

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Alternativní návrh silničního mostu přes inundační území, cyklostezku a
polní cestu**

The alternative design of prestressed concrete bridge over the river,
cyclistic path and road

Autor práce: Magdalena Borovičková

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.

Praha 2019



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Borovičková</u>	Jméno: <u>Magdalena</u>	Osobní číslo: <u>438056</u>
Zadávací katedra: <u>K 133 - Katedra betonových a zděných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce a dopravní stavby</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Alternativní návrh silničního mostu přes inundační území, cyklostezku a polní cestu</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>The alternative design of prestressed concrete bridge over the river, cycling path and road</u>	
Pokyny pro vypracování: Vypracování teoretické rešerše Návrh konstrukčního řešení vybraného mostu ve dvou variantách Statická analýza navržených variant konstrukce, porovnání působení, návrh uspořádání předpětí Základní výkresová dokumentace	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>25.2.2019</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>26.5.2019</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ/ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

13.2019

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s výjimkou poskytnutých konzultací. Veškeré podklady, které jsem při psaní práce použila, jsou řádně citovány a uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 27.5.2019

.....

Magdalena BOROVIČKOVÁ

Poděkování

Touto cestou bych ráda upřímně poděkovala doc. Ing. Lukáši Vráblíkovi, PhD., za vedení této bakalářské práce, a především za ochotu a vstřícnost při poskytování cenných rad a konzultací.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a statickým posouzením konstrukčního řešení dvou mostních objektů. Oba mosty se nacházejí na přeložce silnice I/9 v úseku Nový Bor – Dolní Libchava. Jejich účelem je převést komunikaci přes řeku Šporka, biocentrum a regionální biokoridor.

Klíčová slova

Most, předpětí, předpjatý beton, spojitý nosník, betonový most

Abstract

This bachelor thesis is focused on a design and a structural analysis of two bridges. Both of the bridges are located on the relaying of the road I/9 leading from Nový Bor to Dolní Libchava. Their purpose is to take the communication over the river called Šporka, biocentre and biocorridor.

Keywords

Bridge, prestressing, prestressed concrete, continuous beam, concrete bridge

Použitá literatura

Normy a předpisy

- [1] ČSN EN 1991-1-1; Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-2 ed 2; Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou. Praha: Český normalizační institut, 2015.
- [3] ČSN EN 1991-1-5; Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN EN 1991-1-4; Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2015.
- [5] ČSN EN 1990 ed. 2: 2015 (73 0002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

Knihy

- [6] Prof. Ing. Jiří Stráský, DSc., Ing. Radim Nečas, Ph.D. Betonové mosty II, modul M01: Technologie výstavby mostů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2007.
- [7] Ing. Roman Šafář, Ph.D. a kolektiv, 2009. Návrh předpjatého mostu podle Eurokódů, Cvičení. Praha: Česká technika. ISBN 978 – 80 – 01 – 04433 – 9

Firemní materiály

FREYSSINET CS, a.s.; Předpínací výztuž

SVODIDLA s.r.o.; Svodidla

TITAN – Multiplast s.r.o.; Protihlukové stěny

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Identifikační údaje mostů.....	12
2.1	SO 206	12
2.2	SO 208	12
3	Základní údaje o mostech.....	14
3.1	SO 206	14
3.2	SO 208	14
4	Zdůvodnění mostů a jejich umístění.....	15
4.1	SO 206	15
4.1.1	Účel mostu.....	15
4.1.2	Charakter komunikace	15
4.1.3	Údaje o přemostovaných překážkách	15
4.1.4	Geotechnické podmínky.....	15
4.2	SO 208	16
4.2.1	Účel mostu.....	16
4.2.2	Charakter komunikace	16
4.2.3	Údaje o přemostovaných překážkách	16
4.2.4	Geotechnické podmínky.....	16
5	Vybavení mostů.....	17
5.1	Římsy	17
5.2	Odvodnění.....	17
6	Varianty mostů	18
6.1	SO 206	18
6.1.1	Deskový most.....	18
6.1.1.1	Popis konstrukce.....	18
6.1.1.2	Příčný řez.....	18
6.1.1.3	Schematický podélný řez	19
6.1.2	Trámový most.....	19
6.1.2.1	Popis konstrukce.....	19
6.1.2.2	Příčný řez.....	20
6.1.2.3	Schematický podélný řez	20
6.1.3	Spřažený ocelobetonový most.....	20
6.1.3.1	Popis konstrukce.....	20

6.1.3.2	Příčný řez.....	21
6.1.3.3	Schematický podélný řez	21
6.2	SO 208	22
6.2.1	Deskový most.....	22
6.2.1.1	Popis konstrukce.....	22
6.2.1.2	Příčný řez.....	22
6.2.1.3	Schematický podélný řez	23
6.2.2	Trámový most.....	23
6.2.2.1	Popis konstrukce	23
6.2.2.2	Příčný řez.....	24
6.2.2.3	Schematický podélný řez	24
6.2.3	Spřažený ocelobetonový most.....	24
6.2.3.1	Popis konstrukce.....	24
6.2.3.2	Příčný řez.....	25
6.2.3.3	Schematický podélný řez	25
7	Vybrané konstrukční řešení mostů.....	26
7.1	SO 206	26
7.2	SO 208	26
8	Výstavba a postup technologie stavby mostu	27
8.1	SO 206	27
8.2	SO 208	27
9	Materiály.....	28
9.1	Beton.....	28
9.2	Předpínací výztuž.....	28
10	Statický výpočet.....	29
10.1	Výpočetní model.....	29
10.2	Zatížení.....	30
10.2.1	Vlastní tíha	30
10.2.2	Ostatní stálé	31
10.2.3	Zatížení dopravou	31
10.2.3.1	Model zatížení – LM1	31
10.2.3.1.1	SO 208.....	32
10.2.3.2	Model zatížení LM3.....	33
10.2.4	Zatížení chodci.....	33

10.2.5	Zatížení teplotou	33
10.2.6	Zatížení větrem	34
10.2.6.1	SO 206	36
10.2.6.2	SO 208	37
10.3	Příčné roznášení zatížení na konstrukci	39
10.3.1	Vyhodnocení	39
10.4	Kombinace zatížení	43
10.4.1	Kombinace pro MSÚ	44
10.4.1.1	Výsledky kombinací MSÚ	44
10.4.2	Kombinace pro MSP	45
10.4.2.1	Výsledky kombinací MSP	45
10.5	Návrh předpětí	46
10.5.1	SO 206	46
10.5.1.1	Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu	51
10.5.2	SO 208	56
10.5.2.1	Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu	60
10.6	Mezní stav omezení průhybů	64
10.6.1	SO 206	64
10.6.2	SO 208	64
10.7	Posouzení MSÚ	65
10.7.1	SO 206	65
10.7.1.1	Průřez v poli	65
10.7.1.2	Průřez nad podporou	69
10.7.2	SO 208	72
10.7.2.1	Průřez v poli	72
10.7.2.2	Průřez nad podporou	75
11	Posouzení na smyk	78
11.1	SO 206	78
11.1.1	Průřez nad opěrou	78
11.1.2	Průřez nad podporou	78
11.2	SO 208	80
11.2.1	Průřez nad opěrou	80
11.2.2	Průřez nad podporou	80
12	Závěr	82

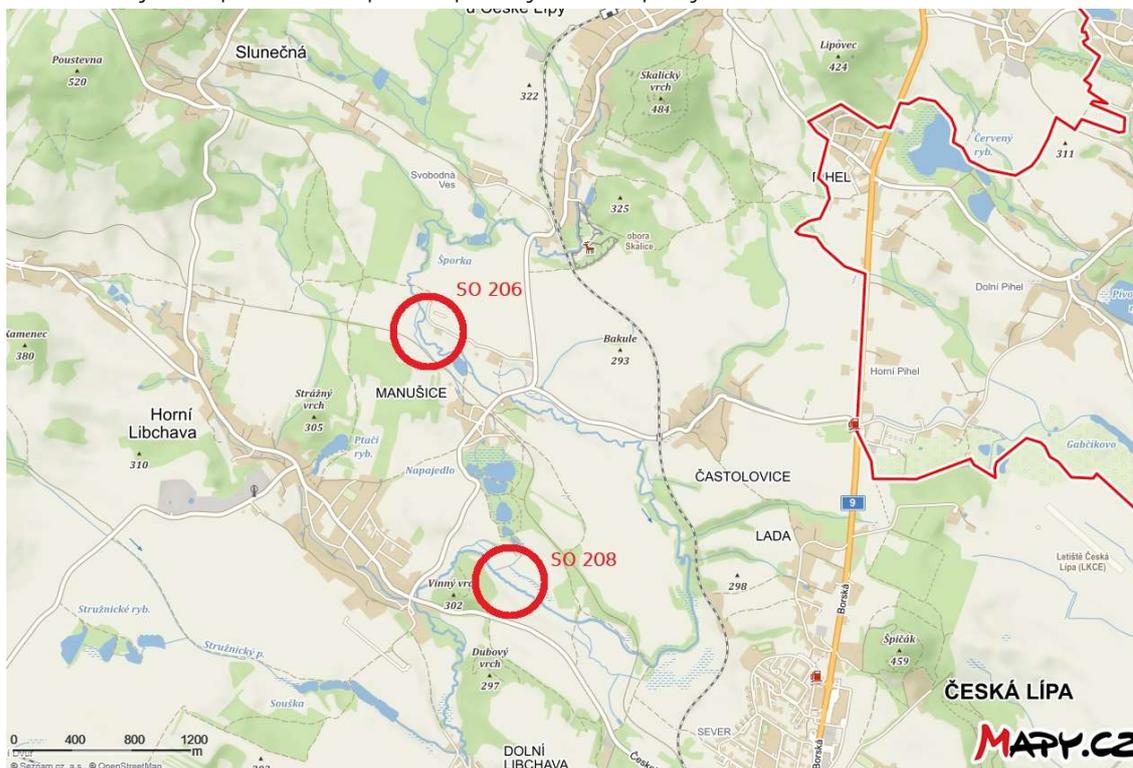
13	Seznam obrázků	83
14	Seznam tabulek	85
15	Seznam příloh.....	86

1 Úvod

Předmětem této bakalářské práce je statický návrh a posouzení spojitě konstrukce dvou nových silničních mostů, označených SO 206 a SO 208. Oba mosty se nacházejí na přeložce silnice I/9 v úseku Nový Bor – Dolní Libchava. Mosty převádějí komunikaci přes řeku Šporka, a regionální biokoridor. Převáděná komunikace je silnicí I. třídy kategorie S 13,5/90, směrově rozdělená se třemi jízdními pruhy šířky 3,25 m a 3,50 m, středním dělicím pásem šířky 1,00 m a zpevněnou krajnicí šířky 0,50 m a 0,75 m. Předběžně bude navrženo více konstrukčních variant, ze kterých bude vybrána a dále podrobněji zpracována jedna konkrétní varianta pro každý most.

Cílem práce je návrh konstrukčního řešení a návrh postupu výstavby. Dále bude proveden statický výpočet dle příslušných norem s návrhem předpětí a betonářské výztuže.

Nosná konstrukce bude posouzena na mezní stav únosnosti a použitelnosti v rozhodujících průřezech podle platných evropských norem.



Obr. 1: Zakreslení polohy mostních objektů SO 206 a SO 208

2 Identifikační údaje mostů

2.1 SO 206

Stavba:	přeložka silnice I/9 Nový Bor – Dolní Libchava
Stavební objekt:	SO 206 Most přes Šporku a biokoridor
Název mostu:	Most na I/9 přes Šporku, biokoridor a místní komunikaci
Obec:	Česká Lípa
Katastrální území:	Manušice
Kraj:	Liberecký
Objednatel:	Ředitelství silnic a dálnic ČR, správa Liberec Zeyerova 1310/2, 460 55 Liberec
Druh převáděné komunikace:	Silnice I. třídy I/9
Kategorie komunikace:	S 13,5/90
Druh přemostované překážky:	Biokoridor, řeka, cyklostezka a přeložka místní komunikace
Úhel křížení:	90°
Staničení:	km 4,760 – km 5,005

2.2 SO 208

Stavba:	přeložka silnice I/9 Nový Bor – Dolní Libchava
Stavební objekt:	SO 208 Most přes Šporku a regionální biokoridor
Název mostu:	Most na I/9 přes Šporku, polní cestu a biokoridor
Obec:	Horní Libchava
Katastrální území:	Horní Libchava
Kraj:	Liberecký
Objednatel:	Ředitelství silnic a dálnic ČR, správa Liberec Zeyerova 1310/2, 460 55 Liberec
Druh převáděné komunikace:	Silnice I. třídy I/9
Kategorie komunikace:	S 13,5/90
Druh přemostované překážky:	Biokoridor, řeka a polní cesta

Úhel křížení: 90°

Staničení: km 6,283 – km 6,596

3 Základní údaje o mostech

3.1 SO 206

Charakteristika mostu:	Trvalý silniční most přes řeku, místní komunikaci a novou cyklostezku.
Délka přemostění:	243,301 m
Délka mostu:	268,450 m
Délka nosné konstrukce:	245,000 m
Šikmost mostu:	90 °
Šířka mezi svodidly:	13,500 m
Šířka průjezdního prostoru:	13,500 m
Šířka průchozího prostoru:	0,750 m
Šířka nosné konstrukce:	16,000 m
Výška mostu nad terénem:	12,000 m
Stavební výška:	2,525 m
Zatížení mostu:	dle ČSN EN 1991-2 ed. 2

3.2 SO 208

Charakteristika mostu:	Trvalý silniční most přes řeku a polní cestu.
Délka přemostění:	311,300 m
Délka mostu:	336,609 m
Délka nosné konstrukce:	313,000 m
Šikmost mostu:	90 °
Šířka mezi svodidly:	13,50 – 16,50 m
Šířka průjezdního prostoru:	13,50 – 16,50 m
Šířka průchozího prostoru:	0,75 m
Šířka nosné konstrukce:	16 - 19m
Výška mostu nad terénem:	11 m
Stavební výška:	3,124 m
Zatížení mostu:	dle ČSN EN 1991-2 ed. 2

4 Zdůvodnění mostů a jejich umístění

4.1 SO 206

4.1.1 Účel mostu

Účelem mostu je převedení přeložky silnice I/9 přes údolí s biokoridorem, kde probíhá stávající místní komunikace, řeka Šporka a nová cyklostezka Varhany. Most je navržen se šířkovým uspořádáním odpovídajícím kategorii S 13,5/90. Na mostě bude zřízen nouzový chodník šířky 0,75 m.

4.1.2 Charakter komunikace

Šířkové uspořádání: S 13,5/90 v základním šířkovém uspořádání mezi svodidly:

$$3,25 + 2 \times 3,5 + 1,0 + 0,75 + 3 \times 0,5 = 13,5 \text{ m}$$

Směrové poměry v místě mostu: Most je prvních 68 m veden v přechodnici s parametrem $A = 340,588$ m. Zbývající úsek je veden ve směrovém oblouku o poloměru $R = 800$ m. Příčný sklon komunikace je v celé délce mostu navržen jako levostranný 2,5 %.

Výškové poměry v místě mostu: Výškový lom nivelety se v celém úseku nenachází, niveleta stoupá v konstantním sklonu 1,80 %.

4.1.3 Údaje o přemostovaných překážkách

Most převádí přeložku komunikace I/9 přes místní komunikaci SO 123, která bude nově přeložena. Křížení s osou komunikace se nachází v km 4,771. Další přemostovanou překážkou je řeka Šporka. Při návrhu mostu bude přihlédnuto k úrovni Q100. Dále most přechází nad nově budovanou cyklostezkou Varhany.

4.1.4 Geotechnické podmínky

V místě přeložky komunikace I/9 bylo provedeno několik průzkumných prací a o jejich průběhu byla vypracována zpráva, která je součástí podkladů pro tuto práci. Zpráva poskytuje informace o geologických a hydrogeologických poměrech.

Na základě průzkumu bylo zjištěno a vyhodnoceno, že v místě mostu SO 206 jsou štěrkovité zeminy, středně až lehce ulehlé, písčité a hlinitopísčité zeminy, středně ulehlé, zcela zvětralé pískovce na písčitou zeminu, ulehlou až stmelenou a zcela zvětralé jílovce na jílovité zeminy pevné až tvrdé konzistence.

Hladina podzemní vody je v hloubce 0 – 1 m. Prostředí je neagresivní. Z hlediska geotechnických podmínek je doporučen hlubinný způsob založení a pro sanaci přechodových oblastí je doporučen plošný a vertikální drén.

4.2 SO 208

4.2.1 Účel mostu

Účelem mostu je převedení přeložky silnice I/9 přes údolí s biokoridorem, kde teče řeka Šporka. Most je navržen se šířkovým uspořádáním odpovídajícím kategorii S 13,5/90. Na mostě bude zřízen nouzový chodník šířky 0,75 m.

4.2.2 Charakter komunikace

Šířkové uspořádání: S 13,5/90 v základním šířkovém uspořádání mezi svodidly:
 $3,25 + 2 \times 3,5 + 1,0 + 0,75 + 3 \times 0,5 = 13,5 \text{ m}$

Směrové poměry v místě mostu: Most leží celou svou délkou ve směrovém oblouku o poloměru $R = 700 \text{ m}$. Příčný sklon komunikace v tomto úseku je pravostranný 2,5 %.

Výškové poměry v místě mostu: Výškový lom nivelety se v celém úseku nenachází, niveleta stoupá v konstantním sklonu 0,75 %.

4.2.3 Údaje o přemostovaných překážkách

Most převádí přeložku komunikace I/9 přes údolí s biokoridorem, kde probíhá polní cesta a protéká řeka Šporka. Při návrhu mostu bude přihlédnuto k úrovni Q100.

4.2.4 Geotechnické podmínky

V místě přeložky komunikace I/9 bylo provedeno několik průzkumných prací a o jejich průběhu byla vypracována zpráva, která je součástí podkladů pro tuto práci. Zpráva poskytuje informace o geologických a hydrogeologických poměrech.

Na základě průzkumu bylo zjištěno a vyhodnoceno, že v místě mostu SO 208 jsou zcela zvětralé pískovce na písčitou zeminu, ulehlou až stmelenu.

Hladina podzemní vody je v hloubce 0 – 1 m. Stupeň agresivity prostředí je XA3 – Vysoce agresivní prostředí určené dle EN 206-1, Tab. 2.

Z hlediska geotechnických podmínek je doporučen hlubinný způsob založení a pro sanaci přechodových oblastí je doporučen plošný a vertikální drén.

5 Vybavení mostů

5.1 Římsy

Příčný sklon vozovky je jednostranný 2,5 % s protispádem u římsy na nižší straně. Sklon nosné konstrukce je shodný se sklonem vozovky. Na obou koncích nosné konstrukce je osazena betonová římsa, kotvená do desky mostovky, jejíž horní povrch je v 4% sklonu směrem k vozovce. Na betonové římse je osazeno ocelové svodidlo svodnicového typu úrovně zadržení H2, tedy šířky 500 mm a ocelové zábradlí výšky 1,1 m. Vzhledem k délce mostu bude po obou stranách v celé délce mostu zřízen nouzový chodník, a tudíž bude betonová římsa široká 1,55 m. Výška římsy nad vozovkou je 150 mm.

V případě mostu SO 206 bude v úseku km 4,760 – km 4,855 vpravo zřízena protihluková stěna SO 765.

5.2 Odvodnění

Odvodnění vozovky je zajištěno příčným i podélným sklonem, přičemž v podélném směru bude voda svedena do mostních odvodňovačů v odvodňovacím proužku. Z mostních odvodňovačů bude voda odvedena pomocí podélných svodů odvodnění před opěru OP1, kde bude voda svedena svislým odvodňovačem podél líce opěry OP1 a přes opevněný svah do příkopu u paty kužele.

6 Varianty mostů

6.1 SO 206

6.1.1 Deskový most

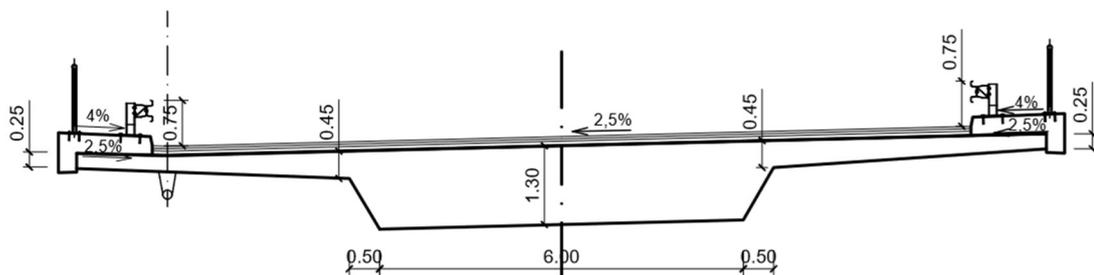
6.1.1.1 Popis konstrukce

První možnou variantou pro převedení trasy přeložky silnice I/9 je deskový most. S celkovou délkou 245 m, by byl rozdělen do 10 polí. Konkrétní uspořádání pro tento typ konstrukce by bylo 20,5 + 8 x 25,5 + 20,5 m. Most by byl podepřen 9 pilíři, na krajích uložen na opěry. Tloušťka konstrukce by byla v celé délce konstantní, při rozpětí 25,5 m není třeba výškových náběhu nad pilíři.

Optimální tloušťka spojitých silničních předpjatých mostů deskových je v rozmezí od 1/18 ÷ 1/26 rozpětí. Při rozpětí 25,5 m jsou konkrétní hodnoty tohoto rozmezí 1,41667 ÷ 0,9807 m. Návrh tloušťky konstrukce je 1,3 m. Snížení hmotnosti konstrukce je zajištěno lichoběžníkovým tvarem průřezu.

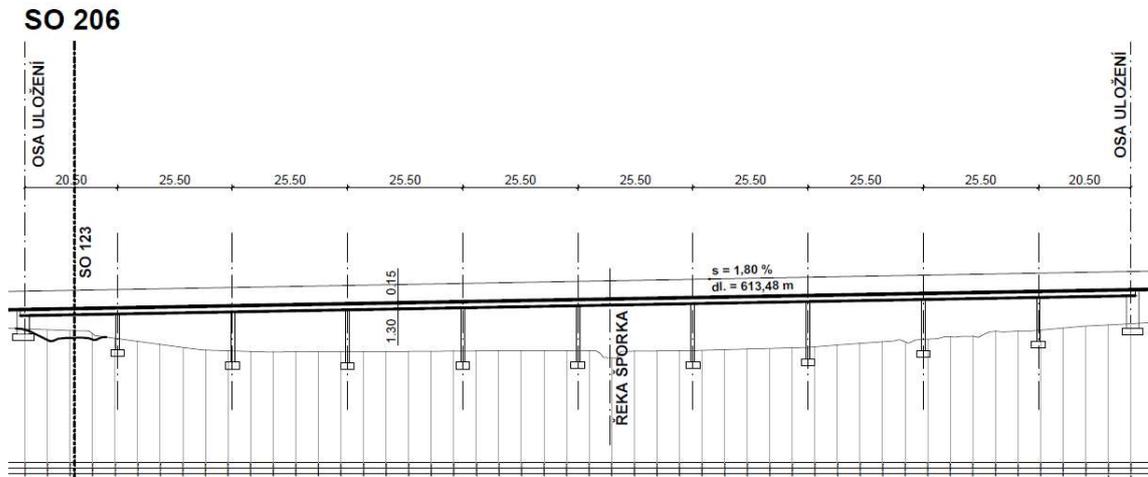
Pro uložení mostu budou použita ložiska, podle velikostí působících sil by byl vybrán typ. Pro menší síly by mohla být použita elastomerová ložiska, pokud by síly nabývaly větších hodnot, mohla by být použita ložiska hrcová.

6.1.1.2 Příčný řez



Obr. 2 Příčný řez mostu SO 206 v případě deskové konstrukce

6.1.1.3 Schematický podélný řez



Obr. 3 Schematický podélný řez mostu SO 206 v případě deskové konstrukce

6.1.2 Trámový most

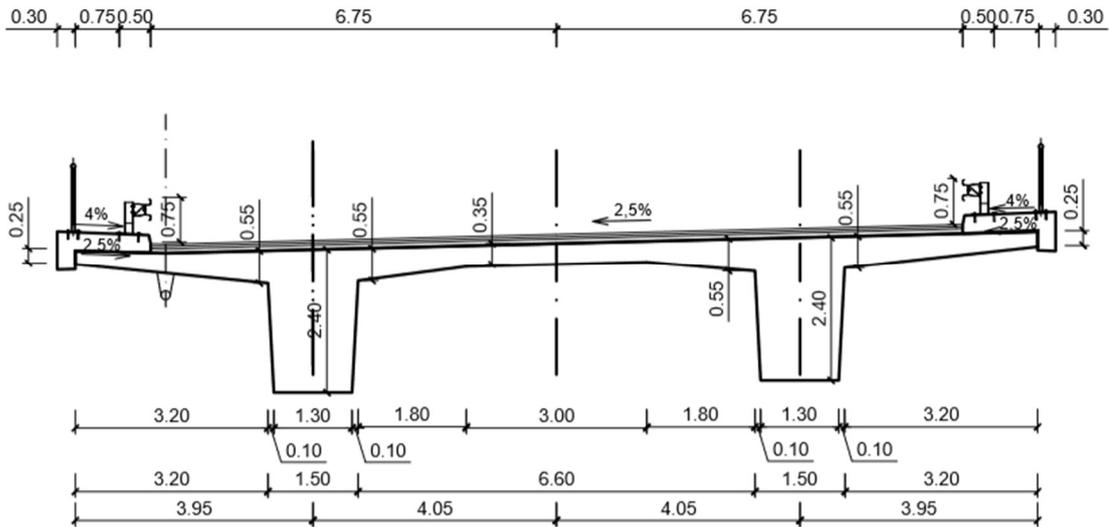
6.1.2.1 Popis konstrukce

Další možnou variantou je most trámový. S celkovou délkou 245 m by byl rozdělen do 6 polí. Konkrétní uspořádání pro tento typ konstrukce by bylo $35 + 4 \times 43,75 + 35$ m. Most by byl podepřen 5 pilíři, na krajích uložen na opěry. Konstrukce by byla řešena jako spojitý nosník bez výškových náběhů.

Optimální tloušťka spojitých silničních předpjatých mostů trámových je v rozmezí od $1/18 \div 1/25$ rozpětí. Při rozpětí pole 43,75 m jsou konkrétní hodnoty tohoto rozmezí $2,43 \div 1,75$ m. Dle těchto hodnot by byla tloušťka konstrukce navržena 2,4 m.

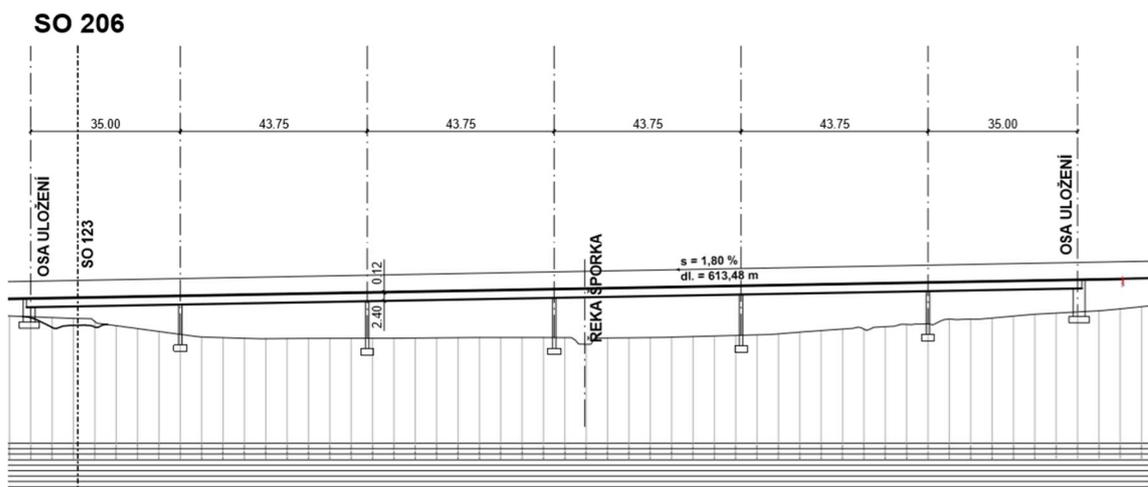
Pro uložení mostu budou použita ložiska, podle velikostí působících sil by byl vybrán typ. Pro menší síly by mohla být použita elastomerová ložiska, pokud by síly nabývaly větších hodnot, mohla by být použita ložiska hrcová.

6.1.2.2 Příčný řez



Obr. 4 Příčný řez mostu SO 206 v případě trémové konstrukce

6.1.2.3 Schematický podélný řez



Obr. 5 Schematický podélný řez mostu SO 206 v případě trémové konstrukce

6.1.3 Spřažený ocelobetonový most

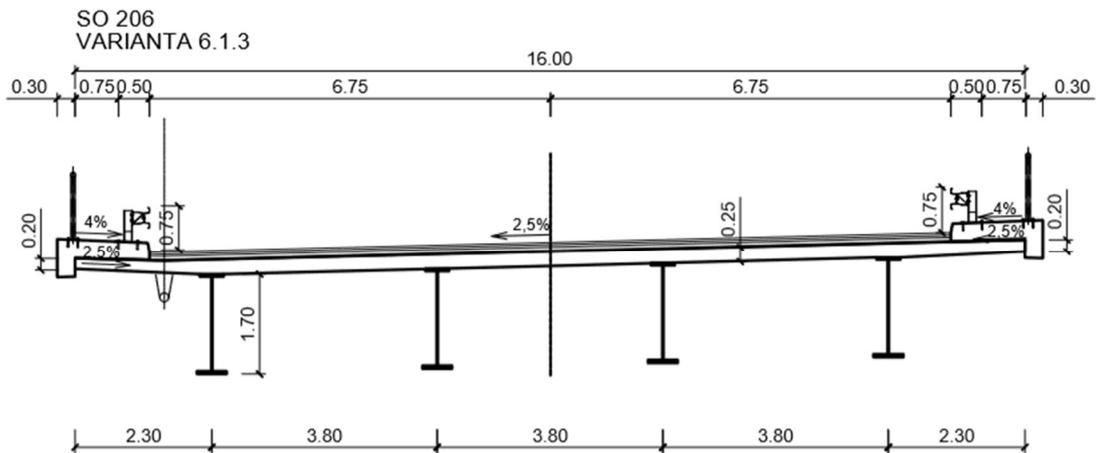
6.1.3.1 Popis konstrukce

Další možnou variantou je spřažený ocelobetonový most. S celkovou délkou 245 m by byl rozdělen do 7 polí. Konkrétní uspořádání pro tento typ konstrukce by bylo 29 + 5 x 37,4 + 29 m. Most by byl podepřen 6 pilíři, na krajích uložen na opěry. Konstrukce by měla v celé délce konstantní tloušťku desky.

Tloušťka desky je navržena 0,25 m. Výška ocelových I nosníků je navržena 1,7 m.

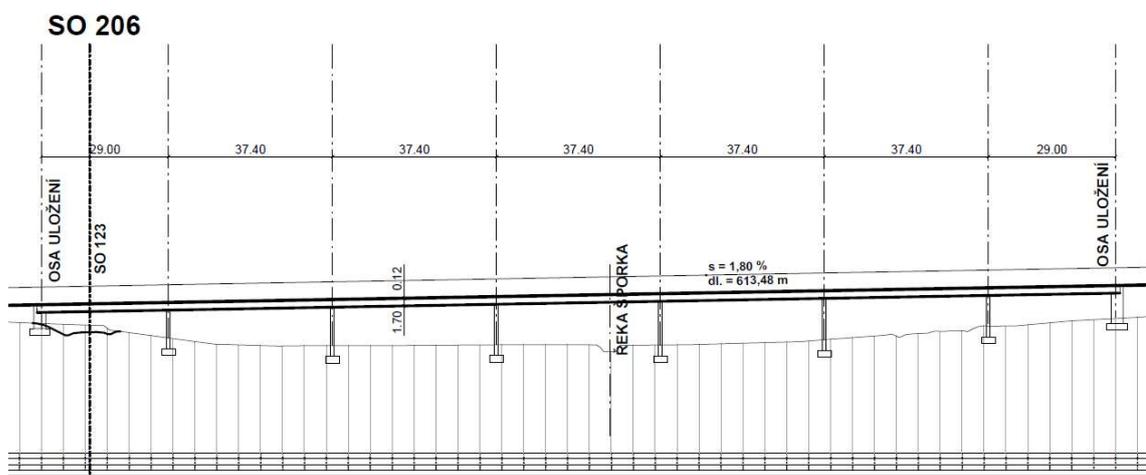
Pro uložení mostu budou použita ložiska, podle velikostí působících sil by byl vybrán typ. Pro menší síly by mohla být použita elastomerová ložiska, pokud by síly nabývaly větších hodnot, mohla by být použita ložiska hrncová.

6.1.3.2 Příčný řez



Obr. 6 Příčný řez mostu SO 206 v případě spřažené ocelobetonové konstrukce

6.1.3.3 Schematický podélný řez



Obr. 7 Schematický podélný řez mostu SO 206 v případě spřažené ocelobetonové konstrukce

6.2 SO 208

6.2.1 Deskový most

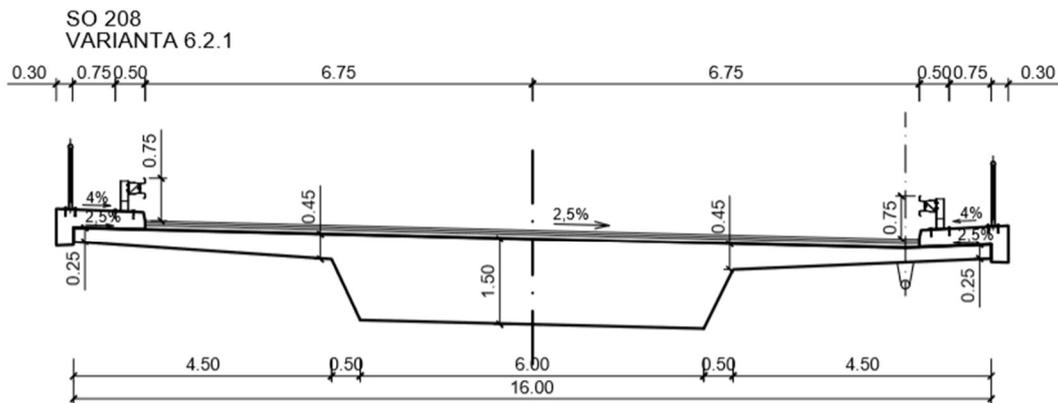
6.2.1.1 Popis konstrukce

První možnou variantou pro převedení trasy přeložky silnice I/9 je deskový most. S celkovou délkou 313 m, by byl rozdělen do 11 polí. Konkrétní uspořádání pro tento typ konstrukce by bylo 23,75 + 9 x 29,5 + 23,75 m. Most by byl podepřen 10 pilíři, na krajích uložen na opěry. Tloušťka konstrukce by byla v celé délce konstantní, při rozpětí 29,5 m není třeba výškových náběhu nad pilíři.

Optimální tloušťka spojitých silničních předpjatých mostů deskových je v rozmezí od $1/18 \div 1/26$ rozpětí. Při rozpětí 29,5 m jsou konkrétní hodnoty tohoto rozmezí 1,6388 \div 1,1346 m. Návrh tloušťky konstrukce je 1,5 m. Snížení hmotnosti konstrukce je zajištěno lichoběžníkovým tvarem průřezu.

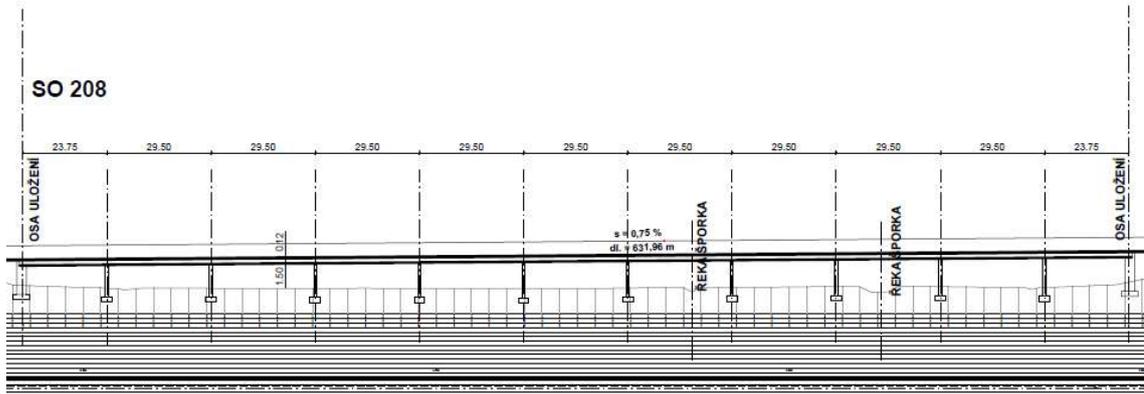
Pro uložení mostu budou použita ložiska, podle velikostí působících sil by byl vybrán typ. Pro menší síly by mohla být použita elastomerová ložiska, pokud by síly nabývaly větších hodnot, mohla by být použita ložiska hrcová.

6.2.1.2 Příčný řez



Obr. 8 Příčný řez mostu SO 208 v případě deskové konstrukce

6.2.1.3 Schematický podélný řez



Obr. 9 Schematický podélný řez mostu SO 208 v případě deskové konstrukce

6.2.2 Trámový most

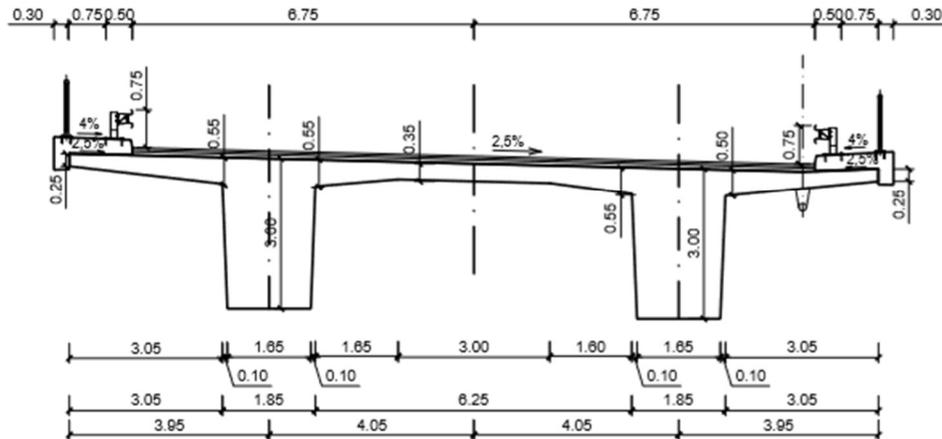
6.2.2.1 Popis konstrukce

Další možnou variantou je most trámový. S celkovou délkou 313 m by byl rozdělen do 6 polí. Konkrétní uspořádání pro tento typ konstrukce by bylo 44,5 + 4 x 56 + 44,5 m. Most by byl podepřen 6 pilíři, na krajích uložení na opěry. Konstrukce by byla řešena jako spojitý nosník bez výškových náběhů.

Optimální tloušťka spojitých silničních předpjatých mostů trámových je v rozmezí od 1/18 ÷ 1/25 rozpětí. Při rozpětí pole 56 m jsou konkrétní hodnoty tohoto rozmezí 3,11 ÷ 2,24 m. Dle těchto hodnot by byla tloušťka konstrukce navržena 3 m.

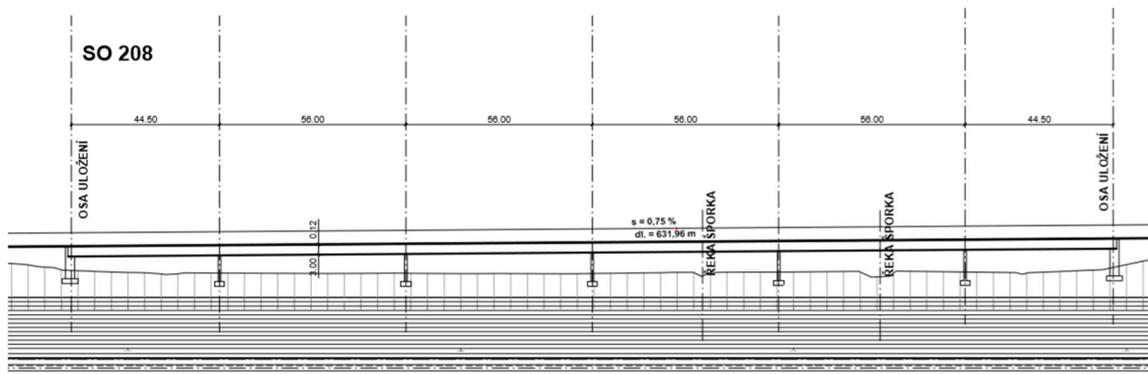
Pro uložení mostu budou použita ložiska, podle velikostí působících sil by byl vybrán typ. Pro menší síly by mohla být použita elastomerová ložiska, pokud by síly nabývaly větších hodnot, mohla by být použita ložiska hrncová.

6.2.2.2 Příčný řez



Obr. 10 Příčný řez mostu SO 208 v případě trémové konstrukce

6.2.2.3 Schematický podélný řez



Obr. 11 Schematický podélný řez mostu SO 208 v případě trémové konstrukce

6.2.3 Spřažený ocelobetonový most

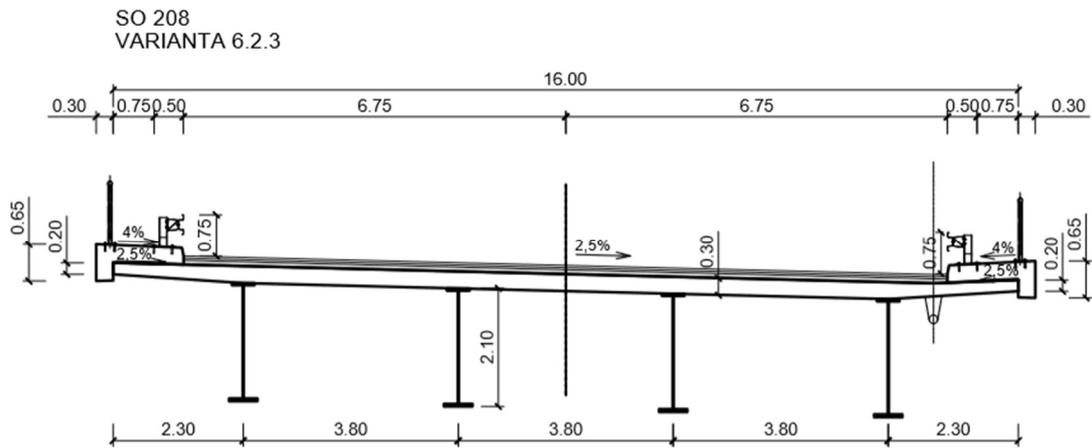
6.2.3.1 Popis konstrukce

Další možnou variantou je spřažený ocelobetonový most. S celkovou délkou 313 m by byl rozdělen do 7 polí. Konkrétní uspořádání pro tento typ konstrukce by bylo 39 + 5 x 47 + 39 m. Most by byl podepřen 6 pilíři, na krajích uložen na opěry. Konstrukce by měla v celé délce konstantní tloušťku desky.

Tloušťka desky je navržena 0,3 m. Výška ocelových I nosníků je navržena 2,1 m.

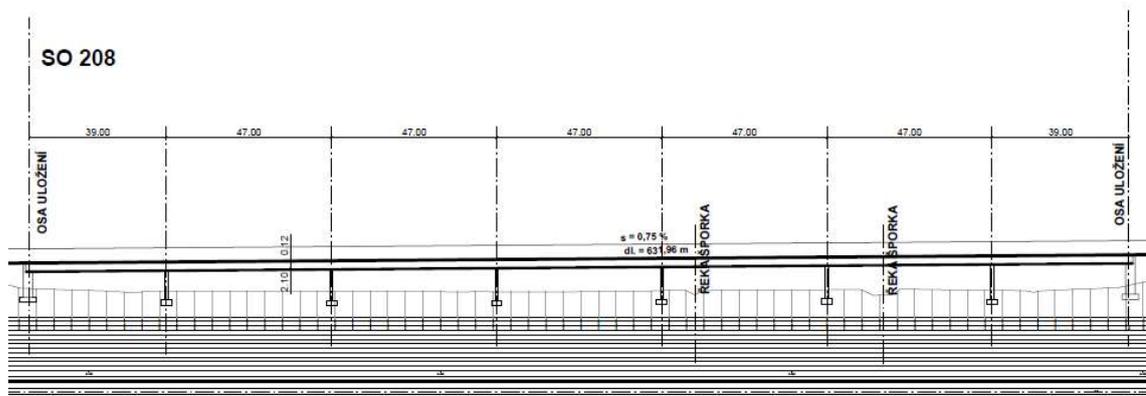
Pro uložení mostu budou použita ložiska, podle velikostí působících sil by byl vybrán typ. Pro menší síly by mohla být použita elastomerová ložiska, pokud by síly nabývaly větších hodnot, mohla by být použita ložiska hrncová.

6.2.3.2 Příčný řez



Obr. 12 Příčný řez mostu SO 208 v případě spřažené ocelobetonové konstrukce

6.2.3.3 Schematický podélný řez



Obr. 13 Schematický podélný řez mostu SO 208 v případě spřažené ocelobetonové konstrukce

7 Vybrané konstrukční řešení mostů

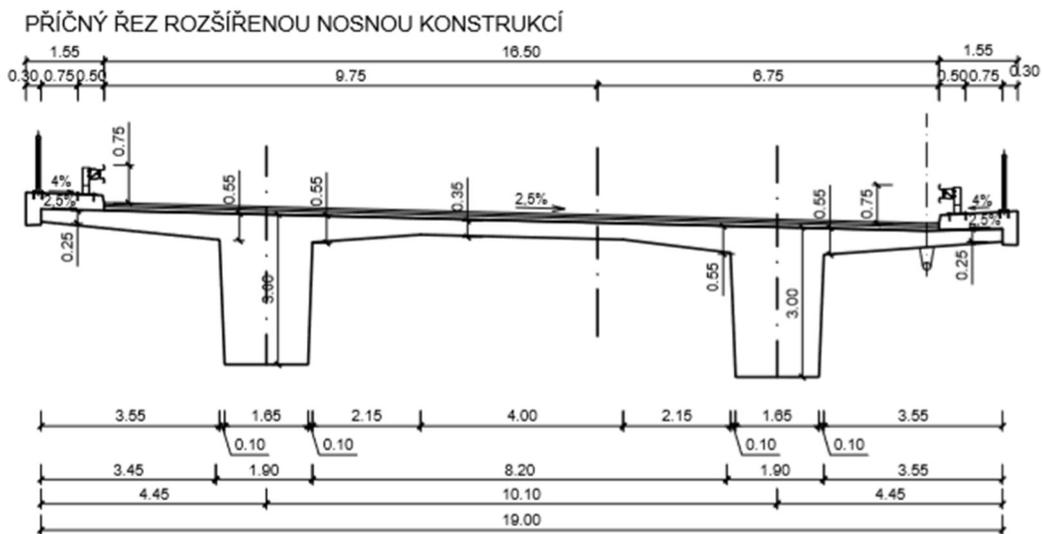
7.1 SO 206

Pro most SO 206 je ze tří možných variant vybrána varianta dvoutrámového mostu. Trámy jsou vysoké 2,4 m a probíhají v osově vzdálenosti 8,1 m. Most je rozdělen do 6 polí, v 5 místech je podepřen pilíři šestiúhelníkového průřezu a na krajích je uložen na opěry. Dvě krajní pole mají rozpětí 35 m a 4 vnitřní pole mají rozpětí 43,75 m. Výška mostu nad terénem je 5 – 12 m. Založení mostu je navrženo hlubinné na vrtaných pilotách.

7.2 SO 208

Pro most SO 208 je ze tří možných variant vybrána varianta dvoutrámového mostu. Trámy vysoké 3 m probíhají v osově vzdálenosti 8,1 m. Most má celkem 6 polí, podepřen je v 5 místech pilíři šestiúhelníkového tvaru a na krajích je uložen na opěry. Rozpětí polí je 44,5 + 4 x 56 + 44,5 m. Výška mostu nad terénem je přibližně 7-11 m. Založení mostu je navrženo hlubinné na vrtaných pilotách.

Šířka mostu není v celé délce mostu konstantní z důvodu přídatného pruhu pro odbočení. Vyřazovací úsek sloužící pro výjezd vozidel začíná v km 6,491 a končí v km 6,567. V tomto úseku proběhne rozšíření nosné konstrukce z 16 m na 19 m. Takto upravená šířka nosné konstrukce zůstává až do konce mostu v km 6,596.



Obr. 14 Příčný řez v místě rozšíření komunikace z důvodu přídatného pruhu pro odbočení

8 Výstavba a postup technologie stavby mostu

8.1 SO 206

Most SO 206 bude betonován na místě. Vzhledem k tomu, že kromě řeky Šporka, most přebíhá přes údolí s místní komunikací a budovanou cyklostezkou, je navržena výstavba tohoto mostu na výsuvné skruži. Most bude betonován po polích. Skruž bude situována nad nosnou konstrukcí, což usnadní dopravu materiálu. Plynulé navázání nově betonovaného pole na již betonovanou část mostu bude zajištěno zavěšením skruže na konec vybetonované části. [6]

8.2 SO 208

Konstrukce bude betonována na pevné skruži, postupně po polích s přečnívající konzolou. Spára mezi betonovanými úseky se zvolí v místě nulových momentů. Konstrukce bude předepnuta průběžnými kabely spojovanými v místě spáry. S ohledem na možnost vzniku trhlin bude ve spáře spojována maximálně polovina kabelů. Vzhledem k tomu, že výška mostu nad terénem je 7 – 11 metrů, bude třeba řádně zajistit zavětrování stojek skruže, a tak zajistit stabilitu skruže, a tedy bezpečnost práce. [6]

V rámci zjednodušení výpočtu nebylo pro tuto bakalářskou práci uvažováno zatížení ve fázi výstavby.

9 Materiály

9.1 Beton

Nosná konstrukce	C 35/45
Válcová pevnost v tlaku ve stáří 28 dní	$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$
Průměrná pevnost v tlaku	$f_{cm} = 43 \text{ MPa}$
Krychelná pevnost v tlaku ve stáří 28 dní	$f_{ck,cube} = 45 \text{ MPa}$
Průměrná tahová pevnost	$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$
Dolní hodnota pevnosti v tahu	$f_{ctk0,05} = 2,2 \text{ MPa}$
Horní hodnota pevnosti v tahu	$f_{ctk0,95} = 4,2 \text{ MPa}$
Střední hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} = 33 \text{ MPa}$

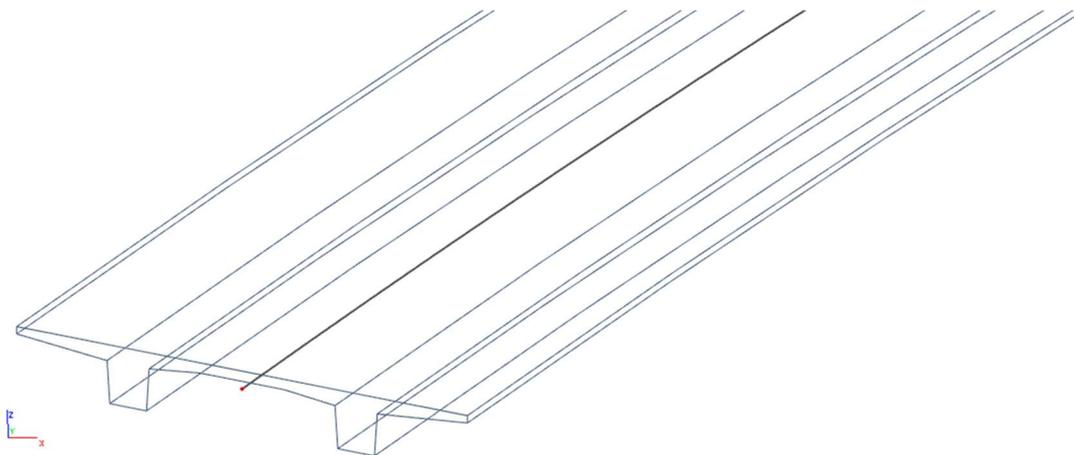
9.2 Předpínací výztuž

Průběžné kabely	Y1860S7
Průměr lana	15,7 mm
Průřezová plocha	$A_p = 150 \text{ mm}^2$
Tahová pevnost	$f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$
Hmotnost	$M = 1172 \text{ gm}^{-1}$
Smluvní mez kluzu	$f_{p0,1k} = 1640 \text{ MPa}$
Krycí vrstva předpínací výztuže	$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$
	$C_{min,b} = 80 \text{ mm}$
	$C_{min,dur} = 55 \text{ mm}$
	$\Delta C_{dur,y} = 0 \text{ mm}$
	$\Delta C_{dur,st} = 0 \text{ mm}$
	$\Delta C_{dur,add} = 0 \text{ mm}$
	$C_{min} = 80 \text{ mm}$
	$\Delta C_{dev} = 10 \text{ mm}$
	$C_{nom} = 90 \text{ mm}$

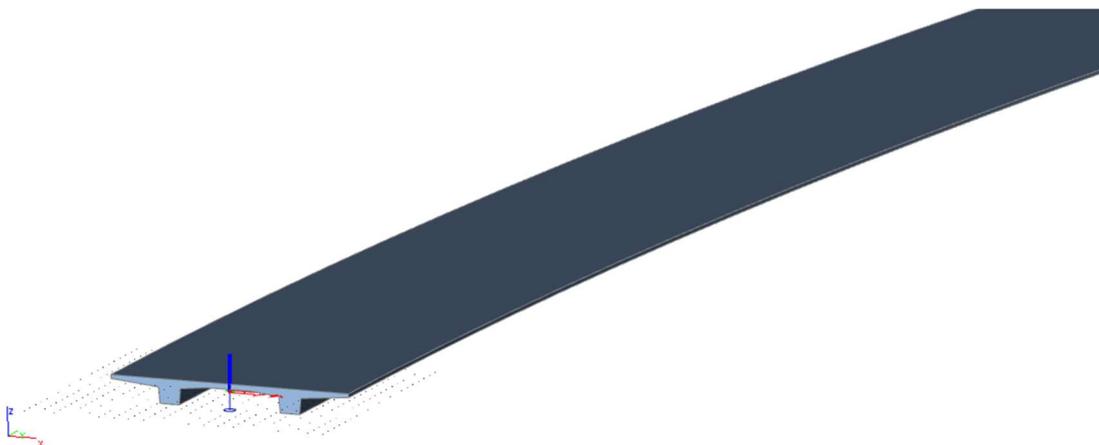
10 Statický výpočet

10.1 Výpočetní model

Pro statickou analýzu byly vytvořeny prutové modely v softwaru SCIA Engineer. Mostovka je modelována jako rovinný prut s průřezem dvoutrámu.

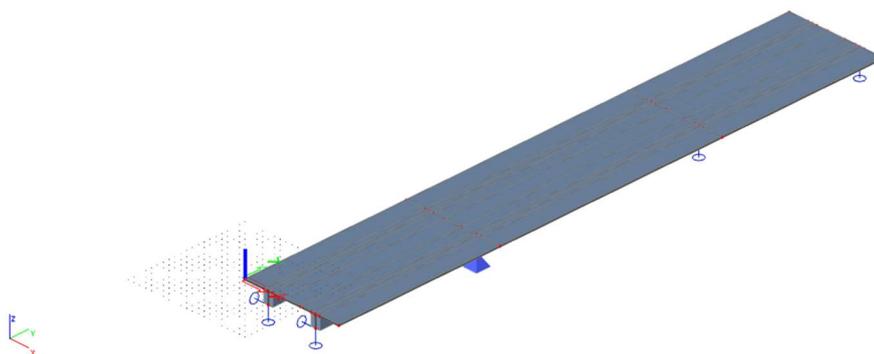


Obr. 15 Detail modelu konstrukce mostu SO 206 v programu SCIA Engineer

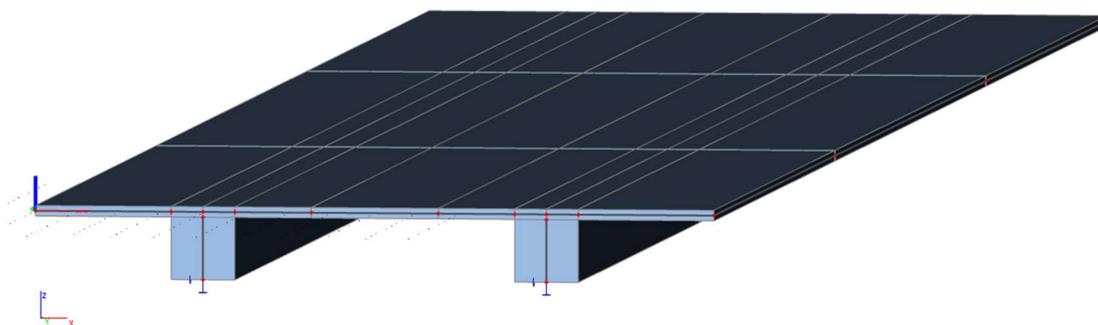


Obr. 16 Detail modelu konstrukce mostu SO 208 v programu SCIA Engineer

Pro obě konstrukce mostu byl zároveň vytvořen prostorový deskostěnový model sloužící pro určení roznosu zatížení v příčném směru.



Obr. 17 Prostorový deskostěnový model pro most SO 206 ve SCIA Engineer



Obr. 18 Prostorový deskostěnový model pro most SO 208 ve SCIA Engineer

U obou typů modelů byl horní povrch průřezu pro zjednodušení modelován vodorovný.

10.2 Zatížení

10.2.1 Vlastní tíha

Zatížení vlastní tíhou je automaticky generováno v softwaru SCIA Engineer. Pro kontrolu a ověření správnosti použitého výpočetního modelu je vlastní tíha vypočtena v následujících tabulkách.

	A	γ	q	L	F
	[m ²]	[kNm ⁻³]	[kNm ⁻¹]	[m]	[kN]
VI. Tíha NK - g_0 (základní šířka)	12,05	25	301,25	245	73806,25
VI. Tíha celkem	-	-	-	-	73806,25

Tab. 1 Zatížení vlastní tíhou SO 206

Celková R_z generována v programu SCIA Engineer je $R_z = 73806,60$ kN.

	A	γ	q	L	F
	[m ²]	[kNm ⁻³]	[kNm ⁻¹]	[m]	[kN]
VI. Tíha NK - g_0 (základní šířka)	15,34	25	383,5	208	79768
VI. Tíha NK - g_0 (NK po rozšíření)	16,38	25	409,5	29	11875,5
VI. Tíha NK - g_0 (NK během rozšíření)	15,86	25	396,5	76	30134
VI. Tíha celkem	-	-	-	-	121777,5

Tab. 2 Zatížení vlastní tíhou SO 208

Celková R_z generována v programu SCIA Engineer je $R_z = 121777,86$ kN.

10.2.2 Ostatní stálé

	tl.	γ	q
	[m]	[kNm ⁻³]	[kNm ⁻²]
Asf. Beton 40 mm	0,04	24	0,96
Asf. Beton 50 mm	0,05	24	1,2
Izolace	0,005	23	0,115

Tab. 3 Plošné zatížení ostatní stálé pro SO 206 a SO 208

	A	γ	q	n
	[m ²]	[kNm ⁻³]	[kNm ⁻¹]	[ks]
Římsa	0,58	25	14,5	2
Svodidlo	-	-	0,5	2
Zábradlí	-	-	0,5	2
Protihluková stěna	0,12	11,9	1,43	1

Tab. 4 Liniové zatížení SO 206 ostatní stálé

	A	γ	q	n
	[m ²]	[kNm ⁻³]	[kNm ⁻¹]	[ks]
Římsa	0,58	25	14,5	2
Svodidlo	-	-	0,5	2
Zábradlí	-	-	0,5	2

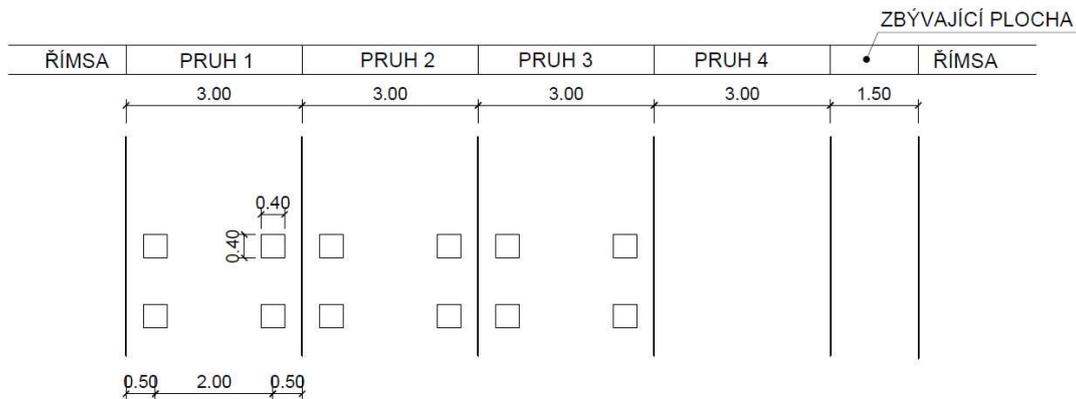
Tab. 5 Liniové zatížení SO 208 ostatní stálé

10.2.3 Zatížení dopravou

10.2.3.1 Model zatížení – LM1

Vozovka je na nosné konstrukci rozdělena do dvou částí středním dělicím pásem šířky 1 m. Střední dělicí pás ale netvoří pevná bariéra, tudíž není fyzicky znemožněn přejezd vozidel, a tedy bude vozovka rozdělena do zatěžovacích

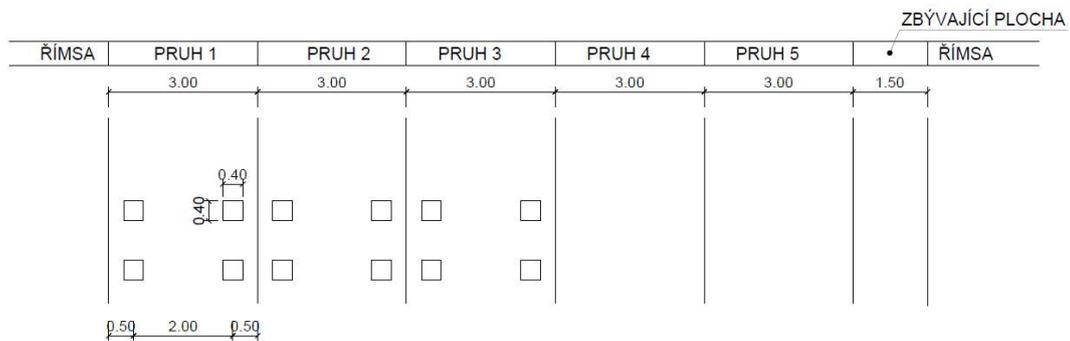
pruhů jako jeden celek. Celý most SO 206 a prvních 208 m mostu SO 208 bude vozovka rozdělena do 4 zatěžovacích pruhů dle následujícího schématu.



Obr. 19 Schéma rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů pro LM1

10.2.3.1.1 SO 208

Most SO 208 převádí komunikaci s proměnnou šířkou vozovky. Počet zatěžovacích pruhů pro model zatížení LM1 nebude v celé délce mostu stejný. Ve staničení km 6,491 se vozovka začne rozšiřovat z důvodu zřízení přídatného pruhu pro odbočení vpravo. Rozšíření tedy proběhne na pravé straně mostu, nejprve se bude rozšiřovat zbývající plocha na pravé straně, a jakmile dosáhne hodnoty 3 m, bude uvažována jako zatěžovací pruh 5. Šířka vozovky se změní o 3 m, rozšíření končí v km 6,567 a na zbytku úseku mostu zůstává vozovka 16,5 m široká.



Obr. 20 Schéma rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů pro LM1 pro SO 208 po rozšíření vozovky

Umístění	Dvojnáprava (TS)			Rovnoměrné zatížení (UDL)			Zatížení na bm	
	Q_{ik} [kN]	α_{Qi}	$\alpha_{Qi}Q_{ik}$ [kN]	q_{ik} [kNm ⁻²]	α_{qi}	$\alpha_{qi}q_{ki}$ [kNm ⁻²]	šířka [m]	$\alpha_{qi}Q_{ik}$ [kNm ⁻¹]
Pruh č. 1	300	1	300	9	1	9	3	27
Pruh č. 2	200	1	200	2,5	2,4	6	3	18
Pruh č. 3	100	1	100	2,5	1,2	3	3	9
Pruh č. 4, Pruh č. 5	0	-	-	2,5	1,2	3	3	9
Zbývající plocha (q_{rk})	0	-	-	2,5	1,2	3	1,5	4,5

Tab. 6 Model zatížení 1 – charakteristické hodnoty

10.2.3.2 Model zatížení LM3

Model LM3 reprezentuje zatížení zvláštními vozidly a určuje se podle třídy komunikace na mostě. Pro mosty SO 206 a SO 208 je použito zatěžovací schéma 1800/200.

Celková tíha	1800 kN
Označení	1800/200
Nápravy	n= 9 x 200 kN e= 1,50 m
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje v jednom jízdním pruhu (číslo 1), v tomto pruhu se nesmí umístit současně působící model zatížení LM1 po celé délce mostu. Rozdělení vozovky na zatěžovací pruhy se provede podle A.3(2).
Kombinace zatížení	Model zatížení LM1 se uvažuje v pruhu 2 (a dalších) hodnotami pro pruh 2 (a další) bez soustředěných zatížení od dvojnápravy, tj. pouze charakteristickými hodnotami pro rovnoměrné zatížení $\alpha_{qi}q_{ki}$, resp. $\alpha_{qr}q_{kr}$.
Rychlost	Normální (≤ 70 km/hod)
Dynamický součinitel	Ano, $\varphi = 1,25$
Poznámka	Při přejezdu zvláštního vozidla nebude povolen souběžný provoz pro vozidla nad 5t.

Tab. 7 Zvláštní vozidla pro silnice I. a II. třídy; ČSN-EN-1991-2-205

10.2.4 Zatížení chodci

Zatížení chodníku se dle normy uvažuje jako rovnoměrné spojitě zatížení 5kNm⁻².

10.2.5 Zatížení teplotou

Pro zatížení teplotou bylo postupováno dle normy ČSN-EN-1995-1-5. Konstrukce mostů SO 206 a SO 208 jsou podle normy označeny jako typ 3.b - betonový nosník. Pro tento návrh bylo uvažováno s lineárním rozdílem teplot v konstrukci.

$$k_{sur,1} = 0,76$$

$$k_{sur,2} = 1,0$$

$$\Delta T_{M,con} = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{M,exp} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{M,heat}^h = +15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

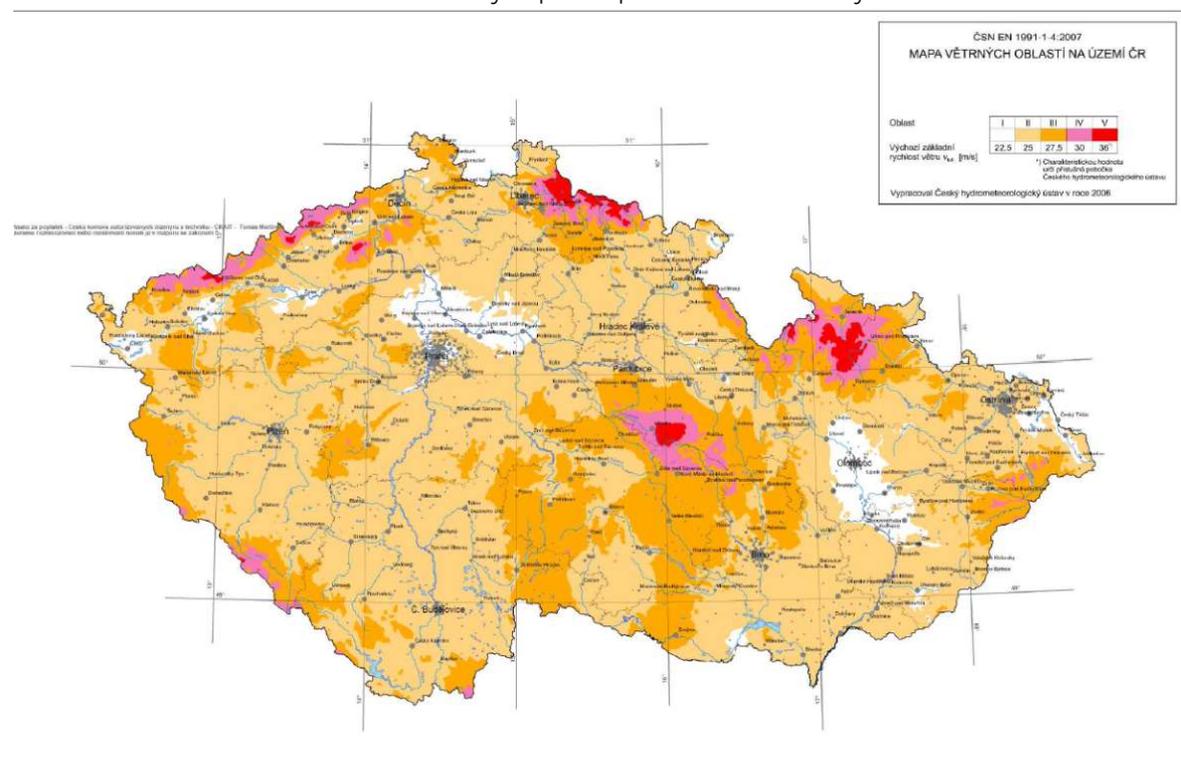
$$\Delta T_{M,heat}^d = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool}^h = -8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool}^d = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

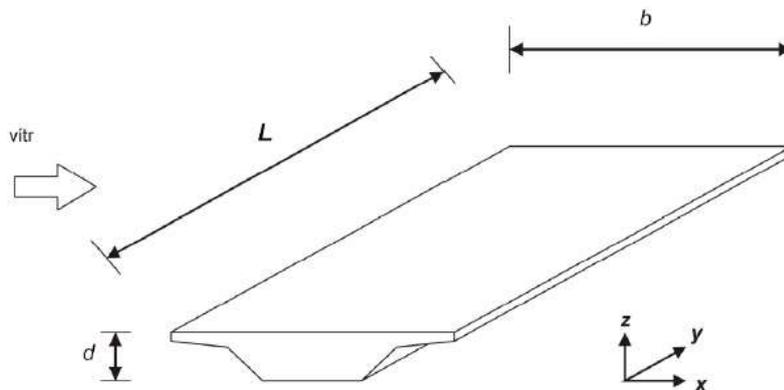
10.2.6 Zatížení větrem

Pro určení zatížení větrem bylo postupováno dle normy ČSN EN 1991-1-4.



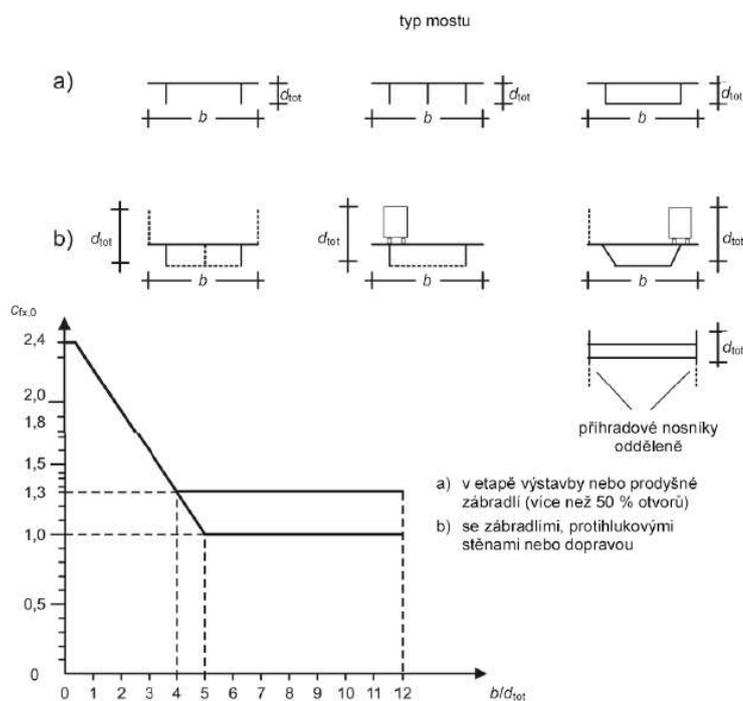
Obr. 21 Mapa větrných oblastí na území ČR, [4]

ČSN EN 1991-1-4



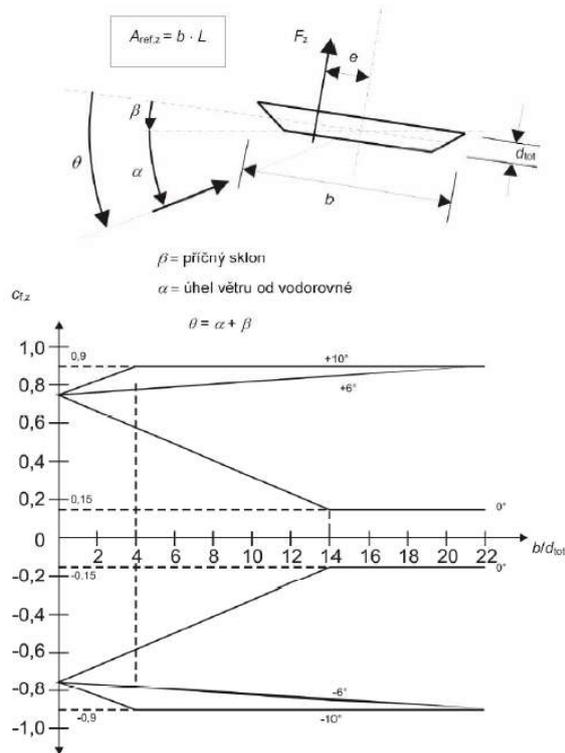
Obrázek 8.2 – Směry zatížení větrem na mostech

Obr. 22 Směry působícího zatížení větrem [4]



Obrázek 8.3 – Součinitel síly pro mosty $c_{fx,0}^{NP)}$

Obr. 23 Součinitel síly pro mosty $c_{fx,0}$ [4]



Obrázek 8.6 – Součinitel síly $c_{f,z}$ pro mosty s příčným náklonem a při šikmo nabíhajícímu větru

Obr. 24 Součinitel síly $c_{f,z}$ pro mosty s příčným náklonem a při šikmo nabíhajícímu větru [4]

10.2.6.1 SO 206

kategorie terénu:

výchozí základní rychlost větru:

výška nad zemí:

součinitel směru větru:

součinitel ročního období:

základní rychlost větru:

parametr z_0 :

výška z_{min} :

součinitel terénu k_r :

součinitel drsnosti terénu:

součinitel orografie:

střední rychlost větru:

součinitel turbulence:

intenzita turbulence:

měrná hmotnost vzduchu:

maximální dynamický tlak:

součinitel expozice:

II.

$$v_{b,0} = 25 \text{ ms}^{-1}$$

$$10 \text{ m}$$

$$c_{dir} = 1,0$$

$$c_{season} = 1,0$$

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$$

$$v_b = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ ms}^{-1}$$

$$z_0 = 0,05 \text{ (pro kategorii terénu II.)}$$

$$z_{min} = 2 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19$$

$$c_r(z) = 1,0067$$

$$c_0(z) = 1,0$$

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

$$v_m(z) = 25,1667 \text{ ms}^{-1}$$

$$k_l = 1,0$$

$$I_v(z) = 0,1887$$

$$1,25 \text{ kgm}^{-3}$$

$$q_p(z) = 918,73 \text{ Pa}$$

$$c_e = 2,35$$

Působení větru ve směru x (příčný vítr)

šířka nosné konstrukce:

$$b = 16,6 \text{ m}$$

výška konstrukce:

$$d_{\text{tot}} = 4 \text{ m}$$

součinitel síly pro mosty:

$$b/d_{\text{tot}} = 4,15$$

$$c_{f_x,0} = 1,255$$

součinitel zatížení větrem C:

$$C = c_e * c_{f_x} = 2,95$$

zatížení větrem ve směru x:

$$q_x = 0,5 * \rho * v_b^2 * C = 1,152 \text{ kNm}^{-2}$$

liniové zatížení větrem ve směru x:

$$q_{px} = 4,609 \text{ kNm}^{-1}$$

Působení větru ve směru y (podélný vítr)

liniové zatížení ve směru y (25 % q_{px}):

$$q_{py} = 1,152 \text{ kNm}^{-1}$$

Působení větru ve směru z

výška konstrukce:

$$d_{\text{tot}} = 2 \text{ m}$$

šířka konstrukce:

$$b = 16,6 \text{ m}$$

příčný sklon konstrukce:

$$\beta = 1,43^\circ$$

úhel větru od vodorovné:

$$\alpha = 5^\circ$$

úhel větru ke konstrukci:

$$\theta = 6,43^\circ$$

součinitel síly pro mosty:

$$c_{f_z} = 0,807$$

součinitel zatížení větrem:

$$C = 1,9$$

tlak větru ve směru z:

$$q_z = 0,742 \text{ kNm}^{-2}$$

liniové zatížení větru ve směru z:

$$q_{pz} = 12,32 \text{ kNm}^{-1}$$

10.2.6.2 SO 208

kategorie terénu:

II.

výchozí základní rychlost větru:

$$v_{b,0} = 25 \text{ ms}^{-1}$$

výška nad zemí:

$$10 \text{ m}$$

součinitel směru větru:

$$c_{\text{dir}} = 1,0$$

součinitel ročního období:

$$c_{\text{season}} = 1,0$$

základní rychlost větru:

$$v_b = c_{\text{dir}} * c_{\text{season}} * v_{b,0}$$

$$v_b = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ ms}^{-1}$$

parametr z_0 :

$$z_0 = 0,05 \text{ (pro kategorii terénu II.)}$$

výška z_{min} :

$$z_{\text{min}} = 2 \text{ m}$$

součinitel terénu k_r :

$$k_r = 0,19$$

součinitel drsnosti terénu:

$$c_r(z) = 1,0067$$

součinitel orografie:

$$c_0(z) = 1,0$$

střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

$$v_m(z) = 25,1667 \text{ ms}^{-1}$$

součinitel turbulence:

$$k_l = 1,0$$

intenzita turbulence:

$$I_v(z) = 0,1887$$

měrná hmotnost vzduchu:

$$1,25 \text{ kgm}^{-3}$$

maximální dynamický tlak:

$$q_p(z) = 918,73 \text{ Pa}$$

součinitel expozice:

$$c_e = 2,35$$

Působení větru ve směru x (příčný vítr)

šířka nosné konstrukce:

$$b = 16,6 \text{ m}$$

výška konstrukce:

$$d_{\text{tot}} = 3,6 \text{ m}$$

součinitel síly pro mosty:

$$b/d_{\text{tot}} = 4,611$$

$$c_{f,x,0} = 1,1166$$

součinitel zatížení větrem C:

$$C = c_e * c_{f,x} = 2,62$$

zatížení větrem ve směru x:

$$q_x = 0,5 * \rho * v_b^2 * C = 1,023 \text{ kNm}^{-2}$$

liniové zatížení větrem ve směru x:

$$q_{px} = 3,683 \text{ kNm}^{-1}$$

Působení větru ve směru y (podélný vítr)

liniové zatížení ve směru y (25 % q_{px}):

$$q_{py} = 0,921 \text{ kNm}^{-1}$$

Působení větru ve směru z

výška konstrukce:

$$d_{\text{tot}} = 1,6 \text{ m}$$

šířka konstrukce:

$$b = 16,6 \text{ m}$$

příčný sklon konstrukce:

$$\beta = 1,43^\circ$$

úhel větru od vodorovné:

$$\alpha = 5^\circ$$

úhel větru ke konstrukci:

$$\theta = 6,43^\circ$$

součinitel síly pro mosty:

$$c_{f,z} = 0,82$$

součinitel zatížení větrem:

$$C = 1,93$$

tlak větru ve směru z:

$$q_z = 0,753 \text{ kNm}^{-2}$$

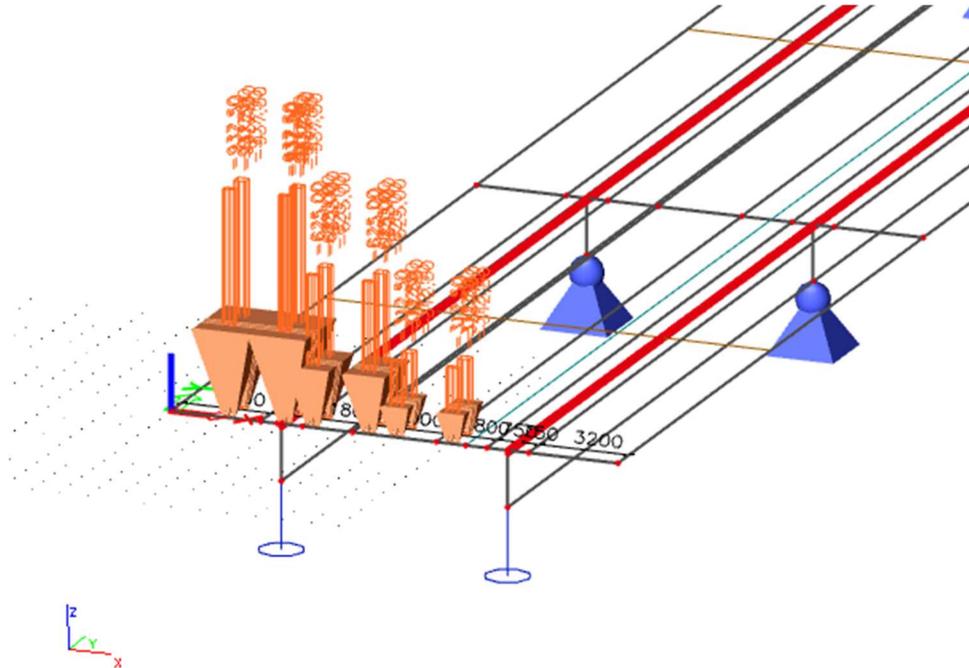
liniové zatížení větru ve směru z:

$$q_{pz} = 12,5 \text{ kNm}^{-1}$$

10.3 Příčné roznášení zatížení na konstrukci

Příčné roznášení zatížení, resp. součinitel příčného roznosu zatížení bylo určeno na deskostěnovém modelu konstrukce. Geometrie modelu vytvořeného v programu SCIA Engineer odpovídá navrženým rozměrům modelu konstrukce.

Na tento model bylo aplikováno nesymetrické zatížení, tedy LM1 a LM3. Zatížení bylo umístěno na jeden okraj konstrukce, aby byly vyvozeny nejnepříznivější účinky na jeden trám mostu. Pro prozkoumání maximálních účinků na jednotlivé nosníky byly účinky zatížení analyzovány ve třech místech – v krajním poli, ve vnitřním poli a nad podporou.



Obr. 25 Zatížení LM1 – TS umístěné na levý okraj deskostěnového modelu konstrukce

10.3.1 Vyhodnocení

Vyhodnocení součinitelů příčného roznášení je určeno na základě vyvolaných vnitřních sil na jednotlivé trámy. Součinitel x_i je dán vztahem:

$$x_i = \frac{M_i}{\frac{1}{2}M},$$

kde M_i je momentový účinek zatížení na i -tém nosníku ve zkoumaném příčném řezu

$\frac{1}{2}M$ je průměrná hodnota momentového účinku v celém příčném řezu určená pro 1 nosník

Při vyhodnocení příčného roznášení byly zvláště vyhodnoceny součinitele pro zatížení nápravovými silami Q_i a rovnoměrným zatížením q_i .

	TRÁMY			X1	X2
	L M1	P M2	CELKEM M	M1/M	M2/M
LM1 Q - Poloha 1	4045,47	1597,14	5642,61	1,4339	0,5661
LM1 Q - Poloha 2	4870,89	2111,53	6982,42	1,395187	0,604813
LM1 Q - Poloha 3	-2944,8	-1233,5	-4173,96	1,411034	0,591045
LM1 q - Poloha 1	2947,45	1964,71	4912,15	1,200065	0,799939
LM1 q - Poloha 2	3884,05	1714,25	5598,31	1,387579	0,612417
LM1 q - Poloha 3	-6754,01	-3299	-10053	1,34368	0,656321
LM3 Q - Poloha 1	7329,2	928,81	8258,01	1,775052	0,224948
LM3 Q - Poloha 2	8734,58	1689,59	10317	1,69324	0,327535
LM3 Q - Poloha 3	-6658,37	-952,68	-7544	1,765209	0,252566
LM3 q - Poloha 1	945,43	1290,72	2236,15	0,845587	1,154413
LM3 q - Poloha 2	1575,44	1655,37	3230,82	0,975257	1,024737
LM3 q - Poloha 3	-2414,83	-2922,66	-5337,49	0,904856	1,095144

Tab. 8 Součinitel příčného roznosu zatížení pro momenty pro most SO 206

	TRÁMY			X1	X2
	L M1	P M2	CELKEM M	M1/M	M2/M
LM1 Q - Poloha 1	6104,55	1484,31	7588,86	1,608819	0,391181
LM1 Q - Poloha 2	6858,24	2047,13	8905	1,540312	0,459771
LM1 Q - Poloha 3	-4590,1	-1213,9	-5771,5	1,590609	0,420653
LM1 q - Poloha 1	4584,65	2535,33	7119,98	1,287827	0,712173
LM1 q - Poloha 2	-11489,7	-5381,76	-16871,4	1,362027	0,637974
LM1 q - Poloha 3	6122,9	3025,9	9148,9	1,3385	0,661478
LM3 Q - Poloha 1	10036,86	1463,04	11499,9	1,745556	0,254444
LM3 Q - Poloha 2	11487,92	2459,6	13900	1,652938	0,353899
LM3 Q - Poloha 3	-8945,21	-541,76	-10424	1,716267	0,103944
LM3 q - Poloha 1	1570,54	1990,79	3561,32	0,881999	1,118007
LM3 q - Poloha 2	-4358,52	-5027,56	-9386,08	0,92872	1,07128
LM3 q - Poloha 3	2647,3	2791,6	5439,03	0,973446	1,026507

Tab. 9 Součinitel příčného roznosu zatížení pro moment pro most SO 208

Na základě těchto součinitelů byly vyhodnoceny a přenásobeny vnitřní síly pro jeden trám. Maximální hodnota součinitele příčného roznosu byla uvažována 1,5. U symetrických zatížení byl uvažován rovnoměrný roznos mezi oba trámy.

Vnitřní síly jsou u obou mostů zkoumány ve třech řezech, v krajním poli, vnitřním poli a nad podporou. Řez v krajním poli nese označení indexem 1, řez ve vnitřním poli nese označení indexem 2 a řez nad podporou nese označení indexem 10.

Zatížení	$M_{1,k}$ [kNm]		$M_{10,k}$ [kNm]		$M_{2,k}$ [kNm]	
	max	min	max	min	max	min
g_0	11103,69		-23064,865		11974,365	
$(g-g_0)$	2328,485		-4836,78		2511,065	
g	13432,175		-27901,645		14485,43	
Chodci	494,615	-209,6	110,525	-688,92	554,245	-245,135
LM1 TS	5657,015	-1607,17	850,829	-3214,32	5833,086	-1123,68
LM1 UDL	5341,848	-2263,73	1342,865	-8370,41	6734,077	-2978,37
LM3 TS	7572,84	-2483,05	1314,51	-4966,08	7942,868	-1736,09
LM3 UDL	2270,286	-975,779	537,147	-2066,35	2843,279	-762,499
Teplota	3849,5	-2052,87	7699	-4105,73	6752,985	-3601,24
Vítr	462,695	-462,69	961,11	-961,125	498,975	-498,97

Tab. 10 Výsledné momenty pro jeden trám pro most SO 206

Zatížení	$V_{0,k}$ [kN]		$V_{10,k,L}$ [kN]		$V_{10,k,P}$ [kN]	
	max	min	max	min	max	min
g_0	1927,99		-3245,98		3218,66	
$(g-g_0)$	404,305		-680,695		674,965	
g	2332,295		-3926,675		3893,625	
Chodci	61,055	-11,975	3,16	-85,47	93,43	-11,725
LM1 TS	808,5	-91,84	24,311	-838,075	836,045	-90,265
LM1 UDL	741,798	-145,523	38,367	-1038,45	1135,148	-142,466
LM3 TS	1066,628	-141,885	37,56	-1196,33	1204,755	-139,455
LM3 UDL	280,2365	-54,9738	15,345	-415,382	479,2845	-60,1493
Teplota	219,97	-117,305	219,97	-117,305	23,06	-43,245
Vítr	80,34	-80,34	135,26	-135,26	134,12	-134,12

Tab. 11 Výsledné posouvající síly pro jeden trám mostu SO 206

Zatížení	$M_{1,k}$ [kNm]		$M_{10,k}$ [kNm]		$M_{2,k}$ [kNm]	
	max	min	max	min	max	min
g_0	20266,95		-42732,36		22416,065	
$(g-g_0)$	3718,115		-7839,54		4112,38	
g	23985,065		-50571,9		26528,445	
Chodci	801,825	-344,53	181,755	-1123,64	907,19	-398,675
LM1 TS	7821,84	-2214,44	1172,858	-4428,88	8116,245	-1541,77
LM1 UDL	9742,167	-4186,04	2208,337	-13652,2	11022,37	-4843,89
LM3 TS	10196,22	-3240,37	1716,225	-6480,73	10720,49	-2256,05
LM3 UDL	4329,85	-1860,47	981,48	-6067,67	4898,83	-2152,84
Teplota	5825,24	-3107,18	11650,48	-6214,37	10222,23	-5452,54
Vítr	753,08	-753,145	1587,96	-1587,88	832,94	-833,005

Tab. 12 Výsledné momenty pro jeden trám pro most SO 208

Zatížení	$V_{0,k}$ [kN]		$V_{10,k,L}$ [kN]		$V_{10,k,P}$ [kN]	
	max	min	max	min	max	min
g_0	2782,03		-4702,585		4681,44	
$(g-g_0)$	510,38		-862,72		858,84	
g	3292,41		-5565,305		5540,28	
Chodci	77,725	-15,485	4,085	-108,89	119,47	-15,025
LM1 TS	872,985	-99,525	26,355	-902,07	899,7825	-96,9525
LM1 UDL	944,379	-188,136	49,626	-1323,03	1451,581	-182,547
LM3 TS	1125,795	-145,635	38,565	-1236,53	1242,75	-141,87
LM3 UDL	419,725	-83,615	22,055	-588,015	645,15	-81,13
Teplota	261,81	-139,65	261,81	-139,65	27,21	-51,01
Vítr	103,375	-103,375	174,74	-174,74	173,955	-173,955

Tab. 13 Výsledné posouvající síly pro jeden trám pro most SO 208

10.4 Kombinace zatížení

Kombinace jsou zhotoveny pro mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti ve třech polohách mostu. Jednou pro krajní pole, jednou pro vnitřní pole a jednou pro podporu. Kombinace jsou sestaveny s hlavním proměnným zatížením od dopravy, a sice gr1a a gr5, od větru a od zatížení účinky teplotních změn.

Při sestavě kombinací byly použity následující součinitele.

Zatížení	Značka	Situace	
		T / D	M
Stálé zatížení			
působící nepříznivě	γ_{Gsup}	1,35	1,00
působící příznivě	γ_{Ginf}	1,00	1,00
Poklesy - pružná lineární analýza	γ_{Gset}	1,20	1,00
Předpětí <i>(podrobnosti jsou v ČSN EN 1992)</i>	γ_P	1,00	1,00
Zatížení silniční dopravou a chodci	γ_Q		
nepříznivé		1,35	1,00
příznivé		0,00	0,00
Ostatní proměnná zatížení	γ_Q		
nepříznivá		1,50	1,00
příznivá		0,00	0,00
Mimořádné zatížení	γ_A		1,00

Tab. 14 Součinitele spolehlivosti zatížení podle [5]

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\psi_{1,infq.}$
Zatížení dopravou	gr1a TS	0,75	0,75	0,00	0,80
	(LM1) UDL	0,40	0,40	0,00	0,80
	zat.chodci+cyklisty	0,40	0,40	0,00	0,80
	gr1b (jednotlivá náprava)	0,00	0,75	0,00	0,80
	gr2 (vodorovné síly)	0,00	0,00	0,00	1,00
	gr3 (zatížení chodci)	0,00	0,40	0,00	0,80
Zatížení větrem	gr4 (LM4 - zatížení davem lidí)	0,00	-	0,00	0,80
	gr5 (LM3 - zvláštní vozidla)	0,00	-	0,00	1,00
	F_{wk} : trvalé návrhové situace	0,60	0,20	0,00	0,60
Zatížení teplotou	provádění	0,80	-	0,00	-
	F_w^*	1,00	-	-	-
Zatížení sněhem	T_k	0,60	0,60	0,50	0,80
Staveništní zat.	$Q_{S_n,k}$ (během provádění)	0,80	-	-	1,00
	Q_c	1,00	-	1,00	1,00

Tab. 15 Součinitele kombinace γ pro silniční mosty podle [5]

$$\zeta_G = 0,85$$

10.4.1 Kombinace pro MSÚ

Pro mezní stav únosnosti byly kombinace vypočteny podle rovnic 6.10, 6.10a a 6.10b.

$$\text{Rovnice 6.10: } \sum \gamma_{G_j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_{P,P} \text{ "+" } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\text{Rovnice 6.10a: } \sum \gamma_{G_j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_{P,P} \text{ "+" } \gamma_{Q,1} \psi_{0,i} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\text{Rovnice 6.10b: } \sum \zeta_j \gamma_{G_j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_{P,P} \text{ "+" } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

10.4.1.1 Výsledky kombinací MSÚ

ŘEZ	M_{max}			M_{min}		
	(6.10)	(6.10a)	(6.10b)	(6.10)	(6.10a)	(6.10b)
1	36,532	30,177	33,812	5,775	8,128	3,76
2	42,218	34,38	39,285	5,061	7,971	2,888
10	-16,291	-19,94	-12,106	-58,42	-50,955	-52,77

Tab. 16 Výsledky momentů pro jeden trám mostu SO 206

ŘEZ;	M _{max}			M _{min}		
	(6.10)	(6.10a)	(6.10b)	(6.10)	(6.10a)	(6.10b)
1	61,557	50,637	56,7	11,551	15,856	7,96
2	70,401	58,293	65,029	11,931	16,567	7,952
10	-32,9	-38,422	-25,314	-100,609	-87,511	-90,369

Tab. 17 Výsledky momentů pro jeden trám mostu SO 208

10.4.2 Kombinace pro MSP

Pro mezní stav použitelnosti byly vypočteny charakteristické, časté a kvazistálé kombinace.

Charakteristická kombinace:	$\Sigma G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } Q_{k,1} \text{ "+" } \Sigma \psi_{0,i} Q_{k,i}$
Častá kombinace:	$\Sigma G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } \psi_{1,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$
Kvazistálá kombinace:	$\Sigma G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$

10.4.2.1 Výsledky kombinací MSP

ŘEZ	M _{max} [MNm]			M _{min} [MNm]		
	char	čas	kvaz	char	čas	kvaz
1	28,567	22,873	16,286	7,247	9,532	11,784
2	32,048	24,965	17,601	7,367	10,400	12,236
10	-19,935	-21,001	-22,189	-44,095	-36,420	-31,195

Tab. 18 Celkové výsledky kombinací pro MSP pro jeden trám mostu SO 206

ŘEZ	M _{max} [MNm]			M _{min} [MNm]		
	char	čas	kvaz	char	čas	kvaz
1	46,124	37,575	27,620	14,892	18,392	21,810
2	51,504	41,728	31,015	16,185	20,165	23,353
10	-36,892	-41,494	-43,299	-65,314	-63,971	-54,920

Tab. 19 Celkové výsledky kombinací pro MSP pro jeden trám mostu SO 208

10.5 Návrh předpětí

Momenty na které bude navrženo předpětí jsou hodnoty časté kombinace pro MSP. Při návrhu předpětí vycházíme z provozního stavu. Předpokladem pro návrh je, že konstrukce působí pružně a normálová napětí mají po výšce průřezu lineární průběh.

Návrh musí splňovat požadavky mezního stavu použitelnosti, a tím je mezní stav omezení trhlin. Návrh bude proveden tak, aby byla dodržena dekomprese při působení časté kombinace zatížení.

10.5.1 SO 206

$$\begin{aligned} M_{1,max} &= 22,873 \text{ MNm} \\ M_{2,max} &= 24,965 \text{ MNm} \\ M_{10,min} &= -36,42 \text{ MNm} \\ 0,15 * M_{10,min} &= -5,463 \text{ MNm}^1 \\ M_1' &= M_{1,max} - M_{10,min} * 0,15 * 0,5 = 25,605 \text{ MNm} \\ M_{10}' &= -M_{10,min} + M_{10,min} * 0,15 = 30,957 \text{ MNm} \\ M_2' &= M_{2,max} - M_{10,min} * 0,15 = 30,428 \text{ MNm} \end{aligned}$$

A [m ²]	6,026
w _n [m ³]	4,035
w _d [m ³]	1,843
I [m ⁴]	3,036

Tab. 20 Průřezové charakteristiky trámu SO 206

e ₁ [m]	1,5026
e ₂ [m]	1,5026
e ₁₀ [m]	0,5271

Tab. 21 Excentricita uložení kabelů vzhledem k těžištové ose, SO 206

Prvotní návrh předpětí je proveden metodou vyrovnání napětí. Počet kusů předpínacích kabelů je spočten v následujících krocích:

$$\sigma = \frac{Np}{A} + \frac{M}{W} + \frac{Mp}{W}$$

$$Mp = Np * e$$

$$Np_1 = \frac{M_1' * A}{wd + e_1 * A} = 14,16 \text{ MN}$$

$$Np_2 = \frac{M_2' * A}{wd + e_2 * A} = 16,83 \text{ MN}$$

$$Np_{10} = \frac{M_{10}' * A}{wh + e_{10} * A} = 25,87 \text{ MN}$$

¹ Odhad staticky neurčitého momentu od předpětí

$$\sigma_{\max,1} = f_{pk} * 0,8 = 1488 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max,2} = f_{p01k} * 0,9 = 1476 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,\max} = \sigma_{\max,2} = 1476 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,m,0} = \sigma_{p,\max} * 0,75 = 1107 \text{ MPa} \quad (\text{předpokládané ztráty předpětí 25\%})$$

$$P_{p,nut,1} = \frac{N_{p,1}}{\sigma_{p,m,0}} = 12\,790,26 \text{ mm}^2$$

$$P_{p,nut,2} = \frac{N_{p,2}}{\sigma_{p,m,0}} = 15,199,8 \text{ mm}^2$$

$$P_{p,nut,10} = \frac{N_{p,10}}{\sigma_{p,m,0}} = 23\,368,4 \text{ mm}^2$$

$$n_{p,1} = \frac{P_{p,nut,1}}{A_p} = 85,26 \text{ ks}$$

$$n_{p,2} = \frac{P_{p,nut,2}}{A_p} = 101,33 \text{ ks}$$

$$n_{p,10} = \frac{P_{p,nut,10}}{A_p} = 155,79 \text{ ks}$$

Průřez	12 lan	15 lan	19 lan	22 lan
1	6,35	5,08	4,01	3,47
2	9,40	7,52	5,94	5,13
10	16,16	12,93	10,21	8,81

Tab. 22 Počet potřebných kabelů složených z různého počtu lan

Na základě vnitřních sil jednoho trámu u mostu SO 206 bude pro tento trám navrženo 6 předpínacích lan z 22 předpínacích kabelů Y1860-15,7-A. V místě podpory bude průřez doplněn 2 příložkami.

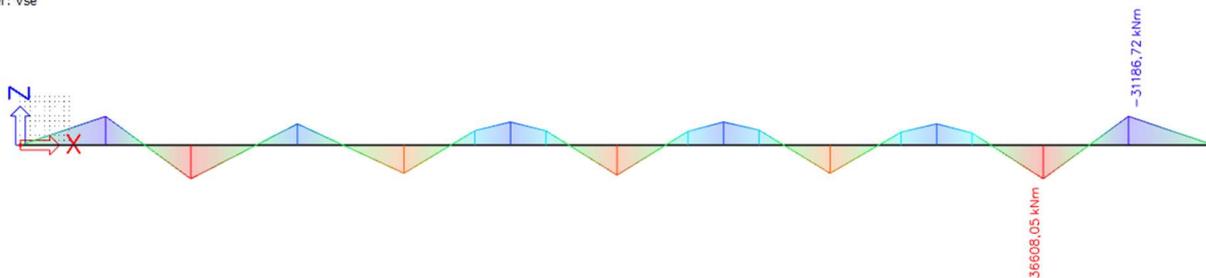
Vedení kabelů je definováno polygonem s vloženými oblouky, kde minimální poloměr oblouku je $R_{\min} \geq 100 * \varnothing$, tj. $100 * 90 = 9000 \text{ mm}$, (kde \varnothing je vnitřní průměr kanálku) tedy 9 m. Geometrie polygonu je uvedena v následující tabulce, přičemž pozice x označuje vzdálenost v podélném směru a pozice z označuje vzdálenost od těžištové osy.

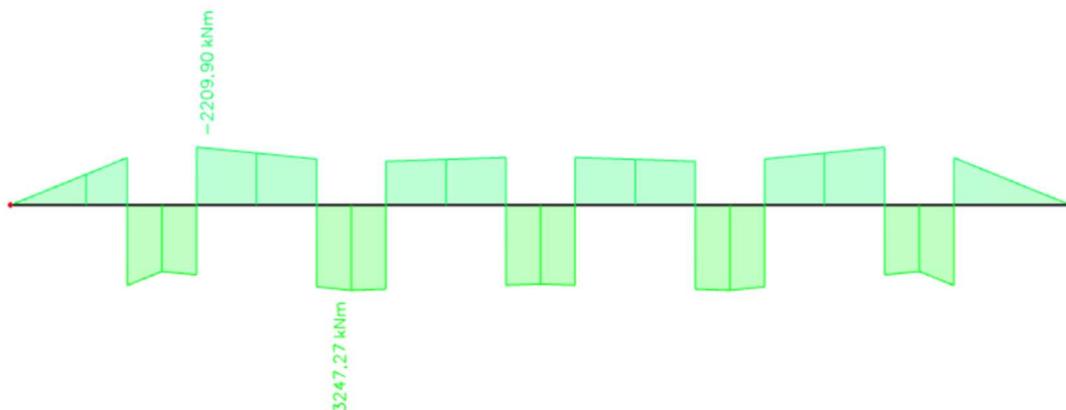
lom polygonu	pozice x	pozice z	poloměr
1	0	0	0
2	12	-1,5026	200
3	21	-1,5026	200
4	33	0,5271	25
5	37	0,5271	25
6	52,4	-1,5026	250
7	61,4	-1,5026	250
8	76,8	0,5271	25
9	80,8	0,5271	25
10	96,2	-1,5026	250
11	105,2	-1,5026	250
12	120,6	0,5271	25
13	124,6	0,5271	25
14	140	-1,5026	250
15	149	-1,5026	250
16	164,4	0,5271	25
17	168,4	0,5271	25
18	183,8	-1,5026	250
19	192,8	-1,5026	250
20	208,2	0,5271	25
21	212,2	0,5271	25
22	224,2	-1,5026	200
23	233,2	-1,5026	200
24	245,2	0	0

Tab. 23 Geometrie kabelu předpětí, SO 206

Z navržené geometrie kabelu, byly spočteny příčné síly, z kterých byla s ohledem na poloměry oblouků vedených kabelů určena příčná spojitá zatížení od předpětí působících na konstrukci. Účinky těchto zatížení byly určeny ve výpočtovém programu.

1D vnitřní síly
Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS2
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše





Obr. 27 Celkový ohybový moment od předpětí příložkami, SO 206

	1	2	10
Celkový moment od zv. kabelů	-31,098	-23,025	36,593
SU moment	-42,036	-41,933	14,7173
SN moment	10,937	18,9075	21,875

Tab. 24 Ohybové momenty od zvedaných kabelů, SO 206

	1	2	10
Celkový moment od příložek	-1,17	-1,983	2,529
SU moment	0	0	4,87
SN moment	-1,17	-1,983	-2,341

Tab. 25 Ohybové momenty od příložek, SO 206

Řez	Průběžné zvedané kabely		Příložky		Celkem	
	$M_{p,max}$ [MNm]	$N_{p,max}$ [MN]	$M_{p,max}$ [MNm]	$N_{p,max}$ [MN]	$M_{p,max}$ [MNm]	$N_{p,max}$ [MN]
1	-31,097	-29,2248	-1,17	0	-32,267	-29,2248
2	-23,03	-29,2248	-1,982	0	-25,012	-29,2248
10	36,596	-29,2248	2,529	-9,741	39,125	-38,9658

Tab. 26 Celkové ohybové momenty a normálové síly ve vybraných řezech od předpětí, SO 206

Řez	Vnesení předpětí			Uvedení do provozu			Konec životnosti		
	Ztráty	$M_{p,m,0}$ [MNm]	$N_{p,m,0}$ [MN]	Ztráty	$M_{p,m,0}$ [MNm]	$N_{p,m,0}$ [MN]	Ztráty	$M_{p,m,0}$ [MNm]	$N_{p,m,0}$ [MN]
1	5%	-30,654	-27,764	15%	-27,427	-24,841	25%	-24,200	-21,919
2	5%	-23,761	-27,764	15%	-21,260	-24,841	25%	-18,759	-21,919
10	5%	37,169	-37,018	15%	33,256	-33,121	25%	29,344	-29,224

Tab. 27 Celkové ohybové momenty a normálové síly ve vybraných řezech od předpětí v posuzovaných etapách, SO 206

10.5.1.1 Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu

Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu - čas uvedení do provozu

$$\sigma_{c,i}^h = \frac{N_i}{A_c} + \frac{M_{g0}}{W_h} + \frac{M_{p,0}}{W_h}$$

$$\sigma_{c,i}^d = \frac{N_i}{A_c} + \frac{M_{g0}}{W_d} + \frac{M_{p,0}}{W_d}$$

Kvazistálá kombinace zatížení, Mmax:

$N_{p,1}$	-24,8411 MN	$M_{kvz,1}$	16,286 MNm	$M_{p,1}$	-27,427 MNm
$N_{p,10}$	-33,1209 MN	$M_{kvz,10}$	-22,189 MNm	$M_{p,10}$	33,256 MNm
$N_{p,2}$	-24,8411 MN	$M_{kvz,2}$	17,601 MNm	$M_{p,2}$	-21,260 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-5,52382 MPa	<	15,750MPa	=0,45*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-7,5256 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-2,92786 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-0,93932 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-4,24313 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	-4,90061 MPa	<	15,750MPa	

Kvazistálá kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-24,8411 MN	$M_{kvz,1}$	11,784 MNm	$M_{p,1}$	-27,427 MNm
$N_{p,10}$	-33,1209 MN	$M_{kvz,10}$	-31,195 MNm	$M_{p,10}$	33,256 MNm
$N_{p,2}$	-24,8411 MN	$M_{kvz,2}$	12,236 MNm	$M_{p,2}$	-21,260 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-6,29444 MPa	<	15,750MPa	=0,45*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-9,10514 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-4,46946 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-4,09909 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-5,16148 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	-6,78294 MPa	<	15,750MPa	

Častá kombinace zatížení, Mmax:

$N_{p,1}$	-24,8411 MN	$M_{čas,1}$	22,873 MNm	$M_{p,1}$	-27,427 MNm
$N_{p,10}$	-33,1209 MN	$M_{čas,10}$	-21,001 MNm	$M_{p,10}$	33,256 MNm
$N_{p,2}$	-24,8411 MN	$M_{čas,2}$	24,965 MNm	$M_{p,2}$	-21,260 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-4,39629 MPa	<	0 MPa	
$\sigma_{c,1}^d$	-5,21454 MPa	<	0 MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-2,72451 MPa	<	0 MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-0,5225 MPa	<	0 MPa	

$\sigma_{c,2}^h$	-2,98261 MPa	<	0 MPa
$\sigma_{c,2}^d$	-2,31693 MPa	<	0 MPa

Častá kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-24,8411 MN	$M_{\check{c}as,1}$	9,532 MNm	$M_{p,1}$	-27,427 MNm
$N_{p,10}$	-33,1209 MN	$M_{\check{c}as,10}$	-36,420 MNm	$M_{p,10}$	33,256 MNm
$N_{p,2}$	-24,8411 MN	$M_{\check{c}as,2}$	10,400 MNm	$M_{p,2}$	-21,260 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-6,67993 MPa	<	0 MPa
$\sigma_{c,1}^d$	-9,89526 MPa	<	0 MPa
$\sigma_{c,10}^h$	-5,36384 MPa	<	0 MPa
$\sigma_{c,10}^d$	-5,9323 MPa	<	0 MPa
$\sigma_{c,2}^h$	-5,47576 MPa	<	0 MPa
$\sigma_{c,2}^d$	-7,4271 MPa	<	0 MPa

Charakteristická kombinace zatížení, Mmax:

$N_{p,1}$	-24,8411 MN	$M_{char,1}$	28,567 MNm	$M_{p,1}$	-27,427 MNm
$N_{p,10}$	-33,1209 MN	$M_{char,10}$	-19,935 MNm	$M_{p,10}$	33,256 MNm
$N_{p,2}$	-24,8411 MN	$M_{char,2}$	32,048 MNm	$M_{p,2}$	-21,260 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-3,42163 MPa	<	21,000MPa =0,6*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-3,21678 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,10}^h$	-2,54203 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,10}^d$	-0,14849 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,2}^h$	-1,77018 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,2}^d$	0,168155 MPa	<	21,000MPa

Charakteristická kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-24,8411 MN	$M_{char,1}$	7,247 MNm	$M_{p,1}$	-27,427 MNm
$N_{p,10}$	-33,1209 MN	$M_{char,10}$	-44,095 MNm	$M_{p,10}$	33,256 MNm
$N_{p,2}$	-24,8411 MN	$M_{char,2}$	7,367 MNm	$M_{p,2}$	-21,260 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-7,07106 MPa	<	21,000MPa =0,6*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-10,697 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,10}^h$	-6,6776 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,10}^d$	-8,62509 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,2}^h$	-5,99493 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,2}^d$	-8,49124 MPa	<	21,000MPa

Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu - čas na konci životnosti

$$\sigma_{c,i}^h = \frac{N_i + M_{g0} + M_{p,0}}{A_c W_h + W_h'}$$

$$\sigma_{c,i}^d = \frac{N_i + M_{g0} + M_{p,0}}{A_c W_d + W_d'}$$

Kvazistálá kombinace zatížení, Mmax:

$N_{p,1}$	-21,9186 MN	$M_{kvz,1}$	16,286 MNm	$M_{p,1}$	-24,200 MNm
$N_{p,10}$	-29,2244 MN	$M_{kvz,10}$	-22,189 MNm	$M_{p,10}$	29,344 MNm
$N_{p,2}$	-21,9186 MN	$M_{kvz,2}$	17,601 MNm	$M_{p,2}$	-18,759 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-4,54599 MPa	<	15,750MPa	=0,45*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-5,96801 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-3,03025 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-1,7447 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-3,38949 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	-3,59756 MPa	<	15,750MPa	

Kvazistálá kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-21,9186 MN	$M_{kvz,1}$	11,784 MNm	$M_{p,1}$	-24,200 MNm
$N_{p,10}$	-29,2244 MN	$M_{kvz,10}$	-31,195 MNm	$M_{p,10}$	29,344 MNm
$N_{p,2}$	-21,9186 MN	$M_{kvz,2}$	12,236 MNm	$M_{p,2}$	-18,759 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-5,31661 MPa	<	15,750MPa	=0,45*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-7,54754 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-4,57185 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-4,90448 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-4,30784 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	-5,47988 MPa	<	15,750MPa	

Častá kombinace zatížení, Mmax:

$N_{p,1}$	-21,9186 MN	$M_{čas,1}$	22,873 MNm	$M_{p,1}$	-24,200 MNm
$N_{p,10}$	-29,2244 MN	$M_{čas,10}$	-21,001 MNm	$M_{p,10}$	29,344 MNm
$N_{p,2}$	-21,9186 MN	$M_{čas,2}$	24,965 MNm	$M_{p,2}$	-18,759 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-3,41846 MPa	<	0	
$\sigma_{c,1}^d$	-3,65694 MPa	<	0	
$\sigma_{c,10}^h$	-2,8269 MPa	<	0	
$\sigma_{c,10}^d$	-1,32789 MPa	<	0	
$\sigma_{c,2}^h$	-2,12896 MPa	<	0	
$\sigma_{c,2}^d$	-1,01388 MPa	<	0	

Častá kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-21,9186 MN	$M_{čas,1}$	9,532 MNm	$M_{p,1}$	-24,200 MNm
$N_{p,10}$	-29,2244 MN	$M_{čas,10}$	-36,420 MNm	$M_{p,10}$	29,344 MNm
$N_{p,2}$	-21,9186 MN	$M_{čas,2}$	10,400 MNm	$M_{p,2}$	-18,759 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-5,7021 MPa	<	0
$\sigma_{c,1}^d$	-8,33766 MPa	<	0
$\sigma_{c,10}^h$	-5,46623 MPa	<	0
$\sigma_{c,10}^d$	-6,73768 MPa	<	0
$\sigma_{c,2}^h$	-4,62212 MPa	<	0
$\sigma_{c,2}^d$	-6,12405 MPa	<	0

Charakteristická kombinace zatížení, Mmax:

$N_{p,1}$	-21,9186 MN	$M_{char,1}$	28,567 MNm	$M_{p,1}$	-24,200 MNm
$N_{p,10}$	-29,2244 MN	$M_{char,10}$	-19,935 MNm	$M_{p,10}$	29,344 MNm
$N_{p,2}$	-21,9186 MN	$M_{char,2}$	32,048 MNm	$M_{p,2}$	-18,759 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-2,44379 MPa	<	21,000MPa =0,6*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-1,65918 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,10}^h$	-2,64443 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,10}^d$	-0,95388 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,2}^h$	-0,91654 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,2}^d$	1,47121 MPa	<	21,000MPa

Charakteristická kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-21,9186 MN	$M_{char,1}$	7,247 MNm	$M_{p,1}$	-24,200 MNm
$N_{p,10}$	-29,2244 MN	$M_{char,10}$	-44,095 MNm	$M_{p,10}$	29,344 MNm
$N_{p,2}$	-21,9186 MN	$M_{char,2}$	7,367 MNm	$M_{p,2}$	-18,759 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-6,09323 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,1}^d$	-9,13936 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,10}^h$	-6,78 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,10}^d$	-9,43048 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,2}^h$	-5,14129 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,2}^d$	-7,18818 MPa	<	21,000MPa

V žádném posuzovaném řezu nosné konstrukce nedojde k překročení mezního tlakového napětí. Pro častou kombinaci je zajištěna ve všech řezech dekomprese. V konstrukci postačí navrhnout pouze minimální betonářskou výztuž podle ČSN EN 1992, čl. 7. 3. 3. Tahové napětí v charakteristické kombinaci nepřesahuje 5% kvantil tahové pevnosti $f_{ctk,0,05} = 2,2$ MPa.

10.5.2 SO 208

$$M_{1,max} = 37,575 \text{ MNm}$$

$$M_{2,max} = 41,728 \text{ MNm}$$

$$M_{10,min} = -63,971 \text{ MNm}$$

$$0,15 * M_{10,min} = -9,595 \text{ MNm}^2$$

$$M_1' = M_{1,max} - M_{10,min} * 0,15 * 0,5 = 42,373 \text{ MNm}$$

$$M_{10}' = -M_{10,min} + M_{10,min} * 0,15 = 54,375 \text{ MNm}$$

$$M_2' = M_{2,max} - M_{10,min} * 0,15 = 51,324 \text{ MNm}$$

Průřezové charakteristiky	
A[m ²]	6,8683
I[m ⁴]	5,747
w _d [m ³]	2,850270297
w _n [m ³]	5,842228322
h[m]	3
z _t [m]	2,0163

Tab. 28 Průřezové charakteristiky trámu, most SO 208

e ₁ [m]	1,871
e ₂ [m]	1,871
e ₁₀ [m]	0,65

Tab. 29 Excentricita uložení kabelů vzhledem k těžištové ose, SO 208

Prvotní návrh předpětí je proveden metodou vyrovnání napětí. Počet kusů předpínacích kabelů je spočten v následujících krocích:

$$\sigma = \frac{Np}{A} + \frac{M}{W} + \frac{Mp}{W}$$

$$Mp = Np * e$$

$$Np_1 = \frac{M_1' * A}{wd + e_1 * A} = 18,53 \text{ MN}$$

$$Np_2 = \frac{M_2' * A}{wd + e_2 * A} = 22,44 \text{ MN}$$

$$Np_{10} = \frac{M_{10}' * A}{wh + e_{10} * A} = 36,24 \text{ MN}$$

$$\sigma_{max,1} = f_{pk} * 0,8 = 1488 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max,2} = f_{p01k} * 0,9 = 1476 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,max} = \sigma_{max,2} = 1476 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,m,0} = \sigma_{p,max} * 0,75 = 1107 \text{ MPa} \quad (\text{předpokládané ztráty předpětí 25\%})$$

² Odhad staticky neurčitého momentu od předpětí

$$P_{p,nut,1} = \frac{N_{p,1}}{\sigma_{p,m,0}} = 16\,742,05 \text{ mm}^2$$

$$P_{p,nut,2} = \frac{N_{p,2}}{\sigma_{p,m,0}} = 20\,278,64 \text{ mm}^2$$

$$P_{p,nut,10} = \frac{N_{p,10}}{\sigma_{p,m,0}} = 32\,733,11 \text{ mm}^2$$

$$n_{p,1} = \frac{P_{p,nut,1}}{A_p} = 111,61 \text{ ks}$$

$$n_{p,2} = \frac{P_{p,nut,2}}{A_p} = 135,19 \text{ ks}$$

$$n_{p,10} = \frac{P_{p,nut,10}}{A_p} = 218,22 \text{ ks}$$

Průřez	12 lan	15 lan	19 lan	22 lan
1	9,30	7,44	5,87	5,07
2	11,26	9,01	7,11	6,14
10	18,18	14,54	11,48	9,91

Tab. 30 Počet potřebných kabelů složených z různého počtu lan

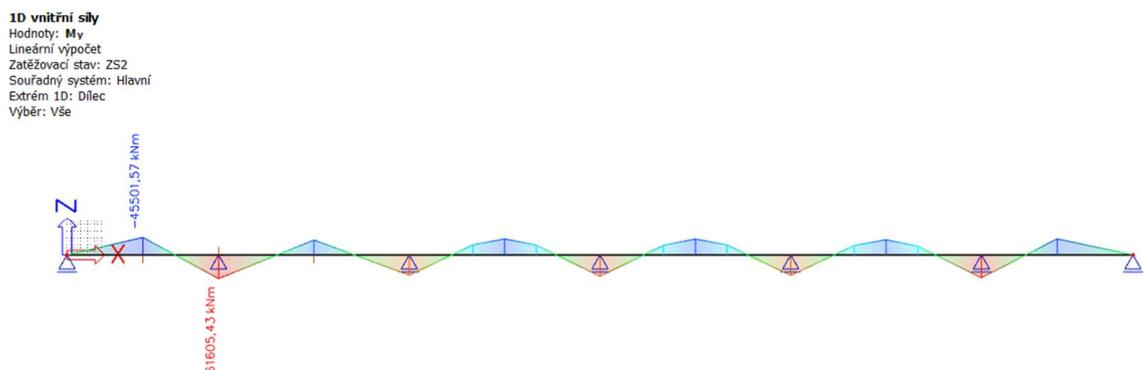
Na základě vnitřních sil jednoho trámu u mostu SO 208 bude pro tento trám navrženo 8 předpínacích lan z 22 předpínacích kabelů Y1860-15,7-A. V místě podpory bude průřez doplněn 2 příložkami.

Vedení kabelů je definováno polygonem s vloženými oblouky, kde minimální poloměr oblouku je $R_{min} \geq 100 \cdot \varnothing$, tj. $100 \cdot 90 = 9000 \text{ mm}$, (kde \varnothing je vnitřní průměr kanálku) tedy 9 m. Geometrie polygonu je uvedena v následující tabulce, přičemž pozice x označuje vzdálenost v podélném směru a pozice z označuje vzdálenost od těžiškové osy.

lom polygonu	pozice x	pozice z	poloměr
1	0	0	0
2	15	-1,8713	300
3	27,5	-1,8713	300
4	42,5	0,65	30
5	46,5	0,65	30
6	66,5	-1,8713	300
7	78,5	-1,8713	300
8	98,5	0,65	30
9	102,5	0,65	30
10	122,5	-1,8713	300
11	134,5	-1,8713	300
12	154,5	0,65	30
13	158,5	0,65	30
14	178,5	-1,8713	300
15	190,5	-1,8713	300
16	210,5	0,65	30
17	214,5	0,65	30
18	234,5	-1,8713	300
19	246,5	-1,8713	300
20	266,5	0,65	30
21	270,5	0,65	30
22	285,5	-1,8713	300
23	298	-1,8713	300
24	313	0	0

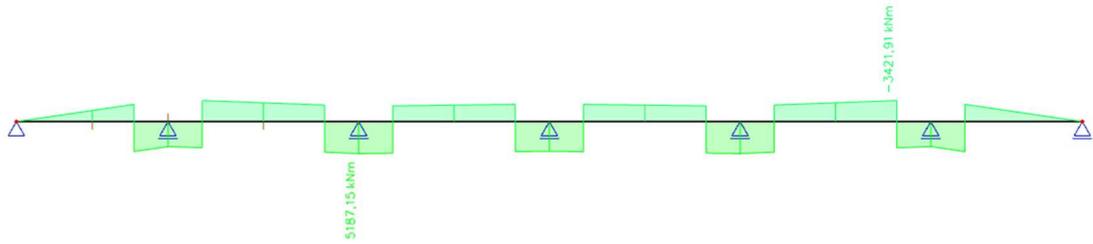
Tab. 31 Geometrie kabelu předpětí, SO 208

Z navržené geometrie kabelu, byly spočteny příčné síly, z kterých byla s ohledem na poloměry oblouků vedených kabelů určena příčná spojitá zatížení od předpětí působících na konstrukci. Účinky těchto zatížení byly určeny ve výpočtovém programu.



Obr. 28 Celkový ohybový moment od předpětí zvedanými kabely, SO 208

1D vnitřní síly
Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS2
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



Obr. 29 Celkový ohybový moment od předpětí příložkami, SO 208

	1	2	10
Celkový moment od zv. kabelů	-45,501	-38,61	61,605
SU moment	-64,281	-70,826	24,045
SN moment	18,78	32,216	37,56

Tab. 32 Ohybové momenty od zvedaných kabelů, SO 208

	1	2	10
Celkový moment od příložek	-1,811	-3,059	4,06
SU moment	0	0	7,683
SN moment	-1,811	-3,059	-3,623

Tab. 33 Ohybové momenty od příložek, SO 208

Řez	Průběžné zvedané kabely		Příložky		Celkem	
	$M_{p,max}$ [MNm]	$N_{p,max}$ [MN]	$M_{p,max}$ [MNm]	$N_{p,max}$ [MN]	$M_{p,max}$ [MNm]	$N_{p,max}$ [MN]
1	-45,501	-38,96	-1,811	0	-47,312	-38,96
2	-38,61	-38,96	-3,064	0	-41,674	-38,96
10	61,605	-38,96	4,06	-9,741	65,665	-48,701

Tab. 34 Celkové ohybové momenty a normálové síly ve vybraných řezech od předpětí, SO 208

Řez	Vnesení předpětí			Uvedení do provozu			Konec životnosti		
	Ztráty	$M_{p,m,0}$ [MNm]	$N_{p,m,0}$ [MN]	Ztráty	$M_{p,m,0}$ [MNm]	$N_{p,m,0}$ [MN]	Ztráty	$M_{p,m,0}$ [MNm]	$N_{p,m,0}$ [MN]
5	5%	-44,946	-37,012	15%	-40,215	-33,116	25%	-35,484	-29,220
15	5%	-39,590	-37,012	15%	-35,423	-33,116	25%	-31,256	-29,220
10	5%	62,382	-46,266	15%	55,815	-41,396	25%	49,249	-36,526

Tab. 35 Celkové ohybové momenty a normálové síly ve vybraných řezech v posuzovaných etapách, SO 208

10.5.2.1 Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu

Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu - čas uvedení do provozu

$$\sigma_{c,i}^h = \frac{N_i}{A_c} + \frac{M_{g0}}{W_h} + \frac{M_{p,0}}{W_h} \qquad \sigma_{c,i}^d = \frac{N_i}{A_c} + \frac{M_{g0}}{W_d} + \frac{M_{p,0}}{W_d}$$

Kvazistálá kombinace zatížení, Mmax:

$N_{p,1}$	-33,116	MN	$M_{kvz,1}$	27,620	MNm	$M_{p,1}$	-40,215	MNm
$N_{p,10}$	-41,3959	MN	$M_{kvz,10}$	-43,299	MNm	$M_{p,10}$	55,815	MNm
$N_{p,2}$	-33,116	MN	$M_{kvz,2}$	31,015	MNm	$M_{p,2}$	-35,423	MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-6,97755	MPa	<	15,750MPa	=0,45*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-9,24063	MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-3,88463	MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-1,63573	MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-5,57609	MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	-6,36809	MPa	<	15,750MPa	

Kvazistálá kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-33,116	MN	$M_{kvz,1}$	21,810	MNm	$M_{p,1}$	-40,215	MNm
$N_{p,10}$	-41,3959	MN	$M_{kvz,10}$	-54,920	MNm	$M_{p,10}$	55,815	MNm
$N_{p,2}$	-33,116	MN	$M_{kvz,2}$	23,353	MNm	$M_{p,2}$	-35,423	MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-7,97207	MPa	<	15,750MPa	=0,45*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-11,2791	MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-5,87384	MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-5,71299	MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-6,88763	MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	-9,05633	MPa	<	15,750MPa	

Častá kombinace zatížení, Mmax:

$N_{p,1}$	-33,116	MN	$M_{čas,1}$	37,575	MNm	$M_{p,1}$	-40,215	MNm
$N_{p,10}$	-41,3959	MN	$M_{čas,10}$	-41,494	MNm	$M_{p,10}$	55,815	MNm
$N_{p,2}$	-33,116	MN	$M_{čas,2}$	41,728	MNm	$M_{p,2}$	-35,423	MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-5,27351	MPa	<	0 MPa	
$\sigma_{c,1}^d$	-5,74789	MPa	<	0 MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-3,57566	MPa	<	0 MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-1,00244	MPa	<	0 MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-3,7423	MPa	<	0 MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	-2,60941	MPa	<	0 MPa	

Častá kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-33,116	MN	$M_{čas,1}$	18,392	MNm	$M_{p,1}$	-40,215	MNm
$N_{p,10}$	-41,3959	MN	$M_{čas,10}$	-63,971	MNm	$M_{p,10}$	55,815	MNm
$N_{p,2}$	-33,116	MN	$M_{čas,2}$	20,165	MNm	$M_{p,2}$	-35,423	MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-8,55714	MPa	<	0	MPa
$\sigma_{c,1}^d$	-12,4783	MPa	<	0	MPa
$\sigma_{c,10}^h$	-7,42314	MPa	<	0	MPa
$\sigma_{c,10}^d$	-8,88855	MPa	<	0	MPa
$\sigma_{c,2}^h$	-7,43333	MPa	<	0	MPa
$\sigma_{c,2}^d$	-10,1748	MPa	<	0	MPa

Charakteristická kombinace zatížení, Mmax:

$N_{p,1}$	-33,116	MN	$M_{char,1}$	46,124	MNm	$M_{p,1}$	-40,215	MNm
$N_{p,10}$	-41,3959	MN	$M_{char,10}$	-36,892	MNm	$M_{p,10}$	55,815	MNm
$N_{p,2}$	-33,116	MN	$M_{char,2}$	51,504	MNm	$M_{p,2}$	-35,423	MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-3,81014	MPa	<	21,000	MPa	=0,6*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-2,74845	MPa	<	21,000	MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-2,78791	MPa	<	21,000	MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	0,612183	MPa	<	21,000	MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-2,0689	MPa	<	21,000	MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	0,820524	MPa	<	21,000	MPa	

Charakteristická kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-33,116	MN	$M_{char,1}$	14,892	MNm	$M_{p,1}$	-40,215	MNm
$N_{p,10}$	-41,3959	MN	$M_{char,10}$	-65,314	MNm	$M_{p,10}$	55,815	MNm
$N_{p,2}$	-33,116	MN	$M_{char,2}$	16,185	MNm	$M_{p,2}$	-35,423	MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-9,15625	MPa	<	21,000	MPa	=0,6*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-13,7063	MPa	<	21,000	MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-7,65303	MPa	<	21,000	MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-9,35975	MPa	<	21,000	MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-8,1146	MPa	<	21,000	MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	-11,5712	MPa	<	21,000	MPa	

Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu - čas na konci životnosti
Kvazistálá kombinace zatížení, Mmax:

	$\sigma_{c,i}^h = \frac{N_i}{A_c} + \frac{M_{g0}}{W_h} + \frac{M_{p,0}}{W'_h}$		$\sigma_{c,i}^d = \frac{N_i}{A_c} + \frac{M_{g0}}{W_d} + \frac{M_{p,0}}{W'_d}$	
N _{p,1}	-29,22 MN	M _{kvz,1}	27,620 MNm	M _{p,1} -35,484 MNm
N _{p,10}	-36,5258 MN	M _{kvz,10}	-43,299 MNm	M _{p,10} 49,249 MNm
N _{p,2}	-29,22 MN	M _{kvz,2}	31,015 MNm	M _{p,2} -31,256 MNm
$\sigma_{c,1}^h$	-5,60044 MPa	<	15,750MPa	=0,45*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-7,01343 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-4,29957 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-3,23053 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-4,2955 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	-4,33871 MPa	<	15,750MPa	

Kvazistálá kombinace zatížení, Mmin:

N _{p,1}	-29,22 MN	M _{kvz,1}	21,810 MNm	M _{p,1} -35,484 MNm
N _{p,10}	-36,5258 MN	M _{kvz,10}	-54,920 MNm	M _{p,10} 49,249 MNm
N _{p,2}	-29,22 MN	M _{kvz,2}	23,353 MNm	M _{p,2} -31,256 MNm
$\sigma_{c,1}^h$	-6,59496 MPa	<	15,750MPa	=0,45*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-9,05189 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-6,28879 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-7,30779 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-5,60703 MPa	<	15,750MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	-7,02694 MPa	<	15,750MPa	

Častá kombinace zatížení, Mmax:

N _{p,1}	-29,22 MN	M _{čas,1}	37,575 MNm	M _{p,1} -35,484 MNm
N _{p,10}	-36,5258 MN	M _{čas,10}	-41,494 MNm	M _{p,10} 49,249 MNm
N _{p,2}	-29,22 MN	M _{čas,2}	41,728 MNm	M _{p,2} -31,256 MNm
$\sigma_{c,1}^h$	-3,8964 MPa	<	0	
$\sigma_{c,1}^d$	-3,5207 MPa	<	0	
$\sigma_{c,10}^h$	-3,99061 MPa	<	0	
$\sigma_{c,10}^d$	-2,59725 MPa	<	0	
$\sigma_{c,2}^h$	-2,46171 MPa	<	0	
$\sigma_{c,2}^d$	-0,58002 MPa	<	0	

Častá kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-29,22 MN	$M_{čas,1}$	18,392 MNm	$M_{p,1}$	-35,484 MNm
$N_{p,10}$	-36,5258 MN	$M_{čas,10}$	-63,971 MNm	$M_{p,10}$	49,249 MNm
$N_{p,2}$	-29,22 MN	$M_{čas,2}$	20,165 MNm	$M_{p,2}$	-31,256 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-7,18004 MPa	<	0
$\sigma_{c,1}^d$	-10,2511 MPa	<	0
$\sigma_{c,10}^h$	-7,83809 MPa	<	0
$\sigma_{c,10}^d$	-10,4834 MPa	<	0
$\sigma_{c,2}^h$	-6,15274 MPa	<	0
$\sigma_{c,2}^d$	-8,14546 MPa	<	0

Charakteristická kombinace zatížení, Mmax:

$N_{p,1}$	-29,22 MN	$M_{char,1}$	46,124 MNm	$M_{p,1}$	-35,484 MNm
$N_{p,10}$	-36,5258 MN	$M_{char,10}$	-36,892 MNm	$M_{p,10}$	49,249 MNm
$N_{p,2}$	-29,22 MN	$M_{char,2}$	51,504 MNm	$M_{p,2}$	-31,256 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-2,43303 MPa	<	21,000MPa	=0,6*f _{ck}
$\sigma_{c,1}^d$	-0,52126 MPa	<	21,000MPa	
$\sigma_{c,10}^h$	-3,20286 MPa	<	21,000MPa	
$\sigma_{c,10}^d$	-0,98262 MPa	<	21,000MPa	
$\sigma_{c,2}^h$	-0,78831 MPa	<	21,000MPa	
$\sigma_{c,2}^d$	2,84991 MPa	<	21,000MPa	

Charakteristická kombinace zatížení, Mmin:

$N_{p,1}$	-29,22 MN	$M_{char,1}$	14,892 MNm	$M_{p,1}$	-35,484 MNm
$N_{p,10}$	-36,5258 MN	$M_{char,10}$	-65,314 MNm	$M_{p,10}$	49,249 MNm
$N_{p,2}$	-29,22 MN	$M_{char,2}$	16,185 MNm	$M_{p,2}$	-31,256 MNm

$\sigma_{c,1}^h$	-7,77915 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,1}^d$	-11,4791 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,10}^h$	-8,06798 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,10}^d$	-10,9546 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,2}^h$	-6,83401 MPa	<	21,000MPa
$\sigma_{c,2}^d$	-9,54185 MPa	<	21,000MPa

V žádném posuzovaném řezu nosné konstrukce nedojde k překročení mezního tlakového napětí. Pro častou kombinaci je zajištěna ve všech řezech dekomprese. V konstrukci postačí navrhnout pouze minimální betonářskou výztuž podle ČSN EN 1992, čl. 7. 3. 3. Tahové napětí v charakteristické kombinaci nepřesahuje pevnost betonu v tahu $f_{ctm} = 3,2$ MPa.

10.6 Mezní stav omezení průhybů

Předpokladem pro posouzení průhybů je to, že průhyby od stálého zatížení budou vyrovnány nadvýšením bednění při betonáži nosné konstrukce.

Protože je splněna podmínka dekomprese, konstrukce bude posouzena jako konstrukce bez trhlin. Limitní hodnota je určena z předcházející normy ČSN 73 6207 Navrhování mostních konstrukcí z předpjatého betonu. Na průhyby budou posouzeny účinky LM1 – běžné silniční dopravy.

10.6.1 SO 206

$$\delta_1 = 9,6 \text{ mm} < L_1/600 = 35\,000/600 = 58,33 \text{ mm (pro krajní pole)}$$

$$\delta_2 = 15,1 \text{ mm} < L_2/600 = 43\,750/600 = 72,91 \text{ mm (pro vnitřní pole)}$$

10.6.2 SO 208

$$\delta_1 = 7,7 \text{ mm} < L_1/600 = 44\,500/600 = 74,16 \text{ mm (pro krajní pole)}$$

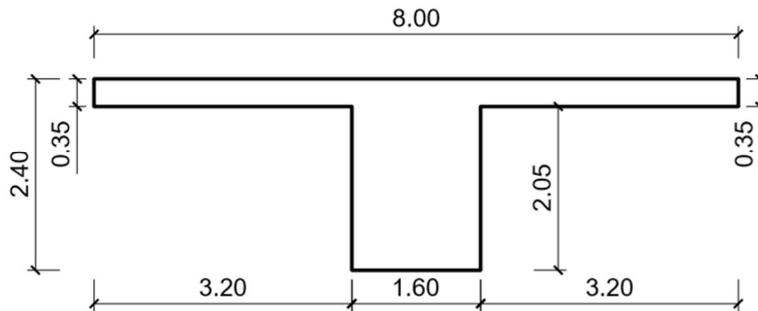
$$\delta_2 = 12,5 \text{ mm} < L_2/600 = 56\,000/600 = 93,33 \text{ mm (pro vnitřní pole)}$$

⇒ obě konstrukce z hlediska průhybů vyhoví

10.7 Posouzení MSÚ

Na mezní stav únosnosti budou vyšetřeny pro každý most dva průřezy, a to v krajním poli a nad podporou v čase na konci životnosti. Pro posouzení budou uvažovány zjednodušené průřezy, upravené tak, aby celková plocha zůstala zachována.

10.7.1 SO 206



Obr. 30 Uvažovaný zjednodušený průřez SO 206 se zachovanou plochou A_c

Průřezové charakteristiky	
A_c [m ²]	6,0258
I [m ⁴]	3,0358
w_d [m ³]	1,842559
w_n [m ³]	4,034822
h [m]	2,4
z_t [m]	1,6476

Tab. 36 Průřezové charakteristiky trámu mostu SO 206

10.7.1.1 Průřez v poli

Statically určitý moment od zvedaných kabelů na konci životnosti

$$M_{p0,d,kz} = \gamma_{P,fav} * M_{p0,m,kz} = 0,75 * -42,036 = -31,527 \text{ MNm}$$

Normálová síla od zvedaných kabelů na konci životnosti

$$N_{p,d,KZ} = \gamma_{P,fav} * N_{p,m,KZ} = 0,75 * -29,224 = -21,979 \text{ MN}$$

Výchozí stav

$$\sigma_c^h = 4,166 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c^d = -20,757 \text{ MPa}$$

$$w_c^p = I_c / e_p = 2,02 \text{ m}^3$$

$$\sigma_c^p = -19,252 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{pd, kZ} = \gamma_{p, fav} \cdot \sigma_{pm, kZ} = 1 \cdot 0,75 \cdot 1107 =$$

$$\sigma_{p, kZ} = \sigma_{max} \cdot 0,75 = 1107 \text{ MPa (předpoklad ztrát 25 %)}$$

Odpovídající poměrná přetvoření

$$\epsilon_c^h = \sigma_c^h / E_{cm} = 4,166 / 33 = 0,1262 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_c^d = \sigma_c^d / E_{cm} = -20,757 / 33 = -0,6290 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_c^p = \sigma_c^p / E_{cm} = -19,252 / 33 = -0,5834 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_p = \sigma_{p, kZ} / E_p = 1107 / 195 = 5,67 \text{ ‰}$$

$$N_{cd} = N_{pd}$$

$$f_{pd} = f_{p0,1,k} / \gamma_s = 1640 / 1,15 = 1426,08 \text{ MPa}$$

$$N_{pd} = f_{pd} \cdot A_p = 1426,08 \cdot 6 \cdot 22 \cdot 0,00015 = 28,23 \text{ MN}$$

$$\sigma_c = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 23,33 = 23,33 \text{ MPa}$$

$$N_{cd} = b \cdot x_u \cdot \eta \cdot f_{cd} = 8 \cdot 0,8 \cdot x \cdot 1 \cdot 23,33 \Rightarrow 28,23 = 8 \cdot 0,8 \cdot x \cdot 23,33$$

$$X = 189,067 \text{ mm} < 350 \text{ mm, tzn. tlakové napětí působí v horní desce}$$

$$x_u = 151,25 \text{ mm}$$

$$z = 2,4 - 0,15125 / 2 - 0,145 = 2,179 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = N_{pd} \cdot z = 28,23 \cdot 2,179 = 61,53 \text{ MNm}$$

$$M_{ed} = 36,532 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} > M_{ed} + M_{p, zved} + M_{p, při}$$

$$61,53 \text{ MNm} > 36,532 + 16,406 - 1,755 = 51,183 \text{ MNm} \Rightarrow \text{PODMÍNKA SPLNĚNA}$$

$$51,183 / 61,53 = 0,831 \Rightarrow 83,1 \%$$

První krok přitížení – dosažení pružného odlehčení

$$\epsilon_{cu3} = -3,5 \text{ ‰}$$

$$E_p = 195 \text{ GPa}$$

$$\epsilon_{p,z} = \epsilon_p - \epsilon_c^p = 5,67 + 0,5834 = 6,26 \text{ ‰}$$

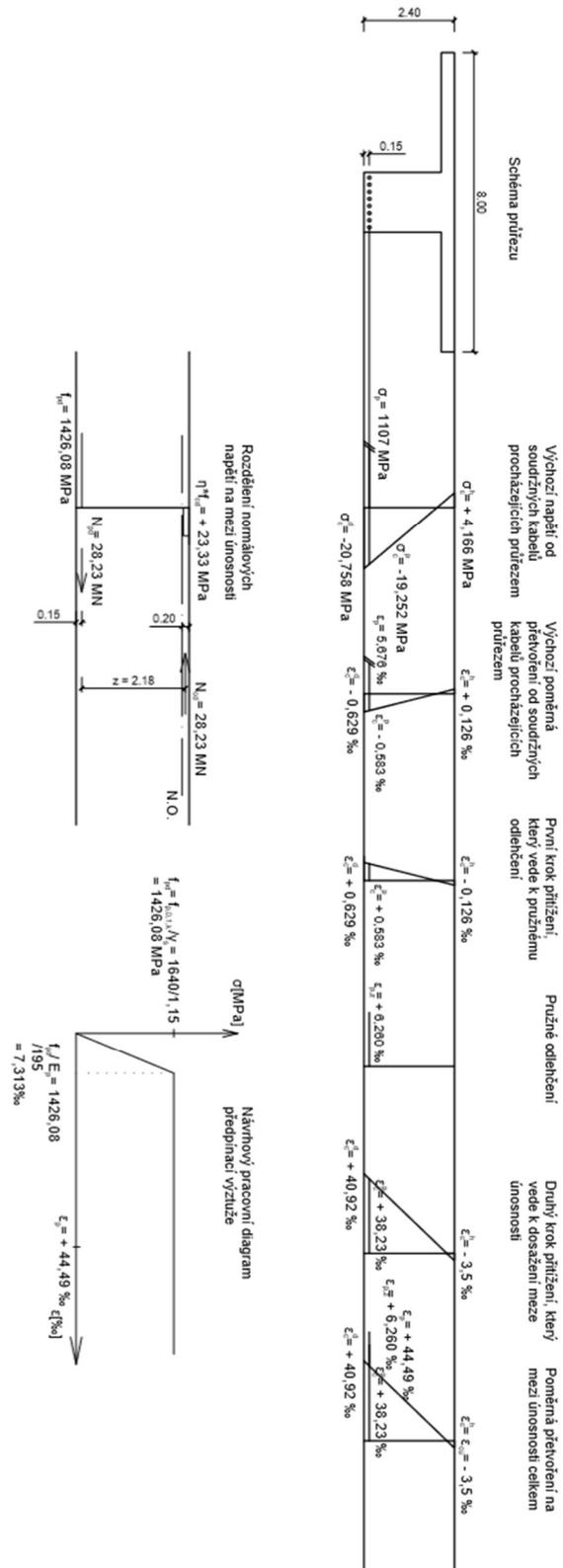
Druhý krok přetížení – dosažení meze kluzu

$$x = x_u/0,8 = 0,15125/0,8 = 0,1891 \text{ m}$$

$$\Delta \varepsilon_p = 3,5/x \cdot (2,4 - x - 0,145) = 38,234 \text{ ‰}$$

$$\Sigma \varepsilon_p = 6,26 + 38,234 = 44,495 \text{ ‰} > f_{pd}/E_p = 1426,08/195 \cdot 10^6 = 7,313 \text{ ‰}$$

⇒ PODMÍNKA SPLNĚNA, předpínací výztuž bude zplastizována



Obr. 31 Přehled normálových napětí, poměrných přetvoření a normálových sil pro posouzení na mezi únosnosti

– řez v poli, SO 206

10.7.1.2 Průřez nad podporou

Statically určitý moment od zvedaných kabelů na konci životnosti

$$M_{p0,d,kz} = \gamma_{P,fav} * M_{p0,m,kz} = 0,75 * 14,717 = 11,037 \text{ MNm}$$

Normálová síla od zvedaných kabelů na konci životnosti

$$N_{p,d,KZ} = \gamma_{P,fav} * N_{p,m,KZ} = 0,75 * -29,224 = -21,979 \text{ MN}$$

Statically určitý moment od příložek na konci životnosti

$$M_{p0p,d,kz} = \gamma_{P,fav} * M_{p0,m,kz} = 0,75 * 4,87 = 3,652 \text{ MNm}$$

Normálová síla od příložek na konci životnosti

$$N_{pp,d,KZ} = \gamma_{P,fav} * N_{p,m,KZ} = 0,75 * -9,742 = -7,306 \text{ MN}$$

Výchozí stav

$$\sigma_c^h = -8,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c^d = 3,113 \text{ MPa}$$

$$w_c^p = I_c/e_p = 5,759 \text{ m}^3$$

$$\sigma_c^p = -7,411 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{pd,KZ} = \gamma_{P,fav} * \sigma_{pm,kz} = 1 * 0,75 * 1107 =$$

$$\sigma_{p,KZ} = \sigma_{max} * 0,75 = 1107 \text{ MPa (předpoklad ztrát 25 %)}$$

Odpovídající poměrná přetvoření

$$\epsilon_c^h = \sigma_c^h / E_{cm} = -8,5 / 33 = -0,257 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_c^d = \sigma_c^d / E_{cm} = 3,113 / 33 = 0,094 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_c^p = \sigma_c^p / E_{cm} = -7,411 / 33 = -0,224 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_p = \sigma_{p,KZ} / E_p = 1107 / 195 = 5,67 \text{ ‰}$$

$$N_{cd} = N_{pd} + N_{ppd}$$

$$f_{pd} = f_{p0,1,k} / \gamma_s = 1640 / 1,15 = 1426,08 \text{ MPa}$$

$$N_{pd} = f_{pd} * A_p = 1426,08 * 6 * 22 * 0,00015 = 28,23 \text{ MN}$$

$$\sigma_c = \eta * f_{cd} = 1 * 23,33 = 23,33 \text{ MPa}$$

$$N_{cd} = b * x_u * \eta * f_{cd} = 8 * 0,8 * x * 1 * 23,33 \Rightarrow 28,23 + 9,41 = 8 * 0,8 * x * 23,33$$

$$X = 252,1 \text{ mm} < 350 \text{ mm, tzn. tlakové napětí působí v horní desce}$$

$$x_u = 201,7 \text{ mm}$$

$$z = 2,4 - 0,2017 / 2 - 0,225 = 2,174 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = -(N_{pd} + N_{ppd}) * z = -(28,23 + 9,412) * 2,174 = -81,87 \text{ MNm}$$

$$M_{ed} = -52,77 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} > M_{ed} + M_{p,zved} + M_{p,pří}$$

$$-81,87 \text{ MNm} > -52,77 + 16,406 - 1,755 = -38,119 \text{ MNm} \Rightarrow \text{PODMÍNKA SPLNĚNA}$$

$$-38,119 / -81,87 = 0,465 \Rightarrow 46,5 \%$$

První krok přetížení – dosažení pružného odlehčení

$$\varepsilon_{cu3} = -3,5 \text{ ‰}$$

$$E_p = 195 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{p,z} = \varepsilon_p - \varepsilon_c^p = 5,67 + 0,224 = 5,901 \text{ ‰}$$

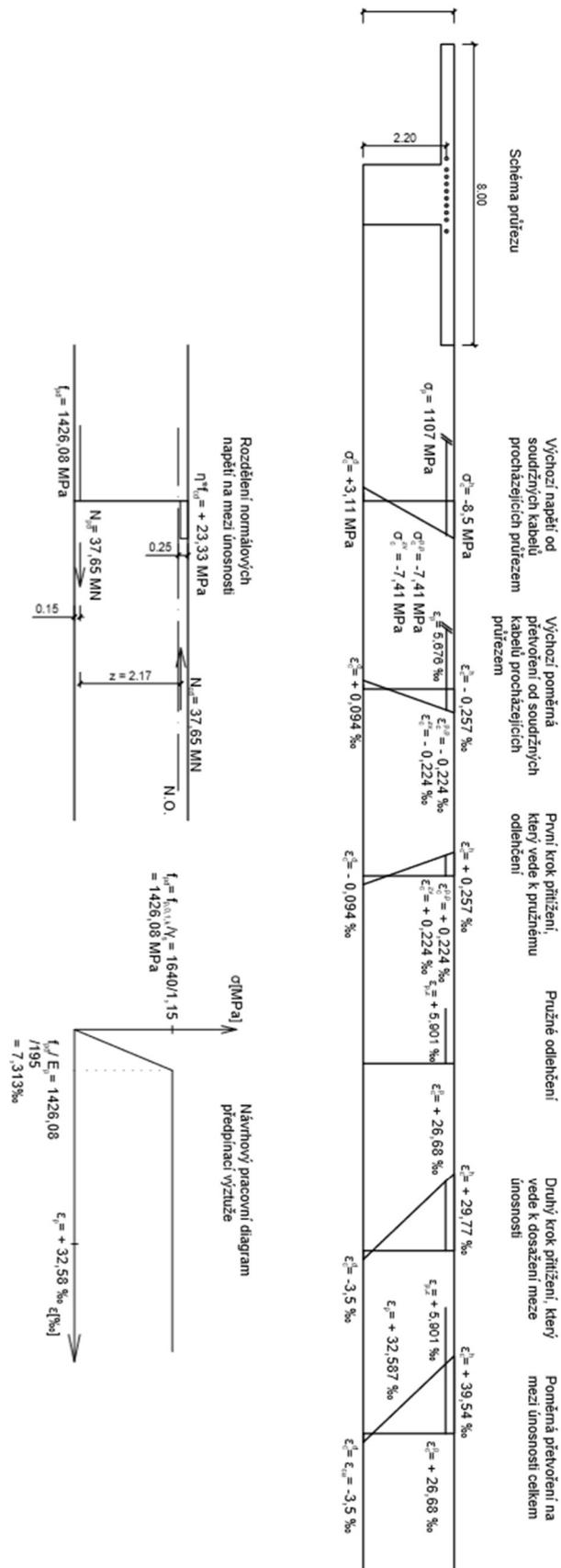
Druhý krok přetížení – dosažení meze kluzu

$$x = x_u / 0,8 = 0,2017 / 0,8 = 0,252 \text{ m}$$

$$\Delta \varepsilon_p = 3,5 / x * (2,4 - x - 225,3) = 26,686 \text{ ‰}$$

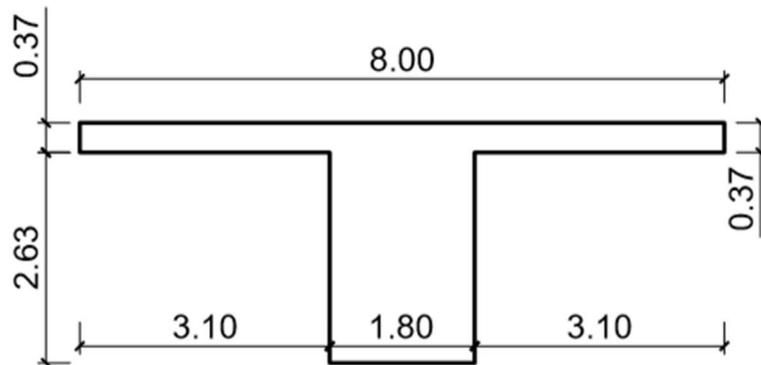
$$\Sigma \varepsilon_p = 5,901 + 26,686 = 32,587 \text{ ‰} > f_{pd} / E_p = 1426,08 / 195 * 10^6 = 7,313 \text{ ‰}$$

\Rightarrow **PODMÍNKA SPLNĚNA**, předpínací výztuž bude zplastizována



Obr. 32 Přehled normálových napětí, poměrných přetvoření a normálových sil pro posouzení na mezi únosnosti

10.7.2 SO 208



Obr. 33 Uvažovaný zjednodušený průřez SO 208 se zachovanou plochou A_c

Průřezové charakteristiky	
$A[m^2]$	6,8683
$I[m^4]$	5,747
$w_d[m^3]$	2,850270297
$w_n[m^3]$	5,842228322
$h[m]$	3
$z_t[m]$	2,0163

Tab. 37 Průřezové charakteristiky trámy mostu SO 208

10.7.2.1 Průřez v poli

Statically určitý moment od zvedaných kabelů na konci životnosti

$$M_{p0,d,kz} = \gamma_{P,fav} * M_{p0,m,kz} = 0,75 * -64,28 = -48,21 \text{ MNm}$$

Normálová síla od zvedaných kabelů na konci životnosti

$$N_{p,d,KZ} = \gamma_{P,fav} * N_{p,m,KZ} = 0,75 * -38,966 = -29,22 \text{ MN}$$

Výchozí stav

$$\sigma_c^h = 3,997 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c^d = -21,168 \text{ MPa}$$

$$w_c^p = I_c / e_p = 3,071 \text{ m}^3$$

$$\sigma_c^p = -19,952 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{pd,KZ} = \gamma_{P,fav} * \sigma_{pm,kz} = 1 * 0,75 * 1107 =$$

$$\sigma_{p,kz} = \sigma_{max} * 0,75 = 1107 \text{ MPa (předpoklad ztrát 25 %)}$$

Odpovídající poměrná přetvoření

$$\varepsilon_c^h = \sigma_c^h / E_{cm} = 3,997 / 33 = 0,121 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_c^d = \sigma_c^d / E_{cm} = -21,168 / 33 = -0,641 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_c^p = \sigma_c^p / E_{cm} = -19,952 / 33 = -0,604 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_p = \sigma_{p,KZ} / E_p = 1107 / 195 = 5,67 \text{ ‰}$$

$$N_{cd} = N_{pd}$$

$$f_{pd} = f_{p0,1,k} / \gamma_s = 1640 / 1,15 = 1426,08 \text{ MPa}$$

$$N_{pd} = f_{pd} \cdot A_p = 1426,08 \cdot 8 \cdot 22 \cdot 0,00015 = 37,648 \text{ MN}$$

$$\sigma_c = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 23,33 = 23,33 \text{ MPa}$$

$$N_{cd} = b \cdot x_u \cdot \eta \cdot f_{cd} = 8 \cdot 0,8 \cdot x \cdot 1 \cdot 23,33 \Rightarrow 37,648 = 8 \cdot 0,8 \cdot x \cdot 23,33$$

$$X = 252,14 \text{ mm} < 350 \text{ mm, tzn. tlakové napětí působí v horní desce}$$

$$x_u = 201,71 \text{ mm}$$

$$z = 3 - 0,20171 / 2 - 0,145 = 2,754 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = N_{pd} \cdot z = 37,648 \cdot 2,75 = 103,689 \text{ MNm}$$

$$M_{ed} = 56,7 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} > M_{ed} + M_{p,zved} + M_{p,pří}$$

$$103,689 \text{ MNm} > 56,7 + 16,969 - 1,811 = 71,858 \text{ MNm} \Rightarrow \text{PODMÍNKA SPLNĚNA}$$

$$71,858 / 103,689 = 0,693 \Rightarrow 69,3 \%$$

První krok přetížení – dosažení pružného odlehčení

$$\varepsilon_{cu3} = -3,5 \text{ ‰}$$

$$E_p = 195 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{p,z} = \varepsilon_p - \varepsilon_c^p = 5,676 + 0,604 = 6,281 \text{ ‰}$$

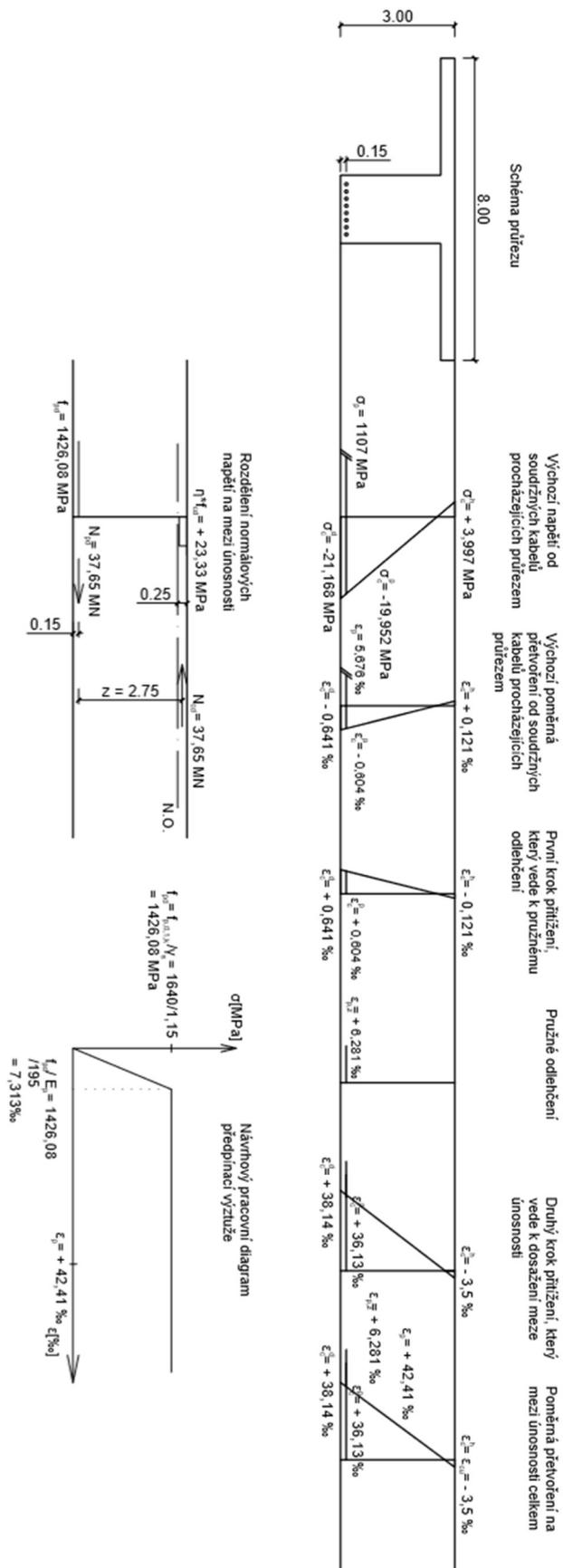
Druhý krok přetížení – dosažení meze kluzu

$$x = x_u / 0,8 = 0,2017 / 0,8 = 0,2521 \text{ m}$$

$$\Delta \varepsilon_p = 3,5 / x \cdot (3 - x - 0,145) = 36,129 \text{ ‰}$$

$$\Sigma \varepsilon_p = 6,281 + 36,129 = 42,411 \text{ ‰} > f_{pd} / E_p = 1426,08 / 195 \cdot 10^6 = 7,313 \text{ ‰}$$

\Rightarrow PODMÍNKA SPLNĚNA, předpínací výztuž bude zplastizována



Obr. 34 Přehled normálových napětí, poměrných přetvoření a normálových sil pro posouzení na mezi únosnosti

10.7.2.2 Průřez nad podporou

Statically určitý moment od zvedaných kabelů na konci životnosti

$$M_{p0,d,kz} = \gamma_{P,fav} * M_{p0,m,kz} = 0,75 * 24,045 = 18,033 \text{ MNm}$$

Normálová síla od zvedaných kabelů na konci životnosti

$$N_{p,d,KZ} = \gamma_{P,fav} * N_{p,m,KZ} = 0,75 * -38,966 = -29,029 \text{ MN}$$

Statically určitý moment od příložek na konci životnosti

$$M_{p0p,d,kz} = \gamma_{P,fav} * M_{p0,m,kz} = 0,75 * 7,683 = 5,762 \text{ MNm}$$

Normálová síla od příložek na konci životnosti

$$N_{pp,d,KZ} = \gamma_{P,fav} * N_{p,m,KZ} = 0,75 * -9,741 = -7,305 \text{ MN}$$

Výchozí stav

$$\sigma_c^h = -9,363 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c^d = 3,058 \text{ MPa}$$

$$w_c^p = I_c / e_p = 8,841 \text{ m}^3$$

$$\sigma_c^p = -7,981 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{pd,KZ} = \gamma_{P,fav} * \sigma_{pm,kz} = 1 * 0,75 * 1107 =$$

$$\sigma_{p,KZ} = \sigma_{max} * 0,75 = 1107 \text{ MPa (předpoklad ztrát 25 %)}$$

Odpovídající poměrná přetvoření

$$\epsilon_c^h = \sigma_c^h / E_{cm} = -9,363 / 33 = -0,283 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_c^d = \sigma_c^d / E_{cm} = 3,058 / 33 = 0,092 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_c^p = \sigma_c^p / E_{cm} = -7,981 / 33 = -0,241 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_p = \sigma_{p,KZ} / E_p = 1107 / 195 = 5,67 \text{ ‰}$$

$$N_{cd} = N_{pd} + N_{ppd}$$

$$f_{pd} = f_{p0,1,k} / \gamma_s = 1640 / 1,15 = 1426,08 \text{ MPa}$$

$$N_{pd} = f_{pd} * A_p = 1426,08 * 8 * 22 * 0,00015 = 37,648 \text{ MN}$$

$$\sigma_c = \eta * f_{cd} = 1 * 23,33 = 23,33 \text{ MPa}$$

$$N_{cd} = b * x_u * \eta * f_{cd} = 8 * 0,8 * x * 1 * 23,33 \Rightarrow 37,648 + 9,41 = 8 * 0,8 * x * 23,33$$

$$X = 315,18 \text{ mm} < 350 \text{ mm, tzn. tlakové napětí působí v horní desce}$$

$$x_u = 252,14 \text{ mm}$$

$$z = 3 - 0,2521 / 2 - 0,225 = 2,678 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = -(N_{pd} + N_{ppd}) * z = -(37,648 + 9,412) * 2,678 = -126,026 \text{ MNm}$$

$$M_{ed} = -100,609 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} > M_{ed} + M_{p,zved} + M_{p,pří}$$

$$-126,026 \text{ MNm} > -100,609 + 28,17 - 2,717 = -75,156 \text{ MNm} \Rightarrow \text{PODMÍNKA SPLNĚNA}$$

$$-75,156 / -126,026 = 0,596 \Rightarrow 59,6 \%$$

První krok přetížení – dosažení pružného odlehčení

$$\varepsilon_{cu3} = -3,5 \text{ ‰}$$

$$E_p = 195 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{p,z} = \varepsilon_p - \varepsilon_c^p = 5,67 + 0,241 = 5,918 \text{ ‰}$$

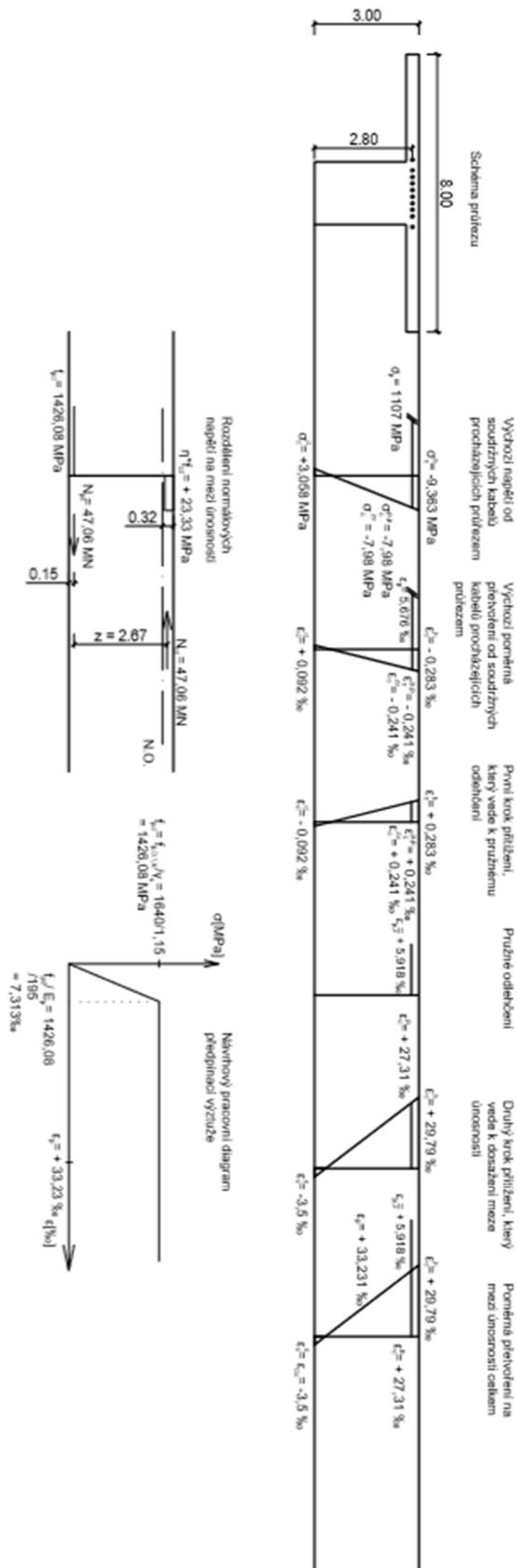
Druhý krok přetížení – dosažení meze kluzu

$$x = x_u / 0,8 = 0,252 / 0,8 = 0,315 \text{ m}$$

$$\Delta \varepsilon_p = 3,5 / x * (3 - x - 225,3) = 27,311 \text{ ‰}$$

$$\Sigma \varepsilon_p = 5,918 + 27,311 = 33,231 \text{ ‰} > f_{pd} / E_p = 1426,08 / 195 * 10^6 = 7,313 \text{ ‰}$$

\Rightarrow **PODMÍNKA SPLNĚNA**, předpínací výztuž bude zplastizována



Obr. 35 Přehled normálových napětí, poměrných přetvoření a normálových sil pro posouzení na mezi únosnosti

– řez nad podporou, SO 208

11 Posouzení na smyk

Pro posouzení konstrukce na smykové namáhání byly z výpočetního softwaru odečteny hodnoty posouvajících sil a přenásobeny součinitelem pro příčný roznos zatížení na jeden trám. Hodnoty nebyly brány přímo v místě podpor, ale vždy 0,30 m od podpory.

11.1 SO 206

Návrhové hodnoty posouvajících sil bez účinků předpětí jsou:

$$V_0 = 5,307 \text{ MN}$$

$$V_{10,L} = -4,871 \text{ MN}$$

$$V_{10,P} = 7,849 \text{ MN}$$

Posouzení bude provedeno na konci životnosti, aby redukce posouvajících sil účinky předpětí byly co nejmenší.

Návrhové hodnoty posouvajících sil od účinků předpětí tedy jsou:

$$V_{0,p,d} = 0,75 * (-3,035 - 0,0668) = -2,326 \text{ MN}$$

$$V_{10,L,p,d} = 0,75 * (0,994 - 0,0668) = 0,696 \text{ MN}$$

$$V_{10,P,p,d} = 0,75 * (-0,425 + 0,014) = -0,308 \text{ MN}$$

Návrhová hodnota posouvající síly včetně předpětí

$$V_0 = 2,981 \text{ MN}$$

$$V_{10,L} = -4,175 \text{ MN}$$

$$V_{10,P} = 7,541 \text{ MN}$$

11.1.1 Průřez nad opěrou

Poloha posuzovaného řezu je v místě 0,30 m od začátku mostu.

Složky normálového napětí

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_{cc} = 3,647 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cp} = k^3 * V_{ed}/A_{cc} = 0,548 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,lim} = 8,654 \text{ MPa}$$

$$f_{c,vd} = 2,738 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cp} = 0,548 \text{ MPa} < f_{c,vd} = 2,738 \text{ MPa}$$

⇒ v konstrukci postačí pouze konstrukční smyková výztuž

11.1.2 Průřez nad podporou

Poloha posuzovaného řezu je v místě 35,3 m od začátku mostu.

Pro posouzení průřezu nad podporou je předpokládána podélná betonářská výztuž $\varnothing 16$ po 150 mm při horním i spodním povrchu desky. Dále je v nadpodporovém průřezu počítáno s příložkami.

³ Hodnota k = 1,5 je stanovena v ČSN EN 1992-1-1

Celková plocha výztuže v řezu

$$A_{sl} = 0,027944 \text{ m}^2$$

$$N_{sd} = 9,28 \text{ MN}$$

$$N_{pd} = 9,41 \text{ MN}$$

$$d = 2,199 \text{ m}$$

$$\rho_t = 0,00846$$

$$k = 1,301$$

$$v_{\min} = 0,307 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 4,849 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = 3,99 \text{ MN}$$

$$V_{Rd,c} = 3,99 \text{ MN} < V_{10,P} = 7,541 \text{ MN}$$

⇒ je nutné navrhnout smykovou výztuž

Návrh smykové výztuže

čtyřstrižné třmínky $\emptyset 32$ po 150 mm

je zvoleno $\theta = 45^\circ$

$$A_{sw} = 0,003215 \text{ m}^2$$

$$s = 0,15 \text{ m}$$

$$f_{ywd} = 434,783 \text{ MPa}$$

$$b_w = 0,96 \text{ m}$$

$$z = 2,126 \text{ m}$$

$$\alpha_{cw} = 1,244$$

$$v_1 = 0,516$$

$$V_{Rd,s} = 19,81 \text{ MN} > V_{10,P} = 7,541 \text{ MN}$$

$$V_{Rd,\max} = 12,991 \text{ MN} > V_{10,P} = 7,541 \text{ MN}$$

Návrhovaná výztuž vyhovuje. Konstrukce vyhoví i z hlediska rozdrčení tlačených betonových diagonál.

11.2 SO 208

Návrhové hodnoty posouvajících sil bez účinků předpětí jsou:

$$V_0 = 7,131 \text{ MN}$$

$$V_{10,L} = -6,984 \text{ MN}$$

$$V_{10,P} = 10,803 \text{ MN}$$

Posouzení bude provedeno na konci životnosti, aby redukce posouvajících sil účinky předpětí byly co nejmenší.

Návrhové hodnoty posouvajících sil od účinků předpětí tedy jsou:

$$V_{0,p,d} = 0,75 * (-3,983 - 0,08142) = -3,048 \text{ MN}$$

$$V_{10,L,p,d} = 0,75 * (1,367 - 0,081) = 1,285 \text{ MN}$$

$$V_{10,P,p,d} = 0,75 * (-0,425 + 0,014) = -0,504 \text{ MN}$$

Návrhová hodnota posouvající síly včetně předpětí

$$V_0 = 4,083 \text{ MN}$$

$$V_{10,L} = -5,699 \text{ MN}$$

$$V_{10,P} = 10,299 \text{ MN}$$

11.2.1 Průřez nad opěrou

Poloha posuzovaného řezu je v místě 0,30 m od začátku mostu.

Složky normálového napětí

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_{cc} = 4,254 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cp} = k^4 * V_{ed}/A_{cc} = 0,891 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,lim} = 8,654 \text{ MPa}$$

$$f_{c,vd} = 2,896 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cp} = 0,891 \text{ MPa} < f_{c,vd} = 2,896 \text{ MPa}$$

⇒ v konstrukci postačí pouze konstrukční smyková výztuž

11.2.2 Průřez nad podporou

Poloha posuzovaného řezu je v místě 44,8 m od začátku mostu.

Pro posouzení průřezu nad podporou je předpokládána podélná betonářská výztuž $\varnothing 16$ po 150 mm při horním i spodním povrchu desky. Dále je v nadpodporovém průřezu počítáno s příložkami.

Celková plocha výztuže v řezu

$$A_{sl} = 0,027944 \text{ m}^2$$

$$N_{sd} = 9,28 \text{ MN}$$

$$N_{pd} = 9,41 \text{ MN}$$

$$d = 2,871 \text{ m}$$

$$\rho_t = 0,00861$$

⁴ Hodnota $k = 1,5$ je stanovena v ČSN EN 1992-1-1

$$k = 1,264$$

$$v_{\min} = 0,218 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 5,318 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = 4,119 \text{ MN}$$

$$V_{Rd,c} = 4,119 \text{ MN} < V_{10,P} = 10,299 \text{ MN}$$

⇒ je nutné navrhnout smykovou výztuž

Návrh smykové výztuže

čtyřstrižné třmínky $\varnothing 32$ po 150 mm

je zvoleno $\theta = 45^\circ$

$$A_{sw} = 0,003215 \text{ m}^2$$

$$s = 0,15 \text{ mm}$$

$$f_{ywd} = 434,783 \text{ MPa}$$

$$b_w = 1,13 \text{ m}$$

$$z = 2,801 \text{ m}$$

$$\alpha_{cw} = 1,25$$

$$v_1 = 0,516$$

$$V_{Rd,s} = 26,102 \text{ MN} > V_{10,P} = 10,299 \text{ MN}$$

$$V_{Rd,max} = 20,244 \text{ MN} > V_{10,P} = 10,299 \text{ MN}$$

Návrhovaná výztuž vyhovuje. Konstrukce vyhoví i z hlediska rozdrčení tlačných betonových diagonál.

12 Závěr

Předmětem této bakalářské práce bylo provedení předběžného návrhu dvou mostů na přeložce silnice I/9 v úseku Nový Bor – Dolní Libchava. Návrhy byly vybrány z několika variant jako dvoutrámové spojitě konstrukce.

Pro oba mosty byla navržena geometrie nosné konstrukce a na účinky zatížení bylo navrženo předpětí. Vedení zvedaných kabelů a příložek bylo navrženo tak, aby konstrukce vyhověly na mezní stav použitelnosti z hlediska omezení napětí a průhybů. Následně byly konstrukce posouzeny na mezní stav únosnosti.

Z hlediska návrhu hodnotím konstrukci mostu SO 206 jako lépe zvolenou variantu. Pro most SO 208 bylo zvoleno příliš velké rozpětí, čímž jsou značně ovlivněny rozměry konstrukce. Při takto zvoleném rozpětí by se dal návrh konstrukce mostu vylepšit použitím výškových náběhů průřezu.

Součástí této práce je výkresová dokumentace mostů.

13 Seznam obrázků

Obr. 1: Zakreslení polohy mostních objektů SO 206 a SO 208	11
Obr. 2 Příčný řez mostu SO 206 v případě deskové konstrukce	18
Obr. 3 Schematický podélný řez mostu SO 206 v případě deskové konstrukce	19
Obr. 4 Příčný řez mostu SO 206 v případě trémové konstrukce	20
Obr. 5 Schematický podélný řez mostu SO 206 v případě trémové konstrukce	20
Obr. 6 Příčný řez mostu SO 206 v případě spřažené ocelobetonové konstrukce ...	21
Obr. 7 Schematický podélný řez mostu SO 206 v případě spřažené ocelobetonové konstrukce	21
Obr. 8 Příčný řez mostu SO 208 v případě deskové konstrukce	22
Obr. 9 Schematický podélný řez mostu SO 208 v případě deskové konstrukce	23
Obr. 10 Příčný řez mostu SO 208 v případě trémové konstrukce	24
Obr. 11 Schematický podélný řez mostu SO 208 v případě trémové konstrukce ...	24
Obr. 12 Příčný řez mostu SO 208 v případě spřažené ocelobetonové konstrukce.	25
Obr. 13 Schematický podélný řez mostu SO 208 v případě spřažené ocelobetonové konstrukce	25
Obr. 14 Příčný řez v místě rozšíření komunikace z důvodu přídatného pruhu pro odbočení	26
Obr. 15 Detail modelu konstrukce mostu SO 206 v programu SCIA Engineer	29
Obr. 16 Detail modelu konstrukce mostu SO 208 v programu SCIA Engineer	29
Obr. 17 Prostorový deskostěnový model pro most SO 206 ve SCIA Engineer	30
Obr. 18 Prostorový deskostěnový model pro most SO 208 ve SCIA Engineer	30
Obr. 19 Schéma rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů pro LM1	32
Obr. 20 Schéma rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů pro LM1 pro SO 208 po rozšíření vozovky	32
Obr. 21 Mapa větrných oblastí na území ČR, [4]	34
Obr. 22 Směry působícího zatížení větrem [4]	35
Obr. 23 Součinitel síly pro mosty $c_{fx,0}$, [4]	35
Obr. 24 Součinitel síly $c_{f,z}$ pro mosty s příčným náklonem a při šikmo nabíhající větře [4]	36
Obr. 25 Zatížení LM1 – TS umístěné na levý okraj deskostěnového modelu konstrukce	39
Obr. 26 Celkový ohybový moment od předpětí průběžnými zvedanými kabely, SO 206	48
Obr. 27 Celkový ohybový moment od předpětí příložkami, SO 206	49
Obr. 28 Celkový ohybový moment od předpětí zvedanými kabely, SO 208	58
Obr. 29 Celkový ohybový moment od předpětí příložkami, SO 208	59
Obr. 30 Uvažovaný zjednodušený průřez SO 206 se zachovanou plochou A_c	65
Obr. 31 Přehled normálových napětí, poměrných přetvoření a normálových sil pro posouzení na mezi únosnosti	68
Obr. 32 Přehled normálových napětí, poměrných přetvoření a normálových sil pro posouzení na mezi únosnosti	71
Obr. 33 Uvažovaný zjednodušený průřez SO 208 se zachovanou plochou A_c	72

Obr. 34 Přehled normálových napětí, poměrných přetvoření a normálových sil pro posouzení na mezi únosnosti	74
Obr. 35 Přehled normálových napětí, poměrných přetvoření a normálových sil pro posouzení na mezi únosnosti	77

14 Seznam tabulek

Tab. 1 Zatížení vlastní tíhou SO 206.....	30
Tab. 2 Zatížení vlastní tíhou SO 208.....	31
Tab. 3 Plošné zatížení ostatní stálé pro SO 206 a SO 208	31
Tab. 4 Liniové zatížení SO 206 ostatní stálé.....	31
Tab. 5 Liniové zatížení SO 208 ostatní stálé.....	31
Tab. 6 Model zatížení 1 – charakteristické hodnoty.....	33
Tab. 7 Zvláštní vozidla pro silnice I. a II. třídy; ČSN-EN-1991-2-205.....	33
Tab. 8 Součinitel příčného roznosu zatížení pro momenty pro most SO 206.....	40
Tab. 9 Součinitel příčného roznosu zatížení pro moment pro most SO 208.....	40
Tab. 10 Výsledné momenty pro jeden trám pro most SO 206.....	41
Tab. 11 Výsledné posouvající síly pro jeden trám mostu SO 206.....	41
Tab. 12 Výsledné momenty pro jeden trám pro most SO 208.....	41
Tab. 13 Výsledné posouvající síly pro jeden trám pro most SO 208	42
Tab. 14 Součinitele spolehlivosti zatížení podle [5].....	43
Tab. 15 Součinitele kombinace γ pro silniční mosty podle [5].....	44
Tab. 16 Výsledky momentů pro jeden trám mostu SO 206	44
Tab. 17 Výsledky momentů pro jeden trám mostu SO 208	45
Tab. 18 Celkové výsledky kombinací pro MSP pro jeden trám mostu SO 206	45
Tab. 19 Celkové výsledky kombinací pro MSP pro jeden trám mostu SO 208	45
Tab. 20 Průřezové charakteristiky trámu SO 206.....	46
Tab. 21 Excentricita uložení kabelů vzhledem k těžištové ose, SO 206	46
Tab. 22 Počet potřebných kabelů složených z různého počtu lan.....	47
Tab. 23 Geometrie kabelu předpětí, SO 206.....	48
Tab. 24 Ohybové momenty od zvedaných kabelů, SO 206.....	49
Tab. 25 Ohybové momenty od příložek, SO 206.....	49
Tab. 26 Celkové ohybové momenty a normálové síly ve vybraných řezech od předpětí, SO 206	49
Tab. 27 Celkové ohybové momenty a normálové síly ve vybraných řezech od předpětí v posuzovaných etapách, SO 206.....	50
Tab. 28 Průřezové charakteristiky trámu, most SO 208	56
Tab. 29 Excentricita uložení kabelů vzhledem k těžištové ose, SO 208	56
Tab. 30 Počet potřebných kabelů složených z různého počtu lan.....	57
Tab. 31 Geometrie kabelu předpětí, SO 208.....	58
Tab. 32 Ohybové momenty od zvedaných kabelů, SO 208.....	59
Tab. 33 Ohybové momenty od příložek, SO 208.....	59
Tab. 34 Celkové ohybové momenty a normálové síly ve vybraných řezech od předpětí, SO 208	59
Tab. 35 Celkové ohybové momenty a normálové síly ve vybraných řezech v posuzovaných etapách, SO 208.....	59
Tab. 36 Průřezové charakteristiky trámu mostu SO 206.....	65
Tab. 37 Průřezové charakteristiky trámu mostu SO 208.....	72

15 Seznam příloh

Příloha č. 1 Výkresová dokumentace

Příloha č. 2 Teoretická rešerše