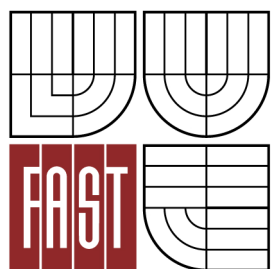




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH ŽELEZNIČNÍHO TRÁMOVÉHO MOSTU DESIGN OF A RAILWAY BEAM BRIDGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

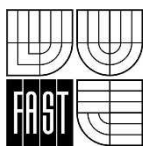
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN JEDLIČKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM NEČAS, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
Ústav betonových a zděných konstrukcí



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 Martin Jedlička

Název Návrh železničního trémového mostu

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



n. r.

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

Podklady a literatura

1. Příčný řez
2. Podélný řez

ČSN EN 1991-2 Zatížení 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 trémovou mostní konstrukci o jednom poli.

V práci se zaměřte především na návrh betonové nosné konstrukce mostu, dále proveďte porovnání železobetonové a předpjaté varianty nosné konstrukce mostu dle norem EN.

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 rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání 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

V této bakalářské práci je úkolem vypracovat návrh řešení betonového jednokolejného železničního mostu. Varianty se bude soustředit na návrh trémového mostu. S ohledem na vypracovaná předběžná řešení bude vybrána jedna varianta, která bude zpracována podrobně v následujících fázích. Návrh výpočtového modelu a dimenzí mostu. Následně bude vypracována železobetonová a předpjatá varianta. Tyto varianty budou porovnány a zhodnoceny. Z tohoto hodnocení bude vybrána varianta, která je efektivnější, a bude k ní zpracována výkresová dokumentace.

Most bude situován poblíž města Velké Pavlovice na Jižní Moravě. Jedná se zde o jednokolejnou trať číslo 255 z Hodonína do Zaječího přes říčku Trkmanka.

Výpočet vnitřních sil je proveden v programu SCIA 2012 v souladu s normami ČSN EN.

Klíčová slova

trémový most, železniční, beton, předpjatý beton, statický výpočet, návrh, dimenzování, výkresová dokumentace, vizualizace

Abstract

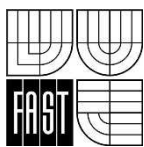
The aim of this bachelor thesis is to design a monorail concrete bridge. Focus will be put to design several preliminary versions of a girder bridge. There will be chosen one variant which will be examined more. I will make an assessment and comparison of this variant from concrete and prestressed concrete. As a result of this assessment I will choose the variant which is more convenient and make drawings documentation.

The bridge is situated nearby city of Velké Pavlovice in the South Moravia. The rail is a monorail number 255 from Hodonín to Zaječí. The bridge goes over the Trkmanka brook.

Calculation of inner forces is made in SCIA Engineer 2012 program. Design is made according EC standards.

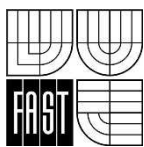
Keywords

girder bridge, railway, concrete, prestressed concrete, static assessment, design, dimensioning, drawings, visualization



Bibliografická citace VŠKP

JEDLIČKA, Martin. *Návrh železničního trámového mostu*. Brno, 2013. 20 s., 93 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Radim Nečas, Ph.D..

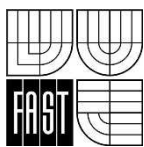


Prohlášení:

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

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora
Martin Jedlička



Poděkování:

Rád bych na tomto místě poděkoval Ing. Radimu Nečasovi Ph.D. za rady a vedení při vypracovávání této práce. Dále pak bych rád poděkoval panu Pekkovi Nykyrimu, který mi pomáhal při mém pobytu na škole v Oulu. A v neposlední řadě mé rodině a přátelům za motivaci a podporu.

I.	Úvod	8
II.	Průvodní zpráva	9
2.1.	Identifikační údaje mostu	9
2.2.	Základní údaje o mostu	10
2.3.	Účel výstavby	11
2.4.	Podklady návrhu	11
	Příčné uspořádání převáděné komunikace	11
	Přemost'ovaná překážka	11
	Geologické hydrologické poměry	11
2.5.	Technické řešení mostu	12
I.	Založení mostu	12
II.	Spodní stavba	12
III.	Studie návrhu nosné konstrukce	12
a.	Ocelový most s horní mostovkou	12
b.	Betonový dvoutrámový most	12
c.	Betonový parapetní most (zvolený návrh)	12
IV.	Podrobný popis zvoleného návrhu	13
a)	Podélný směr	13
b)	Příčný směr	13
c)	Ložiska	13
d)	Mostní závěry	13
e)	Přechodové oblasti	13
f)	Kolejové lože a izolace	14
g)	Zábradlí	14
h)	Odvodnění mostu	14
i)	Úprava pod mostem	14
j)	Osazené tabulky	14
k)	Geodetické značky	14
V.	Protikorozi ochrana a povrchová úprava konstrukcí	15
I.	Protikorozi úprava oceli	15
II.	Protikorozi úprava betonu	15
2.6.	Požadavky na použité materiály	15
2.7.	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci	16
2.8.	Vliv stavby na životní prostředí	16
III.	Závěr	17
IV.	Seznam použitých zdrojů	18
V.	Seznam zkratk a symbolů	19
VI.	Seznam příloh	20

I. Úvod

Cílem této bakalářské práce je vypracovat návrh železničního mostu. Daná řešení se mají zaměřit na návrh trámové varianty. Z těchto variant bude následně vybrána jedna, ke které bude zpracován statický výpočet a to v jak v železobetonové, tak v předpjaté variantě.

První návrh bude proveden na statickém modelu prostého nosníku, který bude následně posouzen. Toto zjednodušení poskytne snadné a dostatečně přesné informace, se kterými dokáží zhodnotit první návrh železobetonové a předpjaté varianty.

Ve druhém kroku se zaměřím na optimalizaci železobetonové a předpjaté varianty tak, aby obě vyhověly posudkům a byly zároveň hospodárné. V tomto návrhu již použiji přesnější desko-stěnový výpočetní model, aby bylo možné následně posoudit i příčný směr.

Následně provedu porovnání těchto variant. K variantě, která bude shledána jako výhodnější, zpracuji také výkresovou dokumentaci.

II. Průvodní zpráva

2.1. Identifikační údaje mostu

Stavba:	II/255 Velké Pavlovice
Název objektu:	SO305- Most km 1,317 245
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Hustopeče
Obec:	Velké Pavlovice
Katastrální území:	Velké Pavlovice
Investor:	Krajský úřad Moravskoslezského kraje
Uvažovaný správce mostu:	Správa železniční dopravní cesty
Přemost'ovaná překážka:	Říčka Trkmanka
Bod křížení:	km 1,317 245
Úhel křížení:	90,0000 ^g

2.2. Základní údaje o mostu

Délka přemostění:	20,066 m
Délka mostu:	36,050 m
Délka nosné konstrukce:	22,000 m
Rozpětí:	21,000 m
Šikmost:	kolmá
Volná šířka mostu:	5,000 m
Šířka nosné konstrukce:	6,000 m
Šířka průchozího prostoru:	9,307 m na pravé straně (ve směru toku říčky) 5,550 m na levé straně (ve směru toku říčky)
Volná výška pod mostem:	2,783 m
Plocha mostu:	180,251 m ²
Zatížení mostu:	uvažováno dle ČSN EN 1992-1-2 Model zatížení 71

2.3. Účel výstavby

Stavba leží na trati 255 z Hodonína do Zaječího přes říčku Trkmanka. Tento most se nachází 3,890m od zastávky Velké Pavlovice.

2.4. Podklady návrhu

Příčné uspořádání převáděné trati

Jedná se o jednokolejnou regionální trať, na které byl provoz zahájen v roce 1897. Na mostě bude navržen volný mostní průřez VMP 2,5m. Tento průřez je vhodný pro návrhovou traťovou rychlost do 120 km/h, což je pro tuto regionální trať dostačující. Po okraji mostu bude nainstalováno bezpečnostní zábradlí.

Přemost'ovaná překážka

Přemost'ovanou překážkou je říčka Trkmanka. Návrhová hladina vody je v úrovni -6,819m pod úrovní nivelety převáděné komunikace, hladina vody odpovídající stoletému průtoky Q100 je ve výšce -5,752m. Volná výška nad hladinou je potom 5,312m.

Geologické a hydrologické poměry

Z předběžného geologického průzkumu vyplývá, že v lokalitě je daná skladba podloží:

Ornice		0,000 – 1,000 m
Písek jílovitý	SF	1,000 – 3,500 m
Jíl písčitý	FS	3,500 –
Předpokládaná hloubka skalního podloží:		7,000 - 8,500m

Předpokládaná hladina podzemní vody se nachází v hloubce 3,500 - 4,500m.

2.5. Technické řešení mostu

I. Založení mostu

Most bude založen na plošných základech tížní opěry, jejíž spára se nachází v nezamrzné hloubce 1,200m pod terénem. Pod základem bude proveden podkladní beton C12/15 o tloušťce 100mm. Podrobné informace o dimenzích těchto základů budou uvedeny po zpracování podrobného geologického průzkumu, který bude zpracován pro vyhotovení projektové dokumentace.

II. Spodní stavba

Spodní stavba je tvořena dvěma opěrami s dilatovanými křídly. Opěry z betonu jsou provedeny z betonu C30/37 třídy FX2. Na opěrách jsou úložné prahy z betonu C35/45 třídy XF1.

III. Studie návrhu nosné konstrukce

a. Ocelový most s horní mostovkou

Tento typ mostu byl zvolen za účelem ukázky standardního návrhu železničních mostů. Konstrukčně se podobá stávajícímu mostu, který stojí v daném místě. Protože však nevyhovuje zadání této bakalářské práce, byla tato varianta zamítnuta a zpracována jen jako studie, kterou lze nalézt ve výkresu 1 v příloze P1.

b. Betonový dvoutrámový most

Jako druhé variantní řešení byl zpracován návrh dvoutrámového mostu. Trámy byly navrhнуты s osovou vzdáleností 2,100m a výškou 1,000m. Po prvních předběžných výpočtech bylo ale zřejmé, že daná varianta nevyhoví jako železobetonový most na mezní stav použitelnosti. Musely by se tedy buďto zvýšit počet trámů, nebo zvětšit jejich výška. Z těchto důvodů byla tato varianta zamítnuta jako nevhodná. Danou studii lze nalézt ve výkresu 2 přílohy P1.

c. Betonový parapetní most (zvolený návrh)

Po zkušenostech z varianty č. 2 bylo jasné, že bude třeba zvýšit výšku průřezu. Toho lze dosáhnout s výhodou i tak, že trámy původní dvoutrámové varianty „přesuneme“ na okraj mostovky a vyvedeme je nad ní. Trámy tímto zvýší svou výšku a tato nosná konstrukce také poskytne vhodný tvar pro umístění kolejového lože. S ohledem na zadání této práce a navýšení účinné výšky průřezů těchto trámů byla zvolena tato varianta k podrobnějšímu zpracování. Danou studii lze nalézt ve výkresu 3 přílohy P1.

IV. Podrobný popis zvoleného návrhu

Zvolený návrh je monolitický, dodatečně předpjatý dvoutrámový nosník s dolní mostovkou. Most má rozpětí 21,000m, přičemž délka nosné konstrukce je 22,000m.

a) Podélný směr

Most v podélném směru je navrhnout s mostovkou šířky 5,000m a tloušťky 0,400 m. Trámy s osovou vzdáleností 5,500m. Tyto trámy mají proměnný parabolický průřez s vzepětím v polovině trámu 0,535m. V polovině rozpětí má trám výšku 2,000m, šířka je konstantní, a to 0,500 m.

b) Příčný směr

V příčném směru je pak deska podepřena příčníky o délce 5,000m, výšce 0,200 m a šířce 0,400 m. Krajiní příčníky se liší pouze v šířce, která je 0,500m. Tyto příčníky jsou umístěny vždy ve čtvrtině mostu.

Předběžné dimenze této varianty byly po vypracování podrobného modelu pozměněny tak, aby vyhovovaly potřebným požadavkům. Vypracovaný návrh lze nelézt jako výkres v příloze P3.

c) Ložiska

Pro uložení konstrukce na opěry jsou navržena hrncová ložiska firmy HELMOS pro podporové tlaky 7 500kN:

- 1x pevné ložisko N 7500/100
- 2x jednosměrné NGE 7500/102
- 1x všesměrné NGA 7500/101

d) Mostní závěry

Mostní závěr bude navrhnout jako kobercový. Pro zamezení pronikání šterku do konstrukce závěru bude překryt plechem.

e) Přejídné oblasti

Výkopy za opěrami a dále přejídný klín v délce cca 7,350m budou zasypány šterkopískem frakce 0/32 hutněným po vrstvách na 100% PS. Minimální tloušťka přejídného klínu je 0,250mm. Klín je spádován 10% směrem k opěře.

Rubová strana opěr bude mít provedenou hydroizolaci souvrstvím z natavovaných asfaltových izolačních pásů, chráněných deskami z extrudovaného polystyrenu tloušťky 0,100m. K opěře dále přiléhá drenážní žebro. Odvodnění přejídné oblasti zajišťuje perforovaná drenážní trubka DN150 položená na spádovaný podkladní beton pod drenážním žebrem.

f) Kolejové lože a izolace

Kolejový a rošt a kolejové lože bylo navrženo dle požadavků investora s následující skladbou:

kolejnice	60E2	
pražce	B91S/1	
šterkodrť	fr. 31,5/63	0,450 m
HI asfaltové izolační pásy	AIP	0,010 m

g) Zábradlí

Na mostě je navrženo zábradlí z celosvařovaných z trubek TRD 50x2mm. Zábradlí bude kotveno do římsy přes patní desku tloušťky 14mm pomocí čtyř kotev OMO M16x145mm.

h) Odvodnění mostu

Odvodnění mostu je řešeno systémem odvodňovacích trubek zabudovaných v mostovce. Horní čelo mostovky je pro tento účel zaspárováno směrem k těmto trubkám.

Odvodnění za opěrami mostu je řešeno pomocí drenáže perforovanými plastovými trubkami DN 150mm sřechovitého sklonu 3%. Ty jsou uloženy v drenážním žebří šířky 600mm na podkladním betonu C12/15 minimální tloušťky 50mm, který je vyspádován 10% směrem k drenážní trubce. Trubka je zasypana šterkopískem frakce 0/32mm.

i) Úprava pod mostem

Stavební výkopy budou zasypany šterkopískem frakce 0/32 hutněným minimálně na 100% PS.

Pod mostem bude provedena lavička šířky 750mm sloužící k údržbě mostu. Lavička a přilehlý svah bude zpevněn lomovým kamenem tloušťky 150mm uloženým do vrstvy zavlhlého betonu tloušťky 150mm.

j) Osazené tabulky

Na mostě bude provedena tabulka s letopočtem otiskem do betonu na levém mostním křídle opěry 1.

Most bude dále opatřen dvěma tabulkami s jeho evidenčním číslem, s informací o zatížitelnosti a s názvem přemostovaného vodního toku.

k) Geodetické značky

Na mostě budou osazeny geodetické značky dle požadavků na zatěžovací zkoušky před uvedením mostní konstrukce do provozu.

V. Protikorozní ochrana a povrchová úprava konstrukcí

I. Protikorozní úprava oceli

Veškeré ocelové součásti mostu budou zároveň metalizovány Zn+Al a budou opatřeny základním a vrchním syntetickým nátěrem.

II. Protikorozní úprava betonu

Pohledové betonové plochy budou provedeny z pohledového betonu takovým způsobem, aby nevznikla nutnost uplatnění ochranných uzavíracích nátěrů.

Betonové části ve styku se zemínou budou opatřeny asfaltovým penetračním nátěrem a asfaltovým nátěrem.

2.6. Požadavky na použité materiály

Beton

Nosná konstrukce

třída	C40/50 XD1
charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$
návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \frac{40}{1,5} = 22,667 \text{ MPa}$
charakteristická pevnost v tahu	$f_{ctm} = 3,50 \text{ MPa}$
návrhová pevnost v tahu	$f_{ctd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ctm}}{\gamma_c} = 0,85 \frac{3,5}{1,5} = 1,983 \text{ MPa}$
modul pružnosti	$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$
poměrné přetvoření betonu na mezi únosnosti	$\varepsilon_{cu3} = -0,35\%$

Spodní stavba

Opěra:	C30/37 XF2
Základ:	C30/37 XA1

Předpínací výztuž

třída	Y 1860 S19 - 15,6 - A
charakteristické pevnosti	$f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$
	$f_{p0,1k} = 1670 \text{ MPa}$
návrhová pevnost	$f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_s} = \frac{1670}{1,15} = 1452,174 \text{ MPa}$

modul pružnosti	$E_p = 195 \text{ GPa}$
plocha předpínacího lana 15,6%“	$A_p = 150 \text{ mm}^2$

Betonářská výztuž

třída	B 550 B
charakteristická mez kluzu	$f_{yk} = 550 \text{ MPa}$
návrhová mez kluzu	$f_{yd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s} = \frac{f_{yk}}{1,15} = 478,26 \text{ MPa}$
modul pružnosti	$E_s = 200 \text{ GPa}$

2.7. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Při realizaci stavby je nutno dodržovat všechny platné směrnice, předpisy a normy ČSN, včetně dodržování předpisů o bezpečnosti a ochraně zdraví pracujících platných v době provádění stavby. Pro bezpečnost práce a provoz technických zařízení při stavebních pracích platí zejména zákon č.262/2006Sb, č.591/2006Sb, nařízení vlády č.178/2001Sb, 148/2006Sb, vyhláška 415/2003Sb, 601/2006Sb. Základní zásady a požadavky pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci jsou dány zákonem č.309/2006Sb a platnými právními předpisy uvedenými v §23 tohoto zákona. Dále platí vyhlášky a nařízení související.

Všichni pracovníci zhotovitele budou s předpisy prokazatelně seznámeni.

2.8. Vliv stavby na životní prostředí

Most byl navržen takovým způsobem, aby svým tvarem co nejcitlivěji zapadnul do okolní krajiny. Projekt musí v maximální možné míře splňovat požadavky životního prostředí. Při výstavbě nesmí dojít ke kontaminaci životního prostředí kapalinami používanými pro provoz mechanizace ani žádným jiným způsobem. Po dokončení stavby musí být území stavbou dotčené rekultivováno do původního stavu.

III. Závěr

Když jsem začal pracovat na této mé bakalářské práci, snažil jsem se vycházet co nejvíce ze zadání, kde stálo, že se mám zaměřit na porovnání železobetonové a předpjaté varianty. Po krátkém rozmýšlení jsem se rozhodnul, že aby bylo možné efektivně porovnávat oba návrhy, bude nejlepší vypracovat program v programu Microsoft Office Excel. Zaměřil jsem se proto na vypracování takových programů, které by mi pomohly s návrhem rozměrů průřezu a jeho posudkem.

První návrh dimenzí mostu a výpočet zatížení jsem provedl v programu SCIA Engineer 2012, kde jsem vymodeloval předběžný návrh jako prostý nosník. Tento model jsem vytvořil jako H-trám s konstantním průřezem trámu. Ten jsem zprůměroval tak aby jeho průměrná výška odpovídala stejnému objemu materiálu jako u parabolického nosníku s výškou v polovině rozpětí $h=2,000\text{m}$. S tímto výstupem bylo možné zadat do mých programů v excelu vnitřní síly a udělat první posudek jak železobetonové, tak předpjaté varianty. Z výsledku těchto posudků šlo vyvodit dva závěry.

Železobetonová varianta lze navrhnout na mezní stav únosnosti. Nevyhoví však na mezní stav použitelnosti, kde napětí v betonu překročí limity napětí pro charakteristickou kombinaci stejně jako ve výztuži a průřez bude značně oslaben trhlinami. V mezním stavu použitelnosti – omezení přetvoření – bylo následně zjištěno, že průhyb pak také překročil povolené limity (vycházel jsem z podmínky ČSN $w_{\max}=l/600$). Z těchto důvodů byly dimenze trámu pro tuto variantu zvoleny nedostatečně a v další optimalizaci bylo třeba je zvýšit.

Předpjatou variantu, která vychází ze stejného modelu, bylo možné úspěšně dimenzovat a posoudit na oba mezní stavy.

Na základě tohoto poznatku jsem se rozhodnul vymodelovat dva různé modely. Pro železobetonovou variantu jsem zvolil už jako desko-stěnový model, kde byly namodelovány trámy s proměnným průřezem. Výšku trámu jsem s pomocí mého programu v Excelu zvětšil tak, aby vyhověla posudkům na mezní stavy. Při tomto postupu jsem navýšil výšku trámu v polovině rozpětí z $2,000\text{m}$ na $2,400\text{m}$. V tomto rozměru byl trám již schopen vyhovět na podmínky omezení napětí. Podmínka pro omezení dotvarování však splněna nebyla.

V podobném duchu jsem pracoval s předpjatou variantou, kterou jsem také modeloval již jako desko-stěnový nosník. Protože však tato varianta již vyhověla v předchozím předběžném výpočtu, zmenšil jsem výšku průřezu v polovině rozpětí na $1,900\text{m}$. (Pokusil jsem se zmenšit tuto výšku ještě jednou na $1,800\text{m}$. V této variantě již bylo velmi těžké navrhnout průměrný předpínací kabel v daných limitech, intervalech $e_{\max}$ a $e_{\min}$.) V předpjaté variantě jsem se proto rozhodnul pro výšku v polovině rozpětí $h=1,900\text{m}$.

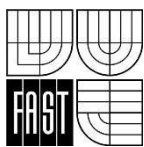
Při porovnávání obou variant jsem došel touto iterací k závěru, že trámy v předpjaté variantě budou menší a ne tak robustní jako trámy železobetonové varianty. Dojde také k úspoře materiálu v porovnání o 22%. Na základě těchto podrobnějších výpočtů jsem se rozhodnul zvolit jako neefektivnější předpjatou variantu a vytvořit k ní výkresovou dokumentaci.

IV. Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [2] ČSN EN 1992-2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí: Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [3] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o, 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.
- [4] ČAMBULA, Jaroslav a Vladislav HRDOUŠEK. *Navrhování mostních konstrukcí podle Eurokódů*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010, 341 s. ISBN 978-80-87093-90-0.
- [5] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů*. Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [6] Freyssinet. Freyssinet [online]. Katalog produktů. Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/195-prospekty>

V. Seznam zkratk a symbolů

f_{ck}	- charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	- návrhová válcová pevnost betonu v tlaku
f_{ctm}	- charakteristická pevnost betonu v tahu
γ_{cc}	- dílčí součinitel spolehlivosti betonu
ε_{cu3}	- mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku
f_{yk}	- charakteristická hodnota meze kluzu betonářské oceli
f_{yd}	- návrhová hodnota meze kluzu betonářské oceli
$f_{p0,1k}$	- charakteristická pevnost předpínací výztuže
f_{pd}	- návrhová pevnost předpínací výztuže
γ_s	- dílčí součinitel spolehlivosti betonářské oceli
E_{cm}	- modul pružnosti betonu
E_p	- modul pružnosti předpínací výztuže
E_s	- modul pružnosti betonářské výztuže



VI. Seznam příloh

- I. P1 Použité podklady, studie návrhu mostu
- II. P2 Statický výpočet
- III. P3 Výkresová dokumentace