1,3} = 22,7 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{\text{Ed}}}{F_{\text{v,Rd}}} = \frac{10,44}{22,68} = 0,46 < 1 \quad \text{OK}$$

Beräkningarna i bruksgränstillstånd utförs i *exempel 1*.

Observera att vibrationerna vanligtvis är utslagsgivande för fritt upplagda golvbalkar.

9.6 Beräkningar i brottgränstillstånd, brandteknisk dimensionering

a) Effektivt tvärsnitt efter 60 minuters brand, exponering från tre sidor

Inbränningshastighet (SS-EN 1995-1-2, tabell 3.1):

$$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$$

Effektivt inbränningsdjup (SS-EN 1995-1-2, ekvation 4.1):

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 42 + 1 \cdot 7 = 49 \text{ mm}$$

där:

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot R \rightarrow 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ mm}$$

$$k_0 = 1,0 \quad d_0 = 7 \text{ mm}$$

Effektiva tvärsnittets dimensioner:

$$h_{final} = h - d_{ef} = 360 - 49 = 311 > 300 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$b_{final} = b - 2 \cdot d_{ef} = 90 - 2 \cdot 49 = -8 \quad \text{EJ OK}$$

Balkens bredd behöver ökas.

Det nya tvärsnittets bredd är:

$$b = 140 \text{ mm}$$

$$b_{final} = b - 2 \cdot d_{ef} = 140 - 2 \cdot 49 = 42 \text{ mm}$$

b) Skjuvning

$$V_{Ed} = q_{dII} \cdot \frac{l_{tot}}{2} = 1,55 \cdot \frac{6}{2} = 4,65 \text{ kN}$$

$$\tau = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot (b_{final} - t_{bracket}) \cdot h_{final}} = \frac{3 \cdot 4,65 \cdot 10^3}{2 \cdot (42 - 8) \cdot 311} = 0,66 \text{ MPa}$$

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

$$\frac{\tau}{f_{vd,fi} \cdot k_{cr}} = \frac{0,66}{4,02 \cdot 0,85} = 0,19 < 1 \quad \text{OK}$$

c) Böjmoment

$$M_{Ed} = q_{dII} \cdot \frac{l_{tot}^2}{8} = 1,55 \cdot \frac{6^2}{8} = 6,98 \text{ kNm}$$

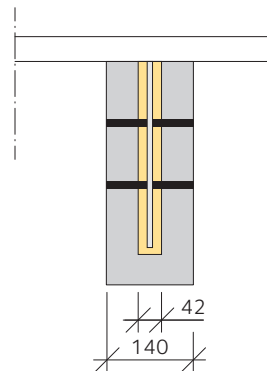
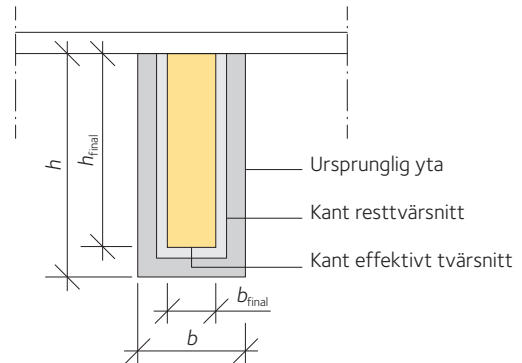
$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot M_{Ed}}{b_{final} \cdot h_{final}^2} = \frac{6 \cdot 6,98 \cdot 10^6}{42 \cdot 311^2} = 10,3 \text{ MPa}$$

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

$$k_h = \left(600 / h_{final}\right)^{0,1} = \left(600 / 311\right)^{0,1} = 1,07$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{m,k} \cdot k_h \cdot k_{fi}}{\gamma_{M,fi}} = 30 \cdot 1,07 \cdot 1,15 = 36,8 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d,fi}} = \frac{10,3}{36,8} = 0,28 < 1 \quad \text{OK}$$



d) Förband

Ett oskyddat förband antas ha brandmotstånd $t_{d,fi} = 20$ minuter, se *Projektering av limträkonstruktioner, tabell 16.3*. Kontrollera minsta erforderlig tjocklek, t , för pålimmade skivor eller träpluggar, se *Projektering av limträkonstruktioner, ekvation 16.13*:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} \cdot (t_{req} - t_{d,fi}) = 0,7 \cdot 1,5 \cdot (60 - 20) = 42 \text{ mm}$$

Dymlingarna ska aldrig exponeras för brand. De ska därför skyddas med pålimmade skivor eller träpluggar vars minsta tjocklek är $a_{fi} = 42$ mm.

