

 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.R.FOTTA 	KONTROLOVAL: ING.J.KURUC 
OBJEKT:	206-00 Most ev.č.591-010	
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	4
3	Použité materiály	5
3.1	Druhy materiálov	5
3.1.1	Charakteristiky pevnostných tried materiálov	5
4	Stanovenie zaťaženia	6
4.1	Stále zaťaženia „G“	6
4.1.1	Vlastná tiaž	6
4.1.2	Mostný zvršok	6
4.2	Premenné zaťaženia „Q“	6
4.2.1	Zaťaženie cestnou dopravou (STN EN 1991-2)	6
4.2.2	Zaťaženie cestnou dopravou (TP 104) – zaťažiteľnosť mosta.	7
4.2.3	Zaťaženie účinkami teploty	10
5	Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie	11
5.1	Zostavenie výpočtového modelu nosnej konštrukcie	11
5.2	Navrhovaný stav po rekonštrukcii	11
5.2.1	Priebehy vnútorných síl (návrhové hodnoty, MSU)	11
5.2.2	Posúdenie – pozdĺžny smer	12
5.2.1	Posúdenie – priečny smer	16
5.2.2	Vystuženie	18
6	Zaťažiteľnosť mosta	19
7	Záver statického výpočtu	21

1 Úvod

1.1 Popis mosta

Mostný objekt bol postavený v roku 1968. Premosťuje cestu II/591 ponad miestny potok medzi obcami Sebedín-Bečov a Zolná. Nosnú konštrukciu tvorí presýpaná monolitická železobetónová doska hrúbky 0,3m s rozpätím 3m. Výška presypávky je 1,2m. Stavebnotechnický stav jestvujúceho mostného objektu, stanovený v roku 2016, je definovaný stupňom IV-uspokojivý.

Pri rekonštrukcii uvažujeme s vybudovaním novej mostovkovej železobetónovej monolitickej dosky hrúbky 300mm.

Z hľadiska zaťaženia dopravou, pri výpočte, uvažujeme so zaťažovacími modelmi 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 1991-1-6Zať. konštrukcií; Časť 1-6: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženia počas výstavby

STN EN 1991-1-7Zať. konštrukcií; Časť 1-7: Všeobecné zaťaženia - Mimoriadne zaťaženia

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 1998-1Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť; Časť 1: Všeobecné pravidlá, seizmické zaťaženia a pravidlá pre pozemné stavby

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

TP 104Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok

Podklady :

- Geodetické zameranie
- protokol hlavnej a bežnej prehliadky
- obhliadka mosta
- fotodokumentácia

1.3 Použité programy

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

- Midas Civil, Excel

1.4 Výpočtové postupy

Celý výpočtový postup od vytvorenia výpočtového modelu, cez stanovenie zaťaženia, výpočtu vnútorných síl až po posúdenie konštrukcie, je spracovaný v súlade s aktuálne platnými technickými normami a predpismi.

Na zadaný výpočtový model sú aplikované relevantné druhy zaťaženia.

Výpočet vnútorných síl od, jednotlivých zaťažení a ich kombinácií pre MSÚ a MSP, je spracovaný použitým výpočtovým programom..

Posúdenia konštrukčných prvkov mostného objektu sú spracované použitím vyššie uvedených výpočtových programov.

Medzný stav únosnosti je overovaný 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 overujeme z hľadiska dovolených napätí, pretvorení a deformácií pomocou vzorcov kombinácií v zmysle STN EN 1990.

2 Geometria mosta

Geometria mosta je zrejmá z výkresovej časti pd.

3 Použité materiály

3.1 Druhy materiálov

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

- **Betón**
 - Mostovková doska..... C30/37
- **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)	$1,0 \cdot 10^{-5}$

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:

- Prvky z prostého betónu..... 24,0 kN/m³
- Železobetónové časti 25,0 kN/m³
- Oceľové časti..... 78,5 kN/m³

4.1.2 Mostný zvršok

- Presypávky s asfaltovou vozovkou, celková hr. 1,0m
 - Horná hranica „sup“..... 30,8 kN/m²
 - Spodná hranica „inf“ 17,6 kN/m²
- Odrazný pruh
 - Rímsa 7,5 kN/m²
 - Oc. zvodidlo..... 1,0 kN/m²
 - Oc. zábradlie 1,0 kN/m²

4.2 Premenné zaťaženia „Q“

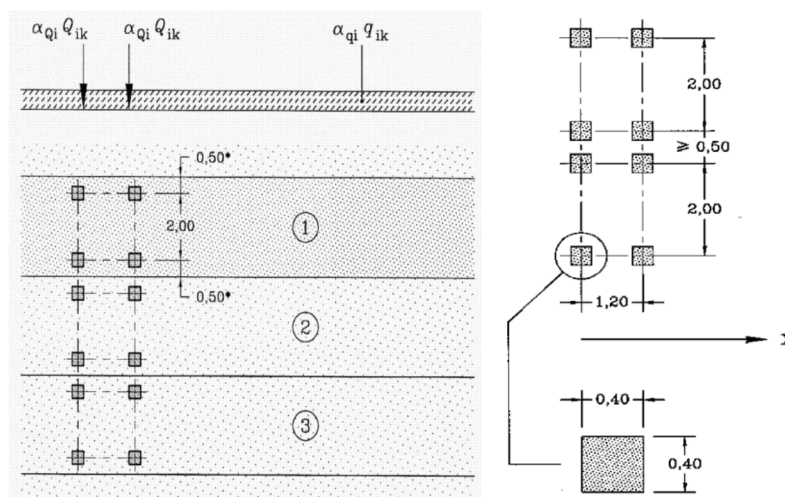
4.2.1 Zaťaženie cestnou dopravou (STN EN 1991-2)

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

4.2.1.1 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 $Q_{1k} = 300\text{kN}$; $q_{1k} = 9,0\text{kN/m}^2$; $\alpha_{Q1} = 1,0$; $\alpha_{q1} = 1,0$

Pruh č. 2 $Q_{2k} = 200\text{kN}$; $q_{2k} = 2,5\text{kN/m}^2$; $\alpha_{Q2} = 1,0$; $\alpha_{q2} = 1,0$

Pruh č. 3 $Q_{3k} = 100\text{kN}$; $q_{3k} = 2,5\text{kN/m}^2$; $\alpha_{Q3} = 1,0$; $\alpha_{q3} = 1,0$

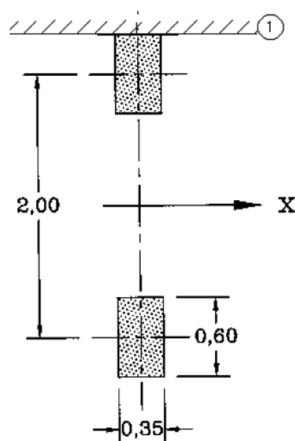
Zvyšná plocha $q_{rk} = 2,5\text{kN/m}^2$; $\alpha_{qr} = 1,0$

Zaťažovací model LM1 sa taktiež používa aj pre stanovenie normálnej zaťažiteľnosti.

4.2.1.2 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.

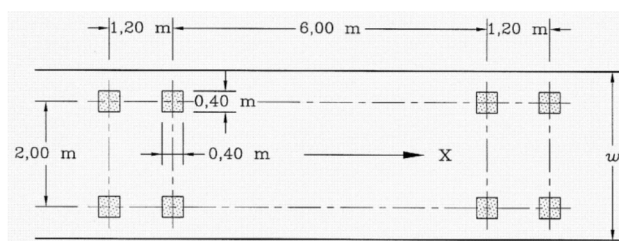


Tiaž nápravy $Q_{ak} = 400 \text{ kN}$; $\beta_Q = 1,0$

Zaťažovací model LM2 sa taktiež používa aj pre stanovenie zaťažiteľnosti na jednu nápravu.

4.2.1.3 Únavový zaťažovací model 3 „FLM3“

Dopravná premávka na mostoch vyvoláva napätové spektrá v prvkoch konštrukcie, čo následne vyvoláva únavové javy. Na ich overenie sa použije zaťažovací model FLM3.



Tiaž nápravy 120 kN

4.2.2 Zaťaženie cestnou dopravou (TP 104) – zaťažiteľnosť mosta.

Podľa STN EN 1991-2.

4.2.2.1 Faktor normálnej zaťažiteľnosti a normálna zaťažiteľnosť

Faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z vyjadruje schopnosť mostu prenášať základné premenné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou LM1 podľa STN EN 1991-2, ktoré sa používa pre celkové aj lokálne overenie konštrukcie.

Na základe hodnoty faktora normálnej zaťažiteľnosti sa stanovuje normálna zaťažiteľnosť.

Obecne možno vzťah pre faktor zaťažiteľnosti pre rozhodujúcu statickú veličinu vyjadriť ako podiel kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie a účinok od normovej hodnoty zaťaženia LM1:

$$F_z = R_{dW,c} / E_{d,WM1} \quad (13)$$

kde:

F_z je faktor normálnej zaťažiteľnosti;

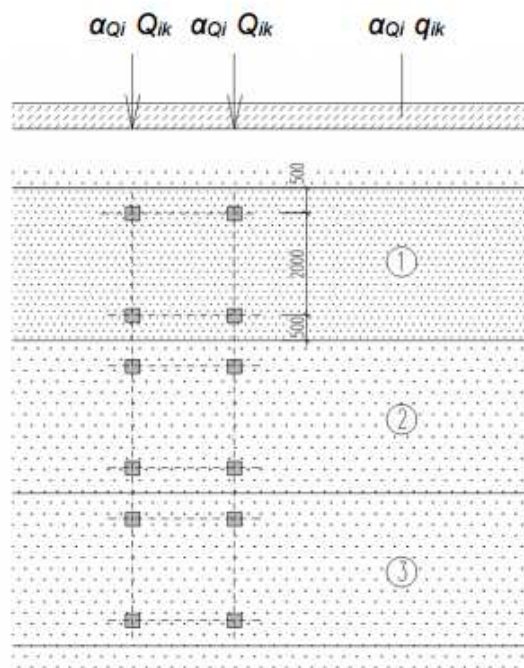
$R_{dW,c}$ hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie;

$E_{d,WM1}$ hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia LM1.

Schéma zaťaženia LM1 je na obrázku 1. Normálne zaťaženie sa kombinuje s ostatnými dopravnými zaťažzeniami podľa tabuľky 1. Vodorovné sily sa uvažujú podľa STN EN 1991-2. Kombinácie týchto zaťažení sa uvažujú podľa článkov 8.2 a 8.3 týchto TP.

Tabuľka 1 Zostavy zaťaženi pre stanovenie normálnej zaťažiteľnosti

Zostava zaťaženi	Normálne zaťaženie	Vodorovné sily	Zaťaženie chodníkov a pruhov pre cyklistov redukována hodnota 3 kN/m ²
N1	charakteristické hodnoty	-	-
N2	časté hodnoty	charakteristické hodnoty	-
N3 (pre posúdenie na únavu)	charakteristické hodnoty	-	-



Obrázok1 Schéma zaťaženia LM1

Normálna zaťažiteľnosť v kN sa stanoví podľa vzťahu:

$$W_n = F_z \cdot W_{nrep} \quad (14)$$

kde:

W_n je normálna zaťažiteľnosť v kN;

F_z faktor normálnej zaťažiteľnosti;

W_{nrep} tiaž reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť.

Hodnota W_{nrep} sa stanovuje na základe výskumu účinkov dopravy a analytických prepočtov. Na základe [Z4] sa uvažuje hodnota $W_{nrep} = 320$ kN.

4.2.2.2 Zaťažiteľnosť na jednu nápravu

Ako model jednonápravového zaťaženia sa použije schéma zaťaženia LM2 podľa čl. 4.3.3 STN EN 1991-2. Schéma je na obrázku 2. Uvažuje sa kolesová plocha podľa čl. 2.15 STN EN 1991-2/NA.



Obrázok 2 Schéma zaťaženia LM2

4.2.2.3 Výhradná zaťažiteľnosť

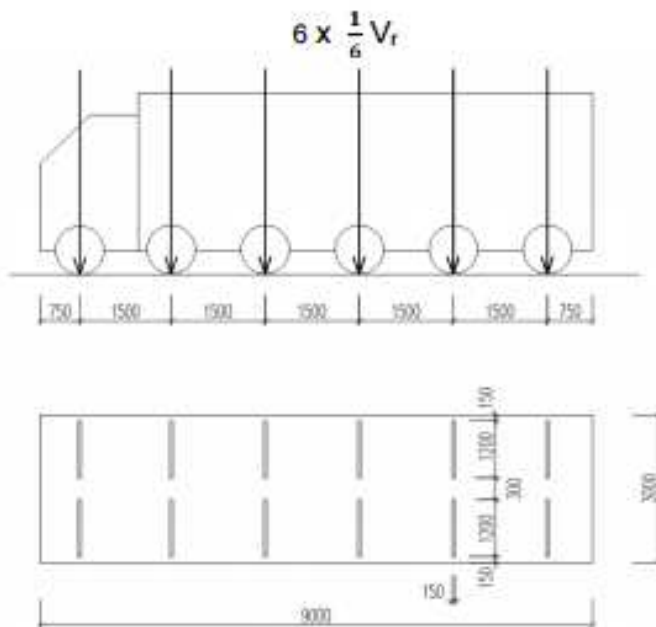
Model vozidla pre výhradnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 900/150 podľa STN EN 1991-2 čl. A.2(1). Schéma vozidla je na obrázku 3. Výhradné zaťaženie sa kombinuje s ostatnými dopravnými zaťažzeniami podľa tabuľky 2.

Dynamický súčiniteľ sa uvažuje podľa STN EN 1991-2 čl. A.3 (5), podľa vzťahu:

$$\varphi = 1,4 - \frac{L}{500} \quad \varphi > 1 \quad (15)$$

kde:

φ je dynamický súčiniteľ;
 L ovplyvnená dĺžka (m).



Obr. 3 Schéma vozidla pre stanovenie výhradnej zaťažiteľnosti

Tabuľka 2 Zostava zaťaženi pri stanovení výhradnej zaťažiteľnosti

Zostava zaťaženi	Výhradné zaťaženie	Vodorovné sily	Zaťaženie chodníkov a pruhoz pre cyklistov ¹⁾
R1	charakteristické hodnoty	-	Redukovaná hodnota 3 kN/m ²
R2	časté hodnoty	charakteristické hodnoty	-

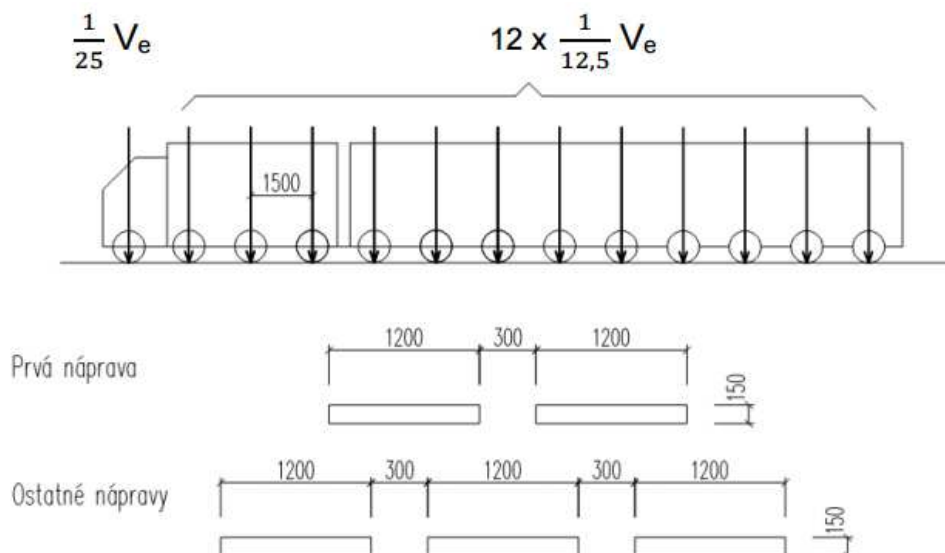
¹⁾ Podľa STN EN 1991-2/NA, čl. NA.2.16 pešia a cyklistická doprava nie sú vylúčené, ak sú oddelené od cestnej dopravy zábradovými bezpečnostnými zariadeniami

Súčiniteľ φ_{a1} sa uvažuje hodnotou 0,75.

Dynamický súčiniteľ: $\varphi = 1,4 - \frac{L}{500} = 1,4 - \frac{38,5}{500} = 1,33$

4.2.2.4 Výnimočná zaťažiteľnosť

Model vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 3000/240 podľa A.2(1) STN EN 1991-2. Schéma vozidla je na obrázku 4. Pre umiestnenie vozidla na moste platí čl. 2.16 STN EN 1991-2/NA.



4.2.3 Zaťaženie účinkami teploty

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

4.2.3.1 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 : $T_{\min} = -32^{\circ}\text{C}$
- Max. teplota vzduchu v tieni : $T_{\max} = 40,5^{\circ}\text{C}$
- 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 :

..... $\Delta T_{N,exp} = 32,5^{\circ}\text{C}$

4.2.3.2 Zložka teplotného spádu

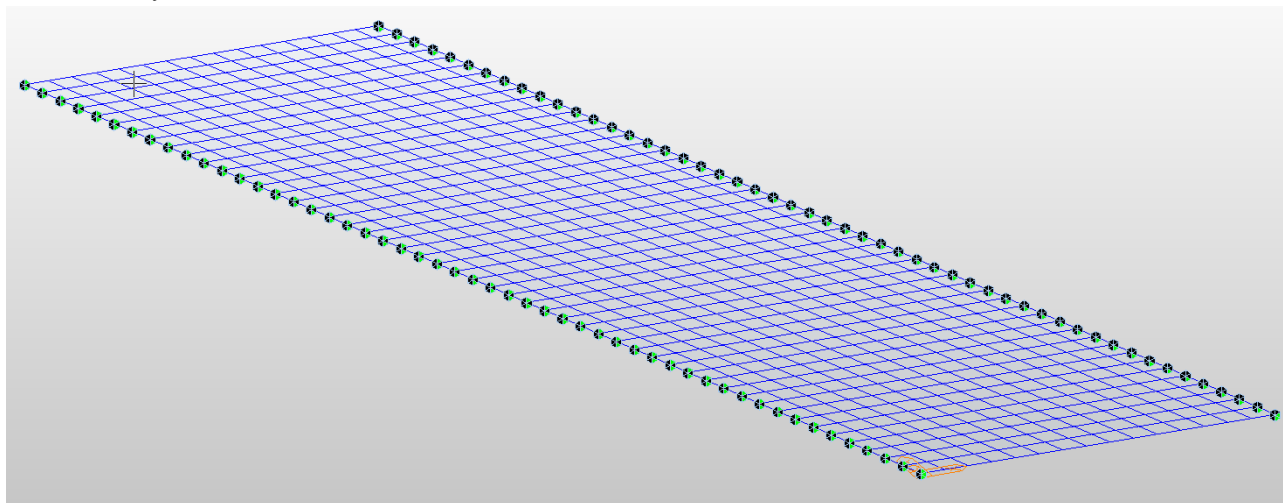
Uvažuje sa so zvislou lineárnou zložkou (postup 1). Pri výpočte teplotného spádu sa zohľadňuje hrúbka povrchovej úpravy.

- Horný povrch teplejší ako spodný povrch : $\Delta T_{M,heat} = 10,5^{\circ}\text{C}$
- Spodný povrch teplejší ako horný povrch : $\Delta T_{M,cool} = -8^{\circ}\text{C}$

5 Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie

5.1 Zostavenie výpočtového modelu nosnej konštrukcie

Výpočtový model je zostavený v programe Midas Civil. Všetky prvky sú určené svojimi geometrickými a materiálovými charakteristikami.

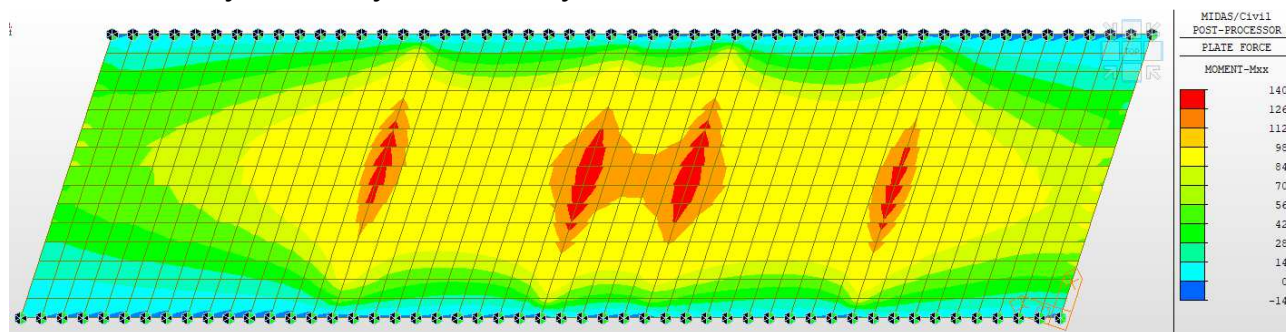


5.2 Navrhovaný stav po rekonštrukcii

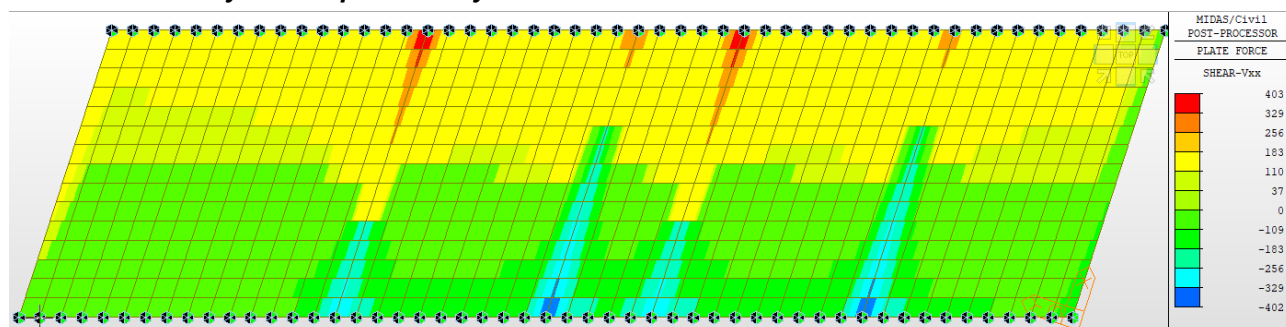
Zosinenie nosnej konštrukcie spočíva vo vybudovaní spriahajúcej dosky hrúbky min 170mm. Na upravenom priereze nosníka so spriahajúcou doskou a pri nezmenenom vystužení vypočítame ohybovú odolnosť a porovnáme ju s návrhovou hodnotou ohybového momentu.

5.2.1 Priebehy vnútorných síl (návrhové hodnoty, MSU)

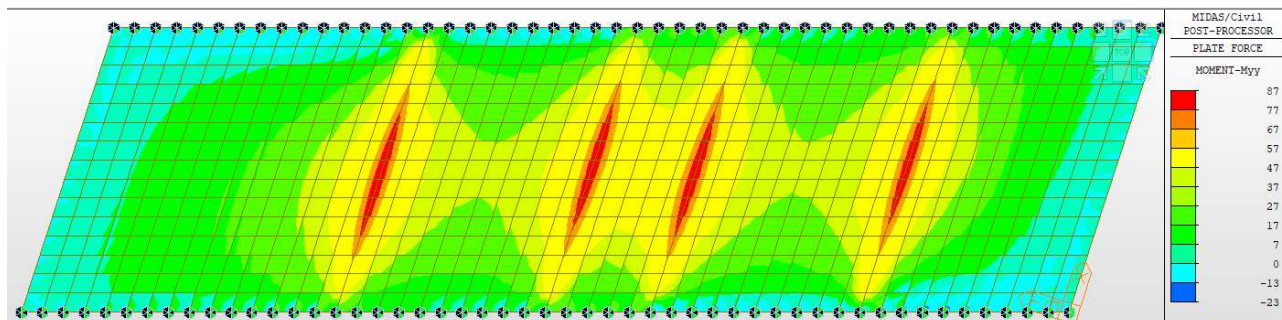
5.2.1.1 Pozdĺžny smer – ohybové momenty



5.2.1.2 Pozdĺžny smer – priečne sily



5.2.1.3 Priechy smer – ohybové momenty



5.2.2 Posúdenie – pozdĺžny smer

5.2.2.1 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= 0,3m
Návrhová hodnota ohybového momentu:	M _{Ed} = 140kNm
Charakteristická hodnota ohybového momentu:	M _{Ek} = 104kNm
Kvázi-stála hodnota ohybového momentu:	M _{Eqp} = 38kNm
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):	$f_{cm}(t)= 38\text{MPa}$
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 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)):	$f_{cd}(t)= 17\text{MPa}$

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:	$\varnothing_{st} = 18 \text{ mm}$
počet ks ťahanej výstuže:	$n_{st} = 6,6 \text{ ks}$
krytie ťahanej výstuže:	$c_{nom,st} = 60 \text{ mm}$
profil tlačenej výstuže:	$\varnothing_{sc} = 0 \text{ mm}$
počet ks tlačenej výstuže:	$n_{sc} = 1 \text{ ks}$
krytie tlačenej výstuže:	$c_{nom,sc} = 40 \text{ mm}$
minimálny stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st,min} = 0,0015$
minimálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,min} = 348 \text{ mm}^2$
maximálny stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st,max} = 0,0192$
maximálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,max} = 4441 \text{ mm}^2$
stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st} = 0,0073$
skutočná plocha ťahovej výstuže:	$A_{st} = 1680 \text{ mm}^2$
celkový stupeň vystuženia (ťahová+tlaková výstuž):	$\rho_s = 0,0056$
celková skutočná plocha výstuže:	$A_s = 1680 \text{ mm}^2$

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):	$348 < 1680 < 4441$

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):	$0,0015 < 0,0073 < 0,0192$

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):	$348 < 1680 < 12000$

VYHOVUJE

Posúdenie polohy neutrálnej osi

podmienka posúdenia	$x \leq x_{lim}$
	$0,054 \text{ m} < 0,142 \text{ m}$

VYHOVUJE

Posúdenie momentovej odolnosti (MSU(ULS))

moment odolnosti:	$M_{Rd} = 153,8 \text{ kNm}$
podmienka posúdenia:	$M_{Rd} \geq M_{Ed}$
	$153,8 \text{ kNm} > 140 \text{ kNm}$

VYHOVUJE

Posúdenia MSP (SLS)

ohybový moment na medzi vzniku trhlín:

$M_{cr} = 45,5 \text{ kNm}$

Posúdenie vzniku trhlín (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$M_{cr} \geq M_{ek}$
 $45,5 \text{ kNm} < 104 \text{ kNm}$

PRIEREZ S TRHLINAMI-NUTNÁ VÝSTUŽ

napätie v betonárskej výstuži pre výpočet šírky trhliny:

$\sigma_{st,qp} = 107,1 \text{ MPa}$

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

$s_{r,max} = 350 \text{ mm}$

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

$w_k = 0,113 \text{ mm}$

Posúdenie šírky povrchovej trhliny (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

$w_k \leq w_{k,lim}$
 $0,113 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm}$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

$\sigma_{cc} \geq 0,6 \cdot f_{ck}$
 $-16,58 \text{ MPa} < -18 \text{ MPa}$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

$\sigma_{st,max} \leq 0,8 \cdot f_{yk}$
 $293,1 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

$\sigma_{sc,max} \geq 0,8 \cdot f_{yk}$
 NEUPLATNÍ SA < -400 MPa

NEPOSUDZUJE SA

5.2.2.2 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:	$h = 0,3 \text{ m}$
Návrhová hodnota šmykovej sily:	$V_{Ed} = 146 \text{ kN}$

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	$\varnothing_{sw} = 10\text{ mm}$
počet strihov šmykovej výstuže	$n_{sw} = 6,6\text{ ks}$
vzdialenosť šmykovej výstuže	$s_{sw} = 300\text{ mm}$
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:	$V_{Rd,c}(t) = 149,5\text{MPa}$
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}
	149,5kN	$>$	146kN
POSTAČUJE MIN. ŠMYKOVÁ VÝSTUŽ			

Plocha šmykovej výstuže a stupeň vystuženia

plocha šmykovej výstuže na dĺžke s_{sw} :	$A_{sw} = 518\text{ mm}^2$
stupeň vystuženia šmykovou výstužou (STN EN 1992-1,2; 9.2.2):	$\rho_w = 0,0017$
min. stupeň vystuženia šmyk. výstužou (STN EN 1992-1,2; 9.2.2,(9.5N)):	$\rho_{w,min} = 0,0009$
max. pozdĺž. vzd. zostavy šmyk. výstuže (STN EN 1992-1,2; 9.2.2,(9.6N)):	$s_{l,max} = 173\text{ mm}$
max. priečna vzd. vetiev šmyk. výstuže (STN EN 1992-1,2; 9.2.2,(9.8N)):	$s_{t,max} = 173\text{ mm}$
priečna vzdialenosť šmykovej výstuže:	$s_t = 155\text{ mm}$

Posúdenie na minimálny stupeň vystuženia šmykovou výstužou:

podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.2(9.5N)):	ρ_w	\geq	$\rho_{w,min}$
	0,0017	$>$	0,0009
VYHOVUJE			

5.2.1 Posúdenie – priečny smer

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:	$h = 0,3\text{ m}$
Návrhová hodnota ohybového momentu:	$M_{Ed} = 87\text{ kNm}$
Charakteristická hodnota ohybového momentu:	$M_{Ek} = 64\text{ kNm}$
Kvázi-stála hodnota ohybového momentu:	$M_{Eqp} = 12\text{ kNm}$
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 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)):	$f_{cd}(t) = 17\text{ MPa}$

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:	$\varnothing_{st} = 14\text{ mm}$
počet ks ťahanej výstuže:	$n_{st} = 6,6\text{ ks}$
krytie ťahanej výstuže:	$c_{nom,st} = 80\text{ mm}$
profil tlačenej výstuže:	$\varnothing_{sc} = 0\text{ mm}$

počet ks tlačenej výstuže:	$n_{sc} = 1$ ks
krytie tlačenej výstuže:	$c_{nom,sc} = 40$ mm
minimálny stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st,min} = 0,0015$
minimálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,min} = 321$ mm ²
maximálny stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st,max} = 0,0192$
maximálna plocha ťahovej výstuže:	$A_{st,min} = 4097$ mm ²
stupeň vystuženia ťahovou výstužou:	$\rho_{st} = 0,0048$
skutočná plocha ťahovej výstuže:	$A_{st} = 1016$ mm ²
celkový stupeň vystuženia (ťahová+tlaková výstuž):	$\rho_s = 0,0034$
celková skutočná plocha výstuže:	$A_s = 1016$ 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):	$321 < 1016 < 4097$

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):	$0,0015 < 0,0048 < 0,0192$

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):	$321 < 1016 < 12000$

VYHOVUJE

Posúdenie polohy neutrálnej osi

podmienka posúdenia	$x \leq x_{lim}$
	$0,032m < 0,131m$

VYHOVUJE

Posúdenie momentovej odolnosti (MSU(ULS))

moment odolnosti:	$M_{Rd} = 87,1kNm$
podmienka posúdenia:	$M_{Rd} \geq M_{Ed}$
	$87,1kNm > 87kNm$

VYHOVUJE

Posúdenia MSP (SLS)

ohybový moment na medzi vzniku trhlín:	$M_{cr} = 44,1kNm$
--	--------------------

Posúdenie vzniku trhlín (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:	$M_{cr} \geq M_{Ek}$
	$44,1kNm < 64kNm$

PRIEREZ S TRHLINAMI-NUTNÁ VÝSTUŽ

napätie v betonárskej výstuži pre výpočet šírky trhliny:	$\sigma_{st,qp} = 61,1MPa$
max. vzdialenosť susedných trhlín (STN EN 1992-1,2; 7.3.4(7.11)):	$s_{r,max} = 472$ mm

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

$w_k = 0,087 \text{ mm}$

Posúdenie šírky povrchovej trhliny (MSP(SLS))

podmienka posúdenia:

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

$$0,087 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

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

$$-14,4 \text{ MPa} < -18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

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

$$325,9 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

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

podmienka posúdenia:

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

$$\text{NEUPLATNÍ SA} < -400 \text{ MPa}$$

NEPOSUDZUJE SA

5.2.2 Vystuženie

Pri hornom povrchu mostovky navrhujeme:

- v pozdĺžnom aj priečnom smere Ø8/150mm

Pri dolnom povrchu mostovky navrhujeme:

- v pozdĺžnom smere Ø18/150mm
- v priečnom smere Ø14/150mm

Šmyková výstuž:

- spony v rastri 150x300mm (150mm v pozdĺžnom smere) s vystriedaním (šachovnica)

6 Zaťažiteľnosť mosta

Zaťažiteľnosť mosta je stanovená presným výpočtom na základe ohybovej a šmykovej odolnosti nosnej konštrukcie po realizácii rekonštrukcie.

Všeobecné parametre:

Klasifikačný stupeň stavebného stavu mosta po rekonštrukcii:	KS= 1
Redukčný súčiniteľ podľa stavebného stavu:	$\alpha = 1,0$
Rozpätie posudzovaného konštrukčného prvku:	L= 3,0 m
Obdobie kedy bol pôvodný most, vzhľadom k platnosti EC, navrhnutý:	Po zavedení EC
Parciálne súčinitele zaťaženia a redukčné súčinitele:	
* pre stále zaťaženia:	$\gamma_{Gj} = 1,35$
* pre predpätie:	$\gamma_P = 0,90$
* pre premenné zaťaženie mimo dopravy:	$\gamma_{Qt} = 1,50$
* pre zaťaženie dopravou	$\gamma_{Q1} = 1,35$
Kombinačný súčiniteľ:	$\psi_{01} = 0,75$
Redukčný súčiniteľ:	$\xi = 0,85$
Dynamický súčiniteľ podľa STN EN 1991-2, čl. A.3:	$\phi = 1,39$
Ohybová odolnosť (STN EN 1992-2):	$M_{Rd} = 153 \text{ kNm}$
Šmyková odolnosť (STN EN 1992-2):	$V_{Rd} = 149 \text{ kN}$
Redukčný súčiniteľ únavovej odolnosti:	$v = 1,00$

Charakteristiké hodnoty vnútorných síl:

V kombinácii pre normálnu zaťažiteľnosť:

Stále zaťaženia:

Stále zaťaženia spolu:	$M_{G,n,k} = 38 \text{ kNm}$
	$V_{G,n,k} = 44 \text{ kN}$
Predpätie:	$M_{P,n,k} = 0 \text{ kNm}$
	$V_{P,n,k} = 0 \text{ kN}$

Náhodilé zaťaženia:

Náhodilé zaťaženie mimo dopravy:	$M_{Q,t,n,k} = 0 \text{ kNm}$
	$V_{Q,t,n,k} = 0 \text{ kN}$

Zaťaženia dopravou (TP 104):

*LM1-TS (vozidlá):	$M_{Q,ts,n,k} = 49 \text{ kNm}$
	$V_{Q,ts,n,k} = 52 \text{ kN}$
*LM1-UDL (rovnomerné):	$M_{Q,udl,n,k} = 9 \text{ kNm}$
	$V_{Q,udl,n,k} = 12 \text{ kN}$

V kombinácii pre zaťažiteľnosť na jednu nápravu:

Stále zaťaženia:

Stále zaťaženia spolu:	$M_{G,j,k} = 38 \text{ kNm}$
	$V_{G,j,k} = 44 \text{ kN}$
Predpätie:	$M_{P,j,k} = 0 \text{ kNm}$
	$V_{P,j,k} = 0 \text{ kN}$

Náhodilé zaťaženia:

Náhodilé zaťaženie mimo dopravy:	$M_{Q,t,j,k} = 0 \text{ kNm}$
	$V_{Q,t,j,k} = 0 \text{ kN}$

Zaťaženia dopravou (TP 104):

*LM2:	$M_{Q,j,k} =$	46 kNm
	$V_{Q,j,k} =$	70 kN

V kombinácii pre výhradnú zaťažiteľnosť:

Stále zaťaženia:

Stále zaťaženia spolu:

$M_{G,r,k} =$	38 kNm
$V_{G,r,k} =$	44 kN
$M_{P,r,k} =$	0 kNm
$V_{P,r,k} =$	0 kN

Predpätie:

Náhodilé zaťaženia:

Náhodilé zaťaženie mimo dopravy:

$M_{Q,t,r,k} =$	0 kNm
$V_{Q,t,r,k} =$	0 kN

Zaťaženia dopravou (TP 104):

*Špeciálne vozidlo 900/150kN:	$M_{Q,r,k} =$	44 kNm
	$V_{Q,r,k} =$	42 kN

V kombinácii pre výnimočnú zaťažiteľnosť:

Stále zaťaženia:

Stále zaťaženia spolu:

$M_{G,e,k} =$	38 kNm
$V_{G,e,k} =$	44 kN
$M_{P,e,k} =$	0 kNm
$V_{P,e,k} =$	0 kN

Predpätie:

Náhodilé zaťaženia:

Náhodilé zaťaženie mimo dopravy:

$M_{Q,t,e,k} =$	0 kNm
$V_{Q,t,e,k} =$	0 kN

Zaťaženia dopravou (TP 104):

*Špeciálne vozidlo 3000/240kN:	$M_{Q,e,k} =$	38 kNm
	$V_{Q,e,k} =$	47 kN

Stanovenie zaťažiteľnosti (v zmysle TP 104):

Faktor normálnej zaťažiteľnosti:	$F_z = 1,03$	
Normálna zaťažiteľnosť:	$W_n = 33t$	rozhoduje šmyk
Výhradná zaťažiteľnosť:	$W_r = 102t$	rozhoduje šmyk
Výnimočná zaťažiteľnosť:	$W_e = 303t$	rozhoduje šmyk
Zaťažiteľnosť na jednu nápravu:	$W_j = 17t$	

Zaťažiteľnosť je spracovaná podľa terajších platných legislatívnych technických noriem, predpisov a podmienok (t.j. TP 104 - Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok s účinnosťou TP od 01.05.2016).

Zaťažiteľnosť je stanovená pre predmetnú projektovú dokumentáciu, pre ktorú je statický výpočet spracovaný. Prípadné zmeny oproti danej projektovej dokumentácii a nepresnosti pri zhotovovaní mostného objektu môžu výrazne ovplyvniť hodnoty zaťažiteľnosti.

7 Záver statického výpočtu

Statickým výpočtom bola overená celková konštrukcia predmetného mostného objektu.

Všetky prvky konštrukcie boli navrhnuté a posúdené podľa terajšie platných STN, STN EN, predpisov a podmienok. 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, jún 2020

Vypracoval: Ing. Martin Rusín