

2.4 Statický výpočet dle ČD Sr 5

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.

2.4.1 Pravý hlavní nosník – Průřez č. 1

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

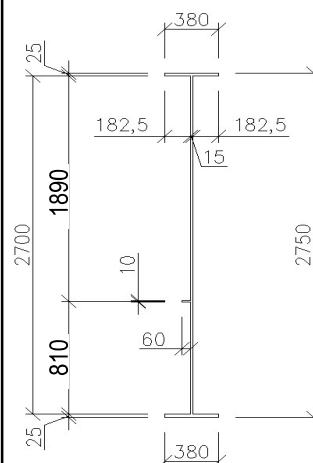
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

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

$$\text{nebo} \quad 1,288 \leq 0,874 \quad \text{Nevyhovuje}$$

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

$$\rho = \underline{\underline{0,710}} \quad 1,288 > 0,874 \quad \text{Vyhovuje}$$

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

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

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

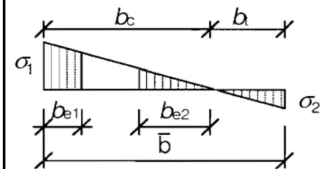
$M_{y,MAX}$

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

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

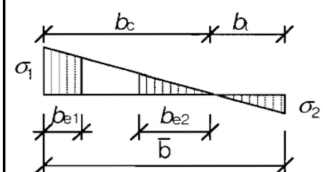
rov. (4.2)

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

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,055402/(1,379+0,076)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,055402/(1,371-0,076)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení zatížitelnosti

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,054208 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{10389,86} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,038069 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{7296,513} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043492 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8335,979} \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 225,880 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -804,990 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 6777,580 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -1708,940 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 14,520 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -178,870 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 737,470 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -50,490 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (10\,389,860 - 14,52) / 225,88$$

$$Z_{LM71} = 45,933 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (10\,389,860 - 178,87) / 804,99$$

$$Z_{LM71} = 12,685 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (7\,296,513 - 737,47) / 6777,58$$

$$Z_{LM71} = 0,968 \geq 1,0$$

→ **Nevyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (7\,296,513 - 50,49) / 1708,94$$

$$Z_{LM71} = 4,240 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

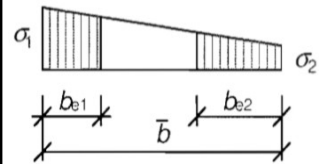
$M_{y,MIN}$

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

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

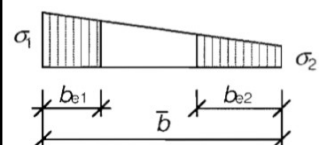
rov. (4.2)

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

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,059909/(1,379-0,003)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,059909/(1,371+0,003)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení zatížitelnosti

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,059687 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11439,969 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043613 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8359,225 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043777 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8390,630 \text{ kNm}}$$

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 225,880 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -804,990 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 6777,580 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -1708,940 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 14,520 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -178,870 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 737,470 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -50,490 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,439,969 - 14,52) / 225,88$$

$$Z_{LM71} = 50,582 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,439,969 - 178,87) / 804,99$$

$$Z_{LM71} = 13,989 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8\,359,225 - 737,47) / 6777,58$$

$$Z_{LM71} = 1,125 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8\,359,225 - 50,49) / 1708,94$$

$$Z_{LM71} = 4,862 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Příspěvek stojiny

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

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

$$V_{bw,Rd1} = \underline{2715,899 \text{ kN}}$$

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

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

$$V_{bw,Rd2} = \underline{2384,255 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

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

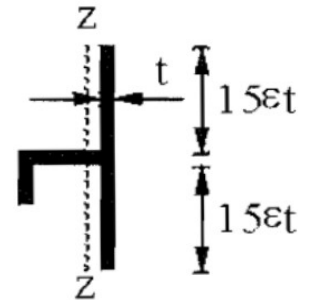
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

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

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

$$V_{b,Rd1} = 2715,899 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd1} = \underline{2715,899} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

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

$$V_{b,Rd2} = 2384,255 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd2} = \underline{2384,255} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 279,570 \text{ kN} \quad V_{z,UIC,MIN} = -1243,980 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = -24,330 \text{ kN} \quad V_{z,MIN,b} = -159,920 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd1} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX} \quad Z_{LM71} = (V_{b,Rd1} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2715,899 - 24,33) / 279,57 \quad Z_{LM71} = (2715,899 - 159,92) / 1243,98$$

$$Z_{LM71} = 9,628 \geq 1,0 \quad Z_{LM71} = 2,055 \geq 1,0$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd2} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX} \quad Z_{LM71} = (V_{b,Rd2} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2384,255 - 24,33) / 279,57 \quad Z_{LM71} = (2384,255 - 159,92) / 1243,98$$

$$Z_{LM71} = 8,441 \geq 1,0 \quad Z_{LM71} = 1,788 \geq 1,0$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

2.4.2 Pravý hlavní nosník – Průřez č. 2 – 11

Průřez č. 2

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

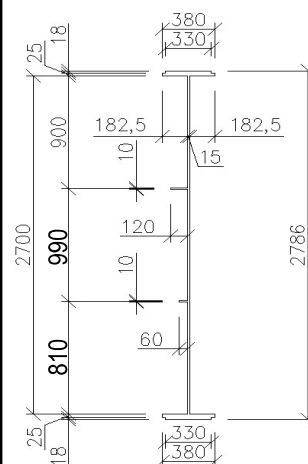
ε - poměrné přetvoření

γ_{m0} , γ_{m1} , γ_{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

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

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

t_f - tloušťka pásnice

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

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

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

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

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

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (200,371 / 1389) \cdot (1389 - 43)$$

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

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (200,371 / 1389) \cdot (1389 - 43 - 900)$$

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

Poměr napětí

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

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

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

Součinitel kritického napětí

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

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

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

Desková štíhlost

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

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

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

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

$$b_c = z_{V1}$$

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

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

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

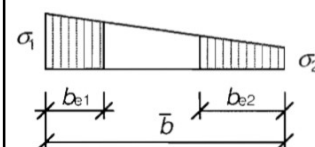
$M_{y,MAX}$

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

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

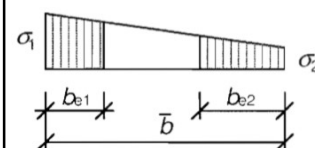
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

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

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

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

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

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

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

b_0 - neúčinná délka stojiny

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

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

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

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

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

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

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,082691/(1,389 + 0,008)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,082691/(1,397 - 0,008)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,072055 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{13810,585 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059186 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{11344,004 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059739 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{11449,968 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 532,850 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -937,800 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 9332,270 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -5896,630 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 24,030 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -303,140 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 869,800 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -169,280 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (13\,810,585 - 24,03) / 532,85$$

$$Z_{LM71} = 25,873 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (13\,810,585 - 303,14) / 937,8$$

$$Z_{LM71} = 14,403 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,344,004 - 869,8) / 9332,27$$

$$Z_{LM71} = 1,122 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,344,004 - 169,28) / 5896,63$$

$$Z_{LM71} = 1,895 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

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

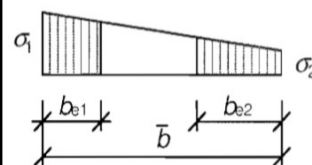
$M_{y,MIN}$

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

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

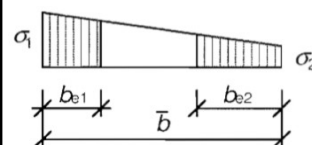
rov. (4.2)

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

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,082906/(1,389 - 0,003)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,082906/(1,397 + 0,003)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,072752 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{13944,19 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059246 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{11355,405 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059423 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{11389,476 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 532,850 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -937,800 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 9332,270 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -5896,630 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 24,030 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -303,140 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 869,800 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -169,280 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (13\,944,190 - 24,03) / 532,85$$

$$Z_{LM71} = 26,124 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (13\,944,190 - 303,14) / 937,8$$

$$Z_{LM71} = 14,546 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,355,405 - 869,8) / 9332,27$$

$$Z_{LM71} = 1,124 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,355,405 - 169,28) / 5896,63$$

$$Z_{LM71} = 1,897 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

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

$$V_{bw,Rd} = \underline{2518,705 \text{ kN}}$$

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

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

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

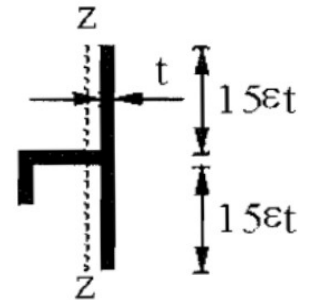
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

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

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

$$V_{b,Rd} = 2518,705 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2518,705} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1175,050 \text{ kN} \quad V_{z,UIC,MIN} = -694,740 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 162,720 \text{ kN} \quad V_{z,MIN,b} = -50,970 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 162,72) / 1175,05$$

$$Z_{LM71} = \underline{2,005} \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 50,97) / 694,74$$

$$Z_{LM71} = \underline{3,552} \geq 1,0$$

\rightarrow **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 3

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

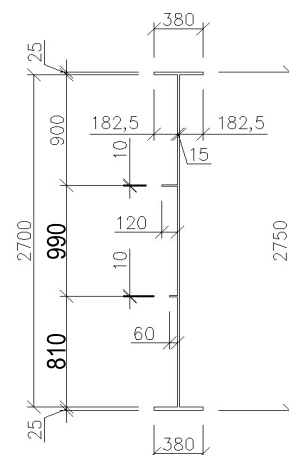
ε - poměrné přetvoření

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

- 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

N - normálová síla

V_y - posouvající síla

V_z - posouvající síla

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

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

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

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

→ 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

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

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

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

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

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c \quad b_c - \text{tlačená délka stojiny}$$

$$b_c = z_{V1}$$

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

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

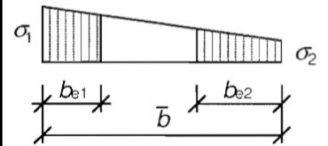
$$b_{eff} = \underline{825,1 \text{ mm}}$$

$M_{y,MAX}$

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

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

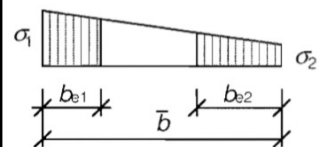
rov. (4.2)

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

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,059933/(1,371 + 0,009)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,059933/(1,379 - 0,009)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,060177 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11533,876} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043432 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8324,455} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043952 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8424,079} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 684,250 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -602,750 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 5631,710 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6129,010 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 36,000 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -257,330 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 28,020 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -303,170 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,533,876 - 36) / 684,25$$

$$Z_{LM71} = 16,804 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,533,876 - 257,33) / 602,75$$

$$Z_{LM71} = 18,708 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8\,324,455 - 28,02) / 5631,71$$

$$Z_{LM71} = 1,473 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8\,324,455 - 303,17) / 6129,01$$

$$Z_{LM71} = 1,309 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

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

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

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

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

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

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

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

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

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

Poměr napětí

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

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

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

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

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

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

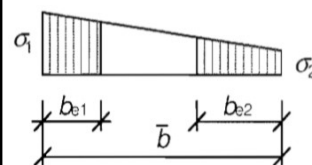
$M_{y,MIN}$

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

z_V - poloha podélné

výztuhy na 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

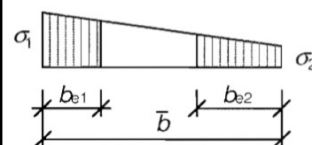
rov. (4.2)

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

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

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

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

$A_{c,eff}$ - 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

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,060149/(1,371 - 0,003)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,060149/(1,379 + 0,003)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,060871 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11666,972 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043504 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8338,359 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043671 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8370,276 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 684,250 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -602,750 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 5631,710 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6129,010 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 36,000 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -257,330 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 28,020 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -303,170 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,666,972 - 36) / 684,25$$

$$Z_{LM71} = 16,998 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,666,972 - 257,33) / 602,75$$

$$Z_{LM71} = 18,929 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8\,338,359 - 28,02) / 5631,71$$

$$Z_{LM71} = 1,476 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8\,338,359 - 303,17) / 6129,01$$

$$Z_{LM71} = 1,311 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

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

$$V_{bw,Rd} = \underline{2518,705 \text{ kN}}$$

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

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

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

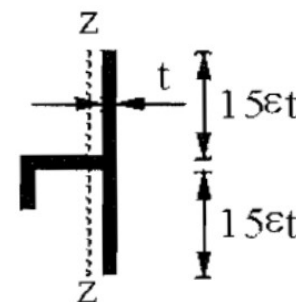
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

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

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

$$V_{b,Rd} = 2518,705 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2518,705} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1175,040 \text{ kN} \quad V_{z,UIC,MIN} = -99,850 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 167,700 \text{ kN} \quad V_{z,MIN,b} = 60,130 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 167,7) / 1175,04$$

$$Z_{LM71} = \underline{2,001} \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 60,13) / 99,85$$

$$Z_{LM71} = \underline{24,623} \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

Příspěvek stojiny

zanedbávám

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 4

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

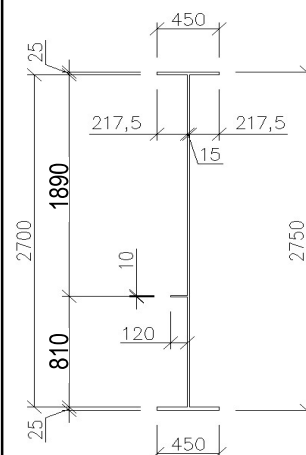
ε - poměrné přetvoření

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

- 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_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1 \ 358$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,5 \text{ mm}}}$$

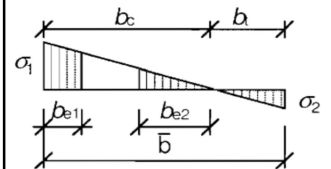
$M_{y,MAX}$

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

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

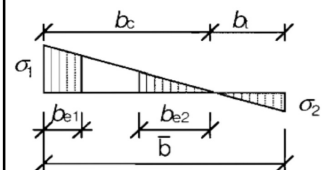
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,062007 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007 / (1,383 + 0,072)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007 / (1,367 - 0,072)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11163,852} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8166,402} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9228,994} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 647,880 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 4763,540 \text{ kNm}$$

$$N_{UIC,MIN} = -539,550 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6993,040 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 76,300 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 85,850 \text{ kNm}$$

$$N_{MIN,b} = -269,950 \text{ kN}$$

$$M_{y,MIN,b} = -725,440 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11163,852 - 76,3) / 647,88$$

$$Z_{LM71} = 17,114 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11163,852 - 269,95) / 539,55$$

$$Z_{LM71} = 20,191 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8166,402 - 85,85) / 4763,54$$

$$Z_{LM71} = 1,696 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8166,402 - 725,44) / 6993,04$$

$$Z_{LM71} = 1,064 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{782,9 \text{ mm}}$$

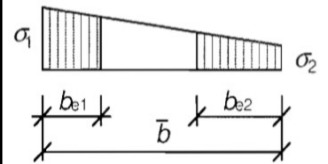
$M_{y,MIN}$

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

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

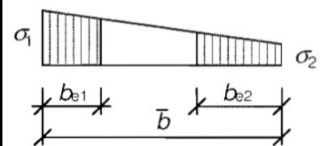
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

$$b_{e1} = [2/(5-0,396)] \cdot 782,9$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{340,1 \text{ mm}}}$$

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383-0,003)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367+0,003)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12227,138} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9310,833} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9342,598} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 647,880 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -539,550 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 4763,540 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6993,040 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 76,300 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -269,950 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 85,850 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -725,440 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 76,3) / 647,88$$

$$Z_{LM71} = 18,755 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 269,95) / 539,55$$

$$Z_{LM71} = 22,161 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 85,85) / 4763,54$$

$$Z_{LM71} = 1,937 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 725,44) / 6993,04$$

$$Z_{LM71} = 1,228 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2500,778 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

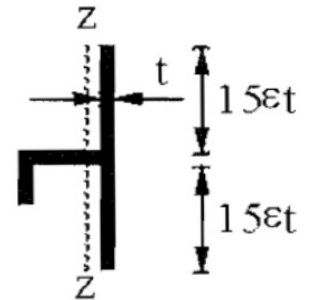
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

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

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

$$V_{b,Rd} = 2500,778 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2500,778} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1447,530 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -69,650 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 204,590 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = 65,400 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2\,500,778 - 204,59) / 1447,53$$

$$Z_{LM71} = (2\,500,778 - 65,4) / 69,65$$

$$Z_{LM71} = 1,586 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 34,966 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

→ **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 5

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

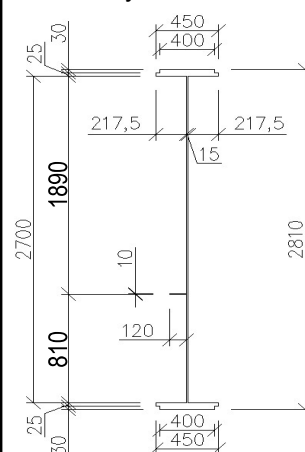
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

$$W_{pl,y} = 0,091870 \text{ m}^3 \quad W_{pl,y} - \text{plastický průřezový modul}$$

$$W_{pl,z} = 0,005164 \text{ m}^3 \quad W_{pl,z} - \text{plastický průřezový modul}$$

Velikosti vnitřních sil
určil program
SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 1758,700 \text{ kN} \quad N_{MIN} = -314,000 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 164,850 \text{ kN} \quad V_{y,MIN} = -175,770 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 2263,240 \text{ kN} \quad V_{z,MIN} = -2507,720 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 3434,900 \text{ kNm} \quad M_{y,MIN} = -15621,060 \text{ kNm}$$

N - normálová síla
V_y - posouvající síla
V_z - posouvající síla
M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

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

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

$$c = (450 - 15) / 2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm} \quad}$$

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

$$217,5/55 \leq 9.1,011$$

$$3,955 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

c - délka stojiny

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

t_w - tloušťka stojiny

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

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

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

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

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,647)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,289}}$$

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

$$b_{eff} = 0,709 \cdot 1\,356$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,6 \text{ mm}}}$$

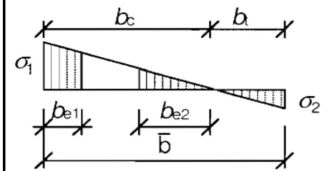
$M_{y,MAX}$

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

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

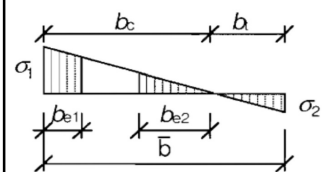
rov. (4.2)

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

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,082282 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{15770,768} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074305 / 1,2 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,0800711 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{14241,735} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{15346,949} \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 1273,050 \text{ kN} \quad N_{UIC,MIN} = -263,240 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 2960,540 \text{ kNm} \quad M_{y,UIC,MIN} = -11713,840 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 262,040 \text{ kN} \quad N_{MIN,b} = -314,000 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 9,490 \text{ kNm} \quad M_{y,MIN,b} = -1773,280 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX} \quad Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (15770,768 - 262,04) / 1273,05 \quad Z_{LM71} = (15770,768 - 314) / 263,24$$

$$Z_{LM71} = 12,182 \geq 1,0 \quad Z_{LM71} = 58,717 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje** → **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX} \quad Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (14241,735 - 9,49) / 2960,54 \quad Z_{LM71} = (14241,735 - 1773,28) / 11713,84$$

$$Z_{LM71} = 4,807 \geq 1,0 \quad Z_{LM71} = 1,064 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje** → **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,7 \text{ mm}}}$$

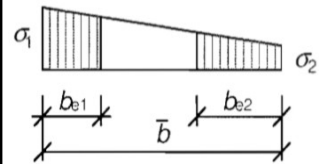
$M_{y,MIN}$

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

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

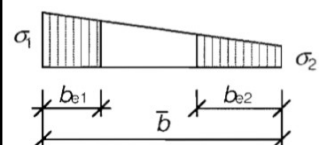
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,112990 - 0,088200 \cdot 0,002^2 - 0,000410 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,112903 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,112903/(1,411 - 0,002)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,080130} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,112903/(1,399 + 0,002)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,080588} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,087790 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{16826,413} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080588 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{15445,998} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080772 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{15481,276} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 1273,050 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -263,240 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 2960,540 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -11713,840 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 262,040 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -314,000 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 9,490 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -1773,280 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (16\,826,413 - 262,04) / 1273,05$$

$$Z_{LM71} = 13,012 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (16\,826,413 - 314) / 263,24$$

$$Z_{LM71} = 62,728 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (15\,445,998 - 9,49) / 2960,54$$

$$Z_{LM71} = 5,214 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (15\,445,998 - 1773,28) / 11713,84$$

$$Z_{LM71} = 1,167 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2500,778 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

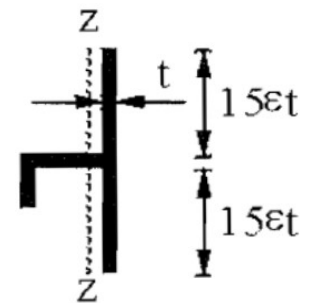
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

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

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

$$V_{b,Rd} = 2500,778 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2500,778} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1687,990 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -1884,480 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 260,710 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = -282,440 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 260,71) / 1687,99$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 282,44) / 1884,48$$

$$Z_{LM71} = 1,327 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 1,177 \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

\rightarrow **Vyhovuje**

Příspěvek stojiny

zanedbávám

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 6

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

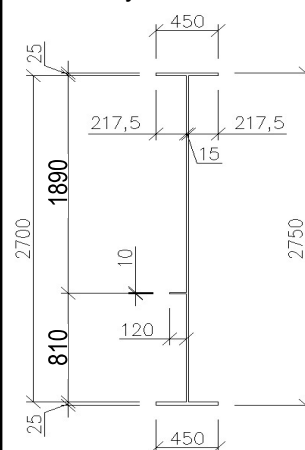
ε - poměrné přetvoření

γ_{m0} , γ_{m1} , γ_{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

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

$$b_c = z_H - t_f$$

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

$$b_c = \underline{\underline{1358,4 \text{ mm}}}$$

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1 \ 358$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,5 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

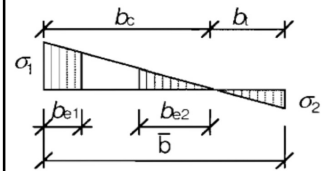
$M_{y,MAX}$

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

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

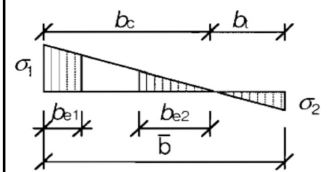
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,062007 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007/(1,383+0,072)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007/(1,367-0,072)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11163,852} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8166,402} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9228,994} \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 619,920 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -390,660 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 3279,120 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6843,240 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 92,360 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -344,720 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 103,400 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -916,240 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,163,852 - 92,36) / 619,92$$

$$Z_{LM71} = 17,860 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,163,852 - 344,72) / 390,66$$

$$Z_{LM71} = 27,694 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8\,166,402 - 103,4) / 3279,12$$

$$Z_{LM71} = 2,459 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8\,166,402 - 916,24) / 6843,24$$

$$Z_{LM71} = 1,059 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{782,9 \text{ mm}}$$

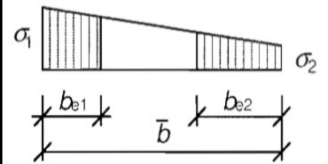
$M_{y,MIN}$

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

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

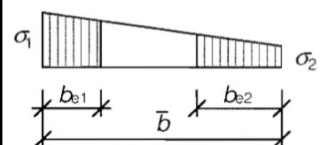
rov. (4.2)

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

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

$$A_0 = 0,012150 - 0,011744$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,000406 \text{ m}^2}}$$

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

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,000406$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,063794 \text{ m}^2}}$$

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383-0,003)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190 \text{ m}^3}$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367+0,003)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578 \text{ m}^3}$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12227,138 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9310,833 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9342,598 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 619,920 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -390,660 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 3279,120 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6843,240 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 92,360 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -344,720 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 103,400 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -916,240 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 92,36) / 619,92$$

$$Z_{LM71} = 19,575 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 344,72) / 390,66$$

$$Z_{LM71} = 30,416 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 103,4) / 3279,12$$

$$Z_{LM71} = 2,808 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 916,24) / 6843,24$$

$$Z_{LM71} = 1,227 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2500,778 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

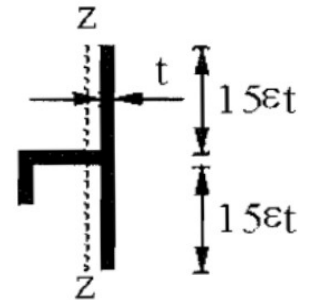
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

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

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

$$V_{b,Rd} = 2500,778 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2500,778} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 250,270 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -1643,630 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = -72,670 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = -235,530 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 72,67) / 250,27$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 235,53) / 1643,63$$

$$Z_{LM71} = 9,702 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 1,378 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

→ **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 7

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

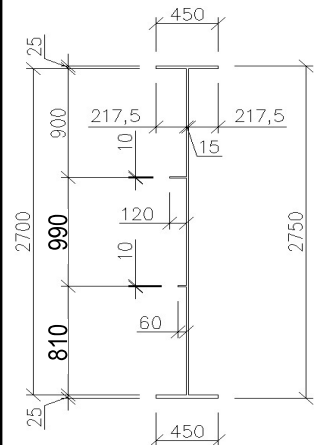
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

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

$$\sigma_1' = 7,919 / 0,048684$$

$$\sigma_1' = \underline{162,669 \text{ MPa}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (162,669 / 1371) \cdot (1371 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{159,702 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni horní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (162,669 / 1371) \cdot (1371 - 25 - 900)$$

$$\sigma_2 = \underline{52,904 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

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

$$\psi = 52,904 / 159,702$$

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

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

$$b_c = z_{V1}$$

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

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

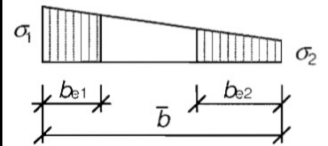
$$b_{eff} = \underline{825,1 \text{ mm}}$$

M_{y,MAX}

M_{ed} = M_{y,MAX}

z_{V1} - poloha podélné výztuhy na stojině

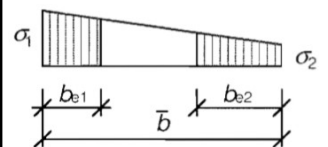
$$z_{V1} = \underline{900,0 \text{ mm}}$$



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

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

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,009^2 - 0,001124 \cdot (0,509 + 0,009)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066431 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066431/(1,371 + 0,009)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048150} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066431/(1,379 - 0,009)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048477} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063676 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12204,612} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048150 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9228,722} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048684 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9331,011} \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 453,320 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -712,260 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 6325,760 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -4284,700 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 28,740 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -387,270 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 363,630 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -206,280 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,204,612 - 28,74) / 453,32$$

$$Z_{LM71} = 26,859 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,204,612 - 387,27) / 712,26$$

$$Z_{LM71} = 16,591 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,228,722 - 363,63) / 6325,76$$

$$Z_{LM71} = 1,401 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,228,722 - 206,28) / 4284,7$$

$$Z_{LM71} = 2,106 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

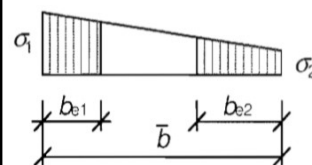
$M_{y,MIN}$

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

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

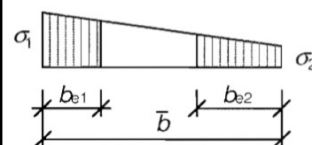
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

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

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

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,003^2 - 0,000428 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066646 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066646/(1,371 - 0,003)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048724} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066646/(1,379 + 0,003)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048218} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,064372 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12337,885} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048218 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9241,815} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048389 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9274,626} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 453,320 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -712,260 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 6325,760 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -4284,700 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 28,740 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -387,270 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 363,630 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -206,280 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,337,885 - 28,74) / 453,32$$

$$Z_{LM71} = 27,153 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,337,885 - 387,27) / 712,26$$

$$Z_{LM71} = 16,778 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,241,815 - 363,63) / 6325,76$$

$$Z_{LM71} = 1,403 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,241,815 - 206,28) / 4284,7$$

$$Z_{LM71} = 2,109 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

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

$$V_{bw,Rd} = \underline{2518,705 \text{ kN}}$$

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

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

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

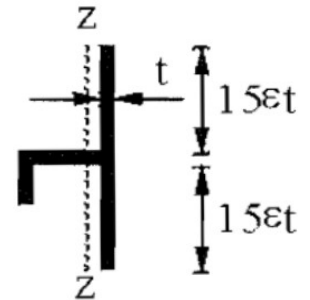
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

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

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

$$V_{b,Rd} = 2518,705 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2518,705} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 267,500 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -1376,990 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = -57,370 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = -191,560 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 57,37) / 267,5$$

$$Z_{LM71} = 9,201 \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 191,56) / 1376,99$$

$$Z_{LM71} = 1,690 \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

Příspěvek stojiny

zanedbávám

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 8

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

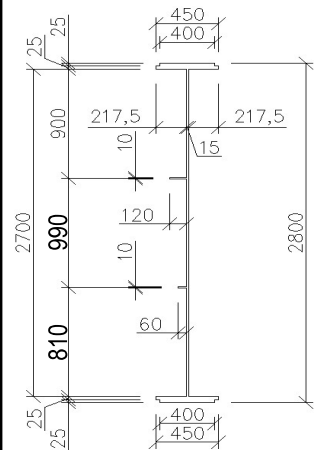
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

$$b_c = z_{V1}$$

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

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

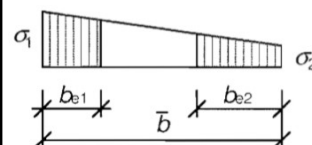
$$b_{eff} = \underline{\underline{824,9 \text{ mm}}}$$

$M_{y,MAX}$

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

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

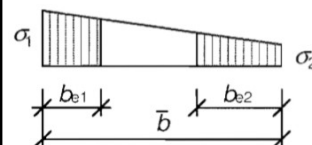
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

$$b_{e1} = [2/(5-0,332)] \cdot 824,9$$

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

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

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

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

$$b_{e2} = 824,9 - 353,4$$

$$b_{e2} = \underline{\quad 471,5 \text{ mm} \quad}$$

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

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

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

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

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

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

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

$$A_{c,eff} = \underline{\quad 0,012374 \text{ m}^2 \quad}$$

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

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

$$A_0 = 0,013500 - 0,012374$$

$$A_0 = \underline{\quad 0,001126 \text{ m}^2 \quad}$$

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

$$A_{eff} = 0,084800 - 0,001126$$

$$A_{eff} = \underline{\quad 0,083674 \text{ m}^2 \quad}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,001126 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\quad 75,1 \text{ mm} \quad}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

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

$$z_p = 471,5 + 75,1 / 2$$

$$z_p = \underline{\quad 509,0 \text{ mm} \quad}$$

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

$$\Delta y = (0,001126 / 0,084800) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\quad 6,8 \text{ mm} \quad}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

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

$$I_{y,eff} = 0,105240 - 0,084800 \cdot 0,007^2 - 0,001126 \cdot (0,509 + 0,007)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\quad 0,104937 \text{ m}^4 \quad}$$

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

$$W_{yH,eff} = 0,104937/(1,397+0,007) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,074764 \text{ m}^3}$$

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

$$W_{yD,eff} = 0,104937/(1,403-0,007) \quad \text{vláknům účinného průřezu}$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,075147 \text{ m}^3}$$

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,083674 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{16037,546 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074764 / 1,2 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,075343 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{14329,734 \text{ kNm}} \quad M_{rd} = \underline{14440,699 \text{ kNm}}$$

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 490,960 \text{ kN} \quad N_{UIC,MIN} = -963,080 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 11407,050 \text{ kNm} \quad M_{y,UIC,MIN} = -5363,780 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 26,450 \text{ kN} \quad N_{MIN,b} = -647,990 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 1153,910 \text{ kNm} \quad M_{y,MIN,b} = -114,180 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX} \quad Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (16\,037,546 - 26,45) / 490,96 \quad Z_{LM71} = (16\,037,546 - 647,99) / 963,08$$

$$Z_{LM71} = 32,612 \geq 1,0 \quad Z_{LM71} = 15,980 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje** → **Vyhovuje**

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX} \quad Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (14\,329,734 - 1153,91) / 11407,05 \quad Z_{LM71} = (14\,329,734 - 114,18) / 5363,78$$

$$Z_{LM71} = 1,155 \geq 1,0 \quad Z_{LM71} = 2,650 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje** → **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

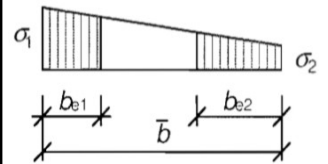
$M_{y,MIN}$

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

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

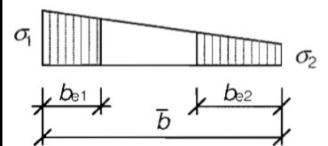
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

$$b_{e1} = [2/(5-0,401)] \cdot 781,5$$

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

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

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

$$I_{y,eff} = 0,105240 - 0,084800 \cdot 0,002^2 - 0,000427 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,105150 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,105150/(1,397-0,002)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,075402} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - 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

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,084373 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{16171,523} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074814 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{14339,416} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,075001 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{14375,164} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 490,960 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -963,080 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 11407,050 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -5363,780 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 26,450 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -647,990 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 1153,910 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -114,180 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (16171,523 - 26,45) / 490,96$$

$$Z_{LM71} = 32,885 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (16171,523 - 647,99) / 963,08$$

$$Z_{LM71} = 16,119 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (14339,416 - 1153,91) / 11407,05$$

$$Z_{LM71} = 1,156 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (14339,416 - 114,18) / 5363,78$$

$$Z_{LM71} = 2,652 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

$$V_{bw,Rd} = \underline{2518,705 \text{ kN}}$$

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

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

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

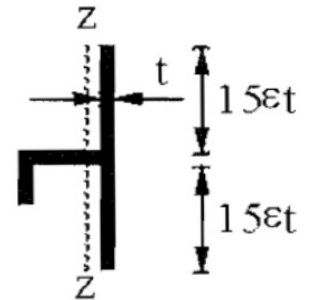
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

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

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

$$V_{b,Rd} = 2518,705 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2518,705} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1159,650 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -1128,660 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 148,210 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = -148,700 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 148,21) / 1159,65$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 148,7) / 1128,66$$

$$Z_{LM71} = 2,044 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 2,100 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

→ **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 9

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

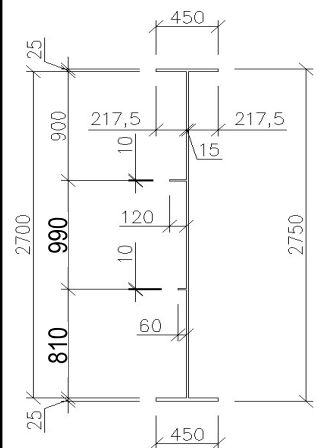
ε - poměrné přetvoření

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

- 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:

$$N_{MAX} = 802,670 \text{ kN} \quad N_{MIN} = -1012,280 \text{ kN}$$

$$V_{y,MAX} = 77,620 \text{ kN} \quad V_{y,MIN} = -29,790 \text{ kN}$$

$$V_{z,MAX} = 1866,340 \text{ kN} \quad V_{z,MIN} = -197,030 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX} = 8676,440 \text{ kNm} \quad M_{y,MIN} = -7746,430 \text{ kNm}$$

N - normálová síla
V_y - posouvající síla
V_z - posouvající síla
M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

tab. 5.2

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

b_f - šířka pásnice

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

$$217,5/25 \leq 9 \cdot 1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ Spadá do 1. třídy

$$b_f = \underline{\quad 450 \text{ mm}} \quad b_f - \text{šířka pásnice}$$

t_f - tloušťka pásnice

$$t_f = \underline{\quad 25 \text{ mm}} \quad t_f - \text{tloušťka pásnice}$$

c - délka přečnivající části pásnice

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

$$c = (450 - 15)/2$$

$$c = \underline{\quad 217,5 \text{ mm}} \quad c - \text{délka přečnivající části pásnice}$$

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

$$c = \underline{\quad 2700 \text{ mm}} \quad c - \text{délka stojiny}$$

t_w - tloušťka stojiny

$$t_w = \underline{\quad 15 \text{ mm}} \quad t_w - \text{tloušťka stojiny}$$

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

$$b_c = z_{V1}$$

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

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

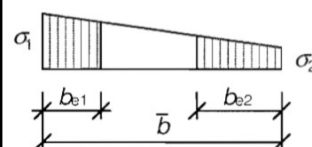
$$b_{eff} = \underline{825,1 \text{ mm}}$$

$M_{y,MAX}$

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

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

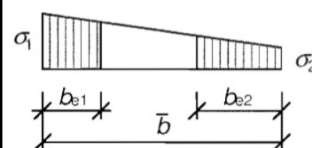
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,009^2 - 0,001124 \cdot (0,509 + 0,009)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066431 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066431/(1,371 + 0,009)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048150} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066431/(1,379 - 0,009)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048477} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063676 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12204,612} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048150 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9228,722} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048684 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9331,011} \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 642,320 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -799,640 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 7044,320 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6148,340 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 54,930 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -663,780 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 354,910 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -376,810 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,204,612 - 54,93) / 642,32$$

$$Z_{LM71} = 18,915 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,204,612 - 663,78) / 799,64$$

$$Z_{LM71} = 14,433 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,228,722 - 354,91) / 7044,32$$

$$Z_{LM71} = 1,260 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,228,722 - 376,81) / 6148,34$$

$$Z_{LM71} = 1,440 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

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

$$\sigma_1' = -(-7,746/0,048389)$$

$$\sigma_1' = \underline{160,085 \text{ MPa}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (160,085/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{157,166 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

$$\sigma_2 = (160,085/1 \ 379) \cdot (1 \ 379 - 25 - 810)$$

$$\sigma_2 = \underline{63,164 \text{ MPa}}$$

Poměr napětí

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

$$\psi = 63,164/157,166$$

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

Součinitel kritického napětí

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

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

$$k_\sigma = \underline{5,648}$$

Desková štíhlost

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

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,648)^{1/2}]$$

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

Součinitel boulení – vnitřní tlačené části

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

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

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

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

Účinná délka tlačené stojiny

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

$$b_c = z_{V2}$$

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

b_c - tlačená délka stojiny

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

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

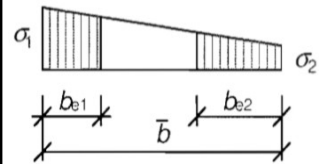
$M_{y,MIN}$

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

z_{V2} - 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

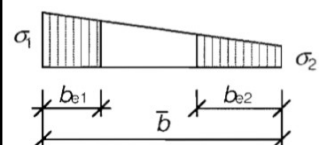
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

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

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

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,003^2 - 0,000428 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066646 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066646/(1,371 - 0,003)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048724} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066646/(1,379 + 0,003)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048218} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,064372 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12337,885} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048218 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9241,815} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048389 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9274,626} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 642,320 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -799,640 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 7044,320 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6148,340 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 54,930 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -663,780 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 354,910 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -376,810 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,337,885 - 54,93) / 642,32$$

$$Z_{LM71} = 19,123 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,337,885 - 663,78) / 799,64$$

$$Z_{LM71} = 14,599 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,241,815 - 354,91) / 7044,32$$

$$Z_{LM71} = 1,262 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,241,815 - 376,81) / 6148,34$$

$$Z_{LM71} = 1,442 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

$$V_{bw,Rd} = \underline{2518,705 \text{ kN}}$$

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

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

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

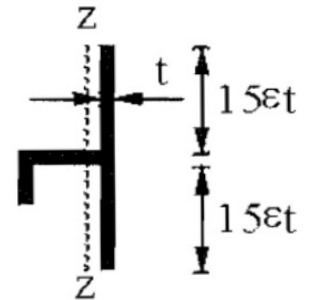
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

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

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

$$V_{b,Rd} = 2518,705 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2518,705} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1408,660 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -224,700 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 192,230 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = 67,510 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 192,23) / 1408,66$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 67,51) / 224,7$$

$$Z_{LM71} = 1,652 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 10,909 \geq 1,0$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 10

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

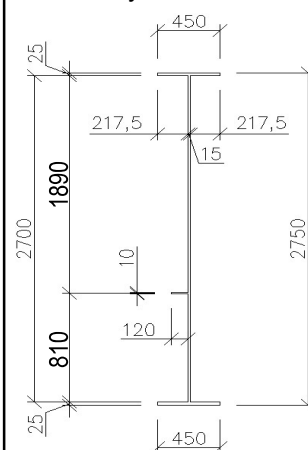
ε - poměrné přetvoření

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

- 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_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1 \text{ 358}$$

$$b_{eff} = \underline{961,5 \text{ mm}}$$

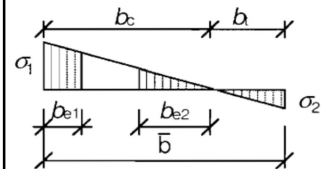
$M_{y,MAX}$

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

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na 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

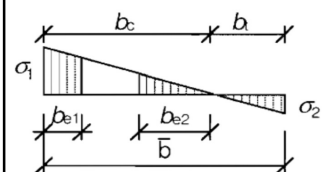
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\quad 0,062007 \text{ m}^4 \quad}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007/(1,383+0,072)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007/(1,367-0,072)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11163,852} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8166,402} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9228,994} \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 635,640 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -487,590 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 4120,550 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -7095,840 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 145,650 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -680,610 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 47,650 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -686,900 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,163,852 - 145,65) / 635,64$$

$$Z_{LM71} = 17,334 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,163,852 - 680,61) / 487,59$$

$$Z_{LM71} = 21,500 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8\,166,402 - 47,65) / 4120,55$$

$$Z_{LM71} = 1,970 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8\,166,402 - 686,9) / 7095,84$$

$$Z_{LM71} = 1,054 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{782,9 \text{ mm}}$$

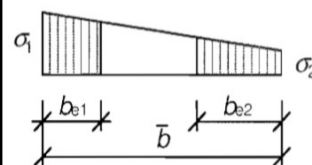
$M_{y,MIN}$

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

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

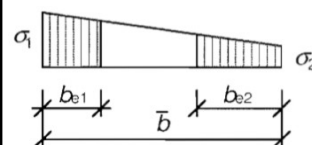
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383 - 0,003)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190 \text{ m}^3}$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367 + 0,003)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578 \text{ m}^3}$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12227,138 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9310,833 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9342,598 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 635,640 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -487,590 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 4120,550 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -7095,840 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 145,650 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -680,610 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 47,650 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -686,900 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 145,65) / 635,64$$

$$Z_{LM71} = 19,007 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - (-680,61)) / 487,59$$

$$Z_{LM71} = 23,681 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 47,65) / 4120,55$$

$$Z_{LM71} = 2,248 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - (-686,9)) / 7095,84$$

$$Z_{LM71} = 1,215 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2500,778 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

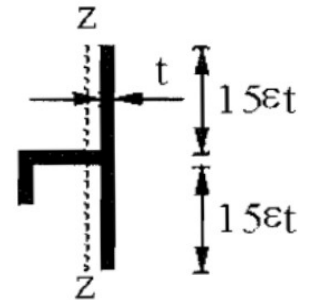
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

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

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

$$V_{b,Rd} = 2500,778 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2500,778} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1677,650 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -208,150 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 225,220 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = 83,910 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 225,22) / 1677,65$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 83,91) / 208,15$$

$$Z_{LM71} = 1,356 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 11,611 \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

\rightarrow **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 11

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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_H - vzdálenost k horním vláknům

$$Z_D = 1405,2 \text{ mm}$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

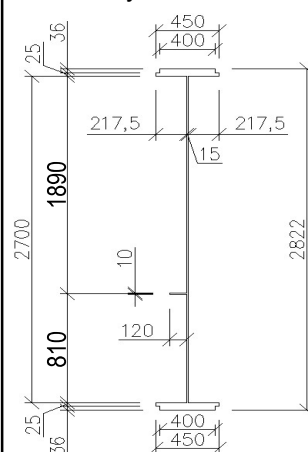
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

$$b_{eff} = 0,709 \cdot 1\,356$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,6 \text{ mm}}}$$

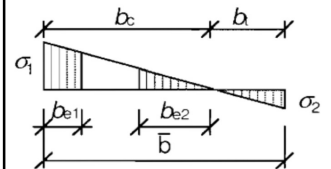
$M_{y,MAX}$

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

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

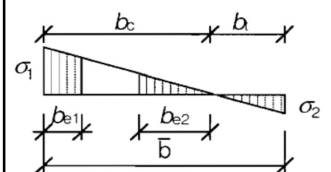
rov. (4.2)

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

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,087087 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{16691,721} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080672 / 1,2 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,086462 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{15462,178} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{16571,888} \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 1530,280 \text{ kN} \quad N_{UIC,MIN} = -289,190 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 3156,350 \text{ kNm} \quad M_{y,UIC,MIN} = -13525,520 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 397,860 \text{ kN} \quad N_{MIN,b} = -759,810 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -37,960 \text{ kNm} \quad M_{y,MIN,b} = -2008,810 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX} \quad Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (16\,691,721 - 397,86) / 1530,28 \quad Z_{LM71} = (16\,691,721 - 759,81) / 289,19$$

$$Z_{LM71} = 10,648 \geq 1,0 \quad Z_{LM71} = 55,092 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje** → **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX} \quad Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (15\,462,178 - 37,96) / 3156,35 \quad Z_{LM71} = (15\,462,178 - 2008,81) / 13525,52$$

$$Z_{LM71} = 4,887 \geq 1,0 \quad Z_{LM71} = 0,995 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje** → **Nevyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,6 \text{ mm}}}$$

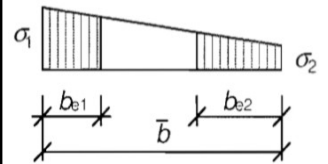
$M_{y,MIN}$

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

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

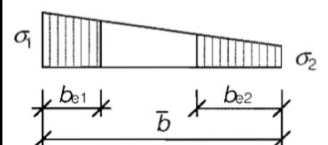
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,122500 - 0,093000 \cdot 0,002^2 - 0,000411 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,122413 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,122413/(1,417-0,002)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,086524 \text{ m}^3}$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,122413/(1,405+0,002)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,086990 \text{ m}^3}$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,092589 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{17746,312 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,086990 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{16673,135 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,087177 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{16708,844 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 1530,280 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -289,190 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 3156,350 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -13525,520 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 397,860 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -759,810 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -37,960 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -2008,810 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (17746,312 - 397,86) / 1530,28$$

$$Z_{LM71} = 11,337 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (17746,312 - 759,81) / 289,19$$

$$Z_{LM71} = 58,738 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (16673,135 - 37,96) / 3156,35$$

$$Z_{LM71} = 5,270 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (16673,135 - 2008,81) / 13525,52$$

$$Z_{LM71} = 1,084 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2500,778 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

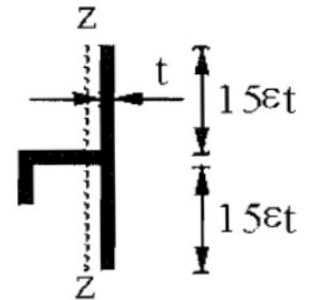
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

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

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

$$V_{b,Rd} = 2500,778 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2500,778} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1912,410 \text{ kN} \quad V_{z,UIC,MIN} = -208,150 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 288,980 \text{ kN} \quad V_{z,MIN,b} = 89,760 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 288,98) / 1912,41$$

$$Z_{LM71} = \underline{1,157} \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 89,76) / 208,15$$

$$Z_{LM71} = \underline{11,583} \geq 1,0$$

\rightarrow **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

2.4.3 Levý hlavní nosník – Průřez č. 1 – 11

Průřez č. 1

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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
k horním vláknům

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

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

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

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

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

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

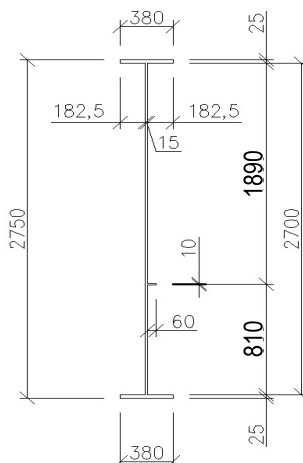
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

Velikosti vnitřních sil

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

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

určil program

SCIA Engineer 16.0

Maximální vnitřní síly:

$$N_{MAX} = 288,810 \text{ kN}$$

$$N_{MIN} = -1037,790 \text{ kN}$$

N - normálová síla

$$V_{y,MAX} = 78,190 \text{ kN}$$

$$V_{y,MIN} = -35,130 \text{ kN}$$

V_y - posouvající síla

$$V_{z,MAX} = 277,360 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN} = -1687,420 \text{ kN}$$

V_z - posouvající síla

$$M_{y,MAX} = 9226,320 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN} = -1466,900 \text{ kNm}$$

M_y - ohybový moment

Klasifikace průřezu

ČSN EN 1993-1-1

kap. 5.6

Přečnivající části pásnic (pásnice v tlaku)

tab. 5.2

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

b_f - šířka pásnice

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

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

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

→ Spadá do 1. třídy

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)

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

c - délka stojiny

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

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

→ Nespadá do 1. třídy

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

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

t_w - tloušťka stojiny

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

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

→ Nespadá do 2. třídy

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

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

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

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

→ Spadá do 4. třídy

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

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

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

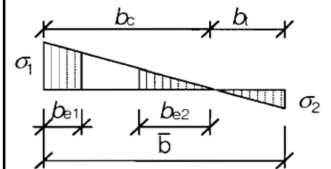
$M_{y,MAX}$

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

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na 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

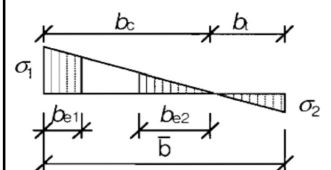
rov. (4.2)

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

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,055402/(1,379+0,076)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,055402/(1,371-0,076)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,054208 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{10389,86} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,038069 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{7296,513} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043492 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8335,979} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 226,020 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -803,130 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 6785,570 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -1710,080 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 126,730 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -116,290 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 1187,000 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -8,890 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (10389,860 - 126,73) / 226,02$$

$$Z_{LM71} = 45,408 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (10389,860 - 116,29) / 803,13$$

$$Z_{LM71} = 12,792 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (7296,513 - 1187) / 6785,57$$

$$Z_{LM71} = 0,900 \geq 1,0$$

→ **Nevyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (7296,513 - 8,89) / 1710,08$$

$$Z_{LM71} = 4,262 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

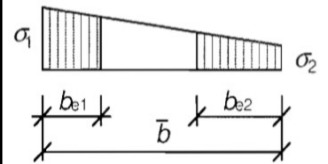
$M_{y,MIN}$

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

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

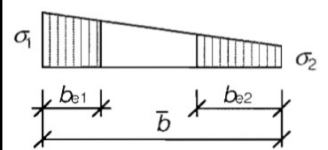
rov. (4.2)

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

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,059909/(1,379 - 0,003)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,059909/(1,371 + 0,003)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,059687 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11439,969} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043613 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8359,225} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043777 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8390,630} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 226,020 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -803,130 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 6785,570 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -1710,080 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 126,730 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -116,290 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 1187,000 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -8,890 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,439,969 - 126,73) / 226,02$$

$$Z_{LM71} = 50,054 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,439,969 - 116,29) / 803,13$$

$$Z_{LM71} = 14,099 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8\,359,225 - 1187) / 6785,57$$

$$Z_{LM71} = 1,057 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8\,359,225 - 8,89) / 1710,08$$

$$Z_{LM71} = 4,883 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

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

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

\rightarrow Netuhá kocová výtuhá

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

Příspěvek stojiny

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

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

$$V_{bw,Rd1} = \underline{2715,899 \text{ kN}}$$

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

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

$$V_{bw,Rd2} = \underline{2384,255 \text{ kN}}$$

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 výtuhy k ose z

I_{v1} = není

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

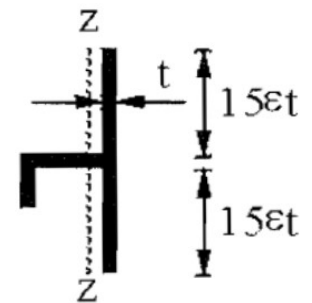
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

I_{v1} a I_{v2} byly určeny

programem AutoCAD

Účinná plocha výtuhy:



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

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

$$V_{b,Rd1} = 2715,899 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd1} = \underline{2715,899} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

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

$$V_{b,Rd2} = 2384,255 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd2} = \underline{2384,255} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 279,610 \text{ kN} \quad V_{z,UIC,MIN} = -1246,200 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 3,900 \text{ kN} \quad V_{z,MIN,b} = -206,170 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd1} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (2715,899 - 3,9) / 279,61$$

$$Z_{LM71} = 9,699 \geq 1,0$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd1} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2715,899 - 206,17) / 1246,2$$

$$Z_{LM71} = 2,014 \geq 1,0$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd2} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (2384,255 - 3,9) / 279,61$$

$$Z_{LM71} = 8,513 \geq 1,0$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd2} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2384,255 - 206,17) / 1246,2$$

$$Z_{LM71} = 1,748 \geq 1,0$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 2

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

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

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

$$W_{el,yH} = 0,082996/1,389311$$

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

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

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

$$W_{el,yD} = 0,082996/1,396690$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

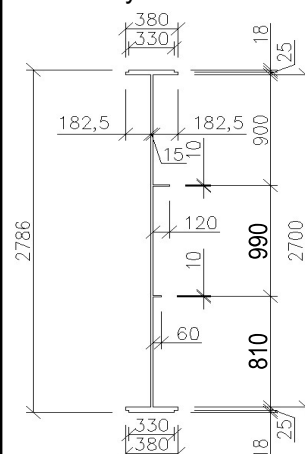
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

$$b_c = z_{V1}$$

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

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

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

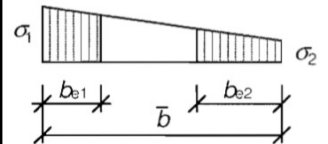
$M_{y,MAX}$

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

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na 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

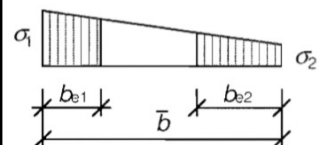
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

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

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

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

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

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

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

b_0 - neúčinná délka stojiny

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

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

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

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

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

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

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,082691/(1,389+0,008)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,082691/(1,397-0,008)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,072055 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{13810,585} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059186 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{11344,004} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059739 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{11449,968} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 532,520 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -934,850 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 9337,420 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -5897,580 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 261,810 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -255,910 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 1511,100 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -203,680 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (13\,810,585 - 261,81) / 532,52$$

$$Z_{LM71} = 25,443 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (13\,810,585 - 255,91) / 934,85$$

$$Z_{LM71} = 14,499 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,344,004 - 1511,1) / 9337,42$$

$$Z_{LM71} = 1,053 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,344,004 - 203,68) / 5897,58$$

$$Z_{LM71} = 1,889 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

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

$$\sigma_1' = -(-7,261/0,059423)$$

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

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

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

$$\sigma_1 = \underline{\underline{118,415 \text{ MPa}}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

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

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

Poměr napětí

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

$$\psi = 47,568/118,415$$

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

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

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

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

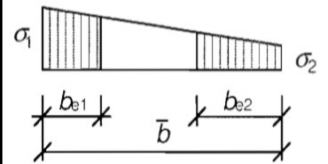
$M_{y,MIN}$

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

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

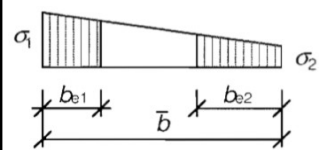
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

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

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

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

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,082906/(1,389 - 0,003)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,082906/(1,397 + 0,003)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,072752 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{13944,19 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059246 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{11355,405 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,059423 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{11389,476 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 532,520 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -934,850 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 9337,420 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -5897,580 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 261,810 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -255,910 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 1511,100 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -203,680 \text{ kNm}$$

Osově síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (13\,944,190 - 261,81) / 532,52$$

$$Z_{LM71} = 25,694 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (13\,944,190 - 255,91) / 934,85$$

$$Z_{LM71} = 14,642 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,355,405 - 1511,1) / 9337,42$$

$$Z_{LM71} = 1,054 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,355,405 - 203,68) / 5897,58$$

$$Z_{LM71} = 1,891 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

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

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

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

Příspěvek stojiny

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

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

$$V_{bw,Rd} = \underline{2518,705 \text{ kN}}$$

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

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

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

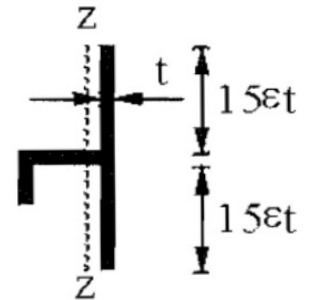
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

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

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

$$V_{b,Rd} = 2518,705 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2518,705} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1175,170 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -694,700 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 234,930 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = -59,450 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 234,93) / 1175,17$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 59,45) / 694,7$$

$$Z_{LM71} = 1,943 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 3,540 \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

\rightarrow **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 3

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

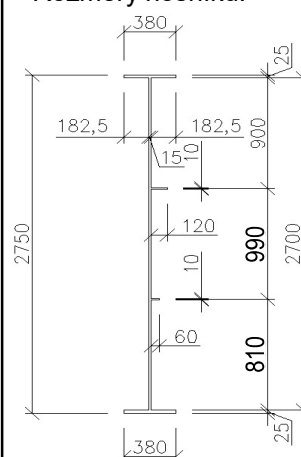
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

$$b_{eff} = \rho \cdot b_c \quad b_c - \text{tlačená délka stojiny}$$

$$b_c = z_{V1}$$

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

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

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

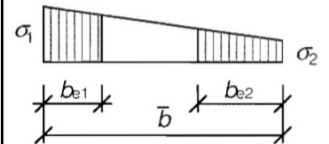
$M_{y,MAX}$

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

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

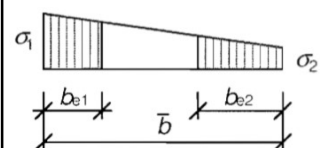
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

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

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

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

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

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

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

b_0 - neúčinná délka stojiny

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

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

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

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

$$\Delta y = (0,001123 / 0,061300) \cdot 509,1$$

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

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,059933/(1,371+0,009)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,059933/(1,379-0,009)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,060177 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11533,876} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043432 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8324,455} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043952 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8424,079} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 684,210 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -603,640 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 5632,820 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6130,000 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 116,460 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -255,910 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -17,490 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -410,270 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,533,876 - 116,46) / 684,21$$

$$Z_{LM71} = 16,687 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,533,876 - 255,91) / 603,64$$

$$Z_{LM71} = 18,683 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8\,324,455 - 17,49) / 5632,82$$

$$Z_{LM71} = 1,475 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8\,324,455 - 410,27) / 6130$$

$$Z_{LM71} = 1,291 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

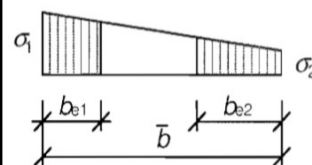
$M_{y,MIN}$

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

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

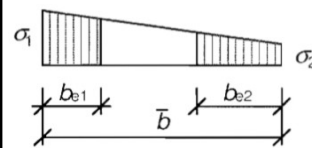
rov. (4.2)

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

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

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

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

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,060149/(1,371 - 0,003)$$

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

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,060149/(1,379 + 0,003)$$

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

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,060871 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11666,972} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043504 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8338,359} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,043671 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8370,276} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 684,210 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -603,640 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 5632,820 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6130,000 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 116,460 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -255,910 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -17,490 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -410,270 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11\,666,972 - 116,46) / 684,21$$

$$Z_{LM71} = 16,882 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11\,666,972 - 255,91) / 603,64$$

$$Z_{LM71} = 18,904 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8\,338,359 - 17,49) / 5632,82$$

$$Z_{LM71} = 1,477 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8\,338,359 - 410,27) / 6130$$

$$Z_{LM71} = 1,293 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

$$V_{bw,Rd} = \underline{2518,705 \text{ kN}}$$

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

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

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

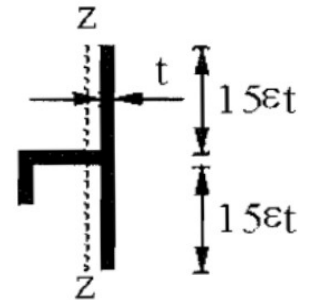
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

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

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

$$V_{b,Rd} = 2518,705 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2518,705} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1175,170 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -99,850 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 239,900 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = 125,520 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 239,9) / 1175,17$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 125,52) / 99,85$$

$$Z_{LM71} = 1,939 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 23,968 \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

\rightarrow **Vyhovuje**

Příspěvek stojiny

zanedbávám

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 4

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

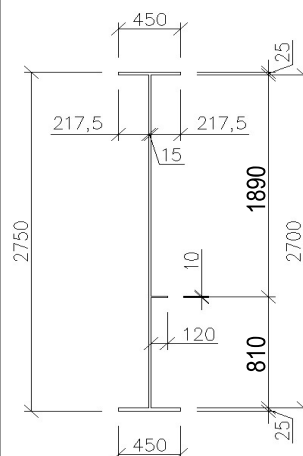
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

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

$$\sigma_1' = 5,516/0,048151$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{114,547 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech průřezu

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

$$\sigma_2' = -(5,516/0,048744)$$

$$\sigma_2' = \underline{\underline{-113,154 \text{ MPa}}}$$

Napětí v horních vláknech stojiny

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

$$\sigma_1 = (114,547/1 \ 383) \cdot (1 \ 383 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{112,477 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

$$\sigma_2 = (-113,154/1 \ 367) \cdot (1 \ 367 - 25)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-111,084 \text{ MPa}}}$$

Poměr napětí

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

$$\psi = -111,084/112,477$$

$$\psi = \underline{\underline{-0,988}}$$

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

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1 \ 358$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,5 \text{ mm}}}$$

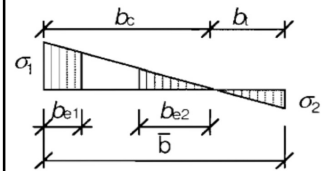
$M_{y,MAX}$

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

z_{V1} - poloha podélné

výztuhy na 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

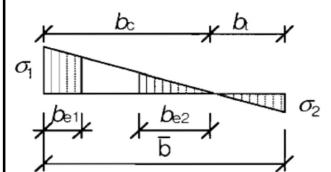
rov. (4.2)

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

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

$$A_0 = 0,02038 - 0,01442$$

$$A_0 = \underline{\underline{0,005954 \text{ m}^2}}$$

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

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,005954$$

$$A_{eff} = \underline{\underline{0,058246 \text{ m}^2}}$$

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,062007 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007/(1,383+0,072)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007/(1,367-0,072)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11163,852} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8166,402} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9228,994} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 647,940 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -540,550 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 4764,250 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6993,500 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 40,200 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -269,110 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -185,290 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -1149,900 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11163,852 - 40,2) / 647,94$$

$$Z_{LM71} = 17,168 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11163,852 - 269,11) / 540,55$$

$$Z_{LM71} = 20,155 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8166,402 - 185,29) / 4764,25$$

$$Z_{LM71} = 1,675 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8166,402 - 1149,9) / 6993,5$$

$$Z_{LM71} = 1,003 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Účinky boulení stěn vlivem normálových napětí v MSÚ

Napětí v dolních vláknech průřezu

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

$$\sigma_1' = -(-9,440/0,048744)$$

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

Napětí v dolních vláknech stojiny

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

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

$$\sigma_1 = \underline{190,161 \text{ MPa}}$$

Napětí v úrovni dolní výztuhy stojiny

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

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

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

Poměr napětí

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

$$\psi = 75,332/190,161$$

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

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

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{782,9 \text{ mm}}$$

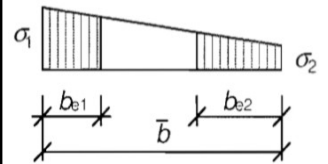
$M_{y,MIN}$

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

zV - poloha podélné

výztuhy na 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

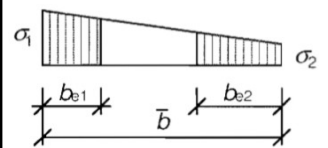
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383-0,003)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190 \text{ m}^3}$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367+0,003)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578 \text{ m}^3}$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12227,138 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9310,833 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9342,598 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 647,940 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -540,550 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 4764,250 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6993,500 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 40,200 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -269,110 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -185,290 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -1149,900 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 40,2) / 647,94$$

$$Z_{LM71} = 18,809 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 269,11) / 540,55$$

$$Z_{LM71} = 22,122 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 185,29) / 4764,25$$

$$Z_{LM71} = 1,915 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 1149,9) / 6993,5$$

$$Z_{LM71} = 1,167 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2500,778 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

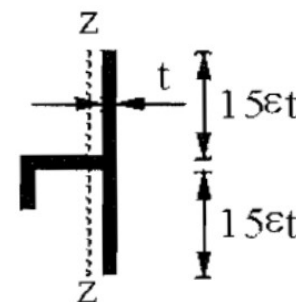
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

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

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

$$V_{b,Rd} = 2500,778 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2500,778} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1447,760 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -69,670 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 296,730 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = 150,110 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 296,73) / 1447,76$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 150,11) / 69,67$$

$$Z_{LM71} = \underline{1,522} \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = \underline{33,740} \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

\rightarrow **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 5

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

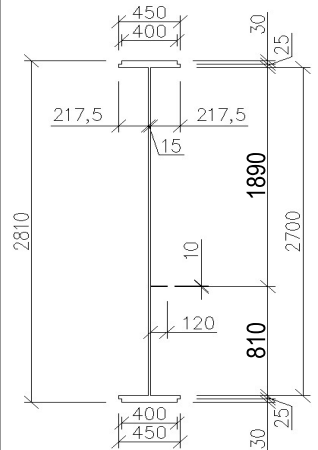
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

$$\rho = 1,0$$

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

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

$$b_c = z_H - t_f$$

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

$$b_c = \underline{\underline{1356,1 \text{ mm}}}$$

b_c - tlačená délka stojiny

$$b_{eff} = 0,709 \cdot 1\,356$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,6 \text{ mm}}}$$

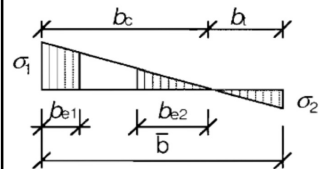
$M_{y,MAX}$

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

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

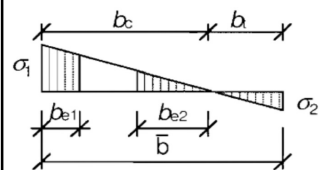
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,112990 - 0,088200 \cdot 0,052^2 - 0,005918 \cdot (0,774 + 0,052)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,108713 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,108713 / (1,411 + 0,052)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,074305 \text{ m}^3}$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,108713 / (1,399 - 0,052)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,080711 \text{ m}^3}$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,082282 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{15770,768 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074305 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{14241,735 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080071 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{15346,949 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 1272,600 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -263,660 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 2960,610 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -11715,200 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 185,160 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -314,010 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -536,810 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -2793,690 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (15770,768 - 185,16) / 1272,6$$

$$Z_{LM71} = 12,247 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (15770,768 - 314,01) / 263,66$$

$$Z_{LM71} = 58,624 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (14241,735 - 536,81) / 2960,61$$

$$Z_{LM71} = 4,629 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (14241,735 - 2793,69) / 11715,2$$

$$Z_{LM71} = 0,977 \geq 1,0$$

→ **Nevyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,7 \text{ mm}}}$$

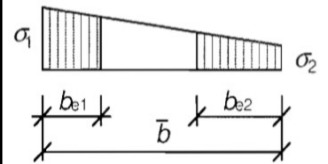
$M_{y,MIN}$

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

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

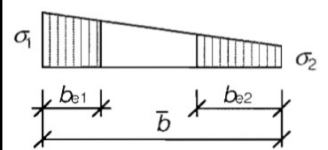
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,112990 - 0,088200 \cdot 0,002^2 - 0,000410 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,112903 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,112903/(1,411 - 0,002)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,080130 \text{ m}^3}$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,112903/(1,399 + 0,002)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,080588 \text{ m}^3}$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,087790 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{16826,413 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080588 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{15445,998 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080772 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{15481,276 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 1272,600 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -263,660 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 2960,610 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -11715,200 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 185,160 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -314,010 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -536,810 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -2793,690 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (16\,826,413 - 185,16) / 1272,6$$

$$Z_{LM71} = 13,077 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (16\,826,413 - 314,01) / 263,66$$

$$Z_{LM71} = 62,628 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (15\,445,998 - 536,81) / 2960,61$$

$$Z_{LM71} = 5,036 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (15\,445,998 - 2793,69) / 11715,2$$

$$Z_{LM71} = 1,080 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2500,778 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

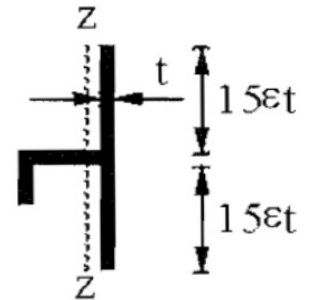
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

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

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

$$V_{b,Rd} = 2500,778 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2500,778} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1688,170 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -1884,510 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 365,740 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = -371,460 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 365,74) / 1688,17$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 371,46) / 1884,51$$

$$Z_{LM71} = 1,265 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 1,130 \geq 1,0$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Příspěvek stojiny

zanedbávám

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

ČSN EN 1993-1-5

kap. 5.2

rov. (5.1)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 6

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

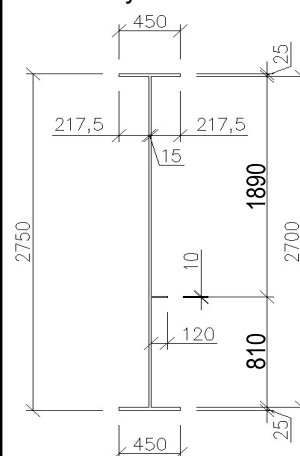
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

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

$$\bar{\lambda}_p = (2700/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (23,561)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{1,292}}$$

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

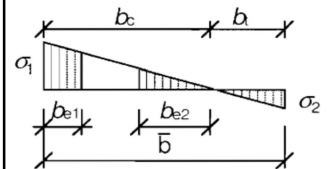
$M_{y,MAX}$

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

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

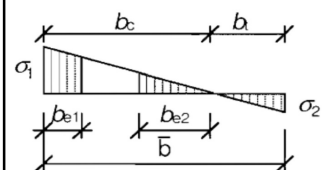
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,062007 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007 / (1,383 + 0,072)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007 / (1,367 - 0,072)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11163,852} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8166,402} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9228,994} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 619,360 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -390,370 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 3278,990 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6844,520 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 76,620 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -345,080 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -135,910 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -1438,750 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11163,852 - 76,62) / 619,36$$

$$Z_{LM71} = 17,901 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11163,852 - 345,08) / 390,37$$

$$Z_{LM71} = 27,714 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8166,402 - 135,91) / 3278,99$$

$$Z_{LM71} = 2,449 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8166,402 - 1438,75) / 6844,52$$

$$Z_{LM71} = 0,983 \geq 1,0$$

→ **Nevyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,9 \text{ mm}}}$$

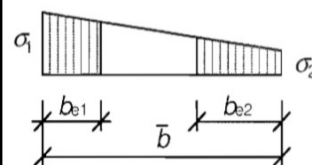
$M_{y,MIN}$

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

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

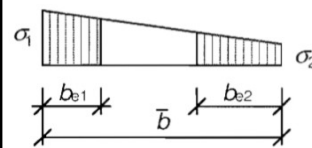
rov. (4.2)

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383 - 0,003)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190 \text{ m}^3}$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367 + 0,003)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578 \text{ m}^3}$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12227,138 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9310,833 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9342,598 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 619,360 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -390,370 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 3278,990 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6844,520 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 76,620 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -345,080 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -135,910 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -1438,750 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 76,62) / 619,36$$

$$Z_{LM71} = 19,618 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 345,08) / 390,37$$

$$Z_{LM71} = 30,438 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 135,91) / 3278,99$$

$$Z_{LM71} = 2,798 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 1438,75) / 6844,52$$

$$Z_{LM71} = 1,150 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2500,778 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

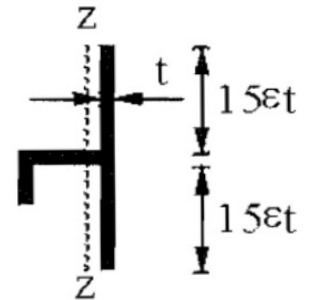
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

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

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

$$V_{b,Rd} = 2500,778 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2500,778} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 250,300 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -1643,650 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = -164,340 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = -315,090 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 164,34) / 250,3$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 315,09) / 1643,65$$

$$Z_{LM71} = 9,335 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 1,330 \geq 1,0$$

→ Vyhovuje

→ 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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 7

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

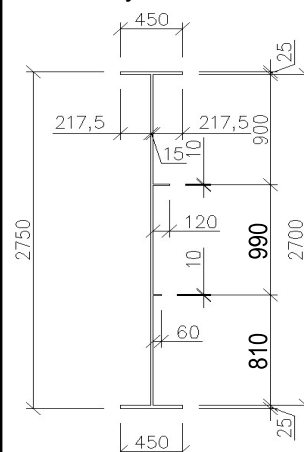
ε - poměrné přetvoření

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

- 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

$$b_c = z_{V1}$$

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

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

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

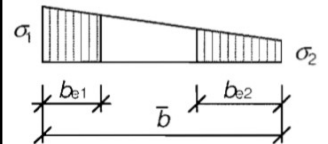
$M_{y,MAX}$

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

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

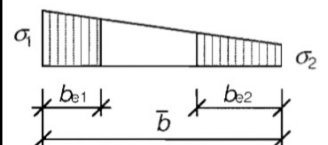
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

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

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

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,009^2 - 0,001124 \cdot (0,509 + 0,009)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066431 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff} / (z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066431 / (1,371 + 0,009)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048150} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff} / (z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066431 / (1,379 - 0,009)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048477} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063676 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12204,612} \text{ kN}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048150 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9228,722} \text{ kNm}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048684 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9331,011} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 452,500 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -711,830 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 6325,500 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -4285,740 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 117,730 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -388,030 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 489,870 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -326,680 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,204,612 - 117,73) / 452,5$$

$$Z_{LM71} = 26,711 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,204,612 - 388,03) / 711,83$$

$$Z_{LM71} = 16,600 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,228,722 - 489,87) / 6325,5$$

$$Z_{LM71} = 1,382 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,228,722 - 326,68) / 4285,74$$

$$Z_{LM71} = 2,077 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

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

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

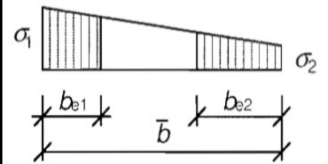
$M_{y,MIN}$

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

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

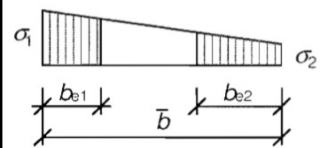
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



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

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

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

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

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

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,003^2 - 0,000428 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066646 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066646/(1,371 - 0,003)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048724 \text{ m}^3}$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066646/(1,379 + 0,003)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048218 \text{ m}^3}$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

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

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,064372 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12337,885 \text{ kN}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048218 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9241,815 \text{ kNm}}$$

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

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048389 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9274,626 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 452,500 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -711,830 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 6325,500 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -4285,740 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 117,730 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -388,030 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 489,870 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -326,680 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,337,885 - 117,73) / 452,5$$

$$Z_{LM71} = 27,006 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,337,885 - 388,03) / 711,83$$

$$Z_{LM71} = 16,788 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,241,815 - 489,87) / 6325,5$$

$$Z_{LM71} = 1,384 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,241,815 - 326,68) / 4285,74$$

$$Z_{LM71} = 2,080 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

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

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

$$V_{bw,Rd} = \underline{2518,705 \text{ kN}}$$

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

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

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

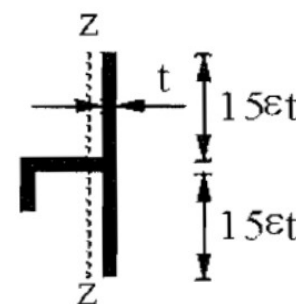
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

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

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

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

$$V_{b,Rd} = 2518,705 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2518,705} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 267,540 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -1377,040 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = -128,020 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = -250,500 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2 \cdot 518,705 - 128,02) / 267,54$$

$$Z_{LM71} = (2 \cdot 518,705 - 250,5) / 1377,04$$

$$Z_{LM71} = 8,936 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 1,647 \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

\rightarrow **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 8

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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
k horním vláknům

$$W_{el,yH} = 0,105240/1,396816$$

$$W_{el,yH} = \underline{\underline{0,075343 \text{ m}^3}}$$

$$W_{el,yD} = I_y/Z_D$$

$W_{el,yD}$ - elastický průřezový modul
k dolním vláknům

$$W_{el,yD} = 0,105240/1,403184$$

$$W_{el,yD} = \underline{\underline{0,075001 \text{ m}^3}}$$

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

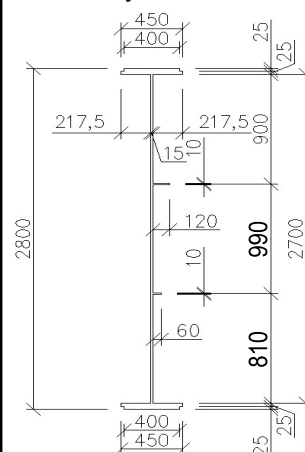
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- 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

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{824,9 \text{ mm}}$$

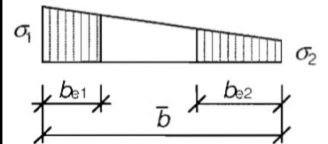
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

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

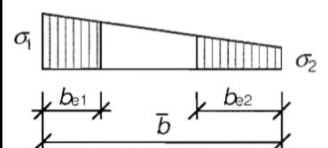
rov. (4.2)

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

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 471,5 + 75,1 / 2$$

$$z_p = \underline{\underline{509,0 \text{ mm}}}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,001126 / 0,084800) \cdot 0,509$$

$$\Delta y = \underline{\underline{6,8 \text{ mm}}}$$

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

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,083674 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{16037,546} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1} \quad M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074764 / 1,2 \quad M_{rd} = 230000 \cdot 0,075343 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{14329,734} \text{ kNm} \quad M_{rd} = \underline{14440,699} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 490,190 \text{ kN} \quad N_{UIC,MIN} = -963,790 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 11418,210 \text{ kNm} \quad M_{y,UIC,MIN} = -5364,360 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 361,210 \text{ kN} \quad N_{MIN,b} = -646,890 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 1861,470 \text{ kNm} \quad M_{y,MIN,b} = 102,850 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX} \quad Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (16\,037,546 - 361,21) / 490,19 \quad Z_{LM71} = (16\,037,546 - 646,89) / 963,79$$

$$Z_{LM71} = 31,980 \geq 1,0 \quad Z_{LM71} = 15,969 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje** → **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX} \quad Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (14\,329,734 - 1861,47) / 11418,21 \quad Z_{LM71} = (14\,329,734 - 102,85) / 5364,36$$

$$Z_{LM71} = 1,092 \geq 1,0 \quad Z_{LM71} = 2,652 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje** → **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{781,5 \text{ mm}}}$$

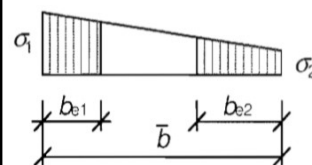
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

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

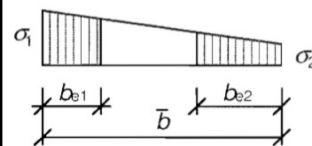
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,401)] \cdot 781,5$$

$$b_{e1} = \underline{\underline{339,9 \text{ mm}}}$$

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

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,105240 - 0,084800 \cdot 0,002^2 - 0,000427 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,105150 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,105150/(1,397 - 0,002)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,075402} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - 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

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,084373 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{16171,523} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,074814 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{14339,416} \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,075001 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{14375,164} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 490,190 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -963,790 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 11418,210 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -5364,360 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 361,210 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -646,890 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 1861,470 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = 102,850 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (16171,523 - 361,21) / 490,19$$

$$Z_{LM71} = 32,253 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (16171,523 - 646,89) / 963,79$$

$$Z_{LM71} = 16,108 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (14339,416 - 1861,47) / 11418,21$$

$$Z_{LM71} = 1,093 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (14339,416 - 102,85) / 5364,36$$

$$Z_{LM71} = 2,654 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2518,705 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

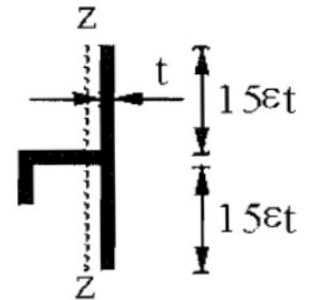
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

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

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 2518,705 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2518,705} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1159,760 \text{ kN} \quad V_{z,UIC,MIN} = -1128,770 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 200,360 \text{ kN} \quad V_{z,MIN,b} = -186,040 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 200,36) / 1159,76$$

$$Z_{LM71} = \underline{1,999} \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 186,04) / 1128,77$$

$$Z_{LM71} = \underline{2,067} \geq 1,0$$

\rightarrow **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 9

Materiál: ocel S37 (S235)

(rok výroby 1966)

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

$$\varepsilon = \underline{\underline{1,011}}$$

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

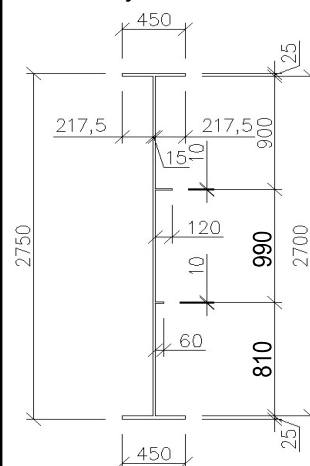
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- 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

$$c/t_f \leq 9.\varepsilon$$

$$217,5/25 \leq 9.1,011$$

$$8,700 \leq 9,097$$

→ 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)

$$c/t_w \leq 72.\varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72.1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ 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

$$\sigma_1' = M_{ed} / W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 8,747 / 0,048684$$

$$\sigma_1' = \underline{179,664 \text{ MPa}}$$

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

$$b_c = z_{V1}$$

$$b_c = \underline{900,0 \text{ mm}}$$

$$b_{eff} = 0,917 \cdot 900$$

$$b_{eff} = \underline{825,1 \text{ mm}}$$

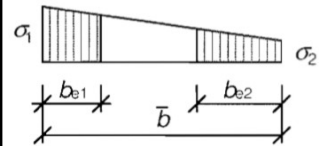
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

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

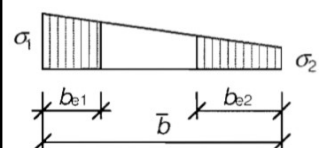
rov. (4.2)

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

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,009^2 - 0,001124 \cdot (0,509 + 0,009)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066431 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066431/(1,371+0,009)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048150} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066431/(1,379-0,009)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048477} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063676 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12204,612} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048150 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9228,722} \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048684 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9331,011} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 642,070 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -799,250 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 7044,120 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6148,950 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 87,480 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -663,140 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 355,630 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -552,730 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,204,612 - 87,48) / 642,07$$

$$Z_{LM71} = 18,872 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,204,612 - 663,14) / 799,25$$

$$Z_{LM71} = 14,440 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,228,722 - 355,63) / 7044,12$$

$$Z_{LM71} = 1,260 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,228,722 - 552,73) / 6148,95$$

$$Z_{LM71} = 1,411 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

$$\bar{\lambda}_p = (z_{V2}/t_w) / [28,4 \cdot \epsilon \cdot (k_\sigma)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = (810/15) / [28,4 \cdot 1,011 \cdot (5,648)^{1/2}]$$

$$\bar{\lambda}_p = \underline{\underline{0,792}}$$

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

$$b_{eff} = 0,965 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{781,4 \text{ mm}}}$$

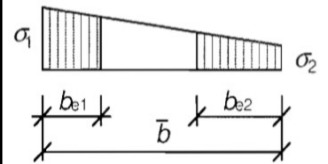
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

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

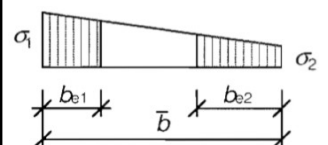
rov. (4.2)

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

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066737 - 0,064800 \cdot 0,003^2 - 0,000428 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066646 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066646/(1,371 - 0,003)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048724} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066646/(1,379 + 0,003)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048218} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,064372 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12337,885} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048218 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9241,815} \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048389 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9274,626} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 642,070 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -799,250 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 7044,120 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -6148,950 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 87,480 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -663,140 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = 355,630 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -552,730 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,337,885 - 87,48) / 642,07$$

$$Z_{LM71} = 19,080 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,337,885 - 663,14) / 799,25$$

$$Z_{LM71} = 14,607 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,241,815 - 355,63) / 7044,12$$

$$Z_{LM71} = 1,262 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,241,815 - 552,73) / 6148,95$$

$$Z_{LM71} = 1,413 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,562 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2518,705 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{0,000006}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000001 \text{ m}^4}$$

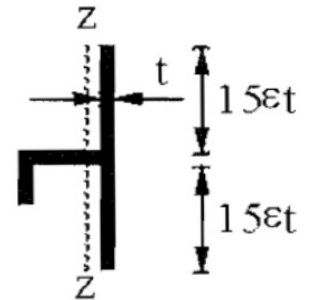
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000007 \text{ m}^4}$$

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

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 2518,705 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2518,705} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1408,700 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -224,730 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 265,190 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = 122,640 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 265,19) / 1408,7$$

$$Z_{LM71} = (2518,705 - 122,64) / 224,73$$

$$Z_{LM71} = 1,600 \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = 10,662 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

→ **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 10

Materiál: ocel S37 (S235)
(rok výroby 1966)

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

$$\varepsilon = \underline{\underline{1,011}}$$

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

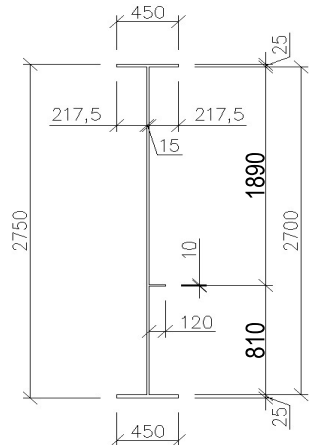
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- 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

$$\sigma_1 = (\sigma_1'/z_H) \cdot (z_H - t_f)$$

$$\sigma_1 = (96,220/1 \ 383) \cdot (1 \ 383 - 25)$$

$$\sigma_1 = \underline{\underline{94,481 \text{ MPa}}}$$

Napětí v dolních vláknech stojiny

$$\sigma_2 = (\sigma_2'/z_D) \cdot (z_D - t_f)$$

$$\sigma_2 = (-95,050/1 \ 367) \cdot (1 \ 367 - 25)$$

$$\sigma_2 = \underline{\underline{-93,311 \text{ MPa}}}$$

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

$$\rho = 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p \leq 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\text{nebo} \quad 1,292 \leq 0,873 \quad \text{Nevyhovuje}$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1,0 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_p > 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{1/2}$$

$$\rho = \underline{\underline{0,708}} \quad 1,292 > 0,873 \quad \text{Vyhovuje}$$

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

$$b_{eff} = 0,708 \cdot 1 \ 358$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,5 \text{ mm}}}$$

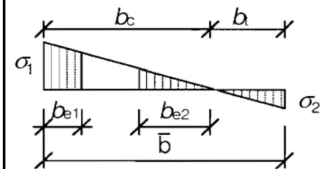
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

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

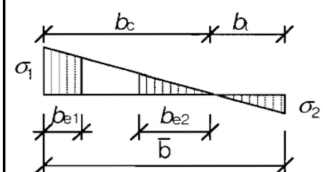
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,5$$

$$b_{e1} = \underline{\quad 384,6 \text{ mm} \quad}$$

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

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,020376 - 0,014422$$

$$A_0 = \underline{\quad 0,005954 \text{ m}^2 \quad}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,064200 - 0,005954$$

$$A_{eff} = \underline{\quad 0,058246 \text{ m}^2 \quad}$$

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

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,072^2 - 0,005954 \cdot (0,775 + 0,072)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\quad 0,062007 \text{ m}^4 \quad}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,062007/(1,383+0,072)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,042607} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním

vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,062007/(1,367-0,072)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,047894} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním

vláknům účinného průřezu

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,058246 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{11163,852} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,042607 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{8166,402} \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048151 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9228,994} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.6

rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 635,600 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -487,690 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 4120,500 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -7096,480 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 41,300 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -680,330 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -52,860 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -1170,110 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (11163,852 - 41,3) / 635,6$$

$$Z_{LM71} = 17,499 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (11163,852 - 680,33) / 487,69$$

$$Z_{LM71} = 21,496 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (8166,402 - 52,86) / 4120,5$$

$$Z_{LM71} = 1,969 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (8166,402 - 1170,11) / 7096,48$$

$$Z_{LM71} = 0,986 \geq 1,0$$

→ **Nevyhovuje**

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

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

$$b_{eff} = 0,967 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,9 \text{ mm}}}$$

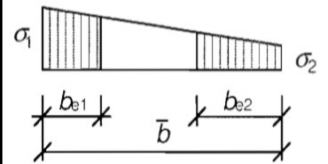
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

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

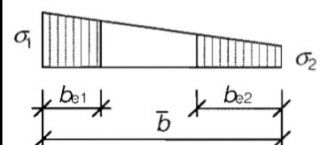
rov. (4.2)

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

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,066613 - 0,064200 \cdot 0,003^2 - 0,000406 \cdot (0,456 + 0,003)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\underline{0,066527 \text{ m}^4}}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,066527/(1,383 - 0,003)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,048190 \text{ m}^3}$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,066527/(1,367 + 0,003)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,048578 \text{ m}^3}$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,063794 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{12227,138 \text{ kN}}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048578 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9310,833 \text{ kNm}}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,048744 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{9342,598 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 635,600 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -487,690 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 4120,500 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -7096,480 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 41,300 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -680,330 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -52,860 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -1170,110 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 41,3) / 635,6$$

$$Z_{LM71} = 19,172 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (12\,227,138 - 680,33) / 487,69$$

$$Z_{LM71} = 23,677 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 52,86) / 4120,5$$

$$Z_{LM71} = 2,247 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (9\,310,833 - 1170,11) / 7096,48$$

$$Z_{LM71} = 1,147 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2500,778 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

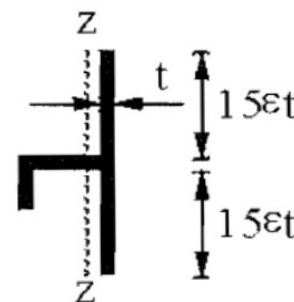
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

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

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 2500,778 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2500,778} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1677,660 \text{ kN}$$

$$V_{z,UIC,MIN} = -208,180 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 318,310 \text{ kN}$$

$$V_{z,MIN,b} = 157,830 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 318,31) / 1677,66$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 157,83) / 208,18$$

$$Z_{LM71} = \underline{1,301} \geq 1,0$$

$$Z_{LM71} = \underline{11,254} \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

\rightarrow **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)

Průřez č. 11

Materiál: ocel S37 (S235)
(rok výroby 1966)

$$f_y = 230,000 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360,000 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = (235/f_y)^{1/2}$$

$$\varepsilon = (235/230)^{1/2}$$

$$\varepsilon = \underline{\underline{1,011}}$$

$$\gamma_{m0} = 1,100$$

$$\gamma_{m1} = 1,200$$

$$\gamma_{m2} = 1,300$$

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_H - vzdálenost k horním vláknům

$$Z_D = 1405,2 \text{ mm}$$

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

ČD Sr 5

Tab. A.1

f_y - mez kluzu oceli

f_u - mez pevnosti oceli

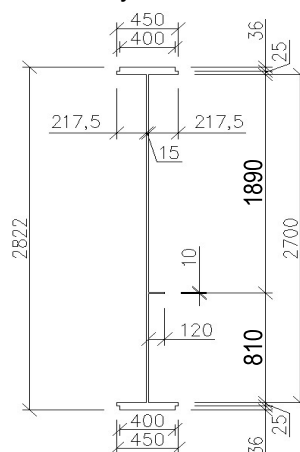
ε - poměrné přetvoření

$\gamma_{m0}, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$

- 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)

$$c/t_f \leq 9 \cdot \varepsilon$$

$$217,5/61 \leq 9 \cdot 1,011$$

$$3,566 \leq 9,097$$

→ 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)

$$c/t_w \leq 72 \cdot \varepsilon$$

$$2700/15 \leq 72 \cdot 1,011$$

$$180,000 \leq 72,778$$

→ 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

$$\sigma_1' = M_{ed}/W_{el,yH}$$

$$\sigma_1' = 3,254/0,086462$$

$$\sigma_1' = \underline{\underline{37,639 \text{ MPa}}}$$

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

$$\rho = 1,0$$

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

$$b_{eff} = 0,709 \cdot 1\,356$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{961,6 \text{ mm}}}$$

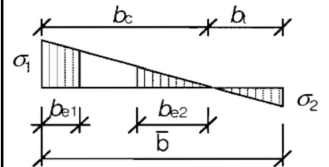
$M_{y,MAX}$

$$M_{ed} = M_{y,MAX}$$

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

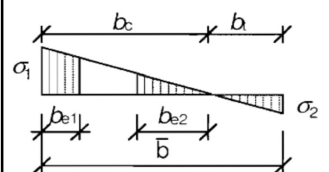
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot 961,6$$

$$b_{e1} = \underline{\quad 384,6 \text{ mm} \quad}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot 961,6$$

$$b_{e2} = \underline{\quad 577,0 \text{ mm} \quad}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 1,356$$

$$A_c = \underline{\quad 0,020337 \text{ m}^2 \quad}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,709 \cdot 0,020337$$

$$A_{c,eff} = \underline{\quad 0,014424 \text{ m}^2 \quad}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,020337 - 0,014424$$

$$A_0 = \underline{\quad 0,005913 \text{ m}^2 \quad}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,093000 - 0,005913$$

$$A_{eff} = \underline{\quad 0,087087 \text{ m}^2 \quad}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,005913 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\quad 394,2 \text{ mm} \quad}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 577,0 + 394,2 / 2$$

$$z_p = \underline{\quad 774,1 \text{ mm} \quad}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,005913 / 0,093000) \cdot 0,774$$

$$\Delta y = \underline{\quad 49,2 \text{ mm} \quad}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,122500 - 0,093000 \cdot 0,049^2 - 0,005913 \cdot (0,774 + 0,049)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\quad 0,118267 \text{ m}^4 \quad}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H + \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,118267/(1,417 + 0,049)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,080672} \text{ m}^3$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D - \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,118267/(1,405 - 0,049)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,087219} \text{ m}^3$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,087087 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{16691,721} \text{ kN}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yH,eff} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,080672 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{15462,178} \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yH} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,086462 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{16571,888} \text{ kNm}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 1530,650 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -289,660 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 3156,440 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -13526,110 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 221,620 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -760,530 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -344,870 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -3205,700 \text{ kNm}$$

Osové síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (16\,691,721 - 221,62) / 1530,65$$

$$Z_{LM71} = 10,760 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (16\,691,721 - 760,53) / 289,66$$

$$Z_{LM71} = 55,000 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (15\,462,178 - 344,87) / 3156,44$$

$$Z_{LM71} = 4,789 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (15\,462,178 - 3205,7) / 13526,11$$

$$Z_{LM71} = 0,906 \geq 1,0$$

→ **Nevyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

$$b_{eff} = 0,966 \cdot 810$$

$$b_{eff} = \underline{\underline{782,6 \text{ mm}}}$$

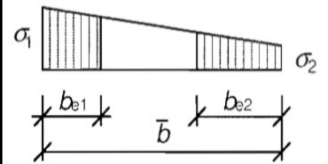
$M_{y,MIN}$

$$M_{ed} = M_{y,MIN}$$

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

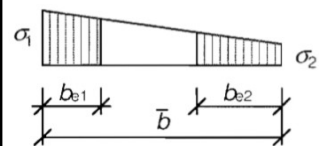
rov. (4.2)

ČSN EN 1993-1-5

kap. 4.4

tab. 4.1

rov. (4.1)



$$b_{e1} = [2/(5-\psi)] \cdot b_{eff}$$

$$b_{e1} = [2/(5-0,397)] \cdot 782,6$$

$$b_{e1} = \underline{\quad 340,1 \text{ mm} \quad}$$

b_{e1} - délka účinné části stojiny
v oblasti pásnice

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.4
tab. 4.1

$$b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$$

$$b_{e2} = 782,6 - 340,1$$

$$b_{e2} = \underline{\quad 442,6 \text{ mm} \quad}$$

b_{e2} - délka účinné části stojiny
v oblasti neutrální osy

$$A_c = t_w \cdot b_c$$

$$A_c = 0,015 \cdot 0,810$$

$$A_c = \underline{\quad 0,012150 \text{ m}^2 \quad}$$

A_c - plocha plného průřezu tlačené
části stojiny

A_0 - plocha neúčinné
části průřezu

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

$$A_{c,eff} = 0,966 \cdot 0,012150$$

$$A_{c,eff} = \underline{\quad 0,011739 \text{ m}^2 \quad}$$

$A_{c,eff}$ - účinná plocha průřezu tlačené
části stojiny

$$A_0 = A_c - A_{c,eff}$$

$$A_0 = 0,012150 - 0,01174$$

$$A_0 = \underline{\quad 0,000411 \text{ m}^2 \quad}$$

$$A_{eff} = A - A_0$$

$$A_{eff} = 0,093000 - 0,000411$$

$$A_{eff} = \underline{\quad 0,092589 \text{ m}^2 \quad}$$

A_{eff} - účinná plocha celého průřezu

z_p - vzdálenost těžiště
neúčinného průřezu od
původní těžišťové osy

$$b_0 = A_0 / t_w$$

$$b_0 = 0,000411 / 0,015$$

$$b_0 = \underline{\quad 27,4 \text{ mm} \quad}$$

b_0 - neúčinná délka stojiny

$$z_p = b_{e2} + b_0 / 2$$

$$z_p = 442,6 + 27,4 / 2$$

$$z_p = \underline{\quad 456,2 \text{ mm} \quad}$$

$$\Delta y = (A_0 / A) \cdot z_p$$

$$\Delta y = (0,000411 / 0,093000) \cdot 0,456$$

$$\Delta y = \underline{\quad 2,0 \text{ mm} \quad}$$

Δy - posunutí těžišťové osy

Statický moment setrvačnosti účinného průřezu

$$I_{y,eff} = I_y - A \cdot \Delta y^2 - A_0 \cdot (z_p + \Delta y)^2$$

$$I_{y,eff} = 0,122500 - 0,093000 \cdot 0,002^2 - 0,000411 \cdot (0,456 + 0,002)^2$$

$$I_{y,eff} = \underline{\quad 0,122413 \text{ m}^4 \quad}$$

$$W_{yH,eff} = I_{y,eff}/(z_H - \Delta y)$$

$$W_{yH,eff} = 0,122413/(1,417-0,002)$$

$$W_{yH,eff} = \underline{0,086524 \text{ m}^3}$$

$W_{yH,eff}$ - průřezový modul k horním vláknům účinného průřezu

$$W_{yD,eff} = I_{y,eff}/(z_D + \Delta y)$$

$$W_{yD,eff} = 0,122413/(1,405+0,002)$$

$$W_{yD,eff} = \underline{0,086990 \text{ m}^3}$$

$W_{yD,eff}$ - průřezový modul k dolním vláknům účinného průřezu

Posouzení

$$N_{rd} = f_y \cdot A_{eff} / \gamma_{m1}$$

$$N_{rd} = 230000 \cdot 0,092589 / 1,2$$

$$N_{rd} = \underline{17746,312 \text{ kN}}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{yD,eff} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,086990 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{16673,135 \text{ kNm}}$$

$$M_{rd} = f_y \cdot W_{el,yD} / \gamma_{m1}$$

$$M_{rd} = 230000 \cdot 0,087177 / 1,2$$

$$M_{rd} = \underline{16708,844 \text{ kNm}}$$

ČSN EN 1993-1-5
kap. 4.6
rov. (4.14)

Vnitřní účinky od UIC 71

$$N_{UIC,MAX} = 1530,650 \text{ kN}$$

$$N_{UIC,MIN} = -289,660 \text{ kN}$$

$$M_{y,UIC,MAX} = 3156,440 \text{ kNm}$$

$$M_{y,UIC,MIN} = -13526,110 \text{ kNm}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$N_{MAX,b} = 221,620 \text{ kN}$$

$$N_{MIN,b} = -760,530 \text{ kN}$$

$$M_{y,MAX,b} = -344,870 \text{ kNm}$$

$$M_{y,MIN,b} = -3205,700 \text{ kNm}$$

Osová síly

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MAX,b}) / N_{UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (17746,312 - 221,62) / 1530,65$$

$$Z_{LM71} = 11,449 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (N_{rd} - N_{MIN,b}) / N_{UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (17746,312 - (-760,53)) / 289,66$$

$$Z_{LM71} = 58,640 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

Momenty

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MAX,b}) / M_{y,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (16673,135 - (-344,87)) / 3156,44$$

$$Z_{LM71} = 5,173 \geq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (M_{rd} - M_{y,MIN,b}) / M_{y,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (16673,135 - (-3205,7)) / 13526,11$$

$$Z_{LM71} = 0,996 \geq 1,0$$

→ **Nevyhovuje**

SŽDC ČD SR 5
kap. 4.7.6
rov. (4.4)

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

$$V_{bw,Rd} = [(\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{bw,Rd} = (0,558 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{bw,Rd} = \underline{2500,778 \text{ kN}}$$

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

$$I_{v1} = \underline{\text{není}}$$

$$I_{v2} = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

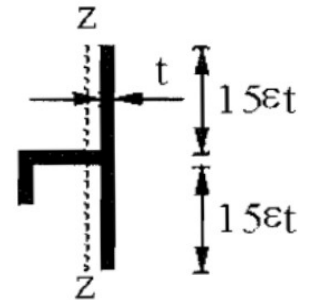
$$I_v = I_{v1} + I_{v2}$$

$$I_v = \underline{0,000006 \text{ m}^4}$$

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

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq [(\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\gamma_{m1} \cdot 3^{1/2})]$$

$$V_{b,Rd} = 2500,778 \leq (1,2 \cdot 230000 \cdot 2,7 \cdot 0,015) / [1,2 \cdot 3^{1/2}]$$

$$V_{b,Rd} = \underline{2500,778} \leq \underline{5378,018} \quad \rightarrow \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení zatížitelnosti

Vnitřní účinky od UIC 71

$$V_{z,UIC,MAX} = 1912,420 \text{ kN} \quad V_{z,UIC,MIN} = -208,180 \text{ kN}$$

Vnitřní účinky od ostatního zatížení

$$V_{z,MAX,b} = 392,760 \text{ kN} \quad V_{z,MIN,b} = 163,620 \text{ kN}$$

Smykové síly

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MAX,b}) / V_{z,UIC,MAX}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 392,76) / 1912,42$$

$$Z_{LM71} = \underline{1,102} \geq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

$$Z_{LM71} = (V_{b,Rd} - V_{z,MIN,b}) / V_{z,UIC,MIN}$$

$$Z_{LM71} = (2500,778 - 163,62) / 208,18$$

$$Z_{LM71} = \underline{11,227} \geq 1,0$$

\rightarrow **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)

SŽDC ČD SR 5

kap. 4.7.6

rov. (4.4)