

STABILITA A VZPĚRNÁ PEVNOST TLACENÝCH PRUTŮ

- kritická síla (Eulerova)

$$F_{cr} = \pi^2 \frac{EI}{L_{cr}^2}$$

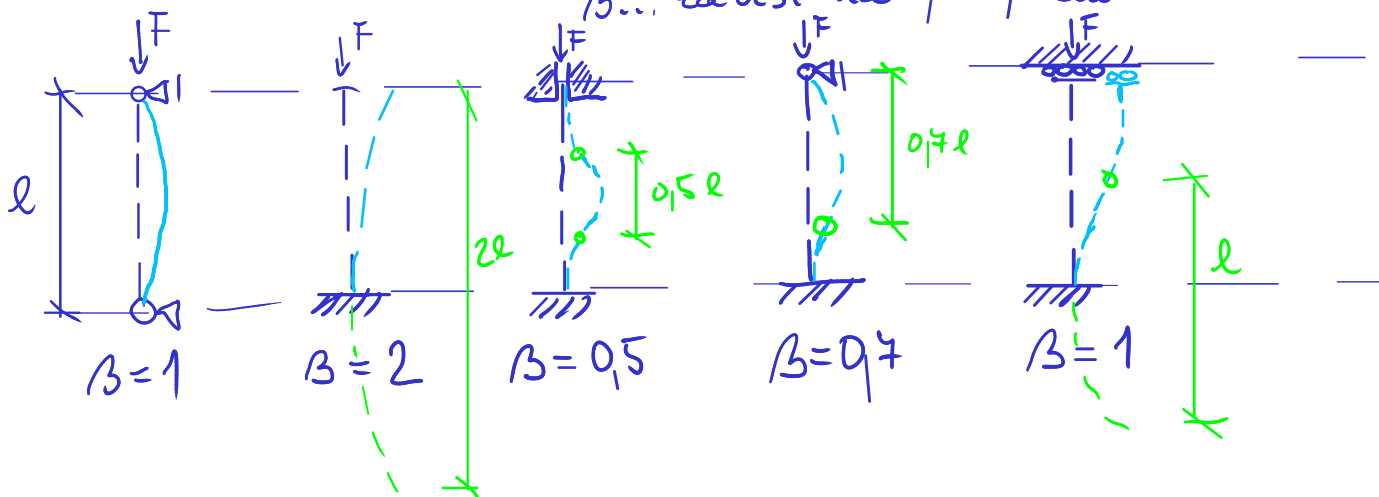
L_{cr} ... vzpěrná délka

(vzdálenost mezi dvěma inflexními body
ohybové čáry po vybočení)

$$L_{cr} = \beta \cdot l$$

l ... skutečná délka

β ... závisí na podpoře konců



- kritické napětí

$$\sigma_{cr} = \frac{F_{cr}}{A} = \pi^2 \frac{EI}{A L_{cr}^2} = \pi^2 \frac{E}{\lambda^2}$$

λ ... štíhlostní poměr

$$\lambda^2 = \frac{A L_{cr}^2}{I} = \frac{L_{cr}^2}{\frac{I}{A}}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$$

Posouzení vzpěrné únosnosti pomocí součinitelů vzpěrnosti

Ocelové kce:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \chi \frac{A f_{yk}}{\gamma_M}$$

χ ... součinitel vzpěrnosti

upravená štíhlost $\lambda' = \lambda \cdot \sqrt{\frac{f_{yk} [MPa]}{235}}$

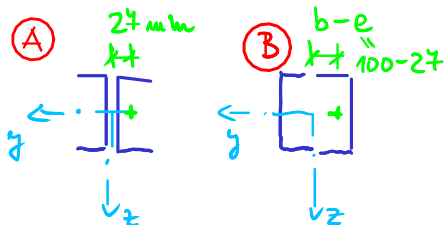
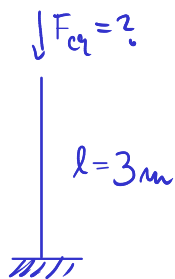
$$\left(\text{v napětích } \frac{N_{Ed}}{\chi A} \leq \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = f_{yd} \right)$$

Dřevěné kce: součinitel k_c

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = k_c \cdot A \cdot f_d$$

$$f_d = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_M}$$

$$\left(\text{v napětích } \frac{N_{Ed}}{k_c A} \leq f_d \right)$$



U300

$$I_y = 80,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 4,93 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A = 5880 \text{ mm}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$I_y^A = 2 \cdot 80,3 \cdot 10^6 = 160,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z^A = 2 \cdot 4,93 \cdot 10^6 + 2 [5880 \cdot 27^2] = 18,433 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y^B = 2 \cdot 80,3 \cdot 10^6 = 160,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z^B = 2 \cdot 4,93 \cdot 10^6 + 2 [5880 \cdot 43^2] = 42,529 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \pi^2 \frac{EI}{L_{cr}^2}$$

$$L_{cr} = \beta l \quad \beta = 2$$

$$L_{cr} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ m} = L_{cr,y} = L_{cr,z}$$

$$\textcircled{A} F_{cr,y}^A = \pi^2 \frac{EI_y^A}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^9 \cdot 160,6 \cdot 10^{-6}}{6^2} = 9,246 \text{ MN}$$

$$F_{cr,z}^A = \pi^2 \frac{EI_z^A}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^9 \cdot 18,433 \cdot 10^{-6}}{6^2} = 1,061 \text{ MN} \rightarrow \text{rozhoduje}$$

$$\sigma_{cr}^A = \frac{F_{cr}^A}{A} = \frac{1,061 \cdot 10^6}{2 \cdot 5880} = 90,221 \text{ MPa}$$

$$\textcircled{B} F_{cr,y}^B = F_{cr,y}^A = 9,246 \text{ MN}$$

$$F_{cr,z}^B = \pi^2 \cdot \frac{EI_z^B}{L_{cr,z}^2} = 4,176 \text{ MN} \rightarrow \text{rozhoduje}$$

$$\sigma_{cr}^B = \frac{F_{cr}^B}{A} = \frac{4,176 \cdot 10^6}{2 \cdot 5880} = 355,102 \text{ MPa}$$

ocelová kce: $N_{Ed} \leq N_{Rd} = \chi A \cdot f_{yd}$

$$\textcircled{A} \lambda_{A,y} = \frac{L_{cr,y}}{i_y^A} = \frac{6}{\sqrt{160,6 \cdot 10^6 / (2 \cdot 5880 \cdot 10^{-6})}} = 51,3$$

$$\lambda_{A,z} = \frac{L_{cr,z}}{i_z^A} = \frac{6}{\sqrt{18,433 \cdot 10^6 / (2 \cdot 5880 \cdot 10^{-6})}} = 151,55 \approx 152 \rightarrow \text{křivka "c"}$$

Tabulka 8.1 Součinitele vzpěrnosti χ pro ocel Fe 360 (St 235), $f_y = 235 \text{ MPa}$

λ	a	b	c	λ	a	b	c	λ	a	b	c
0	1,00	1,00	1,00	100	0,62	0,56	0,50	200	0,20	0,19	0,18
10	1,00	1,00	1,00	110	0,55	0,49	0,45	210	0,18	0,17	0,16
20	1,00	1,00	0,99	120	0,48	0,44	0,40	220	0,17	0,16	0,15
30	0,97	0,96	0,94	130	0,43	0,39	0,36	230	0,15	0,15	0,14
40	0,95	0,92	0,88	140	0,38	0,35	0,32	240	0,14	0,13	0,13
50	0,91	0,87	0,89	150	0,33	0,31	0,28	250	0,13	0,12	0,12
60	0,87	0,82	0,76	160	0,30	0,28	0,26	260	0,12	0,12	0,11
70	0,83	0,76	0,70	170	0,27	0,25	0,23	270	0,11	0,11	0,10
80	0,76	0,69	0,63	180	0,24	0,23	0,21	280	0,10	0,10	0,10
90	0,69	0,62	0,56	190	0,22	0,21	0,19	290	0,10	0,09	0,09

a - duté průřezy válcované za tepla, válcované I k ose y při $h/b > 1,2$

b - svařované trubkové průřezy, svař. I k ose y, válc. I k ose z aj.

c - U, L, T, obdĺíkové, kruhové, svařované I profily k ose z (svislé) při $t_f < 40 \text{ mm}$

$$\lambda_{B,z} = \frac{L_{cr,z}}{i_z^B} = \frac{6}{\sqrt{42,529 \cdot 10^6 / (2 \cdot 5880 \cdot 10^{-6})}} = 76,4 \approx 77 \rightarrow \text{křivka "b"}$$

(A) $\begin{array}{c|c} \lambda & b \\ \hline 150 & 0,28 \\ 160 & 0,26 \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{lineární interpolace} \\ \chi_A = 0,276 = \left[0,28 - \frac{(0,28-0,26)}{(160-150)}(152-150) \right] \end{array} \right.$

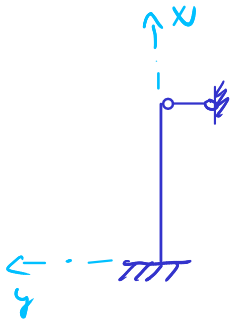
(B) $\begin{array}{c|c} \lambda & b \\ \hline 40 & 0,76 \\ 80 & 0,69 \end{array} \left| \chi_B = 0,711 \right.$

$$N_{Ed, \max}^A = \chi_A \cdot A \cdot f_d = 0,276 \cdot 2 \cdot 5880 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6 = \underline{462,75 \text{ kN}}$$

$$N_{Ed, \max}^B = \chi_B \cdot A \cdot f_d = 0,711 \cdot 2 \cdot 5880 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6 = \underline{\underline{1964,92 \text{ kN}}}$$

maximální zatížení

Kyvný prut ve směru osy y



$$L_{cr} = \beta l$$

$$L_{cr, y} = 2l = 6 \text{ m}$$

$$L_{cr, z} = 0,7l = 2,1 \text{ m}$$

(B) $F_{cr, y}^B = F_{cr, y}^A = \underline{9,246 \text{ MN}}$ → rozhoduje
 $F_{cr, z}^B = \pi^2 \cdot \frac{E I_z^B}{L_{cr, z}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^9 \cdot 42,529 \cdot 10^{-6}}{2,1^2} = \underline{34,1 \text{ MN}}$

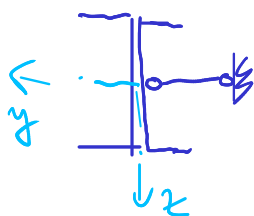
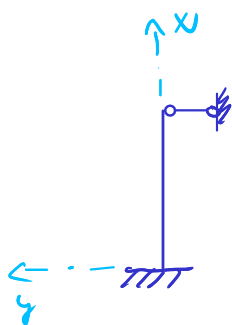
$$\lambda_{B, y} = \frac{L_{cr, y}}{i_y} = \frac{6}{\sqrt{160,6 \cdot 10^{-6} / (2 \cdot 5880 \cdot 10^{-6})}} = \underline{51,34}$$

$$\lambda_{B, z} = \frac{L_{cr, z}}{i_z} = \frac{2,1}{\sqrt{42,529 \cdot 10^{-6} / 11}} = 26,7$$

λ	b
50	0,87
60	0,82

$$\chi_B = \left[0,87 - \frac{(0,87-0,82)}{(60-50)}(51,34-50) \right] = 0,8633$$

$$N_{Ed} = \chi_B \cdot A \cdot f_{yd} = 0,8633 \cdot 2 \cdot 5880 \cdot 235 = \underline{2,386 \text{ MN}}$$



$$L_{cr} = \beta l$$

$$L_{cr,y} = 2l = 6 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 0,7l = 2,1 \text{ m}$$

Ⓐ $F_{cr,y}^B = F_{cr,y}^A = \underline{9,246 \text{ MN}}$

$$F_{cr,z}^A = \pi^2 \cdot \frac{E I_z^A}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^9 \cdot 18,433 \cdot 10^{-6}}{2,1^2} = \underline{8,663 \text{ MN}} \rightarrow \text{rozhoduje}$$

$$\lambda_{A,y} = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{6}{\sqrt{160,6 \cdot 10^{-6} / (2 \cdot 5880 \cdot 10^{-6})}} = 51,34$$

$$\lambda_{A,z} = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2,1}{\sqrt{18,433 \cdot 10^{-6} / 11}} = \underline{53,04}$$

λ	χ
50	0,89
60	0,76

$$\chi_A = \left[0,89 - \frac{(0,89 - 0,76)}{(60 - 50)} (53,04 - 50) \right] = 0,850$$

$$N_{Rd} = \chi_A \cdot A \cdot f_{yd} = 0,850 \cdot 2 \cdot 5880 \cdot 235 = \underline{2,350 \text{ MN}}$$