

2.3 Statický výpočet dle Eurokódu

Kvůli objemu práce je zde uveden pouze vzorový postup výpočtů pro průřez č. 1 na pravém hlavním nosníku.

Výpočty ostatních průřezů jsou obsaženy v příloženém DVD.

2.3.1 Pravý hlavní nosník – Průřez č. 1

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,059997 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000230 \text{ m}^4$$

$$i_y = 999,1 \text{ mm}$$

$$i_z = 61,9 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

$$Z_H = 1379,5 \text{ mm}$$

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

$$Z_D = 1370,5 \text{ mm}$$

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

$$W_{el,yH} = 0,059997/1,379493$$

k horním vláknům

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

$$W_{el,yD} = 0,059997/1,370508$$

k dolním vláknům

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

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

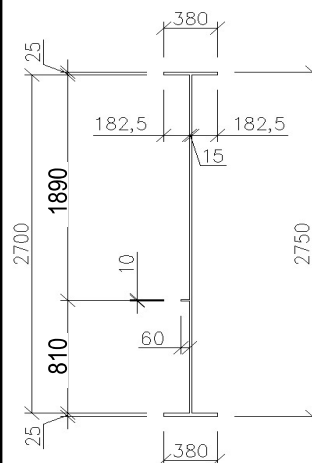
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,053489 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,001979 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 208,400 \text{ kN}$$

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

$$V_{y,MAX} = 35,080 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -100,460 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 308,840 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -1636,260 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 8814,450 \text{ kNm}$$

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

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$182,5/25 \leq 9.1,011$$

$$7,300 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 380,0 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

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

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (380 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 182,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700,0 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

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

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 8,814/0,043492$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{202,668 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(8,814/0,043777)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-201,348 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (202,668/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{198,995 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-201,348/1 \ 371) \cdot (1 \ 371 - 25)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-197,675 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -197,675/198,995$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,993}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,993) + 9,79 \cdot (-0,993)^2$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{23,709}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w) / [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,709)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,288}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0$$

nebo

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0$$

$$\rho = \underline{\underline{0,710}}$$

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,288 \leq 0,874$$

Nevyhovuje

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,288 > 0,874$$

Vyhovuje

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

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

$$b_c = \underline{\underline{1354,5 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,710 \cdot 1 \ 354$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,7 \text{ mm}}}$$

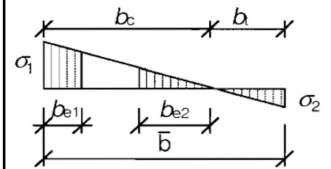
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

$$z_{V1} = \underline{\underline{\text{není}}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

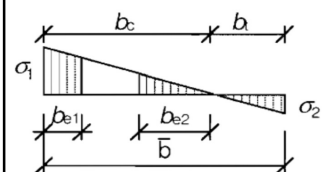
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,7$$

$$b_{e1} = \underline{384,7 \text{ mm}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,7$$

$$b_{e2} = \underline{577,0 \text{ mm}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,354$$

$$A_c = \underline{0,020317 \text{ m}^2}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,710 \cdot 0,020317$$

$$A_{c,eff} = \underline{0,014425 \text{ m}^2}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,02032 - 0,01443$$

$$A_0 = \underline{0,005892 \text{ m}^2}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,060100 - 0,005892$$

$$A_{eff} = \underline{0,054208 \text{ m}^2}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005892 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{392,8 \text{ mm}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 577,0 + 392,8 / 2$$

$$z_p = \underline{773,4 \text{ mm}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005892 / 0,060100) \cdot 0,773$$

$$\Delta y = \underline{75,8 \text{ mm}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,059997 - 0,060100 \cdot 0,076^2 - 0,005892 \cdot (0,773 + 0,076)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{0,055402 \text{ m}^4}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,055402/(1,379+0,076) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,038069} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,055402/(1,371-0,076) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,042792} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,054208 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{12467,833} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,038069 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,043492 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{8755,816} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{10003,175} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,115,460 / 12\,467,833 + 8\,814,450 / 8\,755,816 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{1,096} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 208,400 / 12\,467,833 + 8\,814,450 / 8\,755,816 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{1,023} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-1,869/0,043777)$$

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

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

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

$$\sigma_1 = \underline{\quad 41,924 \text{ MPa} \quad}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

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

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

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 16,684/41,924$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,398)$$

$$k_\sigma = \underline{\quad 5,663 \quad}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,663)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\quad 0,790 \quad}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\quad 0,966 \quad} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\quad 810,0 \text{ mm} \quad}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,966 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\quad 782,5 \text{ mm} \quad}$$

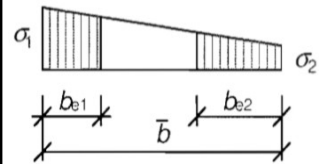
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_{V2} - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

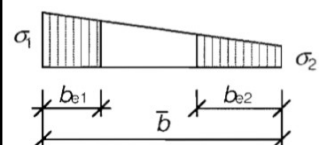
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,398)] \cdot 782,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,0 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,5 - 340,0$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,4 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,966 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011737 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,01174$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000413 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,060100 - 0,000413$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,059687 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000413 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,5 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,4 + 27,5 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,2 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000413 / 0,060100) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{3,1 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,059997 - 0,060100 \cdot 0,003^2 - 0,000413 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,059909 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,059909/(1,379 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,043527} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,059909/(1,371 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,043613} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,059687 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{13727,963} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043613 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,043777 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{10031,071} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{10068,756} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1115,460 / 13727,963 + 1869,210 / 10031,071 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,268} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 208,400 / 13727,963 + 1869,210 / 10031,071 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,202} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000001 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000001 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{9,332}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 9,332^{1/2}$$

$$180 > 79,768 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 9,332^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,559} \quad \rightarrow \quad \text{Tuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_{w1} = 1,37 / (0,7 + 1,559) \quad \rightarrow \quad \chi_{w1} = \underline{0,606}$$

$$\rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_{w2} = 0,83 / 1,559 \quad \rightarrow \quad \chi_{w2} = \underline{0,532}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd1} = [(\chi_{w1} \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd1} = (0,606 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd1} = \underline{3259,079 \text{ kN}}$$

$$V_{bw,Rd2} = [(\chi_{w2} \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd2} = (0,532 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd2} = \underline{2861,105 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

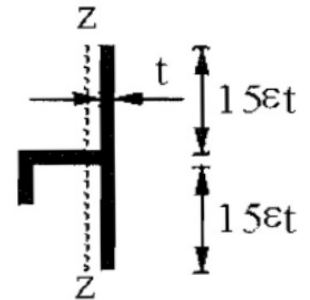
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd1} = V_{bw,Rd1} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd1} = 3259,079 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd1} = \underline{3259,079} \leq \underline{6453,621} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$V_{b,Rd2} = V_{bw,Rd2} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd2} = 2861,105 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd2} = \underline{2861,105} \leq \underline{6453,621} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 308,84 / 3259,079 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,095} \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 308,84 / 2861,105 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,108} \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1636,26 / 3259,079 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,502} \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1636,26 / 2861,105 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,572} \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\quad\quad\quad} \text{ 0 kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{b,Rd} = V_{b,Rd1}$$

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{b,Rd} = V_{b,Rd2}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

$$V_{b,Rd} = V_{b,Rd1}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

$$V_{b,Rd} = V_{b,Rd2}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Tuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd1}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1636,26/3\ 259,079$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,502}$$

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd2}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1636,26/2\ 861,105$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,572}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,009500 \cdot (1,367 + 1,358)$$

$$W_{fy} = \underline{0,025888\ m^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,025888 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{5954,127\ kNm}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_f \cdot t_f$$

$$A_f = 380,25$$

$$A_f = \underline{9500,0\ mm^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1367,0\ mm}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1358,0\ mm}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,053489 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{12302,470\ kNm}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,053489\ m^3}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 8\ 814,450/12\ 302,470$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,716}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{8814,450\ kNm}$$

V obou případech je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Tuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,716 + (1 - 5954,127/12\ 302,470) \cdot (2 \cdot 0,502 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,716} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,716 + (1 - 5954,127/12\ 302,470) \cdot (2 \cdot 0,572 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,727} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

2.3.2 Pravý hlavní nosník – Průřez č. 2 – 11

Průřez č. 2

Materiál: ocel S37 (S235)
(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,082996 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000345 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1065,0 \text{ mm}$$

$$i_z = 68,7 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

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

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,082996/1,389$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,082996/1,397$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul
k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul
k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

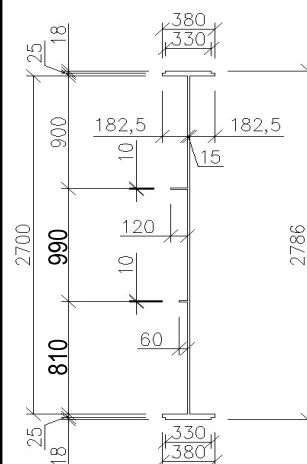
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,070471 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,003040 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 633,130 \text{ kN}$$

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

$$V_{y,MAX} = 51,460 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -58,440 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 1559,360 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -877,800 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 11969,960 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -7222,460 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnívací části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$182,5/43 \leq 9.1,011$$

$$4,244 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 380,0 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

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

c - délka přečnívací
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (380 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 182,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700,0 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

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

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 11,970 / 0,059739$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{200,371 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (200,371 / 1 \ 389) \cdot (1 \ 389 - 43)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{194,169 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (200,371 / 1 \ 389) \cdot (1 \ 389 - 43 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{64,368 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\psi = 64,368 / 194,169$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_{\sigma} = 8,2 / (1,05 + \psi)$$

$$k_{\sigma} = 8,2 / (1,05 + 0,332)$$

$$k_{\sigma} = \underline{\underline{5,936}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V1} / t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_{\sigma})^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (900 / 15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,936)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,858}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,858 \leq 0,758 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,917}} \quad 0,858 > 0,758 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{\underline{900,0 \text{ mm}}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{825,0 \text{ mm}}}$$

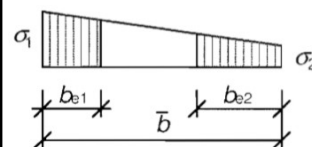
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

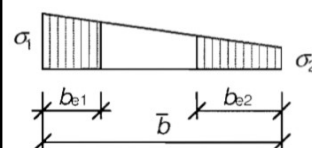
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,332)] \cdot 825,0$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{353,4 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 825,0 - 353,4$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{471,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,900$$

$$A_c = \underline{\underline{0,013500 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,917 \cdot 0,013500$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,012375 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,013500 - 0,012375$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,001125 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,073180 - 0,001125$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,072055 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001125 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{75,0 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = (b_{e2} + b_0) / 2$$

$$z_p = (471,6 + 75,0) / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{509,1 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001125 / 0,073180) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\underline{7,8 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,082996 - 0,073180 \cdot 0,008^2 - 0,001125 \cdot (0,509 + 0,008)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,082691 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,082691/(1,389+0,008) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,059186} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,082691/(1,397-0,008) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,059539} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,072055 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{16572,701} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059186 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,059739 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{13612,805} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{13739,962} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,327,240 / 16\,572,701 + 11\,969,960 / 13\,612,805 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,959} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 633,130 / 16\,572,701 + 11\,969,960 / 13\,612,805 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,918} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-7,222/0,059423)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{121,542 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (121,542/1 \ 397) \cdot (1 \ 397 - 43)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{117,781 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (121,542/1 \ 397) \cdot (1 \ 397 - 43 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{47,313 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 47,313/117,781$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,402)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,649}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,649)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,791}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,791 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,965}} \quad 0,791 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{781,5 \text{ mm}}}$$

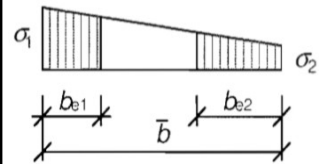
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

zV - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

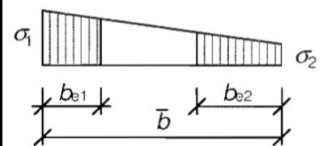
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,402)] \cdot 781,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{339,9 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 781,5 - 339,9$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{441,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,965 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011722 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011722$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000428 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,073180 - 0,000428$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,072752 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000428 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{28,5 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 441,6 + 28,5 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{455,8 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000428 / 0,073180) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,7 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,082996 - 0,073180 \cdot 0,003^2 - 0,000428 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,082906 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,082906/(1,389 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,059789} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,082906/(1,397 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,059246} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,072752 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{16733,029} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059246 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,059423 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{13626,486} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{13667,371} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,327,240 / 16\,733,029 + 7\,222,460 / 13\,626,486 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,609} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 633,130 / 16\,733,029 + 7\,222,460 / 13\,626,486 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,568} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,375}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}$$

$$180 > 84,108 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,478} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,478 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,562}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3022,446 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

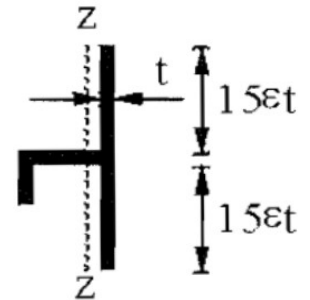
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3022,446 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3022,446} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1559,36 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,516} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 877,8 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,290} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1559,36/3\,022,446$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,516}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 380 \cdot 25^2 + 330 \cdot 18 \cdot (25 + 0,5 \cdot 18)]/15440$$

$$z_{Tv} = \underline{20,8 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,015440 \cdot (1,367 + 1,374)$$

$$W_{fy} = \underline{0,042329 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,042329 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{9735,770 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,070471 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{16208,330 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 11\,969,960/16\,208,330$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,739}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,739 + (1 - 9\,735,770/16\,208,330) \cdot (2 \cdot 0,516 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,739} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{380,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{330,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{18,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 380 \cdot 25 + 330 \cdot 18$$

$$A_f = \underline{15440,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1367,1 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1374,5 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,070471 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{11969,960 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 3

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,060240 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000237 \text{ m}^4$$

$$i_y = 991,3 \text{ mm}$$

$$i_z = 62,2 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

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

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,060240/1,370595$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,060240/1,379405$$

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

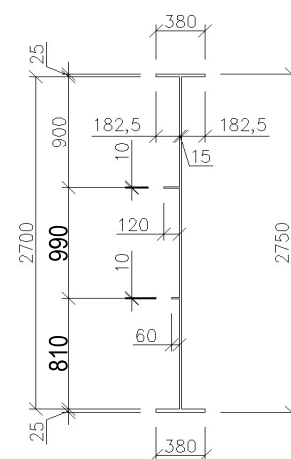
$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,054029 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002060 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 848,170 \text{ kN}$$

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

$$V_{y,MAX} = 59,950 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -20,220 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 1563,580 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -51,730 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 6764,070 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -7623,520 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9 \cdot \varepsilon$$

$$182,5/25 \leq 9 \cdot 1,011$$

$$7,300 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 380 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (380 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 182,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72 \cdot \varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72 \cdot 1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83 \cdot \varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83 \cdot 1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124 \cdot \varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124 \cdot 1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

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

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

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

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

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

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

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\psi = 50,034 / 151,091$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + 0,331)$$

$$k_\sigma = \underline{5,937}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V1} / t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (900 / 15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,937)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{0,858}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,858 \leq 0,758 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,917} \quad 0,858 > 0,758 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{825,1 \text{ mm}}$$

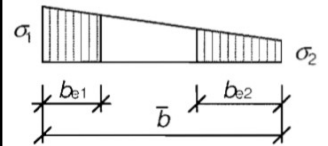
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

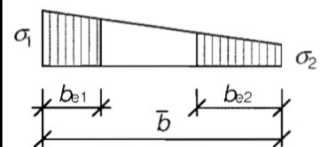
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,331)] \cdot 825,1$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{353,5 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 825,1 - 353,5$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{471,7 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,900$$

$$A_c = \underline{\underline{0,013500 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,917 \cdot 0,013500$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,012377 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,013500 - 0,012377$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,001123 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,061300 - 0,001123$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,060177 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001123 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{74,9 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = (b_{e2} + b_0) / 2$$

$$z_p = (471,7 + 74,9) / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{509,1 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001123 / 0,061300) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\underline{9,3 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,060240 - 0,061300 \cdot 0,009^2 - 0,001123 \cdot (0,509 + 0,009)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,059933 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,059933 / (1,371 + 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,043432} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,059933 / (1,379 - 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,043744} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,060177 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{13840,651} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043432 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,043952 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{9989,346} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{10108,894} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 762,670 / 13\,840,651 + 6\,764,070 / 9\,989,346 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,732} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 848,170 / 13\,840,651 + 6\,764,070 / 9\,989,346 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,738} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-7,624/0,043671)$$

$$\sigma_1' = \underline{\quad 174,567 \text{ MPa} \quad}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (174,567/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\quad 171,383 \text{ MPa} \quad}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (174,567/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\quad 68,896 \text{ MPa} \quad}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 68,896/171,383$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,402)$$

$$k_\sigma = \underline{\quad 5,647 \quad}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,647)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\quad 0,792 \quad}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,792 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\quad 0,965 \quad} \quad 0,792 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{\text{eff}} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\quad 810,0 \text{ mm} \quad}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{\text{eff}} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{\text{eff}} = \underline{\quad 781,4 \text{ mm} \quad}$$

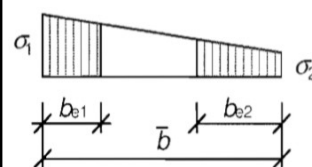
$M_{y, \text{MIN}}$

$$M_{\text{ed}} = M_{y, \text{MIN}}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

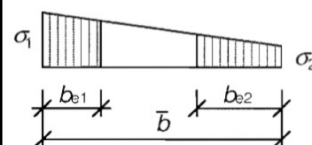
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,402)] \cdot 781,4$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{339,9 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 781,4 - 339,9$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{441,5 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,965 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011721 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011721$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000429 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,061300 - 0,000429$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,060871 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000429 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{28,6 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 441,5 + 28,6 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{455,8 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000429 / 0,061300) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{3,2 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,060240 - 0,061300 \cdot 0,003^2 - 0,000429 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,060149 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,060149 / (1,371 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,043988} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,060149 / (1,379 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,043504} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,060871 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14000,366} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043504 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,043671 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{10006,031} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{10044,331} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 762,670 / 14\,000,366 + 7\,623,520 / 10\,006,031 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,816} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 848,170 / 14\,000,366 + 7\,623,520 / 10\,006,031 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,822} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,375}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}$$

$$180 > 84,108 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,478} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83 / 1,478 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,562}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3022,446 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

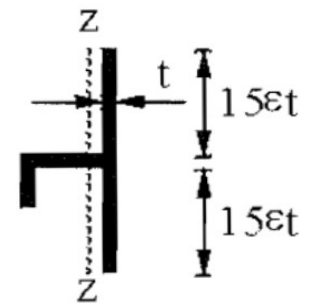
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3022,446 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3022,446} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1563,58 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,517} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 51,73 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,017} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1563,58/3\ 022,446$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,517}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 380 \cdot 25^2 + 0 \cdot 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/9500$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,009500 \cdot (1,358 + 1,367)$$

$$W_{fy} = \underline{0,025888 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,025888 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{5954,125 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,054029 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{12426,670 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 7\ 623,520/12\ 426,670$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,613}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,613 + (1 - 5954,125/12\ 426,670) \cdot (2 \cdot 0,517 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,614} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{380,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 380 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{9500,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1358,1 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1366,9 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,054029 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{7623,520 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 4

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,066613 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000387 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1018,6 \text{ mm}$$

$$i_z = 77,7 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,066613/1,383411$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,066613/1,366589$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

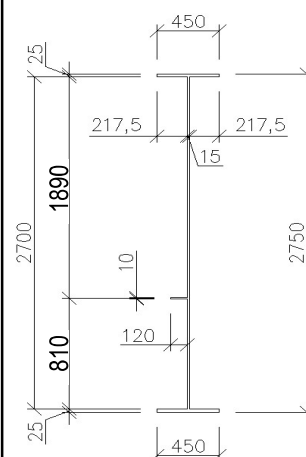
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,058510 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002764 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 824,290 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -630,160 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 66,150 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -52,390 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 1924,650 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -9,570 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 5763,950 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -9028,670 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/25 \leq 9.1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 5,764/0,048151$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{119,705 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(5,764/0,048744)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-118,249 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (119,705/1 \ 383) \cdot (1 \ 383 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{117,542 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-118,249/1 \ 367) \cdot (1 \ 367 - 25)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-116,086 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -116,086/117,542$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,988}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,988) + 9,79 \cdot (-0,988)^2$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{23,561}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w)/[28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15)/[28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,561)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,292}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 1,292 \leq 0,873 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,708}} \quad 1,292 > 0,873 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

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

$$b_c = \underline{\underline{1358,4 \text{ mm}}}$$

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1 \ 358$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,5 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

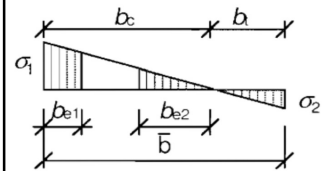
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

$$z_{V1} = \underline{\underline{\text{není}}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

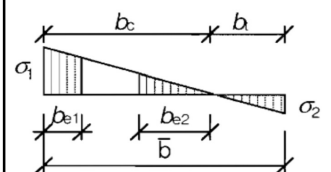
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{384,6 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,5$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{576,9 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,358$$

$$A_c = \underline{\underline{0,020376 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,708 \cdot 0,020376$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,014422 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,02038 - 0,01442$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005954 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,005954$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,058246 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005954 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{396,9 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 576,9 + 396,9 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{775,4 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005954 / 0,064200) \cdot 0,775$$

$$\Delta y = \underline{\underline{71,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,062007 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007 / (1,383 + 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007 / (1,367 - 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{13396,622} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{9799,683} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11074,793} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 630,160 / 13\,396,622 + 5\,763,950 / 9\,799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,635} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 824,290 / 13\,396,622 + 5\,763,950 / 9\,799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,650} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-9,029/0,048744)$$

$$\sigma_1' = \underline{185,226 \text{ MPa}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (185,226/1 \ 367) \cdot (1 \ 367 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{181,879 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (185,226/1 \ 367) \cdot (1 \ 367 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{72,051 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 72,051/181,879$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,396)$$

$$k_\sigma = \underline{5,670}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,670)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{0,790}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,967} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{782,9 \text{ mm}}$$

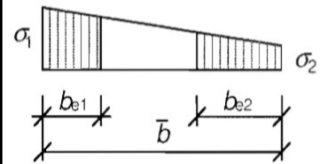
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

zV - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

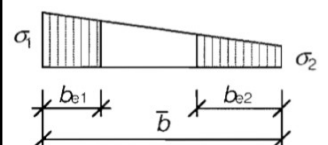
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,396)] \cdot 782,9$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,9 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,8 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,967 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011744 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011744$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000406 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,000406$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,063794 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000406 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,1 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,8 + 27,1 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,3 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000406 / 0,064200) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14672,565} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11173,000} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11211,118} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 630,160 / 14\,672,565 + 9\,028,670 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,851} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 824,290 / 14\,672,565 + 9\,028,670 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,864} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,254}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}$$

$$180 > 83,616 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,487} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,487 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,558}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3000,934 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

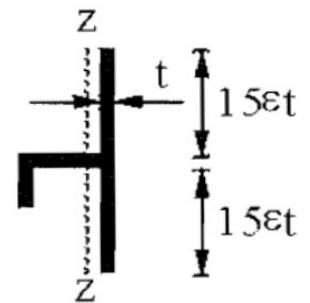
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3000,934 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3000,934} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1924,65 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,641} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 9,57 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,003} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1924,65/3\ 000,934$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,641}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/11250$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,011250 \cdot (1,371 + 1,354)$$

$$W_{fy} = \underline{0,030656 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,030656 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{7050,938 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,058510 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{13457,300 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 9\ 028,670/13\ 457,300$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,671}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,671 + (1 - 7\ 050,938/13\ 457,300) \cdot (2 \cdot 0,641 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,709} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{11250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1370,9 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1354,1 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,058510 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{9028,670 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 5

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,112990 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000707 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1131,8 \text{ mm}$$

$$i_z = 89,5 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,112990/1,411122$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,112990/1,398878$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

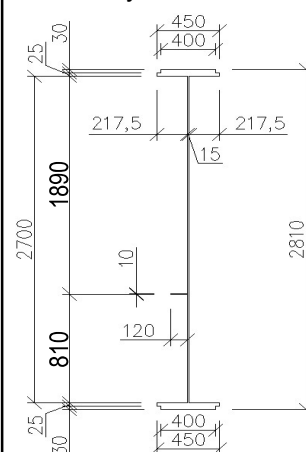
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,091870 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,005164 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 1758,700 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -314,000 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 164,850 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -175,770 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 2263,240 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -2507,720 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 3434,900 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -15621,060 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/55 \leq 9.1,011$$

$$3,955 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 55 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 3,435/0,080071$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{42,898 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(3,435/0,080772)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-42,526 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (42,898/1\,411) \cdot (1\,411 - 55)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{41,226 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-42,526/1\,399) \cdot (1\,399 - 55)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-40,854 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -40,854/41,226$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,991}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,991) + 9,79 \cdot (-0,991)^2$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{23,647}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w) / [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,647)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,289}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 1,289 \leq 0,874 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,709}} \quad 1,289 > 0,874 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

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

$$b_c = \underline{\underline{1356,1 \text{ mm}}}$$

$$b_{eff} = 0,709 \cdot 1\,356$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,6 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

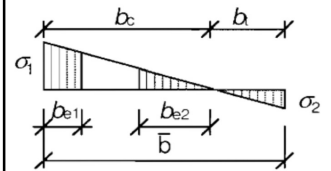
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

$$z_{V1} = \underline{\underline{\text{není}}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

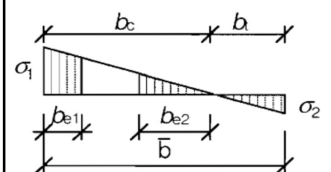
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,6$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{384,6 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,6$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{577,0 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,356$$

$$A_c = \underline{\underline{0,020342 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,709 \cdot 0,020342$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,014424 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,020342 - 0,014424$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005918 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,088200 - 0,005918$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,082282 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005918 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{394,5 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 577,0 + 394,5 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{774,2 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005918 / 0,088200) \cdot 0,774$$

$$\Delta y = \underline{\underline{51,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,112990 - 0,088200 \cdot 0,052^2 - 0,005918 \cdot (0,774 + 0,052)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,108713 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,108713 / (1,411 + 0,052) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,074305} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,108713 / (1,399 - 0,052) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,080711} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,082282 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{18924,921} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074305 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,080071 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{17090,082} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{18416,338} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 314,000 / 18\,924,921 + 3\,434,900 / 17\,090,082 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,218} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,758,700 / 18\,924,921 + 3\,434,900 / 17\,090,082 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,294} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-15,621/0,080772)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{193,397 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (193,397/1 \ 399) \cdot (1 \ 399 - 55)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{185,859 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (193,397/1 \ 399) \cdot (1 \ 399 - 55 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{73,810 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 73,810/185,859$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,397)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,666}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (Z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,666)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,790}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,966}} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = Z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,966 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,7 \text{ mm}}}$$

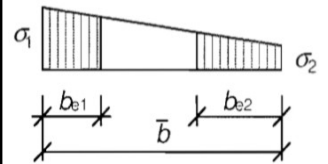
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

Z_{V2} - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

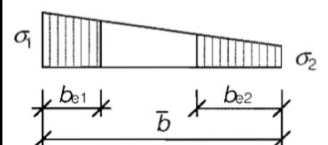
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,397)] \cdot 782,7$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,7 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,966 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011740 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011740$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000410 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,088200 - 0,000410$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,087790 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000410 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,3 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = (b_{e2} + b_0) / 2$$

$$z_p = (442,6 + 27,3) / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,3 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000410 / 0,088200) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,1 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,112990 - 0,088200 \cdot 0,002^2 - 0,000410 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,112903 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,112903/(1,411 - 0,002) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,080130} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,112903/(1,399 + 0,002) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,080588} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,087790 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{20191,695} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080588 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,080772 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{18535,198} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{18577,531} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 314,000 / 20191,695 + 15621,060 / 18535,198 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,858} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1758,700 / 20191,695 + 15621,060 / 18535,198 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,930} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,254}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}$$

$$180 > 83,616 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,487} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,487 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,558}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3000,934 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

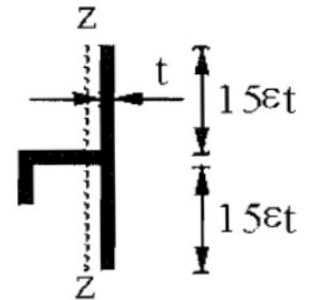
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3000,934 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3000,934} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2263,24 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,754} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2507,72 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,836} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\quad\quad\quad} \text{ 0 kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 2507,72/3\ 000,934$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,836}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 400 \cdot 30 \cdot (25 + 0,5 \cdot 30)]/23250$$

$$z_{Tv} = \underline{26,7 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,023250 \cdot (1,383 + 1,371)$$

$$W_{fy} = \underline{0,064016 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,064016 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{14723,738 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,091870 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{21130,100 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 15\ 621,060/21\ 130,100$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,739}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,739 + (1 - 14\ 723,738/21\ 130,100) \cdot (2 \cdot 0,836 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,876} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{400,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{30,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 400 \cdot 30$$

$$A_f = \underline{23250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1382,8 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1370,6 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,091870 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{15621,060 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 6

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,066613 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000387 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1018,6 \text{ mm}$$

$$i_z = 77,7 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

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

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,066613/1,383411$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,066613/1,366589$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

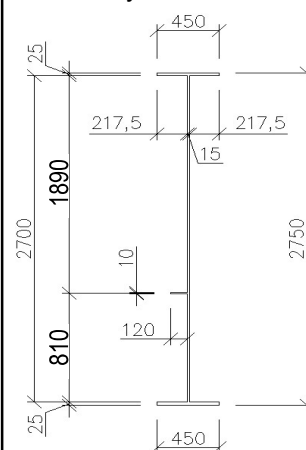
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,058510 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002764 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 817,510 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -454,850 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 47,790 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -77,200 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 222,590 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -2176,300 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 3995,940 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -9024,330 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/25 \leq 9.1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 3,996/0,048151$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{82,987 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(3,996/0,048744)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-81,978 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (82,987/1 \ 383) \cdot (1 \ 383 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{81,488 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-81,978/1 \ 367) \cdot (1 \ 367 - 25)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-80,478 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -80,478/81,488$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,988}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,988) + 9,79 \cdot (-0,988)^2$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{23,561}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w) / [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,561)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,292}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 1,292 \leq 0,873 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,708}} \quad 1,292 > 0,873 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

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

$$b_c = \underline{\underline{1358,4 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1 \ 358$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,5 \text{ mm}}}$$

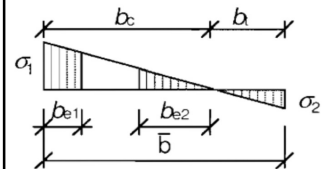
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

$$z_{V1} = \underline{\underline{\text{není}}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

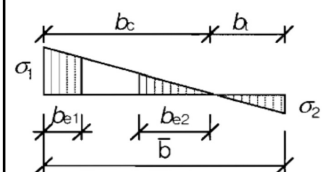
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{384,6 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,5$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{576,9 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,358$$

$$A_c = \underline{\underline{0,020376 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,708 \cdot 0,020376$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,014422 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,02038 - 0,01442$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005954 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,005954$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,058246 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005954 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{396,9 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 576,9 + 396,9 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{775,4 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005954 / 0,064200) \cdot 0,775$$

$$\Delta y = \underline{\underline{71,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,062007 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007 / (1,383 + 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007 / (1,367 - 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{13396,622} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{9799,683} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11074,793} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 454,850 / 13\,396,622 + 3\,995,940 / 9\,799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,442} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 817,510 / 13\,396,622 + 3\,995,940 / 9\,799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,469} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-9,024/0,048744)$$

$$\sigma_1' = \underline{185,137 \text{ MPa}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (185,137/1 \text{ 367}) \cdot (1 \text{ 367} - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{181,792 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (185,137/1 \text{ 367}) \cdot (1 \text{ 367} - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{72,016 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 72,016/181,792$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,396)$$

$$k_\sigma = \underline{5,670}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (Z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,670)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{0,790}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,967} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = Z_{V2}$$

$$b_c = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{782,9 \text{ mm}}$$

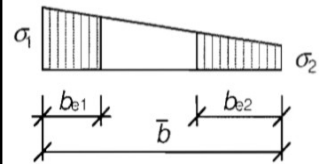
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

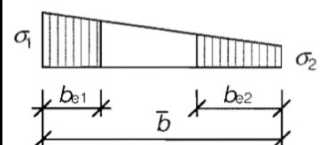
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,396)] \cdot 782,9$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,9 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,8 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,967 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011744 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,01174$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000406 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,000406$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,063794 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000406 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,1 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,8 + 27,1 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,3 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000406 / 0,064200) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14672,565} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11173,000} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11211,118} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 454,850 / 14\,672,565 + 9\,024,330 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,839} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 817,510 / 14\,672,565 + 9\,024,330 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,863} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,254}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}$$

$$180 > 83,616 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,487} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,487 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,558}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3000,934 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

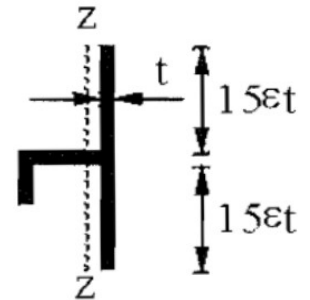
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3000,934 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3000,934} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 222,59 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,074} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2176,3 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,725} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 2176,3/3\,000,934$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,725}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/11250$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,011250 \cdot (1,371 + 1,354)$$

$$W_{fy} = \underline{0,030656 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,030656 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{7050,938 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,058510 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{13457,300 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 9\,024,330/13\,457,300$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,671}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,671 + (1 - 7\,050,938/13\,457,300) \cdot (2 \cdot 0,725 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,767} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{11250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1370,9 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1354,1 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,058510 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{9024,330 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 7

Materiál: ocel S37 (S235)
(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

$$A = 0,064800 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,066737 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000388 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1014,8 \text{ mm}$$

$$i_z = 77,4 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

$$Z_H = 1370,8 \text{ mm}$$

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

$$Z_D = 1379,2 \text{ mm}$$

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,066737/1,370833$$

$$W_{el,yH} = \underline{\underline{0,048684 \text{ m}^3}}$$

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,066737/1,379167$$

$$W_{el,yD} = \underline{\underline{0,048389 \text{ m}^3}}$$

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul
k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul
k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

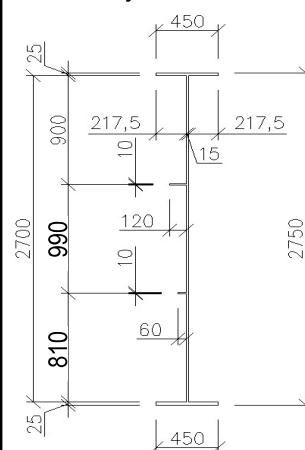
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,058798 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002787 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 551,480 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -957,960 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 31,210 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -77,710 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 258,950 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -1816,530 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 7919,280 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -5344,850 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/25 \leq 9.1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 7,919 / 0,048684$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{162,669 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (162,669 / 1371) \cdot (1371 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{159,702 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (162,669 / 1371) \cdot (1371 - 25 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{52,904 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\psi = 52,904 / 159,702$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + 0,331)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,937}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V1} / t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (900 / 15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,937)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,858}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,858 \leq 0,758 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,917}} \quad 0,858 > 0,758 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{\underline{900,0 \text{ mm}}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{825,1 \text{ mm}}}$$

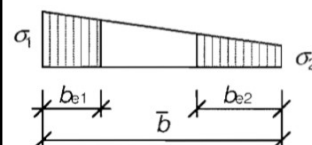
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

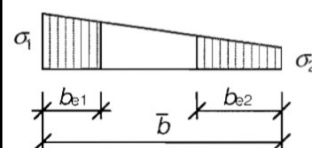
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,331)] \cdot 825,1$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{353,5 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 825,1 - 353,5$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{471,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,900$$

$$A_c = \underline{\underline{0,013500 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,917 \cdot 0,013500$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,012376 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,013500 - 0,012376$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,001124 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064800 - 0,001124$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,063676 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001124 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{74,9 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = (b_{e2} + b_0) / 2$$

$$z_p = (471,6 + 74,9) / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{509,1 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001124 / 0,064800) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\underline{8,8 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,009^2 - 0,001124 \cdot (0,509 + 0,009)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066431 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066431 / (1,371 + 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048150} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066431 / (1,379 - 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048477} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063676 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14645,535} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048150 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048684 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11074,467} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11197,214} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 957,960 / 14\,645,535 + 7\,919,280 / 11\,074,467 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,781} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 551,480 / 14\,645,535 + 7\,919,280 / 11\,074,467 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,753} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-5,345/0,048389)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{110,455 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (110,455/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{108,441 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (110,455/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{43,581 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 43,581/108,441$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,402)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,648}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,648)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,792}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,792 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,965}} \quad 0,792 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{781,4 \text{ mm}}}$$

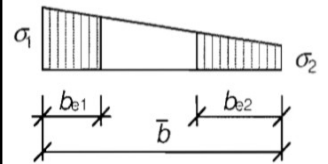
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

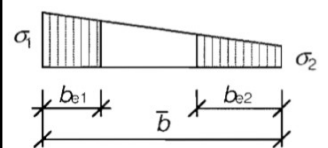
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,402)] \cdot 781,4$$

$$b_{e1} = \underline{\quad 339,9 \text{ mm} \quad}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 781,4 - 339,9$$

$$b_{e2} = \underline{\quad 441,5 \text{ mm} \quad}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\quad 0,012150 \text{ m}^2 \quad}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,965 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\quad 0,011722 \text{ m}^2 \quad}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011722$$

$$A_0 = \underline{\quad 0,000428 \text{ m}^2 \quad}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064800 - 0,000428$$

$$A_{eff} = \underline{\quad 0,064372 \text{ m}^2 \quad}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000428 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\quad 28,6 \text{ mm} \quad}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 441,5 + 28,6 / 2$$

$$z_p = \underline{\quad 455,8 \text{ mm} \quad}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000428 / 0,064800) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\quad 3,0 \text{ mm} \quad}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,003^2 - 0,000428 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\quad 0,066646 \text{ m}^4 \quad}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066646/(1,371 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048724} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066646/(1,379 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048218} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,064372 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14805,462} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048218 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048389 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11090,178} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11129,551} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 957,960 / 14\ 805,462 + 5\ 344,850 / 11\ 090,178 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,547} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 551,480 / 14\ 805,462 + 5\ 344,850 / 11\ 090,178 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,519} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,375}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}$$

$$180 > 84,108 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,478} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83 / 1,478 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,562}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3022,446 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

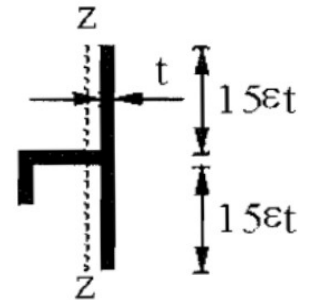
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3022,446 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3022,446} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 258,95 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,086} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1816,53 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,601} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1816,53/3\,022,446$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,601}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/11250$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,011250 \cdot (1,358 + 1,367)$$

$$W_{fy} = \underline{0,030656 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,030656 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{7050,938 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,058798 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{13523,540 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 7\,919,280/13\,523,540$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,586}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,586 + (1 - 7\,050,938/13\,523,540) \cdot (2 \cdot 0,601 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,605} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{11250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1358,3 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1366,7 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,058798 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{7919,280 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 8

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

$$A = 0,084800 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,105240 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000655 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1114,0 \text{ mm}$$

$$i_z = 87,9 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

$$Z_H = 1396,8 \text{ mm}$$

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

$$Z_D = 1403,2 \text{ mm}$$

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

$$W_{el,yH} = 0,105240/1,396816$$

k horním vláknům

$$W_{el,yH} = \underline{\underline{0,075343 \text{ m}^3}}$$

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

$$W_{el,yD} = 0,105240/1,403184$$

k dolním vláknům

$$W_{el,yD} = \underline{\underline{0,075001 \text{ m}^3}}$$

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

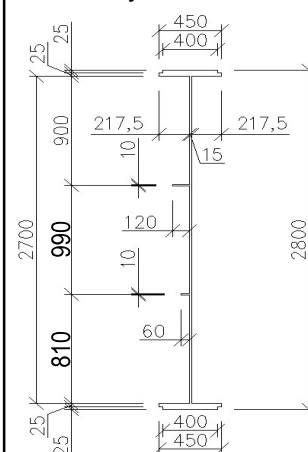
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,086548 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,004786 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 580,470 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -1421,770 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 81,310 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -82,000 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 1527,090 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -1478,300 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 14666,800 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -6518,770 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/50 \leq 9.1,011$$

$$4,350 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 50 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 14,667 / 0,075343$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{194,668 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (194,668 / 1397) \cdot (1397 - 50)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{187,699 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (194,668 / 1397) \cdot (1397 - 50 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{62,271 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\psi = 62,271 / 187,699$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_{\sigma} = 8,2 / (1,05 + \psi)$$

$$k_{\sigma} = 8,2 / (1,05 + 0,332)$$

$$k_{\sigma} = \underline{\underline{5,934}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V1} / t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_{\sigma})^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (900 / 15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,934)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,858}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,858 \leq 0,758 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,917}} \quad 0,858 > 0,758 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{\underline{900,0 \text{ mm}}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{824,9 \text{ mm}}}$$

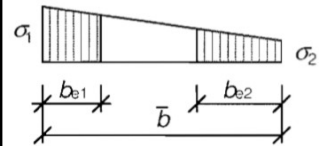
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

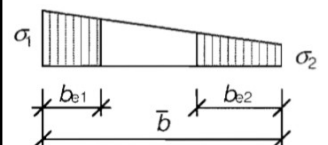
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,332)] \cdot 824,9$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{353,4 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 824,9 - 353,4$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{471,5 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,900$$

$$A_c = \underline{\underline{0,013500 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,917 \cdot 0,013500$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,012374 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,013500 - 0,012374$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,001126 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,084800 - 0,001126$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,083674 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001126 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{75,1 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 471,5 + 75,1 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{509,0 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001126 / 0,084800) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\underline{6,8 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,105240 - 0,084800 \cdot 0,007^2 - 0,001126 \cdot (0,509 + 0,007)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,104937 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,104937/(1,397 + 0,007) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,074764} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,104937/(1,403 - 0,007) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,075147} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,083674 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{19245,055} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074764 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,075343 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{17195,681} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{17328,839} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1421,770 / 19245,055 + 14666,800 / 17195,681 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,927} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 580,470 / 19245,055 + 14666,800 / 17195,681 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,883} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-6,519/0,075001)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{86,916 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (86,916/1\,403) \cdot (1\,403 - 50)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{83,805 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (86,916/1\,403) \cdot (1\,403 - 50 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{33,646 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 33,646/83,805$$

$$\psi = \underline{\underline{0,401}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,401)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,649}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (Z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,649)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,791}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,791 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,965}} \quad 0,791 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = Z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{781,5 \text{ mm}}}$$

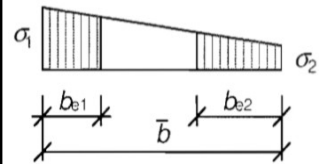
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

Z_V - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

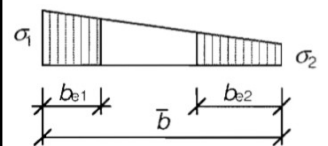
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,401)] \cdot 781,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{339,9 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 781,5 - 339,9$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{441,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,965 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011723 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011723$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000427 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,084800 - 0,000427$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,084373 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000427 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{28,5 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 441,6 + 28,5 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{455,9 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000427 / 0,084800) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,3 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,105240 - 0,084800 \cdot 0,002^2 - 0,000427 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,105150 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,105150/(1,397 - 0,002) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,075402} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,105150/(1,403 + 0,002) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,074814} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,084373 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{19405,827} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074814 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,075001 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{17207,299} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{17250,197} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,421,770 / 19\,405,827 + 6\,518,770 / 17\,207,299 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,452} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 580,470 / 19\,405,827 + 6\,518,770 / 17\,207,299 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,409} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,375}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}$$

$$180 > 84,108 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,478} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83 / 1,478 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,562}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3022,446 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

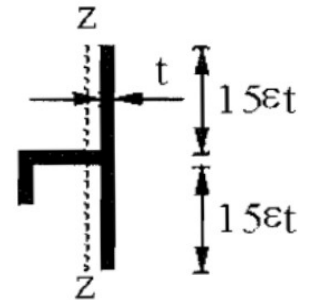
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3022,446 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3022,446} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1527,09 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,505} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1478,3 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,489} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1527,09/3\ 022,446$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,505}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 400 \cdot 25 \cdot (25 + 0,5 \cdot 25)]/21250$$

$$z_{Tv} = \underline{24,3 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,021250 \cdot (1,371 + 1,377)$$

$$W_{fy} = \underline{0,058406 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,058406 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{13433,438 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,086548 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{19906,040 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 14\ 666,800/19\ 906,040$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,737}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,737 + (1 - 13\ 433,438/19\ 906,040) \cdot (2 \cdot 0,505 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,737} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{400,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 400 \cdot 25$$

$$A_f = \underline{21250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1371,1 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1377,4 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,086548 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{14666,800 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 9

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

$$A = 0,064800 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,066737 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000388 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1014,8 \text{ mm}$$

$$i_z = 77,4 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

$$Z_H = 1370,8 \text{ mm}$$

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

$$Z_D = 1379,2 \text{ mm}$$

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,066737/1,370833$$

$$W_{el,yH} = \underline{\underline{0,048684 \text{ m}^3}}$$

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,066737/1,379167$$

$$W_{el,yD} = \underline{\underline{0,048389 \text{ m}^3}}$$

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

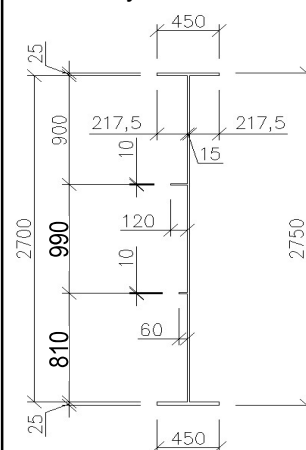
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,058798 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002787 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 802,670 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -1012,280 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 77,620 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -29,790 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 1866,340 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -197,030 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 8676,440 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -7746,430 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/25 \leq 9.1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 8,676 / 0,048684$$

$$\sigma_1' = \underline{178,221 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (178,221 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{174,971 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (178,221 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{57,962 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\psi = 57,962 / 174,971$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + 0,331)$$

$$k_\sigma = \underline{5,937}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V1} / t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (900 / 15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,937)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{0,858}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,858 \leq 0,758 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,917} \quad 0,858 > 0,758 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{825,1 \text{ mm}}$$

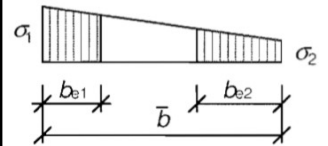
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

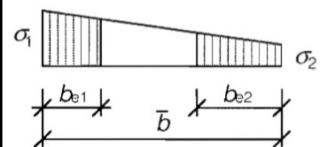
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,331)] \cdot 825,1$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{353,5 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 825,1 - 353,5$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{471,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,900$$

$$A_c = \underline{\underline{0,013500 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,917 \cdot 0,013500$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,012376 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,013500 - 0,012376$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,001124 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064800 - 0,001124$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,063676 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001124 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{74,9 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = (b_{e2} + b_0) / 2$$

$$z_p = (471,6 + 74,9) / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{509,1 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001124 / 0,064800) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\underline{8,8 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,009^2 - 0,001124 \cdot (0,509 + 0,009)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066431 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066431/(1,371 + 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048150} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066431/(1,379 - 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048477} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063676 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14645,535} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048150 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048684 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11074,467} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11197,214} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,012,280 / 14\,645,535 + 8\,676,440 / 11\,074,467 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,853} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 802,670 / 14\,645,535 + 8\,676,440 / 11\,074,467 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,838} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-7,746/0,048389)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{160,085 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (160,085/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{157,166 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (160,085/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{63,164 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 63,164/157,166$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,402)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,648}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,648)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,792}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,792 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,965}} \quad 0,792 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{781,4 \text{ mm}}}$$

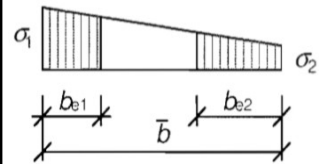
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_{V2} - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

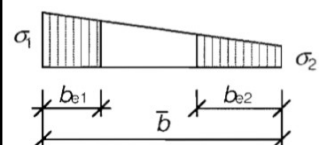
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,402)] \cdot 781,4$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{339,9 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 781,4 - 339,9$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{441,5 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,965 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011722 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011722$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000428 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064800 - 0,000428$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,064372 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000428 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{28,6 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 441,5 + 28,6 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{455,8 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000428 / 0,064800) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{3,0 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,003^2 - 0,000428 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066646 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066646/(1,371 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048724} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066646/(1,379 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048218} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,064372 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14805,462} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048218 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048389 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11090,178} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11129,551} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,012,280 / 14\,805,462 + 7\,746,430 / 11\,090,178 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,767} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 802,670 / 14\,805,462 + 7\,746,430 / 11\,090,178 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,753} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,375}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}$$

$$180 > 84,108 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,478} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83 / 1,478 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,562}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3022,446 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

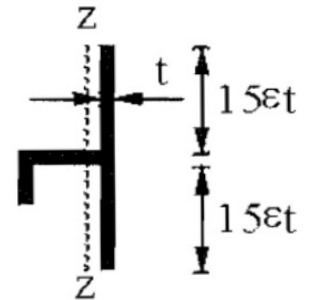
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3022,446 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3022,446} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1866,34 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,617} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 197,03 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,065} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1866,34/3\,022,446$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,617}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/11250$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,011250 \cdot (1,358 + 1,367)$$

$$W_{fy} = \underline{0,030656 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,030656 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{7050,938 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,058798 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{13523,540 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 8\,676,440/13\,523,540$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,642}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,642 + (1 - 7\,050,938/13\,523,540) \cdot (2 \cdot 0,617 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,668} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{11250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1358,3 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1366,7 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,058798 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{8676,440 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 10

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,066613 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000387 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1018,6 \text{ mm}$$

$$i_z = 77,7 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

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

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,066613/1,383411$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,066613/1,366589$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

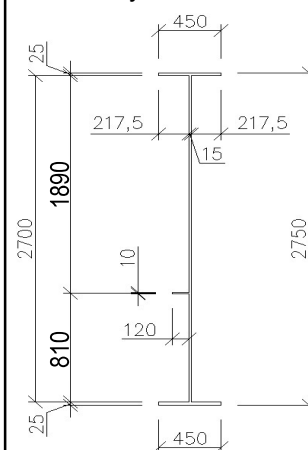
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,058510 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002764 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 862,720 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -680,610 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 73,700 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -59,860 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 2219,850 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -160,560 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 4958,720 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -9162,170 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/25 \leq 9.1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→

Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→

Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→

Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→

Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 4,959/0,048151$$

$$\sigma_1' = \underline{102,982 \text{ MPa}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(4,959/0,048744)$$

$$\sigma_2' = \underline{-101,730 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (102,982/1 \text{ 383}) \cdot (1 \text{ 383} - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{101,121 \text{ MPa}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-101,730/1 \text{ 367}) \cdot (1 \text{ 367} - 25)$$

$$\sigma_2 = \underline{-99,869 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -99,869/101,121$$

$$\psi = \underline{-0,988}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,988) + 9,79 \cdot (-0,988)^2$$

$$k_\sigma = \underline{23,561}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w) / [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,561)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{1,292}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 1,292 \leq 0,873 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,708} \quad 1,292 > 0,873 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1 \text{ 383,4} - 25$$

$$b_c = \underline{1358,4 \text{ mm}}$$

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1 \text{ 358}$$

$$b_{eff} = \underline{961,5 \text{ mm}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

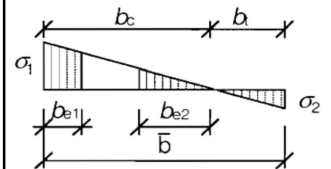
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

$$z_{V1} = \underline{\text{není}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

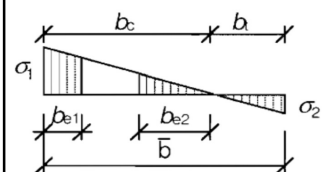
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,5$$

$$b_{e1} = \underline{\quad 384,6 \text{ mm} \quad}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,5$$

$$b_{e2} = \underline{\quad 576,9 \text{ mm} \quad}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,358$$

$$A_c = \underline{\quad 0,020376 \text{ m}^2 \quad}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,708 \cdot 0,020376$$

$$A_{c,eff} = \underline{\quad 0,014422 \text{ m}^2 \quad}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,02038 - 0,01442$$

$$A_0 = \underline{\quad 0,005954 \text{ m}^2 \quad}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,005954$$

$$A_{eff} = \underline{\quad 0,058246 \text{ m}^2 \quad}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005954 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\quad 396,9 \text{ mm} \quad}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 576,9 + 396,9 / 2$$

$$z_p = \underline{\quad 775,4 \text{ mm} \quad}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005954 / 0,064200) \cdot 0,775$$

$$\Delta y = \underline{\quad 71,9 \text{ mm} \quad}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\quad 0,062007 \text{ m}^4 \quad}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007 / (1,383 + 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007 / (1,367 - 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{13396,622} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{9799,683} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11074,793} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 680,610 / 13396,622 + 4958,720 / 9799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,557} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 862,720 / 13396,622 + 4958,720 / 9799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,570} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-9,162/0,048744)$$

$$\sigma_1' = \underline{187,965 \text{ MPa}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (187,965/1 \ 367) \cdot (1 \ 367 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{184,568 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (187,965/1 \ 367) \cdot (1 \ 367 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{73,116 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 73,116/184,568$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,396)$$

$$k_\sigma = \underline{5,670}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,670)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{0,790}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,967} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{782,9 \text{ mm}}$$

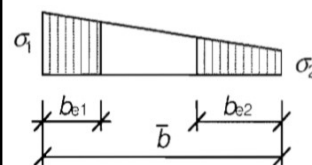
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

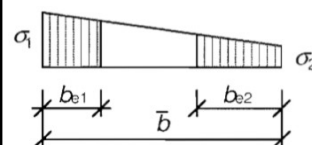
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,396)] \cdot 782,9$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,9 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,8 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,967 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011744 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011744$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000406 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,000406$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,063794 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000406 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,1 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,8 + 27,1 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,3 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000406 / 0,064200) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14672,565} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11173,000} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11211,118} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 680,610 / 14\,672,565 + 9\,162,170 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,866} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 862,720 / 14\,672,565 + 9\,162,170 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,879} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,254}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}$$

$$180 > 83,616 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,487} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,487 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,558}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3000,934 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

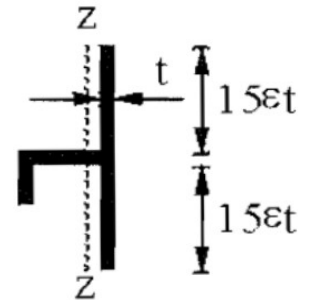
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3000,934 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3000,934} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2219,85 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,740} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 160,56 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,054} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 2219,85/3\ 000,934$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,740}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/11250$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,011250 \cdot (1,371 + 1,354)$$

$$W_{fy} = \underline{0,030656 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,030656 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{7050,938 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,058510 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{13457,300 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 9\ 162,170/13\ 457,300$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,681}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,681 + (1 - 7\ 050,938/13\ 457,300) \cdot (2 \cdot 0,740 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,790} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{11250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1370,9 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1354,1 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,058510 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{9162,170 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 11

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

$$A = 0,093000 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,122500 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000771 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1147,7 \text{ mm}$$

$$i_z = 91,1 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

$$Z_H = 1416,8 \text{ mm}$$

$$Z_D = 1405,2 \text{ mm}$$

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,122500/1,416807$$

$$W_{el,yH} = \underline{\underline{0,086462 \text{ m}^3}}$$

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,122500/1,405194$$

$$W_{el,yD} = \underline{\underline{0,087177 \text{ m}^3}}$$

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

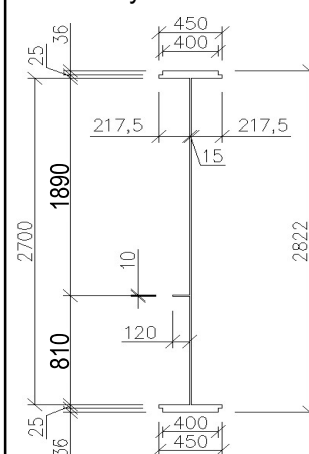
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,098628 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,005644 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 2188,180 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -759,810 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 189,990 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -189,640 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 2558,230 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -154,990 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 3690,440 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -18056,350 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/61 \leq 9.1,011$$

$$3,566 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 61 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 3,690/0,086462$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{42,683 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(3,690/0,087177)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-42,333 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (42,683/1\,417) \cdot (1\,417 - 61)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{40,845 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-42,333/1\,405) \cdot (1\,405 - 61)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-40,495 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -40,495/40,845$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,991}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,991) + 9,79 \cdot (-0,991)^2$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{23,659}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w) / [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,659)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,289}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0$$

nebo

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0$$

$$\rho = \underline{\underline{0,709}}$$

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,289 \leq 0,874$$

Nevyhovuje

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,289 > 0,874$$

Vyhovuje

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,416,8 - 61$$

$$b_c = \underline{\underline{1355,8 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,709 \cdot 1\,356$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,6 \text{ mm}}}$$

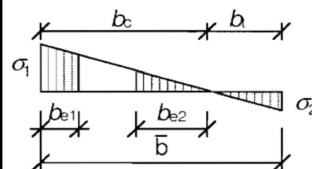
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

$$z_{V1} = \underline{\underline{\text{není}}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

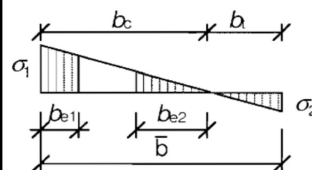
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,6$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{384,6 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,6$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{577,0 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,356$$

$$A_c = \underline{\underline{0,020337 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,709 \cdot 0,020337$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,014424 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,020337 - 0,014424$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005913 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,093000 - 0,005913$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,087087 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005913 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{394,2 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = (b_{e2} + b_0) / 2$$

$$z_p = (577,0 + 394,2) / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{774,1 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005913 / 0,093000) \cdot 0,774$$

$$\Delta y = \underline{\underline{49,2 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,122500 - 0,093000 \cdot 0,049^2 - 0,005913 \cdot (0,774 + 0,049)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,118267 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,118267/(1,417+0,049) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,080672} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,118267/(1,405-0,049) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,087219} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,087087 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{20030,065} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080672 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,086462 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{18554,613} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{19886,265} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 759,810 / 20030,065 + 3690,440 / 18554,613 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,237} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 2188,180 / 20030,065 + 3690,440 / 18554,613 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,308} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-18,056/0,087177)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{207,124 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (207,124/1\ 405) \cdot (1\ 405 - 61)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{198,206 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (207,124/1\ 405) \cdot (1\ 405 - 61 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{78,740 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 78,740/198,206$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,397)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,666}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,666)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,790}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,966}} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,966 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,6 \text{ mm}}}$$

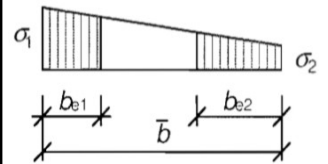
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

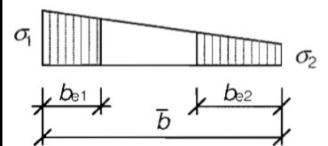
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,397)] \cdot 782,6$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,6 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,966 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011739 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,01174$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000411 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,093000 - 0,000411$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,092589 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000411 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,4 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,6 + 27,4 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,2 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000411 / 0,093000) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,0 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,122500 - 0,093000 \cdot 0,002^2 - 0,000411 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,122413 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,122413/(1,417 - 0,002) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,086524} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,122413/(1,405 + 0,002) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,086990} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,092589 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{21295,575} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,086990 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,087177 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{20007,762} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{20050,612} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 759,810 / 21295,575 + 18056,350 / 20007,762 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,938} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 2188,180 / 21295,575 + 18056,350 / 20007,762 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{1,005} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,254}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}$$

$$180 > 83,616 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,487} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,487 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,558}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3000,934 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

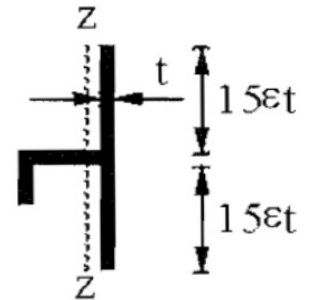
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3000,934 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3000,934} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2558,23 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,852} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 154,99 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,052} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 2558,23/3\ 000,934$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,852}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 400 \cdot 36 \cdot (25 + 0,5 \cdot 36)]/25650$$

$$z_{Tv} = \underline{29,6\text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,025650 \cdot (1,385 + 1,374)$$

$$W_{fy} = \underline{0,070775\text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,070775 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{16278,175\text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,098628 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{22684,440\text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 18\ 056,350/22\ 684,440$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,796}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,796 + (1 - 16\ 278,175/22\ 684,440) \cdot (2 \cdot 0,852 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,936} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0\text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{400,0\text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0\text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{36,0\text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 400 \cdot 36$$

$$A_f = \underline{25650,0\text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1385,4\text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1373,8\text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,098628\text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{18056,350\text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

2.3.3 Levý hlavní nosník – Průřez č. 1 – 11

Průřez č. 1

Materiál: ocel S37 (S235)
(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,059997 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000230 \text{ m}^4$$

$$i_y = 999,1 \text{ mm}$$

$$i_z = 61,9 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

$$Z_H = 1379,5 \text{ mm}$$

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

$$Z_D = 1370,5 \text{ mm}$$

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,059997/1,379493$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,059997/1,370508$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul
k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul
k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

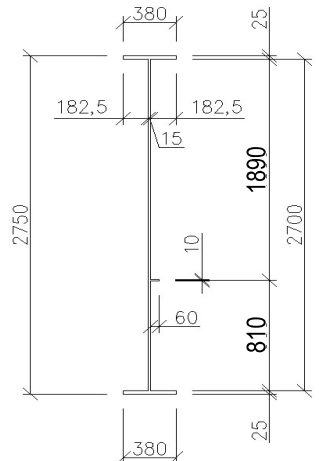
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,053489 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,001979 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 288,810 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -1037,790 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 78,190 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -35,130 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 277,360 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -1687,420 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 9226,320 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -1466,900 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9 \cdot \varepsilon$$

$$182,5/25 \leq 9 \cdot 1,011$$

$$7,300 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 380 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (380 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 182,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72 \cdot \varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72 \cdot 1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83 \cdot \varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83 \cdot 1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124 \cdot \varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124 \cdot 1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 9,226/0,043492$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{212,138 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(9,226/0,043777)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-210,756 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (212,138/1\,379) \cdot (1\,379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{208,294 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-210,756/1\,371) \cdot (1\,371 - 25)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-206,912 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -206,912/208,294$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,993}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,993) + 9,79 \cdot (-0,993)^2$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{23,709}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w) / [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,709)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,288}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0$$

nebo

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0$$

$$\rho = \underline{\underline{0,710}}$$

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,288 \leq 0,874$$

Nevyhovuje

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,288 > 0,874$$

Vyhovuje

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

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

$$b_c = \underline{\underline{1354,5 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,710 \cdot 1\,354$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,7 \text{ mm}}}$$

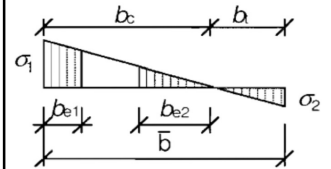
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojině

$$z_{V1} = \underline{\underline{\text{není}}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

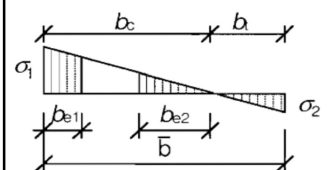
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{\text{eff}}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,7$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{384,7 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{\text{eff}}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,7$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{577,0 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,354$$

$$A_c = \underline{\underline{0,020317 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,\text{eff}} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,\text{eff}} = 0,710 \cdot 0,020317$$

$$A_{c,\text{eff}} = \underline{\underline{0,014425 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,\text{eff}}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,\text{eff}}$$

$$A_0 = 0,02032 - 0,01443$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005892 \text{ m}^2}}$$

$$A_{\text{eff}} = A - A_0$$

$$A_{\text{eff}} = 0,060100 - 0,005892$$

$$A_{\text{eff}} = \underline{\underline{0,054208 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005892 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{392,8 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 577,0 + 392,8 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{773,4 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005892 / 0,060100) \cdot 0,773$$

$$\Delta y = \underline{\underline{75,8 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,\text{eff}} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,\text{eff}} = 0,059997 - 0,060100 \cdot 0,076^2 - 0,005892 \cdot (0,773 + 0,076)^2$$

$$I_{y,\text{eff}} = \underline{\underline{0,055402 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,055402/(1,379 + 0,076) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,038069} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,055402/(1,371 - 0,076) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,042792} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,054208 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{12467,833} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,038069 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,043492 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{8755,816} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{10003,175} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,037,790 / 12\,467,833 + 9\,226,320 / 8\,755,816 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{1,137} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 288,810 / 12\,467,833 + 9\,226,320 / 8\,755,816 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{1,077} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-1,467/0,043777)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{33,508 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (33,508/1\,371) \cdot (1\,371 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{32,901 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (33,508/1\,371) \cdot (1\,371 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{13,093 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 13,093/32,901$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,398)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,663}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (Z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,663)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,790}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,966}} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = Z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,966 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,5 \text{ mm}}}$$

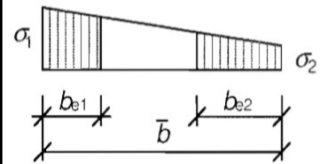
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

Z_{V2} - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

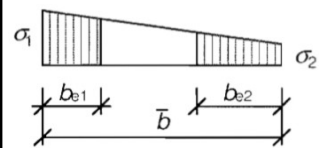
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,398)] \cdot 782,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,0 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,5 - 340,0$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,4 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,966 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011737 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,01174$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000413 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,060100 - 0,000413$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,059687 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000413 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,5 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,4 + 27,5 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,2 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000413 / 0,060100) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{3,1 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,059997 - 0,060100 \cdot 0,003^2 - 0,000413 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,059909 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,059909/(1,379 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,043527} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,059909/(1,371 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,043613} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,059687 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{13727,963} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043613 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,043777 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{10031,071} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{10068,756} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,037,790 / 13\,727,963 + 1\,466,900 / 10\,031,071 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,222} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 288,810 / 13\,727,963 + 1\,466,900 / 10\,031,071 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,167} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000001 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000001 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{9,332}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 9,332^{1/2}$$

$$180 > 79,768 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 9,332^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,559} \quad \rightarrow \quad \text{Tuhá kocová výztuha}$$

$$\chi_{w1} = 1,37 / (0,7 + 1,559) \quad \rightarrow \quad \chi_{w1} = \underline{0,606}$$

\rightarrow Netuhá kocová výztuha

$$\chi_{w2} = 0,83 / 1,559 \quad \rightarrow \quad \chi_{w2} = \underline{0,532}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd1} = [(\chi_{w1} \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd1} = (0,606 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd1} = \underline{3259,079 \text{ kN}}$$

$$V_{bw,Rd2} = [(\chi_{w2} \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd2} = (0,532 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd2} = \underline{2861,105 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

I_{v1} = není

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

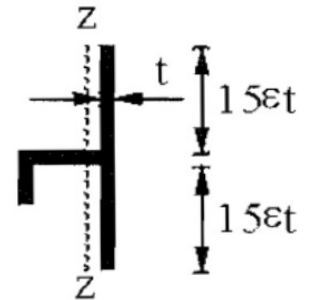
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd1} = V_{bw,Rd1} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd1} = 3259,079 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{(1/2)}]$$

$$V_{b,Rd1} = \underline{3259,079} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$V_{b,Rd2} = V_{bw,Rd2} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd2} = 2861,105 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{(1/2)}]$$

$$V_{b,Rd2} = \underline{2861,105} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 277,36 / 3259,079 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,085} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 277,36 / 2861,105 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,097} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1687,42 / 3259,079 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,518} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1687,42 / 2861,105 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,590} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{b,Rd} = V_{b,Rd1}$$

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{b,Rd} = V_{b,Rd2}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

$$V_{b,Rd} = V_{b,Rd1}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

$$V_{b,Rd} = V_{b,Rd2}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Tuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd1}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1687,42/3\ 259,079$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,518}$$

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd2}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1687,42/2\ 861,105$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,590}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,009500 \cdot (1,367 + 1,358)$$

$$W_{fy} = \underline{0,025888\ m^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,025888 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{5954,127\ kNm}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_f \cdot t_f$$

$$A_f = 380,25$$

$$A_f = \underline{9500,0\ mm^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1367,0\ mm}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1358,0\ mm}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,053489 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{12302,470\ kNm}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,053489\ m^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{9226,320\ kNm}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 9\ 226,320/12\ 302,470$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,750}$$

V obou případech je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Tuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,750 + (1 - 5954,127/12\ 302,470) \cdot (2 \cdot 0,518 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,751} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,750 + (1 - 5954,127/12\ 302,470) \cdot (2 \cdot 0,590 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,767} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 2

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,082996 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000345 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1065,0 \text{ mm}$$

$$i_z = 68,7 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,082996/1,389311$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,082996/1,396690$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

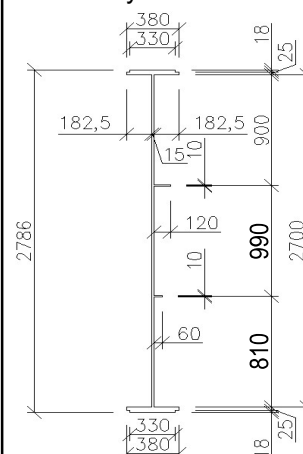
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,070471 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,003040 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 731,080 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -1191,260 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 41,170 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -37,850 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 1625,450 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -889,880 \text{ kN}$$

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

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

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$182,5/43 \leq 9.1,011$$

$$4,244 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 380 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 43 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (380 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 182,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

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

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

Napětí v horních vláknech stojiny

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

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

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

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

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

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

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

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\psi = 67,186 / 202,669$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + 0,332)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,936}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V1} / t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (900 / 15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,936)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,858}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,858 \leq 0,758 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,917}} \quad 0,858 > 0,758 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{\underline{900,0 \text{ mm}}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{825,0 \text{ mm}}}$$

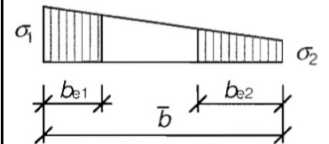
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

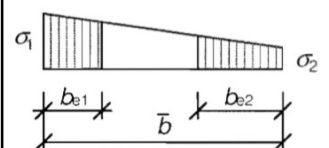
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,332)] \cdot 825,0$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{353,4 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 825,0 - 353,4$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{471,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,900$$

$$A_c = \underline{\underline{0,013500 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,917 \cdot 0,013500$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,012375 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,013500 - 0,012375$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,001125 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,073180 - 0,001125$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,072055 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001125 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{75,0 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = (b_{e2} + b_0) / 2$$

$$z_p = (471,6 + 75,0) / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{509,1 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001125 / 0,073180) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\underline{7,8 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,082996 - 0,073180 \cdot 0,008^2 - 0,001125 \cdot (0,509 + 0,008)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,082691 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,082691/(1,389+0,008) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,059186} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,082691/(1,397-0,008) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,059539} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,072055 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{16572,701} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059186 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,059739 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{13612,805} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{13739,962} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,191,260 / 16\,572,701 + 12\,493,950 / 13\,612,805 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,990} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 731,080 / 16\,572,701 + 12\,493,950 / 13\,612,805 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,962} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-7,261/0,059423)$$

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

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

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

$$\sigma_1 = \underline{118,415 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

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

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

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 47,568/118,415$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,402)$$

$$k_\sigma = \underline{5,649}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,649)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{0,791}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,791 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,965} \quad 0,791 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{810,0 \text{ mm}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{781,5 \text{ mm}}$$

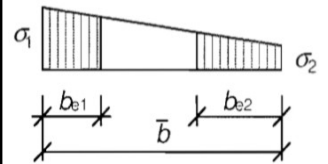
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

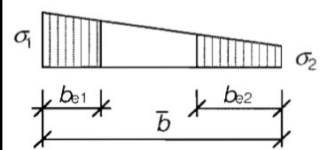
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,402)] \cdot 781,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{339,9 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 781,5 - 339,9$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{441,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,965 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011722 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011722$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000428 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,073180 - 0,000428$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,072752 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000428 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{28,5 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 441,6 + 28,5 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{455,8 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000428 / 0,073180) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,7 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,082996 - 0,073180 \cdot 0,003^2 - 0,000428 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,082906 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,082906/(1,389 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,059789} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,082906/(1,397 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,059246} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,072752 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{16733,029} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059246 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,059423 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{13626,486} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{13667,371} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,191,260 / 16\,733,029 + 7\,261,340 / 13\,626,486 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,604} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 731,080 / 16\,733,029 + 7\,261,340 / 13\,626,486 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,577} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,375}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}$$

$$180 > 84,108 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,478} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,478 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,562}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3022,446 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

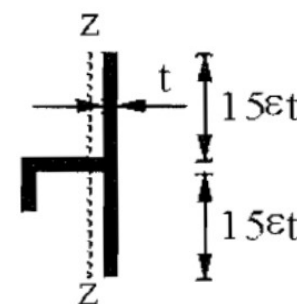
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3022,446 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3022,446} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1625,45 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,538} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 889,88 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,294} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1625,45/3\,022,446$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,538}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 380 \cdot 25^2 + 330 \cdot 18 \cdot (25 + 0,5 \cdot 18)]/15440$$

$$z_{Tv} = \underline{20,8 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,015440 \cdot (1,367 + 1,374)$$

$$W_{fy} = \underline{0,042329 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,042329 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{9735,770 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,070471 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{16208,330 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 12\,493,950/16\,208,330$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,771}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,771 + (1 - 9\,735,770/16\,208,330) \cdot (2 \cdot 0,538 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,773} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{380,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{330,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{18,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 380 \cdot 25 + 330 \cdot 18$$

$$A_f = \underline{15440,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1367,1 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1374,5 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,070471 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 3

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,060240 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000237 \text{ m}^4$$

$$i_y = 991,3 \text{ mm}$$

$$i_z = 62,2 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

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

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

$$W_{el,yH} = 0,060240/1,370595$$

k horním vláknům

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

$$W_{el,yD} = 0,060240/1,379405$$

k dolním vláknům

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

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

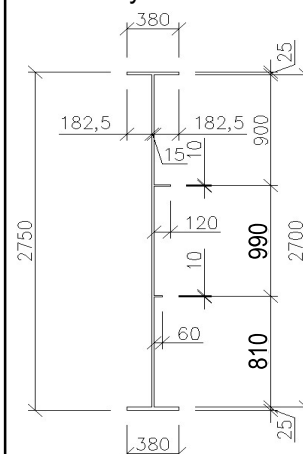
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,054029 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002060 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 903,790 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -710,710 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 28,590 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -38,300 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 1629,680 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = 14,060 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 6729,990 \text{ kNm}$$

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

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$182,5/25 \leq 9.1,011$$

$$7,300 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 380 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (380 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 182,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 6,730 / 0,043952$$

$$\sigma_1' = \underline{153,122 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (153,122 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{150,329 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (153,122 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{49,782 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\psi = 49,782 / 150,329$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + 0,331)$$

$$k_\sigma = \underline{5,937}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V1} / t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (900 / 15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,937)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{0,858}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,858 \leq 0,758 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,917} \quad 0,858 > 0,758 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{825,1 \text{ mm}}$$

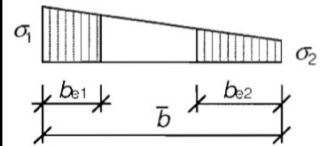
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

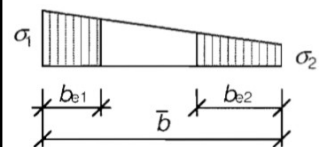
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,331)] \cdot 825,1$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{353,5 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 825,1 - 353,5$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{471,7 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,900$$

$$A_c = \underline{\underline{0,013500 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,917 \cdot 0,013500$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,012377 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,013500 - 0,012377$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,001123 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,061300 - 0,001123$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,060177 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001123 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{74,9 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = (b_{e2} + b_0) / 2$$

$$z_p = (471,7 + 74,9) / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{509,1 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001123 / 0,061300) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\underline{9,3 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,060240 - 0,061300 \cdot 0,009^2 - 0,001123 \cdot (0,509 + 0,009)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,059933 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,059933/(1,371 + 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,043432} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,059933/(1,379 - 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,043744} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,060177 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{13840,651} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043432 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,043952 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{9989,346} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{10108,894} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 710,710 / 13\,840,651 + 6\,729,990 / 9\,989,346 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,725} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 903,790 / 13\,840,651 + 6\,729,990 / 9\,989,346 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,739} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-7,719/0,043671)$$

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

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

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

$$\sigma_1 = \underline{\underline{173,529 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

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

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

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 69,759/173,529$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,402)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,647}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,647)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,792}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,792 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,965}} \quad 0,792 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{781,4 \text{ mm}}}$$

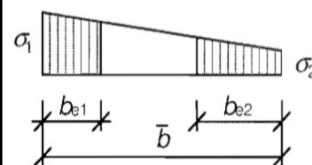
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

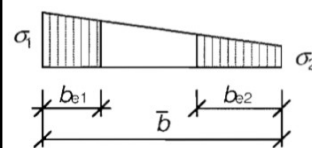
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,402)] \cdot 781,4$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{339,9 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 781,4 - 339,9$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{441,5 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,965 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011721 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011721$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000429 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,061300 - 0,000429$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,060871 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000429 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{28,6 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 441,5 + 28,6 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{455,8 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000429 / 0,061300) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{3,2 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,060240 - 0,061300 \cdot 0,003^2 - 0,000429 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,060149 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,060149/(1,371 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,043988} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,060149/(1,379 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,043504} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,060871 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14000,366} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043504 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,043671 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{10006,031} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{10044,331} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 710,710 / 14\,000,366 + 7\,719,000 / 10\,006,031 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,822} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 903,790 / 14\,000,366 + 7\,719,000 / 10\,006,031 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,836} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,375}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}$$

$$180 > 84,108 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,478} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,478 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,562}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3022,446 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

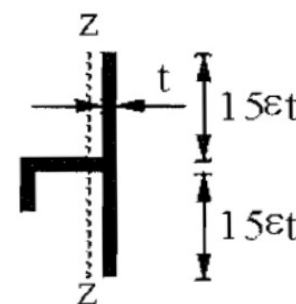
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3022,446 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3022,446} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1629,68 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,539} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 14,06 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,005} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1629,68/3\ 022,446$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,539}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 380 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/9500$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,009500 \cdot (1,358 + 1,367)$$

$$W_{fy} = \underline{0,025888 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,025888 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{5954,125 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,054029 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{12426,670 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 7\ 719,000/12\ 426,670$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,621}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,621 + (1 - 5954,125/12\ 426,670) \cdot (2 \cdot 0,539 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,624} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{380,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 380 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{9500,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1358,1 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1366,9 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,054029 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 4

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,066613 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000387 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1018,6 \text{ mm}$$

$$i_z = 77,7 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

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

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,066613/1,383411$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,066613/1,366589$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

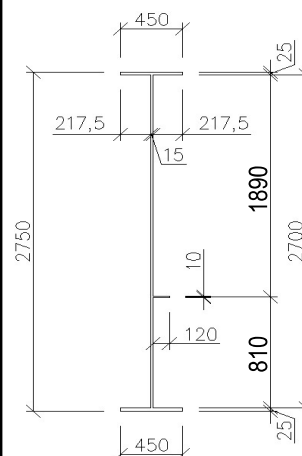
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,058510 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002764 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 807,010 \text{ kN}$$

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

$$V_{y,MAX} = 62,130 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -52,550 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 2010,530 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = 73,340 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 5515,560 \text{ kNm}$$

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

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/25 \leq 9.1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 5,516/0,048151$$

$$\sigma_1' = \underline{114,547 \text{ MPa}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(5,516/0,048744)$$

$$\sigma_2' = \underline{-113,154 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (114,547/1 \text{ 383}) \cdot (1 \text{ 383} - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{112,477 \text{ MPa}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-113,154/1 \text{ 367}) \cdot (1 \text{ 367} - 25)$$

$$\sigma_2 = \underline{-111,084 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -111,084/112,477$$

$$\psi = \underline{-0,988}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_{\sigma} = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_{\sigma} = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,988) + 9,79 \cdot (-0,988)^2$$

$$k_{\sigma} = \underline{23,561}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w)/[28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_{\sigma})^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15)/[28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,561)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{1,292}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0$$

nebo

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0$$

$$\rho = \underline{0,708}$$

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,292 \leq 0,873$$

Nevyhovuje

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,292 > 0,873$$

Vyhovuje

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1 \text{ 383,4} - 25$$

$$b_c = \underline{1358,4 \text{ mm}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1 \text{ 358}$$

$$b_{eff} = \underline{961,5 \text{ mm}}$$

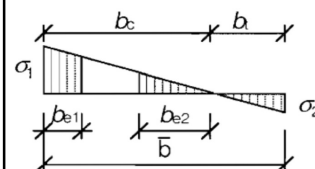
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojině

$$z_{V1} = \underline{\text{není}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

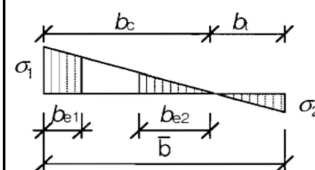
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{384,6 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,5$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{576,9 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,358$$

$$A_c = \underline{\underline{0,020376 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,708 \cdot 0,020376$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,014422 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,020376 - 0,014422$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005954 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,005954$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,058246 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005954 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{396,9 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 576,9 + 396,9 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{775,4 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005954 / 0,064200) \cdot 0,775$$

$$\Delta y = \underline{\underline{71,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,062007 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007 / (1,383 + 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007 / (1,367 - 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{13396,622} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{9799,683} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11074,793} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 647,590 / 13\,396,622 + 5\,515,560 / 9\,799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,611} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 807,010 / 13\,396,622 + 5\,515,560 / 9\,799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,623} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-9,440/0,048744)$$

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

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

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

$$\sigma_1 = \underline{\underline{190,161 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

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

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

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 75,332/190,161$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,396)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,670}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (Z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,670)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,790}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,967}} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = Z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,9 \text{ mm}}}$$

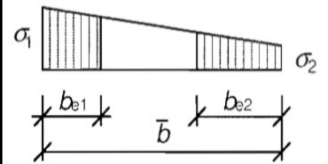
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

zV - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

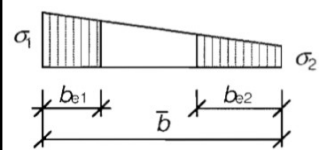
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,396)] \cdot 782,9$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,9 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,8 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,967 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011744 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011744$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000406 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,000406$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,063794 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000406 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,1 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,8 + 27,1 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,3 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000406 / 0,064200) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14672,565} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11173,000} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11211,118} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 647,590 / 14\,672,565 + 9\,439,790 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,889} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 807,010 / 14\,672,565 + 9\,439,790 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,900} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,254}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}$$

$$180 > 83,616 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,487} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá kocová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,487 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,558}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3000,934 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

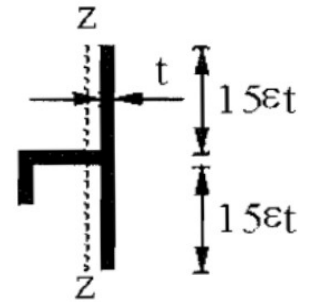
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3000,934 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3000,934} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2010,53 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,670} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 73,34 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,024} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 2010,53/3\ 000,934$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,670}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/11250$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,011250 \cdot (1,371 + 1,354)$$

$$W_{fy} = \underline{0,030656 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,030656 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{7050,938 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,058510 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{13457,300 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 9\ 439,790/13\ 457,300$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,701}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,701 + (1 - 7\ 050,938/13\ 457,300) \cdot (2 \cdot 0,670 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,756} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{11250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1370,9 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1354,1 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,058510 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 5

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,112990 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000707 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1131,8 \text{ mm}$$

$$i_z = 89,5 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

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

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,112990/1,411122$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,112990/1,398878$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

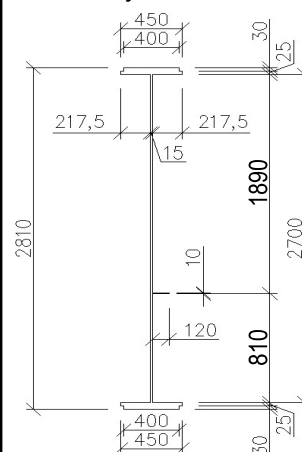
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,091870 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,005164 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 1693,400 \text{ kN}$$

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

$$V_{y,MAX} = 129,730 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -127,700 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 2363,530 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -2607,250 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 3026,420 \text{ kNm}$$

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

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/55 \leq 9.1,011$$

$$3,955 \leq 9,097$$

→

Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm}} \quad$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 55 \text{ mm}} \quad$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm}} \quad$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→

Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→

Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→

Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm}} \quad$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm}} \quad$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 3,026/0,080071$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{37,797 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(3,026/0,080772)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-37,469 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (37,797/1\,411) \cdot (1\,411 - 55)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{36,324 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-37,469/1\,399) \cdot (1\,399 - 55)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-35,996 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -35,996/36,324$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,991}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,991) + 9,79 \cdot (-0,991)^2$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{23,647}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w) / [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,647)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,289}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 1,289 \leq 0,874 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,709}} \quad 1,289 > 0,874 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

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

$$b_c = \underline{\underline{1356,1 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,709 \cdot 1\,356$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,6 \text{ mm}}}$$

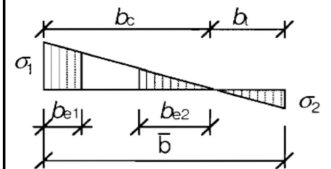
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

$$z_{V1} = \underline{\underline{\text{není}}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

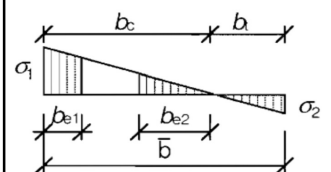
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,6$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{384,6 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,6$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{577,0 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,356$$

$$A_c = \underline{\underline{0,020342 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,709 \cdot 0,020342$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,014424 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,020342 - 0,014424$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005918 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,088200 - 0,005918$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,082282 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005918 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{394,5 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 577,0 + 394,5 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{774,2 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005918 / 0,088200) \cdot 0,774$$

$$\Delta y = \underline{\underline{51,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,112990 - 0,088200 \cdot 0,052^2 - 0,005918 \cdot (0,774 + 0,052)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,108713 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,108713 / (1,411 + 0,052) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,074305} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,108713 / (1,399 - 0,052) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,080711} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,082282 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{18924,921} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074305 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,080071 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{17090,082} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{18416,338} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 330,380 / 18\,924,921 + 3\,026,420 / 17\,090,082 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,195} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,693,400 / 18\,924,921 + 3\,026,420 / 17\,090,082 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,267} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-16,626/0,080772)$$

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

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

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

$$\sigma_1 = \underline{\underline{197,811 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

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

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

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 78,556/197,811$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,397)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,666}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,666)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,790}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,966}} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,966 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,7 \text{ mm}}}$$

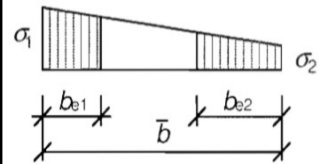
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

Z_{V2} - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

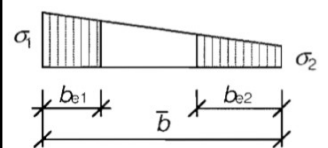
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,397)] \cdot 782,7$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,7 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,966 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011740 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011740$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000410 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,088200 - 0,000410$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,087790 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000410 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,3 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,6 + 27,3 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,3 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000410 / 0,088200) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,1 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,112990 - 0,088200 \cdot 0,002^2 - 0,000410 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,112903 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,112903/(1,411 - 0,002) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,080130} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,112903/(1,399 + 0,002) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,080588} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,087790 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{20191,695} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080588 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,080772 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{18535,198} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{18577,531} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 330,380 / 20191,695 + 16625,600 / 18535,198 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,913} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1693,400 / 20191,695 + 16625,600 / 18535,198 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,981} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,254}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}$$

$$180 > 83,616 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,487} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,487 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,558}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3000,934 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

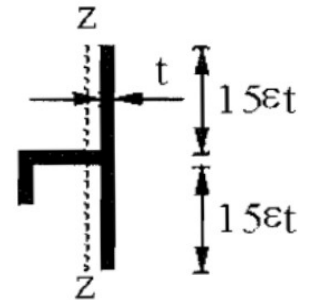
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3000,934 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3000,934} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2363,53 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,788} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2607,25 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,869} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 2607,25/3\ 000,934$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,869}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 400 \cdot 30 \cdot (25 + 0,5 \cdot 30)]/23250$$

$$z_{Tv} = \underline{26,7\text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,023250 \cdot (1,383 + 1,371)$$

$$W_{fy} = \underline{0,064016\text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,064016 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{14723,738\text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,091870 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{21130,100\text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 16\ 625,600/21\ 130,100$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,787}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,787 + (1 - 14\ 723,738/21\ 130,100) \cdot (2 \cdot 0,869 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,952} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0\text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{400,0\text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0\text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{30,0\text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 400 \cdot 30$$

$$A_f = \underline{23250,0\text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1382,8\text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1370,6\text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,091870\text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 6

Materiál: ocel S37 (S235)
(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,066613 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000387 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1018,6 \text{ mm}$$

$$i_z = 77,7 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,066613/1,383411$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,066613/1,366589$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul
k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul
k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

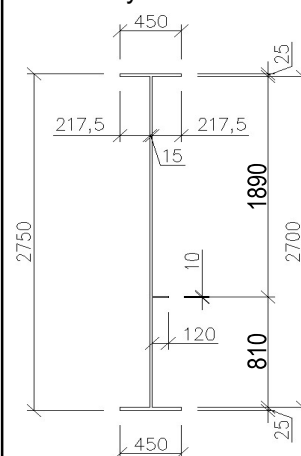
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,058510 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002764 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 810,430 \text{ kN}$$

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

$$V_{y,MAX} = 54,300 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -56,740 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 134,690 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -2264,770 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 3764,050 \text{ kNm}$$

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

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/25 \leq 9.1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 3,764/0,048151$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{78,171 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(3,764/0,048744)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-77,221 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (78,171/1,383) \cdot (1,383 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{76,759 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-77,221/1,367) \cdot (1,367 - 25)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-75,808 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -75,808/76,759$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,988}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_{\sigma} = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_{\sigma} = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,988) + 9,79 \cdot (-0,988)^2$$

$$k_{\sigma} = \underline{\underline{23,561}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w) / [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_{\sigma})^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,561)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,292}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0$$

nebo

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0$$

$$\rho = \underline{\underline{0,708}}$$

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,292 \leq 0,873$$

Nevyhovuje

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,292 > 0,873$$

Vyhovuje

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

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

$$b_c = \underline{\underline{1358,4 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1,358$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,5 \text{ mm}}}$$

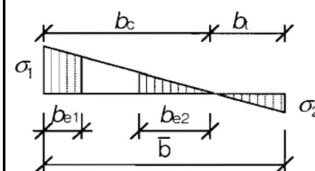
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

$$z_{V1} = \underline{\underline{\text{není}}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

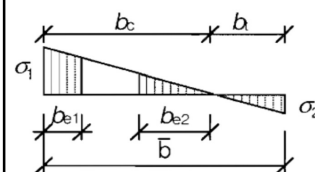
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{384,6 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,5$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{576,9 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,358$$

$$A_c = \underline{\underline{0,020376 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,708 \cdot 0,020376$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,014422 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,02038 - 0,01442$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005954 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,005954$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,058246 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005954 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{396,9 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 576,9 + 396,9 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{775,4 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005954 / 0,064200) \cdot 0,775$$

$$\Delta y = \underline{\underline{71,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,062007 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007 / (1,383 + 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007 / (1,367 - 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{13396,622} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{9799,683} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11074,793} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 463,640 / 13\,396,622 + 3\,764,050 / 9\,799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,419} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 810,430 / 13\,396,622 + 3\,764,050 / 9\,799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,445} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-9,523/0,048744)$$

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

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

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

$$\sigma_1 = \underline{\underline{191,842 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

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

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

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 75,998/191,842$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,396)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,670}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,670)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,790}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,967}} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,9 \text{ mm}}}$$

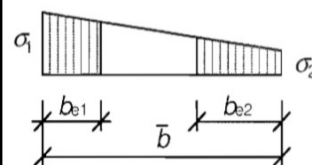
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

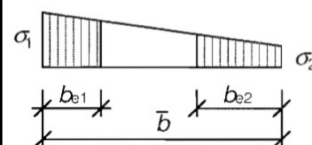
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,396)] \cdot 782,9$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,9 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,8 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,967 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011744 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011744$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000406 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,000406$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,063794 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000406 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,1 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,8 + 27,1 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,3 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000406 / 0,064200) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14672,565} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11173,000} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11211,118} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 463,640 / 14\,672,565 + 9\,523,250 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,884} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 810,430 / 14\,672,565 + 9\,523,250 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,908} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,254}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}$$

$$180 > 83,616 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,487} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,487 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,558}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3000,934 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

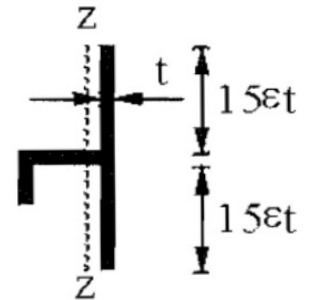
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3000,934 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3000,934} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 134,69 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,045} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2264,77 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,755} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 2264,77/3\ 000,934$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,755}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/11250$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,011250 \cdot (1,371 + 1,354)$$

$$W_{fy} = \underline{0,030656 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,030656 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{7050,938 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,058510 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{13457,300 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 9\ 523,250/13\ 457,300$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,708}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,708 + (1 - 7\ 050,938/13\ 457,300) \cdot (2 \cdot 0,755 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,831} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{11250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1370,9 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1354,1 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,058510 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 7

Materiál: ocel S37 (S235)
(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

$$A = 0,064800 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,066737 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000388 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1014,8 \text{ mm}$$

$$i_z = 77,4 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

$$Z_H = 1370,8 \text{ mm}$$

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

$$Z_D = 1379,2 \text{ mm}$$

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,066737/1,370833$$

$$W_{el,yH} = \underline{\underline{0,048684 \text{ m}^3}}$$

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,066737/1,379167$$

$$W_{el,yD} = \underline{\underline{0,048389 \text{ m}^3}}$$

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul
k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul
k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

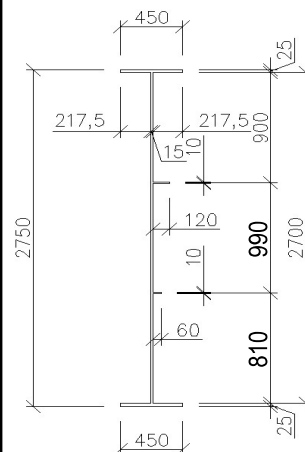
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,058798 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002787 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 624,470 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -884,770 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 54,790 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -39,260 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 192,250 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -1884,380 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 8062,610 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -5404,690 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/25 \leq 9.1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 8,063 / 0,048684$$

$$\sigma_1' = \underline{165,613 \text{ MPa}}$$

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

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

$$\sigma_2 = (165,613 / 1\,371) \cdot (1\,371 - 25 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{53,862 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\psi = 53,862 / 162,592$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2 / (1,05 + 0,331)$$

$$k_\sigma = \underline{5,937}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V1} / t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (900 / 15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,937)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{0,858}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,858 \leq 0,758 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,917} \quad 0,858 > 0,758 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{825,1 \text{ mm}}$$

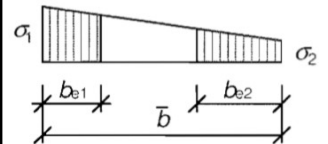
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

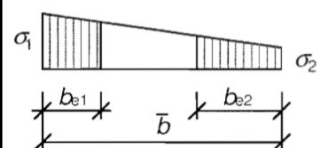
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,331)] \cdot 825,1$$

$$b_{e1} = \underline{\quad 353,5 \text{ mm} \quad}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 825,1 - 353,5$$

$$b_{e2} = \underline{\quad 471,6 \text{ mm} \quad}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,900$$

$$A_c = \underline{\quad 0,013500 \text{ m}^2 \quad}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,917 \cdot 0,013500$$

$$A_{c,eff} = \underline{\quad 0,012376 \text{ m}^2 \quad}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,013500 - 0,012376$$

$$A_0 = \underline{\quad 0,001124 \text{ m}^2 \quad}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064800 - 0,001124$$

$$A_{eff} = \underline{\quad 0,063676 \text{ m}^2 \quad}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001124 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\quad 74,9 \text{ mm} \quad}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = (b_{e2} + b_0) / 2$$

$$z_p = (471,6 + 74,9) / 2$$

$$z_p = \underline{\quad 509,1 \text{ mm} \quad}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001124 / 0,064800) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\quad 8,8 \text{ mm} \quad}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,009^2 - 0,001124 \cdot (0,509 + 0,009)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\quad 0,066431 \text{ m}^4 \quad}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066431 / (1,371 + 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048150} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066431 / (1,379 - 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048477} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063676 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14645,535} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048150 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048684 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11074,467} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11197,214} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 884,770 / 14\,645,535 + 8\,062,610 / 11\,074,467 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,788} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 624,470 / 14\,645,535 + 8\,062,610 / 11\,074,467 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,771} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-5,405/0,048389)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{111,692 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (111,692/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{109,655 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (111,692/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{44,069 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 44,069/109,655$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,402)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,648}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,648)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,792}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,792 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,965}} \quad 0,792 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{781,4 \text{ mm}}}$$

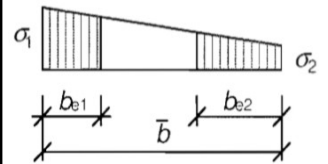
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

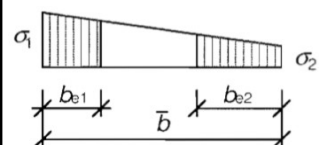
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,402)] \cdot 781,4$$

$$b_{e1} = \underline{\quad 339,9 \text{ mm} \quad}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 781,4 - 339,9$$

$$b_{e2} = \underline{\quad 441,5 \text{ mm} \quad}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\quad 0,012150 \text{ m}^2 \quad}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,965 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\quad 0,011722 \text{ m}^2 \quad}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011722$$

$$A_0 = \underline{\quad 0,000428 \text{ m}^2 \quad}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064800 - 0,000428$$

$$A_{eff} = \underline{\quad 0,064372 \text{ m}^2 \quad}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000428 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\quad 28,6 \text{ mm} \quad}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 441,5 + 28,6 / 2$$

$$z_p = \underline{\quad 455,8 \text{ mm} \quad}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000428 / 0,064800) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\quad 3,0 \text{ mm} \quad}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,003^2 - 0,000428 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\quad 0,066646 \text{ m}^4 \quad}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066646/(1,371 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048724} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066646/(1,379 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048218} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,064372 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14805,462} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048218 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048389 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11090,178} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11129,551} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 884,770 / 14\ 805,462 + 5\ 404,690 / 11\ 090,178 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,547} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 624,470 / 14\ 805,462 + 5\ 404,690 / 11\ 090,178 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,530} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,375}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}$$

$$180 > 84,108 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,478} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83 / 1,478 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,562}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3022,446 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

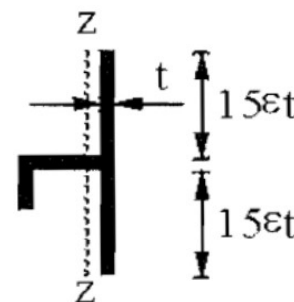
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3022,446 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3022,446} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 192,25 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,064} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1884,38 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,623} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1884,38/3\,022,446$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,623}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/11250$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,011250 \cdot (1,358 + 1,367)$$

$$W_{fy} = \underline{0,030656 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,030656 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{7050,938 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,058798 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{13523,540 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 8\,062,610/13\,523,540$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,596}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,596 + (1 - 7\,050,938/13\,523,540) \cdot (2 \cdot 0,623 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,625} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{11250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1358,3 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1366,7 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,058798 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{8062,610 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 8

Materiál: ocel S37 (S235)
(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

$$A = 0,084800 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,105240 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000655 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1114,0 \text{ mm}$$

$$i_z = 87,9 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

$$Z_H = 1396,8 \text{ mm}$$

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

$$Z_D = 1403,2 \text{ mm}$$

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,105240/1,396816$$

$$W_{el,yH} = \underline{\underline{0,075343 \text{ m}^3}}$$

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,105240/1,403184$$

$$W_{el,yD} = \underline{\underline{0,075001 \text{ m}^3}}$$

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul
k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul
k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

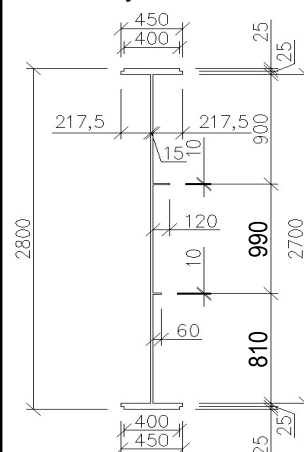
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,086548 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,004786 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 711,000 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -1224,450 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 61,200 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -59,130 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 1576,140 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -1526,320 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 15336,610 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -6302,540 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/50 \leq 9.1,011$$

$$4,350 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 50 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 15,337 / 0,075343$$

$$\sigma_1' = \underline{203,558 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (203,558 / 1397) \cdot (1397 - 50)$$

$$\sigma_1 = \underline{196,271 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (203,558 / 1397) \cdot (1397 - 50 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{65,114 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\psi = 65,114 / 196,271$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_{\sigma} = 8,2 / (1,05 + \psi)$$

$$k_{\sigma} = 8,2 / (1,05 + 0,332)$$

$$k_{\sigma} = \underline{5,934}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V1} / t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_{\sigma})^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (900 / 15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,934)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{0,858}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,858 \leq 0,758 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,917} \quad 0,858 > 0,758 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

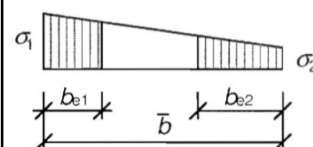
$$b_{eff} = \underline{824,9 \text{ mm}}$$

$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

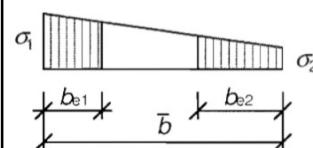
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,332)] \cdot 824,9$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{353,4 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 824,9 - 353,4$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{471,5 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,900$$

$$A_c = \underline{\underline{0,013500 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,917 \cdot 0,013500$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,012374 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,013500 - 0,012374$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,001126 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,084800 - 0,001126$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,083674 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001126 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{75,1 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 471,5 + 75,1 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{509,0 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001126 / 0,084800) \cdot 509$$

$$\Delta y = \underline{\underline{6,8 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,105240 - 0,084800 \cdot 0,007^2 - 0,001126 \cdot (0,509 + 0,007)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,104937 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,104937/(1,397 + 0,007) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,074764} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,104937/(1,403 - 0,007) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,075147} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,083674 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{19245,055} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074764 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,075343 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{17195,681} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{17328,839} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,224,450 / 19\,245,055 + 15\,336,610 / 17\,195,681 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,956} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 711,000 / 19\,245,055 + 15\,336,610 / 17\,195,681 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,929} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-6,303/0,075001)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{84,033 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (84,033/1\,403) \cdot (1\,403 - 50)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{81,025 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (84,033/1\,403) \cdot (1\,403 - 50 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{32,530 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 32,530/81,025$$

$$\psi = \underline{\underline{0,401}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,401)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,649}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (Z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,649)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,791}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,791 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,965}} \quad 0,791 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = Z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{781,5 \text{ mm}}}$$

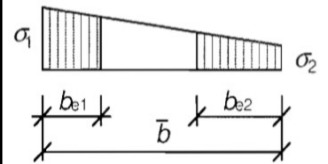
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

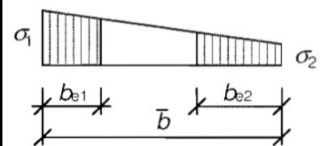
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,401)] \cdot 781,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{339,9 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 781,5 - 339,9$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{441,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,965 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011723 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011723$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000427 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,084800 - 0,000427$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,084373 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000427 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{28,5 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 441,6 + 28,5 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{455,9 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000427 / 0,084800) \cdot 455,9$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,3 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,105240 - 0,084800 \cdot 0,002^2 - 0,000427 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,105150 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,105150/(1,397 - 0,002)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,075402} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,105150/(1,403 + 0,002)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,074814} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,084373 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{19405,827} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074814 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{17207,299} \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,075001 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{17250,197} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 1\,224,450 / 19\,405,827 + 6\,302,540 / 17\,207,299 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,429} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)

$M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 711,000 / 19\,405,827 + 6\,302,540 / 17\,207,299 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,403} \leq 1,0 \quad \rightarrow$$

Vyhovuje

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)

$M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,375}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}$$

$$180 > 84,108 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,478} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,478 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,562}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3022,446 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

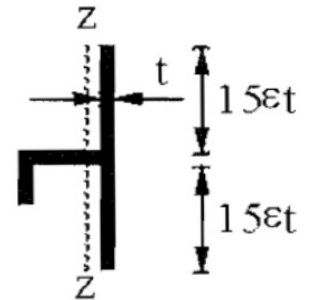
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3022,446 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3022,446} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1576,14 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,521} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1526,32 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,505} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1576,14/3\,022,446$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,521}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 400 \cdot 25 \cdot (25 + 0,5 \cdot 25)]/21250$$

$$z_{Tv} = \underline{24,3 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,021250 \cdot (1,371 + 1,377)$$

$$W_{fy} = \underline{0,058406 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,058406 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{13433,438 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,086548 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{19906,040 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 15\,336,610/19\,906,040$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,770}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,770 + (1 - 13\,433,438/19\,906,040) \cdot (2 \cdot 0,521 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,771} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{400,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 400 \cdot 25$$

$$A_f = \underline{21250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1371,1 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1377,4 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,086548 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{15336,610 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 9

Materiál: ocel S37 (S235)
(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

$$A = 0,064800 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,066737 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000388 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1014,8 \text{ mm}$$

$$i_z = 77,4 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

$$Z_H = 1370,8 \text{ mm}$$

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

$$Z_D = 1379,2 \text{ mm}$$

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,066737/1,370833$$

$$W_{el,yH} = \underline{0,048684 \text{ m}^3}$$

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,066737/1,379167$$

$$W_{el,yD} = \underline{0,048389 \text{ m}^3}$$

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul
k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul
k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

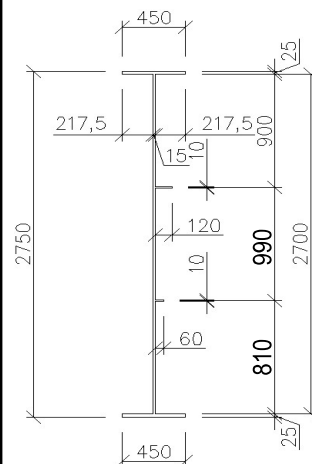
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,058798 \text{ m}^3 \quad W_{pl,y} - \text{plastický průřezový modul}$$

$$W_{pl,z} = 0,002787 \text{ m}^3 \quad W_{pl,z} - \text{plastický průřezový modul}$$

Velikosti vnitřních sil
určil program
SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 834,380 \text{ kN} \quad N_{MIN} = -979,820 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 39,910 \text{ kN} \quad V_{y,MIN} = -53,630 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 1935,360 \text{ kN} \quad V_{z,MIN} = -130,000 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 8746,660 \text{ kNm} \quad M_{y,MIN} = -7882,460 \text{ kNm}$$

N - normálová síla
V_y - posouvající síla
V_z - posouvající síla
M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

ČSN EN 1993-1-1

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

kap. 5.6

$$c/t_f \leq 9 \cdot \epsilon$$

$$217,5/25 \leq 9 \cdot 1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72 \cdot \epsilon$$

$$2700/15 \leq 72 \cdot 1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83 \cdot \epsilon$$

$$2700/15 \leq 83 \cdot 1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124 \cdot \epsilon$$

$$2700/15 \leq 124 \cdot 1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 8,747 / 0,048684$$

$$\sigma_1' = \underline{179,664 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (179,664 / 1371) \cdot (1371 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{176,387 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (179,664 / 1371) \cdot (1371 - 25 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{58,432 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\psi = 58,432 / 176,387$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_{\sigma} = 8,2 / (1,05 + \psi)$$

$$k_{\sigma} = 8,2 / (1,05 + 0,331)$$

$$k_{\sigma} = \underline{5,937}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V1} / t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_{\sigma})^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (900 / 15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,937)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{0,858}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,858 \leq 0,758 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{0,917} \quad 0,858 > 0,758 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{825,1 \text{ mm}}$$

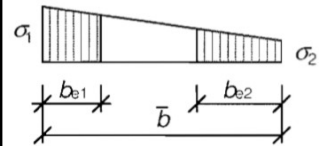
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

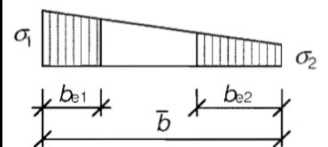
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,331)] \cdot 825,1$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{353,5 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 825,1 - 353,5$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{471,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,900$$

$$A_c = \underline{\underline{0,013500 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,917 \cdot 0,013500$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,012376 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,013500 - 0,012376$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,001124 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064800 - 0,001124$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,063676 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001124 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{74,9 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = (b_{e2} + b_0) / 2$$

$$z_p = (471,6 + 74,9) / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{509,1 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001124 / 0,064800) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\underline{8,8 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,009^2 - 0,001124 \cdot (0,509 + 0,009)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066431 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066431/(1,371 + 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048150} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066431/(1,379 - 0,009) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048477} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063676 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14645,535} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048150 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048684 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11074,467} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11197,214} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 979,820 / 14\,645,535 + 8\,746,660 / 11\,074,467 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,857} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 834,380 / 14\,645,535 + 8\,746,660 / 11\,074,467 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,847} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(7,882/0,048389)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{162,897 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (162,897/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{159,926 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (162,897/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{64,273 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 64,273/159,926$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,402)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,648}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) \cdot [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) \cdot [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,648)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,792}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,792 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,965}} \quad 0,792 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{781,4 \text{ mm}}}$$

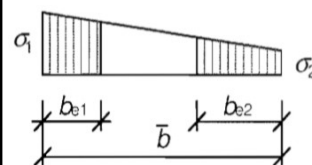
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_{V2} - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

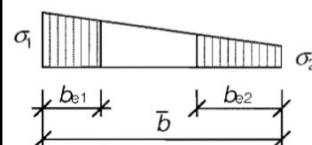
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,402)] \cdot 781,4$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{339,9 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 781,4 - 339,9$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{441,5 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,965 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011722 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011722$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000428 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064800 - 0,000428$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,064372 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000428 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{28,6 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 441,5 + 28,6 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{455,8 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000428 / 0,064800) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{3,0 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,003^2 - 0,000428 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066646 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066646/(1,371 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048724} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066646/(1,379 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048218} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,064372 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14805,462} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048218 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048389 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11090,178} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11129,551} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 979,820 / 14\ 805,462 + 7\ 882,460 / 11\ 090,178 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,777} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 834,380 / 14\ 805,462 + 7\ 882,460 / 11\ 090,178 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,767} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000007 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,375}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}$$

$$180 > 84,108 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,375^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,478} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,478 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,562}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3022,446 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

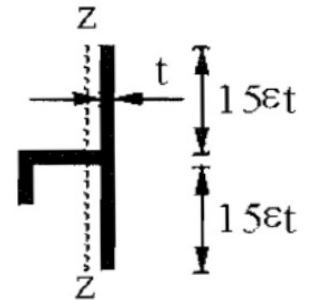
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3022,446 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3022,446} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 1935,36 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,640} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 130 / 3022,446 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,043} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 1935,36/3\ 022,446$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{\underline{0,640}}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/11250$$

$$z_{Tv} = \underline{\underline{12,5 \text{ mm}}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,011250 \cdot (1,358 + 1,367)$$

$$W_{fy} = \underline{\underline{0,030656 \text{ m}^3}}$$

$$M_{f,Rd} = (0,030656 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{\underline{7050,938 \text{ kNm}}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,058798 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{\underline{13523,540 \text{ kNm}}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 8\ 746,660/13\ 523,540$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{\underline{0,647}}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,647 + (1 - 7\ 050,938/13\ 523,540) \cdot (2 \cdot 0,640 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{\underline{0,684}} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{\underline{450,0 \text{ mm}}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{\underline{0,0 \text{ mm}}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{\underline{25,0 \text{ mm}}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{\underline{0,0 \text{ mm}}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{\underline{11250,0 \text{ mm}^2}}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{\underline{1358,3 \text{ mm}}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{\underline{1366,7 \text{ mm}}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{\underline{0,058798 \text{ m}^3}}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{\underline{8746,660 \text{ kNm}}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 10

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

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

$$I_y = 0,066613 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000387 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1018,6 \text{ mm}$$

$$i_z = 77,7 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

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

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

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

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,066613/1,383411$$

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

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,066613/1,366589$$

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

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

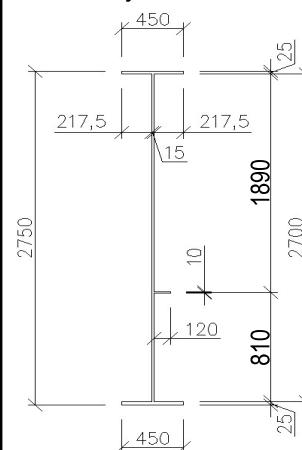
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,058510 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,002764 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 799,590 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -680,330 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 73,490 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -63,210 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 2308,860 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -72,850 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 4633,110 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -9593,540 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/25 \leq 9.1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 4,633/0,048151$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{96,220 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(4,633/0,048744)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-95,050 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (96,220/1383) \cdot (1383 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{94,481 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-95,050/1367) \cdot (1367 - 25)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-93,311 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -93,311/94,481$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,988}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_{\sigma} = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_{\sigma} = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,988) + 9,79 \cdot (-0,988)^2$$

$$k_{\sigma} = \underline{\underline{23,561}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w) / [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_{\sigma})^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,561)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,292}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0$$

nebo

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0$$

$$\rho = \underline{\underline{0,708}}$$

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,292 \leq 0,873$$

Nevyhovuje

$$\rightarrow \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$1,292 > 0,873$$

Vyhovuje

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1383,4 - 25$$

$$b_c = \underline{\underline{1358,4 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1358$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,5 \text{ mm}}}$$

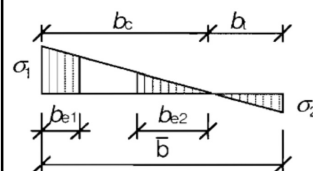
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojině

$$z_{V1} = \underline{\underline{\text{není}}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

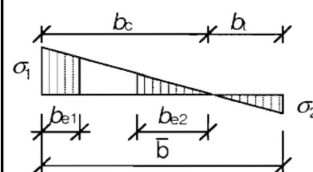
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{384,6 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,5$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{576,9 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,358$$

$$A_c = \underline{\underline{0,020376 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,708 \cdot 0,020376$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,014422 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,020376 - 0,014422$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005954 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,005954$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,058246 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005954 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{396,9 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 576,9 + 396,9 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{775,4 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005954 / 0,064200) \cdot 0,775$$

$$\Delta y = \underline{\underline{71,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,062007 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007 / (1,383 + 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007 / (1,367 - 0,072) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{13396,622} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{9799,683} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11074,793} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 680,330 / 13\,396,622 + 4\,633,110 / 9\,799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,524} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 799,590 / 13\,396,622 + 4\,633,110 / 9\,799,683 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,532} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-9,594/0,048744)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{196,815 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (196,815/1 \ 367) \cdot (1 \ 367 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{193,258 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (196,815/1 \ 367) \cdot (1 \ 367 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{76,559 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 76,559/193,258$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,396)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,670}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (Z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,670)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,790}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,967}} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = Z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,9 \text{ mm}}}$$

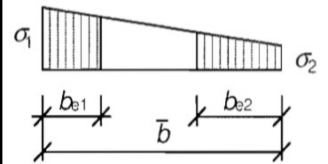
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

Z_V - poloha podélné

výztuhy na stojně

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

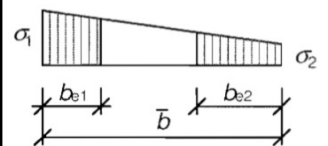
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,396)] \cdot 782,9$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,9 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,8 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,967 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011744 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,011744$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000406 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,000406$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,063794 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000406 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,1 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,8 + 27,1 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,3 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000406 / 0,064200) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,9 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383 - 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367 + 0,003) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{14672,565} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{11173,000} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{11211,118} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 680,330 / 14\,672,565 + 9\,593,540 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,905} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 799,590 / 14\,672,565 + 9\,593,540 / 11\,173,000 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,913} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,254}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}$$

$$180 > 83,616 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,487} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá kocová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,487 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,558}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3000,934 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

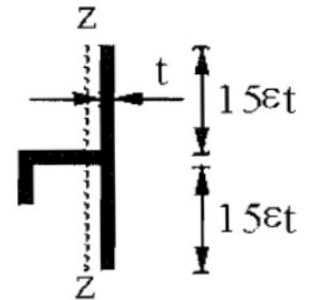
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3000,934 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3000,934} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2308,86 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,769} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 72,85 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,024} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 2308,86/3\ 000,934$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,769}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 0 \cdot (25 + 0,5 \cdot 0)]/11250$$

$$z_{Tv} = \underline{12,5 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,011250 \cdot (1,371 + 1,354)$$

$$W_{fy} = \underline{0,030656 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,030656 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{7050,938 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,058510 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{13457,300 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 9\ 593,540/13\ 457,300$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,713}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,713 + (1 - 7\ 050,938/13\ 457,300) \cdot (2 \cdot 0,769 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{0,851} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{0,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 0 \cdot 0$$

$$A_f = \underline{11250,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště

horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1370,9 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště

dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1354,1 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,058510 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{9593,540 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)

Průřez č. 11

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

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

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

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

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

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

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

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

Průřezové charakteristiky:

$$A = 0,093000 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,122500 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,000771 \text{ m}^4$$

$$i_y = 1147,7 \text{ mm}$$

$$i_z = 91,1 \text{ mm}$$

A - plocha průřezu

I_y - statický moment setvačnosti

I_z - statický moment setvačnosti

i_y - poloměr setrvačnosti

i_z - poloměr setrvačnosti

Vzdálenosti k nejvzdálenějším vláknům průřezu od těžiště:

$$Z_H = 1416,8 \text{ mm}$$

$$Z_D = 1405,2 \text{ mm}$$

Z_H - vzdálenost k horním vláknům

Z_D - vzdálenost k dolním vláknům

$$W_{el,yH} = I_y/Z_H$$

$$W_{el,yH} = 0,122500/1,416807$$

$$W_{el,yH} = \underline{\underline{0,086462 \text{ m}^3}}$$

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$$W_{el,yD} = 0,122500/1,405194$$

$$W_{el,yD} = \underline{\underline{0,087177 \text{ m}^3}}$$

$W_{el,yH}$ - elastický průřezový modul

k horním vláknům

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul

k dolním vláknům

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

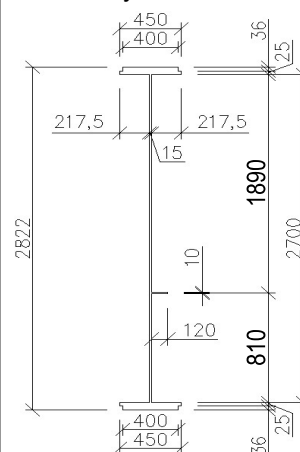
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- dílčí součinitele

materiálů

Rozměry nosníku:



Charakteristiky průřezu

určil program

SCIA Engineer 16.0

Hodnoty vzdáleností

nejvzdálenějších

vláken průřezu od

těžiště byly určeny

pomocí programu

AutoCAD

$$W_{pl,y} = 0,098628 \text{ m}^3$$

$W_{pl,y}$ - plastický průřezový modul

$$W_{pl,z} = 0,005644 \text{ m}^3$$

$W_{pl,z}$ - plastický průřezový modul

Velikosti vnitřních sil
určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 2038,850 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -760,530 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 144,910 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -144,110 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 2659,800 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -65,720 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 3254,350 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -19184,050 \text{ kNm}$$

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/61 \leq 9.1,011$$

$$3,566 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

b_f - šířka pásnice

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm} \quad}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 61 \text{ mm} \quad}$$

c - délka přečnivající
části pásnice

$$c = (b_f - t_w)/2$$

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

Vnitřní tlačené části (stojina v ohybu)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ Nespadá do 1. třídy

$$c/t_w \leq 83.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 83.1,011$$

$$180,000 \leq 83,897$$

→ Nespadá do 2. třídy

$$c/t_w \leq 124.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 124.1,011$$

$$180,000 \leq 125,341$$

→ Spadá do 4. třídy

c - délka stojiny

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm} \quad}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm} \quad}$$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v horních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 3,254/0,086462$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{37,639 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_2' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_2' = -(3,254/0,087177)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-37,331 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (37,639/1\,417) \cdot (1\,417 - 61)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{36,019 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-37,331/1\,405) \cdot (1\,405 - 61)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-35,710 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = -35,710/36,019$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,991}}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot (-0,991) + 9,79 \cdot (-0,991)^2$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{23,659}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (c/t_w) / [28,4 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,659)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,289}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 1,289 \leq 0,874 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,709}} \quad 1,289 > 0,874 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_H - t_f$$

$$b_c = 1\,416,8 - 61$$

$$b_c = \underline{\underline{1355,8 \text{ mm}}}$$

$$b_{eff} = 0,709 \cdot 1\,356$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,6 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

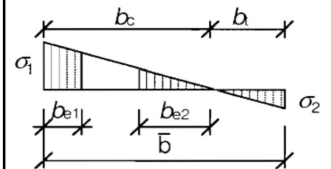
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na stojně

$$z_{V1} = \underline{\underline{\text{není}}}$$



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

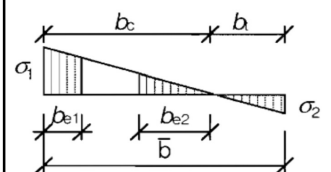
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,6$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{384,6 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,6$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{577,0 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,356$$

$$A_c = \underline{\underline{0,020337 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,709 \cdot 0,020337$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,014424 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,020337 - 0,014424$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005913 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,093000 - 0,005913$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,087087 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005913 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{394,2 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 577,0 + 394,2 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{774,1 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005913 / 0,093000) \cdot 0,774$$

$$\Delta y = \underline{\underline{49,2 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,122500 - 0,093000 \cdot 0,049^2 - 0,005913 \cdot (0,774 + 0,049)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,118267 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,118267/(1,417+0,049) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,080672} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,118267/(1,405-0,049) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,087219} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,087087 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{20030,065} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080672 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,086462 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{18554,613} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{19886,265} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 760,530 / 20030,065 + 3254,350 / 18554,613 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,213} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 2038,850 / 20030,065 + 3254,350 / 18554,613 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,277} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MAX}$

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

$$\sigma_1' = -(M_{ed}/W_{el,yD})$$

$$\sigma_1' = -(-19,184/0,087177)$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{220,060 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (220,060/1\ 405) \cdot (1\ 405 - 61)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{210,585 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (220,060/1\ 405) \cdot (1\ 405 - 61 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{83,657 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

$$\psi = 83,657/210,585$$

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

Součinitel kritického napětí

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi)$$

$$k_\sigma = 8,2/(1,05 + 0,397)$$

$$k_\sigma = \underline{\underline{5,666}}$$

Desková štíhlost

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,666)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,790}}$$

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 0,790 \leq 0,751 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,966}} \quad 0,790 > 0,751 \quad \text{Vyhovuje}$$

Účinná délka tlačené stojiny

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c$$

$$b_c = z_{V2}$$

$$b_c = \underline{\underline{810,0 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,966 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,6 \text{ mm}}}$$

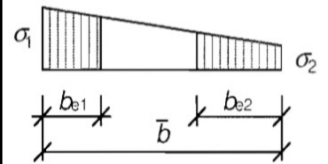
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

z_V - poloha podélné

výztuhy na stojině

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



ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

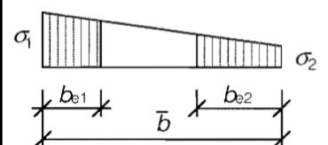
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,397)] \cdot 782,6$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,6 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\underline{442,6 \text{ mm}}}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\underline{0,012150 \text{ m}^2}}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,966 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\underline{0,011739 \text{ m}^2}}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,01174$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000411 \text{ m}^2}}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,093000 - 0,000411$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,092589 \text{ m}^2}}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000411 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\underline{27,4 \text{ mm}}}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,6 + 27,4 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{456,2 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000411 / 0,093000) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\underline{2,0 \text{ mm}}}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,122500 - 0,093000 \cdot 0,002^2 - 0,000411 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,122413 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y) \quad W_{yH,eff} - \text{průřezový modul k horním}$$

$$W_{yH,eff} = 0,122413/(1,417-0,002) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,086524} \text{ m}^3$$

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y) \quad W_{yD,eff} - \text{průřezový modul k dolním}$$

$$W_{yD,eff} = 0,122413/(1,405+0,002) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,086990} \text{ m}^3$$

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,092589 / 1$$

$$N_{rd} = \underline{21295,575} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,086990 / 1 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,087177 / 1$$

$$M_{rd} = \underline{20007,762} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{20050,612} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Posouzení prutu pro tlak a jednoosý ohyb

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 760,530 / 21\,295,575 + 19\,184,050 / 20\,007,762 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{0,995} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MIN}$ (tlak)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

$$\eta_1 = N_{ed} / N_{rd} + M_{ed} / M_{rd} \leq 1,0$$

$$\eta_1 = 2\,038,850 / 21\,295,575 + 19\,184,050 / 20\,007,762 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \underline{1,055} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

$N_{ed} = N_{MAX}$ (tah)
 $M_{ed} = M_{y,MIN}$

Únosnost ve smyku

$$\alpha = a/h_w < 3$$

$$\alpha = 3333/2700 < 3$$

$$\alpha = \underline{1,234} < 3 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]\} / \alpha^2 + 2,2 \cdot [I_v / (h_w \cdot t^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = 4,1 + \{6,3 + 0,18 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]\} / 1,234^2 + 2,2 \cdot [0,000006 / (2,7 \cdot 0,015^3)]^{1/3}$$

$$k_\tau = \underline{10,254}$$

Kontrola nutnosti posouzení

$$h_w/t > (31/\eta) \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2}$$

$$270/1,5 > (31/1,2) \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}$$

$$180 > 83,616 \quad \rightarrow \quad \text{je nutné posoudit}$$

Součinitel příspěvku stojiny χ_w k únosnosti v boulení při smyku

ČSN EN 1993-1-5 tab. 5.1

	Tuhá koncová výztuha	Netuhá koncová výztuha
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot k_\tau^{1/2})$$

$$\bar{\lambda}_w = 2700 / [37,4 \cdot 15 \cdot 1,011 \cdot 10,254^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_w = \underline{1,487} \quad \rightarrow \quad \text{Netuhá koncová výztuha}$$

$$\chi_w = 0,83/1,487 \quad \rightarrow \quad \chi_w = \underline{0,558}$$

Příspěvek stojiny

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{3000,934 \text{ kN}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.1 (2)

α - určeno dle A.3

a - vzdálenost příčníků

$$a = \underline{3333,0 \text{ mm}}$$

h_w - výška stojiny

$$h_w = \underline{2700,0 \text{ mm}}$$

k_τ - součinitel kritického napětí pro panel stojiny

t - tloušťka stojiny

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

I_v - moment setrvačnosti

podélné výztuhy k ose z

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

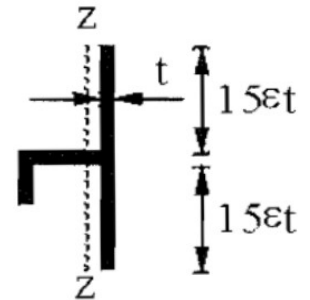
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výztuhy:



η - určeno dle NA.2.4

$$\eta = \underline{1,2}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.2)

f_{yw} - mez kluzu stojiny

$$f_{yw} = f_y$$

Návrhová únosnost

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 3000,934 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{3000,934} \leq \underline{6453,621} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 2659,8 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,886} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\eta_3 = V_{ed} / V_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = 65,72 / 3000,934 \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \underline{0,022} \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

$$V_{bf,Rd} = \underline{\hspace{2cm}} \quad 0 \text{ kN}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.5

rov. (5.10)

$$V_{ed} = V_{z,MAX}$$

$$V_{ed} = V_{z,MIN}$$

Interakce mezi smykovou silou, ohybovým momentem a osovou silou

Netuhá kocová výztuha

$$\bar{\eta}_3 = V_{ed}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_3 = 2659,8/3\ 000,934$$

$$\bar{\eta}_3 = \underline{0,886}$$

Poloha těžiště zesílené pásnice

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot b_{f1} \cdot t_{f1}^2 + b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (t_{f1} + 0,5 \cdot t_{f2})]/A_f$$

$$z_{Tv} = [0,5 \cdot 450 \cdot 25^2 + 400 \cdot 36 \cdot (25 + 0,5 \cdot 36)]/25650$$

$$z_{Tv} = \underline{29,6 \text{ mm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti pásnic

$$M_{f,Rd} = (W_{fy} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$W_{fy} = A_f \cdot (z_{f1} + z_{f2})$$

$$W_{fy} = 0,025650 \cdot (1,385 + 1,374)$$

$$W_{fy} = \underline{0,070775 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = (0,070775 \cdot 230000)/1$$

$$M_{f,Rd} = \underline{16278,175 \text{ kNm}}$$

Návrhový plastický moment únosnosti celého průřezu

$$M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yd})/\gamma_{m0}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,098628 \cdot 230000)/1$$

$$M_{pl,Rd} = \underline{22684,440 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{ed}/M_{pl,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 19\ 184,050/22\ 684,440$$

$$\bar{\eta}_1 = \underline{0,846}$$

Je nutné posoudit následující podmínku, jelikož $\bar{\eta}_3 > 0,5$

Netuhá kocová výztuha

$$1,0 \geq \bar{\eta}_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2$$

$$1,0 \geq 0,846 + (1 - 16\ 278,175/22\ 684,440) \cdot (2 \cdot 0,886 - 1)^2$$

$$1,0 \geq \underline{1,014} \quad \rightarrow \quad \text{Nevyhovuje}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

$$V_{ed} = \max(|V_{z,MAX}|; |V_{z,MIN}|)$$

b_{f1} - šířka pásnice

$$b_{f1} = \underline{450,0 \text{ mm}}$$

b_{f2} - šířka zesílení

$$b_{f2} = \underline{400,0 \text{ mm}}$$

t_{f1} - šířka pásnice

$$t_{f1} = \underline{25,0 \text{ mm}}$$

t_{f2} - šířka zesílení

$$t_{f2} = \underline{36,0 \text{ mm}}$$

A_f - plocha pásnice

$$A_f = b_{f1} \cdot t_{f1} + b_{f2} \cdot t_{f2}$$

$$A_f = 450 \cdot 25 + 400 \cdot 36$$

$$A_f = \underline{25650,0 \text{ mm}^2}$$

z_{f1} - vzdálenost těžiště horní pásnice od n. osy

$$z_{f1} = \underline{1385,4 \text{ mm}}$$

z_{f2} - vzdálenost těžiště dolní pásnice od n. osy

$$z_{f2} = \underline{1373,8 \text{ mm}}$$

$$W_{pl} = W_{pl,y}$$

$$W_{pl} = \underline{0,098628 \text{ m}^3}$$

$$M_{ed} = \max(|M_{y,MAX}|; |M_{y,MIN}|)$$

$$M_{ed} = \underline{19184,050 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1 (1)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 7.1

rov. (7.1)