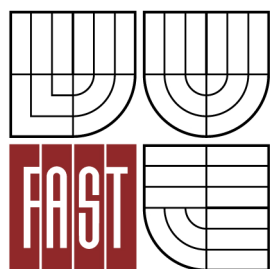




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

# **MOST NA PŘELOŽCE SILNICE I/57 PŘES MÍSTNÍ POTOK**

THE BRIDGE ON THE RELOCATION OF ROAD I/57 OVER A LOCAL BROOK

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. JAN FOJTŮ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. RADIM NEČAS, Ph.D.**

BRNO 2015



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Jan Fojtů
<b>Název</b>	Most na přeložce silnice I/57 přes místní potok
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Radim Nečas, Ph.D.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2014
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	16. 1. 2015
V Brně dne 31. 3. 2014	

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

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry.

Základní normy:

ČSN 736201 Projektování mostních objektů.

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.

## **Zásady pro vypracování**

Pro zadaný problém navrhnete dvě až tři varianty řešení a zhodnoťte je.

Ve výběru varianty se zaměřte na deskovou nebo trémovou spojitou mostní konstrukci.

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu proveďte podle mezních stavů včetně řešení vlivu výstavby mostu na jeho návrh.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy (přehledné, podrobné a detaily v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

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

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

## **Předepsané přílohy**

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

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

## ABSTRAKT

Tématem práce je bezpečný a hospodárný návrh nosné konstrukce mostu proměnného průřezu v souladu se všemi platnými normami a předpisy. Konstrukce je posouzena dle mezních stavů. Řešení zahrnuje časovou analýzu konstrukce s vlivem postupné výstavby.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Most, předpjatý beton, spojitý nosník, jednostrán, časově závislá analýza, mezní stav použitelnosti, mezní stav únosnosti.

## ABSTRACT

The topic of this thesis is a safe and economical design of a bearing bridge structure with a variable cross-section according to all valid regulations and standards. The structure is reviewed by limit states. The solution includes time-dependent analysis of the structure with the influence of progressive construction.

## KEYWORDS

Bridge, prestressed concrete, continuous beam, spine girder, time-dependent analysis, serviceability limit state, ultimate limit state.

### **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Jan Fojtů *Most na přeložce silnice I/57 přes místní potok*. Brno, 2015. 33 s., 203 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Radim Nečas, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16.1.2015

.....  
podpis autora  
Bc. Jan Fojtů

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Radimu Nečasovi, Ph.D. za odborné vedení při průběhu zpracování, cenné rady a myšlenky, ochotu a trpělivost.



## OBSAH

Úvod.....	9
1. Varianty typu mostu .....	10
1.1 Varianta A .....	11
1.1 Varianta B .....	12
1.1 Varianta C .....	13
2. Návrh mostu .....	14
2.1 Šířkové uspořádání .....	14
2.2 Rozměry nosná konstrukce .....	15
2.3 Mostní svršek .....	15
2.4 Spodní stavba .....	16
3. Zatížení.....	17
3.1 Zatížení stálé .....	17
3.2 Zatížení nahodilé .....	17
3.2.1 Při montáži .....	17
3.2.2 Dopravou .....	17
3.2.3 Sestavy zatížení .....	19
4. Model.....	20
4.1 Prutový model .....	20
4.2 Deskový model .....	20
5. Podélný směr .....	21
5.1 Varianta betonáže v jednom záběru .....	21
5.2 Varianta postupné betonáže po polích 1 .....	22
5.3 Varianta postupné betonáže po polích 2 .....	22
5.4 Mezní stav použitelnosti .....	24
5.5 Mezní stav únosnosti – ohyb .....	25
5.6 Mezní stav únosnosti – smyk a kroucení .....	25
6. Příčný směr .....	27
7. Příčníky.....	28
8. Závěr.....	29
9. Seznam použité literatury .....	30
10. Seznam obrázků .....	31
11. Seznam tabulek .....	32
12. Seznam příloh .....	33

## ÚVOD

Navrhovaný most překlenuje údolí, ve kterém se nachází Gručovický potok a dále stávající silnice I/57. Převáděná komunikace je kategorie S11,5/80. Z této vyplývá prostorové uspořádání mostu.

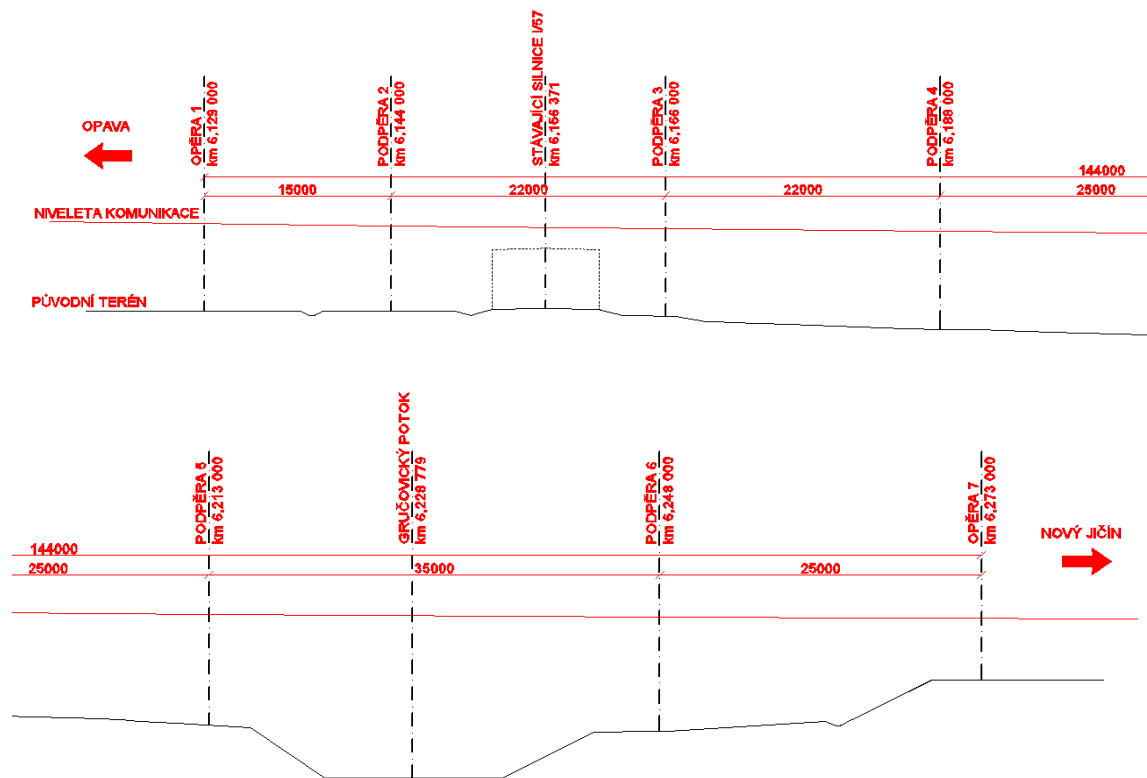
Jsou navrženy 3 varianty možného typu konstrukce, z nichž je vybrána varianta jednotrámové dodatečně předepnuté konstrukce o šesti polích s proměnnou výškou nosné konstrukce. Most je zatížen modely zatížení dle ČSN EN 1991 – 2: Zatížení mostů dopravou.

Výpočetní modely jsou vytvořeny v programu Scia Engineer 2013. Návrh předpětí a posouzení konstrukce je provedeno v souladu s ČSN EN 1992 – 1 a s podklady firmy VSL, VSL European Technical Approval.

## 1 VARIANTY TYPU MOSTU

Jsou navrženy 3 varianty typů mostů. Blíže jsou specifikovány v příloze P1 Varianty řešení.

Všechny varianty jsou tvořeny spojitým nosníkem s rozpětím polí 15,0 – 22,0 – 22,0 – 25,0 – 25,0m.

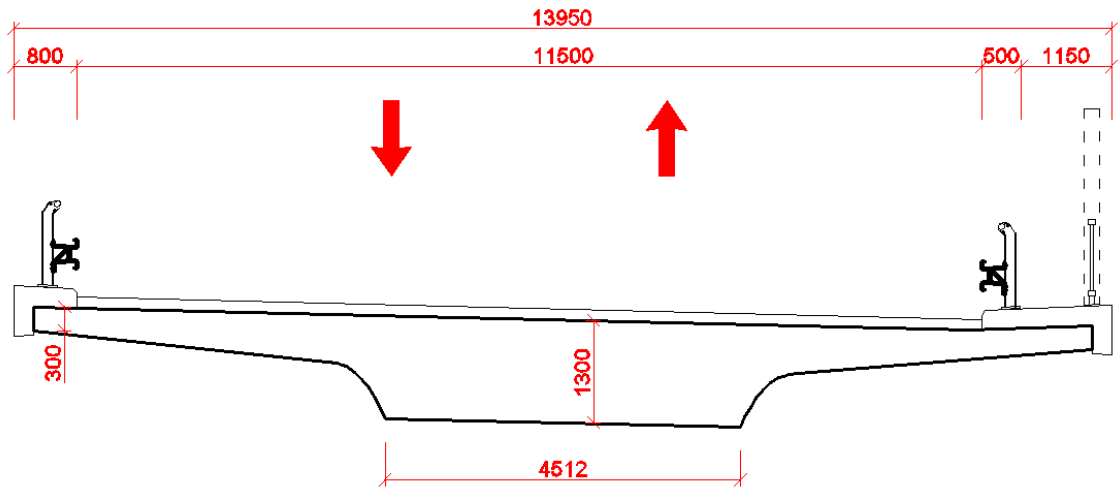


Obr.1 Schéma – pojmenování podpěr

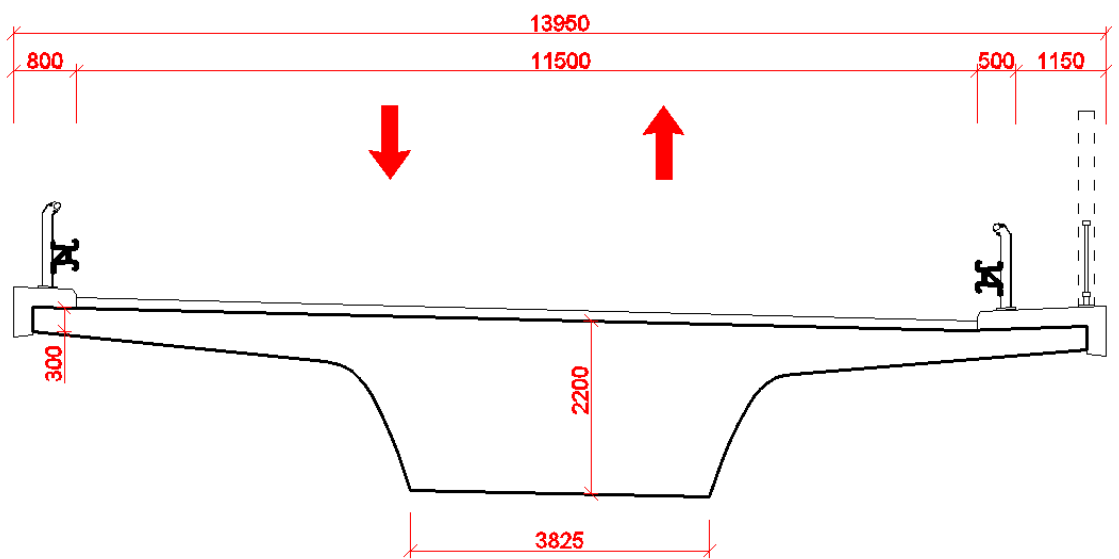
## 1.1 Varianta A

Nosná konstrukce varianty A je tvořena jednostránem s proměnným průřezem. Výška nosné konstrukce se mění parabolickými náběhy nad podpěrami 5 a 6 z 1,3m na 2,2m.

Tato varianta je vybrána k podrobnému zpracování.



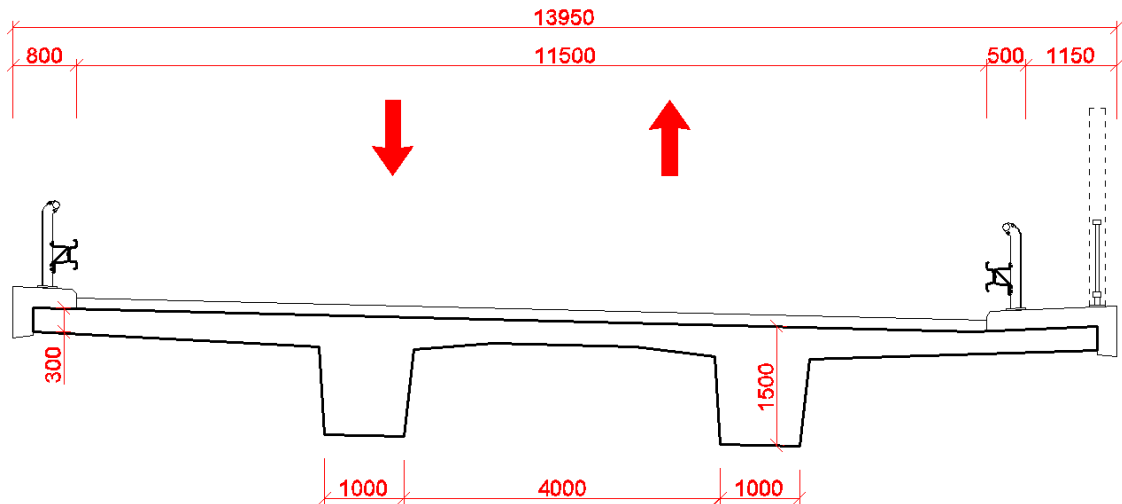
Obr.2 Příčný řez 1 – Varianta A



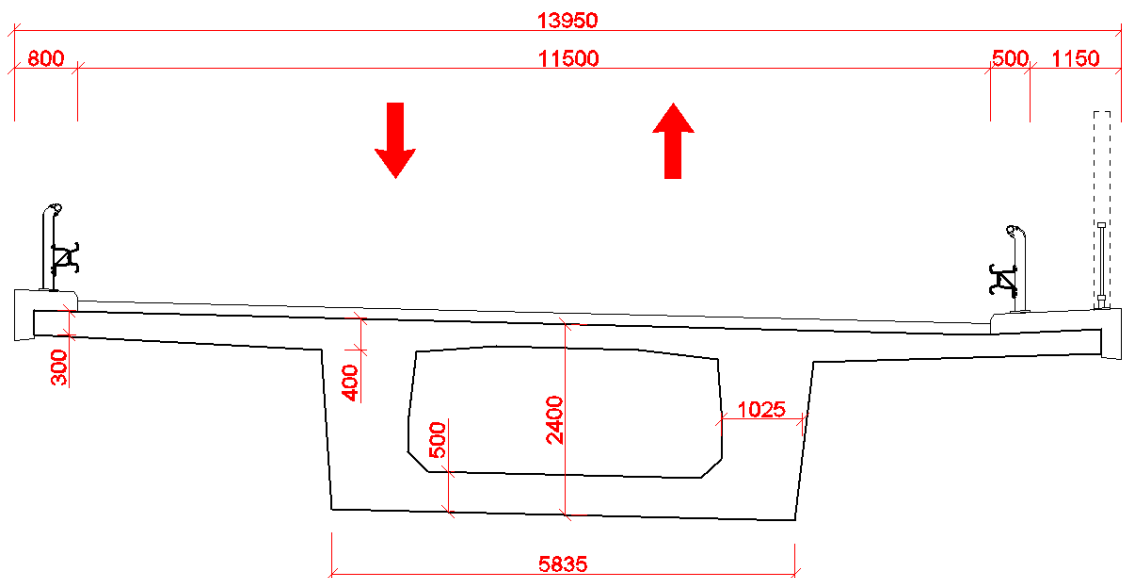
Obr.3 Příčný řez 2 – Varianta A

## 1.2 Varianta B

Nosnou konstrukci varianty B tvoří dvoutrám taktěž proměnného průřezu. Trámy jsou spojeny deskou mostovky vytvářející dva průřezy tvaru T, ke kterým je nad podpěrami 5 a 6 přidána i dolní deska, čímž vznikne komorový průřez. Výška se mění z 1,5m na 2,4m.



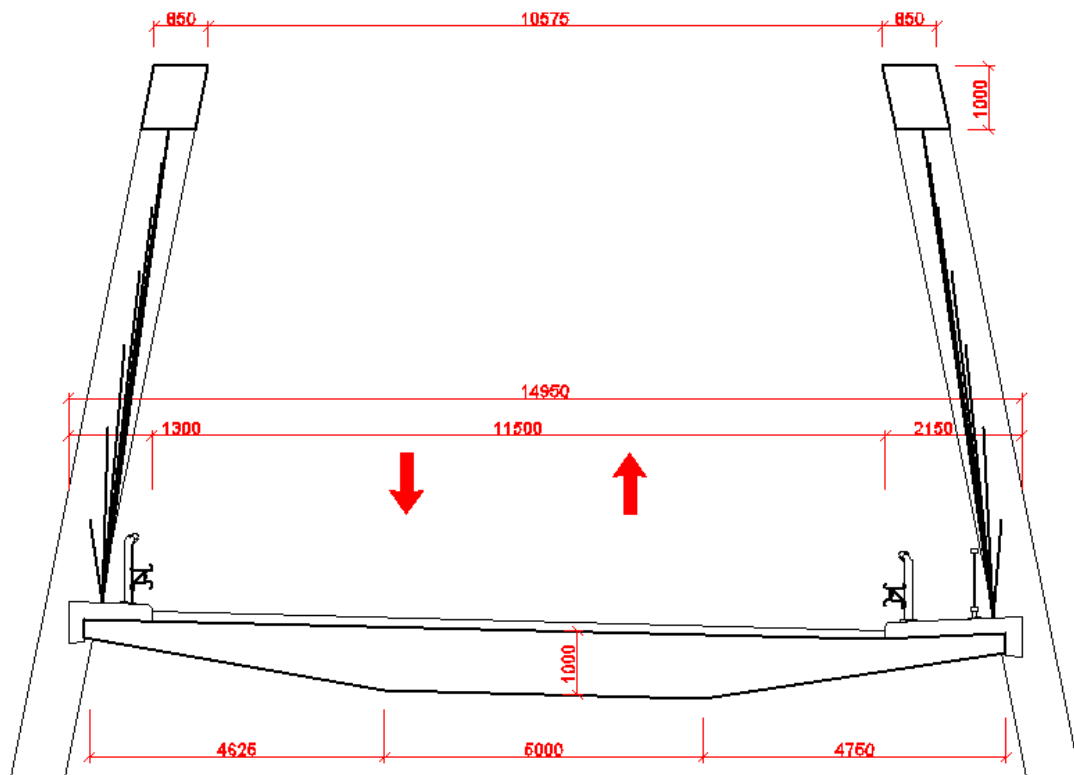
Obr.4 Příčný řez 1 – Varianta B



Obr.5 Příčný řez 2 – Varianta B

### 1.3 Varianta C

Nosnou konstrukci varianty C tvoří betonová deska po délce konstantního průřezu, která je v poli s největším rozpětím podporována obloukem. Oblouk je z ocelobetonového průřezu, mostovka je zavěšena na ocelových závěsech.



Obr.6 Příčný řez - Varianta C

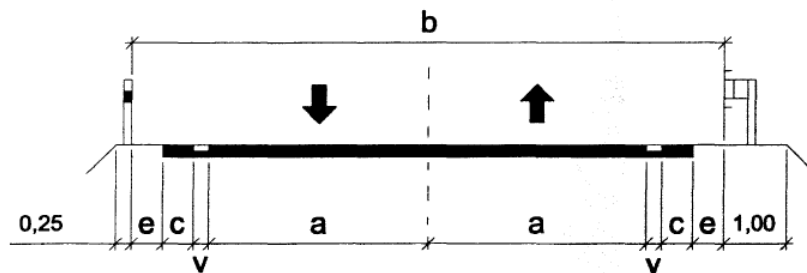
## 2 NÁVRH MOSTU

### 2.1 Šířkové uspořádání

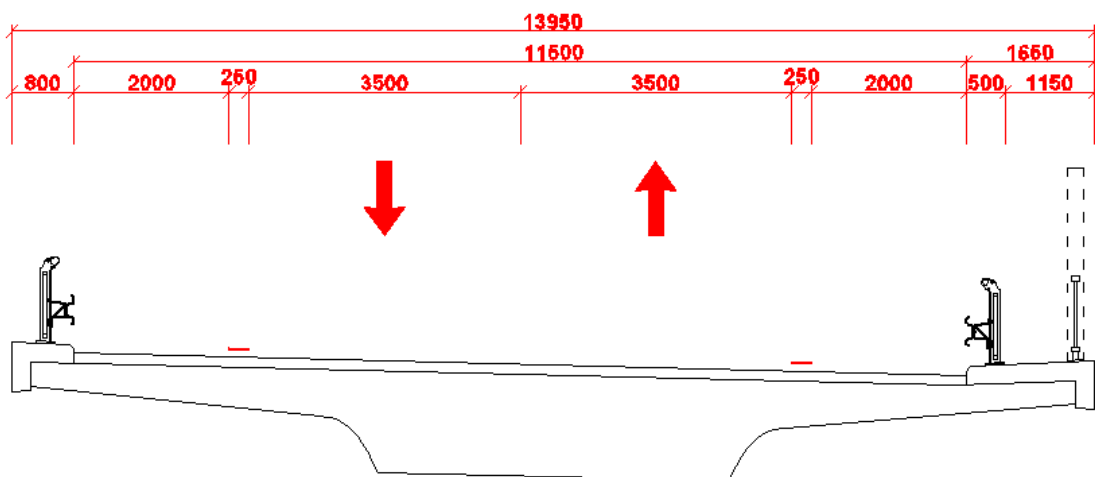
Kategorie převáděné silnice je S11,5/80, z čehož vyplývá šířkové uspořádání mostu. Šířka jízdních pruhů, vodících proužků a zpevněné části krajnice je stejná jako v přilehlém úseku pozemní komunikace [1].

Návrhová kategorie			Šířka v m			
písmenný znak	b m	návrhová rychlost km/h	a <sup>*)</sup>	v	c	e
S	6,5 <sup>*)</sup>	60; 50	2,75	0,00	0,00	0,50
S	7,5	70; 60; 50	3,00	0,25	0,00	0,50
S	9,5	80; 70; 60	3,50	0,25	0,50	0,50
S	11,5	90; 80; 70	3,50	0,25	1,50	0,50

<sup>\*)</sup> Základní hodnota bez rozšíření ve směrovém oblouku.  
<sup>\*\*)</sup> Navrhuje se při intenzitě silničního provozu do 1000 voz /24 h.



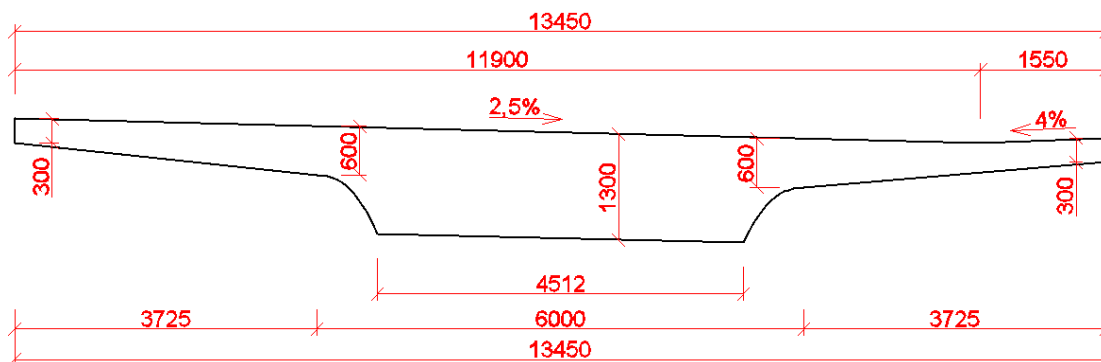
Tab.1 Návrhové kategorie dvoupruhových silnic



Obr.7 Šířkové uspořádání mostu

Na pravé římse je ponechána prostorová rezerva pro osazení protihlukové stěny. Tento prostor může být v případě návržení zábradlí užíván coby nouzový chodník o šířce 0,85m.

## 2.2 Rozměry nosné konstrukce



Obr.8 Rozměry nosné konstrukce v poli 3

## 2.3 Mostní svršek

### Vozovkové souvrství

Konstrukce vozovkového souvrství je navržena jako netuhá v celkové tloušťce 140mm.

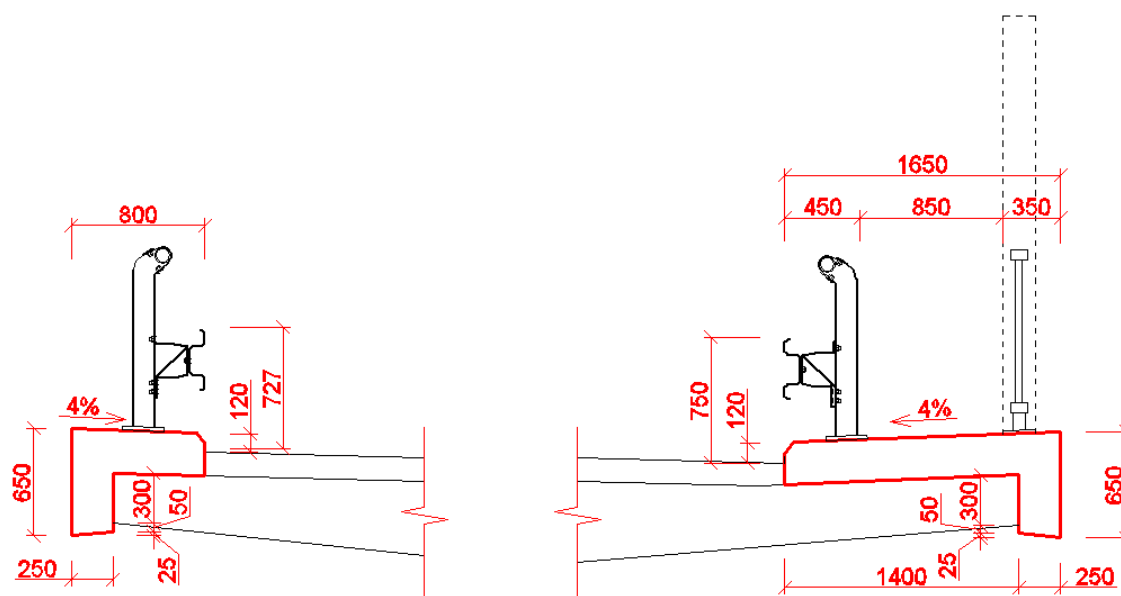
asfaltový koberec mastixový	SMA 11	40mm
asfaltový beton hrubý	ACL16	60mm
litý asfaltu	MA11 I	35mm
izolace		5mm
pečetící vrstva z epoxidové pryskyřice		

**celkem** **140mm**

### Mostní římsy

Jsou navrženy monolitické mostní římsy z betonu C 30/37 – XF4, které přesahují přes nosnou konstrukci o 250mm.





Obr.9 Detail uspořádání říms

### Záchytná zařízení

Na mostě jsou navržena po obou stranách komunikace svodidla ZSNH4/H2 se sloupky umístěnými po 2,0m. U nouzového chodníku je navrženo ocelové mostní zábradlí výšky 1,1m.

### 2.4 Spodní stavba mostu

Vzhledem ke geologickým poměrům v místě stavby, je založení mostu řešeno jako hlubinné. Jsou navrženy velkopřůměrové vrtané piloty opřené do únosné vrstvy podloží. Na hlavách pilot jsou zhotoveny patky, do kterých jsou vetknuty podpěry, resp. opěry.

	patka (šxdxv)[m]	délka pilot [m]	počet pilot
Opěra 1	13.45x3.65x1.0	20.0	7
Podpěra 2	5.8x4.0x1.5	14.0	6
Podpěra 3	5.8x4.0x1.5	15.5	6
Podpěra 4	5.8x4.0x1.5	15.5	6
Podpěra 5	7.3x4.0x1.5	15.5	8
Podpěra 6	7.3x4.0x1.5	15.5	8
Opěra 7	13.45x3.65x1.0	21.0	7

Tab.2 Přehled základů

## 3 ZATÍŽENÍ

### 3.1 Zatížení stálé

Je uvažována vlastní tíha a ostatní stálé (tíha říms, záchytných zařízení, vozovky, je uvažována tíha protihlukové stěny  $3\text{kNm}^{-1}$ ) Tíha mostovky je zvětšena o součinitel  $\gamma_{\text{sup}}=1,4$  viz kapitola 4.1 přílohy P4 Statický výpočet.

### 3.2 Zatížení nahodilá

#### 3.2.1 Při montáži

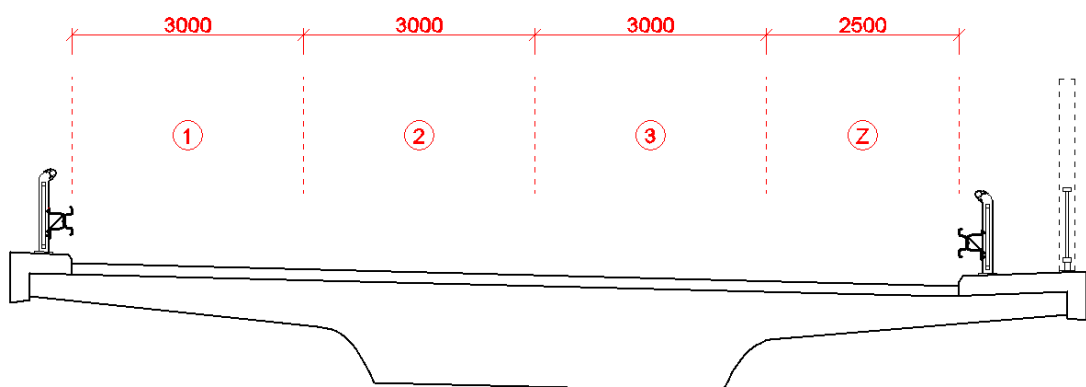
Je uvažováno rovnoměrné spojitě zatížení o intenzitě  $0,5\text{kNm}^{-2}$  [8]. Odlehčujících účinků zatížení se nedbá - zatížení je umístěno na konstrukci tak aby vyvolávalo co možná nejnepříznivější účinky (dle příčinkových čar na spojitěm nosníku).

#### 3.2.2 Dopravou

Pro určení celkových a lokálních účinků jsou uvažovány modely zatížení LM1 a LM3 [2].

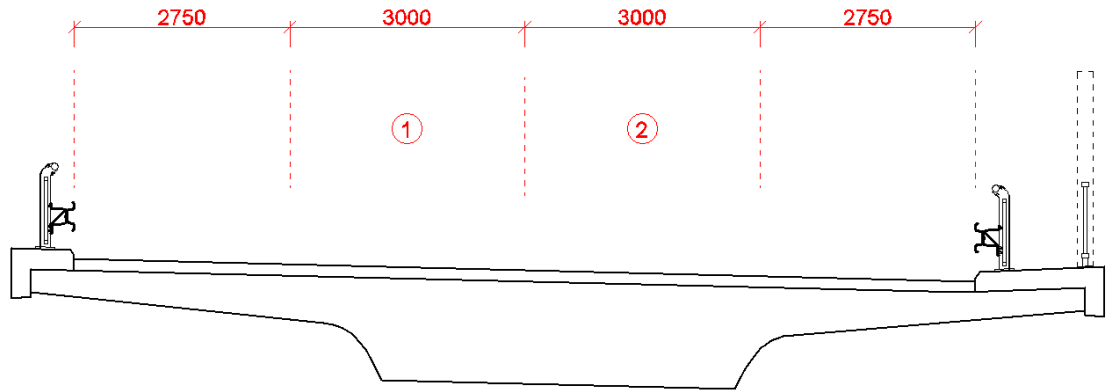
#### Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

Pro deskový model jsou zkoumány různé kombinace rozmístění zatěžovacích pruhů, uvedena je pouze kombinace vyvolávající nejnepříznivější účinky.



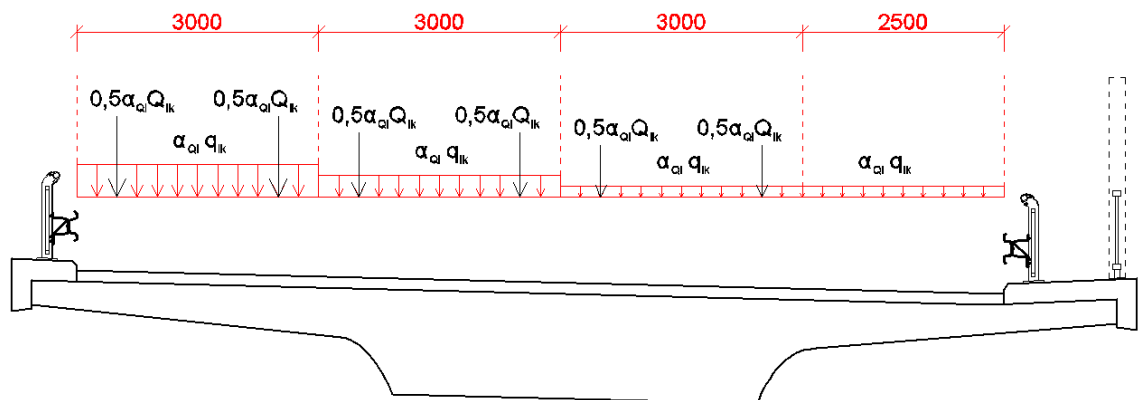
Obr.10 Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů pro LM1

Pro LM3 je vozovka definována bez vodících proužků a krajnic. Vozidlo se po mostě pohybuje samostatně v ose mostu s maximální možnou výchylkou 0,5m.



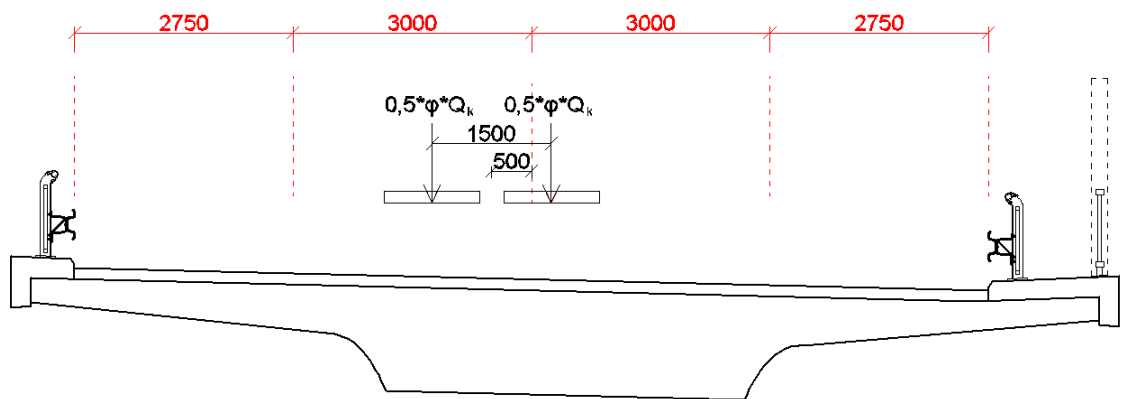
Obr.11 Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů pro LM3

**Model zatížení LM1**



Obr.12 Model zatížení LM1

**Model zatížení LM3**



Obr.13 Model zatížení LM3

Pro zjištění obálek vnitřních sil je do výpočtového softwaru zadáno pohyblivé zatížení pomocí šablony zatížení vytvořené ze spojitých zatížení od jednotlivých kol tandem systému. Spojitá zatížení (UDL) jsou zadávána s ohledem na průběh příčinkových čar na spojitém nosníku, kdy se nedbá odlehčujících účinků.

Pro model zatížení LM3 je uvažováno zvláštní vozidlo pro silnice I.třídy 1800/200 s přidavným dynamickým součinitelem  $\phi=1,25$ .

### Chodníky

Zatížení chodníků se uvažuje jako spojitě rovnoměrné zatížení o hodnotě  $3\text{KNm}^{-2}$  viz tab. 3.

#### 3.2.3 Sestavy zatížení dopravou

		Vozovka		Chodník
Zatěžovací systém		Svislé síly		Pouze svislé zatížení
		LM1	LM3	Rovnoměrné zatížení
Sestavy zatížení	gr1a	<b>Charakteristické hodnoty</b>		<b><math>3\text{KNm}^{-2}</math></b>
	gr5	Charakteristické hodnoty rovnoměrného zatížení	<b>Charakteristické hodnoty</b>	

Tab.3 Sestavy zatížení dopravou

V sestavě gr5 není uvažováno rovnoměrné zatížení od LM1, protože při pojezdu zvláštního vozidla musí být vyloučena veškerá ostatní doprava na mostě. Časté a kvazistálé hodnoty zatížení jsou vypočteny přenásobením charakteristických hodnot součiniteli  $\Psi_0$ ,  $\Psi_1$ .

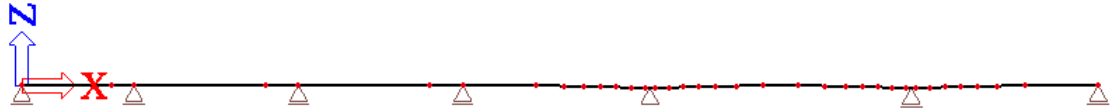
Zatížení	Značka		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Dopravou	gr1a	TS (dvounápravy)	<b>0,75</b>	0,75	0
		UDL (rovnoměrné zatížení)	<b>0,40</b>	0,40	0
		Chodci a cyklisti	<b>0,40</b>	0,40	0
	gr5 (zvláštní vozidlo)		0	-	0

Tab.4 Kombinační součinitele  $\psi$

## 4 VÝPOČTOVÝ MODEL

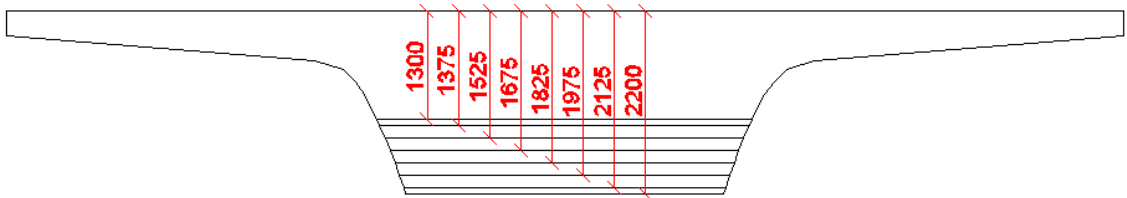
### 4.1 Prutový model

Model konstrukce je vytvořen jako spojitý nosník s proměnným průřezem.



Obr.14 Statické schéma

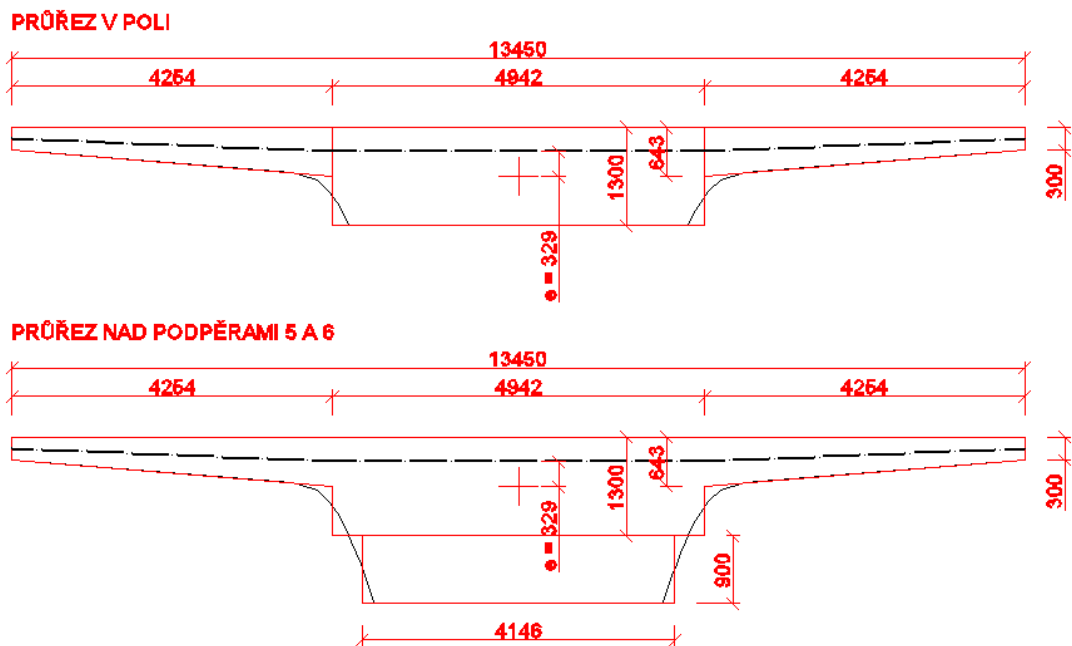
Odstupňování průřezů v modelu - viz kapitola 4.1 přílohy P4 Statický výpočet.



Obr.15 Jednotlivé průřezy

### 4.2 Deskový model

Lokální změna tloušťky desky je v programu Scia Engineer modelována jako podoblast plochy.



Obr.16 Deskový model

## 5 PODÉLNÝ SMĚR

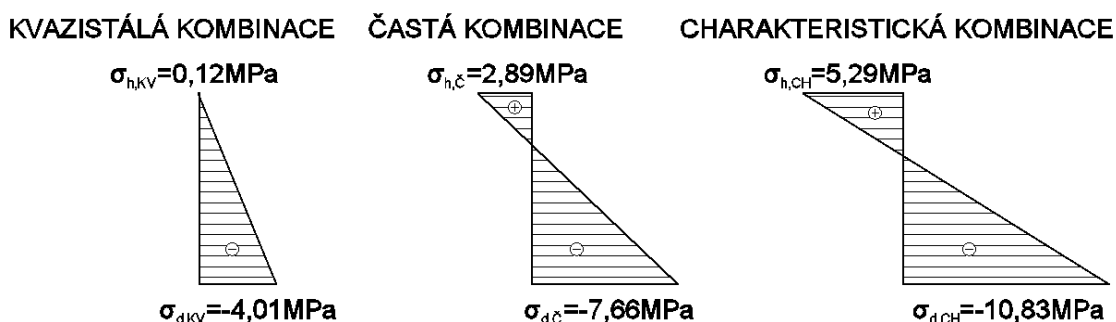
Pro výpočet je uvažován efektivní průřez a jeho charakteristiky viz kapitola 5.1 přílohy P4 Statický výpočet. Hodnoty napětí z programu Scia Engineer nejsou správné (při zadání efektivních šířek by nebyla správně spočtena vlastní tíha), proto jsou tyto počítány ručně.

Pro zohlednění excentricity zatížení v prutovém řešení je deskový model zatížen modelem LM1 rozpočítaným na plochu (resp. na šířku u tandem systému). Vnitřní síly (momenty) z tohoto řešení jsou dány do poměru z vnitřními silami vyvolanými zatížením od excentricky umístěného modelu viz kapitola 4.3 přílohy P4 Statický výpočet. O tento poměr je pak zvýšeno namáhání od modelu LM1 vypočtené na prutovém modelu.

### 5.1 Varianta betonáže v jednom záběru

Je předpokládána betonáž celé konstrukce na pevné skruži v jednom záběru a pak předepnutí všech kabelů. Návrh vedení kabelů je proveden tak, že jsou kabely umístěny do mezní polohy v průřezu (při splnění minimálního krytí výztuže) a postupnou optimalizací je dosaženo výsledného vedení, aby byl průřez co možná nejrovnoměrněji namáhán. Je kontrolován mezní stav použitelnosti – omezení normálových napětí v betonu. Kontrola je prováděna v čase uvedení do provozu a v čase životnosti konstrukce. Je zjištěno, že z hlediska omezení napětí vyhoví 6 kabelů po 17-ti lanech + 5 kabelů po 19-ti lanech jako přídatný kabel v poli 5.

Viz kapitola 5.2 přílohy P4 Statický výpočet.



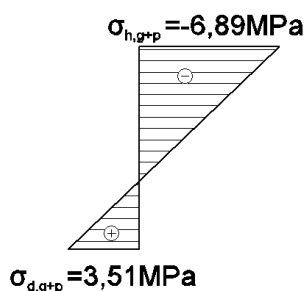
Obr.17 Průběh napětí v podpěře 3 v čase  $t_0$ .

## 5.2 Varianta postupné betonáže po polích 1

Je zpracována varianta postupné betonáže, kdy jsou jednotlivá pole betonována postupně s přečnívající konzolou. V nově vybetonovaném poli je vždy před odskružením předepnuta polovina kabelů. Je navrženo 6 kabelů po 22-ti lanech + 5 kabelů po 19-ti lanech coby přidavný kabel.

Tato varianta uvažuje začátek betonáže v poli 1. Při montáži je kontrolován mezní stav použitelnosti omezení napětí v nejvíce namáhaných průřezech v poli a v podpěrách. Pro přehlednost je uvedena pouze fáze 5, kdy je odskruženo pole 5 (předepnuté polovinou nezainjektovaných kabelů). Hodnota dovoleného tahového napětí v betonu (pevnost betonu v tahu po sedmi dnech) je překročena a průřez nevyhoví. Je tedy zvolen jiný postup výstavby.

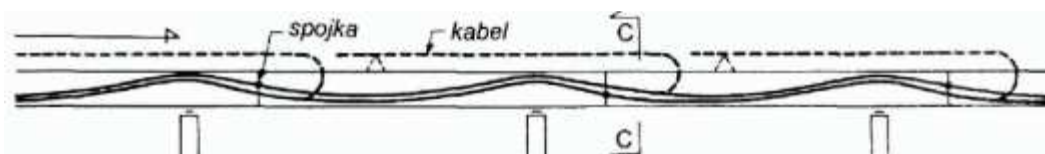
### NAPĚTÍ PŘI MONTÁŽI



Obr.18 Průběh napětí v poli 5

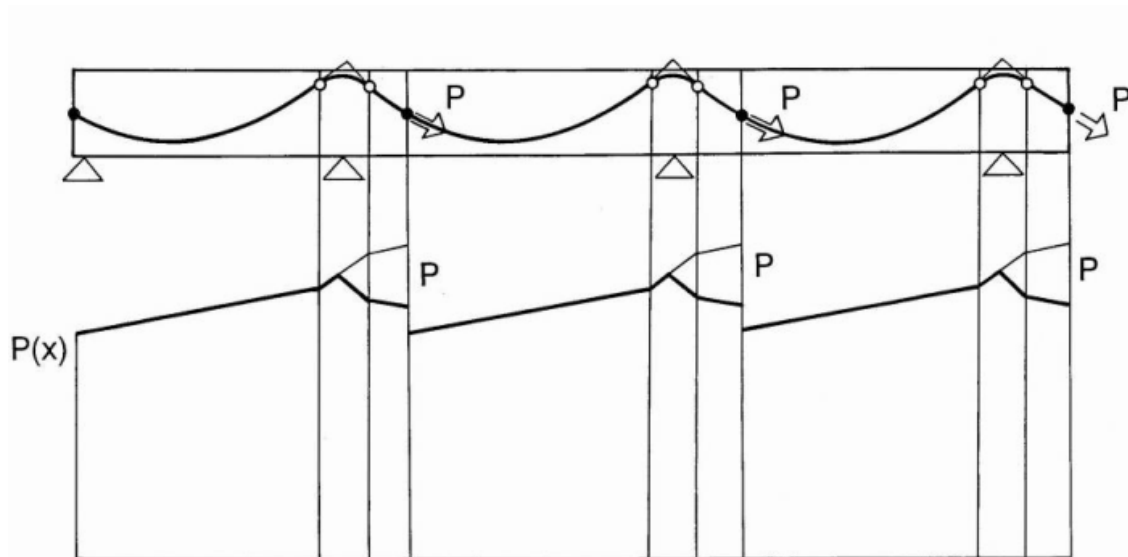
## 5.3 Varianta postupné betonáže po polích 2

Tak jako v předchozím případě je uvažováno 6x22 + 5x19 kabelů. Postup výstavby je zde uvažován od nejdelšího pole (pole 5), které je vybetonováno s přečnívajícími konci. Po sedmi dnech je předepnut a zainjektován přidavný kabel, průběžný kabel je pouze předepnut a zůstává nezainjektovaný. V další fázi je dobetonováno pole 6 a je opět předepnuto polovinou nesoudržných kabelů. Ve třetí fázi je vybetonováno pole 4 s přečnívajícím koncem a je předepnuto, další postup je již jako při klasické betonáži po polích [7].



Obr.19 Schéma uspořádání kabelů

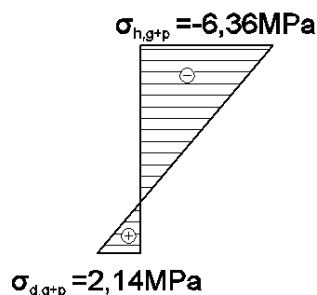
Je sledován průběh předpínací síly, aby tahová síla ve spojce u napínaného kabelu byla nižší, než je kotvící síla kabelu napnutého v předchozím kroku [8]. Aby byla splněna tato podmínka, je nutné upravit napínací napětí kabelů, viz kapitola 5.4 přílohy P4 Statický výpočet.



Obr. 20 Schéma průběhu předpínací síly v postupně napínaném a spojovaném kabelu

Montáž je posouzena z hlediska mezního stavu použitelnosti – omezení normálových napětí a mezního stav únosnosti viz kapitola 5.4.1 a 5.4.2 přílohy P4 Statický výpočet. V poli 5 je nutné doplnit betonářskou výztuž pro přenesení ohybového momentu – je navrženo 6  $\varnothing R25$  u spodního povrchu. Je také uvažováno, že přídatný kabel bude ihned po předepnutí zainjektován. Ve volných kabelech je uvažováno základní napětí v hodnotě  $\Delta\sigma_p=100\text{MPa}$ .

#### NAPĚTÍ PŘI MONTÁŽI

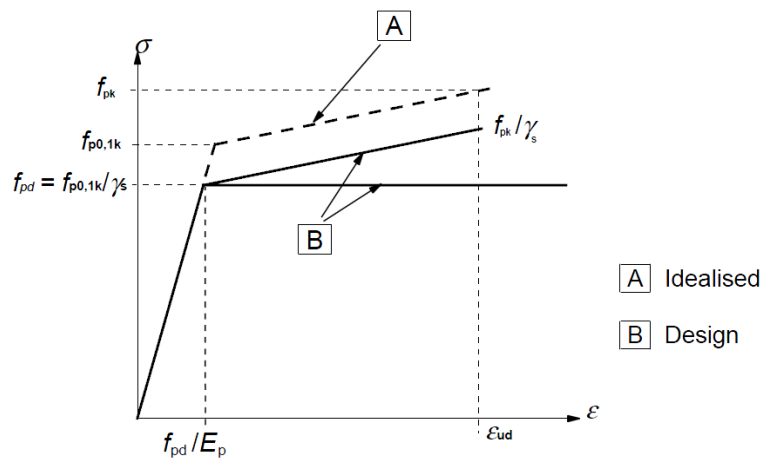


Obr.21 Průběh napětí v poli 5

Volba výšky neutrálné osy a výpočet sil je opakován do té doby, až platí podmínka rovnováhy sil v průřezu  $N_{Ed}=N_{Rd}$ . Je uvažován pracovní diagram předpínací výztuže se stoupající větví, tzv. bilineární diagram, v němž je omezeno poměrné přetvoření výztuže hodnotou  $\varepsilon_{ud}=20\text{‰}$  [4]. V betonářské



výztuži je uvažován pracovní diagram s vodorovnou větví, kdy není poměrné přetvoření výztuže omezeno.



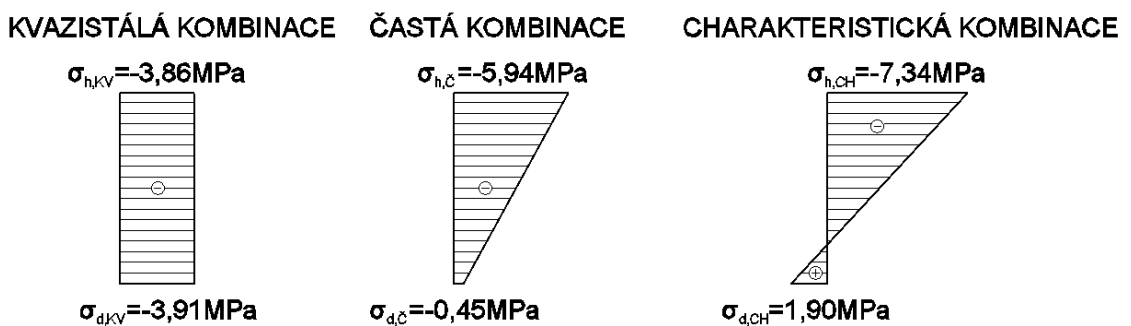
Obr.22 Pracovní diagram předpínací výztuže

Vychází-li při splnění rovnováhy sil v průřezu přetvoření předpínací výztuže  $\epsilon_{ud}$  větší než mezní hodnota, je zaveden předpoklad tlakového porušení průřezu, kdy mezního poměrného přetvoření předpínací výztuže je dosaženo dříve než mezního přetvoření betonu [4].

Tento postup výstavby je vyhodnocen coby nejvýhodnější (v případě zvolení prvního by bylo nutno navýšit počet lan v kabelech) a je s ním uvažováno v dalším výpočtu.

### 5.4 Mezní stav použitelnosti

Jsou kontrolována normálová napětí v časech uvedení do provozu a v čase životnosti konstrukce, je kontrolováno mezní přetvoření od časté kombinace nahodilého zatížení a také je-li splněn požadavek omezení šířky trhlin, resp. jejich vzniku, viz kapitola 5.5 přílohy P4 Statický výpočet.



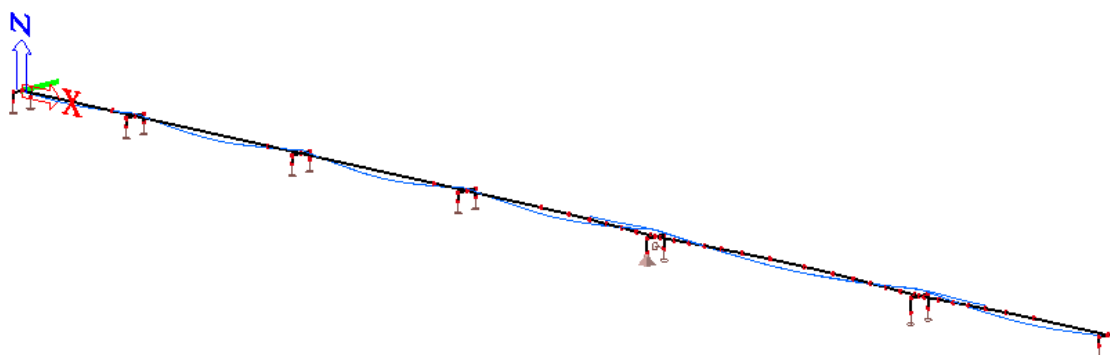
Obr.23 Průběh napětí v poli 5 v čase  $t \infty$

## 5.5 Mezní stav únosnosti – ohyb

Mezní únosnost je posuzována v čase životnosti konstrukce. Je stejně jako v mezních stavech použitelnosti uvažováno s účinky nahodilého zatížení zvětšenými o vliv excentricity. Viz kapitola 8.9 přílohy P4 Statický výpočet.

## 5.6 Mezní stav únosnosti – smyk a kroucení

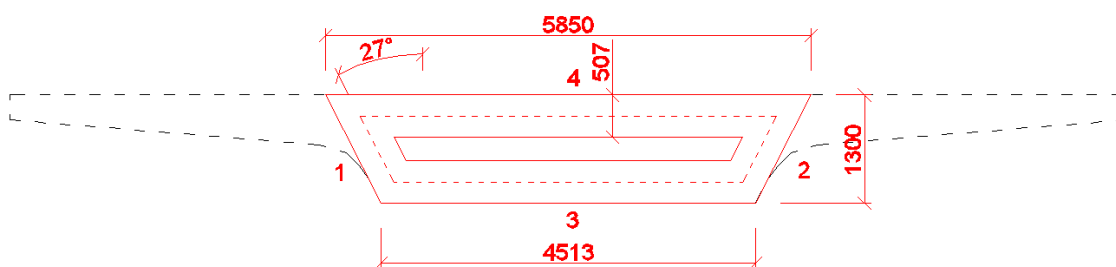
Model konstrukce je nutné doplnit o tuhá ramena a podpory dle obrázku.



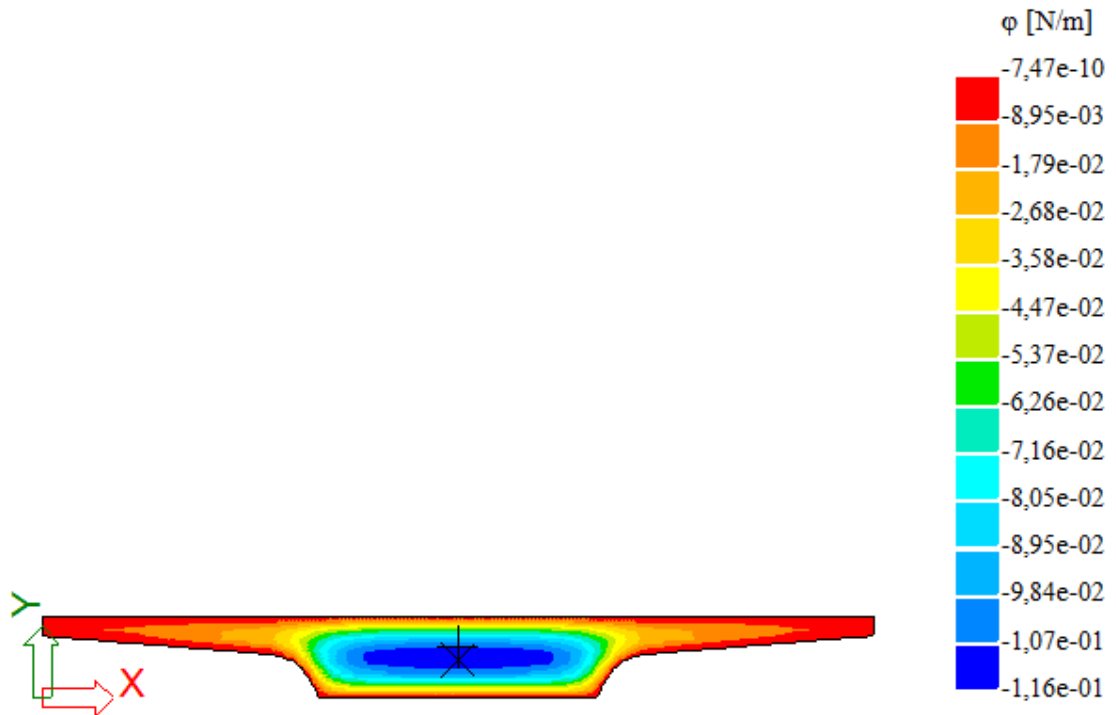
Obr.24 Výpočetní model pro smyk a kroucení

Model je zatížen vlastní tíhou, ostatním stálým zatížením a zatížením dopravou modelem LM1 a chodníkem s vlivem kroucení viz kapitola 5.7 přílohy P4 Statický výpočet. Jsou uvažovány 2 kombinace zatížení, pro vyvození maximálního kroučícího momentu  $\max T_{Ed}$  a pro vyvození maximální posouvající síly  $\max V_{Ed}$  a k nim odpovídající vnitřní síly.

Vzhledem k průběhu Prandtlovy funkce na průřezu lze průřez nahradit analogickým tenkostěnným průřezem [6].

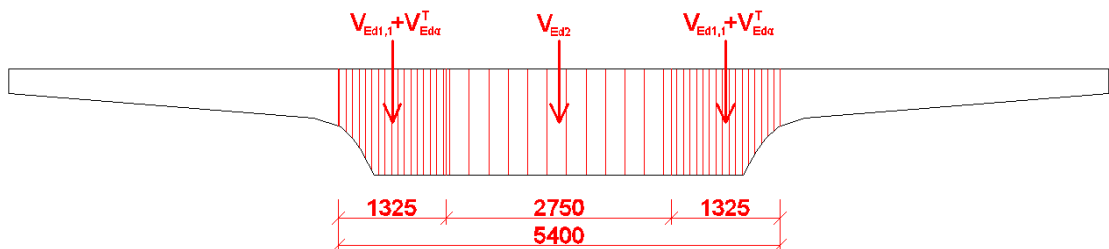


Obr.25 Tenkostěnný analogický průřez



Obr.26 Průběh Prandtlovy funkce

Je uvažováno, že se posouvající síla rozdělí po průřezu na základě poměrů šířek, ve střední části tedy působí pouze část posouvající síly, v krajních částech průřezu zbylé části posouvající síly a svislá část síly vyvolaná kroutícím momentem.



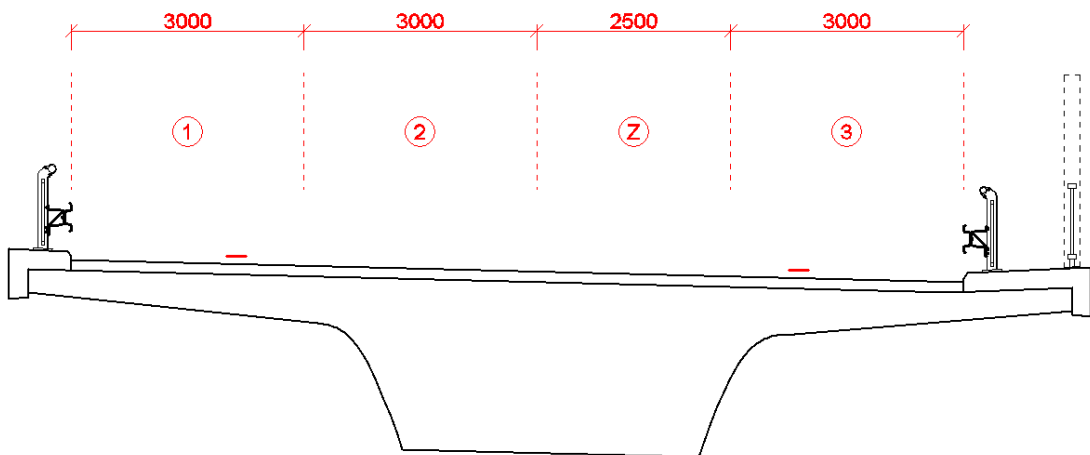
Obr.27 Rozdělení posouvající síly po průřezu

Pro obě kombinace ( $\max T_{Ed}$  a  $\max V_{Ed}$ ) je posuzována interakce kroucení a posouvající síly. Je vypočtena únosnost prvku bez smykové výztuže,  $V$  žádném z řezů tato nevyhoví, proto je proveden návrh smykové výztuže a posouzení únosnosti prvku a únosnost tlačené diagonály. Je navržena betonářská výztuž k přenesení vodorovných sil od kroutícího momentu u horního a dolního okraje průřezu. Je také navržena výztuž na podélný smyk.

Totéž je provedeno také ve třetinách rozpětí polí z důvodu rozdělení výztuže po délce mostu.

## 6. PŘÍČNÝ SMĚR

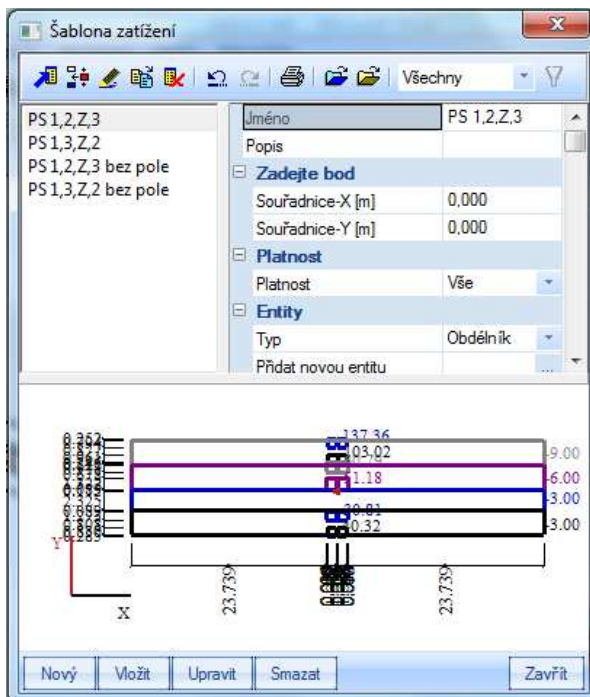
Deskový model je zatížen modelem LM1, zatěžovací pruhy jsou kladeny v různých kombinacích na konstrukci uvedena je pouze kombinace vyvolující extrémní účinky. Jde přitom o ověření lokálních účinků, vozidlo proto může vyjet z osy pruhu zatěžovacího pruhu, ale pouze tak, jak mu to jeho obrys dovolí.



Obr.28 Rozdělení mostu do zatěžovacích pruhů pro příčný směr

Z modelu zatížení je vytvořena šablona zatížení, která je kladena po délce konstrukce. Extrémní účinky (příčný dimenzační moment i hlavní posouvající síla) jsou vyvozeny při postavení šablony nad podpěru 5.

V tomto řezu je proveden návrh výztuže na příčný ohyb (se zahrnutím vlivu podélného smyku) a smyk tak aby nedocházelo ke vzájemné kolizi vložek.

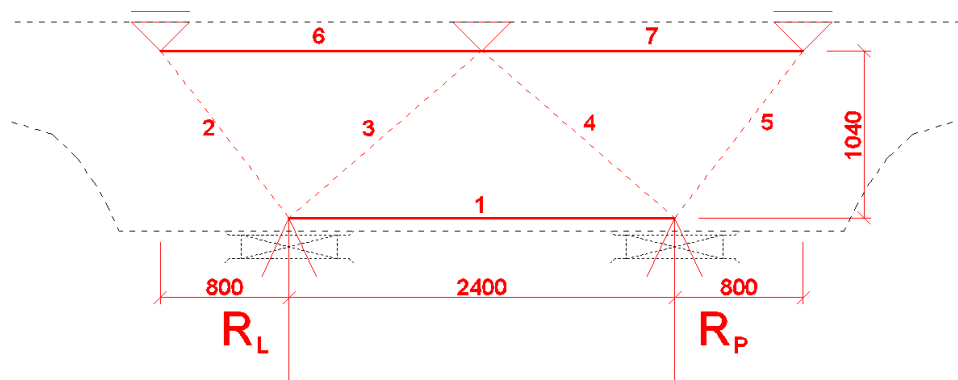


Obr.29 Šablona zatížení pro příčný směr

Posouzení je také kvůli optimalizaci množství betonářské výztuže provedeno ve třetinách rozpětí polí.

## 7. PŘÍČNÍKY

Je uvažováno postavení modelů zatížení dopravou pro vyvození maximálních reakcí viz kapitola 7 přílohy P4 Statický výpočet. Z vypočtených hodnot jsou vybrána maxima a je jimi zatížen S & T model.



Obr.30 S & T model příčnicku nad opěrami 2,3,4

Na takto zatíženém modelu jsou vypočteny vnitřní síly. Na táhla jsou navrženy nutné plochy výztuže – jsou přičteny k plochám výztuže nutné k přenesení kroutícího momentu. Tlačené vzpěry a uzlové oblasti jsou posouzeny na maximální napětí, které je určeno podle typu uzlu. Jsou vypočteny štěpné síly v tlačených diagonálách, na které jsou navrženy mřížky vložené v místech příčnicku.

Toto je provedeno nejhorší účinky zatížení (největší reakce) pro příčnicku nad opěrami 2,3,4 a také pro méně příznivý řez nad opěrami 5,6.

## 8 ZÁVĚR

Byly navrženy kabely podélného předpětí, byly posouzeny 2 možné varianty postupné betonáže po polích. Vybraná varianta byla při montáži posouzena na II. mezní stav - omezení normálových napětí a I. mezní stav – únosnosti na ohybový moment.

V čase životnosti byla prokázána dostatečná únosnost konstrukce v posudcích na II. mezní stav. V prvním mezním stavu byla konstrukce posouzena na ohyb. Byla navržena smyková výztuž a následně provedeno posouzení konstrukce na interakci smyku a kroucení.

V příčném směru byla ověřena únosnost výztuže navržené na dimenzační ohybový moment a na hlavní posouvající sílu včetně zahrnutí vlivu podélného smyku. Byly také vytvořeny a posouzeny S & T modely příčníků a na jejich táhla byla navržena betonářská výztuž.

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN 736101. *Projektování silnic a dálnic*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] NEČAS, Radim. *Zatížení mostů dle evropských norem (EN)*. Přednáška [online]. Dostupné z: <http://www.necasradim.cz/BL12/prednasky/TISK%2002%20-%20Zatizeni%20mostu%20EN.pdf>
- [3] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 186 s. ISBN 978-80-7204-561-7.
- [4] EN 1992-1. *Design of concrete structures*. Brussels: European Committee for Standardization, 2001.
- [5] VSL. *VSL European Technical Approval*. Dostupné z: <http://www.vsl.cz/download/181>
- [6] PANÁČEK, Josef. *Prvky betonových konstrukcí, Dimenzování betonových prvků – část 1*
- [7] STRÁSKÝ, Jiří. *Betonové mosty*. ISBN: 80 86426 05 X. ČKAIT, Praha 2001
- [8] STRÁSKÝ, NEČAS a KOLÁČEK, *Most stavěný postupně po polích na pevné nebo výsuvné skruži. Školení navrhování betonových mostů podle EC2, Běh 2*, Brno 2010

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1	Schéma – pojmenování podpěr .....	11
Obr.2	Příčný řez 1 – Varianta A .....	12
Obr.3	Příčný řez 2 – Varianta A .....	12
Obr.4	Příčný řez 1 – Varianta B .....	13
Obr.5	Příčný řez 2 – Varianta B .....	13
Obr.6	Příčný řez - Varianta C .....	14
Obr.7	Šířkové uspořádání mostu .....	15
Obr.8	Rozměry nosné konstrukce v poli 3 .....	16
Obr.9	Detail uspořádání říms .....	17
Obr.10	Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů pro LM1.....	18
Obr.11	Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů pro LM3 .....	19
Obr.12	Model zatížení LM1 .....	19
Obr.13	Model zatížení LM3 .....	19
Obr.14	Statické schéma .....	21
Obr.15	Jednotlivé průřezy .....	21
Obr.16	Deskový model .....	21
Obr.17	Průběh napětí v podpěře 3 v čase $t^\infty$ .....	22
Obr.18	Průběh napětí v poli 5 .....	23
Obr.19	Schéma uspořádání kabelů .....	23
Obr. 20	Schéma průběhu předpínací síly v postupně napínaném aspojkovaném kabelu .....	24
Obr.21	Průběh napětí v poli 5 .....	24
Obr.22	Pracovní diagram předpínací výztuže .....	25
Obr.23	Průběh napětí v poli 5 v čase $t^\infty$ .....	25
Obr.24	Výpočetní model pro smyk a kroucení .....	26
Obr.25	Tenkostěnný analogický průřez .....	26
Obr.26	Průběh Prandtlovy funkce .....	27
Obr.27	Rozdělení posouvající síly po průřezu .....	27
Obr.28	Rozdělení mostu do zatěžovacích pruhů pro příčný směr.	28
Obr.29	Šablona zatížení pro příčný směr .....	28
Obr.30	S & T model příčnicku nad opěrami 2,3,4 .....	29



## 11 SEZNAM TABULEK

Tab.1	Návrhové kategorie dvoupruhových silnic .....	15
Tab.2	Přehled základů .....	17
Tab.2	Sestavy zatížení dopravou .....	20
Tab.3	Kombinační součinitele $\psi$ .....	20

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

		Č. VÝKRESU
P1	VARIANTY ŘEŠENÍ	
	P1.1	VARIANTA A 01
	P1.2	VARIANTA B 02
	P1.3	VARIANTA C 03
P2	VÝKRESY	
	P2.1	PŮDORYS MOSTU 04
	P2.2	PODÉLNÝ ŘEZ MOSTEM 05
	P2.3	PŘÍČNÉ ŘEZY 06
	P2.4	VÝKRES PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE 07
	P2.5	VÝKRES BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE 08
P3	STAVEBNÍ POSTUP A VIZUALIZACE	
	P3.1	VÝKRES POSTUPU VÝSTAVBY 09
	P3.2	VIZUALIZACE 10
P4	STATICKÝ VÝPOČET	