

1 Spissky hrad

Popis: zosilneny (zdvojeny) nosnik pod stlpom

Poznámka: podrobny staticky vypocet

2 Norma

Norma výpočtu EN 1993-1-1

Výpočet je proveden podle České národní přílohy.

Součinitel únosnosti průřezu $\gamma_{M0} = 1,000$

Součinitel únosnosti při posouzení stability $\gamma_{M1} = 1,000$

Součinitel únosnosti oslabeného průřezu $\gamma_{M2} = 1,250$

3 prierez pod stlpom

3.1 Vstupní data

Délka dílce: 12,000 m

Průřez

Název: 2 x HE 550 A

KONSTRUKČNÍ OCEL, SLOŽENÝ VÁLCOVANÝ - 2 X HE 550 A	
Rozměry průřezu	
dílčí průřez	HE 550 A
počet prvků složeného průřezu	2
Rozměry dílčího průřezu	
výška průřezu	$h = 540,0 \text{ mm}$
šířka horní pásnice	$b_{ft} = 300,0 \text{ mm}$
šířka spodní pásnice	$b_{fb} = 300,0 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$t_w = 12,5 \text{ mm}$
tloušťka horní pásnice	$t_{ft} = 24,0 \text{ mm}$
tloušťka spodní pásnice	$t_{fb} = 24,0 \text{ mm}$
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	$R_1 = 27,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 4,236E+04 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 300,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 270,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 2,238E+09 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 1,170E+09 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 229,9 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 166,2 \text{ mm}$
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 8,939E+08 \text{ mm}^4$
Výsečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	$y_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
z-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	$z_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
výsečový moment setrvačnosti ke středu smyku	$I_{w.s} = 2,881E+13 \text{ mm}^6$

Materiál

Název: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Modul pružnosti $E : 210000 \text{ MPa}$

Modul pružnosti ve smyku $G : 81000 \text{ MPa}$
 Mez kluzu $f_y : 235,0 \text{ MPa}$
 Mez pevnosti $f_u : 360,0 \text{ MPa}$

Zatížení - vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zatěžovací případ	N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]	T _t [kNm]	T _ω [kNm]	Bimoment [kNm ²]
Zat. případ 1	0,000	254,000	1521,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr $L_z = 12,000 \text{ m}$
 Součinitel vzpěrné délky k_z Nezádáno
 Délka úseku pro vzpěr $L_y = 12,000 \text{ m}$
 Součinitel vzpěrné délky k_y Nezádáno
 Délka úseku pro vzpěr $L_\omega = 12,000 \text{ m}$
 Součinitel vzpěrné délky k_ω Nezádáno

Výztuhy stěn průřezu

Zadány ve vzdálenostech 0,000 m

3.2 Výsledky

Mezivýsledky

Zatřídění průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$$

Zatřídění levé stěny:

$$c = 468,0 \text{ mm}$$

$$t = 12,5 \text{ mm}$$

Průřez je namáhán kombinací ohybu a osově síly:

$$\alpha = 0,500$$

$$c/t = 37,4; \quad 37,4 < 72,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé stěny:

$$c = 468,0 \text{ mm}$$

$$t = 12,5 \text{ mm}$$

Průřez je namáhán kombinací ohybu a osově síly:

$$\alpha = 0,500$$

$$c/t = 37,4; \quad 37,4 < 72,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění dolní stěny:

$$c = 287,5 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 12,0; \quad 12,0 < 33,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění horní stěny:

$$c = 287,5 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 12,0; \quad 12,0 < 33,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé přečnickující části horní pásnice:

$$c = 116,8 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 4,9; \quad 4,9 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé přečnickující části horní pásnice:

$$c = 116,8 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 4,9; \quad 4,9 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé přečnickující části dolní pásnice:

$$c = 116,8 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 4,9; \quad 4,9 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé přečnivající části dolní pásnice:

$$c = 116,8 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 4,9; \quad 4,9 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Průřez spadá do třídy 1

Podle zadání bude posouzen jako průřez třídy 3

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

$$\text{Smyková plocha } A_{v,z} = 1,675\text{E}04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,z} = 2272,866 \text{ kN}$$

Smyková únosnost při boulení:

$$d/t_w = 35,0 < \text{INF}$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

$$\text{Smyková únosnost při boulení } V_{ba,Rd,z} = 2272,866 \text{ kN}$$

$$\text{Výpočtová únosnost ve smyku } V_{Rd,z} = 2272,866 \text{ kN}$$

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

$$\text{Smyková plocha } A_{v,y} = 2,561\text{E}04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,y} = 3474,425 \text{ kN}$$

Smyková únosnost při boulení:

ve směru osy y:

$$d/t_w = 9,7 < \text{INF}$$

Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

Výpočet únosnosti v tahu

$$V_z \leq 0,5 \cdot 2272,866 \text{ kN}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 3474,425 \text{ kN}$$

$$\text{Výpočtová únosnost v tahu } N_{t,Rd} = 9954,600 \text{ kN}$$

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_y

$$V_z \leq 0,5 \cdot 2272,866 \text{ kN}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 3474,425 \text{ kN}$$

Průřezový modul W_y (v rozích průřezu):

$$W_{y[1]} = 8,289\text{E}06 \text{ mm}^3$$

$$W_{y[2]} = 8,289\text{E}06 \text{ mm}^3$$

$$W_{y[3]} = -8,289\text{E}06 \text{ mm}^3$$

$$W_{y[4]} = -8,289\text{E}06 \text{ mm}^3$$

Moment únosnosti průřezu $M_{c,Rd,y}$ (v rozích průřezu):

$$M_{c,Rd,y[1]} = 1947,889 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[2]} = 1947,889 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[3]} = 1947,889 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[4]} = 1947,889 \text{ kNm}$$

Výpočtový moment únosnosti $M_{c,Rd,y}$ (v rozích průřezu):

$$M_{c,Rd,y[1]} = 1947,889 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[2]} = 1947,889 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[3]} = 1947,889 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[4]} = 1947,889 \text{ kNm}$$

Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke klopení

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_z

$$V_z \leq 0,5 \cdot 2272,866 \text{ kN}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 3474,425 \text{ kN}$$

Průřezový modul W_z (v rozích průřezu):

$$W_{z[1]} = -3,898\text{E}06 \text{ mm}^3$$

$$W_z[2] = 3,898E06 \text{ mm}^3$$

$$W_z[3] = 3,898E06 \text{ mm}^3$$

$$W_z[4] = -3,898E06 \text{ mm}^3$$

Moment únosnosti průřezu $M_{c,Rd,z}$ (v rozích průřezu):

$$M_{c,Rd,z}[1] = 916,108 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[2] = 916,108 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[3] = 916,108 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[4] = 916,108 \text{ kNm}$$

Výpočtový moment únosnosti $M_{c,Rd,z}$ (v rozích průřezu):

$$M_{c,Rd,z}[1] = 916,108 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[2] = 916,108 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[3] = 916,108 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[4] = 916,108 \text{ kNm}$$

Posouzení smykové únosnosti

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití	
V_z	254,000 kN	2272,866 kN	11,2 %	Vyhovuje
V_y	0,000 kN	3474,425 kN	0,0 %	Vyhovuje

Posouzení kombinace osově síly a ohybových momentů

Posudek nejneprůzračnější kombinace prostého tahu a ohybu:

Posouzení pro vzpěr Y:

$$| 0,000 + 0,781 + 0,000 | < 1$$

$$0,781 < 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení štíhlosti

Vypočtená štíhlost prutu: 72,2

Mezní štíhlost prutu: 120,0

Štíhlost vyhovuje

Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1

Třída průřezu: 1 podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$$254,000 \text{ kN} < 2272,866 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Vnitřní síly: $N = 0,000 \text{ kN}$; $M_y = 1521,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejneprůzračnější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $M_{y,R} = 1947,889 \text{ kNm}$

$$| 0,000 + 0,781 + 0,000 | = | 0,781 | < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení štíhlosti dílce:

štíhlost dílce: 72,2

mezní štíhlost: 120,0

Štíhlost dílce vyhovuje

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 78,1 %

4 nosnik pod stlpom

4.1 Vstupní data

Délka dílce: 12,000 m

Průřez

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	Průřez	Natočení [°]
1	0,000	12,000	2 x HE 550 A	0,0

KONSTRUKČNÍ OCEL, SLOŽENÝ VÁLCOVANÝ - 2 X HE 550 A	
Rozměry průřezu	
dílčí průřez	HE 550 A
počet prvků složeného průřezu	2
Rozměry dílčího průřezu	
výška průřezu	$h = 540,0 \text{ mm}$
šířka horní pásnice	$b_{ft} = 300,0 \text{ mm}$
šířka spodní pásnice	$b_{fb} = 300,0 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$t_w = 12,5 \text{ mm}$
tloušťka horní pásnice	$t_{ft} = 24,0 \text{ mm}$
tloušťka spodní pásnice	$t_{fb} = 24,0 \text{ mm}$
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	$R_1 = 27,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 4,236\text{E}+04 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 300,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 270,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 2,238\text{E}+09 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 1,170\text{E}+09 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 229,9 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 166,2 \text{ mm}$
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 8,939\text{E}+08 \text{ mm}^4$
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	$y_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
z-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	$z_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
výšečový moment setrvačnosti ke středu smyku	$I_{w.s} = 2,881\text{E}+13 \text{ mm}^6$

Materiál

Název: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Modul pružnosti	E : 210000 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G : 81000 MPa
Mez kluzu	f_y : 235,0 MPa
Mez pevnosti	f_u : 360,0 MPa

Zatížení - vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zat. případ 1:

	N[kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]	T _t [kNm]	T _ω [kNm]	B[kNm ²]
Max. hodnota	0,000	254,000	1521,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Min. hodnota	0,000	-254,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Zat. případ 1:

X[m]	N[kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]	T _t [kNm]	T _ω [kNm]	B[kNm ²]
0,000	0,000	254,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,900		227,000	1359,000					
6,000		0,000	1521,000					
6,100		-227,000	1359,000					
12,000	0,000	-254,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Vzpěr

Se vzpěrem se nepočítá

Klopení

S klopením se nepočítá

4.2 Výsledky

Mezivýsledky

Zatřídění průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$$

Zatřídění levé stěny:

$$c = 468,0 \text{ mm}$$

$$t = 12,5 \text{ mm}$$

Průřez je namáhán kombinací ohybu a osově síly:

$$\alpha = 0,500$$

$$c/t = 37,4; \quad 37,4 < 72,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé stěny:

$$c = 468,0 \text{ mm}$$

$$t = 12,5 \text{ mm}$$

Průřez je namáhán kombinací ohybu a osově síly:

$$\alpha = 0,500$$

$$c/t = 37,4; \quad 37,4 < 72,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění dolní stěny:

$$c = 287,5 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 12,0; \quad 12,0 < 33,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění horní stěny:

$$c = 287,5 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 12,0; \quad 12,0 < 33,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé přečnickující části horní pásnice:

$$c = 116,8 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 4,9; \quad 4,9 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé přečnickující části horní pásnice:

$$c = 116,8 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 4,9; \quad 4,9 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé přečnickující části dolní pásnice:

$$c = 116,8 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 4,9; \quad 4,9 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé přečnickující části dolní pásnice:

$$c = 116,8 \text{ mm}$$

$$t = 24,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 4,9; \quad 4,9 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Průřez spadá do třídy 1

Podle zadání bude posouzen jako průřez třídy 3

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

Smyková plocha $A_{v,z} = 1,675E04 \text{ mm}^2$
Smyková únosnosť prúžezu $V_{pl,Rd,z} = 2272,866 \text{ kN}$
Smyková únosnosť pri boulení:
 $d/t_w = 35,0 < 69,0$
Boulení stojiny prúžezu nemusí být posuzováno
Smyková únosnosť pri boulení $V_{ba,Rd,z} = 2272,866 \text{ kN}$
Výpočtová únosnosť ve smyku $V_{Rd,z} = 2272,866 \text{ kN}$

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

Smyková plocha $A_{v,y} = 2,561E04 \text{ mm}^2$
Smyková únosnosť prúžezu $V_{pl,Rd,y} = 3474,425 \text{ kN}$
Smyková únosnosť pri boulení:
ve směru osy y:
 $d/t_w = 9,7 < 69,0$
Boulení vodorovných stěn prúžezu nemusí být posuzováno

Výpočet únosnosti v tahu

$V_z \leq 0.5 \cdot 2272,866 \text{ kN}$
 $V_y \leq 0.5 \cdot 3474,425 \text{ kN}$
Výpočtová únosnosť v tahu $N_{t,Rd} = 9954,600 \text{ kN}$

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_y

$V_z \leq 0.5 \cdot 2272,866 \text{ kN}$
 $V_y \leq 0.5 \cdot 3474,425 \text{ kN}$
Prúžezový modul W_y (v rozích prúžezu):
 $W_{y[1]} = 8,289E06 \text{ mm}^3$
 $W_{y[2]} = 8,289E06 \text{ mm}^3$
 $W_{y[3]} = -8,289E06 \text{ mm}^3$
 $W_{y[4]} = -8,289E06 \text{ mm}^3$
Moment únosnosti prúžezu $M_{c,Rd,y}$ (v rozích prúžezu):
 $M_{c,Rd,y[1]} = 1947,889 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd,y[2]} = 1947,889 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd,y[3]} = 1947,889 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd,y[4]} = 1947,889 \text{ kNm}$
Výpočet klopení se neprovádí
Výpočtový moment únosnosti $M_{c,Rd,y}$ (v rozích prúžezu):
 $M_{c,Rd,y[1]} = 1947,889 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd,y[2]} = 1947,889 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd,y[3]} = 1947,889 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd,y[4]} = 1947,889 \text{ kNm}$

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_z

$V_z \leq 0.5 \cdot 2272,866 \text{ kN}$
 $V_y \leq 0.5 \cdot 3474,425 \text{ kN}$
Prúžezový modul W_z (v rozích prúžezu):
 $W_{z[1]} = -3,898E06 \text{ mm}^3$
 $W_{z[2]} = 3,898E06 \text{ mm}^3$
 $W_{z[3]} = 3,898E06 \text{ mm}^3$
 $W_{z[4]} = -3,898E06 \text{ mm}^3$
Moment únosnosti prúžezu $M_{c,Rd,z}$ (v rozích prúžezu):
 $M_{c,Rd,z[1]} = 916,108 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd,z[2]} = 916,108 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd,z[3]} = 916,108 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd,z[4]} = 916,108 \text{ kNm}$
Výpočet klopení se neprovádí

Výpočtový moment únosnosti $M_{c,Rd,z}$ (v rozích průřezu):

$$M_{c,Rd,z}[1] = 916,108 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[2] = 916,108 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[3] = 916,108 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[4] = 916,108 \text{ kNm}$$

Posouzení smykové únosnosti

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití	
V_z	0,000 kN	2272,866 kN	0,0 %	Vyhovuje
V_y	0,000 kN	3474,425 kN	0,0 %	Vyhovuje

Posouzení kombinace osově síly a ohybových momentů

Posudek nejneprůzračnější kombinace prostého tahu a ohybu:

Posouzení (vzpěr Y se nepočítá):

$$| 0,000 + 0,781 + 0,000 | < 1$$

$$0,781 < 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení štíhlosti

Vypočtená štíhlost prutu: 72,2

Mezní štíhlost prutu: 120,0

Štíhlost vyhovuje

Celkové posouzení

Výsledky pro zatěžovací případ: Zat. případ 1

Třída průřezu: 1 podle zadání počítáno jako třída 3

Vnitřní síly: $N = 0,000 \text{ kN}$; $M_y = 1521,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejneprůzračnější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $M_{y,R} = 1947,889 \text{ kNm}$

$$| 0,000 + 0,781 + 0,000 | = | 0,781 | < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení štíhlosti dílce:

štíhlost dílce: 72,2

mezní štíhlost: 120,0

Štíhlost dílce vyhovuje

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 78,1 %