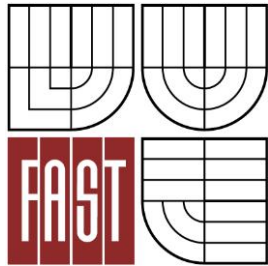




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

LÁVKA PRO PĚŠÍ PODPOROVANÁ KABELY

CABLE-SUPPORTED PEDESTRIAN BRIDGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ANDREA TICHAVSKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM NEČAS, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Andrea Tichavská

Název Lávka pro pěší podporovaná kabely

Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Nečas, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2012

Datum odevzdání bakalářské práce 24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochovka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Příčný řez
2. Podélný řez

ČSN EN 1991-2 Zatižení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí - Obecná pravidla

ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí - Betonové mosty

Literatura doporučená vedoucím bakalářské práce

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Z předběžného návrhu možných typů mostních konstrukcí preferujte konstrukci o jednom poli podporovanou kabely.

V práci se zaměřte především na návrh betonové nosné konstrukce mostu bez uvažování fáze výstavby.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady, studie návrhu mostu

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a možněte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Radim Nečas, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Náplní práce je návrh lávky pro pěší podporované kabely. Konstrukci lávky tvoří betonová mostovka podporovaná externími kabely. Přenos předpětí je realizován pomocí ocelových konstrukčních prvků. Hlavním cílem projektu je návrh předpjeté betonové nosné konstrukce. Fáze výstavby nebudou řešeny.

Klíčová slova

lávka, beton, předpětí, mostovka, betonová konstrukce, externí kabely, prutový model

Abstract

The scope of the thesis is the design of a cable-supported pedestrian bridge. The structure of the pedestrian bridge is formed by concrete bridge deck supported by external cables. The transmission of the prestress is provided by steel elements. The main goal of this project is the design of prestressed concrete bearing structure. Construction phases will not be taken into consideration.

Keywords

footbridge, concrete, prestressing, concrete structure, external cables, strut model

Bibliografická citace VŠKP

TICHAVSKÁ, Andrea. *Lávka pro pěší podporovaná kabely*. Brno, 2013. 20 s., 107 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Radim Nečas, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora
Andrea Tichavská

POĎAKOVANIE

Za odborné vedenie, rady a ochotu ďakujem Ing. Radimovi Nečasovi, PhD. Za motiváciu a podporu ďakujem celej mojej rodine, priateľom a blízkym.

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora
Andrea Tichavská

Obsah

1	Úvod	9
2	Varianty premostenia.....	10
2.1	Popis jednotlivých variantov.....	10
2.1.1	Variant A – Lávka podporovaná externými káblami	10
2.1.2	Variant B – Lávka ako spojitý nosník	10
2.1.3	Variant C – Oblúková lávka	10
2.2	Výber variantu premostenia	10
3	Základné technické a identifikačné údaje	10
4	Návrh geometrie konštrukcie	11
4.1	Návrh prierezu	11
4.2	Statická schéma a model konštrukcie.....	11
4.2.1	Materiály a prierezy použité v modeli	11
4.2.2	Pôsobiace zaťaženia	12
4.2.3	Hľadanie výšky stojok a návrh predpätia v externých kábloch.....	12
4.2.4	Výpočet a zadávanie skrátenia	13
4.3	Konečný návrh predpínacej sily v externých kábloch.....	13
4.4	Návrh predpätia v kábloch v mostovke	14
5	Posúdenie v pozdĺžnom smere	15
5.1	Vnútorne sily od kombinácií zaťažení	15
5.2	Medzný stav použiteľnosti.....	15
5.2.1	Podmienky obmedzenia napätia	15
5.2.2	Obmedzenie šírky trhlín	15
5.3	Medzný stav únosnosti	15
5.3.1	Posúdenie na ohybový moment.....	15
5.3.2	Posúdenie na medzu porušenia posúvajúcou silou	16
6	Konštrukcia v priečnom smere	16
7	Oceľové deviátory.....	17
	Záver	18
	Zoznam použitých zdrojov	19
	Zoznam príloh.....	20

1 Úvod

Problematika lávok pre peších tvorí samostatnú a špecifickú kapitolu betónových mostov a je potrebné venovať jej pozornosť. Lávky pre peších sa od mostov pozemných komunikácií a železničných mostoch výrazne líšia najmä vo veľkosti prenášaného zaťaženia, čo logicky ovplyvňuje ich dimenzie. Pri návrhu je potrebné zamerať sa nie len na funkčnosť, ale aj na estetickú stránku.

Práca sa zameriava na návrh 3 variantov premostenia a následne podrobné spracovanie vybraného variantu. Hlavný cieľ a dôraz je kladený na návrh optimálnej geometrie nosnej konštrukcie a návrh predpätia v pozdĺžnom smere. Keďže práca je spracovaná formou štúdie, treba zdôrazniť, že je v nej zahrnuté pomerne veľké množstvo zjednodušených predpokladov. Nebudú tu riešené fázy a technológia výstavby. V hlavnej časti budú podrobne objasnené hlavne postupy návrhu a modelovania nosnej konštrukcie.

Hlavná textová časť je zameraná predovšetkým na objasnenie postupov aplikovaných v statickom výpočte.

2 Varianty premostenia

Táto kapitola popisuje jednotlivé navrhované varianty premostenia a bude vyhodnotený najlepší variant.

2.1 Popis jednotlivých variantov

2.1.1 Variant A – Lávka podporovaná externými káblami

Nosná konštrukcia lávky je tvorená betónovou mostovkou podporovanou externými káblami. Predpätie je do mostovky prenášané pomocou zvarovaných oceľových deviátorov. Medzi hlavné prednosti tohto návrhu patrí najmä jeho nekonvenčnosť a estetická hodnota. V neposlednom rade môžeme v porovnaní s ostatnými variantmi predpokladať aj nižšie ekonomické náklady, keďže konštrukcia je menej náročná na množstvo spotrebovaného materiálu ako variant B.

2.1.2 Variant B – Lávka ako spojitý nosník

Lávka je navrhovaná ako spojitá predpätá doska o 3 poliach, podporovaná medziľahlými piliermi na samostatných základoch. Piliere ležia bezprostredne na okraji koryta rieky. Konštrukcia je síce jednoduchšia z hľadiska statickej analýzy a návrhu, nie je však esteticky ničím zvláštna ani výnimočná. Pri tomto variante môžeme predpokladať najväčší zásah do okolia práve z dôvodu výstavby pilierov. Z rovnakého dôvodu je očakávaná aj najvyššia cena z ohľadom na množstvo spotrebovaného materiálu.

2.1.3 Variant C – Oblúková lávka

Hlavným nosným prvkom je oceľový parabolický oblúk, ktorý prostredníctvom závesov vynáša betónovú mostovku. Zásah do okolitého prostredia je tak isto menší ako pri variante B a oblúk pôsobí veľmi elegantne a esteticky.

2.2 Výber variantu premostenia

Vybraným variantom, ktorý bude ďalej podrobne spracovávaný je variant premostenia A. Jeho výhody boli už objasnené, je nutné ale dodať, že z uvedených možností sa jedná o pravdepodobne najnáročnejšiu konštrukciu z hľadiska statickej analýzy, a to z dôvodu jej nekonvenčnosti a použitia externých predpínacích káblov.

3 Základné technické a identifikačné údaje

Názov stavby	Lávka pre peších podporovaná káblami
Katastrálne územie	Žilina
Kraj	Žilinský
Štát	Slovensko
Zadávatel'	Slovenská správa ciest
Projektant	Andrea Tichavská
Dĺžka lávky	41,760 m
Dĺžka premostenia	32,300 m
Dĺžka nosnej konštrukcie	34,400 m
Šírka nosnej konštrukcie	4,450 m

Voľná šírka lávky	3,600 m
Pozdĺžny sklon	0%
Priečny sklon	2%

4 Návrh geometrie konštrukcie

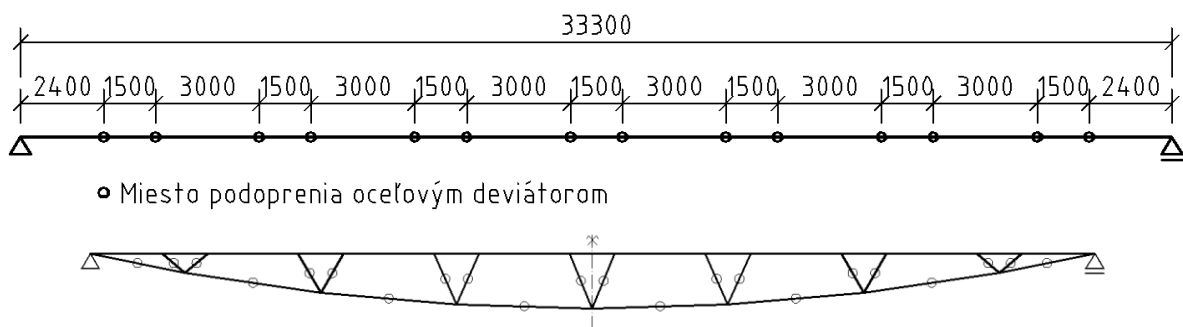
Prvým a základným krokom je voľba optimálnej geometrie pri navrhnutom rozpätí mostu. Je potrebné navrhnuť vhodný prierez mostovky, tvar oceľových vzpier a ich výšku, ktorá udáva vzopätie predpínacieho kábla.

4.1 Návrh prierezu

Návrh prierezu vyšiel hlavne z požadovanej voľnej šírky lávky, ktorá je 3,6m. Strednú časť tvorí doska, ktorá formou nábehu na krajoch prechádza do akýchsi „trámov“. Samozrejme, že prierez prešiel sériou viacerých úprav hlavne podľa výsledkov posúdenia na medzný stav použiteľnosti. V dôsledku nevyhovujúcej podmienky na stav dekompresie pre častú kombináciu bola plocha zväčšovaná, hlavne formou zvyšovania trámov. Dimenzie prierezu sú zrejmé z výkresovej dokumentácie a statického výpočtu.

4.2 Statická schéma a model konštrukcie

Konštrukciu bola pre návrh geometrie výšky oceľových vzpier a predpínacej sily modelovaná pomocou 1D modelu, teda s využitím prúťových prvkov. Model bol vytvorený s využitím programu SCIA engineer. Statická schéma konštrukcie je na obrázku 1. Miesta podoprenia oceľovými deviátormi boli volené s ohľadom na rozpätie mostu.



Obrázok 1: Statická schéma konštrukcie

4.2.1 Materiály a prierezy použité v modeli

Mostovka a oceľové vzpery sú modelované z betónu C45/55 a lano je modelované z ocele, ktorej bol zadaný modul pružnosti 195GPa. Prierezy sú podrobne popísané v statickom výpočte. Pri návrhu bol prierez mostovky uvažovaný ako plný betónový prierez. Oceľové vzpery boli zadávané ako prierezy z betónu, ktoré prenášajú iba osovú silu, pretože pre návrh predpätia a geometrie neboli v tejto fáze smerodajné ohybové momenty, ktoré v stojkách vznikajú. Zároveň sa tým podarilo ošetriť aj problém v uzle, kde sa stýkalo lano a stojka a reálne tam nastáva

preklz lana. Druhý spôsob, akým sa dá vyriešiť uvoľnenie posunu lana, je zadanie kĺbu posuvnom v smere osi lana, výsledky však boli totožné.

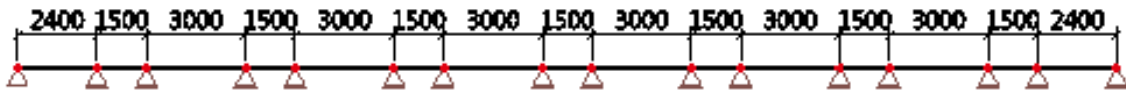
Externý predpínací kábel nie je možné v software SCIA Engineer vymodelovať pomocou klasických funkcií predpínacej výstuže. Lano je preto riešené ako prút prenášajúci iba osovú silu, ktorému je pevne zadané skrátenie odpovedajúce potrebnému predpínaciemu napätiu. Výpočet odpovedajúceho skrátenia je popísaný bližšie v statickom výpočte.

4.2.2 Pôsobiacie zaťaženia

Vo výpočte budú zahrnuté len zvislé zaťaženia. Konkrétne sú to stále zložky reprezentované vlastnou tiažou konštrukcie a mostným zariadením a premenné nahodilé zaťaženie od chodcov reprezentované plošným rovnomerným zaťažením $4kN/m^2$, keďže na lávke nie je požadovaný model zaťaženia davom ľudí LM4. Vjazd obslužného vozidla a sústredné zaťaženie na lávke nebude uvažovaný. Zaťažovacie stavy a ich kombinácie sú podrobne rozpísané v statickom výpočte.

4.2.3 Hľadanie výšky stojok a návrh predpätia v externých kábloch

Kľúčové pre návrh predpätia je určenie výšky stojok, ktoré určujú trasovanie externého kábla. V prvej fáze bola venovaná pozornosť určeniu sily len v externých kábloch, prípadné ďalšie predpätie káblov v mostovke bude dopyčítavané až následne ručne. Počiatočnou snahou je navrhnuť externé predpätie tak, aby v miestach stojok vychádzali deformácie blízke nule, teda budú vyrovnané účinky vlastnej tiaže. Pre výpočet bude použitý pomocný model spojitého nosníku na obrázku 2, ktorého podpory budú umiestnené práve v miestach ocelových vzpier.



Obrázok 2: Reakcie na spojitem nosníku

Aby bolo možné určiť predpínaciu silu a geometriu deviátorov, použijú sa veľkosti reakcií v podporách od stáleho zaťaženia, ktoré reprezentuje vypočítaná vlastná tiaž. Tá nebude generovaná programom, ale bude v modeloch vždy zadávaná ručne ako zaťažovací stav. Toto riešenie je opodstatnené, pretože v prípade generovania vlastnej tiaže by program zahrnul aj hmotnosť ocelových vzpier modelovaných ako prierezy z betónu.

Vertikálne zložky predpínacej sily v bodoch polygónu potom položíme rovné reakciám na spojitem nosníku. Výšky vzpier boli iterované pomocou programu MS excel v závislosti na veľkosti zvolenej vodorovnej zložky predpínacej sily P_H . Postup a vzťahy sú detailne rozpísané v statickom výpočte.

Výsledné výšky stojok s_i (rozmery vid' statický výpočet) v statickej schéme boli určené nasledovne:

- $s_1 = 0,632m$
- $s_2 = 1,281m$
- $s_3 = 1,670m$

- $s_4 = 1,800m$

Veľkosť vodorovnej zložky predpínacej sily, s pomocou ktorej bola určená geometria je $P_H = 2597kN$. Následne boli dopočítané zodpovedajúce dĺžky úsekov kábla a sily v jednotlivých úsekoch. Tie budú ďalej využité pri určení skrátene lana a ich pomer zostane zachovaný.

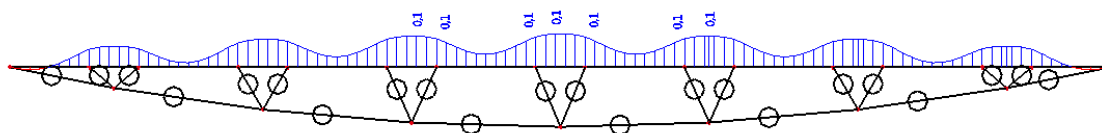
4.2.4 Výpočet a zadávanie skrátene

Pre potreby modelu konštrukcie boli dopočítané zodpovedajúce napätia v úsekoch lana a ďalej požadovaná hodnota skrátene z Hookovho zákona. Hodnoty skrátene zadané v programe sa však nezhodujú presne s tými vypočítanými. Po zobrazení výsledkov od vypočítaných hodnôt deformácie neboli nulové, ale bol zaznamenaný priehyb rádovo v desatinách milimetrov a normálové sily v lane a mostovke sa nezhodovali s hodnotami, ktoré je potrebné dosiahnuť. Príčinou tohto problému je deformácia mostovky, ktorá znižuje veľkosť normálových síl. Hodnoty skrátene boli preto vyhľadávané iteratívne, pričom bol zachovávaný ich vzájomný pomer.

4.3 Konečný návrh predpínacej sily v externých kábloch

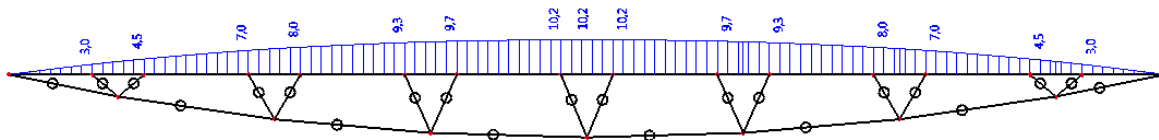
Podrobné výsledky od kombinácie CO0 sú obsiahnuté v statickom výpočte, v tejto časti budú niektoré z nich bližšie popísané a zdôvodnené.

Keďže veľkosti reakcií na spojitom nosníku hlavne v krajných poliach kolíšu a vyrovnávajú sa až vo vnútorných poliach, hodnoty ohybových momentov po vyrovnaní na konštrukcii sa úplne nezhodujú s priebehom na spojitom nosníku. Práve v krajných poliach nie je možné ich úplne vyrovnať. Rovnako deformácie nie sú v mieste stojok úplne nulové, ale konštrukcia sa deformuje smerom nahor, čo je zrejme z obrázku 3.

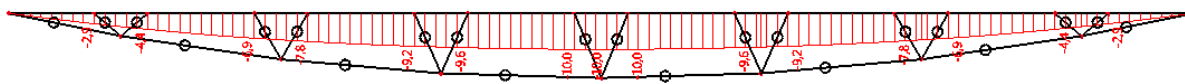


Obrázok 3: Deformácie od vlastnej tiaže a predpätia

Pri návrhu je však potrebné uvažovať aj nad stratami predpätia, ktoré v čase t_∞ pre účely štúdie odhadujem na 10%. Po stratách by deformácia od stálych zložiek bola cca 20mm. Preto bola konečná predpínacia sila $P_{m0,1}$ navrhnutá tak, aby bola deformácia rovnomerne rozdelená, čo je patrné z obrázku 4 a obrázku 5. Konečná veľkosť navrhutej predpínacej sily v externom kábli je preto $P_{m0,1} = 2730,5kN$. Pri určovaní počtu káblov je nutné zdôrazniť, že v externých kábloch bolo maximálne predpínacie napätie znížené z dôvodu väčšej náchylnosti voči vplyvom vonkajšieho prostredia.

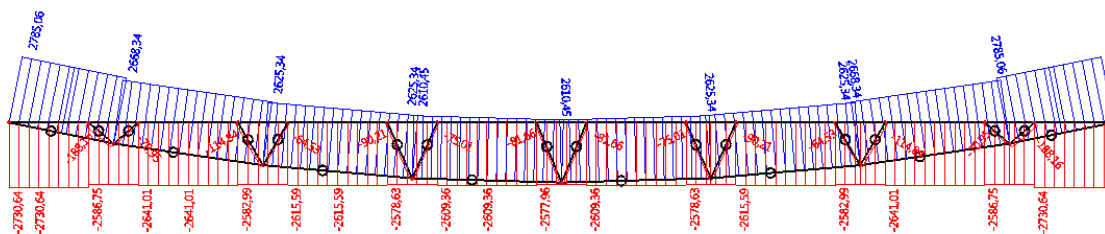


Obrázok 4: Deformácie v čase t_0



Obrázok 5: Deformácie v čase t_∞

Na obrázku 6 je viditeľný priebeh normálových síl, na ktorom sa normálová sila po dĺžke mostovky mení. Zmeny sú vyvolané vodorovnými zložkami síl v stojkách, ktoré však môžeme zanedbať, pretože reálne budú konce deviátorov medzi sebou v úrovni mostovky spojené oceľovými profilmi.



Obrázok 6: Priebeh normálových síl

4.4 Návrh predpätia v kábloch v mostovke

Keďže predpätie v externom kábli nevnáša dostatočnú tlakovú rezervu voči pôsobeniu premenného zaťaženia chodcami, je nutné vniesť väčšie predpätie pomocou predpínacieho kábla so súdržnosťou zavedeného priamo v mostovke trasovaného v strednici prierezu. Návrh bol realizovaný pomocou podmienok pre obmedzenie napätí pre medzný stav použiteľnosti, pričom určujúcou bola podmienka pre stav dekompresie v čase t_∞ . Veľkosť predpínacej sily bola navrhnutá $P_{m0,2} = 7752 \text{ kN}$. Postup návrhu nie je uvedený v statickom výpočte, posúdenie je postačujúce. Do modelu nebolo možné zadať zaťaženie od normálovej sily z toho dôvodu, že lano je v modeli definované ako prvok, ktorý prenáša osovú silu, teda aj tlak. Program by preto vykazoval nezmyselné výsledky. Ak by sme trvali na tom, že chceme silu modelovať v programe pomocou ekvivalentu, museli by sme využiť nelineárny výpočet. Je ale známe, že $P_{m0,2}$ nevyvodzuje ohybový moment, pretože kábel je vedený v strednici prierezu. Normálové napätie vzniká len od účinkov normálovej a do určenia konečných napätí v betóne je zavedené len ručným výpočtom podľa pružnosti ako $\sigma = N / A$.

5 Posúdenie v pozdĺžnom smere

5.1 Vnútorne sily od kombinácií zaťaženií

Z kombinácií zaťaženií bližšie popísaných v statickom výpočte boli odčítané hodnoty momentov. Pri premennom zaťaženií sa ukázala ako rozhodujúca vždy kombinácia so zaťažením aplikovaným po celej dĺžke mostu, nie len na polovici. Konštrukcia bola vždy posúdená v priereze, v ktorom nastal extrém od danej kombinácie. Pre medzný stav únosnosti bola rozhodujúca vždy rovnica 6.10b

5.2 Medzný stav použiteľnosti

Konštrukcia v medznom stave bola posudzovaná na podmienky pre obmedzenie napätí a na obmedzenie šírky trhlín. Napätia v betóne sú určené pomocou nasledujúceho vzťahu podľa pružnosti pre normálové napätie:

$$\sigma_c = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

Využitie prierezové charakteristiky boli určené pre oslabený betónový prierez. Pri výpočte návrhových hodnôt $P_{k0,1}$ a $P_{k0,2}$ bol použitý súčiniteľ $r=0$, pretože je predpokladané dôkladné meranie predpínacích síl a napätí v betóne počas predpínania. Pri výpočte napätí v kritických prierezoch nevznikli od kombinácií pre medzný stav použiteľnosti trhliny v betóne, preto môžeme stále počítať pružné rozdelenie napätí po výške prierezu.

5.2.1 Podmienky obmedzenia napätia

Konštrukcia bola posúdená a vyhovela na podmienky obmedzenia napätia.

- V čase t_∞ charakteristická kombinácia: $\sigma_c \geq 0,6f_{ck}$
- V čase t_∞ kvazistála kombinácia: $\sigma_c \geq 0,45f_{ck}$
- V čase t_0 charakteristická kombinácia (odpovedá v tomto prípade kvazistálej): $\sigma_c \geq 0,6f_{ck}$, $\sigma_c \leq f_{ctm}$

kde f_{ck} je valcová pevnosť betónu v tlaku.

5.2.2 Obmedzenie šírky trhlín

Konštrukcia vyhovuje, pretože je v čase t_∞ splnená podmienka pre stav dekompresie: $\sigma_c \leq 0$.

5.3 Medzný stav únosnosti

5.3.1 Posúdenie na ohybový moment

Posúdenie na medzný stav únosnosti je v prípade externých káblov odlišné od klasického posudku. Pri posúdení sa v konštrukcii nepočíta základné napätie v priereze, ale predpokladá sa, že $\Delta\sigma_p = 100MPa$, na základe čoho sa určí výška tlačenej oblasti z podmienky pre rovnováhu síl. Pre návrh predpätia je však smerodajný práve medzný stav použiteľnosti, preto bol prierez posúdený až

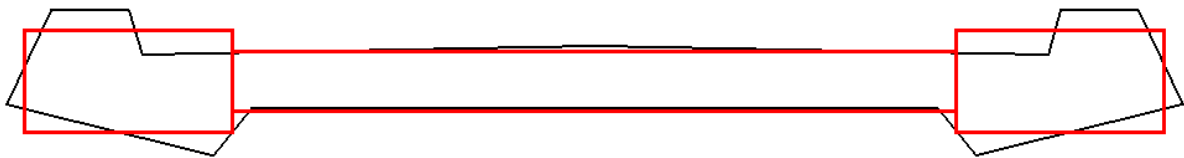
následne. Dimenzovanie nosnej betonárskej výstuže na ohybový moment nie je nutné, postačuje konštrukčná výstuž.

5.3.2 Posúdenie na medzu porušenia posúvajúcou silou

Pre posudok na šmyk je potrebné rozhodnúť zónu vzniku trhlín v medznom stave použiteľnosti a na základe toho posudzovať. Pri určení napätí bol použitý priebeh napätí po dĺžke mostovky vypočítaný v SCIA Engineer. Keďže ten nezahŕňa napätie od predpínacích káblov v mostovke, to je do priebehu vnesené ručne. Medzi rezmi, v ktorých boli hodnoty vynášané, je napätie zjednodušene iterované lineárne a miesta ohraničujúce zónu trhlín určené graficky. Ďalej je posúdenie únosnosti prvkov bez šmykovej výstuže v jednom reze pre trhlinami porušený a v jednom reze pre trhlinami neporušený prierez. Z posudku vyplýva, že pre prvok nie je nutný návrh šmykovej výstuže a strmienky postačia konštrukčne.

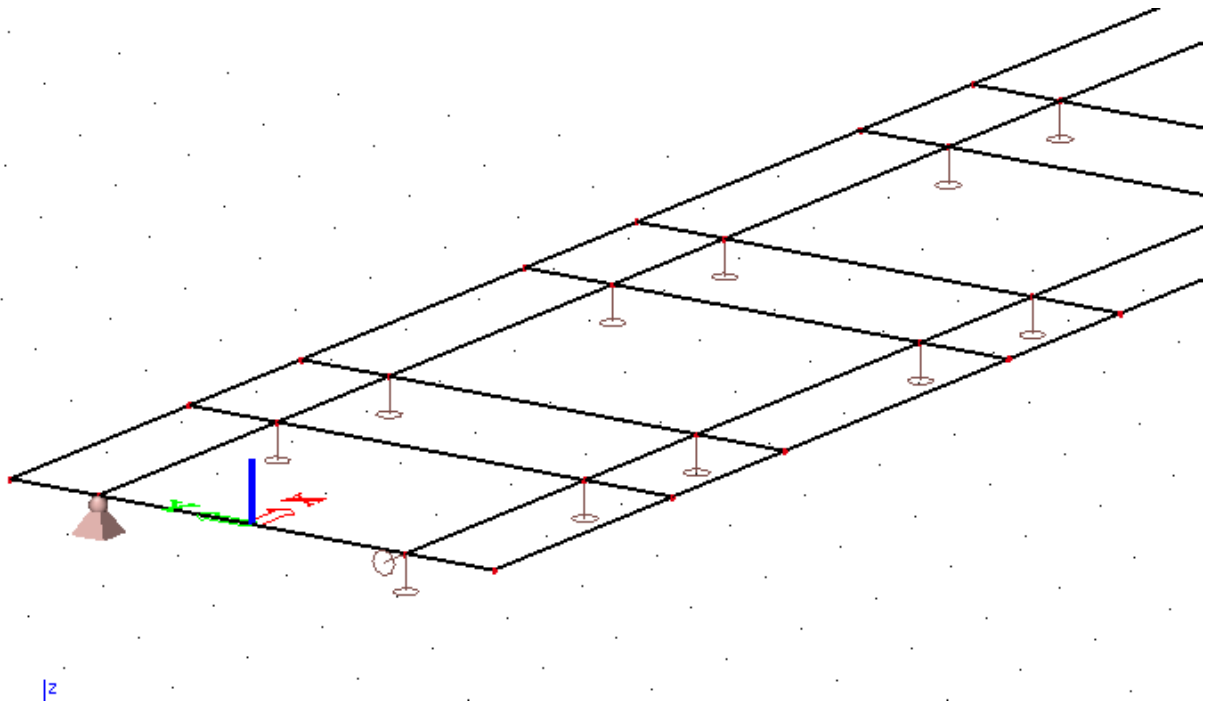
6 Konštrukcia v priečnom smere

Pre návrh výstuže v priečnom smere bol použitý 2D model. Prierez bol zjednodušený na rovnoplochý prierez pomocou obdĺžnikov podľa obrázka 7.



Obrázok 7: Rovnoplochý prierez

Na obrázku 8 je axonometrický pohľad na časť modelu. Doska bola na jednom konci podpretá jednou pevnou podporou, jednou podporou voľnou v smere y, na opačnom konci podporou voľnou v smere x a podporou voľnou v smere x a y. Pootočeniu v podporách nie je bránené. V mieste podoprenia konštrukcie oceľovými deviatormi boli modelované podpory zamedzujúce len posun v smere osi z. Pri presnejšom výpočte by bolo možné podpory zadať aj ako pružné.



Obrázok 8: Axonometrický pohľad na 2D model

Model bol zaťažený len vlastnou tiažou mostovky a plným nahodilým zaťažením. Prierez bol posudzovaný na dimenzačné momenty M_{yD}^- . Vzhľadom na veľkú pevnosť betónu a nízke momenty postačí výstuž v priečnom smere podľa konštrukčných zásad pre dosky, konkrétne $\Phi 12/300mm$ pri hornom aj spodnom okraji.

7 Oceľové deviátory

Návrh oceľových prvkov vynášajúcich predpätie bol pomerne náročnou priestorovou úlohou, hlavne čo sa týka ich geometrie. Prvky boli posudzované v programe SCIA engineer len na kombináciu vzperného tlaku a ohybu, ktorý bude pre ich únosnosť rozhodujúci. Pre zistenie síl a momentov od zaťaženia bol vytvorený nový priestorový model, ktorý je bližšie priblížený v statickom výpočte. Pri ďalšom postupe by bolo potrebné posúdiť spriahnuté spoje, spoje v rámci konštrukcie a ťah v rámci prvku.

Záver

V práci sa úspešne podarilo navrhnuť vyhovujúcu geometriu nosnej konštrukcie a veľkosť predpínacích síl. Konštrukcia je vyhovujúca pre medzné stavy únosnosti a použiteľnosti. Bakalárska práca sa mimo funkčnosti zamerala aj na estetickú podobu stavby.

Hlavný dôraz bakalárskej práce bol kladený hlavne na návrh tvaru a predpätia. Napriek tomu, že niektoré predpoklady boli zjednodušené, lávka by bola reálne funkčná a realizovateľná. Návrh komplikoval fakt, že most nie je celkom typizovaný a nejedná sa o konštrukciu s dobre známymi dimenzačnými postupmi.

V ďalšej fáze výpočtov by bolo nutné zohľadniť, technológiu realizácie výstavby – fázovanú výstavbu – a zároveň vykonať podrobnú dynamickú analýzu lávky. Netreba tiež zabudnúť na podrobnejšie skúmanie spriahnutých spojov oceľ – betón a tiež posúdenie kotevnej oblasti. Pri ďalšej práci odporúčam použiť podrobnejší výpočtový model a zahrnúť vodorovné zaťaženia a zaťaženia teplotou.

Zoznam použitých zdrojov

- [1] ČSN EN 1991-2 Zatížení mostů dopravou
- [2] ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – obecná pravidla
- [3] ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí – Betonové mosty

Zoznam príloh

- 1B – Použité podklady
- 2B – Varianty premostenia
- 3B – Podrobné výkresy vybraného variantu
- 4B – Statický výpočet
- 5B – Vyzualizácia