



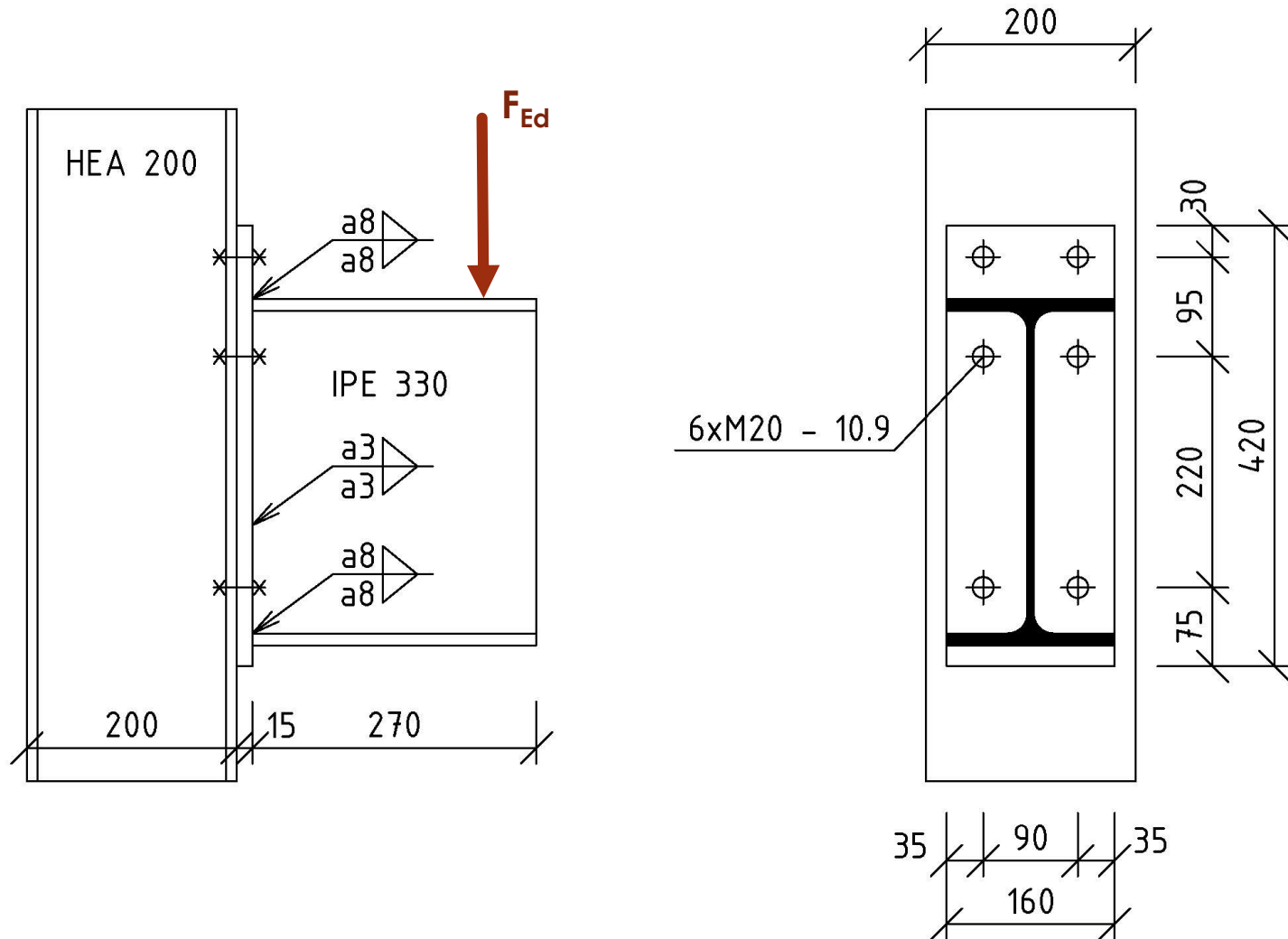
METÓDA KOMPONENTOV PRÍKLAD

Ing. Richard Hlinka, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta

Katedra stavebných konštrukcií a mostov

Geometria prípoja



Zaťaženie resp. vnútorné sily

Ohybový moment

$$M_{j,Ed} = F_{Ed} \cdot e = 70kNm$$

Priečna sila

$$V_{Ed} = F_{Ed} = 200kN$$

Materiálové charakteristiky

Materiál prvkov – S235

$$f_y = 235MPa$$

$$f_u = 360MPa$$

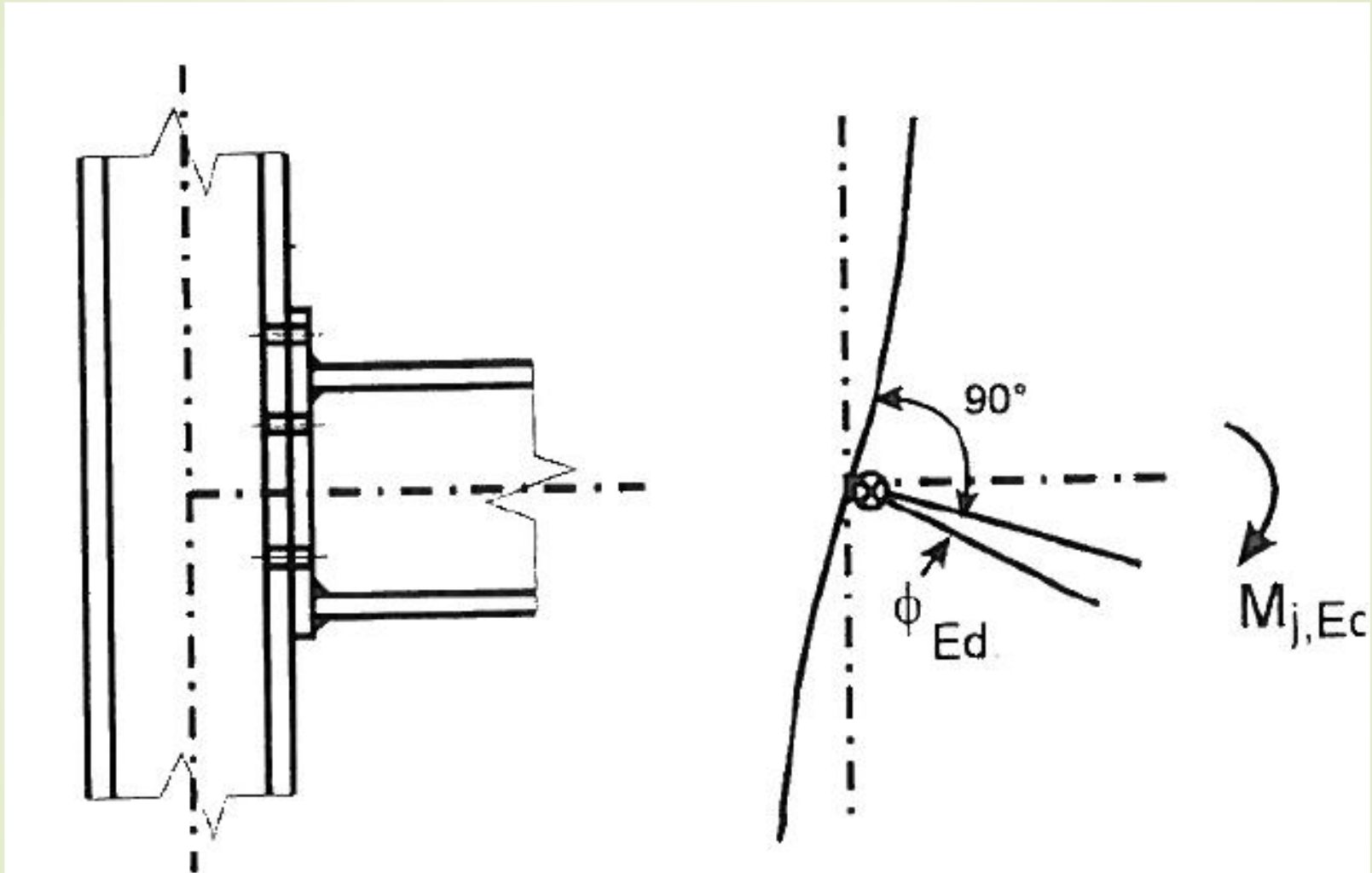
Materiál skrutiek – 10.9

$$f_y = 900MPa$$

$$f_u = 1000MPa$$

Návrhová závislosť moment – pootočenie uzla

Výpočet

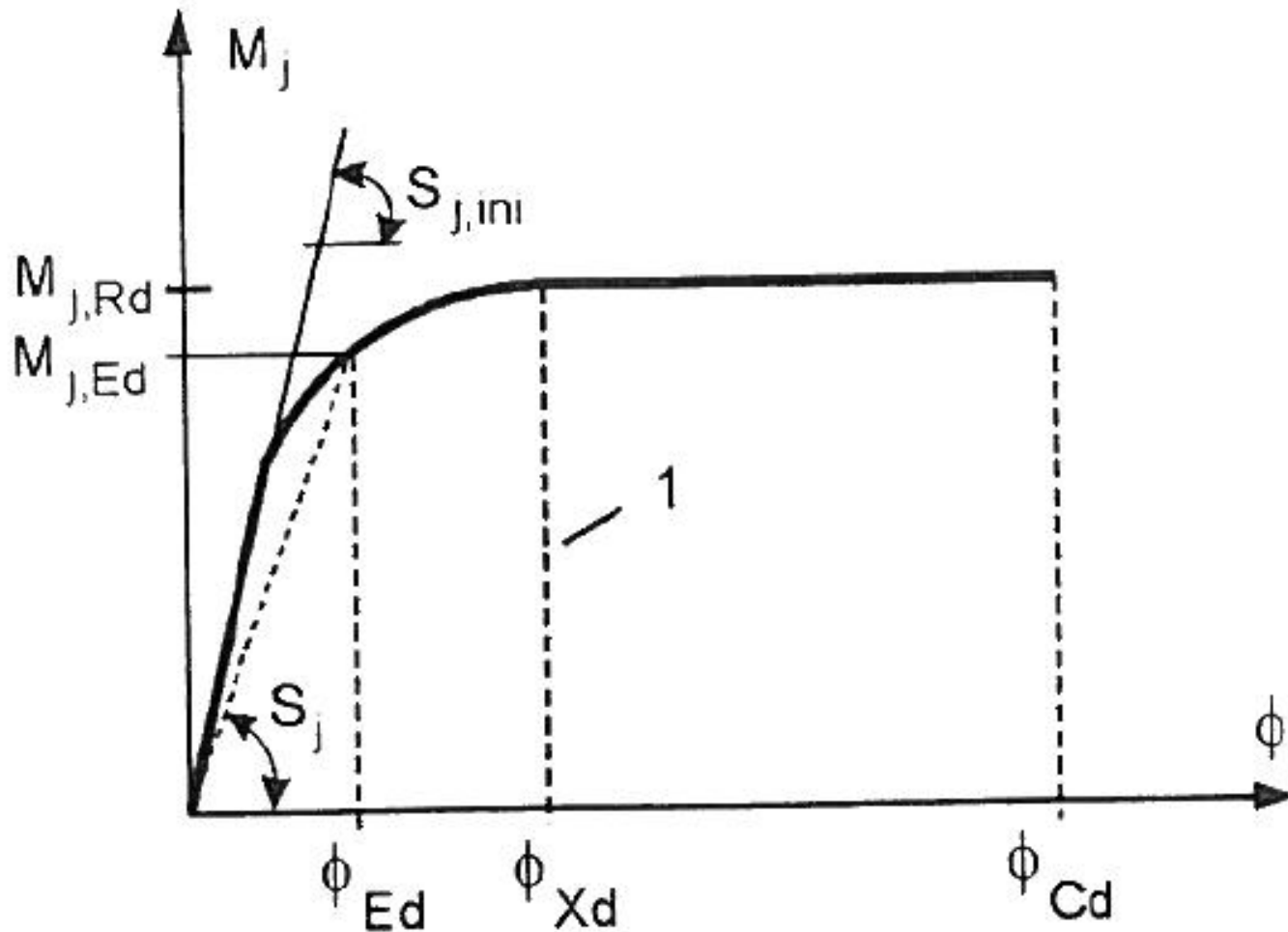


Reálny uzol

Model uzla

Návrhová závislosť moment – pootočenie uzla

Výpočet



Návrhová závislosť moment – pootočenie uzla

Rozdelenie na komponenty

Pole steny stĺpa namáhané šmykom [6.2.6.1 v EN 1993-1-8]

Stena stĺpa namáhaná priečnym tlakom [6.2.6.2 v EN 1993-1-8]

Pásnica stĺpa namáhaná priečnym ohybom [6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

Stena stĺpa namáhaná priečnym ťahom [6.2.6.3 v EN 1993-1-8]

Čelná doska namáhaná ohybom [6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Pásnica a stena nosníka namáhaná tlakom [6.2.6.7 v EN 1993-1-8]

Stena nosníka namáhaná ťahom [6.2.6.8 v EN 1993-1-8]

Pole steny stípa namáhané šmykom

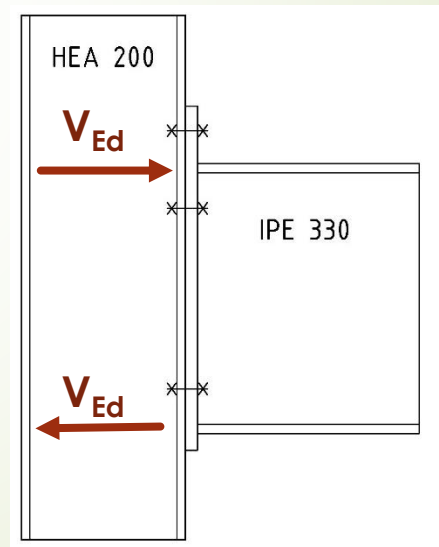
[6.2.6.1 v EN 1993-1-8]

Plocha steny stípa odolávajúca šmyku

$$A_{vc} = A_c - 2 \cdot b_c \cdot t_{fc} + (t_{wc} + 2 \cdot r_c) \cdot t_{fc} =$$
$$= 5383,1 - 2 \cdot 200 \cdot 10 + (6,5 + 2 \cdot 18) \cdot 10 = 1808,1 \text{ mm}^2$$

Návrhová šmyková sila plastickej odolnosti nevystuženého poľa steny stípa

$$V_{wp,Rd} = 0,9 \frac{f_{yb}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} A_{vc} =$$
$$= 0,9 \frac{235 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} 1808,1 = 220,8 \text{ kN}$$



Stena stípa namáhaná priečnym tlakom

[6.2.6.2 v EN 1993-1-8]

Dĺžka roznosu cez čelnú dosku na vnútornej strane dolnej pásnice nosníka

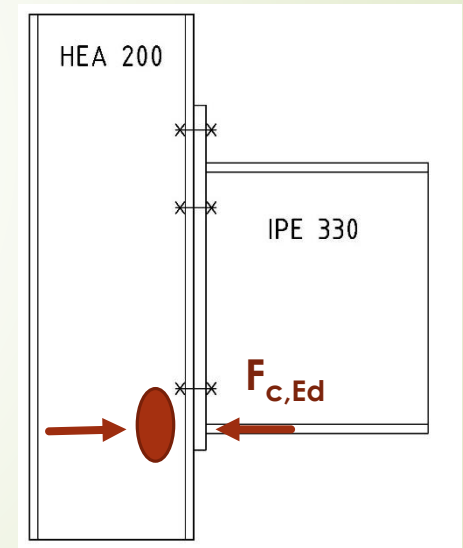
$$s_{p,nad} = t_p = 15mm$$

Dĺžka roznosu cez čelnú dosku na vonkajšej strane dolnej pásnice nosníka

$$s_{p,pod} = h_{pod} - \sqrt{2} \cdot a_f = 20 - \sqrt{2} \cdot 8 = 8,7mm$$

Účinná šírka steny stípa namáhanej tlakom

$$\begin{aligned} b_{eff,c,wc} &= t_{fb} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_f + 5 \cdot (t_{fc} + r_c) + s_{p,nad} + s_{p,pod} = \\ &= 11,5 + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 8 + 5 \cdot (10 + 18) + 15 + 8,7 = 197,81mm \end{aligned}$$



Pre usporiadanie jednostranného uzla [tab 5.4 v EN 1993-1-8]

$$\beta = 1$$

Stena stĺpa namáhaná priečnym tlakom

[6.2.6.2 v EN 1993-1-8]

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(b_{eff,c,wc} \frac{t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(197,81 \frac{6,5}{1808,1} \right)^2}} = 0,777$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + 5,2 \left(b_{eff,c,wc} \frac{t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 5,2 \left(197,81 \frac{6,5}{1808,1} \right)^2}} = 0,525$$

Redukčný súčiniteľ pre interakciu so šmykom pre $\beta = 1$

$$\omega = \omega_1$$

Redukčný súčiniteľ, ak normálové napätie v stene stĺpa je menšie ako $0,7 \cdot f_{yc}$

$$k_{wc} = 1$$

Stena stĺpa namáhaná priečnym tlakom

[6.2.6.2 v EN 1993-1-8]

Vplyv vydúvania steny

$$d_{wc} = h_c - 2 \cdot (t_{fc} + r_c) = 190 - 2 \cdot (10 + 18) = 134 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0,932 \sqrt{\frac{b_{eff,c,wc} \cdot d_{wc} \cdot f_{yc}}{E \cdot t_{wc}^2}} = 0,932 \sqrt{\frac{197,81 \cdot 134 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{210 \cdot 6,5^2}} = 0,781$$

Súčiniteľ vydúvania steny

$$\lambda_p > 0,72 \rightarrow \rho = \frac{\lambda_p - 0,2}{\lambda_p^2} = \frac{0,781 - 0,2}{0,781^2} = 0,92$$

Návrhová odolnosť nevystuženej steny stĺpa namáhanej priečnym tlakom

$$F_{c,wc,Rd} = \rho \cdot \omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \frac{f_{yc}}{\gamma_{M0}} =$$
$$= 0,92 \cdot 0,777 \cdot 1 \cdot 197,81 \cdot 6,5 \frac{235 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 215,9 \text{ kN}$$

Pásnica stípa namáhaná priečnym ohybom

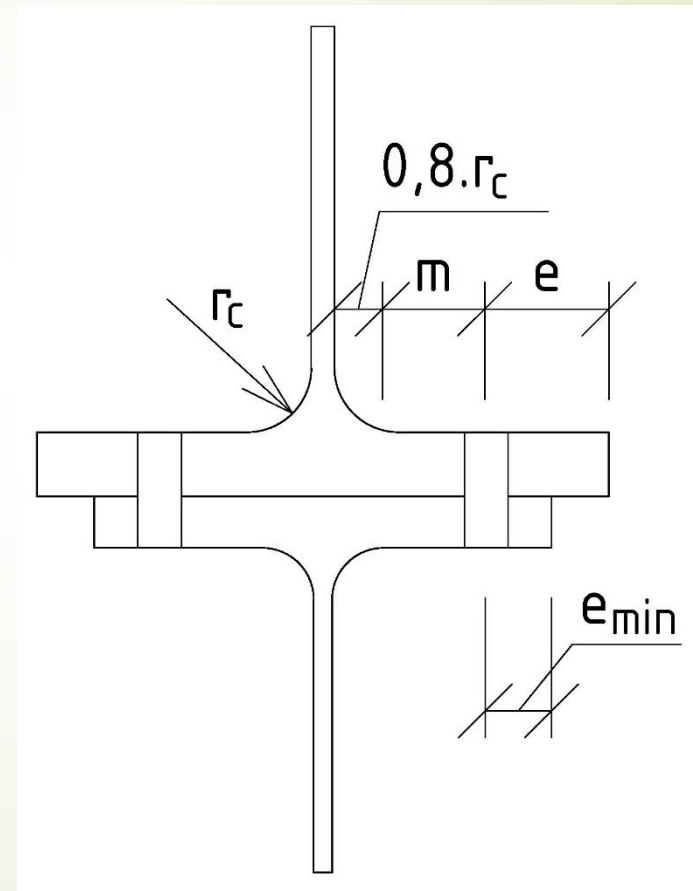
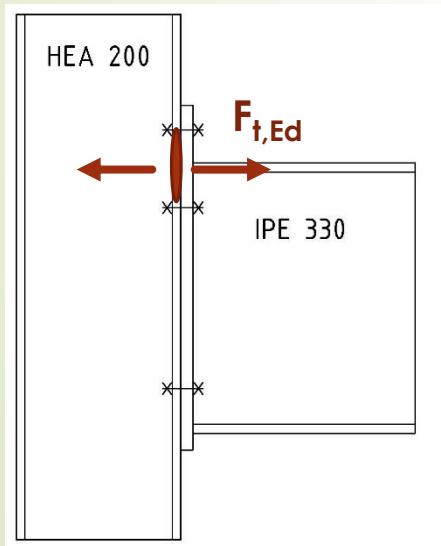
[6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

Model náhradného T-profilu

$$m_{CFB} = m = \frac{p_2}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot r_c = \frac{90}{2} - \frac{6,5}{2} - 0,8 \cdot 18 = 27,35 \text{ mm}$$

$$e = \frac{b_c}{2} - \frac{p_2}{2} = \frac{200}{2} - \frac{90}{2} = 55 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = \min(e; e_2) = \min(55; 35) = 35 \text{ mm}$$



Pásnica stípa namáhaná priečnym ohybom [6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

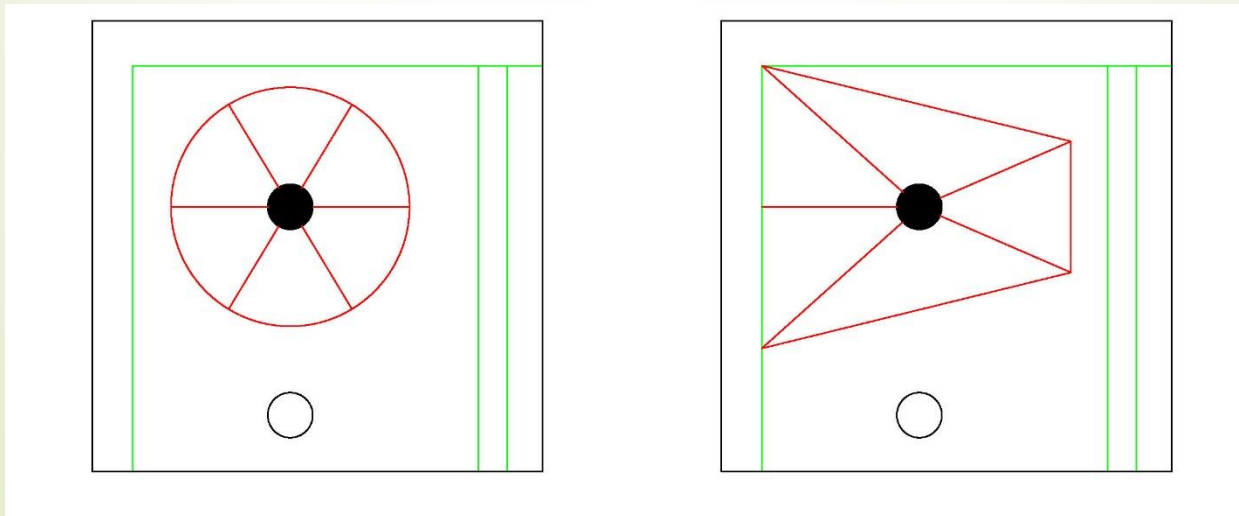
Rad skrutiek 1 – samostatný

- kruhový obrazec

$$l_{eff,cp,1,CFB} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 27,35 = 171,85 \text{ mm}$$

- nekruhový obrazec

$$l_{eff,nc,1,CFB} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 27,35 + 1,25 \cdot 55 = 178,15 \text{ mm}$$



Pásnica stĺpa namáhaná priečnym ohybom [6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

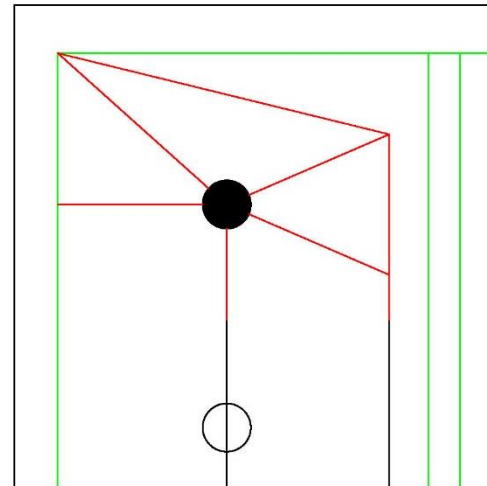
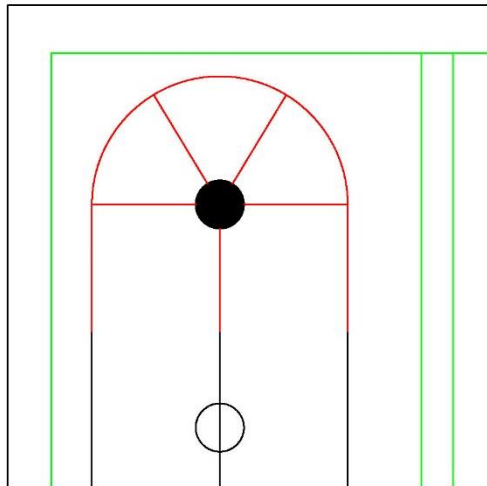
Rad skrutiek 1 – začiatok skupiny radov skrutiek

- kruhový obrazec

$$l_{eff,cp,1s,CFB} = \pi \cdot m + p_1 = \pi \cdot 27,35 + 95 = 180,92mm$$

- nekruhový obrazec

$$l_{eff,nc,1s,CFB} = 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p_1 = \\ = 2 \cdot 27,35 + 0,625 \cdot 55 + 0,5 \cdot 95 = 136,57mm$$



Pásnica stípa namáhaná priečnym ohybom [6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

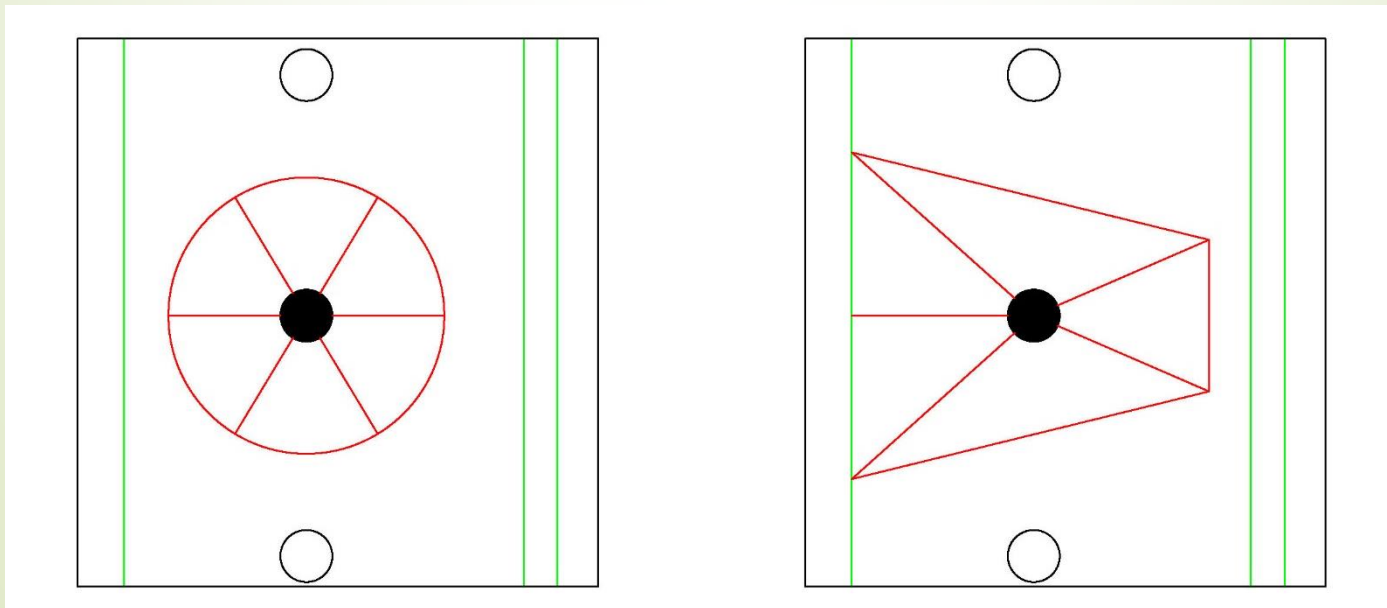
Rad skrutiek 2 – samostatný

- kruhový obrazec

$$l_{eff,cp,2,CFB} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 27,35 = 171,85mm$$

- nekrhový obrazec

$$l_{eff,nc,2,CFB} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 27,35 + 1,25 \cdot 55 = 178,15mm$$



Pásnica stípa namáhaná priečnym ohybom [6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

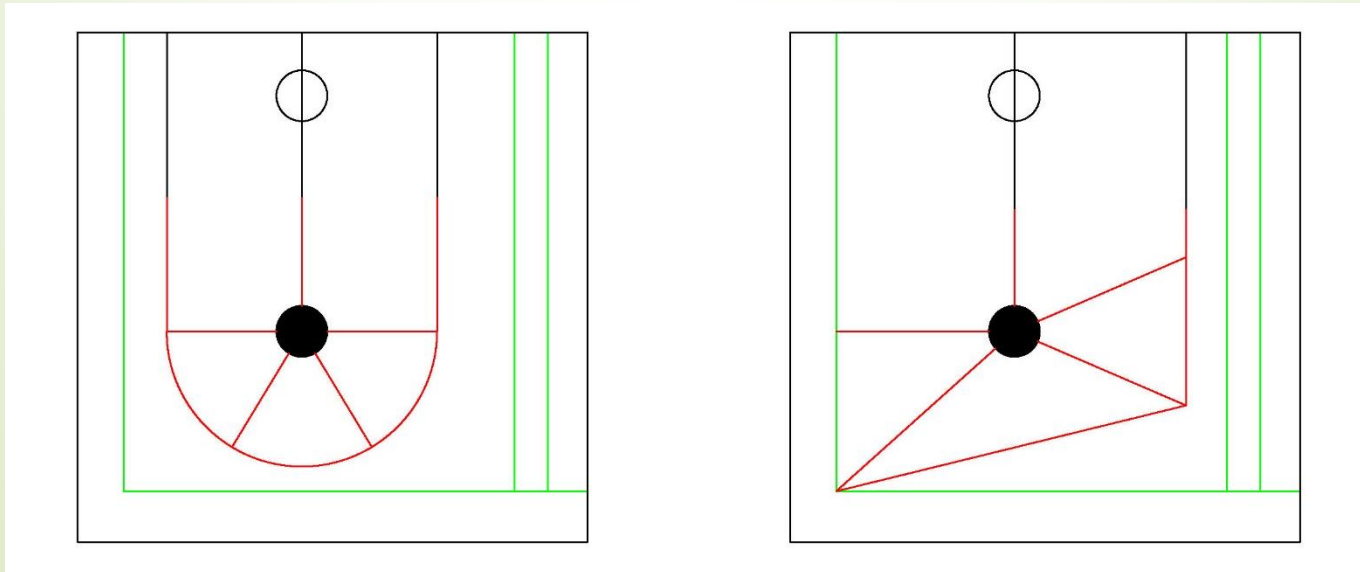
Rad skrutiek 2 – koniec skupiny radov skrutiek

- kruhový obrazec

$$l_{eff,cp,2e,CFB} = \pi \cdot m + p_1 = \pi \cdot 27,35 + 95 = 180,92mm$$

- nekruhový obrazec

$$l_{eff,nc,2e,CFB} = 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p_1 =$$
$$= 2 \cdot 27,35 + 0,625 \cdot 55 + 0,5 \cdot 95 = 136,57mm$$



Pásnica stípa namáhaná priečnym ohybom

[6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – samostatný

- spôsob porušenia 1 – úplné splastizovanie pásnice

$$\begin{aligned} \min l_{eff,1,ind} &= \min (l_{eff,cp,1,CFB}; l_{eff,nc,1,CFB}; l_{eff,cp,2,CFB}; l_{eff,nc,2,CFB}) = \\ &= \min (171,85; 178,15; 171,85; 178,15) = 171,85mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pl,1,Rd} &= 0,25 \cdot \min l_{eff,1,ind} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{yc} / \gamma_{M0} = \\ &= 0,25 \cdot 171,85 \cdot 10^2 \cdot 235 \cdot 10^{-6} / 1,0 = 1,01kNm \end{aligned}$$

$$F_{T1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 1,01 \cdot 10^3}{27,35} = 147,7kN$$

Pásnica stĺpa namáhaná priečnym ohybom

[6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – samostatný

- spôsob porušenia 2 – porušenie skrutiek a splastizovanie pásnice

$$\begin{aligned} \min l_{eff,1,ind} &= \min(l_{eff,nc,1,CFB}; l_{eff,nc,2,CFB}) = \\ &= \min(178,15; 178,15) = 178,15 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pl,2,Rd} &= 0,25 \cdot \min l_{eff,2,ind} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{yc} / \gamma_{M0} = \\ &= 0,25 \cdot 178,15 \cdot 10^2 \cdot 235 \cdot 10^{-6} / 1,0 = 1,05 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 245 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 176,4 \text{ kN}$$

$$n = \min(e_{min}; 1,25 \cdot m) = \min(35; 1,25 \cdot 27,35) = 34,2 \text{ mm}$$

$$F_{T2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 1,05 \cdot 10^3 + 34,2 \cdot 2 \cdot 176,4}{27,35 + 34,2} = 230,0 \text{ kN}$$

Pásnica stĺpa namáhaná priečnym ohybom

[6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – samostatný

- spôsob porušenia 3 – porušenie skrutiek

$$F_{T3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = 2 \cdot 176,4 = 352,8 \text{ kN}$$

Pásnica stĺpa namáhaná priečnym ohybom

[6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – samostatný

- návrhová odolnosť pásnice T-profilu

$$F_{t,fc,ind,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = \\ = \min(147,7; 230,0; 352,8) = 147,7 \text{ kN}$$

Pásnica stípa namáhaná priečnym ohybom

[6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – skupina radov 1+2

- spôsob porušenia 1 – úplné splastizovanie pásnice

$$\begin{aligned} \min l_{eff,1,gr} &= \min(l_{eff,cp,1s,CFB}; l_{eff,nc,1s,CFB}) + \min(l_{eff,cp,2e,CFB}; l_{eff,nc,2e,CFB}) = \\ &= \min(180,92; 136,57) + \min(180,92; 136,57) = 273,15mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pl,1,Rd} &= 0,25 \cdot \min l_{eff,1,gr} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{yc} / \gamma_{M0} = \\ &= 0,25 \cdot 273,15 \cdot 10^2 \cdot 235 \cdot 10^{-6} / 1,0 = 1,61kNm \end{aligned}$$

$$F_{T1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 1,61 \cdot 10^3}{27,35} = 234,7kN$$

Pásnica stípa namáhaná priečnym ohybom

[6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – skupina radov 1+2

- spôsob porušenia 2 – porušenie skrutiek a splastizovanie pásnice

$$\begin{aligned}\min l_{eff,2,gr} &= l_{eff,nc,1s,CFB} + l_{eff,nc,2e,CFB} = \\ &= 136,57 + 136,57 = 273,15mm\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{pl,2,Rd} &= 0,25 \cdot \min l_{eff,2,gr} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{yc} / \gamma_{M0} = \\ &= 0,25 \cdot 273,15 \cdot 10^2 \cdot 235 \cdot 10^{-6} / 1,0 = 1,61kNm\end{aligned}$$

$$F_{T2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 4 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 1,61 \cdot 10^3 + 34 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 176,4}{27,35 + 34,2} = 444,2kN$$

Pásnica stĺpa namáhaná priečnym ohybom [6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – skupina radov 1+2

- spôsob porušenia 3 – porušenie skrutiek

$$F_{T3,Rd} = 4 \cdot F_{t,Rd} = 4 \cdot 176,4 = 705,6 \text{ kN}$$

Pásnica stípa namáhaná priečnym ohybom

[6.2.6.4 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – skupina radov 1+2

- návrhová odolnosť pásnice T-profilu

$$F_{t,fc,gr,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) =$$
$$= \min(234,7; 444,2; 705,6) = 234,7 \text{ kN}$$

Stena stípa namáhaná priečnym ťahom

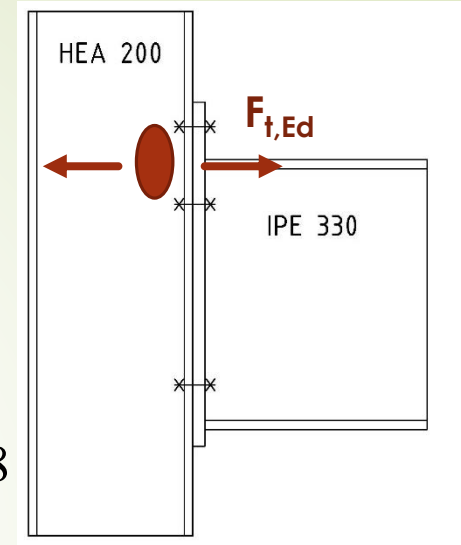
[6.2.6.3 v EN 1993-1-8]

Samostatné rady skrutiek 1 resp. 2

$$b_{eff,t,wc} = \min_{leff,1,ind} = 171,8mm$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(b_{eff,t,wc} \frac{t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(171,8 \frac{6,5}{1808,1} \right)^2}} = 0,818$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + 5,2 \left(b_{eff,t,wc} \frac{t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 5,2 \left(171,8 \frac{6,5}{1808,1} \right)^2}} = 0,579$$



Redukčný súčiniteľ pre interakciu so šmykom pre $\beta = 1$

$$\omega = \omega_1 = 0,818$$

Stena stípa namáhaná priečnym ťahom

[6.2.6.3 v EN 1993-1-8]

Samostatné rady skrutiek 1 resp. 2

Návrhová odolnosť nevystuženej steny stípa namáhanej priečnym ťahom

$$F_{t,wc,ind,Rd} = \omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \frac{f_{yc}}{\gamma_{M0}} = 0,818 \cdot 171,8 \cdot 6,5 \frac{235 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 214,6 \text{ kN}$$

Stena stípa namáhaná priečnym ťahom

[6.2.6.3 v EN 1993-1-8]

Skupina radov skrutiek 1 + 2

$$b_{eff,t,wc} = \min_{l_{eff,1,gr}} = 273,1mm$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1+1,3\left(b_{eff,t,wc} \frac{t_{wc}}{A_{vc}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+1,3\left(273,1 \frac{6,5}{1808,1}\right)^2}} = 0,666$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{1+5,2\left(b_{eff,t,wc} \frac{t_{wc}}{A_{vc}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+5,2\left(273,1 \frac{6,5}{1808,1}\right)^2}} = 0,408$$

Redukčný súčiniteľ pre interakciu so šmykom pre $\beta = 1$

$$\omega = \omega_1 = 0,666$$

Stena stípa namáhaná priečnym ťahom

[6.2.6.3 v EN 1993-1-8]

Skupina radov skrutiek 1 + 2

Návrhová odolnosť nevystuženej steny stípa namáhanej priečnym ťahom

$$F_{t,wc,gr,Rd} = \omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \frac{f_{yc}}{\gamma_{M0}} = 0,666 \cdot 273,1 \cdot 6,5 \frac{235 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 277,9 \text{ kN}$$

Čelná deska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Model náhradného T-profilu

$$e_x = e_1 = 30\text{mm}$$

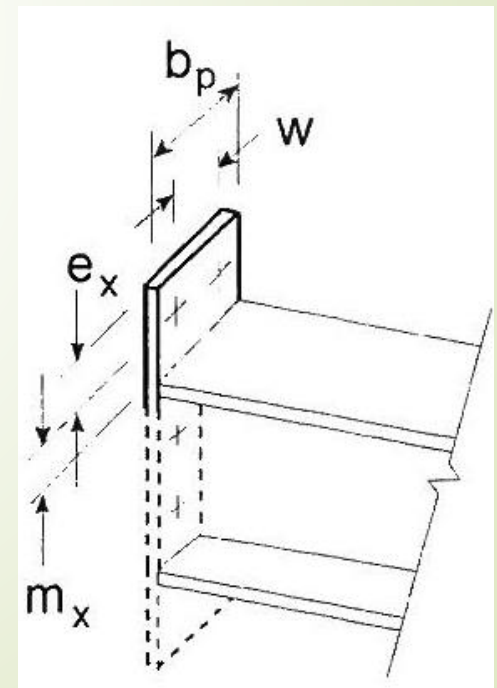
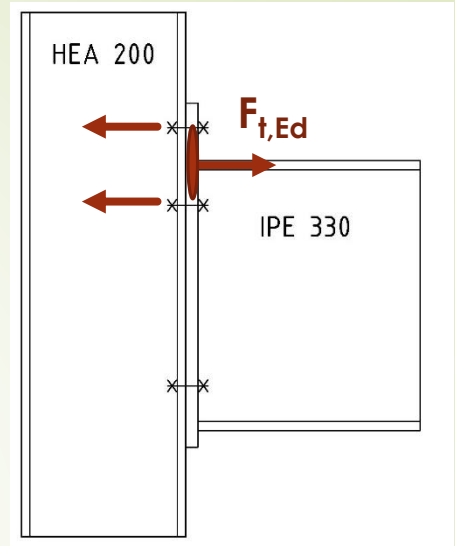
$$m_{x,EPB} = m_x = h_{nad} - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} - e_x =$$
$$= 70 - 0,8 \cdot 8 \cdot \sqrt{2} - 30 = 30,95\text{mm}$$

$$w = p_2 = 90\text{mm}$$

$$e = e_2 = 35\text{mm}$$

$$m_{EPB} = m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wb}}{2} - 0,8 \cdot a_w \cdot \sqrt{2} =$$
$$= \frac{90}{2} - \frac{7,5}{2} - 0,8 \cdot 3 \cdot \sqrt{2} = 37,86\text{mm}$$

$$m_2 = e_x + p_1 - h_{nad} - t_{fb} - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} =$$
$$= 30 + 95 - 70 - 11,5 - 0,8 \cdot 8 \cdot \sqrt{2} = 34,45\text{mm}$$



Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Model náhradného T-profilu

$$n_x = \min(e_x; 1,25 \cdot m_x) = \min(30; 1,25 \cdot 30,95) = 30 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = \min\left(\frac{b_c}{2} - \frac{p_2}{2}; e_2\right) = \min\left(\frac{200}{2} - \frac{90}{2}; 35\right) = 35 \text{ mm}$$

$$n = \min(e_{\min}; 1,25 \cdot m) = \min(35; 1,25 \cdot 37,86) = 35 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{37,86}{37,86 + 35} = 0,52$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{34,45}{37,86 + 35} = 0,47$$

$$\alpha = 5,66$$

Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

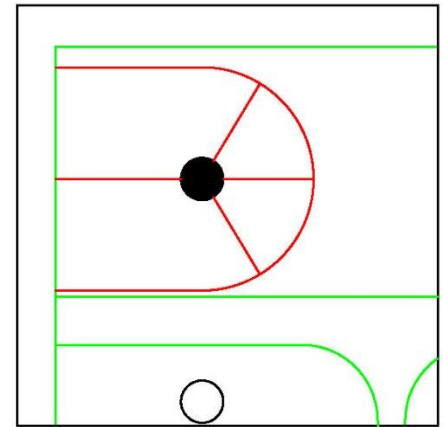
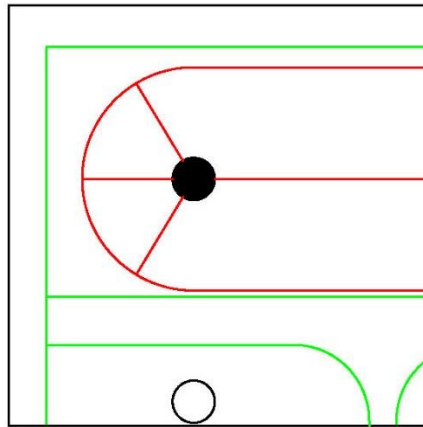
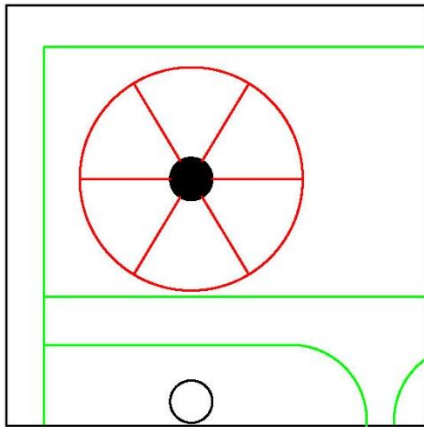
Rad skrutiek 1 – samostatný

- kruhové obrazce

$$l_{eff,cp,1,a,EPB} = 2 \cdot \pi \cdot m_x = 2 \cdot \pi \cdot 30,95 = 194,46mm$$

$$l_{eff,cp,1,b,EPB} = \pi \cdot m_x + w = \pi \cdot 30,95 + 90 = 187,23mm$$

$$l_{eff,cp,1,c,EPB} = \pi \cdot m_x + 2 \cdot e = \pi \cdot 30,95 + 2 \cdot 35 = 167,23mm$$



Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Rad skrutiek 1 – samostatný

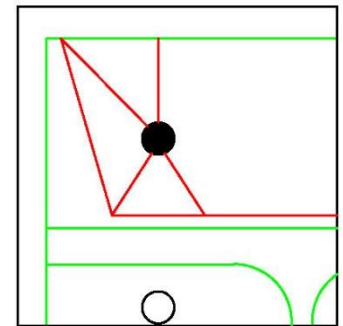
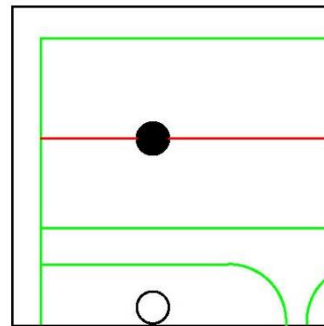
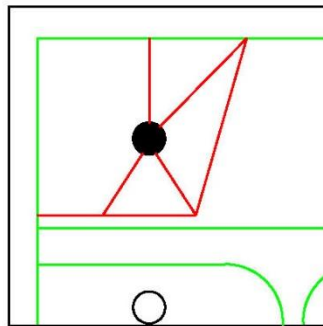
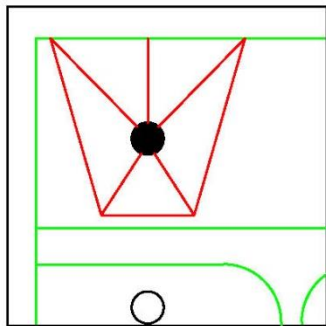
- nekruhové obrazce

$$l_{eff,nc,1,a,EPB} = 4 \cdot m_x + 1,25 \cdot e_x = 4 \cdot 30,95 + 1,25 \cdot 30 = 161,30mm$$

$$l_{eff,nc,1,b,EPB} = e + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x = 35 + 2 \cdot 30,95 + 0,625 \cdot 30 = 115,65mm$$

$$l_{eff,nc,1,c,EPB} = 0,5 \cdot b_p = 0,5 \cdot 160 = 80mm$$

$$l_{eff,nc,1,d,EPB} = 0,5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x = 0,5 \cdot 90 + 2 \cdot 30,95 + 0,625 \cdot 30 = 125,65mm$$



Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

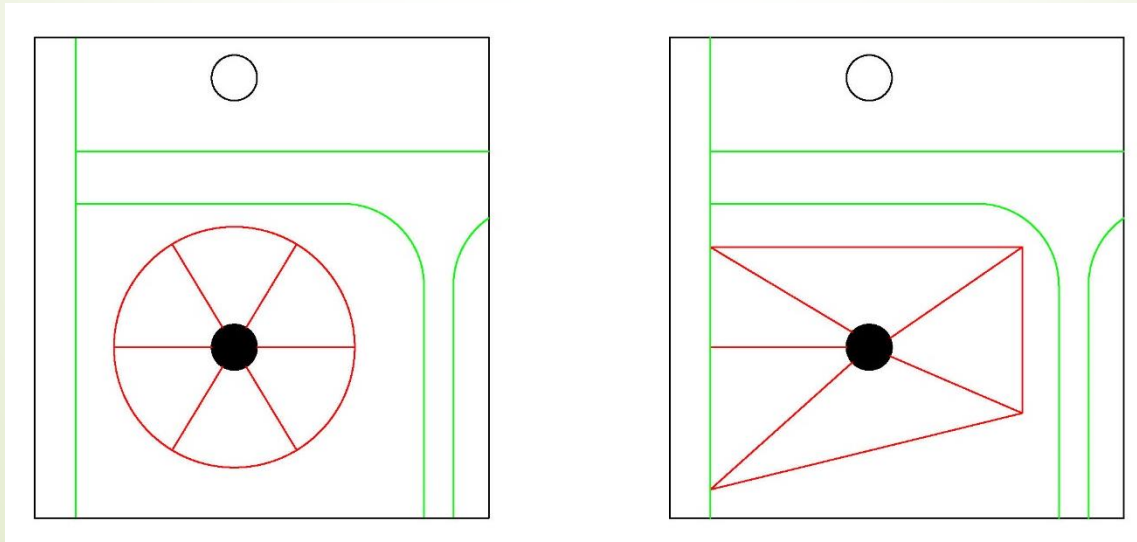
Rad skrutiek 2 – samostatný

- kruhový obrazec

$$l_{eff,cp,2,EPB} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 37,86 = 237,86mm$$

- nekruhový obrazec

$$l_{eff,nc,2,EPB} = \alpha \cdot m = 5,66 \cdot 37,86 = 214,23mm$$



Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – rad 1 samostatný

- spôsob porušenia 1 – úplné splastizovanie pásnice

$$\min l_{eff,1,ind} = \min \left(\begin{array}{l} l_{eff,cp,1,a,EPB}; l_{eff,cp,1,b,EPB}; l_{eff,cp,1,c,EPB}; l_{eff,nc,1,a,EPB} \\ l_{eff,nc,1,b,EPB}; l_{eff,nc,1,c,EPB}; l_{eff,nc,1,d,EPB} \end{array} \right) =$$
$$= \min (194,46; 187,23; 167,23; 161,3; 115,65; 80; 125,65) = 80mm$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \cdot \min l_{eff,1,ind} \cdot t_p^2 \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} =$$
$$= 0,25 \cdot 80 \cdot 15^2 \cdot 235 \cdot 10^{-6} / 1,0 = 1,06kNm$$

$$F_{T1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m_x} = \frac{4 \cdot 1,06 \cdot 10^3}{30,95} = 136,7kN$$

Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – rad 1 samostatný

- spôsob porušenia 2 – porušenie skrutiek a splastizovanie pásnice

$$\min l_{eff,2,ind} = \min \left(l_{eff,nc,1,a,EPB}; l_{eff,nc,1,b,EPB}; l_{eff,nc,1,c,EPB}; l_{eff,nc,1,d,EPB} \right) =$$
$$= \min (161,3; 115,65; 80; 125,65) = 80mm$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot \min l_{eff,2,ind} \cdot t_p^2 \cdot f_{yc} / \gamma_{M0} =$$
$$= 0,25 \cdot 80 \cdot 15^2 \cdot 235 \cdot 10^{-6} / 1,0 = 1,06kNm$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 245 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 176,4kN$$

$$F_{T2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n_x \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m_x + n_x} = \frac{2 \cdot 1,06 \cdot 10^3 + 30 \cdot 2 \cdot 176,4}{30,95 + 30} = 208,4kN$$

Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – rad 1 samostatný

- spôsob porušenia 3 – porušenie skrutiek

$$F_{T3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = 2 \cdot 176,4 = 352,8 \text{ kN}$$

Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – rad 1 samostatný

- návrhová odolnosť pásnice T-profilu

$$F_{t,epc,ind,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) =$$
$$= \min(136,7; 208,4; 352,8) = 136,7 \text{ kN}$$

Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – rad 2 samostatný

- spôsob porušenia 1 – úplné splastizovanie pásnice

$$\begin{aligned} \min l_{eff,2,ind} &= \min(l_{eff,cp,2,EPB}; l_{eff,nc,2,EPB}) = \\ &= \min(237,86; 214,23) = 214,23mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pl,1,Rd} &= 0,25 \cdot \min l_{eff,1,ind} \cdot t_p^2 \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} = \\ &= 0,25 \cdot 214,23 \cdot 15^2 \cdot 235 \cdot 10^{-6} / 1,0 = 2,83kNm \end{aligned}$$

$$F_{T1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m_x} = \frac{4 \cdot 2,83 \cdot 10^3}{30,95} = 30,95 = 299,2kN$$

Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – rad 2 samostatný

- spôsob porušenia 2 – porušenie skrutiek a splastizovanie pásnice

$$\min l_{eff,2,ind} = l_{eff,nc,2,EPB} = 214,23mm$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot \min l_{eff,2,ind} \cdot t_p^2 \cdot f_{yc} / \gamma_{M0} =$$
$$= 0,25 \cdot 214,23 \cdot 15^2 \cdot 235 \cdot 10^{-6} / 1,0 = 2,83kNm$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 245 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 176,4kN$$

$$F_{T2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 2,83 \cdot 10^3 + 35 \cdot 2 \cdot 176,4}{37,86 + 35} = 247,2kN$$

Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – rad 2 samostatný

- spôsob porušenia 3 – porušenie skrutiek

$$F_{T3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = 2 \cdot 176,4 = 352,8 \text{ kN}$$

Čelná doska namáhaná ohybom

[6.2.6.5 v EN 1993-1-8]

Odolnosť T-profilu – rad 2 samostatný

- návrhová odolnosť pásnice T-profilu

$$F_{t,epc,ind,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) =$$
$$= \min(299,2; 247,2; 352,8) = 247,2kN$$

Pásnica a stena nosníka namáhaná tlakom

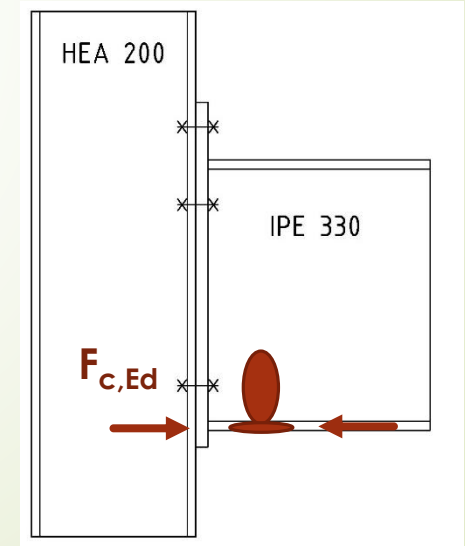
[6.2.6.7 v EN 1993-1-8]

Návrhový moment odolnosti nosníka

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,b} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{783,54 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 184,1 \text{ kNm}$$

Návrhová tlaková odolnosť pásnice nosníka spolu s príľahlou časťou steny nosníka

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{h_b - t_{fb}} = \frac{184,1}{330 - 11,5} = 578,1 \text{ kN}$$



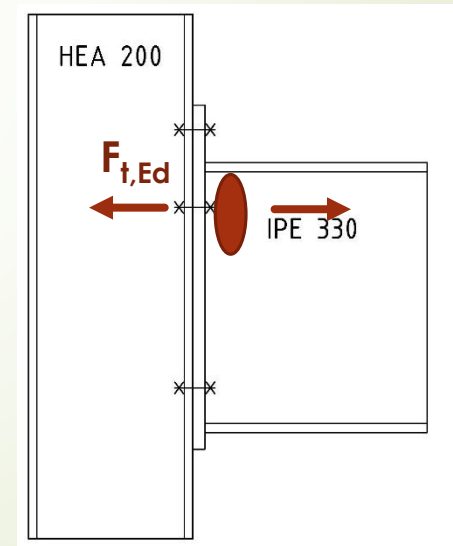
Stena nosníka namáhaná ťahom

[6.2.6.8 v EN 1993-1-8]

$$b_{eff,t,wb} = \min(l_{ef,cp,2,EPB}; l_{ef,nc,2,EPB}) = \min(237,86; 214,23) = 214,23mm$$

Návrhová ťahová odolnosť steny nosníka

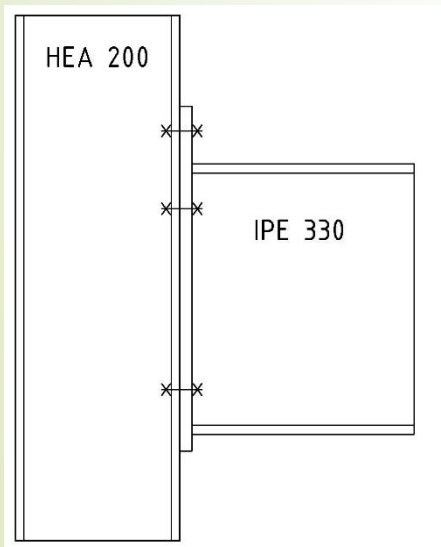
$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 214,23 \cdot 7,5 \frac{235 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 377,6kN$$



Prehľad odolností

Odolnosť radu skrutiek 1 – samostatný 6.2.7.2 (6) v EN 1993-1-8

- stena stípa namáhaná ťahom $F_{t,wc,ind,Rd} = 214,6kN$
- pásnica stípa namáhaná ohybom $F_{t,fc,ind,Rd} = 147,7kN$
- čelná doska namáhaná ohybom $F_{t,epc,ind,Rd} = 136,7kN$

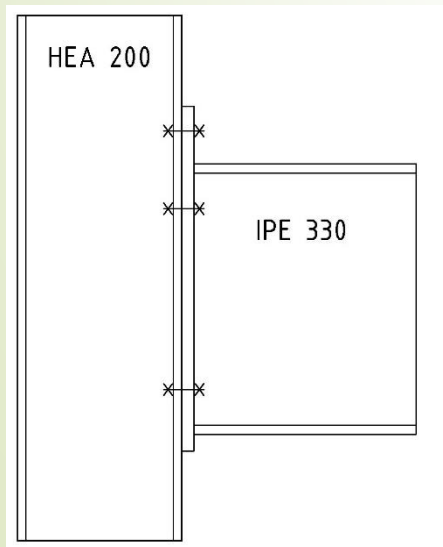


$$F_{t1,min} = \min \left(F_{t,wc,ind,Rd} ; F_{t,fc,ind,Rd} ; F_{t,ep,ind,Rd} \right) = \\ = \min (214,6 ; 147,7 ; 136,7) = 136,7kN$$

Prehľad odolností

Odolnosť radu skrutiek 2 – samostatný 6.2.7.2 (6) v EN 1993-1-8

- stena stĺpa namáhaná ťahom $F_{t,wc,ind,Rd} = 214,6kN$
- pásnica stĺpa namáhaná ohybom $F_{t,fc,ind,Rd} = 147,7kN$
- čelná doska namáhaná ohybom $F_{t,epc,ind,Rd} = 247,2kN$
- stena nosníka namáhaná ťahom $F_{t,wb,Rd} = 377,6kN$



$$F_{t2,min} = \min \left(F_{t,wc,ind,Rd} ; F_{t,fc,ind,Rd} ; F_{t,ep,ind,Rd} ; F_{t,wb,Rd} \right) = \\ = \min (214,6; 147,7; 247,2; 377,6) = 147,7kN$$

Prehľad odolností

Odolnosť skupiny radov skrutiek 1+2 6.2.7.2 (8) v EN 1993-1-8

$$F_{t,1+2} = F_{t1,\min} + F_{t2,\min} = 136,7 + 147,7 = 284,3 \text{ kN}$$

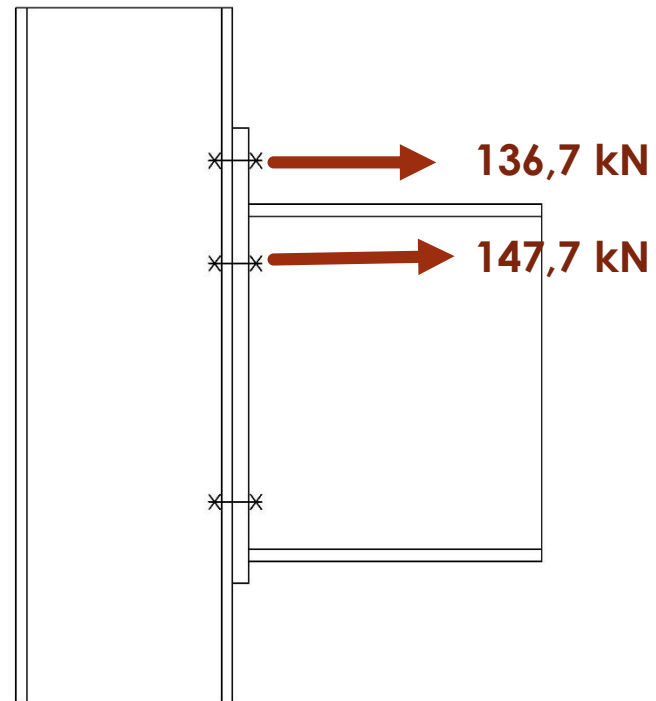
- stena stĺpa namáhaná ťahom
- pásnica stĺpa namáhaná ohybom

$$F_{t,wc,gr,Rd} = 277,9 \text{ kN}$$

$$F_{t,fc,gr,Rd} = 234,7 \text{ kN}$$

- odolnosť skupiny radov skrutiek

$$F_{t,gr,Rd} = \min(F_{t,wc,gr,Rd}; F_{t,fc,gr,Rd}) =$$
$$= \min(277,9; 234,7) = 234,7 \text{ kN}$$

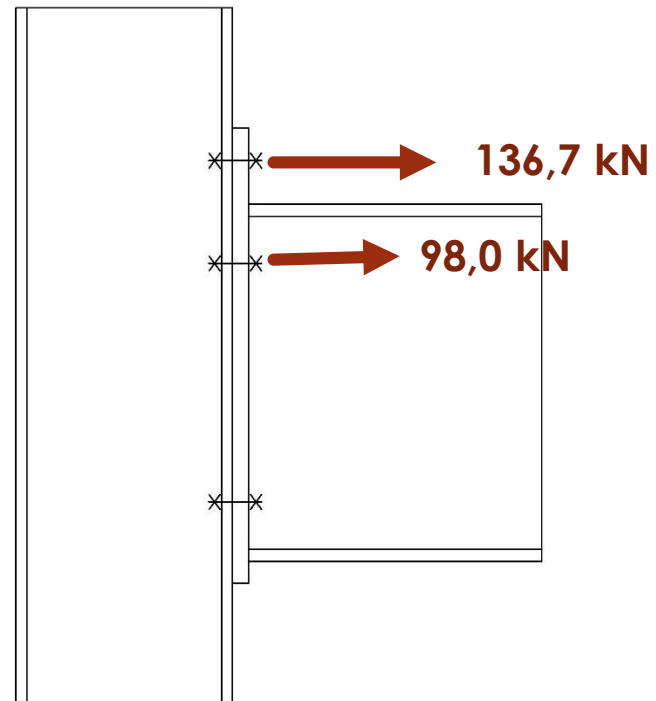


Prehľad odolností

Odolnosť skupiny radov skrutiek 1+2 6.2.7.2 (8) v EN 1993-1-8

$F_{t,1+2} > F_{t,gr,Rd}$ t. j. odolnosť v skrutkách je väčšia ako odolnosť skupiny skrutiek, potom treba prerozdeliť sily v skrutkách

$$F_{t2,min} = F_{t,gr,Rd} - F_{t1,min} = 234,7 - 136,7 = 98,0 \text{ kN}$$



Prehľad odolností

Kontrola podmienok rovnováhy 6.2.7.2 (7) v EN 1993-1-8

- ťahaná oblasť

$$F_{t,1+2} = F_{t1,\min} + F_{t2,\min} = 136,7 + 98,0 = 234,7 \text{ kN}$$

- stena stĺpa namáhaná šmykom

$$V_{wp,Rd} \cdot \beta^{-1} = 220,8 \cdot 1,0 = 220,8 \text{ kN}$$

- stena stĺpa namáhaná tlakom

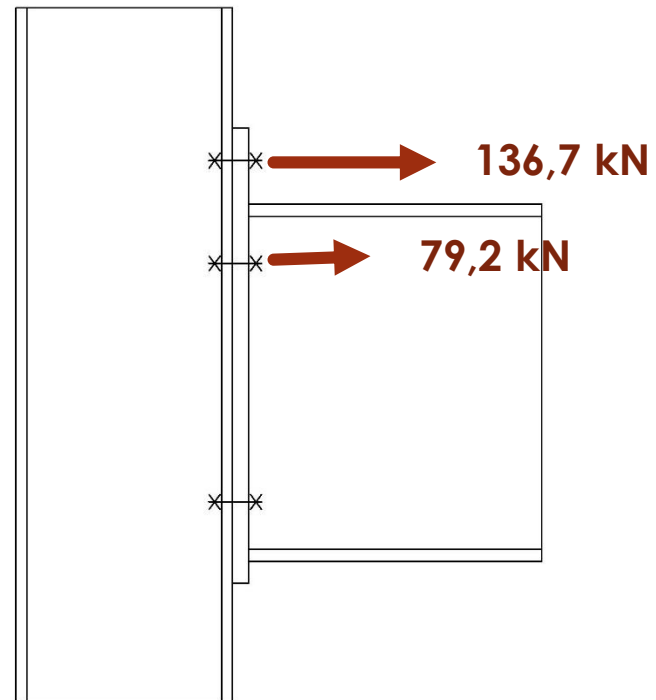
$$F_{c,wc,Rd} = 215,9 \text{ kN}$$

- pásnica nosníka namáhaná tlakom

$$F_{glob,\min} = \min(V_{wp,Rd} \cdot \beta^{-1}; F_{c,wc,Rd}; F_{c,fb,Rd}) = \\ = \min(220,8; 215,9; 578,1) = 215,9 \text{ kN}$$

Redukcia odolnosti ťahanej oblasti

$$F_{t2,\min,\text{red}} = F_{glob,\min} - F_{t1,\min} = \\ = 215,9 - 136,7 = 79,2 \text{ kN}$$



Odolnosť uzla v ohybe

[6.2.7.2 (1) v EN 1993-1-8]

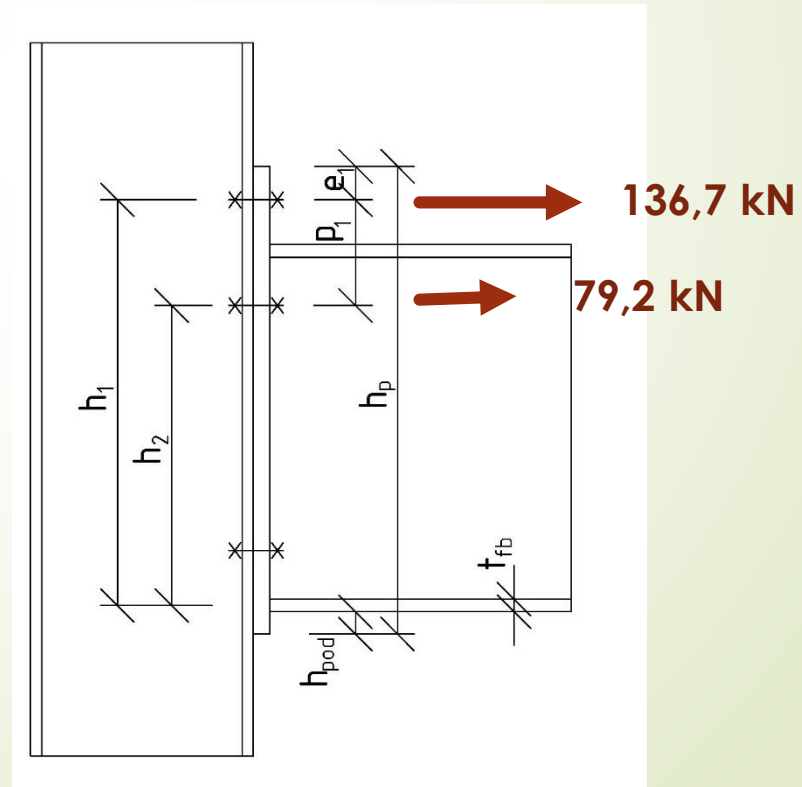
$$h_1 = h_p - e_1 - h_{pod} - 0,5 \cdot t_{fb} = 420 - 30 - 20 - 0,5 \cdot 11,5 = 364,3 \text{ mm}$$

$$h_2 = h_1 - p_1 = 364,3 - 95 = 269,3 \text{ mm}$$

$$M_{j,Rd} = F_{t1,min} \cdot h_1 + F_{t2,min,red} \cdot h_2 = 136,7 \cdot 0,3643 + 79,2 \cdot 0,2693 = 71,1 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{70}{71,1} = 0,98 < 1,0$$

Vyhovuje



Odolnosť skrutiek proti strihu

[tab. 3.4 v EN 1993-1-8]

$\alpha_v = 0,6$ rovina strihu prechádza driekom skrutky

strih sa prenáša iba dolným radom skrutiek $n=2$

$$F_{v,Rd} = n \frac{A_s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 2 \frac{314,2 \cdot 0,6 \cdot 1000}{1,25} = 235,2 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{200}{235,2} = 0,85 < 1,0 \quad \underline{\text{Vyhovuje}}$$

Odolnosť v otláčení čelnej dosky

[tab. 3.4 v EN 1993-1-8]

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_3}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{up}}; 1\right) = \min\left(\frac{30}{3 \cdot 22}; \frac{220}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4}; \frac{1000}{235}; 1\right) = 0,45$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{35}{22} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = n \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = 6 \frac{2,5 \cdot 0,45 \cdot 235 \cdot 20 \cdot 15}{1,25} = 589,1 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{200}{589,1} = 0,34 < 1,0 \quad \underline{\text{Vyhovuje}}$$

Odolnosť v otláčení pásnice stípa

[tab. 3.4 v EN 1993-1-8]

$$\alpha_b = \min\left(\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{up}}; 1\right) = \min\left(\frac{90}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4}; \frac{1000}{235}; 1\right) = 1,0$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{(b_c - p_2)/2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{(200 - 90)/2}{22} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = n \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_{fc}}{\gamma_{M2}} = 6 \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 235 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} = 864,0 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{200}{864} = 0,23 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Odolnosť kútových zvarov

[4.5.4 v EN 1993-1-8]

- prípoj steny nosníka $a_w = 3mm$

$$F_{w,Ed} = \frac{F_{v,Ed}}{2 \cdot (h_b - 2 \cdot t_{fb} - 2 \cdot r_b)} = \frac{200}{2 \cdot (330 - 2 \cdot 11,5 - 2 \cdot 18)} = 369 \text{ N/mm}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} a_w = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} \cdot 3 = 623,5 \text{ N/mm}$$

$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} = \frac{369,0}{623,5} = 0,59 < 1,0$$

Vyhovuje

Odolnosť kútových zvarov

[4.5.4 v EN 1993-1-8]

- prípoj pásnice nosníka $a_w = 8mm$

$$F_{w,Ed} = \frac{M_{j,Ed}}{(h_b - t_{fb}) \cdot 2 \cdot b_b} = \frac{70}{(330 - 11,5) \cdot 2 \cdot 160} = 686,8 \text{ N/mm}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} a_f = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} \cdot 8 = 1662,8 \text{ N/mm}$$

$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} = \frac{686,8}{1662,8} = 0,41 < 1,0$$

Vyhovuje

Odolnosť steny nosníka v šmyku

[6.2.6 v EN 1993-1-1]

$$V_{pl,web,Rd} = \frac{(h_b - 2 \cdot t_{fb} - 2 \cdot r_b) \cdot t_{wb} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} =$$
$$= \frac{(330 - 2 \cdot 11,5 - 2 \cdot 18) \cdot 7,5 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 275,8 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{V_{pl,web,Rd}} = \frac{200}{275,8} = 0,73 < 1,0 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Odolnosť proti vytrhnutiu bloku skrutkového spoja

[3.10.2 v EN 1993-1-8]

$$A_{nt} = (e_2 - d_0 \cdot 0,5) \cdot t_p = (35 - 22 \cdot 0,5) \cdot 15 = 360 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha
namáhaná ťahom

$$A_{nv} = \left[h_p - e_1 - d_0 \left(\frac{n_{bolts}}{2} - 0,5 \right) \right] \cdot t_p =$$
$$= \left[420 - 30 - 22 \left(\frac{6}{2} - 0,5 \right) \right] \cdot 15 = 5025 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha
namáhaná šmykom

$$V_{eff,1,Rd} = 2 \cdot \left(\frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \right) =$$
$$= 2 \cdot \left(\frac{360 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} + \frac{235 \cdot 5025 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} \right) = 1570,9 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{V_{pl,web,Rd}} = \frac{200}{1570,9} = 0,13 < 1,0$$

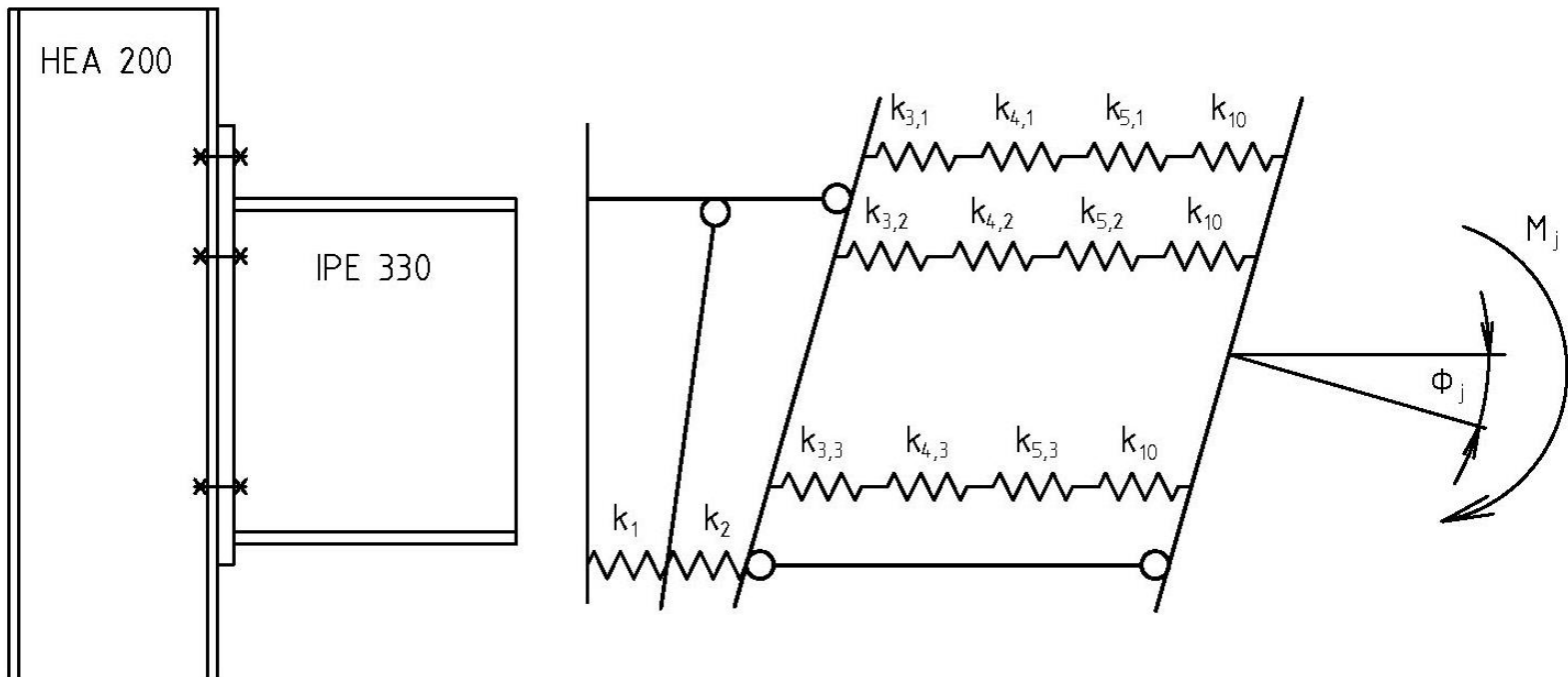
Vyhovuje

Rotačná kapacita uzla

Podmienky pre rotačnú kapacitu 6.4.2 (2) v EN 1993-1-8

$$t_{d,\text{lim}} = 0,36 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{f_{ub}}{f_{yp}}} = 0,36 \cdot 20 \cdot \sqrt{\frac{1000}{235}} = 15 \text{ mm} \geq t_p = 15 \text{ mm}$$

$$t_{d,\text{lim}} = 0,36 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{f_{ub}}{f_{yc}}} = 0,36 \cdot 20 \cdot \sqrt{\frac{1000}{235}} = 14,85 \text{ mm} > t_{fc} = 10 \text{ mm}$$



Rotačná kapacita uzla

Začiatočná rotačná tuhosť uzla 6.3 v EN 1993-1-8

- pole steny stípa namáhané šmykom

$$z = h_b - t_{fb} = 330 - 11.5 = 318,5 \text{ mm}$$

$$k_1 = \frac{0,38 \cdot A_{vc}}{\beta \cdot z} = \frac{0,38 \cdot 1808,1}{1,0 \cdot 318,5} = 2,16 \text{ mm}$$

- stena stípa namáhaná tlakom

$$k_2 = \frac{0,7 \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc}}{d_{wc}} = \frac{0,7 \cdot 197,8 \cdot 6,5}{134} = 6,72 \text{ mm}$$

- stena stípa namáhaná ťahom

$$l_{eff,bolt1} = \min(l_{eff,cp,1,CFB}; l_{eff,nc,1,CFB}; l_{eff,cp,1s,CFB}; l_{eff,nc,1s,CFB}) = \\ = \min(171,85; 178,15; 180,92; 136,57) = 136,57 \text{ mm}$$

$$k_{3,1} = \frac{0,7 \cdot l_{eff,bolt1} \cdot t_{wc}}{d_{wc}} = \frac{0,7 \cdot 136,57 \cdot 6,5}{134} = 4,64 \text{ mm}$$

Rotačná kapacita uzla

Začiatočná rotačná tuhosť uzla 6.3 v EN 1993-1-8

- stena stĺpa namáhaná ťahom

$$l_{eff,bolt2} = \min(l_{eff,cp,2,CFB}; l_{eff,nc,2,CFB}; l_{eff,cp,2e,CFB}; l_{eff,nc,2e,CFB}) = \\ = \min(171,85; 178,15; 180,92; 136,57) = 136,57mm$$

$$k_{3,2} = \frac{0,7 \cdot l_{eff,bolt2} \cdot t_{wc}}{d_{wc}} = \frac{0,7 \cdot 136,57 \cdot 6,5}{134} = 4,64mm$$

$$l_{eff,bolt3} = \min(l_{eff,cp,1,CFB}; l_{eff,nc,1,CFB}) = \\ = \min(171,85; 178,15) = 171,85mm$$

$$k_{3,3} = \frac{0,7 \cdot l_{eff,bolt3} \cdot t_{wc}}{d_{wc}} = \frac{0,7 \cdot 171,85 \cdot 6,5}{134} = 5,84mm$$

Rotačná kapacita uzla

Začiatočná rotačná tuhosť uzla 6.3 v EN 1993-1-8

- pásnica stĺpa namáhaná ohybom

$$k_{4,1} = \frac{0,9 \cdot 1_{eff, bolt1} \cdot t_{fc}^3}{m_{CFB}^3} = \frac{0,9 \cdot 136,57 \cdot 10^3}{27,35^3} = 6,01 \text{ mm}$$

$$k_{4,2} = \frac{0,9 \cdot 1_{eff, bolt2} \cdot t_{fc}^3}{m_{CFB}^3} = \frac{0,9 \cdot 136,57 \cdot 10^3}{27,35^3} = 6,01 \text{ mm}$$

$$k_{4,3} = \frac{0,9 \cdot 1_{eff, bolt1} \cdot t_{fc}^3}{m_{CFB}^3} = \frac{0,9 \cdot 171,85 \cdot 10^3}{27,35^3} = 7,56 \text{ mm}$$

Rotačná kapacita uzla

Začiatočná rotačná tuhosť uzla 6.3 v EN 1993-1-8

- čelná doska namáhaná ohybom

$$l_{eff,bolt1} = \min \left(\begin{array}{l} l_{eff,cp,1,a,EPB}; l_{eff,cp,1,b,EPB}; l_{eff,cp,1,c,EPB}; l_{eff,nc,1,a,EPB} \\ l_{eff,nc,1,b,EPB}; l_{eff,nc,1,c,EPB}; l_{eff,nc,1,d,EPB} \end{array} \right) =$$
$$= \min(194,46; 187,23; 167,23; 161,3; 115,65; 80; 125,65) = 80mm$$

$$k_{5,1} = \frac{0,9 \cdot l_{eff,bolt1} \cdot t_p^3}{m_{x,EPB}^3} = \frac{0,9 \cdot 80 \cdot 15^3}{30,95^3} = 8,2mm$$

$$l_{eff,bolt2} = \min(l_{eff,cp,2,EPB}; l_{eff,nc,2,EPB}) = \min(237,86; 214,23) = 214,23mm$$

$$k_{5,2} = \frac{0,9 \cdot l_{eff,bolt2} \cdot t_p^3}{m_{EPB}^3} = \frac{0,9 \cdot 214,23 \cdot 15^3}{37,86^3} = 4,48mm$$

$$l_{eff,bolt3} = \min(l_{eff,cp,2,EPB}; l_{eff,nc,2,EPB}) = \min(237,86; 214,23) = 214,23mm$$

$$k_{5,3} = \frac{0,9 \cdot l_{eff,bolt3} \cdot t_p^3}{m_{EPB}^3} = \frac{0,9 \cdot 214,23 \cdot 15^3}{37,86^3} = 4,48mm$$

Rotačná kapacita uzla

Začiatočná rotačná tuhosť uzla 6.3 v EN 1993-1-8

- skrutky namáhané ťahom

$$l_w = 4mm$$

hrúbka podložiek

$$l_n = 16mm$$

hrúbka matice

$$l_h = 13mm$$

hrúbka hlavy skrutky

$$\begin{aligned} L_b &= t_{fc} + t_p + 2.l_w + 0,5.l_n + 0,5.l_h = \\ &= 10 + 15 + 2.4 + 0,5.16 + 0,5.13 = 47,5mm \end{aligned}$$

predĺžovaná dĺžka skrutky

$$k_{10} = \frac{1,6.A_s}{L_b} = \frac{1,6.245}{47,5} = 8,25mm$$

Rotačná kapacita uzla

Začiatočná rotačná tuhosť uzla 6.3 v EN 1993-1-8

- Uzly s čelnou doskou a dvoma ťahanými radmi skrutiek

$$k_{eff,1} = \frac{1}{\frac{1}{k_{3,1}} + \frac{1}{k_{4,1}} + \frac{1}{k_{5,1}} + \frac{1}{k_{10}}} = \frac{1}{\frac{1}{4,64} + \frac{1}{6,01} + \frac{1}{8,2} + \frac{1}{8,25}} = 1,6mm$$

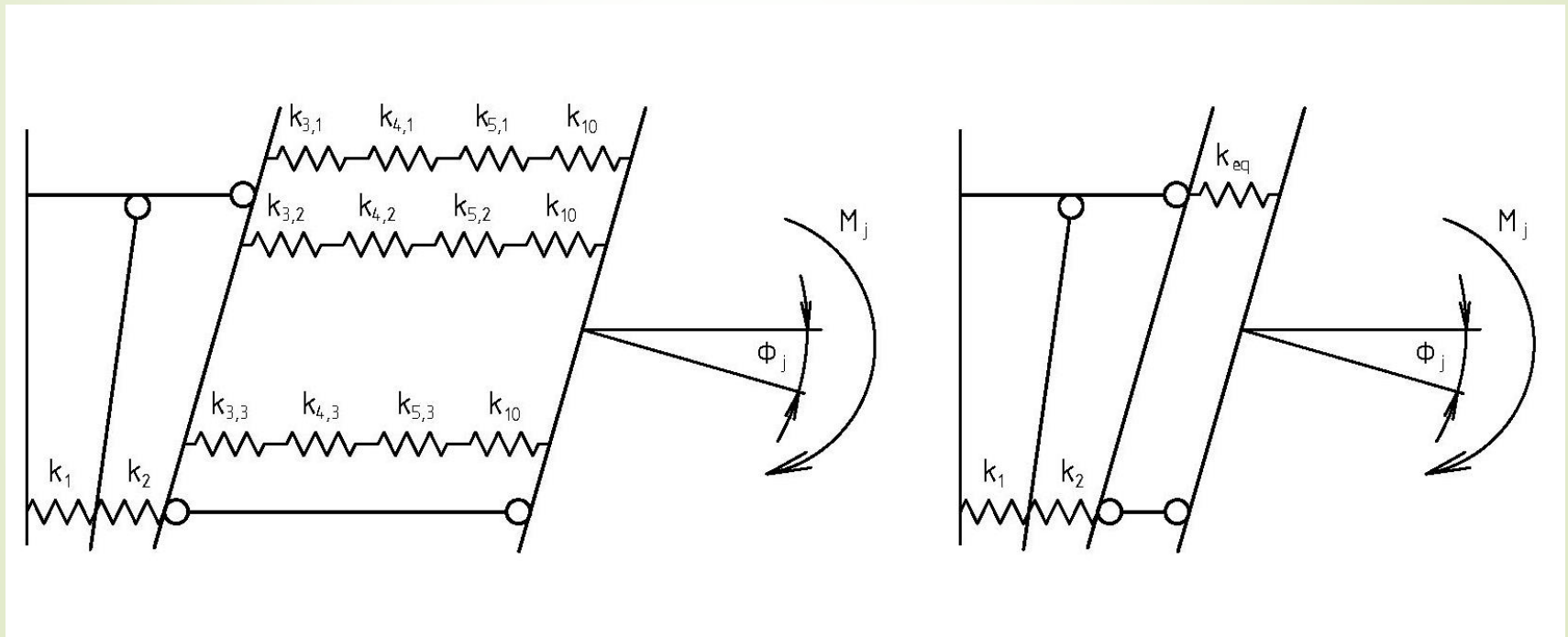
$$k_{eff,2} = \frac{1}{\frac{1}{k_{3,2}} + \frac{1}{k_{4,2}} + \frac{1}{k_{5,2}} + \frac{1}{k_{10}}} = \frac{1}{\frac{1}{4,64} + \frac{1}{6,01} + \frac{1}{4,48} + \frac{1}{8,25}} = 1,38mm$$

$$k_{eff,3} = \frac{1}{\frac{1}{k_{3,3}} + \frac{1}{k_{4,3}} + \frac{1}{k_{5,3}} + \frac{1}{k_{10}}} = \frac{1}{\frac{1}{5,84} + \frac{1}{7,56} + \frac{1}{4,48} + \frac{1}{8,25}} = 1,54mm$$

Rotačná kapacita uzla

Začiatočná rotačná tuhosť uzla 6.3 v EN 1993-1-8

- Uzly s čelnou doskou a dvoma ťahanými radmi skrutiek



Rotačná kapacita uzla

Začiatočná rotačná tuhosť uzla 6.3 v EN 1993-1-8

- ekvivalentné rameno vnútorných síl

$$\begin{aligned} z_{eq} &= \frac{k_{eff,1} \cdot h_1^2 + k_{eff,2} \cdot h_2^2 + k_{eff,3} \cdot h_3^2}{k_{eff,1} \cdot h_1 + k_{eff,2} \cdot h_2 + k_{eff,3} \cdot h_3} = \\ &= \frac{1,6 \cdot 364,3^2 + 1,38 \cdot 269,3^2 + 1,54 \cdot 49,3^2}{1,6 \cdot 364,3 + 1,38 \cdot 269,3 + 1,54 \cdot 49,3} = 306,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

- ekvivalentný súčiniteľ tuhosti

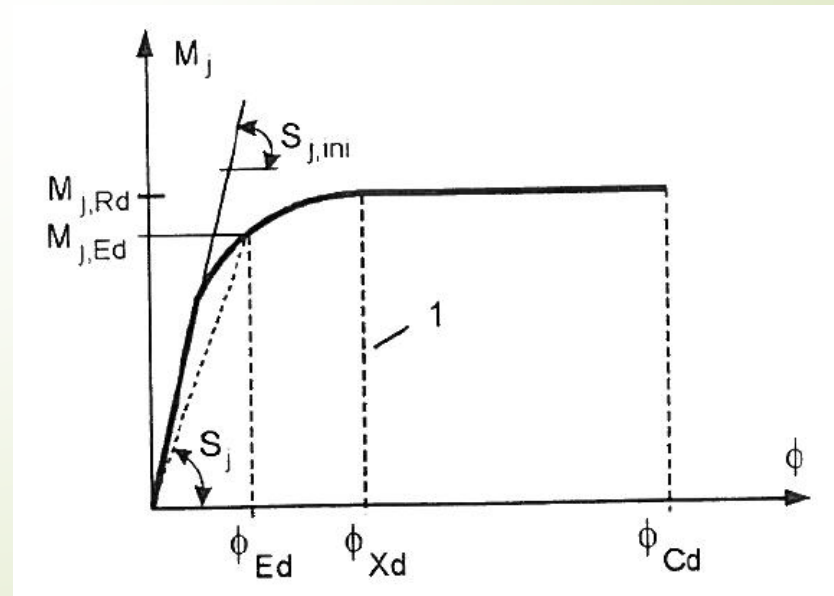
$$\begin{aligned} k_{eq} &= \frac{k_{eff,1} \cdot h_1 + k_{eff,2} \cdot h_2 + k_{eff,3} \cdot h_3}{z_{eq}} = \\ &= \frac{1,6 \cdot 364,3 + 1,38 \cdot 269,3 + 1,54 \cdot 49,3}{306,8} = 3,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rotačná kapacita uzla

Začiatočná rotačná tuhosť uzla 6.3 v EN 1993-1-8

$\mu = 1$ pomer tuhostí (pre začiatočnú rotačnú tuhosť uzla)

$$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z_{eq}^2}{\mu \cdot \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_{eq}} \right)} =$$
$$= \frac{210 \cdot 10^{-6} \cdot 306,8^2}{1,0 \cdot \left(\frac{1}{2,16} + \frac{1}{6,72} + \frac{1}{3,4} \right)} = 21,71 \text{ MNm/rad}$$





ĎAKUJEM ZA POZORNOST