

DSP/PDPS

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM : JTSK
VÝŠKOVÝ SYSTÉM : Bpv

Duševní a průmyslové vlastnictví

PIS PECHAL, s.r.o.

Veškerá práva vyhrazena
Postoupení třetím osobám není dovoleno





PIS PECHAL, s.r.o.

Projektové a inženýrské služby
602 00 BRNO, Lidická 42

tel: 731 482 865, 513 030 460, e-mail: pis@pechal.cz



PROJEKČNÍ KANCELÁŘ PRIS spol. s r. o.
OSOVÁ 20, 625 00 BRNO

VEDOUCÍ PROJEKTANT	Ing. Jiří ŠRUBAŘ	
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	Ing. Vojtěch KONEČNÝ	
VYPRACOVAL	Ing. Miroslav Loučka	
KONTROLOVAL	Ing. Martin ŘEHULKA	
KRAJ: JIHMORAVSKÝ	INVESTOR: Brněnské komunikace a. s., Renneská 1a, Brno	
NÁZEV AKCE		
Most ev.č. BM-560		
lávka Táborského nábřeží přes Svratku		
NÁZEV PŘÍLOHY		
STATICKÝ VÝPOČET OK		

DATUM	10/2020
FORMÁT	1xA4
MĚŘÍTKO	
ÚČEL	DSP/PDPS
ČÍS. ZAKÁZKY	20051
ARCHIVNÍ ČÍS.	
ČÍS. SOUPRAVY	PŘÍLOHA
	8.10

Obsah statického výpočtu:

1	TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU.....	3
1.1	STAVBA.....	3
1.2	PROJEKTANT OK	3
1.3	PROJEKTOVANÉ KAPACITY	3
2	PŘEHLEDNÉ VÝKRESY MOSTU.....	4
3	VÝPOČTOVÝ MODEL.....	7
4	ZATÍŽENÍ.....	8
4.1	STÁLÉ ZATÍŽENÍ - G	8
4.1.1	Vlastní tíha OK.....	8
4.1.2	Pochůzná izolace	8
4.1.3	Zábradlí.....	8
4.1.4	Nerovnoměrný pokles opěr.....	8
4.2	PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ - Q.....	9
4.2.1	Zatížení dopravou na lávce.....	9
4.2.2	Vítr.....	10
4.2.3	Teplota	10
4.3	KOMBINACE ZATÍŽENÍ.....	12
4.3.1	Mezní stav únosnosti	12
4.3.2	Mezní stav použitelnosti	12
4.3.3	Hodnoty kombinačních součinitelů pro lávky pro chodce	13
5	MOSTOVKA	14
5.1	PLECH MOSTOVKY	14
5.2	PODÉLNÁ VÝZTUHA	15
5.2.1	Smykové ochabnutí, boulení	15
5.2.2	Zatřídění průřezu, průřezové charakteristiky	15
5.2.3	Posouzení v místě kladného ohybového momentu.....	16
5.2.4	Posouzení v místě záporného ohybového momentu.....	16
5.3	PŘÍČNÁ VÝZTUHA	17
5.3.1	Smykové ochabnutí, boulení	17
5.3.2	Zatřídění průřezu, průřezové charakteristiky	17
5.3.3	Posouzení v místě kladného ohybového momentu.....	19
5.4	KONCOVÝ PŘÍČNÍK V MÍSTĚ OPĚRY	20
5.4.1	Zatřídění průřezu, průřezové charakteristiky	20
5.4.2	Posouzení při zvedání.....	20
6	HLAVNÍ NOSNÍKY.....	23
6.1	VNITŘNÍ SÍLY	23
6.2	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY	23
6.3	POSOUZENÍ NAPĚTÍ	23
6.4	POSOUZENÍ PODPOROVÝCH VÝZTUH	24
6.5	PRŮHYBY KONSTRUKCE	24
6.6	KRITÉRIA POHODY CHODCŮ	25
7	DILATACE – MOSTNÍ ZÁVĚRY.....	26
7.1	DILATACE OD TEPLITY	26
7.2	DILATACE OD PRŮHYBU	26
7.3	CELKOVÁ DILATACE	27
8	LOŽISKA	28
8.1	VÝPOČET TLAKŮ NA LOŽISKA.....	28
8.1.1	Podélný vítr	28

8.1.2	<i>Podélná vodorovná síla Q_{flk}</i>	28
8.1.3	<i>Účinky vratných sil v ložiscích</i>	28
9	SEZNAM LITERATURY	30

1 Technická zpráva ke statickému výpočtu

1.1 Stavba

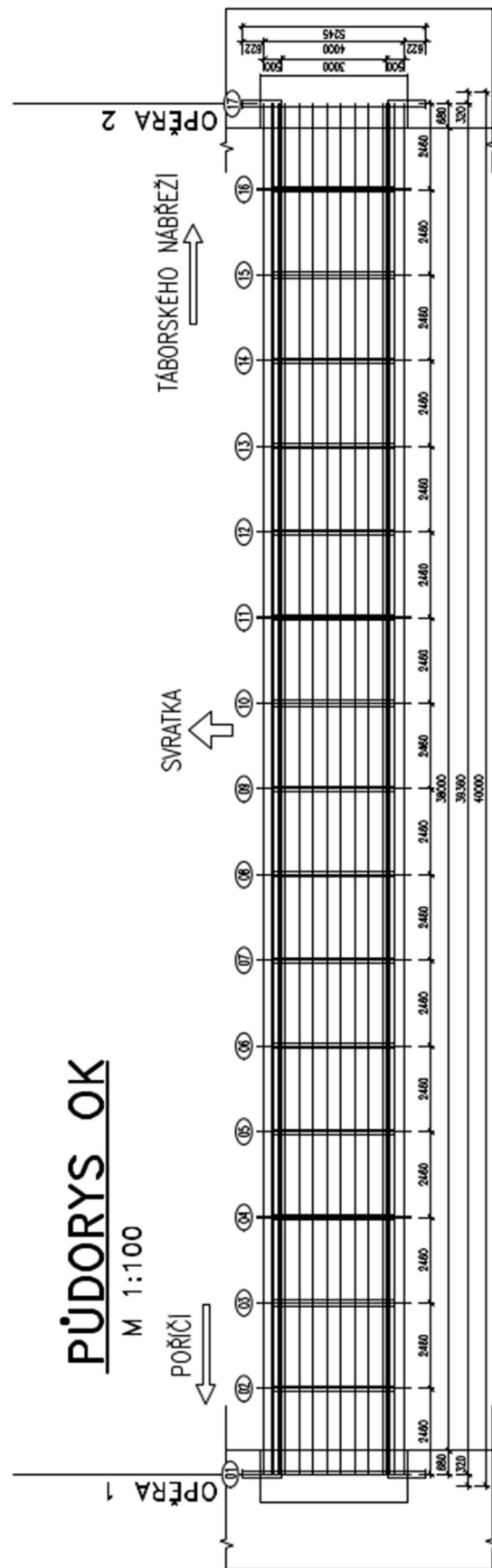
Název stavby:	: Lávka Tábořského nábreží přes Svratku
Stavební objekt	: Most ev.č. BM-560
Místo stavby	: Brno
Kraj	: Jihomoravský
Charakter stavby	: Novostavba
Správce mostu a investor	: Brněnské komunikace, a.s.
Stupeň projektu	: DSP/PDPS

1.2 Projektant OK

Název a adresa provozovny	: PIS PECHAL, s.r.o., Lidická 42, 602 00 Brno
Zodpovědný projektant OK - SO	: Ing. Vojtěch Konečný

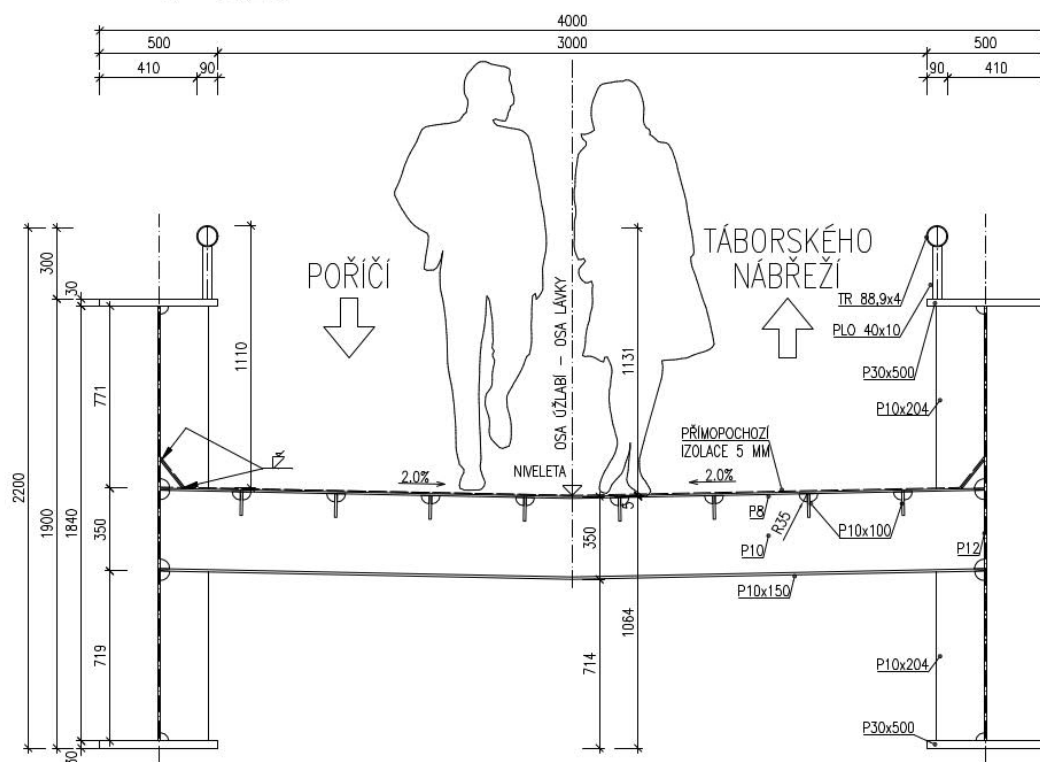
1.3 Projektované kapacity

Most je projektován na rovnoměrné nahodilé zatížení $5,0 \text{ kN/m}^2$ dle ČSN EN 1991-2. Mostovka je dimenzována na lokální zatížení 10 kN. Obslužné vozidlo na lávce není uvažováno, neboť jsou před a za lávkou navrženy mechanické zábrany proti jeho vjezdu.



PŘÍČNÝ ŘEZ PŘÍČNÍKEM V POLI

M 1:20

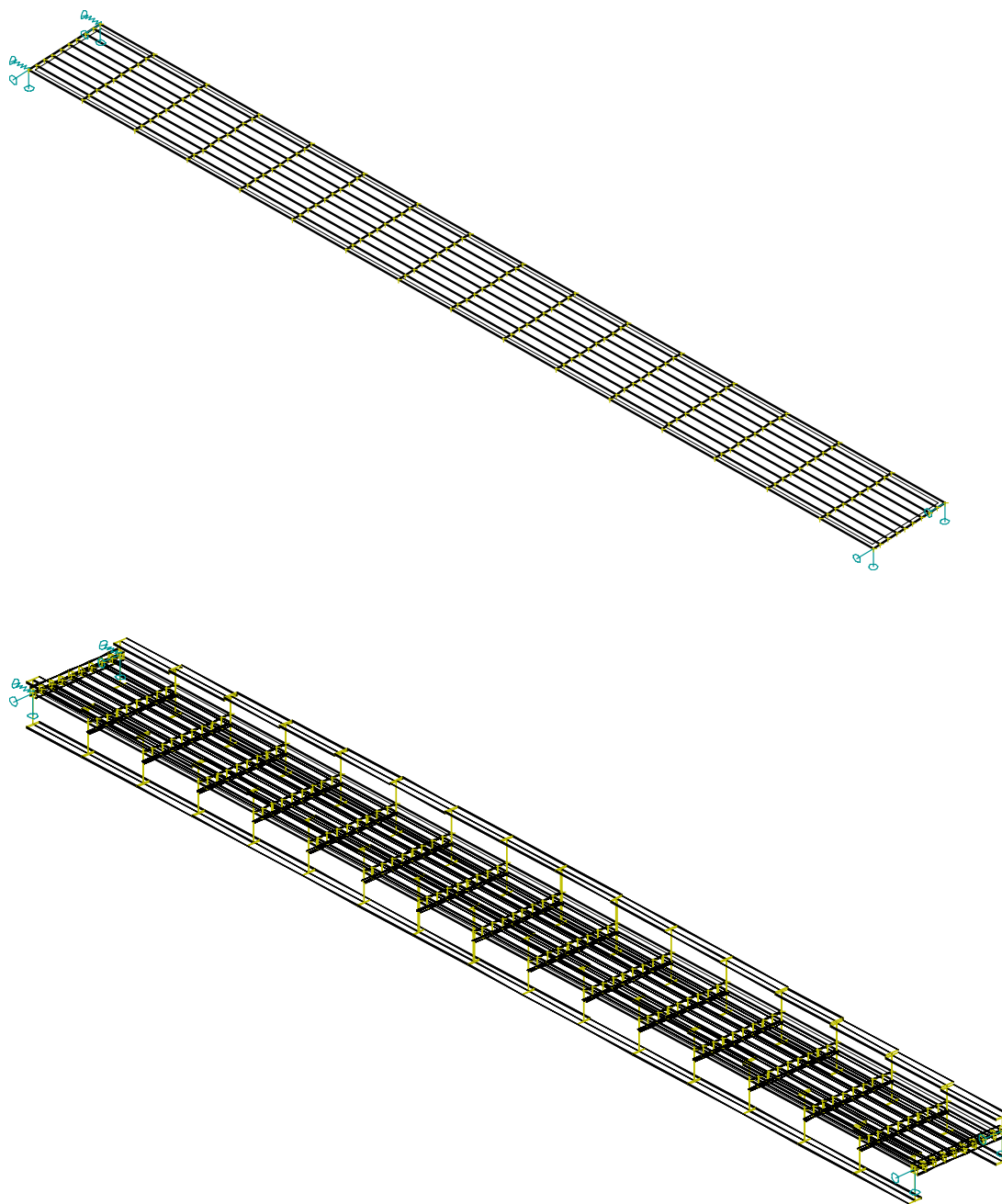


3 Výpočtový model

Pro výpočet byl vytvořen prostorový výpočetní model. Trám je modelován jako 1D prvky. Ocelový plech mostovky je modelován jako 2D prvek. Příčné a podélné výztuhy plechu jsou modelovány jako žebra.

Výpočet vnitřních sil a deformací konstrukce byl proveden na počítači ve výpočtovém programu IDA- NEXIS (MKP) – ver. 3.80.185. Výpis vstupních dat i výsledků (vnitřní síly, deformace, reakce, napětí) je k dispozici u projektanta.

Výpočtový model:



4 Zatížení

4.1 Stálé zatížení - G

4.1.1 Vlastní tíha OK

Vlastní tíha nosné OK je zadána dle průřezů jednotlivých prvků – měrná hmotnost oceli je uvažována $78,5 \text{ kN/m}^3$.

Součinitele zatížení:

- $\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35$
- $\gamma_{G,\text{inf}} = 1,00$

4.1.2 Pochůzná izolace

Zatížení pochůznou izolací tl. 5 mm:

- $0,005 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 = 0,11 \text{ kN/m}^2$

Součinitele zatížení:

- $\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35$
- $\gamma_{G,\text{inf}} = 1,00$

4.1.3 Zábradlí

Zábradlí – zatížení zábradlím je uvažováno hodnotou $0,3 \text{ kN/m}$.

Součinitele zatížení:

- $\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35$
- $\gamma_{G,\text{inf}} = 1,00$

4.1.4 Nerovnoměrný pokles opěr

Navržená konstrukce není citlivá na nerovnoměrné poklesy v uložení. Tento zatěžovací stav tudíž nebyl zadáván.

4.2 Proměnné zatížení - Q

4.2.1 Zatížení dopravou na lávce

Dle ČSN EN 1991-2.

Rovnoměrné zatížení

- $q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2$
- zatěžovací šířku bereme vzdálenost ohrub – tj. 3,5 m
- Dynamický součinitel – byly vyhodnoceny vlastní frekvence lávky. Nejnižší vlastní frekvence ve svislém směru je $f = 3,419 \text{ Hz}$, což je hodnota vyšší než frekvence lidského kroku (1 – 3 Hz). Z tohoto důvodu není použit dynamický součinitel ani nejsou definovány žádné dynamické modely.

Součinitel zatížení:

- $\gamma_Q = 1,35$

Soustředěné zatížení

- $Q_{fwb} = 10 \text{ kN}$
- zatěžovací plocha – je uvažován čtverec o straně 0,1 m

Součinitel zatížení:

- $\gamma_Q = 1,35$

Obslužné vozidlo

Na krajích lávky je zabráněno nájezdu vozidel (sloupky), tudíž zatížení obslužným vozidlem není uvažováno.

Vodorovné síly

- Q_{fk} - 10% z celkového zatížení odpovídajícího rovnoměrnému zatížení
- $Q_{fk} = 0,1 (3,5 \times 40 \times 5,0) = 70,0 \text{ kN}$

Součinitel zatížení:

- $\gamma_Q = 1,35$

Soustavy zatížení

Pro zatížení lávky jsou sestavy zatížení stanoveny dle tab. 5.1 – ČSN EN 1991-2:

Bude použita sestava zatížení **gr1**, která zahrnuje zatížení **q_{fk}** plus **Q_{fk}**.

Sestava zatížení gr2 se neuplatní.

4.2.2 Vítr

Příčný vítr

Zjednodušená metoda dle ČSN EN 1991-1-4, čl. 8.3.2

Zatížení trámu a pohyb. zatížení na mostě:

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x}$$

$$b / d_{tot} = 4,0 / 1,9 = 2,1 \Rightarrow C = 5,3$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{b,0} = v_b = 23 \text{ m/s}$$

Zatížení trámu a pohyb. zatížení na mostě:

$$\text{Trám – střední část - } F_{w1} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} = 0,5 \times 1,25 \times 23^2 \times 5,3 \times 1,9 = 3329 \text{ N/m} = 3,33 \text{ kN/m.}$$

$$\text{Trám – krajní část - } F_{w2} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} = 0,5 \times 1,25 \times 23^2 \times 5,3 \times 1,7 = 2979 \text{ N/m} = 2,98 \text{ kN/m.}$$

$$\text{Chodci - } F_{w3} = 0,5 \times 1,25 \times 23^2 \times 5,46 \times 2,0 = 3505 \text{ N/m} = 3,5 \text{ kN/m.}$$

Podélný vítr

Uvažujeme hodnotou 25 % od zatížení příčným větrem.

Součinitel zatížení:

$$\gamma_Q = 1,5$$

4.2.3 Teplota

Rovnoměrná změna teploty

1. typ: ocelová nosná konstrukce

Charakteristické hodnoty minimálních a maximálních teplot vzduchu ve stínu (Brno):

$$T_{max} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{min} = -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Maximální a minimální rovnoměrná složka teploty:

$$T_{e,max} = T_{max} + 16 = 40 + 16 = 56^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,min} = T_{min} - 3 = -30 - 3 = -33^{\circ}\text{C}$$

Montážní teplota konstrukce $t = 10^{\circ}\text{C}$

Charakteristické hodnoty maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty:

zkrácení: $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 10^{\circ}\text{C} - (-33^{\circ}\text{C}) = 43^{\circ}\text{C}$

prodloužení: $\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 56^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 46^{\circ}\text{C}$

Součinitel zatížení:

- $\gamma_Q = 1,5$

Maximální rozsah rovnoměrné složky teploty pro výpočet prodloužení a zkrácení, pokud se nepožadují jiná opatření: $\Delta T_{N,con} + 20^{\circ}\text{C}$ a $\Delta T_{N,exp} + 20^{\circ}\text{C}$. Zohledněno ve výpočtu pohybů ložisek a mostních závěrů - viz samostatné kapitoly.

Nerovnoměrná změna teploty – svislá složka

$$\Delta T_{M,heat} = k_{sur} \cdot 15^{\circ}\text{C} = 1,0 \cdot 15 = 15^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = k_{sur} \cdot 18^{\circ}\text{C} = 1,0 \cdot 18 = 18^{\circ}\text{C}$$

Součinitel zatížení:

- $\gamma_Q = 1,5$

Rozdíly v rovnoměrné složce teploty mezi různými nosnými prvky

Je uvažován teplotní rozdíl mezi mostovkou a trámem v souladu s čl.6.1.6 – ČSN EN 1991-1-5:

- trám chladnější o 15°C
- trám teplejší o 15°C
- mostovka chladnější o 15°C
- mostovka teplejší o 15°C

Součinitel zatížení:

- $\gamma_Q = 1,5$

Účinky vratných sil v ložiscích

Konstrukce je uložena na elastomerových ložiscích. Ložisko zachycující pohyb působí na konstrukci silou dle ČSN EN 1337-3 – čl. 5.3.3.7:

$$R_x = (A \times G \times v_x) / T_e$$

- A – půdorysná plocha ložiska-
- G – modul pružnosti ve smyku ložiska

- v_x – maximální vodorovný posun
- T_e – celková jmenovitá výška elastomeru

Hodnoty jsou vyčísleny v kap. 8.2.

Součinitel zatížení:

- $\gamma_Q = 1,5$

4.3 Kombinace zatížení

Dle ČSN EN 1990/ Příloha A2:

4.3.1 Mezní stav únosnosti

Kombinace zatížení pro trvalé a dočasné návrhové situace

Dle tab. A2.4(B), použijeme výrazy 6.10, 6.10a a 6.10b (pro dimenzování prvků je využit konzervativnější výraz 6.10).

Výraz 6.10:

$$E_d = \sum \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup} + \sum \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Výraz 6.10a:

$$E_d = \sum \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup} + \sum \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Výraz 6.10b:

$$E_d = \sum \xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup} + \sum \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

4.3.2 Mezní stav použitelnosti

Charakteristická kombinace

$$E_d = \sum G_{kj,sup} + \sum G_{kj,inf} + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Častá kombinace

$$E_d = \sum G_{kj,sup} + \sum G_{kj,inf} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace

$$E_d = \sum G_{kj,sup} + \sum G_{kj,inf} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

4.3.3 Hodnoty kombinačních součinitelů pro lávky pro chodce

Tabulka A2.2 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro lávky pro chodce

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Zatížení dopravou	gr1	0,40	0,40	0
	$Q_{fw,k}$	0	0	0
	gr2	0	0	0
Zatížení větrem	$F_{w,k}$	0,3	0,2	0
Zatížení teplotou	T_k	0,6 ¹⁾	0,6	0,5
Zatížení sněhem	$Q_{Sn,k}$ (během provádění)	0,8	–	0
Staveništní zatížení	Q_c	1,0	–	1,0
¹⁾ Doporučenou hodnotu ψ_0 pro zatížení teplotou lze ve většině případů snížit až na nulu pro mezní stavy únosnosti EQU, STR a GEO. Viz také Eurokódy pro navrhování.				

POZNÁMKA 4 Občasná hodnota se u lávek pro chodce neuvažuje.

5 Mostovka

5.1 Plech mostovky

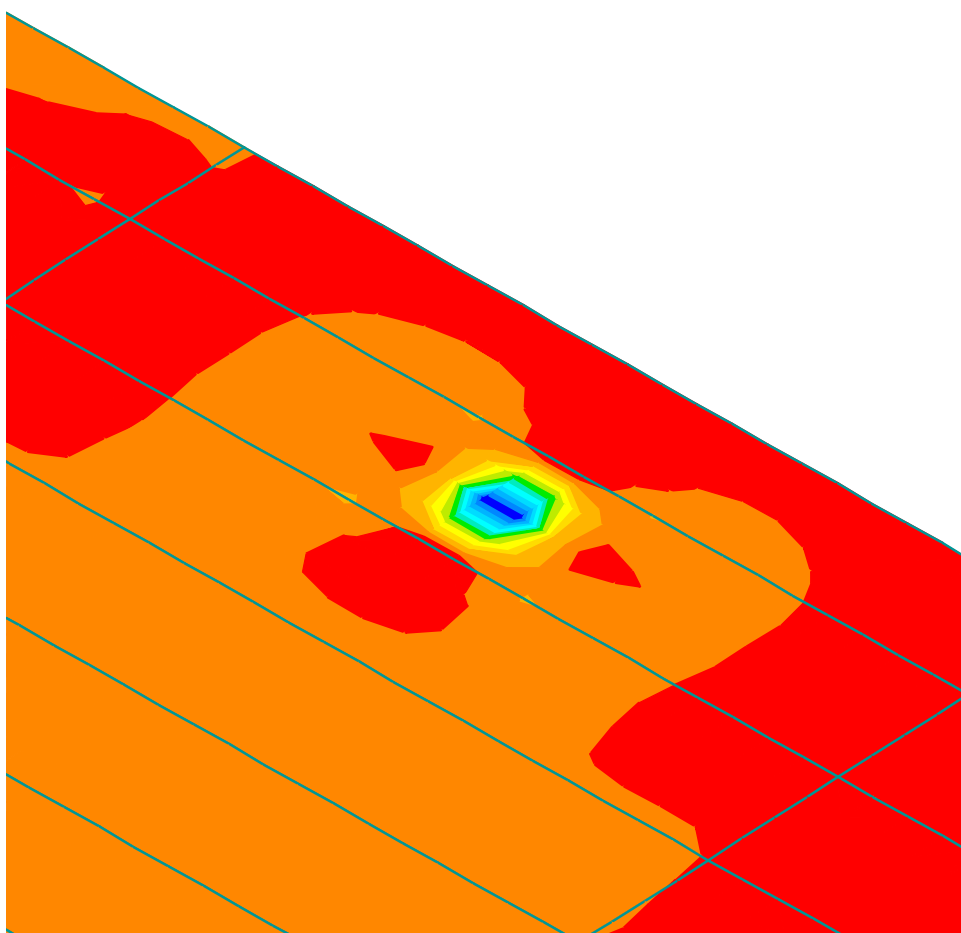
Mostovka je z plechu S235J2+N tloušťky 8 mm.

Doporučení dle ČSN EN 1993-2:

- $e / t \leq 40$
- $400 / 8 = 50 > 40$ – podmínky není splněna – je nutno posoudit napětí v plechu mostovky

Lokální napětí :

$$\sigma_{\text{lok,max}} = 91 \text{ MPa}$$



Napětí z globálního namáhání:

$$\sigma_{\text{glob,max}} = 53 \text{ MPa}$$

Výsledné namáhání:

$$\sigma_{\text{max}} = 91 + 53 = \underline{\underline{144,0 \text{ MPa} < 235/1,10 \text{ MPa} = 213,6 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhoví}}}$$

5.2 Podélná výztuha

5.2.1 Smykové ochabnutí, boulení

Mostovka je poblíž neutrální osy, tudíž boulení není nutno posuzovat.

Výpočet smykového ochabnutí je proveden dle ČSN EN 1993-1-5 a zpracovaný tabulkovou formou v programu EXCEL.

Výpočet vychází z těchto vztahů:

b_0 – přechýňující část pásnice nebo polovina šířky vnitřní části

L_1, L_2 – rozpětí prvku

L_e – efektivní délka stanovená dle obr. 3.1 viz ČSN EN 1993-1-5

$$\kappa = \frac{b_0}{L_e}$$

β - součinitel efektivní šířky pro mezní stav použitelnosti, únavy a mezní stav únosnosti za předpokladu pružného působení dle tab. 3.1 viz ČSN EN 1993-1-5

Posuzovaný prvek	Ohybový moment	Rozpětí L_1 (mm)	Rozpětí L_2 (mm)	Šířka b_0 (mm)	Efekt. délka L_e (mm)	κ	Součinitel efekt. šířky β
mezi příčnými výzt.	kladný	2438	-	200	1706	0,117	0,919
nad příčnou výztuhou	záporný	2438	2438	200	1219	0,164	0,497

5.2.2 Zatřídění průřezu, průřezové charakteristiky

Je navržena podélná výztuha P10×100 – materiál S235J2+N.

Spolupůsobící šířka:

– pro kladný ohyb. moment – $b_{eff} = 400 \times 0,919 = 368$ mm

– pro záporný ohyb. moment – $b_{eff} = 400 \times 0,497 = 199$ mm

Zatřídění průřezu:

- pro záporný ohybový moment – $c/t = 100/10 = 10 < 14$ $\varepsilon = 14 \times 0,81 = 11,34$ – 3. třída průřezu
- pro kladný ohybový moment – $c/t = 100/10 = 10 < 9$ $\varepsilon / (\alpha \sqrt{\alpha}) = 230$ – 1. třída průřezu

Průřezové charakteristiky podélné výztuhy s mostovkovým plechem $t = 8$ mm:

Sledovaný prvek	Ohybový moment	β	I_y (mm ⁴)*10 ⁶	h (mm)	z_g (mm)
mezi příčnými výzt.	kladný	0,919	3,026	108	90
nad příčnou výztuhou	záporný	0,497	2,633	108	83

5.2.3 Posouzení v místě kladného ohybového momentu

Vnitřní síly:

- Kombinace - M_{\max}^+

$$M_{y,d} = 4,93 \text{ kNm}$$

$$N_d = 115 \text{ kN}$$

$$V_{z,d} = 6,80 \text{ kN}$$

$$V_{z,d,\max} = 7,20 \text{ kN}$$

- Normálové napětí - kombinace - M_{\max}^+

$$\sigma_d = \frac{N_{sd}}{A} + \frac{M_{yd}}{I_y} \cdot Z_{cg,h} = \frac{115 \cdot 10^3}{3944} + \frac{4,93 \cdot 10^6}{3,026 \cdot 10^6} \cdot 90 = 29,2 + 146,6 = 175,8 \text{ MPa} \leq 235/1,10 = 213,6 \text{ MPa} \Rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

- Smykové napětí

$$\tau_{\text{prům.}} = V_{sd} / A_w = 7,2 \times 10^3 / 1000 = 7,2 \text{ MPa} < 235 / (1,1 \times \sqrt{3}) = 123 \text{ MPa} \Rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

Srovnávací napětí vzhledem k velikosti smykového napětí není nutno posuzovat.

5.2.4 Posouzení v místě záporného ohybového momentu

- Kombinace - M_{\max}^-

$$M_{y,d} = -4,41 \text{ kNm}$$

$$N_d = 0 \text{ kN}$$

$$V_{z,d} = 6,9 \text{ kN}$$

$$\sigma_d = \frac{N_{sd}}{A} + \frac{M_{yd}}{I_y} \cdot Z_{cg,h} = 0 + \frac{4,41 \cdot 10^6}{2,633 \cdot 10^6} \cdot 83 = 139,0 \text{ MPa} \leq 235/1,10 = 213,6 \text{ MPa} \Rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

- Smykové a srovnávací napětí není nutno posuzovat.

5.3 Příčná výztuha

5.3.1 Smykové ochabnutí, boulení

Boulení plechu mostovky neuvažujeme – plech je vyztužen podélnými výztuhami á 400 mm. Výpočet smykového ochabnutí je proveden dle ČSN EN 1993-1-5 a zpracovaný tabulkovou formou v programu EXCEL.

Výpočet vychází z těchto vztahů:

b_0 – přechínající část pásnice nebo polovina šířky vnitřní části

L_1, L_2 – rozpětí prvku

L_e – efektivní délka stanovená dle obr. 3.1 viz ČSN EN 1993-1-5

$$\kappa = \frac{b_0}{L_e}$$

β - součinitel efektivní šířky pro mezní stav použitelnosti, únavy a mezní stav únosnosti za předpokladu pružného působení dle tab. 3.1 viz ČSN EN 1993-1-5

Posuzovaný prvek	Ohybový moment	Rozpětí L_1 (mm)	Rozpětí L_2 (mm)	Šířka b_0 (mm)	Efekt. délka L_e (mm)	κ	Součinitel efekt. šířky
							β
uprostřed rozpětí	kladný	3500	-	1219	2450	0,498	0,387
v uložení na hl. nosník	záporný	3500	0	1219	875	1,393	0,083

5.3.2 Zatřídění průřezu, průřezové charakteristiky

Je navržena příčná výztuha, kterou tvoří plech mostovky a obrácený T-průřez – celková výška průřezu je 350 mm.

Průřez – stěna P10, pásnice P10×150 – materiál S235J2+N.

Spolupůsobící šířka plechu mostovky:

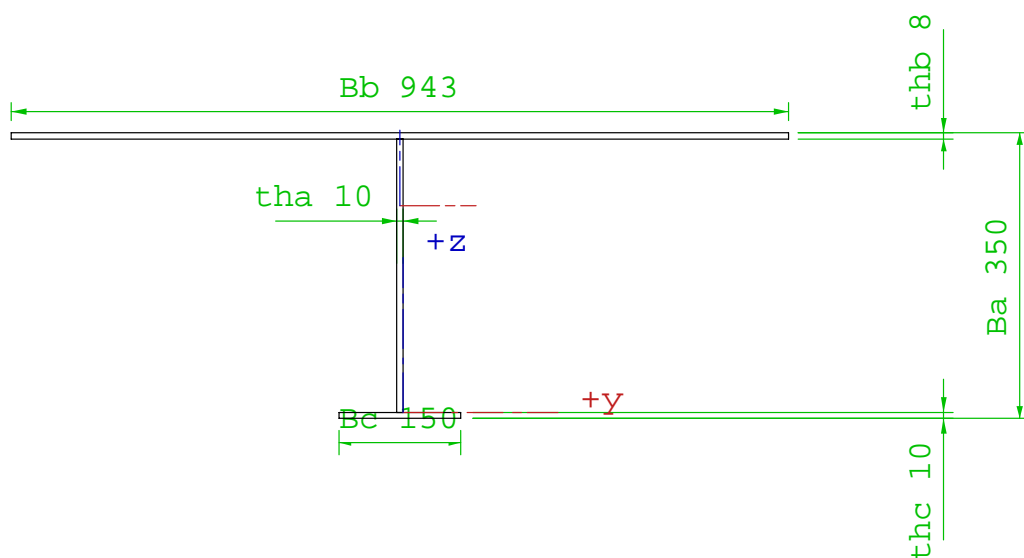
– pro kladný ohyb. moment – $b_{eff} = 2438 \times 0,387 = 943$ mm

Zatřídění průřezu:

- pro kladný ohybový moment – $c/t = 150/10 = 15 < 72 \varepsilon = 72 \times 1,0 = 72$ – 1. třída průřezu

Průřezové charakteristiky příčné výztuhy s mostkovým plechem $t = 8$ mm:

- pro kladný ohybový moment



$$\begin{aligned}
 A &= 12364 \text{ mm}^2 \\
 I_y &= 2,073 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \\
 h &= 350 \text{ mm} \\
 z_{g,h} &= 91 \text{ mm} \\
 z_{g,d} &= 259 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

5.3.3 Posouzení v místě kladného ohybového momentu

Vnitřní síly:

$$M_{y,d} = 37,3 \text{ kNm}$$

$$N_d = 55 \text{ kN}$$

$$V_{z,d,max} = 37,0 \text{ kN}$$

- Normálové napětí

$$\sigma_d = \frac{N_{sd}}{A} + \frac{M_{yd}}{I_y} \cdot Z_{cg,h} = \frac{55 \cdot 10^3}{12364} + \frac{37,3 \cdot 10^6}{2,073 \cdot 10^8} \cdot 259 = 4,4 + 46,6 = 51,0 \text{ MPa} \leq$$

$$\leq 235/1,10 = 213,6 \text{ MPa} \Rightarrow \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

- Smykové napětí

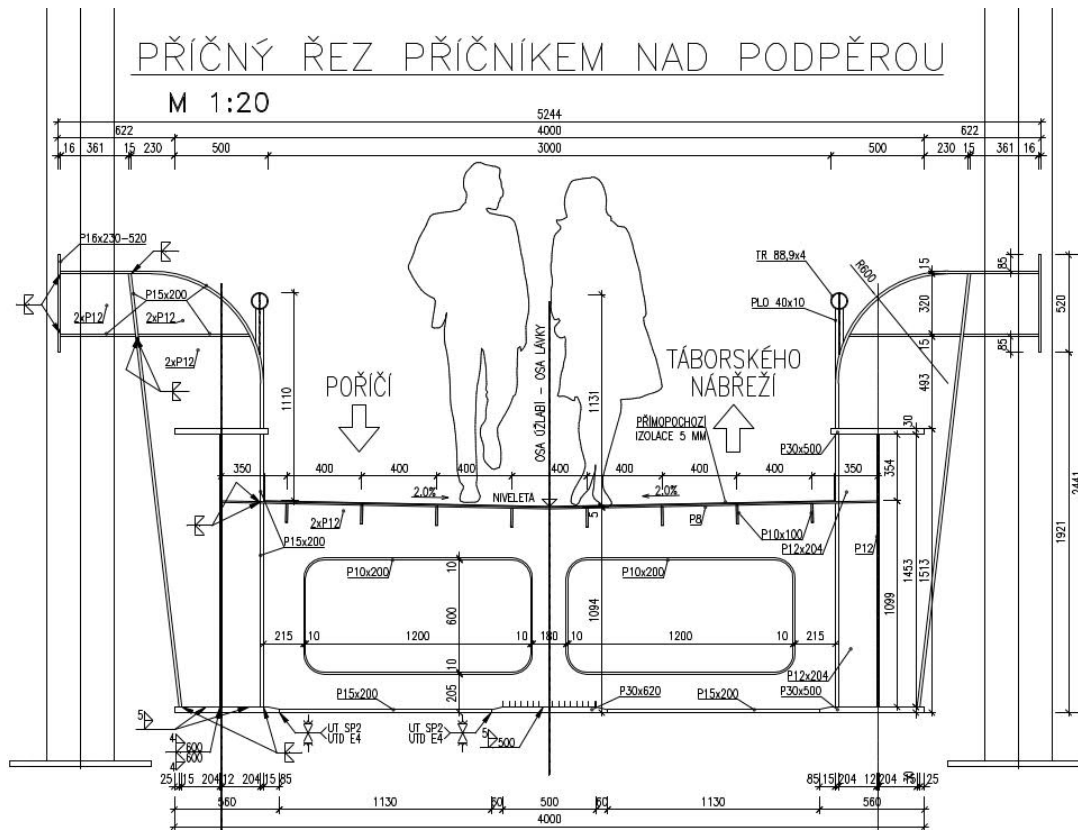
$$\tau_{prům.} = V_{sd} / A_w = 37,0 \times 10^3 / (332 \times 10) = 11,1 \text{ MPa} < 235 / (1,1 \times \sqrt{3}) = 123 \text{ MPa} \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

- Srovnávací napětí vzhledem k velikosti smykového napětí není nutno posuzovat.

5.4 Koncový příčník v místě opěry

Koncová příčná výztuha je nejvíce namáhána při zdvihu nosné OK. Tento stav bude dále sledován.



5.4.1 Zatřídění průřezu, průřezové charakteristiky

Všechny průřezy jsou 1. třídy. Vše z materiálu 235J2+N.

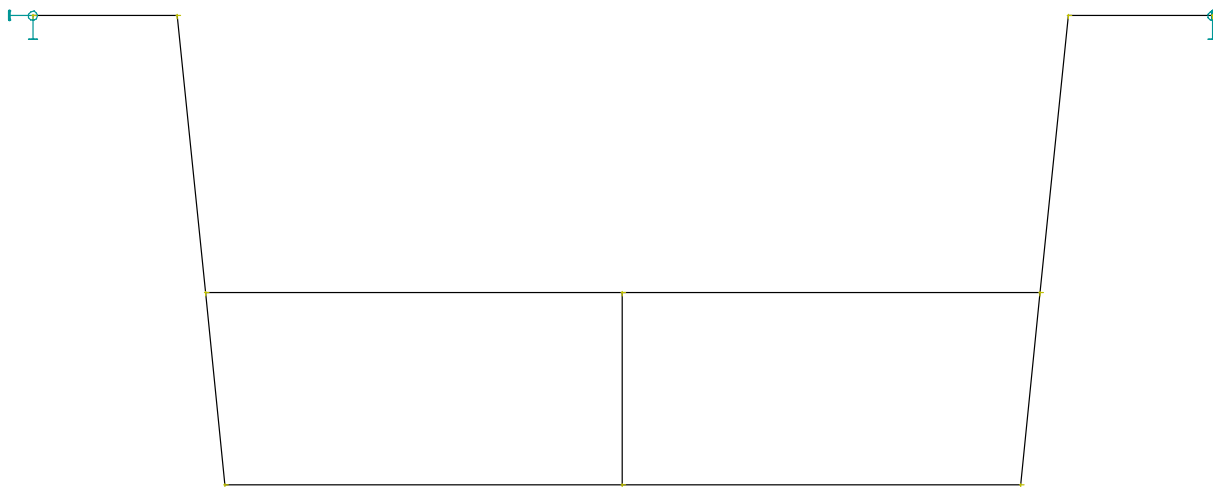
5.4.2 Posouzení při zvedání

Reakce při zvedání nosné OK:

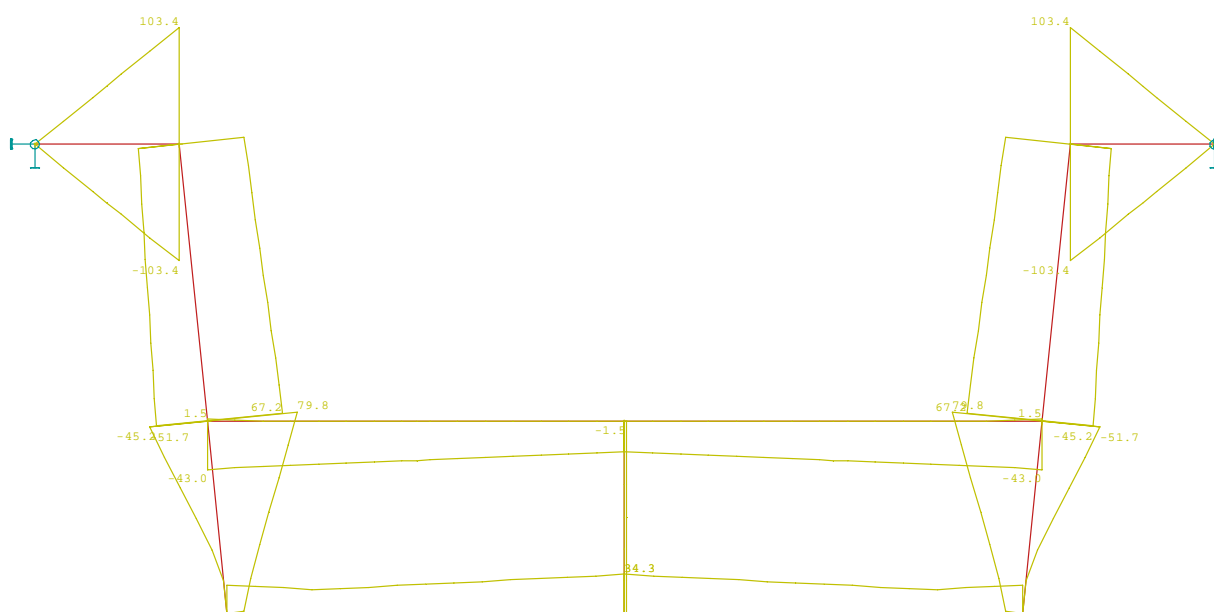
- předpokládáme, že na lávce nebude žádné nahodilé zatížení chodci;
- z proměnných zatížení je uvažováno pouze zatížení větrem

$$R_{Z,max} = (125 + 4 + 6) \times 1,35 + 13 \times 1,5 = 202 \text{ kN}$$

Model příčnicku nad opěrou při zvedání OK:

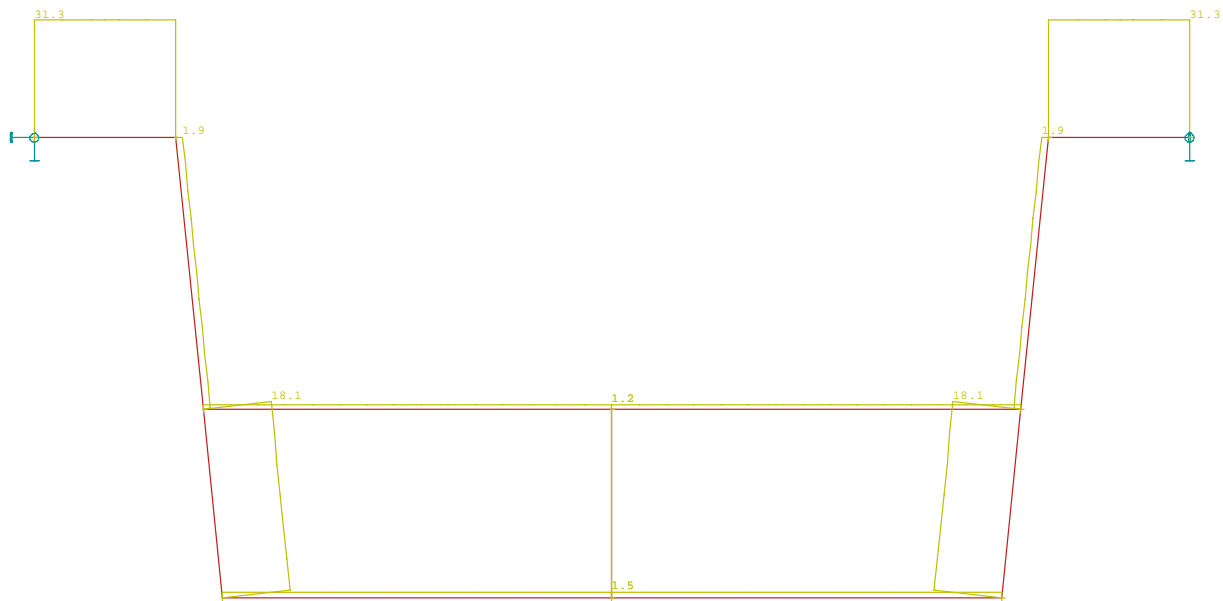


Normálové napětí:



$$103,5 \text{ MPa} \leq 235/1,10 = 213,6 \text{ MPa} \Rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

Smykové napětí:



$$31,3 \text{ MPa} < 235 / (1,1 \times \sqrt{3}) = 123 \text{ MPa} \Rightarrow \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

Srovnávací napětí :

$$\begin{aligned} - \sigma_{\text{EQV,h}} &= \sqrt{\sigma_h^2 + 3 \cdot \tau_h^2} = \sqrt{103,5^2 + 3 \cdot 31,3^2} = 117,0 \text{ MPa} \\ - \mathbf{117,0 \text{ MPa}} &\leq f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{235}{1,1} = \mathbf{213,6 \text{ MPa}} \Rightarrow \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}} \end{aligned}$$

6 Hlavní nosníky

Každý z dvojice hlavních nosníků je tvořen plnostěnným svařovaným trámem otevřeného I-průřezu. Výška průřezu uprostřed rozpětí je 1900 mm a patě trámu je pak 1500mm. Rozpětí hlavního nosníku je 39,0 m. Osová vzdálenost hl.nosníků je 3,5 m – je po celé délce konstantní. Pro trám je použita ocel S235J2+N.

6.1 Vnitřní síly

- Kombinace $M_{y,max}$:

$$M_{y,d} = 4185 \text{ kNm}$$

$$N_d = 300 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 26 \text{ kNm}$$

$$V_{z,d} = 38 \text{ kN}$$

6.2 Průřezové charakteristiky

$$A = 52\,056 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 3,238 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2,30 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$h = 1898 \text{ mm}$$

$$z_{g,h} = 949 \text{ mm}$$

$$z_{g,d} = 949 \text{ mm}$$

$$t_w = 12 \text{ mm}$$

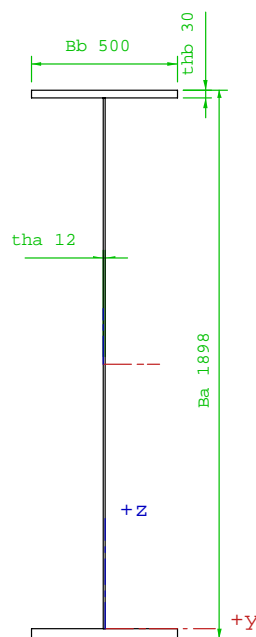
Třída průřezu:

$$\text{ohýbaná část} - c/t = 1838 / 12 = 153$$

$$> 124 \quad \varepsilon = 124 \times 1,0 = 124 - \text{průřez}$$

4.třídy.

Je nutno spočítat efektivní průřezové charakteristiky – dle jiných projektů je zjištěno, že u tohoto průřezu dojde k pouze minimální změně průřez. charakteristik, tudíž nebudou vyčíslovány.



6.3 Posouzení napětí

Kombinace $M_{y,max}$

- normálové napětí

$$\sigma_d = \frac{N_{sd}}{A} + \frac{M_{yd}}{I_y} \cdot Z_{cg,h} + \frac{M_{zd}}{I_z} \cdot Z_{cg,v} = \frac{300 \cdot 10^3}{52056} + \frac{4185 \cdot 10^6}{3,238 \cdot 10^{10}} \cdot 949 + \frac{26 \cdot 10^6}{2,30 \cdot 10^8} \cdot 250 = 5,8 + 122,7 + 28,3 = 155,8 \text{ MPa} \leq \underline{\underline{235/1,10 \text{ MPa} = 213,6 \text{ MPa}}} \Rightarrow \underline{\underline{\text{vyhoví}}}$$

- Smykové napětí

$$\tau_{\text{prům.}} = V_{sd} / A_w = 38,0 \times 10^3 / (1838 \times 12) = 1,7 \text{ MPa} < 235 / (1,1 \times \sqrt{3}) = 123 \text{ MPa} \Rightarrow \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

- Srovnávací napětí vzhledem k velikosti smykového napětí není nutno posuzovat.

6.4 Posouzení podporových výztuh

Výztuhy nad ložiskem

$$R_{z,\max} = 433 \text{ kN}$$

Průřez výztuh nad ložiskem na opěře:

$$A = 300 \times 12 + 200 \times 15 \times 2 = 9600 \text{ mm}^2$$

$$\chi = 1$$

$$\sigma = \frac{R_{z,d}}{A} = 433 \times 10^3 / 9600 = \underline{\underline{45,1 \text{ MPa}}} < \underline{\underline{213,6 \text{ MPa}}} \Rightarrow \underline{\underline{\text{vyhovuje}}}$$

6.5 Průhyby konstrukce

Průhyby od nahodilého zatížení - orientační:

- max. průhyb od pohyblivého zatížení je **43,3 mm** < 39000/250 = **156 mm** \Rightarrow **vyhoví**

Průhyby od stálého zatížení :

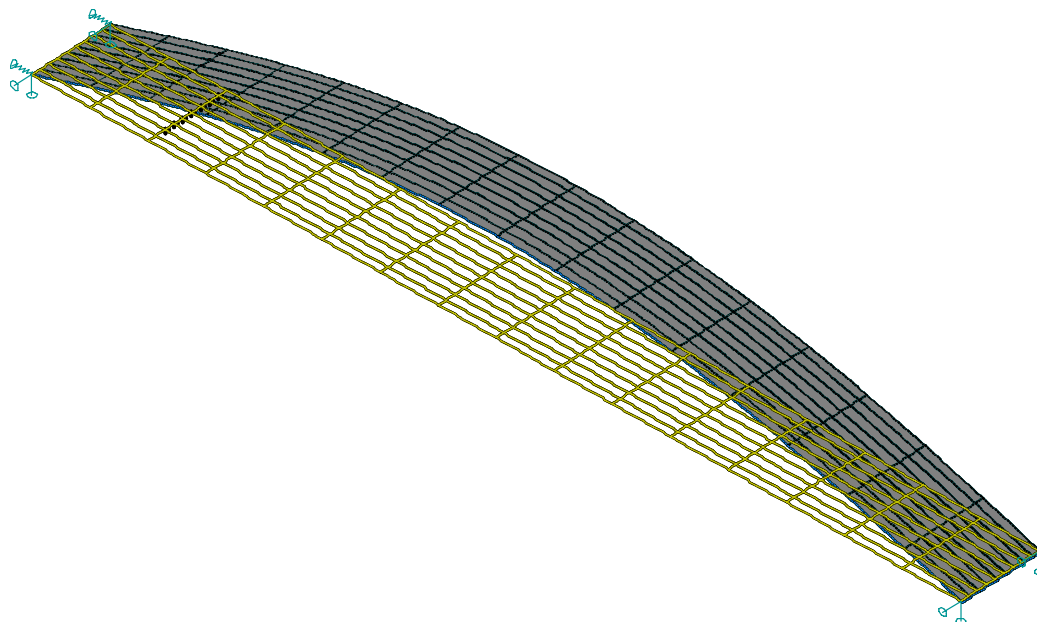
Celkový průhyb trámu od stálého zatížení – **w_g = 33,8 mm** - bude eliminováno výrobním nadvýšením nosné konstrukce.

6.6 Kritéria pohody chodců

První vlastní tvar je svislý ohybový o této frekvenci:

- $f_1 = 3,419 \text{ Hz}$

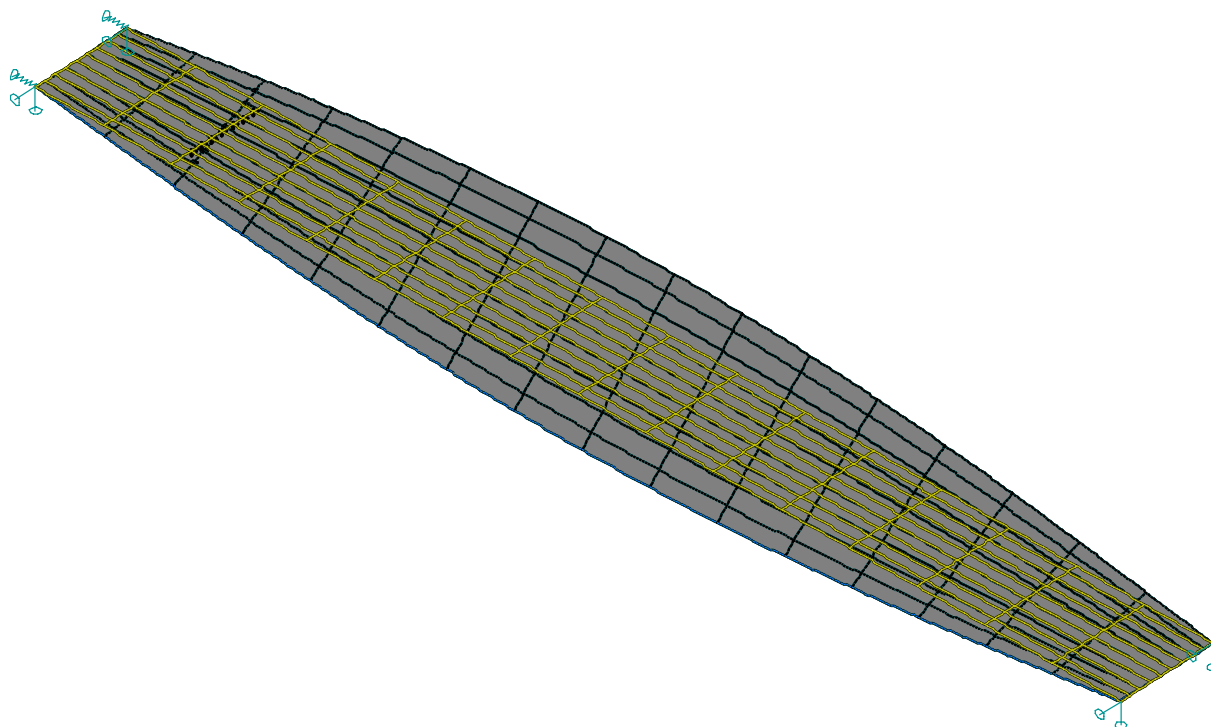
Frekvence je mimo interval lidského kroku 1 až 3 Hz.



Druhý vlastní tvar je torzní o této frekvenci:

- $f_2 = 3,908 \text{ Hz}$

Frekvence je mimo interval lidského kroku 1 až 3 Hz.



Další vlastní tvary pak mají frekvenci vyšší než 7,0 Hz.

7 Dilatace – mostní závěry

7.1 Dilatace od teploty

Charakteristické hodnoty maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty (viz kap. 4.2.3) :

zkrácení: $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 10^\circ\text{C} - (-33^\circ\text{C}) = 43^\circ\text{C}$

prodloužení: $\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 56^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 46^\circ\text{C}$

$$\Delta T_d^+ = \Delta T_K + \Delta T_\gamma + \Delta T_d = 46 + 5 + 15 = \mathbf{66^\circ\text{C}}$$

$$\Delta T_d^- = \Delta T_K + \Delta T_\gamma + \Delta T_d = -43 - 5 - 15 = \mathbf{-63^\circ\text{C}}$$

$$T_0 = 10^\circ\text{C}$$

Opěra 1:

$$- \Delta l^- = \Delta t \cdot l \cdot \alpha \cdot = -63 \times 39000 \times 12 \cdot 10^{-6} = \mathbf{-29,5 \text{ mm}}$$
 (zkrácení)

$$- \Delta l^+ = \Delta t \cdot l \cdot \alpha \cdot = 66 \times 39000 \times 12 \cdot 10^{-6} = \mathbf{30,9 \text{ mm}}$$
 (prodloužení)

Opěra 2:

$$- \Delta l^- = 0 \text{ mm}$$

$$- \Delta l^+ = 0 \text{ mm}$$

7.2 Dilatace od průhybu

Dilatace je počítána pouze od průhybu od zatížení chodci.

- svislá vzdálenost most. závěru od osy ložiska - $h = 1200 \text{ mm}$
- maximální stočení průřezu v místě opěr:

Opěra 1

$$- R_y^- = 0,0035 \text{ rad}$$

$$\Delta l^- = 0,0035 \times 1200 = \mathbf{-4,2 \text{ mm}}$$
 (zkrácení)

Opěra 2

$$- R_y^- = 0,0035 \text{ rad}$$

$$\Delta l^- = 0,0035 \times 1200 = \mathbf{-4,2 \text{ mm}}$$
 (zkrácení)

7.3 Celková dilatace

Opěra 1

$$\Delta l^- = -29,5 - 4,2 = -\mathbf{33,7 \text{ mm}}$$

$$\Delta l^+ = \mathbf{30,9 \text{ mm}}$$

$$\Delta l = /-33,7/ + 30,9 = \mathbf{\underline{64,6 \text{ mm}}}$$

Opěra 2

$$\Delta l^- = -\mathbf{4,2 \text{ mm}}$$

8 Ložiska

8.1 Výpočet tlaků na ložiska

8.1.1 Podélný vítr

Výslednice od zatížení příčným větrem – $R_{w,c} = 4 \times 64,5 = 258 \text{ kN}$

Dle ČSN EN 1991-1-4 budeme uvažovat podélný vítr hodnotou 25% z účinků větru příčného.

Podélná reakce na jedno pevné ložisko - $R_{w,pod.1} = 258 \times 0,25 / 2 = 32,3 \text{ kN}$

8.1.2 Podélná vodorovná síla Q_{flk}

Na lávce bude uvažována podélná vodorovná Q_{flk} dle ČSN EN 1991-2.

- Q_{flk} - 10% z celkového zatížení odpovídajícího rovnoměrnému zatížení
- $Q_{flk} = 0,1 (3,5 \times 39 \times 5,0) = 70,0 \text{ kN}$

Podélná reakce na jedno pevné ložisko – $R_{Q,1} = 70 / 2 = 35 \text{ kN}$

8.1.3 Účinky vratných sil v ložiscích

Konstrukce je uložena na elastomerových ložiscích. Ložisko zachycující pohyb působí na konstrukci silou dle ČSN EN 1337-3 – čl. 5.3.3.7:

$$R_x = (A \times G \times v_x) / T_e$$

- A – půdorysná plocha ložiska-
- G – modul pružnosti ve smyku ložiska
- v_x – maximální vodorovný posun
- T_e – celková jmenovitá výška elastomeru

$$R_x = 0,2 \times 0,3 \times 1,05 \times 10^6 \times 0,034 / 0,05 = 42840 \text{ N} = 42,8 \text{ kN}$$

Součinitel zatížení:

- $\gamma_Q = 1,5$

TLAKY NA LOŽISKA

SVISLÉ ZATÍŽENÍ - Z								OP1		OP2		
č.	Typ zatížení (charakteristické hodnoty)		γ_{sup}	$\xi_{\gamma_{sup}}$	γ_{inf}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	Lož. A	Lož. C	Lož. A	Lož. C
1	STÁLÁ ZAT.	Vlastní tíha OK	1,35	1,15	1				125	125	125	125
2		Izolace	1,35	1,15	1				4	4	4	4
3		Zábradlí	1,35	1,15	1				6	6	6	6
4	PROMĚN. ZAT.	Vítr příčný - zprava - F_w^*	1,5		0	1	0	0	13	-13	13	-13
5		Vítr příčný - zleva - F_w^*	1,5		0	1	0	0	-13	13	-13	13
6		gr1 - 5,0 kN/m2	1,35		0	0,4	0,4	0	171	171	171	171
minRz,k - minimální charakteristická reakce									122	122	122	122
maxRz,k - maximální charakteristická reakce									319	319	319	319
minRz,d - minimální návrhová reakce (komb. - tab.A2.4(B) výraz 6.10 dle ČSN EN 1990 ed.2)									116	116	116	116
maxRz,d - maximální návrhová reakce (komb. - tab.A2.4(B) výraz 6.10 dle ČSN EN 1990 ed.2)									433	433	433	433

TLAKY NA LOŽISKA

VODOROVNÉ ZATÍŽENÍ KOLMÉ NA OSU MOSTU - směr Y					OP1	OP2	
č.	Typ zatížení (charakteristické hodnoty)		γ	Ψ_0	Lož. B	Lož. B	
11	PROMĚNNÁ ZAT.	Vítr příčný	1,5	1	132	132	
maxRy,k - maximální charakteristická reakce (abs)					132	132	
maxRy,d - maximální návrhová reakce (abs)					198	198	
VODOROVNÉ ZATÍŽENÍ ROVNOBĚŽNÉ S OSOU MOSTU - směr X					OP1	OP2	
č.	Typ zatížení (charakteristické hodnoty)		γ	Ψ_0	Lož. B	Lož. B	
12		Podélný vítr	1,5	1	0	66	
13		Vodorovná síla - gr1 - Q _{flk}	1,35	0,4	0	70	
14		Vratné síly v ložiskách	1,5	0,6	43	43	
maxRy,k - maximální charakteristická reakce (abs)					43	137	
maxRy,d - maximální návrhová reakce (abs)					65	201	

Tučně vytištěné hodnoty mohou být kladné i záporné

9 Seznam literatury

- [1] ČSN EN 1990 ed.2 – Zásady navrhování konstrukcí, včetně změny
- [2] ČSN EN 1991-2 – Zatížení konstrukcí, Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [3] ČSN EN 1991-1-4 – Zatížení konstrukcí, Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [4] ČSN EN 1991-1-5 – Zatížení konstrukcí, Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou
- [5] ČSN EN 1992-2 – Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty-Navrhování a konstrukční zásady
- [6] ČSN EN 1993-1-1 – Navrhování ocelových konstrukcí, část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] ČSN EN 1993-1-5 – Navrhování ocelových konstrukcí, část 1-5: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro rovinné deskostěnové konstrukce bez příčného zatížení
- [8] ČSN EN 1993-1-9 – Navrhování ocelových konstrukcí, část 1-9: Únava
- [9] ČSN EN 1993-1-10 – Navrhování ocelových konstrukcí, část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou
- [10] ČSN EN 1993-2 – Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty
- [11] ČSN EN 1994-2 – Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty
- [12] T. Rotter, J. Studnička – Ocelové konstrukce 30 – Ocelové mosty, pomůcka pro cvičení
- [13] ČSN EN 1992 - Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí

V Brně, říjen 2020

Vypracoval: Ing. Vojtěch Konečný