

SO 02

 ISPO spol. s r. o. Inžinierske stavby Slovenská 86, 080 01 Prešov tel.: 051/74 636 95, 74 636 99	ZODP.PROJEKTANT: ING.M.DÚBRAVSKÝ	HL. PROJEKTANT: ING.J.ANTOL
	VYPRACOVAL: ING.M.RUSÍN	KONTROLOVAL: ING.J.KURUC
OBJEDNÁVATEL: Správa a údržba ciest Prešovského samosprávneho kraja		
OKRES: STROPKOV	KRAJ: PREŠOVSKÝ	
KAT.ÚZEMIE: KRÚŠINEC, STROPKOV		DÁTUM: 06/2018
STAVBA: Rekonštrukcia mosta na ceste III/3584 č.3584-001 Krušinec		STUPEŇ: DSP(DP)
		Č.ZÁKAZKY: 2907/2018
OBJEKT: SO 02 - MOST 3584-001 Krušinec		Č. PRÍLOHY: Č. SÚPRAVY:
PRÍLOHA : STATICKÝ VÝPOČET		12

OBSAH :

1	Úvod	3
1.1	Popis mosta	3
1.2	Použité normy, predpisy, podklady a literatúra	3
1.3	Použité programy	3
1.4	Výpočtové postupy	3
2	Geometria mosta	5
3	Použité materiály	6
3.1	Druhy materiálov	6
4	Stanovenie zaťaženia	8
4.1	Stále zaťaženia „G“	8
4.1.1	Vlastná tiaž	8
4.1.2	Mostný zvršok	8
4.1.3	Účinok zásypu na spodnú stavbu	8
4.1.4	Nerovnomerné sadnutie podpier	8
4.1.5	Zaťaženie predpätím „P“	8
4.2	Premenné zaťaženia „Q“	9
4.2.1	Zaťaženie vetrom	9
4.2.2	Zaťaženie účinkami teploty	10
4.2.3	Zaťaženie cestnej dopravy	10
5	Výpočtový model mosta	13
6	Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie v pozdĺžnom smere	14
6.1	Vnútorne sily	14
6.1.1	MSU – trvalá alebo dočasná návrhová situácia	14
6.1.1	MSP – charakteristická kombinácia (po predopnutí)	15
6.1.2	MSP – charakteristická kombinácia (na konci životnosti – 100r.)	15
6.1.3	MSP – častá kombinácia (na konci životnosti – 100r.)	15
6.2	MSP – posúdenie hlavných napätí – štádium predpínania	16
6.2.1	Priebehy hlavných napätí pri charakteristickej kombinácii v okamihu po predopnutí	16
6.2.2	Posúdenie hlavných napätí v štádiu predpínania	16
6.3	MSP – posúdenie hlavných napätí – na konci životnosti (100r.)	17
6.3.1	Priebehy hlavných napätí pri charakteristickej kombinácii na konci životnosti	17
6.3.2	Posúdenie hlavných napätí na konci životnosti	17
6.3.3	Priebehy hlavných napätí pri kvázi-stálej kombinácii na konci životnosti	17
6.3.4	Posúdenie tlakových hlavných napätí na konci životnosti	17
6.4	MSP - Posúdenie dekompresie	18
6.4.1	Priebeh hlavných napätí pri častej kombinácii	18
6.4.2	Posúdenie dekompresie	18
6.5	MSP – Posúdenie priehybu	18
6.5.1	Priebeh zvislých deformácií nosnej konštrukcie pri charakteristickej kombinácii na konci životnosti	18
6.5.2	Posúdenie priehybu druhého poľa na konci životnosti	18
6.6	MSÚ – Posúdenie momentu odolnosti	19
6.6.1	Posúdenie v strede rozpätia druhého poľa	19
6.6.2	Posúdenie nad medziľahlou podperou	20
6.7	MSÚ – Posúdenie interakcie ohybu, šmyku a krútenia	20
6.7.1	Nadpodperový prierez	20
6.7.2	Medzipodperový prierez	25
7	Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie v priečnom smere	31
7.1	MSÚ – návrhové hodnoty vnútorných síl	31
7.1.1	Ohybové momenty – ťah pri hornom povrchu	31
7.1.2	Ohybové momenty – ťah pri dolnom povrchu	31
7.2	Minimálne plochy výstuže nk	31
7.2.1	Horná povrch	31
7.2.2	Dolný povrch	31
7.2.3	Rozmiestnenie betonárskej výstuže nk v priečnom smere	32
8	Návrh a posúdenie spodnej stavby	33
8.1	Medziľahlá podpera	33

8.1.1	Driek medziľahlej podpory	33
8.1.2	Vrubový kĺb.....	37
8.2	Opora.....	37
8.2.1	Driek opory	37
8.3	Mostné krídla	38
8.3.1	Výpočtový model	38
8.3.2	Driek krídla	39
9	Návrh a posúdenie zakladania	40
9.1	Založenie medziľahkých podpier	40
9.1.1	Osové sily v pilótach – MSU	40
9.1.2	Osové sily v pilótach – MSP	40
9.2	Založenie opôr	40
9.2.1	Osové sily v pilótach – MSU	41
9.2.2	Osové sily v pilótach – MSP	41
9.3	Založenie mostných krídel	41
9.3.1	Osové sily v pilótach – MSU	41
9.3.2	Osové sily v pilótach – MSP	42
10	Záver statického výpočtu.....	43

1 Úvod

1.1 Popis mosta

Most je navrhnutý ako trojpoľový s integrovanými oporami s hĺbkovým založením. Nosná konštrukcia je z predpätého betónu, ostatné konštrukčné prvky sú železobetónové. Nosná konštrukcia je navrhnutá ako mostovková doska premennej hrúbky. Jej uloženie na spodnej stavbe je prostredníctvom vrubových kĺbov.

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 dopravy

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

Podklady :

•

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.
- doc. Ing. Ivan Havran, PhD.: Predpätý betón; Navrhovanie podľa spoločných európskych noriem. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2015. ISBN 978-80-227-4427-0.

1.3 Použité programy

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

- Strap, Scia, Geo5, Fixperience, 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

Geometria mosta je zrejmá z výkresovej prílohy pd.

3 Použité materiály

3.1 Druhy materiálov

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

- **Betón**
 - Nosná konštrukcia C35/45
 - Spodná stavba C30/37
- **Oceľ**
 - Betonárska výstuž B 500B
 - Predpínacia výstuž laná ØLs 15,7mm/1860MPa

Betón: C30/37		
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	f_{ck} (MPa)	30
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck,cube}$ (MPa)	37
Stredná hodnota tlakovej pevnosti betónu	f_{cm} (MPa)	38
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm} (MPa)	2,9
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,0
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	3,8
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm} (GPa)	33
Koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti	α_T (1/°C)	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Betón: C35/45		
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	f_{ck} (MPa)	35
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck,cube}$ (MPa)	45
Stredná hodnota tlakovej pevnosti betónu	f_{cm} (MPa)	43
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm} (MPa)	3,2
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	2,2
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95%-ný fraktíl	$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	4,2
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm} (GPa)	34
Koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti	α_T (1/°C)	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Betonárska výstuž: B 500B		
Charakteristická medza klzu	f_{yk} (MPa)	500
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_s (GPa)	200

Predpínacia výstuž: laná ØLs 15,7mm-1860MPa		
Priemer lana	\varnothing_p (mm)	15,7
Prierezová plocha lana	$A_{p,1}$ (mm ²)	150
Prierezová plocha kábla	A_p (mm ²)	-
Charakteristická pevnosť lana	f_{pk} (MPa)	1860
Dohodnutá medza klzu pri 0,1% trvalej deformácie	$f_{p0,1,k}$ (MPa)	1600
Návrhová hodnota pevnosti výstuže	$f_{pd} = f_{p0,1,k} / \gamma_s$ (MPa)	1390
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	$\sigma_{pm0} = \min \{0,75 \cdot f_{pk} ; 0,85 \cdot f_{p0,1,k}\}$	1360
Horná hodnota predpínacieho napätia	$\sigma_{pk,sup} = r_{sup} \cdot \sigma_{pm0} = 1,05 \cdot \sigma_{pm0}$	
Dolná hodnota predpínacieho napätia	$\sigma_{pk,inf} = r_{inf} \cdot \sigma_{pm}(t) = 0,95 \cdot \sigma_{pm}(t)$	
Poklz v kotve	Δ_s (mm)	4
Súčiniteľ trenia v zakrivenej časti kábla	μ (---)	0,19
Neprojektované uhlové premiestnenie vnútor. predpínacej výstuže	k (1/m)	0,005

Predpínacia výstuž: laná ØLs 15,7mm-1860MPa		
Strata z relaxácie po 1000 hodinách	štandardne 2,5%	
Priemer káblového kanálika	Ø _{duct} (mm)	-

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

4.1.2 Mostný zvršok

- Asfaltová vozovka vrátane izolácie, hr. 95mm
 - Horná hranica „sup“ 1,4.(0,095.24)= 3,20 kN/m²
 - Spodná hranica „inf“ 0,8.(0,095.24)= 1,83 kN/m²
- Ľavá rímsa
 - Rímsa 6,9 kN/m²
 - Zvodidlo 1,6 kN/m²
 - Zábradlie 1,0 kN/m²
- Pravá rímsa
 - Rímsa 8,5 kN/m²
 - Zvodidlo 1,6 kN/m²

4.1.3 Účinok zásypu na spodnú stavbu

Dimenzovaní zemného tlaku sa musí brať na zreteľ obsypový materiál. Ako obsypový materiál by sa mal použiť štrk s maximálne 10%-ným podielom zŕn < 0,063mm.

Pri týchto predpokladoch je možné stanoviť uhol vnútorného trenia ϕ_k na úrovni 35°, bez súdržnosti a objemovú tiaž γ_k na úrovni 20,0kN/m³.

4.1.4 Nerovnomerné sadnutie podpier

Odporúčaná hodnota nerovnomerného sadnutia podpier, pri daných rozpätiach je 5mm. Uvažuje sa zvlášť pre každú podperu v statickej schéme.

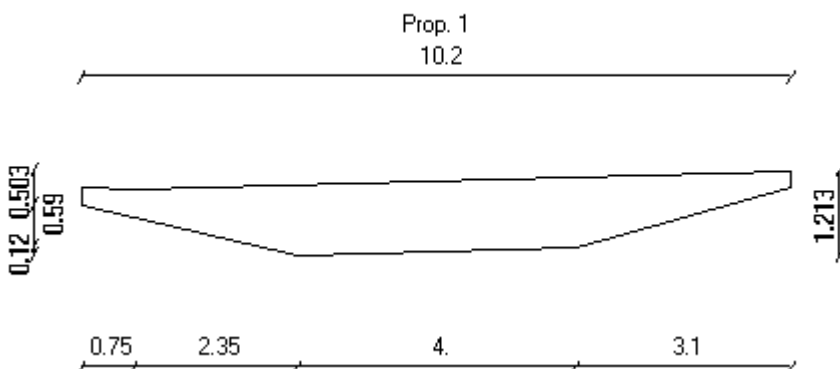
Uvažovaná hodnota : $\Delta d_{set} = \pm 5mm$

4.1.5 Zaťaženie predpätím „P“

Zaťaženie je namodelované priamo vo výpočtovom programe, ktorý zohľadňuje jednotlivé straty predpätia pre dané časové úseky.

4.1.5.1 Parametre predpätia

SECTIONS



PARAMETERS

Design Code = EuroCode, conc. $f_c = 35$, reinf. $f_y = 500$, shear reinf. $f_y = 350$.

Reinf. modulus $E = 200000$, conc. modulus $E = 33000$, cables modulus $E = 195000$.

Humidity = 72.%, cement type = rapid hardening, temperature = 10.

Calculation methods: Ultimate moment = include decompression strain,

Shear = standard method, Deflections = use effective I at each point.

CABLE NO. = 1

No. of strands = 160, Strand type : 7WS15.7MM, % of jacking = 100., Total force of all strands= 34560.[kN]

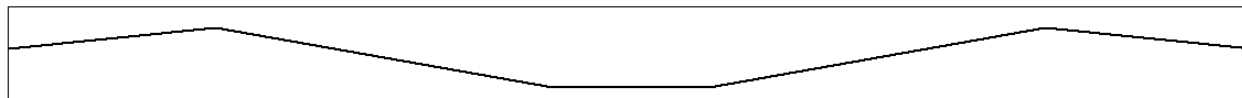
Cable is bonded

JACKING SEQUENCE :

Stage 1: predopnutie

Strands 1-160 jacked from left side to 100.%, Total force of jacked strands =34560.[kN]

CABLE GEOMETRY :



CABLE COORDINATES (mm), relative to section top

x	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
y	-533	-511	-489	-467	-445	-423	-402	-380	-358	-336	-314	-292
x	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000	11500
y	-270	-309	-348	-387	-427	-466	-505	-544	-583	-622	-661	-700
x	12000	12500	13000	13500	14000	14500	15000	15500	16000	16500	17000	17500
y	-740	-779	-818	-857	-896	-935	-974	-1013	-1033	-1033	-1033	-1033
x	18000	18500	19000	19500	20000	20500	21000	21500	22000	22500	23000	23500
y	-1033	-1033	-1033	-1033	-1033	-1013	-974	-935	-896	-857	-818	-779
x	24000	24500	25000	25500	26000	26500	27000	27500	28000	28500	29000	29500
y	-740	-700	-661	-622	-583	-544	-505	-466	-427	-387	-348	-309
x	30000	30500	31000	31500	32000	32500	33000	33500	34000	34500	35000	35500
y	-270	-292	-314	-336	-358	-380	-402	-423	-445	-467	-489	-511
x	36000											
y	-533											

4.2 Premenné zaťaženia „Q“

4.2.1 Zaťaženie vetrom

Zaťaženie vetrom je stanovené prostredníctvom normy STN EN 1991-1-4 pre požadované smery účinkov.

SILA OD VETRA NA NOSNÚ KONŠTRUKCIU MOSTA PODĽA STN EN 1991-1-4

Zadanie vstupných parametrov :

kategória terénu: $kt := 2$

fundamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra: $v_{b0} := 26 \frac{m}{s}$

znížená fundamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra: $v'_{b0} := 23 \frac{m}{s}$

súčiniteľ sezónnosti: $c_{season} := 1.0$

súčiniteľ smerovosti: $c_{dr} := 1.0$

výška nad povrchom: $z_e := 4.0m$

výška zaťažovanej plochy mosta bez dopravy: $d_{tot} := 2.7m$

výška zaťažovanej plochy mosta s dopravou: $d_{tot.dopr} := 3.8m$

šírka mosta: $b := 10.2m$

vetrom zaťažená dĺžka mosta: $L := 37m$

Výpočet pomocných veličín :

základná rýchlosť vetra:	$v_b = 26 \frac{m}{s}$	znížená rýchlosť vetra:	$v'_b = 23 \frac{m}{s}$
súčiniteľ drsnosti:	$c_f = 0.83$	súčiniteľ terénu:	$k_f = 0.19$
intenzita turbulencie:	$I_v = 0.228$	stredná rýchlosť vetra:	$v_m = 21.6 \frac{m}{s}$
základný tlak vetra:	$q_b = 422.5 \text{ Pa}$	špičkový tlak vetra:	$q_p = 761 \text{ Pa}$

Zaťaženie vetrom pre kombinácie bez zaťaženia dopravou :

súčiniteľ zaťaženia vetrom:	$C = 2.87$		
vetrom zaťažená plocha mosta:	$A_{ref.x} = 99.9 \text{ m}^2$		
sila vetra (bez dopravy) - kolmo na os mosta:	$F_w = 121.1 \cdot \text{kN}$	$F_{w.bm} = 3.27 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$	
sila vetra (bez dopravy) - v pozdĺžnom smere mosta:	$F_{w.pozdl} = 30.3 \cdot \text{kN}$	$F_{w.pozdl.bm} = 0.82 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$	

Zaťaženie vetrom pre kombinácie so zaťažením dopravou :

súčiniteľ zaťaženia vetrom:	$C_{dopr} = 3.56$		
vetrom zaťažená plocha mosta s dopravou:	$A_{ref.x.dopr} = 140.6 \text{ m}^2$		
sila vetra (bez dopravy) - kolmo na os mosta:	$F_{w.dopr} = 170.4 \cdot \text{kN}$	$F_{w.dopr.bm} = 4.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$	
sila vetra (bez dopravy) - v pozdĺ. smere mosta:	$F_{w.dopr.pozdl} = 42.6 \cdot \text{kN}$	$F_{w.dopr.pozdl.bm} = 1.15 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$	

4.2.2 Zaťaženie účinkami teploty

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

4.2.2.1 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 : $T_{min} = -X^{\circ}\text{C}$
- Max. teplota vzduchu v tieni : $T_{max} = X^{\circ}\text{C}$
- 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 :

..... $\Delta T_{N,con} = -X^{\circ}\text{C}$

Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teploty mosta pri predlžovaní :

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

4.2.2.2 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 : $\Delta T_{M,heat} = X^{\circ}\text{C}$
- Spodný povrch teplejší ako horný povrch : $\Delta T_{M,cool} = -X^{\circ}\text{C}$

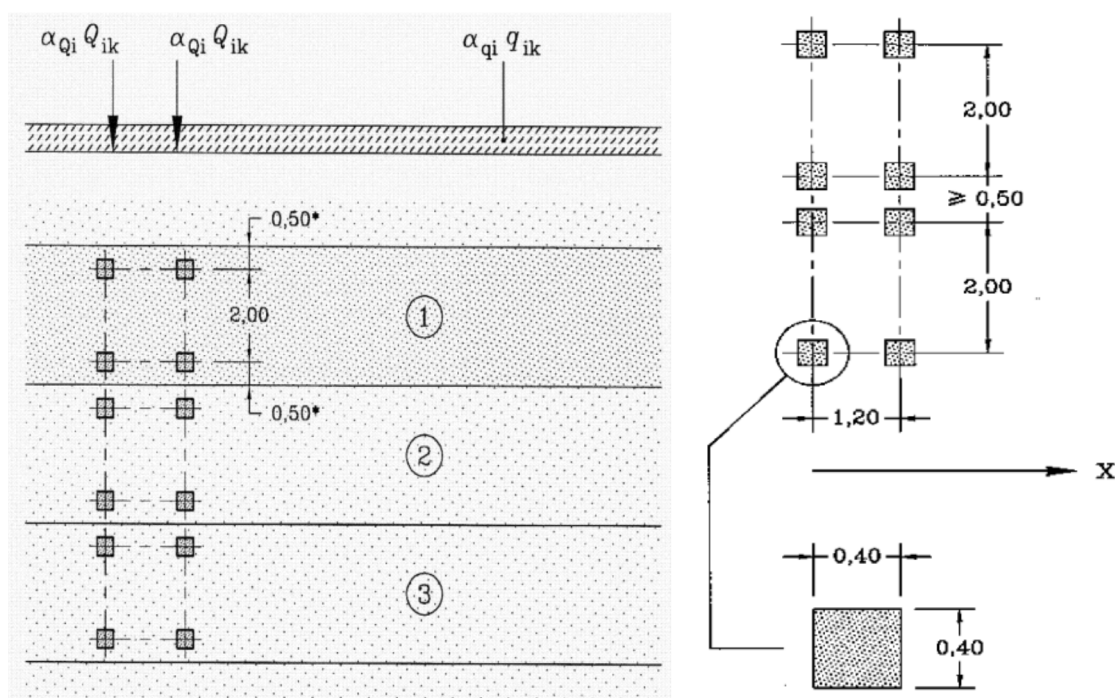
4.2.3 Zaťaženie cestnej dopravy

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

4.2.3.1 Zaťažovací model 1 „LM1“

Tento zaťažovací model vyjadruje väčšinu účinkov prevádzky nákladných vozidiel a automobilov. Zaťažovací model sa skladá z dvoch čiastkových systémov:

- Sústredné zaťaženie od dvojnápravového vozidla TS (tandemový systém) " $\alpha_Q Q_k$ "
- Rovnomerné spojité zaťaženie UDL " $\alpha_{qk} q_k$ "



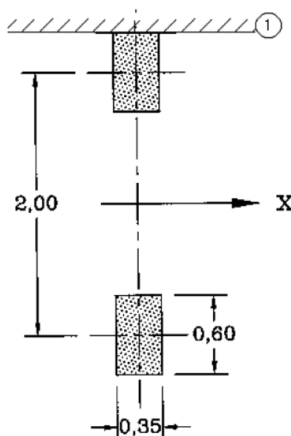
Obr. 1 Aplikácia zaťažovacieho modelu 1

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

4.2.3.2 Zaťažovací model 2 „LM2“

Je to jedonápravové vozidlo pôsobiace cez stanovenú kontaktnú plochu pneumatiky a vozovky, zahrňujúce dynamické účinky bežnej dopravnej prevádzky na krátke konštrukčné prvky.

Národná príloha upravuje kontaktnú plochu na rozmery 0,40x0,40m.



Obr. 2 Aplikácia zaťažovacieho modelu 2

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

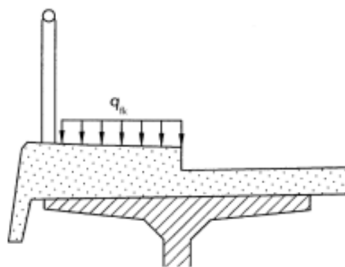
4.2.3.3 Zaťažovací model 4 „LM4“

Zaťaženie vyvolané pohybom davu ľudí. Model je určený len na všeobecné overenie konštrukcie.

Zaťažovací model je vyjadrený rovnomerným spojitým zaťažením zahrňujúcim dynamické prírastky rovným $5,0\text{kN/m}^2$.

4.2.3.4 Zaťaženie chodníkov

Pre cestné mosty s chodníkmi alebo cyklistickými pásmi by malo byť stanovené spojité zaťaženie.



Obr. 3 Charakteristické zaťaženie na chodník alebo cyklistický pás

Charakteristická hodnota : $q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L+30} \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$

Kombinovaná hodnota : $q_{fk} = 3,0 \text{ kN/m}^2$

4.2.3.5 Brzdne a rozjazdové sily

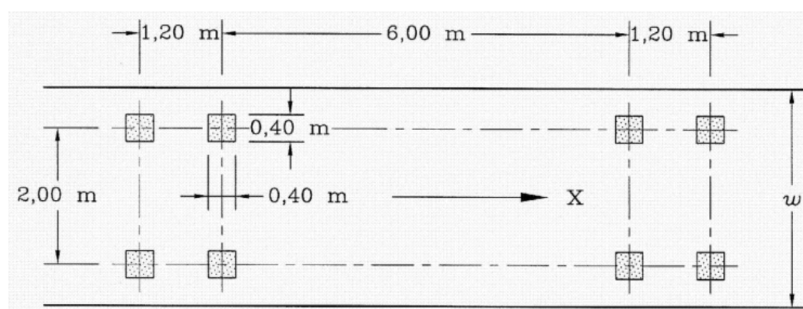
Brzdna sila musí byť uvažovaná ako sila pôsobiaca na povrchu vozovky v pozdĺžnom smere.

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

Charakt. hodnota sily : $Q_{lk} = 424 \text{ kN}$

4.2.3.6 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. 4 Únavový zaťažovací model 3

Tiaž nápravy 120 kN

5 Výpočtový model mosta

Výpočtový model mosta je definovaný ako priestorový v programe Strap pozostávajúci z lineárnych a plošných prvkov. Každý prvok je jednoznačne určený svojimi geometrickými a materiálovými charakteristikami. Podoprenie výpočtového modelu je pružné v pilótach. Tuhosti pružín pozdĺž pilót simulujú ich správanie sa v zemine (poloskalnej hornine).

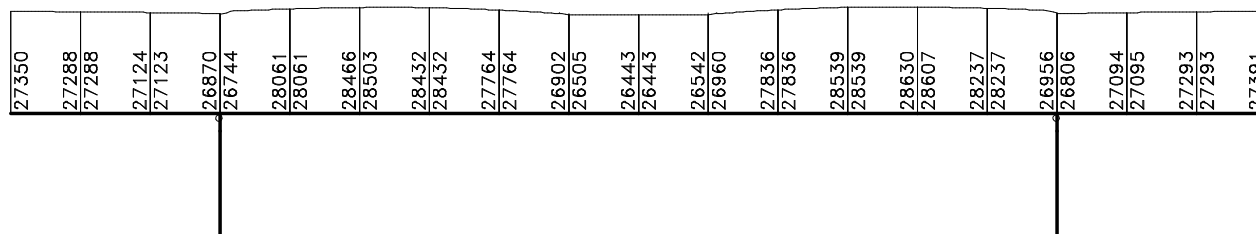


6 Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie v pozdĺžnom smere

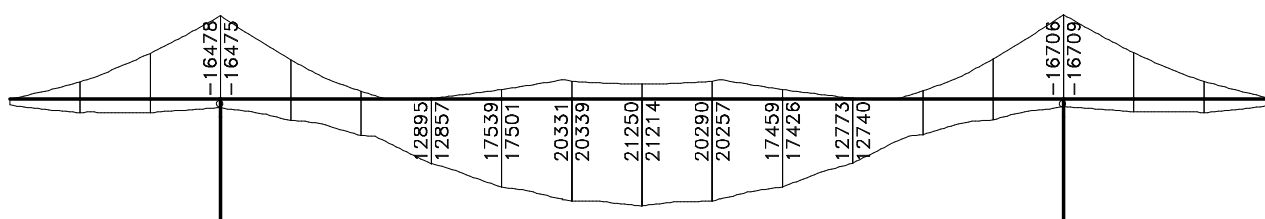
6.1 Vnútorne sily

6.1.1 MSU – trvalá alebo dočasná návrhová situácia

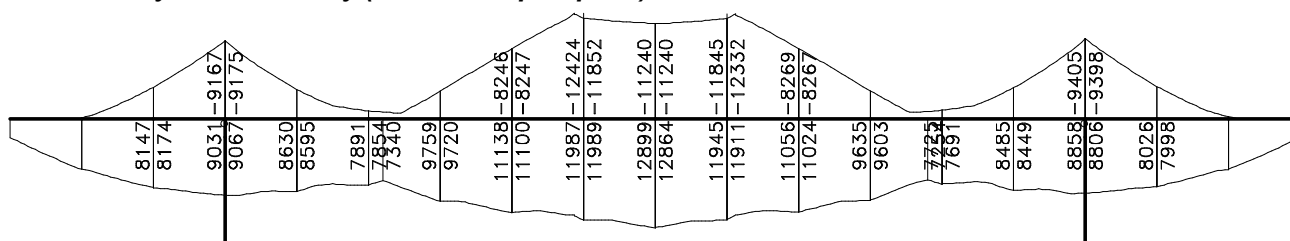
6.1.1.1 Osové sily (s účinkami predpätia)



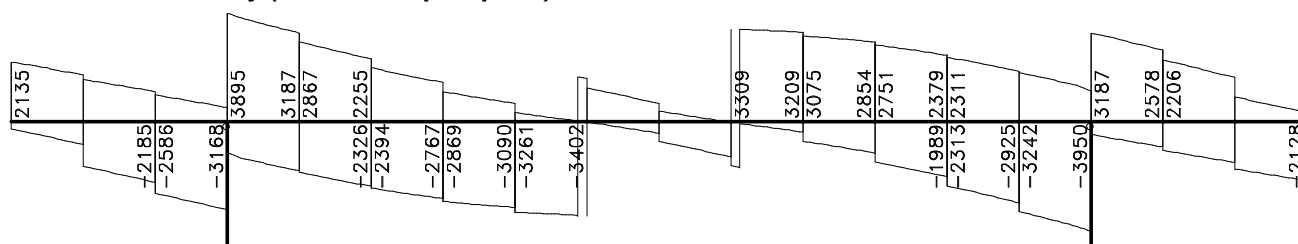
6.1.1.2 Ohybové momenty (bez účinkov predpätia)



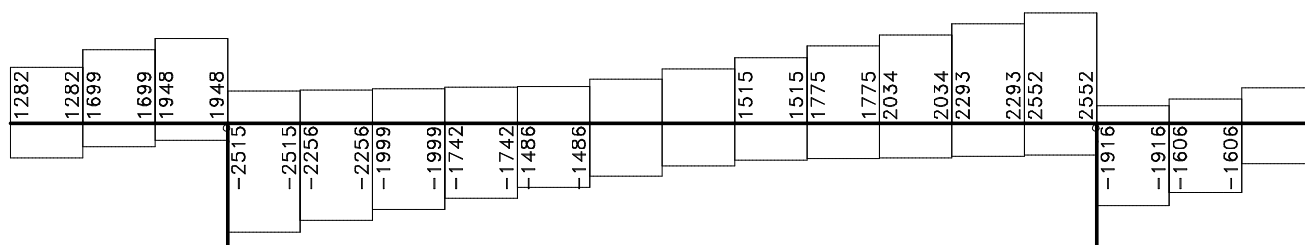
6.1.1.3 Ohybové momenty (s účinkami predpätia)



6.1.1.4 Priečne sily (s účinkami predpätia)

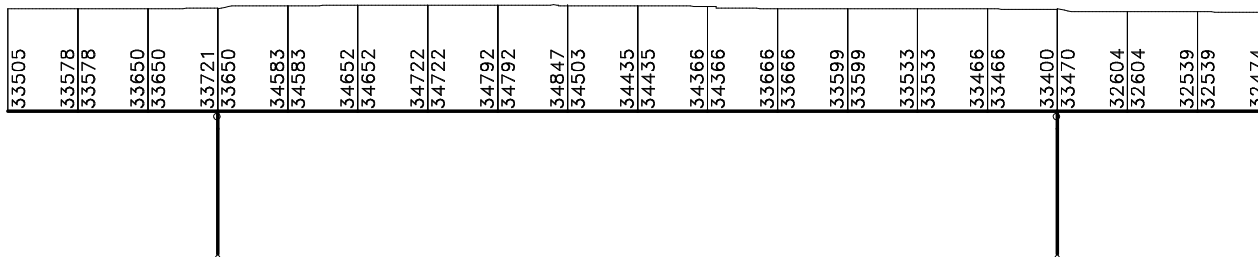


6.1.1.5 Krútiace momenty (s účinkami predpätia)

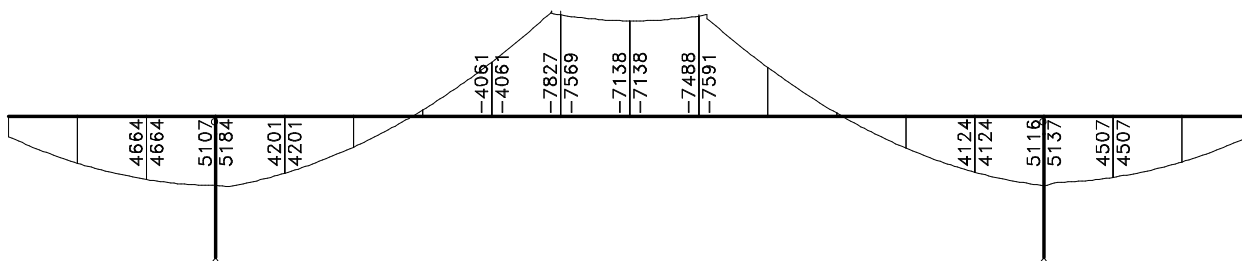


6.1.1 MSP – charakteristická kombinácia (po predopnutí)

6.1.1.1 Osové sily

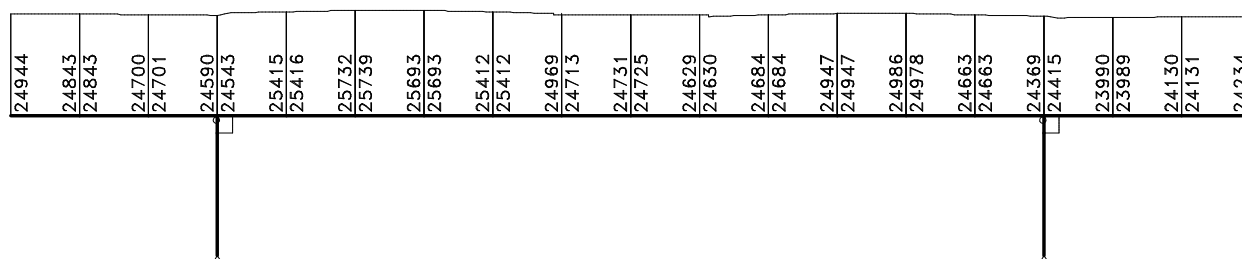


6.1.1.2 Ohybové momenty

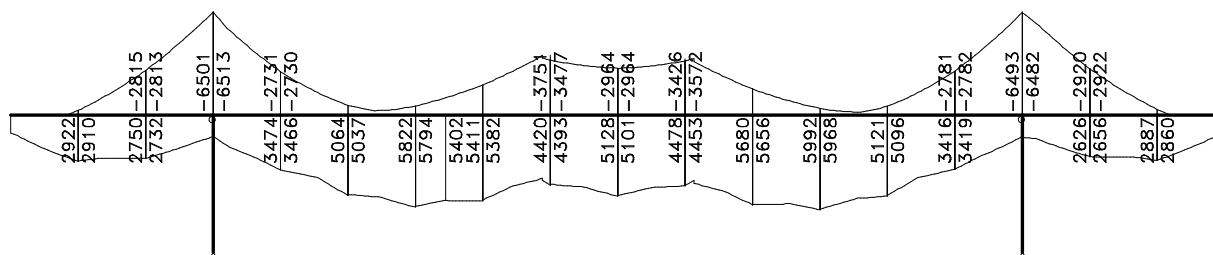


6.1.2 MSP – charakteristická kombinácia (na konci životnosti – 100r.)

6.1.2.1 Osové sily

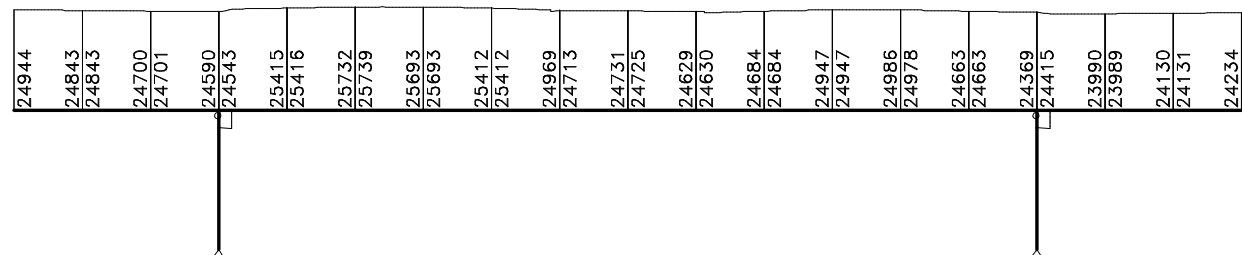


6.1.2.2 Ohybové momenty

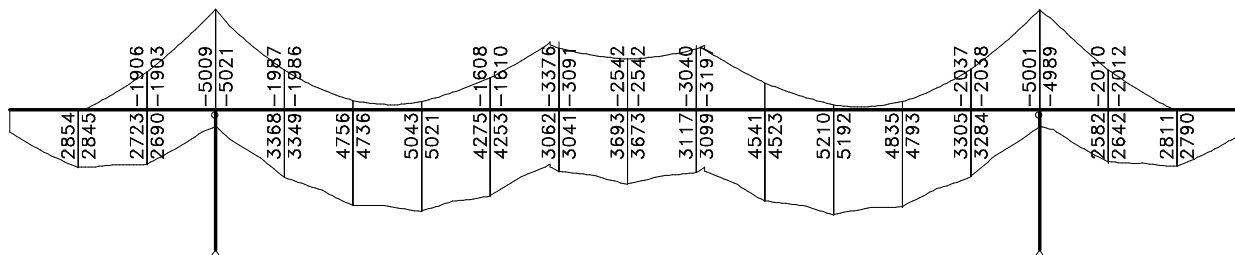


6.1.3 MSP – častá kombinácia (na konci životnosti – 100r.)

6.1.3.1 Osové sily



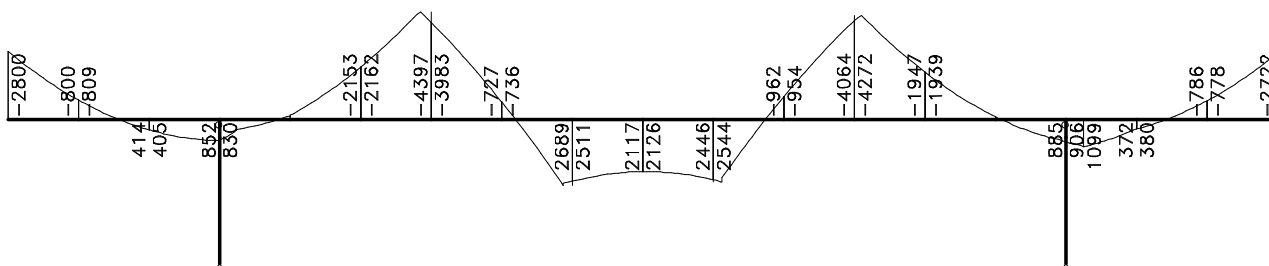
6.1.3.2 Ohybové momenty



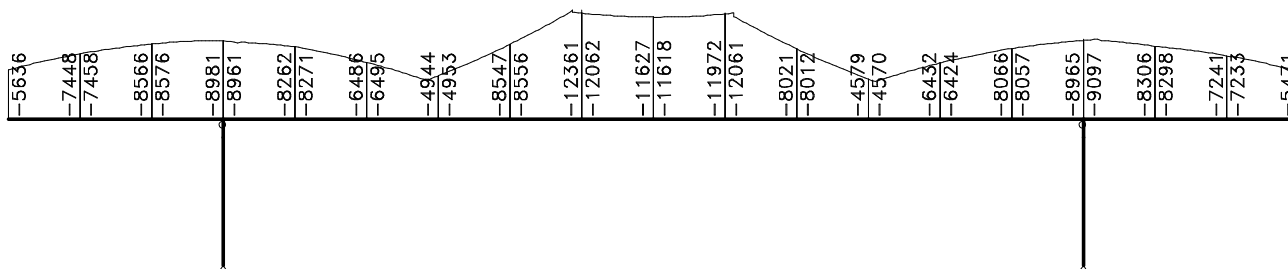
6.2 MSP – posúdenie hlavných napätí – štádium predpínania

6.2.1 Priebehy hlavných napätí pri charakteristickej kombinácii v okamihu po predopnutí

6.2.1.1 Ťahové napätia (kPa)



6.2.1.2 Tlakové napätia (kPa)



6.2.2 Posúdenie hlavných napätí v štádiu predpínania

6.2.2.1 Ťahové napätia

$$\sigma_{ct} \leq 0,9 \cdot 3,2 \text{ MPa}$$

$$2,69 < 2,88 \text{ MPa}$$

vyhovuje

6.2.2.2 Tlakové napätia

$$\sigma_{cc} \geq 0,9 \cdot 0,6 \cdot (-35 \text{ MPa})$$

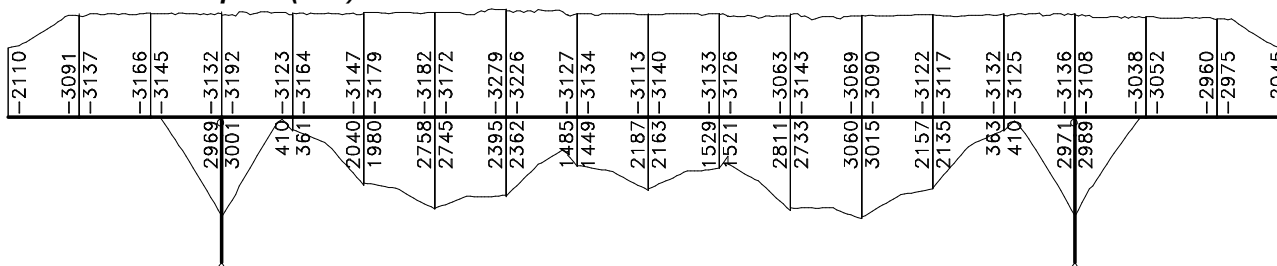
$$-12,4 > -18,9 \text{ MPa}$$

vyhovuje

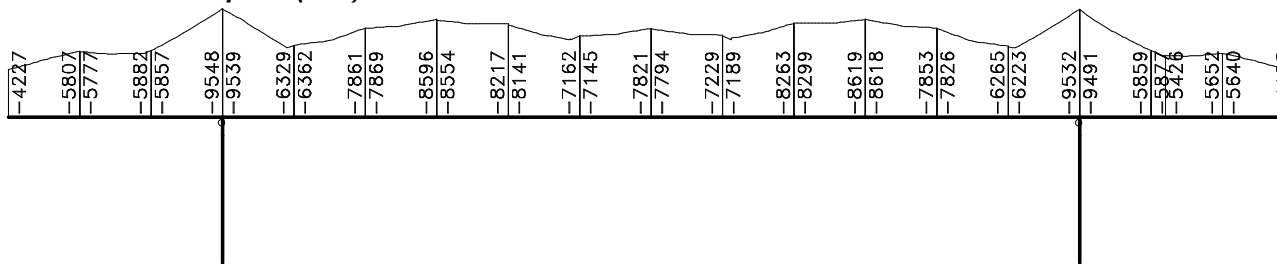
6.3 MSP – posúdenie hlavných napätí – na konci životnosti (100r.)

6.3.1 Priebehy hlavných napätí pri charakteristickej kombinácii na konci životnosti

6.3.1.1 Ťahové napätia (kPa)



6.3.1.2 Tlakové napätia (kPa)



6.3.2 Posúdenie hlavných napätí na konci životnosti

6.3.2.1 Ťahové napätia

$$\sigma_{ct} \leq 3,2 \text{ MPa}$$

$$3,1 < 3,2 \text{ MPa}$$

vyhovuje

6.3.2.2 Tlakové napätia

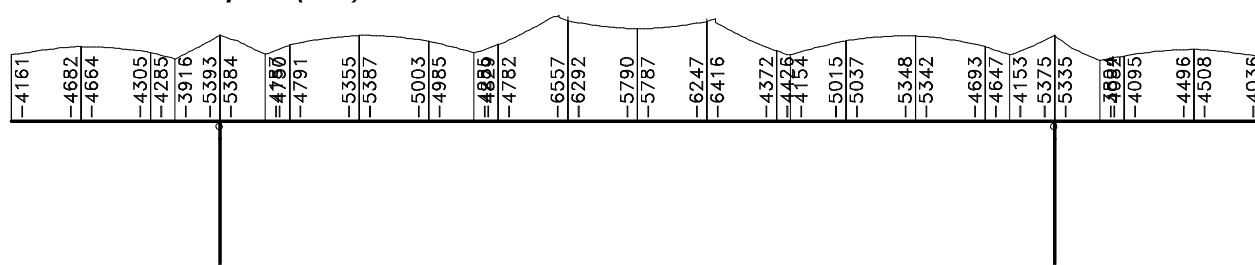
$$\sigma_{cc} \geq 0,6 \cdot (-35 \text{ MPa})$$

$$-9,6 > -21,0 \text{ MPa}$$

vyhovuje

6.3.3 Priebehy hlavných napätí pri kvázi-stálej kombinácii na konci životnosti

6.3.3.1 Tlakové napätia (kPa)



6.3.4 Posúdenie tlakových hlavných napätí na konci životnosti

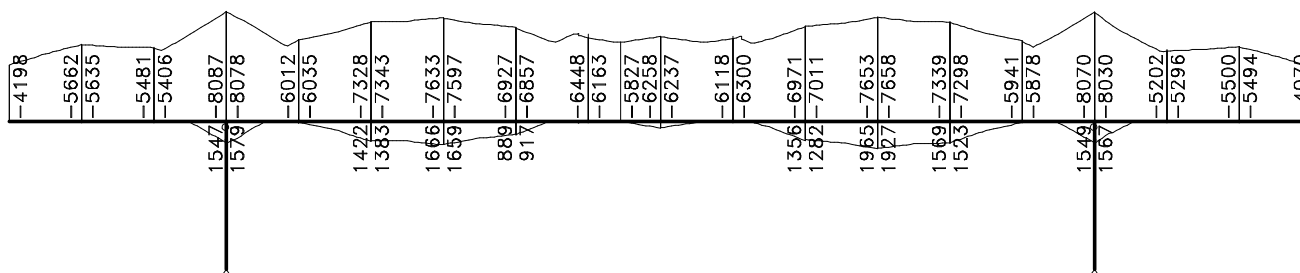
$$\sigma_{cc} \geq 0,45 \cdot (-35 \text{ MPa})$$

$$-6,3 > -15,75 \text{ MPa}$$

vyhovuje

6.4 MSP - Posúdenie dekompresie

6.4.1 Priebeh hlavných napätí pri častej kombinácii



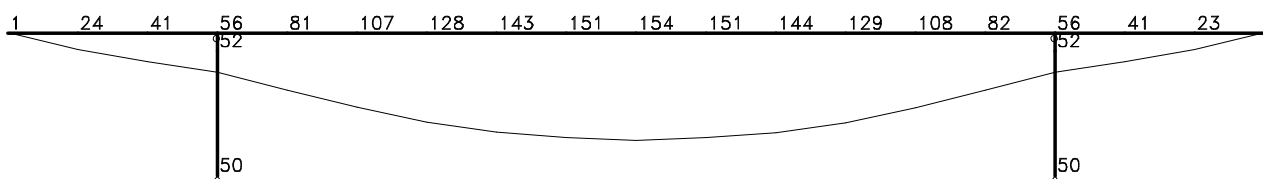
6.4.2 Posúdenie dekompresie

Z hľadiska posúdenia dekompresie je rozhodujúcim prierez v strede druhého poľa (predpínacia výstuž sa nachádza v blízkosti spodného okraja prierezu. Pri častej kombinácii je hodnota ťahového napätia pri spodnom povrchu prierezu v tomto staničení rovná 0,43MPa, a hodnota tlakového napätia pri hornom povrchu rovná -6,26MPa. Spodná úroveň najnižšie položeného káblového kanálika je $130-104/2=78\text{mm}$. V úrovni 25mm pod spodným okrajom káblového kanálika je hodnota hlavného napätia -0,09MPa.

Návrh vyhovel posúdeniu – k dekompresii nedôjde.

6.5 MSP – Posúdenie priehybu

6.5.1 Priebeh zvislých deformácií nosnej konštrukcie pri charakteristickej kombinácii na konci životnosti



- deformácie sú v 10^{-4}m

6.5.2 Posúdenie priehybu druhého poľa na konci životnosti

$$\delta_z \leq \frac{1}{500} \cdot 24000$$

$$(15,4-5,6)=9,8\text{mm} < 48,0\text{mm}$$

vyhovuje

6.6 MSÚ – Posúdenie momentu odolnosti

6.6.1 Posúdenie v strede rozpätia druhého poľa

1.) Materiály

1.1.) Betón

C 35/45

$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$	$f_{cm} = 43 \text{ MPa}$	$f_{ctk,0.05} = 2,2 \text{ MPa}$	$E_{cm} = 34 \text{ GPa}$
$f_{ck,cube} = 45 \text{ MPa}$	$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$	$f_{ctk,0.95} = 4,2 \text{ MPa}$	$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 19,83 \text{ MPa}$		$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05} / \gamma_c = 1,47 \text{ MPa}$	$E_{cd} = E_{cm} / \gamma_c = 28,33 \text{ GPa}$
$\alpha_{cc} = 0,85$	$\alpha_{ct} = 1,0$	$\gamma_c = 1,2$	
$\gamma_c = 1,5$			

1.2.) Predpinacia oceľ

160ØLs 15,7mm/1860
 $f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$
 $f_{p0,1k} = 1600 \text{ MPa}$
 $E_p = 195 \text{ GPa}$
 $A_{p1} = 1,50E-04 \text{ m}^2$

$f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_c = 1391,30 \text{ MPa}$
 $\gamma_s = 1,15$

Údaje výstuže v 1.rade :	$d_{p1} = 0,880 \text{ m}$	$n_{K1} = 160 \text{ ks}$	$n_{L1} = 1 \text{ ks}$
Údaje výstuže v 2.rade :	$d_{p2} = 0,000 \text{ m}$	$n_{K2} = 0 \text{ ks}$	$n_{L2} = 0 \text{ ks}$
Údaje výstuže v 3.rade :	$d_{p3} = 0,000 \text{ m}$	$n_{K3} = 0 \text{ ks}$	$n_{L3} = 0 \text{ ks}$
Údaje výstuže v 4.rade :	$d_{p4} = 0,000 \text{ m}$	$n_{K4} = 0 \text{ ks}$	$n_{L4} = 0 \text{ ks}$
Údaje výstuže v 5.rade :	$d_{p5} = 0,000 \text{ m}$	$n_{K5} = 0 \text{ ks}$	$n_{L5} = 0 \text{ ks}$

výška prierezu : $h = 1000 \text{ mm}$
 šírka prierezu : $b_{eff} = 10200 \text{ mm}$
 návrhový ohybový moment : $M_{Ed} = 21214 \text{ kNm}$

4.2.) Posúdenie ohybovej odolnosti

sila vo výstuži : $N_{pd} = f_{pd} \cdot A_{p1} \cdot \sum [n_{K,i} \cdot n_{L,i}] = 33391,304 \text{ kN}$
 plocha tlačenej oblasti : $A_B = N_{pd} / [\eta \cdot f_{cd}] = 1,684E+00 \text{ m}^2$
 ťažisko tlačenej oblasti : $t_B = 0,083 \text{ m}$

moment ohybovej odolnosti : $M_{Rd} = f_{pd} \cdot A_{p1} \cdot \sum [d_{p,i} \cdot n_{K,i} \cdot n_{L,i}] - A_B \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot t_B = 26612,87 \text{ kNm}$

Posúdenie ohybovej odolnosti :
 $M_{Ed} / M_{Rd} \leq 1$
0,80 < 1,0 Spĺňa

6.6.2 Posúdenie nad medzilahlou podperou

1.) Materiály

1.1.) Betón

C 35/45

$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$ $f_{cm} = 43 \text{ MPa}$ $f_{ctk,0.05} = 2,2 \text{ MPa}$ $E_{cm} = 34 \text{ GPa}$
 $f_{ck,cube} = 45 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$ $f_{ctk,0.95} = 4,2 \text{ MPa}$ $\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
 $f_{od} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 19,83 \text{ MPa}$ $f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05} / \gamma_c = 1,47 \text{ MPa}$ $E_{od} = E_{cm} / \gamma_c = 28,33 \text{ GPa}$
 $\alpha_{cc} = 0,85$ $\alpha_{ct} = 1,0$ $\gamma_c = 1,2$
 $\gamma_c = 1,5$

1.2.) Predpínacia oceľ

160ØLs 15,7mm/1860

$f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$ $f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s = 1391,30 \text{ MPa}$
 $f_{p0,1k} = 1600 \text{ MPa}$ $\gamma_s = 1,15$
 $E_p = 195 \text{ GPa}$
 $A_{p1} = 1,50E-04 \text{ m}^2$

Údaje výstuže v 1.rade :

$d_{p1} = 0,880 \text{ m}$ $n_{K1} = 160 \text{ ks}$ $n_{L1} = 1 \text{ ks}$
 Údaje výstuže v 2.rade : $d_{p2} = 0,000 \text{ m}$ $n_{K2} = 0 \text{ ks}$ $n_{L2} = 1 \text{ ks}$
 Údaje výstuže v 3.rade : $d_{p3} = 0,000 \text{ m}$ $n_{K3} = 0 \text{ ks}$ $n_{L3} = 0 \text{ ks}$
 Údaje výstuže v 4.rade : $d_{p4} = 0,000 \text{ m}$ $n_{K4} = 0 \text{ ks}$ $n_{L4} = 0 \text{ ks}$
 Údaje výstuže v 5.rade : $d_{p5} = 0,000 \text{ m}$ $n_{K5} = 0 \text{ ks}$ $n_{L5} = 0 \text{ ks}$

výška prierezu :

$h = 1000 \text{ mm}$

šírka prierezu :

$b_{eff} = 4000 \text{ mm}$

návrhový ohybový moment :

$M_{Ed} = 16709 \text{ kNm}$

4.2.) Posúdenie ohybovej odolnosti

sila vo výstuži :

$N_{pd} = f_{pd} \cdot A_{p1} \cdot \sum [n_{K,i} \cdot n_{L,i}] = 33391,304 \text{ kN}$

plocha tlačenej oblasti :

$A_B = N_{pd} / [\eta \cdot f_{od}] = 1,684E+00 \text{ m}^2$

ťažisko tlačenej oblasti :

$t_B = 0,211 \text{ m}$

moment ohybovej odolnosti :

$M_{Rd} = f_{pd} \cdot A_{p1} \cdot \sum [d_{p,i} \cdot n_{K,i} \cdot n_{L,i}] - A_B \cdot \eta \cdot f_{od} \cdot t_B = 22338,78 \text{ kNm}$

Posúdenie ohybovej odolnosti :

$M_{Ed} / M_{Rd} \leq 1$

0,75 < 1,0 Spĺňa

Nosná konštrukcia vyhovela posúdeniu na ohybovú odolnosť.

6.7 MSÚ – Posúdenie interakcie ohybu, šmyku a krútenia

6.7.1 Nadpodperový prierez

1.) Materiály

1.1.) Betón

C 35/45

$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$ $f_{cm} = 43 \text{ MPa}$ $f_{ctk,0.05} = 2,2 \text{ MPa}$ $E_{cm} = 34 \text{ GPa}$
 $f_{ck,cube} = 45 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$ $f_{ctk,0.95} = 4,2 \text{ MPa}$ $\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$

Statický výpočet

20 / 43

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 19,83 \text{ MPa} \quad f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c = 1,47 \text{ MPa} \quad E_{cd} = E_{cm} / \gamma_c = 28,33 \text{ GPa}$$

$$\alpha_{cc} = 0,85 \quad \alpha_{ct} = 1,0 \quad \gamma_c = 1,2$$

$$\gamma_c = 1,5$$

1.2.) Betónárska oceľ

B 500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = f_{pk} / \gamma_s = 434,8 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa} \quad \gamma_s = 1,15$$

$$\epsilon_{uk} = 5,0 \%$$

2.) Hodnoty vnútorných síl

Hodnoty vnútorných síl			
	M [kNm]	V [kN]	T [kNm]
M_{max} [kNm]	16709	3596	2552
V_{max} [kN]	16709	3596	2552
T_{max} [kNm]	16709	3596	2552

4.) MSU - Posúdenie interakcie ohybu, šmyku a krútenia

4.1.) Vstupné údaje

Mmax [kNm]

Posúdenie pre :

- Údaje pre

ohyb

Ohybový moment :

$$M_{Ed} = 16709 \text{ kNm}$$

Výstuž v 1.rade

$$\varnothing_{sh,1} = 20 \text{ mm} \quad n_{sh,1} = 40 \text{ ks} \quad d_{sh,1} = 920 \text{ mm} \quad A_{sh,1} = 1,26E+04 \text{ mm}^2$$

Výstuž v 2.rade

$$\varnothing_{sh,2} = 313 \text{ mm} \quad n_{sh,2} = 1 \text{ ks} \quad d_{sh,2} = 880 \text{ mm} \quad A_{sh,2} = 7,69E+04 \text{ mm}^2$$

Krytie výstuže :

$$c_{nom} = 56 \text{ mm} \quad \text{Osová vzdial. po výške : } 40 \text{ mm} \quad A_{sh} = 8,95E+04 \text{ mm}^2$$

- Údaje pre šmyk

Šmyková sila :

$$V_{Ed} = 3596 \text{ kNm}$$

Šírka steny :

$$b_w = 4000 \text{ mm}$$

Profil strmeňa :

$$\varnothing_{sw} = 14 \text{ mm}$$

Plocha strmeňa :

$$A_{sw} = 2,46E+03 \text{ mm}^2$$

Počet vetiev strmeňa :

$$n_{ss} = 16 \text{ ks}$$

Pozdĺžna vzdial. strmeňa :

$$s = 150 \text{ mm}$$

Sklon tlakovej diagonály :

$$\theta = 40^\circ \quad 0,698 \text{ rad}$$

Rameno vnútorných síl :

$$z = 810 \text{ mm}$$

Počet vetiev strmeňa v jednej náhradnej stene hrúbky t_{ef} :

$$n_{st} = 2 \text{ ks}$$

Plocha strmeňovej zostavy, ktorá prechádza myslanou stenou hrúbky t_{ef} :

$$A_{sw,t} = 3,08E+02 \text{ mm}^2$$

Súčiniteľ zohľadňujúci napätostný stav v tlačennom páse α_{cw} :

$$\alpha_{cw} = 1,00$$

Tlakové napätie v betóne v ťaž. osi prvku od osového zať. alebo predpätia σ_{cp} : $\sigma_{cp} = 0,00 \text{ MPa}$

- Údaje pre krútenie

Krútiaci moment :	$T_{Ed} = 2552 \text{ kNm}$
Výška nosníka v uvažovaní pre krútenie :	$H = 1000 \text{ mm}$
Šírka nosníka v uvažovaní pre krútenie :	$B = 4000 \text{ mm}$
Efektívna hrúbka steny prierezu :	$t_{ef} = 400 \text{ mm}$
Prierezová plocha tvorená strednicovou osou $t_{ef}/2$:	$A_K = 2,16E+06 \text{ mm}^2$
Obvod prierezovej plochy tvorenou strednicovou osou $t_{ef}/2$:	$u_K = 8400 \text{ mm}$

4.2.) Posúdenie odolnosti na ohyb

Sila vo výstuži :	$N_{sd} = f_{yd} \cdot A_{sh} =$	38917,8 kN
Výška tlačenej oblasti :	$x_B = N_{sd} / [B \cdot f_{cd}] =$	490,6 mm
		$x_{lim} = 555,2 \text{ mm}$
Moment ohybovej odolnosti :	$M_{Rd} = f_{yd} \cdot \Sigma [A_{sh,i} \cdot (d_{sh,i} - x_B/2)] =$	24920 kNm
		$M_{Ed} = 16709 \text{ kNm}$
		Vyhovuje 67%

4.2.1.) Posúdenie stupňa vystuženia

$A_{s,min} = 0,26 \cdot [f_{ctm}/f_{yk}] \cdot b \cdot d$	5,99E+03	$A_{s,min} / A_{sh} \leq 1 \leq A_{s,max} / A_{sh}$
=	mm ²	
$A_{sh} =$	8,95E+04	0,07 < 1,0 < 1,8
	mm ²	
$A_{s,max} = 0,04 \cdot h \cdot b =$	1,60E+05	Vyhovuje
	mm ²	
$\mu = A_{sh} / [b \cdot d] =$	3,07%	

4.3.) Posúdenie odolnosti na šmyk

4.3.1.) Odolnosť betónového prierezu v šmyku bez šmykovej výstuže

$V_{Rd,c,max} \geq V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq V_{Rd,c,min}$	
$V_{Rd,c,max} = 18831 \text{ kN}$	$V_{Rd,c} = 2669 \text{ kN}$
$V_{Ed} / V_{Rd,c} \leq 1,0$	1,35 > 1,0 Je nutné navrhnuť šmykovú výstuž

4.3.4.) Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia tlakovej diagonály

$\sigma_{cwd} / \alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} \leq 1,0$	0,22 < 1,0
$\sigma_{cwd} = V_{Ed} / (z \cdot b_w) \cdot [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 2,25 \text{ MPa}$	Vyhovuje

4.3.2.) Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia šmykovej výstuže

$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$
---------------------------------------	--------------------------

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = 6891,6 \text{ kN} \quad 0,52 < 1,0$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 16327,2 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

4.3.3.) Posúdenie stupňa vystúženia

$$\rho_w = A_{sw} / [s \cdot b_w \cdot \sin(\alpha)] = 4,11E-03 \quad \rho_{w,min} / \rho_w \leq 1$$

$$\rho_{wmin} = 0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 9,47E-04 \quad 0,23 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

4.3.5.) Horizontálna zložka šmyku (pozdĺžna výstuž)

4.3.5.1.) Celková horizontálna sila šmyku

$$H_{Ed} / [A_{sh} \cdot f_{yd}] \leq 1,0 \quad 0,11 < 1,0$$

$$H_{Ed} = V_{Ed} \cdot [\cot \theta - \cot \alpha] = 4285,5 \text{ kN} \quad \text{Nie je potrebná dopl. výstuž}$$

$$A_{sl,min} = \text{---} \quad \emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow \quad n = \text{---} \quad A_{sl,sk} = \text{---}$$

4.3.5.2.) Rozloženie zložky šmyku do ťahaného a tlačeneho pásu

Tlačený pás

$$F_{cd} \geq H_{Ed}/2$$

$$18485,6 > 2142,8$$

$$F_{cd} = -M_{Ed}/z + V_{Ed}/2 \cdot [\cot \theta - \cot \alpha] = -18485,6 \text{ kN} \quad \text{Nie je nutné doplniť výstuž}$$

$$A_{sl,min} = \text{---} \quad \emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow \quad n = \text{---} \quad A_{sl,cd,sk} = \text{---}$$

Ťahaný pás - hl. pozdĺžna výstuž

$$F_{td} / [A_{sh} \cdot f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,59 < 1,0$$

$$F_{td} = M_{Ed}/z + V_{Ed}/2 \cdot [\cot \theta - \cot \alpha] = 22771,2 \text{ kN} \quad \text{Nie je nutné doplniť výstuž}$$

$$A_{sl,min} = \text{---} \quad \emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow \quad n = \text{---} \quad A_{sl,td,sk} = \text{---}$$

4.4.) Posúdenie odolnosti na krútenie

4.4.1.) Odolnosť betónového prierezu v krútení bez šmykovej výstuže

$$T_{Ed} / T_{Rd,c} \leq 1,0 \quad 1,01 > 1,0$$

$$T_{Rd,c} = 2A_k \cdot f_{ctd} \cdot t_{ef} = 2534,4 \text{ kNm} \quad \text{Je nutné navrhnuť výstuž}$$

4.4.2.) Návrhová odolnosť v krútení z hľadiska porušenia tlakovej diagonály

$$\sigma_{cwd} \leq \alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd}; \quad T_{Ed}/T_{Rd,max} \leq 1;0 \quad 3,00 \text{ MPa} < 10,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cwd} = T_{Ed} / (2A_k \cdot t_{ef}) \cdot [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 3,00 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$T_{Rd,max} = 2A_k \cdot t_{ef} \cdot \alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} / [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 8707,8 \text{ kNm} \quad 0,29 < 1,0$$

4.4.3.) Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia šmykovej výstuže na krútenie

$$\sigma_{cwT} \leq f_{ywd}; \quad T_{Ed}/T_{Rd,st} \leq 1;0 \quad 241,5 \text{ MPa} < 434,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{swT} = T_{Ed} \cdot s / [2A_k \cdot A_{swt} \cdot \cot(\theta)] = 241,50 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$T_{Rd,st} = 2A_k \cdot A_{swt} \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta) / s = 4594,4 \text{ kNm}$$

0,56 < 1,0

4.4.4.) Horizontálna zložka krútenia (pozdĺžna výstuž)

4.4.4.1.) Celková horizontálna sila krútenia

$$H_{Ed} / [A_{sh} \cdot f_{yd}] \leq 1,0$$

0,15 < 1,0

$$H_{Ed} = T_{Ed} \cdot u_k \cdot \cot(\theta) / 2A_k = 5913,7 \text{ kN}$$

Nie je potrebná dopl. výstuž

$$A_{sl,min} = \text{---}$$

$$\emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow$$

$$n = \text{---}$$

$$S_{sl} = \text{---}$$

$$A_{sl,sk} = \text{---}$$

4.4.4.1.1.) Odolnosť prierezu v krútení z hľadiska porušenia výstuže

$$T_{Ed} / T_{Rd,s} \leq 1,0$$

0,29 < 1,0

$$T_{Rd,s} = 2A_k \cdot \sqrt{[A_{swt} \cdot f_{ywd} / s \cdot (A_{sh} + A_{sl}) \cdot f_{yd} / u_k]} = 8784,1 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

4.4.4.2.) Rozloženie zložky krútenia do ťahaného a tlačeneho pásu

Tlačený pás

$$F_{cd} \geq H_{Ed(bk)}$$

18093,9 > 2534,5

$$F_{cd} = -M_{Ed}/z + T_{Ed} \cdot b_k \cdot \cot(\theta) / 2A_k = -18093,9 \text{ kN}$$

Nie je nutné doplniť výstuž

$$A_{sl,min} = \text{---}$$

$$\emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow$$

$$n = \text{---}$$

$$A_{sl,cd,sk} = \text{---}$$

Ťahaný pás - hl. pozdĺžna výstuž

$$H_{Ed} / [A_{sh} \cdot f_{yd}] \leq 1,0$$

0,60 < 1,0

$$F_{cd} = M_{Ed}/z + T_{Ed} \cdot b_k \cdot \cot(\theta) / 2A_k = 23162,9 \text{ kN}$$

Nie je nutné doplniť výstuž

$$A_{sl,min} = \text{---}$$

$$\emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow$$

$$n = \text{---}$$

$$A_{sl,td,sk} = \text{---}$$

4.5.) Posúdenie kombinácie krútiaceho momentu, šmykovej sily a ohybového momentu

4.5.1.) Odolnosť prierezu v kombinácii bez šmykovej výstuže

$$T_{Ed} / T_{Rd,c} + V_{Ed} / V_{Rd,c} \leq 1,0$$

Je nutné navrhnuť šmykovú výstuž

$$1,35 + 1,01 = 2,35 > 1,0$$

4.5.1.1.) Výsledné napätie v tlakovej diagonále

$$\sigma_{cwd} / \alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} \leq 1,0$$

$$10,23 \text{ MPa}$$

0,51 < 1,0

$$\sigma_{cwd} = [V_{Ed} / (z \cdot b_w) + T_{Ed} / (2A_k \cdot t_{ef})] \cdot [\tan \theta + \cot \theta] = 5,25 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

4.5.2.) Napätie v šmykovej výstuži od kombinácie krútiaceho momentu a šmykovej sily

$$\sigma_{swd} / f_{yd} \leq 1,0$$

$$434,78 \text{ MPa}$$

0,82 < 1,0

$$\sigma_{swd} = [T_{Ed}/2A_k + V_{Ed}/(n_{ss} * z)] * s/[A_{sw,t} * \cot(\theta)] = 354,94 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

4.5.3.) Horizontálne zložky kombinácie T, V a M

4.5.3.1.) Celková horizontálna sila kombinácie krútiaceho momentu a šmykovej sily

$$F_{twd} / [A_{sh} * f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,26 < 1,0$$

$$F_{twd} = [T_{Ed} * u_k / 2A_k + V_{Ed}] * \cot(\theta) = 10199,3 \text{ kN}$$

Nie je potrebná dopl. výstuž

$$A_{sl,min} = \text{---} \quad \emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow \quad n = \text{---} \quad S_{sl} = \text{---}$$

$$A_{sl,sk} = \text{\#HODNOTA!}$$

4.5.3.2.) Ťahaný pás - hlavná pozdĺžna výstuž

Tlačený pás

$$F_{cd} \geq H_{Ed(bk)}$$

$$15951,2 > 4677,2$$

Nie je nutné doplniť výstuž

$$F_{cd} = -M_{Ed}/z + [V_{Ed}/2 + T_{Ed} * b_k / 2A_k] * [\cot\theta - \cot\alpha] = -15951,16 \text{ kN}$$

$$A_{sl,min} = \text{---} \quad \emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow \quad n = \text{---} \quad A_{sl,cd,sk} = \text{---}$$

Ťahaný pás - hl. pozdĺžna výstuž

$$F_{td} / [A_{sh} * f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,65 < 1,0$$

Nie je nutné doplniť výstuž

$$F_{td} = M_{Ed}/z + [V_{Ed}/2 + T_{Ed} * b_k / 2A_k] * [\cot\theta - \cot\alpha] = 25305,63 \text{ kN}$$

$$A_{sl,min} = \text{---} \quad \emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow \quad n = \text{---} \quad A_{sl,td,sk} = \text{---}$$

Ťahová sila v jednej náhradnej stene

$$H_{Ed,w} / [A_{sl,w} * f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,90 < 1,0$$

Vyhovuje

$$H_{Ed,w} = [T_{Ed} / 2A_k * h_k] * [\cot(\theta) - \cot(\alpha)] = 422,4 \text{ kN}$$

$$A_{sw,min} = 9,72E+02 \text{ mm}^2 \rightarrow \quad \emptyset_{sl} = 14 \text{ mm} \rightarrow \quad n = 7 \text{ ks} \rightarrow \quad S_{sl} = 167 \text{ mm; max 350mm}$$

$$A_{sw,sk} = 1,08E+03 \text{ mm}^2$$

6.7.2 Medzipodperový prierez

1.) Materiály

1.1.) Betón

C 35/45

$$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 43 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,0.05} = 2,2 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 34 \text{ GPa}$$

$$f_{ck,cube} = 45 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,0.95} = 4,2 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 19,83 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk,0.05} / \gamma_c = 1,47 \text{ MPa}$$

$$E_{cd} = E_{cm} / \gamma_c = 28,33 \text{ GPa}$$

$$\alpha_{cc} = 0,85$$

$$\alpha_{ct} = 1,0$$

$$\gamma_c = 1,2$$

$$\gamma_c = 1,5$$

1.2.) Betónárska oceľ

B 500B

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ $f_{yd} = f_{pk}/\gamma_c = 434,8 \text{ MPa}$
 $E_s = 200 \text{ GPa}$ $\gamma_s = 1,15$
 $\epsilon_{uk} = 5,0 \%$

2.) Hodnoty vnútorných síl

Hodnoty vnútorných síl			
	M [kNm]	V [kN]	T [kNm]
M_{max} [kNm]	21250	876	1515
V_{max} [kN]	20339	3402	1486
T_{max} [kNm]	17539	3090	1742

4.) MSU - Posúdenie interakcie ohybu, šmyku a krútenia

4.1.) Vstupné údaje

Mmax [kNm]

Posúdenie pre :

- Údaje pre ohyb

Ohybový moment : $M_{Ed} = 21250 \text{ kNm}$

Výstuž v 1.rade : $\varnothing_{sh,1} = 25 \text{ mm}$ $n_{sh,1} = 20 \text{ ks}$ $d_{sh,1} = 916 \text{ mm}$ $A_{sh,1} = 9,82E+03 \text{ mm}^2$

Výstuž v 2.rade : $\varnothing_{sh,2} = 313 \text{ mm}$ $n_{sh,2} = 1 \text{ ks}$ $d_{sh,2} = 876 \text{ mm}$ $A_{sh,2} = 7,69E+04 \text{ mm}^2$

Krytie výstuže : $c_{nom} = 58 \text{ mm}$ Osová vzdial. po výške : 40 mm $A_{sh} = 8,68E+04 \text{ mm}^2$

- Údaje pre šmyk

Šmyková sila : $V_{Ed} = 876 \text{ kNm}$ Šírka steny : $b_w = 4000 \text{ mm}$

Profil strmeňa : $\varnothing_{sw} = 14 \text{ mm}$ Plocha strmeňa : $A_{sw} = 2,46E+03 \text{ mm}^2$

Počet vetiev strmeňa : $n_{ss} = 16 \text{ ks}$ Pozdĺžna vzdial. strmeňa : $s = 200 \text{ mm}$

Sklon tlakovej diagonály : $\theta = 40^\circ$ $0,698 \text{ rad}$ Rameno vnútorných síl : $z = 806 \text{ mm}$

Počet vetiev strmeňa v jednej náhradnej stene hrúbky t_{ef} : $n_{st} = 2 \text{ ks}$

Plocha strmeňovej zostavy, ktorá prechádza myslanou stenou hrúbky t_{ef} : $A_{sw,t} = 3,08E+02 \text{ mm}^2$

Súčiniteľ zohľadňujúci napätostný stav v tlačennom páse α_{cw} : $\alpha_{cw} = 1,00$

Tlakové napätie v betóne v ťaž. osi prvku od osového zať. alebo predpätia σ_{cp} : $\sigma_{cp} = 0,00 \text{ MPa}$

- Údaje pre krútenie

Krútiaci moment : $T_{Ed} = 1515 \text{ kNm}$

Výška nosníka v uvažovaní pre krútenie : $H = 1000 \text{ mm}$

Šírka nosníka v uvažovaní pre krútenie :	B = 4000 mm
Efektívna hrúbka steny prierezu :	t _{ef} = 400 mm
Prierezová plocha tvorená strednicovou osou t _{ef} /2 :	A _K = 2,16E+06 mm ²
Obvod prierezovej plochy tvorenou strednicovou osou t _{ef} /2 :	u _K = 8400 mm

4.2.) Posúdenie odolnosti na ohyb

Síla vo výstuži :	N _{sd} = f _{yd} * A _{sh} =	37722,7 kN	
Výška tlačenej oblasti :	x _B = N _{sd} / [B * f _{cd}] =	475,5 mm	x _{lim} = 552,4 mm
		<	=
Moment ohybovej odolnosti :	M _{Rd} = f _{yd} * Σ[A _{sh,i} * (d _{sh,i} - x _B /2)] =	24228 kNm	> M _{Ed} = 21250 kNm
		Vyhovuje	88%

4.2.1.) Posúdenie stupňa vystuženia

A _{s,min} = 0,26 * [f _{ctm} / f _{yk}] * b * d	5,96E+03 mm ²	A _{s,min} / A _{sh} ≤ 1 ≤ A _{s,max} / A _{sh}
=		
A _{sh} =	8,68E+04 mm ²	0,07 < 1,0 < 1,8
A _{s,max} = 0,04 * h * b =	1,60E+05 mm ²	Vyhovuje
μ = A _{sh} / [b * d] =	2,99%	

4.3.) Posúdenie odolnosti na šmyk

4.3.1.) Odolnosť betónového prierezu v šmyku bez šmykovej výstuže

V _{Rd,c,max} ≥ V _{Rd,c} = [C _{Rd,c} * k * (100 * ρ ₁ * f _{ck}) ^{1/3} + k ₁ * σ _{cp}] * b _w * d ≥ V _{Rd,c,min}	
V _{Rd,c,max} = 18738 kN	> V _{Rd,c} = 2658 kN > V _{Rd,c,min} = 1348 kN
V _{Ed} / V _{Rd,c} ≤ 1,0	0,33 < 1,0 Prvok je odolný voči šmyku

4.3.4.) Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia tlakovej diagonály

σ _{cwd} / α _{cw} * v * f _{cd} ≤ 1,0	0,05 < 1,0
σ _{cwd} = V _{Ed} / (z * b _w) * [cot(θ) + tan(θ)] = 0,55 MPa	Vyhovuje

4.3.2.) Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia šmykovej výstuže

V _{Rd} = min(V _{Rd,s} ; V _{Rd,max})	V _{Ed} / V _{Rd} ≤ 1
V _{Rd,s} = (A _{sw} / s) * z * f _{yd} * cotθ =	5142,8 kN
V _{Rd,max} = α _{cw} * b _w * z * v _i * f _{cd} / (cotθ + tanθ) =	16245,6 kN
	0,17 < 1,0
	Vyhovuje

4.3.3.) Posúdenie stupňa vystuženia

$$\rho_w = A_{sw} / [s \cdot b_w \cdot \sin(\alpha)] = 3,08E-03$$

$$\rho_{w,min} / \rho_w \leq 1$$

$$\rho_{wmin} = 0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 9,47E-04$$

$$0,31 < 1,0$$

Vyhovuje

4.3.5.) Horizontálna zložka šmyku (pozdĺžna výstuž)

4.3.5.1.) Celková horizontálna sila šmyku

$$H_{Ed} / [A_{sh} \cdot f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,03 < 1,0$$

$$H_{Ed} = V_{Ed} \cdot [\cot\theta - \cot\alpha] = 1044,0 \text{ kN}$$

Nie je potrebná dopl. výstuž

$$A_{sl,min} = \text{---}$$

$$\emptyset_{sl} = 10 \text{ mm} \rightarrow n = \text{---}$$

$$A_{sl,sk} = \text{---}$$

4.3.5.2.) Rozloženie zložky šmyku do ťahaného a tlačeneho pásu

Tlačený pás

$$F_{cd} \geq H_{Ed}/2$$

$$25844,4 > 522,0$$

$$F_{cd} = -M_{Ed}/z + V_{Ed}/2 \cdot [\cot\theta - \cot\alpha] = -25844,4 \text{ kN}$$

Nie je nutné doplniť výstuž

$$A_{sl,min} = \text{---}$$

$$\emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow n = \text{---}$$

$$A_{sl,cd,sk} = \text{---}$$

Ťahaný pás - hl. pozdĺžna výstuž

$$F_{td} / [A_{sh} \cdot f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,71 < 1,0$$

$$F_{td} = M_{Ed}/z + V_{Ed}/2 \cdot [\cot\theta - \cot\alpha] = 26888,4 \text{ kN}$$

Nie je nutné doplniť výstuž

$$A_{sl,min} = \text{---}$$

$$\emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow n = \text{---}$$

$$A_{sl,td,sk} = \text{---}$$

4.4.) Posúdenie odolnosti na krútenie

4.4.1.) Odolnosť betónového prierezu v krútení bez šmykovej výstuže

$$T_{Ed} / T_{Rd,c} \leq 1,0$$

$$0,60 < 1,0$$

$$T_{Rd,c} = 2A_k \cdot f_{ctd} \cdot t_{ef} = 2534,4 \text{ kNm}$$

Nie je potrebná výstuž na zachytenie krútenia

4.4.2.) Návrhová odolnosť v krútení z hľadiska porušenia tlakovej diagonály

$$\sigma_{c wd} \leq \alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd}; T_{Ed} / T_{Rd,max} \leq 1,0$$

$$1,78 \text{ MPa} < 10,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c wd} = T_{Ed} / (2A_k \cdot t_{ef}) \cdot [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 1,78 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$T_{Rd,max} = 2A_k \cdot t_{ef} \cdot \alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} / [\cot(\theta) + \tan(\theta)] = 8707,8 \text{ kNm}$$

$$0,17 < 1,0$$

4.4.3.) Návrhová šmyková odolnosť z hľadiska porušenia šmykovej výstuže na krútenie

$$\sigma_{c w T} \leq f_{ywd}; T_{Ed} / T_{Rd,st} \leq 1,0$$

$$191,2 \text{ MPa} < 434,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c w T} = T_{Ed} \cdot s / [2A_k \cdot A_{swt} \cdot \cot(\theta)] = 191,16 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$T_{Rd,st} = 2A_k \cdot A_{swt} \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta) / s = 3445,8 \text{ kNm}$$

$$0,44 < 1,0$$

4.4.4.) Horizontálna zložka krútenia (pozdĺžna výstuž)

4.4.4.1.) Celková horizontálna sila krútenia

$$H_{Ed} / [A_{sh} * f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,09 < 1,0$$

$$H_{Ed} = T_{Ed} * u_k * \cot(\theta) / 2A_k = 3510,7 \text{ kN}$$

Nie je potrebná dopl. výstuž

$$A_{sl,min} = \dots$$

$$\emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow$$

$$n = \dots$$

$$S_{sl} = \dots$$

$$A_{sl,sk} = \dots$$

4.4.4.1.1.) Odolnosť prierezu v krútení z hľadiska porušenia výstuže

$$T_{Ed} / T_{Rd,s} \leq 1,0$$

$$0,20 < 1,0$$

$$T_{Rd,s} = 2A_k * \sqrt{[A_{swt} * f_{ywd} / S * (A_{sh} + A_{sl}) * f_{yd} / u_k]} = 7489,5 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

4.4.4.2.) Rozloženie zložky krútenia do ťahaného a tlačeneho pásu

Tlačený pás

$$F_{cd} \geq H_{Ed(bk)}$$

$$24861,8 > 1504,6$$

$$F_{cd} = -M_{Ed}/z + T_{Ed} * b_k * \cot(\theta) / 2A_k = -24861,8 \text{ kN}$$

Nie je nutné doplniť výstuž

$$A_{sl,min} = \dots$$

$$\emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow$$

$$n = \dots$$

$$A_{sl,cd,sk} = \dots$$

Ťahaný pás - hl. pozdĺžna výstuž

$$H_{Ed} / [A_{sh} * f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,74 < 1,0$$

$$F_{cd} = M_{Ed}/z + T_{Ed} * b_k * \cot(\theta) / 2A_k = 27871,0 \text{ kN}$$

Nie je nutné doplniť výstuž

$$A_{sl,min} = \dots$$

$$\emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow$$

$$n = \dots$$

$$A_{sl,td,sk} = \dots$$

4.5.) Posúdenie kombinácie krútiaceho momentu, šmykovej sily a ohybového momentu

4.5.1.) Odolnosť prierezu v kombinácii bez šmykovej výstuže

$$T_{Ed} / T_{Rd,c} + V_{Ed} / V_{Rd,c} \leq 1,0$$

Nie je nutné navrhovať šmykovú výstuž

$$0,33 + 0,60 = 0,93 < 1,0$$

4.5.1.) Výsledné napätie v tlakovej diagonále

$$\sigma_{c wd} / \alpha_{cw} * v * f_{cd} \leq 1,0$$

$$10,23 \text{ MPa}$$

$$0,23 < 1,0$$

$$\sigma_{c wd} = [V_{Ed} / (z * b_w) + T_{Ed} / (2A_k * t_{ef})] * [\tan \theta + \cot \theta] = 2,33 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

4.5.2.) Napätie v šmykovej výstuži od kombinácie krútiaceho momentu a šmykovej sily

$$\sigma_{s wd} / f_{yd} \leq 1,0$$

$$434,78 \text{ MPa}$$

$$0,52 < 1,0$$

$$\sigma_{s wd} = [T_{Ed} / 2A_k + V_{Ed} / (n_{ss} * z)] * s / [A_{sw,t} * \cot(\theta)] =$$

$$228,19 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

4.5.3.) Horizontálne zložky kombinácie T, V a M

4.5.3.1.) Celková horizontálna sila kombinácie krútiaceho momentu a šmykovej sily

$$F_{twd} / [A_{sh} * f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,12 < 1,0$$

$$F_{twd} = [T_{Ed} * u_k / 2A_k + V_{Ed}] * \cot(\theta) = 4554,7 \text{ kN}$$

Nie je potrebná dopl. výstuž

$$A_{sl,min} = \text{---} \quad \emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow \quad n = \text{---} \quad s_{sl} = \text{---}$$

$$A_{sl,sk} = \text{\#HODNOTA!}$$

4.5.3.2.) Ťahaný pás - hlavná pozdĺžna výstuž

Tlačený pás

$$F_{cd} \geq H_{Ed(bk)}$$

$$24339,8 > 2026,6$$

Nie je nutné doplniť výstuž

$$F_{cd} = -M_{Ed}/z + [V_{Ed}/2 + T_{Ed} * b_k / 2A_k] * [\cot\theta - \cot\alpha] = -24339,82 \text{ kN}$$

$$A_{sl,min} = \text{---} \quad \emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow \quad n = \text{---} \quad A_{sl,cd,sk} = \text{---}$$

Ťahaný pás - hl. pozdĺžna výstuž

$$F_{td} / [A_{sh} * f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,75 < 1,0$$

Nie je nutné doplniť výstuž

$$F_{td} = M_{Ed}/z + [V_{Ed}/2 + T_{Ed} * b_k / 2A_k] * [\cot\theta - \cot\alpha] = 28392,98 \text{ kN}$$

$$A_{sl,min} = \text{---} \quad \emptyset_{sl} = 0 \text{ mm} \rightarrow \quad n = \text{---} \quad A_{sl,td,sk} = \text{---}$$

Ťahová sila v jednej náhradnej stene

$$H_{Ed,w} / [A_{sl,w} * f_{yd}] \leq 1,0$$

$$0,94 < 1,0$$

Vyhovuje

$$H_{Ed,w} = [T_{Ed} / 2A_k * h_k] * [\cot(\theta) - \cot(\alpha)] = 250,8 \text{ kN}$$

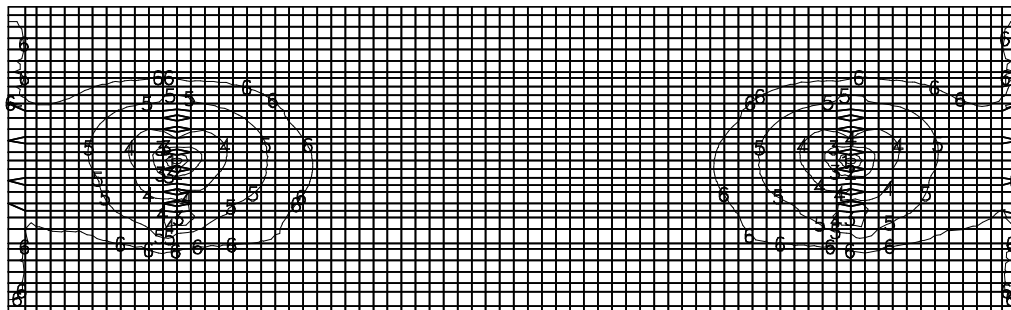
$$A_{sw,min} = 5,77E+02 \text{ mm}^2 \rightarrow \quad \emptyset_{sl} = 14 \text{ mm} \rightarrow \quad n = 4 \text{ ks} \rightarrow \quad s_{sl} = 200 \text{ mm}; \text{ max } 350 \text{ mm}$$

$$A_{sw,sk} = 6,16E+02 \text{ mm}^2$$

7 Návrh a posúdenie nosnej konštrukcie v priečnom smere

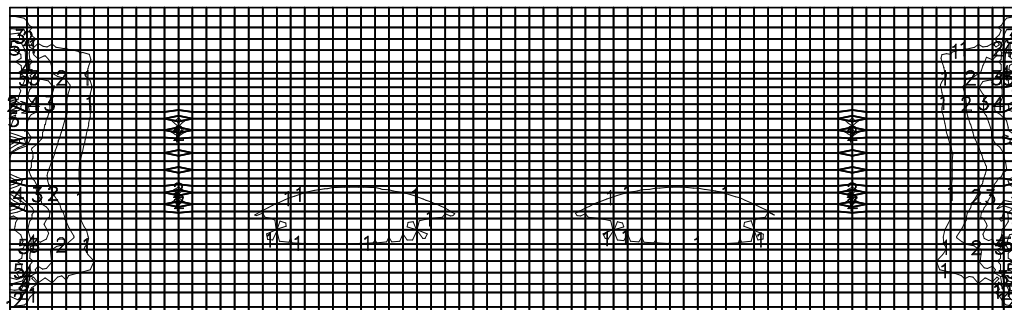
7.1 MSÚ – návrhové hodnoty vnútorných síl

7.1.1 Ohybové momenty – ťah pri hornom povrchu



LINE	VALUE
min	-1839
1	-1576
2	-1314
3	-1051
4	-788
5	-525
6	-262
max	0

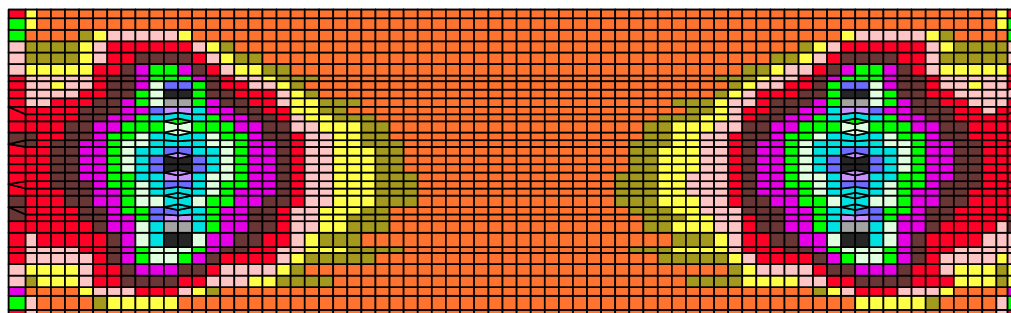
7.1.2 Ohybové momenty – ťah pri dolnom povrchu



LINE	VALUE
min	0
1	89
2	178
3	268
4	357
5	446
6	536
max	625

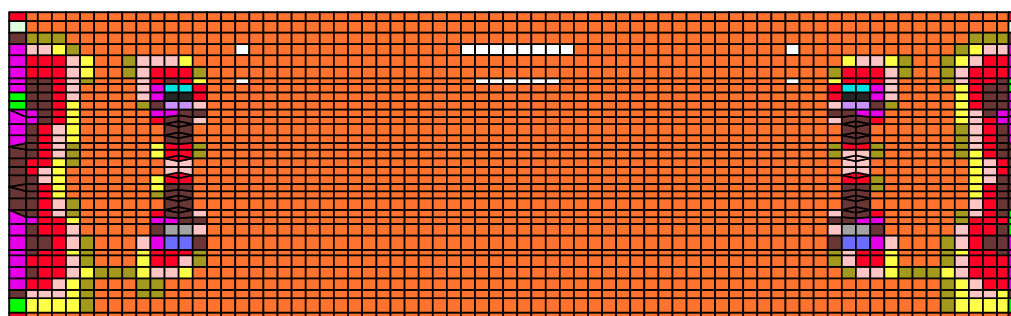
7.2 Minimálne plochy výstuže nk

7.2.1 Horná povrch



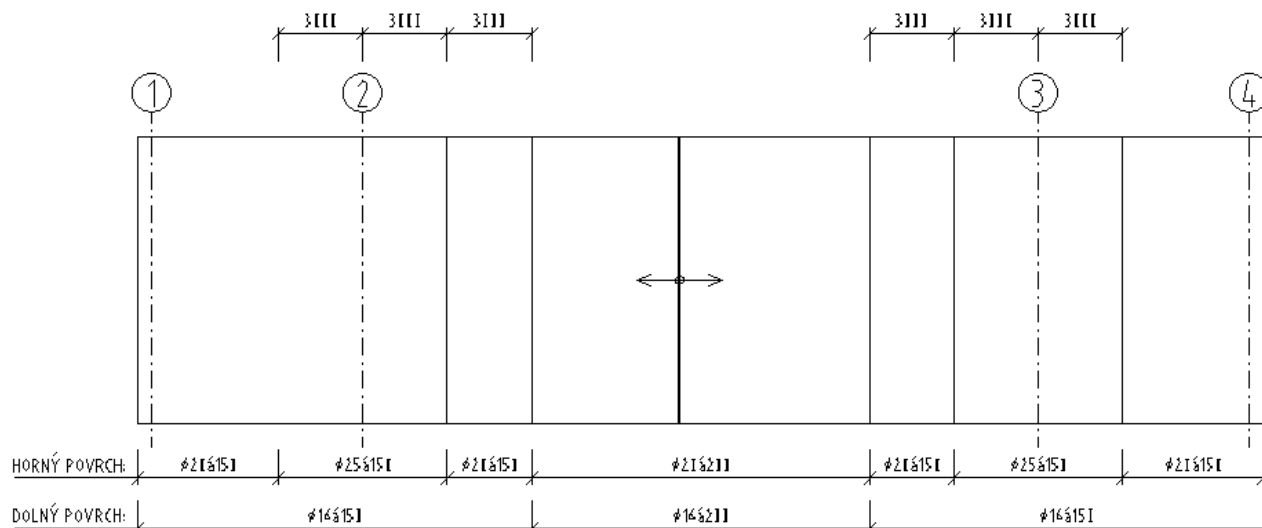
LINE	VALUE
14@150	
14@200	
14@250	
14@300	
14@350	
16@150	
18@150	
20@150	
22@150	
25@150	
28@150	
32@150	
50@200	
50@300	

7.2.2 Dolný povrch



LINE	VALUE
14@150	
14@200	
14@250	
14@300	
14@350	
16@150	
18@150	
20@150	
22@150	
25@150	
32@150	
50@200	
50@250	
50@350	

7.2.3 Rozmiestnenie betonárskej výstuže nk v priečnom smere

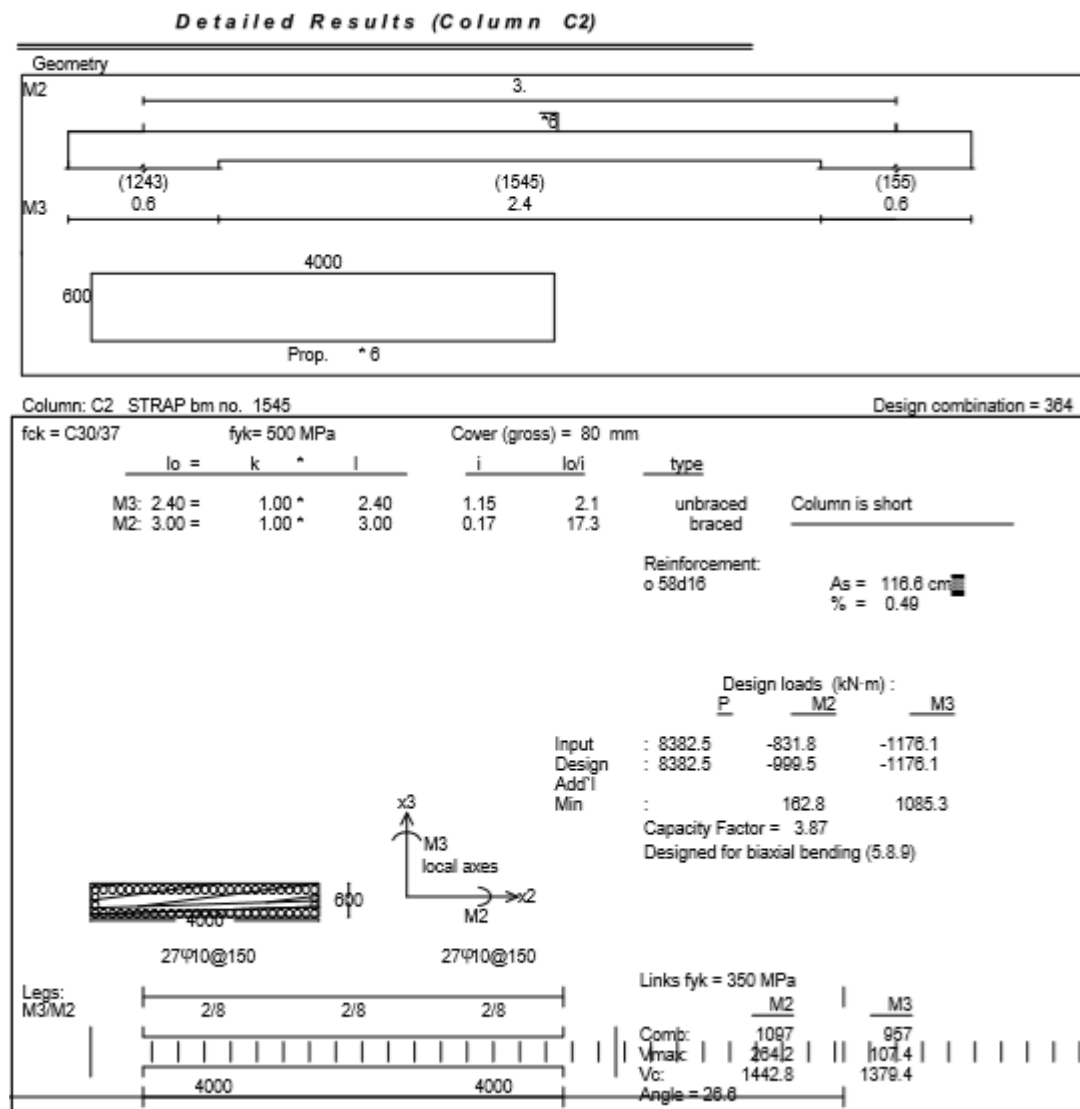


8 Návrh a posúdenie spodnej stavby

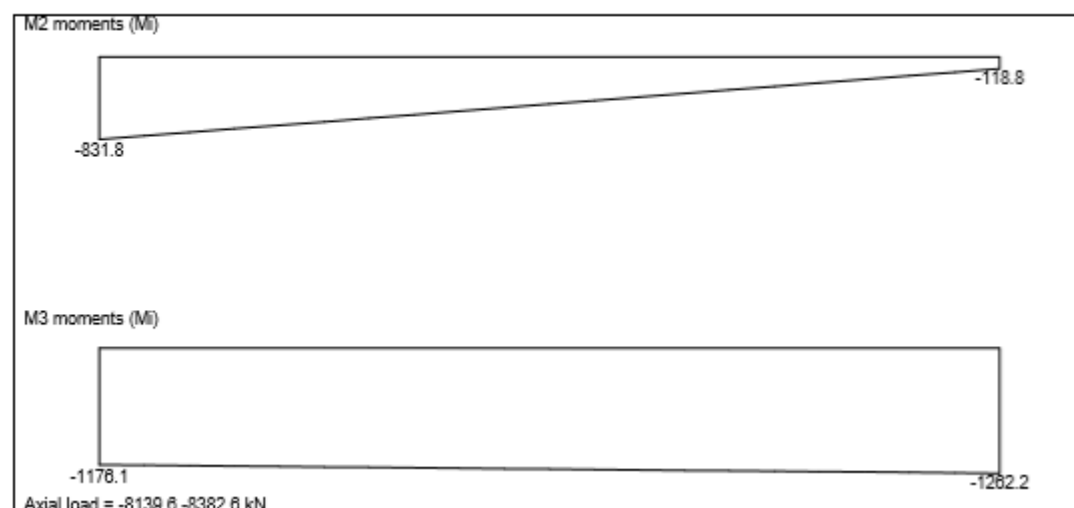
8.1 Medziľahlá podpera

8.1.1 Driek medziľahlej podpory

8.1.1.1 Posúdenie v excentrickom tlaku



Detailed Results (Column C2)



Reinforcement: Minimum diameter = $\phi 16$ Optimal spacing = 150 mm Maximum diameter = $\phi 16$ Diameters allowed = 1

Imperfection Moments:

	M2	M3	
N	= 8382.5	8382.5	kN
l	= 3.00	2.40	m
lo	= 3.00	2.40	m
ea	= 0.007	0.006	m
N-ea	= 62.87	50.30	kN-m

$\theta_i = 1/(100 \cdot l)$
 $ea = \theta_i \cdot lo/2$

Design loads (kN-m) :

Location	P	M2i	M3i	M2t	M3t	(*=design case)
Bottom	8382.5	-831.8	-1178.1	-999.5	-1178.1	*
				-831.83	-1343.72	
#Middle	8382.5	-475.3	-1219.1	-475.3	-1219.1	
				-475.33	-1386.79	
	8382.5	-475.3	-1219.1	-475.3	-1219.1	
				-475.33	-1386.79	
Top	8139.5	-118.8	-1262.2	-118.8	-1262.2	
				-118.83	-1429.86	

Minimum Moments = P·emin

P	emin2	M2min	emin3	M3min
8139.5	0.020	162.79	0.133	*****
8382.5	0.020	167.65	0.133	*****

Equilibrium Check

Concrete:	fck =	C30/37	Reinforcement:	fyk =	500	N/mm ²
	max stress =	20.00 N/mm ²		=	434	N/mm ²
	E _c =	32.84		E _s =	200	kN/mm ²
Strain: $\epsilon = -0.00029 - 0.00021 \cdot x2 + 0.00632 \cdot x3$						

Reinforcement:

Bar Group	ϕ	ϵ	σ (N/mm ²)	P(kN)	x2(m)	P·x2(kNm)	x3(m)	P·x3(kNm)
1	16	0.00019	38.9	7.8	0.08	0.6	0.08	0.6
2	16	-0.00061	-121.4	-24.4	3.92	-95.7	0.08	-2.0
3	16	0.00218	434.8	87.4	3.92	342.7	0.52	45.5
4	16	0.00298	434.8	87.4	0.08	7.0	0.52	45.5
5	2	0.00016	32.8	6.6	0.23	1.5	0.08	0.5
6	2	0.00013	26.6	5.3	0.38	2.0	0.08	0.4
7	2	0.00010	20.4	4.1	0.52	2.1	0.08	0.3
8	2	0.00007	14.3	2.9	0.67	1.9	0.08	0.2
9	2	0.00004	8.1	1.6	0.82	1.3	0.08	0.1
10	2	0.00001	1.9	0.4	0.97	0.4	0.08	0.0

11	2	16	-0.00002	-4.2	-0.9	1.11	-1.0	0.08	-0.1
12	2	16	-0.00005	-10.4	-2.1	1.26	-2.6	0.08	-0.2
13	2	16	-0.00008	-16.6	-3.3	1.41	-4.7	0.08	-0.3
14	2	16	-0.00011	-22.7	-4.6	1.56	-7.1	0.08	-0.4
15	2	16	-0.00014	-28.9	-5.8	1.70	-9.9	0.08	-0.5
16	2	16	-0.00018	-35.1	-7.1	1.85	-13.1	0.08	-0.6
17	2	16	-0.00021	-41.2	-8.3	2.00	-16.6	0.08	-0.7
18	2	16	-0.00024	-47.4	-9.5	2.15	-20.5	0.08	-0.8
19	2	16	-0.00027	-53.6	-10.8	2.30	-24.7	0.08	-0.9
20	2	16	-0.00030	-59.7	-12.0	2.44	-29.3	0.08	-1.0
21	2	16	-0.00033	-65.9	-13.3	2.59	-34.3	0.08	-1.1
22	2	16	-0.00036	-72.1	-14.5	2.74	-39.7	0.08	-1.2
23	2	16	-0.00039	-78.2	-15.7	2.89	-45.4	0.08	-1.3
24	2	16	-0.00042	-84.4	-17.0	3.03	-51.5	0.08	-1.4
25	2	16	-0.00045	-90.6	-18.2	3.18	-57.9	0.08	-1.5
26	2	16	-0.00048	-96.7	-19.4	3.33	-64.8	0.08	-1.6
27	2	16	-0.00051	-102.9	-20.7	3.48	-71.9	0.08	-1.7
28	2	16	-0.00055	-109.1	-21.9	3.62	-79.5	0.08	-1.8
29	2	16	-0.00058	-115.2	-23.2	3.77	-87.4	0.08	-1.9
30	3	16	0.00032	64.1	12.9	3.92	50.5	0.23	2.9
31	3	16	0.00125	249.8	50.2	3.92	198.8	0.37	18.7
32	2	16	0.00221	434.8	87.4	3.77	329.8	0.52	45.5
33	2	16	0.00224	434.8	87.4	3.62	316.9	0.52	45.5
34	2	16	0.00227	434.8	87.4	3.48	303.9	0.52	45.5
35	2	16	0.00230	434.8	87.4	3.33	291.0	0.52	45.5
36	2	16	0.00233	434.8	87.4	3.18	278.1	0.52	45.5
37	2	16	0.00236	434.8	87.4	3.03	265.2	0.52	45.5
38	2	16	0.00239	434.8	87.4	2.89	252.3	0.52	45.5
39	2	16	0.00242	434.8	87.4	2.74	239.4	0.52	45.5
40	2	16	0.00245	434.8	87.4	2.59	226.5	0.52	45.5
41	2	16	0.00248	434.8	87.4	2.44	213.6	0.52	45.5
42	2	16	0.00251	434.8	87.4	2.30	200.7	0.52	45.5
43	2	16	0.00255	434.8	87.4	2.15	187.7	0.52	45.5
44	2	16	0.00258	434.8	87.4	2.00	174.8	0.52	45.5
45	2	16	0.00261	434.8	87.4	1.85	161.9	0.52	45.5
46	2	16	0.00264	434.8	87.4	1.70	149.0	0.52	45.5
47	2	16	0.00267	434.8	87.4	1.56	136.1	0.52	45.5
48	2	16	0.00270	434.8	87.4	1.41	123.2	0.52	45.5
49	2	16	0.00273	434.8	87.4	1.26	110.3	0.52	45.5
50	2	16	0.00276	434.8	87.4	1.11	97.4	0.52	45.5
51	2	16	0.00279	434.8	87.4	0.97	84.5	0.52	45.5
52	2	16	0.00282	434.8	87.4	0.82	71.5	0.52	45.5
53	2	16	0.00285	434.8	87.4	0.67	58.6	0.52	45.5
54	2	16	0.00288	434.8	87.4	0.52	45.7	0.52	45.5
55	2	16	0.00292	434.8	87.4	0.38	32.8	0.52	45.5
56	2	16	0.00295	434.8	87.4	0.23	19.9	0.52	45.5
57	3	16	0.00205	410.0	82.4	0.08	6.6	0.37	30.8
58	3	16	0.00112	224.4	45.1	0.08	3.6	0.23	10.2
Concrete:				30137.3	1.88		56753.9	0.41	12347.7
Compr. Area (80%) =									
1508864. mm ²				Σ = 32464.3			60984.3		13619.8

8.1.1.2 Posúdenie v šmyku

Všeobecné parametre:

Návrhová situácia:	trvalá
Typ konštrukcie:	most
Druh betónu:	železobetón
Tvar prierezu:	obdĺžnik
Posúdenie MSU:	šmyk (Vz)
Posúdenie MSP:	napätie
Trieda betónu:	C30/37
Druh použitého cementu:	normálny
Minimálny vek betónu:	28dni
Trieda betonárskej výstuže:	B500B
Šírka prierezu pre šmyk:	b _w = 4m
Výška prierezu:	h= 0,6m
Návrhová hodnota šmykovej sily:	V _{Ed} = 264kN

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)= 30MPa

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	$n_{sw}= 12\text{ ks}$
vzdialenosť šmykovej výstuže	$s_{sw}= 150\text{ mm}$
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:	$V_{Rd,c}(t)= 847\text{MPa}$
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}
	847kN	>	264kN

POSTAČUJE MIN. ŠMYKOVÁ VÝSTUŽ

Plocha šmykovej výstuže a stupeň vystuženia

plocha šmykovej výstuže na dĺžke s_{sw} :	$A_{sw}= 942\text{ mm}^2$
stupeň vystuženia šmykovou výstužou (STN EN 1992-1,2; 9.2.2):	$\rho_w= 0,0015$
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)):	$s_{l,max}= 406\text{ mm}$
max. priečna vzd. vetiev šmyk. výstuže (STN EN 1992-1,2; 9.2.2,(9.8N)):	$s_{t,max}= 406\text{ mm}$
priečna vzdialenosť šmykovej výstuže:	$s_t= 328\text{ mm}$

Posúdenie na minimálny stupeň vystuženia šmykovou výstužou:

podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.2(9.5N)):	ρ_w	\geq	$\rho_{w,min}$
	0,0015	>	0,0009

VYHOVUJE

Posúdenie na maximálnu pozdĺžnu vzdialenosť šmykovej výstuže:

podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.2(9.6N)):	s_{sw}	\geq	$s_{l,max}$
	150 mm	<	406 mm

VYHOVUJE

Posúdenie na maximálnu priečnu vzdialenosť šmykovej výstuže:

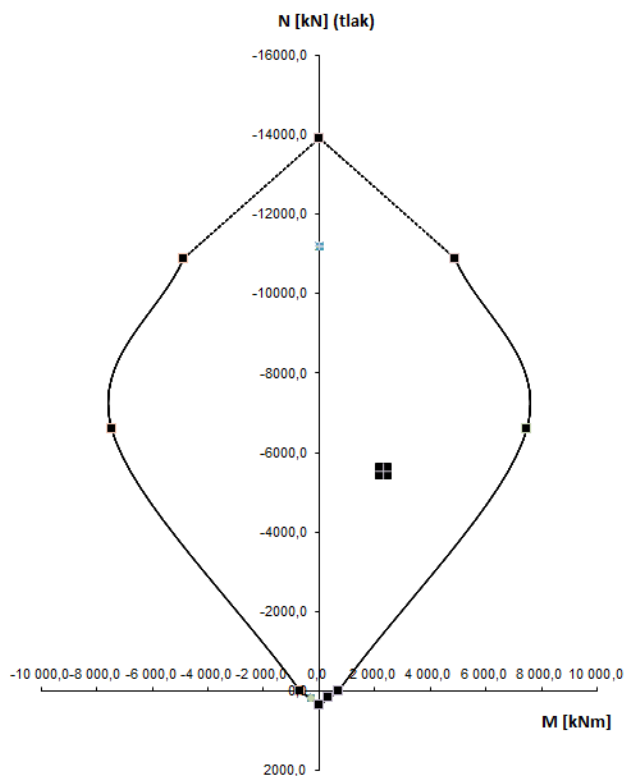
podmienka posúdenia (STN EN 1992-1,2; 9.2.2(9.8N)):

S_t	\geq	$S_{t,max}$
328 mm	<	406 mm

VYHOVUJE

Navrhujeme vo zvislom smere $\varnothing 16 \text{ á } 150 \text{ mm}$ rovnomerne po obvodu drieku. Ako šmykovú výstuž navrhujeme 8-strižnú $\varnothing 10 \text{ á } 150 \text{ mm}$.

8.1.2 Vrubový kĺb



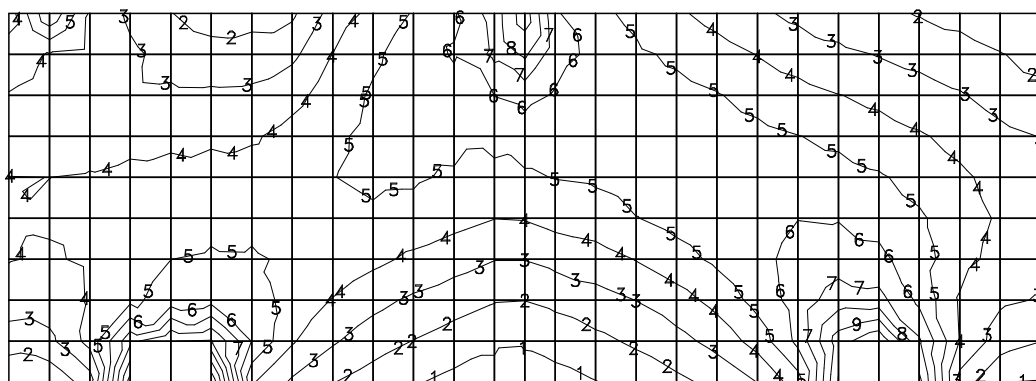
Vrubový kĺb navrhujeme vystužiť 20 $\varnothing 16$ (B500B).

8.2 Opora

8.2.1 Driek opory

8.2.1.1 Zvislá výstuž na lícnej (vzdušnej) strane

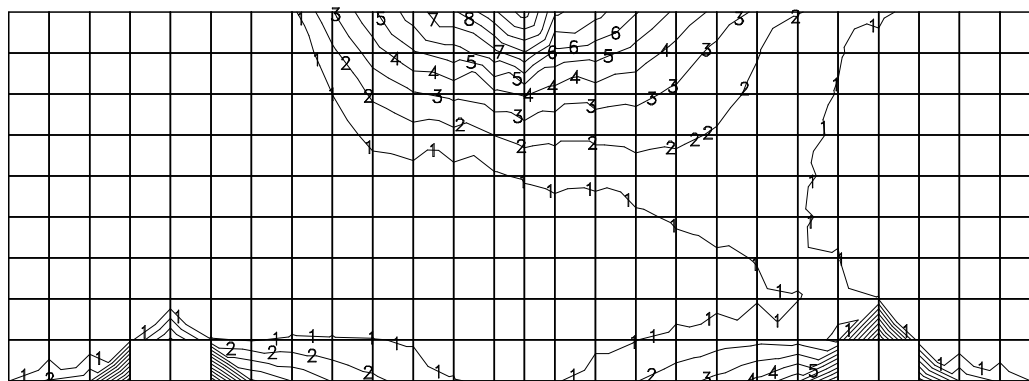
Minimálne plochy výstuže:



LINE	VALUE
min	0.0
1	1.3
2	2.7
3	4.0
4	5.3
5	6.7
6	8.0
7	9.3
8	10.6
9	12.0
10	13.3
11	14.6
12	16.0
max	17.3

8.2.1.2 Zvislá výstuž na rubovej (zemnej) strane

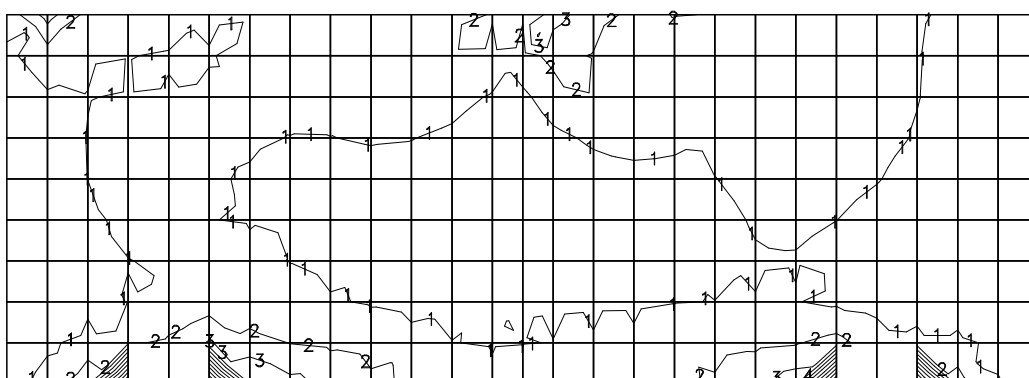
Minimálne plochy výstuže:



LINE	VALUE
min	0.0
1	0.9
2	1.8
3	2.8
4	3.7
5	4.6
6	5.5
7	6.5
8	7.4
9	8.3
10	9.2
11	10.1
12	11.1
max	12.0

8.2.1.3 Vodorovná výstuž na lícnej (vzdušnej) strane

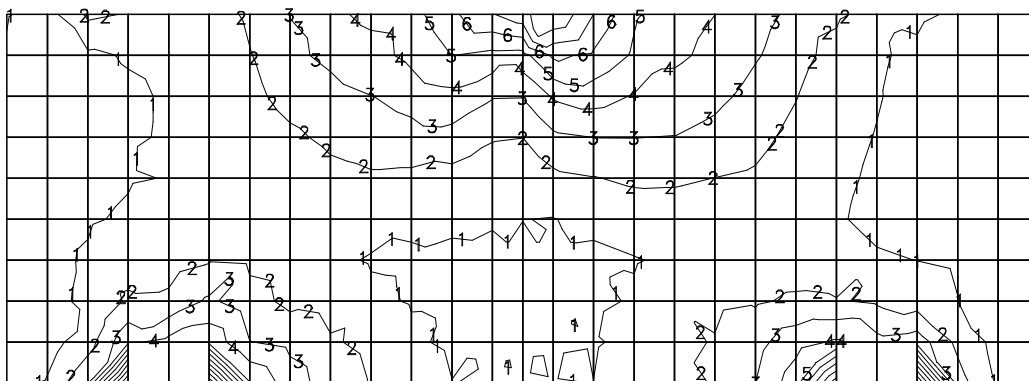
Minimálne plochy výstuže:



LINE	VALUE
min	0.0
1	1.5
2	3.0
3	4.5
4	6.0
5	7.6
6	9.1
7	10.6
8	12.1
9	13.6
10	15.1
11	16.6
12	18.1
max	19.6

8.2.1.4 Vodorovná výstuž na rubovej (zemnej) strane

Minimálne plochy výstuže:



LINE	VALUE
min	0.0
1	1.4
2	2.7
3	4.1
4	5.4
5	6.8
6	8.1
7	9.5
8	10.8
9	12.2
10	13.5
11	14.9
12	16.3
max	17.6

Navrhované vystuženie prierezu drieku opory:

- Na lícnej strane vo zvislom smere Ø16(B500B) á150mm
- Na lícnej strane vo vodorovnom smere Ø12(B500B) á150mm
- Na rubovej strane vo zvislom smere Ø14(B500B) á150mm
- Na rubovej strane vo vodorovnom smere Ø12(B500B) á150mm

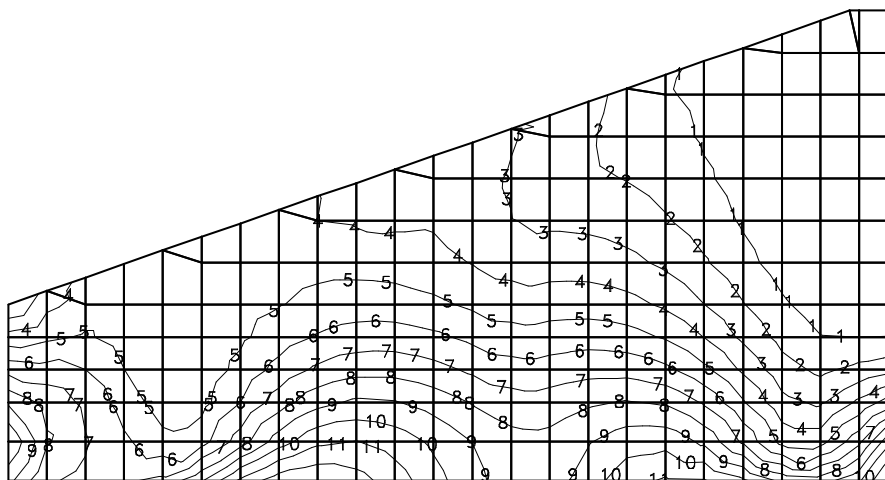
8.3 Mostné krídla

8.3.1 Výpočtový model

8.3.2 Driek krídla

8.3.2.1 Zvislá výstuž na rubovej (zemnej) strane

Minimálne plochy výstuže:



LINE	VALUE
min	0.00
1	0.54
2	1.07
3	1.61
4	2.14
5	2.68
6	3.21
7	3.75
8	4.28
9	4.82
10	5.35
11	5.89
12	6.42
max	6.96

Navrhované vystuženie prierezu drieku mostného krídla:

- Na líčnej strave vo zvislom smere Ø14(B500B) á150mm
- Na líčnej strave vo vodorovnom smere Ø12(B500B) á150mm
- Na rubovej strave vo zvislom smere Ø16(B500B) á150mm
- Na rubovej strave vo vodorovnom smere Ø12(B500B) á150mm

9.2.1 Osové sily v pilótach – MSU

700	416
710	426
710	426
719	435
719	435
729	445
729	445
738	454
738	454
748	464
748	464
757	473

9.2.2 Osové sily v pilótach – MSP

555	-46.1	334
562		341
562		341
569		348
569		348
576		355
576		355
583		362
583		362
590		369
590		369
598		376

Minimálna hodnota zvislej únosnosti pilót overená na stavbe zaťažovacou skúškou je pre MSU 757kN, pre MSP 598kN.

9.3 Založenie mostných krídel

9.3.1 Osové sily v pilótach – MSU

	680
	689
	689
	699
	699
	708
	708
	718
	718
	728
	728
	737
661	
671	
671	
680	
680	
690	
690	
699	
699	
709	
709	
718	

53.1

9.3.2 Osové sily v pilótach – MSP

			504
			511
			511
			518
			518
			525
			525
			532
			532
			539
			539
			546
490			
497			
497			
504			
504			
511			
511			
518			
518			
525			
525			
532			

39.3

Minimálna hodnota zvislej únosnosti pilót overená na stavbe zaťažovacou skúškou je pre MSU 737kN, pre MSP 546kN.

DÔLEŽITÉ:

Pri overovaní zvislej únosnosti pilót nesmie byť rozdiel sadnutí pilót pod medziľahlou podperou a oporou väčší ako 5mm. V opačnom prípade je nevyhnutná revízia návrhu konštrukcie mosta.

10 Záver statického výpočtu

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 2018

Vypracoval: Ing. Martin Rusín