

1 Výrobní hala L&L Malenovice

2 Norma

Norma výpočtu EN 1993-1-2

Výpočet je proveden podle České národní přílohy.

Součinitel spolehlivosti při požární situaci $\gamma_{M,fi} = 1,000$

3 Kritický řez dílce - průřez 1 (2,000m)

3.1 Vstupní data

Délka dílce: 8,730 m

Mezní doba požární odolnosti: 60 min

Průřez

Název: HE 200 B

Materiál

Název: EN 10025 : Fe 360

Požární detail

Průřez chráněný nástřikem, exponovaný ze všech stran

Materiál požární ochrany: Nástříky - vermiculit

Tloušťka d_p : 8,5 mm

Hustota ρ_p : 350,0 kg/m³

Měrné teplo c_p : 1200,0 J/kg/K

Tepelná vodivost λ_p : 0,120 W/m/K

Teplotní křivka

Normová teplotní křivka

Zatížení - vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 2

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]
ZP 1 tlak+ohyb	-82,000	30,000	11,913	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ZP 2 tah	330,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr $L_z = 4,365$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$

Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 4,365$ m

Délka úseku pro vzpěr $L_y = 4,365$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$

Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,365$ m

Délka úseku pro vzpěr $L_\omega = 4,365$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_\omega = 1,000$

Vzpěrná délka $L_{cr,\omega} = 4,365$ m

Klopení

Součinitele uložení konců: $k_y = 1.0$ $k_z = 1.0$ $k_w = 1.0$

Klopení M_y :

$I_{z1} = 8,730$ m

Tvar mom.plochy: Konstantní průběh momentu

Klopení M_z :

$I_{y1} = 8,730$ m

Tvar mom.plochy: Konstantní průběh momentu

3.2 Výsledky

3.2.1 Mezivýsledky

Zatěžovací případ č.1:

Posouzení požární situace:

Součinitele podmínek působení při požární situaci:

$$\kappa_1 = 1,000 \quad \kappa_2 = 1,000$$

Kritická teplota: 659,5°C

Vývoj teploty prvku:

Objemová hmotnost oceli $\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$

Součinitel průřezu $A_p/V = 147,388 \text{ m}^{-1}$

Tepelná vodivost požárně ochranného materiálu $\lambda_p = 0,1 \text{ W/(mK)}$

Měrné teplo požárně ochranného materiálu $c_p = 1200,0 \text{ J/(kgK)}$

Objemová hmotnost požárně ochranného materiálu $\rho_p = 350,0 \text{ kg/m}^3$

Tloušťka požárně ochranného materiálu $d_p = 8,5 \text{ mm}$

Měrné teplo oceli se mění

od 439,8 J/(kgK) při 20,0°C

do 828,7 J/(kgK) při 660,8°C

Doba požární odolnosti: 61 min, 30 s > 60 min

Požární odolnost vyhovuje

Posouzení průřezu při teplotě oceli 652,6°C

Redukční součinitele vlastností materiálu:

$$k_y = 0,344$$

$$k_E = 0,215$$

Zatřídění průřezu:

$$\varepsilon = 0,850 \times \sqrt{(235,0 / f_y)} = 0,850 \times \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 0,850$$

Zatřídění stojiny:

$$c = 134,0 \text{ mm}$$

$$t = 9,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 14,9; \quad 14,9 < 28,1; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé části horní pásnice:

$$c = 77,5 \text{ mm}$$

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

$$c/t = 5,2; \quad 5,2 < 7,7; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé části horní pásnice:

$$c = 77,5 \text{ mm}$$

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

$$c/t = 5,2; \quad 5,2 < 7,7; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé části dolní pásnice:

$$c = 77,5 \text{ mm}$$

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

$$c/t = 5,2; \quad 5,2 < 7,7; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé části dolní pásnice:

$$c = 77,5 \text{ mm}$$

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

$$c/t = 5,2; \quad 5,2 < 7,7; \quad \text{Třída 1}$$

Průřez spadá do třídy 1

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

Smyková plocha $A_{v,z} = 2,485E+03 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu $V_{pl,Rd,z} = 115,935 \text{ kN}$

Smyková únosnost při boulení:

$$d/t_w = 14,9 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení $V_{ba,Rd,z} = 115,935$ kN
Výpočtová únosnost ve smyku $V_{Rd,z} = 115,935$ kN

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

Smyková plocha $A_{v,y} = 5,325E+03$ mm²
Smyková únosnost průřezu $V_{pl,Rd,y} = 248,432$ kN

Výpočet vzpěrné únosnosti

$V_z \leq 0.5 * 115,935$ kN \Rightarrow "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0.5 * 248,432$ kN \Rightarrow "malý smyk" ve směru osy y

$\lambda_1 = 93,9$

Vybočení kolmo k ose z:

Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 4,365$ m

Štíhlost $\lambda_z = 86,3$

Poměrná štíhlost $\lambda_{bar,z} = 1,160$

Součinitel imperfekce $\alpha = 0,650$

$\varphi_z = 1,551$

Součinitel vzpěrnosti $\chi_z = 0,388$

Výpočtová vzpěrná únosnost $N_{b,Rd,z} = 244,724$ kN

Vybočení kolmo k ose y:

Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,365$ m

Štíhlost $\lambda_y = 51,1$

Poměrná štíhlost $\lambda_{bar,y} = 0,687$

Součinitel imperfekce $\alpha = 0,650$

$\varphi_y = 0,960$

Součinitel vzpěrnosti $\chi_y = 0,614$

Výpočtová vzpěrná únosnost $N_{b,Rd,y} = 387,335$ kN

$244,724 < 387,335$ Výpočtová vzpěrná únosnost $N_{b,Rd} = 244,724$ kN

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_y

$V_z \leq 0.5 * 115,935$ kN \Rightarrow "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0.5 * 248,432$ kN \Rightarrow "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul $W_{pl,y} = 6,425E+05$ mm³

Moment únosnosti průřezu $M_{c,Rd,y} = 51,922$ kNm

Výpočtový moment únosnosti $M_{c,Rd,y} = 51,922$ kNm

Výpočet vlivu klopení:

Vzdálenost bodů zajištěných proti klopení $L_{z1} = 8,730$ m

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

$z_j = 0,0$ mm

Bezrozměrný parametr kroucení: $\kappa_{wt} = 0,310$

Bezrozměrný parametr působivosti zatížení vzhledem ke středu smyku: $\zeta_g = 0,000$

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

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

Součinitele zatížení a uložení konců:

$C_1 = 1,000$; $C_2 = 0,000$; $C_3 = 1,000$

Bezrozměrný kritický moment: $\mu_{cr} = 1,047$

Pružný kritický moment $M_{cr} = 169,667$ kNm

Poměrná štíhlost $\lambda_{bar,LT} = 1,192$

Součinitel imperfekce $\alpha = 0,650$

$\varphi = 1,598$

Součinitel příčné a torzní stability $\chi_{LT,y} = 0,376$

Moment únosnosti s vlivem klopení $M_{b,Rd,y} = 19,507$ kNm

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_z $V_z \leq 0.5 \cdot 115,935 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy z $V_y \leq 0.5 \cdot 248,432 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy yPlastický průřezový modul $W_{pl,z} = 3,058E+05 \text{ mm}^3$ Moment únosnosti průřezu $M_{C,Rd,z} = 24,712 \text{ kNm}$ Výpočtový moment únosnosti $M_{C,Rd,z} = 24,712 \text{ kNm}$ **Posouzení smykové únosnosti**

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití	
V_z	30,000 kN	115,935 kN	25,9 %	Vyhovuje
V_y	0,000 kN	248,432 kN	0,0 %	Vyhovuje

Posouzení kombinace osových síly a ohybových momentů**Posudek nejneprůzračnější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu s klopením:**

Posouzení pro vzpěr Y:

 $|0,212 + 0,611 + 0,000| < 1$ $0,822 < 1 \Rightarrow$ Vyhovuje

Posouzení pro vzpěr Z:

 $|0,335 + 0,611 + 0,000| < 1$ $0,946 < 1 \Rightarrow$ Vyhovuje**Zatěžovací případ č.2:****Posouzení požární situace:**

Součinitele podmínek působení při požární situaci:

 $\kappa_1 = 1,000 \quad \kappa_2 = 1,000$ Kritická teplota: $741,8^\circ\text{C}$

Vývoj teploty prvku:

Objemová hmotnost oceli $\rho = 7850.0 \text{ kg/m}^3$ Součinitel průřezu $A_p/V = 147,388 \text{ m}^{-1}$ Tepelná vodivost požárně ochranného materiálu $\lambda_p = 0,1 \text{ W/(mK)}$ Měrné teplo požárně ochranného materiálu $c_p = 1200,0 \text{ J/(kgK)}$ Objemová hmotnost požárně ochranného materiálu $\rho_p = 350,0 \text{ kg/m}^3$ Tloušťka požárně ochranného materiálu $d_p = 8,5 \text{ mm}$

Měrné teplo oceli se mění

od $439,8 \text{ J/(kgK)}$ při $20,0^\circ\text{C}$ do $2325,0 \text{ J/(kgK)}$ při $741,9^\circ\text{C}$

Doba požární odolnosti: 88 min, 30 s > 60 min

Požární odolnost vyhovuje**Posouzení průřezu při teplotě oceli $652,6^\circ\text{C}$**

Redukční součinitele vlastností materiálu:

 $k_y = 0,344$ $k_E = 0,215$ **Zatřídění průřezu:** $\varepsilon = 0,850 \times \sqrt{(235,0 / f_y)} = 0,850 \times \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 0,850$

Zatřídění stojiny:

c = 134,0 mm

t = 9,0 mm

c/t = 14,9; 14,9 < 28,1; Třída 1

Zatřídění levé části horní pásnice:

c = 77,5 mm

t = 15,0 mm

c/t = 5,2; 5,2 < 7,7; Třída 1

Zatřídění pravé části horní pásnice:

c = 77,5 mm

t = 15,0 mm

$$c/t = 5,2; \quad 5,2 < 7,7; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé části dolní pásnice:

$$c = 77,5 \text{ mm}$$

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

$$c/t = 5,2; \quad 5,2 < 7,7; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé části dolní pásnice:

$$c = 77,5 \text{ mm}$$

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

$$c/t = 5,2; \quad 5,2 < 7,7; \quad \text{Třída 1}$$

Průřez spadá do třídy 1**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z**Smyková plocha $A_{V,z} = 2,485E+03 \text{ mm}^2$ Smyková únosnost průřezu $V_{pl,Rd,z} = 115,935 \text{ kN}$

Smyková únosnost při boulení:

$$d/t_w = 14,9 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení $V_{ba,Rd,z} = 115,935 \text{ kN}$ Výpočtová únosnost ve smyku $V_{Rd,z} = 115,935 \text{ kN}$ **Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y**Smyková plocha $A_{V,y} = 5,325E+03 \text{ mm}^2$ Smyková únosnost průřezu $V_{pl,Rd,y} = 248,432 \text{ kN}$ **Výpočet únosnosti v tahu** $V_z \leq 0,5 \cdot 115,935 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy z $V_y \leq 0,5 \cdot 248,432 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy yVýpočtová únosnost v tahu při teplotě T $N_{t,Rd} = 631,102 \text{ kN}$ **Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_y** $V_z \leq 0,5 \cdot 115,935 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy z $V_y \leq 0,5 \cdot 248,432 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy yPlastický průřezový modul $W_{pl,y} = 6,425E+05 \text{ mm}^3$ Moment únosnosti průřezu $M_{c,Rd,y} = 51,922 \text{ kNm}$ Výpočtový moment únosnosti $M_{c,Rd,y} = 51,922 \text{ kNm}$ **Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M_z** $V_z \leq 0,5 \cdot 115,935 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy z $V_y \leq 0,5 \cdot 248,432 \text{ kN} \Rightarrow$ "malý smyk" ve směru osy yPlastický průřezový modul $W_{pl,z} = 3,058E+05 \text{ mm}^3$ Moment únosnosti průřezu $M_{c,Rd,z} = 24,712 \text{ kNm}$ Výpočtový moment únosnosti $M_{c,Rd,z} = 24,712 \text{ kNm}$ **Posouzení smykové únosnosti**

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití	
V_z	0,000 kN	115,935 kN	0,0 %	Vyhovuje
V_y	0,000 kN	248,432 kN	0,0 %	Vyhovuje

Posouzení kombinace osově síly a ohybových momentů**Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:**

Posouzení pro vzpěr Y:

$$| 0,523 + 0,000 + 0,000 | < 1$$

$$0,523 < 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

3.2.2 Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: ZP 1 tlak+ohyb

Třída průřezu: 1

Kritická teplota: 659,5°C

Doba požární odolnosti: 61 min, 30 s \geq 60 min **Vyhovuje**

Posouzení v čase t = 60 min:

Teplota plynů: 945,3 °C Teplota oceli: 652,6 °C

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

30,000 kN < 115,935 kN **Vyhovuje**

Posudek nejnepríznivější kombinace tlaku a ohybu:

Vnitřní síly: N = -82,000 kN; $M_y = 11,913$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -387,335$ kN; $M_{y,R} = 19,507$ kNm

$|0,212 + 0,611 + 0,000| = |0,822| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -244,724$ kN; $M_{y,R} = 19,507$ kNm

$|0,335 + 0,611 + 0,000| = |0,946| < 1$ **Vyhovuje**

Průřez vyhovuje