

4.1.2 Posouzení dle Eurokódu

Opět je uveden pouze vzorový postup výpočtů pro průřez č. 1.

Výpočty ostatních průřezů jsou obsaženy v příloženém DVD.

4.1.2.1 Průřez č. 1

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,345,5$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{538,2 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,398) / (5 - 0,398)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{458,0 \text{ mm}}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{1869,210 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 1,869 / 0,043777$$

$$\sigma_1' = \underline{42,698 \text{ MPa}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,538 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 60 W_{\text{el},yD} = 0,043777 \text{ m}^3$$

$$A_v = \underline{0,015693 \text{ m}^2}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (42,698 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{41,919 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (42,698 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{16,684 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 16\,683,783 \cdot 0,015693$$

$$N_v = \underline{261,814 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{1115,460 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 261,814 + 291,258$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{553,073 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,060100 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = z_{V2}$$

$$z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,398}$$

$$z_H = \underline{1379,5 \text{ mm}}$$

$$z_D = \underline{1370,5 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,379,5 - 25$$

$$b_c = \underline{1345,5 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{60,0 \text{ mm}}$$

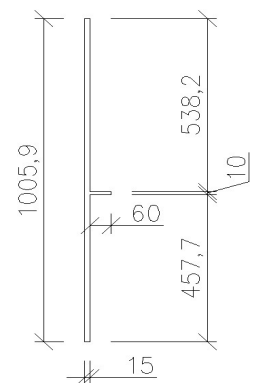
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,043492 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,043777 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,015693 \cdot 1\,115,460 / 0,060100$$

$$N_N = \underline{291,258 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(9,0 \cdot 9,15)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{3,903}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (3,903 - 0,2) + 3,903^2]$$

$$\phi = \underline{9,0}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[9,026 + (9,026^2 - 3,903^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,058}$$

$$\chi = \underline{0,058} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,058 \cdot 0,015693 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{210,288 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 553,073 / 210,288$$

$$1,0 \geq \underline{2,630} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,016293 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 16\,683,783 \cdot 0,016293$$

$$N_v = \underline{271,829 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,016293 \cdot 1\,115,460 / 0,060100$$

$$N_N = \underline{302,399 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 271,829 + 302,399$$

$$N_{ed} = \underline{574,228 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{9,0 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

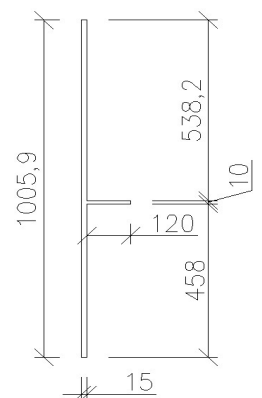
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(20,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,720}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,720 - 0,2) + 1,720^2]$$

$$\phi = \underline{2,4}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,352 + (2,352^2 - 1,720^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,2527947}$$

$$\chi = \underline{0,253} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,253 \cdot 0,016293 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{947,320 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed}/N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 574,228/947,320$$

$$1,0 \geq \underline{0,606} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z/A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{20,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výtzuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

4.1.2.2 Průřezy č. 2 – 11

Průřez č. 2

Horní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,346,3$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{538,5 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 900 \cdot (3 - 0,332) / (5 - 0,332)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{514,4 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,539 + 0,514 + 0,01) + 0,01 \cdot 120$$

$$A_v = \underline{0,017144 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

Maximální kladný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MAX}} = \underline{12493,950 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MAX}} / W_{\text{el},yH}$$

$$\sigma_1' = 12,494 / 0,059739$$

$$\sigma_1' = \underline{209,142 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_H) \cdot (Z_H - t_f)$$

$$\sigma_1 = (209,142 / 1\,389) \cdot (1\,389 - 43)$$

$$\sigma_1 = \underline{202,669 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_H) \cdot (Z_H - t_f - z_{V1})$$

$$\sigma_2 = (209,142 / 1\,389) \cdot (1\,389 - 43 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{67,186 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 67\,186,218 \cdot 0,017144$$

$$N_v = \underline{1151,868 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{1327,240 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$0/ \quad N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 1\,151,868 + 310,942$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1462,811 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,073180 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = z_{V1}$$

$$z_{V1} = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,332}$$

$$z_H = \underline{1389,3 \text{ mm}}$$

$$z_D = \underline{1396,7 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{43,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,389,3 - 43$$

$$b_c = \underline{1346,3 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{120,0 \text{ mm}}$$

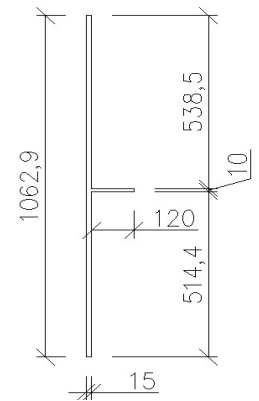
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,059739 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,059423 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,017144 \cdot 1\,327,240 / 0,073180$$

$$N_N = \underline{310,942 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(19,9 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,761}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,761 - 0,2) + 1,761^2]$$

$$\phi = \underline{2,4}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,432 + (2,432^2 - 1,761^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,243}$$

$$\chi = \underline{0,243} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,243 \cdot 0,017144 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{959,328 \text{ kN}}$$

Dílicí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,462,811 / 959,328$$

$$1,0 \geq \underline{1,525} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,018344 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 67\,186,218 \cdot 0,018344$$

$$N_v = \underline{1\,232,492 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,018344 \cdot 1\,327,240 / 0,073180$$

$$N_N = \underline{332,706 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 1\,232,492 + 332,706$$

$$N_{ed} = \underline{1\,565,198 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{19,9 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

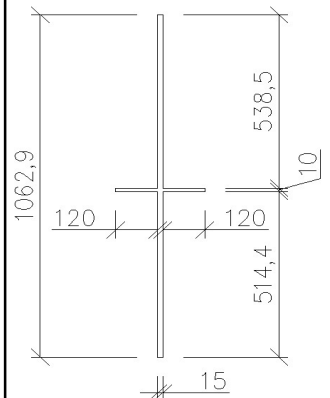
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(27,7 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,266}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,266 - 0,2) + 1,266^2]$$

$$\phi = \underline{1,6}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,563 + (1,563^2 - 1,266^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4034148}$$

$$\chi = \underline{0,403} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,403 \cdot 0,018344 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1702,094 \text{ kN}}$$

Dílní součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,565,198 / 1\,702,094$$

$$1,0 \geq \underline{0,920} \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{27,7 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výtzuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,353,7$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{541,5 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,402) / (5 - 0,402)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{457,7 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,541 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 60$$

$$A_v = \underline{0,015738 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{7261,340 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 7,261 / 0,059423$$

$$\sigma_1' = \underline{122,197 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (122,197 / 1\,397) \cdot (1\,397 - 43)$$

$$\sigma_1 = \underline{118,435 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - Z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (122,197 / 1\,397) \cdot (1\,397 - 43 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{47,568 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 47\,568 \cdot 0,015738$$

$$N_v = \underline{748,602 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{1327,240 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 748,602 + 285,428$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1034,030 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,073180 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = Z_{V2}$$

$$Z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,402}$$

$$Z_H = \underline{1389,3 \text{ mm}}$$

$$Z_D = \underline{1396,7 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{43,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = Z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,389,3 - 43$$

$$b_c = \underline{1353,7 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{60,0 \text{ mm}}$$

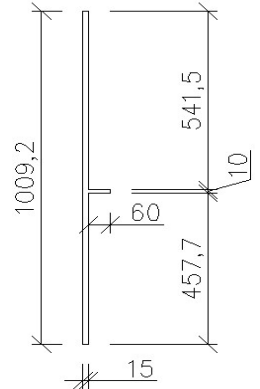
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,059739 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,059423 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,015738 \cdot 1\,327,240 / 0,073180$$

$$N_N = \underline{285,428 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(9,0 \cdot 9,15)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{3,894}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (3,894 - 0,2) + 3,894^2]$$

$$\phi = \underline{9,0}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[8,985 + (8,985^2 - 3,894^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,059}$$

$$\chi = \underline{0,059} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,059 \cdot 0,015738 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{211,880 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,034,030 / 211,880$$

$$1,0 \geq \underline{4,880} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017538 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 47\,567,569 \cdot 0,017538$$

$$N_v = \underline{834,240 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017538 \cdot 1\,327,240 / 0,073180$$

$$N_N = \underline{318,081 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 834,240 + 318,081$$

$$N_{ed} = \underline{1152,321 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{9,0 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

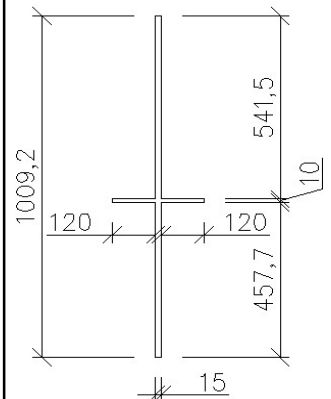
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,238}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,238 - 0,2) + 1,238^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,521 + (1,521^2 - 1,238^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4158308}$$

$$\chi = \underline{0,416} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,416 \cdot 0,017538 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1677,353 \text{ kN}}$$

Dílicí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1 \cdot 152,321 / 1677,353$$

$$1,0 \geq \underline{0,687} \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výtzuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Průřez č. 3

Horní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,345,6$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{538,2 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 900 \cdot (3 - 0,331) / (5 - 0,331)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{514,5 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,538 + 0,514 + 0,01) + 0,01 \cdot 120$$

$$A_v = \underline{0,017141 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

Maximální kladný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MAX}} = \underline{6\,764,070 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MAX}} / W_{\text{el},yH}$$

$$\sigma_1' = 6,764 / 0,043952$$

$$\sigma_1' = \underline{153,898 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_H) \cdot (Z_H - t_f)$$

$$\sigma_1 = (153,898 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{151,091 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_H) \cdot (Z_H - t_f - z_{v1})$$

$$\sigma_2 = (153,898 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{50,034 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 50\,033,794 \cdot 0,017141$$

$$N_v = \underline{857,607 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{762,670 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 857,607 + 213,256$$

$$0/ \quad N_{\text{ed}} = \underline{1070,863 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,061300 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = z_{v1}$$

$$z_{v1} = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,331}$$

$$z_H = \underline{1370,6 \text{ mm}}$$

$$z_D = \underline{1379,4 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,370,6 - 25$$

$$b_c = \underline{1345,6 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{120,0 \text{ mm}}$$

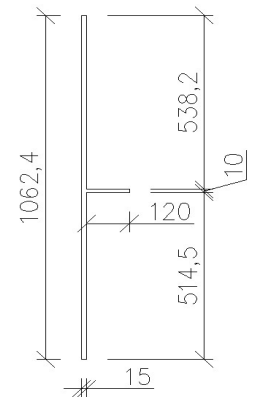
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,043952 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,043671 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,017141 \cdot 762,670 / 0,061300$$

$$N_N = \underline{213,256 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(19,9 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,760}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,760 - 0,2) + 1,760^2]$$

$$\phi = \underline{2,4}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,432 + (2,432^2 - 1,760^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,243}$$

$$\chi = \underline{0,243} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,243 \cdot 0,017141 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{959,290 \text{ kN}}$$

Dílní součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1070,863 / 959,290$$

$$1,0 \geq \underline{1,116} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017741 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 50033,794 \cdot 0,017741$$

$$N_v = \underline{887,625 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017741 \cdot 762,670 / 0,061300$$

$$N_N = \underline{220,720 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 887,625 + 220,720$$

$$N_{ed} = \underline{1108,345 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{19,9 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

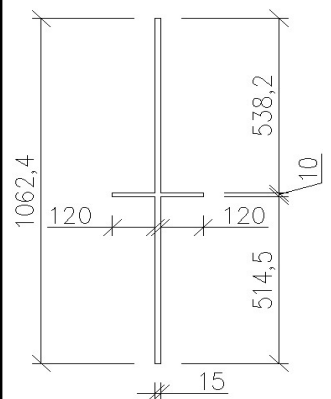
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,2 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,245}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,245 - 0,2) + 1,245^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,531 + (1,531^2 - 1,245^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4127948}$$

$$\chi = \underline{0,413} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,413 \cdot 0,017741 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1684,333 \text{ kN}}$$

Dílcí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed}/N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1 \cdot 108,345 / 1684,333$$

$$1,0 \geq \underline{0,658} \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z/A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,2 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výtzuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,354,4$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{541,8 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,402) / (5 - 0,402)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{457,7 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,542 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 60$$

$$A_v = \underline{0,015742 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{7719,000 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 7,719 / 0,043671$$

$$\sigma_1' = \underline{176,753 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (176,753 / 1\,379) \cdot (1\,379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{173,550 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - Z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (176,753 / 1\,379) \cdot (1\,379 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{69,759 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 69\,758,669 \cdot 0,015742$$

$$N_v = \underline{1098,112 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{762,670 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$0/ \quad N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 1\,098,112 + 195,850$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1293,962 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,061300 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = Z_{V2}$$

$$Z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,402}$$

$$Z_H = \underline{1370,6 \text{ mm}}$$

$$Z_D = \underline{1379,4 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = Z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,370,6 - 25$$

$$b_c = \underline{1354,4 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{60,0 \text{ mm}}$$

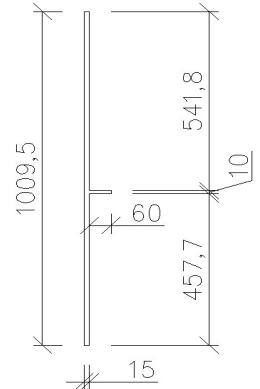
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,043952 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,043671 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,015742 \cdot 762,670 / 0,061300$$

$$N_N = \underline{195,850 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(9,0 \cdot 9,15)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{3,894}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (3,894 - 0,2) + 3,894^2]$$

$$\phi = \underline{9,0}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[8,987 + (8,987^2 - 3,894^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,059}$$

$$\chi = \underline{0,059} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,059 \cdot 0,015742 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{211,884 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1 \cdot 293,962 / 211,884$$

$$1,0 \geq \underline{6,107} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017741 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 69 \cdot 758,669 \cdot 0,017741$$

$$N_v = \underline{1237,554 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017741 \cdot 762,670 / 0,061300$$

$$N_N = \underline{220,720 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 1 \cdot 237,554 + 220,720$$

$$N_{ed} = \underline{1458,274 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{9,0 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

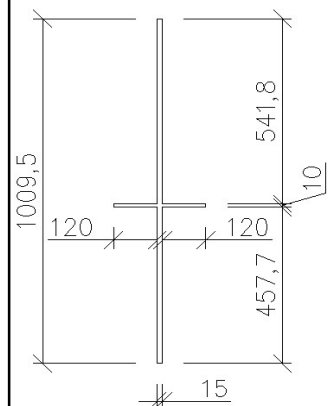
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,2 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,245}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,245 - 0,2) + 1,245^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,531 + (1,531^2 - 1,245^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4127948}$$

$$\chi = \underline{0,413} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,413 \cdot 0,017741 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1684,333 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1458,274 / 1684,333$$

$$1,0 \geq \underline{0,866} \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,2 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Průřez č. 4

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,341,6$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{536,6 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,396) / (5 - 0,396)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{458,1 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,537 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 120$$

$$A_v = \underline{0,016271 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{9439,790 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 9,440 / 0,048744$$

$$\sigma_1' = \underline{193,661 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (193,661 / 1\,367) \cdot (1\,367 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{190,118 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - Z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (193,661 / 1\,367) \cdot (1\,367 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{75,332 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 75\,331,970 \cdot 0,016271$$

$$N_v = \underline{1225,745 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{647,590 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 1\,225,745 + 164,129$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1389,874 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,064200 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = Z_{V2}$$

$$Z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,396}$$

$$Z_H = \underline{1383,4 \text{ mm}}$$

$$Z_D = \underline{1366,6 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = Z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,383,4 - 25$$

$$b_c = \underline{1341,6 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{120,0 \text{ mm}}$$

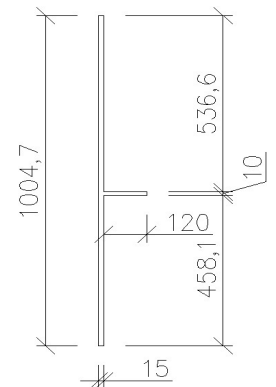
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,048151 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,048744 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,016271 \cdot 647,590 / 0,064200$$

$$N_N = \underline{164,129 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(20,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,719}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,719 - 0,2) + 1,719^2]$$

$$\phi = \underline{2,3}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,350 + (2,350^2 - 1,719^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,253}$$

$$\chi = \underline{0,253} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,253 \cdot 0,016271 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{947,093 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1389,874 / 947,093$$

$$1,0 \geq \underline{1,468} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017471 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 75331,970 \cdot 0,017471$$

$$N_v = \underline{1316,087 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017471 \cdot 647,590 / 0,064200$$

$$N_N = \underline{176,226 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 1316,087 + 176,226$$

$$N_{ed} = \underline{1492,313 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{20,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

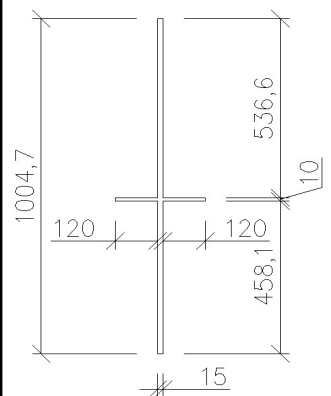
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,236}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,236 - 0,2) + 1,236^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,518 + (1,518^2 - 1,236^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4169197}$$

$$\chi = \underline{0,417} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,417 \cdot 0,017471 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1675,273 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1492,313 / 1675,273$$

$$1,0 \geq \underline{0,891} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Průřez č. 5

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,343,9$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{537,6 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,397) / (5 - 0,397)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{458,0 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,538 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 120$$

$$A_v = \underline{0,016284 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{16625,600 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 16,626 / 0,080772$$

$$\sigma_1' = \underline{205,834 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (205,834 / 1\,399) \cdot (1\,399 - 55)$$

$$\sigma_1 = \underline{197,741 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - Z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (205,834 / 1\,399) \cdot (1\,399 - 55 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{78,556 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 78\,555,997 \cdot 0,016284$$

$$N_v = \underline{1279,190 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{330,380 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 1\,279,190 + 60,996$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1340,186 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,088200 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = Z_{V2}$$

$$Z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,397}$$

$$Z_H = \underline{1411,1 \text{ mm}}$$

$$Z_D = \underline{1398,9 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{55,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = Z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,411,1 - 55$$

$$b_c = \underline{1343,9 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{120,0 \text{ mm}}$$

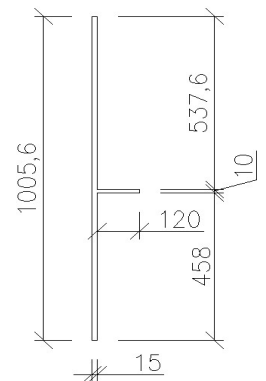
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,080071 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,080772 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,016284 \cdot 330,380 / 0,088200$$

$$N_N = \underline{60,996 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(20,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,720}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,720 - 0,2) + 1,720^2]$$

$$\phi = \underline{2,4}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,351 + (2,351^2 - 1,720^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,253}$$

$$\chi = \underline{0,253} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,253 \cdot 0,016284 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{947,224 \text{ kN}}$$

Dílicí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,340,186 / 947,224$$

$$1,0 \geq \underline{1,415} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017484 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 78\,555,997 \cdot 0,017484$$

$$N_v = \underline{1373,473 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017484 \cdot 330,380 / 0,088200$$

$$N_N = \underline{65,492 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 1\,373,473 + 65,492$$

$$N_{ed} = \underline{1438,965 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{20,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

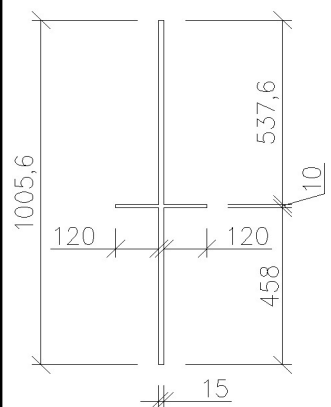
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,237}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,237 - 0,2) + 1,237^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,518 + (1,518^2 - 1,237^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4167015}$$

$$\chi = \underline{0,417} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,417 \cdot 0,017484 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1675,690 \text{ kN}}$$

Dílicí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1438,965 / 1675,690$$

$$1,0 \geq \underline{0,859} \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výtzuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Průřez č. 6

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,341,6$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{536,6 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,396) / (5 - 0,396)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{458,1 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,537 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 120$$

$$A_v = \underline{0,016271 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{9523,250 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 9,523 / 0,048744$$

$$\sigma_1' = \underline{195,373 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (195,373 / 1\,367) \cdot (1\,367 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{191,799 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (195,373 / 1\,367) \cdot (1\,367 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{75,998 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 75\,998,003 \cdot 0,016271$$

$$N_v = \underline{1236,582 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{463,640 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 1\,236,582 + 117,508$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1354,090 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,064200 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = z_{V2}$$

$$z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,396}$$

$$z_H = \underline{1383,4 \text{ mm}}$$

$$z_D = \underline{1366,6 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,383,4 - 25$$

$$b_c = \underline{1341,6 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{120,0 \text{ mm}}$$

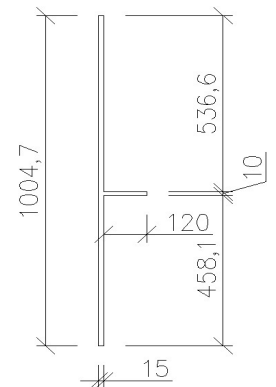
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,048151 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,048744 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,016271 \cdot 463,640 / 0,064200$$

$$N_N = \underline{117,508 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(20,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,719}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,719 - 0,2) + 1,719^2]$$

$$\phi = \underline{2,3}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,350 + (2,350^2 - 1,719^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,253}$$

$$\chi = \underline{0,253} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,253 \cdot 0,016271 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{947,093 \text{ kN}}$$

Dílicí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,354,090 / 947,093$$

$$1,0 \geq \underline{1,430} \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017471 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 75\,998,003 \cdot 0,017471$$

$$N_v = \underline{1327,723 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017471 \cdot 463,640 / 0,064200$$

$$N_N = \underline{126,169 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 1\,327,723 + 126,169$$

$$N_{ed} = \underline{1453,892 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{20,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

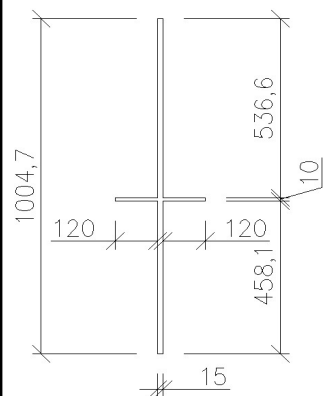
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,236}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,236 - 0,2) + 1,236^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,518 + (1,518^2 - 1,236^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4169197}$$

$$\chi = \underline{0,417} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,417 \cdot 0,017471 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1675,273 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1453,892 / 1675,273$$

$$1,0 \geq \underline{0,868} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výtzuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Průřez č. 7

Horní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,345,8$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{538,3 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 900 \cdot (3 - 0,331) / (5 - 0,331)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{514,5 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,538 + 0,514 + 0,01) + 0,01 \cdot 120$$

$$A_v = \underline{0,017142 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

Maximální kladný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MAX}} = \underline{8062,610 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MAX}} / W_{\text{el},yH}$$

$$\sigma_1' = 8,063 / 0,048684$$

$$\sigma_1' = \underline{165,613 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_H) \cdot (Z_H - t_f)$$

$$\sigma_1 = (165,613 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{162,592 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_H) \cdot (Z_H - t_f - z_{V1})$$

$$\sigma_2 = (165,613 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{53,862 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 53\,862 \cdot 0,017142$$

$$N_v = \underline{923,291 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{957,960 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 923,291 + 253,414$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1176,705 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,064800 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = z_{V1}$$

$$z_{V1} = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,331}$$

$$z_H = \underline{1370,8 \text{ mm}}$$

$$z_D = \underline{1379,2 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,370,8 - 25$$

$$b_c = \underline{1345,8 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{120,0 \text{ mm}}$$

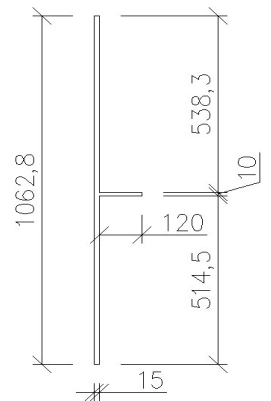
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,048684 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,048389 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,017142 \cdot 957,960 / 0,064800$$

$$N_N = \underline{253,414 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(19,9 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,761}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,761 - 0,2) + 1,761^2]$$

$$\phi = \underline{2,4}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,432 + (2,432^2 - 1,761^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,243}$$

$$\chi = \underline{0,243} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,243 \cdot 0,017142 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{959,303 \text{ kN}}$$

Dílní součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,176,705 / 959,303$$

$$1,0 \geq \underline{1,227} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,018342 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 53\,861,840 \cdot 0,018342$$

$$N_v = \underline{987,934 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,018342 \cdot 957,960 / 0,064800$$

$$N_N = \underline{271,156 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 987,934 + 271,156$$

$$N_{ed} = \underline{1259,090 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{19,9 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

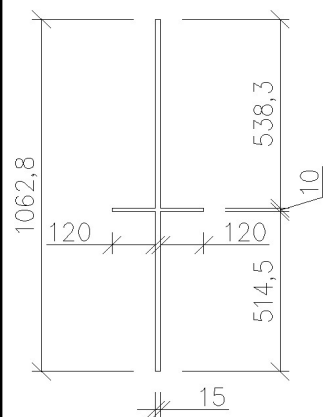
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(27,7 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,266}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,266 - 0,2) + 1,266^2]$$

$$\phi = \underline{1,6}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,6 + (1,6^2 - 1,266^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4034516}$$

$$\chi = \underline{0,403} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,403 \cdot 0,018342 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1702,025 \text{ kN}}$$

Dílní součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,259,090 / 1\,702,025$$

$$1,0 \geq \underline{0,740} \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{27,7 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,354,2$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{541,7 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,402) / (5 - 0,402)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{457,7 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,542 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 60$$

$$A_v = \underline{0,015740 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{5404,690 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 5,405 / 0,048389$$

$$\sigma_1' = \underline{111,692 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (111,692 / 1\,379) \cdot (1\,379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{109,667 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - Z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (111,692 / 1\,379) \cdot (1\,379 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{44,069 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 44\,069,316 \cdot 0,015740$$

$$N_v = \underline{693,663 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{957,960 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 693,663 + 232,694$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{926,357 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,064800 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = Z_{V2}$$

$$Z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,402}$$

$$Z_H = \underline{1370,8 \text{ mm}}$$

$$Z_D = \underline{1379,2 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = Z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,370,8 - 25$$

$$b_c = \underline{1354,2 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{60,0 \text{ mm}}$$

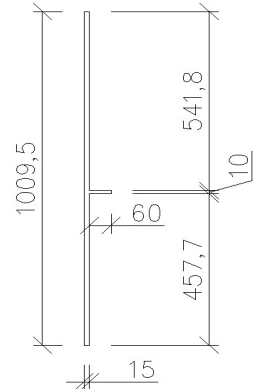
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,048684 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,048389 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,015740 \cdot 957,960 / 0,064800$$

$$N_N = \underline{232,694 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(9,0 \cdot 9,15)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{3,894}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (3,894 - 0,2) + 3,894^2]$$

$$\phi = \underline{9,0}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[8,987 + (8,987^2 - 3,894^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,059}$$

$$\chi = \underline{0,059} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,059 \cdot 0,015740 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{211,882 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 926,357 / 211,882$$

$$1,0 \geq \underline{4,372} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017543 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 44\,069,316 \cdot 0,017543$$

$$N_v = \underline{773,086 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017543 \cdot 957,960 / 0,064800$$

$$N_N = \underline{259,337 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 773,086 + 259,337$$

$$N_{ed} = \underline{1032,423 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{9,0 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

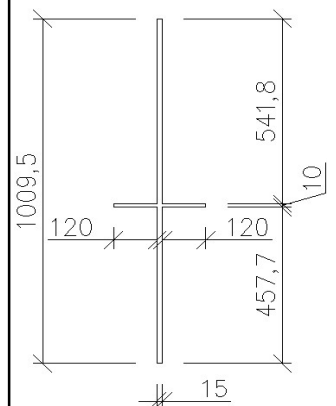
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,239}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,239 - 0,2) + 1,239^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,522 + (1,522^2 - 1,239^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4157584}$$

$$\chi = \underline{0,416} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,416 \cdot 0,017543 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1677,491 \text{ kN}}$$

Dílní součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,032,423 / 1\,677,491$$

$$1,0 \geq \underline{0,615} \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výtuh

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Průřez č. 8

Horní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,346,8$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{538,7 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 900 \cdot (3 - 0,332) / (5 - 0,332)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{514,4 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,539 + 0,514 + 0,01) + 0,01 \cdot 120$$

$$A_v = \underline{0,017147 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

Maximální kladný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MAX}} = \underline{15336,610 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MAX}} / W_{\text{el},yH}$$

$$\sigma_1' = 15,337 / 0,075343$$

$$\sigma_1' = \underline{203,558 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_H) \cdot (Z_H - t_f)$$

$$\sigma_1 = (203,558 / 1\,397) \cdot (1\,397 - 50)$$

$$\sigma_1 = \underline{196,271 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_H) \cdot (Z_H - t_f - z_{v1})$$

$$\sigma_2 = (203,558 / 1\,397) \cdot (1\,397 - 50 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{65,114 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 65\,114,431 \cdot 0,017147$$

$$N_v = \underline{1116,526 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{1421,770 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 1\,116,526 + 287,492$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1404,017 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,084800 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = z_{v1}$$

$$z_{v1} = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,332}$$

$$z_H = \underline{1396,8 \text{ mm}}$$

$$z_D = \underline{1403,2 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{50,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,396,8 - 50$$

$$b_c = \underline{1346,8 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{120,0 \text{ mm}}$$

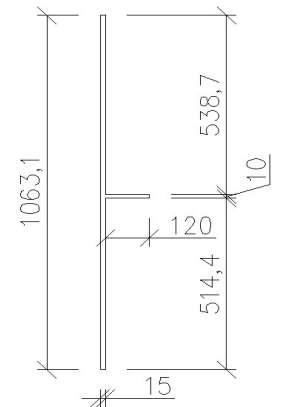
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,075343 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,075001 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,017147 \cdot 1\,421,770 / 0,084800$$

$$N_N = \underline{287,492 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(19,9 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,761}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,761 - 0,2) + 1,761^2]$$

$$\phi = \underline{2,4}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,433 + (2,433^2 - 1,761^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,243}$$

$$\chi = \underline{0,243} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,243 \cdot 0,017147 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{959,354 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1404,017 / 959,354$$

$$1,0 \geq \underline{1,464} \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,018347 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 65114,431 \cdot 0,018347$$

$$N_v = \underline{1194,622 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,018347 \cdot 1421,770 / 0,084800$$

$$N_N = \underline{307,600 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 1194,622 + 307,600$$

$$N_{ed} = \underline{1502,222 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{19,9 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

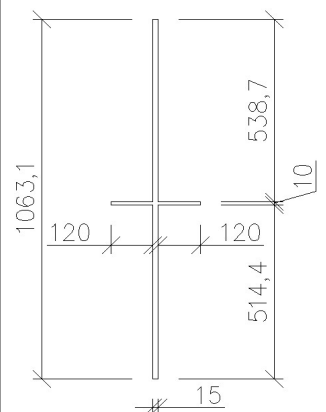
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(27,7 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,266}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,266 - 0,2) + 1,266^2]$$

$$\phi = \underline{1,6}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,563 + (1,563^2 - 1,266^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4033831}$$

$$\chi = \underline{0,403} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,403 \cdot 0,018347 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1702,154 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1502,222 / 1702,154$$

$$1,0 \geq \underline{0,883} \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{27,7 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,353,2$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{541,3 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,401) / (5 - 0,401)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{457,7 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,541 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 60$$

$$A_v = \underline{0,015735 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžišřové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{6518,770 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 6,519 / 0,075001$$

$$\sigma_1' = \underline{86,916 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (86,916 / 1\,403) \cdot (1\,403 - 50)$$

$$\sigma_1 = \underline{83,819 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - Z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (86,916 / 1\,403) \cdot (1\,403 - 50 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{33,646 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 33\,645,872 \cdot 0,015735$$

$$N_v = \underline{529,414 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{1421,770 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 529,414 + 263,813$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{793,227 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,084800 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = Z_{V2}$$

$$Z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,401}$$

$$Z_H = \underline{1396,8 \text{ mm}}$$

$$Z_D = \underline{1403,2 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{50,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = Z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,396,8 - 50$$

$$b_c = \underline{1353,2 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{60,0 \text{ mm}}$$

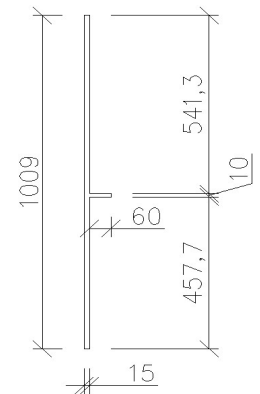
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,075343 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,075001 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,015735 \cdot 1\,421,770 / 0,084800$$

$$N_N = \underline{263,813 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(9,0 \cdot 9,15)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{3,893}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (3,893 - 0,2) + 3,893^2]$$

$$\phi = \underline{9,0}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[8,984 + (8,984^2 - 3,893^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,059}$$

$$\chi = \underline{0,059} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,059 \cdot 0,015735 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{211,878 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 793,227 / 211,878$$

$$1,0 \geq \underline{3,744} \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017535 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 33\,645,872 \cdot 0,017535$$

$$N_v = \underline{589,980 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017535 \cdot 1\,421,770 / 0,084800$$

$$N_N = \underline{293,995 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 589,980 + 293,995$$

$$N_{ed} = \underline{883,975 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{9,0 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

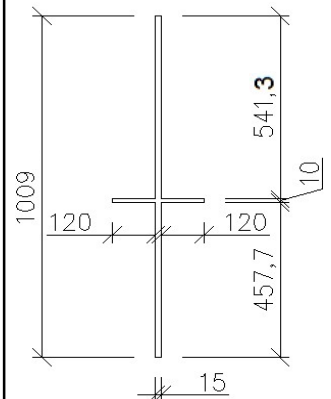
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,238}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,238 - 0,2) + 1,238^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,521 + (1,521^2 - 1,238^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4158791}$$

$$\chi = \underline{0,416} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,416 \cdot 0,017535 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1677,261 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed}/N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 883,975 / 1677,261$$

$$1,0 \geq \underline{0,527} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z/A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Průřez č. 9

Horní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,345,8$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{538,3 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 900 \cdot (3 - 0,331) / (5 - 0,331)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{514,5 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,538 + 0,514 + 0,01) + 0,01 \cdot 120$$

$$A_v = \underline{0,017142 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

Maximální kladný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MAX}} = \underline{8746,660 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MAX}} / W_{\text{el},yH}$$

$$\sigma_1' = 8,747 / 0,048684$$

$$\sigma_1' = \underline{179,664 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_H) \cdot (Z_H - t_f)$$

$$\sigma_1 = (179,664 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{176,387 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_H) \cdot (Z_H - t_f - z_{V1})$$

$$\sigma_2 = (179,664 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{58,432 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 58\,432 \cdot 0,017142$$

$$N_v = \underline{1001,625 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{1012,280 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 1\,001,625 + 267,783$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1269,408 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,064800 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = z_{V1}$$

$$z_{V1} = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,331}$$

$$z_H = \underline{1370,8 \text{ mm}}$$

$$z_D = \underline{1379,2 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,370,8 - 25$$

$$b_c = \underline{1345,8 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{120,0 \text{ mm}}$$

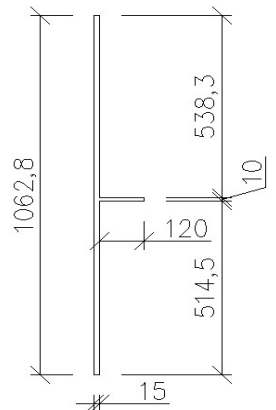
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,048684 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,048389 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,017142 \cdot 1\,012,280 / 0,064800$$

$$N_N = \underline{267,783 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(19,9 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,761}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,761 - 0,2) + 1,761^2]$$

$$\phi = \underline{2,4}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,432 + (2,432^2 - 1,761^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,243}$$

$$\chi = \underline{0,243} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,243 \cdot 0,017142 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{959,303 \text{ kN}}$$

Dílní součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,269,408 / 959,303$$

$$1,0 \geq \underline{1,323} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,018342 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 58\,431,600 \cdot 0,018342$$

$$N_v = \underline{1071,752 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,018342 \cdot 1\,012,280 / 0,064800$$

$$N_N = \underline{286,531 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 1\,071,752 + 286,531$$

$$N_{ed} = \underline{1358,284 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{19,9 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

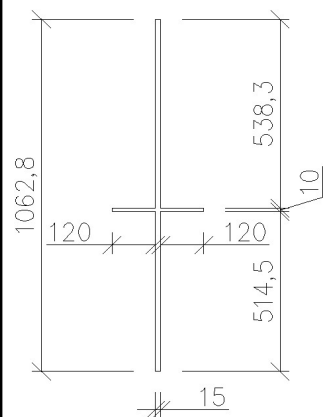
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(27,7 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,266}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,266 - 0,2) + 1,266^2]$$

$$\phi = \underline{1,6}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,6 + (1,6^2 - 1,266^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4034516}$$

$$\chi = \underline{0,403} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,403 \cdot 0,018342 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1702,025 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1358,284 / 1702,025$$

$$1,0 \geq \underline{0,798} \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{27,7 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výtzuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,354,2$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{541,7 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,402) / (5 - 0,402)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{457,7 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,542 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 60$$

$$A_v = \underline{0,015740 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{7882,460 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 7,882 / 0,048389$$

$$\sigma_1' = \underline{162,897 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (162,897 / 1\,379) \cdot (1\,379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{159,944 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (162,897 / 1\,379) \cdot (1\,379 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{64,273 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 64\,272,811 \cdot 0,015740$$

$$N_v = \underline{1011,672 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{1012,280 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 1\,011,672 + 245,888$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1257,560 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,064800 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = z_{V2}$$

$$z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,402}$$

$$z_H = \underline{1370,8 \text{ mm}}$$

$$z_D = \underline{1379,2 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,370,8 - 25$$

$$b_c = \underline{1354,2 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{60,0 \text{ mm}}$$

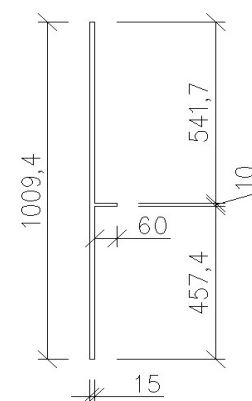
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,048684 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,048389 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,015740 \cdot 1\,012,280 / 0,064800$$

$$N_N = \underline{245,888 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(9,0 \cdot 9,15)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{3,894}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (3,894 - 0,2) + 3,894^2]$$

$$\phi = \underline{9,0}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[8,987 + (8,987^2 - 3,894^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,059}$$

$$\chi = \underline{0,059} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,059 \cdot 0,015740 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{211,882 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,257,560 / 211,882$$

$$1,0 \geq \underline{5,935} \quad \rightarrow$$

Nevyhovuje

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017541 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 64\,272,811 \cdot 0,017541$$

$$N_v = \underline{1127,409 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017541 \cdot 1\,012,280 / 0,064800$$

$$N_N = \underline{274,019 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 1\,127,409 + 274,019$$

$$N_{ed} = \underline{1401,428 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{9,0 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

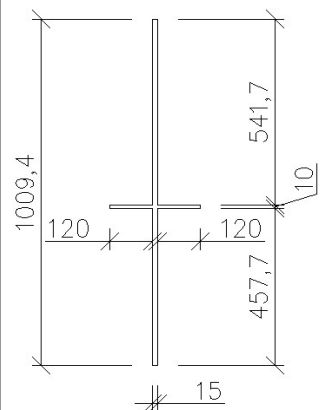
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,239}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,239 - 0,2) + 1,239^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,521 + (1,521^2 - 1,239^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4157825}$$

$$\chi = \underline{0,416} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,416 \cdot 0,017541 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1677,445 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1401,428 / 1677,445$$

$$1,0 \geq \underline{0,835} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Průřez č. 10

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,341,6$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{536,6 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,396) / (5 - 0,396)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{458,1 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,537 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 120$$

$$A_v = \underline{0,016271 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{9593,540 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 9,594 / 0,048744$$

$$\sigma_1' = \underline{196,815 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (196,815 / 1\,367) \cdot (1\,367 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{193,214 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - Z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (196,815 / 1\,367) \cdot (1\,367 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{76,559 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 76\,559 \cdot 0,016271$$

$$N_v = \underline{1245,709 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{680,610 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$0/ \quad N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 1\,245,709 + 172,498$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1418,207 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,064200 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = Z_{V2}$$

$$Z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,396}$$

$$Z_H = \underline{1383,4 \text{ mm}}$$

$$Z_D = \underline{1366,6 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = Z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,383,4 - 25$$

$$b_c = \underline{1341,6 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{120,0 \text{ mm}}$$

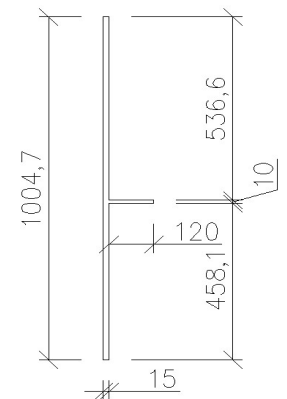
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,048151 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,048744 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,016271 \cdot 680,610 / 0,064200$$

$$N_N = \underline{172,498 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(20,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,719}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,719 - 0,2) + 1,719^2]$$

$$\phi = \underline{2,3}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,350 + (2,350^2 - 1,719^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,253}$$

$$\chi = \underline{0,253} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,253 \cdot 0,016271 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{947,093 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,418,207 / 947,093$$

$$1,0 \geq \underline{1,497} \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017471 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 76\,558,935 \cdot 0,017471$$

$$N_v = \underline{1337,523 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017471 \cdot 680,610 / 0,064200$$

$$N_N = \underline{185,212 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 1\,337,523 + 185,212$$

$$N_{ed} = \underline{1522,735 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{20,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

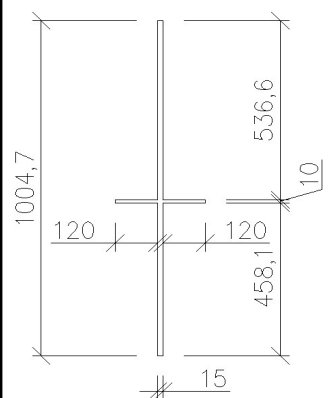
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,236}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,236 - 0,2) + 1,236^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,518 + (1,518^2 - 1,236^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4169197}$$

$$\chi = \underline{0,417} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,417 \cdot 0,017471 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1675,273 \text{ kN}}$$

Dílicí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,522,735 / 1\,675,273$$

$$1,0 \geq \underline{0,909} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr

Průřez č. 11

Dolní výztuha

Účinná plocha pod výztuhou:

$$b_{\text{eff},1} = 0,4 \cdot b_c = 0,4 \cdot 1\,344,2$$

$$b_{\text{eff},1} = \underline{537,7 \text{ mm}}$$

Účinná plocha nad výztuhou:

$$b_{\text{eff},2} = b_1 \cdot (3 - \psi) / (5 - \psi) = 810 \cdot (3 - 0,397) / (5 - 0,397)$$

$$b_{\text{eff},2} = \underline{458,0 \text{ mm}}$$

Účinná plocha výztuhy

$$A_v = t_w \cdot (b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + t_v) + t_v \cdot b_v$$

$$A_v = 0,015 \cdot (0,538 + 0,458 + 0,01) + 0,01 \cdot 120$$

$$A_v = \underline{0,016286 \text{ m}^2}$$

Moment setvačnosti výztuhy ke svislé těžiškové ose (AutoCAD)

$$I_z = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

Maximální záporný moment na průřezu levého a pravého nosníku

$$M_{y,\text{MIN}} = \underline{19184,050 \text{ kNm}}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{y,\text{MIN}} / W_{\text{el},yD}$$

$$\sigma_1' = 19,184 / 0,087177$$

$$\sigma_1' = \underline{220,060 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

$$\sigma_1 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f)$$

$$\sigma_1 = (220,060 / 1\,405) \cdot (1\,405 - 61)$$

$$\sigma_1 = \underline{210,507 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_1' / Z_D) \cdot (Z_D - t_f - z_{V2})$$

$$\sigma_2 = (220,060 / 1\,405) \cdot (1\,405 - 61 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{83,657 \text{ MPa}}$$

Tlaková síla působící na výztuhu vlivem $M_{y,\text{MAX}}$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 83\,657,179 \cdot 0,016286$$

$$N_v = \underline{1362,401 \text{ kN}}$$

Maximální tlaková síla na průřezu

$$N_{y,\text{MIN}} = \underline{760,530 \text{ kN}}$$

Návrhová síla

$$N_{\text{ed}} = N_v + N_N$$

$$N_{\text{ed}} = 1\,362,401 + 133,179$$

$$N_{\text{ed}} = \underline{1495,580 \text{ kN}}$$

$$A = \underline{0,093000 \text{ m}^2}$$

$$b_1 = z_{V2}$$

$$z_{V2} = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

$$\psi = \underline{0,397}$$

$$z_H = \underline{1416,8 \text{ mm}}$$

$$z_D = \underline{1405,2 \text{ mm}}$$

$$t_f = \underline{61,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačena část průřezu

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,416,8 - 61$$

$$b_c = \underline{1344,2 \text{ mm}}$$

$$t_w = \underline{15,0 \text{ mm}}$$

b_v - délka výztuhy

$$b_v = \underline{120,0 \text{ mm}}$$

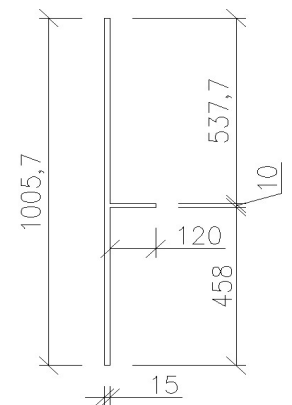
t_v - tloušťka výztuhy

$$t_v = \underline{10,0 \text{ mm}}$$

$$W_{\text{el},yH} = \underline{0,086462 \text{ m}^3}$$

$$W_{\text{el},yD} = \underline{0,087177 \text{ m}^3}$$

Geometrie výztuhy:



Redukce tlakové síly

$$N_{y,\text{MIN}} / A = N_N / A_v$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,\text{MIN}} / A$$

$$N_N = 0,016286 \cdot 760,530 / 0,093000$$

$$N_N = \underline{133,179 \text{ kN}}$$

Posouzení na vzpěr – ČSN EN 1993-1-1

Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(20,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,720}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,720 - 0,2) + 1,720^2]$$

$$\phi = \underline{2,4}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[2,351 + (2,351^2 - 1,720^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,253}$$

$$\chi = \underline{0,253} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,253 \cdot 0,016286 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{947,242 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1\,495,580 / 947,242$$

$$1,0 \geq \underline{1,579} \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

Zesílení výztuhy

$$I_z = \underline{0,000014 \text{ m}^4} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$A_v = \underline{0,017486 \text{ m}^2} \quad (\text{AutoCAD})$$

$$N_v = \sigma_2 \cdot A_v$$

$$N_v = 83\,657,179 \cdot 0,017486$$

$$N_v = \underline{1462,788 \text{ kN}}$$

$$N_N = A_v \cdot N_{y,MIN} / A$$

$$N_N = 0,017486 \cdot 760,530 / 0,093000$$

$$N_N = \underline{142,992 \text{ kN}}$$

$$N_{ed} = N_v + N_N$$

$$N_{ed} = 1\,462,788 + 142,992$$

$$N_{ed} = \underline{1605,780 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{20,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

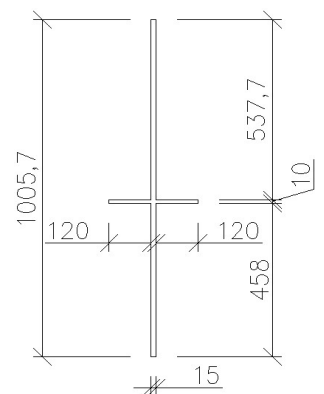
$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuha

nevyhovuje posouzení

na vzpěr

Úprava geometrie:



Poměrná štíhlost – 6.3.1.3 (1) (6.50)

$$\bar{\lambda} = L_{cr}/(i_y \cdot \lambda_1)$$

$$\bar{\lambda} = 3333/(28,4 \cdot 915)$$

$$\bar{\lambda} = \underline{1,237}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,237 - 0,2) + 1,237^2]$$

$$\phi = \underline{1,5}$$

Součinitel vzpěrnosti – 6.3.1.2 (1) (6.49)

$$\chi = 1/[\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{1/2}]$$

$$\chi = 1/[1,519 + (1,519^2 - 1,237^2)^{1/2}]$$

$$\chi = \underline{0,4166773}$$

$$\chi = \underline{0,417} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost – 6.3.1.1 (3) (6.47)

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_v \cdot f_y / \gamma_{m1}$$

$$N_{b,Rd} = 0,417 \cdot 0,017486 \cdot 230000 / 1$$

$$N_{b,Rd} = \underline{1675,736 \text{ kN}}$$

Dílčí součinitele materiálu

$$\gamma_{m0} = 1,000$$

$$\gamma_{m1} = 1,000$$

$$\gamma_{m2} = 1,250$$

Posouzení

$$1,0 \geq N_{ed} / N_{b,Rd}$$

$$1,0 \geq 1 \cdot 605,780 / 1 \cdot 675,736$$

$$1,0 \geq \underline{0,958} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.5.3 (5)

rov. (4.12)

i_y - poloměr setrvačnosti

$$i_y = (I_z / A_v)^{1/2}$$

$$i_y = \underline{28,4 \text{ mm}}$$

Třída průřezu: III

$$L_{cr} = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

ČSN EN 1993-1-1

kap. 6.3.1.2 (2)

Vzpěrná křivka: c

α - součinitel imperfekce

viz. Tab. 6.1

$$\alpha = \underline{0,49}$$

$$\varepsilon = \underline{1,011}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 1,011$$

$$\lambda_1 = \underline{94,915}$$

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

Podélná výtzuha

vyhovuje posouzení

na vzpěr