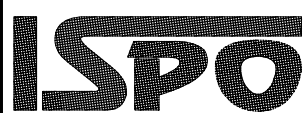






D
201-00

 inžinierske stavby Slovenská 86, 080 01 Prešov tel.: 051/74 636 95, 74 636 99	ZODP.PROJEKTANT: ING.J.ANTOL  VYPRACOVAL: ING.R.FOTTA 	HL. PROJEKTANT: ING.M.DÚBRAVSKÝ  KONTROLOVAL: ING.M.RUSÍN 
OBJEDNÁVATEL: KOCR Severovýchod Slovenska		
OKRES: SABINOV	KRAJ: PREŠOVSKÝ	
KAT.ÚZEMIE: ŠARIŠSKÉ MICHALANY		DÁTUM: 02/2017
STAVBA: EuroVelo 11 v Prešovskom kraji, úsek Veľký Šariš-Pečovská Nová Ves		STUPEŇ: DSP, DRS
		Č.ZÁKAZKY: 2773/2016
		MIERKA:
OBJEKT: 201-00 Lávka cez Ketelský potok		Č. PRÍLOHY: 6
PRÍLOHA : STATICKÝ VÝPOČET		Č. SÚPRAVY:

OBSAH:

1. Úvod	3
1.1 Základné údaje mostného objektu	3
1.2 Princípy a postupy použité v statickom výpočte.	3
1.3 Výpočet vnútorných síl a posúdenie konštrukcie	4
2. Geometria mosta	5
3. Použité materiály	6
3.1 Druhy materiálov.....	6
3.2 Charakteristiky pevnostných tried materiálov	6
3.3 Krytie betonárskej výstuže	7
4. Výpočet zaťažení	8
4.1 Stále zaťaženia "G"	8
4.1.1 Vlastná tiaž	8
4.1.2 Mostný zvršok	8
4.1.3 Zaťaženie zeminou	8
4.2 Premenné zaťaženia "Q"	8
4.2.1 Zaťaženie lávok pre chodcov a cyklistov	8
4.2.2 Zaťaženie účinkami teploty	9
4.2.3 Zaťaženie vetrom.....	10
5. Výpočtový model lávky	11
5.1 Zostavenie výpočtového modelu.....	11
5.2 Kombinácie zaťažovacích stavov	11
6. Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie.....	13
6.1 Vnútorné sily na nosnej konštrukcii	13
6.2 Posúdenie nosnej konštrukcie – MSÚ	14
6.2.1 Posúdenie ohybovej odolnosti, pozdĺžny smer	14
6.2.2 Posúdenie šmykovej odolnosti, pozdĺžny smer	15
6.2.3 Posúdenie ohybovej odolnosti, priečny smer.....	15
6.3 Posúdenie nosnej konštrukcie – MSP.....	17
6.3.1 Kontrola napätí	17
6.3.2 Kontrola vzniku a šírk trhlín.....	17
6.3.3 Kontrola deformácií	18
6.4 Zhrnutie návrhu nosnej konštrukcie	18
7. Návrh a posúdenie spodnej stavby	19
7.1 Návrh a posúdenie opôr.....	19
7.1.1 Vnútorné sily na opore.....	19
7.1.2 Posúdenie opory – MSÚ	21
7.1.3 Posúdenie opory – MSP.....	23
7.1.4 Zhrnutie návrhu opory	23
7.2 Návrh a posúdenie krídla.....	23
7.2.1 Vnútorné sily na krídle	23

7.2.2	Posúdenie krídla – MSÚ	23
7.2.3	Posúdenie krídla – MSP.....	24
7.2.4	Zhrnutie návrhu krídla	25
7.3	Návrh a posúdenie základov.....	25
7.3.1	Posúdenie základovej škáry	25
7.3.2	Vnútorne sily na základe.....	26
7.3.3	Posúdenie základu – MSÚ	27
7.3.4	Zhrnutie návrhu základu	27
8.	Záver statického výpočtu.....	28

1. Úvod

1.1 Základné údaje mostného objektu

Lávka sa nachádza na hranici katastrálneho územia Šarišské Michaľany a Orkucany. Je vedená v extraviláne kde prekonáva Ketelský potok. Lávka je vyhotovená z dvoch, vedľa seba uložených prefabrikovaných železobetónových dosák kĺbovo spojených. Nosná konštrukcia je uložená na oporách prostredníctvom vrubových kĺbov. Opory sú založené na základových pásoch. Rozpätie nosnej konštrukcie je 8,60m.

1.2 Princípy a postupy použité v statickom výpočte.

Statický výpočet je spracovaný v súlade s príslušnými ustanoveniami nasledujúcich noriem:

Slovenské technické normy :

- STN EN 1990 Zásady navrhovania konštrukcií
- STN EN 1991-1-1 Zaťaženia konštrukcií; Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia - Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov
- STN EN 1991-1-4 Zaťaženia konštrukcií; Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženia vetrom
- STN EN 1991-1-5 Zaťaženia konštrukcií; Časť 1-5: Všeobecné zaťaženia - Zaťaženia účinkami teploty
- STN EN 1991-1-7 Zaťaženia konštrukcií; Časť 1-7: Všeobecné zaťaženia - Mimoriadne zaťaženia
- STN EN 1991-2 Zaťaženia 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

Literatúra :

- Prof. Ing. Juraj Bilčík, PhD., Prof. Ing. Ľudovít Fillo, PhD., doc. Dipl.-Ing. Dr. Vladimír Benko, PhD., doc. Ing. Jaroslav Halvonik, PhD.: *Betónové konštrukcie; Navrhovanie podľa STN EN 1992-1-1*. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2008. ISBN 978-80-227-2940-6.
- Ing. Martin Moravčík, PhD., Doc. Ing. Štefan Zemko, CSc.: *Betónové mosty 1.diel (I. Všeobecná časť; II. Mosty zo železobetónu)*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2002.
- Prof. Ing. Jiří Strásky, DSc., Ing. Radim Nečas, Ph.D.: *Betónové mosty II, Modul M02, Analýza betónových mostu*. Brno: 2007.

1.3 Výpočet vnútorných síl a posúdenie konštrukcie

Výpočet vnútorných síl od jednotlivých kombinácií zaťaženia je spracovaný programom STRAP v zmysle technických noriem uvedených v kap. 1.2. Posúdenie konštrukčných prvkov mostného objektu je spracované v programe Excel, Strap a Geo5.

Na zadaný výpočtový model sú aplikované jednotlivé uvažované zaťaženia, ktoré sú uvedené v kap. 4. Z daných zaťažovacích stavov sa vytvorili kombinácie, ktorých základné tvary sú uvedené nižšie.

Medzný stav únosnosti :

- Kombinácie zaťaženia pre trvalé a dočasné návrhové situácie :

- EQU (súbor A)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- STR/GEO (súbor B)

$$a.) \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Kombinácia zaťaženia pri mimoriadnych návrhových situáciách :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + A_d + (\psi_{1,1} \text{ alebo } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Medzný stav použiteľnosti :

- Charakteristická kombinácia :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

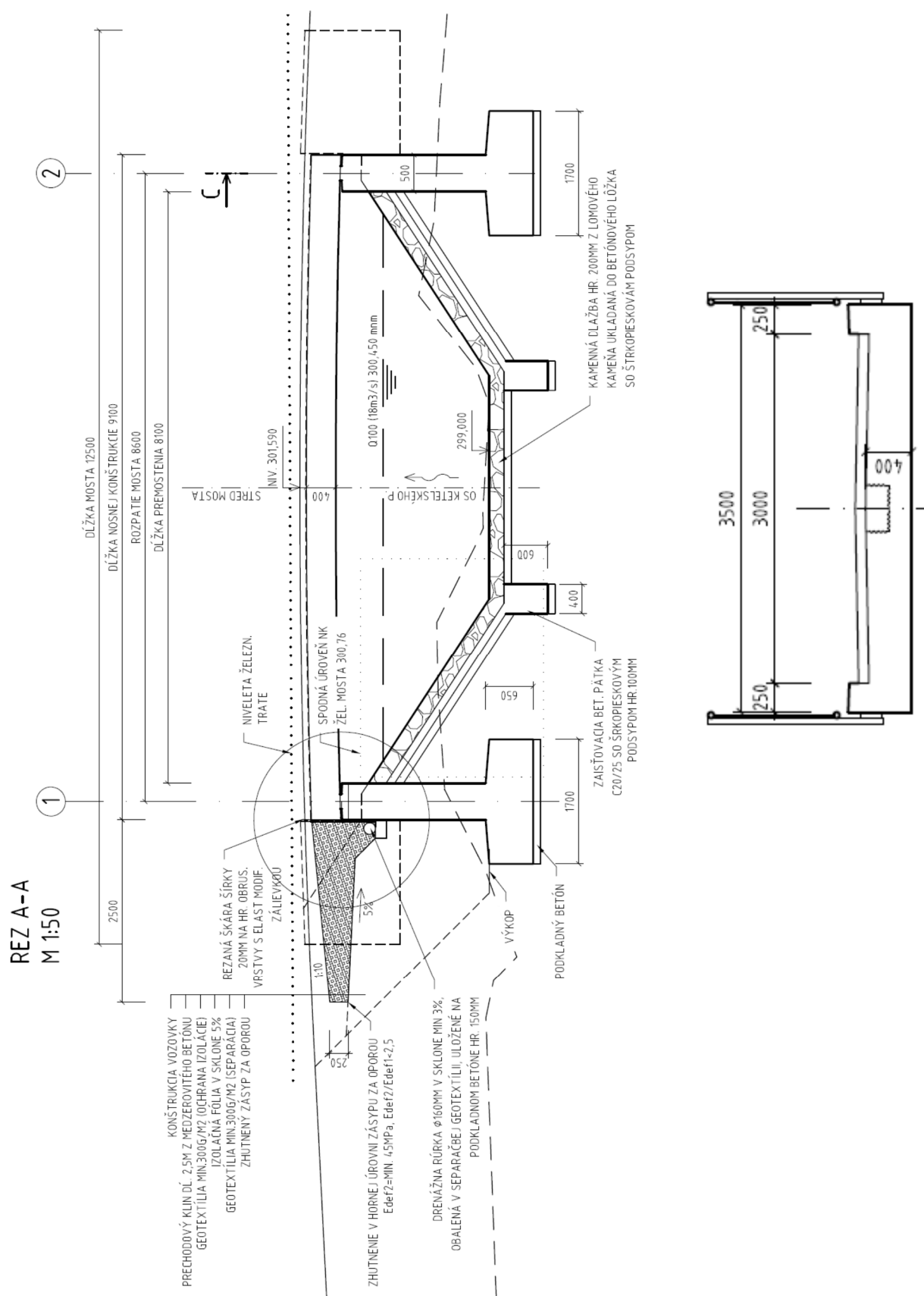
- Častá kombinácia :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Kvázi-stála kombinácia :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

2. Geometria mosta



Obr. 1 Vľavo: Pozdĺžny rez; Vpravo: Priečny rez

3. Použité materiály

3.1 Druhy materiálov

Na konštrukcii sa uvažuje s týmito materiálmi a ich triedami :

- Betón
 - Nosná konštrukcia.....C35/45
 - Opora.....C30/37
 - Základ.....C30/37
 - Kridlo.....C30/37
- Oceľ
 - Betonárska výstuž.....B 500B

3.2 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 fraktil	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,0
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný fraktil	$f_{ctk,0,95}$ (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 fraktil	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,2
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný fraktil	$f_{ctk,0,95}$ (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

3.3 Krytie betonárskej výstuže

Minimálna hodnota z hľadiska súdržnosti:

- Pre maximálnu použitú betonársku výstuž s priemerom 22mm je : $c_{min,b} = 22mm$

Minimálna hodnota krytia z hľadiska trvanlivosti:

- Návrhová životnosť 100 rokov – konštrukčná trieda S6
- Pre triedu prostredia XC4, XD2, XF1, XF2 a kvalitu betónu C35/45

Minimálna hodnota krytia betonárskej výstuže z hľadiska trvanlivosti podľa je : $c_{min,dur} = 40mm$

Krytie betonárskej výstuže : $c_{min} = \max(c_{min,b}, c_{min,dur}, 10mm) = 40mm$

Hodnota tolerančného zväčšenia sa pre výrobu vo výrobnej hale stanovuje : $\Delta c_{dev} = 5mm$

Hodnota nominálneho krytia betonárskej výstuže : $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 + 5 = 45mm$

4. Výpočet zaťaženia

4.1 Stále zaťaženia "G"

4.1.1 Vlastná tiaž

Vlastná tiaž všetkých betónových prvkov je pre :

- Železobetónové časti konštrukcie 25,0 kN/m³

4.1.2 Mostný zvršok

- Asfaltová vozovka, hr. 90mm
 - Horná hranica „sup“ 3,02 kN/m²
 - Spodná hranica „inf“ 1,73 kN/m²
- Zábradlie 1,20 kN/m²

4.1.3 Zaťaženie zeminou

Zaťaženie pôsobí na spodnú stavbu t.j. opory, krídla a základy. Namodelovaný je zásyp ale taktiež aj odpor na líci opory, s rozlíšením pre zemný tlak v pokoji a pre zvýšený zemný tlak vyvolaný priťažením od dopravy. Na základy pôsobí len zvislá tiaž zeminou. Vstupné hodnoty pre výpočet účinkov :

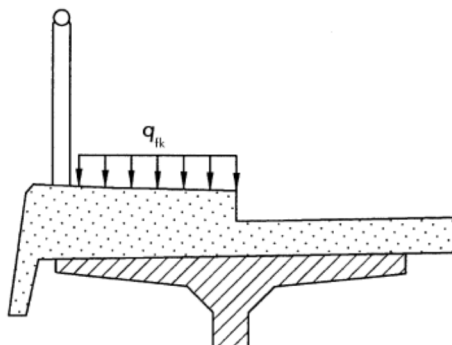
- tiaž zeminou : $\gamma_z = 20,0 \text{ kN/m}^3$
- súč. kludového tlaku : $K_r = 0,50$

4.2 Premenné zaťaženia "Q"

4.2.1 Zaťaženie lávkov pre chodcov a cyklistov

4.2.1.1 Rovnomerné spojité zaťaženie (dav ľuďí)

Pri návrhu lávkov pre chodcov, spojité rovnomerné zaťaženie " q_{fk} " sa má definovať a aplikovať pozdĺžne, a priečne len v najnepriaznivejších častiach vplyvovej plochy.



Obr. 2 Charakteristické zaťaženie na chodník alebo cyklistický pás

Rovnomerné spojité zaťaženie :

$$2,5 \text{ kN/m}^2 \leq q_{fk} \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$$

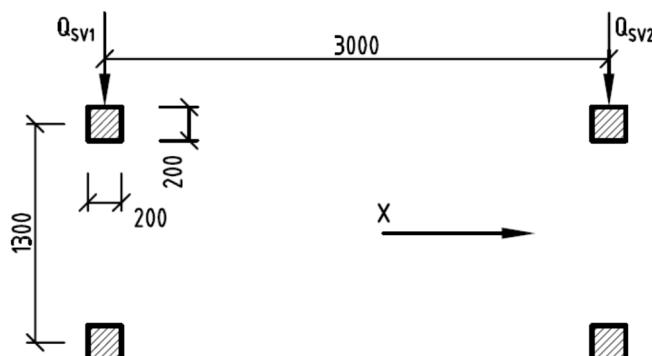
$$q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L + 30} = 2,0 + \frac{120}{9,1 + 30} = 5,07 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 5,0 \text{ kN/m}^2$$

4.2.1.2 Služobné vozidlo

Keď je služobné vozidlo na lávke pre chodcov alebo chodníku, uvažuje sa len jedno služobné vozidlo " Q_{serv} ". Daný zaťažovací stav vylučuje účinok „Sústredeného bremena“.

Pre túto situáciu sa použije zaťažovací model zložený z dvojnapravovej zaťažovacej skupiny 80 a 40kN, s osovou vzdialenosťou náprav 3,0m, s rázvorom 1,3m a štvorcovými kontaktnými plochami strany 0,2m na úrovni vozovky.

Vozidlo sa umiestnilo v priečnom smere excentricky pomocou ASB.



Obr. 3 Schéma služobného vozidla

4.2.1.3 Vodorovná sila (brzdňá / rozjazďová sila)

Vodorovná sila " Q_{flk} " pôsobí pozdĺž osi nosnej konštrukcie v úrovni povrchu vozovky. Charakteristická hodnota vodorovnej sily sa má brať do úvahy väčšej z nasledujúcich dvoch hodnôt. :

- 10% celkového zaťaženia zodpovedajúceho rovnomernému spojitému zaťaženiu " q_{fk} ":
 $10\% \text{ z } 5 \text{ kN/m}^2 * L * b = 15,9 \text{ kN}$
- 60% celkovej hmotnosti služobného vozidla " Q_{serv} ":
 $60\% \text{ z } 120 \text{ kN} = 72 \text{ kN}$

Vodorovná sila : $Q_{flk} = 72 \text{ kN}$

4.2.1.4 Zaťaženia na zábradlia

Pri návrhu konštrukcie sa majú uvažovať sily, prenášajúce sa zo zábradlí do mostnej konštrukcie, ako premenné zaťaženie, ktoré sa určuje v závislosti od príslušnej zaťažovacej triedy pre zábradlia.

Minimálna hodnota pre lávky pre chodcov a chodníky mostov je premenné zaťaženie, pôsobiace v najvyššej časti zábradlia v smere vodorovnom alebo zvislom, ako zaťaženie priamkové s intenzitou 1,0kN/m.

4.2.2 Zaťaženie účinkami teploty

4.2.2.1 Rovnomerná zložka teploty mosta

Teploty vzduchu sa získali z máp s izotermami, ktoré sa nachádzajú v norme STN EN 1991-1-5/NA.

- Minimálna teplota vzduchu v tieni : $T_{min} = -28^\circ\text{C}$
- Maximálna teplota vzduchu v tieni : $T_{max} = 39^\circ\text{C}$
- Začiatková teplota mosta : $T_0 = 10^\circ\text{C}$

Typ nosnej konštrukcie mosta : Typ 3 - Betónová nosná konštrukcia mosta

- Minimálna hodnota rovnomernej zložky teploty mosta : $T_{e,min} = T_{min} + 8 = -20^\circ\text{C}$
- Maximálna hodnota rovnomernej zložky teploty mosta : $T_{e,max} = T_{max} + 2 = 41^\circ\text{C}$

- Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teplota mosta pri skracovaní : $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} + 10 = -40^\circ\text{C}$
- Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teplota mosta pri predlžovaní : $\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 + 10 = 41^\circ\text{C}$

4.2.2.2 Zložka teplotného spádu

Uvažujeme so zvislou lineárnou zložkou (postup 1). Pri výpočte teplotného spádu na mostovke zohľadňujeme hrúbku povrchovej úpravy koeficientom "k_{sur}".

- Horný povrch teplejší ako spodný : $\Delta T_{M,heat} = k_{sur} \cdot 15 = 0,76 \cdot 15 = 11,4^\circ\text{C}$
- Spodný povrch teplejší ako horný : $\Delta T_{M,cool} = k_{sur} \cdot (-8) = 1,0 \cdot (-8) = -8,0^\circ\text{C}$

4.2.3 Zaťaženie vetrom

Vstupné údaje:

- Dĺžka mosta : L = 9,10 m
- Šírka mosta : b = 3,50 m
- Referenčná výška : z_e = 2,50 m
- Kategória terénu : k_t = II
- Hustota vzduchu : ρ = 1,25 kg/m³
- Zákl. rýchlosť vetra bez dopravy : v_{b,0} = 26 m/s
- Zákl. rýchlosť vetra s dopravou : v^{*}_{b,0} = 23 m/s

$$q_p(z_e) = 0,6370 \text{ kPa}$$

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,4225 \text{ kPa}$$

$$q_b^* = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^{*2} = 0,3306 \text{ kPa}$$

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

bez dopravy :

$$F_{w,x} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} = \mathbf{7,54 \text{ kN}}$$

$$q_{w,x} = F_{w,x}/L = 0,83 \text{ kN/m}$$

s dopravou :

$$F_{w,x} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^{*2} \cdot C^* \cdot A_{ref,x,dp} = \mathbf{18,09 \text{ kN}}$$

$$q_{w,x} = F_{w,x}/L = 1,99 \text{ kN/m}$$

4.2.3.2 Zaťaženie vetrom v smere Z

$$F_{w,z} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,z} = \mathbf{18,26 \text{ kN}}$$

$$q_{w,z} = F_{w,z}/L = 2,01 \text{ kN/m}$$

excentricita sily :

$$e = b/4 = 0,875 \text{ m}$$

Vysvetlivky :

- 1. stĺpec - číslo zaťažovacieho stavu
- 2. stĺpec – číslo zaťažovacieho stavu vo výsledkoch
- 3. stĺpec - názov zaťažovacieho stavu

➤ Zlúčenie zaťaženia do skupín

GROUP DEFINITION	
Obslužné vozidlo	4/ 5/ 6/ 7/ 8/ 9/ 10/ 11/ 12/ 13/ 14/ 15/ 16/ 17/ 18/19/ 20/ 21/ 22/ 23/ 24/ 25// 26/ 27/28/ 29/ 30/ 31/ 32/ 33/ 34
Teplota	35/ 36/ 37/ 38/
Ostatné stále	2/ 41

Vysvetlivky :

- táto možnosť slúži na zlúčenie zaťaženia do skupiny z dôvodu uľahčenia tvorby kombinácií
- 1. stĺpec - názov skupiny
- 2. stĺpec - čísla zaťažovacích stavov, ktoré sa nachádzajú v danej skupine

➤ Vytvorené kombinácie

COMBINATIONS DEFINITION	
Comb.	
1	MSU-STR/GEO-Stále-BZ 1 * 1.35 +39 * 1.35 +Ost. stále* 1.35
2	MSU-STR/GEO-Stále-SZ 1 * 1.35 +40 * 1.35 +Ost. stále* 1.35
3	MSU-STR/GEO-Stále-BZ-T 1 * 1.35 +39 * 1.35 +Teplota* 1.50 +Ost. stále* 1.35
4	MSU-STR/GEO-Stále-SZ-T 1 * 1.35 +40 * 1.35 +Teplota* 1.50 +Ost. stále* 1.35
5	MSU-STR/GEO-LM4-T 1 * 1.35 + 3 * 1.35 +39 * 1.35 +Teplota* 0.90 +Ost. stále* 1.35
6	MSU-STR/GEO-T-LM4 1 * 1.35 + 3 * 0.60 +39 * 1.35 +Teplota* 1.50 +Ost. stále* 1.35
7	MSU-STR/GEO-A-T 1 * 1.35 +39 * 1.35 +Služ. vozidlo* 1.35 +Teplota* 0.90 +Ost. stále* 1.35
8	MSU-STR/GEO-T-A 1 * 1.35 +39 * 1.35 +Služ. vozidlo* 0.60 +Teplota* 1.50 +Ost. stále* 1.35
9	MSP-kvázi-stála 1 * 1.00 +39 * 1.00 +Teplota* 0.50 +Ost. stále* 1.00
10	MSP-kvázi-stála 2 1 * 1.00 +40 * 1.00 +Teplota* 0.50 +Ost. stále* 1.00
11	MSP-charakteristická-LM4-T 1 * 1.00 + 3 * 1.00 +39 * 1.00 +Teplota* 0.60 +Ost. stále* 1.00
12	MSP-charakteristická-T-LM4 1 * 1.00 + 3 * 0.60 +39 * 1.00 +Teplota* 1.00 +Ost. stále* 1.00
13	MSP-charakteristická-A-T 1 * 1.00 +39 * 1.00 +Služ. vozidlo* 1.00 +Teplota* 0.60 +Ost. stále* 1.00
14	MSP-charakteristická-T-A 1 * 1.00 +39 * 1.00 +Služ. vozidlo* 0.40 +Teplota* 1.00 +Ost. stále* 1.00

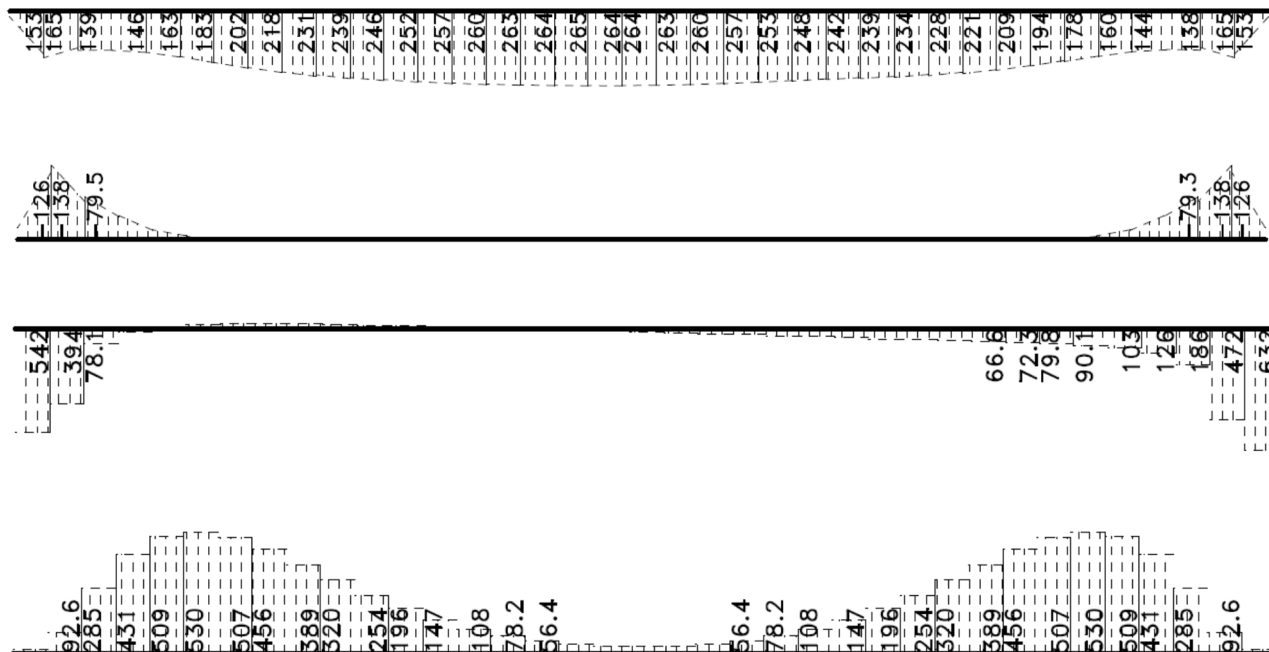
Vysvetlivky :

- Ak v kombinácii je uvedený názov skupiny zaťažovacích stavov to znamená že daná kombinácia je vytvorená viac krát, kde sa zo skupiny zaťažovacích stavov obmieňajú zaťažovacie stavy.
- Popis skratiek : BZ – zemina bez priťaženia , SZ – zemina s priťažením dopravy, T – teplota, A – služobné vozidlo

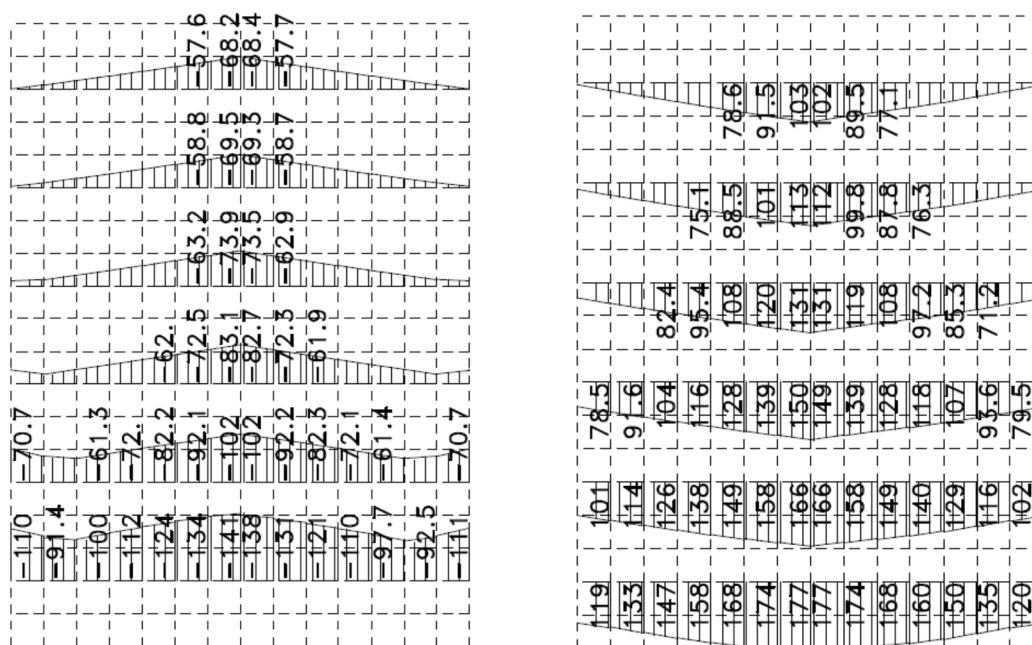
6. Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie

6.1 Vnútorne sily na nosnej konštrukcii

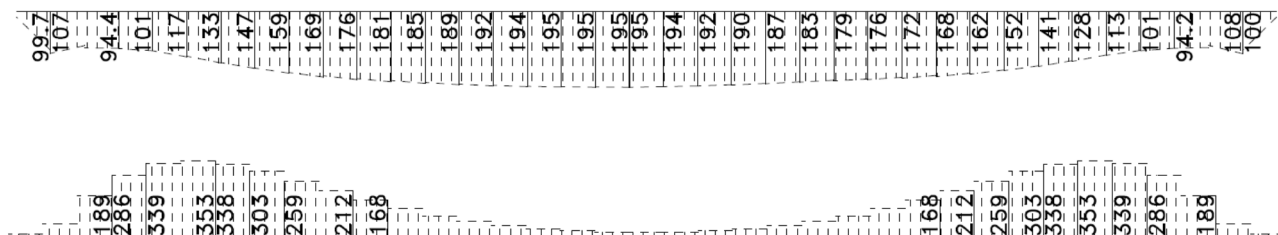
Vnútorne sily sú zobrazené na vytvorených rezoch cez elementy v príslušnom smere. Hodnoty tvoria obalovú krivku z kombinácií.



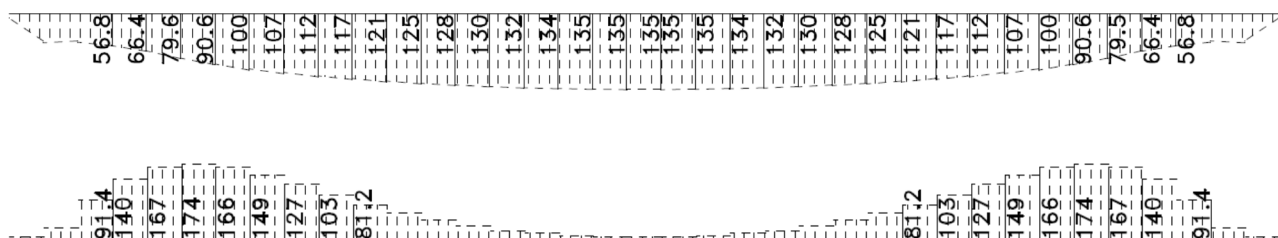
Obr. 5 MSÚ - Pozdĺžny smer, zhora : $M_x +$, $M_x -$, V_x , N_x



Obr. 6 MSÚ - Priečny smer, zľava : $M_y -$, $M_y +$



Obr. 7 MSP charakteristická - Pozdĺžny smer, zhora : Mx +, Nx



Obr. 8 MSP kvázi-stála - Pozdĺžny smer, zhora : Mx +, Nx

6.2 Posúdenie nosnej konštrukcie – MSÚ

6.2.1 Posúdenie ohybovej odolnosti, pozdĺžny smer

6.2.1.1 Posúdenie pri spodnom povrchu, v strede rozpätia

$$\begin{aligned} \Phi_{sl,x,d} &= 20 \text{ mm} & h &= 385 \text{ mm} & m_{x,D,d} &= 277,0 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,x,d} &= 125 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,x,d} &= 8,00 \text{ ks} & A_{sl,x,d} &= 2,51E+03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Účinná výška prierezu :

$$\begin{aligned} d_{1,x,d} &= c + \Phi_{sl,x,d}/2 = 55 \text{ mm} \\ d_{x,d} &= h - d_{1,x,d} = 330 \text{ mm} \end{aligned}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\begin{aligned} \xi_{lim} &= \epsilon_{cu3}/(\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617 \\ x_{lim,x} &= \xi_{lim} * d_{x,d} = 203,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,x,d} = [A_{sl,x,d} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 55,10 \text{ mm}$$

$$x_{u,x,d} \leq x_{lim,x,d}$$

$$68,87 \text{ mm} < 203,56 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,x,d} = x_{B,x,d} / \lambda = 68,869 \text{ mm}$$

$$m_{x,D,d} \leq m_{Rd,x,d}$$

$$277,0 \text{ kNm/m} < 330,5 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,x,d} = x_{B,x,d} * b * f_{cd} * (d_{x,d} - x_{B,x,d} * 0,5) = 330,5 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 83,81%

Navrhujem : $\Phi 20$ po 125 mm

Posúdenie stupňa vystuženia :

$$A_{s,min,x,d} = 0,26 * [f_{ctm}/f_{yk}] * b * d_{x,d} = 5,49E+02 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min,x} / A_{sl,x} \leq 1 < A_{s,max,x} / A_{sl,x}$$

$$A_{sl,x,d} = 2,51E+03 \text{ mm}^2$$

$$0,22 < 1,0 < 6,13$$

$$A_{s,max,x,d} = 0,04 * h * b = 1,54E+04 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$\mu = A_{sl,x,d} / [b * d_{x,d}] = 0,76\%$$

6.2.1.2 Posúdenie pri hornom povrchu, v oblasti uloženia

$$\begin{aligned}\Phi_{sl,x,h} &= 12 \text{ mm} & h &= 385 \text{ mm} & m_{x,D,h} &= -110,0 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,x,h} &= 125 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,x,h} &= 8,00 \text{ ks} & A_{sl,x,h} &= 9,05E+02 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Účinná výška prierezu :

$$\begin{aligned}d_{1,x,h} &= c + \Phi_{sl,x,h}/2 = 51 \text{ mm} \\ d_{x,h} &= h - d_{1,x,h} = 334 \text{ mm}\end{aligned}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\begin{aligned}\xi_{lim} &= \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617 \\ x_{lim,x} &= \xi_{lim} * d_{x,h} = 206,03 \text{ mm}\end{aligned}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,x,h} = [A_{sl,x,h} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 19,834 \text{ mm}$$

$$x_{u,x,h} \leq x_{lim,x,h}$$

$$24,79 \text{ mm} < 206,03 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,x,h} = x_{B,x,h} / \lambda = 24,793 \text{ mm}$$

$$m_{x,D,h} \leq m_{Rd,x,h}$$

$$127,5 \text{ kNm/m} < 127,5 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,x,h} = x_{B,x,h} * b * f_{cd} * (d_{x,h} - x_{B,x,h} * 0,5) = 127,5 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Využitie : } 62,75\%$$

$$\text{Navrhujem : } \Phi 12 \text{ po } 125 \text{ mm}$$

6.2.2 Posúdenie šmykovej odolnosti, pozdĺžny smer

6.2.2.1 Posúdenie potreby šmykovej výstuže

$$\begin{aligned}V_{Ed} &= 190,00 \text{ kN/m} & \Phi_{sw} &= 8 \text{ mm} & \theta &= 38^\circ \\ z &= 297 \text{ mm} & s_t &= 250 \text{ mm} & n_{sw} &= 4,00 \text{ ks} \\ d &= 330 \text{ mm} & s &= 250 \text{ mm} & A_{sw} &= 2,01E+02 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d; \text{ s min. hodnotou } V_{Rd,cmin} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

$$V_{Rd,max} = 0,5b_w * d * v * f_{cd}$$

$$V_{Rd,max} = 1688,61 \text{ kN}$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1,78$$

$$V_{Rd,c} = 210,38 \text{ kN}$$

$$\rho_1 = A_{sl}/b_w * d = 0,008$$

$$V_{Rd,cmin} = 162,07 \text{ kN}$$

$$A_{sl} = 2,51E+03 \text{ mm}^2$$

$$V_{Ed} \leq \max[V_{Rd,c}; V_{Rd,cmin}] \leq V_{Rd,max}$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,49 \text{ MPa}$$

$$190,0 \text{ kN} < 210,4 \text{ kN} < 1689 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\text{Navrhne sa len z konštrukčného hľadiska}$$

$$\text{Navrhujem : } \Phi 8, \text{ raster } 250 \times 250 \text{ mm}$$

6.2.2.2 Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia tlakovej diagonály

$$\sigma_{cwd} = V_{Ed} / (z * b_w) * [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 1,32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cwd} / [a_{cw} * v * f_{cd}] \leq 1$$

$$v = v_1 = 0,6[1 - f_{ck}/250] = 0,52$$

$$0,13 < 1,0 \quad \text{Spĺňa}$$

6.2.3 Posúdenie ohybovej odolnosti, priečny smer

6.2.3.1 Posúdenie pri spodnom povrchu, od kraja do vzdialenosti 2,0m

$$\begin{aligned}\Phi_{sl,y,d} &= 16 \text{ mm} & h &= 385 \text{ mm} & m_{y,D,d} &= 170,00 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,y,d} &= 125 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,y,d} &= 8,00 \text{ ks} & A_{sl,y,d} &= 1,61E+03 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Účinná výška prierezu :

$$d_{1,y,d} = c + \Phi_{sl,x,d} + \Phi_{sl,y,d}/2 = 73 \text{ mm}$$

$$d_{y,d} = h - d_{1,y,d} = 312 \text{ mm}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,y,d} = [A_{sl,y,d} \cdot f_{yd}] / [b \cdot \xi \cdot f_{cd}] = 35,26 \text{ mm}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,y,d} = x_{B,y,d} / \lambda = 44,08 \text{ mm}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,y} = \xi_{lim} \cdot d_{y,d} = 192,5 \text{ mm}$$

$$x_{u,y,d} \leq x_{lim,y,d}$$

$$44,08 \text{ mm} < 192,46 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

$$m_{y,D,d} \leq m_{Rd,y,d}$$

$$170,0 \text{ kNm/m} < 205,9 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,y,d} = x_{B,y,d} \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d_{y,d} - x_{B,y,d} \cdot 0.5) = 205,87 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 82,58%

Navrhujeme : $\Phi 16$ po 125 mm

6.2.3.2 Posúdenie pri spodnom povrchu, od 2,0m po stred

$$\begin{aligned} \Phi_{sl,y,d} &= 14 \text{ mm} & h &= 385 \text{ mm} & m_{y,D,d} &= 140,00 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,y,d} &= 125 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,y,d} &= 8,00 & A_{sl,y,d} &= 1,23E+03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Účinná výška prierezu :

$$d_{1,y,d} = c + \Phi_{sl,x,d} + \Phi_{sl,y,d}/2 = 72 \text{ mm}$$

$$d_{y,d} = h - d_{1,y,d} = 313 \text{ mm}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,y,d} = [A_{sl,y,d} \cdot f_{yd}] / [b \cdot \xi \cdot f_{cd}] = 27,00 \text{ mm}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,y,d} = x_{B,y,d} / \lambda = 33,75 \text{ mm}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,y} = \xi_{lim} \cdot d_{y,d} = 193,1 \text{ mm}$$

$$x_{u,y,d} \leq x_{lim,y,d}$$

$$33,75 \text{ mm} < 193,08 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

$$m_{y,D,d} \leq m_{Rd,y,d}$$

$$140,0 \text{ kNm/m} < 160,4 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,y,d} = x_{B,y,d} \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d_{y,d} - x_{B,y,d} \cdot 0.5) = 160,36 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 87,30%

Navrhujeme : $\Phi 14$ po 125 mm

6.2.3.3 Posúdenie pri hornom povrchu, v oblasti uloženia

$$\begin{aligned} \Phi_{sl,y,h} &= 16 \text{ mm} & h &= 385 \text{ mm} & m_{y,D,h} &= -130,00 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,y,h} &= 125 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,y,h} &= 8,00 & A_{sl,y,h} &= 1,61E+03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Účinná výška prierezu :

$$d_{1,y,h} = c + \Phi_{sl,x,h} + \Phi_{sl,y,h}/2 = 65 \text{ mm}$$

$$d_{y,h} = h - d_{1,y,h} = 320 \text{ mm}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,y,h} = [A_{sl,y,h} \cdot f_{yd}] / [b \cdot \xi \cdot f_{cd}] = 35,3 \text{ mm}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,y} = \xi_{lim} \cdot d_{y,h} = 197,4 \text{ mm}$$

$$x_{u,y,h} \leq x_{lim,y,h}$$

$$44,41 \text{ mm} < 197,4 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,y,h} = x_{B,y,h} / \lambda = 44,1 \text{ mm}$$

$$m_{y,D,h} \leq m_{Rd,y,h}$$

$$130,0 \text{ kNm/m} < 211,5 \text{ kNm/m} \text{ Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,y,h} = x_{B,y,h} * b * f_{cd} * (d_{y,h} - x_{B,y,h} * 0.5) = 211,5 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 61,48%

Navrhujem : $\Phi 16$ po 125 mm

6.3 Posúdenie nosnej konštrukcie – MSP

6.3.1 Kontrola napätí

- Pri kontrole napätí sa uvažuje s charakteristickou kombináciou zaťaženia

$$M_{Ek} = 195,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Maximálne tlakové napätie v priereze : } \sigma_{c,max} = M_{Ek} * z_{i,H} / I_i = 7,93 \text{ MPa} \leq 0,6 f_{ck} \quad 21 \text{ MPa}$$

$$\text{Maximálne ťahové napätie v priereze : } \sigma_{ct,max} = M_{Ek} * z_{i,D} / I_i = 7,59 \text{ MPa} \leq f_{ctm} \quad 3,2 \text{ MPa}$$

$$\text{Moment na medzi vzniku trhliny : } M_{cr} = f_{ctm} * I_i / z_{i,D} = 82,3 \text{ kNm}$$

V priereze sa očakávajú trhliny

- Výpočet maximálnych napätí

$$\text{Maximálne napätie v betóne : } \sigma_{c,max} = M_{Ek} * x / I_{ir} = 15,57 \text{ MPa} \leq 0,6 f_{ck} \quad 21 \text{ MPa}$$

$$\text{Maximálne napätie vo výstuži : } \sigma_{s,1} = \alpha_e * M_{Ek} * (d_{s1} - x) / I_{ir} = 261,34 \text{ MPa} \leq 0,8 f_{yk} \quad 400 \text{ MPa}$$

Napätie v betóne vyhovelo kontrole

Napätie vo výstuži vyhovelo kontrole

6.3.2 Kontrola vzniku a šírky trhlín

- Pri kontrole vzniku a šírky trhlín sa uvažuje s kvázi-stálou kombináciou zaťaženia

$$M_{Eqp} = 135,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Napätie vo výstuži tesne pred vznikom trhliny : } \sigma_{sir} = \alpha_e * f_{ct,eff} = 18,82 \text{ MPa}$$

$$\text{Napätie vo výstuži tesne po vzniku trhliny : } \sigma_{sr} = f_{ct,eff} (1 + \alpha_e * \rho_{s,eff}) / \rho_{s,eff} = 144,3 \text{ MPa}$$

$$\text{Napätie vo výstuži od kvázi-stálej kombinácie : } \sigma_{s,1} = \alpha_e * M_{Ek} * (d_{s1} - x) / I_{ir} = 180,9 \text{ MPa}$$

Rozdiel priemerných pomerných pretvorení výstuže a betónu :

$$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = \epsilon_s - k_t * \epsilon_{sr} = 1,018E-03 > 0,6 \epsilon_s = 7,840E-04$$

Maximálna vzdialenosť trhlín :

$$s_{r,max} = 3,4c + 0,425k_1 * k_2 * \sigma_1 / \rho_{s,eff} = 286,32 \text{ mm} > s_{sl} = 125 \text{ mm}$$

Maximálna šírka trhliny :

$$w_k = s_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,292 \text{ mm} < w_{lim} = 0,300 \text{ mm} \text{ Spĺňa}$$

Šírka trhlín vyhovela kontrole

6.3.3 Kontrola deformácií

Pri výpočte priehybu sa zohľadnili reologické zmeny v nosnej konštrukcii. Navrhuje sa nadvýšenie nosnej konštrukcie pri zhotovení (viď výkres tvaru nosnej konštrukcie).

Pre charakteristickú kombináciu: $f_{cal,k} = 5f_k * L^4 / 384(EI)_m + (1/r_{cs})_m * L^2 / 8 = 53,22 + 10,45 = \mathbf{63,7mm}$

Pre kvázi-stálu kombináciu: $f_{cal,qp} = 5f_{qp} * L^4 / 384(EI)_m + (1/r_{cs})_m * L^2 / 8 = 34,75 + 9,66 = \mathbf{44,4mm}$

6.4 Zhrnutie návrhu nosnej konštrukcie

Pozdĺžna výstuž pri spodnom povrchu.....Ø20/á125mm
Pozdĺžna výstuž pri hornom povrchu.....Ø12/á125mm (do dĺžky 1,50m)
.....Ø10/á125mm (od dĺžky 1,50m)
Priečna výstuž, je navrhnutá vo forme strmeňov.....Ø16/á125mm (do vzdialenosti 2,0m)
.....Ø14/á125mm (od vzdialenosti 2,0m)
Spony.....Ø8, raster 250x250mm

Nosná konštrukcia sa vyhotoví s nadvýšením.

7. Návrh a posúdenie spodnej stavby

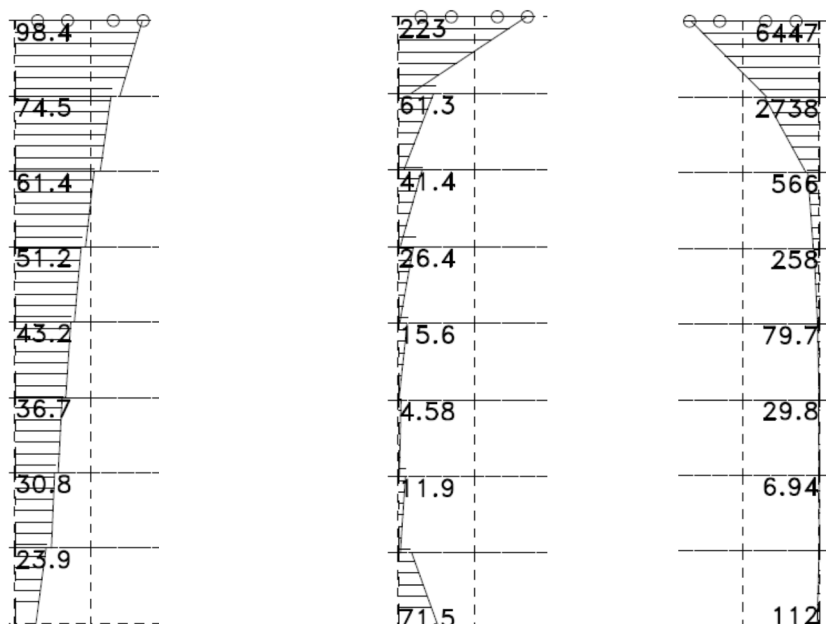
Všetky výpočty a posúdenia pri návrhu vychádzajú z predpokladaných IG parametrov. Tieto predpoklady je bezpodmienečne nevyhnutné preveriť pri realizácii diela. Akákoľvek odlišnosť od predpokladaného si vyžaduje aktualizáciu riešenia na základe zistených skutočností!

Pri posúdení sa uvažuje so spätným zásypom za oporou, ktorý tvorí zemina G3. Zemina pod základom a zemina tvoriaca zemný odpor na líci sa predpokladá F4 . Predpokladá sa únosnosť základovej pôdy 150kN!

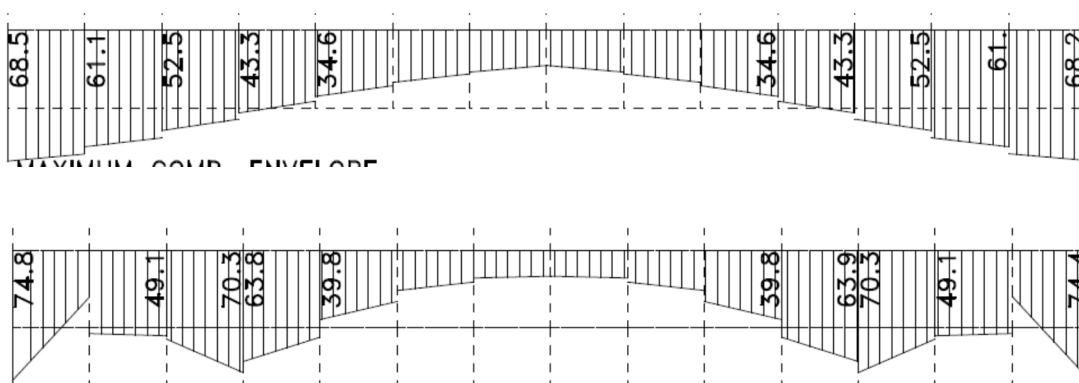
7.1 Návrh a posúdenie opôr

7.1.1 Vnútorne sily na opore

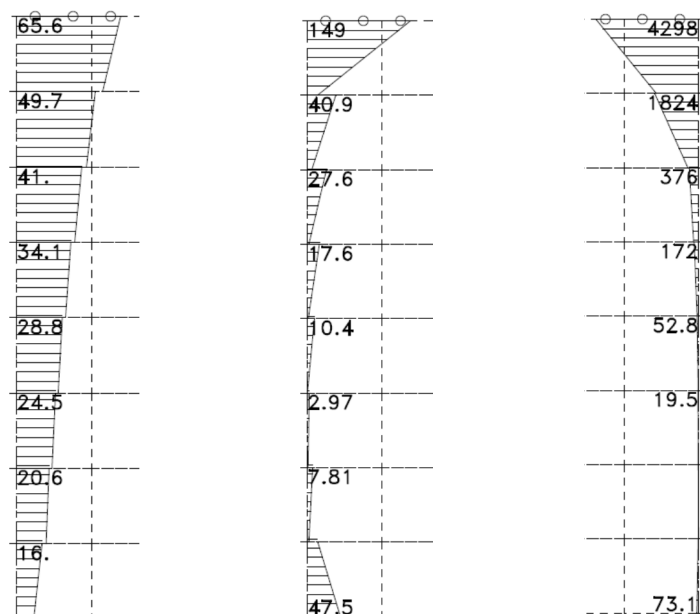
Vnútorne sily sú zobrazené na vytvorených rezoch cez elementy v príslušnom smere. Hodnoty tvoria obalovú krivku z kombinácií.



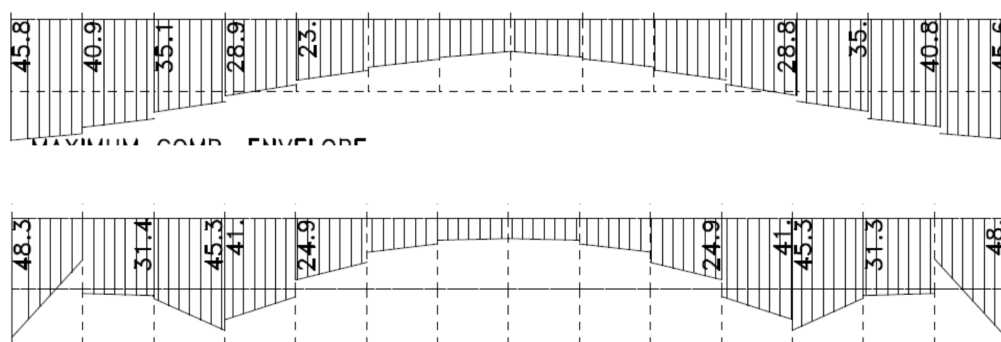
Obr. 9 MSÚ – Zvislý smer, Mz, Vz, Nz



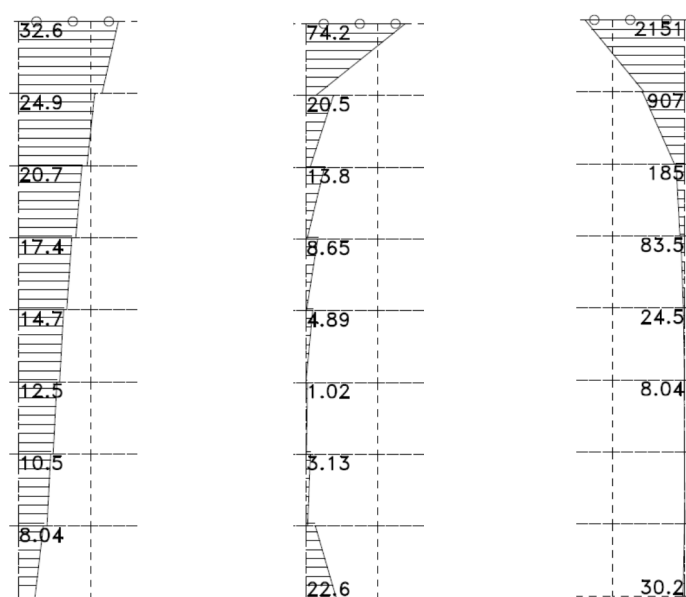
Obr. 10 MSÚ – Vodorovný smer, Mx, Vx



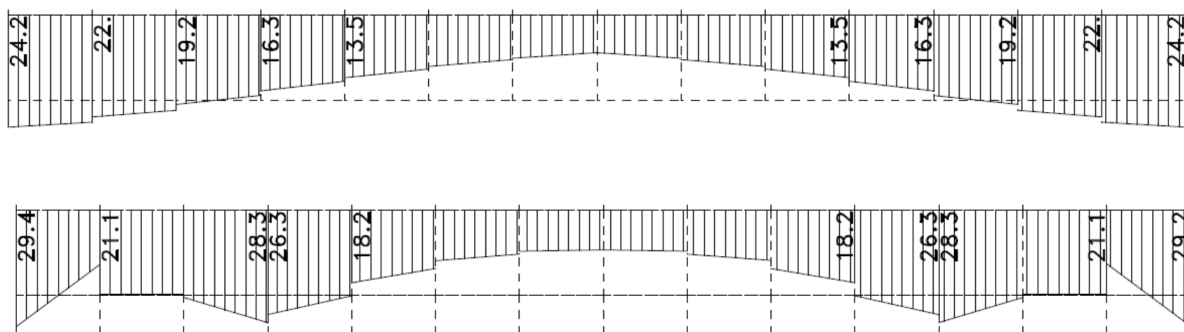
Obr. 11 MSP charakteristická – Zvislý smer, M_z , V_z , N_z



Obr. 12 MSP charakteristická – Vodorovný smer, M_x , V_x



Obr. 13 MSP kvázi-stála – Zvislý smer, M_z , V_z , N_z



Obr. 14 MSP kvázi-stála – Vodorovný smer, Mx, Vx

7.1.2 Posúdenie opory – MSÚ

7.1.2.1 Posúdenie ohybovej odolnosti, zvislý smer

Ťahaný povrch :

$$\begin{aligned} \Phi_{sl,v} &= 14 \text{ mm} & h &= 500 \text{ mm} & m_{Ed,v} &= 100,00 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,v} &= 150 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,v} &= 6,67 & A_{sl,v} &= 1,03E+03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tlačený povrch :

$$\begin{aligned} \Phi_{sl,v} &= 14 \text{ mm} & h &= 500 \text{ mm} \\ s_{sl,v} &= 150 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,v} &= 6,67 & A_{sl,v} &= 1,03E+03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Účinná výška prierezu :

$$\begin{aligned} d_{1,v} &= c + \Phi_{sl,v} + \Phi_{sl,v}/2 = 64 \text{ mm} \\ d_v &= h - d_{1,v} = 436 \text{ mm} \end{aligned}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\begin{aligned} \xi_{lim} &= \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617 \\ x_{lim,v} &= \xi_{lim} \cdot d_v = 268,95 \text{ mm} \end{aligned}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,v} = [A_{sl,v} \cdot f_{yd}] / [b \cdot \xi \cdot f_{cd}] = 26,25 \text{ mm}$$

$$x_{u,v} \leq x_{lim,v}$$

$$32,81 \text{ mm} < 268,95 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,v} = x_{B,v} / \lambda = 32,81 \text{ mm}$$

$$m_{Ed,v} \leq m_{Rd,v}$$

$$100,0 \text{ kNm/m} < 188,7 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,v} = x_{B,v} \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d_v - x_{B,v} \cdot 0.5) = 188,7 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 53,00%

Navrhujem : $\Phi 14$ po 150 mm

Posúdenie stupňa vystuženia :

$$A_{s,vmin} = 0,002A_c = 1,00E+03 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,vmin} / A_{sl,v} \leq 1 \quad A_{sl,v} / A_{s,vmax} \leq 1$$

$$A_{sl,v} = 2,05E+03 \text{ mm}^2$$

$$0,49 < 1,0 \quad 0,10 < 1,0$$

$$A_{s,vmax} = 0,04 \cdot h \cdot b = 2,00E+04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Vyhovuje} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\mu = A_{sl,v} / [b \cdot d_v] = 0,47\%$$

7.1.2.2 Posúdenie šmykovej odolnosti, pozdĺžny smer

7.1.2.2.1 Posúdenie potreby šmykovej výstuže

$$\begin{aligned} V_{Ed} &= 70,00 \text{ kN/m} & \Phi_{sw} &= 8 \text{ mm} & \theta &= 40^\circ \\ z &= 392,4 \text{ mm} & s_t &= 300 \text{ mm} & n_{sw} &= 3,33 \text{ ks} \\ d &= 436,0 \text{ mm} & s &= 300 \text{ mm} & A_{sw} &= 1,68E+02 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d; \text{ s min. hodnotou } V_{Rd,cmin} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

$$V_{Rd,max} = 0,5b_w * d * v * f_{cd}$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1,68$$

$$\rho_1 = A_{sl}/b_w * d = 0,0024$$

$$A_{sl} = 1,03E+03 \text{ mm}^2$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = 0,00 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,max} = 1956,77 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 168,36 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,cmin} = 181,56 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} \leq \max[V_{Rd,c}; V_{Rd,cmin}] \leq V_{Rd,max}$$

$$70,0 \text{ kN} < 181,6 \text{ kN} < 1957 \text{ kN}$$

Navrhne sa len z konštrukčného hľadiska

Navrhujem : $\Phi 8$, raster 300x300mm

7.1.2.2.2 Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia tlakovej diagonály

$$\sigma_{cwd} = V_{Ed}/(z * b_w) * [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 0,36 \text{ MPa}$$

$$v = v_1 = 0,6[1 - f_{ck}/250] = 0,53$$

$$\sigma_{cwd} / [\alpha_{cw} * v * f_{cd}] \leq 1$$

$$0,04 < 1,0 \text{ Spĺňa}$$

7.1.2.3 Posúdenie ohybovej odolnosti, vodorovný smer

$$\begin{aligned} \Phi_{sl,h} &= 12 \text{ mm} & h &= 500 \text{ mm} & m_{Ed,h} &= 70,00 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,h} &= 150 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,h} &= 6,67 & A_{sl,h} &= 7,54E+02 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Účinná výška prierezu :

$$d_{1,h} = c + \Phi_{sl,h}/2 = 51 \text{ mm}$$

$$d_h = h - d_{1,h} = 449 \text{ mm}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,h} = [A_{sl,h} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 19,28 \text{ mm}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,h} = x_{B,h}/\lambda = 24,10 \text{ mm}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3}/(\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,h} = \xi_{lim} * d_h = 276,97 \text{ mm}$$

$$x_{u,h} \leq x_{lim,h}$$

$$24,10 \text{ mm} < 276,97 \text{ mm} \text{ Spĺňa}$$

$$m_{Ed,h} \leq m_{Rd,h}$$

$$70,0 \text{ kNm/m} < 144,0 \text{ kNm/m} \text{ Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,h} = x_{B,h} * b * f_{cd} * (d_h - x_{B,h} * 0,5) = 144,1 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 48,60%

Navrhujem : $\Phi 12$ po 150 mm

Posúdenie stupňa vystuženia :

$$A_{s,hmin} = \max[25\%A_{sl,v}; 0,001A_c] = 5,13E+02 \text{ mm}^2$$

$$A_{sl,h} = 7,54E+02 \text{ mm}^2$$

$$\mu = A_{sl,h} / [b * d_h] = 0,17\%$$

$$A_{s,hmin} / A_{sl,h} \leq 1$$

$$0,68 < 1,0$$

Vyhovuje

7.1.3 Posúdenie opory – MSP

7.1.3.1 Kontrola napätí

- Pri kontrole napätí sa uvažuje s charakteristickou kombináciou zaťažení

$$N_{Ek} = -370,00 \text{ kN}$$

$$M_{Ek} = 40,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Maximálne tlakové napätie v priereze : } \sigma_{c,max} = N_{Ek}/A_i - M_{Ek} \cdot z_{i,H}/I_i = -1,68 \text{ MPa} \leq 0,6f_{ck} \quad 18 \text{ MPa}$$

$$\text{Maximálne ťahové napätie v priereze : } \sigma_{ct,max} = N_{Ek}/A_i + M_{Ek} \cdot z_{i,D}/I_i = 0,20 \text{ MPa} \leq f_{ctm} \quad 2,9 \text{ MPa}$$

$$\text{Moment na medzi vzniku trhliny : } M_{cr} = [f_{ctm} - N_{Ek}/A_i] \cdot I_i/z_{i,D} = 92,5 \text{ kNm}$$

V priereze sa neočakávajú trhliny

Nakoľko ohybový moment od charakteristickej kombinácie neprekročil kritický ohybový moment, nie je za potreby overovať šírku trhlín.

7.1.4 Zhrnutie návrhu opory

Zvislá výstuž pri oboch povrchoch Ø 14/á150mm

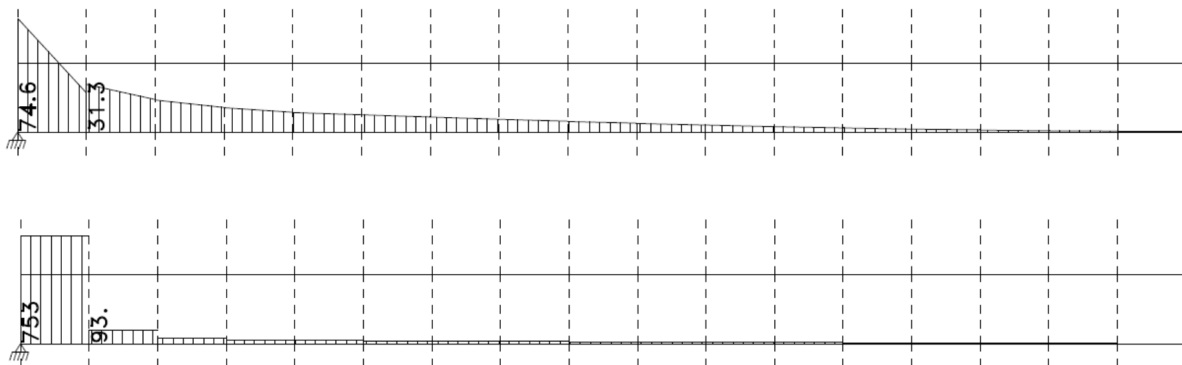
Vodorovná výstuž pri oboch povrchoch Ø 12/á150mm

Spony Ø 8, raster 250x250mm

7.2 Návrh a posúdenie krídla

7.2.1 Vnútorne sily na krídle

Rez je zobrazený v mieste votknutia krídla do opory v najkritickejšom mieste, ktoré sa nachádza v hornej časti opory.



Obr. 15 MSÚ – Vodorovný smer, Mx, Vx

7.2.2 Posúdenie krídla – MSÚ

7.2.2.1 Posúdenie ohybovej odolnosti, vodorovný smer

Posúdenie je v mieste votknutia krídla do opory v najkritickejšom mieste, ktoré sa nachádza v hornej časti opory.

$$\Phi_{sl,h} = 16 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$m_{Ed,h} = 70,00 \text{ kNm/m}$$

$$s_{sl,h} = 150 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$n_{sl,h} = 6,67$$

$$A_{sl,h} = 1,34E+03 \text{ mm}^2$$

Účinná výška prierezu :

$$d_{1,h} = c + \Phi_{sl,h} + \Phi_{sl,h}/2 = 65 \text{ mm}$$

$$d_h = h - d_{1,v} = 185 \text{ mm}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,v} = [A_{sl,h} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 34,28 \text{ mm}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,h} = x_{B,h}/\lambda = 42,85 \text{ mm}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\xi_{lim} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617$$

$$x_{lim,h} = \xi_{lim} * d_h = 114,119 \text{ mm}$$

$$x_{u,h} \leq x_{lim,h}$$

$$42,85 \text{ mm} < 114,12 \text{ mm} \text{ Spĺňa}$$

$$m_{Ed,h} \leq m_{Rd,h}$$

$$70,0 \text{ kNm/m} < 97,8 \text{ kNm/m} \text{ Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,h} = x_{B,h} * b * f_{cd} * (d_h - x_{B,h} * 0.5) = 97,8 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 71,56%

Navrhujem : $\Phi 16$ po 150 mm

7.2.2.2 Posúdenie šmykovej odolnosti, pozdĺžny smer

7.2.2.2.1 Posúdenie potreby šmykovej výstuže

$$V_{Ed} = 100,00 \text{ kN/m} \quad \Phi_{sw} = 8 \text{ mm} \quad \theta = 40^\circ$$

$$z = 166,5 \text{ mm} \quad s_t = 300 \text{ mm} \quad n_{sw} = 3,33 \text{ ks}$$

$$d = 185,0 \text{ mm} \quad s = 300 \text{ mm} \quad A_{sw} = 1,68E+02 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d; \text{ s min. hodnotou } V_{Rd,cmin} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

$$V_{Rd,max} = 0,5b_w * d * v * f_{cd}$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 2,04$$

$$\rho_1 = A_{sl}/b_w * d = 0,0072$$

$$A_{sl} = 1,34E+03 \text{ mm}^2$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = 0,00 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,max} = 830,3 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 126,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,cmin} = 103,32 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} \leq \max[V_{Rd,c}; V_{Rd,cmin}] \leq V_{Rd,max}$$

$$100,0 \text{ kN} < 126,4 \text{ kN} < 830 \text{ kN}$$

Navrhne sa len z konštrukčného hľadiska

Navrhujem : $\Phi 8$, raster 300x300mm

7.2.2.2.2 Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia tlakovej diagonály

$$\sigma_{cwd} = V_{Ed}/(z * b_w) * [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 1,22 \text{ MPa}$$

$$v = v_1 = 0,6[1 - f_{ck}/250] = 0,53$$

$$\sigma_{cwd} / [a_{cw} * v * f_{cd}] \leq 1$$

$$0,14 < 1,0 \text{ Spĺňa}$$

7.2.2.3 Posúdenie ohybovej odolnosti, zvislý smer

$$A_{s,vmin} = \max[25\%A_{sl,v}; 0,001A_c] = 6,70E+02 \text{ mm}^2$$

$$A_{sl,v} = 7,54E+02 \text{ mm}^2$$

$$\mu = A_{sl,v} / [b * d_v] = 0,38\%$$

$$A_{s,vmin} / A_{sl,v} \leq 1$$

$$0,89 < 1,0$$

Vyhovuje

7.2.3 Posúdenie krídla – MSP

7.2.3.1 Kontrola napätí

- Pri kontrole napätí sa uvažuje s charakteristickou kombináciou zaťaženia

$$N_{Ek} = -20,00 \text{ kN}$$

$$M_{Ek} = 20,00 \text{ kNm}$$

Maximálne tlakové napätie v priereze : $\sigma_{c,max} = N_{Ek}/A_i - M_{Ek} \cdot z_{i,H}/I_i = -1,99 \text{ MPa} \leq 0,6f_{ck} \quad 18 \text{ MPa}$

Maximálne ťahové napätie v priereze : $\sigma_{ct,max} = N_{Ek}/A_i + M_{Ek} \cdot z_{i,D}/I_i = 1,79 \text{ MPa} \leq f_{ctm} \quad 2,9 \text{ MPa}$

Moment na medzi vzniku trhliny : $M_{cr} = [f_{ctm} \cdot N_{Ek}/A_i] \cdot I_i/z_{i,D} = 30,3 \text{ kNm}$

V priereze sa neočakávajú trhliny

Nakoľko ohybový moment od charakteristickej kombinácie neprekročil kritický ohybový moment, nie je za potreby overovať šírku trhlín.

7.2.4 Zhrnutie návrhu krídla

Zvislá výstuž pri oboch povrchoch..... $\varnothing 12/á150\text{mm}$

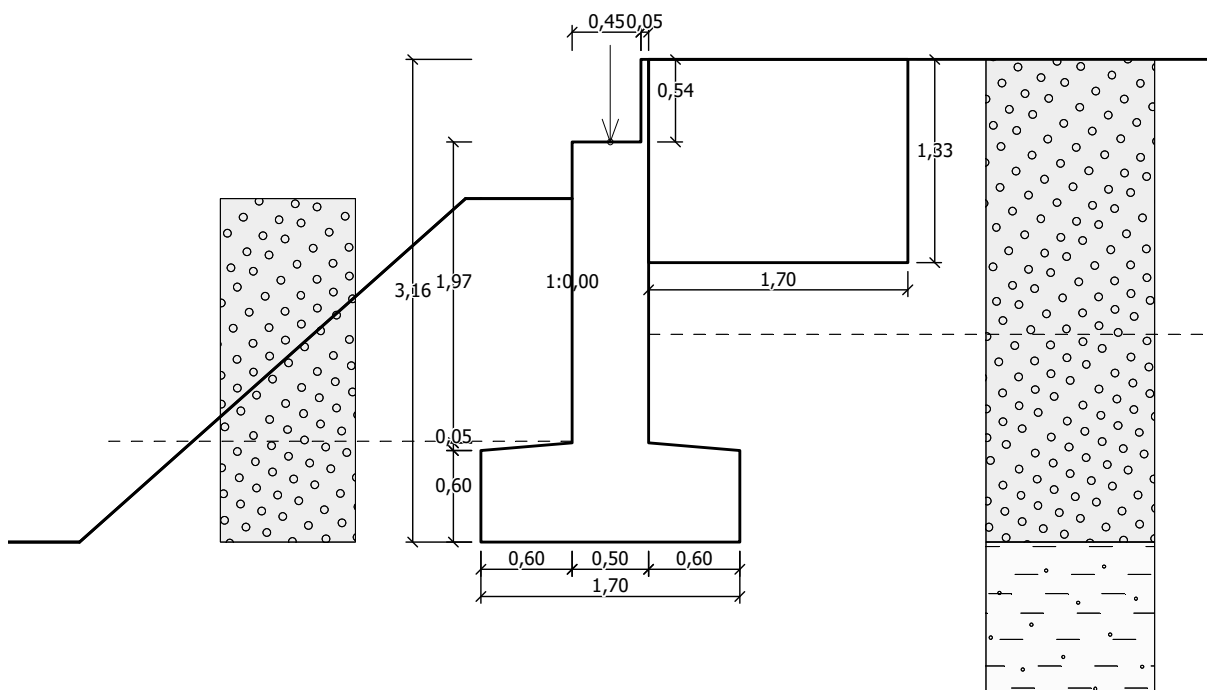
Vodorovná výstuž v kritickom mieste votknutia..... $\varnothing 16/á150\text{mm}$ (3rady po 3ks)

Vodorovná výstuž v ostatných miestach..... $\varnothing 12/á150\text{mm}$

Spony..... $\varnothing 8$, raster 250x250mm

7.3 Návrh a posúdenie základov

Posúdenie sa vytvorilo v programe „GEO“.



Obr. 16 Tvar celkovej opory

7.3.1 Posúdenie základovej škáry

Tab. 1 Sily pôsobiace v strede základovej škáry

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]	Excentricita [-]	Napätí [kPa]
1	-5,36	180,71	18,47	0,000	106,38
2	14,96	158,16	32,10	0,052	103,91

Tab. 2 Normové sily pôsobiace v strede základovej škáre (výpočet sadania)

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]
1	4,10	158,16	22,33

Posouzení excentricity :

Max. excentricita normálové síly $e = 0,052$
 Maximální dovolená excentricita $e_{alw} = 0,333$

Excentricita normálové síly VYHOVUJE

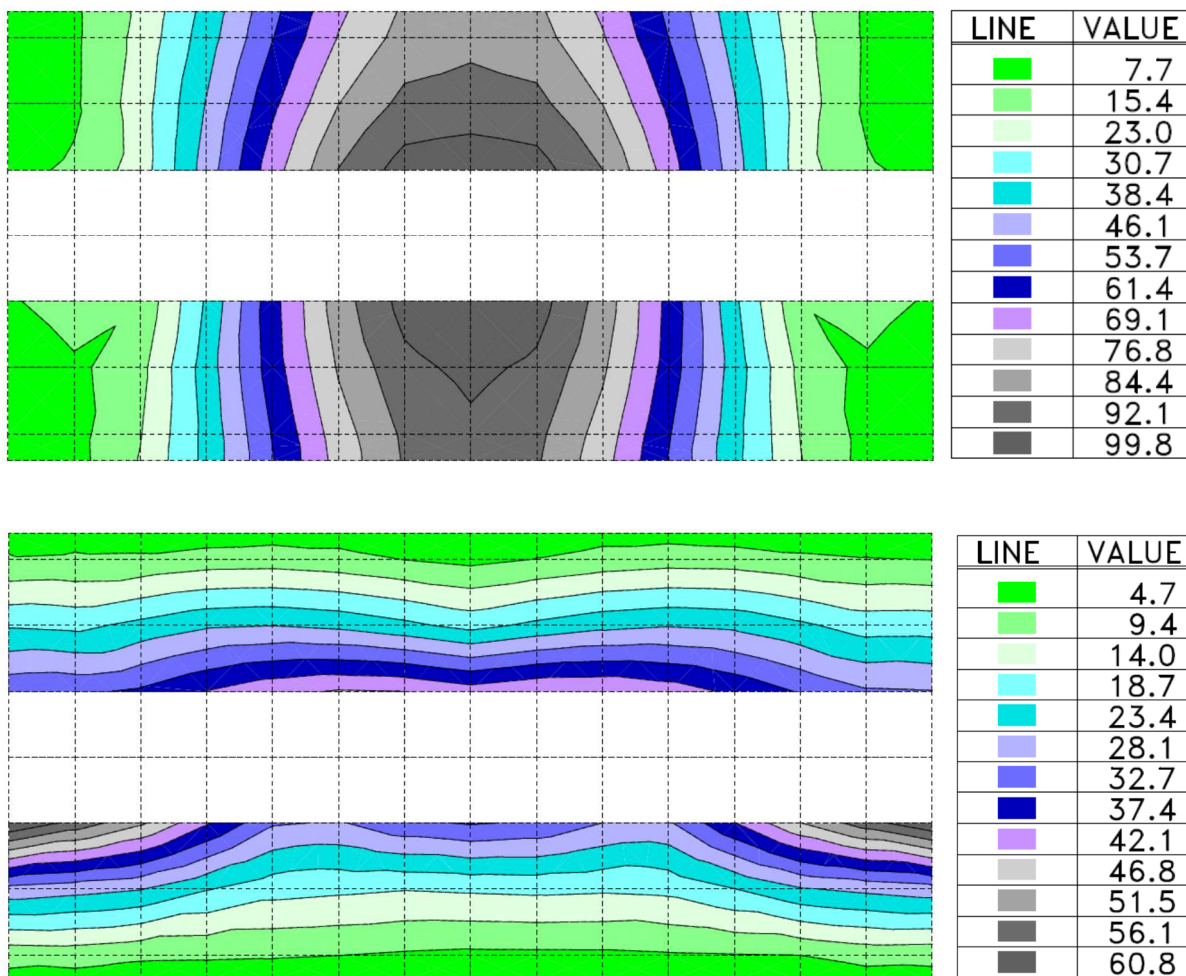
Posouzení únosnosti základové spáry :

Návrhová únosnost základové půdy $R = 150,00 \text{ kPa}$
 Součinitel redukce odporu základové půdy $\gamma_{Rv} = 1,40$
 Max. napětí v základové spáře $\sigma = 106,38 \text{ kPa}$
 Únosnost základové půdy $R_d = 107,14 \text{ kPa}$

Únosnost základové půdy VYHOVUJE

7.3.2 Vnútorné sily na základe

Z výsledkov je vyrezaná oblasť, ktorá tvorí oporu.



Obr. 17 MSÚ – Ohybové momenty zhora : pozdĺžny, priečny

7.3.3 Posúdenie základu – MSÚ

7.3.3.1 Posúdenie ohybovej odolnosti, pozdĺžny smer

$$\begin{aligned}\Phi_{sl,v} &= 12 \text{ mm} & h &= 600 \text{ mm} & m_{Ed,v} &= 100,00 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,v} &= 200 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,v} &= 5,00 & A_{sl,v} &= 5,65E+02 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Účinná výška prierezu :

$$\begin{aligned}d_{1,v} &= c + \Phi_{sl,v} + \Phi_{sl,v}/2 = 61 \text{ mm} \\ d_v &= h - d_{1,v} = 539 \text{ mm}\end{aligned}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\begin{aligned}\xi_{lim} &= \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,617 \\ x_{lim,v} &= \xi_{lim} * d_v = 332,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,v} = [A_{sl,v} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 14,5 \text{ mm}$$

$$x_{u,v} \leq x_{lim,v}$$

$$18,1 \text{ mm} < 332,5 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,v} = x_{B,v} / \lambda = 18,1 \text{ mm}$$

$$m_{Ed,v} \leq m_{Rd,v}$$

$$100,0 \text{ kNm/m} < 130,7 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,v} = x_{B,v} * b * f_{cd} * (d_v - x_{B,v} * 0,5) = 130,7 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 76,5%

Navrhujem : $\Phi 12$ po 200 mm

7.3.3.2 Posúdenie ohybovej odolnosti, priečny smer

$$\begin{aligned}\Phi_{sl,h} &= 10 \text{ mm} & h &= 600 \text{ mm} & m_{Ed,h} &= 42,00 \text{ kNm/m} \\ s_{sl,h} &= 300 \text{ mm} & b &= 1000 \text{ mm} \\ n_{sl,h} &= 3,33 & A_{sl,h} &= 2,62E+02 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Účinná výška prierezu :

$$\begin{aligned}d_{1,h} &= c + \Phi_{sl,h}/2 = 50 \text{ mm} \\ d_h &= h - d_{1,h} = 550 \text{ mm}\end{aligned}$$

Limitná hodnota neutrálnej osi :

$$\begin{aligned}\xi_{lim} &= \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}) = 0,62 \\ x_{lim,h} &= \xi_{lim} * d_h = 339,3 \text{ mm}\end{aligned}$$

Výška tlačenej oblasti :

$$x_{B,h} = [A_{sl,h} * f_{yd}] / [b * \xi * f_{cd}] = 6,7 \text{ mm}$$

$$x_{u,h} \leq x_{lim,h}$$

$$8,4 \text{ mm} < 339,3 \text{ mm} \quad \text{Spĺňa}$$

Poloha neutrálnej osi :

$$x_{u,h} = x_{B,h} / \lambda = 8,4 \text{ mm}$$

$$m_{Ed,h} \leq m_{Rd,h}$$

$$42,0 \text{ kNm/m} < 62,2 \text{ kNm/m} \quad \text{Spĺňa}$$

Moment ohybovej odolnosti :

$$m_{Rd,h} = x_{B,h} * b * f_{cd} * (d_h - x_{B,h} * 0,5) = 62,2 \text{ kNm/m}$$

Využitie : 67,5%

Navrhujem : $\Phi 10$ po 300 mm

7.3.4 Zhrnutie návrhu základu

Priečna výstuž $\Phi 10/\acute{a}300\text{mm}$

Pozdĺžna výstuž $\Phi 12/\acute{a}200\text{mm}$

8. Záver statického výpočtu

Statickým výpočtom bola overená celková konštrukcia predmetného mostného objektu.

Je nutné preveriť únosnosť základovej pôdy, ktorá bola uvažovaná hodnotou 150kN, z dôvodu neznámeho IG prieskumu. Akákoľvek odlišnosť od predpokladaného si vyžaduje aktualizáciu riešenia na základe zistených skutočností!

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.

Prešov, február 2017

Vypracoval: Ing. Jozef Antol
Ing. Radoslav Fotta