

1 Dimenzace - Ing. Jiří Novotný

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 DS1 : Trámy

3.1 Vstupní data

Délka dílce: 4,000 m

Průřez

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	Průřez	Natočení [°]
1	0,000	4,000	I 200	0,0

TYČE PRŮŘEZU I - I 200

Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 200,0 \text{ mm}$
šířka horní pásnice	$b_{ft} = 90,0 \text{ mm}$
šířka spodní pásnice	$b_{fb} = 90,0 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$t_w = 7,5 \text{ mm}$
tloušťka horní pásnice	$t_{ft} = 11,3 \text{ mm}$
tloušťka spodní pásnice	$t_{fb} = 11,3 \text{ mm}$
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	$R_1 = 7,5 \text{ mm}$
poloměr zaoblení vnitřních hran pásnic	$R_2 = 4,5 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 3,340E+03 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 45,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 100,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 2,140E+07 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 1,160E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 80,0 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 18,6 \text{ mm}$
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 1,360E+05 \text{ mm}^4$
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	$I_{w,s} = 9,980E+09 \text{ mm}^6$

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 MPa**Zatížení - vnitřní síly****Celkový počet zatěžovacích případů: 4****Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD1:**

	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	36,524	15,131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Min. hodnota	-13,569	-36,524	-21,394	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD2:

	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	36,524	15,131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Min. hodnota	-13,569	7,305	-21,394	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD3:

	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	34,588	14,843	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Min. hodnota	-19,883	-38,461	-25,651	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD4:

	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	34,588	14,843	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Min. hodnota	-19,883	-38,461	-25,651	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD1:

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	-13,569	-36,524	-21,394	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
0,400	-13,569	-29,220	-8,245					
0,800	-13,569	-21,915	1,982					
1,200	-13,569	-14,610	9,287					
1,600	-13,569	-7,305	13,670					
2,000	-13,569	0,000	15,131					
2,400	-13,569	7,305	13,670					
2,800	-13,569	14,610	9,287					
3,200	-13,569	21,915	1,982					
3,600	-13,569	29,220	-8,245					
4,000	-13,569	36,524	-21,394	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD2:

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	-13,569	-36,524	-21,394	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
0,400	-13,569	-29,220	-8,245					
0,800	-13,569	-21,915	1,982					
1,200	-13,569	-14,610	9,287					
1,600	-13,569	-7,305	13,670					
2,000	-13,569		15,131					
2,400	-13,569	7,305	13,670					
2,800	-13,569	14,610	9,287					
3,200	-13,569	21,915	1,982					
3,600	-13,569	29,220	-8,245					
4,000	-13,569	36,524	-21,394	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD3:

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	-19,883	-38,461	-25,651	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
0,427	-19,883	-30,669	-10,903					
0,853	-19,883	-22,878	0,520					
1,280	-19,883	-15,086	8,619					
1,707	-19,883	-7,294	13,393					
2,133	-19,883	0,498	14,843					
2,507	-19,883	7,316	13,384					
2,880	-19,883	14,134	9,380					
3,253	-19,883	20,952	2,831					
3,627	-19,883	27,770	-6,264					
4,000	-19,883	34,588	-17,904	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD4:

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	-19,883	-38,461	-25,651	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
0,427	-19,883	-30,669	-10,903					
0,853	-19,883	-22,878	0,520					
1,280	-19,883	-15,086	8,619					
1,707	-19,883	-7,294	13,393					
2,133	-19,883	0,498	14,843					
2,507	-19,883	7,316	13,384					
2,880	-19,883	14,134	9,380					
3,253	-19,883	20,952	2,831					
3,627	-19,883	27,770	-6,264					
4,000	-19,883	34,588	-17,904	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

Vzpěr**Vzpěr při vybočení kolmo k ose z:**

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	Délka pro vzpěr [m]	Souč. vzp. délky k _z	Vzpěrná délka L _{cr,z} [m]
1	0,000	4,000	4,000	1,000	4,000

Vzpěr při vybočení kolmo k ose y:

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	Délka pro vzpěr [m]	Souč. vzp. délky k _y	Vzpěrná délka L _{cr,y} [m]
1	0,000	4,000	4,000	1,000	4,000

Klopení**Klopení od momentu M_y:**

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	l _{z1} = [m]	Tvar momentové plochy	Poloha zatížení
1	0,000	4,000	4,000	Vetknutý nosník, spojitě zatížení	1,000

Klopení od momentu M_z:

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	l _{y1} = [m]	Tvar momentové plochy	Poloha zatížení
1	0,000	4,000	Nezadáno	Nezadáno	-

3.2 Výsledky**Mezivýsledky**

Zatřídění průřezu:

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

Zatřídění stojiny:

$$c = 162,4 \text{ mm}$$

$$t = 7,5 \text{ mm}$$

$$c/t = 21,7; \quad 21,7 < 33,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé části horní pásnice:

$$c = 33,8 \text{ mm}$$

$$t = 11,3 \text{ mm}$$

$$c/t = 3,0; \quad 3,0 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé části horní pásnice:

$$c = 33,8 \text{ mm}$$

$$t = 11,3 \text{ mm}$$

$$c/t = 3,0; \quad 3,0 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé části dolní pásnice:

$$c = 33,8 \text{ mm}$$

$$t = 11,3 \text{ mm}$$

$$c/t = 3,0; \quad 3,0 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé části dolní pásnice:

$$c = 33,8 \text{ mm}$$

$$t = 11,3 \text{ mm}$$

$$c/t = 3,0; \quad 3,0 < 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Průřez spadá do třídy 1**Podle zadání bude posouzen jako průřez třídy 3****Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z**

$$\text{Smyková plocha } A_{v,z} = 1,560\text{E}+03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,z} = 211,691 \text{ kN}$$

Smyková únosnost při boulení:

$$d/t_w = 21,7 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

$$\text{Smyková únosnost při boulení } V_{ba,Rd,z} = 211,691 \text{ kN}$$

$$\text{Výpočtová únosnost ve smyku } V_{Rd,z} = 211,691 \text{ kN}$$

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

$$\text{Smyková plocha } A_{v,y} = 1,780\text{E}+03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,y} = 241,472 \text{ kN}$$

Výpočet vzpěrné únosnosti

$$V_z \leq 0,5 \cdot 211,691 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 241,472 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy y}$$

$$\lambda_1 = 93,9$$

Vybočení kolmo k ose z:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,z} = 4,000 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_z = 214,6$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{bar,z} = 2,285$$

Křivka vzpěrné pevnosti: b, součinitel imperfekce $\alpha = 0,340$

$$\varphi_z = 3,466$$

$$\text{Součinitel vzpěrnosti } \chi_z = 0,165$$

$$\text{Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{b,Rd,z} = 129,259 \text{ kN}$$

Vybočení kolmo k ose y:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,y} = 4,000 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_y = 50,0$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{bar,y} = 0,532$$

Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce $\alpha = 0,210$

$$\varphi_y = 0,676$$

Součinitel vzpěrnosti $\chi_y = 0,914$

Výpočtová vzpěrná únosnost $N_{b,Rd,y} = 717,398$ kN

$129,259 < 717,398$ Výpočtová vzpěrná únosnost $N_{b,Rd} = 129,259$ kN

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_y

$V_z \leq 0.5 \cdot 211,691$ kN \Rightarrow "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0.5 \cdot 241,472$ kN \Rightarrow "malý smyk" ve směru osy y

Průřezový modul W_y (v rozích průřezu):

$W_{y[1]} = 2,140E+05$ mm³

$W_{y[2]} = 2,140E+05$ mm³

$W_{y[3]} = -2,140E+05$ mm³

$W_{y[4]} = -2,140E+05$ mm³

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

$M_{c,Rd,y[1]} = 50,290$ kNm

$M_{c,Rd,y[2]} = 50,290$ kNm

$M_{c,Rd,y[3]} = 50,290$ kNm

$M_{c,Rd,y[4]} = 50,290$ kNm

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

$M_{c,Rd,y[1]} = 50,290$ kNm

$M_{c,Rd,y[2]} = 50,290$ kNm

$M_{c,Rd,y[3]} = 50,290$ kNm

$M_{c,Rd,y[4]} = 50,290$ kNm

Výpočet vlivu klopení:

Vzdálenost bodů zajištěných proti klopení $L_{z1} = 4,000$ m

Poloha zatížení na průřezu $z_p = 200,0$ mm

Součinitele vzpěrné délky: $k = 1,000$; $k_w = 1,000$

$z_g = -100,0$ mm

$z_j = 0,0$ mm

Bezrozměrný parametr kroucení: $\kappa_{wt} = 0,343$

Bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku: $\zeta_g = -0,369$

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu: $\zeta_j = 0,000$

Parametr nesymetrie průřezu: $\psi_f = 0,000$

Součinitele zatížení a uložení konců:

$C_1 = 2,590$; $C_2 = 1,560$; $C_3 = -0,860$

Bezrozměrný kritický moment: $\mu_{cr} = 4,611$

Pružný kritický moment $M_{cr} = 187,592$ kNm

Poměrná štíhlost $\lambda_{bar,LT} = 0,518$

Určení součinitele klopení $\chi_{LT,y}$ z křivky klopení b:

Součinitel imperfekce $\alpha = 0,340$

$\varphi = 0,688$

Součinitel příčné a torzní stability $\chi_{LT,y} = 0,876$

Moment únosnosti s vlivem klopení $M_{b,Rd,y}$ (v rozích průřezu):

$M_{b,Rd,y[1]} = 44,067$ kNm

$M_{b,Rd,y[2]} = 44,067$ kNm

$M_{b,Rd,y[3]} = 44,067$ kNm

$M_{b,Rd,y[4]} = 44,067$ kNm

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_z

$V_z \leq 0.5 \cdot 211,691$ kN \Rightarrow "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0.5 \cdot 241,472$ kN \Rightarrow "malý smyk" ve směru osy y

Průřezový modul W_z (v rozích průřezu):

$W_{z[1]} = -2,578E+04$ mm³

$W_{z[2]} = 2,578E+04$ mm³

$$W_z[3] = 2,578E+04 \text{ mm}^3$$

$$W_z[4] = -2,578E+04 \text{ mm}^3$$

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

$$M_{c,Rd,z}[1] = 6,058 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[2] = 6,058 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[3] = 6,058 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[4] = 6,058 \text{ kNm}$$

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

$$M_{c,Rd,z}[1] = 6,058 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[2] = 6,058 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[3] = 6,058 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z}[4] = 6,058 \text{ kNm}$$

Posouzení smykové únosnosti

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití	
V_z	38,461 kN	211,691 kN	18,2 %	Vyhovuje
V_y	0,000 kN	241,472 kN	0,0 %	Vyhovuje

Posouzení kombinace osově síly a ohybových momentů

$$C_{my} = 0,950$$

$$C_{mz} = 1,000$$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu s klopením:

$$C_{mLT} = 0,950$$

$$k_{yy} = 0,958$$

$$k_{zy} = 0,989$$

Posouzení pro vzpěr Y:

$$|-0,028 + -0,558 + 0,000| < 1$$

$$0,586 < 1 \implies \text{Vyhovuje}$$

Posouzení pro vzpěr Z:

$$|-0,154 + -0,576 + 0,000| < 1$$

$$0,730 < 1 \implies \text{Vyhovuje}$$

Posouzení štíhlosti

Vypočtená štíhlost prutu: 214,6

Mezní štíhlost prutu: 250,0

Štíhlost vyhovuje

Celkové posouzení

Výsledky pro zatěžovací případ: Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD3

Třída průřezu: 1 podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$$38,461 \text{ kN} < 211,691 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Vnitřní síly: $N = -19,883 \text{ kN}$; $M_y = -25,651 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = 717,398 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 45,980 \text{ kNm}$

$$|-0,028 + -0,558 + 0,000| = |-0,586| < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = 129,259 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 44,557 \text{ kNm}$

$$|-0,154 + -0,576 + 0,000| = |-0,730| < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení štíhlosti dílce:

štíhlost dílce: 214,6

mezní štíhlost: 250,0

Štíhlost dílce vyhovuje

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 73,0 %

4 DS2 : Sloupy**4.1 Vstupní data**

Délka dílce: 2,350 m

Průřez

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	Průřez	Natočení [°]
1	0,000	2,350	Trubka kulatá	0,0

KONSTRUKČNÍ OCEĽ, CELISTVÝ SVAŘOVANÝ - TRUBKA KULATÁ

Rozměry průřezu	
vnější průměr trubky	D = 200,0 mm
tloušťka stěny trubky	t = 20,0 mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	A = 1,131E+04 mm ²
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	y _{cg} = 100,0 mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	z _{cg} = 100,0 mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	I _y = 4,637E+07 mm ⁴
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	I _z = 4,637E+07 mm ⁴
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	i _y = 64,0 mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	i _z = 64,0 mm
moment tuhosti v prostém kroucení	I _k = 9,161E+07 mm ⁴

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: 4

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD5:

	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	0,000	21,394	19,883	0,000	0,000	0,000	0,00
Min. hodnota	-73,198	-13,569	-10,492	-16,542	-17,904	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD6:

	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	13,569	10,492	19,883	0,000	0,000	0,000	0,00
Min. hodnota	-73,198	13,569	-21,394	-16,542	-17,904	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD7:

	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	13,569	10,492	0,000	25,651	0,000	0,000	0,00

	N[kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]	T _t [kNm]	T _ω [kNm]	B[kNm ²]
Min. hodnota	-77,072	13,569	-21,394	-19,883	-21,074	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD8:

	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	0,000	21,394	0,000	25,651	0,000	0,000	0,00
Min. hodnota	-77,072	-13,569	-10,492	-19,883	-21,074	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD5:

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	-73,198	-13,569	-10,492	-16,542	-10,757	0,000	0,000	0,00
0,235	-72,990	-13,569	-7,304	-12,159	-7,388			
0,470	-72,781	-13,569	-4,115	-7,941	-5,029			
0,705	-72,572	-13,569	-0,926	-3,887	-3,642			
0,940	-72,364	-13,569	2,262	0,002	-3,189			
1,175	-72,155	-13,569	5,451	3,727	-3,630			
1,410	-71,946	-13,569	8,639	7,287	-4,928			
1,645	-71,738	-13,569	11,828	10,683	-7,042			
1,880	-71,529	-13,569	15,017	13,914	-9,936			
2,115	-71,321	-13,569	18,205	16,981	-13,569			
2,350	-71,112	-13,569	21,394	19,883	-17,904	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD6:

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	-73,198	13,569	10,492	-16,542	-10,757	0,000	0,000	0,00
0,235	-72,990	13,569	7,304	-12,159	-7,388			
0,470	-72,781	13,569	4,115	-7,941	-5,029			
0,705	-72,572	13,569	0,926	-3,887	-3,642			
0,940	-72,364	13,569	-2,262	0,002	-3,189			
1,175	-72,155	13,569	-5,451	3,727	-3,630			
1,410	-71,946	13,569	-8,639	7,287	-4,928			
1,645	-71,738	13,569	-11,828	10,683	-7,042			
1,880	-71,529	13,569	-15,017	13,914	-9,936			
2,115	-71,321	13,569	-18,205	16,981	-13,569			
2,350	-71,112	13,569	-21,394	19,883	-17,904	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD7:

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	-77,072	13,569	10,492	-19,883	-21,074	0,000	0,000	0,00
2,350	-74,986	13,569	-21,394	-19,883	25,651	0,000	0,000	0,00

Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD8:

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	-77,072	-13,569	-10,492	-19,883	-21,074	0,000	0,000	0,00
2,350	-74,986	-13,569	21,394	-19,883	25,651	0,000	0,000	0,00

Vzpěr**Vzpěr při vybočení kolmo k ose z:**

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	Délka pro vzpěr [m]	Souč. vzp. délky k _z	Vzpěrná délka L _{cr,z} [m]
1	0,000	2,350	2,350	1,000	2,350

Vzpěr při vybočení kolmo k ose y:

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	Délka pro vzpěr [m]	Souč. vzp. délky k_y	Vzpěrná délka $L_{cr,y}$ [m]
1	0,000	2,350	2,350	1,000	2,350

Klopení

Klopení od momentu M_y :

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	$l_{z1} =$ [m]	Tvar momentové plochy	Poloha zatížení
1	0,000	2,350	2,350	Konstantní průběh momentu	-

Klopení od momentu M_z :

Úsek č.	Počátek [m]	Konec [m]	$l_{y1} =$ [m]	Tvar momentové plochy	Poloha zatížení
1	0,000	2,350	2,350	Konstantní průběh momentu	-

4.2 Výsledky

Mezivýsledky

Zatřídění průřezu:

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

$$d/t = 10,0; \quad 10,0 < 50,0; \quad \text{Třída 1}$$

Průřez spadá do třídy 1

Podle zadání bude posouzen jako průřez třídy 3

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

$$\text{Smyková plocha } A_{v,z} = 5,655E+03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,z} = 767,237 \text{ kN}$$

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

$$\text{Smyková plocha } A_{v,y} = 5,655E+03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,y} = 767,237 \text{ kN}$$

Výpočet vzpěrné únosnosti

$$V_z \leq 0.5 \cdot 767,237 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0.5 \cdot 767,237 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy y}$$

$$\lambda_1 = 93,9$$

Vybočení kolmo k ose z:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,z} = 2,350 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_z = 36,7$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{bar,z} = 0,391$$

$$\text{Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce } \alpha = 0,210$$

$$\varphi_z = 0,596$$

$$\text{Součinitel vzpěrnosti } \chi_z = 0,955$$

$$\text{Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{b,Rd,z} = 2538,696 \text{ kN}$$

Vybočení kolmo k ose y:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,y} = 2,350 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_y = 36,7$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{bar,y} = 0,391$$

$$\text{Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce } \alpha = 0,210$$

$$\varphi_y = 0,596$$

$$\text{Součinitel vzpěrnosti } \chi_y = 0,955$$

$$\text{Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{b,Rd,y} = 2538,696 \text{ kN}$$

$$\text{Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{b,Rd} = 2538,696 \text{ kN}$$

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_y

$V_z \leq 0.5 \cdot 767,237 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0.5 \cdot 767,237 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy y

Průřezový modul W_y (v rozích průřezu):

$$W_{y[1]} = -6,038E+05 \text{ mm}^3$$

$$W_{y[2]} = -7,240E+05 \text{ mm}^3$$

$$W_{y[3]} = 6,038E+05 \text{ mm}^3$$

$$W_{y[4]} = 7,240E+05 \text{ mm}^3$$

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

$$M_{c,Rd,y[1]} = 141,896 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[2]} = 170,130 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[3]} = 141,896 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[4]} = 170,130 \text{ kNm}$$

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

$$M_{c,Rd,y[1]} = 141,896 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[2]} = 170,130 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[3]} = 141,896 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y[4]} = 170,130 \text{ kNm}$$

Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke klopení

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_z

$V_z \leq 0.5 \cdot 767,237 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0.5 \cdot 767,237 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy y

Průřezový modul W_z (v rozích průřezu):

$$W_{z[1]} = 7,240E+05 \text{ mm}^3$$

$$W_{z[2]} = -6,038E+05 \text{ mm}^3$$

$$W_{z[3]} = -7,240E+05 \text{ mm}^3$$

$$W_{z[4]} = 6,038E+05 \text{ mm}^3$$

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

$$M_{c,Rd,z[1]} = 170,130 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z[2]} = 141,896 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z[3]} = 170,130 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z[4]} = 141,896 \text{ kNm}$$

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

$$M_{c,Rd,z[1]} = 170,130 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z[2]} = 141,896 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z[3]} = 170,130 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z[4]} = 141,896 \text{ kNm}$$

Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke klopení

Posouzení smykové únosnosti

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití	
V_z	13,569 kN	767,237 kN	1,8 %	Vyhovuje
V_y	19,883 kN	767,237 kN	2,6 %	Vyhovuje

Posouzení kombinace osových síly a ohybových momentů

$$C_{my} = 1,000$$

$$C_{mz} = 1,000$$

Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

$$k_{yy} = 1,007$$

$$k_{yz} = 1,007$$

$$k_{zy} = 0,806$$

$k_{zz} = 1,007$

Posouzení pro vzpěr Y:

$|-0,030 + -0,127 + -0,182| < 1$

$0,338 < 1 \implies$ Vyhovuje

Posouzení pro vzpěr Z:

$|-0,030 + -0,101 + -0,182| < 1$

$0,313 < 1 \implies$ Vyhovuje

Posouzení štíhlosti

Vypočtená štíhlost prutu: 36,7

Mezní štíhlost prutu: 250,0

Štíhlost vyhovuje

Celkové posouzení

Výsledky pro zatěžovací případ: Kombinace 1 [I.řád-Extrémní] - prvek DD7

Třída průřezu: 1 podle zadání počítáno jako třída 3

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$13,569 \text{ kN} < 767,237 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvající síly V_y :

$19,883 \text{ kN} < 767,237 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -74,986 \text{ kN}$; $M_y = -21,394 \text{ kNm}$; $M_z = -25,651 \text{ kNm}$

Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = 2538,696 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 168,960 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 140,920 \text{ kNm}$

$|-0,030 + -0,127 + -0,182| = |-0,338| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = 2538,696 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 211,200 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 140,920 \text{ kNm}$

$|-0,030 + -0,101 + -0,182| = |-0,313| < 1$ **Vyhovuje**

Posouzení štíhlosti dílce:

štíhlost dílce: 36,7

mezní štíhlost: 250,0

Štíhlost dílce vyhovuje

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 33,8 %