SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST

HLAVNÝ PROJEKTANT: **ZDRUŽENIE AMBERG & PROMA**

AMBERG ENGINEERING

Somolického 1/B, 811 05 Bratislava I.
Telefón: 421 2 5930 8261
Fax: 421 2 5930 8260
E-mail: info@amberg.sk

PROMA s.r.o.

Bytčická 16, 010 01 Žilina
Telefón: 421 41 707 88 00-11
Fax: 421 41 707 88 40
E-mail: sekretariat.za@proma.sk

201-00 D

VYPRACOVAL: ING. M. RUSÍN	HL. INŽ. PROJEKTU: ING. M. VÁHOVSKÝ	ZHOTOVITEĽ: MOSTAT, MOSTAT, spol. s r.o. Belehradská 18, 040 13 Košice
ZOD. PROJEKTANT: ING. J. PALGUT	TECH. KONTROLA: ING. Z. KRAFČÍK	
OBJEDNÁVATEĽ: Slovenská správa ciest, Miletičova 19, 826 19 Bratislava		
KRAJ: Prešovský samosprávny kraj	OKRES: Stará Ľubovňa	
STAVBA: I/68 PLAVNICA PRELOŽKA CESTY		ČÍSLO ZÁKAZKY: AP-2019/219/01
		STUPEŇ: DP/DRS
		DÁTUM: 03/2019
ČASŤ STAVBY: MOST CEZ POTOK ĽUBOVNIANKA V KM 0,555		FORMÁT: xA4
		MIERKA:
PRÍLOHA: STATICKÝ VÝPOČET		ČÍSLO PRÍLOHY: 20 / SÚPRAVA:

OBSAH STATICKÉHO VÝPOČTU:

1. ÚVOD 3
1.1 Základné údaje 3
1.2 Princípy a postupy použité v statickom výpočte 3
1.3 Prehľad použitej literatúry 3
1.4 Výpočet vnútorných síl a posúdenie konštrukcie 3
1.5 Prehľad materiálových charakteristík 4
1.6 Prehľad použitej literatúry 5
2. GEOMETRIA MOSTA 5
3. VÝPOČET ZAŤAŽENÍ. 5
3.1 Stále zaťaženie (G). 5
3.1.1 Vlastná tiaž nosnej konštrukcie. 5
3.1.2 Vlastná tiaž spodnej stavby 5
3.1.3 Ostatné stále zaťaženia. 5
3.1.4 Zemný tlak 6
3.2 Premenné zaťaženia (Q) 6
3.2.1 Zaťaženie cestnou dopravou 6
3.2.2. Zaťaženie vetrom 7
3.2.3 Zvýšenie zemného tlaku od dopravy 8
4. VÝPOČET NOSNEJ KONŠTRUKCIE. 8
4.1 Návrh ložísk 8
4.1.1 Zvislé zaťaženie 8
4.1.1.1 Stále 8
4.1.2 Vodorovné zaťaženie 8
4.1.3 Návrhové hodnoty kombinácií zaťažení (STR/GEO) (súbor B) 9
4.2 Posúdenie ložísk 10
5. SPODNÁ STAVBA 11
5.1 Inžinierskogelogické pomery 11
5.1.1. Prieskumné vrty 11
5.1.2 Výsledky a odporúčania IG prieskumu 13
5.2 Opory 13

5.2.1 Výpočtový model 13
5.2.2.Úložný prah opory 14
5.2.3 Záverný múrik 15
5.2.4 Mostné krídla 17
6. ZALOŽENIE MOSTA 21
6.1 Posúdenie pilót 21
6.1.1 Návrhové hodnoty vnútorných síl 21
6.1.2 Posúdenie zvislej únosnosti pilóty 21
6.1.3 Posúdenie únosnosti materiálu pilóty 22
7. MOSTNÝ ZÁVER 22
8. ZÁVER STATICKÉHO VÝPOČTU 24

1. ÚVOD

1.1 Základné údaje

Mostný objekt 201-00 zabezpečuje premostenie cesty I/68 (100-00) ponad potok Ľubovnianka. Jedná sa o šikmú (68,6g) jednopoľovú konštrukciu. Cesta na moste je vedená v oblúku o polomere 500m. Z hľadiska výškového vedenia je niveleta v klesaní 0,5%.

Nosná mosta je navrhnutá ako trámová z vopred predpätých nosníkov IST-97 dĺžky 18m, ktoré sú spojené žb. spriahajúcou doskou. Nosná konštrukcia je z betónu C 45/55 (prefabrikované nosníky) a C 30/37 (spriahajúca doska). Ako predpínacia výstuž nosníkov sú použité oceľové predpínacie laná ϕLs 15,5 / 1800 - LSA. Mäkká výstuž nosnej konštrukcie je z ocele 10505(R) resp. B500B.

Spodná železobetónová stavba (C30/37) pozostáva z úložných prahov so závernými múrikmi a zavesenými krídlami.

Založenie mosta je navrhnuté ako hĺbkové na vŕtaných železobetónových pilótach opretých do podložia, predpokladanej dĺžky 15m. Výsledky ig-prieskumu odporúčajú pred stanovením definitívnej dĺžky pilót zrealizovať podrobný ig-prieskum, ktorým by bolo overené únosnejšie podložie (horniny triedy R4 alebo únosnejšej), keďže zrealizovaný ig-prieskum do hĺbky 10m toto únosné podložie nepotvrdil.

Návrhová odolnosť pilót, zvlášť pod každou z opôr, musí byť v zmysle STN EN 1997 overená zaťažovacou skúškou.

1.2 Princípy a postupy použité v statickom výpočte

Statický výpočet je spracovaný v súlade s príslušnými ustanoveniami nasledujúcich noriem:

STN EN 1990	Eurokód, Zásady navrhovania konštrukcií
STN EN 1991-1-1	Eurokód 1, Zaťaženie konštrukcií, Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia – objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov
STN EN 1991-1-4	Eurokód 1, Zaťaženie konštrukcií, Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia – zaťaženie vetrom
STN EN 1991-1-5	Eurokód 1, Zaťaženie konštrukcií, Časť 1-5: Všeobecné zaťaženia – zaťaženia účinkami teploty
STN EN 1991-2	Eurokód 1, Zaťaženie konštrukcií, Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou
STN EN 1992-1-1	Eurokód 2, Navrhovanie betónových konštrukcií, Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy
STN EN 1992-2	Eurokód 2, Navrhovanie betónových konštrukcií, Časť 2: Betónové mosty. Navrhovanie a konštruovanie
EN 1997-1	Eurokód 7, Geotechnické navrhovanie, Časť 1: Všeobecné pravidlá
STN 731001	Základová pôda pod plošnými základmi
STN 731002	Pilótové základy
STN EN 206-11	Betón, Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda

1.3 Prehľad použitej literatúry

[Bilčík-Fillo-Benko-Halvoník Betónové konštrukcie (2008)

1.4 Výpočet vnútorných síl a posúdenie konštrukcie

Na výpočtový model sú aplikované jednotlivé uvažované zaťaženia.

Účinky jednotlivých zaťažení sú kombinované do kombinácií zaťažení v zmysle STN EN 1990. V závislosti od toho, o aké posúdenie medzného stavu únosnosti sa jedná, sú vytvorené príslušné kombinačné schémy:

- „súbor A“ (EQU)
$$\sum_j \gamma_{Gj,\sup}.G_{kj,\sup} + \sum_j \gamma_{Gj,\inf}.G_{kj,\inf} + \gamma_{Q,1}.Q_{k1} + \sum_{i\geq 2} \gamma_{Q,i}.\psi_{0i}.Q_{ki}$$
- „súbor B“ (STR/GEO)
$$\sum_j \gamma_{Gj,\sup}.G_{kj,\sup} + \sum_j \gamma_{Gj,\inf}.G_{kj,\inf} + \gamma_p.P_k + \gamma_{Q,1}.Q_{k1} + \sum_{i\geq 2} \gamma_{Q,i}.\psi_{0i}.Q_{ki}$$
- „súbor C“ (STR/GEO)
$$\sum_j \gamma_{Gj,\sup}.G_{kj,\sup} + \sum_j \gamma_{Gj,\inf}.G_{kj,\inf} + \gamma_p.P_k + \gamma_{Q,1}.Q_{k1} + \sum_{i\geq 2} \gamma_{Q,i}.\psi_{0i}.Q_{ki}$$

Pre mimoriadne návrhové kombinácia platí kombinačná schéma:
$$\sum_j G_{kj,\sup} + \sum_j G_{kj,\inf} + P_k + A_d + \psi_{1,1}.Q_{k1} + \sum_{i\geq 2} \psi_{2i}.Q_{ki}$$

1.5 Prehľad materiálových charakteristík

Betón C45/55

Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28dní	f_{ck} (MPa)	45
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28dní	$f_{ck,cube}$ (MPa)	55
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm} (MPa)	3,8
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5%-ný fraktil	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,7
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný kraktil	$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	4,9
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm} (GPa)	36
Súčiniteľ dĺžkovej teplotnej rozťažnosti	α_T (1/°C)	$1{,}0.10^{-5}$

Betón C30/37

Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28dní	f_{ck} (MPa)	30
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28dní	$f_{ck,cube}$ (MPa)	37
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm} (MPa)	2,9
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5%-ný fraktil	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,0
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný kraktil	$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	3,8
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm} (GPa)	33
Súčiniteľ dĺžkovej teplotnej rozťažnosti	α_T (1/°C)	$1{,}0.10^{-5}$

Betón C25/30

Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28dní	f_{ck} (MPa)	25
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28dní	$f_{ck,cube}$ (MPa)	30
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm} (MPa)	2,6
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5%-ný fraktil	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,8
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný kraktil	$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	3,3
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm} (GPa)	31
Súčiniteľ dĺžkovej teplotnej rozťažnosti	α_T (1/°C)	$1{,}0.10^{-5}$

Betonárska výstuž 10505 (R)

Charakteristická medza klzu	f_{yk} (MPa)	500
Návrhová hodnota Sečnicový modul pružnosti betónu	E_s (GPa)	200

1.6 Prehľad použitej literatúry

[Bilčík-Fillo-Benko-Halvoník Betónové konštrukcie (2008)

2. GEOMETRIA MOSTA

Prehľadný výkres – pozri výkresová príloha.

3. VÝPOČET ZAŤAŽENÍ.

3.1 Stále zaťaženie (G).

3.1.1 Vlastná tiaž nosnej konštrukcie.

Vlastná tiaž všetkých betónových prvkov je uvažovaná v zmysle STN EN 1991-1-1 hodnotou 24kN/m^3 pre železobetónové častí konštrukcie je to 25 kN/m^3.

Tiaž nosníkov :

(Podľa katalógu „IST-97“)

Nosník výšky H = 1,00 m, dĺžky 18m:

- Tiaž: 131,0 kN
- Objem: 5,04 m^3
- Prierezová plocha: 0,2806 m^2

Tiaž dosky :

Priemerná hrúbka dosky: 0,21 m

Tiaž dosky: 5,25 kN/m^2

Tiaž priečnikov:

- Priečnik: 25 kN/m^3 x 0,75 m x 1,2 m = 22,5 kN/m’

3.1.2 Vlastná tiaž spodnej stavby

Vlastná tiaž všetkých betónových prvkov je uvažovaná v zmysle STN EN 1991-1-1 hodnotou 24kN/m^3 pre železobetónové častí konštrukcie je to 25 kN/m^3.

3.1.3 Ostatné stále zaťaženia.

Vozovka:

- Hrúbka: 90 mm
- Obj. tiaž: 22 kN/m^3
- Tiaž vozovky (horný kvantil): 1,4*0,09*22= 2,78 kN/m^2

Odrazný pruh:

- Prierezová plocha: 0,16 m^2
- Tiaž odr. pruhu: 25 kN/m^3 x 0,16 m^2 = 4,00 kN/m´

Rímsy (prefabrikáty):

- Prierezová plocha: 0,105 m^2
- Tiaž rímsy: 25 kN/m^3 x 0,105 m^2 = 2,63 kN/m'

Bezpečnostné prvky:

- Zábradľové zvodidlo: 1,5 kN/m'

3.1.4 Zemný tlak

Pre výpočet tlaku zeminy sú použité charakteristiky zeminy G3.
Charakteristiky zeminy :

Typ zeminy	ϕ_k(º)	Obj tiaž (kN/m^3)	Poissonovo číslo ν
G3	30	19,0	0,25

$$\varphi_d = a\tan(\frac{\tan\varphi_k}{\gamma_d}) = a\tan(\frac{\tan 30}{1{,}25}) = 24{,}8$$

Vodorovný tlak zeminy je uvažovaný ako v pokoji.

Súčiniteľ zemného tlaku v pokoji:

$$K_o = 1 - \sin\varphi_d = 1 - \sin 24{,}8 = 0{,}58$$

Vodorovný tlak zeminy : $\sigma_{V0i} = \gamma_z.h_i.K_0 = 19.0{,}58.h_i = 11{,}02.h_i$

3.2 Premenné zaťaženia (Q)

(Podľa STN EN 1991-2)

3.2.1 Zaťaženie cestnou dopravou

3.2.1.1 Zvislé zaťaženie – zaťažovací model LM1

Zaťažovací model (čl. 4.3.2) sa skladá z dvoch čiastkových systémov:

- Sústredné zaťaženie od dvojnápravového vozidla TS (tandemový systém)
- Rovnomerné spojité zaťaženie RSZ

Hodnota kategorizačného súčiniteľa: $\alpha_{Q1} = \alpha_{Q2} = \alpha_{Q3} = 0{,}90$.
$\alpha_{q1} = 0{,}90$
$\alpha_{q2} = \alpha_{q3} = \alpha_{qr} = 1{,}0$

3.2.1.2 Zvislé zaťaženie - zaťažovací model LM2

Zaťažovací model (čl. 4.3.3) pozostávajúci z jednonápravového zaťaženia $\beta_Q.Q_{ak}$, kde β_Q=0,9 a Q_{ak}=400kN.

3.2.1.3 Zvislé zaťaženie - zaťažovací model LM3 (zvláštne vozidlá)

Pre mosty na osobitne určených trasách (čl. 4.3.4, NA.2.16) sa použije špeciálne 13-nápravové vozidlo 3000/240 o celkovej tiaži 3000kN.

3.2.1.4 Zvislé zaťaženie - zaťažovací model LM4 (zaťaženie davom ľudí)

Zaťaženie davom ľudí (čl. 4.3.5) je vyjadrené rovnomerným spojitým zaťažením (zahrňujúcim dynamické prírastky) rovným 5kN/m^2.

3.2.1.5 Vodorovné zaťaženie – brzdné a rozjazdné sily

Brzdná sila je sila pôsobiaca na povrchu vozovky v pozdĺžnom smere.

Charakteristická hodnota sily Q_{1k}, s max. hodnotou 900 kN uvažovanou pre celú šírku mosta, učená ako podiel zo všetkých maximálnych zvislých zaťažení zodpovedajúcich zaťažovaciemu modelu 1 a s predpokladaným najúčinnejším pôsobením v pruhu číslo 1:

$$Q_{lk} = 0{,}6 \times \alpha_{Q1}(2 \times Q_{1k}) + 0{,}10 \times \alpha_{q1} \times q_{1k} \times w_1 \times L\ ;\ 180 \times \alpha_{Q1}(kN) \le Q_{lk} \le 900(kN)$$

Q_{lk} = 0,6 x 0,9(2 x 300 kN) + 0,10 x 0,9 x 9 kN/m^2 x 3,0 m x 18.6 m = **327** kN

3.2.1.6 Vodorovné zaťaženie – odstredivé sily

Vzhľadom k polomeru oblúka v ktorom je vedená cesta na moste, ktorého hodnota je 500m, uvažujeme s s celkovou hodnotou odstredivej sily:

$$Q_{tk} = \frac{40.Q_v}{r} = \frac{40.(0{,}90.(2.300 + 2.200 + 2.100))}{500} = 86{,}4kN$$

3.2.2. Zaťaženie vetrom

Zadanie vstupných parametrov :

kategória terénu: $kt := 2$

fundamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra: $v_{b0} := 26\frac{m}{s}$

znížená fudamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra: $v'_{b0} := 23\frac{m}{s}$

súčiniteľ sezónnosti : $c_{season} := 1.0$

súčiniteľ smerovosti: $c_{dr} := 1.0$

výška nad povrchom: $z_e := 4.5m$

výška zaťažovanej plochy mosta bez dopravy : $d_{tot} := 2.1m$

výška zaťažovanej plochy mosta s dopravou : $d_{tot.dopr} := 3.3m$

šírka mosta : $b := 13.1m$

vetrom zaťažená dĺžka mosta: $L := 18.6m$

Výpočet pomocných veličín :

základná rýchlost vetra:	$v_b = 26\ \frac{m}{s}$	znížená rýchlost vetra:	$v'_b = 23\ \frac{m}{s}$
súčiniteľ drsnosti :	$c_r = 0.85$	súčiniteľ terénu:	$k_r = 0.19$
intenzita turbulencie:	$I_v = 0.222$	stredná rýchlosť vetra:	$v_m = 22.2\ \frac{m}{s}$
základný tlak vetra:	$q_b = 422.5$ Pa	špičkový tlak vetra:	$q_p = 789$ Pa

Zaťaženie vetrom pre kombinácie bez zaťaženia dopravou :

súčiniteľ zaťaženia vetrom: $C = 3.1$

vetrom zaťažená plocha mosta: $A_{ref.x} = 39.06\ m^2$

sila vetra (bez dopravy) - kolmo na os mosta: $F_w = 51.2\,kN$

sila vetra (bez dopravy) - v pozdlžnom smere mosta: $F_{w.pozdl} = 12.8\,kN$

Zaťaženie vetrom pre kombinácie so zaťažením dopravou :

súčiniteľ zaťaženia vetrom: $C_{dopr} = 2.76$

vetrom zaťažená plocha mosta s dopravou: $A_{ref.x.dopr} = 61.38\ m^2$

sila vetra (bez dopravy) - kolmo na os mosta: $F_{w.dopr} = 80.4\,kN$

sila vetra (bez dopravy) - v pozdlžnom smere mosta: $F_{w.dopr.pozdl} = 20.1\,kN$

3.2.3 Zvýšenie zemného tlaku od dopravy

Uvažujeme so zaťažovacím modelom LM1.

4. VÝPOČET NOSNEJ KONŠTRUKCIE.

Výpočet nosnej konštrukcie preberáme z katalógu nosníkov IST-97.

4.1 Návrh ložísk

4.1.1 Zvislé zaťaženie

4.1.1.1 Stále

Reakcia na ložisku (charakteristické hodnoty)

	Zaťaženie		
	Tiaž nosníkov	Tiaž sprah. dosky a priečnikov	Mostný zvršok
R_z (kN)	66	100	44

4.1.1.2 Dopravou

Reakcia na ložisku (charakteristické hodnoty)

	Zaťažovací model		
	LM1 (TS+UDL)	LM2	LM3
R_z (kN)	231	128	256

4.1.2 Vodorovné zaťaženie

4.1.2.1 Brzdné a rozjazdové sily

Veľkosť brzdnej sily Q_{lk} prislúchajúcej jednému ložisku je 327/22= 14,9kN

4.1.2.2 Zaťaženie vetrom – kolmo na os mosta

Charakteristická hodnota sily F_{wk} (bez dopravy) od zaťaženia vetrom prislúchajúca ložisku je 52/22= 2,4kN

Charakteristická hodnota sily F_{wk}´(s dopravou) od zaťaženia vetrom prislúchajúca ložisku je 62/22= 2,9kN

4.1.2.3 Zaťaženie vetrom – v smere osi mosta

Charakteristická hodnota sily F_{wk} (bez dopravy) od zaťaženia vetrom prislúchajúca ložisku je 13/22= 0,6kN

Charakteristická hodnota sily F_{wk}´(s dopravou) od zaťaženia vetrom prislúchajúca ložisku je 21/22= 1,0kN

4.1.2.4 Vrátne sily v ložiskách

v °C

T_0	T_{max}	T_{min}	$T_{e,max}$	$T_{e,min}$	$\Delta T_{N,exp}$	$\Delta T_{N,con}$
10	40	-32	42	-23	32+20*=52	–33-20*=-53

* - zväčšené o 20°C v zmysle čl. 6.1.3.3 STN EN 1991-1-4

Maximálna vratná sila v ložisku od rovnomerne teplotnej zmeny vznikne pri stiahnutí nosnej konštrukcie zodpovedajúcej ochladeniu o $\Delta T_{N,con}$, čo pri vzdialenosti ložísk od teplotnej osi 8,75m a teplotnom súčiniteli dĺžkovej rozťažnosti α_t=1,0.10^{-5} $^{O}C^{-1}$ predstavuje horizontálny pohyb ložiska s = 8,75 × 1,0.10^{-5} × 53 = 4,7 mm.

Pri šmykovom module pružnosti ložiska G_{kd} = 0,9 MPa

Pri výške elastomeru ložiska h_e = 29mm je vratná sila v jednom ložisku:

$$H_{kd} = \frac{s}{h_e} \times A \times G_{kd} = \frac{4,7}{29} \times 0,06 \times 0,9 = 8,8kN$$

Elastomérové ložisko všesmerné s rozmermi 200x300x41mm (výška elastomeru 29mm).

zaťaženie	vodorovné pretvorenie ložiska (mm)
rovnomerné ochladenie	-4,7
rovnomerné ohriatie	+4,7
brzdné sily	±9,0
zaťaženie vetrom v pozdĺžnom smere mosta	±0,6
Σ	-14,3

4.1.3 Návrhové hodnoty kombinácií zaťažení (STR/GEO) (súbor B)

Návrhové situácie

Kombinácia	Návrhové situácie	Stále zaťaženia			Hlavné premenné			Ostatné premenné				
		γ_G	x	G_k	+ $\gamma_{Q,1}$	x	$Q_{k,1}$	+ $\gamma_{Q,i}$	x	$\psi_{0,i}$	x	$Q_{k,i}$
USL - 1	ΣG_k + gr 1a	1,35		ΣG_k	1,35		gr 1a					
USL - 2	ΣG_k + gr 1a + F_{wk}´	1,35		ΣG_k	1,35		gr 1a	1,5		1		F_{wk}´
USL - 3	ΣG_k + F_{wk} + T_k	1,35		ΣG_k	1,5		F_{wk}	1,5		0,6		T_k
USL - 4	ΣG_k + T_k + F_{wk}	1,35		ΣG_k	1,5		T_k	1,5		0,6		F_{wk}
USL - 5	ΣG_k + (gr 1a + Q_{lk})	1,35		ΣG_k	1,35		gr 1a + Q_{lk}					
USL -	ΣG_k + (gr 1a + Q_{lk}) + T_k	1,3		ΣG	1,3		gr 1a +	1,5		0,6		T_k

6 5 k 5 Q_{lk}

Reakcie v ložiskách – návrhové hodnoty

	kombinácia					
	USL - 1	USL - 2	USL - 3	USL - 4	USL - 5	USL - 6
$R_{x,d}$ (kN)	-	1,5	8,9	13,8	20,2	28,1
$R_{y,d}$(kN)	-	4,4	3,6	2,2	-	-
$R_{z,d}$ (kN)	630	630	284	284	630	630

4.2 Posúdenie ložísk

Charakteristiky ložiska:

modul pružnosti v šmyku: $G := 0.9MPa$

sírka ložiska: $a := 200mm$

dlžka ložiska $b := 300mm$

sírka výstužných plechov: $a_p := 190mm$

dlžka výstužnych plechov $b_p := 290mm$

výška ložiska: $t_b := 41mm$

hrúbka vonkajšej vrstvy elasomeru: $t_{jo} := 2.5mm$

pocet vnútorných vrstiev elasomeru: $n := 3$

hrúbka jednej vnútornej vrstvy elastomeru: $t_j := 8mm$

hrúbka výstužneho plechu: $t_s := 3mm$

Posúdenie maximálneho návrhového pretvorenia

$\varepsilon_{td} \le \varepsilon_{ud}$

$\varepsilon_{td} = K_L \cdot (\varepsilon_{cd} + \varepsilon_{qd} + \varepsilon_{\alpha d})$ ε_{cd} – návrhové_pretvorenie_vyvolané_tlakovým_zatazením

$\varepsilon_{ud} := \frac{\varepsilon_{uk}}{\gamma_m}$ ε_{qd} – návrhové_smykové_pretvorenie

$\varepsilon_{\alpha d}$ – návrhové_pretvorenie_vyvolané_pootočením

$\varepsilon_{cd} = 4.422$ $\varepsilon_{qd} = 0.625$ $\varepsilon_{\alpha d} = 0.376$ $\rightarrow$ $\varepsilon_{td} = 5.423$ $\varepsilon_{ud} = 7$

posúdenie_ ε_{qd} = "VYHOVUJE"

posúdenie_ ε_{td} = "VYHOVUJE"

Posúdenie maximálneho tahového napätia výstužných plechov:

$t_s \ge t_{s_min}$ $t_{s_min} = \frac{K_p \cdot F_{zd} \cdot (t_1 + t_2) \cdot K_h \cdot \gamma_m}{A_r \cdot f_y} \wedge t_{s_min} \ge 2mm$

$t_s = 3mm$ $t_{s_min} = 2mm$

posúdenie_t $_s$ = "VYHOVUJE"

Posúdenie stability pri otácaní:

$v_{zd} \ge v_{rot}$ $v_{rot} = \frac{a_p \cdot \alpha_{ad} + b_p \cdot \alpha_{bd}}{K_{rd}}$ $v_{zd} = 1.171mm$ $v_{rot} = 0.253mm$

posúdenie_otacania = "VYHOVUJE"

Posúdenie stability proti vyboceniu:

$$\frac{F_{zd}}{A_r} < \frac{2a_p \cdot G \cdot S_1}{3 \cdot T_e} \qquad \frac{F_{zd}}{A_r} = 19.034\text{MPa} \qquad \frac{2a_p \cdot G \cdot S_1}{3 \cdot T_e} = 34.079\text{MPa}$$

posúdenie_vybočenia = "VYHOVUJE"

Posúdenie stability proti posunutiu - MSÚ (pre nekotvené ložiská):

$$F_{xyd} \le \mu_e \cdot F_{zd_min} \qquad \sigma_{cd_min} = \frac{F_{zd_min}}{A_r} \ge 3\text{MPa} \qquad \mu_e := 0.1 + \frac{1.5 \cdot K_f}{\sigma_{cd_min}}$$

$$F_{xyd} = 28.442\text{kN} \qquad \sigma_{cd_min} = 4.532\text{MPa} \qquad \mu_e = 0.166$$

$$\mu_e \cdot F_{zd_min} = 38.2\text{kN}$$

posúdenie_posunutia = "VYHOVUJE"

Použijú sa elastomérové ložiská typu B (200x300x41(29)mm) so 3-mi vnútornými vrstvami elastomeru hrúbky 8mm, 2-mi vonkajšími vrstvami elastomeru hr. 2,5mm a 4-imi výstužmými plechmi hrúbky 3mm.

5. SPODNÁ STAVBA

5.1 Inžinierskogelogické pomery

V danej lokalite bol na prelome rokov 1009-2010 spoločnosťou Uranpres, s.r.o. realizovaný podrobný IG prieskum. Pre posúdenie založenia mosta sú relevantnými výsledky prieskumných vrtov 201-1 (pri opore 1) a 201-2 (pri opore2).

5.1.1. Prieskumné vrty

Označenie vrtu:	**201 - 1**		
	508,93 m n. m.		
Hĺbka vrtu:	10 m		
Hladina p.v. naražená:	5,3 m p.t.		
Hladina p.v. ustálená:	5,1 m p.t.		
Interval odberu vzoriek:	PV –1,0-1,2,4,5-4,8 NV– 1,9-2,0 Horniny 9,0-10,0		
Profil vrtu:	**Kvartér**		*Proluviálne sedimenty*
	0,0 – 0,7	F3 MS	**Hlina piesčitá**, hnedá, tuhá, vlhká, kompaktné jadro
	0,7 – 1,0	G5 GC	**Štrk ílovitý**, hnedý sypký, úlomky veľ. do 7 cm
	1,0 – 1,25	**F4 CS**	**Íl piesčitý**, hnedý, **tuhý**, s prímesou štrku, kompaktné jadro
	1,25 – 1,6	G5 GC	**Štrk ílovitý**, detto ako 0,7 – 1,0 m

	1,6 – 2,75	**F6 CI**	**Íl so strednou plasticitou**, **tuhý**, kompaktné jadro, tmavohnedý, od 2,0 m so sivými a hrdzavými preplástkami
	2,75 – 3,7	G5 GC	**Štrk ílovitý**, hnedý, úlomky opracované veľ. do 6 cm, sypký
			Fluviálne sedimenty
	3,7-8,9	**G3 G-F**-G5 GC	**Štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy** až štrk ílovitý, hnedý, úlomky poloostrohranné až zaoblené, veľ. do 12 cm, prevažne do 8 cm, viac ílovej zložky v 3,7-5,0 m 7,5-8,9 m, íl štrkovitý v 5,6-6,0 m, - jemnozrnná zložka **pevnej** konzistencie
			Eluviálne sedimenty
	8,9 – 9,0	F2 CG	**Íl štrkovitý**, sivohnedý, pevný, s úlomkami pieskovca
	Paleogén		
	9,0 – 10,0	**F6 CI**	**Ílovec** silno zvetraný **charakteru ílu so strednou plasticitou pevnej** konzistencie, sivý, drobivý v ruke,
Označenie vrtu:	**201 - 2**		
	509,25 m n. m.		
Hĺbka vrtu:	10 m		
Hladina p.v. narazená:	5,0 m p.t.		
Hladina p.v. ustálená:	5,0 m p.t.		
Interval odberu vzoriek:	PV – 3,3-3,4 m, 4,5-4,6 NV– 2,4-2,5		
Profil vrtu:	**Kvartér**		*Proluviálne sedimenty*
	0,0 – 0,2	F3 MS – F5 MI	**Hlina piesčitá až hlina so strednou plasticitou** hnedej farby, tuhej až pevnej konzistencie - ornica - vegetačný horizont pôdy
	0,2 – 0,7	F3 MS	**Hlina piesčitá** hnedej farby, tuhej až pevnej konzistencie, s ojedinelými okruhliačikmi hornín veľ. do 1 cm
	0,7 – 2,7	**F6 CI**	**Íl so strednou plasticitou**, hnedej farby, **mäkkej** konzistencie, s ojedinelými okruhliačikmi hornín do 1 cm, s piesčitou prímesou
	2,7 – 3,8	**F6 CI**	**Íl so strednou plasticitou**, miestami prechádzajúci až do ílu piesčitého, sivohnedej a hrdzavohnedej farby, **tuhej** konzistencie
	3,8 – 4,9	**S3 S-F**	**Piesok s prímesou jemnozrnnej zeminy**, žl-

			tohnedej až hrdzavohnedej farby, so zaoblenými úlomkami hornín (okruhliaky) veľ. do 3 cm, podiel štrkovej zložky cca 10 %, piesčitá zložka jemnozrnná až strednozrnná, jemnozrnná zložky tuhá až **pevná**
	4,9 – 5,0	F6 CI (O)	**Íl so strednou plasticitou**, (organický?), mäkkej konzistencie
	5,0 – 6,0	S3 S-F	**Piesok s prímesou jemnozrnnej zeminy**, podiel štrkovej zložky 20-30 % („štrkopiesok“), hnedej farby, stredne uľahnutý
	6,0 – 7,0	G5 GC	**Štrk ílovitý**, okruhliaky prevažne do 3 cm, ojedinele 5-7 cm, podiel štrkovej zložky cca 60 %
			Fluviálne sedimenty
	7,0 – 8,0	G3 G-F	**Štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy**, okruhliaky tvorené pieskovcami a vápencami veľ. do 5 cm, ojedinele 12 cm, fluviálny
	8,0 – 8,6	S5 SC	**Piesok ílovitý** s okruhliakmi hornín veľkosti do 3 cm, podiel štrkovej frakcie cca 15 %, hnedej farby, fluviálny
	Paleogén		
	8,6 – 10,0	R6	**Ílovce** silno zvetrané, tmavosivej farby

5.1.2 Výsledky a odporúčania IG prieskumu

Z výsledkov IG prieskumu vyplýva nasledovné hodnotenie:

„Mostný objekt 201-00 je situovaný do prostredia proluviálneho kužeľa Ľubovnianky. Proluviálne sedimenty sú charakteristické vertikálnou i horizontálnou nerovnodosťou a premenlivosťou. V sonde 201-2 siahajú až do hĺbky 7,0 m, pričom najnepriaznivejšie jemnozrnné zeminy tuhej až mäkkej konzistencie do hĺbky 3,8 m (v sonde 201-2). Štrkové sedimenty sa v sonde 201-1 nachádzajú od hĺbky 2,75 m, ale v sonde 201-2 sa od 3,8 m nachádzajú piesčité zeminy, pričom štrkové sedimenty sú len v hĺbke 6,0 – 8,0 m.

Predkvartérne podložie bolo overené od 8,6 – 9,0 m do 10,0 m, avšak je budované silno zvetranými ílovcami, ktoré boli i laboratórne charakterizované ako íl so strednou plasticitou pevnej konzistencie.

Mostný objekt navrhujeme zakladať hĺbkovo, pričom v doplňujúcom prieskume je potrebné overiť hlbšie, menej zvetrané podložie mostného objektu.“

5.2 Opory

Opory sú navrhnuté ako železobetónové (C30/37). Každá z nich je tvorená úložným prahom so zavesenými krídlami. Založenie je navrhnuté ako hĺbkové na veľkopriemerových pilótach priemeru 1,18m.

5.2.1 Výpočtový model

Výpočtovým modelom opory je rám pozostávajúci z úložného prahu a pilót. Podoprenie systému je pružné pozdĺž nosníkov predstavujúcich pilóty.

Zaťaženie opory možno rozdeliť na zaťaženie priamo na úložný prah so záverným múrikom (zemný tlak, zvýšenie zemného tlaku vplyvom priťaženia od dopravy, zaťaženie mostných krídel od

kolesového tlaku resp. od tiaže ríms a pod.) a zaťaženie z hornej stavby, ktoré sa do opory prenáša prostredníctvom ložísk (stále zaťaženia z nk, zaťaženia od dopravy, brzdné a rozjazdové sily, vrátane sily z ložísk, účinky vetra a pod.)

5.2.2.Úložný prah opory

5.2.2.1 Posúdenie vo zvislom smere

$Q_{Ed,z}$= 981kN

$M_{Ed,z,nadpod}$= 1973kN

prierez:

$b := 1.82m$

$h := 1.6m$

beton := 3037

$f_{ck} = 30MPa$

$f_{cd} = 20MPa$

$f_{ctm} = 2.9MPa$

$f_{ctk.0.05} = 2MPa$

ocel := 10505

$f_{yk} = 500MPa$

$f_{yd} = 435MPa$

prierezové sily:

$M_{Ed} := 1973kN \cdot m$

$V_{Ed} := 981kN$

OHYB :

návrh výstuže :

1.rad	2.rad	3.rad
$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.00m$	$d_{13} := 0.0m$
$profil_{11} := 25mm$	$profil_{12} := 0mm$	$profil_{13} := 0mm$
$pocet_{11} := 11$	$pocet_{12} := 0$	$pocet_{13} := 0$
$A_{s11} = 5396.875mm^2$	$A_{s12} = 0mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže: $A_{s1} = 5396.875mm^2$

vzd. ťaž. výst od okr. pr: $d_1 = 0.08m$

stupeň vystuženia: $\rho = 0.1951\%$

posúdenie ohybu:

$d = 1.52m$ $z = 1.292m$

$x_b = 0.064m$ $x_{blim} = 0.75m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 2.27\%$ posudenie_ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 3491kN \cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 56.5\%$

ŠMYK :

návrh strmeňov : ocel' := 10505 $f_{ywk} = 500MPa$ $f_{ywd} = 435MPa$

striznost := 5

profil_strmeňov := 14mm plocha strmeňov : $A_{sw} = 769mm^2$

posúdenie šmyku :

$\nu = 0.528$

kapacita_prierezu : $V_{Rdmax} = 12225kN$

minimálna vzd. strmeňov : $s_{amin} = 0.525m$

5.2.2.2. Posúdenie vo vodorovnom smere

$Q_{Ed,x}$= 126kN

$M_{Ed,x,nadpod}$= 232kNm

prierez:

$b := 1.60m$

$h := 1.82m$

beton := 3037

$f_{ck} = 30MPa$

$f_{cd} = 20MPa$

ocel := 10505

$f_{yk} = 500MPa$

$f_{yd} = 435MPa$

prierezové sily:

$M_{Ed} := 232kN \cdot m$

$V_{Ed} := 126kN$

OHYB :

návrh výstuže :

1.rad	2.rad	3.rad
$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.00m$	$d_{13} := 0.00m$
$profil_{11} := 25mm$	$profil_{12} := 0mm$	$profil_{13} := 0mm$
$pocet_{11} := 9$	$pocet_{12} := 0$	$pocet_{13} := 0$
$A_{s11} = 4415.625mm^2$	$A_{s12} = 0mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže: $A_{s1} = 4415.625mm^2$

vzd. ťaž. výst od okr. pr: $d_1 = 0.08m$

stupeň vystuženia: $\rho = 0.1586\%$

posúdenie ohybu:

$d = 1.74m$ $z = 1.479m$

$x_b = 0.06m$ $x_{blim} = 0.859m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 2.27\%$ posudenie_ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 3283kN \cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 7.1\%$

ŠMYK -prvok bez šmykovej výstuže :

posúdenie šmyku :

plocha za podperou zakotvenej výstuže : $A_{sl} := 1678mm^2$

$k = 1.339$

$C_{Rd.c} = 0.12$

$\rho_l = 0.0006$

$V_{Rd.c.min} = 0.827MN$

$V_{Rd.c} = 0.827MN$ posudenie = "VYHOVUJE, NIE JE NUTNÁ ŠMYKOVÁ VÝSTUŽ"

Návrh vystuženia prierezu vyhovel posúdeniu.

Pri hornom a dolnom povrchu ul. prahu navrhujeme 11ØR25, na rubovej a lícnej strane 9ØR25. Pri hornom povrchu v druhom a tretom rade navyše výstuž 2x11ØR24.

Konštrukčné strmene vo zvislom smere 6-strižné ØR14á150mm, vodorovné spony ØR14 á150mm.

5.2.3 Záverný múrik

Návrhové hodnoty vnútorných síl

Q_{Ed}= 1,0.((11,02.1,8.1,8/2).1,0)+ 1,35.0,6.0,9.(2.300)/(2+0,4+1,8)= 122kN/m

M_{Ed}= 1,0.((11,02.1,8).1,8^2/6+1,35.0,6.0,9.(2.300).(1,8+0,1)/(2+0,4+1,8)= 231kNm/m

ZADANIE :

prierez:	beton := 3037	ocel := 10505	prierezové sily:
$b := 1.00m$	$f_{ck} = 30MPa$	$f_{yk} = 500MPa$	$M_{Ed} := 231kN\cdot m$
$h := 0.69m$	$f_{cd} = 20MPa$	$f_{yd} = 435MPa$	$V_{Ed} := 122kN$

OHYB :

návrh výstuže :	1.rad	2.rad	3.rad
	$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.00m$	$d_{13} := 0.00m$
	$profil_{11} := 16mm$	$profil_{12} := 0mm$	$profil_{13} := 0mm$
	$pocet_{11} := 6.6$	$pocet_{12} := 0$	$pocet_{13} := 0$
	$A_{s11} = 1326.336mm^2$	$A_{s12} = 0mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže: $A_{s1} = 1326.336mm^2$

vzd. ťaž. výst od okr. pr: $d_1 = 0.08m$

stupeň vystuženia: $\rho = 0.2174\%$

posúdenie ohybu:

$d = 0.61\,m$ $z = 0.518\,m$

$x_b = 0.029\,m$ $x_{blim} = 0.301m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 2.27\%$ posudenie_ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 343kN\cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_M_{Rd} = 67.3%

ŠMYK -prvok bez šmykovej výstuže :

posúdenie šmyku :

plocha za podperou zakotvenej výstuže : $A_{sl} := 1678mm^2$

$k = 1.573$

$C_{Rd.c} = 0.12$

$\rho_1 = 0.00275$

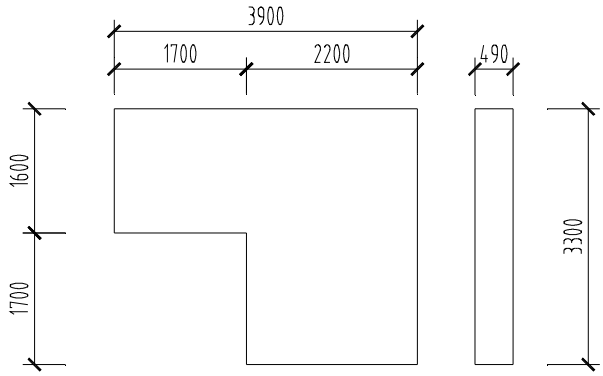
$V_{Rd.c.min} = 0.231MN$

$V_{Rd.c} = 0.233MN$ posudenie = "VYHOVUJE, NIE JE NUTNÁ ŠMYKOVÁ VÝSTUŽ"

<u>Návrh vystuženia prierezu vyhovel posúdeniu.</u>

<u>Na rubovej strane záverného múrika navrhujeme vo zvislom smere ØR16 á150mm, vo vodorovnom smere ØR12 á150mm.</u>

5.2.4 Mostné krídla



5.2.4.1 Posúdenie vo zvislom smere

Posúdenie je realizované v dvoch kontrolných rezoch.

Návrhové hodnoty vnútorných síl

$Q_{Ed,1}$= 1,35.(25.0,5.(3,9.3,3-1,7.1,7))+1,35.(3,9.(4+2,63+1,5))+1,35.180= 455kN

$M_{Ed,1}$= 1,35.(3,9/2.(25.0,5.(3,9.3,3-1,7.1,7)))+1,35.(3,9.3,9/2.(4+2,63+1,5))+1,35.180.3,8= 1332kNm

$Q_{Ed,2}$= 1,35.(25.0,5.(1,7.1,7))+1,35.(1,7.(4+2,63+1,5))+1,35.180= 311kN

$M_{Ed,2}$= 1,35.(1,7/2.(25.0,5.(1,7.1,7)))+1,35.(1,7.1,7/2.(4+2,63+1,5))+1,35.180.1,6= 447kNm

Rez I.

ZADANIE :

prierez:

$b := 0.49m$

$h := 1.5m$

beton := 3037

$f_{ck} = 30MPa$

$f_{cd} = 20MPa$

$f_{ctm} = 2.9MPa$

$f_{ctk.0.05} = 2MPa$

ocel := 10505

$f_{yk} = 500MPa$

$f_{yd} = 435MPa$

prierezové sily:

$M_{Ed} := 1332kN \cdot m$

$V_{Ed} := 455kN$

OHYB :

návrh výstuže :

	1.rad	2.rad	3.rad
	$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.00m$	$d_{13} := 0.0m$
	$profil_{11} := 28mm$	$profil_{12} := 0mm$	$profil_{13} := 0mm$
	$pocet_{11} := 4$	$pocet_{12} := 0$	$pocet_{13} := 0$
	$A_{s11} = 2461.76mm^2$	$A_{s12} = 0mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže: $A_{s1} = 2461.76mm^2$

vzd. ťaž. výst od okr. pr: $d_1 = 0.08m$

stupeň vystuženia: $\rho = 0.3538\%$

posúdenie ohybu:

posúdenie ohybu:

$d = 1.42\,m$ $z = 1.207\,m$

$x_b = 0.109\,m$ $x_{blim} = 0.701m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 2.27\%$ posudenie_ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 1461kN\cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 91.1\%$

ŠMYK :

návrh strmeňov : oceľ := 10505 $f_{ywk} = 500MPa$ $f_{ywd} = 435MPa$

striznost := 2

profil_strmeňov := 14mm plocha strmeňov : $A_{sw} = 308mm^2$

posúdenie šmyku :

$\nu = 0.528$

kapacita_prierezu : $V_{Rdmax} = 3075kN$

minimálna vzd. strmeňov : $s_{amin} = 0.423\,m$

overenie kotvenia pozdĺžnej výstuže :

zadaj pozdĺžnu výstuž vedenú za popdperu : $profil_{1p} := 28mm$

$pocet_{1p} := 4$

$A_{s1p} = 2.462\times 10^{-3}\,m^2$

ťahová sila v pozdl. výstuži od šmyku : $F_{Ed} = 271kN$ $\sigma_{sd} = 110MPa$

min. kotevná dĺžka pozdlžnej výstuže : $l_{b.min} = 0.28\,m$

Navrhujeme vodorovnú výstuž: 4ØR28 v úrovni hornej plochy úložného prahu s d_1=80mm.

Rez II.

ZADANIE :

prierez:
$b := 0.49m$
$h := 1.7m$

beton := 3037
$f_{ck} = 30MPa$
$f_{cd} = 20MPa$
$f_{ctm} = 2.9MPa$
$f_{ctk.0.05} = 2\,MPa$

ocel := 10505
$f_{yk} = 500MPa$
$f_{yd} = 435MPa$

prierezové sily:
$M_{Ed} := 447kN\cdot m$
$V_{Ed} := 311kN$

OHYB :

návrh výstuže :

1.rad	2.rad	3.rad
$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.00m$	$d_{13} := 0.0m$
$profil_{11} := 18mm$	$profil_{12} := 0mm$	$profil_{13} := 0mm$
$pocet_{11} := 3$	$pocet_{12} := 0$	$pocet_{13} := 0$
$A_{s11} = 763.02mm^2$	$A_{s12} = 0mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže: $A_{s1} = 763.02mm^2$

vzd. ťaž. výst od okr. pr: $d_1 = 0.08m$

stupeň vystuženia: $\rho = 0.0961\%$

posúdenie ohybu:

$d = 1.62\,m$ $z = 1.377\,m$

$x_b = 0.034\,m$ $x_{blim} = 0.799m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 2.27\%$ posudenie_ρ = "NEVYHOVUJE"

$M_{Rd} = 532kN\cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 84.1\%$

ŠMYK :

návrh strmeňov : $oceľ := 10505$ $f_{ywk} = 500MPa$ $f_{ywd} = 435MPa$

$striznost := 2$

$profil_strmeňov := 14mm$ plocha strmeňov : $A_{sw} = 308mm^2$

posúdenie šmyku :

$\nu = 0.528$

kapacita_prierezu : $V_{Rdmax} = 3508kN$

minimálna vzd. strmeňov : $s_{amin} = 0.706\,m$

overenie kotvenia pozdĺžnej výstuže :

zadaj pozdĺžnu výstuž vedenú za popdperu : $profil_{1p} := 18mm$

$pocet_{1p} := 3$

$A_{s1p} = 7.63\times 10^{-4}\,m^2$

ťahová sila v pozdl. výstuži od šmyku : $F_{Ed} = 185kN$ $\sigma_{sd} = 243MPa$

min. kotevná dĺžka pozdlžnej výstuže : $l_{b.min} = 0.365\,m$

Navrhujeme vodorovnú výstuž: 3ØR18 v úrovni hornej plochy krídla prahu s d_1=80mm.

5.2.4.2 Posúdenie vo vodorovnom smere

Posúdenie je realizované v dvoch kontrolných rezoch.

Návrhové hodnoty vnútorných síl

Q_{Ed}= 1,0.((11,02.2/3.3,3).3,9)+1,35.26,37/3,3.3,9= 137kN/m

M_{Ed}= 1,0.((11,02.2/3.3,3).3,9^2/2+1,35.26,37/3,3.3,9^2/2= 266kNm/m

ZADANIE :

prierez:
$b := 1.00m$
$h := 0.49m$

$beton := 3037$
$f_{ck} = 30MPa$
$f_{cd} = 20MPa$

$ocel := 10505$
$f_{yk} = 500MPa$
$f_{yd} = 435MPa$

prierezové sily:
$M_{Ed} := 266kN \cdot m$
$V_{Ed} := 126kN$

OHYB :

návrh výstuže :

1.rad	2.rad	3.rad
$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.00m$	$d_{13} := 0.00m$
$profil_{11} := 18mm$	$profil_{12} := 0mm$	$profil_{13} := 0mm$
$pocet_{11} := 6.6$	$pocet_{12} := 0$	$pocet_{13} := 0$
$A_{s11} = 1678.644mm^2$	$A_{s12} = 0mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže: $A_{s1} = 1678.644mm^2$

vzd. ťaž. výst od okr. pr: $d_1 = 0.08m$

stupeň vystuženia: $\rho = 0.4094\%$

posúdenie ohybu:

$d = 0.41m$ $z = 0.348m$

$x_b = 0.036m$ $x_{blim} = 0.202m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 2.27\%$ posudenie_ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 286kN \cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 93\%$

ŠMYK -prvok bez šmykovej výstuže :

posúdenie šmyku :
plocha za podperou zakotvenej výstuže : $A_{sl} := 1678mm^2$

$k = 1.698$

$C_{Rd.c} = 0.12$

$\rho_l = 0.00409$

$V_{Rd.c.min} = 0.174MN$

$V_{Rd.c} = 0.193MN$ posudenie = "VYHOVUJE, NIE JE NUTNÁ ŠMYKOVÁ VÝSTUŽ"

Navrhujeme vodorovnú výstuž: ØR18á150mm pri rubovej strane s d_1=80mm.

6. ZALOŽENIE MOSTA

Z výsledkov IG prieskumu vyplýva nasledovné odporúčanie:

„Mostný objekt navrhujeme zakladať hĺbkovo, pričom v doplňujúcom prieskume je potrebné overiť hlbšie, menej zvetrané podložie mostného objektu.“

Založenie mosta je navrhnuté ako hĺbkové na vŕtaných železobetónových pilótach) opretých do podložia, predpokladanej dĺžky 15m. Podrobným ig-prieskumom je nutné overiť polohu únosnejšieho (menej zvetraného podložia.

Pod každou s opôr je navrhnutých 6ks pilót Ø=1,18m uložených vo vzájomných osových vzdialenostiach cca 2,25m.

Návrhová odolnosť pilót, zvlášť pod každou z opôr, musí byť v zmysle STN EN 1997 overená zaťažovacou skúškou.

6.1 Posúdenie pilót

6.1.1 Návrhové hodnoty vnútorných síl

Pilóty sú navrhnuté ako votknuté do podložia horniny minimálnej triedy R4, preto únosnosť pilótovej bárky uvažovaná ako súčet únosnosti jednotlivých pilót. Pri maximálne návrhovom zaťažení sú hodnoty vnútorných síl prislúchajúce najviac namáhanej pilóty nasledovné:

N_{Ed}= 2310kN
M_{Ed}= 921kN
N_{Ed}= 372kN

6.1.2 Posúdenie zvislej únosnosti pilóty

Do výpočtu zvislej únosnosti (medznej únosnosti) pilóty zahrnieme výsledky ig-prieskumu z vrtu 201-2. Výpočet uvažuje s vysadením pilóty dĺžky 2,0m. Na tomto úseku uvažujeme s negatívnym plášťovým trením.

Únosnosť vŕtanej pilóty

priemer pilóty:		súčiniteľ podmienok pôsobenia:	
1180 mm		pre pätu: ξ_{rb}= 1,6	pre driek: ξ_{rs}= 1,3

zemina/hornina:	nás. G3	F3, F6	S3,S5	G3,G5	R6,R5,R4	dĺžka:
mocnosť vrstvy (m):	2	3,9	2,7	2	4,4	15
q_{sik}(kPa)	-80	30	60	80	100	
q_{bk}(kPa)	0	0	0	0	2000	

Výp. únosnosť plášťa:	-456	333	462	456	1254	**2049**
Výp. únosnosť päty:	-	-	-	-	1366	**1366**

Výsl. výpočtová únosnosť pilóty: 3416 kN

Posúdenie: ***<u>2310 < 3416kN → návrh založenia vyhovel posúdeniu</u>***

6.1.3 Posúdenie únosnosti materiálu piloty.

Posúdenie je spracované v zmysle STN EN 1992.

Posúdenie KRUH-prierezu na kombináciu N+M

ZADANIE :

beton := 2530 ocel := 10505 prierez:

$f_{ck} = 25MPa$ $f_{yk} = 500MPa$ $D := 1.18m$ $l := 15.0m$

$f_{cd} = 16.67MPa$ $f_{yd} = 435MPa$ $d_1 := 0.10m$ $l_0 := 15.0m$

$f_{ctm} = 2.6MPa$ $f_{ywd} = 435MPa$

$f_{ctk.0.05} = 1.8MPa$ $E_s = 200GPa$

návrh. hodnoty vn. síly:

$N_{Ed} := 2348kN$ $M_0 := 921kN \cdot m$ priblizný stupen vystuženia: $\rho_{pribl} := 0.2\%$

$N_{Eqp} := 1421kN$ $M_{0Eqp} := 442kN \cdot m$

Výpočt návrhového momentu podľa teórie II.rádu:

$M_{0Ed} = 966kN \cdot m$ $\omega = 0.0522$ $i = 0.295m$ $\lambda = 50.8$ $\beta = 0.136$ $K_r = 1$ $K_\phi = 1.187$ $e_2 = 0.149m$

$M_{Ed} := M_{0Ed} + N_{Ed} \cdot e_2$

$M_{Ed} = 1317kN \cdot m$

Návrh výstuže do prierezu použitím návrhových diagramov (symetricky vystužený prierez):

$\nu_0 = 0.129$ $\mu_0 = 0.061$ zadaj z grafov odčítanú hodnotu: $\rho_{0tot} := 0.004$

minimálna plocha výstuže po celom obvode: $A_{srq} = 4375mm^2$

Navrhnutá výstuž: profil := 25mm
pocet := 18

$A_{s1} = 8831mm^2$

$\rho = 0.373\%$

posudenie_A_{s1} = "VYHOVUJE"

<u>Návrh vystuženia prierezu vyhovel posúdeniu. Pozdĺžna výstuž 18ØR25 rovnomerne po obvode s krytím 10cm. Ovinutie R12 so stúpaním150mm.</u>

7. MOSTNÝ ZÁVER

NÁVRH MZ PODĽA EC

Základné parametre dilatačného celku:

- dĺžka dilatačného celku:	Ld =	18,6	m
- dĺžka rozpätia dilatačného celku:	Lr =	17,5	m
- výška nosnej konštrukcie:	h =	1,2	m
- hrúbka vozovky:	v =	0,09	m

Rovnomerné teplotné zmeny:

- súčiniteľ tepelnej rozťažnosti betónu:	α_t =	1,00E-05	/°C
- maximálna teplota:	$T_{e,max}$ =	42	°C
- minimálna teplota:	$T_{e,min}$ =	-23	°C
- začiatočná teplota:	T_0 =	10	°C
- char. hodnota max. rozsahu pri predlžovaní:	$\Delta T_{N,exp}$ + 20 =	52	°C
- char. hodnota max. rozsahu pri skracovaní:	$\Delta T_{N,con}$ + 20 =	-53	°C

Nerovnomerné teplotné zmeny:

- rozpätie uvažovaného poľa:	Lrp =	17,5	m
- priehyb spôsobený oteplením:	$w_{M,heat}$ =	4,45E-03	m
- priehyb spôsobený ochladením:	$w_{M,cool}$ =	2,37E-03	m
- horný povrch teplejší ako spodný:	$\Delta T_{M,heat}$ =	15	°C
- spodný povrch teplejší ako horný:	$\Delta T_{M,cool}$ =	8	°C
- uhol natočenia v uložení - oteplenie:	$\beta w_{M,heat}$ =	1,02E-03	rad
- uhol natočenia v uložení - ochladenie:	$\beta w_{M,cool}$ =	5,43E-04	rad

Vplyv zmrašťovania betónu:

- plocha prierezu:	Ac =	5,58	m^2
- obvod vystavený prostrediu:	u =	45,4	m
- náhradná výška prierezu:	h_0 =	246	mm
- uvažovaný časový okamih:	t =	90	dní
- vek betónu v čase nástupu zmrašťovania:	t_s =	30	dní
- časová funcia:	$\beta_{ds}(t,ts)$ =	0,280	
- časová funcia:	$1-\beta_{ds}(t,ts)$	0,720	
- nominálne pomerné pretvorenie:	$\varepsilon_{cd,0}$ =	0,00038	
- súčiniteľ závislosti od náhradnej výšky:	k_h =	0,82	
- konečná hodnota pomerného pretvorenia:	$\varepsilon_{cd,\infty}$ =	0,00031	

Vplyv dotvarovania betónu:

- normálové napätie betónu:	σ_{priem} =	3	MPa
- stredná valcova pevnosť betónu v tlaku:	f_{cm} =	38	MPa
- char. valcova pevnosť betónu v tlaku:	f_{ck} =	30	MPa
- modul pružnosti:	E_{cm} =	33000	MPa
- konečná hodnota súčiniteľa dotvarovania:	φ_{b0} =	1,4	
- počiatočný modul pružnosti betónu:	$E_{c,28}$ =	34650	MPa
- vek betónu v čase zaťaženia:	t_0 =	30	dní

- uvažovaný časový okamih:	t =	90	dní
	φ_{bc} =	20,30	
- časová funcia:	$\varphi_{bc}(t,t0)$ =	0,276	
- časová funcia:	$1-\varphi_{bc}(t,t0)$ =	0,724	

Posun od rovnomernej teploty:

- počet posunov na podperách dil. celku:	n =	2	
- posun od rovnom. oteplenia:	**$\Delta l_{N,exp}$ =**	**4,84**	**mm**
- posun od rovnom. ochladenia:	**$\Delta l_{N,con}$ =**	**-4,93**	**mm**

Posun od nerovnomernej teploty:

- posun od nerovnom. oteplenia:	**$\Delta l_{M,heat}$ =**	**1,31**	**mm**
- posun od nerovnom. ochladenia:	**$\Delta l_{M,cool}$ =**	**-0,70**	**mm**

Posun od zmrašťovania:

- počet posunov na podperách dil. celku:	n =	2	
- posun od zmrašťovania:	**Δl_{cd} =**	**-2,09**	**mm**

Posun od dotvarovania:

- počet posunov na podperách dil. celku:	n =	2	
- posun od dotvarovania:	**Δl_{cc} =**	**-0,82**	**mm**

Posun od priehybu konštrukcie:

- rozpätie uvažovaného poľa:	Lrp =	17,5	m
- max. posun konštrukcie v mieste MZ:	**Δl_w =**	**-5,10**	**mm**

Posun od ostatných zaťažení:

- posun od brzdnej sily:	**Δbr =**	**9**	**mm**
- posun od vetra:	**ΔFw =**	**0,6**	**mm**
- posun od vratnej sily:	**ΔFvr =**	**0**	**mm**
- posun od seizmického zaťaženia:	**ΔEQ =**		**mm**
- rezerva:	**Δrez =**	**20**	**%**

Celkový súčet posunov:

- celkové predĺženie konštrukcie:	**Δl_{max} =**	**18,90**	**mm**
- celkové skrátenie konštrukcie:	**Δl_{min} =**	**-27,88**	**mm**

<u>Navrhujeme mostný záver umožňujúci celkový posun 50mm.</u>

8. ZÁVER STATICKÉHO VÝPOČTU

Výsledky statického výpočtu preukazujú realizovateľnosť objektu za splnenia požiadaviek bezpečnosti a spoľahlivosti počas celej doby jeho životnosti v súlade s platnými normami.

Vypracoval: Ing. Martin Rusín
Košice, marec 2019