

 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:	226-00 Most ev.č.591-032	MIERKA:	Č. PRÍLOHY:
PRÍLOHA:	STATICKÝ VÝPOČET		8

OBSAH :

OBSAH :	1
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 (1945)	5
4.2.3 Zaťaženie cestnou dopravou (EC)	5
4.3 Zaťažovací model pre brehové podpory a príslušné krídla mosta	6
4.3.1 Zvislé zaťaženia	6
5 Nosná konštrukcia – pôvodný návrh	7
5.1 Priebehy vnútorných síl	7
5.1.1 Ohybové momenty	7
5.1.2 Priečne sily	7
5.2 Pôvodné posúdenie mostovkovej dosky	8
6 Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie mosta	9
6.1 Priebehy vnútorných síl (návrhové hodnoty)	9
6.1.1 Ohybové momenty	9
6.1.2 Priečne sily	10
6.2 Posúdenie mostovkovej dosky	10
6.2.1 Ohyb	10
6.2.2 Šmyk	12
6.2.3 Návrh a posúdenie spriahnutia	13
7 Záver statického výpočtu	18

1 Úvod

1.1 Popis mosta

Mostný objekt 591-032 sa nachádza na ceste II/591 v obci Dolná Strehová.

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

Zabezpečenie požadovanej mechanickej odolnosti nosnej konštrukcie zaistíme vybudovaním spriahajúcej dosky (C30/37) priemernej hrúbky 350mm.

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)

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

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 : $\Delta T_{M,cool} = -8,0^{\circ}\text{C}$

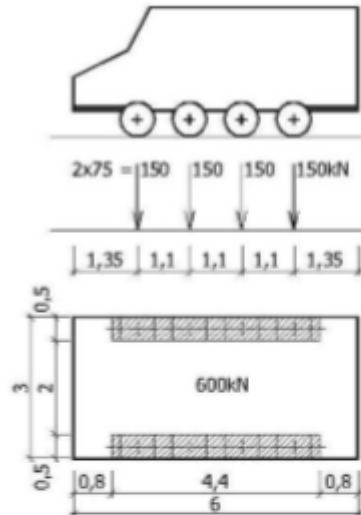
4.2.2 Zaťaženie cestnou dopravou (1945)

5 ZATÍMNÍ SMĚRNICE PRO STAVBY MOSTŮ Z ROKU 1945

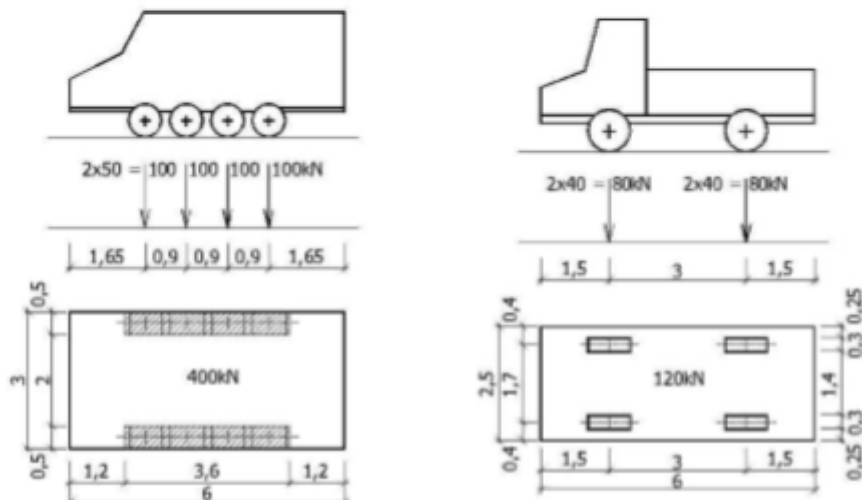
Nahodilé zaťaženie zaťažovacej triedy A.

Alternativy :

- 1) Vozidlo 600kN a
rovnomerné zaťaženie 5kNm^{-2} na
chodníkoch širších než 0,5m.



- 2) Vozidlo 400kN a nákladní automobil 120kN – jeden v každom jazdnom pruhu
šírky 2,5m a rovnomerné zaťaženie 5kNm^{-2} zbývajúcej plochy vozovky a chodníkov
väčšie než 0,5m.



- 3) Pro dálniční mosty – shluk nákladních automobilů 120kN (vedle sebe i za sebou –
nejvíce 3 řady pro každý dopravní směr.

Dynamický součinitel se uvažuje dle předpisu z roku 1937.

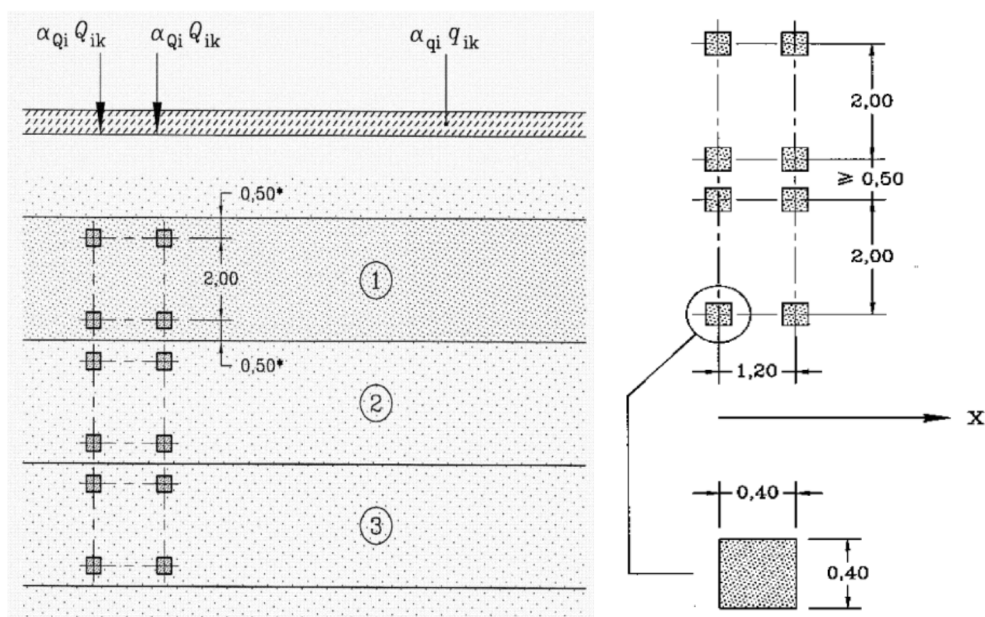
4.2.3 Zaťaženie cestnou dopravou (EC)

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 spojitě zaťaženie UDL " $\alpha_Q q_k$ "

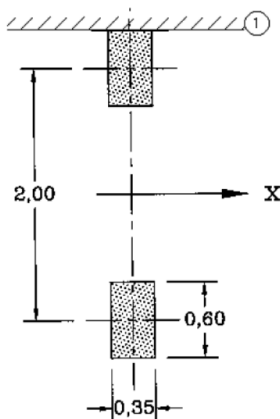


Pruh č. 1	$Q_{1k} = 300\text{kN}$; $q_{1k} = 9,0\text{kN/m}^2$; $\alpha_{Q1} = 0,9$; $\alpha_{q1} = 0,9$
Pruh č. 2	$Q_{2k} = 200\text{kN}$; $q_{1k} = 2,5\text{kN/m}^2$; $\alpha_{Q2} = 0,9$; $\alpha_{q2} = 1,0$
Pruh č. 3	$Q_{3k} = 100\text{kN}$; $q_{1k} = 2,5\text{kN/m}^2$; $\alpha_{Q3} = 0,9$; $\alpha_{q3}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

4.2.3.2 Zaťažovací model 2 „LM2“

Je to jedonápravové 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	$Q_{ak} = 400\text{kN}$; $\beta_Q = 1,0$
--------------------	---

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 brehovú podpery a príhlé 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} “, pôsobiacim 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.

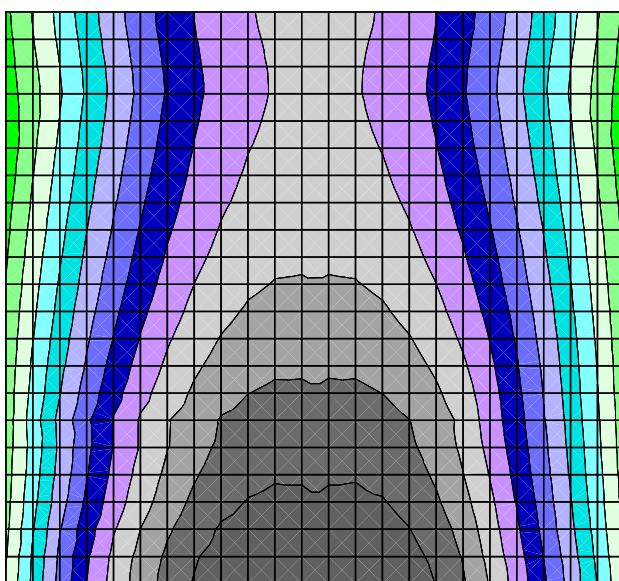
5 Nosná konštrukcia – pôvodný návrh

Pri parametroch pôvodnej mostovkovej dosky navrhnuť tesne pred rokom vybudovania mosta (1949) na tomu období prislúchajúcemu zaťaženiu („Zatímní smernice pro stavby mostu“ z roku 1945) vypočítame jej vystuženie. Keďže nie je známe aká betónárska výstuž bola použitá, pri výpočte počítame s výstužou B500B (rozhodujúca je sila vo výstuži).

5.1 Priebehy vnútorných síl

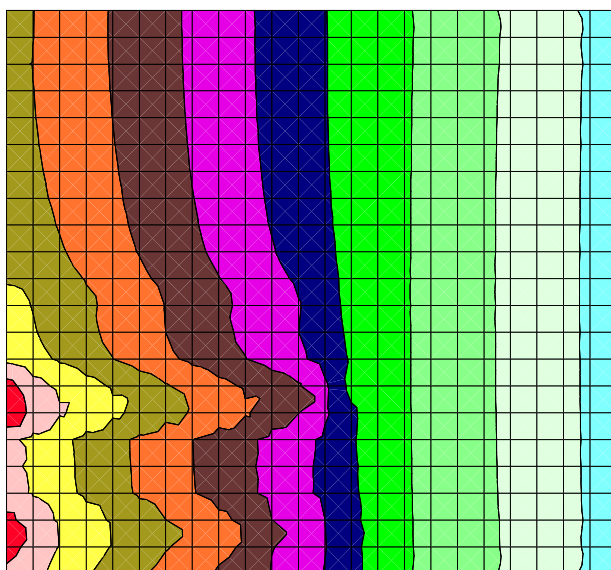
5.1.1 Ohybové momenty

5.1.1.1 Ťah pri spodnom povrchu



LINE	VALUE
50	50
99	99
148	148
197	197
246	246
295	295
344	344
392	392
441	441
490	490
539	539
588	588
637	637

5.1.2 Priečne sily



LINE	VALUE
-254	-254
-221	-221
-189	-189
-157	-157
-124	-124
-92	-92
-59	-59
-27	-27
37	37
69	69
102	102
134	134
167	167

5.2 Pôvodné posúdenie mostovkovej dosky

ČISTÝ OHYB

Zadaj:

šírka b=	1	m	n=	15
výška h=	0,7	m	a=	0,05
Betón:	20/25	sigmabd=	12	
Výstuž:	B500B	sigmaad=	280	koeficient zaťaženia:
		sigmabht=	0,65	1
Zaťaženie:	Stále	Pohyblivé	(1,0 ; 1,15 ; 1,22 ; 1,4)	
		<i>max</i>	<i>min</i>	
M=	345	kNm	243	0 kNm
T=	189	kN		0 kN

Dimenzačné veličiny:

Mmax	588 kNm	Tmax	189 kN
Mmin	345 kNm	Tmin	189 kN

Návrh výstuže:

Koeficienty kubickej rovnice:

Prierez 1

a=	1
b=	-1,95
c=	-0,189
d=	0,12285
ho=	0,65
x=	0,217
f(x)=	0,0002712

Potrebná výstuž:

Fa=	0,003623176	m ²
to jest:	36,23	cm ²
St.vystuženia	0,56	%

Výpočet na únavu

Ld=	11,5	m
Pomer napätí=	0,5	
Pomer ró=	0,74	
koef kró=	1,000	
Sigmaú=	280,00	MPa
Koeficienty kubickej rovnice:		
Prierez 1		
a=	1	
b=	-1,95	
c=	-0,149946429	
d=	0,097465179	
x=	0,196	
f(x)=	0,000697604	

Potrebná výstuž:

Fa=	0,002820401	m ²
to jest:	28,20	cm ²
St.vystuženia	0,43	%

Rozhoduje: Statické namáhanie

Posúdenie prierezu

Výstuž	a[m]	Profil[mm]	Počet[ks]	Fa[m2]
1.rad	0,040	22	10	0,00380133
2.rad	0,000	0	0	0
3.rad	0,000	0	0	0
Spolu:	0,040	ho=	0,660	0,00380133
x=	0,223189919	m	Wa=	0,00222607 m3
Ji=	0,014585547	m4	Wb=	0,06535038 m3
Sigma a=	264,14	MPa	<=	280,00 MPa
Sigma aú=	209,56	MPa	<=	280,00 MPa
Sigma b=	9,00	MPa	<=	12,00 MPa
Stupeň vyst.=	0,58	%	<	? %

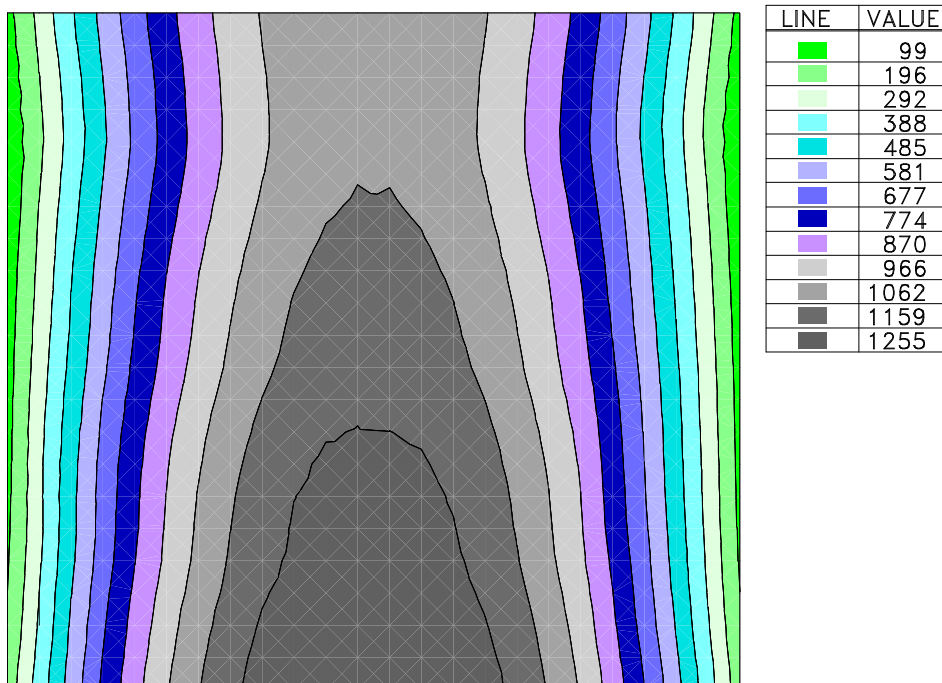
Z uvedeného vyplýva, že pri pôvodnom návrhu vystuženie mostovkovej dosky pri jej spodnom povrch zodpovedalo vystuženiu 10Ø22(B500B).

6 Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie mosta

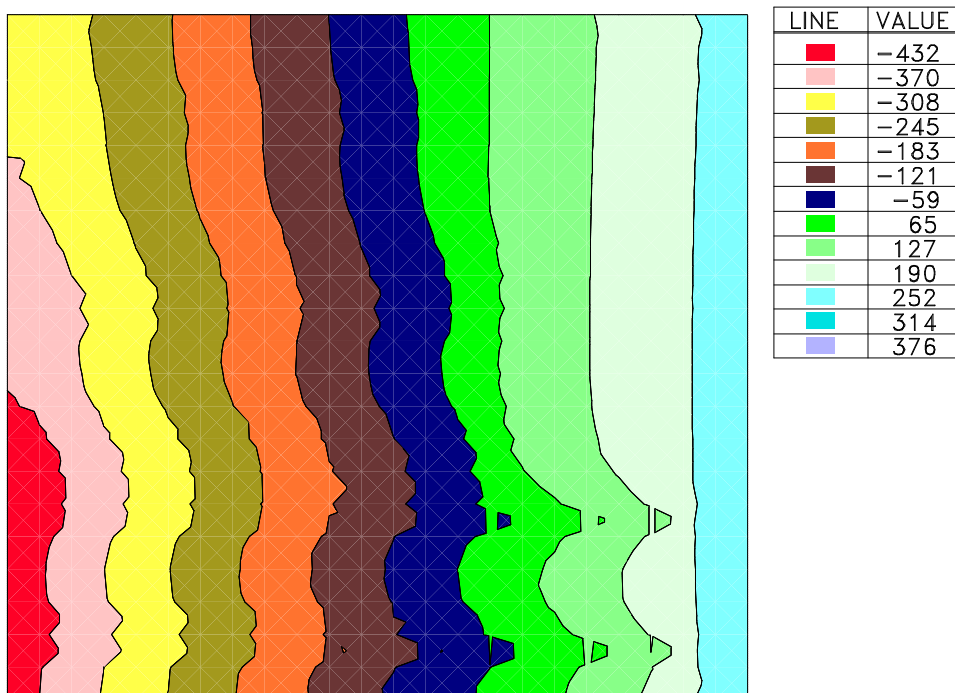
Navrhujeme vybudovanie železobetónovej (C30/37) spriahajúcej dosky priemernej hrúbky 350mm. .

6.1 Priebehy vnútorných síl (návrhové hodnoty)

6.1.1 Ohybové momenty



6.1.2 Priéčne 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:	C35/45
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= 1,05m
Návrhová hodnota ohybového momentu:	M _{Ed} = 1255kNm
Charakteristická hodnota ohybového momentu:	M _{Ek} = 930kNm
Kvázi-stála hodnota ohybového momentu:	M _{Eqp} = 523kNm
Limitná hodnota šírky trhlín	w _{k,lim} = 0,3 mm

Betón:

koeficient veku betónu (STN EN 1992-1,2; 3.1.2(3.2)):	$\beta_{cc}(t)= 1,00$
stredná hodnota valcovej pevnosti v tlaku (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	$f_{cm}(t)= 43\text{MPa}$
charakter. pevnosť betónu v tlaku (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	$f_{ck}(t)= 35\text{MPa}$

stredná hodnota pevnosti v centr. ťahu (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	$f_{ctm}(t) = 3,2 \text{ MPa}$
modul pružnosti (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	$E_{cm}(t) = 34 \text{ GPa}$
koeficient (STN EN 1992-1,2; 3.1.6):	$\alpha_{cc} = 0,85$
koeficient (STN EN 1992-1,2; 3.1.6):	$\alpha_{ct} = 1,00$
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)):	$\gamma_c = 1,5$
návrhová pevnosť betónu v tlaku (STN EN 1992-1,2; 3.1.6(3.15)):	$f_{cd}(t) = 19,8 \text{ MPa}$

Betonárska výstuž:

charakteristická medza klzu bet. výstuže:	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
parciálny súčiniteľ bet. výstuže (STN EN 1992-1,2; 2.4.2.4(TAB 2.1N)):	$\gamma_s = 1,15$
návrhová medza klzu bet. výstuže:	$f_{yd} = 434,8 \text{ MPa}$
modul pružnosti bet. výstuže (STN EN 1992-1,2; 3.2.7(4)):	$E_s = 200 \text{ MPa}$

Plocha výstuže a stupeň vystuženia

profil ťahanej výstuže:	$\varnothing_{st} = 22 \text{ mm}$
počet ks ťahanej výstuže:	$n_{st} = 9 \text{ ks}$
krytie ťahanej výstuže:	$C_{nom,st} = 50 \text{ mm}$
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:	$\rho_{st,min} = 0,0017$
minimálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,min} = 1645 \text{ mm}^2$
maximálny stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st,max} = 0,0225$
maximálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,max} = 22260 \text{ mm}^2$
stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st} = 0,0035$
skutočná plocha ťahovej výstuže:	$A_{st} = 3421 \text{ mm}^2$
celkový stupeň vystuženia (ťahová+tlaková výstuž):	$\rho_s = 0,0033$
celková skutočná plocha výstuže:	$A_s = 3753 \text{ mm}^2$

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):	1645	<	3421	<	22260

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):	0,0017	<	0,0035	<	0,0225

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):	1645	<	3753	<	42000

VYHOVUJE

Posúdenie polohy neutrálnej osi

podmienka posúdenia

$$\begin{array}{ccc} x & \leq & x_{lim} \\ 0,088m & < & 0,61m \end{array}$$

VYHOVUJE

Posúdenie momentovej odolnosti (MSU(ULS))

moment odolnosti:

$$M_{Rd} = 1415,7kNm$$

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} M_{Rd} & \geq & M_{Ed} \\ 1415,7kNm & > & 1255kNm \end{array}$$

VYHOVUJE

Posúdenia MSP (SLS)

ohybový moment na medzi vzniku trhlín:

$$M_{cr} = 626,1kNm$$

Posúdenie vzniku trhlín (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} M_{cr} & \geq & M_{Ek} \\ 626,1kNm & < & 930kNm \end{array}$$

PRIEREZ S TRHLINAMI-NUTNÁ VÝSTUŽ

napätie v betonárskej výstuži pre výpočet šírky trhliny:

$$\sigma_{st,qp} = 164,6MPa$$

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

$$s_{r,max} = 337 \text{ mm}$$

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

$$w_k = 0,169 \text{ mm}$$

Posúdenie šírky povrchovej trhliny (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} w_k & \leq & w_{k,lim} \\ 0,169 \text{ mm} & < & 0,3 \text{ mm} \end{array}$$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} \sigma_{cc} & \geq & 0,6 \cdot f_{ck} \\ -10,99MPa & < & -21MPa \end{array}$$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} \sigma_{st,max} & \leq & 0,8 \cdot f_{yk} \\ 292,7MPa & < & 400MPa \end{array}$$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

$$\begin{array}{ccc} \sigma_{sc,max} & \geq & 0,8 \cdot f_{yk} \\ -45,1MPa & < & -400MPa \end{array}$$

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:	C35/45
Druh použitého cementu:	normálny
Minimálny vek betónu:	28dni
Trieda betonárskej výstuže:	B500B
Šírka prierezu pre šmyk:	$b_w = 1\text{m}$
Výška prierezu:	$h = 1,05\text{m}$
Návrhová hodnota šmykovej sily:	$V_{Ed} = 350\text{kN}$

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)):	$f_{ck}(t) = 35\text{MPa}$
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)):	$f_{cd}(t) = 19,8\text{MPa}$

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:	$f_{yd} = 434,8\text{MPa}$

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

návrhová hodnota šmykovej odolnosti prvku bez šmykovej výstuže:	$V_{Rd,c}(t) = 357,4\text{MPa}$
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}
	357,4kN	$>$	350kN

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

$H_s =$	700,0 mm	- výška prierezu
$A_{si} =$	0,7 m ²	- plocha prierezu pôvodnej konštrukcie
$I_{si} =$	0,0285 m ⁴	- moment zotrvačnosti prierezu pôvodnej konštrukcie
$t_{si} =$	350,0 mm	- poloha ťažiska prierezu pôvodnej konštrukcie od spodnej hrany
$L =$	11,5 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	
$\varphi(t, t_0) =$	2,2808	
$\psi_L =$	0,5	
$E_{c,eff} =$	15418 MPa	

Geometria

Spolupôsobiaci šírka dosky:

$H_n =$	350,0 mm	$L_0 =$ 11,5 m
$H_{nc} =$	71,0 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
$A_{ni} =$	0,35 m ²	- plocha prierezu spriahujúcej dosky
$A_{nic} =$	0,071 m ²	- plocha tlačenej časti prierezu spriahujúcej dosky na medzi únosnosti
$I_{ni} =$	3,5729E-03 m ⁴	- moment zotrvačnosti prierezu spriahujúcej dosky
$t_{si} =$	175,0 mm	- poloha ťažiska prierezu spriahujúcej dosky od spodnej hrany dosky

Vstupné dáta - spriahnutá konštrukcia

Geometria

$H =$	1050 mm	- výška ideálneho prierezu
$A_i =$	1,05 m ²	- plocha ideálneho prierezu
$y_{hi} =$	525,0 mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od hornej hrany
$y_{di} =$	525,0 mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od spodnej hrany
$r_s =$	175, mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od ťažiska pôvodného prierezu
$r_n =$	350, mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od ťažiska spr. dosky
$I_i =$	9,6385E-02 m ⁴	- moment zotrvačnosti ideálneho prierezu
$S_{ci} =$	1,2250E-01 m ⁴	- statický moment plochy spriahujúcej dosky

Šmyková sila od zmraštenia nového betónu

$u =$	300 mm	- obvod dosky vystavený vysychaniu
$h_0 =$	2333 mm	- náhradná výška priečného 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
$\beta_{ds}(t, t_s) =$	0,89004	- pomerné pretvorenie z vysychania v uvažovanom čase
$\epsilon_{cd}(t) =$	0,00020	
$\epsilon_{ca,\infty} =$	0,00005	- pomerné pretvorenie od autogenného zmrašťovania
$\beta_{as}(t) =$	1	
$\epsilon_{ca}(t) =$	0,00005	
$\epsilon_{cs} =$	0,00025	- celkové pomerné pretvorenie od zmrašťovania
$\sigma_{sr} =$	3,84 MPa	- ťahové napätie od zmrašťovania
$N_{sr} =$	1345,64 kN	- ťahová sila od zmrašťovania
$M_{sr} =$	470,98 kNm	- ohybový moment od zmrašťovania
$\sigma_{sr,d} =$	0,85 MPa	- výsledné napätie v doske
$F_{sr} =$	298,51 kN	- výslednica napätia od zmrašťovania v doske na jednotku dĺžky
$\gamma_g =$	1	- súčiniteľ zaťaženia
$F_{srd} =$	298,51 kN	- návrhová výslednica napätia od zmrašť. v doske na jednotku dĺžky

Šmyková sila od vnútorného zaťaženia

Návrhová zvislá šmyková sila

$T_{ed1} =$	308,0 kN	- šmyková sila pre úsek 0 - 0.25xL
$T_{ed2} =$	184,0 kN	- šmyková sila pre úsek 0.25xL - 0.5xL

Šmyková sila medzi doskou a pôvodným prierezom

$V_{Ed1} =$	325,926 kN/m	- pozdĺžna šmyková sila na jednotku dĺžky pre úsek 0 - 0.25xL
$V_{Ed2} =$	194,709 kN/m	- pozdĺžna šmyková sila na jednotku dĺžky pre úsek 0.25xL - 0.5xL
$V_{Edl1} =$	624,441 kN/m	- celkový šmykový tok na úseku dĺžky 0 - 0.25xL
$V_{Edl2} =$	493,224 kN/m	- celkový šmykový tok na úseku dĺžky 0.25xL - 0.5xL

Šmykové spojenie

Šmyková únosnosť nevystuženého styku

Povrch	hladký	
$c =$	0,35	- súčiniteľ drsnosti nevystuženej plochy
$\mu =$	0,6	
$b_l =$	1,0 m	- šírka stykovej plochy
$f_{cd} =$	17,0 MPa	
$f_{ctd} =$	1,0 MPa	
$\alpha =$	90,0 °	- sklon šmykovej výstuže v pozdĺžnom smere
$V_{jcu} =$	350,0 kN/m	- šmyková únosnosť nevystuženého styku na jednotku dĺžky

$$V_{jcu} = 350,0 \text{ kN/m} < V_{Ed1} = 624,44 \text{ kN/m}$$

je potrebné navrhnuť spriahovacie trne

$$V_{jcu} = 350,0 \text{ kN/m} < V_{Ed2} = 493,22 \text{ kN/m}$$

je potrebné navrhnuť spriahovacie trne

Šmyková únosnosť vystuženého styku - úsek 0 - 0.25L

$n = 2,5$	- počet trňov v priečnom smere
$\varnothing = 14$	- priemer trňa
$A_s = 384,845 \text{ mm}^2$	- plocha trňov v priečnom reze
$s = 300 \text{ mm}$	- osová vzdialenosť trňov v pozdĺžnom smere
$\rho = 1,2828\text{E-}03$	- stupeň vystuženia
$v = 0,528$	- redukčný súčiniteľ pevnosti

$$V_{jsu1} = 334,65 \text{ kN/m} \quad \text{- hmoždinková únosnosť šmykovej výstuže}$$

$$V_{Rd1} = 684,65 \text{ kN/m} \quad \text{- návrhová šmyková odolnosť na stykovej ploche}$$

$$V_{Ed1} \leq V_{Rd1}$$

$$624,44 \text{ kN/m} \leq 684,65 \text{ kN/m}$$

Prvky spriahnutia vyhovujú

Šmyková únosnosť vystuženého styku - úsek 0.25L - 0.5L

$n = 2,5$	- počet trňov v priečnom smere
$\varnothing = 14$	- priemer trňa
$A_s = 384,845 \text{ mm}^2$	- plocha trňov v priečnom reze
$s = 500 \text{ mm}$	- osová vzdialenosť trňov v pozdĺžnom smere
$\rho = 7,6969\text{E-}04$	- stupeň vystuženia
$v = 0,528$	- redukčný súčiniteľ pevnosti

$$V_{jsu2} = 200,79 \text{ kN/m} \quad \text{- hmoždinková únosnosť šmykovej výstuže}$$

$$V_{Rd2} = 550,79 \text{ kN/m} \quad \text{- návrhová šmyková odolnosť na stykovej ploche}$$

$$V_{Ed2} \leq V_{Rd2}$$

$$493,22 \text{ kN/m} \leq 550,79 \text{ kN/m}$$

Prvky spriahnutia vyhovujú

Medzný stav únosnosti

Potrebný počet spriahovacích prvkov - priečna sila

0 - 0.25xL	2,875 m	- dĺžka úseku 0 - 0.25xL
$n = 2,5$		- počet vetiev
$s = 300,0 \text{ mm}$		- vzdialenosť medzi trňami v pozdĺžnom smere
0.25xL - 0.5xL	2,875 m	- dĺžka úseku 0.25xL - 0.5L
$n = 2,5$		- počet vetiev
$s = 500,0 \text{ mm}$		- vzdialenosť medzi slučkami v pozdĺžnom smere

Medzný stav únosnosti

Únosnosť kotevnej slučky

$l_s =$	80,0 mm	- účinná dĺžka slučky
$d_s =$	14,0 mm	- priemer slučky
$A_s =$	0,000154 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
$d =$	14,0 mm	- priemer slučky
$h_k =$	100,0 mm	- hĺbka kotvenia trňa
$f_{yk} =$	500,0 MPa	- char. medza kĺzu kotevného trňa
$\gamma_M =$	1,15	- parciálny súčiniteľ materiálu trňa
$\gamma_v =$	1,25	- parciálny súčiniteľ spoľahlivosti
$P_{rd,1} =$	47,33 kN	- únosnosť trňa slučky
$P_{rd,2} =$	57,362 kN	- únosnosť slučky - porušenie betónu pôvodnej konštrukcie
$P_{rd,3} =$	60,756 kN	- únosnosť slučky - porušenie betónu spriahujúcej dosky
$P_{rd} =$	47,326 kN	- rozhodujúca únosnosť trňa

Podmienka spoľahlivosti

$V_c =$	1207,0 kN	- návrhová pozdĺžna sila pripadajúca na trne
$p =$	15	- počet medzier
$m =$	16	- celkový počet trňov v pozdĺžnom smere
$n =$	2,5	- počet vetiev
$P_{rd} =$	1893,1 kN	- návrhová odolnosť všetkých trňov

Podmienka spoľahlivosti

V_c	\leq	P_{rd}
1207,0 kN	\leq	1893,1 kN

Prvky spriahnutia vyhovujú

Návrh vyhovet posúdeniu.

Spriahnutie pôvodnej mostovkovej dosky so spriahajúcou doskou bude zabezpečené kotevnými trňmi Ø14mm z betónárskej výstuže B500B. Trne budú vlepované do dier Ø16mm vyvŕtaných v pôvodnej mostovke. Hĺbka vlepovania je minimálne 100mm. Výška prečnievajúcej časti trňov 80mm. Trne budú rozmiestnené nasledovne:

- V úsekoch 0-1/4L (L je dĺžka nosnej konštrukcie) a 3/4L-L budú trne rozmiestňované v rastri 400x300mm
- V úseku 1/4L-3/4L v rastri 400x500mm

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