



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

MOST PŘES ŽELEZNIČNÍ TRAŤ

BRIDGE OVER RAILWAY LINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Prekop

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Michal Prekop
Název	Most přes železniční trať
Vedoucí práce	Ing. Josef Panáček
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

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

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry.

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.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný problém navrhnete dvě až tři studie řešení a zhodnotíte je.

Podrobný statický výpočet nosné konstrukce vybrané studie mostu provedte podle mezních stavů.

Upřednostněte řešení s postupnou výstavbou.

Řešte pouze vnitřní oddílovou část mostu. Most můžete oproti podkladům prodloužit na úkor navazujících krajních částí.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a studie 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)

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

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Josef Panáček
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem silničního mostu kategorie S7,5 na katastrálním území obce Polanka nad Odrou. Byly navrženy tři možné studie. Pro podrobnější zpracování byla vybrána studie komorového nosníku se šikmými stěnami. Výstavba mostu proběhne postupnou výstavbou na pevné skruži. Výpočet účinků zatížení je proveden pomocí výpočetního softwaru Midas Civil 19 v 2.1. a Scia Engineer 19.1. Vybraná studie byla posouzena dle platných evropských norem.

KLÍČOVÁ SLOVA

komorový most, předpjatý beton, statický výpočet, prutový model, časově závislá analýza, Midas Civil, Scia Engineer, mezní stav použitelnosti, mezní stav únosnosti

ABSTRACT

Diploma thesis is focused on a design of the road bridge of the category S7,5 in cadastral territory of a municipality Polanka nad Odrou. Three preliminary studies have been proposed. Box girder beam with a slant walls were selected for more detailed processing. Construction of the bridge is going to be build by time-dependent analysis on a solid formwork. The calculation of load is done by using computer software Midas Civil 19 v 2.1. and Scia Engineer 19.1. Selected preliminary was assessed according to the recent European standards.

KEYWORDS

box girder bridge, prestressed concrete, static calculation, beam model, time-dependent analysis, Midas Civil, Scia Engineer, serviceability limit state, ultimate limit state

MOST PŘES ŽELEZNIČNÍ TRATĚ

Vypracoval: Bc. Michal Prekop

V akademickém roce: 2019/2020



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Michal Prekop *Most přes železniční trať*. Brno, 2019. 29 s., 316 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Josef Panáček

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Most přes železniční trať* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Michal Prekop
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Most přes železniční trať* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Michal Prekop
autor práce

MOST PŘES ŽELEZNIČNÍ TRÁŤ

Vypracoval: Bc. Michal Prekop

V akademickém roce: 2019/2020



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Josefu Panáčkovi za odborné rady a cenné připomínky k dané problematice. Dále bych chtěl poděkovat kolegům za možnost odborné konzultace a paní Olze za jazykovou korekturu práce. V neposlední řadě patří poděkování mé přítelkyni Michaelle, rodině a přátelům za podporu po celou dobu studia.

Obsah

1. Úvod.....	- 10 -
2. Zadání a studie.....	- 10 -
2.1. Poloha zájmového území.....	- 10 -
2.2. Studie.....	- 11 -
2.2.1 Studie 1: Dvoutrámový nosník.....	- 11 -
2.2.2 Studie 2: Komorový nosník se svislými stěnami.....	- 12 -
2.2.3 Studie 3: Komorový nosník se šikmými stěnami.....	- 13 -
2.2.4 Vyhodnocení studií.....	- 14 -
3. Základní informace.....	- 14 -
3.1. Identifikační údaje vybrané konstrukce.....	- 14 -
3.2. Parametry nosné konstrukce.....	- 15 -
3.3. Použité materiály.....	- 15 -
3.4. Převáděná komunikace.....	- 16 -
3.5. Šířkové uspořádání:.....	- 16 -
3.6. Skladba vozovky.....	- 16 -
3.7. Přemostované překážky.....	- 16 -
3.8. Vztah k území.....	- 17 -
3.9. Geologické poměry.....	- 17 -
3.10. Založení.....	- 17 -
3.11. Spodní stavba.....	- 17 -
3.12. Římsy.....	- 17 -
3.13. Záchytné systémy.....	- 17 -
3.14. Mostní závěry.....	- 17 -
3.15. Izolace mostu.....	- 17 -
3.16. Odvodnění nosné konstrukce.....	- 18 -
3.17. Ložiska.....	- 18 -
4. Statický výpočet.....	- 18 -
4.1. Statický model.....	- 18 -
4.2. Geometrie průřezu.....	- 19 -
4.3. Výpočet efektivní spolupůsobící šířky.....	- 19 -
4.4. Výpočet zatížení.....	- 19 -
4.5. Mezní stav použitelnosti.....	- 19 -

4.6.	Mezní ohybová únosnost.....	- 20 -
4.7.	Mezní smyková únosnost.....	- 21 -
4.8.	Podélný smyk.....	- 22 -
4.9.	Příčný směr	- 22 -
4.10.	Příčník.....	- 23 -
4.10.1	Úvod.....	- 23 -
4.10.2	Geometrie modelu.....	- 23 -
5.	Časově závislá analýza.....	- 25 -
5.1.	Úvod.....	- 25 -
5.2.	Fáze výstavby.....	- 25 -
6.	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci.....	- 26 -
7.	Vliv stavby na životní prostředí.....	- 26 -
8.	Závěr.....	- 27 -
9.	Seznam použitých zdrojů	- 28 -
9.1.	Seznam použitých norem	- 28 -
9.2.	Seznam použité literatury	- 28 -
9.3.	Použité informační zdroje	- 28 -
9.4.	Seznam použitého softwaru.....	- 28 -
10.	Seznam příloh	- 29 -

1. Úvod

Úkolem diplomové práce je návrh přeložky silnice II/478, kategorie S7,5/70 v katastrálním území obce Polanka nad Odrou. Návrh přeložky je nutný z důvodu výstavby nového železničního koridoru Přerov – Ostrava a zároveň bude sloužit jako obchvat obce Polanka nad Odrou pro vozidla mířící směrem Ostrava – Poruba. Celá konstrukce mostu se skládá ze tří dilatačních celků, kde pro podrobnější zpracování je vybrána prostřední část konstrukce komorového průřezu. Hlavním úkolem diplomové práce je návrh a posouzení hlavní nosné konstrukce mostu. Vybranou studií je komorový nosník, konstantní výšky 2810 mm, se šikmými stěnami. Spodní deska a stěny jsou vždy od 1/5 rozpětí pole k podpoře náběhovány. Výstavba proběhne na pevné skruži. Výpočet účinků zatížení je provedeno pomocí výpočetního programu Midas Civil 19 v 2.1 a Scia Engineer 19.1. V programu Midas Civil 19 v 2.1 byl vytvořen prutový model, který slouží k výpočtu podélného směru hlavní nosné konstrukce. Uvažuje s postupnou výstavbou s časově závislou analýzou, dále také s dotvarováním a smršťováním betonu. V programu Scia Engineer 19.1 byl vytvořen prutový model, který slouží k výpočtu příčného směru a výpočtu příčníku.

2. Zadání a studie

2.1. Poloha zájmového území

Řešený úsek silnice II/478 se nachází mezi obcemi Polanka nad Odrou a Stará Bělá. Nahrazuje stávající železniční přejezd z důvodu výstavby nového železničního koridoru Přerov – Ostrava a zároveň bude sloužit jako obchvat obce Polanka nad Odrou pro vozidla mířící směrem Ostrava – Poruba.



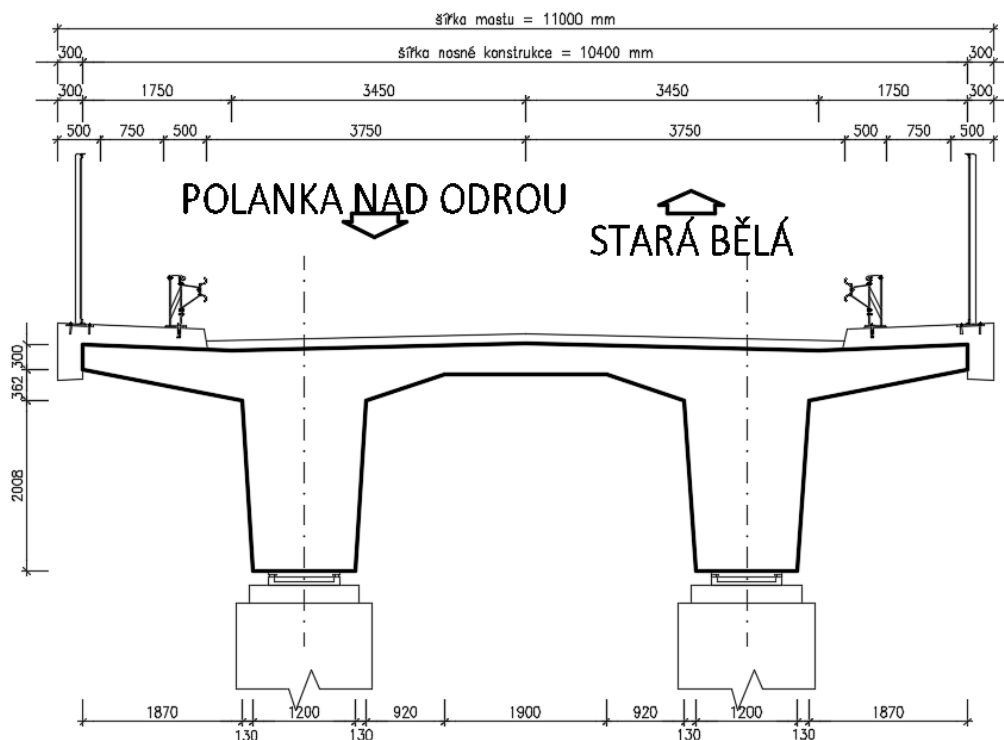
Obr.: Poloha zájmového území

2.2. Studie

Byly vypracovány tři různé studie tvaru konstrukce. Vítězná studie byla vybrána na základě estetiky, proveditelnosti a rozpočtu.

2.2.1 Studie 1: Dvoutrámový nosník

Oba jízdní směry silnice II/478 jsou převáděny po jedné nosné konstrukci tvořené spojitým nosníkem o čtyřech polích a celkovou délkou nosné konstrukce 161,5 m. Rozpětí jednotlivých polí je 34,0 m + 46,0 m + 46,0 m + 34,0 m. Nosnou konstrukci tvoří dvoutrámový nosník konstantní výšky 2,6 m se skloněnými stěnami. Horní deska nosné konstrukce je tvarována dle příčného sklonu komunikace a nouzového chodníku. Předpětí konstrukce je projektováno soudržnými kabely. Výstavba mostu proběhne na pevné skruži. Dvoutrámové nosníky s rozpětím do 50 m se jeví jako velmi ekonomicky výhodné. Další výhodou je jednoduchá geometrie a s tím spojená snadná realizace nosné konstrukce. Mezi nevýhody patří to, že každá stojka musí mít vlastní sloup, což by s navazujícími částmi konstrukce stejného geometrického tvaru vedlo na les stojek. Řešením by bylo vybudování jednoho pilíře místo dvou, s čímž ale souvisí výrazné navýšení nákladů.



Obr. Schéma příčného řezu

Viz příloha:

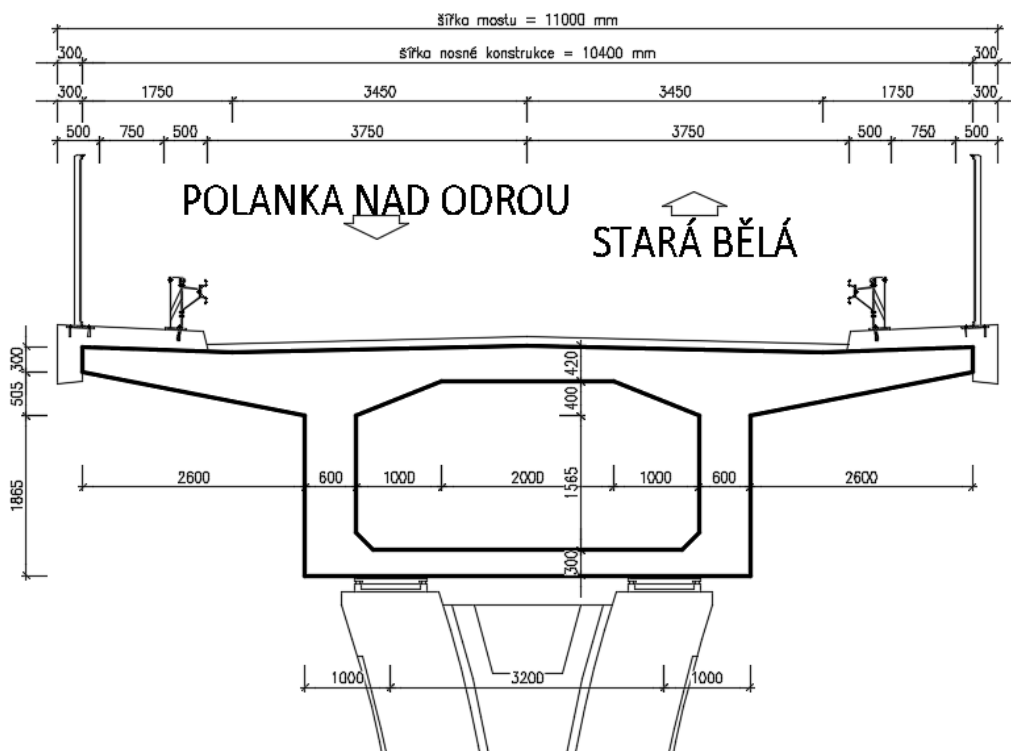
P1.03 – PŮDORYS STUDIE 1

P1.04 – PODÉLNÝ ŘEZ STUDIE 1

P1.05 – PŘÍČNÝ ŘEZ STUDIE 1

2.2.2 Studie 2: Komorový nosník se svislými stěnami

Oba jízdní směry silnice II/478 jsou převáděny po jedné nosné konstrukci tvořené spojitým nosníkem o čtyřech polích a celkovou délkou nosné konstrukce 161,5 m. Rozpětí jednotlivých polí je 34,0 m + 46,0 m + 46,0 m + 34,0 m. Nosnou konstrukci tvoří komorový nosník konstantní výšky 2,81 m se svislými stěnami. Horní deska nosné konstrukce je tvarována dle příčného sklonu komunikace a nouzového chodníku. Předpětí konstrukce je projektováno soudržnými kabely vedenými ve stěnách komory. Výstavba mostu proběhne na pevné skruži. Výhodou je podepření konstrukce jedním hlavním pilířem, a tak odpadá nevzhledný les stojek. Komorový nosník je vhodný i pro velká rozpětí. Nevýhodou jsou svislé stěny, které oproti dnešním trendům mohou působit zastarale.



Obr. Schéma příčného řezu

Viz příloha:

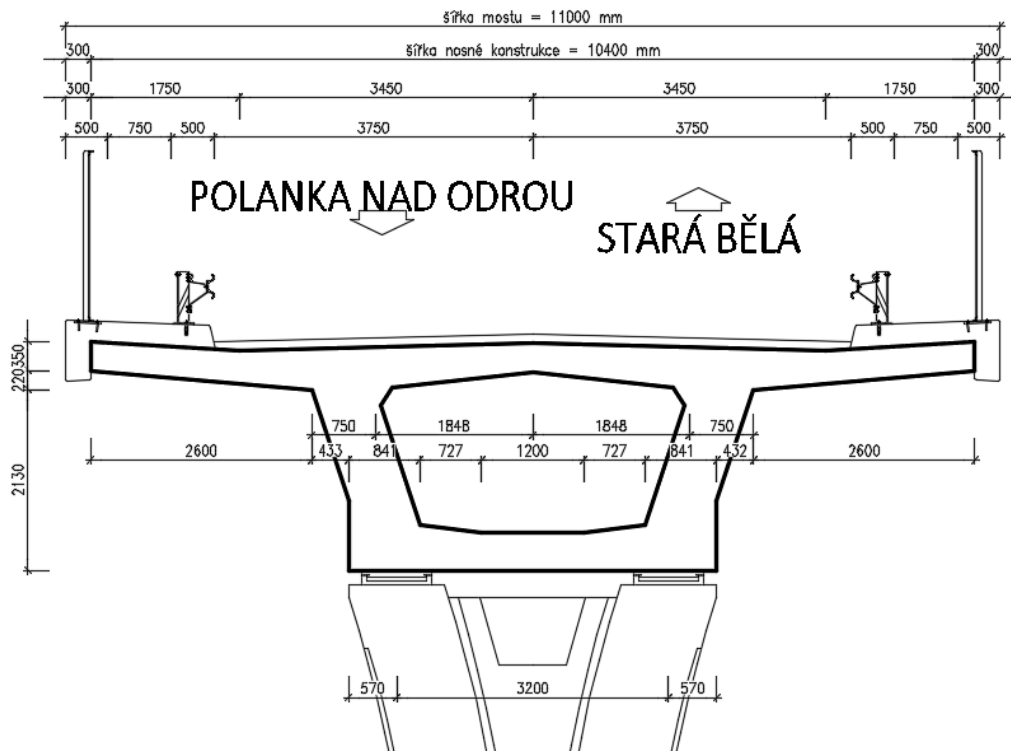
P1.06 – PŮDORYS STUDIE 2

P1.07 – PODÉLNÝ ŘEZ STUDIE 2

P1.08 – PŘÍČNÝ ŘEZ STUDIE 2

2.2.3 Studie 3: Komorový nosník se šikkými stěnami

Oba jízdní směry silnice II/478 jsou převáděny po jedné nosné konstrukci tvořené spojitým nosníkem o čtyřech polích a celkovou délkou nosné konstrukce 161,5 m. Rozpětí jednotlivých polí je 34,0 m + 46,0 m + 46,0 m + 34,0 m. Nosnou konstrukci tvoří komorový nosník konstantní výšky 2,81 m se svislými stěnami. Horní deska nosné konstrukce je tvarována dle příčného sklonu komunikace a nouzového chodníku. Předpětí konstrukce je projektováno soudržnými kabely vedenými ve stěnách komory. Výstavba mostu proběhne na pevné skruži. Výhodou je podepření konstrukce jedním hlavním pilířem, a tak odpadá nevzhledný les stojek. Komorový nosník je vhodný i pro velká rozpětí.



Obr. Schéma příčného řezu

Viz příloha:

P1.09 – PŮDORYS STUDIE 3

P1.10 – PODÉLNÝ ŘEZ STUDIE 3

P1.11 – PŘÍČNÝ ŘEZ STUDIE 3

2.2.4 Vyhodnocení studií

Z výše uvedeného vyplývá, že pro mostní konstrukce s více poli je z estetického hlediska vhodnější konstrukce s minimálním počtem podpěr. Konstrukce by měla působit moderním dojmem. Vzhledem k těmto důvodům byla vybrána studie 3, která tyto požadavky splňuje.

3. Základní informace

3.1. Identifikační údaje vybrané konstrukce

Stavba:	Silnice 478, Česká republika
Objekt:	SO 201
Název objektu:	Silniční nadjezd
Katastrální území:	Polanka nad Odrou [725081]
Kraj:	Moravskoslezský kraj
Okres:	Ostrava-město
Objednavatel:	Ředitelství silnic a dálnic ČR Na Pankráci 546/56 CZ-14505 Praha Tel.: +420 284 009 111
Investor:	Ředitelství silnic a dálnic ČR Na Pankráci 546/56 CZ-14505 Praha Tel.: +420 284 009 111
Nadřízený orgán investora:	Ministerstvo dopravy nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12 110 15 Praha 1
Uvažovaný správce mostu:	Ředitelství silnic a dálnic ČR Na Pankráci 546/56 CZ-14505 Praha Tel.: +420 284 009 111
Projektant:	Bc. Michal Prekop Hlavní 185, Pozlovice 763 26 Luhačovice
Pozemní komunikace:	Silnice II/478, kategorie S7,5/70
Přemostovaná překážka:	Železniční trať Přerov – Bohumín
Úhel křížení:	50 g
Volná výška pod mostem:	9,77 m
Přemostovaná překážka:	Osa budoucí VRT dle studie
Úhel křížení:	52,22 g
Volná výška pod mostem:	8,26 m

3.2. Parametry nosné konstrukce

Délka mostu:	161,50 m
Délka přemostění:	158,80 m
Délka nosné konstrukce:	160,00 m
Rozpětí polí:	34,00 + 2 x 46,00 + 34,00 m
Půdorys mostu:	most je v přímé
Podélný profil mostu:	vrcholový oblouk 2100,00 m
Šířka mostu:	11,00 m
Šířka mezi svodidly:	7,50 m
Šířka nosné konstrukce:	10,40 m
Šířka nouzového chodníku:	0,75 m
Výška mostu nad terénem:	proměnná 8,26 – 10,44 m
Stavební výška mostu:	2,79 m
Plocha mostu: (šířka mostu x délka mostu)	11,00 x 161,50 = 1776,50 m ²
Plocha nosné konstrukce: (šířka nosné konstrukce x délka mostu)	10,40 x 161,50 = 1679,60 m ²
Zatížení mostu:	uvažováno pro pozemní komunikace 1. skupiny dle ČSN EN 1991-1-2

3.3. Použité materiály

Beton

Základy:	C 20/25 – XC2, XF1
Pilíř:	C 30/37 – XC4, XD2, XF2
Nosná konstrukce:	C 35/45 – XC4, XD3, XF4
Monolitická římsa:	C 30/37 – XC4, XD3, XF4
Podkladní beton:	C 12/15 – X0

Ocel

Betonářská výztuž:	B550B
Betonářská výztuž:	B500B

Předpínací výztuž

Podélná soudržná výztuž:	Y 1860 S7 – 15,7 – A
--------------------------	----------------------

3.4. Převáděná komunikace

Převáděnou komunikací je silnice II/478 v kategorii S7,5 s oboustrannými nouzovými chodníky o šířce 0,75 m. Niveleta mostu střední části konstrukce se půdorysně nachází v přímé. Výškové vedení komunikace je ve vydutém oblouku poloměru $r = 2100$ m. Vrchol oblouku se nachází v místě konstrukce, tudíž most přechází ze stoupání na klesání ve směru staničení. Následuje sklon $-2,92$ %. Příčný sklon komunikace je střechovitý $2,5$ %. Sklon římsy a nouzového chodníku je 4 % v dostředném sklonu. Výška komory je konstantně v celém průřezu $2,81$ m.

3.5. Šířkové uspořádání:

Přesah římsy:	0,30 m
Přesah římsy + zábradlí:	0,50 m
Nouzový chodník:	0,75 m
Ocelové zábradelní svodidlo:	0,50 m
Zpevněná krajnice:	0,75 m
Jízdní pruh:	3,00 m
Jízdní pruh:	3,00 m
Zpevněná krajnice:	0,75 m
Ocelové zábradelní svodidlo:	0,50 m
Nouzový chodník:	0,75 m
Přesah římsy + zábradlí:	0,50 m
Přesah římsy:	0,30 m
Celková šířka mostu:	11,00 m

3.6. Skladba vozovky

Obrusná vrstva:	ACO 11+	60 mm
Spojovací postřík:		$0,3 \text{ kg/m}^2$
Ložní vrstva:	ACL 16+	40 mm
Spojovací postřík:		$0,3 \text{ kg/m}^2$
Izolace proti vodě:	AIP	10 mm
Celková tloušťka konstrukce vozovky:		110 mm

3.7. Přemostované překážky

Přemostovanou překážkou bude nově vybudovaný železniční koridor Přerov – Ostrava. Dalšími překážkami je stávající polní cesta.

3.8. Vztah k území

Stavba se nachází v katastrálním území obce Polanka nad Odrou v nadmořské výšce 220 m n. m.

3.9. Geologické poměry

Pro mostní objekt byl zpracován geotechnický průzkum, na jehož základě se rozhodlo, že se založení bude provádět na velkopřůměrových pilotách $\varnothing 900$ mm.

3.10. Založení

Předpokládá se založení na velkopřůměrových pilotách $\varnothing 900$ mm. Pod každou podpěrou se nachází 9 pilot, jejichž délka je 13,0 m. Celkově se tedy pod řešeným objektem nachází 45 pilot.

3.11. Spodní stavba

Jsou navrženy náběhované železobetonové pilíře tvaru "X". Výška pilířů se pohybuje od 9,4 m do 11,8 m a jsou uloženy na plošných základech 5,4 x 5,4 x 1,5 m, které jsou podpírány velkopřůměrovými pilotami. Pilíře jsou na bočních stranách opatřeny svislými drážkami. Svislé účinky jsou z nosné konstrukce do spodní stavby přenášeny přes hrncová ložiska.

3.12. Římsy

Navrženy jsou monolitické římsy C30/37 s betonářskou ocelí B500B. Pravá i levá římsa mají totožnou geometrii. Vyložení přes okraj nosné konstrukce je 300 mm. Římsy jsou oproti vozovce výškově odděleny o 185 mm, tvoří obrubu silnice. Na římsě je umístěn nouzový chodník šířky 750 mm. Horní povrch římsy je v dostředném sklonu 4 %. Na římsě jsou osazena svodidla, zábradlí a v místech nad železnicí i protidotyková zábrana. Římsa je do nosné konstrukce kotvena na předem připravené háky vyčnívající z nosné konstrukce.

3.13. Záchytné systémy

Po obou stranách komunikace je použito ocelové svodidlo JSNH4/N2 s výškou 750 mm. Vzdálenost svislých sloupků jsou 2 m a jsou kotveny do římsy pomocí kotevních šroubů. Svodidla jsou průběžná přes celou délku řešené konstrukce. Nad mostními závěry je požadována dilatační úprava. Na vnější stranách chodníku je požadováno ocelové zábradlí výšky 1100 mm nad povrchem římsy. Zábradlí jsou průběžná s výjimkou míst přechodu nad železničním koridorem. V místech přechodu konstrukce nad budoucí trasou železničního koridoru Přerov - Ostrava je nainstalována protidotyková zábrana výšky 2000 mm.

3.14. Mostní závěry

Nad oběma krajními podporami jsou navrženy elastické mostní závěry.

3.15. Izolace mostu

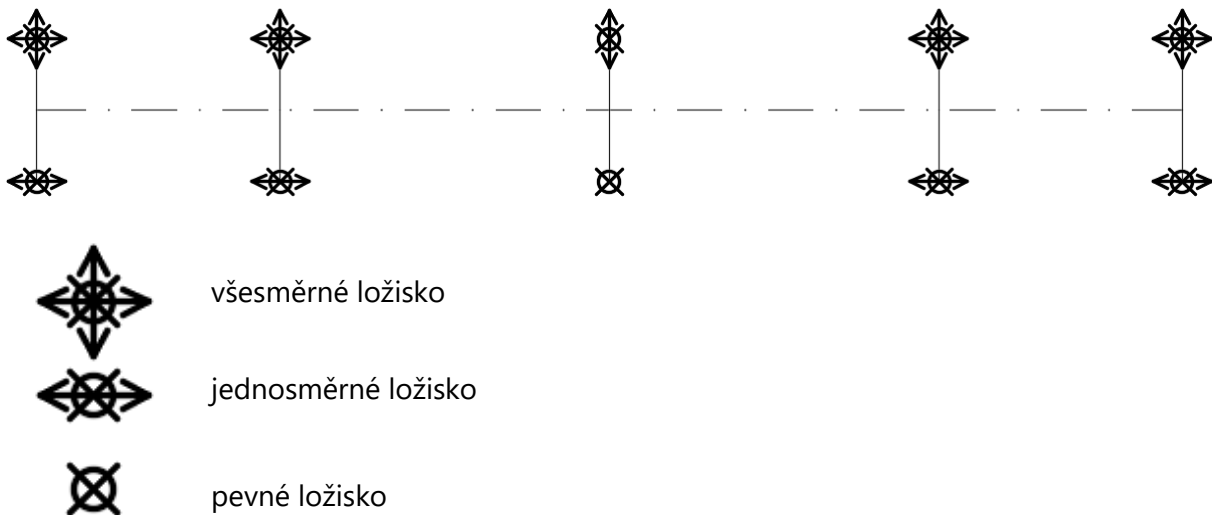
Izolace mostovky bude provedena celoplošně natavovanými asfaltovými izolačními pásy.

3.16. Odvodnění nosné konstrukce

Srážková voda je z povrchu mostu odváděna pomocí příčného i podélného sklonu. V nosné konstrukci jsou předem instalovány prostupy a příslušenství pro osazení mostních odvodňovačů.

3.17. Ložiska

Na všech podpěrách je navržena dvojice hrncových ložisek. Na podpěrách 1, 2, 4, 5 na levé straně ve směru staničení jsou navržena všesměrná ložiska. Na podpěrách 1, 2, 4, 5 na pravé straně ve směru staničení a na podpoře 3 na levé straně ve směru staničení jsou navržena jednosměrná ložiska. Na podpoře 3 na pravé straně ve směru staničení je navrženo pevné ložisko.



4. Statický výpočet

4.1. Statický model

Konstrukce je tvořena čtveřicí polí o rozpětí $34 + 46 + 46 + 34$ m. Délka nosné konstrukce je mezi teoretickými podporami 160 m. Přesah na každé ze stran je 0,75 m. Délka nosné konstrukce je tedy 161,5 m.

Statický model je vytvořen jako prutový v programu Midas Civil 19 v 2.1. Jedná se o spojitou prutovou konstrukci modelovanou v prostoru "rám XYZ" podepřenou vždy dvojicí ložisek v oblasti podpor. Pro přenesení svislých účinků z prutové konstrukce do spodní stavby byla vytvořena tuhá ramena. Výhodou použití prutových prvků je snadná interpretace výsledků vnitřních sil a deformací.

Vzhledem k délce mostu a praktické neproveditelnosti konstrukce v jedné etapě, je zvolena fázovaná výstavba. Statický model tedy zahrnuje účinky časově závislé analýzy. Pracovní spára se nachází vždy v $1/5$ rozpětí pole s výjimkou prvního pole.

4.2. Geometrie průřezu

Nosná konstrukce je tvořena dodatečně předepnutým komorovým nosníkem. Výška průřezu 2,68 m je konstantní v celé délce a odpovídá zhruba 1/18 rozpětí pole. Spodní deska výšky 300 mm je, z důvodu značných smykových sil, které nad podporou vznikají, náběhována na 450 mm. Rovněž i stěny průřezu, které mají tloušťku 600 mm, jsou náběhovány na 750 mm. V obou případech platí, že náběh zasahuje vždy do 1/5 rozpětí pole. Náběhy nad krajními podporami jsou navrženy z důvodu řádného zakotvení předpínací výztuže.

4.3. Výpočet efektivní spolupůsobící šířky

ČSN EN 1992-1-1 spolupůsobící šířka je stanovena dle efektivních šířek

4.4. Výpočet zatížení

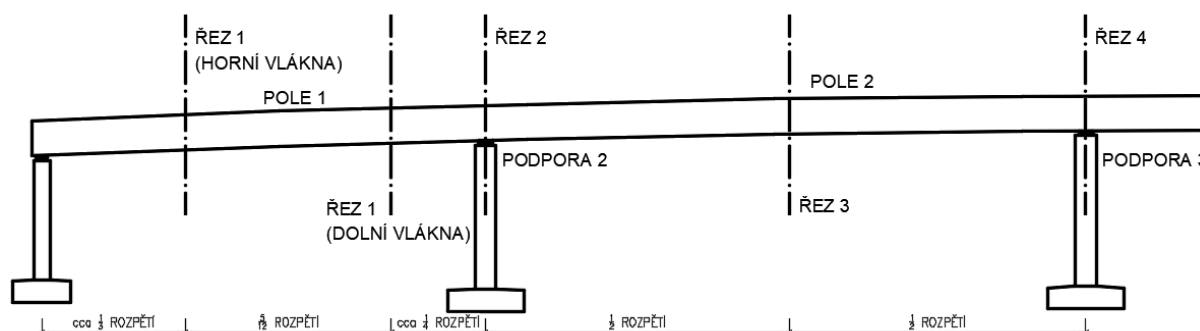
Výpočty byly provedeny dle platných Evropských norem

ČSN EN 1992-1-1: Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-2: Zatížení mostů dopravou

4.5. Mezní stav použitelnosti

V kapitole mezní stav použitelnosti bude konstrukce posouzena na napětí v betonu v čase uvedení do provozu $t_0 = 300$ dní a v čase projektované životnosti, tj. $t_{00} = 36500$ dní. Místa posouzení jsou znázorněna ve schématu konstrukce:



Omezení napětí v betonu musí být ověřeno, aby se zabránilo vzniku trhlin a mikrotrhlin na straně tažených vláken a rozdrčení betonu na straně tlačných vláken. Příliš velké napětí vede rovněž k velkému dotvarování konstrukce. Všechny výše uvedené vlivy nepříjemně ovlivňují funkčnost a mohou snižovat trvanlivost konstrukce. Trhliny lze připustit, aniž by se omezovala jejich šířka, za předpokladu, že nenaruší funkčnost konstrukce. Pro předpjaté konstrukce je šířka trhlin zásadní.

Charakteristická kombinace zatížení

Použití pro stavy trvalého poškození konstrukce, např. vznik podélných trhlin, překročení plastické meze výztuže nebo přílišné stlačení betonu. Doporučuje se omezit tlakové napětí na hodnotu $k_1 * f_{ck}$ tam, kde je konstrukce vystavena vlivům prostředí XD, XF a XS. Doporučená hodnota pro k_1 je 0,6.

Častá kombinace zatížení

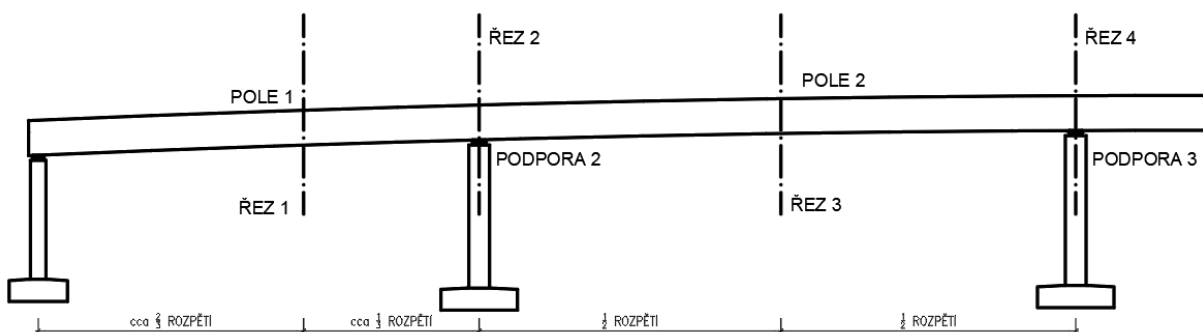
Použití pro vratné neboli opakované stavy. Je nutné tam, kde je konstrukce vystavena vlivu prostředí XD1.

Kvazistálá kombinace zatížení

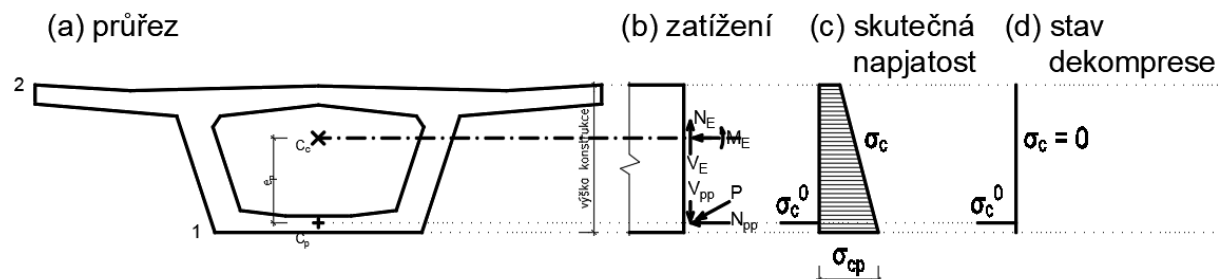
Použití pro dlouhodobé účinky a deformace (vzhled konstrukce). Předpoklad pro lineární dotvarování betonu je napětí betonu menší nebo rovno $k_2 \cdot f_{ck}$. Doporučená hodnota pro k_2 je 0,45.

4.6. Mezní ohybová únosnost

Pro posouzení mezního stavu únosnosti byly vybrány čtyři řezy. Umístění řezů je znázorněné ve schématu. Konstrukce je posuzována na konci životnosti.



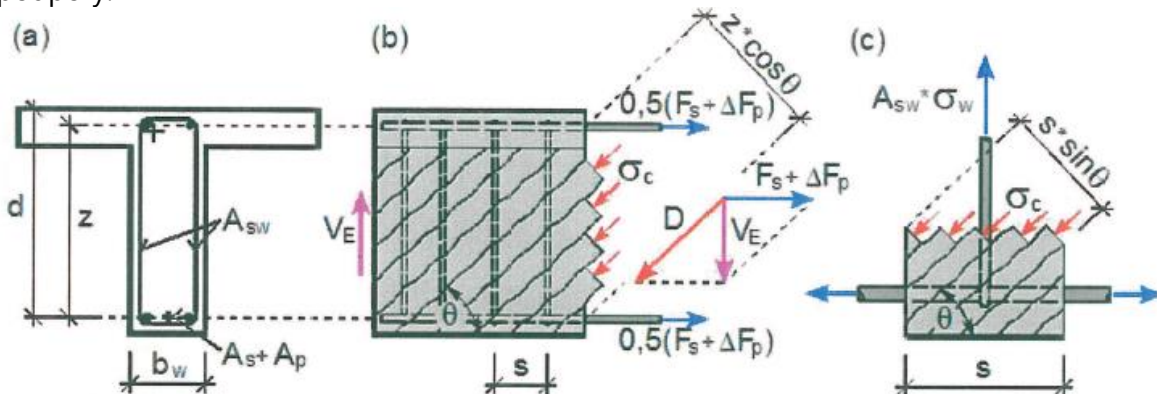
Abychom mohli k výpočtu únosnosti průřezu použít metody známé pro nepředjatý železobetonový beton, musíme jako výchozí stav uvažovat stádium, kdy je v betonu nulové napětí. To lze vyvodit působením vnější tahové síly. Tento stav se někdy v literatuře uvádí jako stav dekomprese.



K určení maximální únosnosti betonového průřezu byla použita metoda mezního přetvoření materiálu.

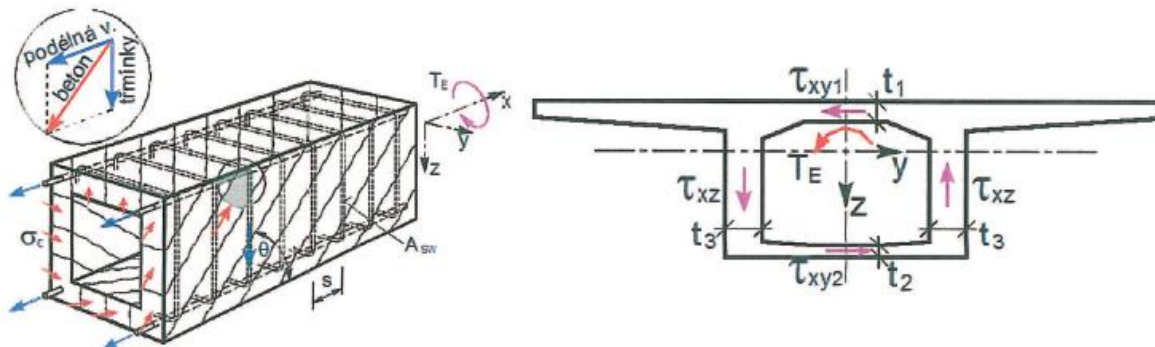
4.7. Mezní smyková únosnost

Pomocí příhradové analogie byla posouzena smyková únosnost stěny komorového nosníku. Metoda uvažuje variabilní úhel diagonál. Posouvající síly ovlivňují velikost síly v tažené podélné výztuži a v tlačném betonu. Podélná tažená výztuž musí být schopna přenést sílu od ohybového momentu, ale také přídavnou sílu od smyku. Musí ji být schopna přenést do podpory.



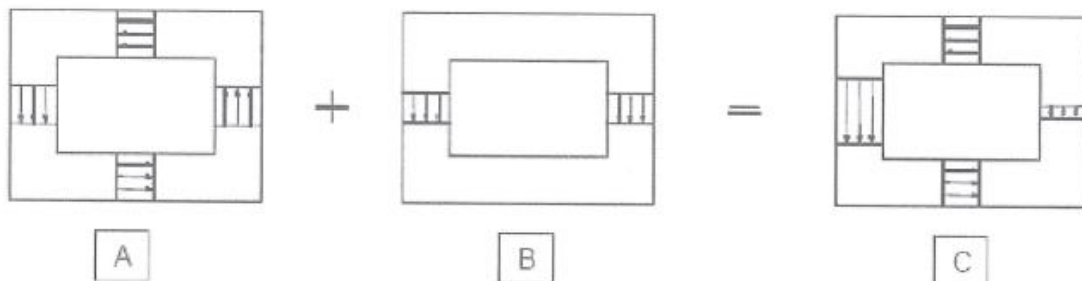
Obr. Podmínky rovnováhy příhradového modelu [1]

Je třeba uvažovat interakci smykového namáhání a kroucení komorového průřezu.



Obr. Vnitřní síly v průřezu přenášející kroucení [1]

Obr. Kroucení tenkostěnného komorového průřezu [1]



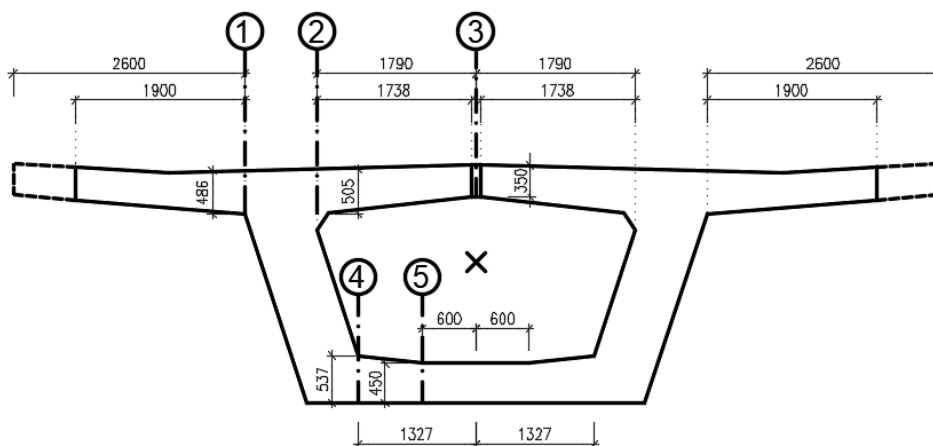
A Kroucení **B** Smyk **C** Kombinace

Obr. Kombinace účinků vnitřních sil v jednotlivých stěnách komorového průřezu [1]

Výpočet byl proveden pomocí výpočetního programu Midas Civil. Byly navrženy dva modely, kde v prvním se uvažovala maximální posouvající síla V_{Ed} a k tomu příslušné kroucení T_{Ed} . V druhém modelu se uvažovalo maximální kroucení T_{Ed} a k tomu příslušná posouvající síla V_{Ed} .

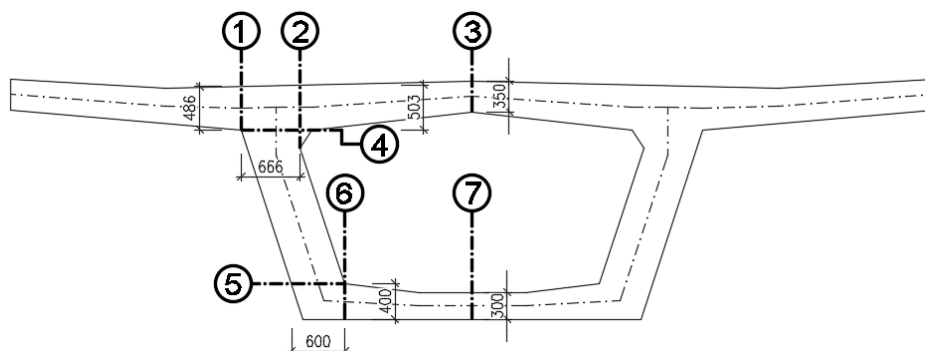
4.8. Podélný smyk

Vzniká u prvků se spolupůsobící deskou v místech mezi deskou a přilehlou stojinou. Výsledná betonářská výztuž bude kombinací podélné smykové výztuže s výztuží potřebnou pro přenesení příčného ohybu. Řezy posouzení jsou vyobrazeny v přiloženém schématu.



4.9. Příčný směr

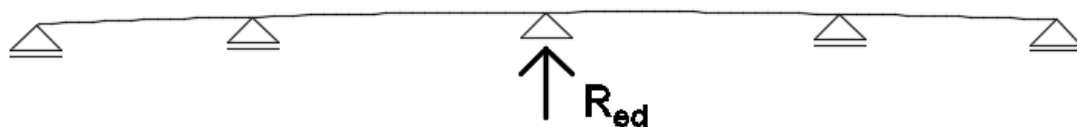
Výpočtový model byl vytvořen v programu SCIA Engineer 19.1. Model je tvořen pomocí prutů, které jsou spojeny rámově. Model je navržen na 1 bm konstrukce. Síly od pohyblivého zatížení jsou rozneseny do středové osy. Konstrukce bude posuzována celkem v 7 řezech. Místa řezů jsou zobrazena na schématu níže.



4.10. Příčník

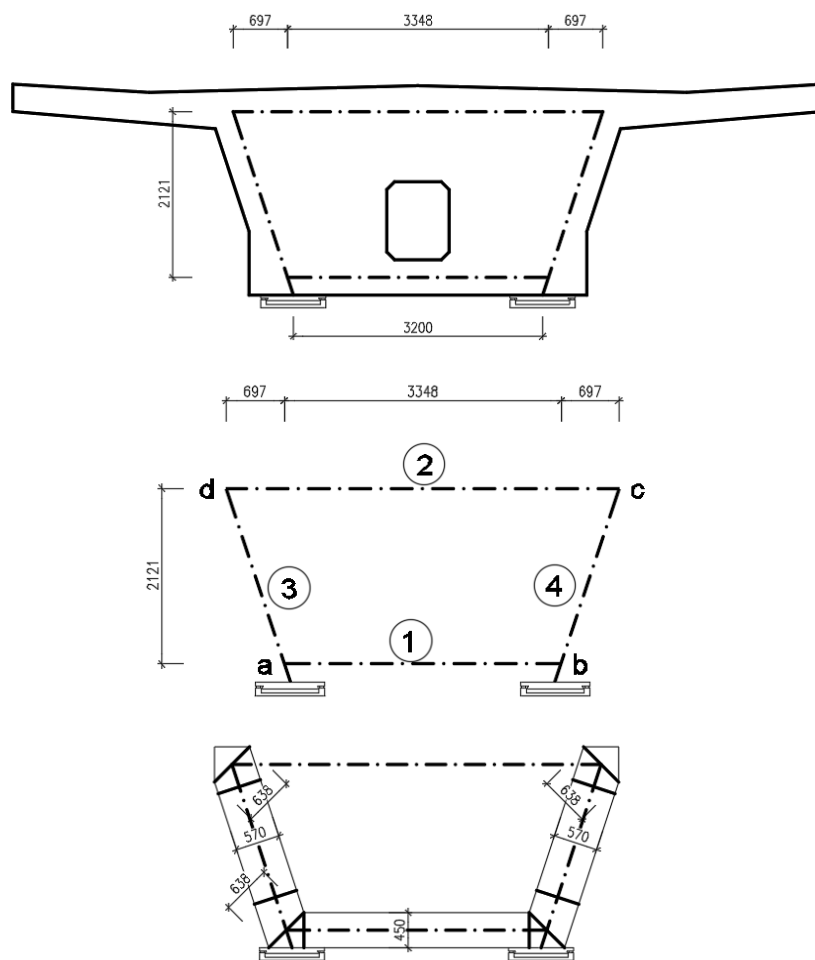
4.10.1 Úvod

Pro posouzení příčnicku jsou vytvořeny dva výpočtové modely tak, aby návrh výztuže byl co nejefektivnější a nespolehlivější. Oba modely jsou řešeny příhradovou analogií, kde do tažených oblastí je navržena tahová betonářská výztuž a vzpěry posouzeny na tlakové napětí. Uzly jsou rovněž posouzeny na tlakové napětí, popřípadě je posouzeno řádné zakotvení výztuže.

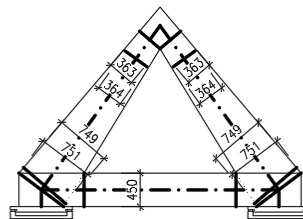
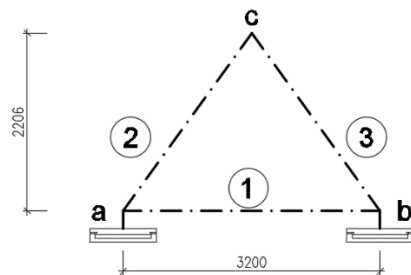
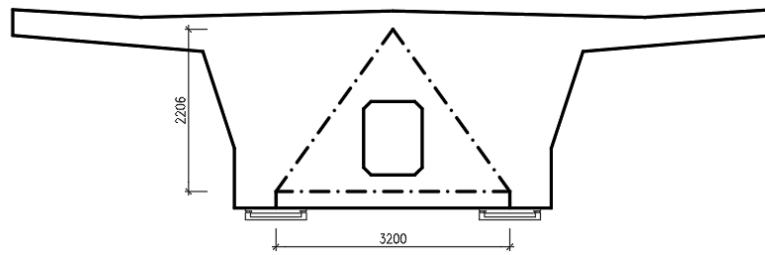


4.10.2 Geometrie modelu

Model 1



Model 2



5. Časově závislá analýza

5.1. Úvod

Délka konstrukce 160 m neumožňuje z praktického hlediska betonáž v jedné etapě. Betonování je proto rozděleno do čtyř částí na tzv. fáze výstavby. Během těchto fází se mění statické schéma konstrukce. Dochází ke ztrátám, dotvarování a smršťování betonu, změně vnitřních sil a přerozdělení napětí na základě toho, v jaké fázi se právě nacházíme.

5.2. Fáze výstavby

FÁZE 0: Předem připravené (0 dní; 0 dní)

- zhotovena spodní stavba
- výstavba skruže pro 1. pole
- vyarmované 1. pole

FÁZE 1: Betonáž 1. pole (5 dní; 5 dní)

- betonáž 1. pole délky 34 m a převislou konzolu 9,2 m zasahující do 2. pole

FÁZE 2: Předpětí 1. pole (1 den; 6 dní)

- oboustranné napnutí soudržných kabelů 1A, 1B, 1C, 1D na projektované napětí

FÁZE 3: Výstavba bednění pro 2. pole (22 dní; 28 dní)

- výstavba bednění pro 2. pole a převislou konzolu 9,2 m zasahující do 3. pole
- injektáž kanálků kabelů 1A, 1B, 1C, 1D

FÁZE 4: Betonáž 2. pole (5 dní; 33 dní)

- betonáž 2. pole délky 46 m a převislou konzolu 9,2 m zasahující do 3. pole

FÁZE 5: Předpětí 2. pole (1 den; 34 dní)

- oboustranné napnutí soudržných kabelů 2E, 2F, 2G, 2H na projektované napětí

FÁZE 6: Výstavba bednění pro 3. pole (22 dní; 56 dní)

- deaktivace bednění podpírající 1. pole
- výstavba bednění pro 3. pole a převislou konzolu 6,8 m zasahující do 4. pole
- injektáž kanálků kabelů 2E, 2F, 2G, 2H

FÁZE 7: Betonáž 3. pole (5 dní; 61 dní)

- betonáž 3. pole délky 46 m a převislou konzolu 6,8 m zasahující do 4. pole

FÁZE 8: Předpětí 3. pole (1 den; 62 dní)

- jednostranné napnutí soudržných kabelů 3A, 3B, 3C, 3D na projektované napětí

FÁZE 9: Výstavba bednění pro 4. pole (22 dní; 84 dní)

- deaktivace bednění podpírající 2. pole
- výstavba bednění pro zbývající část 4. pole
- injektáž kanálků kabelů 3A, 3B, 3C, 3D

FÁZE 10: Betonáž 4. pole (5 dní; 89 dní)

- betonáž zbývajících částí 4. pole

FÁZE 11: Předpětí 4. pole (1 den; 90 dní)

- jednostranné napnutí soudržných kabelů 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G, 4H na projektované napětí

FÁZE 12: Deaktivace bednění pro 3. pole (22 dní; 112 dní)

- deaktivace bednění podpírající 3. pole
- injektáž kanálků kabelů 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G, 4H

FÁZE 13: Deaktivace bednění pro 4. pole (10 dní; 122 dní)

- deaktivace bednění podpírající 4. pole

FÁZE 14: Aplikace říms, svodidel a zábradlí (30 dní; 152 dní)

- aplikace říms, svodidel a zábradlí v celé délce konstrukce

FÁZE 15: Okolní práce (140 dní; 292 dní)

- dostavba navazujících částí mostu
- terénní úpravy pod a kolem konstrukce

FÁZE 16: Aplikace vozovky (7 dní; 299 dní)

- aplikace živičné vozovky v tloušťce 110 mm na celou délku nosné konstrukce

FÁZE 17: Uvedení do provozu (1 den; 300 dní)

FÁZE 18: Konec životnosti konstrukce (36200 dní; 36500 dní)

6. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Při výstavbě je nutné pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci, požární ochranu a hygienu práce průběžně dodržovat všechna příslušná zákonná ustanovení, předpisy, závazné normy a předepsané pracovní postupy.

7. Vliv stavby na životní prostředí

Během stavebních prací spojených s výstavbou mostu může dojít k úniku pohonných hmot, hydraulických olejů a dalších náplní použitých mechanizačních prostředků. Při úniku ropných látek musí být ihned přerušena stavební činnost na staveništi mostu a musí být zahájeny práce spojené s jejich bezpečnou likvidací.

8. Závěr

Navržen byl dodatečně předpjatý komorový nosník se šikmými stěnami. Statický výpočet byl vypracován dle platných Evropských norem. Výpočet byl zjednodušen pro účely diplomové práce. Zanedbáno bylo zatížení větrem a sněhem. Byl proveden posudek dle teorie mezních stavů v souladu s ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady. Statický výpočet byl doplněn přehlednými a podrobnými výkresy.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Michal Prekop
autor práce

9. Seznam použitých zdrojů

9.1. Seznam použitých norem

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.

9.2. Seznam použité literatury

[1] NAVRÁTIL, J.: Předpjaté betonové konstrukce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2008.

STRÁSKÝ, J.: Betonové mosty, ČKAIT, Praha, 2001.

STRÁSKÝ, J.; NEČAS, R.: Betonové mosty II, Modul M01 – Technologie výstavby mostů, Studijní opora VUT FAST Brno, Brno, 2007.

STRÁSKÝ, J.; NEČAS, R.: Betonové mosty II, Modul M02 – Analýza betonových mostů, Studijní opora VUT FAST Brno, Brno, 2007.

STRÁSKÝ, J.; NEČAS, R.: Betonové mosty II, Modul M03 – Vybrané problémy navrhování mostů, Studijní opora VUT FAST Brno, Brno, 2007.

NEČAS, R., KOLÁČEK, J., PANÁČEK, J. Betonové mosty I: zásady navrhování. Brno: VUT Brno, 2014.

STRÁSKÝ, J.; NEČAS, R.: Betonové mosty I, Modul M01 – Základní principy navrhování, Studijní opora VUT FAST Brno, Brno, 2006.

PANÁČEK, J.: Betonové mosty I, Modul M03 – Spodní stavba a příslušenství mostních objektů, Studijní opora VUT FAST Brno, Brno, 2007.

9.3. Použité informační zdroje

<https://en.mapy.cz/zakladni?x=18.1963511&y=49.7783488&z=14>

<http://www.freyssinet.cz/>

9.4. Seznam použitého softwaru

Autodesk AutoCAD 2019

Midas Civil 19 v 2.1

Scia Engineer 19.1.

Microsoft Word 2016

Microsoft Excel 2016

ArchiCAD 22 - Graphisoft

Lumion

10. Seznam příloh

P1. POUŽITÉ PODKLADY A STUDIE ŘEŠENÍ

- P1.01 TEXTOVÁ ČÁST PRO STUDIE ŘEŠENÍ
- P1.02 PODKLADY – PODÉLNÝ ŘEZ, SITUACE, PŘÍČNÉ ŘEZY
- P1.03 SITUACE STUDIE 1
- P1.04 PODÉLNÝ ŘEZ STUDIE 1
- P1.05 PŘÍČNÝ ŘEZ STUDIE 1
- P1.06 SITUACE STUDIE 2
- P1.07 PODÉLNÝ ŘEZ STUDIE 2
- P1.08 PŘÍČNÝ ŘEZ STUDIE 2
- P1.09 SITUACE STUDIE 3
- P1.10 PODÉLNÝ ŘEZ STUDIE 3
- P1.11 PŘÍČNÝ ŘEZ STUDIE 3

P2. VÝKRESY – PŘEHLEDNÉ, PODROBNÉ A DETAILS

- P2.01 SITUACE
- P2.02 PODÉLNÝ ŘEZ
- P2.03 PŘÍČNÉ ŘEZY
- P2.04 VÝKRES BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE
- P2.05 VÝKRES PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE
- P2.06 DETAIL KOTVENÍ ŘÍMSY

P3. STAVEBNÍ POSTUP A VIZUALIZACE

- P3.01 TEXTOVÁ ČÁST PRO ČASOVĚ ZÁVISLOU ANALÝZU
- P3.02 POSTUPNÁ VÝSTAVBA
- P3.03 VIZUALIZACE

P4. STATICKÝ VÝPOČET