



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

DÁLNIČNÍ MOST PŘES ŠIROKÉ ÚDOLÍ

HIGHWAY BRIDGE OVER WIDE VALLEY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

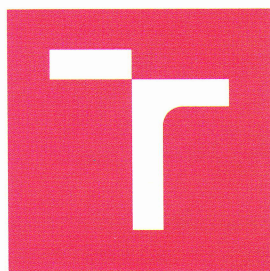
Bc. Eliška Mertová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

BRNO 2017



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
PRACOVISTĚ	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Eliška Mertová
NÁZEV	Dálniční most přes široké údolí
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

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



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

PODKLADY A LITERATURA

Geometrické zaměření terénu

Vedení nivelety

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 (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

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

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu provedete podle mezních stavů únosnosti a použitelnosti 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)

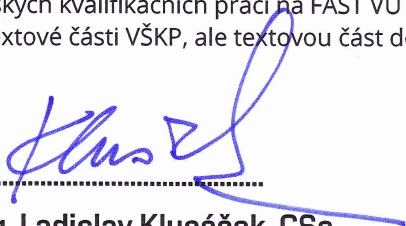
Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (3x), Popisný soubor závěrečné práce

Diplomová práce bude odevzdána 1x v listinné podobě a 1x v elektronické podobě na CD.

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).


doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT:

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout několik variant možného přemostění daného širokého a hlubokého údolí. Po zhodnocení bylo jako optimální řešení zvoleno vedení dálnice na jediné široké nosné konstrukci tvořené komorovým nosníkem s velmi vyloženými konzolami podepíranými šikmými prutovými vzpěrami. Nosná konstrukce z dodatečně předpjatého betonu bude postupně vysouvána a podepřena jednosloupovými podpěrami v ose dálnice.

Práce se skládá z podrobného návrhu této preferované varianty, který je proveden podle mezních stavů únosnosti a použitelnosti včetně zahrnutí vlivu fází výstavby mostu danou technologií vysouváním na jeho návrh.

KLÍČOVÁ SLOVA:

dálniční most, komorový nosník, prutové vzpěry, vysouvaná mostní konstrukce, výsuvný nos, dodatečně předpjatý beton, fáze výstavby, časově závislá analýza, deskostěnový model

ABSTRACT:

The aim of this diploma thesis was the design of three possible variants, how to span the wide and deep valley with a bridge. After an evaluation, situation of the highway on the only wide load-bearing structure which is constituted by a box girder with transverse cantilevers supported by prefabricated bar braces, was chosen as an optimal solving. The load-bearing structure made of post-tensioned concrete is going to be incrementally launched and be supported by one-column pillars along an axis of the motorway.

The work is composed of a detailed design of this preferred variant, which is processed according to the ultimate and serviceability limit state including the construction stage analysis of the bridge by the construction technology by an incremental launching method.

KEYWORDS:

highway bridge, box girder, bar braces, incrementally launched bridge, launching nose, post-tensioned concrete, construction stage analysis, time dependent analysis, slab-wall model

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Eliška Mertová *Dálniční most přes široké údolí*. Brno, 2017. 40 s., 277 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 12. 1. 2017

Bc. Eliška Mertová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych v první řadě ráda poděkovala panu doc. Ing. Ladislavu Klusáčkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování mé diplomové práce, za ochotu, vstřícnost a pozitivní přístup při konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za neustálou podporu během celého studia.

Obsah

1. ÚVOD	11
2. VARIANTY ŘEŠENÍ	12
2.1. VARIANTA 1	12
2.2. VARIANTA 2	13
2.3. VARIANTA 3	14
2.4. VARIANTA 4	15
2.5. ZHODNOCENÍ VARIANT	16
3. TECHNICKÁ A PRŮVODNÍ ZPRÁVA.....	16
3.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE MOSTU	16
3.2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTĚ	17
3.3. POPIS STAVBY MOSTU A JEHO ZDŮVODNĚNÍ	17
3.3.1. Účel mostu, zdůvodnění výstavby mostu.....	17
3.3.2. Zhotovení stavby	17
3.3.3. Přejímka	18
3.4. OBJEKTY STAVBY A VZTAH K ÚZEMÍ	18
3.4.1. Hlavní trasa.....	18
3.4.1.1. Směrové a výškové řešení komunikace na mostě.....	18
3.4.1.2. Šířkové uspořádání	18
3.4.2. Přemostňované překážky	19
3.4.3. Přeložky	19
3.4.4. Územní podmínky.....	19
3.4.5. Geotechnické podmínky.....	19
3.4.6. Převádění inženýrské sítě	19
3.5. STAVEBNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU	19
3.5.1. ZEMNÍ PRÁCE.....	19
3.5.2. ZALOŽENÍ	20
3.5.2.1. Základy.....	20
3.5.2.2. Piloty.....	20
3.5.3. SPODNÍ STAVBA.....	20
3.5.3.1. Podkladní beton	20
3.5.3.2. Krajní opěry	20
3.5.3.3. Střední podpěry	21

3.5.3.4.	Podložiskové bloky	21
3.5.3.5.	Ložiska	21
3.5.3.6.	Mostní křídla.....	21
3.5.3.7.	Přechodová deska	21
3.5.3.8.	4.2.6.8 Odvodnění za opěrami	21
3.5.3.9.	4.2.6.9 Izolace spodní stavby.....	21
3.5.4.	NOSNÁ KONSTRUKCE	22
3.5.5.	MOSTNÍ SVRŠEK A ODVODNĚNÍ	23
3.5.5.1.	4.2.8.1 Izolace a ochrana povrchu nosné konstrukce	23
3.5.5.2.	Vozovka	23
3.5.5.3.	Mostní závěry	23
3.5.5.4.	Římsy	23
3.5.5.5.	Odvodnění mostu	23
3.5.5.6.	Odvodnění izolace	24
3.5.6.	MOSTNÍ VYBAVENÍ	24
3.5.7.	ÚPRAVY KOLEM A POD MOSTEM.....	24
3.5.7.1.	Revizní schodiště	24
3.6.	POŽADAVKY NA MATERIÁLY.....	24
3.6.1.	BETONY.....	24
3.6.2.	PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ.....	25
3.6.3.	BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ.....	25
3.7.	STATICKÉ POSOUZENÍ.....	26
3.7.1.	Modely nosné konstrukce	26
3.7.1.1.	Model pro časově závislou analýzu TDA	26
3.7.1.2.	Model podélného směru vystihující finální stav konstrukce.....	27
3.7.1.3.	Model příčného směru	28
3.7.2.	Model podpěry	29
3.8.	VÝSTAVBA MOSTU.....	30
3.8.1.	Základy a pilíře.....	30
3.8.2.	Nosná konstrukce	30
3.8.3.	Údaje o předpínání	32
3.8.4.	Dokončení opěr a úprav za opěrami	33
3.8.5.	Mostní svršek.....	33



3.8.6.	Dokončovací práce a terénní úpravy	33
4.	BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI	34
5.	ZÁVĚR	34
6.	POUŽITÉ ZDROJE A MATERIÁLY	35
6.1.	Literatura	35
6.2.	Internetové zdroje	35
6.3.	Použité programy	37
7.	SEZNAM PŘÍLOH	38

1. ÚVOD

Úkolem této diplomové práce bylo na základě geometrického zaměření terénu a vedení nivelety zpracovat dvě až tři varianty možného převedení dálnice přes hluboké údolí, kdy je překonáváno několik překážek současně, a to silnice I. třídy, široké koryto řeky a železniční trať. Po zhodnocení všech variant se jeví jako optimální vést dálniční most po jediné nosné konstrukci z předpjatého betonu, která je tvořena komorovým nosníkem s velmi vyloženými konzolami podepíranými prutovými vzpěrami po délce mostu. Vzhledem ke složitému terénu a množství překonávaných překážek bude nosná konstrukce postupně vysouvána a podepřena v ose dálnice jednosloupovými podpěrami, které jsou rovněž řešeny jako nedílná součást konstrukce mostu.

Pro tento typ mostní konstrukce a technologii výstavby vysouváním je v programu Scia Engineer 15.1 vypracováno několik modelů pro analýzu vnitřních sil během výstavby, tak i ve finálním stavu v podélném a příčném směru. Návrh a posouzení je provedeno dle normy ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady.

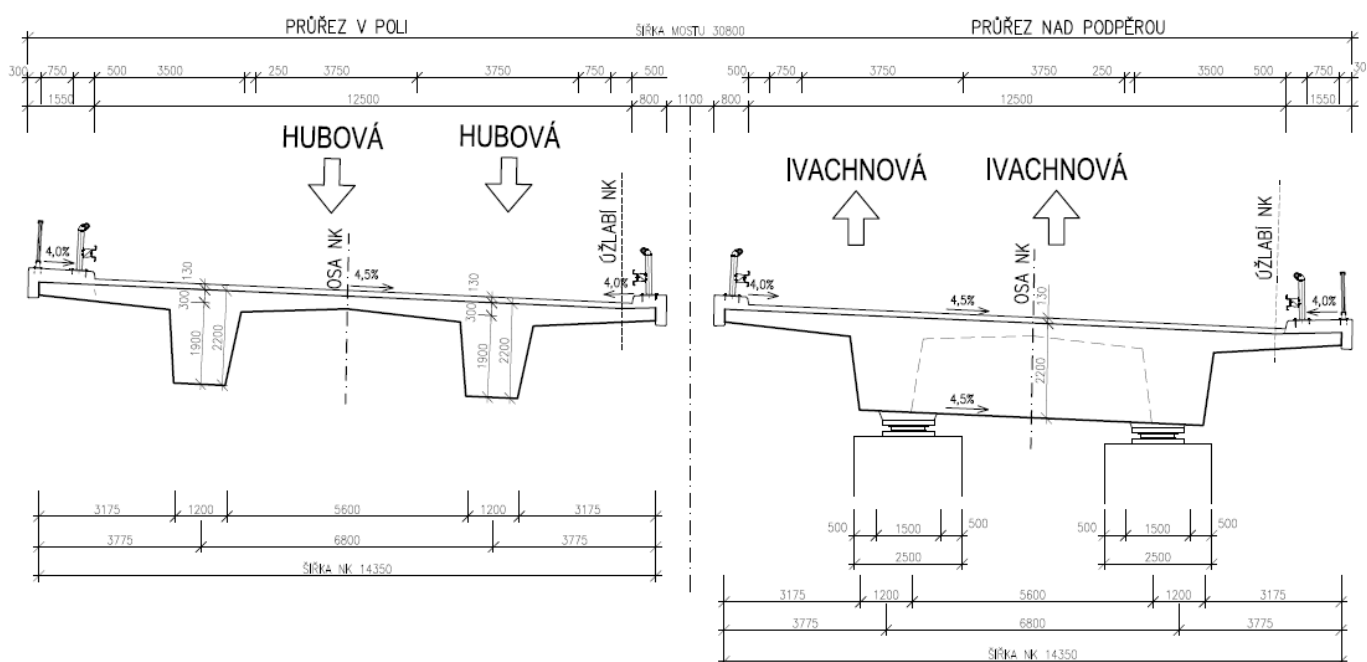
2. VARIANTY ŘEŠENÍ

2.1. VARIANTA 1

První variantou přemostění je vedení každého jízdního směru dálnice po samostatné nosné konstrukci tvořené dvoutrámovým nosníkem výšky 2,2 m. Konstrukce má celkem 7 polí o rozpětích $35 + 5 \times 44 + 35$ m. Jednotlivé trámy mají mírně skloněné stěny a jsou od sebe osově vzdáleny 6,8 m. Jelikož trasa dálnice je vedena v půdorysném oblouku je horní deska tloušťky v ose 0,3 m v dostředném sklonu 4,5 %. Jedná se o dodatečně předpjatou mostní konstrukci, kdy kabely jsou situovány uvnitř trámů.

Výhodou tohoto řešení je jednoduchá geometrie, rozšířený a známý typ konstrukce, s čímž souvisí i jednoduchost výstavby, která by mohla být realizována například na výsuvné skruži. Do rozpětí 45 m jsou dvoutrámové konstrukce ekonomickou variantou. V případě havárie či oprav na jedné z konstrukcí lze pro převedení dopravy využít druhou konstrukci.

Nevýhodou spatřuji v nutnosti stavět stejnou nosnou konstrukci a spodní stavbu dvakrát, což může výrazně prodloužit dobu potřebnou k celkovému dokončení stavby. Navíc dvojice sloupových podpěr u každé z konstrukcí zbytečně narušuje z určitých úhlů pohledů ráz krajiny tzv. lesem stojek.



Obrázek 1_Příčný řez varianty 1

Podélný a příčný řez varianty je součástí přílohy P1 – 01 – Varianta 1

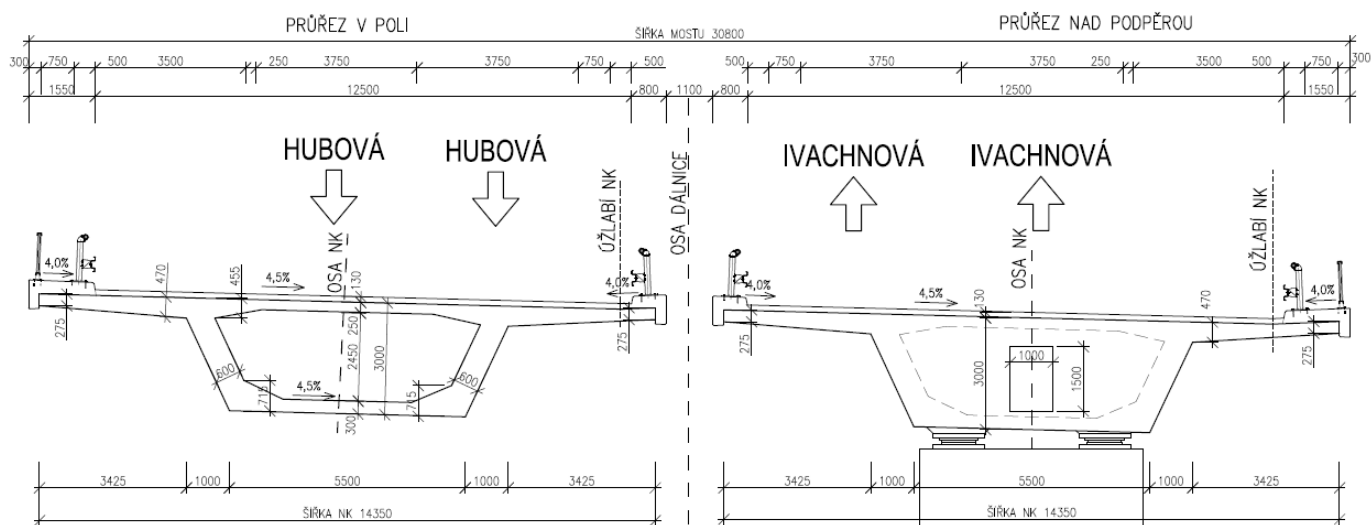
2.2. VARIANTA 2

Druhou variantu tvoří spojitý komorový nosník samostatný pro každý dopravní směr. Rozpětí jednotlivých polí je $35 + 5 + 44 + 35$ m. Nosné konstrukce obou polovin mostu jsou komorového průřezu šířky 14,35 m, s konstantní výškou 3,0 m a se skloněnými stěnami. Podpěry jsou tvořeny štíhlými pilíři v horní části opatřeny hlavami s lineárním rozšířením, aby bylo možné konstrukci osadit na dvojici ložisek zajišťující vetknutí mostovky v kroucení.

Postup výstavby je možný betonáží na výsuvné skruži nebo postupným vysouváním vzhledem k množství přemostovaných překážek. Podle způsobu výstavby je pak nutné navrhnout odpovídající typ předpětí a také výšku průřezu.

Výhodou této varianty je jednoduchá geometrie a zmíněný fakt, že v případě havárie či rekonstrukce jedné z konstrukcí lze pro zajištění neustálého provozu využít druhou konstrukci. Komorový nosník je také výhodnější k přenesení účinků od kroucení.

Nevýhodou může být opět větší počet podpěr, které do jisté míry znehodnocují krajinu. Při výstavbě obou polovin mostu současně je nutné zajistit veškeré technologické zařízení dvakrát, což je velmi neekonomické, nebo v případě výstavby jedné poloviny mostu a následně druhé se výrazně prodlouží doba dokončení stavby.



Obrázek 2...Příčný řez varianty 2

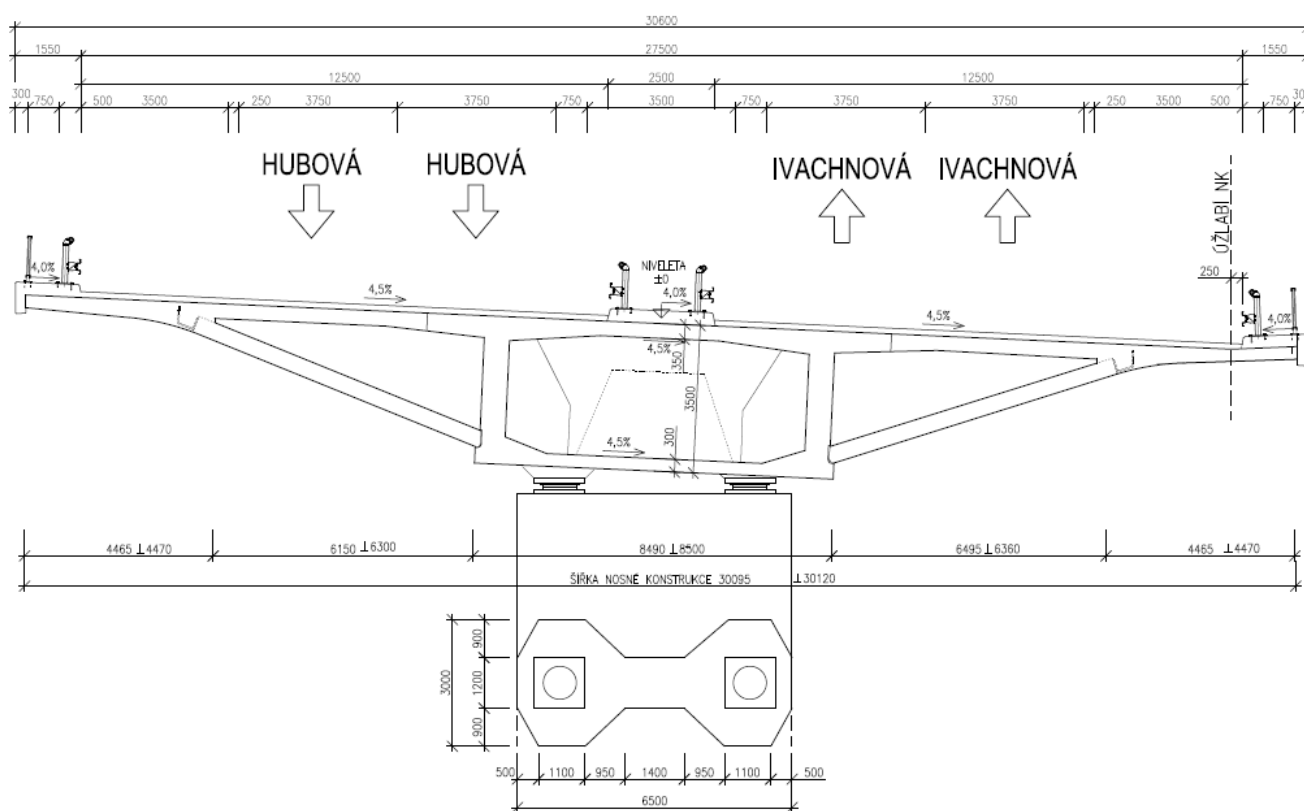
Podélný a příčný řez varianty 2 je součástí přílohy P2 – 02 – Varianta 2

2.3. VARIANTA 3

Třetí variantou je vedení dálnice po jediné široké nosné konstrukci tvořené komorovým nosníkem s velmi vyloženými příčnými konzolami, které jsou po délce mostu podepírané prefabrikovanými prutovými vzpěrami po vzdálenostech 4,0 m. Komora je podepřena jednosloupovými podpěrami situovanými v ose dálnice. Jedná se o sedmipolový most o stejných rozpětích jako v předchozích variantách 35 + 5 x 44 + 35 m a celkové délce 308,0 m. Redukce počtu polí a tím zvětšení jednotlivých rozpětí není možná z důvodu situování přemostňovaných překážek. Výstavba bude probíhat postupným vysouváním proti spádu od níže položené opěry. Během výsunu bude most předpínán přímými kabely vedenými v horní a spodní desce pro zajištění rovnoměrného předpětí v nosníku.

Hlavní výhodou tohoto řešení je převedení dálnice po jediné konstrukci, jejíž výstavbu je možné realizovat přibližně za stejnou dobu jako polovinu mostu v předchozích dvou variantách. Počet podpěr je minimalizován jednosloupovým podepřením v ose, čímž je zároveň eliminováno narušení rázu krajiny.

Je nutné zdůraznit také vysokou hmotnost vysouvané konstrukce, která dosahuje až 20 000 t. Vysoké zatížení vyžaduje individuální návrh jednotlivých ložisek. V případě výstavby vysouváním je také potřebný dvojí typ ložisek, a to hydraulicky rektifikovatelná ložiska do výrovny, na pilíře speciální kluzná ložiska, která je pak nutno vyměnit za definitivní. Další nevýhodou může být větší výška průřezu nutná pro možné uskutečnění výsunu nosné konstrukce.



Obrázek 3...Příčný řez varianty 3

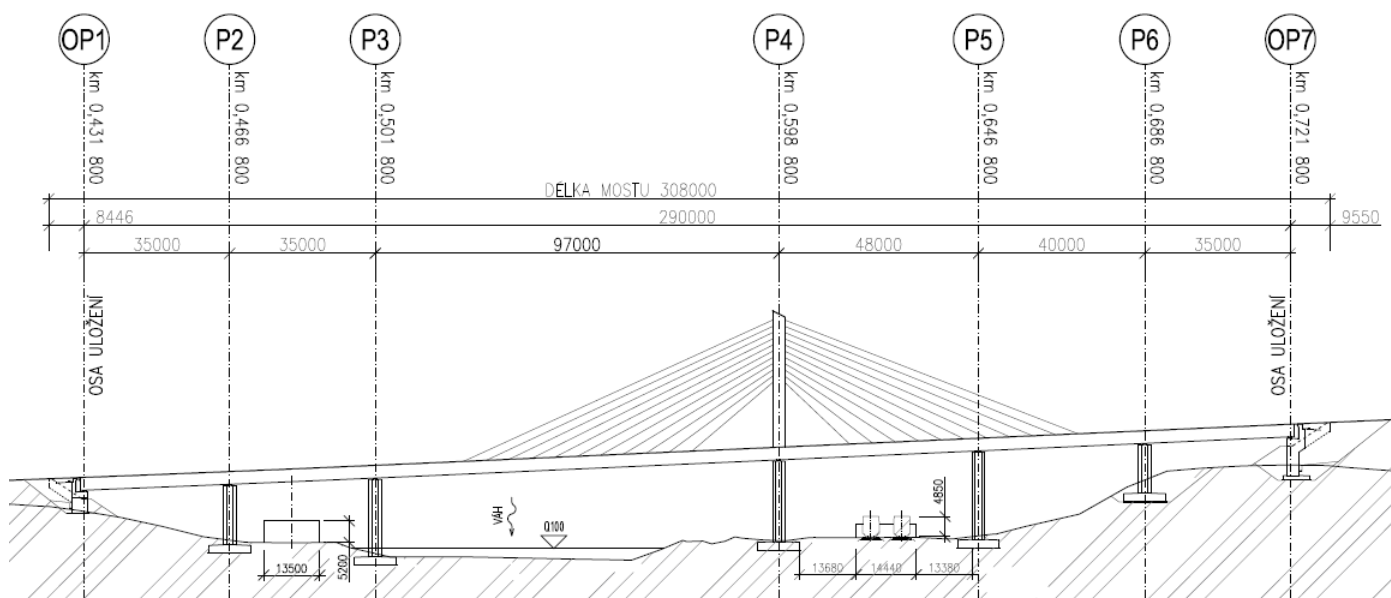
Podélný a příčný řez varianty 3 je součástí přílohy P3 – 03 – Varianta 3

2.4. VARIANTA 4

Čtvrtá varianta zavěšeného mostu byla navržena z důvodu snížení počtu polí a přemostění vodoteče, aniž by podpěra zasahovala do koryta řeky. Jedná se o šestipolovou konstrukci o rozpětí 2 x 35 + 97 + 48 + 40 + 35 m a celkové délce mostu 308 m. Dálnice je vedena po jediné široké mostní konstrukci tvořené, stejně jako u varianty 3, komorovým nosníkem s velmi vyloženými konzolami podepíranými prutovými nebo deskovými vzpěrami. Hlavní pole o rozpětí 97 m překonávající řeku a dvě přilehlá pole o rozpětích 48 a 40 m jsou zavěšena na jednosloupový ocelobetonový pylon, kdy zavěšení je situováno do osy dálnice. Možný způsob výstavby je metoda letmé betonáže, kdy komorový páteřní nosník je sestaven z prefabrikovaných segmentů a dodatečně betonovaných vnějších konzol.

Výhodu spatřuji ve snížení počtu polí, přemostění vodoteče bez nutnosti stavět podpěru v korytě řeky a v neposlední řadě je také nutné zmínit estetické hledisko.

Na druhou stranu v tomto případě není snížení počtu polí natolik zásadním důvodem, aby byla tato varianta opodstatněná. Rovněž náklady na výstavbu by byly oproti předchozím variantám vyšší.



Obrázek 4...Podélný řez zavěšeného dálničního mostu

Podélný řez varianty 4 je součástí přílohy P4 – 04 – Varianta 4

2.5. ZHODNOCENÍ VARIANT

Z výše uvedeného vyplývá, že optimální variantou přemostění je varianta 3, která nejméně naruší okolní ráz krajiny, převede dálniční komunikaci po jediné konstrukci a je vhodná pro výstavbu vysouváním.

Zároveň v podmínkách, kde nelze použít bednění na pevné skruži, čemuž odpovídá přemostění hlubokého údolí při současném překonávání silnice, železnice a širokého koryta řeky, je technologie vysouváním jednoznačně výhodná. I přes vyšší materiálovou náročnost zmiňované technologie, je tato metoda rychlá a vysoce efektivní, což je navíc pro zeměpisnou polohu stavby v horských podmínkách s relativně krátkou stavební sezónou žádoucí.

Proto tato varianta bude dále podrobně analyzována a staticky řešena. Aspekty výsunu je nutné promítnout do návrhu celkové konstrukce mostu.

3. TECHNICKÁ A PRŮVODNÍ ZPRÁVA

3.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE MOSTU

Stavba	D1 Hubová - Ivachnová
Objekt	č. SO 201
Název mostu	Most Hubová - Ivachnová
Katastrální území, obec	Žilina
Kraj	Žilinský
Investor	Žilinský kraj
Správce	Správce slovenských dálnic NDS
Zhotovitel objektu	OHL ŽS Burešova 938/17 602 00 Brno, Veverčí Váhostav SK
Projektant objektu	Bc. Eliška Mertová 625 00 Brno
Kategorie poz. komunikace	D 27,5/100
Komunikace	D1
Bod křížení s řekou	Y = 408 701.942 X = 1 186 695.551
Úhel křížení se silnicí	57,90°
Úhel křížení s řekou	65,20°
Úhel křížení se železnicí	35,50°
Souřadnicový systém	S-JTSK
Výškový systém	B.p.v.
Staničení dálnice liniové (provozní):	km 0,554 800
Na úseku:	km 0,150 497

3.2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTĚ

Dle ČSN 736200

Podle druhu převáděné komunikace

Podle překračované překážky

Podle počtu mostních polí

Podle počtu úrovní mostovek

Podle výškové polohy mostovky

Podle přesypávky

Podle měnitelnosti základní polohy

Podle plánované doby trvání

Podle průběhu trasy na mostě

dálnice

přes silnici I.třídy

přes řeku Váh

přes železniční trať

o 7 polích

s mostovkou v jedné úrovni

s horní mostovkou

bez přesypávky

nepohyblivý

trvalý

směrově v oblouku o $R=800$ m

a v přechodnici od km 0,627 43

výškově ve vrcholovém zakružovacím oblouku

do km 0,511 47 a v přímé

s řekou šikmý $65,20^\circ$

dodatečně předpjatý beton

sedmipolový spojitý nosník komorového průřezu

s neomezenou volnou výškou

Délka přemostění

287,98 m

Délka mostu

308,00 m

Délka nosné konstrukce

292,50 m

Rozpětí pole

$35 + 5 \times 44 + 35$ m

Šikmost mostu

kolmá 90°

Šířka vozovky

$2 \times 12,50$ m

Volná šířka mostu

27,50 m

Šířka průchozího prostoru

0,75 m (nouzový chodník na obou stranách)

Šířka mostu

30,60 m

Šířka nosné konstrukce

30,12 m

Výška mostu

25,04 m

Stavební výška mostu

3,63 m (prům.)

Konstrukční výška

3,500 – 3,755 m

Volná výška pod mostem

$\sim 11,87$ m (min.)

Plocha NK

$30,12 \times 292,50 = 8810,10 \text{ m}^2$

(šířka NK x dl. NK)

3.3. POPIS STAVBY MOSTU A JEHO ZDŮVODNĚNÍ

3.3.1. Účel mostu, zdůvodnění výstavby mostu

Stavba řeší novostavbu dálničního mosti, který převádí dálnici D1 přes hluboké údolí, kde současně přemostňuje silnici I. třídy, řeku Váh a železniční trať a směřuje k obci Ivachnová, kde se na nově vybudované mimoúrovňové křižovatce Ivachnová napojí na úsek Ivachnová – Važec.

3.3.2. Zhotovení stavby

Mostní objekt bude zhotoven podle platných TKP a příslušných ČSN pro zemní práce a betonové konstrukce.

3.3.3. Přejímka

Stavební objekt bude přejímán do provozu jako dokončený celek.

3.4. OBJEKTY STAVBY A VZTAH K ÚZEMÍ

3.4.1. Hlavní trasa

3.4.1.1. Směrové a výškové řešení komunikace na mostě

Most Hubová – Ivachnová je situován na dálnici D1 přes silnici I. třídy, řeku Váh a železniční trať. Směrově je trasa na mostě vedena v zakružovacím kružnicovém oblouku o poloměru 800,0 m s přechodnicí od km 0,627 43. Výškově je niveleta vedena ve výškovém údolnicovém oblouku o $R = 13100,0$ m do km 0,511 47, kdy vrchol zakružovacího oblouku leží před začátkem mostu, a následně stoupá v podélném sklonu 4,5 %.

Na levé i pravé straně je revizní chodník šířky 0,750 m

3.4.1.2. Šířkové uspořádání

Na dálnici jsou vedeny dva jízdní pásy, které jsou směrově rozděleny středním dělicím pásem š. 3,50 m. Každý jízdní pás sestává ze dvou jízdních pruhů, každý o šířce 3,75 m, a přilehlého odstavného pruhu (zpevněné krajnice). Vozovka š. $2 \times 12,50$ m má dostředný příčný sklon 4,5 %. Tento poměrně velký příčný sklon na dálnici je navržen na základě normy ČSN 736101 Tab.8, kdy pro návrhovou rychlost $v_n = 100$ km/h, příslušnou směrodatnou rychlost $v_n = 110$ km/h a pro poloměr zakružovacího oblouku $R = 800$ m, je minimální dostředný sklon 5,5 %. Vzhledem k charakteru převáděné komunikace, kterou je dálnice, je dostředný příčný sklon 4,5 % přípustný.

Šířkové uspořádání na mostě:

Levá římsa	1,550 m
Dílčí volná šířka	12,50 m
Střední dělicí pás - ŽB římsa	2,50 m
Dílčí volná šířka	12,50 m
Pravá římsa	1,550 m
Celková šířka mostu:	30,60 m

Dálnice kategorie D27,5/100

Zpevněná krajnice (odstavný pruh):	3,5 m
Vodící proužek:	0,25 m
Jízdní pruh:	3,75 m
Jízdní pruh:	3,75 m
Vodící proužek:	0,75 m
Střední dělicí pás:	3,50 m
Vodící proužek:	0,75 m
Jízdní pruh:	3,75 m
Jízdní pruh:	3,75 m
Vodící proužek:	0,25 m

Zpevněná krajnice (odstavňý pruh): 3,50 m

Celkem: 27,50 m

3.4.2. Přemostované překážky

Překážka: **Silnice I.třídy**

Staničení: km 0,481 724

Úhel křížení: 57,90°

Volná výška pod mostem: 14,12 m

Překážka: **řeka Váh**

Staničení: km 0,533 782

Úhel křížení: 65,20°

Volná výška pod mostem: 20,04 m

Překážka: **Železniční trať**

Staničení: km 0,624 481

Úhel křížení: 35,50°

Volná výška pod mostem: 19,27 m

Vzhledem k značné výšce mostu nad terénem není dodržení průjezdného průřezu silnice v. 4,80 m + rezerva 150 mm a průjezdného profilu železniční trati Z-GC v. 4,85 m předmětem řešení.

3.4.3. Přeložky

V rámci stavby je nutná přeložka polní cesty v km 0,706 35, která nevhodně křížuje trasu dálnice.

3.4.4. Územní podmínky

Most se nachází v extravilánu obce Hubová v katastrálním území Žilina.

3.4.5. Geotechnické podmínky

V rámci zjednodušení diplomové práce není návrh založení mostu podložen inženýrsko-geologickým průzkumem. Pro tyto účely je založení konstrukce uvažováno pouze odhadem pro danou oblast.

3.4.6. Převádění inženýrské sítě

Na mostě nebudou vedeny žádné inženýrské sítě. Rovněž ani v okolí stavby nebyly zjištěny žádné inženýrské sítě.

3.5. STAVEBNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU

3.5.1. ZEMNÍ PRÁCE

Svahy výkopů budou provedeny v maximálním sklonu 1:1. Vytěženou zeminu je možné použít pro zpětný zásyp pouze na líci konstrukcí. Vytěžená zemina ze stavebních jam vhodná pro zpětný zásyp se odveze na meziskládku. Nevhodná zemina se odveze na skládku.

Zásypy rubu budou do úrovně rubové drenáže provedeny ze zeminy vhodné dle ČSN 73 6244. Rub opěr bude obsypán ochranným zásypem s drenážní funkcí dle ČSN 73 6244 v min. tl. 600 mm. Zásypy budou provedeny a řádně zhutněny podle TKP.

Přechodová oblast bude provedena ze zeminy vhodné dle ČSN 73 6244, bude hutněna po vrstvách max. tl. 300 mm. Bude provedena ze zeminy vhodné nebo velmi vhodné, dle ČSN 72 1002 s hutněním na $I_d=0,85-0,90$, resp. 100% PS.

3.5.2. ZALOŽENÍ

3.5.2.1. Základy

Základy jsou z betonu **C 25/30 XF2 XC2 XD2** a vyztuženy betonářskou výztuží z oceli **B 500B**. Základové patky pod podpěrami mají půdorysné rozměry 10,0 x 12,0 m s výškou 2,50 m. U opěry 1 je základ tvořen dříkem opěry o půdorysných rozměrech 5,10 x 30,12 m. U opěry 8 je navržen základ o půdorysných rozměrech 7,0 x 30,12 m s výškou 2,50 m.

3.5.2.2. Piloty

Celá spodní stavba je založena na velkopřůměrových vrtaných pilotách o průměru 1,0 m z betonu **C 25/30 XA1 XC2** a vyztuženy betonářskou výztuží z oceli **B 500B**. Piloty jsou délky 12,0 m u opěr a 11,0 m u podpěr a budou opřené nebo vetknuté do hornin. Piloty budou vrtány z pilotážních plošin. Z pilot bude vyčnívat výztuž do základů opěr a podpěr, která zajistí spojení pilotového založení se spodní stavbou mostu. Množství cementu v betonu pilot bude dávkováno dle TKP a v závislosti na množství agresivních složek v podzemní vodě. Krytí výztuže pilot jmenovité je 110 mm, minimální 100 mm.

Založení opěry 1, od které je konstrukce vysouvána, je navíc doplněno o šikmé zemní kotvy k zabezpečení přenosu vodorovných sil od výsunu nosné konstrukce.

3.5.3. SPODNÍ STAVBA

3.5.3.1. Podkladní beton

Podkladní a výplňový beton pod ŽB konstrukcemi bude proveden z betonu **C 8/10 X0** v minimální tl. 150 mm.

3.5.3.2. Krajiní opěry

Krajiní opěry mostu (OP1 a OP8) budou provedeny z betonu **C 30/37 XF4, XC4** a vyztuženy betonářskou výztuží z oceli **B 500B**. Opěra 1 má v lici výšku dříku 4,80 m a opěra 2 výšku v lici 7,0 m. Horní povrch úložného prahu bude proveden v podélném sklonu 4 % směrem k závěrné zídce, před níž je navržen odvodňovací žlábek otiskem trubky o průměru 100 mm. Horní povrch úložného prahu je navržen příčně vodorovný. Odvodňovací žlábek má tedy proměnnou hloubku tak, aby minimální sklon byl 0,5%.

Pokud není uvedeno ve výkresové dokumentaci jinak, budou všechny hrany zkoseny 20/20 mm.

3.5.3.3. Střední podpěry

Podpěry jsou tvořeny z betonu **C 30/37 XF3, XC4**. S ohledem na charakter překonávaných překážek a hloubce údolí dosahují pilíře výšky od 10,88 m do 22,4 m. Šířka pilířů v podélném směru je 3,0 m a v příčném směru 6,5 m. Jejich tvar je jednotný a je tvořen dvěma osmibokými sloupy o půdorysných rozměrech 2,5 x 3,0 m a mezilehlou stěnou o půdorysném rozměru 1,5 x 1,2 m. Detailně jsou jednotlivé rozměry uvedeny ve výkrese č. 4.2.

3.5.3.4. Podložiskové bloky

Na krajních opěrách i podpěrách jsou navrženy podložiskové bloky z betonu **C 30/37 XF3, XC4** a vyztužené betonářskou výztuží z oceli **B 500B**. Rozměry podložiskových bloků jsou 1420 x 1420 x 120 mm na opěře 1, 1420 x 1420 x 170 mm na podpěrách a 1420 x 1420 x 110 mm na opěře 8.

3.5.3.5. Ložiska

Během výsunu nosné konstrukce je zapotřebí dvojí typ ložisek. Rektifikovatelná kluzná ložiska budou použita do výroby. Na pilířích budou pro výsun osazena speciální kluzná hrncová ložiska od firmy VSL, která jsou přestavitelná na trvalá. Na opěrách a pilířích, s výjimkou pilíře P5, je navrženo hrncové ložisko všesměrné a druhé podélně pohyblivé. Na podpěře P5 je navrženo ložisko pevné a příčně pohyblivé. Ložiska budou podlita plastmaltou v tl. 20 mm.

3.5.3.6. Mostní křídla

Mostní křídla jsou navržena jako zavěšená železobetonová z betonu **C 25/30 XF4, XC4** a vyztužená betonářskou výztuží z oceli **B 500B**.

Křídla budou s opěrami rámově propojena. Jsou navržena v tl. 800 mm. Rozměry jsou patrné z výkresové dokumentace.

3.5.3.7. Přechodová deska

Přechodová deska je navržena z betonu **C 25/30 XF1, XC3** a je vyztužena betonářskou výztuží z oceli **B 500B**. Je navržena v tl. 300 mm na podkladním betonu tl. 100 mm. Horní povrch přechodové desky je navržen v podélném sklonu 10% směrem od rubu závěrné zídky. Se závěrnou zídkou je propojena vrubovým kloubem.

3.5.3.8. 4.2.6.8 Odvodnění za opěrami

Odvodnění za opěrami bude provedeno perforovanou PE trubicí DN150 uloženou na spádový podkladní beton z betonu **C 8/10 X0**. Trubka bude obetonována drenážním betonem. Sklon drenáže bude jednostranný 3%, dále bude drenáž provedena skrz křídla a vyvedena na svahovém kuželu.

3.5.3.9. 4.2.6.9 Izolace spodní stavby

Všechny zasypané plochy betonů ve styku se zemí se natrou asfaltovými nátěry - 1xALP + 2xALN a budou chráněny na rubu dvojitou vrstvou a na lici jednou vrstvou geotextílie min. 6 mm po stlačení (600 g/m²).

3.5.4. NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce je tvořena komorovým nosníkem a dlouhými příčnými konzolami, které jsou po vzdálenostech 4,0 m po délce mostu podepírány prefabrikovanými prutovými vzpěrami o rozměrech 0,40 x 0,50 m. Nosná konstrukce je z dodatečně předpjatého třídy **C35/45 XF2 XC4 XD1** vyztuženého betonářskou výztuží **B500 B**, předpínací lana jsou třídy **Y1860 S7 – 15,7 – A**.

Průřez nosné konstrukce je fázovaný v příčném směru. Nejprve je betonován páteřní nosník, po-té jsou osazeny vzpěry, které jsou k páteřnímu nosníku připnuty předpínacími tyčemi. Nakonec jsou betonovány konzoly horní desky. Horní deska páteřního nosníku je šířky 10,70 m, levá konzolová část je 9,685 m a pravá 9,735 m široká. Šířka spodní desky komory je 8,50 m.

Páteřní nosník je výšky 3,50 m, přičemž poslední dva vysouvané segmenty jsou k zajištění konstantního sklonu spodní hrany nosné konstrukce proměnné výšky (6. vysouvaný segment je výšky 3,505 až 3,610 m, 7. vysouvaný segment je výšky 3,610 až 3,755 m). Celková délka nosné konstrukce je 292,50 m a šířka 30,12 m.

Horní deska je proměnné tloušťky s tl. v ose 350 mm a má jednostranný sklon 4,5 % s protispádem 4,0 % pod pravou římsou k vytvoření úžlabí nosné konstrukce. Z důvodu velkého vyložení konzol bude horní deska na celou šířku příčně předepnuta monostrandy kotvenými po 4 lanech á 0,5 m.

Spodní deska je náběhovaná po délce mostu. Tloušťka spodní desky nad podpěrou je 500 mm, která náběhem na délce 8,75 m na každou stranu od osy podpěry klesne na 300 mm. U opěr je navržen náběh na délku 5,75 m od osy opěry. Průřezy mostu nad podporami jsou navíc vyztuženy dodatečně dobetonovanými podporovými příčníky šířky 2,50 m nad podpěrami, nad opěrami jsou příčníky šířky 3,0 m.

Stěny komorového nosníku jsou svislé s konstantní šířkou 600 mm, pouze u krajních opěr jsou rozšířeny na délku 8,50 m od osy opěry pro vedení soudržných předpínacích kabelů spodní desky.

Prefabrikované vzpěry jsou na spodním konci uloženy v nálitku u spodního rohu komory bez propojení betonářské výztuže se spodní deskou či stěnami komorového nosníku. Po vybetonování konzol se horní část spáry mezi vzpěrou a nálitkem vyplní plastbetonem v tl. 20 mm pro zajištění vodotěsnosti spáry. V horní části jsou vzpěry opatřeny speciálním kovovým uchycením pro připnutí předpínací tyčí a zavázány betonářskou výztuží do horní desky.

Během vysouvání bude komorový nosník postupně předpínán přímými kabely rovnoměrně rozmístěnými v horní a spodní desce průřezu. Tyto kabely zajistí rovnoměrné vnesení předpětí do nosníku. Po vysunutí bude celý nosník předepnut dalšími volnými kabely spojitosti, jejichž dráha je určena podporovými příčníky a vždy dvěma deviátory v každém poli. Deviátory se společně s příčníky betonují až po vysunutí mostu.

3.5.5. MOSTNÍ SVRŠEK A ODVODNĚNÍ

3.5.5.1. 4.2.8.1 Izolace a ochrana povrchu nosné konstrukce

Izolace nosné konstrukce je navržena celoplošná, provedená z asfaltových izolačních pásů na pečetíci vrstvu provedenou na očištěném povrchu nosné konstrukce. Izolace pod krajními římsami i vnitřní římsou je chráněna dalším ochranným izolačním pásem s výztužnou kovovou vložkou.

3.5.5.2. Vozovka

SKLADBA VOZOVKY NA MOSTĚ:

Obrusná vrstva - Asfaltový koberec mastixový	SMA 11 S	tl. 40 mm
Spojovací postřik Emulze z modifikovaného asfaltu	PSE (0,2 kg/m ²)	
Ložní vrstva - Asfaltový beton	ACL 16 S	tl. 50 mm
Ochrana izolace - Litý asfalt	MA 11 V	tl. 35 mm
<u>Celoplošná izolace NAIP na pečetíci vrstvě</u>		<u>tl. 5 mm</u>
Celkem		tl.130 mm

Podél obrubníků bude provedeno těsnění spáry mezi vozovkou a římsou. Podél římsy bude proveden asfaltový uzavírací nátěr šířky 0,5 m.

3.5.5.3. Mostní závěry

Nad oběma opěrami je pro výsledné dilatace navržen mezi nosnou konstrukcí a závěrnou zídou povrchový hřebenový mostní závěr. Mostní závěry budou osazeny do připravených kapes v NK a závěrné zídce a před betonáží zachyceny závlačovou výztuží.

3.5.5.4. Římsy

Mostní římsy jsou navrženy z betonu **C 30/37 XF4, XC4** a vyztuženy betonářskou výztuží z oceli **B 500B**.

Všechny mostní římsy jsou monolitické železobetonové s obrubníkem výšky 150 mm.

Na levé i pravé straně mostu bude římsa šířky 1,550 m ve sklonu 4,0% sloužit jako revizní chodník.

Ve středním dělicím pásu bude římsa šířky 2,50 m v příčném sklonu 4,0 % a slouží především ke kotvení středových svodidel a k oddělení jízdních směrů.

Římsy budou kotveny pomocí kotev říms rozmístěných po 1,00 m po délce mostu. Výška římsového nosu je na levé i pravé římse 730 mm. Na spodním povrchu bude navržen okapní ozub vytvořený vložením lišty 30/15 mm do bednění před betonáží. Římsy jsou navrženy kotvené do nosné konstrukce pomocí kotevních přípravek.

V římsách na mostě jsou navrženy pracovní spáry s přerušenou výztuží. Nad středními podpěrami jsou navrženy dilatační spáry š. 20 mm.

Římsy na křídlech budou navazovat na mostní římsy.

Na horním povrchu římsy bude provedena příčná striáž a budou opatřeny hydrofobní impregnací.

3.5.5.5. Odvodnění mostu

Odvodnění bude realizováno příčným a podélným sklonem mostu. Voda z povrchu mostu je sváděna příčným sklonem k římsám. Most je navržen podélně z části v údolnicovém výškovém oblouku, jehož vrchol se nachází před začátkem mostu, a na něj niveleta dále navazuje podélným sklonem 4,5 %.

Aby bylo možné vodu z povrchu odvést, je podél pravé římsy a vnitřní římsy zleva navržen odvodňovací proužek z litého asfaltu s podélným vypádováním tak, aby byla voda svedena do

odvodňovačů. Voda je dále svedena příčným potrubím ve sklonu 2,0 % k páteřnímu nosníku, kde se napojuje na podélný svod DN 250, který je ve stejném spádu jako nosná konstrukce. U pilířů P3 a P4 se provede svislý svod do řeky pod mostem.

Jejich poloha a umístění v příčném řezu jsou patrné z projektové dokumentace. U opěr je srážková voda odvedena pomocí skluzů z betonových tvárnic TBM 1-56. U pat násypů bude zřízeno vývařiště.

3.5.5.6. Odvodnění izolace

Mezi odvodňovače budou umístěny trubičky odvodnění izolace DN50 z nerezového materiálu napojené (obdobně jako odvodňovače) na příčný a po-té podélný svod odvodnění.

Trubičky budou osazeny do trubky PVC DN60, která bude zabetonována při betonáži NK. V místech odvodnění izolace a odvodňovačů bude zřízena vrstva drenážního plastbetonu. Po celé délce NK bude v úžlabí zřízena podélná drenáž, tvořená hliníkovým profilem 30/20, který bude v místě plastbetonu (nad odvodněním izolace a odvodňovači) přerušeny. Tento hliníkový profil se bude nacházet i v příčném úžlabí před mostním závěrem u opěry 1.

3.5.6. MOSTNÍ VYBAVENÍ

Na krajních římsách jsou navržena zábradelní svodidla ZSNH4/H2, jejichž výška od povrchu vozovky je 1,20 m, a mostní zábradlí v. 1,10 m z otevřených profilů. Na vnitřní římse jsou umístěna silniční ocelová svodidla MS4/H2 výšky 0,75 m od vozovkového souvrství. Všechna svodidla budou kotvena do mostní římsy pomocí patních desek.

Zábradelní svodidla ZSNH4/H2 jsou umístěna jak na krajních římsách, tak i na střední římse. Šířka svodidla má hodnotu 0,5 m a výšku od vozovkového souvrství 1,2 m. Na krajních římsách jsou také umístěna zábradlí šířky 0,1 m a výšky 1,1 m. Bezpečnostní prvky a zábradlí jsou pomocí patních desek kotveny s římsami.

3.5.7. ÚPRAVY KOLEM A POD MOSTEM

3.5.7.1. Revizní schodiště

Schodiště bude zřízeno na levé straně mostu u obou opěr. Schodiště bude z prefabrikovaných betonových stupňů z betonu **C25/30 XF2** do betonu **C25/30 XF3, XC4** tl. 200 mm. Šířka schodiště je 0,75 m.

4.2.10.2 Zpevnění okolo mostu

Rozsah zpevnění je patrný z výkresové dokumentace.

Zpevnění ve sklonu a zpevnění před a za mostem v délce 2,0 m bude provedeno kamenem do betonu **C25/30 XF3, XC4** tl. 200 mm ukončenými příčnými betonovými prahy.

3.6. POŽADAVKY NA MATERIÁLY

3.6.1. BETONY

Beton jednotlivých konstrukčních částí: beton typový dle ČSN EN 206:

KONSTRUKČNÍ BETONY

ŽB piloty

C25/30 XA1 XC2

ŽB základ

C25/30 XF2 XC2 XD2

ŽB podpěra	C30/37 XF3 XC4
ŽB podložiskový blok	C30/37 XF3 XC4
ŽB úložný práh	C30/37 XF3 XC4
ŽB závěrná zídka	C30/37 XF3 XC4
ŽB dřík opěry 1	C30/37 XF3 XC4
ŽB dřík opěry 8	C25/30 XF3 XC4
ŽB přechodová deska	C25/30 XF1 XC3
ŽB křídla	C25/30 XF4 XC4
Nosná konstrukce	C35/45 XF2 XC4 XD1
ŽB příčnický a deviátory	C35/45 XF1 XC1
ŽB monolitické římsy	C30/37 XF4 XC4
OSTATNÍ BETONY:	
Podkladní beton	C8/10 X0
Drenážní beton	C20/25 - XC2

3.6.2. PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ

Veškerá předpínací výztuž v konstrukci – soudržné kabely, volné kabely a monostrandy pro příčné předpětí mostovky budou třídy **Y1860 S7 – 15,7 – A**.

Je navrženo následující krytí předpínací výztuže:

Minimální krytí 100 mm
Nominální krytí 110 mm

3.6.3. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

Ve všech částech konstrukce mostu bude použita betonářská výztuž z oceli **B 500B**. Stykování výztuže bude prováděno přesahem dle ČSN EN 1992-1-1. Krycí vrstva betonu u jednotlivých povrchů musí odpovídat hodnotě příslušné danému stupni agresivity prostředí dle ČSN EN 1992-1-1.

Pro jednotlivé konstrukční části mostu je navrženo následující krytí betonářské výztuže:

Nosná konstrukce, pilíře, opěry, křídla, římsy:
Minimální krytí 45 mm
Nominální krytí 55 mm

Základy
Minimální krytí 55 mm
Nominální krytí 65 mm

Nejmenší vnitřní průměry zakřivení d_r vložek žebříkové výztuže:
Průměr vložky d_r
 $D \leq 16$ mm 4D
 $D > 16$ mm 7D

3.7. STATICKÉ POSOUZENÍ

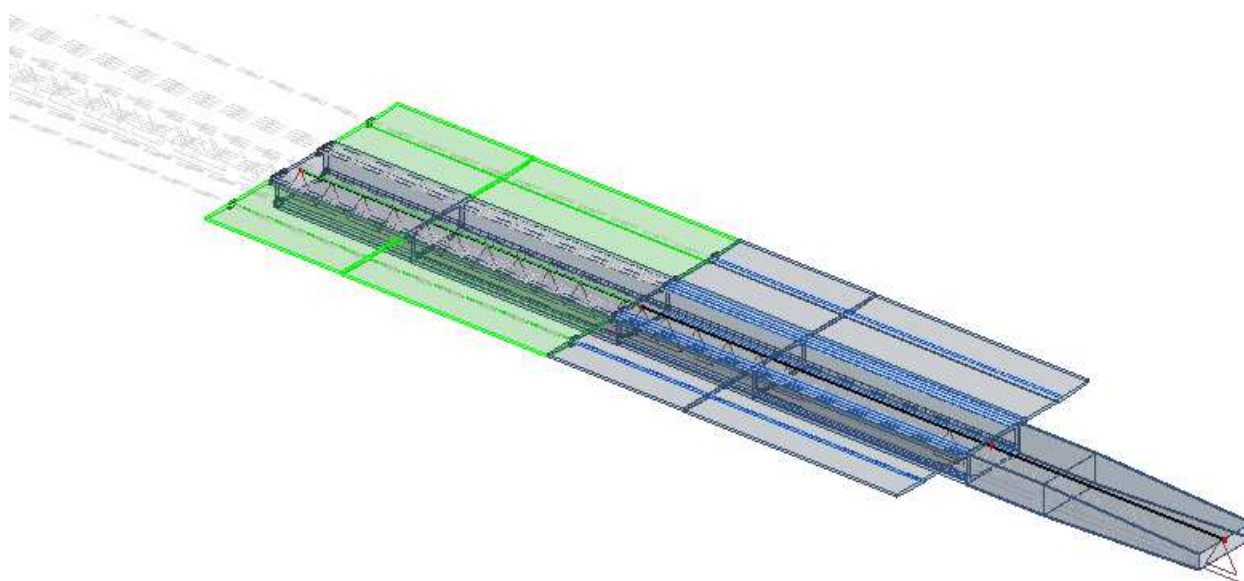
Pro zjištění účinků všech působících zatížení je konstrukce mostu modelována pro statickou analýzu nosné konstrukce třemi modely, a to modelem pro časově závislou analýzu TDA, 3D modelem pro finální působení konstrukce v podélném směru a deskostěnovým modelem pro zjištění působení konstrukce v příčném směru. Pro analýzu účinků na spodní stavbu je vytvořen jeden model nejvyšší podpěry. Veškeré modely byly zpracovány v programu Scia Engineer 15.1.

3.7.1. Modely nosné konstrukce

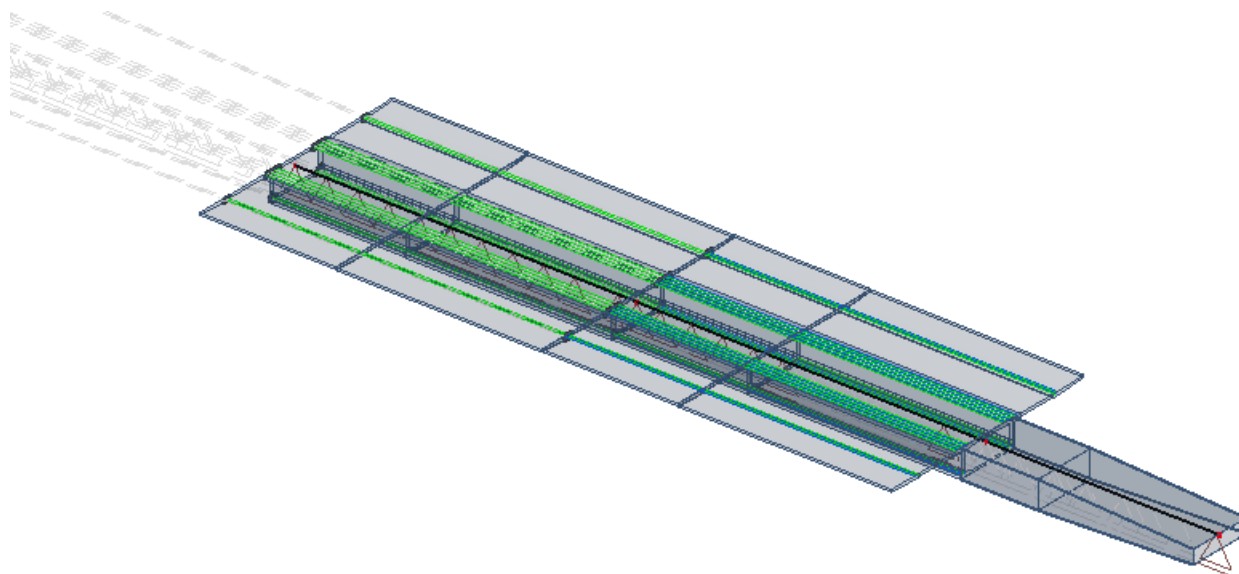
3.7.1.1. Model pro časově závislou analýzu TDA

První model pro časově závislou analýzu TDA sloužil ke zohlednění technologie výstavby vysouváním a je vytvořen jako 2D prutová konstrukce. Betonáž nosné konstrukce a její vysouvání po taktech délky 45 + 5 x 44 + 27,5 m je zohledněno jednotlivými fázemi výstavby. Výsun probíhá proti spádu nivelety od opěry Hubová směrem k opěře Ivachnová. Při výsunu je most opatřen ocelovým výsuvnýmnosem délky 30,0 m, který slouží především k redukci ohybového namáhání při maximálním vyložení konzoly nosné konstrukce.

Výsun mostu je v programu simulován posouváním podpěr na stacionární konstrukci. Běžný takt betonáže je v modelu vysunut v 5 krocích, a to vždy umístěním výsuvného nosu do jedné čtvrtiny, poloviny, tří čtvrtin pole, čtvrtým krokem je maximální vyložení konzoly v poli a posledním pátým krokem je fáze, kdy výsuvný krakorec dosedá na podpěru. Během těchto fází se tedy zároveň mění i poloha jednotlivých betonových segmentů. Aby model odpovídal skutečnému stavu konstrukce při vysouvání, je třeba v každém kroku výsunu posunout podpěry tak, aby v tomto kroku byla výsledná deformace v podpěrách nulová. Výsun je dokončen 132. den výstavby. V modelu je dále zohledněna demontáž výsuvného nosu, napnutí volných kabelů spojitosti a instalace ostatního stálého zatížení. Doba životnosti konstrukce je 100 let.



Obrázek 5...Fáze betonáže konzol 2. segmentu



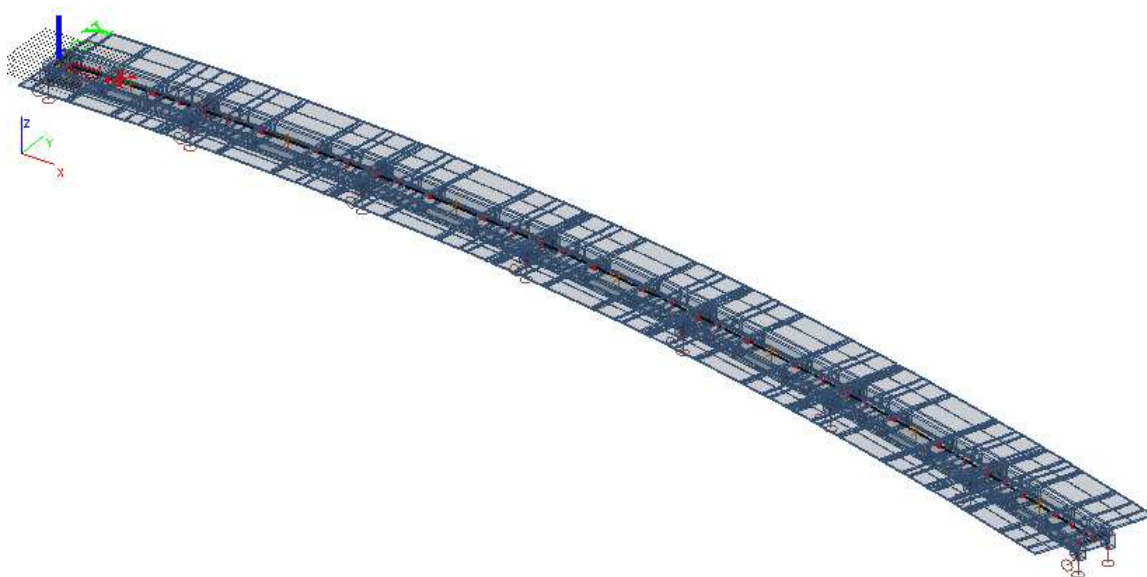
Obrázek 6...Fáze předpínání poloviny kabelů druhé lamely

3.7.1.2. Model podélného směru vystihující finální stav konstrukce

Model podélného směru vystihující finální působení konstrukce je vytvořen jako 3D prutový model především, aby působení zatížení postihlo i kroucení konstrukce. V tomto i předchozím modelu TDA jsou zohledněny změny průřezu po délce nosné konstrukce. V modelu pro časově závislou analýzu jsou modelovány pouze podélné náběhy spodní desky. Jelikož deviátory a příčníky jsou betonovány až po výsunu NK, jsou modelovány pouze ve finálním modelu spolu s podélnými náběhy spodní desky ke zvýšení tuhosti průřezu nad podporou.

Ačkoli i vzájemně nespojené vzpěry přispívají k resistenci konstrukce k návrhovému zatížení, ale pouze za předpokladu dokonalého spojení vzpěr s podporujícími nálitky. Spolupůsobení vzpěr tedy závisí na perfektním provedení mostu, proto se se vzpěrami nepočítá a páteřní nosník je navržen bez přispění vzpěr k přenosu ohybu a kroucení. Z těchto důvodů jsou vzpěry ve 2D a 3D modelu pro podélný směr uvažovány pouze jako stálé zatížení působící spojitě po celé délce konstrukce.

Jako další stálé zatížení je uvažováno nerovnoměrné sedání podpor. Nepřímé uložení konstrukce na dvojici ložisek je zohledněno nekonečně tuhými rameny. Pomocí funkce pohyblivého zatížení byly zohledněny účinky od zatížení dopravou. V neposlední řadě byl model zatížen nahodilým zatížením od teploty a příčného větru.

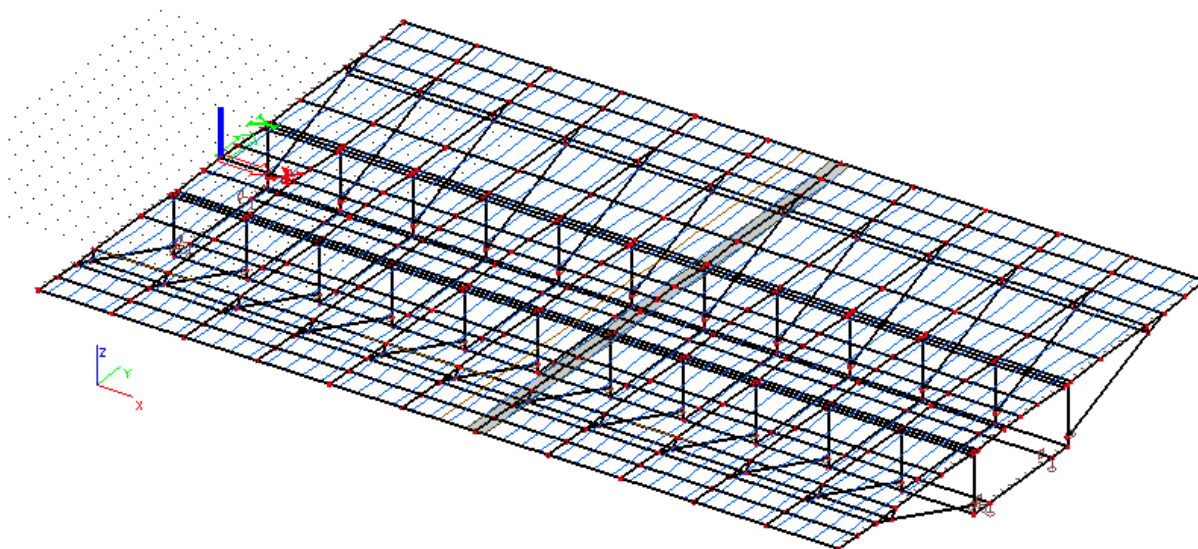


Obrázek 7...Rendrovaný pohled na 3D model nosné konstrukce

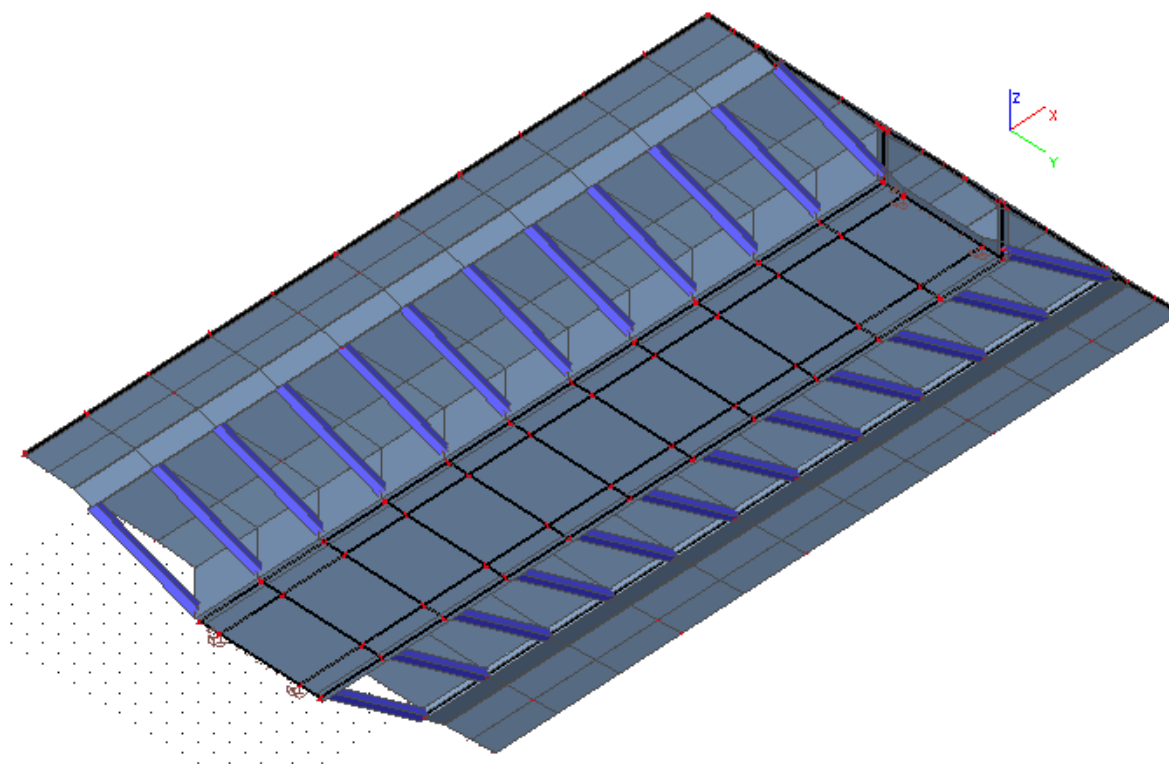
3.7.1.3. Model příčného směru

Pro statickou analýzu v příčném směru, byl vytvořen desko-stěnový model o výseku středního pole o rozpětí 44 m. V této části již bylo uvažováno s prefabrikovanými vzpěrami, které se podílí na roznosu zatížení v příčném směru. Vzpěry jsou dimenzovány pro namáhání, které vzniká za předpokladu dokonalého spojení vzpěr s nálitky komorového nosníku, což přináší garanci, že vzpěry nebudou poškozeny za provozu mostu.

Detailní řešení příčného směru viz.P4 – Statický výpočet: kap. 11 – Příčný směr.



Obrázek 8...Drátěný pohled na deskostěnový model jednoho pole nosné konstrukce

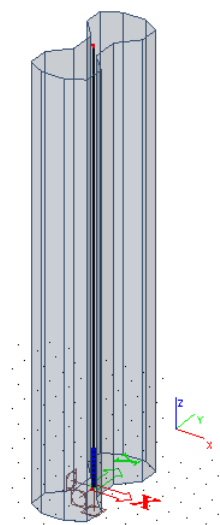


Obrázek 9...Rendrovaný pohled na model konstrukce

3.7.2. Model podpěry

Pro analýzu vnitřních sil je vytvořen prutový model nejvyšší podpěry P4 v pracovním prostředí pro tvorbu prostorového rámu XYZ. Souřadný systém odpovídá osám modelu hlavní nosné konstrukce, tedy osa X pro podélný směr a osa Y pro směr příčný. Podpěra je modelována jako sloupový prutový prvek výšky 22,4 m vetknutý v patě. Prutu je přiřazen odpovídající průřez.

Mezní stavy únosnosti a použitelnosti budou posouzeny během provozu, tak i ve fázi výsunu nosné konstrukce, kdy ocelový výsuvný nos v poli 4 dosahuje maximální konzoly, najíždí na podpěru P5 a na posuzovanou podpěru P4 tedy působí maximální tlaková síla od vlastní tíhy nosné konstrukce.



Obrázek 10...Model pilíře P4

3.8. VÝSTAVBA MOSTU

3.8.1. Základy a pilíře

Nejprve je nutné sejmut ornici, poté dochází k výkopovým pracím v oblastech pilířů a opěr. Po ukončení výkopových prací dochází k vrtání a betonáži železobetonových pilot. Následně jsou betonovány základy, po kterých přichází na řadu betonáž samotných pilířů a opěr.

3.8.2. Nosná konstrukce

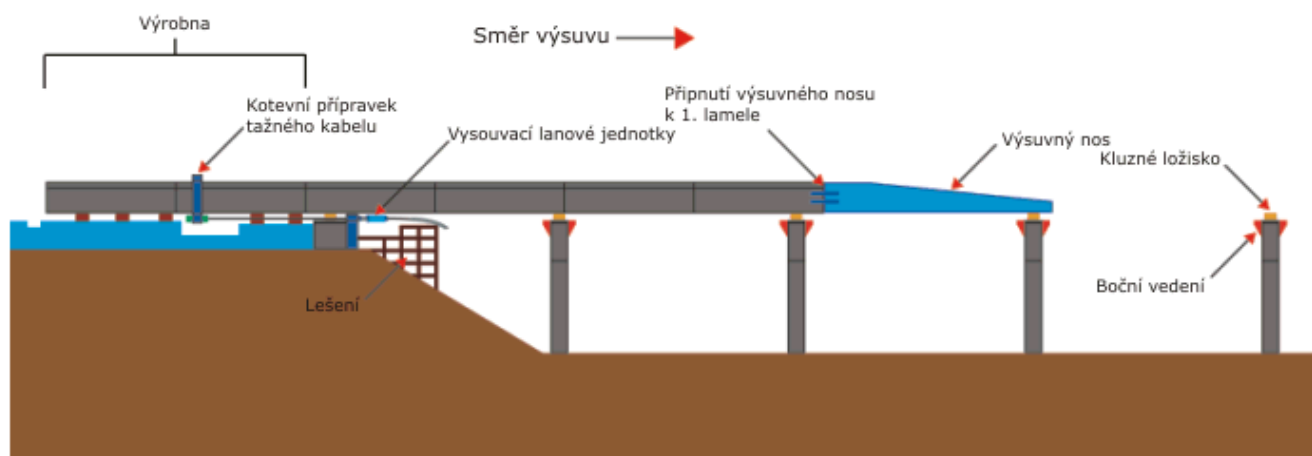
Technologie vysouvání nosné konstrukce:

Nosná konstrukce bude postupně vysouvána z výroby zřízené za opěrou 1. S ohledem na průběh trasy dálnice v místě mostu, která směrově leží v kružnicovém oblouku a z menší části i v přechodnici, bude výsun probíhat po náhradní kružnici o poloměru 800,0 m směrem proti spádu nivelety 4,5 %. Výsun po náhradní kružnici má za následek, že se u konce mostu bude mírně rozbíhat osa dálnice a osa nosné konstrukce. K zachování stále stejného šířkového uspořádání na mostě je střední římsa vedena podél osy nosné konstrukce, jak je patrné z výkresové dokumentace z výkresu č. 2 - Půdorys. Do km 0,511 47 je niveleta dálnice v údolnicovém oblouku o velkém poloměru, tato skutečnost bude řešena proměnnou výškou posledních dvou vysouvaných segmentů, tak aby spodní hrana nosné konstrukce byla v konstantním sklonu 4,5 %. Tímto konstrukce získá stálou křivost a je možné ji vysouvat. Pro vysouvání je konstrukce centricky předeprnuta přímými kabely vedenými v horní a spodní desce komorového nosníku.

Výrobna:

Výrobna délky 90 m se bude skládat ze dvou pracovišť, kde v prvním se bude betonovat páteřní nosník komorového nosníku, ten bude následně přesunut do pracoviště č. 2 blíže k opěře, kde budou osazovány prefabrikované vzpěry a betonovány konzoly horní desky, zatímco v pracovišti č. 1 se může začít betonovat páteřní nosník dalšího vysouvaného taktu. Tento proces umožní současně pracovat na obou částech průřezu a tím urychlit práce využitím většího počtu pracovníků především pro vyztužování a manipulaci s bedněním. Obě výroby byly tvořeny železobetonovými monolitickými základovými pasy spojenými příčníky do tuhého roštu, který bude hlubinně založen na vrtaných pilotách průměru 1,2 m. První pracoviště výroby je tvořeno ocelovým roštem, na kterém leží bednění dna komory. Bočnice formy jsou odklopné, jádro formy je výsuvné. Rošt je podepřen hydraulickými válci, které zaručí svislý posuv roštu při odbedňování a jeho zpětné přesné osazení do požadované polohy. Geometrie vysouvané konstrukce závisí na přesnosti provedení spodní desky, proto je nutno pečlivě vytyčit její tvar. Druhé pracoviště výroby bude také podepřeno pomocným montážním pilířem.

Obecný situační náčrtek výsuvu nosné konstrukce:



1

[1] Obrázek 11...Situační náčrtek výsuvu

Podrobnější schéma jednotlivých fází výsuvu řešené mostní konstrukce je uvedeno v příloze P3 – Stavební postup a vizualizace uveden výkres 01 – Schéma postupu výstavby.

Betonážní takt před výsuvem:

Konstrukce bude tvořena celkem sedmi betonážními takty, kdy první segment má délku 45 m, bude následovat pět segmentů délky 44 m a poslední vysouvaná lamela bude délky 27,5 m. Prefabrikované vzpěry jsou na spodním konci podepřeny v sedle u spodního rohu komory bez propojení betonářské výztuže se spodní deskou či stěnami komorového nosníku. Na horním konci jsou připnuty předpínací tyče k páteřnímu nosníku a zavázány betonářskou výztuží do horní desky. Po osazení všech vzpěr následuje betonáž konzol horní desky, předepnutí 50 % centrických soudržných kabelů v horní a spodní desce v pracovní spáře dané lamely a příčné předepnutí horní desky pomocí monostrandů.

Výsuvný nos a další ocelové prvky:

Před betonáží první lamely bude před výrobou uložen ocelový výsuvný nos délky 30 m, který bude před výsuvem prvního taktu připojen ke konstrukci pomocí předpínacích kabelů a tyčí. Hlavní funkcí tohoto ocelového nástavce je snížení ohybového namáhání při maximálním vyložení konzoly nosné konstrukce. Stěny výsuvného krakorce jsou tvořeny dvěma plnostěnnými nosníky tvaru I, spodní deska je plnostěnná nebo příhradová a celá konstrukce je doplněna ztužidly.

Pro výsuv je nutný dvojí typ ložisek hydraulicky rektifikovatelná kluzná ložiska do výrovny, speciální kluzná ložiska na opěry a pilíře, která mohou být elastomerová a po výsuvu nosné konstrukce do definitivní polohy musí být vyměněna za trvalá ložiska nebo lze použít speciální kluzná hrncová ložiska, která jsou přestavitelná na trvalá. Dalšími ocelovými prvky nezbytnými pro výsuv

¹ Výsuv mostních konstrukcí. In: VSL SYSTEMS [online]. 2017 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: <http://www.vsl.cz/vysuv-mostnich-konstrukci/>

jsou konstrukce bočních vedení, které udržují směr vysouvané konstrukce, nebo ocelové trny přenášející tažnou sílu do betonové konstrukce.

Při výsunu proti spádu je nutno překonat složku vlastní tíhy nosné konstrukce. Na hlavu pilíře působí vodorovná síla od tření mezi konstrukcí a kluznými ložisky, jehož reálná hodnota je 0,01 až 0,03. Bezpečně se však pro návrh uvažuje tření o velikosti 5 %. Statickým výpočtem bylo prokázáno, že účinky vodorovných sil při výsunu neohrozí stabilitu pilířů a proto je není nutné montážně kotvit. Založení opěry 1, od které probíhá výsun, je doplněno o šikmé zemní kotvy k přenesení vodorovné síly od výsunu nosných konstrukcí.

Výsuvné zařízení:

Výsuvné zařízení je tvořeno čtyřmi hydraulickými válci VSL SLU 330, kdy každý z nich je opatřen tažným 31- lanovým kabelem připevněným pomocí svislého čepu do komory mostu. Tažné lanové jednotky mohou být doplněny o pojistnou brzdou 12-ti lanovou jednotku SMU-120. Výsuvné jednotky jsou kotvené pomocí roznášecích desek a ocelových konzol připnutých tyčemi do mostní opěry. Posun konstrukce je zajištěn tahem předpínacích kabelů, které táhnou hydraulické válce opřené o ocelové konzoly přikotvené k opěře. Celková doba potřebná pro vysunutí segmentu o délce 44 m je odhadována na 9 až 11 hodin. Tímto postupem je prováděn výsun konstrukce cca 5 m za hodinu.

Výsuv mostu do konečné polohy:

Po výsuvu mostu do finální polohy následuje dodatečná betonáž příčníků a deviátorů. Vzhledem k omezenému prostoru v komoře mostu a silnému vyztužení příčníků bude použit samozhutnitelný beton. Následně jsou betonovány koncové příčníky. Následuje instalace a předepnutí volných kabelů spojitosti, jejichž dráha je určena vždy dvěma deviátory v poli a podporovými příčníky. Po-té je možné přestavení speciálních kluzných hrncových ložisek na trvalá.

Sledování mostu během výstavby:

Při výsuvu jednotlivých segmentů je nutné sledovat zejména před výsunem lamely průtahy všech centrických kabelů kotvených v pracovní spáře dané lamely, deformace spodní stavby a nosné konstrukce.

Závěr:

Tato metoda při vhodném návrhu technologické části projektu s promítnutím aspektů výsuvu do návrhu nosné konstrukce přináší celou řadu výhod jako je rychlost výstavby, maximální produktivita, sestavení armokošů na celou délku vysouvaného segmentu a minimální množství bednění.

3.8.3. Údaje o předpínání

Veškerá předpínací lana v nosné konstrukci jsou třídy **Y – 1860 S7 – 15,7 – A**. Pro výsun bylo navrženo centrické předpětí s kabely s různým počtem lan. Po optimalizaci návrhu podélného předpětí byly navrženy soudržné předpínací kabely ve třech velikostech s osmnácti, čtrnácti a šesti lany, které byly rozmístěny v průřezu tak, aby zajistily rovnoměrné předpětí v nosníku. V horní desce

nad stěnou je navrženo 8 ks 18-ti lanových kabelů (celkem tedy **2 x 8 ks 18- ti lanových kabelů**). V dolní desce u stěny komorového nosníku jsou navrženy 4 ks 14-ti lanových kabelů (celkem tedy **2 x 4 ks 14- ti lanových kabelů**). Pro minimalizování momentu od předpětí v průřezu a dosažení rovnoměrného vnesení předpětí do všech částí průřezu, byly dále navrženy 4 ks 6 – ti lanových kabelů v každé konzole a předpětí spodní desky bylo doplněno o 6-ti lanový kabel ve stěně komorového nosníku (celkem tedy **2x4 + 2x1 = 10 ks 6 –ti lanových kabelů**), čímž bylo dosaženo centrického předpětí v nosníku. Během vysouvání byl komorový nosník postupně předpínán dvojicemi přímých kabelů, kdy v pracovní spáře byla kotvena vždy polovina kabelů daného vysouvaného segmentu.

Kabely jsou v podélném směru přímé, půdorysně zakřivené na základě půdorysného zakřivení nosné konstrukce. Přehledné uspořádání a pořadí napínání kabelů je součástí přílohy P2 – výkres č. 5 – Uspořádání soudržných kabelů.

Kotevní napětí je 1440 MPa a doba podržení napětí je 5 min. Použitý předpínací systém je od firmy VSL, kotvy typu VSL – EC.

Po betonáži příčníků a deviátorů je možné instalovat a předeprnout volné kabely spojitosti. V **krajních polích** je navrženo **6 kabelů po 14-ti lanech** a ve **vnitřních polích** je navrženo **6 kabelů po 18-ti lanech**. Dráha kabelů je složena z přímých částí, v místech deviátorů a příčníků dochází k zaoblení. Popis geometrie a uspořádání kabelů je součástí přílohy P2 – 06 – Výkres volných předpínacích kabelů.

3.8.4. Dokončení opěr a úprav za opěrami

Po výsunu nosné konstrukce do finální polohy je potřeba dobetonovat závěrné zídky opěr, přechodové desky a dokončit úpravy za opěrami, které nemohly být z důvodu výsunu nosné konstrukce realizovány dříve.

3.8.5. Mostní svršek

Po osazení konstrukce na definitivní ložiska a dobetonování závěrných zídek opěr lze osadit mostní závěry, instalovat izolaci horního povrchu nosné konstrukce. Následně provést armování a betonáž mostních říms, osadit záchytný systém (zábradlí, zábradelní svodidla na krajních římsách a svodidla na římsě středního dělicího pásu). Nakonec mohou být položeny vozovkové vrstvy.

3.8.6. Dokončovací práce a terénní úpravy

Úpravy kolem a pod mostem včetně vybudování revizního schodiště a skluzů jsou posledními fázemi výstavby celého mostního objektu. Na závěr je provedeno ohumusování svahů a násypů.

4. BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI

Veškeré práce na tomto objektu musí respektovat platné zákony a další podzákonné předpisy týkající se bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích.

Jde zejména o tyto předpisy:

- Zákoník práce č. 262/2006 Sb. v platném znění
- Nařízení vlády č. 591/2006 Sb. o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích včetně příloh č. 1-5 v platném znění.
- Zákon č. 309/2006 Sb. o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v platném znění.
- Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně v platném znění
 - § 5, 6 - povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob
 - § 15 - dokumentace požární ochrany
 - § 16 - školení a odborná příprava zaměstnanců o požární ochraně
- Vyhláška MV č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti v platném znění
 - § 3, 9 - umístění hasicích přístrojů, hasicích přístroje
 - § 11 - podmínky pro hašení požárů a pro záchranné práce
 - § 30 - 40 dokumentace požární ochrany
- Vyhláška MV č. 87/2000 Sb., kterou se stanoví podmínky požární bezpečnosti při svařování, nahřívání živců v tavných nádobách, v platném znění
 - § 3 – podmínky pro zahájení svařování a po skončení svařování

5. ZÁVĚR

Na základě geometrického zaměření terénu a vedení nivelety byly zpracovány jednotlivé varianty možného převedení dálnice přes zadané údolí a současného přemostění hned několika překážek. Nejvhodnější řešení vedení dálnice po jediné široké nosné konstrukci tvořené komorovým nosníkem s velmi vyloženými konzolami podporovanými prutovými vzpěrami bylo dále podrobně zpracováváno. Návrh mostu byl proveden podle mezních stavů únosnosti a použitelnosti v souladu s normou ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-2 včetně zahrnutí vlivu výstavby mostu na jeho návrh. Byla zvolena technologie výstavby postupným vysouváním, jejíž aspekty bylo nutno promítnout do celkového návrhu mostní konstrukce. Práce je také doplněna vizualizací a schématem postupu výstavby. Jednotlivé modely pro analýzu účinků zatížení byly provedeny v programu Scia Engineer 15.1. Výkresová dokumentace byla vypracována v rozsahu pro účely této diplomové práce.

6. POUŽITÉ ZDROJE A MATERIÁLY

6.1. Literatura

- [1] ČSN EN 1991-2 (736203) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [2] ČSN EN 1992-2 (736208) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [3] ČSN EN 1992-1-1 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [4] ČSN EN 1991-1-4 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [5] NEČAS, Radim, Jan KOLÁČEK a Josef PANÁČEK. *Betonové mosty I.: Zásady navrhování*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. ISBN 978-80-214-4979-4.
- [6] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových dle eurokódů*. Brno: Dashofer Holding, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [7] STRÁSKÝ, Jiří. *Betonové mosty*. 1. vyd. Praha: ŠEL, 2001, 103 s. Technická knihovna autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86426-05-x.
- [8] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008, 186 s. ISBN 978-80-7204-561-7.

6.2. Internetové zdroje

- [9] *Výstavba mostu u Rzavé na dálnici D 3, unikátní řešení mostní konstrukce* [online]. EXPO DATA spol. s r.o., 2007 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/vystavba-mostu-u-rzave-na-dalnici-d-3-unikatni-reseni-mostni-konstrukce_N233
- [10] Most na silnici I/67 v km 0,360 Bohumín - výsun nosné konstrukce mostu. *Stavební noviny* [online]. Stavební portál TVstav.cz, 2011 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://tvstav.cz/clanek/1541-most-na-silnici-i-67-v-km-0360-bohumin-vysun-nosne-konstrukce-mostu>
- [11] *Výsuv mostu přes Rybný potok* [online]. KONSTRUKCE Media, 2005 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/vysuv-mostu-pres-rybny-potok/>
- [12] *Výstavba mostu u Rzavé na dálnici D 3, unikátní řešení mostní konstrukce*. *Www.casopisstavebnictvi.cz* [online]. EXPO DATA spol. s r.o., 2007 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/vystavba-mostu-u-rzave-na-dalnici-d-3-unikatni-reseni-mostni-konstrukce_N233

- [13] *Výstavba mostu u Rzávě na dálnici D 3, unikátní řešení mostní konstrukce* [online]. EXPO DATA spol. s r.o., 2007 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/vystavba-mostu-u-rzave-na-dalnici-d-3-unikatni-reseni-mostni-konstrukce_N233
- [14] *Aplikace hydraulických systémů při manipulacích s nosnými konstrukcemi mostů* [online]. FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby, 2010 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://tvstav.cz/clanek/153-aplikace-hydraulicky-systemu-pri-manipulacich-s-nosnymi-konstrukcemi-mostu>
- [15] *Dodatečné předpětí a vysouvací zařízení pro most 213-00 na D1 Hubová – Ivachnová* [online]. VSL SYSTÉMY /CZ/, 2016 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/mosty/dodatecne-predpeti-a-vysouvaci-zarizeni-pro-most-213-00-na-d1-hubova-ivachnova>
- [16] *Realizace mostních staveb na dálnici D3 v úseku Žilina Strážov – Žilina Brodno*. *ASB-portal.cz* [online]. Freyssinet CS, 2016 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/mosty/realizace-mostnich-staveb-na-dalnici-d3-v-useku-zilina-strazov-zilina-brodno>
- [17] *Hydroizolace mostu přes rybný potok*. *Www.mosty.cz* [online]. 2000-2008 MOSTY.CZ, 2007 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.mosty.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=2299>
- [18] *Zvedání a vysouvání mostních konstrukcí*. *ASB-portal.cz* [online]. MTEK, 2010 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/mosty/zvedani-avysouvani-mostnich-konstrukci>
- [19] *Předpínání mostních konstrukcí*. *ASB-portal.cz* [online]. 2007 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/mosty/predpinani-mostnich-konstrukci>
- [20] *Konstrukce s postupně budovaným příčným řezem*. *ASB-portal.cz* [online]. 2014 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/mosty/konstrukce-s-postupne-budovany-m-pricnym-rezem>
- [21] *Hrncová mostní ložiska TETRON CD*. [Http://www.freyssinet.cz](http://www.freyssinet.cz) [online]. FREYSSINET CS a.s, 2011 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: http://www.freyssinet.cz/203-hrncova-mostni-loziska-tetron_cd
- [22] *Výsuv mostních konstrukcí*. [Http://www.vsl.cz](http://www.vsl.cz) [online]. VSL SYSTEMS /CZ/, 2011 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://www.vsl.cz/vysuv-mostnich-konstrukci/>

6.3. Použité programy

AutoCAD 2015

Scia Engineer 15.1

SketchUp 2016

Render In 2016

7. SEZNAM PŘÍLOH

P1. POUŽITÉ PODKLADY A VARIANTY ŘEŠENÍ

P1 – 01 VARIANTA 1

P1 – 02 VARIANTA 2

P1 – 03 VARIANTA 3

P1 – 04 VARIANTA 4

P2. VÝKRESY

P2 – 2 PŮDORYS

P2 - 3 PODÉLNÝ ŘEZ

P2 – 4.1 PŘÍČNÝ ŘEZ V POLI

P2 – 4.2 PŘÍČNÝ ŘEZ NAD PODPOROU

P2 – 5 USPOŘÁDÁNÍ SOUDRŽNÝCH PŘEDPÍNACÍCH KABELŮ

P2 – 6 USPOŘÁDÁNÍ VOLNÝCH PŘEDPÍNACÍCH KABELŮ

P2 – 7 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ NOSNÉ KONSTRUKCE

P2 – 8 VYZTUŽENÍ PŘÍČNÍKU

P3. STAVEBNÍ POSTUP A VIZUALIZACE

P3 – 1 SCHÉMA POSTUPU VÝSTAVBY

P3 – 2 BOČNÍ POHLED NA KONSTRUKCI

P3 – 3 POHLED NA KONSTRUKCI SHORA

P3 – 4 POHLED NA VZPĚRY A ULOŽENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

P4. STATICKÝ VÝPOČET