



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

SILNIČNÍ MOST PŘES VODNÍ DÍLO KRÁLOVÁ

ROAD BRIDGE OVER THE KRÁLOVÁ WATERWORKS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Pastucha

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radim Nečas, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav betonových a zděných konstrukcí
Student:	Bc. Marek Pastucha
Vedoucí práce:	doc. Ing. Radim Nečas, Ph.D.
Akademický rok:	2023/24
Studijní program:	N0732A260026 Stavební inženýrství – konstrukce a dopravní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Silniční most přes vodní dílo Králová

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh mostu zpracujte na základě předaných podkladů, tj. situace, příčný a podélný řez a geotechnické poměry.

Ve statickém výpočtu uplatněte řešení s postupnou výstavbou nosné monolitické konstrukce z předpjatého betonu.

Můžete drobně upravit základní geometrii mostu - délku a šířku konstrukce, polohu nivelety apod. Ostatní úpravy lze provádět podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Cílem práce je pro zadaný most podrobně navrhout všechny části jeho nosné konstrukce.

Pro zadaný problém navrhout dvě až tři studie řešení a zhodnotit je. Ve výběru varianty se zaměřit na zavěšenou mostní konstrukci.

Vypracovat podrobný statický výpočet nosné konstrukce vybrané studie mostu podle mezních stavů.

Zpracovat v rámci výkresové dokumentace dispoziční výkresy, výkresy výztuže počítaných částí konstrukce a minimálně jeden detail.

Textovou část zpracovat v rozsahu a ve formě průvodní zprávy.

Diplomovou práci je třeba vypracovat a rozčlenit podle této struktury: Textová část a přílohy textové části – použité podklady a studie řešení, výkresy přehledné, podrobné a detaily, stavební postup a vizualizace a statický výpočet. Rozsah jednotlivých částí určí vedoucí diplomové práce.

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě.

Seznam doporučené literatury a podklady:

Základní normy:

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.

ČSN 73 6214 Navrhování betonových mostních konstrukcí.

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou.

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty. Navrhování a konstrukční zásady.

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2023

L. S.

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
vedoucí ústavu

doc. Ing. Radim Nečas, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Predmetom diplomovej práce je návrh cestného mostu cez rieku. Z troch variant bol zvolený zavesený most. Výpočet vnútorných síl bol urobený v programe SCIA Engineer a posúdenie v ručným výpočtom, v programe MS Excel a v programe IDEA Statica. Konštrukcia bola posúdená na medzný stav únosnosti a použiteľnosti. Výpočet bol spravený podľa platných noriem.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zavesený most, predpätý betón, železobetón, závesy, pylón, medzný stav únosnosti, medzný stav použiteľnosti

ABSTRACT

The subject of the thesis is the design of a road bridge over a river. A suspended bridge was chosen from three variants. The calculation of internal forces was done in the SCIA Engineer program and the assessment was done by manual calculation, in the MS Excel program and in the IDEA Statica program. The construction was assessed for the limit state of bearing capacity and usability. The calculation was made according to valid standards.

KEYWORDS

Suspension bridge, prestressed concrete, reinforced concrete, hinges, pylon, limit state of bearing capacity, limit state of serviceability

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PASTUCHA, Marek. *Silniční most přes vodní dílo Králová*. Brno, 2024. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí doc. Ing. Radim Nečas, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Silniční most přes vodní dílo Králová* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2024

Bc. Marek Pastucha
autor

POĎAKOVANIE

V prvom rade by som sa chcel poďakovať pánovi doc. Ing. Radimovi Nečasovi, Ph.D. za jeho trpezlivosť, odborné rady a ochotu pomôcť. Nesmiem vynechať mojich rodičov ktorí pri mne celý čas stáli a vytvárali pohodlné podmienky pre moje štúdium. V neposlednom rade by som rád poďakoval mojim kamarátom a známym, ktorí mi pomohli pri štúdiu.

Obsah

2	Úvod:	11
2.1	Dôvod stavby	11
2.2	Podklad	12
3	Varianty premostenia:.....	14
3.1	Varianta č. 1.....	14
3.2	Varianta č. 2.....	15
3.3	Varianta č. 3.....	16
4	Údaje o moste:	17
4.1	Konštrukčne-architektonické riešenie:.....	17
4.2	Identifikačné údaje.....	17
4.3	Pozdĺžne usporiadanie.....	18
4.4	Priečne usporiadanie	20
5	Materiály:.....	21
5.1	Betón C50/60:.....	21
5.2	Betonárska výstuž B500B:.....	21
5.3	Predpínacia výstuž Y1860 S7-15,7-A.....	21
6	Zaťaženie pozdĺžneho smeru	22
6.1	Vlastná tiaž	22
6.2	Premenné zaťaženie.....	22
6.2.1	Zaťaženie sadnutím podpory.....	24
7	Kombinácie	25
7.1	Medzný stav použiteľnosti.....	25
7.1.1	Charakteristická kombinácia	25
7.1.2	Častá kombinácia	25
7.1.3	Kvazistála kombinácia	25
7.2	Medzný stav únosnosti	25
7.2.1	Rovnica 6.10a	25
7.2.2	Rovnica 6.10b.....	25
8	Modelovanie pozdĺžneho smeru.....	26
8.1	Model 1	26
8.2	Model 2.....	29

8.3	Analýza TDA.....	32
9	Časová os	39
10	Návrh predpínacej výstuže	40
10.1	Pole 1,13, 2-4 , 7-12 primárne káble.....	40
10.2	Metóda vyrovnania zaťaženia:.....	40
10.3	Pole 1, 13, 2-4, 7-12 sekundárne káble	42
10.4	Polia 5, 6 (zavesené polia)	43
11	Návrh závesov	44
11.1	Vyrovnanie momentov v zavesených poliach.....	46
12	Posúdenie konštrukcie v čase výstavby	46
12.1	Zaťaženie	46
12.1.1	Vlastná tiaž	46
12.1.2	Zaťaženie od výstavby (CAK).....	46
12.1.3	Predpätie.....	46
12.2	Fázy výstavby.....	47
12.2.1	Výpočet spolupôsobiacich širok.....	47
13	Posúdenie MSP	47
14	MSÚ – Ohyb.....	51
14.1	Kombinácie	51
14.1.1	Kombinácie stálych zložiek zaťaženia (model 2)	51
14.2	Ukážka posúdenia v reze X=9,75m	51
15	MSÚ – šmyk	51
16	Priečny smer	52
16.1	Model	52
16.2	Zaťaženie	54
16.3	Návrh predpätia	55
16.4	Návrh výstuže a posúdenie v doskách	56
16.4.1	Rez 2 oblasť 2	57
16.4.2	Stredová stena.....	59
16.5	Vystuž v mieste ťahových napätí v od závesu.....	61
16.6	Kotevná oblasť na konci taktu 07	62
17	Pylón MSÚ.....	62
18	Závesy MSÚ.....	64

19	Záver	64
20	Zoznam použitých zdrojov.....	64
20.1	Technické normy.....	64
20.2	Odborná literatúra	65
20.3	Internetové zdroje.....	65
20.4	Výpočtové programy	66
21	Zoznam príloh	67

1 Úvod:

Cieľom diplomovej práce bolo navrhnúť premostenie rieky Váh v mieste kríženia rýchlostnou komunikáciou R1 kategorijnej šírky 11,5 m. Most musí preklenúť prekážky v danej

Plavebný profil váhu

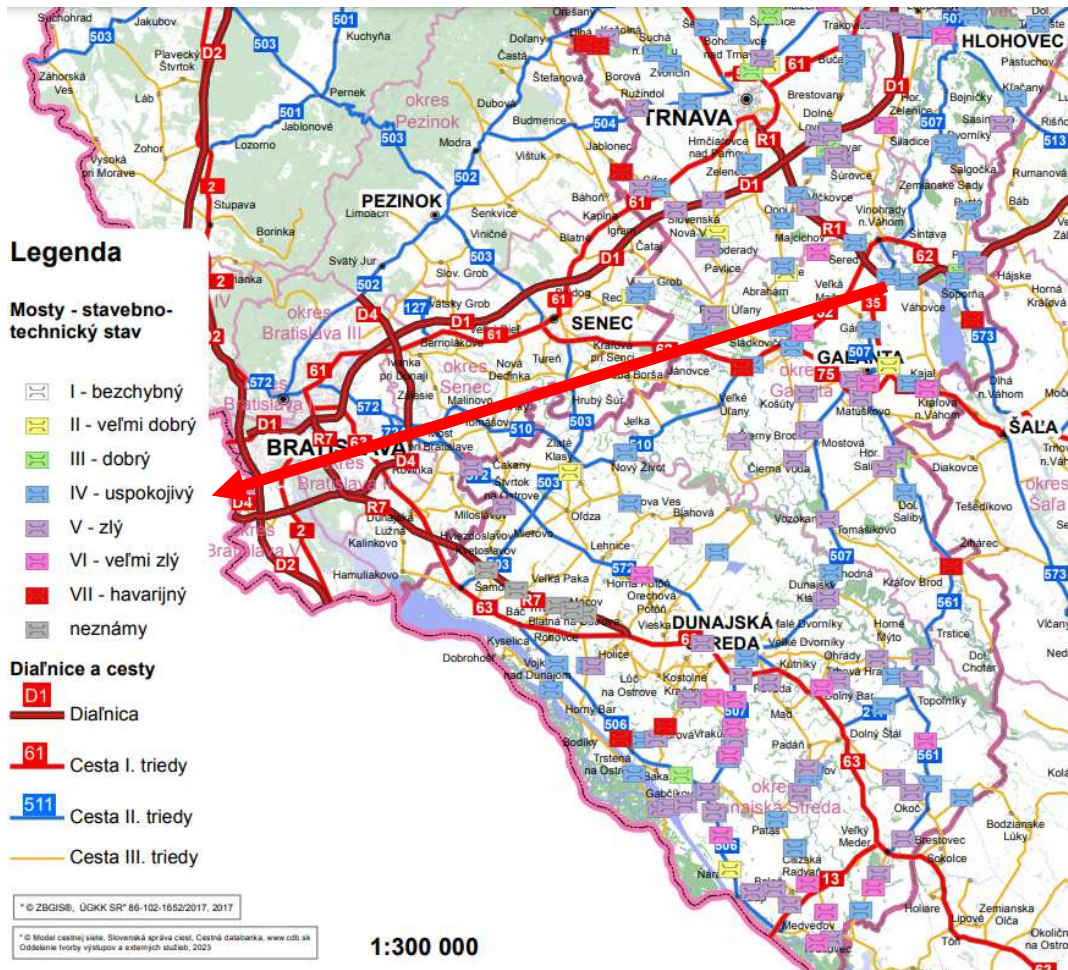
úsek	klasifikačná trieda	tonáž [t]	dĺžka zostavy [m]	šírka zostavy [m]	ponor [m]	min. výška pod mostami [m]
Komárno - Sereď	VIa	3 200 – 6 000	95 – 110	22,8	2,5 – 4,5	7,0 – 9,1
Sereď - Žilina	Va	1 600 – 3000	95 – 110	11,4	2,5 – 4,5	5,25 – 7,0 – 9,1

1.1 Dôvod stavby

V danej lokalite sa nachádza most ktorý sa nachádza v kategórii IV stavebnotechnického stavu.

Druhým dôvodom je, že sa chystá rozširovanie rýchlostných komunikácií n území Slovenska a pre to sa investor rozhodol podať návrh na vypracovanie návrhu nového premostenia.

Mapa mostov Trnavskom kraji podľa stavebno technického stavu:



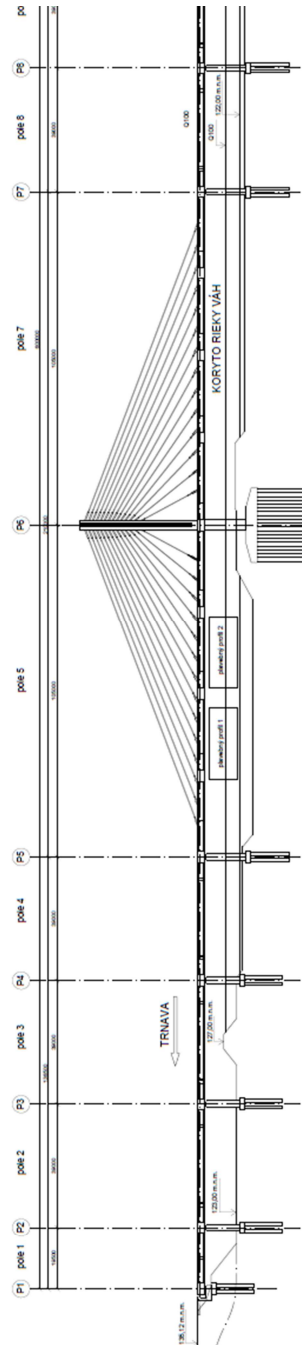
1.2 Podklad

Ako podklad bol uvažovaný priečny rez korytom rieky Váh v mieste kríženia rýchlostnej komunikácie. Jedná sa o miesto, kde sa rieka Váh vlieva do vodného diela Kráľová. Je vyžadované prekročiť plavebný profil váhu a zároveň nechať voľný priestor pre rekreatantov.

2 Varianty premostenia:

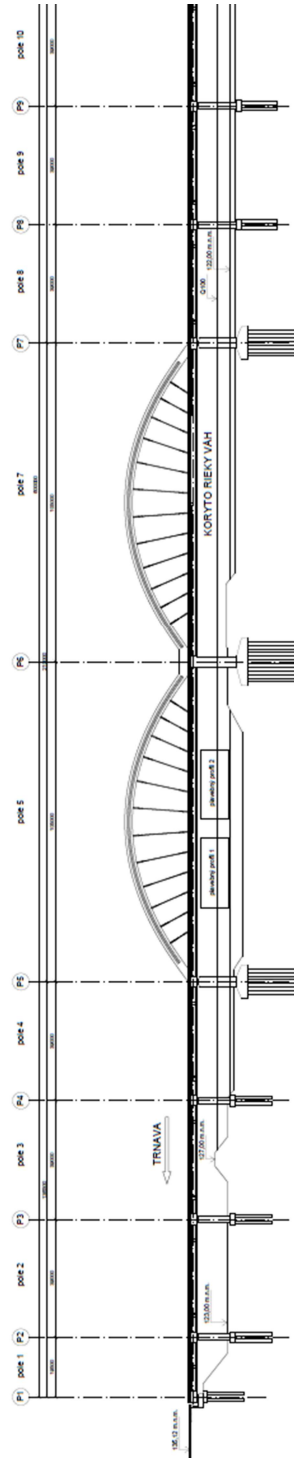
2.1 Varianta č. 1

Jedná sa o most ktorý hlavnú prekážku prekonáva poliami zavesenými na stredovom pylóne.



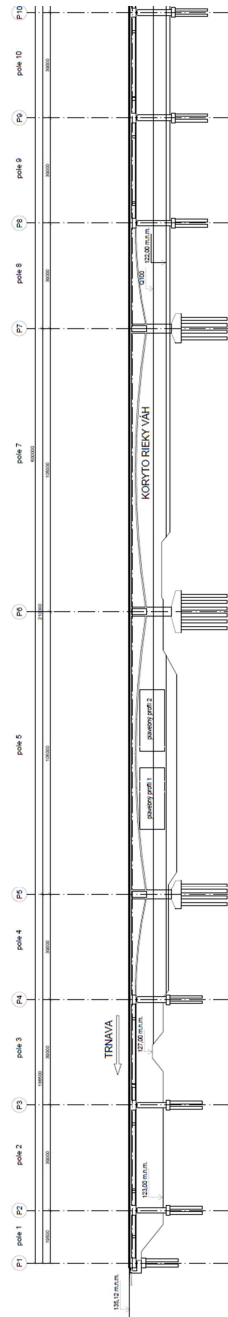
2.2 Varianta č. 2

Varianta č. 2 počíta s premostením hlavnej prekážky pomocou polí zavesených na parabolických oblúkoch.



2.3 Varianta č. 3

Varianta č. premoštuje hlavnú prekážku pomocou nábehovaných komorových nosníkov.



3 Údaje o moste:

Z dôvodu prihliadnutia na postup výstavby, architektonické riešenie zapadanie do krajiny a preferencie obyvateľov bola vybraná 1. varianta. V danom reze riekou Váh sa nachádza ostrov na ktorom môže stáť pylón. Z pravej strany profilu je rieka plytká, takže sa počas výstavby môže vybudovať prístupová cesta. Tým to typ zaveseného mostu ideálne sedí do daného prostredia.

3.1 Konštrukčne-architektonické riešenie:

Jedná sa o premostenie vodného diela Kráľová ktoré leží na rieke Váh v mieste kríženia s diaľnicou R 1. Most tvoria dva spojitý nosníky ktoré sú v hlavných poliach s dĺžkou 105 m zavesené na 50 m vysokom pylóne. V hlavnom poli sú nosníky spriahnuté, v ostatných poliach pôsobia samostatne. V hlavných poliach most premostuje plavebný profil rieky Váh ktorý sa nachádza v danej lokalite.

3.2 Identifikačné údaje

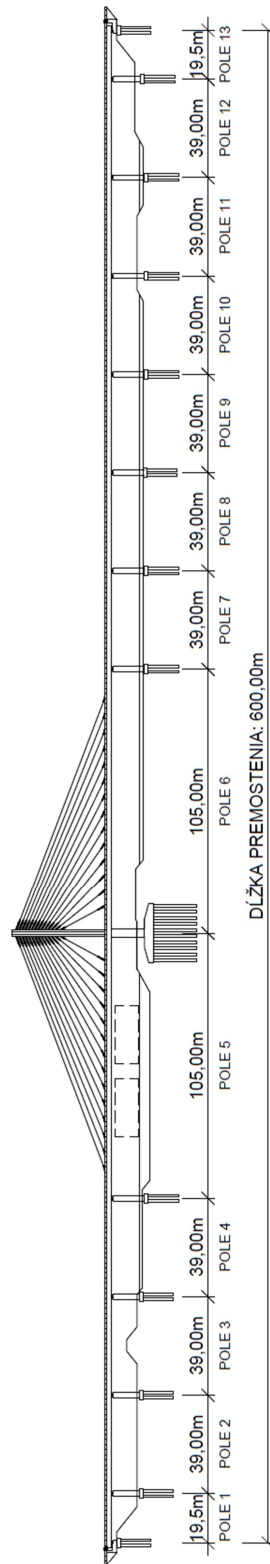
Stavba:	Diaľničný most
Objekt:	SO 101
Názov mostu:	Cestný most cez vodné dielo Kráľová
Kraj:	Trnavský
Katastrálne územie:	Šoporňa
Investor:	Národná diaľničná spoločnosť
Správca mostu:	Národná diaľničná spoločnosť
Projektant:	Bc. Marek Pastucha
Pozemná komunikácia:	Rýchlostná komunikácia
Uhol kríženia:	$\alpha=90^\circ$

3.3 Pozdĺžne usporiadanie

Dĺžka premostenia:	600,000 m
Počet poľa:	13 ks
Dĺžka poľa 1:	19,500 m
Dĺžka poľa 2:	39,000 m
Dĺžka poľa 3:	39,000 m
Dĺžka poľa 4:	39,000 m
Dĺžka poľa 5:	105,000 m
Dĺžka poľa 6:	105,000 m
Dĺžka poľa 7:	39,000 m
Dĺžka poľa 8:	39,000 m
Dĺžka poľa 9:	39,000 m
Dĺžka poľa 10:	39,000 m
Dĺžka poľa 11:	39,000 m
Dĺžka poľa 12:	39,000 m
Dĺžka poľa 13:	19,500 m

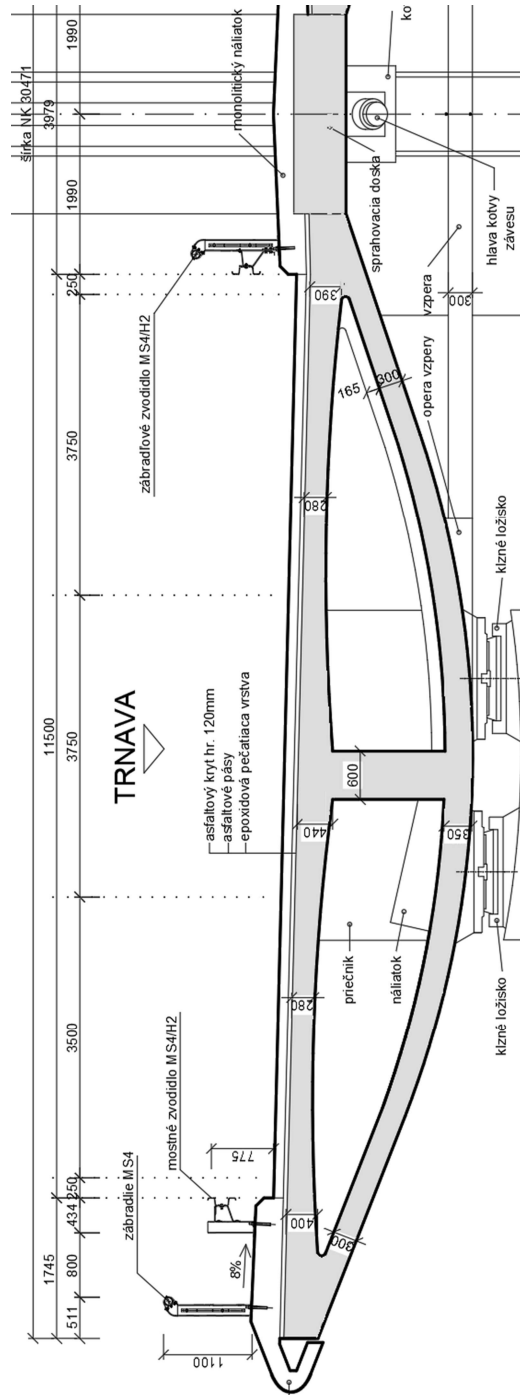
(pole podporované závesmi)

(pole podporované závesmi)



3.4 Priechne usporiadanie

Most prevádza komunikáciu kategorickej šírky 11,5m v jednom smere jazdy. Celá šírka NK je 30,470m. V priechnom smere sa jedná o komorový nosník so zaoblenou spodnou doskou. Výška stredovej steny nosníku je 1,1 m.



4 Materiály:

4.1 Betón C50/60:

Mostovka, obetónovanie pylónu, základová doska

Charakteristická pevnosť v tlaku	$f_{ck} = 50,0 \text{ Mpa}$
Charakteristická pevnosť v ťahu	$f_{ctm} = 4,1 \text{ Mpa}$
Dolný kvantil pevnosti v ťahu	$f_{ctk;0,05} = 2,9 \text{ Mpa}$
Medzné pomerné pretvorenie	$\varepsilon_{cu,3} = 3,5 \text{ ‰}$
Súčiniteľ spoľahlivosti	$\gamma_c = 1,5$
Návrhová pevnosť v tlaku	$f_{cd} = 33,33 \text{ Mpa}$
Stredná hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} = 37 \text{ GPa}$

4.2 Betonárska výstuž B500B:

Charakteristická hodnota medze klzu	$f_{yk} = 500,0 \text{ Mpa}$
Modul pružnosti	$E_s = 200,0 \text{ GPa}$
Súčiniteľ spoľahlivosti ocele	$\gamma_s = 1,15$
Návrhová hodnota medze klzu	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78 \text{ Mpa}$
Pomerné pretvorenie na medzi klzu	$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17 \text{ ‰}$

Krytie 55 mm Kategória prostredia XF1, XD1

4.3 Predpínacia výstuž Y1860 S7-15,7-A

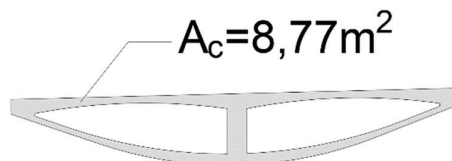
Charakteristická medza pevnosti	$f_{pk} = 1860,0 \text{ MPa}$
Zmluvná medza klzu	$f_{p0,1k} = 1640,0 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_p = 195,0 \text{ GPa}$
Plocha lana	$A_p = 193,593 \text{ mm}^2$
Maximálne kotevné napätie	$\sigma_{p,max} = 1440,0 \text{ MPa}$
Maximálne napätie po zakotvení	$\sigma_{pm,0} = 1217,553 \text{ MPa}$
Súčiniteľ spoľahlivosti	$\gamma_p = 1,15$
Návrhová medza pevnosti	$f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_p} = 1426,0 \text{ MPa}$

5 Zaťaženie pozdĺžneho smeru

5.1 Vlastná tiaž

Vlastná tiaž mostovky:

$$G_{0,k} = A_c \cdot \gamma_c = 8,77 \cdot 25 = 219,25 \text{ kN/m}$$



Vlastná tiaž bola skontrolovaná s výpočtovým modelom. Vlastná tiaž bola uvažovaná automaticky programom SCIA.

Dodatočná vlastná tiaž:

Zaťaž od priečnikov, deviátorov, rebier a nábehov bola do modelu pridávaná ako ďalšie stále zaťaženie. V miestach týchto diskontinuití nebol menený priečny rez mostom.

Ostatné stále zaťaženie:

$$G_{1,k} = 61,25 \text{ kN/m}$$

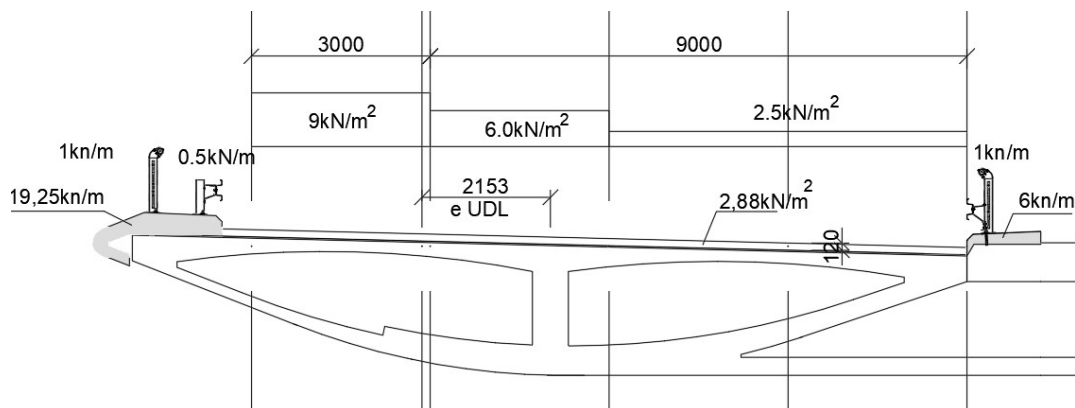
Zahŕňa váhu krytu, izolácie a príslušenstva na moste.

Boli uvážené všetky zaťaženia na mostovke. Do kombinácií sa brala hodnota supremum. (vynásobenie súčiniteľom 1,4).

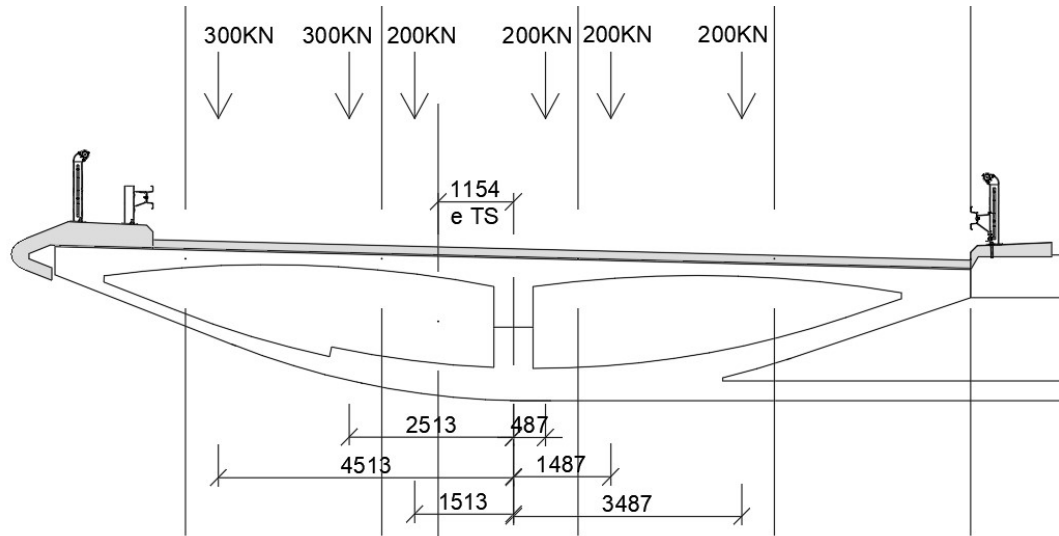
5.2 Premenné zaťaženie

Boli uvažované zaťažovacie modely LM1 a LM3. LM1 bolo umiestnené na mostovku do najnepriaznivejšej polohy pre pozdĺžny smer.

LM1 UDL



LM1 TS

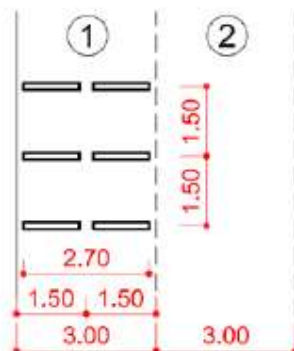


Model LM3 3000/420 bol umiestnený do stredu mostovky a ostatná prevádzka na moste bola zakázaná. Model LM3 1800/200 bol umiestnený na mostovku podľa normy.

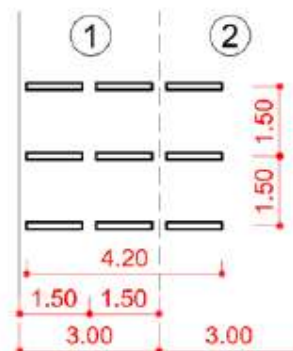
Model LM3 1800/200 a 3000/240

Označení	Celková tíha vozidla	Šírka vozidla	Skladba náprav
900 / 150	900 kN	3 m	6 náprav po 150 kN
1800 / 200	1800 kN	3 m	9 náprav po 200 kN
3000 / 240	3000 kN	4.5 m	12 náprav po 240 kN + 1 náprava 120 kN

nápravy 100 kN až 200kN
b = 2,7 m



nápravy 240 kN
b = 4,2 m



Brzdné a rozjazdové sily

$$Q_{Ik} = 0,6 \alpha_{Q1} (2Q_{Ik}) + 0,10 \alpha_{q1} q_{Ik} w_1 L$$

$$180 \alpha_{Q1} \text{ (kN)} \leq Q_{Ik} \leq 900 \text{ kN} \quad \text{kde } L \text{ je dĺžka nosnej konštrukcie [m]}$$

Bola vypočítaná hodnota $Q_{Ik}=650\text{kN}$

Zaťaženie vetrom

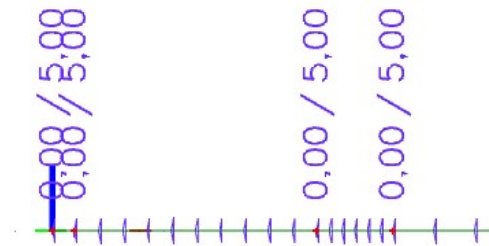
Výška pre mostovku = 11,00m Max dynamický tlak 689,5 Pa

Výška pre závesy a pylón = 39,00 Max dynamický tlak 1043,1 Pa

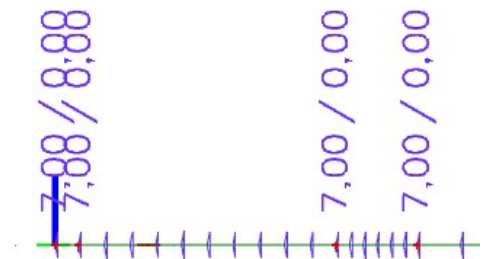
Zaťaženie od teploty

Bolo uvažované zaťaženie od teploty lineárne po výške prierezu.

Ochladenie pri dolnom povrchu o 5°C



Ohriatie pri hornom povrchu o 7°C



5.2.1 Zaťaženie sadnutím podpory

Pre každú podporu vrátane pylónu bolo uvažované sadnutie podpory o -5mm.

6 Kombinácie

Bolo nutné uvážiť skutočnosť že model 2 (rovinný TDA), má obe mostovky zlúčené do jedného prútu. Preto bolo zaťaženie od stáleho zaťaženia delené hodnotou 2.

Do výpočtu a zobrazenia síl boli uvážené už hotové obálky z kombinácií SLS a MSÚ podľa normy.

6.1 Medzný stav použiteľnosti

6.1.1 Charakteristická kombinácia

$$\Sigma G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\psi_0 = 1,0$$

6.1.2 Častá kombinácia

$$\Sigma G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\psi_1 = 0,7$$

6.1.3 Kvazistála kombinácia

$$\Sigma G_{k,j} + P + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\psi_2 = 0$$

6.2 Medzný stav únosnosti

6.2.1 Rovnica 6.10a

$$\Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \Sigma \gamma_{Q,i} \psi_{0,1} \cdot Q_{k,i}$$

$$\gamma_g = 1,35$$

$$\gamma_p = 1,0$$

$$\gamma_q = 1,35$$

6.2.2 Rovnica 6.10b

$$\xi_{\gamma_{G,j}} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \psi_{0,1} \cdot Q_{k,i}$$

$$\gamma_g = 1,35$$

$$\gamma_p = 1,0$$

$$\gamma_q = 1,35$$

$$\xi = 0,85$$

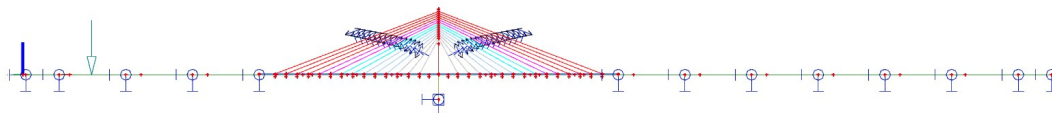
7 Modelovanie pozdĺžneho smeru

Modelovanie pozdĺžneho smeru bolo vskutku náročné. Vyhotoviť funkčný model takejto konštrukcie tak, aby vystihoval jeho chovanie vyžadovalo viacero pokusov.

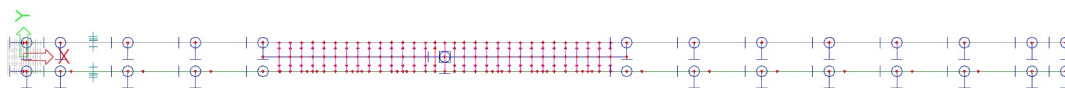
7.1 Model 1

Model 1 je modelovaný pomocou prútov v priestore. Slúži k získaniu statických veličín od premenného zaťaženia. Každá strana mostu má zvlášť svoj prút. Tento prút je v estakádnych častiach podopretý posuvnými bodovými podporami zamedzujúcimi rotáciu okolo osy x. V zavesenom poli sú tieto prúty z vrchu spriahnuté cez tuhé ramená do stredového spriahnutia. Pri spodnom okraji sú namodelované vzpery ktoré sa nachádzajú aj v skutočnej konštrukcii. Avšak spojenie s týmito vzperami bolo realizované pomocou tuhých ramien. Vzpery majú kĺbové uloženie.

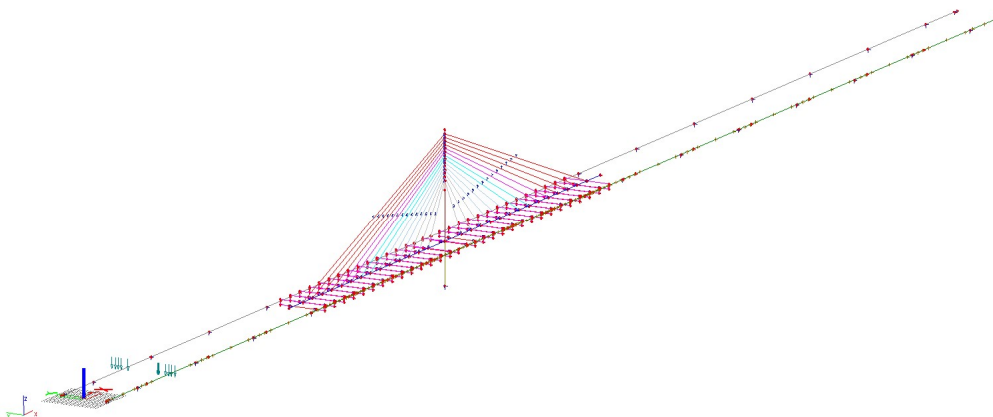
Pozdĺžny pohľad na model



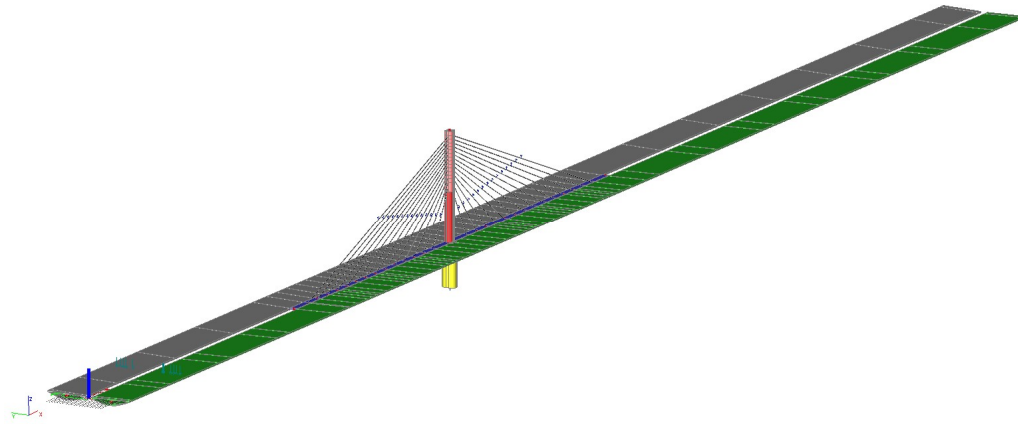
Pôdorys modelu



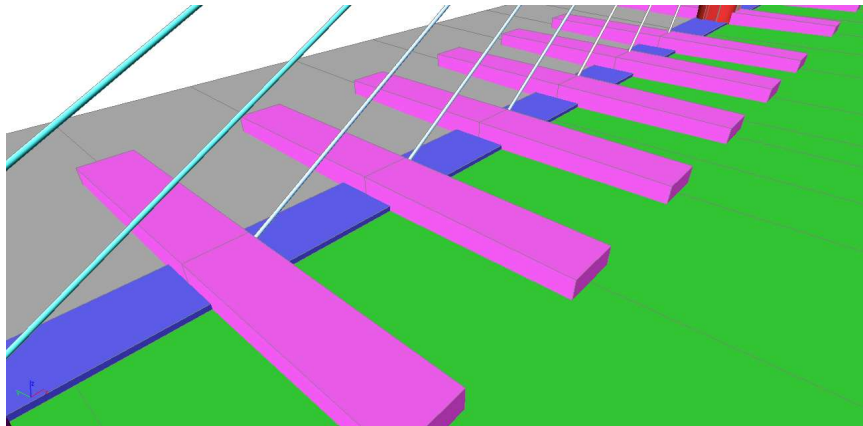
Axonometria prútová



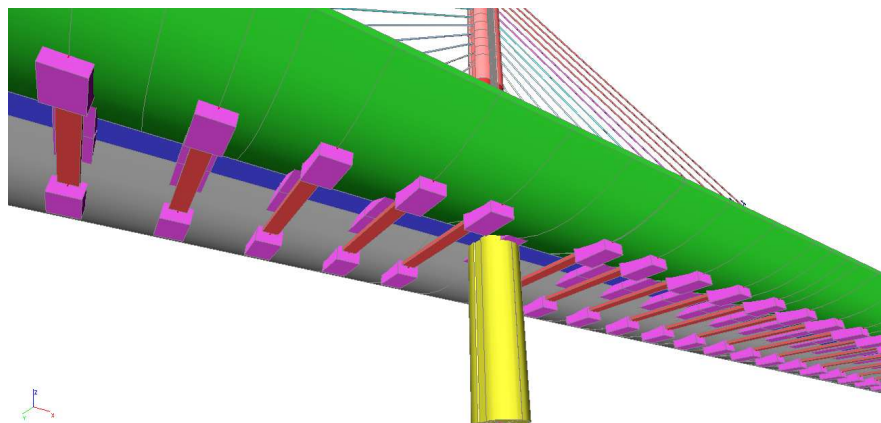
Axonometria renderovaná



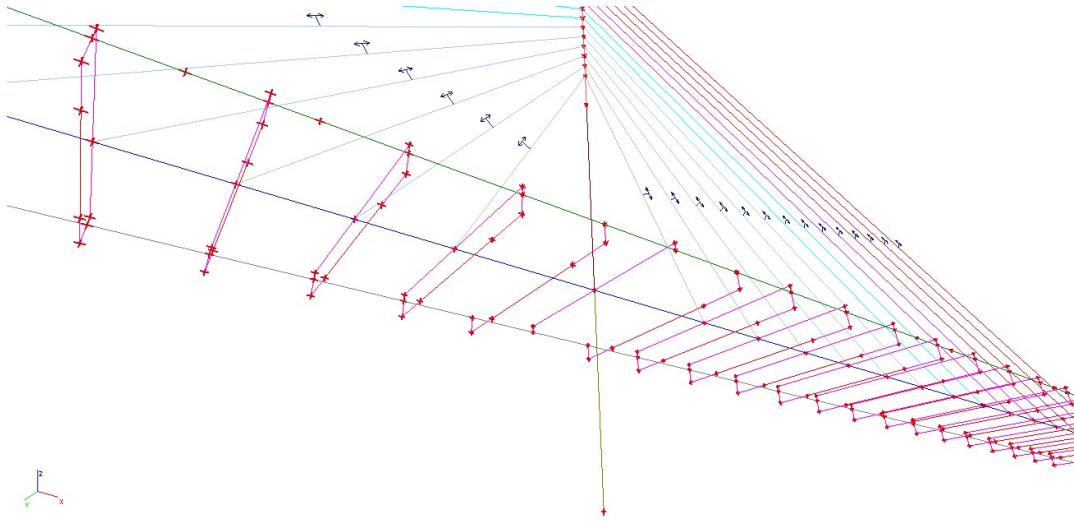
Horné spriahnutie



Dolné spojenie cez vzpery



Spodný pohľad



Pylón

Bol modelovaný ako všeobecný kompozitný prierez.

Jméno	Krabička pylíer	Typ	Obecný prierez
Typ	Obecný prierez	Materiál	C60/75
Materiál	S 235	S 235	S 235
	C60/75	Výroba	obecný
Výroba	obecný	Posudek rovinného vzpěru y-y	d
Posudek rovinného vzpěru y-y	d	Posudek rovinného vzpěru z-z	d
Posudek rovinného vzpěru z-z	d	Klopení	Výchozí
Klopení	Výchozí	Použit 2D MKP výpočet	<input checked="" type="checkbox"/>
Použit 2D MKP výpočet	<input checked="" type="checkbox"/>		
A [m ²]	3,1504e+00	A [m ²]	8,1815e+00
A _{y, z} [m ²]	3,1504e+00	A _{y, z} [m ²]	1,6936e+00
I _{y, z} [m ⁴]	2,4122e+00	I _{y, z} [m ⁴]	6,7595e+00
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,3893e+01	I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,4863e+01
W _{el, y, z} [m ³]	1,4094e+00	W _{el, y, z} [m ³]	3,9494e+00
W _{pl, y, z} [m ³]	7,9475e-01	W _{pl, y, z} [m ³]	2,7094e+00
	1,1530e+00		2,1946e+00

Mostovka

Modelovaná zvlášť ako všeobecný prierez

Jméno	Pravý most	
Typ	Obecný průřez	
Materiál	C60/75	
Výroba	obecný	
Použití 2D MKP výpočet	✓	

A [m ²]	8,8029e+00	
A _{y, z} [m ²]	6,6443e+00	9,1694e-01
I _{y, z} [m ⁴]	4,9445e+00	1,2242e+02
I _{YLCS, ZLCS} [m ⁴]	5,0197e+00	1,2234e+02
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	4,4911e+00	1,2436e+01
W _{el, y, z} [m ³]	3,6122e+00	1,7465e+01

Vzpera

Jméno	Vzpera	
Typ	Obdélník	
Detailní	300; 1200	
Materiál	C60/75	
Výroba	beton	
Použití 2D MKP výpočet	✓	

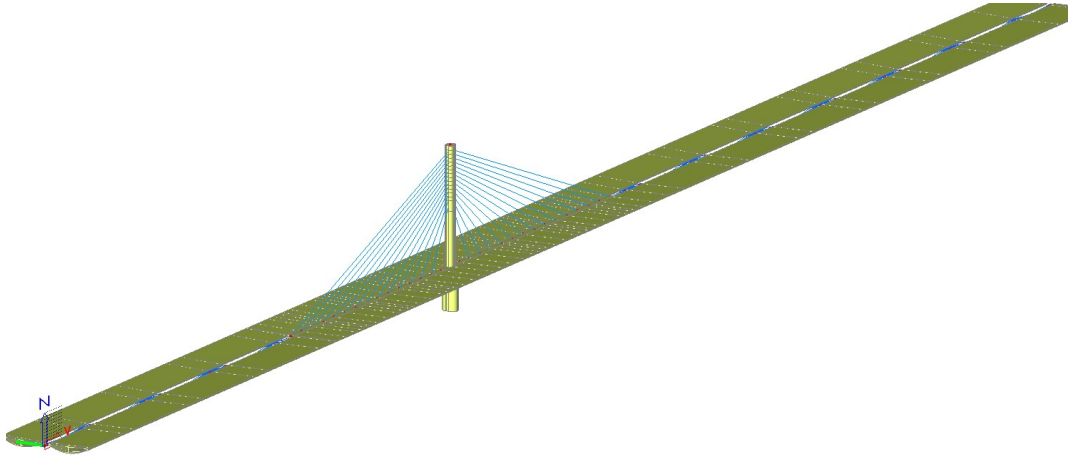
A [m ²]	3,6000e-01	
A _{y, z} [m ²]	3,0003e-01	3,0047e-01
I _{y, z} [m ⁴]	2,7000e-03	4,3200e-02
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,5007e-04	9,1018e-03
W _{el, y, z} [m ³]	1,8000e-02	7,2000e-02

7.2 Model 2

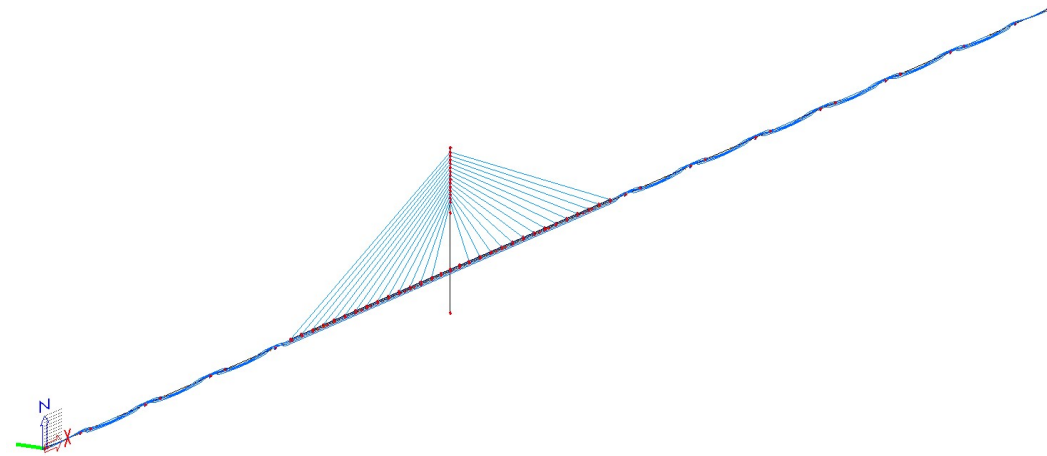
Model 2 je modelovaný v rovine pomocou prútov. Služi k získaniu zložky statických veličín od dlhodobého zaťaženia. Model obsahuje časovú analýzu výstavby s ohľadom na dotvarovanie a zmršťovanie. Predpätie je modelované pomocou zdrojovej geometrie s presným zadaním trajektórie káblov.



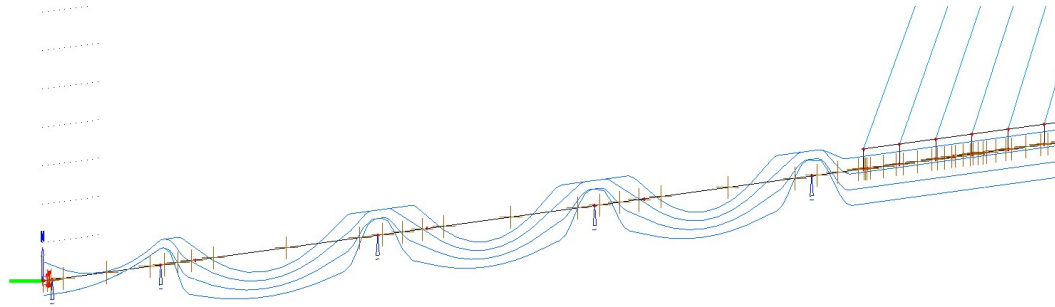
Model 1 axonometria



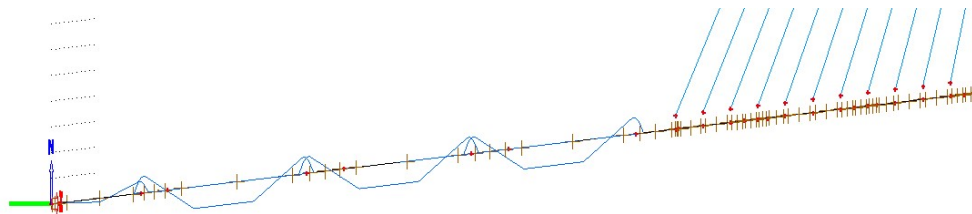
Prúťové zobrazenie modelu 1



Zobrazenie trajektórií primárnych káblov



Zobrazenie trajektórií sekundárnych káblov



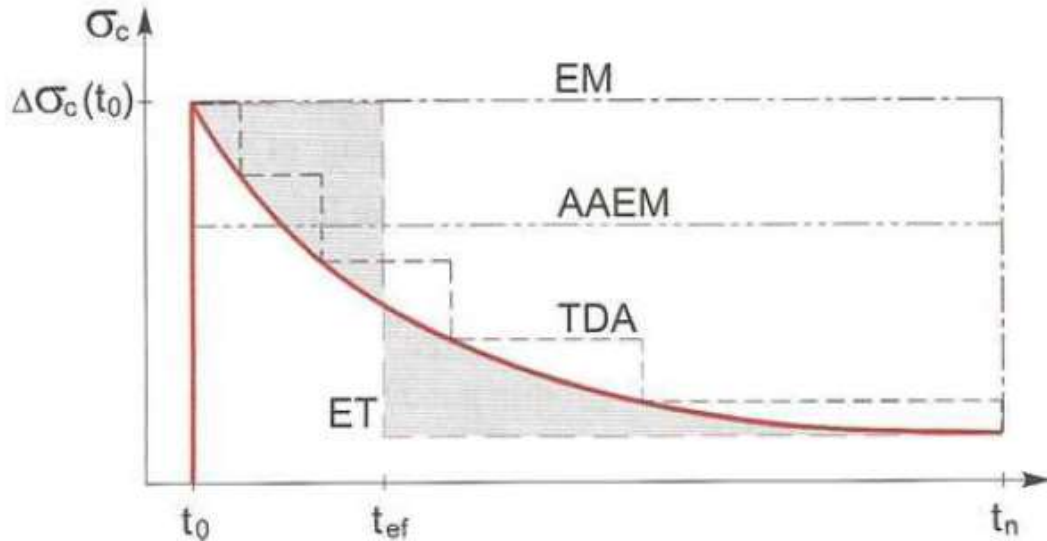
Prierez mostoviek

Typ	Obecný prúžez	
Materiál	C50/60	
Výroba	obecný	
Použit 2D MKP výpočet	✓	
A [m ²]	1,7606e+01	
A _{y, z} [m ²]	1,3243e+01	1,8285e+00
I _{y, z} [m ⁴]	1,0039e+01	1,4424e+03
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	7,2957e+02	2,4874e+01
W _{el} y, z [m ³]	7,3202e+00	9,4677e+01
W _{pl} y, z [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00

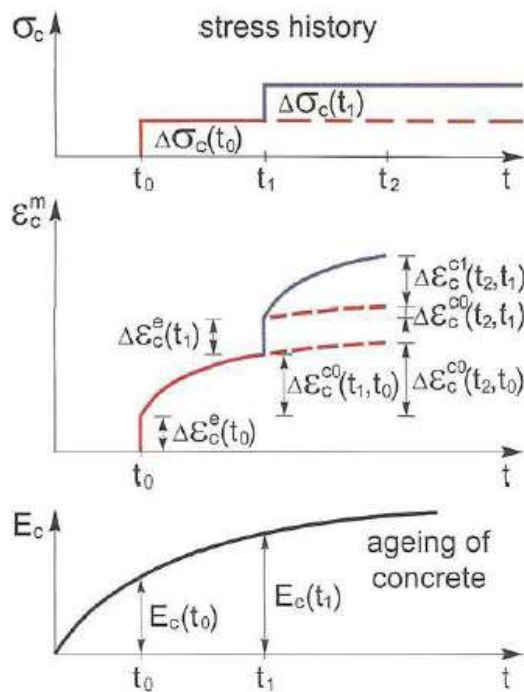
7.3 Analýza TDA

Model 2 je fázovaný model a obsahuje časovú históriu celého mostu vrátana výstavby.

Grafické znázornenie výpočtu TDA



Princíp superpozície použitý pri výpočte TDA

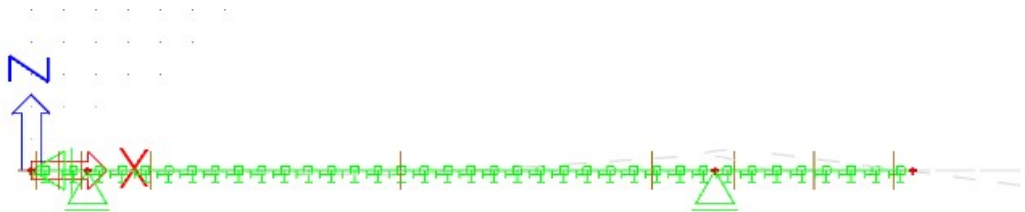


Nastavenie výpočtového modelu

Jméno	Marek
Typ	Časově závislá analýza
Konstrukce	Silniční most
Součinitelé zatížení(Pouze pro normově nezávislé ...	
Stálá (dlouhodobá) zatížení	
Gama min [-]	0,000
Gama max [-]	1,000
Předpětí	
Gama min [-]	0,000
Gama max [-]	1,000
Dlohodobá složka proměnného zatížení	
Faktor Psi [-]	0,300
TDA	
Součinitel zatížení pro generované zatěžovací sta...	
gama-dotvarování min [-]	1,000
gama-dotvarování max [-]	1,000
Čas - historie	
Počet podintervalů	1,0
Vlhkost [%]	70,00
Automatický výpočet podintervalu	<input type="checkbox"/> ne
Lokální časová osa	
Čas betonáže [den]	0,00
Délka ošetřování [den]	5,00
Doba ošetřování spřažených částí průřezu [den]	5,00
Liniová podpora (bednění)	<input checked="" type="checkbox"/>
Čas uvolnění posunu ve směru osy X [den]	5,00
Čas uvolnění posunu ve směru osy Z [den]	5,00
Generování výstupního textového souboru	<input type="checkbox"/>

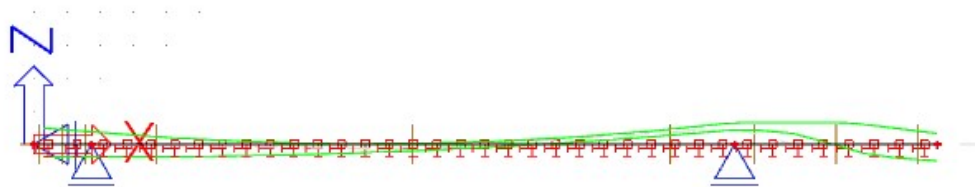
Ukážka niektorých fází výstavby z modelu:

ST1



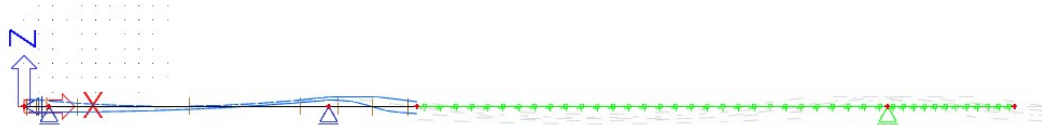
Jméno	ST1
Pořadí fáze	1
Popis	
Čas fáze [den]	0,00
Počet subintervalů	1
Vlhkost [%]	70,00
Poslední fáze výstavby	<input type="checkbox"/>
Stálá nebo dlouhodo...	
Zatížení	t0
Předpětí	
Zatížení	žádný
Typ generovaných kombin...	EN-MSP charakteristická
Konstrukce	Silniční most

ST2



Jméno	ST2
Pořadí fáze	2
Popis	
Čas fáze [den]	5,00
Počet subintervalů	1
Vlhkost [%]	70,00
Poslední fáze výstavby	<input type="checkbox"/>
Stálá nebo dlouhodo...	
Zatížení	t5
Předpětí	
Zatížení	B1-B3
Typ generovaných kombin...	EN-MSP charakteristická
Konstrukce	Silniční most

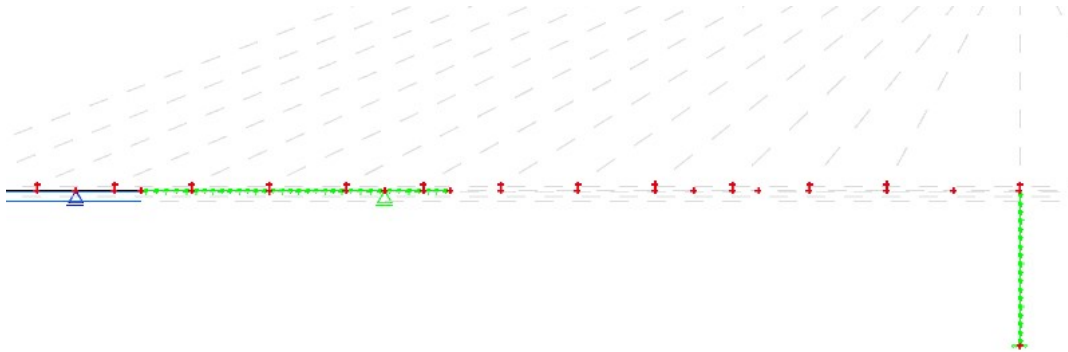
ST3



Jméno	ST3
Pořadí fáze	3
Popis	
Čas fáze [den]	35,00
Počet subintervalů	1
Vlhkost [%]	70,00
Poslední fáze výstavby	<input type="checkbox"/>
Stálá nebo dlouhodo...	
Zatížení	t35
Předpětí	
Zatížení	žádný
Typ generovaných kombin...	EN-MSP charakteristická
Konstrukce	Silniční most

ST11

Začiatok betonáže pylónu



Jméno	ST11
Pořadí fáze	11
Popis	
Čas fáze [den]	175,00
Počet subintervalů	1
Vlhkost [%]	70,00
Poslední fáze výstavby	<input type="checkbox"/>
Stálá nebo dlouhodo...	
Zatížení	t175
Předpětí	
Zatížení	žádný
Typ generovaných kombin...	EN-MSP charakteristická
Konstrukce	Silniční most

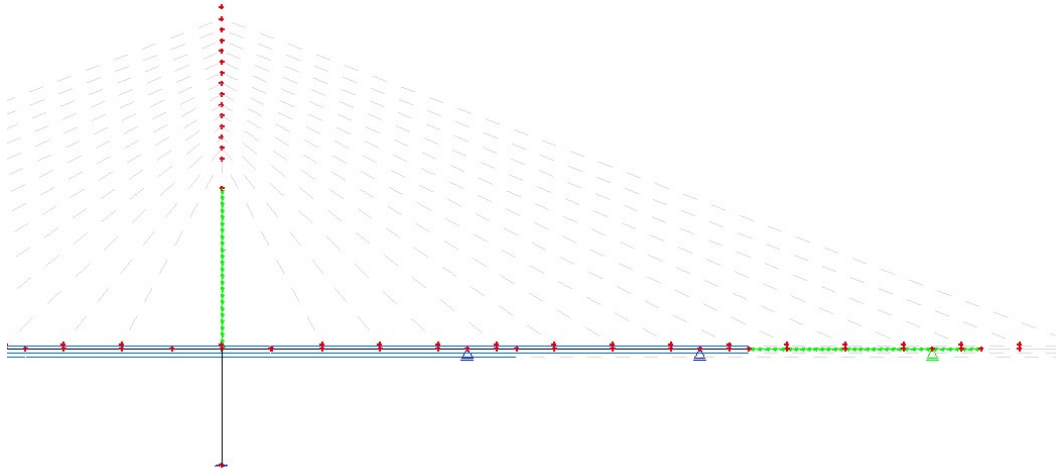
ST12



Jméno	ST12
Pořadí fáze	12
Popis	
Čas fáze [den]	180,00
Počet subintervalů	1
Vlhkost [%]	70,00
Poslední fáze výstavby	<input type="checkbox"/>
Stálá nebo dlouhodo...	
Zatížení	t180
Předpětí	
Zatížení	B12-B13
Typ generovaných kombin...	EN-MSP charakteristická
Konstrukce	Silniční most

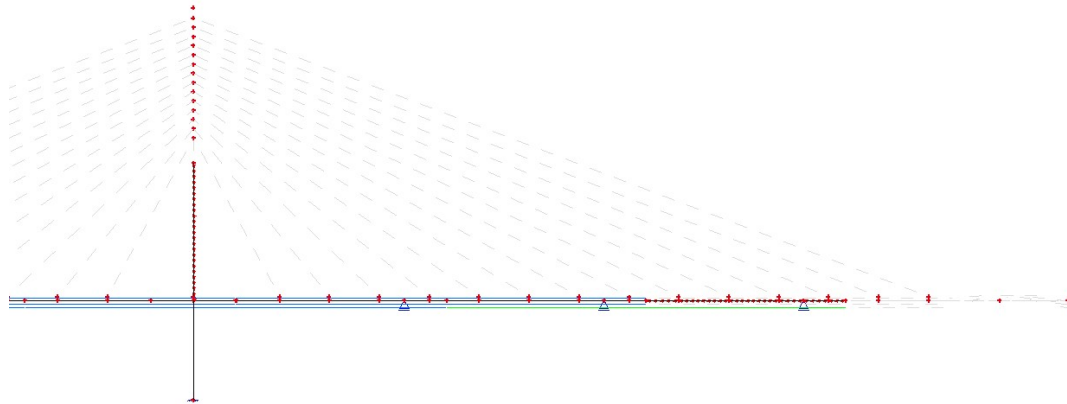
ST21

Pokračovanie betonáže pylónu



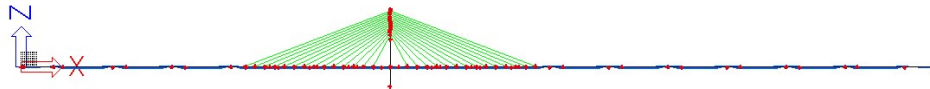
Jméno	ST21
Pořadí fáze	21
Popis	
Čas fáze [den]	350,00
Počet subintervalů	1
Vlhkost [%]	70,00
Poslední fáze výstavby	<input type="checkbox"/>
Stálá nebo dlouhodo...	
Zatížení	t350
Předpětí	
Zatížení	žádný
Typ generovaných kombin...	EN-MSP charakteristická
Konstrukce	Silniční most

ST22



ST22

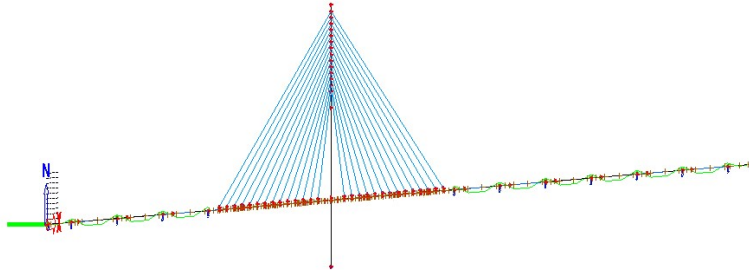
Aktivácia závesov a odobratie montážnych podpier



Jméno	ST38
Pořadí fáze	38
Popis	
Čas fáze [den]	605,00
Počet subintervalů	1
Vlhkost [%]	70,00
Poslední fáze výstavby	<input type="checkbox"/>
Stálá nebo dlouhodo...	
Zatížení	t605
Předpětí	
Zatížení	ZS2 - Závesy
Typ generovaných kombin...	EN-MSP charakteristická
Konstrukce	Silniční most

ST40

Aktivácia sekundárnych káblov



Jméno	ST40
Pořadí fáze	40
Popis	
Čas fáze [den]	620,00
Počet subintervalů	1
Vlhkost [%]	70,00
Poslední fáze výstavby	<input type="checkbox"/>
Stálá nebo dlouhodo...	
Zatížení	t620
Předpětí	
Zatížení	ZS7 - KBL sek2
Typ generovaných kombin...	EN-MSP charakteristická
Konstrukce	Silniční most

8 Časová os

Čas 0dní až 600dní

Na posuvnej skruži sa betónujú jednotlivé polia. V čase 600 dní sú vybetónované všetky polia a most stojí na montážnych podporách.

Čas 605 dní

V tomto čase sa aktivujú závesy a odstraňujú montážne podpery ktoré držali konštrukciu v čase výstavby.

Čas 620 dní

Aktivujú sa sekundárne káble.

Čas 621 dní = čas t_1

Odovzdanie konštrukcie do užívania

Čas 365000 dní = čas t_{00}

Koniec životnosti konštrukcie.

9 Návrh predpínacej výstuže

Predpínacia výstuž je rozdelená na primárne a sekundárne káble. Primárne káble sa napínajú postupne počas výstavby. Sekundárne káble sa napínajú naraz na konci výstavby a slúžia na zaistenie vyhovujúceho obmedzenia napätí a medzného stavu únosnosti.

9.1 Pole 1,13, 2-4 , 7-12 primárne káble

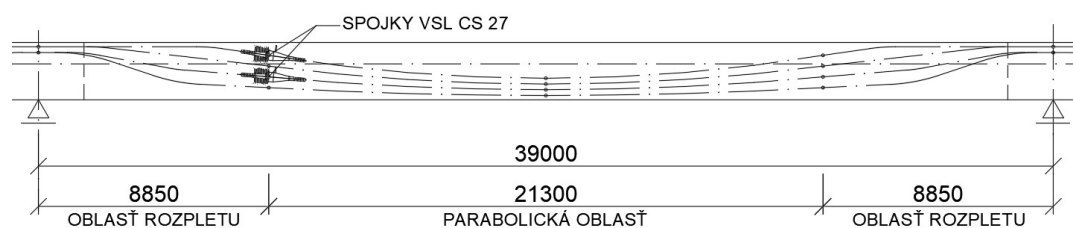
Primárne káble vyrovnávajú výslednicu zaťaženia od vlastnej tiaže nosníka. Sú napínané postupne počas výstavby. Vedú v prostrednej stene nosníka. Kotvené sú v náliatku v betonážnej škáre. Napínajú sa striedavo počas výstavby. Sú napínané jednostranne. Ich geometria bola navrhnutá na základe postupnej výstavby a priestorových možností.

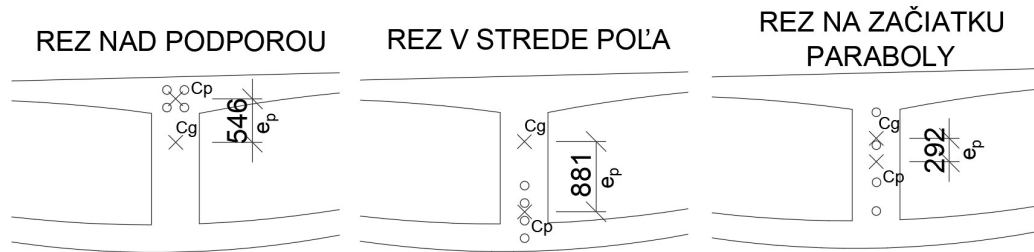
Geometria je navrhnutá tak že primárne káble začínajú v ťažisku prierezu, nad podporou sú čo najbližšie k hornému okraju a končia vždy v mieste nulového ohybového momentu od vlastnej tiaže. Nad podporami sa káble preskupujú aby vždy dvojica kotvených káblov končila v ťažisku nosníka v previsnutom konci.

9.2 Metóda vyrovnania zaťaženia:

Pôvodný zámer bol pomocou káblov vyrovať výslednicu od stáleho zaťaženia. Avšak po zohľadnení priestorových nárokov a postupnej výstavby musela byť geometria prispôbená. Výsledkom boli trajektórie ktoré nevyrovnávali celú výslednicu od zaťaženia. To viedlo k navyšovaniu počtu lán.

Navrhnutá geometria v poliach dĺžky 8-10m

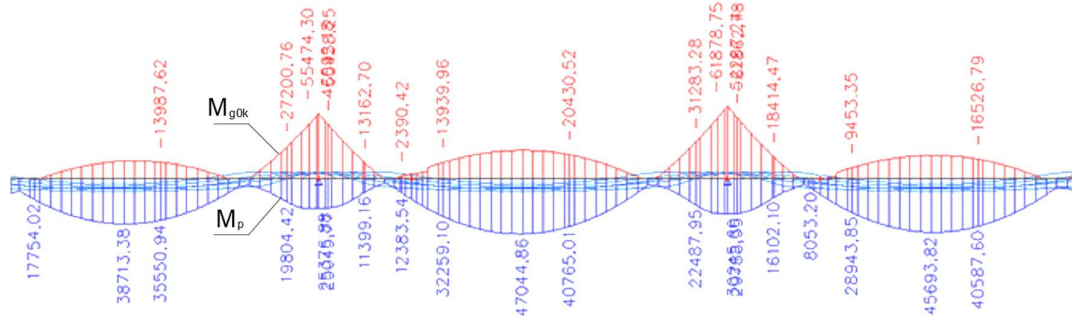




Navrhnutá súdržná predpínacia jednotka VSL CS, 4 káble po 27 lán akosti Y1860 S7-15,7-A

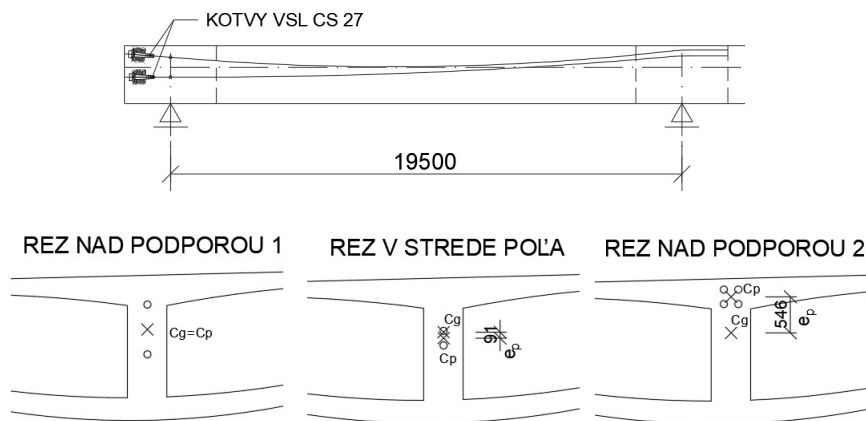
Aj napriek obmedzeniam bola geometria schopná preniesť značnú časť stáleho zaťaženia.

Vyrovnanie momentov na poliach 8-10



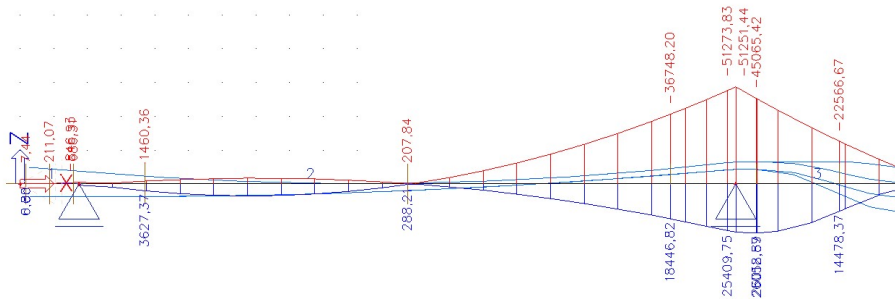
Obdobne bolo postupované aj pri poli č. 1 a 13

Navrhnutá nasledujúca geometria:



Navrhnutá súdržná predpínacia jednotka VSL CS, 4 káble po 27 lán akosti Y1860 S7-15,7-A

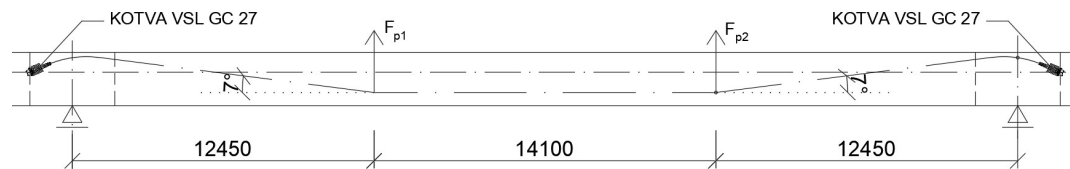
Vyrovnanie momentov na poliach 1, 2



9.3 Pole 1, 13, 2-4, 7-12 sekundárne káble

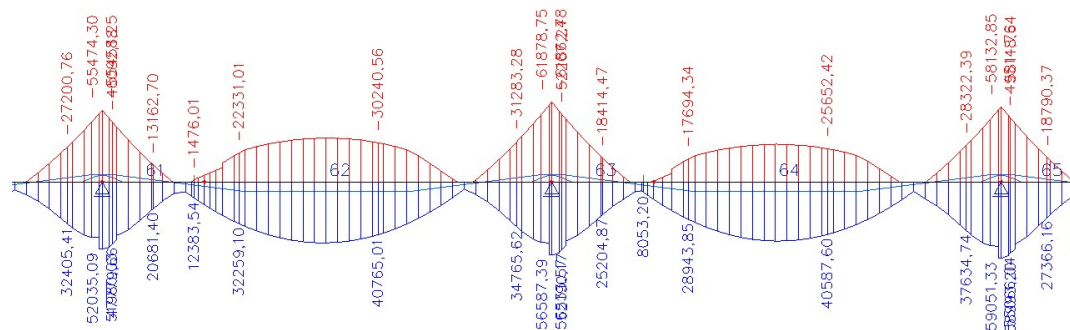
Sekundárne káble pomáhajú vyrovnáť zbytok zaťaženia od vlastnej tiaže a zaťaženie od ostatného stáleho zaťaženia. Súčasťou sekundárnych káblov sú aj priame káble vedené v ťažisku. Tieto káble vedú po bokoch strednej steny nosníka a sú kotvené v zárodkoch nad podporami. Sú napínané obojstranne. Slúžia na zaistenie tlakovej rezervy.

Navrhnutá geometria sekundárnych káblov polia 2-4, 7-12:



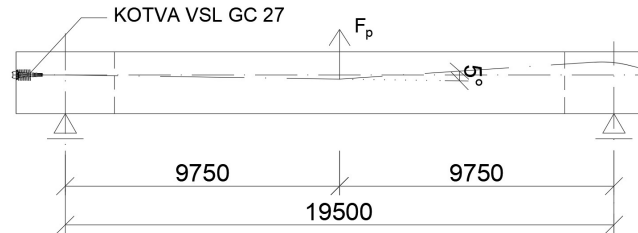
Navrhnutá nesúdržná predpínacia jednotka VSL GC, 2 káble po 25 lán akosti Y1860 S7-15,7-A

Vyrovnanie momentov na poliach 8-10

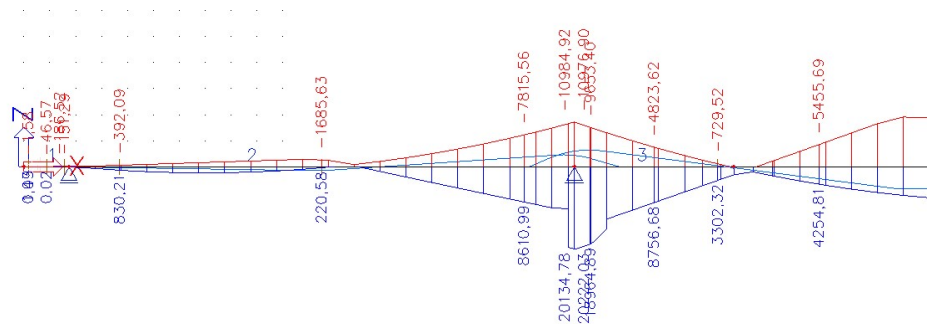


Navrhnutá nesúdržná predpínacia jednotka VSL GC, 2 káble po 25 lán akosti Y1860 S7-15,7-A

Navrhnutá geometria sekundárnych káblov polia 1-13:

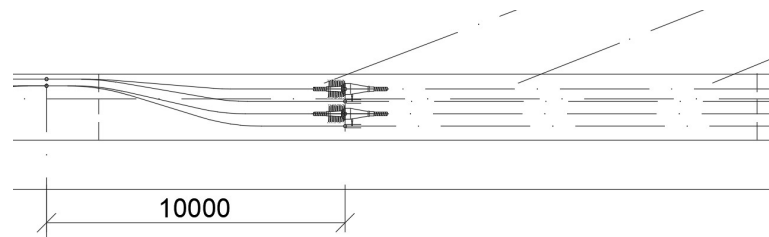


Vyrovnanie momentov na poliach 1, 2

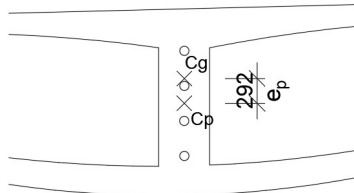


9.4 Polia 5, 6 (zavesené polia)

V poliach 5 a 6 sú primárne káble navrhnuté bez ohybov. Sekundárne laná sa tu nenachádzajú.



REZ V ZAVESENOM POLI



10 Návrh závesov

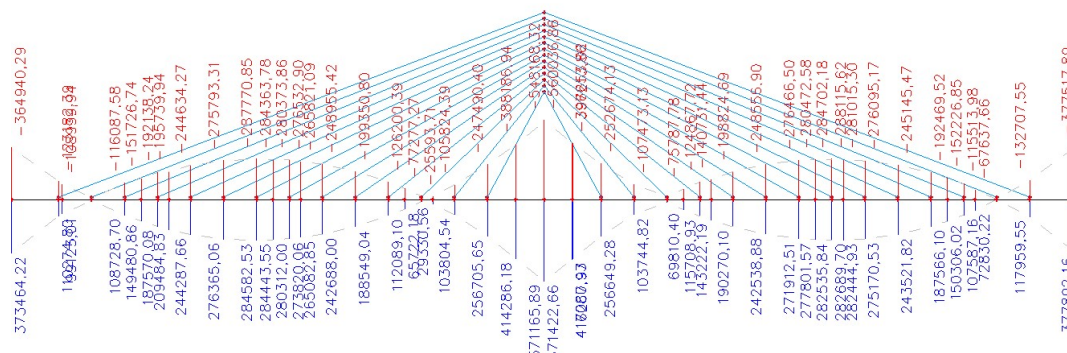
Pomocným modelom boli zistené reakcie pre jednotlivé závesy. Z geometrie bola dopočítaná sila v závese. Na silu v závese bol navrhnutý minimálny počet lán, ktorý bol následne zvýšený a zaokrúhlený tak aby napínacie napätie závesu sa rovnalo približne $0,2 \cdot f_{pk}$

Do modelu 1 bola aktivácia lán zadávaná pomerným pretvorením a do modelu 2 bola zadávaná aktivačným napätím. Neskoršou optimalizáciou modelu bolo aktivačné napätie zvýšené o násobok 1,09.

Výsledky pre ostatné laná sú prezentované v nasledujúcej tabuľke:

Vyrovnanie sily v závese		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14
Rz [kN]	4060,89	4291,26	4496,52	4436,57	4141,63	4133,78	4401,71	4399,97	4126,45	4112,87	4349,7	4313,77	4313,77	4196,21	5786,23
Uhol závesu [°]	21	21	22	23	24	26	27	29	31	34	38	44	44	51	62
Sila v závese F_{res} [kN]	11331,622	11974,453	12003,312	11354,534	10182,584	9429,863	9695,599	9075,666	8011,932	7355,011	7065,084	6209,916	5399,513	5399,513	6553,311
Dĺžka lana z [m]	36,315	35,115	33,915	32,715	31,515	30,315	29,115	27,915	26,715	25,515	24,315	23,115	23,115	21,915	20,715
Dĺžka lana xz [m]	101,334	97,986	90,535	83,728	77,483	69,154	64,131	57,579	51,870	45,628	39,494	33,275	28,199	23,461	20,715
A_p , (f 15,7mm)	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04	1,94E-04
Základná napínacia sila [Mpa]	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440
F1 [kN]	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784	278,784
$A_{p,req}$ [m ²]	0,008	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,005
Kontrola	11331,622	11974,453	12003,312	11354,534	10182,584	9429,863	9695,599	9075,666	8011,932	7355,011	7065,084	6209,916	5399,513	5399,513	6553,311
Návrh		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14
Požadovaný počet lán n_{req} [ks]	40,647	42,952	43,056	40,729	36,525	33,825	34,778	32,554	28,739	26,382	25,343	22,275	22,275	19,368	23,507
Návrh a zaokrúhľenie N_{proj} [ks]	108,000	108,000	108,000	108,000	91,000	91,000	85,000	85,000	73,000	73,000	73,000	73,000	61,000	61,000	61,000
Sila v kbl. Po zaokrúhlení [kN]	30108,672	30108,672	30108,672	30108,672	25369,344	25369,344	23696,640	23696,640	20351,232	20351,232	20351,232	20351,232	17005,824	17005,824	17005,824
Aktivačné napätie [Mpa]	541,955	572,699	574,079	543,051	577,978	535,252	589,183	551,511	566,903	520,421	499,907	525,836	457,214	554,914	554,914
0,2 \cdot f _{pk}	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Ep [Gpa] P	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000	195,000
Skrátenie mm/m	2,800	2,900	2,900	2,800	3,000	2,700	3,000	2,800	2,900	2,900	2,800	2,900	2,900	2,700	2,900
Napínacie napätie	546,000	565,500	565,500	546,000	585,000	526,500	585,000	546,000	565,500	565,500	546,000	565,500	565,500	526,500	565,500
Napínacie napätie * 1,09	595,140	616,395	616,395	595,140	637,650	573,885	637,650	595,140	616,395	616,395	595,140	616,395	616,395	573,885	616,395
Skrátenie *1,09	3,052	3,161	3,161	3,052	3,270	2,943	3,270	3,052	3,161	3,161	3,052	3,161	3,161	2,943	3,161

10.1 Vyrovnanie momentov v zavesených poliach



$$\frac{M_{p, \text{podpora}}}{M_{g0k, \text{podpora}} + M_{g1k, \text{podpora}}} = \frac{373464,22}{364940,29} = 1,023$$

$$\frac{M_{p, \text{pole}}}{M_{g0k, \text{poles}} + M_{g1k, \text{poles}}} = \frac{287770,85}{284582,53} = 1,011$$

$$\frac{M_{p, \text{pylón}}}{M_{g0k, \text{pylón}} + M_{g1k, \text{pylón}}} = \frac{571422,66}{560036,88} = 1,02$$

$$\frac{M_{p, \text{pole6}}}{M_{g0k, \text{pole}} + M_{g1k, \text{pole6}}} = \frac{288115,62}{282535,84} = 1,02$$

$$\frac{M_{p, \text{podpora7}}}{M_{g0k, \text{podpora7}} + M_{g1k, \text{podpora7}}} = \frac{377892,16}{377517,89} = 1,00$$

Na základe týchto výsledkov bol návrh považovaný za uspokojujúci.

11 Posúdenie konštrukcie v čase výstavby

Fázy výstavby boli posúdené v časoch 5, 75, 215. Posudok bol vyhotovený v programe IDEA Statica

11.1 Zataženie

11.1.1 Vlastná tiaž

Vlastná tiaž bola generovaná programom SciaEngineer podľa zadaného prierezu. Objemová tiaž betónu bola použitá 25kN/m³.

11.1.2 Zataženie od výstavby (CAK)

Bolo uvažované zataženie od výstavby 1kN/m².

11.1.3 Predpätie

Predpätie bolo modelované zadaním trajektórie káblov do modelu.

11.2 Fázy výstavby

Betonáž polí sa realizuje s previsnutým koncom. Predpätie sa do konštrukcie vnáša 5 dní po betonáži napnutím polovice káblov ktoré sú práve na rade ktoré sú zakotvené za podporou v predošlom nosníku.

11.2.1 Výpočet spolupôsobiacich šírok

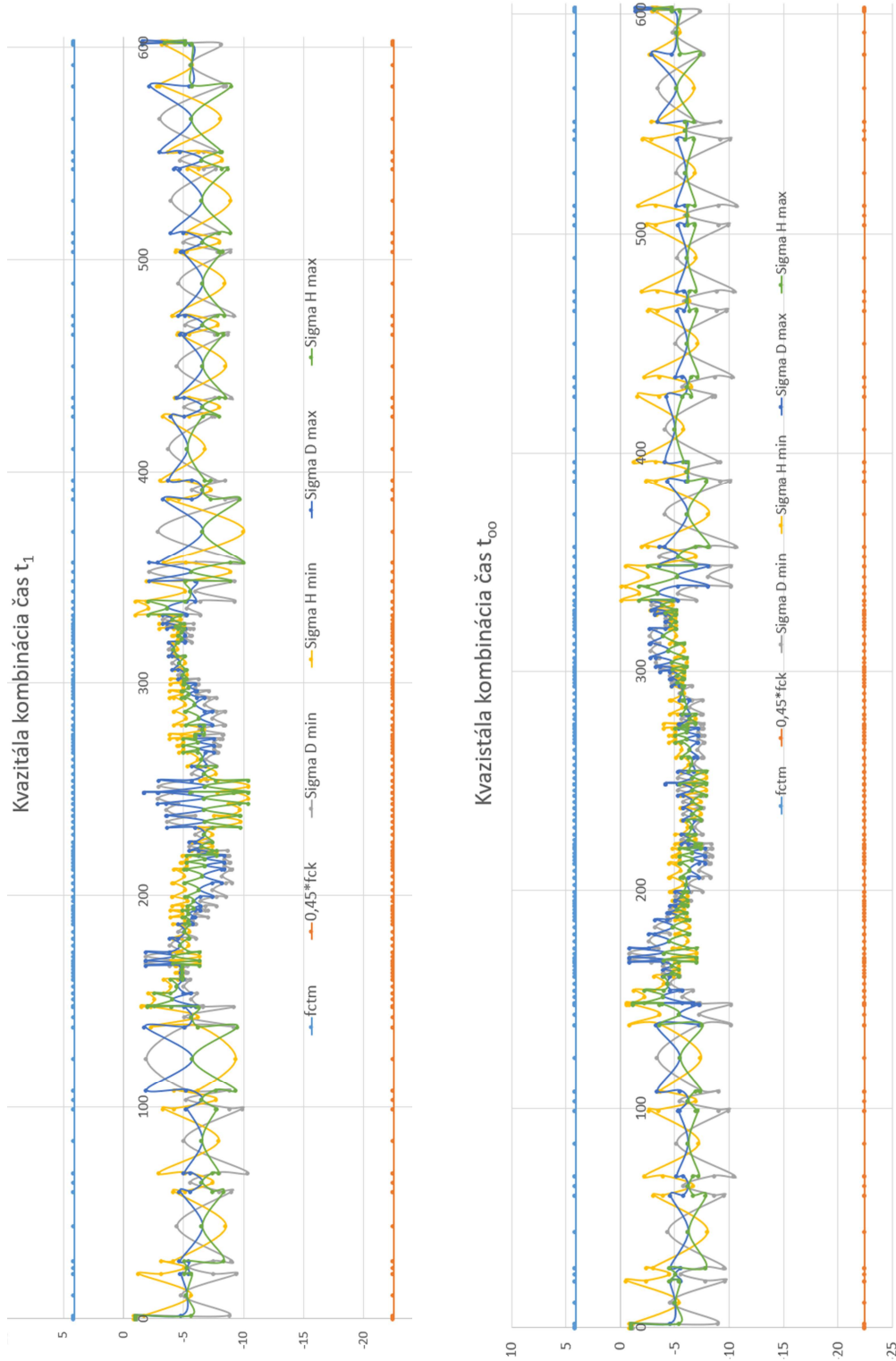
Na základe rozmerov mostu boli dopočítané spolupôsobiace vystihujúce šmykové ochabnutie konštrukcie.

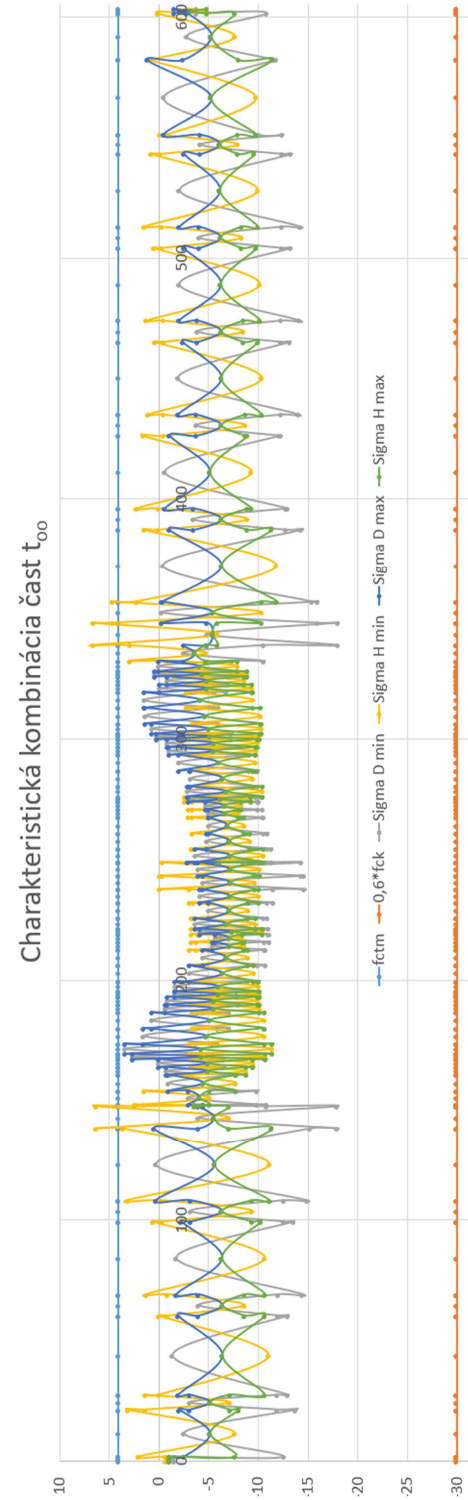
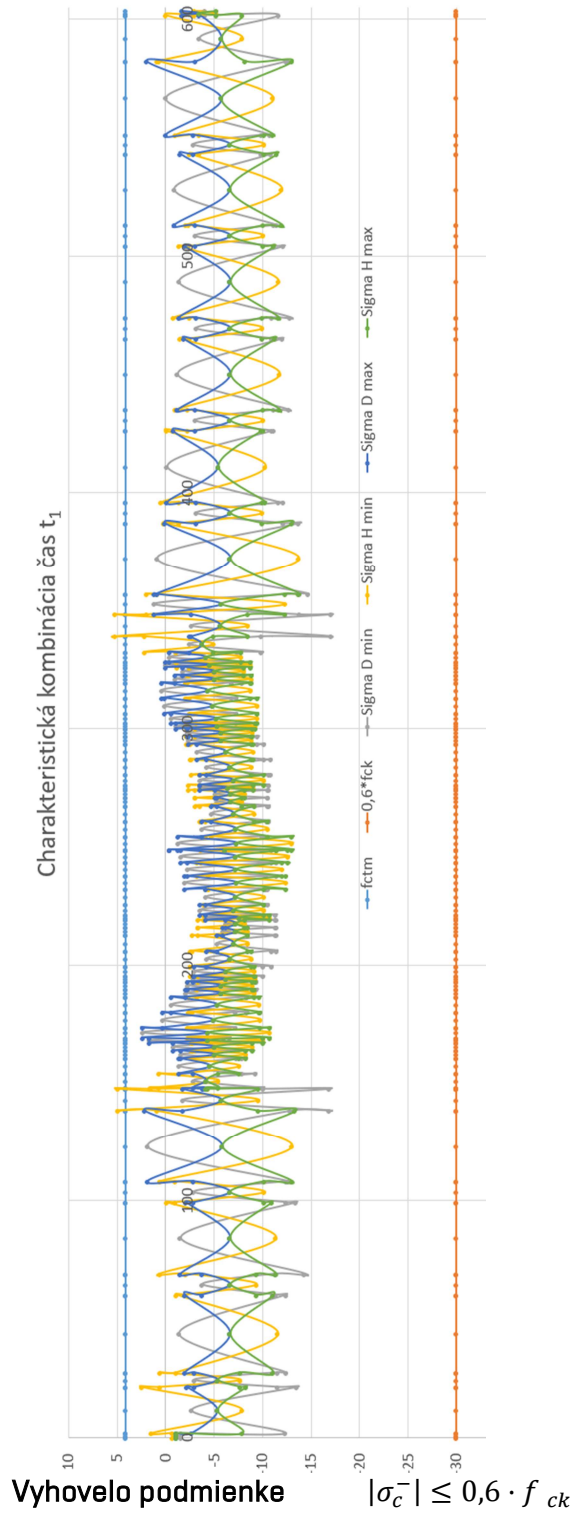
12 Posúdenie MSP

V rámci posudku MSP bolo vypočítané obmedzenie napätí a obmedzenie trhlín. Výsledky z týchto posudkov boli optimalizované práve prácou s predpäťm. Výpočet bol overený ručne a potom sa súhrnne vyjadril pre celú dĺžku mosta v nasledujúcich tabuľkách.

Obmedzenie napätí

Vyhovelo podmienke $|\sigma_c^-| \leq 0,45 \cdot f_{ck}$



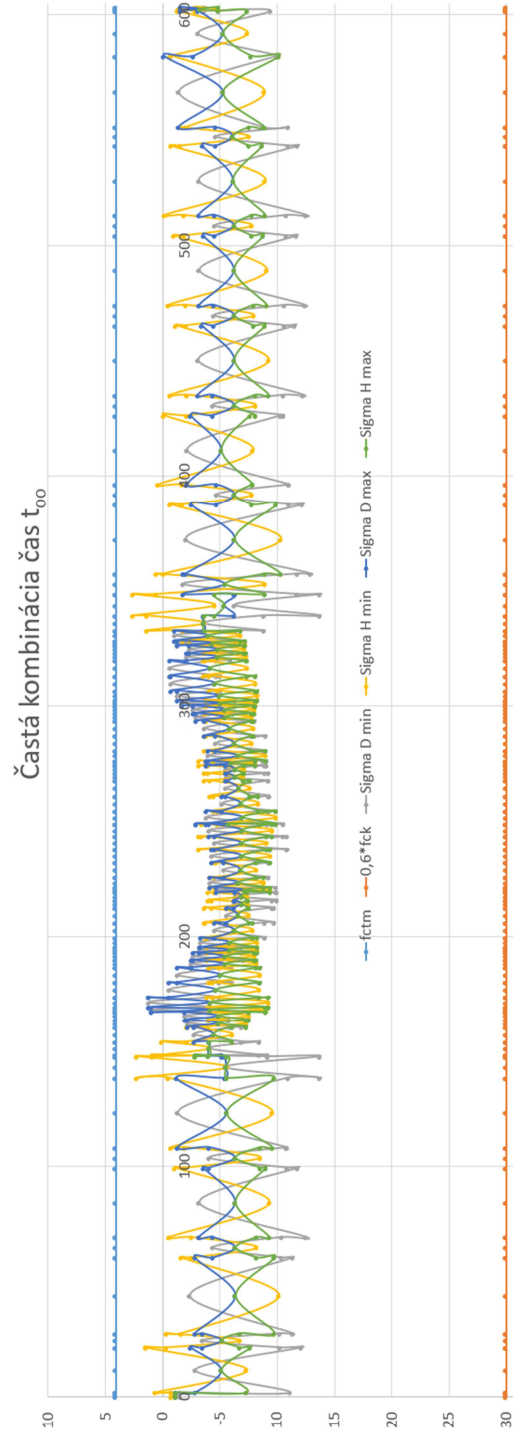
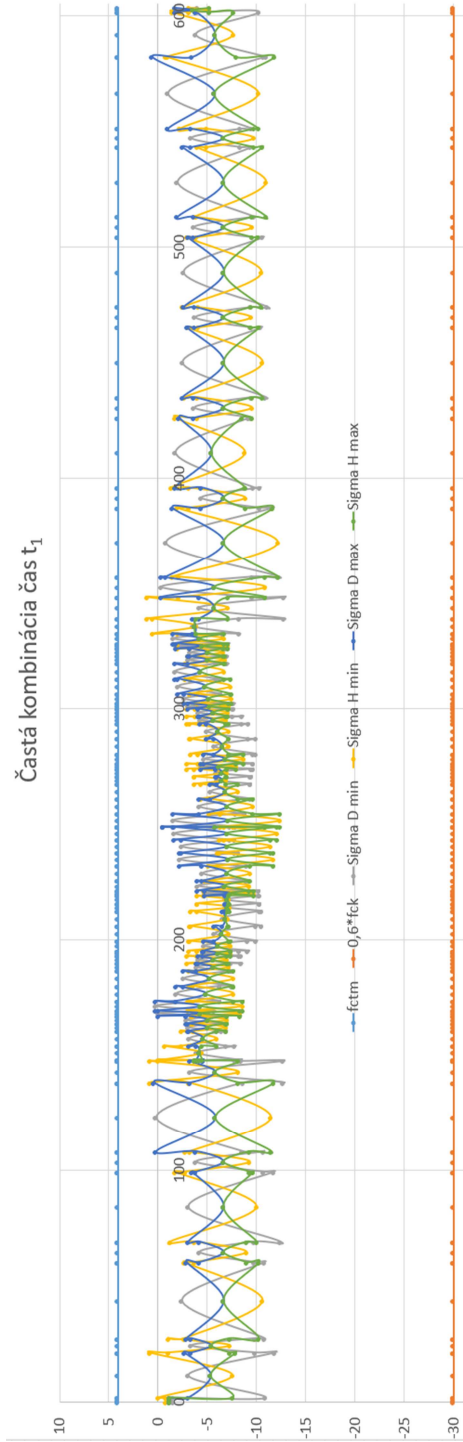


Obmedzenie trhlín

Vyhovelo podmienke

$$|\sigma_c^-| \leq f_{ctm}$$

alebo stav dekompresie



13 MSÚ – Ohyb

Konštrukcia bola posúdená v najviac namáhaných rezoch.

13.1 Kombinácie

13.1.1 Kombinácie stálych zložiek zaťaženia (model 2)

Kombinácie stálych zložiek zaťaženia boli automaticky generované programom SciaEngineer. Pre každú fázu zaťaženia bolo nastavené generovanie kombinácií pre EN-MSÚ. Výsledky z týchto kombinácií boli sčítané s kombináciami od premenného zaťaženia.

13.2 Ukážka posúdenia v reze X=9,75m

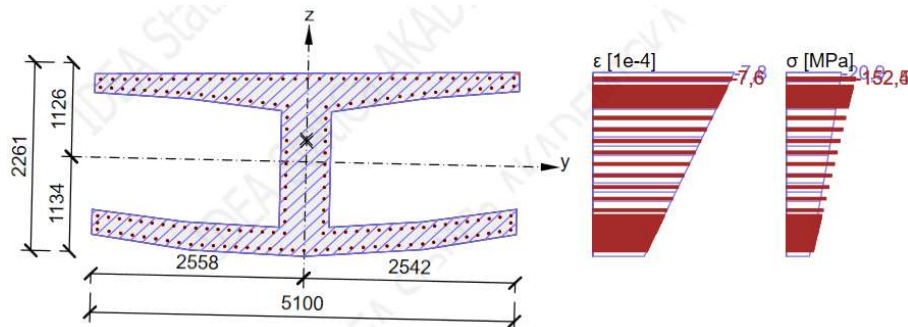
Vnútorne sily:

Tvo kombinace	Použit	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	T [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Základní MSÚ	<input checked="" type="checkbox"/>	-72890,3	0,0	0,0	0,0	17716,1	0,0

Vystuženie:

Bolo uvažované vystuženie po obvode $\varnothing 25$ mm po 150mm

Odozva na zaťaženie:



Posúdenie:

$N_{Ed,tot}$ [kN]	$M_{Ed,ytot}$ [kNm]	$M_{Ed,ztot}$ [kNm]	Vlákno betonu	Extrém ve vložce	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-72890,3	17716,1	0,0	18	1	62,6	100,0	OK

14 MSÚ – šmyk

Bol posudzovaný iba pre časť konštrukcie ktorá je vystužená v prílohe. Jedná sa o betonážny takt č. 07 (x=188,00m do 219,50m)

S prihliadnutím na namáhania v čase výstavby a v čase prevádzky bola jednoduchým výpočtom navrhnutá šmyková výstuž. A boli overené konštrukčné zásady.

V rámci vystužovania bola navrhnutá výstuž aj do priečnika betonážneho taktu č. 07

15 Priečny smer

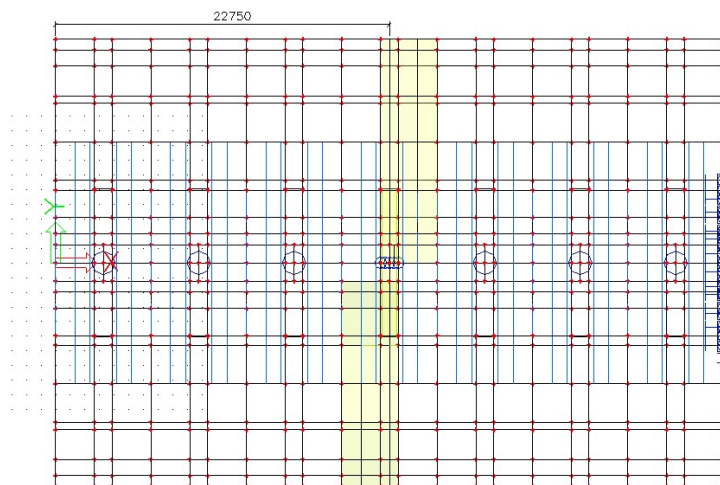
Bolo modelované a posudzované zavesené pole. Konštrukcia bola v zásade rozdelená na 2 oblasti. Oblasť č. 1 o šírke 1,2m sa nachádza v mieste uloženia vzpier je koncentrovanejšie namáhanie ťahom. Oblasť č. 2 o šírke 2,65m je menej ťahovo namáhaná. V oboch oblastiach sa bude nachádzať aj iný počet káblov.

15.1 Model

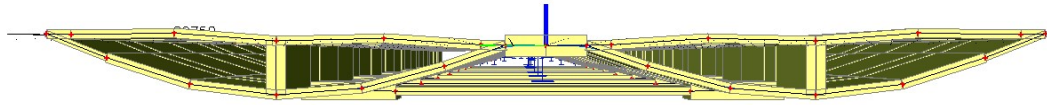
Bol vytvorený doskostenový model do ktorého boli zadané trajektórie káblov. Konštrukcia bola na koncoch votknutá a v mieste zavesenia boli použité bodové podpory. V skúmanom reze bol záves nahradený miesto bodového podopretia líniovým o dĺžke odpovedajúcej dĺžke náliatku, v ktorom je záves v reálnej konštrukcii zakotvený.

Pôdorys

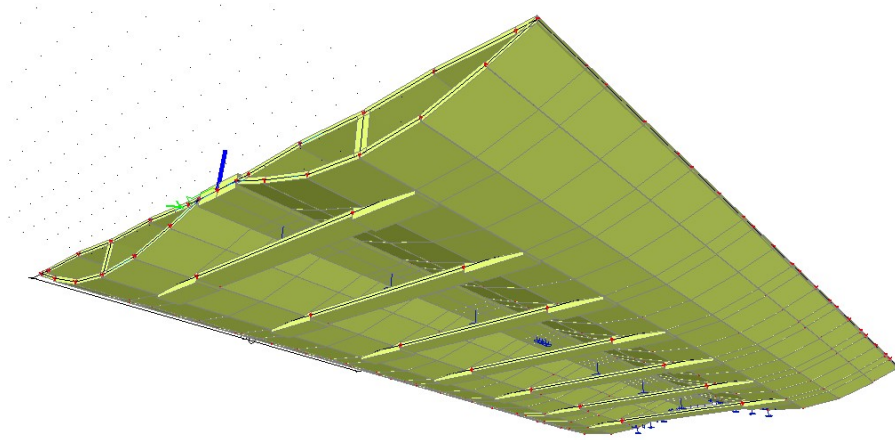
V pôdoryse je možné vidieť posudzované miesto (kóta), integračné pásy (žltá farba), pôdorys predpínacích káblov (modrá farba) a podopretie modelu.



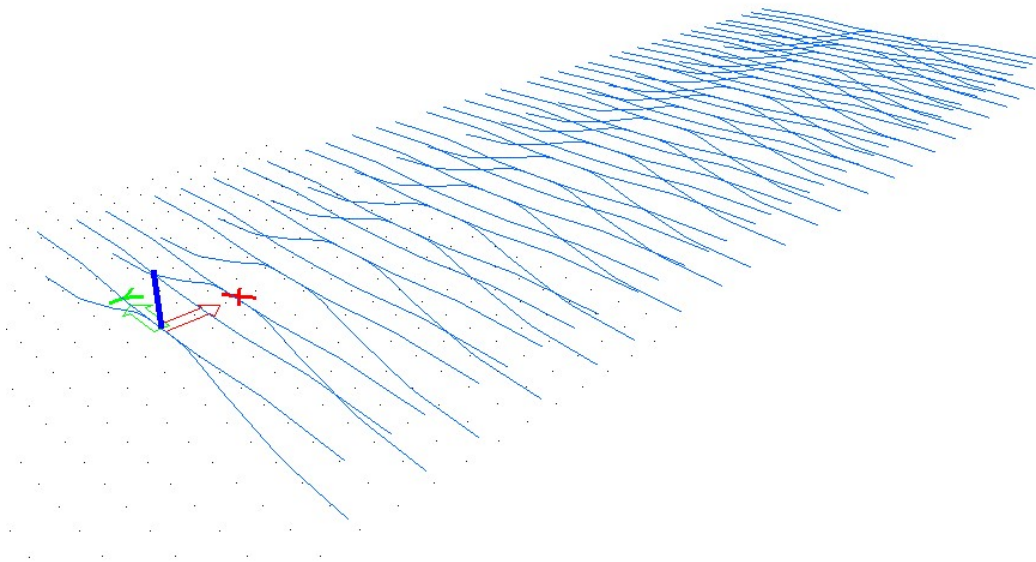
Pohľad na prierez



Pohľad zospodu



Pohľad na trajektóriu káblov

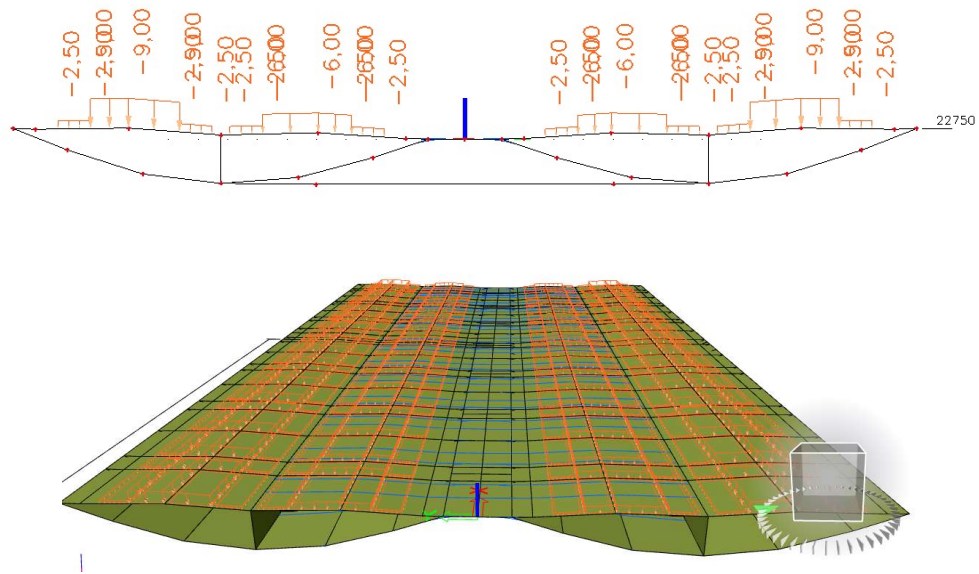


15.2 Zataženie

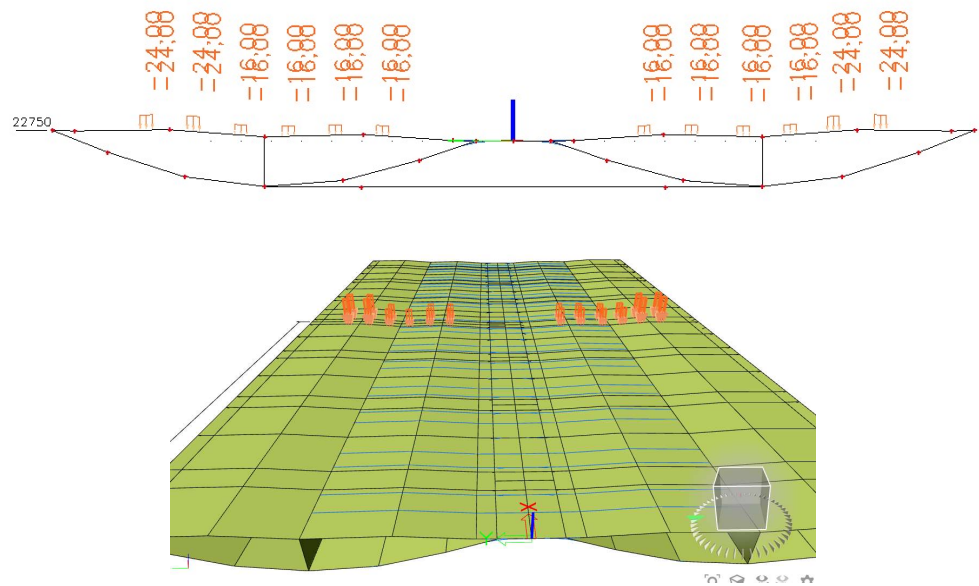
Na model boli umiestnené zataženia UDL a TS za účelom vyvodit' extrémny v posudzovaných rezoch. Pre zjednodušenie zadávania zataženia bolo pre TS bol roznoš zataženia zanedbaný. Bola použitá plocha zataženia 0,4x0,4m.

Ukážka polohy 1

Poloha 1 UDL



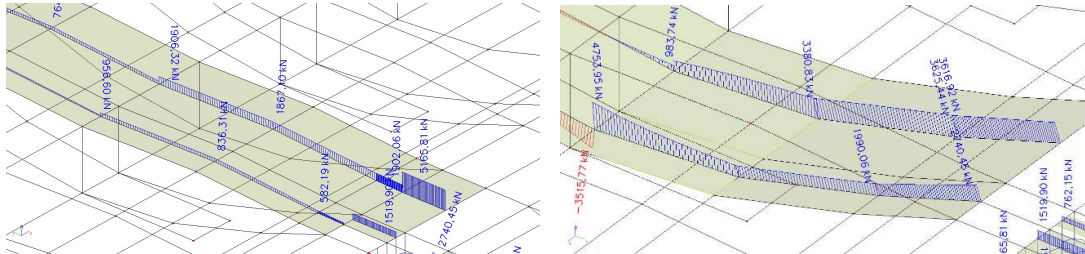
Poloha 1 TS



15.3 Návrh predpätia

Vyrovnanie ťahu v hornej doske

Boli odčítané ťahové namáhania bez predpätia na ktoré boli navrhnuté predpínacie káble.



Pre väčšiu bezpečnosť boli predpokladané dlhodobé straty: 10% Dlhodobé straty by mohli byť uvažované podľa možnosti aj menšie ale to by si vyžadovalo ďalší výpočet.

Vyrovnanie ťahu v hornej doske

$$n_{req} = \frac{N_{req}}{F_{p1-0,9}} = \frac{5729,84}{278,784 \cdot 0,9} = 22,83 \text{ ks}$$

Návrh: 24 ks lán do hornej dosky

Vyrovnanie ťahu v dolnej doske

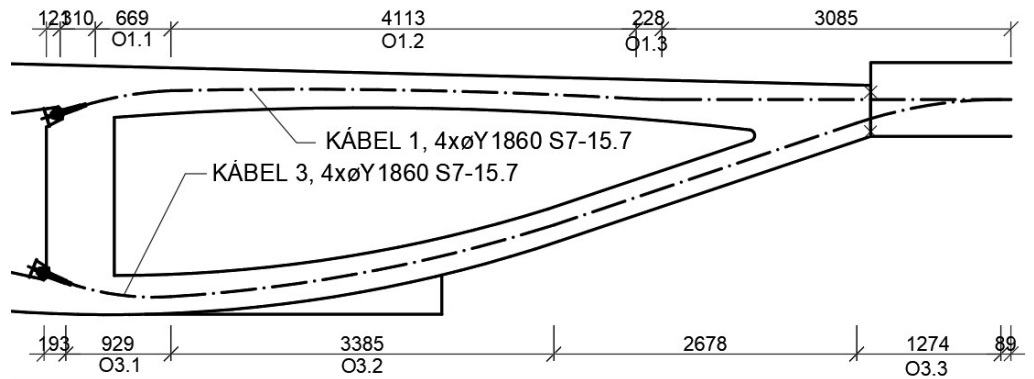
$$n_{req} = \frac{N_{req}}{F_{p1-0,9}} = \frac{12730}{278,784 \cdot 0,9} = 50,74 \text{ ks}$$

Návrh: 25 ks lán do rebier pri vzpere

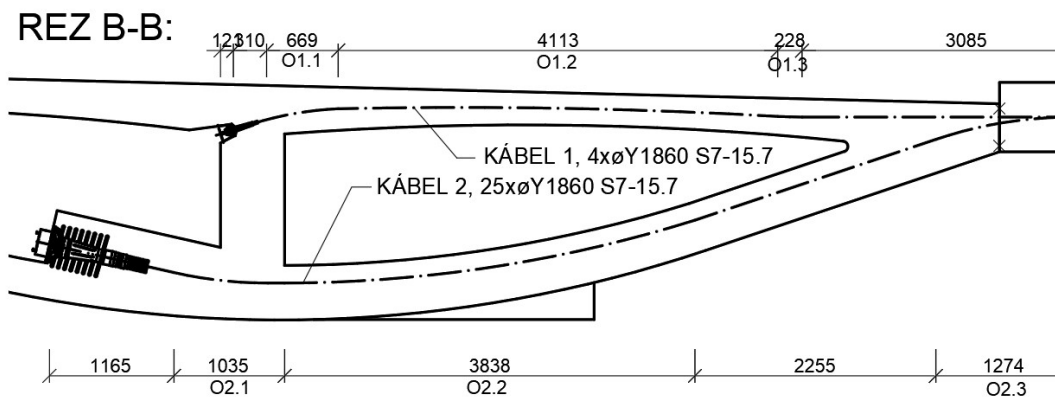
8 ks lán do do dolnej dosky

Po navrhnutí trajektórií lán bola navrhnutá betonárska výstuž a boli posúdené konštrukčné zásady.

Trajektória káblu v doske



Trajektória káblu v rebrách

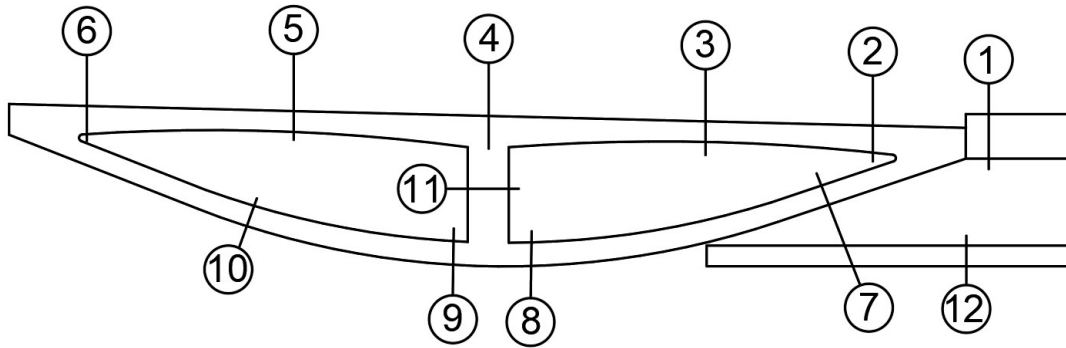


Nebola snaha v priečnom smere vyrovnávať ohybové momenty. Výstuž bola umiestnená centricky do prierezu.

15.4 Návrh výstuže a posúdenie v doskách

Z integračných pásov o rôznych šírkach boli odčítané statické veličiny, ktoré boli spriemerované na šírku 1 meter. Výsledkom bolo že pri dolnom okraji bolo vyžadované viac výstuže.

Rezy v ktorých bola konštrukcia počítaná



Ukážka posúdenia

15.4.1 Rez 2 oblasť 2

My

$$\frac{-440,87}{2,65} = -166,36 \text{ kNm}$$

Vz

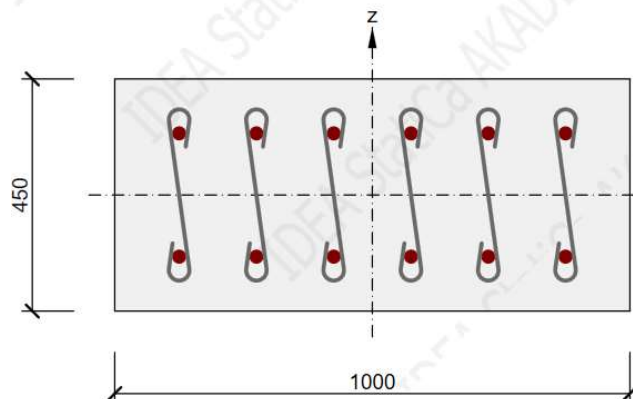
$$\frac{305,51}{2,65} = 115,28 \text{ kNm}$$

N

$$\frac{-440,87}{2,65} = -166,366 \text{ kNm}$$

Tvrn kombinace	Použit	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	T [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Základní MSÚ	<input checked="" type="checkbox"/>	-166,4	0,0	115,3	0,0	-166,4	0,0

Vyztužený prúžez: R 4



Beton: C50/60
 Stáří: 28,0 d
 Výztuž: (B 500B)
 $\varnothing 25-150$ mm (3272mm^2), $z = 120$ mm
 $\varnothing 25-150$ mm (3272mm^2), $z = -120$ mm
 Spony: 6,67 $\varnothing 8 - 150$ mm
 Krytí:
 Horní povrch: 93 mm
 Dolný povrch: 93 mm

Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-166,4	-166,4	0,0	Nu-Mu-Mu	28,8	100,0	OK

Smyk

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudek zóny	Článek	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
115,3	-166,4	282,9	bez redukce	6.2.2(1)	40,8	100,0	OK

Konstrukční zásady

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Využití _{dlouhý} [%]	Rozhodující [%]	Mez [%]	Posudek
-166,4	-166,4	0,0	37,5	58,1	100,0	OK

Kontrola konstrukčních zásad pro podélnou výztuž

Typ	Hodnota _{vyp}	Hodnota _{mez}	Využití [%]	Posudek
Minimální stupeň vyztužení hlavní výztuží, 9.3.1.1 (1) [%]	0,95	0,21	22,3	OK
Maximální stupeň vyztužení hlavní výztuží, 9.3.1.1 (1) [%]	1,45	4,00	36,4	OK
Minimální světlá vzdálenost hlavní výztuže, 8.2 (2) [mm]	125	25	20,0	OK
Maximální osová vzdálenost hlavní výztuže, 9.3.1.1 (3) [mm]	150	400	37,5	OK

Kontrola konstrukčních zásad pro smykovou výztuž

Typ	Hodnota _{vyp}	Hodnota _{mez}	Využití [%]	Posudek
Minimální stupeň vyztužení smykovou výztuží (9.3.2 (2)) [%]	0,22	0,11	50,6	OK
Maximální podélné rozteče smykové výztuže (9.3.2 (4)) [mm]	150	258	58,1	OK
Maximální příčné rozteče smykové výztuže (9.3.2 (5)) [mm]	150	517	29,0	OK

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení konstrukčních zásad

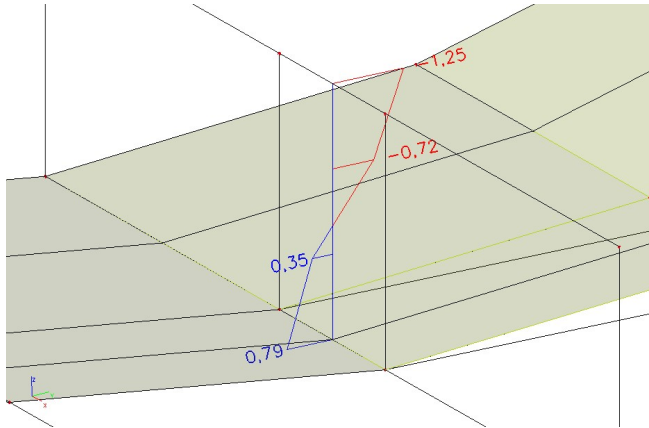
b_w [mm]	d [mm]	A_c [mm ²]	$b_t \cdot d$ [mm ²]	f_{yk} [MPa]	f_{yd} [MPa]	f_{ck} [MPa]	f_{ctm} [MPa]	f_{cd} [MPa]
1000	345	450000	344500	500,0	434,8	50,0	4,1	33,3

15.4.2 Stredová stena

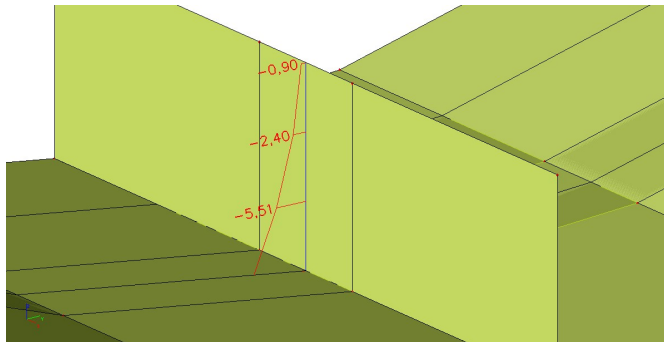
Sily v zaťažujúcej stredovej stene v priečnom smere vzhľadom k jej rozmeru sú minimálne. Posúdenie v programe SciaEngineer slúži hlavne na overenie konštrukčných zásad.

Zaťaženie na stene:

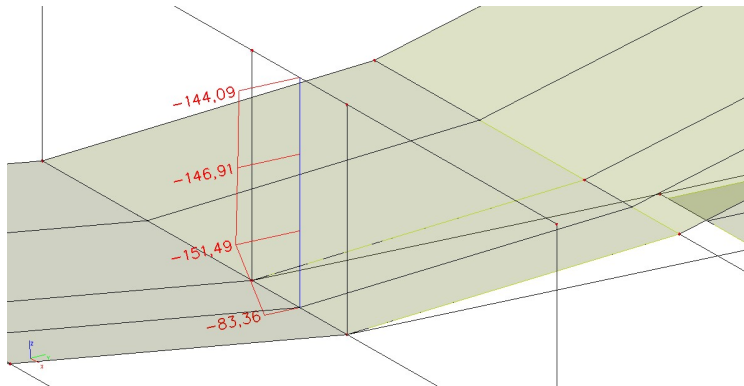
My



Vz

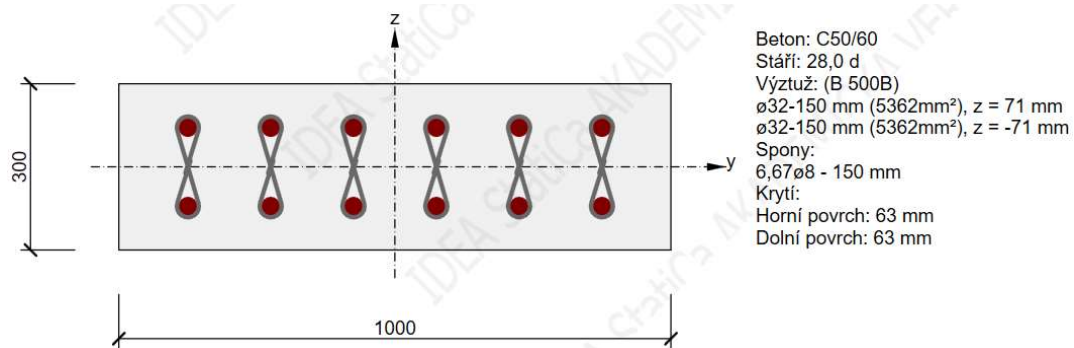


N



Ďalej bola posúdená a navrhnutá výstuž v dolnej vzpere.

Tvrn kombinace	Použit	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	T [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Základní MSÚ	<input checked="" type="checkbox"/>	-11011,5	0,0	0,0	0,0	125,5	0,0



Únosnost N-M-M

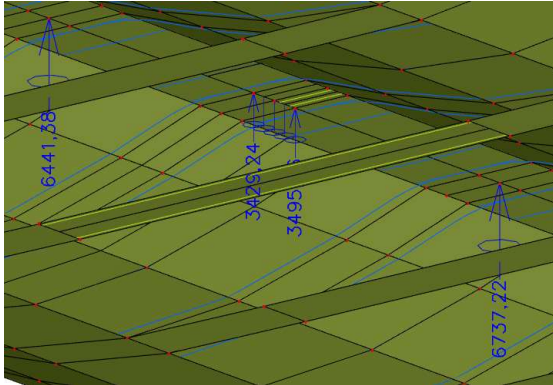
Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-11011,5	125,5	0,0	Nu-Mu-Mu	84,9	100,0	OK

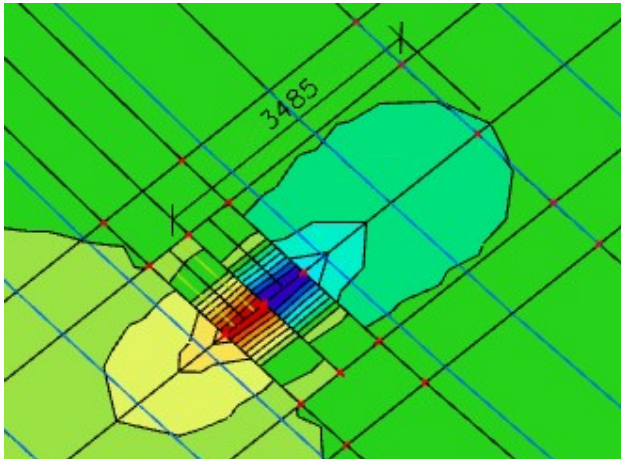
15.5 Vystuž v mieste ťahových napätí v od závesu

Od závesu vznikajú aj ťahové namáhania za závesom. Tento jav bol analyzovaný jednoduchým modelom.

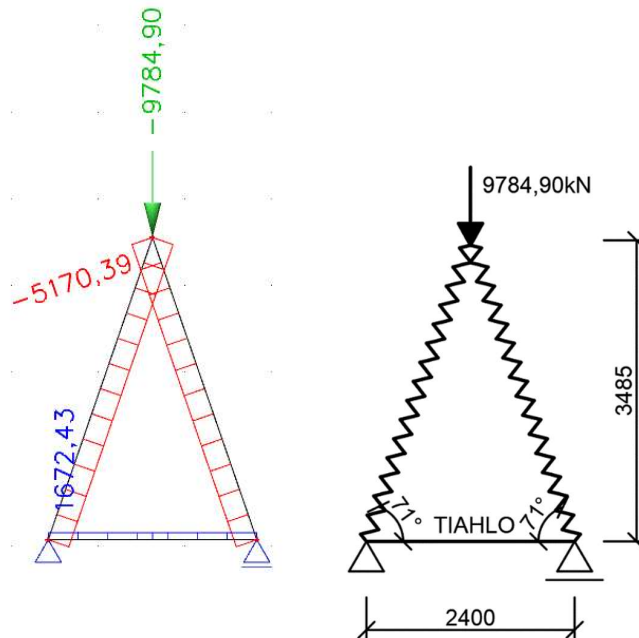
Zvislá reakcia v mieste kotvenia závesu



Priebeh izolínie:



Zaťažovací model:



$$N_{req} = 1672,43 \text{ kN}$$

Návrh: Umiestniť 14 ks \varnothing 20 mm prútov do oblasti tiahla.

15.6 Kotevná oblasť na konci taktu 07

V rámci betonážneho taktu bola ešte dopočítaná kotevná oblasť pred dvojicu kotvených káblov.

16 Pylón MSÚ

Posúdenie bolo realizované plastickým výpočtom. Vyhodnotenie pomocou interakčného diagramu.

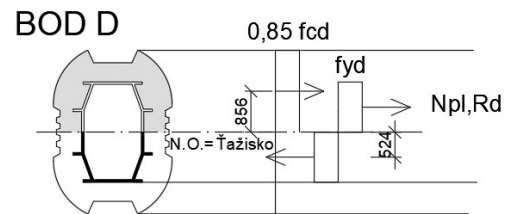
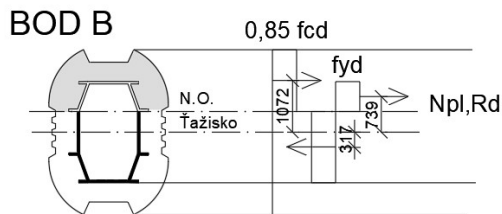
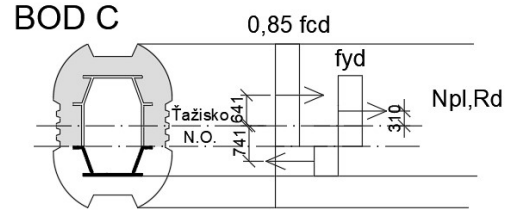
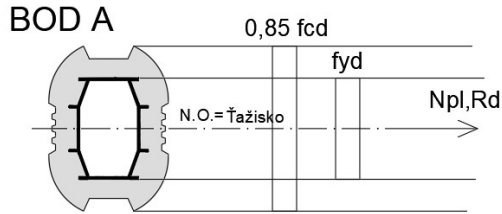
Pylón bol posudzovaný v troch rezoch:

Prierez 1: dutá časť pylónu (miesto kotvenia závesov)

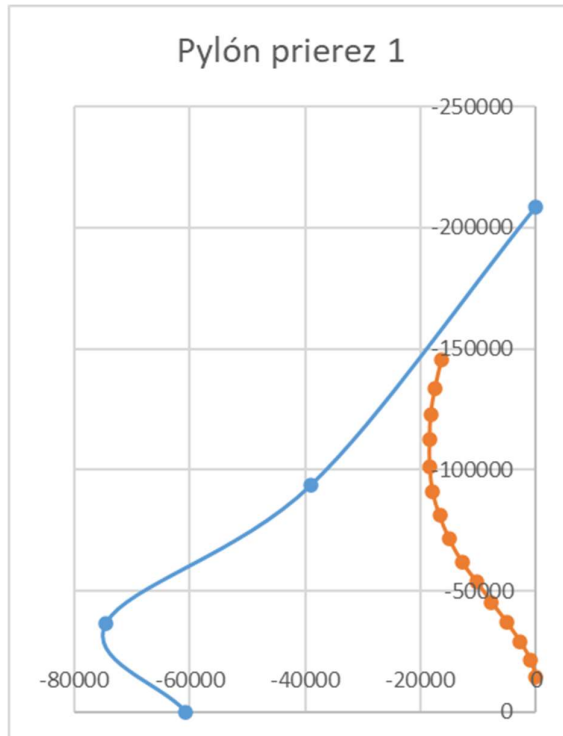
Prierez 2: plná časť pylónu

Prierez 3: časť pylónu pod mostovkou

Ukážka posudku:



Vyhodnotenie:



Body od zaťaženia sa nachádzajú vo vnútri interakčnej krivky.

Prierez OK

17 Závesy MSÚ

Boli sčítané sily z oboch modelov pre závesy. Bola snaha nadimenzovať a aktivovať závesy tak aby sa napätie v závesoch vošli do intervalu $0,2 \cdot f_{pk}$ až $0,45 \cdot f_{pk}$

Výsledky v nasledujúcej tabuľke:

Posúdenie	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Sila z modelu 2 [kN]	557,210	521,860	516,830	557,650	532,690	613,800
Napätie z modelu 1 [Mpa]	563,3	596,05	610,81	605,55	663,65	579,37
Napätie z modelu 2 [Mpa]	26,65	24,96	24,72	26,67	30,24	34,84
Celkové napätie [Mpa]	589,95	621,01	635,53	632,22	693,89	614,21
$0,45 \cdot f_{pk} > \text{Sigma max}$	ok	ok	ok	ok	ok	ok
$0,45 \cdot f_{pk}$	882	882	882	882	882	882
Plocha závesu	2,09E-02	2,09E-02	2,09E-02	2,09E-02	1,76E-02	1,76E-02
Využitie [%]	66,89	70,41	72,06	71,68	78,67	69,64

Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14
650,320	718,190	667,760	695,820	702,740	574,530	542,670	434,210
693,66	662,79	691,33	694,65	671,68	680,92	640,25	609,81
39,52	43,64	47,25	49,23	49,72	48,65	45,95	36,77
733,18	706,43	738,58	743,88	721,40	729,57	686,20	646,58
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
882	882	882	882	882	882	882	882
1,65E-02	1,65E-02	1,41E-02	1,41E-02	1,41E-02	1,18E-02	1,18E-02	1,18E-02
83,13	80,09	83,74	84,34	81,79	82,72	77,80	73,31

18 Záver

V diplomovej práci boli navrhnuté 3 varianty z ktorých bola vybraná varianta č.1-zavesený most. Bola navrhnutá predpínacia výstuž po celej dĺžke mosta ktorá rešpektuje postup výstavby. Konštrukcia bola navrhnutá tak aby vyhovela obmedzeniam trhlín a napätiu. Medzný stav únosnosti bol vypočítaný v niektorých fázach výstavby a v čase prevádzky v kritických rezoch. Návrhy betonárskej výstuže boli spočítané pre vystužované pole v prílohe a síce betonážny takt č. 07. V rámci výpočtu boli navrhnuté viaceré výpočtové modely ktoré sa snažili vystihnúť chovanie konštrukcie pri rôznych javoch.

19 Zoznam použitých zdrojov

19.1 Technické normy

[1] ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů

[2] ČSN EN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

[3] ČSN EN 1992-2: Zatížení mostů dopravou

[4] ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

[5] ČSN EN 1992-2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady

[6] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí: Část 1-4 Obecná zatížení – zatížení větrem

[7] ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí: Část 1-4 Obecná zatížení – zatížení teplotou

19.2 Odborná literatura

[8] WALTHER, Rene. *Cable stayed Bridges*. 2nd Ed. London: Thomas Telford, 1999. ISBN 0-7277-2773-7

[9] STRÁSKÝ, J. *Speciální betonové konstrukce (K) – konstrukce podporované kabely*. Brno, VUT FAST, 2012. Elektronická studijní opora.

19.3 Internetové zdroje

[10] IdeaStatica [online]. [cit. 2023-12-20]

Dostupné z: <https://www.ideastatica.com/cz/podpora/teoreticky-manual-rcs-pro-1d-prvky>

[11] VSL [online]. [cit. 2023-09-10]

Dostupné z: <http://www.vslcz.sk/brozury/>

[12] Mapy.cz [online]. [cit. 2023-12-16]

Dostupné z: www.mapy.cz

[13] Slovenská správa ciest [online]. [cit. 2023-12-16]

19.4 Výpočtové programy

[14] Autodesk AutoCAD 2022, Autodesk, Inc.

[15] Idea StatiCa, Idea Statica s.r.o.

[16] Scia Engineer

[17] Microsoft office WORD, Microsoft Corporation

[18] Microsoft office EXCEL, Microsoft Corporation

[19] Rhinoceros 8.0, DIMENSIO s.r.o.

[20] Lumion, Lumiartsoft s.r.o

20 Zoznam príloh

P1. Podklady a štúdie

P1.1 Podklad terénu

P1.2 Varianta A

P1.3 Varianta B

P1.4 Varianta C

P1.5 Vizualizácia

P.2 Prehľadné a podrobné výkresy

P2.1 Betonárska výstuž časť 1

P2.2 Betonárska výstuž časť 2

P2.3 Betonárska výstuž časť 3

P2.4 Pozdĺžny rez mostom

P2.5 Pôdorys mostu

P2.6 Rezy mostom

P2.7 Pozdĺžna predpínacia výstuž

P2.8 Priečna predpínacia výstuž

P2.9 Detail kotvy závesu

P2.10 Postup výstavby

P.3 Statický výpočet

P3 Statický výpočet