

D
201-00

 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.J.ANTOL
	VYPRACOVAL: ING.M.RUSIN	KONTROLOVAL: ING.J.KURUC
OBJEDNÁVATEL: SSC - Investičná výstavba a správa ciest, M.Rázusa 104/A , 010 01 Žilina		
OKRES: Martin	KRAJ: ŽILINSKÝ	
KAT.ÚZEMIE: Martin	DÁTUM: 07/2021	
STAVBA: I/18 Martin - Priekopa, most 293	STUPEŇ: DP,DRS	
	Č.ZÁKAZKY: 2509	
	MIERKA:	
OBJEKT: 201-00 MOST ev.č. 000018-293	Č. PRÍLOHY:	Č. SÚPRAVY:
PRÍLOHA : STATICKÝ VÝPOČET	15	

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	Trenie v ložiskách	6
4.2.2	Zaťaženie vetrom	6
4.2.3	Zaťaženie účinkami teploty	6
4.2.4	Zaťaženie cestnou dopravou	7
4.3	Zaťažovací model pre brehové podpory a priľahlé krídla mosta	9
4.3.1	Zvislé zaťaženia	9
4.3.2	Vodorovné sily	9
5	Výpočtový model mosta	10
5.1	Zostavenie výpočtového modelu mosta	10
5.1.1	Použité prierezy	11
5.1.2	Kombinácie zaťažovacích stavov	12
6	Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie	13
6.1	Tyčový prefabrikát	13
6.2	Spriahajúca doska	13
7	Návrh a posúdenie spodnej stavby	14
7.1	Návrh ložísk	14
7.1.1	Ložiská na oporách	14
7.1.2	Uloženie na podperách	15
7.2	Posúdenie úložného prahu podpier	15
7.2.1	Posúdenie kombinácie ohybu a osovej sily	16
8	Návrh mostného záveru	18
9	Stanovenie zaťažiteľnosti mostného objektu	19
10	Záver statického výpočtu	20

1 Úvod

1.1 Popis mosta

Mostný objekt bol postavený v roku 1964 a premoštuje bezmenný potok, železničnú vlečku a dve poľné cesty. Most je 4poľový s rozpätím 14,22+14,52+14,52+14,22. Jestvujúca nosná konštrukcia pozostáva z prefabrikovaných nosníkov typu Vloššák o počte 15ks. NK zo statického hľadiska pôsobí ako prosté polia. Spodnú stavbu tvoria krajné členené opory a 3 medziľahlé podpory pozostávajúce z ŽB úložných prahov podopretých 6-timi stojkami vychádzajúcich zo základu. Prvky spodnej stavby sú z prefabrikátov. Zakladanie mosta je plošné.

V rámci rekonštrukcie je navrhnutá výmena NK za katalógové mostné tyčové prefabrikáty z predpäťého betónu, ktoré budú spriahnuté spriahajúcou doskou. Statické pôsobenie je uvažované ako prosté polia spojené s pružnou doskou. Nosníky budú uložené na oporách prostredníctvom elastomérových ložísk. Navrhnuté je aj zosilnenie úložných prahov medziľahlých podpier prostredníctvom predpínacích lán centricky pôsobiacich. Medzi stojky podpier je navrhnuté dobetónovanie ŽB stenami o výške 2m. Zakladanie mosta bude zosilnené na medziľahlých podperách pomocou mikropilót a dobetónávkou základu. Na oporách budú zosilnené úložné prahy.

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 1991-1-6 Zať. konštrukcií; Časť 1-6: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženia počas výstavby

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

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

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

TP 104 Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok

Podklady :

- Protokol z hlavnej prehliadky (08/2007), správa o diagnostiku predmetného mosta (06/2011), geodetické zameranie (ISPO)

1.3 Použité programy

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

- Strap, Geo5, 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.

2 Geometria mosta

3 Použité materiály

3.1 Druhy materiálov

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

- **Betón**
 - o Nosná konštrukcia podľa typu zvolených nosníkov
 - o Zosilnenie spodnej stavby C30/37
- **Oceľ**
 - o Betonárska výstuž B 500B
 - o Predpínacia výstuž NK podľa typu zvolených nosníkov
 - o Predpínacia výstuž SS LsØ15,5mm/1800MPa

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

Predpínacia výstuž: ØLs 15,5mm-1800MPa		
Priemer lana	$\varnothing_p$ (mm)	15,5
Prierezová plocha lana	$A_{p,1}$ (mm ²)	141
Prierezová plocha kábla	A_p (mm ²)	3300
Charakteristická pevnosť lana	f_{pk} (MPa)	1800
Dohodnutá medza klzu pri 0,1% trvalej deformácie	$f_{p0,1,k}$ (MPa)	1620
Návrhová hodnota pevnosti výstuže	$f_{pd} = f_{p0,1,k} / \gamma_s$ (MPa)	1408
Modul pružnosti predpínacej výstuže	E_p (GPa)	195
Maximálne napätie pri predpínaní	$\sigma_{p,max} = \min \{0,8 \cdot f_{pk} ; 0,9 \cdot f_{p0,1,k}\}$	1440
Maximálne napätie po vnesení predpätia	$\sigma_{pm0} = \min \{0,75 \cdot f_{pk} ; 0,85 \cdot f_{p0,1,k}\}$	1350
Horná hodnota predpínacieho napätia	$\sigma_{pk,sup} = r_{sup} \cdot \sigma_{pm0} = 1,05 \cdot \sigma_{pm0}$	
Dolná hodnota predpínacieho napätia	$\sigma_{pk,inf} = r_{inf} \cdot \sigma_{pm}(t) = 0,95 \cdot \sigma_{pm}(t)$	
Poklž v kotve	Δ_s (mm)	4
Strata z relaxácie po 1000 hodinách	štandardne 2,5%	
Priemer káblového kanálika	$\varnothing_{duct}$ (mm)	100

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:

- Prosté betónové časti..... 24,0 kN/m³
- Železobetónové časti 25,0 kN/m³
- Predpäté časti..... 26,0 kN/m³
- Oceľové časti..... 78,5 kN/m³

4.1.2 Mostný zvršok

- Asfaltová vozovka, hr. 90mm
 - o Horná hranica „sup“..... 3,02 kN/m²
 - o Spodná hranica „inf“ 1,73 kN/m²
- Rímsa
 - o Odrazný pruh..... 6,25 kN/m²
 - o Zvodidlo 1,0 kN/m²

4.2 Premenné zaťaženia „Q“

4.2.1 Trenie v ložiskách

Trenie je uvažované hodnotou 4% tiaže zo stáleho zaťaženia transformované do vodorovného účinku. Zaťaženie pôsobí v úrovniach ložísk.

4.2.2 Zaťaženie vetrom

Dĺžka mosta : $L = 58.8 \text{ m}$ Hustota vzduchu : $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$
 Šírka mosta : $b = 18.1 \text{ m}$ Zákl. rýchlosť vetra bez dopravy : $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$
 Referenčná výška : $z_e = 7.0 \text{ m}$ Zákl. rýchlosť vetra s dopravou : $v_{b,0}^* = 23 \text{ m/s}$
 Kategória terénu : $k_t = II$ Špičkový tlak vetra : $q_p(z_e) = 0.8866 \text{ kPa}$

4.2.2.1 Zaťaženie vetrom v smere X (kolmo na os mosta)

Účinok bez dopravy na moste		Účinok s dopravou na moste	
Síla vetra v smere osi X :	$F_{w,x} = 122.7 \text{ kN}$	Síla vetra v smere osi X :	$F_{w,x} = 216.9 \text{ kN}$
Spojité zať. na 1bm :	$q_{w,x} = 2.10 \text{ kN/m}$	Spojité zať. na 1bm :	$q_{w,x} = 3.70 \text{ kN/m}$
Súčiniteľ zať. vetrom :	$C = 2.73$	Súčiniteľ zať. vetrom :	$C = 3.49$
Referenčná plocha mosta :	$A_{ref,x} = 1.06E+02 \text{ m}^2$	Referenčná plocha mosta :	$A_{ref,x} = 1.88E+02 \text{ m}^2$

4.2.2.2 Zaťaženie vetrom v smere Z

Síla vetra v smere osi Z : $F_{w,z} = 849.2 \text{ kN}$
 Spojité zať. na 1bm : $q_{w,z} = 14.44 \text{ kN/m}$
 Súčiniteľ zať. vetrom : $C = 1.89$
 Referenčná plocha mosta : $A_{ref,z} = 1.06E+03 \text{ m}^2$
 Excentricita sily : $e_x = 4.525 \text{ m}$

4.2.2.3 Zaťaženie vetrom v smere Y (rovnobežne s osou mosta)

Síla vetra 25% v smere osi Y : $F_{w,y} = 56.8 \text{ kN}$
 Spojité zať. na 1bm : $q_{w,y} = 0.97 \text{ kN/m}$

4.2.3 Zaťaženie účinkami teploty

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 : $T_{min} = -30^\circ\text{C}$
- 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 :

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

4.2.3.2 Zložka teplotného spádu

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

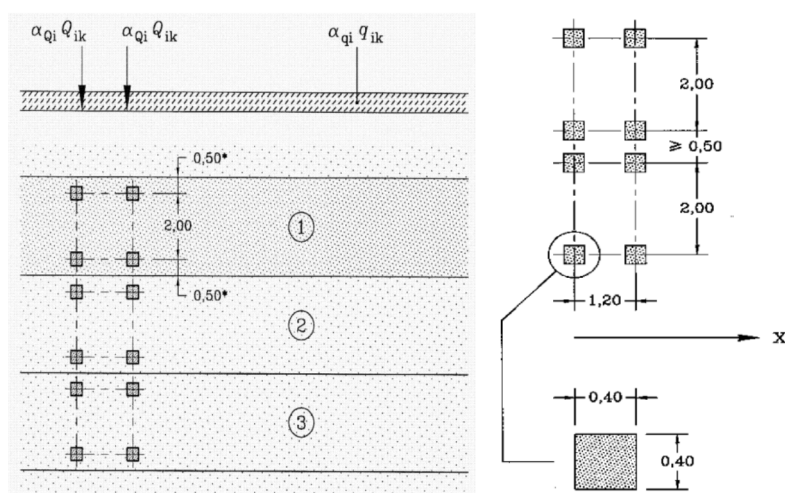
- Horný povrch teplejší ako spodný povrch : $\Delta T_{M,heat} = 11,4^{\circ}\text{C}$
- Spodný povrch teplejší ako horný povrch : $\Delta T_{M,cool} = -8,0^{\circ}\text{C}$

4.2.4 Zaťaženie cestnou dopravou

4.2.4.1 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 " $\alpha_q q_k$ "



Obr. 1 Aplikácia zaťažovacieho modelu 1

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

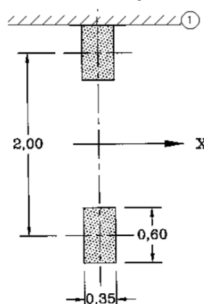
Zvyšná plocha $q_{rk} = 2,5\text{kN/m}^2$; $\alpha_{qr} = 1,0$

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

4.2.4.2 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.



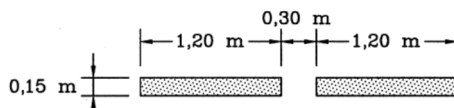
Obr. 2 Aplikácia zaťažovacieho modelu 2

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

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

4.2.4.3 Zaťažovací model 3 „LM3-900/150“

Je to súbor zoskupení nápravových zaťažení reprezentujúcich zvláštne vozidlá (napr. vozidlá pre priemyselnú dopravu), ktoré sa môžu pohybovať na povolených trasách cestných komunikácií vyhradených pre ťažký náklad. Model je určený pre celkové ako aj lokálne overenie konštrukcie.



Obr. 3 Usporiadanie náprav a stanovenie kolesovej kontaktnej plochy vozidla 900/150

Vozidlo má 6 náprav po 150kN. Rozostavenie náprav je 6x150kN so vzdialenosťou náprav $e=1,50m$.

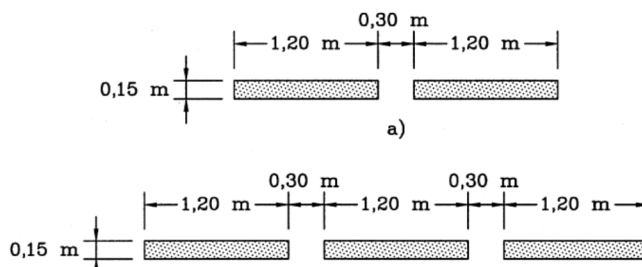
Zaťažovací model LM3-900/150 sa používa pre stanovenie výhradnej zaťažiteľnosti.

4.2.4.4 Zaťažovací model 3 „LM3-3000/240“

Je to súbor zoskupení nápravových zaťažení reprezentujúcich zvláštne vozidlá (napr. vozidlá pre priemyselnú dopravu), ktoré sa môžu pohybovať na povolených trasách cestných komunikácií vyhradených pre ťažký náklad. Model je určený pre celkové ako aj lokálne overenie konštrukcie.

Národná príloha špecifikuje pre tento zaťažovací model špeciálne vozidlo 3000/240, umiestnené do dvoch susedných zaťažovacích pruhov a považuje sa za jediné vozidlo na moste. Tieto zaťažovacie pruhy sa uvažujú na vozovke v najpriaznivejšej polohe s prípustnou kolmou odchýlkou od vytýčenej polohy $\pm 0,3m$.

Vozidlo sa pohybuje pomalou rýchlosťou do 5km/h, pričom musí byť po celej dĺžke mosta vylúčená ostatná doprava. Dynamické účinky špeciálneho vozidla sa nezohľadňujú.



Obr. 4 Usporiadanie náprav a stanovenie kolesovej kontaktnej plochy vozidla 3000/240

Vozidlo má 12 náprav po 240kN + 1 náprava po 120kN. Rozostavenie náprav je 1x120kN + 12x240kN so vzdialenosťou náprav $e=1,50m$.

Zaťažovací model LM3-3000/240 sa taktiež používa aj pre stanovenie výnimočnej zaťažiteľnosti.

4.2.4.5 Brzdné a rozjazdové sily

Brzdná sila musí byť uvažovaná ako sila pôsobiaca na povrchu vozovky v pozdĺžnom smere.

$$180\alpha_{Q1} \leq Q_{lk} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) + 0,10\alpha_{Q1}q_{1k}w_l L \leq 900kN$$

Charakt. hodnota sily $Q_{lk} = 467kN$

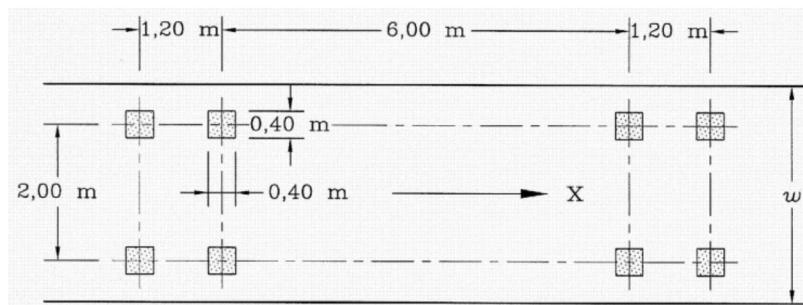
4.2.4.6 Odstredivé a iné priečne pôsobiace sily

Odstredivé sily sú definované ako priečne pôsobiace sily na povrchu vozovky v smere kolmom k osi vozovky. Tieto sily zahrňujú aj dynamické účinky.

Charakt. hodnota sily $Q_{trk} = 117kN$

4.2.4.7 Únavový zaťažovací model 3 „FLM3“

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



Obr. 5 Únavový zaťažovací model 3

Tiaž nápravy 120kN

4.3 Zaťažovací model pre brehové 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 zaťažení v zásype alebo zemine.

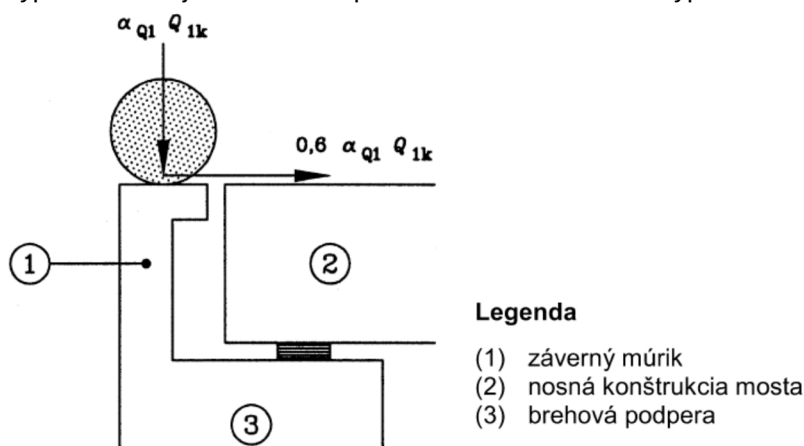
Predpokladá sa zásyp primerane konsolidovaný a preto sa uvažuje roznos zaťaženia pod uhlom 30° od zvislého smeru. Pri takejto hodnote uhla obdĺžniková plocha, na ktorej sa uvažuje pôsobenie zaťaženia „ q_{eq} “ má 3,0m šírku a 2,20m dĺžku.

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

4.3.2 Vodorovné sily

Neuvažuje sa pôsobenie vodorovnej sily na úrovni obrusnej vrstvy vozovky nad zásypom.

Pri návrhu záverných múrikov sa uvažuje s brzdnou silou v pozdĺžnom smere s charakteristickou hodnotou $0,6\alpha_{Q1}Q_{1k}$, pôsobiacu súčasne s nápravovým zaťažením $\alpha_{Q1}Q_{1k}$ zaťažovacieho modelu 1 a zemným tlakom od zásypu. Neuvažuje sa súčasné pôsobenie zaťažení na zásyp.



Obr. 6 Pôsobenie síl na záverný múrik

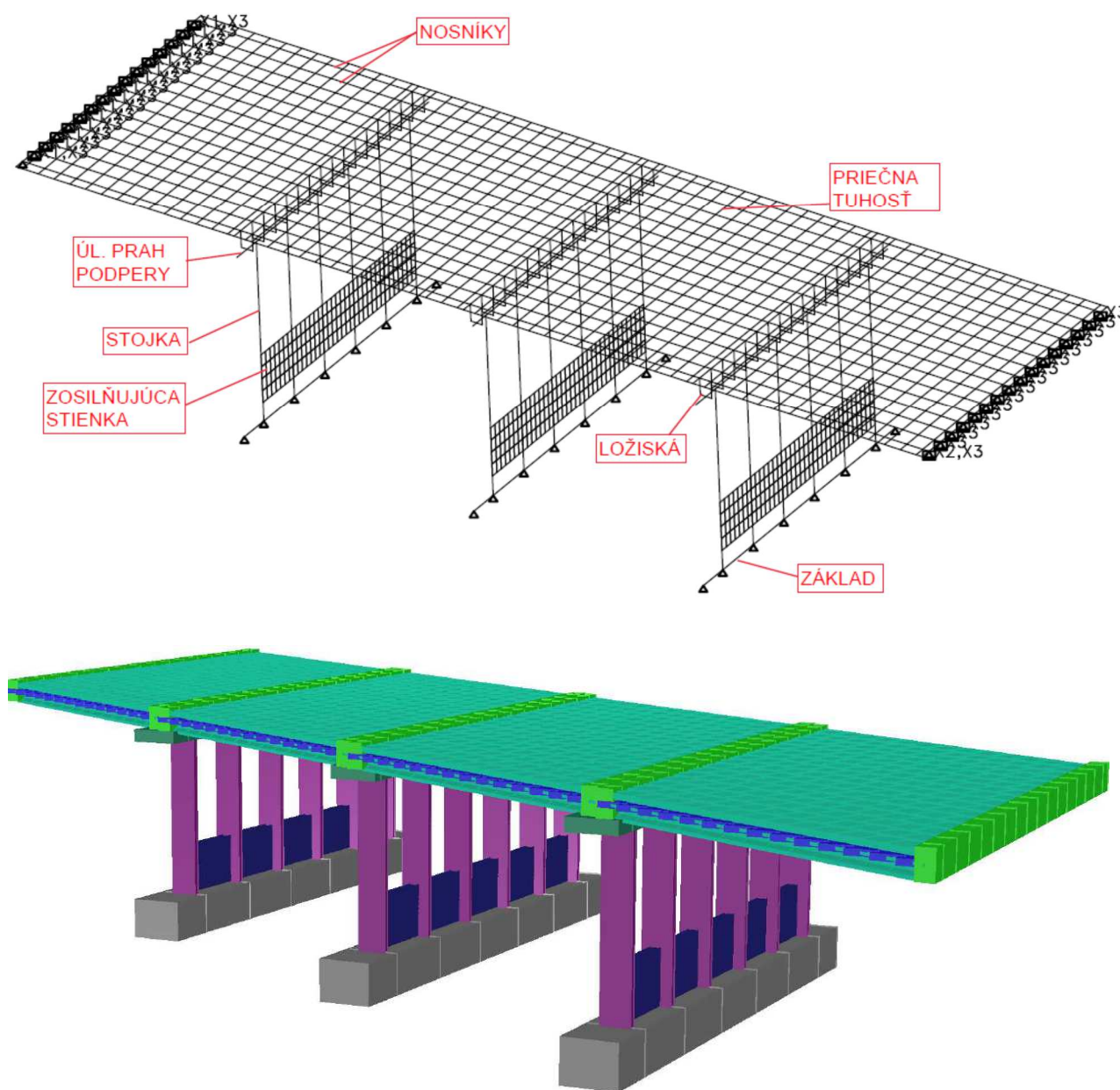
5 Výpočtový model mosta

5.1 Zostavenie výpočtového modelu mosta

Výpočtový model mostného objektu bol vytvorený v programe STRAP. Všetky prvky sú určené svojimi geometrickými a materiálovými charakteristikami.

Celá konštrukcia je modelovaná pomocou prútov okrem zosilňujúcich stienok, na ktoré boli použité plošné prvky.

Hlavné nosníky pôsobia ako proste podopreté, ktoré sú v pozdĺžnom smere prepojené pomocou prútov simulujúcich pružnú dosku o hrúbke 0,21m. Nosníky majú zabezpečenú tuhosť a priečny roznos pomocou priečných prútov, ktoré sú osovo vzdialené 1m s rozmerom 0,21/1,0m. Na koncoch polí je prút tvoriaci priečnik. Uloženie trávov na podpory je riešené pomocou tuhých väzieb (zvislé prúty) ktoré sú napojené na prúty simulujúce ložiská. Dané prúty majú uvoľnené príslušné väzby. „Ložiská“ sú cez tuhé väzby napojené na úložné prahy podpier. Z nich sú vypustené stojky pripojené na základ.



5.1.1 Použité prierezy

SECTION PROPERTY TABLE (units - mm.)					
PROPERTY NO. 1 - Hlavné nosníky					
A=0.4341E+06	I2=0.4199E+11	I3=0.2094E+11	J=0.8323E+10	SF2=0.500	SF3=0.500
Material = 1 - C45/55 Perimeter=4298.6					
h2=1000.00	h3=940.000	e2=500.000	e3=575.045		
PROPERTY NO. 2 - Koncový priečník					
A=0.5568E+06	I2=0.4276E+11	I3=0.1561E+11	J=0.3894E+11	SF2=0.850	SF3=0.850
Material = 2 - C30/37 Perimeter=3080.0					
h2=580.000	h3=960.000	e2=290.000	e3=480.000		
<					

5.1.2 Kombinácie zaťažovacích stavov

LOAD CASES LIST		
no.	no. in results	name
1	1	G0
2	2	G1-sup
3	3	G1-inf
4	4	LM1/UDL
5	5	LM1/TS
6	6	LM1/TS #2
~	~	~
115	115	LM1/TS #111
116	116	LM2
117	117	LM2 #2
~	~	~
226	226	LM2 #111
227	227	LM3/900
228	228	LM3/900 #2
~	~	~
323	323	LM3/900 #97
324	324	LM3/3000
325	325	LM3/3000 #2
~	~	~
399	399	LM3/3000 #76
400	400	HPTaS
401	401	SPTaH
402	402	Fw,x

GROUP DEFINITION	
group	
LM1/TS	5/ 6/ 7/ 8/ 9/ 10/ 11/ 12/ 13/ 14/ 15/ 16/ 17/ 18/ 19/20/ 21/ 22/ 23/ 24/ 25/~115/
LM2	116/117/118/119/120/121/122/123/124/125/126/127/128/129/130/131/132/~226/
LM3/900	227/228/229/230/231/232/233/234/235/236/237/238/239/240/241/242/243/~323/
LM3/3000	324/325/326/327/328/329/330/331/332/333/334/335/336/337/338/339/340/~399/
G1	2/ 3

COMBINATIONS DEFINITION	
Comb.	
1	MSU-G 1 * 1.35 +G1* 1.35
2	MSU-LM1 1 * 1.35 + 4 * 1.35 +LM1/TS* 1.35 +G1* 1.35
3	MSU-LM2 1 * 1.35 +LM2* 1.35 G1* 1.35
4	MSU-LM3/900 1 * 1.35 +LM3/900* 1.35 +G1* 1.35
5	MSU-LM3/3000 1 * 1.35 +LM3/3000* 1.35 +G1* 1.35
6	MSP-KS-G 1 * 1.00 +G1* 1.00
7	MSP-Ch-LM1 1 * 1.00 + 4 * 1.00 +LM1/TS* 1.00 +G1* 1.00
8	MSP-Ch-LM2 1 * 1.00 +LM2* 1.00 +G1* 1.00
9	MSP-Ch-LM3/900 1 * 1.00 +LM3/900* 1.00 +G1* 1.00
10	MSP-Ch-LM3/3000 1 * 1.00 +LM3/3000* 1.00 +G1* 1.00
11	MSP-C-LM1 1 * 1.00 + 4 * 0.40 +LM1/TS* 0.75 +G1* 1.00
12	MSP-C-LM2 1 * 1.00 +LM2* 0.75 +G1* 1.00
13	MSP-C-LM3/900 1 * 1.00 +LM3/900* 0.75 +G1* 1.00

6 Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie

6.1 Tyčový prefabrikát

Bude použitý katalógový mostný tyčový prefabrikát z predpätého betónu, zodpovedajúci kritériám stanovených pre tento konštrukčný prvok v zmysle aktuálne platných noriem a predpisom.

Uvažované parametre vo výpočtovom modeli :

- | | |
|----------------------------|--|
| • Trieda betónu | C45/55 |
| • Trieda betonárskej ocele | B 500B |
| • Trieda predpínacej ocele | Y1860S7-15,7 |
| • Trieda prostredia | XC4, XD1, XF2, XA1 (SK)-CI 0,1 - D _{max} 16 |
| • Plocha prierezu | $A_c = 0,2348\text{m}^2$ |
| • Výška prierezu | $H = 0,75\text{m}$ |
| • Počet nosníkov | $n = 17\text{ks}$ |
| • Osová vzdialenosť | $s = 1,05\text{m}$ |

6.2 Spriahajúca doska

Minimálna hrúbka a vystuženie spriahajúcej dosky závisia od zvoleného typu mostného tyčového prefabrikátu z predpätého betónu ako aj od geometrického usporiadania nosnej konštrukcie.

Uvažované parametre vo výpočtovom modeli :

- | | |
|----------------------------|---|
| • Trieda betónu | C30/37 |
| • Trieda betonárskej ocele | B 500B |
| • Trieda prostredia | XC4, XD1, XF2 (SK)-CI 0,2 (0,4) - D _{max} 16 |
| • Plocha prierezu | $A_c = 0,21\text{m}^2/\text{m}$ |
| • Výška prierezu | $h_d = 0,21\text{m}$ |

7 Návrh a posúdenie spodnej stavby

7.1 Návrh ložísk

7.1.1 Ložiská na oporách

Na opory navrhujem elastomérové ložiská.

zaťaženie						
smer	Gk	gr1a	Qlk	Fwk	Fwk'	Tk
X	0.0	0.0	6.0	1.0	1.0	17.0
Y	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	0.0
Z	120.0	270.0	0.0	0.0	3.4	0.0
kombinácie						
smer	usl-1	usl-2	usl-3	usl-4	usl-5	usl-6
X	0.0	1.5	16.8	26.4	8.1	23.4
Y	0.0	3.0	3.0	1.8	0.0	0.0
Z	526.5	531.6	162.0	162.0	526.5	526.5

Modul pružnosti v šmyku : $G_g = 0.90 \text{ MPa}$

Šírka ložiska : $a = 200 \text{ mm}$ Šírka výstužných plechov : $a_p = 190 \text{ mm}$

Dĺžka ložiska : $b = 250 \text{ mm}$ Dĺžka výstužných plechov : $b_p = 240 \text{ mm}$

Výška ložiska : $t_b = 35 \text{ mm}$ Hrúbka výstužného plechu : $t_p = 3.0 \text{ mm}$

Hr. vonkajšej vrstvy elastomeru : $t_{j0} = 2.5 \text{ mm}$ Počet vnút. vrstiev elastomeru : $n = 3$

Hr. 1 vnútornej vrstvy elastomeru : $t_j = 6.0 \text{ mm}$ Celková hrúbka elastomeru : $T_q = 18 \text{ mm}$

max. dosiahnutá reakcia : $F_{z,d,max} = 526.5 \text{ kN}$ Sila v pozdĺžnom smere : $F_{x,d} = 26.4 \text{ kN}$

min. dosiahnutá reakcia : $F_{z,d,min} = 162.0 \text{ kN}$ Sila v priečnom smere : $F_{y,d} = 3.0 \text{ kN}$

max. vodor. posun v smere "a" : $v_{x,d} = 20.0 \text{ mm}$ Uhol pootočenia v smere "a" : $\alpha_{a,d} = 0.40^\circ$

max. vodor. posun v smere "b" : $v_{y,d} = 1.0 \text{ mm}$ Uhol pootočenia v smere "b" : $\alpha_{b,d} = 0.05^\circ$

max. výsledné vodor. posunutie : $v_{xy,d} = 20.0 \text{ mm}$ Medza klízu ocele : $f_y = 235 \text{ MPa}$

Posúdenie pretvorenia vyvolaného tlakovým zaťažením :

$\epsilon_{t,d} \leq \epsilon_{u,d}$ **Posúdenie pretvorenia vyvolaného tlakovým zaťažením vyhovuje**
5.0 < 7.0

Súčet pretvorení $\epsilon_{t,d}$: 4.96

Návrhové pretvorenie vyvolané návrhovým zaťažením $\epsilon_{c,d}$: 2.45

Návrhové pretvorenie vyvolané návrhovým uhlovým pootočením $\epsilon_{\alpha,d}$: 1.40

Návrhové pretvorenie v šmyku vyvolané translačnými pohybmi $\epsilon_{q,d}$: 1.11

Maximálna prípustná hodnota pre medzný stav únosnosti $\epsilon_{u,k}$: 7.00

Súčiniteľ účinku zaťaženia (pre pohyblivé 1.5, ostatné 1.0) K_L : 1.0

Kontrola hrúbky výstužného plechu :

$t_p \geq t_{s,min} = \max[t_{s,min,i}; 2\text{mm}]$ **Hrúbka výstužného oceleového plechu vyhovuje**
3.0 mm > 2.0 mm

Min. hrúbka oceľových plechov vo vrstvenom plechu $t_{s,min}$: 2.00 mm

Súčiniteľ ťahových napätí vnesených do výstužnej dosky K_h : 1.0

Opravný súčiniteľ napätia K_p : 1.3

Posúdenie pootočenia :

$\Sigma v_{z,d} \geq v_{rot}$ **Posúdenie obmedzenia**
1.0 > 0.51 pootočenia vyhovuje

Posúdenie stability proti vybočeniu :

$\sigma_{z,d} / \sigma_{z,lim} \leq 1.0$ **Posúdenie proti**
0.23 < 1.00 vybočeniu vyhovuje

Vzniknutá zvislá deformácia v_{rot} : 0.51

Vyvozené maximálne napätie $\sigma_{z,d}$: 12.96 MPa

Súč. obmedzenia pootočenia $K_{r,d}$: 3

Limitné napätie $\sigma_{z,lim}$:

55.97 MPa

Posúdenie stability proti posunutiu :

$F_{xy,d} \leq \mu_e \cdot F_{z,d,min}$
27 kN < 28 kN

Posúdenie proti
posunutí vyhovuje

Výslednica všetkých vodorovných síl $F_{xy,d}$: 26.6 kN

Minimálne zvislé napätie $\sigma_{m,min}$: 3.99 MPa

Súč. trenia μ_e : 0.175

Navrhujem elastomérové ložisko s rozmermi 200x250/35mm s 3-mi vnútornými vrstvami elastoméru hr.6mm a 4-mi výstužnými plechmi hr.3mm.

7.1.2 Uloženie na podperách

Nosníky budú uložené na úložný prah prostredníctvom lepenkového pásu. Aby bol zaistený priečny smer proti ušmyknutiu budú do úložného prahu (v mieste stredových nosníkov) vlepené kotevné tyče, ktoré budú zabetónované v koncových priečnikoch.

Zvislá sila od stáleho :	$N_{d,G} = 162 \text{ kN}$
Zvislá sila od premenného :	$N_{d,Q} = 365 \text{ kN}$
Max. zvislá sila na kĺb :	$N_{d,max} = 4500 \text{ kN}$
Max. priečna sila 25% N_d :	$H_{Ed} = 1125 \text{ kN}$
Počet trŕňov v kĺbe :	$n = 8 \text{ ks}$
Priemer trŕňa :	$d = 32 \text{ mm}$
Uhol uloženia trŕňov k horiz. rovine:	$\alpha = 90^\circ$
Medza klzu ocele :	$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$

Posúdenie trŕňov na strihovú únosnosť :

Limitné napätie pre strih : $\tau_{lim} = 218 \text{ MPa}$ $\tau_s / \tau_{lim} \leq 1.0$ **Vrubový kĺb**

Šmykové napätie pre strih : $\tau_s = 175 \text{ MPa}$ **0.80 < 1.0 vyhovuje**

Navrhujem 8ks betonárskej výstuže $\Phi 32\text{mm}$. Vytvorené budú 4rady po 2ks výstuže medzerách medzi stredovými nosníkmi.

7.2 Posúdenie úložného prahu podpíer

Z výsledkov diagnostiky a prepočtu mosta z hľadiska úložných prahov vyplýva :

- úložné prahy sú tvorené dvoma prefabrikovanými trámami 500x600mm uloženými vedľa seba s medzerou cca 39cm, na začiatku a konci dobetónovaných
- mechanická odolnosť (únosnosť) existujúcich úložných prahov je nedostatočná.
- návrhová hodnota ohybového momentu na úložnom prahu je $M_{Ed}=495\text{kNm}$, pričom zrátaná ohybová odolnosť je $M_{Rd}=281\text{kNm}$. Zaťaženie od existujúceho spádového betónu (160-250mm, ak predpokladáme že hrúbka vozovky je 90mm) je prakticky identické so zaťažením od spriahajúcej dosky (150-230mm).
- vystuženie úložných prahov tvoria pozdĺžne prúty 4 $\Phi 22$ (výstuž z ocele s medzou klzu 400MPa) uložené pri hornom a dolnom povrchu a strmene $\Phi 8$ á250mm (výstuž z ocele s medzou klzu 210MPa)

Zvýšenie mechanickej odolnosti úložných prahov navrhujem realizovať pozdĺžnym centrickým predpätím káblami typu $\Phi Ls15,5\text{mm}/1800\text{MPa}$ v celkovom počte 8ks. Predpínacie napätie je 1440MPa s podržaním 10min. tak, aby sa minimalizovali straty predpätia. Kotvenie káblov je zabezpečené oceľovými

kotevnými konštrukciami (pozri výkresovú prílohu PD) umiestnenými na oboch koncoch úložných prahov. Predpínacie laná sú osadené nad sebou a ich kotvenie je pravidelne vystriedané (polovica predpínacích jednotiek je kotvených na jednom a polovica na druhom konci úložného prahu). Poloha káblov, predovšetkým v čase montáže, je zabezpečená oceľovými vymedzovačmi polohy prikotvenými k zvislým plochám úložných prahov.

7.2.1 Posúdenie kombinácie ohybu a osovej sily

Úložný prah pozostáva z dvoch prefabrikovaných trámov 500x600mm z betónu C25/30. Ich vystuženie je popísané v predošlej kapitole. Pre jeden z nich na základe známych skutočností vytvoríme interakčný diagram momentu a osovej sily.

Section analysis for combined axial load and bending

1. Assumptions:

Concrete: $f_{ck} = 25.0$ (MPa)

Reinforcing steel: $f_{yk} = 400.0$ (MPa)

- Cracking category: exposure class 1
- No seismic design provisions
- Calculated as a beam
- Moment redistribution factor $\delta = 1.00$
- Calculations according to EC2 / French NAD

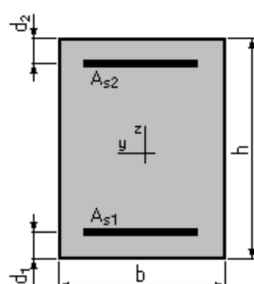
2. Section:

$b = 500.0$ mm

$h = 600.0$ mm

$d_1 = 50.0$ mm

$d_2 = 50.0$ mm



3. Reinforcement:

Theoretical area	$A_{s1} = 15.2$ (cm ²)
	$A_{s2} = 15.2$ (cm ²)
Minimum area	$A_{s \min} = 3.4$ (cm ²)
Maximum area	$A_{s \max} = 120.0$ (cm ²)
Theoretical	$\rho = 1.11$ (%)
Minimum	$\rho_{\min} = 0.13$ (%)
Maximum	$\rho_{\max} = 4.00$ (%)

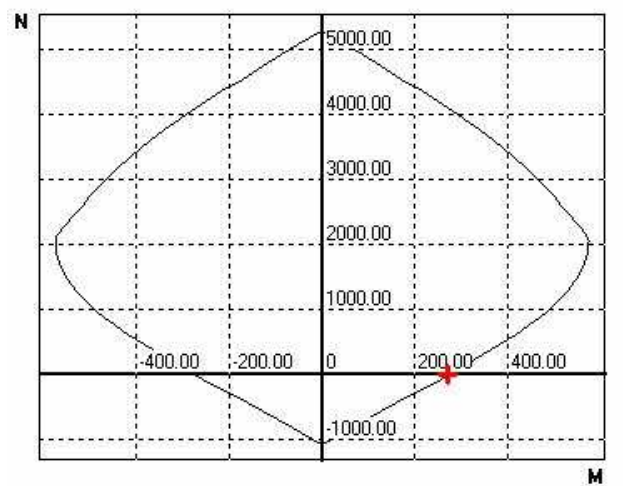
4. Results:

Limit capacity:

Ultimate Limit State (fundamental) 0.00 N (kN) 271.76 M (kN*m)

Case analysis:

State ULS	N = 0.00	(kN)	M = 271.76	(kN*m)
Safety factor:	1.00		Pivot: A	
Neutral axis location:		$y = 79.3$ mm	Internal forces lever arm: $Z = 521.0$ mm	
Steel strain:	$\epsilon_s = 10.00$	(%)	Stress in steel:	
Concrete strain:	$\epsilon_b = 1.68$	(‰)	in tension	$\sigma_s = 348.2$ (MPa)
			in compression	$\sigma'_s = 124.4$ (MPa)



Z interakčného diagramu vyplýva, že mechanická odolnosť prierezu pri ohybovom momente $M_{Ed}=495\text{kNm}$ bude zabezpečená pri súčasnom pôsobení osovej tlakovej sily veľkosti $N=1300\text{kN}$.

8 Návrh mostného záveru

Základné údaje :

• Dĺžka dilatačného celku :	$L = 58.79 \text{ m}$
• Rozpätie poľa pre uvažovaný priehyb :	$L_i = 14.50 \text{ m}$
• Konštantné tlakové napätie :	$\sigma_c = 3.2 \text{ MPa}$
• Výška nosnej konštrukcie :	$h = 1.000 \text{ m}$
• Hrúbka vozovky :	$v = 0.090 \text{ m}$
• Prierezová plocha prvku:	$A_c = 0.210 \text{ m}^2$
• Obvod prvku, kt. je v kontakte s atmosférou :	$u = 1.120 \text{ m}$
• Náhradná výška prvku :	$h_0 = 375 \text{ mm}$
• Relatívna vlhkosť okolitého prostredia :	$RH = 70 \%$

Zmrašťovanie :

• Vek betónu na začiatku zmrašťovania :	$t_s = 3 \text{ dní}$
• Vek betónu pri zhotovení mostného záveru :	$t_{s1} = 60 \text{ dní}$
• Vek betónu na konci životnosti :	$t = 36500 \text{ dní}$

Dotvarovanie :

• Vek betónu pri zaťažení v dňoch :	$t_0 = 28 \text{ dní}$
• Vek betónu pri zhotovení mostného záveru :	$t_1 = 60 \text{ dní}$
• Vek betónu v dňoch v uvažovanom čase :	$t = 36500 \text{ dní}$

Rovnomerná zložka teploty :

• Minimálna teplota vzduchu v tieni :	$T_{min} = -32.00 \text{ }^{\circ}\text{C}$
• Maximálna teplota vzduchu v tieni :	$T_{max} = 40.00 \text{ }^{\circ}\text{C}$
• Typ konštrukcie :	Typ 3
• Začiatočná teplota mosta :	$T_0 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
• Súčiniteľ teplotnej rozťažnosti :	$\alpha_T = 1.0\text{E-}05 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Teplotný spád :

• Horný povrch teplejší ako spodný :	$\Delta T_{M,heat} = 11.50 \text{ }^{\circ}\text{C}$
• Spodný povrch teplejší ako horný :	$\Delta T_{M,cool} = -8.00 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Posun od dotvarovania :	$\Delta L_{cc} = \epsilon_{cc} * L = -4.17 \text{ mm}$
Posun od zmrašťovania :	$\Delta L_{cc} = \epsilon_{cs} * L = -16.62 \text{ mm}$
Posun od rovnomernej zložky teploty pri skracovaní :	$\Delta L_{Tc} = L * \epsilon_{Tc} = -31.75 \text{ mm}$
Posun od rovnomernej zložky teploty pri predlžovaní :	$\Delta L_{Te} = L * \epsilon_{Te} = 30.57 \text{ mm}$
Posun od teplotného spádu HPTaS :	$\Delta L_{M,heat} = 0.83 \text{ mm}$
Posun od teplotného spádu SPTaH :	$\Delta L_{M,cool} = -0.58 \text{ mm}$
Posun od priehybu konštrukcie :	$\Delta L_w = -3.57 \text{ mm}$

Celkové predĺženie konštrukcie :	$+\Delta = 31.4 \text{ mm}$
Celkové skrátenie konštrukcie :	$-\Delta = -56.7 \text{ mm}$
Celkový pohyb konštrukcie :	$\Delta L = 88 \text{ mm}$
Návrh mostného záveru :	$\pm 44 \text{ mm}$

Navrhujem použiť kobercový mostný záver s celkovou dilatáciou 50mm.

9 Stanovenie zaťažiteľnosti mostného objektu

Na predmetnom mostnom objekte nie je možné stanoviť zaťažiteľnosť z dôvodu neznámych katalógových mostných tyčových prefabrikátov z predpätého betónu, ktoré budú použité pri výstavbe mostného objektu.

Katalógové mostné tyčové prefabrikáty vyrábané v Slovenskej republike spĺňajú kritéria na minimálnu normovú zaťažiteľnosť, ktorá je nasledovná :

- Normálna zaťažiteľnosť : 32t
- Výhradná zaťažiteľnosť : 90t
- Výnimočná zaťažiteľnosť : 300t

Presné stanovenie zaťažiteľnosti bude možné vyhotoviť až po vybratí a odsúhlasení konkrétneho typu tyčového prefabrikátu použitého pri výstavbe mostného objektu.

10 Záver statického výpočtu

Statickým výpočtom boli overené vybrané prvky predmetného mostného objektu (vybrané prvky boli vybrané na základe diagnostiky a prepočtu NK).

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, júl 2021

Vypracoval: Ing. Martin Rusín
Ing. Radoslav Fotta