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

205-00 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 ŠAMBRONKA V KM 5,111	FORMÁT:	28×A4
	MIERKA:	
PRÍLOHA: STATICKÝ VÝPOČET	ČÍSLO PRÍLOHY: 20	SÚPRAVA:

OBSAH STATICKÉHO VÝPOČTU:

1. ÚVOD 4
1.1 Základné údaje 4
1.2 Princípy a postupy použité v statickom výpočte 4
1.3 Prehľad použitej literatúry 4
1.4 Výpočet vnútorných síl a posúdenie konštrukcie 4
1.5 Prehľad materiálových charakteristík 5
1.6 Prehľad použitej literatúry 5
2. GEOMETRIA MOSTA 5
3. ZAŤAŽENIE 5
3.1 Stále zaťaženie (G) 5
3.1.1 Vlastná tiaž nosnej konštrukcie. 5
3.1.2 Vlastná tiaž spodnej stavby 6
3.1.3 Ostatné stále zaťaženia. 6
3.1.4 Zemný tlak 6
3.2 Premenné zaťaženia (Q) 7
3.2.1 Zaťaženie cestnou dopravou 7
3.2.1.1 Zvislé zaťaženie – zaťažovací model LM1 7
3.2.1.2 Zvislé zaťaženie - zaťažovací model LM2 7
3.2.1.3 Zvislé zaťaženie - zaťažovací model LM3 (zvláštne vozidlá) 7
3.2.1.4 Zvislé zaťaženie - zaťažovací model LM4 (zaťaženie davom ľudí) 7
3.2.1.5 Vodorovné zaťaženie – brzdné a rozjazdné sily 7
3.2.2 Zaťaženie vetrom 7
3.2.3 Zvýšenie zemného tlaku od dopravy 8
4. VÝPOČET NOSNEJ KONŠTRUKCIE. 8
5. NÁVRH LOŽÍSK 8
5.1 Zvislé zaťaženie 9
5.1.1 Stále 9
5.1.2 Dopravou 9
5.1.3 Stále + doprava 9
5.2 Vodorovné zaťaženie 9
5.2.1 Brzdné a rozjazdové sily 9

5.2.2 Zaťaženie vetrom – kolmo na os mosta 9
5.2.3 Zaťaženie vetrom – v smere osi mosta 9
5.2.4 Vrátne sily v ložiskách 9
5.3 Návrhové hodnoty kombinácií zaťažení (STR/GEO) (súbor B) 10
5.4 Posúdenie ložísk 10
6. SPODNÁ STAVBA 12
6.1 Inžinierskogelogické pomery 12
6.2 Opory 13
6.2.1 Výpočtový model 13
6.2.2 Posúdenie stability opôr v úrovni základovej škáry 13
6.2.3 Posúdenie stability opôr v úrovni pracovnej škáry 15
6.2.4 Založenie opôr 15
6.2.4.1 Únosnosť základovej škáry 16
6.2.4.2 Posúdenie založenia 16
6.2.5 Posúdenie vyloženia betónovej pätky 17
6.2.6 Posúdenie záverného múrika 17
6.2.7 Mostné krídlo s vyložením 18
6.2.7.1 Posúdenie vyloženia 18
6.2.7.2 Posúdenie vo zvislom smere 19
6.2.7.3 Posúdenie vo vodorovnom smere 21
6.2.8 Mostné krídla bez vyloženia 23
6.2.8.1 Posúdenie vo zvislom smere 23
6.2.8.2 Posúdenie vo vodorovnom smere 25
7. MOSTNÝ ZÁVER 26
8. ZÁVER STATICKÉHO VÝPOČTU 28

1. ÚVOD

1.1 Základné údaje

Mostný objekt 205-00 zabezpečuje premostenie cesty I/68 (100-00) ponad potok Šambronka. Jedná sa o šikmú (97,7g) jednopoľovú konštrukciu. Cesta na moste je vedená v oblúku o polomere 630m. Z hľadiska výškového vedenia niveleta stúpa 0,5%.

Nosná mosta je navrhnutá ako trámová z vopred predpätých nosníkov IST-97 dĺžky 27m, 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 dvoch gravitačných opôr so zavesenými krídlami.

Založenie mosta je navrhnuté ako plošné na základových pätkách (C30/37) so základovou škárou v hĺbke cca 1,5m pod úrovňou priľahlého dna potoka a 3,5-3,8m pod úrovňou rastlého terénu.

Z vrtu 205-2 vyplýva že sa v úrovni základovej škáry nachádza málo únosná zemina triedy F6. Túto navrhujeme až po úroveň zeminy triedy G3 nahradiť zeminou únosnejšou napr. G3. Mocnosť vymenenej zeminy je cca 0,3-0,5m.

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. ZAŤAŽENIE

3.1 Stále zaťaženie (G)

3.1.1 Vlastná tiaž nosnej konštrukcie.

Vlastná tiaž všetkých betónových a železobetónových častí konštrukcie bola uvážená príslušnou hodnotou objemovej tiaže (STN EN 1991-1-1).

betón	normálny	normálny pri obvyklom stupni vystuženia
γ_b(kN/m^3)	24	25

Tiaž nosníkov :
(Podľa katalógu „IST-97“)
Nosník výšky H = 1,30 m, dĺžky 27m:

- Tiaž: 264 kN
- Objem: 11,86(8,31) m^3
- Prierezová plocha: 0,378 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 1,3 m = 24,4 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

Chodníková doska:

- Prierezová plocha: 0,37 m^2
- Tiaž odr. pruhu: 25 kN/m^3 x 0,37 m^2 = 9,25 kN/m´

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’
- Zábradlie: 0,6 kN/m’

3.1.4 Zemný tlak

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

Typ zeminy	ϕ_k(°)	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 28 m = **393** kN

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 : $d_{tot} := 4.3m$

výška zaťažovanej plochy mosta s dopravou : $d_{tot.dopr} := 3.8m$

šírka mosta : $b := 13.95m$

vetrom zaťažená dĺžka mosta: $L := 28m$

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: $C = 3.22$

vetrom zaťažená plocha mosta: $A_{ref.x} = 120.4\ m^2$

sila vetra (bez dopravy) - kolmo na os mosta: $F_w = 163.9kN$

sila vetra (bez dopravy) - v pozdlžnom smere mosta: $F_{w.pozdl} = 41kN$

Zaťaženie vetrom pre kombinácie so zaťažením dopravou :

súčiniteľ zaťaženia vetrom: $C_{dopr} = 2.95$

vetrom zaťažená plocha mosta s dopravou: $A_{ref.x.dopr} = 106.4\ m^2$

sila vetra (bez dopravy) - kolmo na os mosta: $F_{w.dopr} = 144.8kN$

sila vetra (bez dopravy) - v pozdlžnom smere mosta: $F_{w.dopr.pozdl} = 36.2kN$

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.

5. NÁVRH LOŽÍSK

5.1 Zvislé zaťaženie

5.1.1 Stále

Zvislé reakcia na ložisku (charakteristické hodnoty)

nosník	Zaťaženie		
	Tiaž nosníkov	Tiaž sprah. dosky a priečnikov	Mostný zvršok
krajný	133	103	98
2. od okraja		107	74
vnútorné		113	56

5.1.2 Dopravou

Zvislé reakcie na ložisku (charakteristické hodnoty)

	Zaťažovací model		
	LM1 (TS+UDL)	LM2	LM3
krajný	242	130	36
2. od okraja	249	110	49
vnútorné	249	90	382

5.1.3 Stále + doprava

Zvislé reakcie na ložisku (charakteristické hodnoty)

krajný	576
2. od okraja	563
vnútorné	684

5.2 Vodorovné zaťaženie

5.2.1 Brzdné a rozjazdové sily

Veľkosť brzdnej sily Q_{lk} prislúchajúcej jednému ložisku je 393/24= 16,4kN

5.2.2 Zaťaženie vetrom – kolmo na os mosta

Charakteristická hodnota sily F_{wk} (bez dopravy) od zaťaženia vetrom prislúchajúca ložisku je 164/24= 6,9kN

Charakteristická hodnota sily F_{wk}´(s dopravou) od zaťaženia vetrom prislúchajúca ložisku je 145/24= 6,1kN

5.2.3 Zaťaženie vetrom – v smere osi mosta

Charakteristická hodnota sily F_{wk} (bez dopravy) od zaťaženia vetrom prislúchajúca ložisku je 41/24= 1,8kN

Charakteristická hodnota sily F_{wk}´(s dopravou) od zaťaženia vetrom prislúchajúca ložisku je 37/24= 1,6kN

5.2.4 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	42-10+20*=52	–23-10-20*=-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 13,3m a teplotnom súčiniteli dĺžkovej rozťažnosti α_t=1,0.10^{-5} ^{O}C^{-1} predstavuje horizontálny pohyb ložiska s = 13,3 $\times$ 1,0.10^{-5} $\times$ 53 = 7,1 mm.

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

Pri výške elastomeru ložiska h_e = 37mm je vratná sila v jednom ložisku:

$$H_{kd} = \frac{s}{h_e} \times A \times G_{kd} = \frac{7,1}{37} \times 0,06 \times 0,9 = 10,4kN$$

Elastomérové ložisko všesmerné s rozmermi 200x300x52mm (výška elastomeru 37mm)

zaťaženie	vodorovné pretvorenie ložiska (mm)
rovnomerné ochladenie	-7,1
rovnomerné ohriatie	+7,1
brzdné sily	±12,6
zaťaženie vetrom v pozdĺžnom smere mosta	±1,3
Σ	21,0

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

Návrhové situácie

Kombi-nácia	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	$\Sigma G_k + F_{wk} + T_k$	1,35		ΣG_k		1,5		F_{wk}		1,5		0,6		T_k
USL - 4	$\Sigma G_k + T_k + F_{wk}$	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 - 6	ΣG_k + (gr 1a + Q_{lk}) + T_k	1,35		ΣG_k		1,35		gr 1a + Q_{lk}		1,5		0,6		T_k

Reakcie v ložiskách – návrhové hodnoty - polia dl. 27m

	kombinácia					
	USL - 1	USL - 2	USL - 3	USL - 4	USL - 5	USL - 6
$R_{x,d}$ (kN)	-	3	13	18	23	32
$R_{y,d}$(kN)	-	10	11	7	-	-
$R_{z,d}$ (kN)	966	966	450	450	966	966

5.4 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: $t_b := 57mm$

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

pocet vnútorných vrstiev elasomeru: $n := 4$

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

ε_{qd} – návrhové_smykové_pretvorenie

$\varepsilon_{ud} := \dfrac{\varepsilon_{uk}}{\gamma_m}$ $\varepsilon_{\alpha d}$ – návrhové_pretvorenie_vyvolané_pootočením

$\varepsilon_{cd} = 4.579$ $\varepsilon_{qd} = 0.656$ $\varepsilon_{\alpha d} = 0.282$ $\rightarrow$ $\varepsilon_{td} = 5.517$ $\varepsilon_{ud} = 7$

posúdenie_ ε_{qd} = "VYHOVUJE"

posúdenie_ ε_{td} = "VYHOVUJE"

Posúdenie maximálneho tahového napätia výstužných plechov.

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

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

posúdenie_t $_s$ = "VYHOVUJE"

Posúdenie stability pri otácaní:

$v_{zd} \ge v_{rot}$ $v_{rot} = \dfrac{a_p \cdot \alpha_{ad} + b_p \cdot \alpha_{bd}}{K_{rd}}$ $v_{zd} = 1.561mm$ $v_{rot} = 0.253mm$

posúdenie_otacania = "VYHOVUJE"

Posúdenie stability proti vyboceniu:

$\dfrac{F_{zd}}{A_r} < \dfrac{2a_p \cdot G \cdot S_1}{3 \cdot T_e}$ $\dfrac{F_{zd}}{A_r} = 19.71MPa$ $\dfrac{2a_p \cdot G \cdot S_1}{3 \cdot T_e} = 25.559MPa$

posúdenie_vybočenia = "VYHOVUJE"

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

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

$F_{xyd} = 33.838kN$ $\sigma_{cd_min} = 4.693MPa$ $\mu_e = 0.164$

$\mu_e \cdot F_{zd_min} = 37.7kN$

posúdenie_posunutia = "VYHOVUJE"

Použijú sa elastomérové ložiská typu B (200x300x52(37)mm) so 4-mi vnútornými vrstvami elastomeru hrúbky 8mm, 2-mi vonkajšími vrstvami elastomeru hr. 2,5mm a 5-imi výstužmými plechmi hrúbky 3mm.

6. Spodná stavba

6.1 Inžinierskogelogické pomery

Pre posúdenie založenia mosta sú relevantnými výsledky prieskumných vrtov 205-1 (pri opore 1) a 205-2 (pri opore2).

Označenie vrtu:	**205 – 1**		
	498,59 m n. m.		
Hĺbka vrtu:	10,0 m		
Hladina p.v. narazená:	4,6 m p.t.		
Hladina p.v. ustálená:	4,5 m p.t.		
Interval odberu vzoriek:	PV: 4,0-4,2, 8,0-8,2		
Profil vrtu:	**Kvartér**		*Antropogénne sedimenty*
	0,0 – 0,1	F3 MS(O)Y	**Hlina piesčitá** svetlohnedej farby, pevnej konzistencie - pôda
	0,1 – 3,0	G3 G-FY	**Štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy**, úlomky (okruhliaky) hornín zaoblené, veľkosti do 7 cm, ojedinele 15 cm, ojedinelé úlomky tehly – ochranná hrádza
			Proluviálne - terasové sedimenty
	3,0 – 8,0	**G5 GC**	**Štrk ílovitý**, hnedej farby, polymiktný, stredne uľahnutý, podiel štrkovej zložky cca 60 %, úlomky hornín zaoblené (okruhliaky) do 5 cm, ojedinele 7 cm, ílová zložka **pevná**
	8,0 – 9,0	**F4 CS**	**Íl piesčitý** svetlohnedej farby, jemnozrnný, **pevný**
			Eluviálne sedimenty
	9,0 – 9,3	F6 CI	Rozložené ílovce charakteru **ílu so strednou plasticitou**, hnedosivej farby, pevnej konzistencie
	Paleogén		
	9,3 – 10,0	R5-R6	**Ílovce** silno zvetrané, tmavosivej farby

Označenie vrtu:	**205 – 2**		
	498,56 m n. m.		
Hĺbka vrtu:	10,0 m		
Hladina p.v. narazená:	4,7 m p.t.		
Hladina p.v. ustálená:	4,5 m p.t.		
Interval odberu vzoriek:	PV: 6,3-6,6 NV: 2,9-3,0		
Profil vrtu:	**Kvartér**		*Antropogénne sedimenty*
	0,0 – 0,1	F3 MS(O)Y	**Hlina piesčitá** s korienkami rastlín, hnedej farby, pevnej konzistencie - pôda
	0,1 – 1,8	G3 G-FY	**Štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy**, úlomky (okruhliaky) hornín zaoblené, veľkosti do 5 cm, ojedinele 10 cm - ochranná hrádza
			Proluviálne sedimenty
	1,8 – 4,0	**F6 CL**	**Íl s nízkou plasticitou**, hnedej farby, **tuhej** konzistencie
			Terasové sedimenty
	4,0 – 7,9	**G3 G-F** - G5 GC	**Štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy** až štrk ílovitý, hnedej farby, polymiktný, stredne uľahnutý, podiel štrkovej zložky cca 60 %, úlomky hornín zaoblené (okruhliaky), veľkosti do 5 cm, ojedinele 10 cm
	7,9 – 9,0	S5 SC	**Piesok ílovitý**, jemnozrnný, stredne uľahnutý, svetlohnedej farby
	Paleogén		
	9,0 – 10,0	R5-R6	**Ílovce** silno zvetrané, tmavosivej farby.

6.2 Opory

Opory sú navrhnuté ako betónové (C30/37 vrátane driekov a základových pätiek) so železobetónovými úložnými prahmi, závernými múrikmi a zavesenými krídlami). Založenie je navrhnuté ako plošné na základovej pätke v hĺbke cca 1,5m pod úrovňou priľahlého dna potoka a 3,5-3,8m pod úrovňou rastlého terénu.

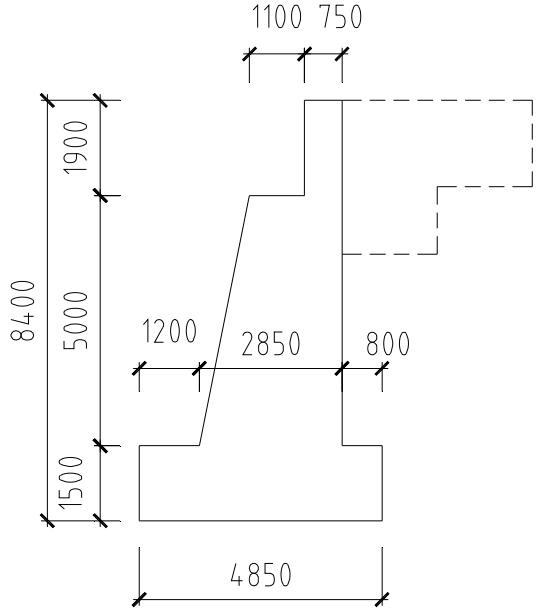
Z vrtu 205-2 vyplýva že sa v úrovni základovej škáry nachádza málo únosná zemina triedy F6. Túto navrhujeme až po úroveň zeminy triedy G3 nahradiť zeminou únosnejšou napr. G3. Mocnosť vymenenej zeminy je cca 0,3-0,5m.

Charakteristiky zeminy v úrovni základovej škáry (pozri IG-prieskum):

Trieda (STN 72 1001	γ (kN/m^3)	φ_{ef} (°)	c_{ef} (kPa)	E_{def} (MPa)	υ	β
G3 G-F – G5 GC	19,5	30	0	60	0,30	0,74

6.2.1 Výpočtový model

Výpočtovým modelom pri posúdení stability a založenia je plošne založená gravitačná opora pozostávajúca z úložného prahu so zavesenými krídlami, drieku a základovej pätky. Dĺžka opory je 13,6 a základu 14,6m.



6.2.2 Posúdenie stability opôr v úrovni základovej škáry

V tejto časti je spracované posúdenie opory proti strate stability (preklopenie a posunutie) v úrovni základovej škáry. Posúdenie je spracované v zmysle STN EN 1997-1 podľa návrhového postupu DA2 (A2+M1+R2)

kombinácia s vodorovnými účinkami z nk bez zvýšenia zemného tlaku od dopravy za oporou

Stabilita v základovej škáre	$F_{z,k}$ (kN)	x (m)	$F_{x,k}$ (kN)	z (m)	γ_f	$F_{z,d}$ (kN)	$F_{x,d}$ (kN)	$M_{y,d}$ (kN)
Tiaž opory	6030	2,81	-	-	1	6030	-	16944
Tiaž krídel	269	5,77	-	-	1	269	-	1552
Tiaž zeminy na rube opory	1302	4,45	-	-	1	1302	-	5794
Tlak zeminy na rube opory	-	-	4464	2,84	1,35	-	-6026	-17115
Odpor na líci opory	-	-	96	0,53	1	-	96	51
Priťaženie na rube opory	-	-	-	-	-	-	-	-
Reakcia z nk - stále zaťaženie	7701	2,74	-	-	1	7701	-	21101
Reakcia z nk - prem. zať. zvislé	3001	2,74	-	-	1,35	4051	-	11101
Reakcia z nk - prem. zať. vodorovné	-	-	346	6,9	1,5	-	-519	-3581

G3-G5	φ_k= 30,0	stabilizujúce účinky	19353	**10239**	**56543**
	φ_d= 30,0	destabilizujúce účinky	-	**-6545**	**-20696**
		posúdenie stability:		**OK**	**OK**

kombinácia s účinkami zvýšenia zemného tlaku od dopravy za oporou bez vodorovných účinkov z nk

Stabilita v základovej škáre	$F_{z,k}$ (kN)	x (m)	$F_{x,k}$ (kN)	z (m)	γ_f	$F_{z,d}$ (kN)	$F_{x,d}$ (kN)	$M_{y,d}$ (kN)
Tiaž opory	6030	2,81	-	-	1	6030	-	16944
Tiaž krídel	269	5,77	-	-	1	269	-	1552
Tiaž zeminy na rube opory	1302	4,45	-	-	1	1302	-	5794
Tlak zeminy na rube opory	-	-	4464	2,84	1,35	-	-6026	-17115
Odpor na líci opory	-	-	96	0,53	1	-	96	51
Priťaženie na rube opory	-	-	1347	6,51	1,5	-	-2021	-13153
Reakcia z nk - stále zaťaženie	7701	2,74	-	-	1	7701	-	21101
Reakcia z nk - prem. zať. zvislé	3001	2,74	-	-	0	0	-	0
Reakcia z nk - prem. zať. vodorovné	-	-	-	-	-	-	-	-

G3-G5	φ_k= 32,5	stabilizujúce účinky	15302	**8944**	**45442**
	φ_d= 32,5	destabilizujúce účinky	-	**-8047**	**-30268**
		posúdenie stability:		**OK**	**OK**

<u>Návrh opôr vyhovel z hľadiska posúdenia proti strate stability v úrovni základovej škáry.</u>

6.2.3 Posúdenie stability opôr v úrovni pracovnej škáry

kombinácia s vodorovnými účinkami z nk bez zvýšenia zemného tlaku od dopravy za oporou

Posúdenie v pracovnej škáre	$F_{z,k}$ (kN)	x (m)	$F_{x,k}$ (kN)	z (m)	γ_f	$F_{z,d}$ (kN)	$F_{x,d}$ (kN)	$M_{y,d}$ (kN)
Tiaž opory	4480	1,75	-	-	1	4480	-	7840
Tiaž krídel	269	4,57	-	-	1	269	-	1229
Tlak zeminy na rube opory	-	-	2600	2,3	1,35	-	-3510	-8073
Odpor na líci opory	-	-	0	0	1	-	0	0
Priťaženie na rube opory	-	-	-	-	-	-	-	-
Reakcia z nk - stále zaťaženie	7701	1,54	-	-	1	7701	-	11860
Reakcia z nk - prem. zať. zvislé	3001	1,54	-	-	1,35	4051	-	6239
Reakcia z nk - prem. zať. vodorovné	-	-	346	5,4	1,5	-	-519	-2803

stabilizujúce účinky	16501	**8251**	**27168**
destabilizujúce účinky	-	**-4029**	**-10876**
posúdenie stability:		**OK**	**OK**

kombinácia s účinkami zvýšenia zemného tlaku od dopravy za oporou bez vodorovných účinkov z nk

Posúdenie v pracovnej škáre	$F_{z,k}$ (kN)	x (m)	$F_{x,k}$ (kN)	z (m)	γ_f	$F_{z,d}$ (kN)	$F_{x,d}$ (kN)	$M_{y,d}$ (kN)
Tiaž opory	4480	1,75	-	-	1	4480	-	7840
Tiaž krídel	269	4,57	-	-	1	269	-	1229
Tlak zeminy na rube opory	-	-	2600	2,3	1,35	-	-3510	-8073
Odpor na líci opory	-	-	0	0	1	-	0	0
Priťaženie na rube opory	-	-	1340	5	1,35	-	-1809	-9045
Reakcia z nk - stále zaťaženie	7701	1,54	-	-	1	7701	-	11860
Reakcia z nk - prem. zať. zvislé	3001	1,54	-	-	0	0	-	0
Reakcia z nk - prem. zať. vodorovné	-	-	-	-	-	-	-	-

stabilizujúce účinky	12450	**6225**	**20929**
destabilizujúce účinky	-	**-5319**	**-17118**
posúdenie stability:		**OK**	**OK**

Návrh opôr vyhovel z hľadiska posúdenia proti strate stability v úrovni pracovnej škáry driek-základ.

Rubová strana drieku opory sa zabezpečí výstužou ØR16 á200mm vo zvislom a ØR12 á300mm vo vodorovnom smere.

6.2.4 Založenie opôr

Posúdenie je spracované, vzhľadom k horším základovým pomerom (v úrovni zeminy G5, zatiaľ čo opora 2 na G3), pre oporu 1. Hĺbka základovej škáry je v úrovni cca 1,5m pod priľahlým dnom potoka.

Založenie opôr je navrhnuté ako plošné na základových pätkách o rozmeroch 14,6x4,85x1,5m.

6.2.4.1 Únosnosť základovej škáry

nadložie:	(objemová tiaž nadložia)	γ_{zn}=	19	kN/m3
podložie:	(objemová tiaž podložia)	γ_{zn}=	19,5	kN/m3
	(uhol vnútorného trenia)	ϕ=	28	°
	(súdržnosť)	c=	4	kPa
základ :	(efektívna šírka základu)	b=	3,31	m
	(dĺžka základu)	l=	14,6	m
	(hĺbka založenia)	d=	3	m
zaťaženie :	(vodorovná sila)	H=	6389	kN
	(zvislá sila)	V=	24709	kN

Nd	Nc	Nb	sd	sc	sb
14,720	25,803	10,942	1,106	1,045	0,932

dd	dc	db	id	ic	ib
1,087	1,095	1,000	0,550	0,550	0,550

výpočtová únosnosť zákl. pôdy **Rd= 800,4 kPa**

6.2.4.2 Posúdenie založenia

kombinácia s vodorovnými účinkami z nk bez zvýšenia zemného tlaku od dopravy za oporou

Stabilita v základovej škáre	$F_{z,k}$ (kN)	x (m)	$F_{x,k}$ (kN)	z (m)	γ_f	$F_{z,d}$ (kN)	$F_{x,d}$ (kN)	$M_{y,d}$ (kN)
Tiaž opory	6030	0,385	-	-	1,35	8141	-	3134
Tiaž krídel	269	3,345	-	-	1,35	363	-	1215
Tiaž zeminy na rube opory	1302	2,025	-	-	1,35	1758	-	3559
Tlak zeminy na rube opory	-	-	4464	2,84	1,35	-	-6026	-17115
Odpor na líci opory	-	-	96	0,53	1	-	96	51
Priťaženie na rube opory od dopravy	-	-	-	-	-	-	-	-
Reakcia z nk - stále zaťaženie	7701	0,315	-	-	1,35	10396	-	3275
Reakcia z nk - prem. zať. zvislé	3001	0,315	-	-	1,35	4051	-	1276
Reakcia z nk - prem. zať. vodorovné	-	-	346	6,9	1,5	-	-519	-3581

šírka základu:	4,85	m	zaťaženie v základovej škáre:			24709	-6449	-8186
dĺžka základu:	14,60	m	posúdenie excentricity:	e=	**0,33**	**<**	**1,62**	**OK**
únosnosť:	795,2	kPa	napätie v základ. škáre:	σ_d=	**404**	**<**	**568**	**OK**

kombinácia s účinkami zvýšenia zemného tlaku od dopravy za oporou bez vodorovných účinkov z nk

Stabilita v základovej škáre	$F_{z,k}$ (kN)	x (m)	$F_{x,k}$ (kN)	z (m)	γ_f	$F_{z,d}$ (kN)	$F_{x,d}$ (kN)	$M_{y,d}$ (kN)
Tiaž opory	6030	0,385	-	-	1,35	8141	-	3134
Tiaž krídel	269	3,345	-	-	1,35	363	-	1215
Tiaž zeminy na rube opory	1302	2,025	-	-	1,35	1758	-	3559
Tlak zeminy na rube opory	-	-	4464	2,84	1	-	-4464	-12678
Odpor na líci opory	-	-	96	0,53	1	-	96	51
Priťaženie na rube opory od dopravy	-	-	1347	6,51	1,5	-	-2021	-

								13153
Reakcia z nk - stále zaťaženie	7701	0,315	-	-	1,35	10396	-	3275
Reakcia z nk - prem. zať. zvislé	3001	0,315	-	-	1,35	4051	-	1276
Reakcia z nk - prem. zať. vodorovné	-	-	-	-	-	-	-	-

šírka základu:	4,85	m	zaťaženie v základovej škáre:			24709	-6389	-13321
dĺžka základu:	14,60	m	posúdenie excentricity:	e=	**0,54**	**<**	**1,62**	**OK**
únosnosť:	800,4	kPa	napätie v základ. škáre:	σ_d=	**449**	**<**	**572**	**OK**

Návrh založenia opôr vyhovel posúdeniu.

Vypočítaná návrhová únosnosť zeminy v úrovni základovej škáry musí byť v zmysle STN EN 1992 preukázaná zaťažovacou skúškou ešte pred realizáciou zakladania.

6.2.5 Posúdenie vyloženia betónovej pätky

Pre výšku základu z prostého betónu musí platiť: $h_f \geq 1{,}17.a.\sqrt{3.\frac{\sigma_{gd}}{f_{ctd}}}$, kde

- a je vyloženie,
- σ_{gd} je návrhová hodnota napätie v zemine (bez uváženia vlastnej tiaže základu)

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct}.f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{0{,}8.2{,}0}{1{,}5} = 1{,}07MPa$$

$$h_f \geq 1{,}17.1.2.\sqrt{3.\frac{0{,}449}{1{,}07}} = 1{,}49$$ -výška základu 1,5m → ***návrh vyhovel***

6.2.6 Posúdenie záverného múrika

Návrhové hodnoty vnútorných síl

Q_{Ed}= 1,0.((11,02.2,2.2,2/2).1,0)+1,35.0,6.0,9.(2.300)/(2+0,4+2,2)= 122kN/m

M_{Ed}= 1,0.(11,02.2,2).2,2^2/6+1,35.0,6.0,9.(2.300).(2,2+0,1)/(2+0,4+2,2)= 239kNm/m

ZADANIE :

prierez:	beton := 3037	ocel := 10505	prierezové sily:
b := 1.00m	f_{ck} = 30MPa	f_{yk} = 500MPa	M_{Ed} := 239kN·m
h := 0.75m	f_{cd} = 16MPa	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
	$profil_{11}$:= 18mm	$profil_{12}$:= 0mm	$profil_{13}$:= 0mm
	$pocet_{11}$:= 5	$pocet_{12}$:= 0	$pocet_{13}$:= 0
	A_{s11} = 1271.7mm^2	A_{s12} = 0mm^2	A_{s13} = 0mm^2

celková plocha výstuže:	A_{s1} = 1271.7mm^2
vzd. ťaž. výst od okr. pr:	d_1 = 0.08m
stupeň vystuženia:	ρ = 0.1898%

posúdenie ohybu:

$d = 0.67\,m$ $z = 0.57\,m$

$x_b = 0.035\,m$ $x_{blim} = 0.331m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 1.816\%$ posudenie_ ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 361kN\cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_M_{Rd} = 66.2%

ŠMYK -prvok bez šmykovej výstuže :

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

$k = 1.546$

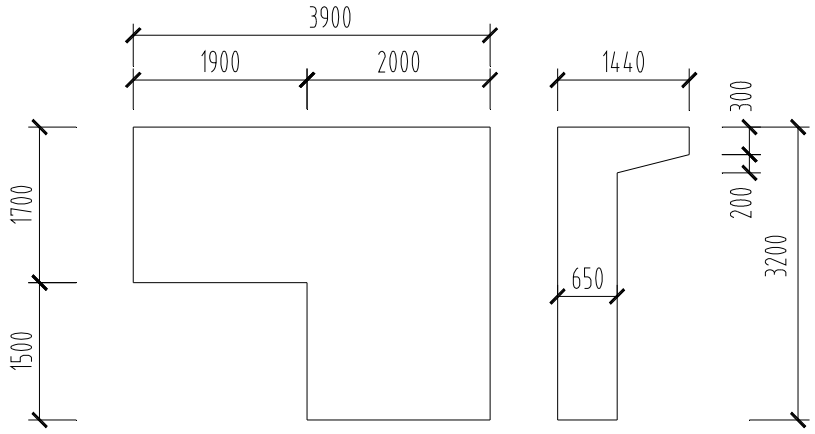
$C_{Rd.c} = 0.12$

$\rho_l = 0.0025$

$V_{Rd.c.min} = 0.247MN$

$V_{Rd.c} = 0.247MN$ posudenie = "VYHOVUJE, NIE JE NUTNÁ ŠMYKOVÁ VÝSTUŽ"

6.2.7 Mostné krídlo s vyložením



6.2.7.1 Posúdenie vyloženia

$Q_{Ed,1}$= 1,35.(25.(0,3+0,5)/2.0,8)+1,35.(25.(0,28.0,8))+1,35.1,5+1,35.180.(1/(0,35+2.0,8))= 145kN
$M_{Ed,1}$= 1,35.(25.(0,3+0,5)/2.0,8).0,37 + 1,35.(25.(0,28.0,8)).0,4 + 1,35.1,5.0,55 + 1,35.180.(1/(0,35+2.0,8)).0,8= 108kNm

prierez:	beton := 3037	ocel := 10505	prierezové sily:
$b := 1.00m$	$f_{ck} = 30MPa$	$f_{yk} = 500MPa$	$M_{Ed} := 108kN\cdot m$
$h := 0.5m$	$f_{cd} = 20MPa$	$f_{yd} = 435MPa$	$V_{Ed} := 145kN$

OHYB :

návrh výstuže **:**

1.rad	2.rad	3.rad
$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.00m$	$d_{13} := 0.00m$
$profil_{11} := 16mm$	$profil_{12} := 0mm$	$profil_{13} := 0mm$
$pocet_{11} := 5$	$pocet_{12} := 0$	$pocet_{13} := 0$
$A_{s11} = 1004.8mm^2$	$A_{s12} = 0mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže: $A_{s1} = 1004.8mm^2$

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

stupeň vystuženia: $\rho = 0.2392\%$

posúdenie ohybu:

$d = 0.42\,m$ $z = 0.357\,m$

$x_b = 0.027\,m$ $x_{blim} = 0.207m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 1.816\%$ posudenie_ ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 178kN\cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 60.8\%$

ŠMYK -prvok bez šmykovej výstuže :

posúdenie šmyku :

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

$k = 1.69$

$C_{Rd.c} = 0.12$

$\rho_l = 0.004$

$V_{Rd.c.min} = 0.177MN$

$V_{Rd.c} = 0.195MN$ posudenie = "VYHOVUJE, NIE JE NUTNÁ ŠMYKOVÁ VÝSTUŽ"

<u>Navrhujeme výstuž: ØR16 á200 v úrovni hornej plochy vyloženia mostného krídla s d_1=80mm.</u>

6.2.7.2 Posúdenie vo zvislom smere

Posúdenie je realizované v dvoch kontrolných rezoch.

Návrhové hodnoty vnútorných síl

$Q_{Ed,1}$= 1,35.(25.(1,43.1,9+2,40.2,00))+1,35.(3,9.(9,25+2,63+1,5+0,6))+1,35.180= 571kN

$M_{Ed,1}$= 1,35.(3,9/2.(25.(1,43.1,90+2,40.2,00)))+1,35.(3,9.3,9/2.(9,25+2,63+1,5+0,6))+1,35.180.3,9= 1586kNm

$Q_{Ed,2}$= 1,35.(25.(1,43.1,90))+1,35.(1,90.(9,25+2,63+1,5+0,6))+1,35.180= 371kN

$M_{Ed,2}$= 1,35.(1,90/2.(25.(1,43.1,90)))+1,35.(1,90.1,90/2.(9,25+2,63+1,5+0,6))+1,35.180.1,90= 583kNm

<u>Rez I</u>.

ZADANIE :

prierez:
$b := 0.65m$
$h := 1.1m$

beton := 3037
$f_{ck} = 30MPa$
$f_{cd} = 16MPa$
$f_{ctm} = 2.9MPa$
$f_{ctk.0.05} = 2MPa$

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

prierezové sily:
$M_{Ed} := 1586kN \cdot m$
$V_{Ed} := 571kN$

OHYB :

návrh výstuže :

1.rad	2.rad	3.rad
$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.23m$	$d_{13} := 0.0m$
$profil_{11} := 28mm$	$profil_{12} := 28mm$	$profil_{13} := 0mm$
$pocet_{11} := 4$	$pocet_{12} := 4$	$pocet_{13} := 0$
$A_{s11} = 2461.76mm^2$	$A_{s12} = 2461.76mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže: $A_{s1} = 4923.52mm^2$

vzd. ťaž. výst od okr. pr: $d_1 = 0.155m$

stupeň vystuženia: $\rho = 0.8015\%$

posúdenie ohybu:

$d = 0.945m$ $z = 0.803m$

$x_b = 0.206m$ $x_{blim} = 0.466m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 1.816\%$ posudenie_ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 1803kN \cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 88\%$

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 : $V_{Rdmax} = 2172kN$

minimálna vzd. strmeňov : $s_{amin} = 0.224m$

<u>Navrhujeme vodorovnú výstuž v dvoch radoch: 2x4ØR28 v úrovni hornej plochy úložného prahu s d_1=80 (230)mm a strmene 2-strižné ØR14 á200mm.</u>

Rez II.

ZADANIE :

prierez:
$b := 0.65m$
$h := 1.7m$

beton := 3037
$f_{ck} = 30MPa$
$f_{cd} = 16MPa$
$f_{ctm} = 2.9MPa$
$f_{ctk.0.05} = 2MPa$

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

prierezové sily:
$M_{Ed} := 583kN \cdot m$
$V_{Ed} := 371kN$

OHYB :

návrh výstuže :

1.rad	2.rad	3.rad
$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.0m$	$d_{13} := 0.0m$
$profil_{11} := 18mm$	$profil_{12} := 0mm$	$profil_{13} := 0mm$
$pocet_{11} := 8$	$pocet_{12} := 0$	$pocet_{13} := 0$
$A_{s11} = 2034.72mm^2$	$A_{s12} = 0mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže: $A_{s1} = 2034.72mm^2$

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

stupeň vystuženia: $\rho = 0.1932\%$

posúdenie ohybu:

$d = 1.62m$ $z = 1.377m$

$x_b = 0.085m$ $x_{blim} = 0.799m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 1.816\%$ posudenie_ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 1396kN \cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 41.8\%$

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 : $V_{Rdmax} = 3723kN$

minimálna vzd. strmeňov : $s_{amin} = 0.592m$

<u>Navrhujeme vodorovnú výstuž: 8ØR18 v úrovni hornej plochy krídla s d_1=80mm a strmene 2-strižné ØR14 á200mm.</u>

6.2.7.3 Posúdenie vo vodorovnom smere

Návrhové hodnoty vnútorných síl

Q_{Ed}= 1,0.((11,02.2/3.3,2).3,9)+1,35.25,9/3,2.3,9= 114kN/m

M_{Ed}= 1,0.((11,02.2/3.3,2).3,9^2/2+1,35.25,9/3,2.3,9^2/2= 262kNm/m

prierez:
$b := 1.00m$
$h := 0.65m$

$beton := 3037$
$f_{ck} = 30MPa$
$f_{cd} = 17MPa$

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

prierezové sily:
$M_{Ed} := 262kN \cdot m$
$V_{Ed} := 114kN$

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: $\rho = 0.2327\%$

posúdenie ohybu:

$d = 0.57m$ $z = 0.485m$

$x_b = 0.034m$ $x_{blim} = 0.281m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 1.9295\%$ posudenie_ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 319kN \cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 82.2\%$

ŠMYK -prvok bez šmykovej výstuže :

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

$k = 1.592$

$C_{Rd.c} = 0.12$

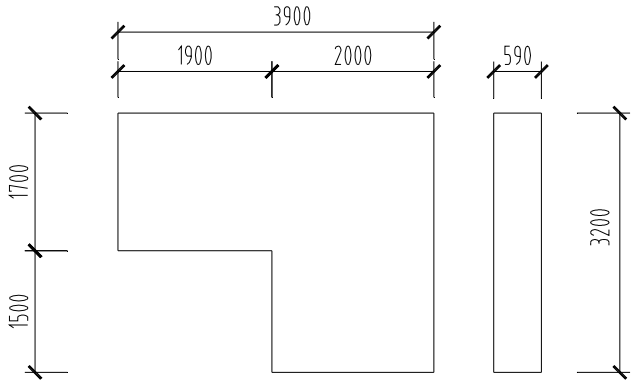
$\rho_l = 0.00294$

$V_{Rd.c.min} = 0.22MN$

$V_{Rd.c} = 0.225MN$ posudenie = "VYHOVUJE, NIE JE NUTNÁ ŠMYKOVÁ VÝSTUŽ"

Navrhujeme vodorovnú výstuž: ØR16á150mm pri rubovej strane s d_1=80mm.

6.2.8 Mostné krídla bez vyloženia



6.2.8.1 Posúdenie vo zvislom smere

Posúdenie je realizované v dvoch kontrolných rezoch.

Návrhové hodnoty vnútorných síl

$Q_{Ed,1}$= 1,35.(25.0,59.(3,9.3,2-1,9.1,5))+1,35.(3,9.(4+2,63+1,5))+1,35.180= 478kN

$M_{Ed,1}$= 1,35.(3,9/2.(25.0,59.(3,9.3,2-1,9.1,7)))+1,35.(3,9.3,9/2.(4+2,63+1,5))+1,35.180.3,8= 1381kNm

$Q_{Ed,2}$= 1,35.(25.0,59.(1,9.1,7))+1,35.(1,9.(4+2,63+1,5))+1,35.180= 329kN

$M_{Ed,2}$= 1,35.(1,9/2.(25.0,59.(1,9.1,7)))+1,35.(1,9.1,9/2.(4+2,63+1,5))+1,35.180.1,8= 519kNm

Rez I.

ZADANIE :

prierez:	beton := 3037	ocel := 10505	prierezové sily:
$b := 0.59m$	$f_{ck} = 30MPa$	$f_{yk} = 500MPa$	$M_{Ed} := 1381kN \cdot m$
$h := 1.1m$	$f_{cd} = 20MPa$	$f_{yd} = 435MPa$	$V_{Ed} := 478kN$
	$f_{ctm} = 2.9MPa$		
	$f_{ctk.0.05} = 2MPa$		

OHYB :

návrh výstuže :	1.rad	2.rad	3.rad
	$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.23m$	$d_{13} := 0.0m$
	$profil_{11} := 28mm$	$profil_{12} := 28mm$	$profil_{13} := 0mm$
	$pocet_{11} := 4$	$pocet_{12} := 4$	$pocet_{13} := 0$
	$A_{s11} = 2461.76mm^2$	$A_{s12} = 2461.76mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže:	$A_{s1} = 4923.52mm^2$
vzd. ťaž. výst od okr. pr:	$d_1 = 0.155m$
stupeň vystuženia:	$\rho = 0.8831\%$

posúdenie ohybu:

$d = 0.945\,m$ $z = 0.803\,m$

$x_b = 0.181\,m$ $x_{blim} = 0.466m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

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

$M_{Rd} = 1829kN\cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 75.5\%$

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 : $V_{Rdmax} = 2464kN$

minimálna vzd. strmeňov : $s_{amin} = 0.268\,m$

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 : $F_{Ed} = 285kN$ $\sigma_{sd} = 116MPa$

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

<u>Navrhujeme vodorovnú výstuž v dvoch radoch: 2x4ØR28 v úrovni hornej plochy úložného prahu s d_1=80 (230)mm a strmene 2-strižné ØR14 á200mm.</u>

Rez II.

ZADANIE :

prierez:
$b := 0.59m$
$h := 1.7m$

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:
$M_{Ed} := 519kN\cdot m$
$V_{Ed} := 329kN$

OHYB :

návrh výstuže :

1.rad	2.rad	3.rad
$d_{11} := 0.08m$	$d_{12} := 0.0m$	$d_{13} := 0.0m$
$profil_{11} := 22mm$	$profil_{12} := 0mm$	$profil_{13} := 0mm$
$pocet_{11} := 4$	$pocet_{12} := 0$	$pocet_{13} := 0$
$A_{s11} = 1519.76mm^2$	$A_{s12} = 0mm^2$	$A_{s13} = 0mm^2$

celková plocha výstuže: $A_{s1} = 1519.76mm^2$

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

stupeň vystuženia: $\rho = 0.159\%$

posúdenie ohybu:

$d = 1.62m$ $z = 1.377m$

$x_b = 0.056m$ $x_{blim} = 0.799m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

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

$M_{Rd} = 1052kN \cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_M_{Rd} = 49.3%

ŠMYK :

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

$striznost := 2$

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

posúdenie šmyku :

$\nu = 0.528$

kapacita_prierezu : $V_{Rdmax} = 4224kN$

minimálna vzd. strmeňov : $s_{amin} = 0.668m$

overenie kotvenia pozdĺžnej výstuže :

zadaj pozdĺžnu výstuž vedenú za popdperu : $profil_{1p} := 22mm$

$pocet_{1p} := 4$

$A_{s1p} = 1.52 \times 10^{-3} m^2$

ťahová sila v pozdl. výstuži od šmyku : $F_{Ed} = 196kN$ $\sigma_{sd} = 129MPa$

min. kotevná dĺžka pozdlžnej výstuže : $l_{b.min} = 0.237m$

<u>Navrhujeme vodorovnú výstuž: 4ØR22 v úrovni hornej plochy krídla prahu s d_1=80mm.</u>

6.2.8.2 Posúdenie vo vodorovnom smere

Návrhové hodnoty vnútorných síl

Q_{Ed}= 1,0.((11,02.2/3.3,2).3,9)+1,35.25,9/3,2.3,9= 114kN/m

M_{Ed}= 1,0.((11,02.2/3.3,2).3,9^2/2+1,35.25,9/3,2.3,9^2/2= 262kNm/m

prierez:
$b := 1.00m$
$h := 0.59m$

$beton := 3037$
$f_{ck} = 30MPa$
$f_{cd} = 17MPa$

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

prierezové sily:
$M_{Ed} := 262kN \cdot m$
$V_{Ed} := 114kN$

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: $\rho = 0.2601\%$

posúdenie ohybu:

$d = 0.51\,m$ $z = 0.434\,m$

$x_b = 0.034\,m$ $x_{blim} = 0.252m$ posudenie_x_b = "VYHOVUJE"

$\rho_{min} = 0.1508\%$ $\rho_{max} = 1.9295\%$ posudenie_ ρ = "VYHOVUJE"

$M_{Rd} = 284kN \cdot m$ posudenie_M_{Rd} = "VYHOVUJE" vyuzitie_$M_{Rd} = 92.1\%$

ŠMYK -prvok bez šmykovej výstuže :

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

$k = 1.626$

$C_{Rd.c} = 0.12$

$\rho_l = 0.00329$

$V_{Rd.c.min} = 0.203MN$

$V_{Rd.c} = 0.213MN$ posudenie = "VYHOVUJE, NIE JE NUTNÁ ŠMYKOVÁ VÝSTUŽ"

Navrhujeme vodorovnú výstuž: ØR16á150mm pri rubovej strane s d_1=80mm.

7. MOSTNÝ ZÁVER

NÁVRH MZ PODĽA EC

Základné parametre dilatačného celku:

- dĺžka dilatačného celku:	Ld =	27,3	m
- dĺžka rozpätia dilatačného celku:	Lr =	26,5	m
- výška nosnej konštrukcie:	h =	1,5	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 =	26,5	m
- priehyb spôsobený oteplením:	$w_{M,heat}$ =	8,28E-03	m
- priehyb spôsobený ochladením:	$w_{M,cool}$ =	4,42E-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:	$\beta w_{M,heat}$ =	1,25E-03	rad
- uhol natočenia v uložení - ochladenie:	$\beta w_{M,cool}$ =	6,67E-04	rad

Vplyv zmrašťovania betónu:

- plocha prierezu:	Ac =	7,24	m^2
- obvod vystavený prostrediu:	u =	57,3	m
- náhradná výška prierezu:	h_0 =	253	mm
- uvažovaný časový okamih:	t =	90	dní
- vek betónu v čase nástupu zmrašťovania:	t_s =	30	dní
- časová funcia:	$\beta_{ds}(t,ts)$ =	0,272	
- časová funcia:	$1-\beta_{ds}(t,ts)$	0,728	
- 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

	β_{bc} =	20,30	
- časová funcia:	$\beta_{bc}(t,t0)$ =	0,276	
- časová funcia:	$1-\beta_{bc}(t,t0)$ =	0,724	

Posun od rovnomernej teploty:

- počet posunov na podperách dil. celku:	n =	2	
- posun od rovnom. oteplenia:	**$\Delta l_{N,exp}$ =**	**7,10**	**mm**
- posun od rovnom. ochladenia:	**$\Delta l_{N,con}$ =**	**-7,23**	**mm**

Posun od nerovnomernej teploty:

- posun od nerovnom. oteplenia:	**$\Delta l_{M,heat}$ =**	**1,99**	**mm**
- posun od nerovnom. ochladenia:	**$\Delta l_{M,cool}$ =**	**-1,06**	**mm**

Posun od zmrašťovania:

- počet posunov na podperách dil. celku:	n =	2	
- posun od zmrašťovania:	**Δl_{cd} =**	**-3,10**	**mm**

Posun od dotvarovania:

- počet posunov na podperách dil. celku:	n =	2	
- posun od dotvarovania:	**Δl_{cc} =**	**-1,20**	**mm**

Posun od priehybu konštrukcie:

- rozpätie uvažovaného poľa:	Lrp =	26,5	m
- max. posun konštrukcie v mieste MZ:	**Δl_w =**	**-9,52**	**mm**

Posun od ostatných zaťažení:

- posun od brzdnej sily:	**Δbr =**	**6,3**	**mm**
- posun od vetra:	**ΔFw =**	**0,7**	**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} =**	**19,30**	**mm**
- celkové skrátenie konštrukcie:	**Δl_{min} =**	**-34,93**	**mm**

<u>Navrhujeme mostný záver umožňujúci celkový posun 60mm.</u>

8. ZÁVER STATICKÉHO VÝPOČTU

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

Vypracoval: Ing. Martin Rusín
Košice, marec 2019