

 inžinierske stavby Slovenská 86, 080 01 Prešov tel.: 051/74 636 95, 74 636 99	ZODP.PROJEKTANT: ING.J.ANTOL 	HL. PROJEKTANT: ING.M.DÚBRAVSKÝ 	
	VYPRACOVAL: ING.M.RUSÍN 	KONTROLOVAL: ING.J.KURUC 	
OBJEKT:	222-00 Most ev.č.591-026		MIERKA: Č. PRÍLOHY: 8
PRÍLOHA:	STATICKÝ VÝPOČET		

OBSAH :

1	Úvod	2
1.1	Popis mosta	2
1.2	Použité normy, predpisy, podklady a literatúra	2
1.3	Použité programy.....	2
1.4	Výpočtové postupy.....	2
2	Geometria mosta.....	3
3	Použité materiály	3
3.1	Druhy materiálov.....	3
3.1.1	Charakteristiky pevnostných tried materiálov	3
4	Stanovenie zaťaženia	4
4.1	Stále zaťaženia „G“	4
4.1.1	Vlastná tiaž.....	4
4.1.2	Mostný zvršok	4
4.2	Premenné zaťaženia „Q“	4
4.2.1	Zaťaženie účinkami teploty.....	4
4.2.2	Zaťaženie cestnou dopravou (1953).....	5
4.2.3	Zaťaženie cestnou dopravou (EC).....	6
4.3	Zaťažovací model pre brehové podpory a príslušné krídla mosta	7
4.3.1	Zvislé zaťaženia	7
5	Nosná konštrukcia – pôvodný návrh.....	7
5.1	Priebehy vnútorných síl.....	7
5.1.1	Ohybové momenty	7
5.1.2	Priečne sily	8
5.2	Pôvodné posúdenie mostovkovej dosky	8
6	Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie mosta	10
6.1	Priebehy vnútorných síl (návrhové hodnoty).....	10
6.1.1	Ohybové momenty	10
6.1.2	Priečne sily.....	10
6.2	Posúdenie mostovkovej dosky.....	11
6.2.1	Ohyb.....	11
6.2.2	Šmyk	13
6.2.3	Návrh a posúdenie spriahnutia	14
7	Záver statického výpočtu.....	18

1 Úvod

1.1 Popis mosta

Mostný objekt 591-026 sa nachádza na ceste II/591 medzi obcami Brusník a Horná Strehová. Bol postavený v roku 1955.

Spodná stavba je betónová, nosnú konštrukciu tvorí železobetónová mostovková doska hrúbky 270mm.

Zabezpečenie požadovanej mechanickej odolnosti nosnej konštrukcie zaistíme vybudovaním spriahajúcej dosky (C30/37) hrúbky minimálne 250 a maximálne 380mm.

Most je z hľadiska zaťaženia dopravou navrhnutý na LM1, LM2 a LM4 v zmysle STN EN 1991-2.

1.2 Použité normy, predpisy, podklady a literatúra

Statický výpočet je spracovaný v súlade s príslušnými ustanoveniami nasledujúcich noriem (s príslušnými národnými prílohami) a predpisov.

Technické normy a predpisy :

STN EN 1990 Zásady navrhovania konštrukcií

STN EN 1991-1-1 Zať. konštrukcií; Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia - Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov

STN EN 1991-1-4 Zať. konštrukcií; Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženia vetrom

STN EN 1991-1-5 Zať. konštrukcií; Časť 1-5: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženia účinkami teploty

STN EN 1991-2 Zať. konštrukcií; Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou

STN EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií; Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy

STN EN 1992-2 Navrhovanie betónových konštrukcií; Časť 2: Betónové mosty, navrhovanie a konštruovanie

STN EN 1997-1 Navrhovanie geotechnických konštrukcií; Časť 1: Všeobecné pravidlá

STN EN 1998-2 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť; Časť 2: Mosty

STN EN 1998-5 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť; Časť 5: Základy, oporné konštrukcie a geotechnické hľadiská

1.3 Použité programy

Na vypracovanie statického výpočtu a posúdenia jednotlivých konštrukčných prvkov boli použité nasledujúce programy :

- Strap, Excel

1.4 Výpočtové postupy

Medzný stav únosnosti sa overuje z hľadiska straty statickej rovnováhy „EQU, súbor A“, vnútornej poruchy alebo nadmernej deformácie „STR/GEO, súbor B“ s kombinačným pravidlom 6.10 a únavovej poruchy konštrukcie „FAT“. Medzný stav použiteľnosti sa overuje z hľadiska dovolených napätí, pretvorení a deformácií pomocou 4-roch základných tvarov kombinácií (charakteristická, kvázi-stála, častá, menej-častá).

Pri posúdení geotechnických konštrukcií sa použije návrhový postup 2, s tvarom kombinácie A1+“M1“+“R2 a pre posudzovanie celkovej stability a numerické metódy, návrhový postup 3 s tvarom kombinácie A1 alebo A2+“M2“+“R3.

Výpočet vnútorných síl od jednotlivých zaťažení a ich následných kombinácií pre MSÚ a MSP je spracovaný použitým výpočtovým programom, ktorý je uvedený v kap.1.3, v zmysle technických noriem a predpisov uvedených v kap.1.2.

Posúdenia konštrukčných prvkov mostného objektu sú vyhotovené v použitom výpočtovom programe a v exceli (v ktorom sú vytvorené zautomatizované jednotlivé posúdenia).

Na zadaný výpočtový model sú aplikované jednotlivé uvažované zaťaženia, ktoré sú uvedené v kap.4.

Kombinačné schémy:

- „súbor A“ (EQU)

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

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

$$\sum_j \gamma_{Gj,sup} \cdot G_{kj,sup} + \sum_j \gamma_{Gj,inf} \cdot G_{kj,inf} + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Pre mimoriadne návrhové kombinácia platí kombinačná schéma:

$$\sum_j G_{kj,sup} + \sum_j G_{kj,inf} + P_k + A_d + \psi_{1,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Pre MSP sú definované 4 základné kategórie kombinácií:

- Charakteristická kombinácia

$$\sum_j G_{kj,sup} + \sum_j G_{kj,inf} + P_k + Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$
- Častá kombinácia

$$\sum_j G_{kj,sup} + \sum_j G_{kj,inf} + P_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} \cdot Q_{ki}$$
- Skoro-stála kombinácia

$$\sum_j G_{kj,sup} + \sum_j G_{kj,inf} + P_k + \psi_{2,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} \cdot Q_{ki}$$
- Menej-častá kombinácia (len pre cestné mosty)

$$\sum_j G_{kj,sup} + \sum_j G_{kj,inf} + P_k + \psi_{1,inf} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{1,i} \cdot Q_{ki}$$

2 Geometria mosta

Geometria mosta je zrejmá z výkresovej časti projektovej dokumentácie.

3 Použité materiály

3.1 Druhy materiálov

Jednotlivé prvky mostného objektu budú vyhotovené z týchto materiálov a ich príslušných tried :

- **Betón**
 - Spriahajúca doska..... C30/37
 - Mostné krídla C30/37
 - Rímky C35/45
- **Oceľ**
 - Betonárska výstuž B 500B

3.1.1 Charakteristiky pevnostných tried materiálov

Betón: C30/37		
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	f_{ck} (MPa)	30
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck,cube}$ (MPa)	37
Stredná hodnota tlakovej pevnosti betónu	f_{cm} (MPa)	38
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm} (MPa)	2,9
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,0
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	3,8
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm} (GPa)	33
Koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti	α_T (1/°C)	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Betón: C35/45		
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	f_{ck} (MPa)	35
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck,cube}$ (MPa)	45
Stredná hodnota tlakovej pevnosti betónu	f_{cm} (MPa)	43
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm} (MPa)	3,2
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,2
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	4,2
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm} (GPa)	34
Koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti	α_T (1/°C)	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Betonárska výstuž: B 500B		
Charakteristická medza klzu	f_{yk} (MPa)	500
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_s (GPa)	200

4 Stanovenie zaťaženia

Hodnoty všetkých zaťažení sú uvedené v ich charakteristických hodnotách.

4.1 Stále zaťaženia „G“

4.1.1 Vlastná tiaž

Vlastná tiaž všetkých prvkov je pre:

- Železobetónové časti 25,0 kN/m³
- Časti z prostého betónu 24,0 kN/m³

4.1.2 Mostný zvršok

- Asfaltová vozovka, hr. 90mm
 - Horná hranica „sup“ 3,03 kN/m²
- Ľavá rímsa
 - Rímsa 7,50 kN/m²
 - Zvodidlo 1,00 kN/m²
- Pravá rímsa
 - Rímsa 7,50 kN/m²
 - Zvodidlo 1,00 kN/m²

4.2 Premenné zaťaženia „Q“

4.2.1 Zaťaženie účinkami teploty

Zaťaženie teplotou je stanovené prostredníctvom normy STN EN 1991-1-5 pre požadované zložky.

4.2.1.1 Rovnomerná zložka teploty mosta

Teplota vzduchu sa získala z mapy s izotermami, ktorá sa nachádza v norme STN EN 1991-1-5/NA.

- Min. teplota vzduchu v tieni : $T_{min} = -30^{\circ}\text{C}$
- Max. teplota vzduchu v tieni : $T_{max} = 40^{\circ}\text{C}$
- Začiatková teplota mosta : $T_0 = 10^{\circ}\text{C}$
- Typ nosnej konštrukcie mosta : Typ 3

Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teploty mosta pri skracovaní :

..... $\Delta T_{N,con} = -32^{\circ}\text{C}$

Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teploty mosta pri predlžovaní :

..... $\Delta T_{N,exp} = 32^{\circ}\text{C}$

4.2.1.2 Zložka teplotného spádu

Uvažuje sa so zvislou lineárnou zložkou (postup 1). Pri výpočte teplotného spádu sa zohľadňuje hrúbka povrchovej úpravy.

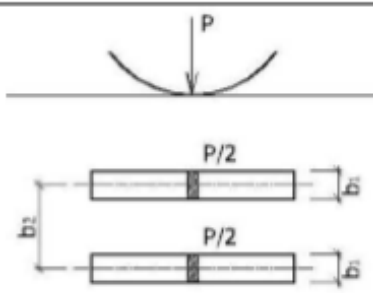
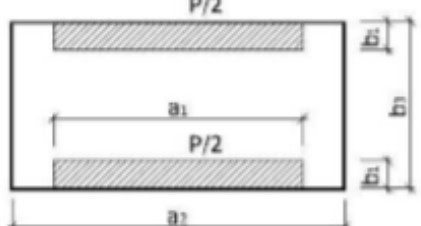
- Horný povrch teplejší ako spodný povrch : $\Delta T_{M,heat} = 11,4^{\circ}\text{C}$
- Spodný povrch teplejší ako horný povrch : $\Delta T_{M,cool} = -8,0^{\circ}\text{C}$

4.2.2 Zatáženie cestnou dopravou (1953)

7 ČSN 73 6202 "ZATÍŽENÍ A STATICKÝ VÝPOČET MOSTŮ" Z ROKU 1953

Alternativy zatížení :

- 1) Ideální náprava mezi zvýšenými obrubami a současně rovnoměrné zatížení chodníků širších než 0,5 m.
- 2) Ideální pásové vozidlo a současně rovnoměrné zatížení chodníků.
- 3) Rovnoměrné zatížení mezi zvýšenými obrubami a na ploše chodníků a současně přímkové zatížení mezi zvýšenými obrubami, avšak jen jednou v každém podélném pruhu mostu.

Druhy zatížení		Pro třídu mostu		
		A	B	C
	P [t]	15		10
	b_1 [m]	0,5		0,35
	b_2 [m]	$\geq 1,5$		$\geq 1,5$
	P [t]	60	30	15
	b_1 [m]	0,5	0,5	0,35
	b_2 [m]	3,0	2,5	2,0
	a_1 [m]	4,5	3,5	2,5
	a_2 [m]	7	6	5
Rovnoměrné zatížení [kg/m ²]	0 až 30m	600	500	400
	30 až 130m	660-2ℓ	530-ℓ	430-ℓ
	nad 130 m	400		300
Přímkové zatížení napříč mostu [t/m]		3		2

Dynamický součinitel se uvažuje podle tabulky.

	Dynamický součinitel pro konstrukce				
rozpětí [m]	ocelové, lehké ocelobetonové spřažené	železobetonové, ocelobetonové, nezpražené, z předpjatého betonu	klenbové s nadnásypem při tloušťce nadnásypu ve vrcholu		dřevěné
			do 1,5m	nad 1,5m	
0 až 5	1,40	1,40	1,30	1,00	1,00
10	1,35	1,30	1,20		
15	1,30	1,25	1,15		
20	1,25	1,20	1,10		
25	1,20	1,15	1,05		
40	1,15	1,10	1,00		
60	1,10	1,05	1,00		
100	1,05	1,00	1,00		
150	1,00	1,00	1,00		

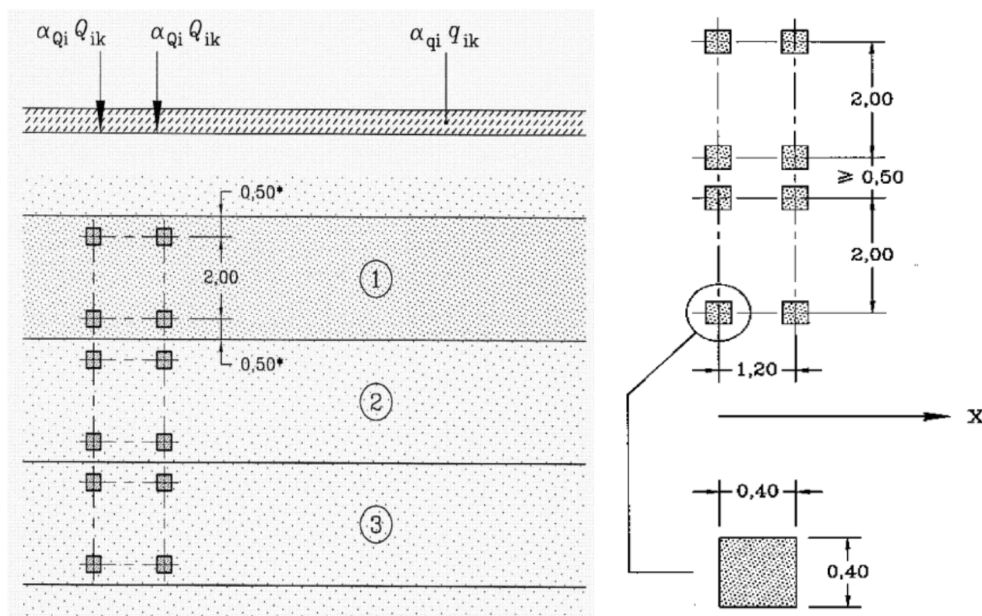
4.2.3 Zaťaženie cestnou dopravou (EC)

Zaťaženie cestnou dopravou je stanovené prostredníctvom normy STN EN 1991-2

4.2.3.1 Zaťažovací model 1 „LM1“

Tento zaťažovací model vyjadruje väčšinu účinkov prevádzky nákladných vozidiel a automobilov. Zaťažovací model sa skladá z dvoch čiastkových systémov:

- Sústredné zaťaženie od dvojnápravového vozidla TS (tandemový systém) " $\alpha_Q Q_k$ "
- Rovnomerné spojité zaťaženie UDL " $\alpha_Q q_k$ "

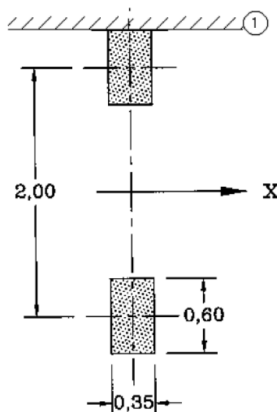


Pruh č. 1	$Q_{1k} = 300kN$; $q_{1k} = 9,0kN/m^2$; $\alpha_{Q1} = 0,9$; $\alpha_{q1} = 0,9$
Pruh č. 2	$Q_{2k} = 200kN$; $q_{1k} = 2,5kN/m^2$; $\alpha_{Q2} = 0,9$; $\alpha_{q2} = 1,0$
Pruh č. 3	$Q_{3k} = 100kN$; $q_{1k} = 2,5kN/m^2$; $\alpha_{Q3} = 0,9$; $\alpha_{q3} = 1,0$
Zvyšná plocha	$q_{rk} = 2,5kN/m^2$; $\alpha_{qr} = 1,0$

4.2.3.2 Zaťažovací model 2 „LM2“

Je to jednonápravové vozidlo pôsobiace cez stanovenú kontaktnú plochu pneumatiky a vozovky, zahrňujúce dynamické účinky bežnej dopravnej prevádzky na krátke konštrukčné prvky.

Národná príloha upravuje kontaktnú plochu na rozmery 0,40x0,40m.



Tiaž nápravy	$Q_{ak} = 400kN$; $\beta_Q = 1,0$
--------------------	------------------------------------

4.2.3.3 Zaťažovací model 4 „LM4“

Zaťaženie vyvolané pohybom davu ľudí. Model je určený len na všeobecné overenie konštrukcie.

Zaťažovací model je vyjadrený rovnomerným spojitým zaťažením zahrňujúcim dynamické prírastky rovným 5,0kN/m².

4.3 Zaťažovací model pre brehové podpory a prilahlé krídla mosta

4.3.1 Zvislé zaťaženia

Vozovka umiestnená za brehovými podperami, krídlami a ďalšími časťami mosta, ktoré sú v kontakte so základovou pôdou, musí byť zaťažená adekvátnymi zaťažovacími modelmi.

Použije sa zaťažovací model 1 (LM1), ale pre zjednodušenie zaťaženia od dvojnápravového vozidla bude nahradený ekvivalentným spojitým zaťažením „ q_{eq} “, pôsobiace na ploche obdĺžnika závisiacej od roznosu zaťaženia v zásype alebo zemine.

Predpokladá sa zásyp primerane konsolidovaný a preto sa uvažuje roznos zaťaženia pod uhlom 30° od zvislého smeru. Pri takejto hodnote uhla obdĺžniková plocha, na ktorej sa uvažuje pôsobenie zaťaženia „ q_{eq} “ má 3,0m šírku a 2,20m dĺžku.

Neuvažujú sa iné reprezentatívne hodnoty zaťažovacích modelov, len ich charakteristické hodnoty.

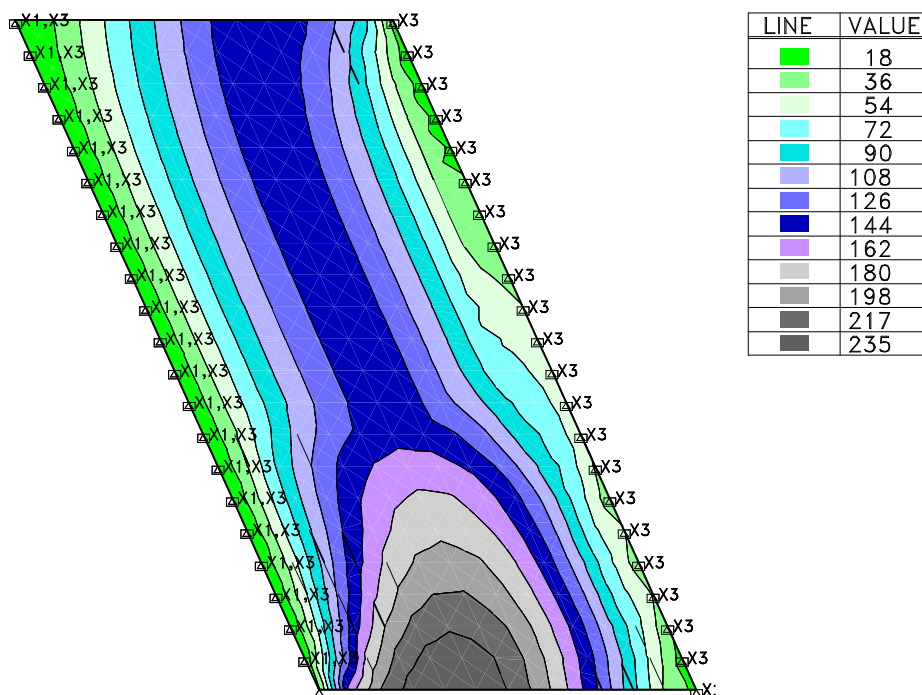
5 Nosná konštrukcia – pôvodný návrh

Pri parametroch pôvodnej mostovkovej dosky navrhutej tesne pred rokom vybudovania mosta (1955) na tomu obdobiu prislúchajúcemu zaťaženiu („ČSN 736202 Zatížení a statický výpočet mostu“ z roku 1953) vypočítame jej vystuženie. Keďže nie je známe aká betonárska výstuž bola použitá, pri výpočte počítame s výstužou B500B (rozhodujúca je sila vo výstuži).

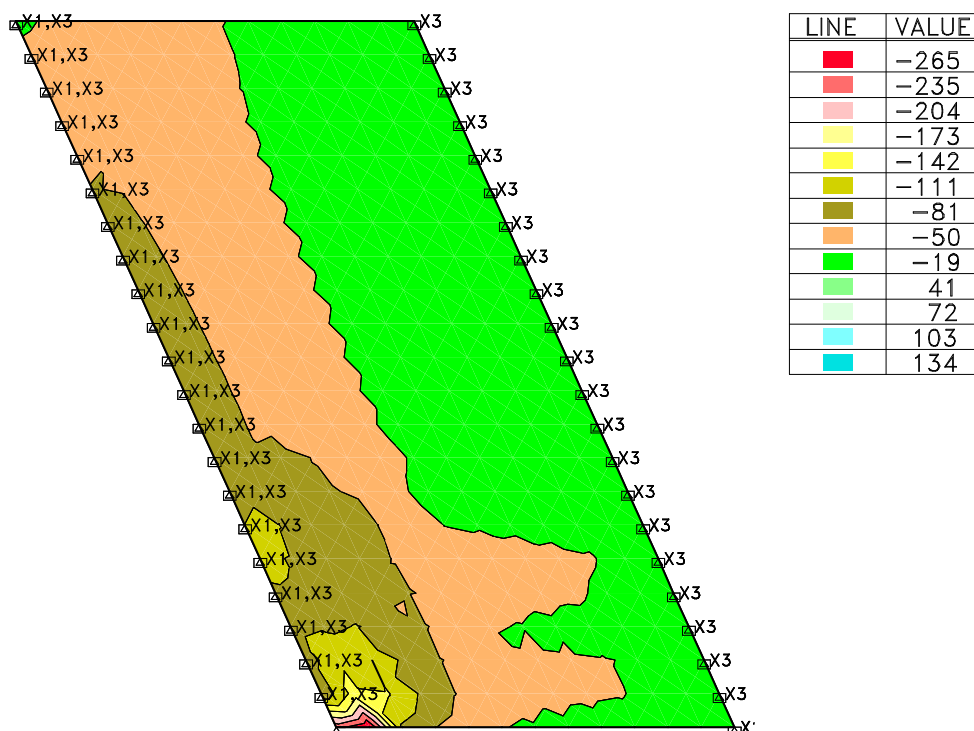
5.1 Priebehy vnútorných síl

5.1.1 Ohybové momenty

5.1.1.1 Ťah pri spodnom povrchu



5.1.2 Priechne sily



5.2 Pôvodné posúdenie mostovkovej dosky

ČISTÝ OHYB

Zadaj:

šírka $b = 1$ m
výška $h = 0,27$ m
Betón: 25/30
Výstuž: B500B
 $\sigma_{abd} = 14,5$
 $\sigma_{aad} = 280$
 $\sigma_{abht} = 0,7$

$n = 15$
 $a = 0,05$

Zat'azenie: Stále Pohyblivé

$M = 56$ kNm
 $T = 111$ kN
 $M_{max} = 161$ kNm
 $M_{min} = 0$ kNm
 $T_{max} = 0$ kN
 $T_{min} = 0$ kN

Dimenzačné veličiny:

Mmax	217 kNm	Tmax	111 kN
Mmin	56 kNm	Tmin	111 kN

Návrh výstuže:

Koeficienty kubickej rovnice:

Prierez 1

$a = 1$
 $b = -0,66$
 $c = -0,06975$
 $d = 0,015345$
 $h_o = 0,22$
 $x = 0,116$
 $f(x) = -1,62767E-05$

Potrebná výstuž:

Fa=	0,004281314	m ²
to jest:	42,81	cm ²
St.vystuženia	1,95	%

Výpočet na únavu

Ld=	5,9	m
Pomer napätí=	0,5	
Pomer ró=	0,41	
koef kró=	1,000	
Sigmaú=	280,00	MPa

Koeficienty kubickej rovnice:

Prierez 1

a=	1
b=	-0,66
c=	-0,043875
d=	0,0096525
x=	0,099

f(x)= 0,000139464

Potrebná výstuž:

Fa=	0,002673598	m ²
to jest:	26,74	cm ²
St.vystuženia	1,22	%

Rozhoduje: **Statické namáhanie**

Posúdenie prierezu

Výstuž	a[m]	Profil[mm]	Počet[ks]	Fa[m ²]
1.rad	0,040	25	8	0,00392699
2.rad	0,000	0	0	0
3.rad	0,000	0	0	0
Spolu:	0,040	ho=	0,230	0,00392699
x=	0,115926541	m	Wa=	0,00075146 m ³
Ji=	0,001285825	m ⁴	Wb=	0,01109173 m ³

Sigma a=	288,77	MPa	>	280,00	MPa
Sigma aú=	181,65	MPa	<=	280,00	MPa
Sigma b=	19,56	MPa	>	14,50	MPa
Stupeň vyst.=	1,71	%	>=	0,18	%

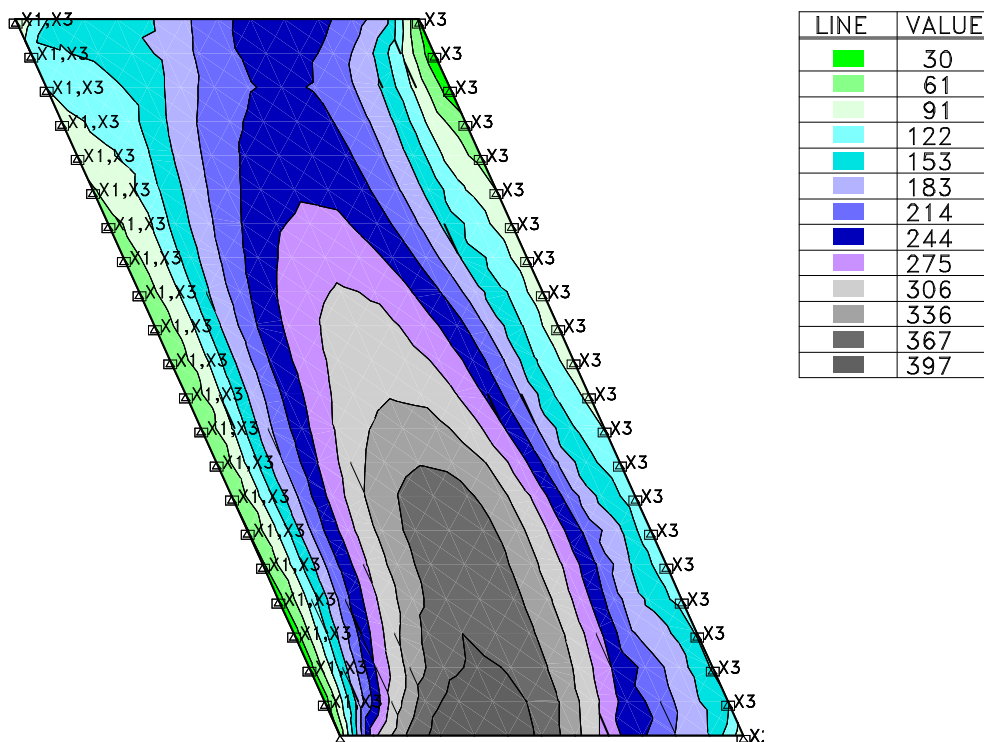
Z uvedeného vyplýva, že pri pôvodnom návrhu vystuženie mostovkovej dosky pri jej spodnom povrchu zodpovedalo vystuženiu 8Ø25(B500B).

6 Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie mosta

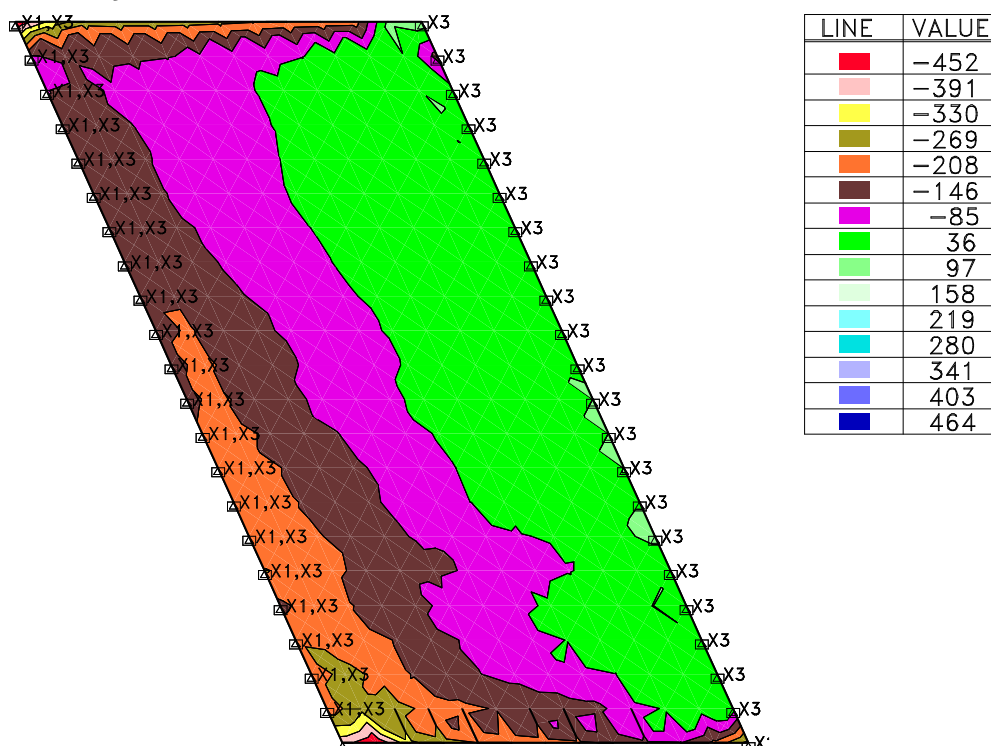
Navrhujeme vybudovanie železobetónovej (C30/37) spriahajúcej dosky minimálnej hrúbky 250mm.

6.1 Priebehy vnútorných síl (návrhové hodnoty)

6.1.1 Ohybové momenty



6.1.2 Priečne sily



6.2 Posúdenie mostovkovej dosky

6.2.1 Ohyb

Všeobecné parametre:

Návrhová situácia:	trvalá
Typ konštrukcie:	most
Druh betónu:	železobetón
Tvar prierezu:	obdĺžnik
Posúdenie MSU:	jednoduchý ohyb (My)
Posúdenie MSP:	áno
Trieda betónu:	C30/37
Druh použitého cementu:	normálny
Minimálny vek betónu:	28dni
Trieda betonárskej výstuže:	B500B
Šírka prierezu (tlačená zóna):	b= 1m
Šírka prierezu (ťahaná zóna):	b _t = 1m
Výška prierezu:	h= 0,52m
Návrhová hodnota ohybového momentu:	M _{Ed} = 397kNm
Charakteristická hodnota ohybového momentu:	M _{Ek} = 294kNm
Kvázi-stála hodnota ohybového momentu:	M _{Eqp} = 88kNm
Limitná hodnota šírky trhlín	w _{k,lim} = 0,3 mm

Betón:

koeficient veku betónu (STN EN 1992-1,2; 3.1.2(3.2)):	β _{cc} (t)= 1,00
stredná hodnota valcovej pevnosti v tlaku (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	f _{cm} (t)= 38MPa
charakter. pevnosť betónu v tlaku (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	f _{ck} (t)= 30MPa
stredná hodnota pevnosti v centr. ťahu (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	f _{ctm} (t)= 2,9MPa
modul pružnosti (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	E _{cm} (t)= 33GPa
koeficient (STN EN 1992-1,2; 3.1.6):	α _{cc} = 0,85
koeficient (STN EN 1992-1,2; 3.1.6):	α _{ct} = 1,00
koeficient druhu cementu (STN EN 1992-1,2; 3.1.2(6)):	s= 0,25
parc. súčiniteľ spoľahl. betónu (STN EN 1992-1,2; 2.4.2.4(TAB 2.1N)):	γ _c = 1,5
návrhová pevnosť betónu v tlaku (STN EN 1992-1,2; 3.1.6(3.15)):	f _{cd} (t)= 17MPa

Betonárska výstuž:

charakteristická medza klzu bet. výstuže:	f _{yk} = 500MPa
parciálny súčiniteľ bet. výstuže (STN EN 1992-1,2; 2.4.2.4(TAB 2.1N)):	γ _s = 1,15
návrhová medza klzu bet. výstuže:	f _{yd} = 434,8MPa
modul pružnosti bet. výstuže (STN EN 1992-1,2; 3.2.7(4)):	E _s = 200MPa

Plocha výstuže a stupeň vystuženia

profil ťahanej výstuže:	Ø _{st} = 25 mm
počet ks ťahanej výstuže:	n _{st} = 8 ks
krytie ťahanej výstuže:	c _{nom,st} = 50 mm

profil tlačenej výstuže:	$\varnothing_{sc} = 8 \text{ mm}$
počet ks tlačenej výstuže:	$n_{sc} = 6,6 \text{ ks}$
krytie tlačenej výstuže:	$c_{nom,sc} = 50 \text{ mm}$
minimálny stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st,min} = 0,0015$
minimálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,min} = 689 \text{ mm}^2$
maximálny stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st,max} = 0,0193$
maximálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,max} = 8820 \text{ mm}^2$
stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st} = 0,0086$
skutočná plocha ťahovej výstuže:	$A_{st} = 3927 \text{ mm}^2$
celkový stupeň vystuženia (ťahová+tlaková výstuž):	$\rho_s = 0,0076$
celková skutočná plocha výstuže:	$A_s = 4259 \text{ mm}^2$

Posúdenia MSÚ (ULS)

Posúdenie plochy ťahanej výstuže

podmienka posúdenia:	$A_{st,min}$	\leq	A_{st}	\leq	$A_{st,max}$
podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.1.1):	689	<	3927	<	8820

VYHOVUJE

Posúdenie stupňa vystuženia (ťahaná výstuž)

podmienka posúdenia:	$\rho_{st,min}$	\leq	ρ_{st}	\leq	$\rho_{st,max}$
podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.1.1):	0,0015	<	0,0086	<	0,0193

VYHOVUJE

Posúdenie celkovej plochy výstuže

podmienka posúdenia:	$A_{s,min}$	\leq	A_s	\leq	$A_{s,max}$
podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.1.1):	689	<	4259	<	20800

VYHOVUJE

Posúdenie polohy neutrálnej osi

podmienka posúdenia	x	\leq	x_{lim}
	0,117m	<	0,282m

VYHOVUJE

Posúdenie momentovej odolnosti (MSU(ULS))

moment odolnosti:	$M_{Rd} = 704 \text{ kNm}$
podmienka posúdenia:	$M_{Rd} \geq M_{Ed}$
	$704 \text{ kNm} > 397 \text{ kNm}$

VYHOVUJE

Posúdenia MSP (SLS)

ohybový moment na medzi vzniku trhlin:	$M_{cr} = 146 \text{ kNm}$
--	----------------------------

Posúdenie vzniku trhlin (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:	$M_{cr} \geq M_{Ek}$
	$146 \text{ kNm} < 294 \text{ kNm}$

PRIEREZ S TRHLINAMI-NUTNÁ VÝSTUŽ

napätie v betonárskej výstuži pre výpočet šírky trhliny:

$$\sigma_{st,qp} = 54 \text{ MPa}$$

max. vzdialenosť susedných trhlín (STN EN 1992-1,2; 7.3.4(7.11)):

$$s_{r,max} = 313 \text{ mm}$$

šírka trhliny (STN EN 1992-1,2; 7.3.4(7.8)):

$$w_k = 0,051 \text{ mm}$$

Posúdenie šírky povrchovej trhliny (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$w_k \leq w_{k,lim}$$

$$0,051 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Posúdenie maximálneho tlakového napätia v betóne (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$\sigma_{cc} \geq 0,6 \cdot f_{ck}$$

$$-11,17 \text{ MPa} < -18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posúdenie maximálneho ťahového napätia v ťahanej výstuži (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$\sigma_{st,max} \leq 0,8 \cdot f_{yk}$$

$$180,1 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posúdenie maximálneho tlakového napätia v tlačenej výstuži (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$\sigma_{sc,max} \geq 0,8 \cdot f_{yk}$$

$$-38,4 \text{ MPa} < -400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

6.2.2 Šmyk

Všeobecné parametre:

Návrhová situácia:	trvalá
Typ konštrukcie:	most
Druh betónu:	železobetón
Tvar prierezu:	obdĺžnik
Posúdenie MSU:	šmyk (Vz)
Posúdenie MSP:	áno
Trieda betónu:	C30/37
Druh použitého cementu:	normálny
Minimálny vek betónu:	28dni
Trieda betonárskej výstuže:	B500B
Šírka prierezu pre šmyk:	$b_w = 1 \text{ m}$
Výška prierezu:	$h = 0,52 \text{ m}$
Návrhová hodnota šmykovej sily:	$V_{Ed} = 269 \text{ kN}$

Betón:

koeficient veku betónu (STN EN 1992-1,2; 3.1.2(3.2))	$b_{cc}(t) = 1,00$
charakter. pevnosť betónu v tlaku (3.1.2(5)):	$f_{ck}(t) = 30 \text{ MPa}$
koeficient (3.1.6):	$\alpha_{cc} = 0,85$
koeficient (3.1.6):	$\alpha_{ct} = 1,00$
koeficient druhu cementu (3.1.2(6))	$s = 0,25$
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti betónu (2.4.2.4(TAB 2.1N)):	$\gamma_c = 1,5$
návrhová pevnosť betónu v tlaku (3.1.6(3.15)):	$f_{cd}(t) = 17 \text{ MPa}$

Betonárska výstuž:

charakteristická medza klzu betonárskej výstuže:	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
parciálny súčiniteľ betonárskej výstuže (2.4.2.4(TAB 2.1N)):	$\gamma_s = 1,15$
návrhová medza klzu šmykovej betonárskej výstuže:	$f_{yd} = 434,8 \text{ MPa}$

Parametre šmykového vystuženia

profil šmykovej výstuže	$\varnothing_{sw} = 0 \text{ mm}$
počet strihov šmykovej výstuže	$n_{sw} = 0 \text{ ks}$
vzdialenosť šmykovej výstuže	$s_{sw} = 0 \text{ mm}$
odklon šmykovej výstuže od osi prvku:	$\alpha_{sw} = 90 \text{ st}$
sklon tlakovej diagonály:	$\theta = 40 \text{ st}$
normálové napätie v prvku (tlak +):	$\sigma_{cp} = 0 \text{ MPa}$

Šmyková odolnosť prvku bez šmykovej výstuže (MSU(ULS))

návrhová hodnota šmykovej odolnosti prvku bez šmykovej výstuže:	$V_{Rd,c}(t) = 269,3 \text{ MPa}$
STN EN 1992-1,2;6.2.2(6.2.a;6.2.b)	

Posúdenie šmykovej odolnosti prvku bez šmykovej výstuže (MSU(ULS))

Podmienka posúdenia:	$V_{Rd,c}(t) \geq V_{Ed}$
	$269,3 \text{ kN} > 269 \text{ kN}$

POSTAČUJE MIN. ŠMYKOVÁ VÝSTUŽ

6.2.3 Návrh a posúdenie spriahnutia

Vstupné dáta - pôvodná konštrukcia

Materiál

Betón	C 20/25		Oceľ	B500B
$f_{ck} =$	20,0 MPa	$\alpha_{cc} =$	$f_{yk} =$	500,0 MPa
$f_{ctk,0.05} =$	1,5 MPa		$\gamma_M =$	1,15
$\gamma_C =$	1,5		$f_{yd} =$	434,8 MPa
$f_{cd} =$	11,333 MPa			
$f_{ctd} =$	1,0 MPa			
$E_{cs} =$	30000,0 MPa			

Geometria

$H_s =$	270,0 mm	- výška prierezu
$A_{si} =$	0,27 m ²	- plocha prierezu pôvodnej konštrukcie
$I_{si} =$	0,00164 m ⁴	- moment zotrvačnosti prierezu pôvodnej konštrukcie
$t_{si} =$	135,0 mm	- poloha ťažiska prierezu pôvodnej konštrukcie od spodnej hrany
$L =$	5,9 m	- rozpätie nosníka

Vstupné dáta - spriahujúca doska

Materiál

Betón	C 30/37	
$f_{ck} =$	30,0 MPa	$\alpha_{cc} =$ 0,85
$f_{ctk,0.05} =$	2,0 MPa	
$\gamma_C =$	1,5	
$f_{cd} =$	17,0 MPa	
$f_{ctd} =$	1,333 MPa	
$E_{cn} =$	33000,0 MPa	
$\varphi(t, t_0) =$	2,1111	
$\psi_L =$	0,5	
$E_{c,eff} =$	16054 MPa	

Geometria

Spolupôsobiaci šírka dosky:

$H_n =$	250,0 mm	$L_0 =$	5,9 m
$H_{nc} =$	53,0 mm		
$b_2 =$	500,0 mm	$b_{e1} =$	500,0 mm
$b_{2k} =$	500,0 mm	$b_{e2} =$	500,0 mm
$b_{eff} =$	1000,0 mm	- spolupôsobiaci šírka dosky	
$A_{ni} =$	0,25 m ²	- plocha prierezu spriahujúcej dosky	
$A_{nic} =$	0,053 m ²	- plocha tlačenej časti prierezu spriahujúcej dosky na medzi únosnosti	
$I_{ni} =$	1,3021E-03 m ⁴	- moment zotrvačnosti prierezu spriahujúcej dosky	
$t_{si} =$	125,0 mm	- poloha ťažiska prierezu spriahujúcej dosky od spodnej hrany dosky	

Vstupné dáta - spriahnutá konštrukcia

Geometria

$H =$	520 mm	- výška ideálneho prierezu
$A_i =$	0,52 m ²	- plocha ideálneho prierezu
$y_{hi} =$	260,0 mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od hornej hrany
$y_{di} =$	260,0 mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od spodnej hrany
$r_s =$	125, mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od ťažiska pôvodného prierezu
$r_n =$	135, mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od ťažiska spr. dosky
$I_i =$	1,1717E-02 m ⁴	- moment zotrvačnosti ideálneho prierezu
$S_{ci} =$	3,3750E-02 m ⁴	- statický moment plochy spriahujúcej dosky

Šmyková sila od zmraštenia nového betónu

$u =$	270 mm	- obvod dosky vystavený vysychaniu
$h_0 =$	1852 mm	- náhradná výška priečneho rezu dosky
$k_n =$	0,7	$\epsilon_{cd,0} =$ 0,00032
$\epsilon_{cd,\infty} =$	0,00022	- konečné pomerné pretvorenie z vysychania
$t =$	36500,0 dni	- vek betónu v uvažovanom čase
$t_s =$	7,0 dni	- vek betónu na začiatku zmrašťovania
$\beta_{ds}(t, t_s) =$	0,91967	- pomerné pretvorenie z vysychania v uvažovanom čase

$\epsilon_{cd}(t) =$	0,00021	
$\epsilon_{ca,\infty} =$	0,00005	- pomerné pretvorenie od autogenného zmrašťovania
$\beta_{as}(t) =$	1	
$\epsilon_{ca}(t) =$	0,00005	
$\epsilon_{cs} =$	0,00026	- celkové pomerné pretvorenie od zmrašťovania
$\sigma_{sr} =$	4,11 MPa	- ťahové napätie od zmrašťovania
$N_{sr} =$	1027,48 kN	- ťahová sila od zmrašťovania
$M_{sr} =$	138,71 kNm	- ohybový moment od zmrašťovania
$\sigma_{sr,d} =$	0,54 MPa	- výsledné napätie v doske
$F_{sr} =$	133,96 kN	- výslednica napätia od zmrašťovania v doske na jednotku dĺžky
$\gamma_g =$	<input type="text" value="1"/>	- súčiniteľ zaťaženia
$F_{srd} =$	133,96 kN	- návrhová výslednica napätia od zmrašť. v doske na jednotku dĺžky

Šmyková sila od vnútorného zaťaženia

Návrhová zvislá šmyková sila

$T_{ed1} =$	<input type="text" value="238,0 kN"/>	- šmyková sila pre úsek 0 - 0.25xL
$T_{ed2} =$	<input type="text" value="176,0 kN"/>	- šmyková sila pre úsek 0.25xL - 0.5xL

Šmyková sila medzi doskou a pôvodným prierezom

$V_{Ed1} =$	508,547 kN/m	- pozdĺžna šmyková sila na jednotku dĺžky pre úsek 0 - 0.25xL
$V_{Ed2} =$	376,068 kN/m	- pozdĺžna šmyková sila na jednotku dĺžky pre úsek 0.25xL - 0.5xL
$V_{Ed1} =$	642,506 kN/m	- celkový šmykový tok na úseku dĺžky 0 - 0.25xL
$V_{Ed2} =$	510,027 kN/m	- celkový šmykový tok na úseku dĺžky 0.25xL - 0.5xL

Šmykové spojenie

Šmyková únosnosť nevystuženého styku

Povrch	<input type="text" value="hladký"/>	
$c =$	0,35	- súčiniteľ drsnosti nevystuženej plochy
$\mu =$	0,6	
$b_l =$	<input type="text" value="1,0 m"/>	- šírka stykovej plochy
$f_{cd} =$	17,0 MPa	
$f_{ctd} =$	1,0 MPa	
$\alpha =$	<input type="text" value="90,0 °"/>	- sklon šmykovej výstuže v pozdĺžnom smere
$V_{jcu} =$	350,0 kN/m	- šmyková únosnosť nevystuženého styku na jednotku dĺžky
$V_{jcu} =$	350,0 kN/m	$<$ $V_{Ed1} =$ 642,51 kN/m je potrebné navrhnuť spriahovacie trne
$V_{jcu} =$	350,0 kN/m	$<$ $V_{Ed2} =$ 510,03 kN/m je potrebné navrhnuť spriahovacie trne

Šmyková únosnosť vystuženého styku - úsek 0 - 0.25L

$n =$	<input type="text" value="3,3"/>	- počet trňov v priečnom smere
$\phi =$	<input type="text" value="12"/>	- priemer trňa
$A_s =$	373,221 mm ²	- plocha trňov v priečnom reze

$s =$	300 mm	- osová vzdialenosť trŕňov v pozdĺžnom smere
$\rho =$	1,2441E-03	- stupeň vystuženia
$v =$	0,528	- redukčný súčiniteľ pevnosti
$V_{jsu1} =$	324,54 kN/m	- hmoždinková únosnosť šmykovej výstuže
$V_{Rdl1} =$	674,54 kN/m	- návrhová šmyková odolnosť na stykovej ploche
V_{Ed1}	\leq	V_{Rdl1}
642,51 kN/m	\leq	674,54 kN/m

Prvky spriahnutia vyhovujú

Šmyková únosnosť vystuženého styku - úsek 0.25L - 0.5L

$n =$	3,3	- počet trŕňov v priečnom smere
$\varnothing =$	12	- priemer trŕňa
$A_s =$	373,221 mm ²	- plocha trŕňov v priečnom reze
$s =$	500 mm	- osová vzdialenosť trŕňov v pozdĺžnom smere
$\rho =$	7,4644E-04	- stupeň vystuženia
$v =$	0,528	- redukčný súčiniteľ pevnosti
$V_{jsu2} =$	194,72 kN/m	- hmoždinková únosnosť šmykovej výstuže
$V_{Rdl2} =$	544,72 kN/m	- návrhová šmyková odolnosť na stykovej ploche
V_{Ed2}	\leq	V_{Rdl2}
510,03 kN/m	\leq	544,72 kN/m

Prvky spriahnutia vyhovujú

Medzný stav únosnosti

Potrebný počet spriahovacích prvkov - priečna sila

0 - 0.25xL	1,475 m	- dĺžka úseku 0 - 0.25xL
$n =$	3,3	- počet vetiev
$s =$	300,0 mm	- vzdialenosť medzi trŕňami v pozdĺžnom smere
0.25xL - 0.5xL	1,475 m	- dĺžka úseku 0.25xL - 0.5L
$n =$	3,3	- počet vetiev
$s =$	500,0 mm	- vzdialenosť medzi slučkami v pozdĺžnom smere

Medzný stav únosnosti

Únosnosť kotevnej slučky

$l_s =$	70,0 mm	- účinná dĺžka slučky
$d_s =$	12,0 mm	- priemer slučky
$A_s =$	0,000113 m ²	- prierezová plocha vetvy slučky
$\alpha =$	90 °	- uhol medzi slučkou a rovinou prírubby nosníka
$\beta =$	0 °	- uhol vo vodorovnej rovine medzi kotevným prútom a pozdĺžnou osou nosníka

$d = 12,0 \text{ mm}$	- priemer slučky
$h_k = 80,0 \text{ mm}$	- hĺbka kotvenia trňa
$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$	- char. medza kĺzu kotevného trňa
$\gamma_M = 1,15$	- parciálny súčiniteľ materiálu trňa
$\gamma_v = 1,25$	- parciálny súčiniteľ spoľahlivosti
$P_{rd,1} = 34,77 \text{ kN}$	- únosnosť trňa slučky
$P_{rd,2} = 39,679 \text{ kN}$	- únosnosť slučky - porušenie betónu pôvodnej konštrukcie
$P_{rd,3} = 45,429 \text{ kN}$	- únosnosť slučky - porušenie betónu spriahujúcej dosky
$P_{rd} = 34,77 \text{ kN}$	- rozhodujúca únosnosť trňa

Podmienka spoľahlivosti

$V_c = 901,0 \text{ kN}$	- návrhová pozdĺžna sila pripadajúca na trne
$p = 8$	- počet medzier
$m = 9$	- celkový počet trňov v pozdĺžnom smere
$n = 3,3$	- počet vetiev
$P_{rd} = 1032,7 \text{ kN}$	- návrhová odolnosť všetkých trňov

Podmienka spoľahlivosti

V_c	\leq	P_{rd}
901,0 kN	\leq	1032,7 kN

Prvky spriahnutia vyhovujú

Spriahnutie pôvodnej mostovkovej dosky so spriahajúcou doskou bude zabezpečené kotevnými trňmi Ø12mm z betonárskej výstuže B500B. Trne budú vlepované do dier Ø16mm vyvŕtaných v pôvodnej mostovke. Hĺbka vlepovania je minimálne 100mm. Výška prečnievajúcej časti trňov min. 80mm. Trne budú rozmiestnené nasledovne:

- V úsekoch 0-1/4L (L je dĺžka nosnej konštrukcie) a 3/4L-L budú trne rozmiestňované v rastrí 300x300mm
- V úseku 1/4L-3/4L v rastrí 300x500mm

7 Záver statického výpočtu

Statickým výpočtom bola overená celková konštrukcia predmetného mostného objektu.

Všetky prvky konštrukcie boli navrhnuté a posúdené podľa platných STN a STN EN. Navrhnutá konštrukcia je stabilná a vyhovuje pre najnepriaznivejšiu kombináciu vnútorných síl.

Statickým posudkom bolo preukázané splnenie základnej požiadavky na stavby – mechanickej odolnosti a stability stavby v zmysle § 43d ods. 1. písm. a) Zákona č.50/1976 Zb. v znení neskorších predpisov (Stavebný zákon) a sú splnené podmienky spoľahlivosti (t.j. bezpečnosti, použiteľnosti a trvanlivosti) stavby.

V Prešove, november 2018

Vypracoval: Ing. Martin Rusín