

C1.200.4 STATICKÝ VÝPOČET

**SO 201 LÁVKA PRO PĚŠÍ PŘES NÁHON
ZA MORAVOLENEM**

Vypracoval: Ing. Dušan Halama

Kontroloval: Ing. Michal Horák

Datum: 10/2005

OBSAH:

I. NOSNÁ KONSTRUKCE LÁVKY

I.1 HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE

I.1.1 GEOMETRIE	3
I.1.2 ZATÍŽENÍ.....	3-4
I.1.3 CHARAKTERISTIKY POUŽITÉHO MATERIÁLU	4
I.1.4 CHARAKTERISTIKY POUŽITÉHO PRŮŘEZU	4-5
I.1.5 SILOVÉ ÚČINKY	5
I.1.6 POSOUZENÍ NA I.MS (ÚNOSNOST).....	6
I.1.7 POSOUZENÍ NA II.MS (POUŽITELNOST)	6

I.2 POSOUZENÍ VZPĚRY VODOROVNÉHO ZTUŽENÍ L70x7..... 7

I.3 POJEZD Z FOŠEN 65x200x2000 MM

I.3.1 CHARAKTERISTIKY POUŽITÉHO MATERIÁLU	8
I.3.2 SILOVÉ ÚČINKY	8
I.3.3 POSOUZENÍ NA I.MS (ÚNOSNOST).....	8
I.3.4 POSOUZENÍ NA II.MS (POUŽITELNOST)	9

II. MOSTNÍ OPĚRA

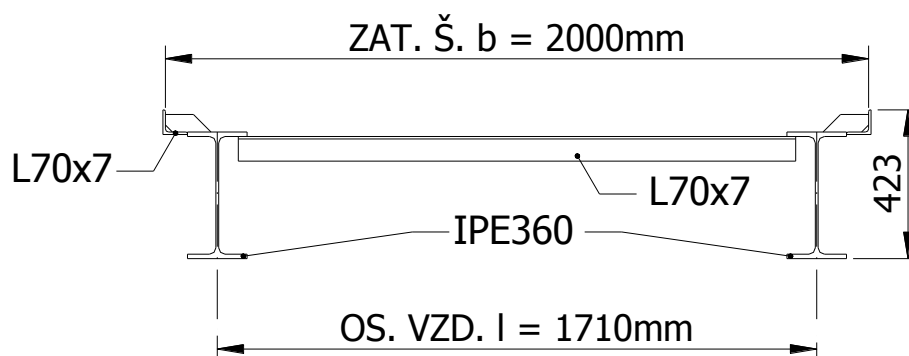
II.1 GEOMETRIE.....	10
II.2 VLASTNOSTI ZEMIN.....	10
II.3 ZATÍŽENÍ.....	10-11
II.4 POSOUZENÍ	
II.4.1 NAPĚTÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE	11
II.4.2 STABILITA	11-12

SEZNAM NOREM.....	13
-------------------	----

I. NOSNÁ KONSTRUKCE LÁVKY

I.1 HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE

I.1.1 Geometrie



teoretické rozpětí (vzdálenost ložisek) $l = 9,400 \text{ m}$

I.1.2 Zatížení

A) Svislé zatížení:

Stálé:		$g_n[\text{kN/m}']$	γ_f	$g_d[\text{kN/m}']$
vlastní váha nosníku (57,1 kg/m')		0,57	1,10	0,63
vodorovné ztužení (cca 35 kg/m ²)	$0,35 \cdot 2,0/2 =$	0,35	1,10	0,39

Dlouhodobé nahodilé:

fošny – modřín (65x200x2000)	$0,065 \cdot 2,0/2 \cdot 9,0 =$	0,59	1,20	0,71
zábradlí		<u>1,00</u>	<u>1,20</u>	<u>1,20</u>
	$\Sigma =$	2,51	1,17	2,93

Krátkodobé nahodilé:

		$v_n[\text{kN/m}']$	γ_f	$v_d[\text{kN/m}']$
užitné (4 kN/m ² , $\delta = 1,00$)	$4,0 \cdot 2,0/2 =$	4,00	1,40	5,60

B) Vodorovné zatížení – zatížení větrem:

Vítr (větrová oblast III. $\rightarrow w_0 = 0,45 \text{ kN/m}^2$; $C_w = 2,0$; $h = 0,423 \text{ m}$)

	$w_n[\text{kN/m}']$	γ_f	$w_d[\text{kN/m}']$
$0,45 \cdot 2,0 \cdot 0,423 =$	0,38	1,20	0,46

- mají velmi malý vliv na celkovou únosnost nosníku (bude zanedbáno)

I.1.3 Charakteristiky použitého materiálu

označení materiálu	ocel S235		
modul pružnosti	$E =$	210000	MPa
mez kluzu oceli	$f_{y,k} =$	235	MPa
souč. spolehlivosti materiálu	$\gamma_{M0} =$	1,15	

I.1.4 Charakteristiky použitého průřezu

klasifikace průřezu:

označení průřezu	IPE360		
výška stojiny	$d =$	0,2986	m
tloušťka stojiny	$t_w =$	0,008	m
délka přečnívající části pásnice	$c =$	0,085	m
tloušťka pásnice	$t_f =$	0,0127	m

$$\frac{d}{t_w} = \frac{0,2986}{0,008} = 37,33 < 72\varepsilon = 72\sqrt{\frac{235}{f_{y,k}}} = 72\sqrt{\frac{235}{235}} = 72,00 \Rightarrow \textbf{třída 1} \Rightarrow \beta_w = 1$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0,085}{0,0127} = 6,69 < 10\varepsilon = 10\sqrt{\frac{235}{f_{y,k}}} = 10\sqrt{\frac{235}{235}} = 10,00 \Rightarrow \textbf{třída 1} \Rightarrow \beta_w = 1$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{0,2986}{0,008} = 37,33 < 69\varepsilon = 69\sqrt{\frac{235}{f_{y,k}}} = 69\sqrt{\frac{235}{235}} = 69,00 \Rightarrow \text{stojina nebouli,}$$

navrženy pouze konstrukční výztuhy v podporách a cca ve 1/3 rozpětí

charakteristiky průřezu:

délka nezajištěná	$l =$	9,400 m
zajištěná délka proti vybočení	$l_z =$	1,600 m
výška profilu	$h =$	0,360 m
plocha příčného řezu	$A =$	$7,273 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
elastický modul pružnosti	$W_{el,y} =$	$9,036 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
mom. setrvačnosti	$I_y =$	$1,627 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$
mom. setrvačnosti	$I_z =$	$1,043 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$
mom. setrvačnosti v kroucení	$I_t =$	$3,732 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$
součinitel tvaru mom. plochy	$\kappa_M =$	0,94

I.1.5 Silové účinky**A) Podporová reakce:**

$$A_g = \frac{1}{2} \Sigma g_d l = \frac{1}{2} * 2,93 * 9,4 = 13,8 \text{ kN}$$

$$A_v = \frac{1}{2} v_d l = \frac{1}{2} * 5,60 * 9,4 = 26,3 \text{ kN}$$

$$A_{celk} = A_g + A_v = 13,8 + 26,3 = 40,1 \text{ kN}$$

B) Ohybové momenty uprostřed rozpětí:

$$M_g = \frac{1}{8} \Sigma g_d l^2 = \frac{1}{8} * 2,93 * 9,4^2 = 32,4 \text{ kNm}$$

$$M_v = \frac{1}{8} v_d l^2 = \frac{1}{8} * 5,60 * 9,4^2 = 61,9 \text{ kNm}$$

$$M_w = \frac{1}{8} w_d l^2 = \frac{1}{8} * 0,46 * 9,4^2 = 5,1 \text{ kNm}$$

$$M_{celk} = M_g + M_v = 32,4 + 61,9 = 94,3 \text{ kNm}$$

I.1.6 Posouzení na I. MS (únosnost)

$$\alpha_t = 0,62 \frac{l_z}{h} \sqrt{\frac{I_t}{I_z}} = 0,62 \frac{1,60}{0,36} \sqrt{\frac{3,732 * 10^{-7}}{1,043 * 10^{-5}}} = 0,52 \Rightarrow \gamma = 1,20$$

$$i_{z_1} = \frac{h}{2} \sqrt{\frac{I_z}{I_y}} = \frac{0,36}{2} \sqrt{\frac{1,043 * 10^{-5}}{1,627 * 10^{-4}}} = 0,046 \text{ m}$$

$$\lambda_{LT} = \gamma \frac{\kappa_M * l_z}{i_{z_1}} = 1,20 \frac{0,94 * 1,60}{0,046} = 39,3$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_{y,k}}} = 93,9 \sqrt{\frac{235}{235}} = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \sqrt{\beta_w} = \frac{39,3}{93,9} \sqrt{1} = 0,42 \Rightarrow \chi_{LT} = 0,918 \text{ (křivka b)}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * \beta_w * W_{el,y} * f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,918 * 1 * 9,036 * 10^{-4} * 235 * 10^3}{1,15} = 169,5 \text{ kNm}$$

M_{b,Rd} = 169,5 kNm > M_{celk} = 94,3 kNm VYHOVUJE (využití 56 %)

I.1.7 Posouzení na II. MS (použitelnost)

$$w = \frac{5 * (\Sigma g_n + v_n) l^4}{384 * E * I_y} = \frac{5 * (2,51 + 4,00) * 9,4^4}{384 * 210 * 10^6 * 1,627 * 10^{-4}} = 0,020 \text{ m}$$

$$w = 0,020 \text{ m} < w_{\lim} = \frac{l}{300} = \frac{9,4}{300} = 0,031 \text{ m} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

I.2 POSOUZENÍ VZPĚRY VODOROVNÉHO ZTUŽENÍ L70x7

maximální působící síla $N_{Sd} = 3,7 \text{ kN (tlak)}$

vzpěrná délka $l_z = 2,342 \text{ m}$

plocha příčného řezu $A = 9,420 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

poloměr setrvačnosti $i_\eta = 0,0137 \text{ m}$

křivka vzpěrné pevnosti $c \Rightarrow \alpha = 0,49$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0,070}{0,007} = 10 = 10\varepsilon = 10 \sqrt{\frac{235}{f_{y,k}}} = 10 \sqrt{\frac{235}{235}} = 10,00 \Rightarrow \text{třída 1} \Rightarrow \beta_A = 1$$

$$\lambda = \frac{l_z}{i_\eta} = \frac{2,342}{0,0137} = 171,0 < \lambda_{\max} = 250$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_{y,k}}} = 93,9 \sqrt{\frac{235}{235}} = 93,9$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{171,0}{93,9} \sqrt{1} = 1,82$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,49 * (1,82 - 0,2) + 1,82^2] = 2,55$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,55 + \sqrt{2,55^2 - 1,82^2}} = 0,23$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * \beta_A * A * f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,23 * 1 * 9,420 * 10^{-4} * 235 * 10^3}{1,15} = 44,3 \text{ kN}$$

$N_{b,Rd} = 44,3 \text{ kN} > N_{Sd} = 3,7 \text{ kN}$ VYHOVUJE (využití 9%)

I.3 POJEZD Z FOŠEN 65x200x2000 MM

I.3.1 Charakteristiky použitého materiálu

označení materiálu	modřín - SI
modul pružnosti	$E = 10000 \text{ MPa}$
charakteristická ohybová pevnost	$f_{m,k} = 22,0 \text{ MPa}$
souč. spolehlivosti materiálu	$\gamma_M = 1,45$
rozpětí (os. vzdál. nosníků)	$l = 1,710 \text{ m}$
objemová hmotnost pojezdu z fošen	$\gamma = 900 \text{ kg/m}^3$

I.3.2 Silové účinky

- pro pruh šířky 1 m

$$M_{celk} = \frac{1}{8} (g_d + v_d) l^2 = \frac{1}{8} * (0,71 + 5,60) * 1,71^2 = 2,3 \text{ kNm}$$

- posudek jedné fošny pro kolový tlak od údržbového vozíku (250 kg) a obsluhy vozíku (100 kg); kolový účinek uvažován ve třetinách rozpětí

	celk. [kN]	náprava[kN]	kolo Q_n [kN]	γ_f	Q_d [kN]
250 kg + 100 kg = 350 kg	3,5	2,0	1,00	1,40	1,40
$M_{celk} = \frac{1}{8} g_d l^2 + \frac{Q_d * l}{3} = \frac{1}{8} * 0,14 * 1,71^2 + \frac{1,4 * 1,71}{3} = 0,9 \text{ kNm}$					

I.3.3 Posouzení na I.MS (únosnost)

- pro pruh šířky 1 m

$$M_{b,Rd} = k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \left(\frac{1}{6} b h^2 \right) = 0,9 \frac{22,0}{1,45} \left(\frac{1}{6} * 1,0 * 0,065^2 \right) = 9,6 \text{ kNm}$$

$M_{b,Rd} = 9,6 \text{ kNm} > M_{celk} = 2,3 \text{ kNm}$ VYHOVUJE (využití 24%)

- pro kolový tlak na 1 fošnu

$$M_{b,Rd} = k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \left(\frac{1}{6} b h^2 \right) = 0,9 \frac{22,0}{1,45} \left(\frac{1}{6} * 0,2 * 0,065^2 \right) = 1,9 \text{ kNm}$$

$M_{b,Rd} = 1,9 \text{ kNm} > M_{celk} = 0,9 \text{ kNm}$ VYHOVUJE (využití 48%)

I.2.4 Posouzení na II. MS (použitelnost)

- pro pruh šířky 1 m

$$w = \frac{5 * (\Sigma g_n * (1 + k_{def}) + v_n) l^4}{384 * E * \frac{1}{12} b h^3} = \frac{5 * (0,59 * (1 + 0,5) + 4,00) * 1,71^4}{384 * 10 * 10^6 * \frac{1}{12} * 1,0 * 0,065^3} = 0,0024 \text{ m}$$

$$w = 0,0024 \text{ m} < w_{\text{lim}} = \frac{l}{250} = \frac{1,71}{250} = 0,0068 \text{ m} \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

- pro kolový tlak na 1 fošnu

$$w_{\text{celk}} = w_g (1 + k_{\text{def}}) + w_Q = 0,00029 (1 + 0,5) + 0,0039 = 0,0044 \text{ m}$$

$$w = 0,0044 \text{ m} < w_{\text{lim}} = \frac{l}{250} = \frac{1,71}{250} = 0,0068 \text{ m} \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

II. MOSTNÍ OPĚRA

II.1 Geometrie

Opěra:

$b = 3,000 \text{ m}$ (šířka opěry)

$d = 2,470 \text{ m}$ (délka opěry)

$A = 13,0 \text{ m}^2$

$V = 13,0 \cdot 2,47 = 32,1 \text{ m}^3$

$G_o = 32,1 \cdot 25 = 802,5 \text{ kN}$

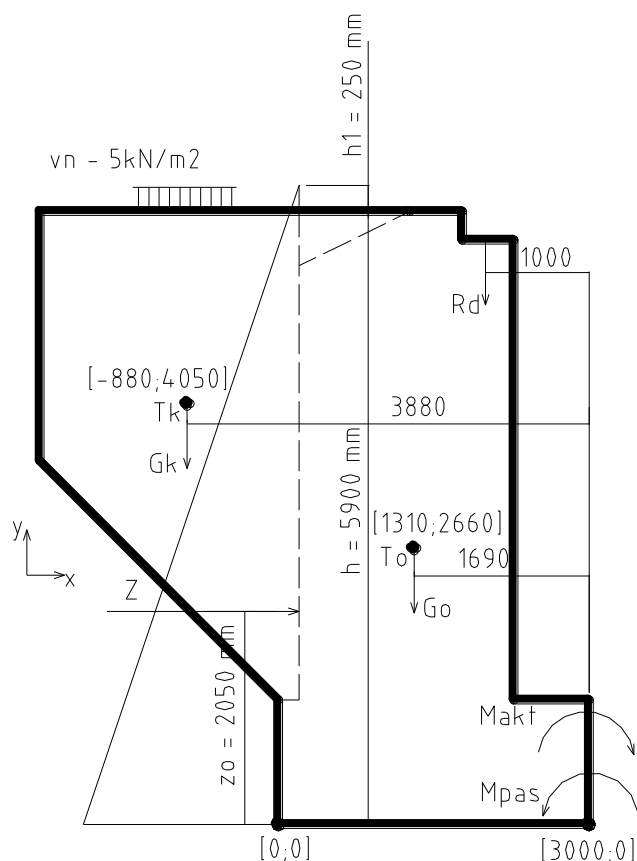
Křídlo:

$t = 0,350 \text{ m}$ (tloušťka křídla)

$A = 9,3 \text{ m}^2$

$V = 9,3 \cdot 0,35 = 3,3 \text{ m}^3$

$G_k = 3,3 \cdot 25 = 82,5 \text{ kN}$



II.2 Vlastnosti zemin

odhad: **třída G5**

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

$\varphi = 30^\circ$

$R_{dt} = 250 \text{ kPa}$ (pro šířku základu $b = 3,00 \text{ m}$)

II.3 Zatížení

Silové účinky z horní stavby:

$R_{g,d} = 2 \cdot A_g = 2 \cdot 13,8 = 27,6 \text{ kN}$ (stálé)

$R_{v,d} = 2 \cdot A_v = 2 \cdot 26,3 = 52,6 \text{ kN}$ (nahodilé)

$R_d = 2 \cdot A_{celk} = 2 \cdot 40,1 = 80,2 \text{ kN}$

$v_n = 5 \text{ kN/m}^2$ (přetížení okolní zeminy)

Zemní tlak:

$$h_1 = \frac{v_n}{\gamma_z} = \frac{5}{20} = 0,25 \text{ m}$$

$$\gamma = \gamma_z \left(1 + \frac{2h_1}{h}\right) = 20 * \left(1 + \frac{2 * 0,25}{5,900}\right) = 21,7 \text{ kNm}^{-3}$$

$$z_0 = \frac{h}{3} \frac{h + 3h_1}{h + 2h_1} = \frac{5,900}{3} \frac{5,900 + 3 * 0,25}{5,900 + 2 * 0,25} = 2,05 \text{ m}$$

$$Z = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_a = \frac{1}{2} * 21,7 * 5,900^2 * \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right) = 125,9 \text{ kNm}^{-1}$$

II.4 Posouzení

II.4.1 Napětí v základové spáře

$$\begin{aligned} M &= G_o * \left(\frac{b}{2} - 1,310\right) + 2 * G_k * \left(\frac{b}{2} + 0,880\right) - R_d * \left(\frac{b}{2} - 1,000\right) - Z * d * z_0 = \\ &= 802,5 * \left(\frac{3,00}{2} - 1,310\right) + 2 * 82,5 * \left(\frac{3,00}{2} + 0,880\right) - 80,2 * \left(\frac{3,00}{2} - 1,000\right) - \\ &\quad - 125,9 * 2,470 * 2,05 = 132,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$N = G_o + 2 * G_k + R_d = 802,5 + 2 * 82,5 + 80,2 = 1047,7 \text{ kN}$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{132,5}{1047,7} = 0,127 \text{ m} < \frac{b}{3} = \frac{3,00}{3} = 1,00 \text{ m}$$

$$\sigma_z = \frac{N}{d(b - 2e)} = \frac{1047,7}{2,47 * (3,00 - 2 * 0,127)} = 154,5 \text{ kPa} < \frac{R_{dt}}{\gamma_f} = \frac{250}{1,2} = 208,3 \text{ kPa}$$

VYHOVUJE

II.4.2 Stabilita

A) Posunutí:

$$\begin{aligned} T &= (G_o + 2 * G_k + R_{g,d}) * \operatorname{tg} \varphi = (802,5 + 2 * 82,5 + 27,6) * \operatorname{tg} 30^\circ = \\ &= 621,5 \text{ kN} > 2 * Z * d = 2 * 125,9 * 2,47 = 605,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

B) Překlopení:

$$M_{akt} = Z * d * z_0 = 125,9 * 2,47 * 2,05 = 637,5 \text{ kNm}$$

$$M_{pas} = G_o * 1,690 + 2 * G_k * 3,880 + R_{g,d} * 1,00 = 802,5 * 1,690 + 2 * 82,5 * 3,880 + \\ + 27,6 * 1,00 = 2024,1$$

$$M_{pas} = 2024,1 \text{ kNm} > 1,5 * M_{akt} = 1,5 * 637,5 = 956,3 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Pozn.: Posouzení jednotlivých částí a řezů opěry nebude v tomto stupni projektové dokumentace prováděno.

Seznam použitých norem:

ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce

ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy

ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN 73 1701 Navrhování dřevěných konstrukcí

ČSN 73 6201 Projektování a prostorové uspořádání mostních objektů

ČSN 73 6203 Zatížení mostů