

 ISPO spol. s r. o. inžinierske stavby Slovenská 86, 080 01 Prešov tel.: 051/74 636 95, 74 636 99	ZODP.PROJEKTANT: ING.J.ANTOL 	HL. PROJEKTANT: ING.M.DUBRAVSKÝ 	
	VYPRACOVAL: ING.M.RUSIN 	KONTROLOVAL: ING.J.KURUC 	
OBJEKT:	209-00 Most ev.č.585-017		
PRÍLOHA:	STATICKÝ VÝPOČET		
		MIERKA:	Č. PRÍLOHY: 8

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 (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.....	9
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.....	17

1 Úvod

1.1 Popis mosta

Mostný objekt 585-017 sa nachádza na ceste II/585 medzi obcami Dolná Strehová a Pôtor.

Spodná stavba je betónová, nosnú konštrukciu tvorí železobetónová mostovková doska. Zabezpečenie požadovanej mechanickej odolnosti nosnej konštrukcie zaistíme vybudovaním spriahajúcej dosky (C30/37) hrúbky minimálne 250 a maximálne 370mm.

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 1990Zásady navrhovania konštrukcií

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

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

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

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

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

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

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

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

STN EN 1998-5Navrhovanie 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)

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

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

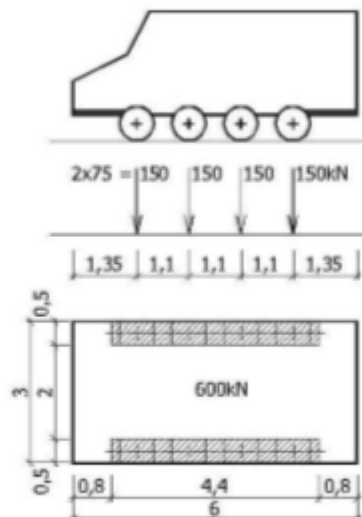
4.2.2 Zat'azenie cestnou dopravou (1945)

5 ZATÍMNÍ SMĚRNICE PRO STAVBY MOSTŮ Z ROKU 1945

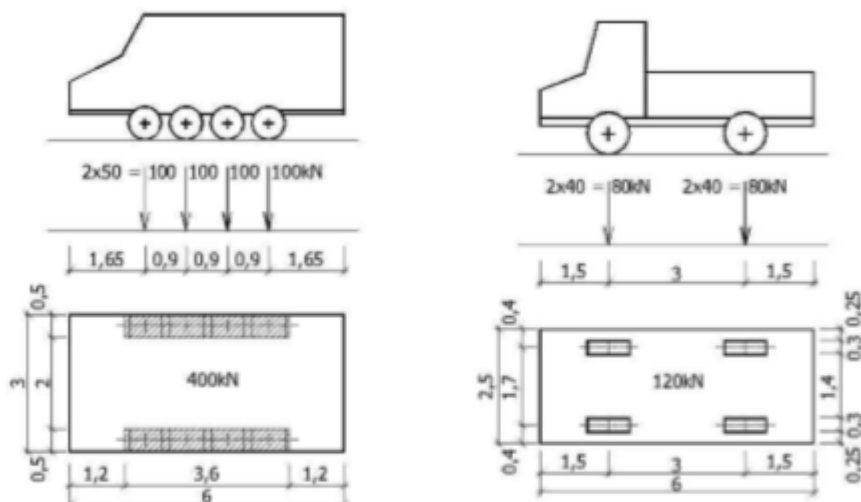
Nahodilé zatížení zatěžovací třídy A.

Alternativy :

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



- 2) Vozidlo 400kN a nákladní automobil 120kN – jeden v každém jízdním pruhu šířky 2,5m a rovnorné zatížení 5kNm^{-2} zbývající plochy vozovky a chodníků větší 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.

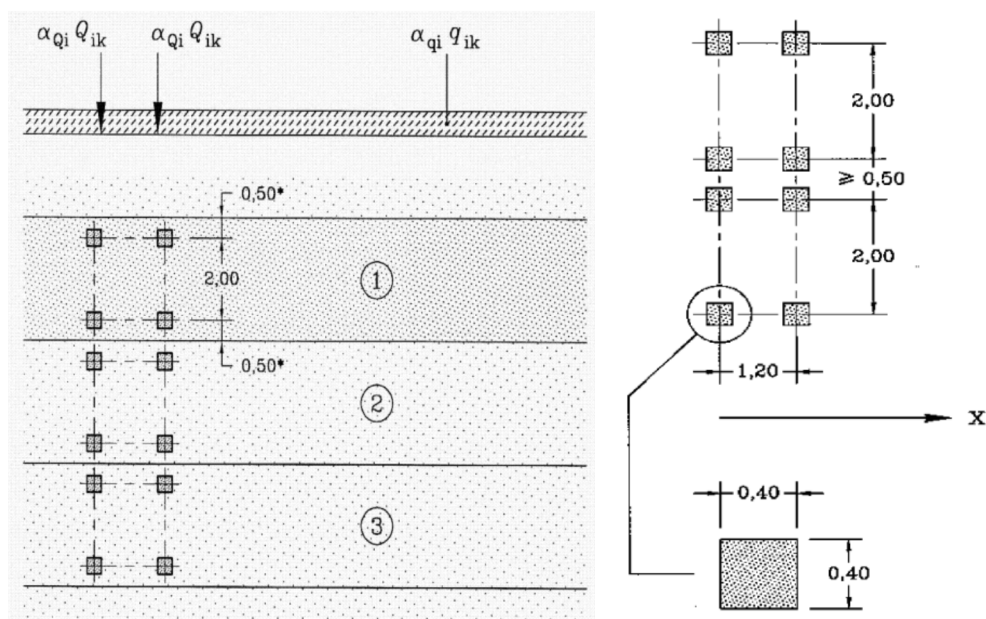
4.2.3 Zat'azenie cestnou dopravou (EC)

Zat'azenie cestnou dopravou je stanovené prostredníctvom normy STN EN 1991-2

4.2.3.1 Zat'azovací model 1 „LM1“

Tento zat'azovací model vyjadruje väčšinu účinkov prevádzky nákladných vozidiel a automobilov. Zat'azovací model sa skladá z dvoch čiastkových systémov:

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

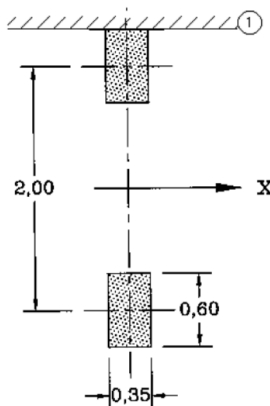


Pruh č. 1	$Q_{1k} = 300\text{kN}$; $q_{1k} = 9,0\text{kN/m}^2$; $\alpha_{Q1} = 0,9$; $\alpha_{q1} = 0,9$
Pruh č. 2	$Q_{2k} = 200\text{kN}$; $q_{1k} = 2,5\text{kN/m}^2$; $\alpha_{Q2} = 0,9$; $\alpha_{q2} = 1,0$
Pruh č. 3	$Q_{3k} = 100\text{kN}$; $q_{1k} = 2,5\text{kN/m}^2$; $\alpha_{Q3} = 0,9$; $\alpha_{q3}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

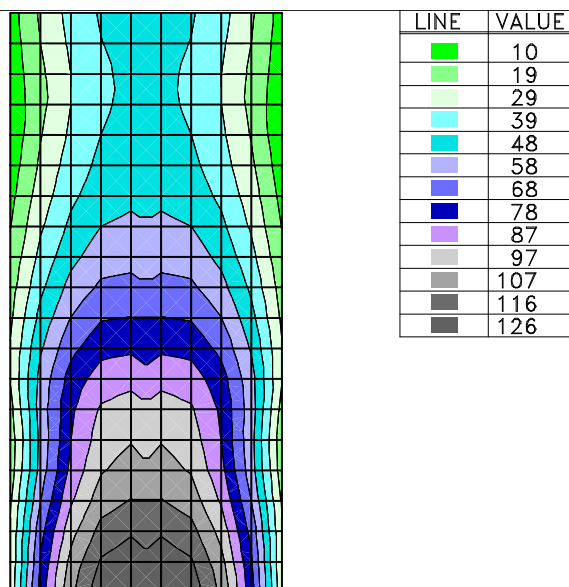
5 Nosná konštrukcia – pôvodný návrh

Pri parametroch pôvodnej mostovkovej dosky navrhutej tesne pred rokom vybudovania mosta (1951) na tomu obdobiu prislúchajúcemu zaťaženiu („Zatímní smernice pro stavby mostu“ z roku 1945) vypočítame jej vystuženie. Keďže nie je známe aká betonárska výstuž bola použitá, pri výpočte počítame s výstužou B500B (rozhodujúca je sila vo výstuži).

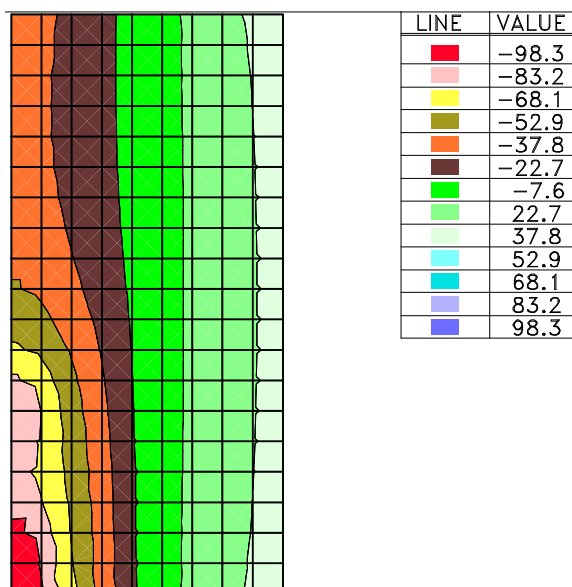
5.1 Priebiehy vnútorných síl

5.1.1 Ohybové momenty

5.1.1.1 Ťah pri spodnom povrchu



5.1.2 Pričné sily



5.2 Pôvodné posúdenie mostovkovej dosky

ČISTÝ OHYB

Zadaj:

šírka $b=$ m
výška $h=$ m
Betón: $\sigma_{abd}=$
Výstuž: $\sigma_{aad}=$ $\sigma_{abht}=$
 $n=$
 $a=$ koeficient zaťaženia:

Zaťaženie:

Stále

Pohyblivé

$M=$ kNm \max \min kNm
 $T=$ kN kN

Dimenzačné veličiny:

Mmax	116 kNm	Tmax	68 kN
Mmin	36 kNm	Tmin	68 kN

Návrh výstuže:

Koeficienty kubickej rovnice:

Prierez 1

$a=$
 $b=$
 $c=$
 $d=$
 $h_0=$
 $x=$
 $f(x)=$

Potrebná výstuž:

Fa=	0,001557468 m ²
to jest:	15,57 cm ²
St.vystuženia	0,49 %

Výpočet na únavu

$L_d=$ m
Pomer napätí=
Pomer $\rho_a=$
koef kró=
 $\sigma_{au}=$ MPa

Koeficienty kubickej rovnice:

Prierez 1

$a=$
 $b=$
 $c=$
 $d=$
 $x=$
 $f(x)=$

Potrebná výstuž:

Fa=	0,000951948 m ²
to jest:	9,52 cm ²
St.vystuženia	0,30 %

Rozhoduje: **Statické namáhanie**

Posúdenie prierezu

Výstuž	a[m]	Profil[mm]	Počet[ks]	Fa[m ²]
1.rad	0,040	16	7	0,00140743
2.rad	0,000	0	0	0
3.rad	0,000	0	0	0
Spolu:	0,040	ho=	0,330	0,00140743
x=	0,098802163 m	Wa=		0,0004181 m ³
Ji=	0,001449959 m ⁴	Wb=		0,01467538 m ³
Sigma a=	277,45 MPa	<=		280,00 MPa
Sigma aú=	181,77 MPa	<=		280,00 MPa
Sigma b=	7,90 MPa	<=		10,00 MPa
Stupeň vyst.=	0,43 %	>=		0,18 %

ZÁVER: PRIEREZ VYHOVUJE

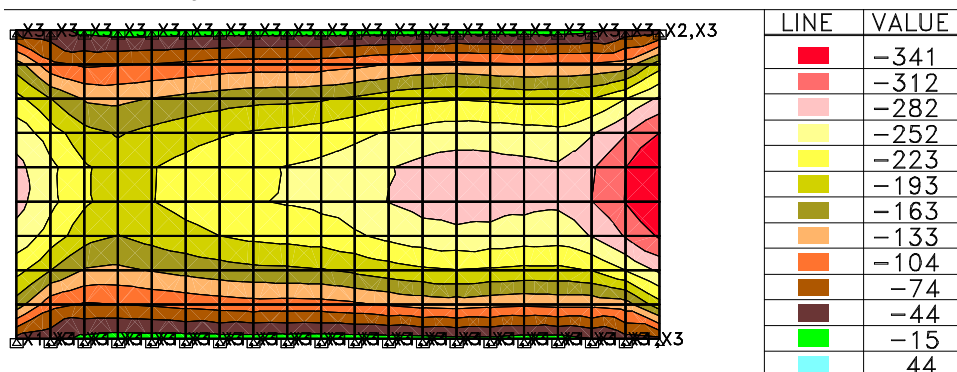
Z uvedeného vyplýva, že pri pôvodnom návrhu vystuženie mostovkovej dosky pri jej spodnom povrch zodpovedalo vystuženiu 7Ø16(B500B).

6 Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie mosta

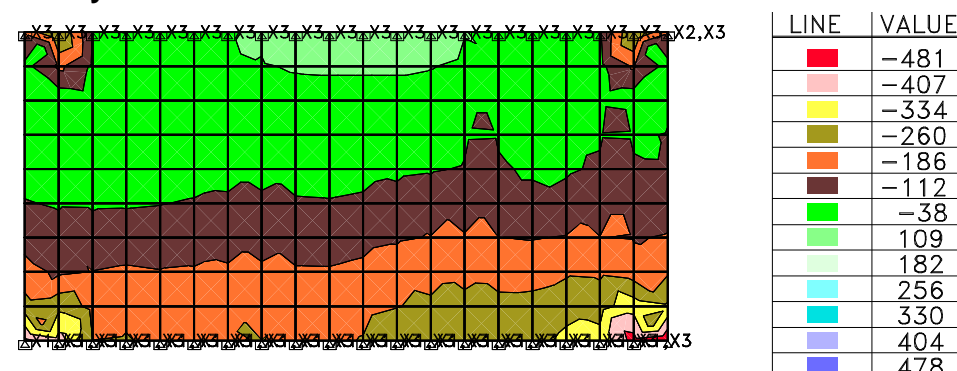
Navrhujeme vybudovanie železobetónovej (C30/37) spriahajúcej dosky minimálnej hrúbky 250mm.

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):	$b = 1\text{m}$
Šírka prierezu (ťahaná zóna):	$b_t = 1\text{m}$
Výška prierezu:	$h = 0,62\text{m}$
Návrhová hodnota ohybového momentu:	$M_{Ed} = 341\text{kNm}$
Charakteristická hodnota ohybového momentu:	$M_{Ek} = 195\text{kNm}$
Kvázi-stála hodnota ohybového momentu:	$M_{Eqp} = 62\text{kNm}$
Limitná hodnota šírky trhlín	$w_{k,lim} = 0,3\text{ mm}$

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):	$f_{cm}(t) = 38\text{MPa}$
charakter. pevnosť betónu v tlaku (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	$f_{ck}(t) = 30\text{MPa}$
stredná hodnota pevnosti v centr. ťahu (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	$f_{ctm}(t) = 2,9\text{MPa}$
modul pružnosti (STN EN 1992-1,2; tab 3.1):	$E_{cm}(t) = 33\text{GPa}$
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 spoahl. 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)):	$f_{cd}(t) = 17\text{MPa}$

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:	$\varnothing_{st} = 16\text{ mm}$
počet ks ťahanej výstuže:	$n_{st} = 7\text{ ks}$
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:	$\rho_{st,min} = 0,0015$
minimálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,min} = 847 \text{ mm}^2$
maximálny stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st,max} = 0,0193$
maximálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,max} = 10822 \text{ mm}^2$
stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st} = 0,0025$
skutočná plocha ťahovej výstuže:	$A_{st} = 1408 \text{ mm}^2$
celkový stupeň vystuženia (ťahová+tlaková výstuž):	$\rho_s = 0,0023$
celková skutočná plocha výstuže:	$A_s = 1740 \text{ mm}^2$

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):	$847 < 1408 < 10822$

VYHOVUJE

Posúdenie stupňa vystuženia (ťahaná výstuž)

podmienka posúdenia:	$\rho_{st,min} \leq \rho_{st} \leq \rho_{st,max}$
podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.1.1):	$0,0015 < 0,0025 < 0,0193$

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):	$847 < 1740 < 24800$

VYHOVUJE

Posúdenie polohy neutrálnej osi

podmienka posúdenia	$x \leq x_{lim}$
	$0,048\text{m} < 0,346\text{m}$

VYHOVUJE

Posúdenie momentovej odolnosti (MSU(ULS))

moment odolnosti:	$M_{Rd} = 369,1\text{kNm}$
podmienka posúdenia:	$M_{Rd} \geq M_{Ed}$
	$369,1\text{kNm} > 341\text{kNm}$

VYHOVUJE

Posúdenia MSP (SLS)

ohybový moment na medzi vzniku trhlin:	$M_{cr} = 193,9\text{kNm}$
--	----------------------------

Posúdenie vzniku trhlin (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:	$M_{cr} \geq M_{Ek}$
	$193,9\text{kNm} < 195\text{kNm}$

PRIEREZ S TRHLINAMI-NUTNÁ VÝSTUŽ

napätie v betonárskej výstuži pre výpočet šírky trhliny: $\sigma_{st,qp} = 82,7 \text{ MPa}$
max. vzdialenosť susedných trhlín (STN EN 1992-1,2; 7.3.4(7.11)): $s_{r,max} = 450 \text{ mm}$

šírka trhliny (STN EN 1992-1,2; 7.3.4(7.8)): $w_k = 0,112 \text{ mm}$

Posúdenie šírky povrchovej trhliny (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

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

$$0,112 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

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

$$-8,07 \text{ MPa} < -18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

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

$$260 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

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

$$-19,2 \text{ MPa} < -400 \text{ MPa}$$

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:	$h = 0,62 \text{ m}$
Návrhová hodnota šmykovej sily:	$V_{Ed} = 186 \text{ kN}$

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):	$a_{cc} = 0,85$
koeficient (3.1.6):	$a_{ct} = 1,00$
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:

$V_{Rd,c}(t) = 217,3 \text{ MPa}$

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}

217,3kN

$>$

186kN

6.2.3 Návrh a posúdenie spriahnutia

Vstupné dáta - pôvodná konštrukcia

Materiál

Betón

C 20/25

$f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$

$\alpha_{cc} = 0,85$

$f_{ctk,0.05} = 1,5 \text{ MPa}$

$\gamma_C = 1,5$

$f_{cd} = 11,333 \text{ MPa}$

$f_{ctd} = 1,0 \text{ MPa}$

$E_{cs} = 30000,0 \text{ MPa}$

Oceľ

B500B

$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$

$\gamma_M = 1,15$

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

Geometria

$H_s = 370,0 \text{ mm}$

- výška prierezu

$A_{si} = 0,37 \text{ m}^2$

- plocha prierezu pôvodnej konštrukcie

$I_{si} = 0,0051 \text{ m}^4$

- moment zotrvačnosti prierezu pôvodnej konštrukcie

$t_{si} = 185,0 \text{ mm}$

- poloha ťažiska prierezu pôvodnej konštrukcie od spodnej hrany

$L = 4,5 \text{ m}$

- 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	
$\varphi(t, t_0) =$	2,1016	
$\psi_L =$	0,5	
$E_{c,eff} =$	16091 MPa	

Geometria

Spolupôsobiaci šírka dosky:

$H_n =$	250,0 mm	$L_0 =$	4,5 m
$H_{nc} =$	39,0 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	
$A_{nic} =$	0,039 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

$H =$	620 mm	- výška ideálneho prierezu
$A_i =$	0,62 m ²	- plocha ideálneho prierezu
$y_{hi} =$	310,0 mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od hornej hrany
$y_{di} =$	310,0 mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od spodnej hrany
$r_s =$	125, mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od ťažiska pôvodného prierezu
$r_n =$	185, mm	- poloha ťažiska ideálneho prierezu od ťažiska spr. dosky
$I_i =$	2,0740E-02 m ⁴	- moment zotrvačnosti ideálneho prierezu
$S_{ci} =$	4,6250E-02 m ⁴	- statický moment plochy spriahujúcej dosky

Šmyková sila od zmraštenia nového betónu

$u =$	250 mm	- obvod dosky vystavený vysychaniu
$h_0 =$	2000 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

$\beta_{ds}(t, t_s) = 0,91072$	- 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
$\sigma_{sr} = 4,09 \text{ MPa}$	- ťahové napätie od zmrašťovania
$N_{sr} = 1021,8 \text{ kN}$	- ťahová sila od zmrašťovania
$M_{sr} = 189,03 \text{ kNm}$	- ohybový moment od zmrašťovania
$\sigma_{sr, d} = 0,75 \text{ MPa}$	- výsledné napätie v doske
$F_{sr} = 188,23 \text{ kN}$	- výslednica napätia od zmrašťovania v doske na jednotku dĺžky
$\gamma_g = 1$	- súčiniteľ zaťaženia
$F_{srd} = 188,23 \text{ kN}$	- návrhová výslednica napätia od zmrašť. v doske na jednotku dĺžky

Šmyková sila od vnútorného zaťaženia

Návrhová zvislá šmyková sila

$T_{ed1} = 152,0 \text{ kN}$	- šmyková sila pre úsek 0 - 0.25xL
$T_{ed2} = 84,0 \text{ kN}$	- šmyková sila pre úsek 0.25xL - 0.5xL

Šmyková sila medzi doskou a pôvodným prierezom

$V_{Ed1} = 272,401 \text{ kN/m}$	- pozdĺžna šmyková sila na jednotku dĺžky pre úsek 0 - 0.25xL
$V_{Ed2} = 150,538 \text{ kN/m}$	- pozdĺžna šmyková sila na jednotku dĺžky pre úsek 0.25xL - 0.5xL
$V_{Ed1} = 460,635 \text{ kN/m}$	- celkový šmykový tok na úseku dĺžky 0 - 0.25xL
$V_{Ed2} = 338,771 \text{ kN/m}$	- 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
$\mu = 0,6$		
$b_l = 1,0 \text{ m}$		- šírka stykovej plochy
$f_{cd} = 17,0 \text{ MPa}$		
$f_{ctd} = 1,0 \text{ MPa}$		
$\alpha = 90,0^\circ$		- sklon šmykovej výstuže v pozdĺžnom smere
$V_{jcu} = 350,0 \text{ kN/m}$		- šmyková únosnosť nevystuženého styku na jednotku dĺžky
$V_{jcu} = 350,0 \text{ kN/m}$	<	$V_{Ed1} = 460,63 \text{ kN/m}$
		je potrebné navrhnuť spriahovacie trne
$V_{jcu} = 350,0 \text{ kN/m}$	>=	$V_{Ed2} = 338,77 \text{ kN/m}$
		nie je potrebné navrhnuť spriahovacie trne

Šmyková únosnosť vystuženého styku - úsek 0 - 0.25L

$n =$	3,3	- počet trŕňov v priečnom smere
$\varnothing =$	12	- priemer trŕňa
$A_s =$	373,221 mm ²	- plocha trŕňov v priečnom reze
$s =$	300 mm	- osová vzdialenosť trŕňov v pozdĺžnom smere
$\rho =$	1,2441E-03	- stupeň vystuženia
$v =$	0,528	- redukčný súčiniteľ pevnosti

$$V_{jsu1} = 324,54 \text{ kN/m} \quad \text{- hmoždinková únosnosť šmykovej výstuže}$$

$$V_{Rdl1} = 674,54 \text{ kN/m} \quad \text{- návrhová šmyková odolnosť na stykovej ploche}$$

$$\begin{array}{ccc} V_{Ed1} & \leq & V_{Rdl1} \\ 460,63 \text{ kN/m} & \leq & 674,54 \text{ kN/m} \end{array}$$

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

$$V_{jsu2} = 194,72 \text{ kN/m} \quad \text{- hmoždinková únosnosť šmykovej výstuže}$$

$$V_{Rdl2} = 544,72 \text{ kN/m} \quad \text{- návrhová šmyková odolnosť na stykovej ploche}$$

$$\begin{array}{ccc} V_{Ed2} & \leq & V_{Rdl2} \\ 338,77 \text{ kN/m} & \leq & 544,72 \text{ kN/m} \end{array}$$

Prvky spriahnutia vyhovujú

Medzný stav únosnosti

Potrebný počet spriahovacích prvkov - priečna sila

0 - 0.25xL	1,125 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	1,125 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

$A_s = 0,000113 \text{ m}^2$	- prierezová plocha vetvy slučky
$\alpha = 90^\circ$	- uhol medzi slučkou a rovinou prírubby nosníka
$\beta = 0^\circ$	- 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 spľahlivosti

$V_c = 663,0 \text{ kN}$	- návrhová pozdĺžna sila pripadajúca na trne
$p = 6$	- počet medzier
$m = 7$	- celkový počet trňov v pozdĺžnom smere
$n = 3,3$	- počet vetiev
$P_{rd} = 803,2 \text{ kN}$	- návrhová odolnosť všetkých trňov

Podmienka spľahlivosti

V_c	\leq	P_{rd}
663,0 kN	\leq	803,2 kN

Prvky spriahnutia vyhovujú Návrh vyhovel posúdeniu.

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 rastri 300x300mm
- V úseku 1/4L-3/4L v rastri 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.