



MOŽNOST VYUŽITÍ ZPOŽDĚNÉHO NÁRŮSTU
PEVNOSTI BETONU U MOSTNÍCH
KONSTRUKCÍ

Diplomová práce
Fakulta stavební
České vysoké učení technické v Praze

Autor: Bc. Matouš Kosina
Vedoucí práce: Doc. Ing. Lukáš Vráblík, PhD.

Praha, 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kosina** Jméno: **Matouš** Osobní číslo: **484644**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra betonových a zděných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce a dopravní stavby**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Možnosti využití zpožděného nárůstu pevnosti betonu u mostních konstrukcí

Název diplomové práce anglicky:

Possibilities of using delayed concrete strength growth in bridge structures

Pokyny pro vypracování:

Teoretická rešerše – současný stav navrhování prvků betonových mostních konstrukcí, snižování produkce CO₂, snížení cementů CEM I, možnosti náhrady;
Analýza vybraných konstrukčních prvků s ohledem na požadavky na nárůst pevnosti betonu v čase – masivní prvky spodní stavby; předem předpjaté prefabrikované nosníky s dodatečným předpětím; optimalizace postupu výstavby s ohledem na vývoj vlastností materiálů;
Přenesení výsledků na projekt skutečné reálné konstrukce

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D. katedra betonových a zděných konstrukcí FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **02.10.2023** Termín odevzdání diplomové práce: **08.01.2024**

Platnost zadání diplomové práce: _____

doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá možnostmi využití betonů s nižším obsahem slínku v cementu a pomalejším nárůstem pevnosti v mostním stavitelství.

Cílem práce je posoudit využitelnost betonů s nižší rychlostí nárůstu pevnosti a zároveň zhodnotit jak využití ovlivní kvalitu konstrukce z hlediska konstrukčního, materiálového, časového, ekologického a ekonomického.

Vyhodnocení práce proběhne na základě porovnání několika aspektů dvou konstrukcí - jedna navržená z běžných betonů, druhá z betonů s pomalejším náběhem pevnosti.

Závěrem je vyhodnocena celková vhodnost alternativ návrhu konstrukce.

Klíčová slova

portlandské směsné cementy, slínek, nárůst pevnosti, uhlíková stopa, rychlost tvrdnutí betonu, rychlost tuhnutí betonu, prefabrikovaný trémový most, monolitický trémový most, předpjatý beton

Abstract

This thesis focuses on the possibility of using concretes with lower content of alkali in cement and slower strength development in bridge construction.

The aim of the work is to assess the usability of concretes with slower strength development and simultaneously evaluate how its utilization will affect the quality of the structure in terms of structural, material, time-related, ecological, and economic aspects.

The evaluation of the work will be based on comparing several aspects of two constructions - one designed with conventional concretes and the other with concretes having a slower strength gain.

In conclusion, the overall suitability of the alternative design for the construction is evaluated.

Keywords

portland composite cements, clinker, curing time, carbon footprint, concrete setting time, concrete curing time, precast girder bridge, monolithic bridge, prestressed concrete

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma "Možnost využití zpožděného nárůstu pevnosti betonu u mostních konstrukcí" vypracoval samostatně a veškeré použité zdroje jsou uvedeny v seznamu podkladů.

Poděkování

*Děkuji Doc. Ing. Lukáši Vráblíkovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce,
připomínky a cenné rady.*

Obsah

Abstrakt	3
Čestné prohlášení	5
Poděkování	6
Seznam obrázků	13
Seznam tabulek	14
Úvod	15
Motivace	15
Výzkumná otázka	15
Kontext	15
Postup řešení	15
Organizace práce	16
Teoretický rozbor	17
1 Současný stav	17
1.1 Současný stav obecně	17
1.1.1 Světově - politické pozadí	17
1.2 Současný stav ve stavebnictví	18
1.2.1 Světové hodnoty	18
1.2.2 Evropa a Česká republika	18
1.2.3 Taiwan	19
1.3 Cesta k uhlíkové neutralitě ve stavebnictví	19
2 Technologie cementu	21
2.1 Normalizované značení cementu	21
2.2 Výroba cementu	22
2.3 Složení cementu	22
2.3.1 Portlandský slínek (K)	22
2.3.2 Příměsi	22
2.4 Podstata fungování betonové směsi	23
2.5 Nízkoemisní cementy	24

2.5.1	Pevnostní vlastnosti nízkoemisních cementů/betonů	24
Shrnutí teoretického rozboru		26
Analýza vybraných mostních prvků		27
3	Teoretický rozbor mostních prvků	27
4	Prvky spodní stavby	29
4.1	Mostní opěry	29
4.1.1	Zatížení mostních opěr	29
4.1.2	Zhodnocení možnosti využití nízkoemisních betonů u mostních opěr	29
4.2	Pilíře	30
4.2.1	Zatížení mostních pilířů	30
4.2.2	Časový průběh zatěžování mostních pilířů	30
4.2.3	Zhodnocení možnosti využití nízkoemisních betonů u pilířů	33
5	Prvky nosné konstrukce	34
5.1	Prefabrikované mostní nosníky	34
5.1.1	Výroba prefabrikovaných nosníků	35
5.1.2	Zatížení prefabrikovaných nosníků	36
5.1.3	Možnost výroby prefabrikovaných nosníků ze směsných cementů	36
5.2	Příčná prefabrikace segmentových mostů	36
5.2.1	Výroba příčných segmentů	37
5.2.2	Zatížení příčných segmentů	37
5.2.3	Možnost výroby příčných segmentů ze směsných cementů	38
6	Přesypané mostní konstrukce	39
6.1	Výroba prefabrikátů přesypaných konstrukcí	39
6.2	Zatížení prefabrikátů přesypaných konstrukcí	39
6.3	Možnost výroby přesypaných konstrukcí ze směsných cementů	40
7	Integrované mosty	41
7.1	Výstavba integrovaných mostů	41
7.2	Zatížení integrovaných mostů	42
7.3	Možnost výroby integrovaných konstrukcí ze směsných cementů	42
8	Vybrané příklady reálných mostních konstrukcí a rozbor možnosti využití cementu s nižším nárůstem pevnosti	43
8.1	Objekt SO204	44
8.2	Objekt SO208	45

8.3	Objekt SO211	46
8.4	Objekt SO215	47
	Návrh a porovnání mostní konstrukce	48
9	Použité předpisy a normy, literatura	48
10	Použitý software	48
11	Popis konstrukce	48
12	Postup výpočtu	49
13	Základní výkresová dokumentace	49
14	Materiálové a průřezové charakteristiky	50
14.1	Beton	50
14.2	Předpínací výztuž	50
14.3	Betonářská výztuž	51
14.4	Použité průřezy	51
14.4.1	Prefabrikovaný nosník	51
14.4.2	Prefabrikovaný nosník spřažený s deskou	51
14.4.3	Průřez nad podporou	53
15	Přehled časového působení	53
16	Zatížení	55
16.1	Stálá zatížení	55
16.1.1	Vlastní tíha	55
16.1.2	Ostatní stálé zatížení	55
16.2	Proměnná zatížení	56
16.2.1	Zatížení dopravou	56
16.2.2	Zatížení teplotou	56
17	Výpočet součinitelů příčného roznosu	57
17.1	Rozmístění zatížení v příčném směru	57
17.2	Výpočet součinitele příčného roznosu a určení nejzatíženějšího nosníku	59
18	Působící vnitřní síly	59
18.1	Vnitřní síly od stálého zatížení	60
18.1.1	Namáhání od vlastní tíhy	60
18.1.2	Namáhání od ostatního stálého zatížení - vneseno ve fázi 4	61
18.2	Vnitřní síly od proměnného zatížení	62

18.2.1	Vnitřní síly od zatížení dopravou	62
18.2.2	Vnitřní síly od zatížení teplotou	62
18.3	Souhrn vnitřních sil	63
19	Předběžný návrh předpětí	64
19.1	Obecný výpočet napětí na průřezu	64
19.2	Ztráty předpětí	65
19.3	Předběžný návrh předpětí	65
20	Posouzení konstrukce	67
20.1	Parametry modelu konstrukce	67
20.2	Posuzované průřezy	68
20.3	Výsledky výpočtu	68
	KONSTRUKCE 2 - MONOLITICKÁ	69
21	Popis konstrukce mostu	69
22	Postup výpočtu	70
23	Základní výkresová dokumentace	70
24	Materiálové a průřezové charakteristiky	70
24.1	Beton	70
24.2	Předpínací výztuž	71
24.3	Použité průřezy	71
24.3.1	Trámový průřez	71
25	Přehled časového působení	72
26	Zatížení	72
26.1	Stálá zatížení	72
26.1.1	Vlastní tíha	72
26.1.2	Ostatní stálé zatížení	72
26.2	Proměnná zatížení	72
26.2.1	Zatížení dopravou	72
26.2.2	Zatížení teplotou	73
27	Výpočet součinitelů příčného roznosu	73
27.1	Výpočet součinitele příčného roznosu a určení nejzatíženějšího nosníku	73

28 Působící vnitřní síly	74
28.1 Vnitřní síly od stálého zatížení	74
28.1.1 Namáhání od vlastní tíhy	74
28.1.2 Namáhání od ostatního stálého zatížení	75
28.2 Vnitřní síly od proměnného zatížení	75
28.2.1 Namáhání od dopravy	75
28.2.2 Namáhání od teplotního zatížení	76
28.3 Souhrn vnitřních sil	76
29 Předběžný návrh předpětí	77
29.1 Ztráty předpětí	77
29.2 Předběžný návrh předpětí	77
29.2.1 Hodnoty pro výpočet	78
30 Posouzení konstrukce	79
30.1 Parametry modelu konstrukce	79
30.2 Posuzované průřezy	79
30.3 Výsledky výpočtu	80
31 Porovnání návrhů mostních konstrukcí	82
31.1 Ekonomické porovnání	83
31.2 Ekologické porovnání	83
31.2.1 Spotřeba betonu a uhlíková zátěž	83
31.3 Časové hledisko výstavby alternativ	84
Závěr	86
Příloha A - technická zpráva	1

Seznam obrázků

1	Index CCPI 2023, ukazatel přičinění k odvrácení změny klimatu [1] . . .	18
2	Světová spotřeba cementu [2]	19
3	Snižování emisí cementu za poslední roky [3]	20
4	Roadmap [4]	20
5	Technologie vysouvání mostní konstrukce [5]	31
6	Ukázka harmonogramu vysouvání konstrukce [5]	32
7	Technologie betonáže na posuvné skruži, spodní [6]	32
8	Technologie betonáže na posuvné skruži, horní [6]	33
9	Technologie výstavby letmou betonáží [7]	33
10	Ukázka harmonogramu letmé betonáže [7]	34
11	Příčný řez mostní konstrukce z prefabrikovaných nosníků [8]	35
12	Výroba jednoho prefabrikovaného, předem předpjatého nosníku [8] . . .	35
13	Výroba více prefabrikovaných, předem předpjatých nosníků [8]	36
14	Výroba prefabrikovaných segmentů na krátké dráze [9]	37
15	Výroba prefabrikovaných segmentů na krátké dráze [10]	37
16	Výroba prefabrikovaných segmentů na dlouhé dráze [10]	38
17	Příklad příčných řezů prefabrikovaných konstrukcí Matière [11]	39
18	Porovnání podélného řezu integrovaného mostu s klasickým mostem [12]	41
19	Podélný řez objektu SO204	44
20	Příčný řez objektu SO204	44
21	Podélný řez objektu SO208	45
22	Příčný řez objektu SO208	45
23	Podélný řez objektu SO211	46
24	Příčný řez objektu SO211	46
25	Podélný řez objektu SO215	47
26	Příčný řez objektu SO215	47
27	Příčný řez	49
28	Podélný řez	50
29	Nosník bez spřahující desky	52
30	Průřez nosník s deskou	52
31	Průřez nad podporou	53
32	Fáze 1	54
33	Fáze 2	54
34	Fáze 3	54
35	Fáze 4	54
36	Fáze 5	55
37	Fáze 6	55

38	Model pro stanovení příčného roznosu	58
39	Příklad umístění nápravových sil k pravému kraji	58
40	Příklad umístění rovnoměrného zatížení k pravému kraji	58
41	Prefabrikovaný nosník - model manipulace - F2	60
42	Moment M_y od vlastní tíhy - F2	61
43	Normálová síla od vlastní tíhy - F2	61
44	Prefabrikovaný nosník model - F3	61
45	Moment M_y od vlastní tíhy - F3	62
46	Moment M_y od ostatního stálého zatížení na celý most	62
47	Moment M_y od nápravových sil TS	63
48	Moment M_y od rovnoměrného zatížení UDL	63
49	Moment M_y od nerovnoměrného zatížení teplotou	63
50	Časová osa působení prvků v konstrukci a zatížení	67
51	Vyztužené průřezy	68
52	Posuzované průřezy prefabrikované konstrukce - v poli	68
53	Posuzované průřezy prefabrikované konstrukce - nad podporou	68
54	Posudek průřezů v poli	69
55	Posudek průřezů nad podporou	69
56	Příčný řez	70
57	Podélný řez	70
58	Trámový nosník	71
59	Model pro stanovení příčného roznosu	73
60	Moment M_y od vlastní tíhy	74
61	Moment M_y od ostatního stálého zatížení	75
62	Moment M_y od nápravových sil TS	75
63	Moment M_y od rovnoměrného zatížení UDL	76
64	Moment M_y od nerovnoměrné složky teploty	76
65	Poloha předpínacích kabelů v průřezu v poli	78
66	Poloha předpínacích kabelů v průřezu nad podporou	79
67	Časová osa působení prvků v konstrukci a zatížení	79
68	Vyztužené průřezy	80
69	Posuzované průřezy monolitické konstrukce - v poli	81
70	Posuzované průřezy monolitické konstrukce - nad podporou	81
71	Posudek průřezů v poli	81
72	Posudek průřezů nad podporou	81

Seznam tabulek

1	Pevostní vlastnosti cementů v čase [13]	25
2	Srovnání pevnostních vlastností cementů v čase [14]	25
3	Složení cementů v tabulkách 4- 6 [15]	25
4	Dosažená pevnost betonu navržené pevnosti 17.24 MPa [15]	26
5	Dosažená pevnost betonu navržené pevnosti 27.58 MPa [15]	26
6	Dosažená pevnost betonu navržené pevnosti 41.37 MPa [15]	26
7	Tabulka momentů uprostřed rozpětí	59
8	Tabulka součinitelů příčného roznosu	59
9	Souhrnná tabulka působících ohybových momentů uprostřed rozpětí . .	64
10	Výpočet potřebné normálové síly v průřezu	66
11	Tabulka momentů uprostřed rozpětí	74
12	Tabulka součinitelů příčného roznosu v poli	74
13	Tabulka součinitelů příčného roznosu nad podporou	74
14	Souhrnná tabulka působících ohybových momentů	76
15	Výpočet potřebné normálové síly v průřezu	78
16	Výkaz materiálu prefabrikované konstrukce	83
17	Výkaz materiálu monolitické konstrukce	83
18	Porovnání emisí CO ₂ pro navržené konstrukce	84

Úvod

Motivace

Motivací k vypracování diplomové práce je zejména aktuálnost tématu, nutnost danou oblast zkoumat a řešit v nejbližší možné době. Dále také možnost řešit otázku celosvětového měřítka.

Výzkumná otázka

Diplomová práce má za cíl zodpovědět otázku, jednou větou zformulovanou takto:

Ověření možnosti využití betonů s nižší rychlostí nárůstu pevnosti v mostních konstrukcích a zhodnocení vhodnosti postupu v celkovém kontextu stavby.

Problematika v širším pojetí řeší analýzu konstrukčních částí mostu a mostu jako celku, za předpokladu využití ne zcela široce využívaných materiálů v mostním stavitelství. Analýza spočívá v posouzení vhodnosti využití směsných cementů v betonu používaném v mostním stavitelství. Otázka je jak, za jakých podmínek, ve kterých konstrukčních částech a s jakými výhodami či úskalími lze tyto materiály využít.

Kontext

V kontextu enviromentální uvážlivosti je nutno v průmyslových oblastech snižovat uhlíkovou stopu a to již ne pouze z důvodů oborové motivace/vlastní zodpovědnosti, ale také legislativních. Stavebnictví nevyjímaje.

Postup řešení

V první části diplomové práce bude analyzován současný stav všeobecného tlaku na snižování emisí. Zahrnuto zde bude zejména stavebnictví, konkrétněji cementářský průmysl. Teoretický rozbor se bude týkat vlastností materiálů a obecnému popisu problému.

Druhá část naváže praktickým využitím teoretických znalostí analyzovaných v první, teoretické části. Budou vybrány konkrétní prvky mostních konstrukcí, které budou podrobně analyzovány s cílem určit potenciál k využití cementů s pomalejším nárůstem pevnosti.

Třetí část diplomové práce má za cíl teoreticky navrhnout mostní konstrukci dvěma přístupy - první přístup bude klasický, z běžně používaných betonů. Druhý přístup se

bude snažit v určité míře využívat betony s nízkoemisními cementy. Oba přístupy budou vzájemně porovnány a bude sestaveno vyhodnocení vhodnosti využití betonů s pomalejší rychlostí nárůstu pevnosti v kontextu konstrukčním, ekonomickém, ekologickém a časovém.

Organizace práce

Rešerše byla uzpůsobena aktuálnosti tématu z hlediska vyhledávání především on-line zdrojů, aktuálních nařízení a předpisů.

Teoretický rozbor

V části teoretického rozboru bude popsán současný stav tlaku na nutnost snižování uhlíkové stopy, přesněji stav v oblasti průmyslu se zaměřením na stavebnictví. Dále zde bude rozebrána technologie výroby cementu a rozdělení cementů, úloha cementu v betonu a možnosti snižování ekologické zátěže výroby cementu a využívání ve stavebních konstrukcích.

1 Současný stav

1.1 Současný stav obecně

Současný stav průmyslu, stavebnictví nevyjímaje, žádá o rapidní snižování uhlíkové stopy CO₂. Níže jsou vyjmenované mezinárodní dohody, které mají za cíl mimo jiné právě dosáhnout snižování, až úplné vymýcení, emisí skleníkových plynů.

1.1.1 Světově - politické pozadí

- **1997 - Kjótský protokol k rámcové úmluvě OSN o změně klimatu**

Kjótský protokol plánoval snížit emise skleníkových plynů nejméně o 5,2% v porovnání s rokem 1990 za předpokladu kontrolního období v letech 2008-2012, přičemž v roce 2012 byl schválen dodatek pro pokračování Protokolu s kontrolním obdobím v letech 2013-2020. V roce 2020 byla uhlíková stopa oproti roku 1990 snížena o 20%. [16]

- **2015 - Pařížská dohoda**

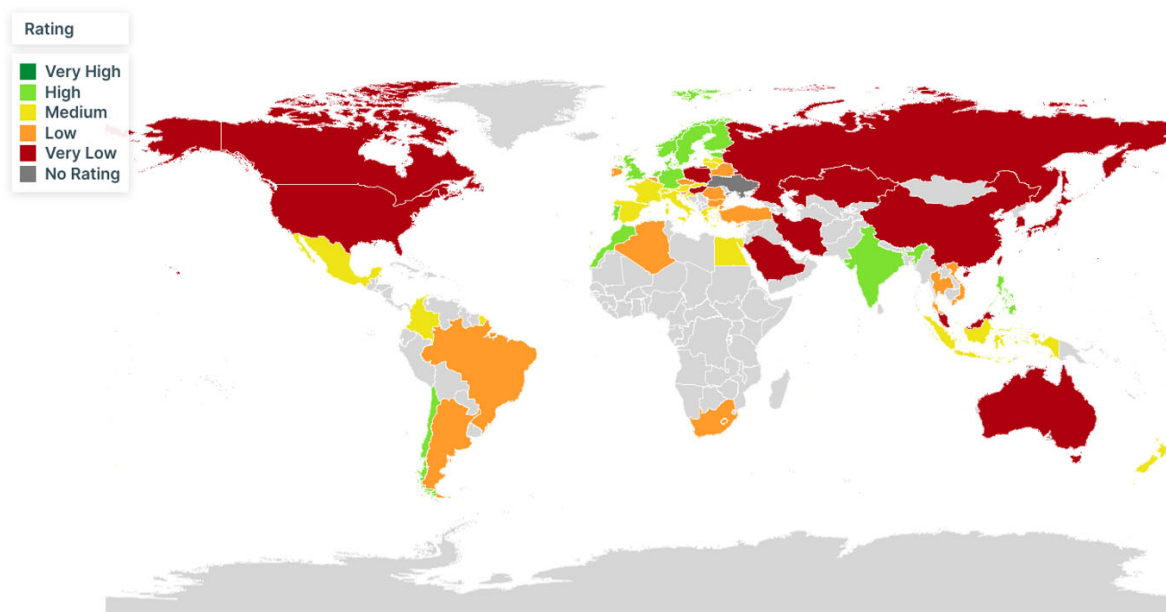
Pařížská dohoda navazovala na Kjótský protokol, cílem bylo mimo jiné zpomalit tempo globálního oteplování a snížení emisí skleníkových plynů o 40% do roku 2030 v porovnání s rokem 1990. [17]

- **2020 - Green deal - Zelená dohoda pro Evropu**

Green deal je reakce Evropské Unie a jejích členských států na potřebu snižovat emise skleníkových plynů a zpomalit globální oteplování.

- **2021 - Fit for 55**

Fit for 55 je balíček legislativních opatření, 13 vzájemně propojených zákonů a dalších 6 zákonů o energii a klimatu [18]. Jedná se o legislativní opatření k dosažení stanovených cílů do roku 2030 státy Evropské Unie.



Obrázek 1: Index CCPI 2023, ukazatel přičinění k odvrácení změny klimatu [1]

1.2 Současný stav ve stavebnictví

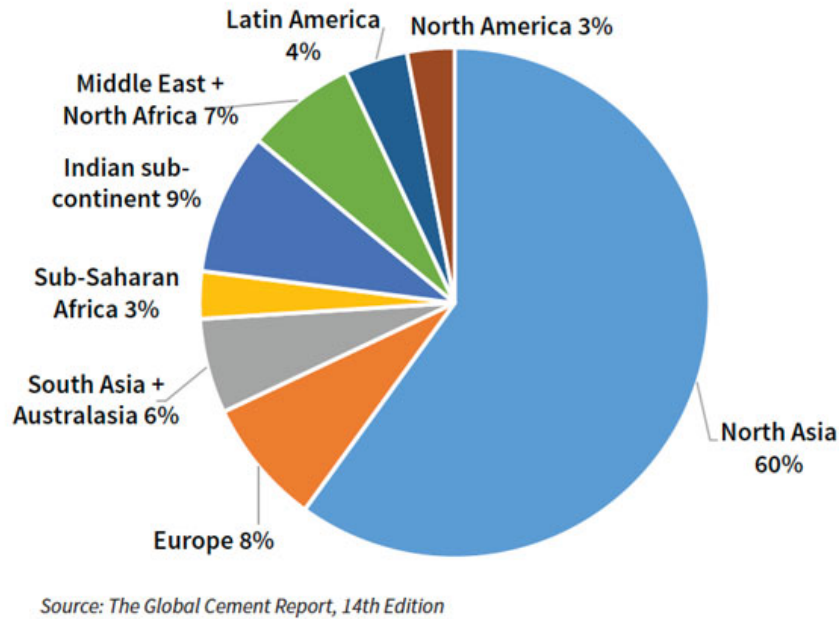
Stavebnictví jako průmyslové odvětví zodpovídá za přibližně 40% světově produkovaných emisí skleníkových plynů [19]. Cementářský průmysl produkuje dle posledních průzkumů až 8% [4] objemu světové produkce oxidu uhličitého CO₂.

1.2.1 Světové hodnoty

Pro zasazení do světového kontextu, nejvyšším konzumentem cementu světově je Čína se spotřebou 2377,7 Mt, následována Indií a USA s hodnotami 288,7 Mt a 104,2 Mt (data z roku 2020) [20].

1.2.2 Evropa a Česká republika

Evropský kontinent spotřeboval v roce 2020 350,5 Mt [20] cementu. Z evropských států je největším konzumentem Německo se spotřebou 34,2 Mt, v České republice spotřeba dosáhla na 4,45 Mt [21]. V kontextu spotřebovaných kubatur je velmi důležité zohlednit spotřebované druhy cementu, tedy CEM I - CEM V, a spotřeby konkrétních druhů v daných oblastech. Česká republika dle průměrných dat z let 2016 - 2022 spotřebovává 54% CEMI - portlandského cementu, 43% CEMII - portlandského smíšeného cementu a 3% CEMIII - vysokopecního cementu [21]. Využíváme tedy ve větší míře cementy s vysokým obsahem slínku, tedy cementy s větší zátěží pro životní prostředí. Za poslední roky se, ovšem, ukazuje snaha o využívání menšího množství ekologicky náročného slínku.



Obrázek 2: Světová spotřeba cementu [2]

1.2.3 Taiwan

Spotřeba Taiwanu kolísá v posledních letech okolo 10,00 Mt, v roce 2020 dosáhla na 10.07 Mt [22]. Přední výrobci cementu v Taiwanu se pohybují na vyšších asijských příčkách v produkci cementu.

1.3 Cesta k uhlíkové neutralitě ve stavebnictví

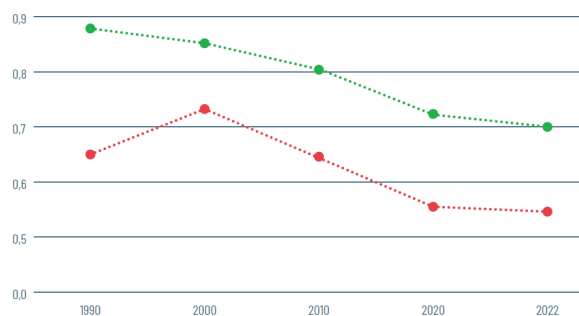
Uhlíkově neutrální beton je komplexní úkol, je zde potřeba zohlednit velké množství faktorů. Mezi významnými faktory stojí za to zmínit například využívání alternativní palivové základny v rotačních pecích namísto fosilních paliv, přimíchávání odpadních zbytkových produktů z procesů jiných průmyslových odvětví (popílek, vysokopecní struska) do cementu a využívání alternativních pohonných zdrojů při přepravě, těžbě a zpracování.

Roadmap, vydaná CEMBUREAU ¹, nejlépe ukazuje kompletní cestu k uhlíkové neutralitě.

Oblastí možnosti snížení uhlíkové zátěže v této práci je využívání betonu s nižší rychlostí nárůstu pevnosti, tedy využívání betonu s cementem obsahujícím nižší podíl slínku. Jak je vidět v obrázku 4 (oranžová část), v této oblasti je možné snížit emise až o 72 kg CO₂ na tunu cementu. V kontextu celkových emisí jde až o necelých 11% emisí vznikajících v souvislosti s výrobou cementu, tedy velmi zásadní a výrazný podíl.

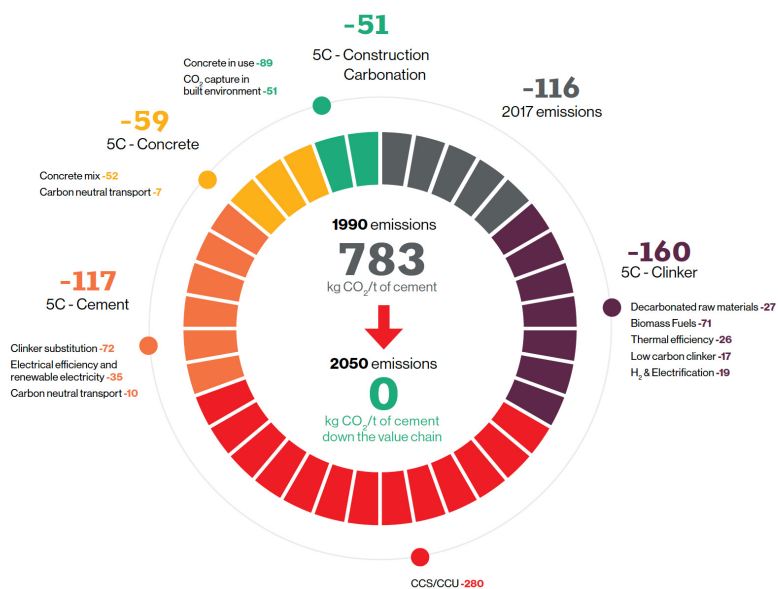
Důležité je nezapomínat, že kompletně neutrálního cementu má být dosaženo až v roce 2050. Neutralitě je proto nutno se blížit dílčími úkony.

¹The European Cement Association, sdružení evropských národních cementářských společností



Rok Year	1990	2000	2010	2020	2022
● Měrná emise CO ₂ na slínek Specific emissions CO ₂ to clinker (t/t)	0,883	0,849	0,802	0,734	0,704
● Měrná emise CO ₂ na cement Specific emissions CO ₂ to cement (t/t)	0,659	0,728	0,659	0,579	0,550

Obrázek 3: Snižování emisí cementu za poslední roky [3]



Obrázek 4: Roadmap [4]

2 Technologie cementu

2.1 Normalizované značení cementu

Značení cementu se řídí normou ČSN EN 197-1 ED.2². Celkové označení cementu je složeno z více částí, kterými jsou:

Z hlediska složení rozeznáváme cementy:

- **CEM I** - portlandský cement
- **CEM II** - portlandský směsný cement
- **CEM III** - vysokopecní cement
- **CEM IV** - pucolánový cement
- **CEM V** - směsný cement

Dle procentuálního zastoupení příměsí obsažených v cementu:

- **A** - 6-20% ostatních příměsí
- **B** - 21-35% ostatních příměsí

Dle pevnosti cementu po 28 dnech v MPa:

- **32,5**
- **42,5**
- **52,5**

Dle vývoje počáteční pevnosti:

- **N** - normální rychlost nárůstu pevnosti
- **R** - rychlovazné cementy
- **L** - pomalý nárůst pevnosti

Příkladem celkového označení cementu může být:

Portlandský směsný cement EN 197-1 - CEMII/A-M(S-V-L)32,5R, kterým je označen Portlandský směsný cement podle EN 197-1 obsahující celkové množství vysokopecní strusky (S), křemičitého popílku (V) a vápence (L) mezi 6% a 20% hmotnosti, pevnostní třídy 32,5 s vysokými počátečními pevnostmi.

²Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití

2.2 Výroba cementu

Proces výroby cementu začíná ve vápencovém lomu, kde se vytěží přírodní surovina uhličitan vápenatý CaCO_3 . Po transportu do cementárny se vápenec mele s ostatními surovinami³ na jemnou surovinovou moučku, která je následně homogenizována⁴ a uskladněna v zásobních silech. Po přehřevu se surovinová moučka vypaluje při teplotě 1400 - 1500 C°. Proces vypalování se nazývá kalcinace, kdy se CaCO_3 rozkládá na CaO a CO_2 . V tuto chvíli vzniká slínek, základní složka cementu. Právě při procesu kalcinace vzniká až $\frac{2}{3}$ všech emisí CO_2 z celého výrobního procesu cementu. Slínek se poté mele na jemný prášek, tedy cement, který je poté skladován, balen a distribuován.

Z odstavce výš vyplývá, že více než 60% emisí CO_2 vzniká při procesu výpalu, tedy při procesu výroby cementu, původ emisí je procesní - pokud nebude utvořena jiná cesta výroby cementu či položka cement zcela nahrazující, procesní emise bude až nemožné eliminovat. Cestou snižování uhlíkové stopy je proto, vedle využívání alternativních palivových zdrojů, snaha o **snižování množství slínku** v cementu a snaha o zpětné zachytávání CO_2 .

2.3 Složení cementu

2.3.1 Portlandský slínek (K)

Portlandský slínek je hlavní surovinou cementu. Jedná se o hydraulickou látku, skládající se z většiny z křemičitanů vápenatých. Zároveň jde o energeticky velmi náročnou surovinu.

CEMI, tedy portlandský cement má obsah slínku minimálně 95%, pak tedy maximálně 5% doplňujících složek.

CEMII, portlandský směsný cement, obsahuje slínek mezi 60 a 94%, 6 - 35% tvoří příměsi a až 5% doplňující složky.

CEMIII, vysokopecní cement, je tvořen slínkem z části dosahující 5-64%. Obsahuje dále 36-95% granulované vysokopecní strusky a maximálně 5% ostatních složek.

Portlandský slínek je většinovou součástí CEMI, cestou ke snižování uhlíkové stopy cementářského průmyslu je tedy v první řadě snaha o snižování množství portlandského cementu ve stavebnictví.

2.3.2 Příměsi

Příměsi jsou dalšími z hlavních složek cementu. Jedná se o anorganické látky ve formě prášku. Rozeznáváme inertní⁵ a latentně hydraulické⁶ příměsi. Příměsi jsou podmí-

³jíly, břidlice

⁴sjednocení rozložení složek ve směsi

⁵Nehydratující

⁶Hydratují za určitých podmínek - přítomnosti aktivátoru

nečně vhodné dle ČSN EN 197-1 pro použití při výrobě cementu, cementy se rozdělují do typů CEM I - CEM V dle množství a druhu zastoupení příměsí.

Granulovaná vysokopecní struska (S) je vedlejší produkt procesu tavení železné rudy ve vysoké peci. Granulovaná vysokopecní struska je využívána za účelem zvýšení konečné pevnosti betonu či vyšší trvanlivosti betonu v agresivním prostředí. Zároveň beton vylučuje nižší hydratační teplo a pomaleji nabývá pevnosti.

Popílek (V,W) se získává jako vedlejší produkt při spalování hnědého či černého uhlí zachytáváním částic v plynech vznikajících při spalování. Jedná se o latentně hydraulický produkt. Popílek dodává betonu tvrdost v dlouhodobém horizontu a zvyšuje, díky velikosti částic, jeho voděodolnost. Hydratační proces popílku začíná až v pozdějších stádiích, popílek proto může dodávat betonu vyšší než předepsanou pevnost v delším časovém horizontu.

Pucolány (P,Q)⁷, tedy vulkanické či uměle vyráběné látky jsou další latentně hydraulickou příměsí v cementu. Pucolánové cementy jsou využívány v chemicky agresivním prostředí, zároveň jejich pevnost narůstá pomaleji v porovnání s portlandským cementem.

Křemičitý úlet (D) vzniká při výrobě křemičitých slitin jako odpadní produkt. Díky využití křemičitých slitin získává beton vyšší počáteční pevnost, odolnost vůči působení chemických látek a pevnost v tahu.

Vápenec (L,LL) je využitelný jako substitut slínku, zároveň je finančně méně nákladný. Další výhodou přidávání vápence do cementu místo slínku jsou snížené hodnoty smršťování od vysychání, dále nižší riziko alkalicko křemičité⁸ reakce následovanou korozí ocele a degradace betonu.

2.4 Podstata fungování betonové směsi

Beton, jakožto základní stavební kompozitní⁹ materiál, je složen z pojiva, plniva a vody v určitém poměru. Pojivem v betonové směsi je cement, který po kontaktu s vodou hydratuje. Hydratací cementu se rozumí exotermická reakce cementových zrn s vodou za vzniku postupně se propojujících krystalů, které tuhnou a tvrdnou a betonu dávají jeho pevnost a celistvost. Proces hydratace cementu, postupné tuhnutí a

⁷Odtud pojem pucolánová aktivita, tedy schopnost reagovat s hydroxidem vápenatým $\text{Ca}(\text{OH})_2$

⁸Reakce látek v betonu za vzniku rozpínavého gelu, vede k poruchám konstrukcí

⁹skládající se z více jednotlivých složek

tvrdnutí, je ovlivněn mnoha faktory, kde mezi významnější je zařazena teplota vnějšího prostředí, hrubost mletí cementu a v neposlední řadě složení cementu. Hydratace cementu probíhá, v závislosti na složení, různou rychlostí.

Roli plniva v betonu zajišťuje hrubé a jemné kamenivo. Kamenivo může být přírodní nebo umělé, je možno i využití různorodých recyklovaných produktů.

Do směsi betonu je možno dále, za účelem modifikace určitých vlastností (rychlost tvrdnutí a tuhnutí, zpracovatelnost, potřebné množství záměsové vody, provzdušnění apod.) přidat v daleko menším procentuálním zastoupení (do 1% hmotnosti suché směsi) vzhledem k poměrům jednotlivých složek, přísady.

Poměry jednotlivých složek jsou pak dle konkrétních požadavků dané betonové směsi upravovány.

Betonová směs nabývá v průběhu času požadované pevnosti, za základní okamžik nabytí plné pevnosti je stanoven čas 28 dní od betonáže, případně pak delší dle uvažovaného produktu. Pevnost však v betonu nabíhá kontinuálně v průběhu let, sníženou rychlostí.

2.5 Nízkoemisní cementy

V kontextu této práce se pojmem nízkoemisní cementy rozumí cementy se sníženým obsahem slínku (vysvětleno v kapitole 1.3). Za cementy se sníženým množstvím emisí jsou proto považovány cementy třídy CEMII a nižších.

Evropská norma 197-5:2021, v národním znění ČSN EN 197-5¹⁰, vydaná roku 2021, zavedla právě za účelem navýšení využívání tzv. "nízkoemisních cementů" dva nové cementy, a to portlandský směsný cement CEMII/C-M, kterého obsah slínku může být snížen až na 50% hmotnosti a směsný cement CEMVI, kde hmotnostní podíl slínku může klesnout až na 35%, zásadní roli zde hraje zastoupení vysokopecní strusky až 59%.

2.5.1 Pevnostní vlastnosti nízkoemisních cementů/betonů

Z důvodu substituce slínku materiály s rozdílnými hydraulickými vlastnostmi, více v kapitole 2.3.2, se mění vlastnosti betonu s obsahem daných látek. Možné změny vlastností zahrnují odlišnou trvanlivost, stálost, vyšší či nižší hodnoty hydratačního tepla a další. Jednou z vlastností, ovlivněných nahrazením slínku, je rychlost nárůstu pevnosti. Z důvodu přítomnosti latentně hydraulických složek, například popílku, proces hydratace a nárůstu pevnosti probíhá v delším časovém úseku. Podmínkou využití směsných cementů je zahrnutí rozdílných mechanických vlastností betonu již v raném stádiu návrhu konstrukce, případně také přizpůsobení postupu výstavby a organizace práce.

¹⁰Cement - Část 5: Portlandský směsný cement CEM II/C-M a Směsný cement CEM VI

V tabulce 1 jsou vyobrazeny nárůsty pevnosti portlandských směsných cementů v průběhu času. Je zde vidět kontinuální nárůst pevnosti po mezníku 28 dní. Složení cementů v tabulce 1 odpovídá parametrům cementů s nižšími emisemi.

Č.	Složení cementu	Pevnost v tlaku [MPa]				
		2 dny	7 dní	28 dní	90 dní	360 dní
1.	C(30S-10LL)	19.3	36.4	60.1	69.2	74.9
2.	C(30V-10LL)	18.4	28.5	40.9	54.9	64.1
3.	C(35S-20LL)	12.1	25.0	46.8	56.2	61.0
4.	C(35S-20V)	10.7	22.8	45.4	59.1	64.8
5.	C(40V)	15.5	26.4	36.4	49.4	61.3
6.	C(55S)	10.5	25.7	51.5	64.2	71.5
7.	C(40LL)	16.5	27.5	33.2	37.0	39.0

Tabulka 1: Pevnostní vlastnosti cementů v čase [13]

Obdobně tak v tabulce 2 je vidět porovnání nárůstu pevnosti OPC¹¹ a PPC¹² a ECO¹³ cementu. Zde jsou vidět výsledné průměrné pevnosti měřené na třech vzorcích:

Č.	typ cementu	Pevnost v tlaku [MPa]		
		3 dny	7 dní	28 dní
1.	OPC	29.75	38.91	54.28
2.	PPC	25.82	31.50	37.28
3.	ECO	24.50	30.00	36.61

Tabulka 2: Srovnání pevnostních vlastností cementů v čase [14]

Z dlouhodobějšího hlediska je možné sledovat kontinuální nárůst pevnosti se snižující se rychlostí nárůstu. V tabulce 3 je složení cementů, jejichž mechanické vlastnosti jsou vyobrazeny v tabulkách 4 - 6. V následující sekci jde příkladně vidět zpomalený nárůst pevnosti směsných cementů (řádky 1-4 v tabulce 3) v porovnání s portlandským cementem (řádek 5 v tabulce 3).

Č.	Složka cementu [%]		
	Slínek	Sádra	Struska, popílek, vápenec
1.	66.4	3.36	30.24
2.	74.53	3.21	22.26
3.	72.32	2.90	24.78
4.	87.56	1.77	10.67
5.	96.47	3.53	-

Tabulka 3: Složení cementů v tabulkách 4- 6 [15]

Následující tabulky ukazují procentuální poměr dosažené pevnosti vzhledem k pevnosti navržené.

¹¹Ordinary portland cement

¹²Portland pozzolana cement

¹³V tomto případě cement s přidavkem oxidu hořečnatého

Č.	Dosažení cílové pevnosti v tlaku [%]			
	28 dní	90 dní	180 dní	365 dní
1.	84.72	101.04	113.60	119.52
2.	83.56	104.76	113.72	119.20
3.	84.68	108.96	117.92	124.28
4.	87.64	110.20	118.20	123.20
5.	101.0	115.92	122.08	126.72

Tabulka 4: Dosažená pevnost betonu navržené pevnosti 17.24 MPa [15]

Č.	Dosažení cílové pevnosti v tlaku [%]			
	28 dní	90 dní	180 dní	365 dní
1.	78.17	87.62	90.675	92.85
2.	74.15	90.35	97.225	98.70
3.	79.65	96.32	101.55	104.10
4.	83.55	96.70	103.55	105.55
5.	94.40	101.2	107.12	109.80

Tabulka 5: Dosažená pevnost betonu navržené pevnosti 27.58 MPa [15]

Č.	Dosažení cílové pevnosti v tlaku [%]			
	28 dní	90 dní	180 dní	365 dní
1.	82.37	88.58	90.63	89.75
2.	75.12	85.02	89.08	90.87
3.	80.27	90.48	92.88	94.35
4.	85.48	92.02	94.05	95.20
5.	91.00	94.43	97.10	97.92

Tabulka 6: Dosažená pevnost betonu navržené pevnosti 41.37 MPa [15]

Údaje v tabulkách ukazují nižší rychlost nárůstu pevnosti betonu s cementy třídy II, cementy směsnými, v porovnání s cementem portlandským. V experimentu bylo pracováno s různými proměnnými, například dobou ošetřování, množstvím cementu a podobně.

Shrnutí teoretického rozboru

Z teoretického rozboru současného stavu vyplývají následující zásadní poznatky:

Stavebnictví je a bude nuceno snižovat ekologickou stopu, energeticky e emisně náročný slínek bude v tomto kontextu velmi debatovanou a řešenou komoditou. Prvními kroky bude snaha o nahrazení portlandského cementu tam, kde není potřeba a je to prakticky proveditelné, širší analýza současného stavu mostního stavitelství v České republice a oborová osvěta. Jednou ze zásadních vlastností směsných cementů je, v závislosti na příměsích, zpomalení rychlosti nárůstu pevnosti. Posouzení vlivu pomalejšího nárůstu pevnosti a zhodnocení použitelnosti u mostních konstrukcí je těžištěm této práce.

Analýza vybraných mostních prvků

V této kapitole budou postupně dopodrobna rozebrány jednotlivé, předem vybrané prvky mostních konstrukcí, jejich stádia v průběhu výstavby a s tím i zatížení v jednotlivých fázích. Dle namáhání a časového průběhu zatěžování prvku bude poté posouzena možnost využití betonů ze směsných (nízkoemisních) cementů. Jedná se konkrétně o prvky spodní stavby, tedy pilíře a opěry, z prvků nosné konstrukce pak prefabrikované předem, dodatečně či kombinovaně (hybridně) předpínané prvky nosných konstrukcí, segmentů mostů příčně prefabrikovaných, konstrukce prefabrikované přesypané. Zmíněny budou i mosty integrované.

Je třeba brát v potaz, že každá konstrukce je projektována a budována za odlišných vnějších podmínek a požadavků, tedy nelze většinou a jednoznačně určit prvky, které lze stavět z betonů se směsnými cementy a pomalejším nárůstem pevnosti. Různé stavby vyžadují individuální přístup řešení, proto i využití směsných cementů je vždy otázkou konkrétní stavby, nikoliv obecně řešitelný problém.

3 Teoretický rozbor mostních prvků

Každý z mostních prvků má určitý potenciál figurovat v možnosti využití pro výstavbu beton s pomalejším nárůstem pevnosti. Některé prvky je nerozumné, z níže popsaných důvodů navrhovat z těchto cementů. Možnost využití směsných cementů v betonech je ovlivněna zejména faktory jako jsou:

Zvolený postup výstavby, který značně ovlivňuje formu zatěžování jednotlivých prvků ve stavební fázi. Příkladem může být podélné vysouvání, kde prvky spodní stavby jsou během výstavby namáhány významnými ohybovými momenty. Toto zatížení ve fázi uvedení do provozu již nepůsobí, během výstavby však spodní stavbu namáhá významnými silami.

Dalším faktorem jsou **časové požadavky**, se kterými souvisí zároveň ekonomické a konkurenční hledisko stavby. Některé z postupů jsou založeny právě na vysoké rychlosti nárůstu počáteční pevnosti betonu, prvky jsou zatěžovány v raných stádiích svého působení. Příkladem může být letná betonáž, kdy podstata technologie tkví v rychlém postupu výstavby v taktech, je zde tedy požadavek na rychlejší nástup pevnosti betonu z důvodu zachování výhod daného postupu výstavby. Naopak prvky některých konstrukcí mohou působit bez silového zatížení v rámci týdnů, tím dostávají možnost nabývat požadované pevnosti po delší dobu.

Neopomenutelné jsou **aktuální místní klimatické podmínky**, které ovlivňují zejména technologickou použitelnost daného typu betonu za daných podmínek.

V neposlední řadě je na místě zmínit **konkrétní statické schéma konstrukce**, kdy se vhodnost prvků odvíjí od využití prvku v konstrukci.

V sekci výše je tedy zdůvodněno, proč ne vždy a za každých podmínek je možné a především vhodné využívat nízkoemisní cement v betonu. Některá statická schéma konstrukcí a některé zvolené postupy výstavby zkrátka vyžadují využívání rychlovazných cementů v betonu zejména v zájmu zachování efektivity výrobního postupu a funkčnosti konstrukce. Naopak mnoho z konstrukčních prvků nevyžaduje dosažení požadovaných mechanických vlastností v horizontu týdnů až měsíců, je proto možné využít betonu s pomalejším nárůstem pevnosti.

Z logistického hlediska v dnešní době není problém využívat v rámci jednoho stavebního procesu betony dodávané s různými cementy. Koordinace postupu prací a dodávek materiálu na stavbu je z tohoto pohledu složitější, ne však významně. Kapacity betonáren a cementáren bývají pro tento postup dostatečně kapacitně vybaveny.

Pro účel analýzy budou uvažovány předem určené prvky mostních konstrukcí, a to v první řadě prvky spodní stavby, mezi které patří mostní opěry a jejich části a pilíře. V druhé řadě pak bude provedena analýza prefabrikovaných mostních prvků, jejich výčet bude zahrnovat prefabrikované mostní nosníky a segmenty příčně dělené nosné konstrukce. Na závěr analýzy budou zmíněny konstrukce přespané a mosty integrované.

4 Prvky spodní stavby

4.1 Mostní opěry

Mostní opěry jsou masivní prvky spodní stavby, nacházející se na začátku a konci otvoru přemostovaného mostní konstrukcí. Opěry slouží k zachycení především svislého a vodorovného zatížení nosnou konstrukcí mostu, které je tak přenášeno do podloží. Další funkcí opěry je odolávání tlakům zemního tělesa, tedy i uzavření přemostovaného otvoru. Založení mostních opěr dle místních geologických poměrů může být provedeno jak plošné, tak hlubinné či na studni. Na mostní opěru navazují mostní křídla, držící zásyp za opěrou.

Některé z typů opěr jsou opěry...

4.1.1 Zatížení mostních opěr

Mostní opěry jsou masivní prvky, u nichž převládá tlakové namáhání, jedná se o síly vlastní tíha nosné konstrukce a veškerého příslušenství a vybavení mostu nesenou nosnou konstrukcí, dále pak významná náhodná zatížení dopravou a klimatická zatížení. Namáhání je přenášeno z nosné konstrukce skrz ložiska, přes podložiškové bloky do konstrukce opěry, která zatížení přenáší do základu a dále do podloží. Některé prvky, příkladem je závěrná zídka, jsou namáhány především ohybem.

Mostní opěra je po základových konstrukcích, spolu s pilíři v případě konstrukcí o více polích, konstrukcí budovanou v počátečních fázích výstavby mostu. V závislosti na statickém schéma a zvoleném postupu výstavby je pak mostní opěra vystavena zatížení ve stáří spíše pozdním.

Největšího zatížení se mostním opěrám, stejně jako ostatním prvkům spodní stavby, dostává až v provozním stádiu. Zde se jedná o kombinaci s nahodilým zatížením dopravou. Mostní opěry jsou, jakožto prvky budované v počátečních stádiích stavebního procesu, nejstaršími prvky mostní konstrukce. Pomalejší náběh počátečních pevností v provozní části životnosti opěry již nehraje roli.

4.1.2 Zhodnocení možnosti využití nízkoemisních betonů u mostních opěr

Výstavba opěr z betonů se směsnými cementy je realizovatelná, a to i za předpokladu různých statických systémů a postupů výstavby konstrukce.

Vzhledem k faktu, že se jedná o masivní prvek, je zde zároveň benefit nižšího hydratačního tepla při procesu hydratace cementu, za předpokladu užití konkrétního typu směsného cementu.

4.2 Pilíře

Pilíře jsou prvky spodní stavby, podpírající nosnou konstrukci mostu. Vedle zděných kamenných pilířů používaných historicky jsou nejrozšířenější pilíře betonové, dělené podle typu nosné konstrukce. Základním tvarem pilíře je plný obdélník, který bývá dále dle estetických požadavků celé konstrukce dělený. Pro mosty větších rozměrů je možno navrhovat pilíře duté, dle požadavků na ohybovou tuhost pak lze pilíře stavět členěné.

Pilíře mohou být pak betonovány na místě jako monolitické, v tomto případě se využívá příložného nebo posuvného bednění, u vysokých pilířů šplhavého.

4.2.1 Zatížení mostních pilířů

Stejně jako u ostatních prvků spodní stavby mostní konstrukce, tak i u pilířů je hlavním zatížením svislá a vodorovná reakce z nosné konstrukce, přenášená přes ložiska a pod ložiskové bloky do základů a podloží. V závislosti na zvoleném statickém systému konstrukce může být uložení nosné konstrukce na pilíře provedeno několika způsoby. **Vetknutí** je pevné spojení pilíře s nosnou konstrukcí. **Uložení na ložiska** umožňuje, dle typu ložiska pak pootočení v rovině, pootočení a posun v jedné ose či pootočení a víceosý posun. Uložení nosné konstrukce na pilíře ovlivňuje jejich zatížení, vše je ovšem závislé na celkovém konstrukčním řešení mostu.

V průběhu výstavby je pilíř zatížen dle zvolené technologie výstavby, vlastní tíhou a klimatickými vlivy, tedy teplotou a větrem.

Dále můžeme mezi zatěžovací stavy zároveň zařadit i mimořádné situace, kterých výskyt je omezen na dobu provozu mostní konstrukce. Mezi tyto stavy můžeme zařadit nejčastěji působení vnější síly, v případě mostů především kolize dopravního prostředku či výbuch, případně náhodné nepředpokladatelné porušení konstrukce. Tyto stavy ovšem nastávají vyjíměčně

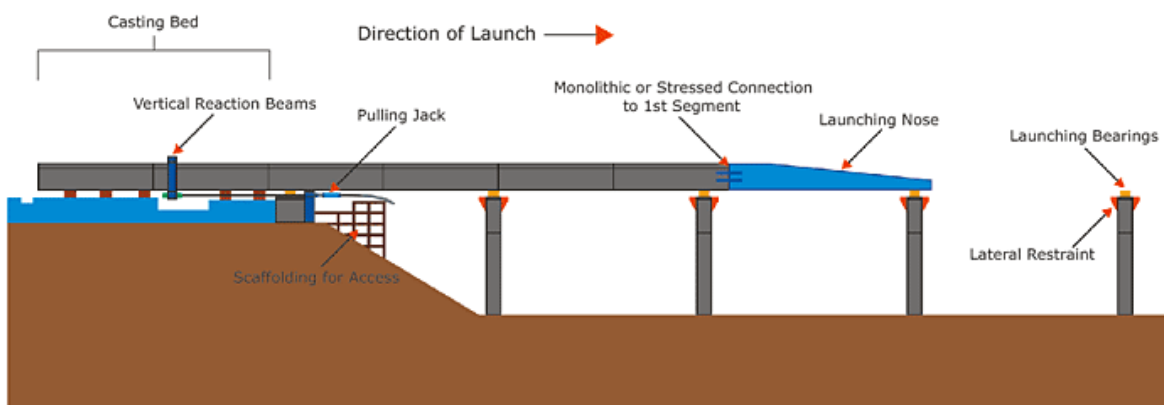
4.2.2 Časový průběh zatěžování mostních pilířů

Mostní pilíře jsou součástí spodní stavby mostního objektu. Výstavba probíhá společně s opěrami. V počátečních stádiích svého působení přenáší pilíře pouze vlastní tíhu. Základní dobou působení, nejen z hlediska využívání betonů se směsnými cementy, je působení v průběhu výstavby. Dle technologie výstavby je pak velké množství zatěžovacích stavů, které mohou být rozhodující v časovém působení pilíře. Níže se nachází výčet základních obvyklých technologií výstavby mostních konstrukcí a popis působení dotčeného mostního prvku v konstrukci, společně s určením působení prvků v čase:

Vysouvání mostní konstrukce, které je se zasazením do časového kontextu stavebního procesu vhodné například u delších mostů s konstantním rozpětím polí nad

nepřístupným terénem nebo velkou výškou, kdy nosná konstrukce je vyráběna v zázemí za mostní opěrou a pomocí hydraulických prvků postupně vysouvána na prvky spodní stavby do polohy budoucího působení. Použití tohoto způsobu výstavby je využíváno především u delších mostních konstrukcí, kdy je možnost využití jedné bednicí formy v opakovaných cyklech za sebou a je tak dosaženo vysoké efektivity výstavby. Délka cyklu záleží, mimo jiné, na parametrech betonu nosné konstrukce. Zde je možno vidět, že využití betonů s pomalým nárůstem pevnosti z ekonomické a časové stránky pozbývá smyslu, z důvodu docílení časové efektivity jednotlivých taktů. V případě stavby mostní konstrukce způsobem vysouvání jsou v počátku vybetonovány, dle konkrétní stavby, pilíře a nosná konstrukce je poté vysouvána postupně. Pilíře z logiky způsobu výstavby mají v čase dostatečně dlouhé období, po které se jim nedostane žádného zatížení od nosné konstrukce, přenášejí pouze vlastní váhu, případně působení vnějších klimatických vlivů. Mají tedy možnost dojít požadované pevnosti i za předpokladu využití směsných cementů v betonu.

Z hlediska technologie vysouvání nosné konstrukce je vhodné se pozastavit nad možností dělení příčného řezu. Například u nosné konstrukce tvořené komorovým příčným řezem je možnost rozdělit příčný řez na komoru, která bude vysouvána samostatně bez horní desky a bočních vzpěr a horní deska, případně vzpěry budou dodělány v pozdějším stádiu na již vysunutou konstrukci. Tímto postupem se sníží prvotní hmotnost konstrukce při vysouvání, tím tedy i zatížení spodní stavby včetně pilířů. Primární účel tohoto postupu je snížení namáhání konstrukce při vysouvání, nižší vlastní tíhou vznikají nižší vnitřní síly.



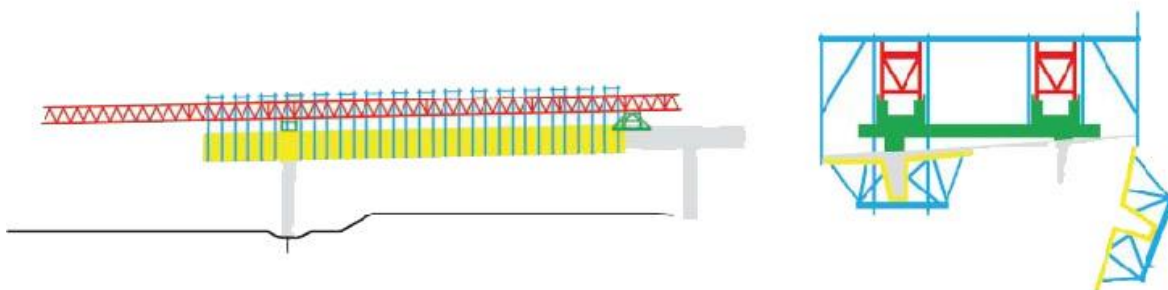
Obrázek 5: Technologie vysouvání mostní konstrukce [5]

Betonáž na posuvné skruži je další z běžných postupů výstavby, který je výhodný pro dlouhé mosty s konstantním rozpětím. Betonáž je prováděna do postupně přesouvaného bednění, které je podpíráno pilíři, chybí zde tedy podpěrná konstrukce skruže dosahující na povrch pod ní. Veškeré montážní zatížení i zatížení po betonáži je přenášeno pilíři. Při betonáži do bednění na posuvné skruži tedy rozhoduje rozsah stavby a koordinace stavebních prací. Je zde však předpoklad postupného zatěžování

Typical Construction Cycle	Duration: 7-Day Cycle (days)							
	Description	1	2	3	4	5	6	7
Launch Segment	█							
Strip and Clean Forms	█	█						
Install Base and Web Rebar		█	█					
Install Web Forms			█	█				
Concrete Base and Webs			█	█	█			
Install Inner Forms				█	█	█		
Install Top Slab Rebar					█	█	█	
Concrete Top Slab						█	█	█
Curing							█	█
Stress P.T.								█

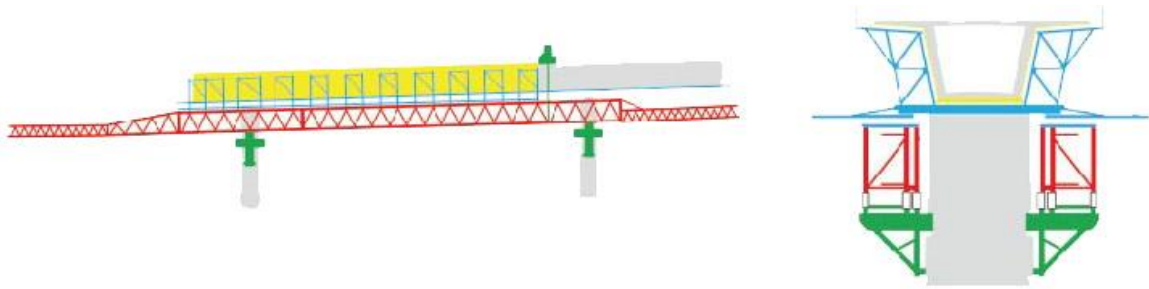
Obrázek 6: Ukázka harmonogramu vysouvání konstrukce [5]

pilířů u staveb větších rozsahů, tím možnost dosažení požadovaných mechanických vlastností spodní stavby do času jejího zatížení.



Obrázek 7: Technologie betonáže na posuvné skruži, spodní [6]

Letmá betonáž spočívá v, nejčastěji, symetrické betonáži nosné konstrukce mostu z mostního pilíře, na kterém je zprvu vytvořen zárodek nosné konstrukce. Při tomto způsobu betonáže je časové kritérium důležité z pohledu rychlosti výstavby nosné konstrukce. Nosná konstrukce se betonuje v taktech, dle možností stavby a technologické náročnosti se takty pohybují ve frekvenci 5-10 dní, viz obrázek 10. V tomto případě výstavby je tedy žádoucí dostatečná pevnost pilířů v brzkém stádiu jejich existence. Využití směsných betonů je tedy rozhodnuto především délkou jednotlivých taktů a časem prvního zatížení. Postup výstavby nosné konstrukce, kdy nově vybetonovaná část je zatěžována ve velmi brzkém čase vylučuje využití směsných betonů pro výstavbu nosné konstrukce. Zde to ekonomicky a časově není zcela konkurenceschopné.



Obrázek 8: Technologie betonáže na posuvné skruži, horní [6]



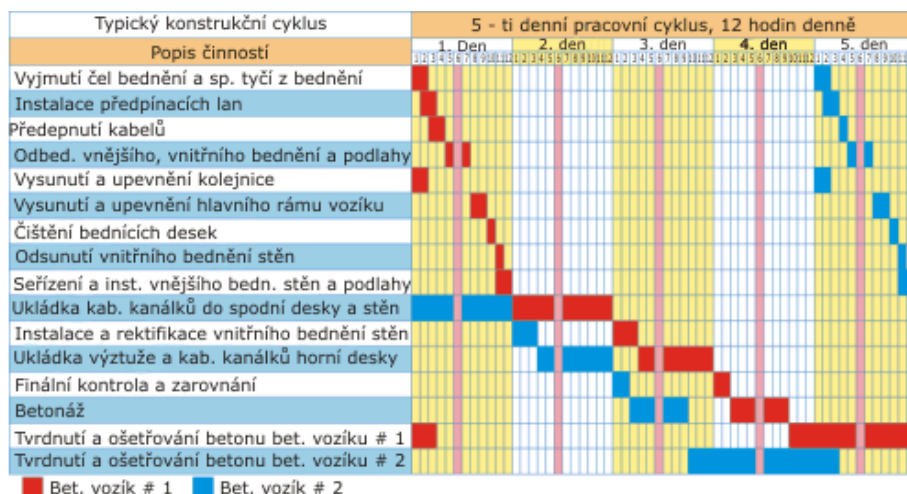
Obrázek 9: Technologie výstavby letmou betonáží [7]

4.2.3 Zhodnocení možnosti využití nízkoemisních betonů u pilířů

Z předchozích odstavců vyplývá skutečnost, že proveditelnost mostních pilířů velmi závisí na zvolené technologii výstavby a celkovém harmonogramu a návaznosti stavebních prací. Fakticky je možné a vhodné využívat v betonech, používaných na výstavbu pilířů, směsné cementy. Vhodným příkladem využitelnosti pomalejšího nárůstu pevnosti je právě konstrukce vysouvaná, kdy pilíře jsou zatěžovány v čase postupně.

Shrnutí analýzy prvků spodní stavby

V souhrnu z předcházejících odstavců vyplývá ovlivnění potenciálu využití směsných cementů pro výstavbu prvků spodní stavby především zvolenou technologií výstavby mostní konstrukce, ze které zároveň zhruba vyplývá časové zatěžování prvků. Některé postupy přímo vyzývají k využití betonů se směsnými cementy z důvodu časové koordinace stavby a dlouhé prodlevy uběhnuté od betonáže prvku k prvotnímu zatěžování nosnou konstrukcí. Dalším ovlivňujícím faktorem je konstrukční systém mostu.



Obrázek 10: Ukázka harmonogramu letmé betonáže [7]

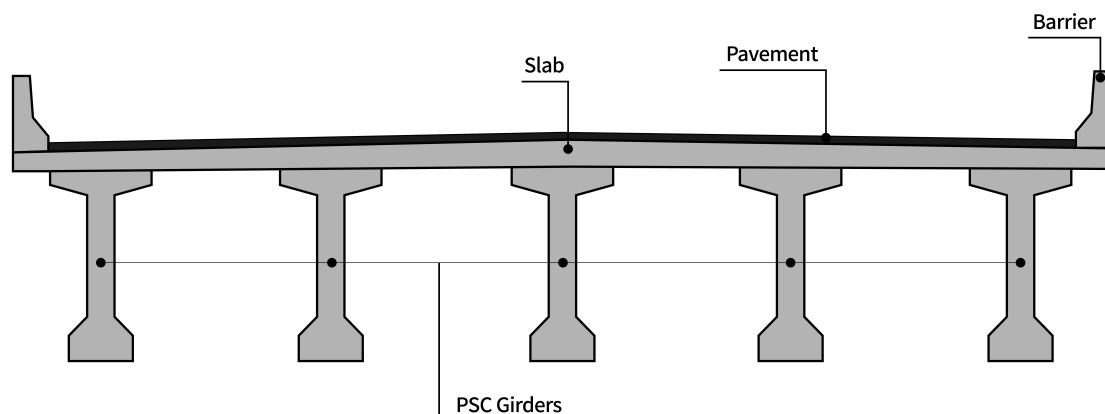
5 Prvky nosné konstrukce

Prefabrikace, tedy "předvýroba", je způsob výroby mostních prvků, které se vyrábějí nejčastěji ve specializované výrobě (případně na místě stavby) ve větším množství. Lze tak urychlit proces výstavby a dosahovat vyšší efektivity. Další jednoznačnou výhodou je možnost lepší kontroly a sledování a tak dosahování lepších parametrů použitého materiálu při výrobním postupu. Výhoda prefabrikace spočívá v možnosti souběhu několika stavebních procesů, které na sobě nejsou závislé. Prefabrikované části nosných konstrukcí tak lze vyrábět s předstihem, vzniká zde tedy časová rezerva, po kterou jsou části nosné konstrukce pouze skladovány a mimo manipulační zatížení¹⁴ a vlastní váhu nejsou vystaveny jinému silovému zatížení. V rámci snižování objemu portlandského cementu v betonech je tento stav ideální, prvky nemusí splnit požadavek vysoké pevnosti betonu v krátkém časovém úseku, ale jejich pevnost může narůstat v čase pomaleji.

5.1 Prefabrikované mostní nosníky

Prefabrikované mostní nosníky jsou prvky nosné konstrukce, nejčastěji spřažené s monolitickou deskou mostovky. Prefabrikovaných nosníků existuje mnoho variant, jedna z nejčastějších je například nosník tvaru písmene T. Uložení v konstrukci je poté nejčastěji jako prostý nebo spojitý nosník. Rozpětí pole mostu z prefabrikovaných nosníků závisí na celkovém statickém uspořádání, tedy zda nosníky působí jako prosté nebo spojitě. Obecně prefabrikované nosníky dosahují délky až 40 metrů.

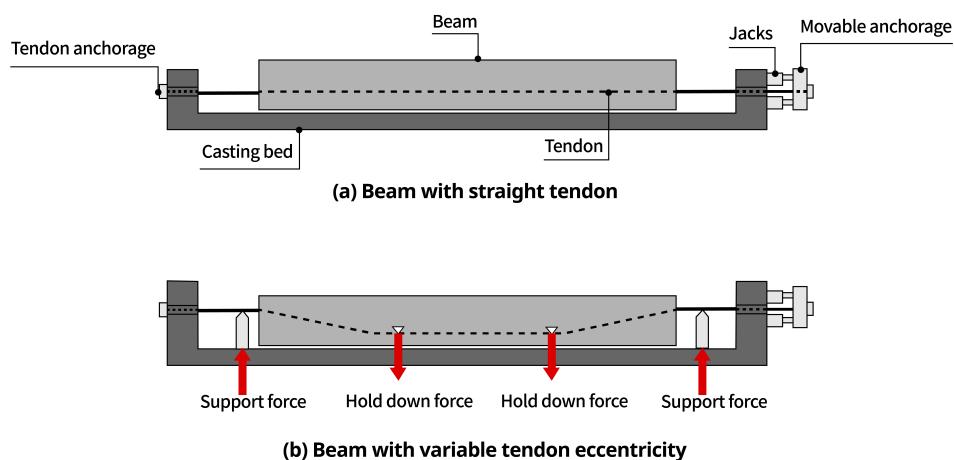
¹⁴Zvedání z formy, způsob uskladnění



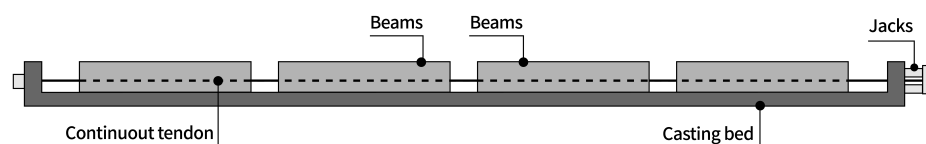
Obrázek 11: Příčný řez mostní konstrukce z prefabrikovaných nosníků [8]

5.1.1 Výroba prefabrikovaných nosníků

Nosníky se vyrábějí jako předem nebo dodatečně předpínané, případně jsou předepjaty hybridně, tedy předem i dodatečně. Předpínání předem se provádí z důvodu dopomoci nosníku s přenesení jeho vlastní váhy a odolání manipulačním zatěžovacím stavům, těmi se myslí uskladnění, převoz, manipulace s nosníkem a stav usazení na prvky spodní stavby, tak i přenesení zatížení působícího na nosník po celou dobu jeho životnosti. Hybridně, tedy předem i dodatečně se předpínají nosníky působící na větším rozpětí. Pokud je nosník předepnut dodatečně, děje se tak až po usazení na podpory na místě stavby.



Obrázek 12: Výroba jednoho prefabrikovaného, předem předpjetého nosníku [8]



(c) Long line system of pre-tensioning

Obrázek 13: Výroba více prefabrikovaných, předem předpjatých nosníků [8]

5.1.2 Zatížení prefabrikovaných nosníků

Vzhledem k postupu výroby předem předpínaných nosníků je možno za první silové zatížení považovat uvolnění kotev soudržné předpínací výztuže, případně dělení prvků, pokud jsou betonovány na dlouhé dráze a řezány. Po dělení prvků jsou převezeny na místo skladování, kdy samotná manipulace a uskladnění jsou zatěžovacím stavem. Dále jsou nezatížené nosníky, přenášející pouze vlastní váhu skladovány v řádu týdnů až měsíců ve skladovacím místě výroby. Během této skladovací doby je jim příkladně umožněno narůst pevnosti, požadované pro pozdější účely, již jako součást konstrukce. Po určitém časovém úseku, který je závislý na koordinaci celkového stavebního procesu, jsou nosníky zakomponovány do mostní konstrukce, do které byly určeny. Prvotně zpravidla působí jako prosté nosníky,

5.1.3 Možnost výroby prefabrikovaných nosníků ze směsných cementů

Výroba mostních nosníků z betonů s cementy s nižším nárůstem pevnosti se z předchozích odstavců jeví proveditelná. Podmínkou předem předepjatých nosníků je dosažení dostatečné pevnosti betonu do doby uvolnění soudržné předpínací výztuže, případně delší ponechání ve formě do doby dosažení dostatečné pevnosti.

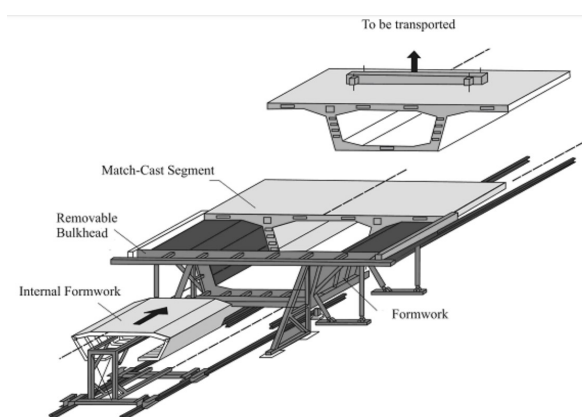
5.2 Příčná prefabrikace segmentových mostů

Vedle prefabrikovaných nosníků, překlenujících celou délku pole, jsou vyráběny i příčné prefabrikáty pro výstavbu segmentových mostů. Rozpětí pole segmentových mostů může dosahovat délky až kolem 60 metrů, jeden segment má délku 2-3 metry, omezením rozměrů segmentu je možnost dopravy na místo určení. Z hlediska statického schéma

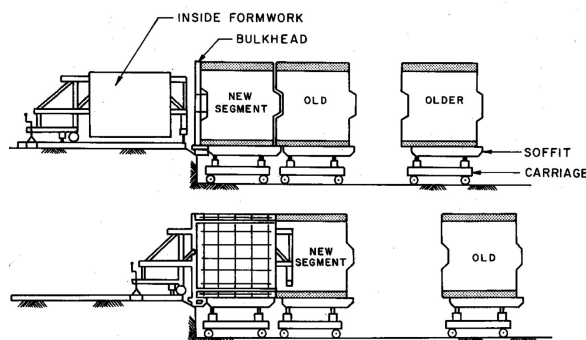
se jedná zpravidla o mosty spojitě trémové, působení mostu je zajištěno podélným předpětím a dostatečnou tlakovou rezervou mezi segmenty.

5.2.1 Výroba příčných segmentů

Segmenty se vyrábějí kontaktně či nekontaktně. Nekontaktní výroba představuje výrobu segmentu vždy ve vlastní formě, kontaktní výroba znamená, že část bednění formy tvoří čelo segmentu z předchozí fáze. Kontaktní výroba probíhá na krátké nebo dlouhé dráze. Při výrobě na krátké dráze zůstává, za účelem využití jako bednění formy nově vyráběného segmentu, pouze jeden předchozí segment. Výroba na dlouhé dráze předpokládá ponechání několika segmentů vyrobených před segmentem aktuálním.



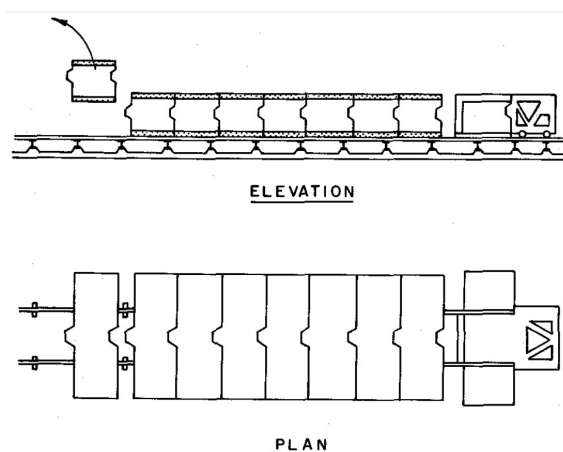
Obrázek 14: Výroba prefabrikovaných segmentů na krátké dráze [9]



Obrázek 15: Výroba prefabrikovaných segmentů na krátké dráze [10]

5.2.2 Zatížení příčných segmentů

Příčné segmenty jsou během procesu výroby zatíženy pouze vlastní vahou a manipulačním zatížením. V rámci procesu působení v konstrukci jsou pak zatěžovány podélným předpětím, které zajišťuje funkčnost konstrukce. Mezi přední metody výstavby segmentových mostů se řadí **letná montáž**, která spočívá v postupné souměrné montáži vahadel vně od zárodku na pilíři, jednotlivé dílce se postupně předpínají, zatížení tedy



Obrázek 16: Výroba prefabrikovaných segmentů na dlouhé dráze [10]

prvky dostávají v rozdílnou dobu, montáž je však velmi rychlá a efektivní. Dále je možná montáž po polích, při které jsou současně do konstrukce zakomponovány segmenty celého jednoho pole pomocí skruže nebo pomocné konstrukce pro zavěšování. Segmenty využití tímto způsobem jsou v konstrukci aktivovány naráz po více kusech, zatížení od předpětí na ně tedy začíná působit současně. Zatížení segmentů narůstá po demontáži podpůrné skruže či deaktivaci závěsů.

5.2.3 Možnost výroby příčných segmentů ze směsných cementů

Prefabrikované segmenty nosných konstrukcí lze vyrábět z cementů s nižším obsahem slínku z důvodu časových prodlev mezi vyrobením prvku a významným silovým zatížením prvku v konstrukci.

Shrnutí analýzy prefabrikovaných prvků nosné konstrukce

Možnost využití betonů s pomalejším nárůstem pevnosti je u prefabrikovaných konstrukcí vhodná. Nežřídká se stává, že konstrukce je vyrobena s předstihem a musí na své využití čekat určitý čas, během kterého pevnost betonu narůstá do požadovaných hodnot, kterých by betony s portlandským cementem dosáhly dříve, u těchto prvků to však není nutné. Prefabrikované prvky jsou zároveň vyráběny s větší mírou přesnosti, během zrání betonu jsou monitorovány okolní vlivy a podmínky, je tedy vyšší pravděpodobnost dosažení lepších výsledků a kvality finálního produktu.

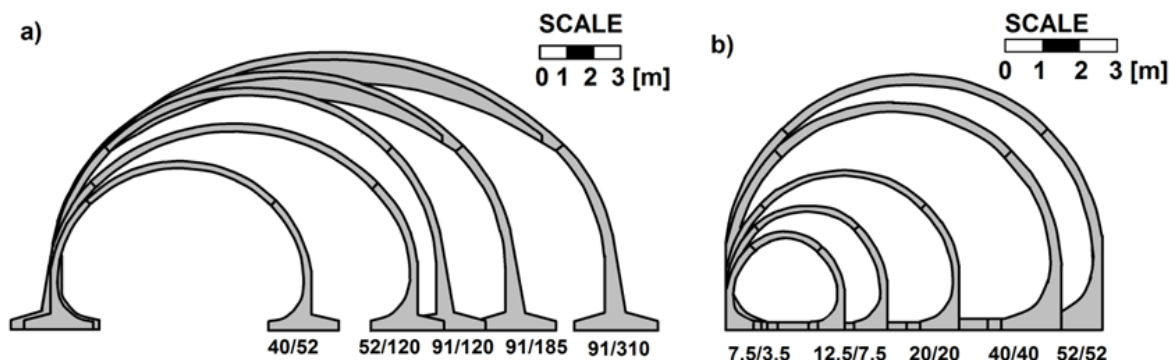
6 Přesypané mostní konstrukce

Přesypané mostní konstrukce vyrobené z prefabrikátů jsou konstrukčně velice výhodné stavby. Využívají spolupůsobení zeminy s konstrukcí. Využití nacházejí v instalacích místo klasických mostních konstrukcí kratších rozpětí, příkladem mohou být ekodukty, podchody, nadjezdy pozemních komunikací a podobně.

6.1 Výroba prefabrikátů přesypaných konstrukcí

Nejrozšířenější patentovanou technologii výroby prefabrikovaných přesypaných konstrukcí vlastní společnost Matière®. Jejich prefabrikované přesypané konstrukce, pocházející z 80. let z Francie, jsou využívány pro svou jednoduchost a rychlost výstavby, modulové zpracování, variabilitu a přesnost. Konstrukce sestává nejčastěji z dvou postranních zdí a horní části. Výhodou těchto prefabrikovaných konstrukcí, stejně jako ostatní prefabrikace, je vysoká přesnost výroby a kvalita prefabrikátů z důvodu výroby ve specializované výrobě s možností nepřetržité kontroly výrobního procesu a tím dosažení vyšší kvality než při betonáži in situ.

Mezi další výhody těchto konstrukcí patří dlouhá životnost za předpokladu velmi nízké údržby z důvodu absence mostních závěrů a ložisek.



Obrázek 17: Příklad příčných řezů prefabrikovaných konstrukcí Matière [11]

6.2 Zatížení prefabrikátů přesypaných konstrukcí

Ve stádiu výroby je konstrukce zatížena, stejně jako příčně prefabrikované mostní segmenty, pouze vlastní tíhou a montážním zatížením. Konstrukční dílce nejsou předem ani dodatečně předpínané, jedná se pouze o železobetonové tenkostěnné profily. Po dobu skladování mají dílce dostatečný prostor dojít pevnosti požadované ve chvíli usazení do konstrukce a hlavně aplikace násypu. V rámci životnosti konstrukce je zatížení na prvky přenášeno násypem nad ní, přes boční prvky pak do základů a podloží.

6.3 Možnost výroby přesypaných konstrukcí ze směsných cementů

Možným příkladem využití směsných cementů u mostních konstrukcí je využití u konstrukcí přesypaných prefabrikovaných, to z důvodu prefabrikace dílců, které před za-
komponováním do konstrukce mají dostatek času dojít potřebným mechanickým vlast-
nostem.

Využití směsných cementů je podmíněno vhodnou časovou koordinací stavby, která počítá s možností využití prefabrikovaných prvků až po určitém čase, ve kterém prvky dojdou požadované pevnosti. Tento čas může být upraven v závislosti časového působení prvku v konstrukci, například tak prefabrikované boční stěny přesypaných konstrukcí mohou být, bez dodatečného zatěžování, usazeny na finální místo konstrukce dříve, pokud budou mít dostatečnou časovou mezeru před aktivací.

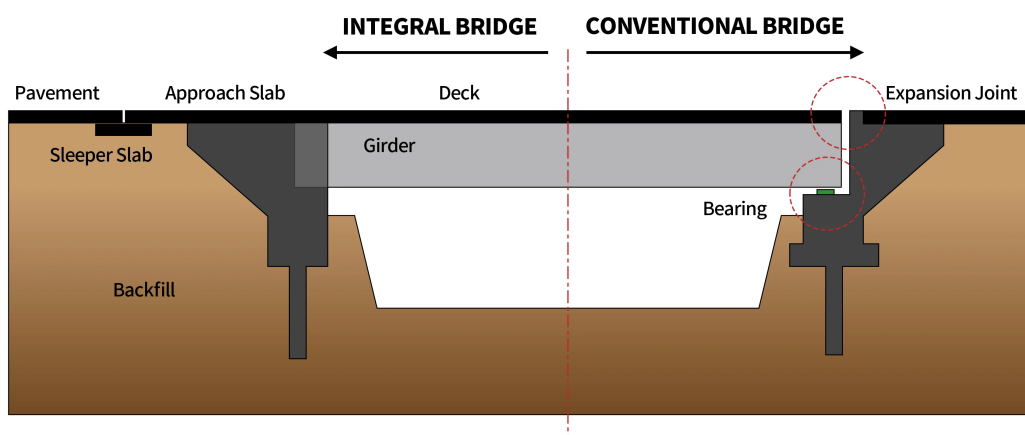
7 Integrované mosty

Integrované mosty jsou mosty, kterých nosná konstrukce není se spodní stavbou spojena pohyblivě. Jinak řečeno je nosná konstrukce neposuvně spojena se spodní stavbou. Konstrukce je tak zatížena zemními tlaky přechodové oblasti, neopominutelná jsou, u integrovaných mostů zvláště významná, zatížení nesilového charakteru, tedy zatížení například teplotou a reologickými jevy. Integrované mosty najdou využití v překlenování překážek krátkých až středních rozpětí

Výhodou je absence mostních závěrů a ložisek, které bývají častými problémovými prvky konstrukcí. U integrovaných mostů tím z většiny odpadá potřeba údržby a tím znatelná část nákladů nutných na udržení konstrukce v provozu.

7.1 Výstavba integrovaných mostů

V prvních stádiích procesu výstavby integrovaného mostu je spodní stavba vystavena pouze zatížení vlastní tíhou, případně zatížením proměnným klimatickým. Rozličnost pracovního postupu pak určuje postup zasypání spodní stavby hmotou zásypového tělesa. Tak tomu je do doby spojení spodní stavby s nosnou konstrukcí, kdy začíná po vytvrdnutí betonu nosné konstrukce působit vlivem teplotních změn významné zatížení na spodní stavbu. Vzhledem ke stavebnímu procesu by měla konstrukce spodní stavby mít dostatečný časový prostor na dosažení dostatečné pevnosti aby byla schopna zachytit namáhání přenášené nosnou konstrukcí. V čase spojení s nosnou konstrukcí by navíc měla být spodní stavba již zasypána násypovým tělesem. Vystává zde otázka provedení monolitického spojení nosné konstrukce a spodní stavby, které může být vystaveno zatížení ve velmi raném stádiu svého působení.



Obrázek 18: Porovnání podélného řezu integrovaného mostu s klasickým mostem [12]

7.2 Zatížení integrovaných mostů

Zatížení betonové spodní stavby integrovaných mostů se odvíjí z velké části na použitém typu spodní stavby a času betonáže nosné konstrukce. Stěžejní je také čas zasypání vnějších částí opěr. Integrovaná konstrukce, dle konkrétního případu, přenáší v čase před uvedením do provozu ze silového zatížení pouze vlastní váhu a montážní zatížení, dále pak změny teploty, které u integrovaných mostů jsou zcela zásadní. Mostní konstrukce může být také provedena jako semiintegrovaná ¹⁵.

7.3 Možnost výroby integrovaných konstrukcí ze směsných cementů

Z analýzy integrovaných mostů vyplývá skutečnost, že první zatížení nosné konstrukce nesilovými složkami se objevuje již po vytvrdnutí betonové směsi, z toho důvodu by nosná konstrukce měla dosáhnout požadovaných pevnostních vlastností v brzkém čase. Naproti tomu spodní stavba do doby spojení s nosnou konstrukcí nebývá zatěžována nijak zásadně, využití směsných betonů se zde jeví jako reálné.

¹⁵most disponující pouze ložiskem či závěrem

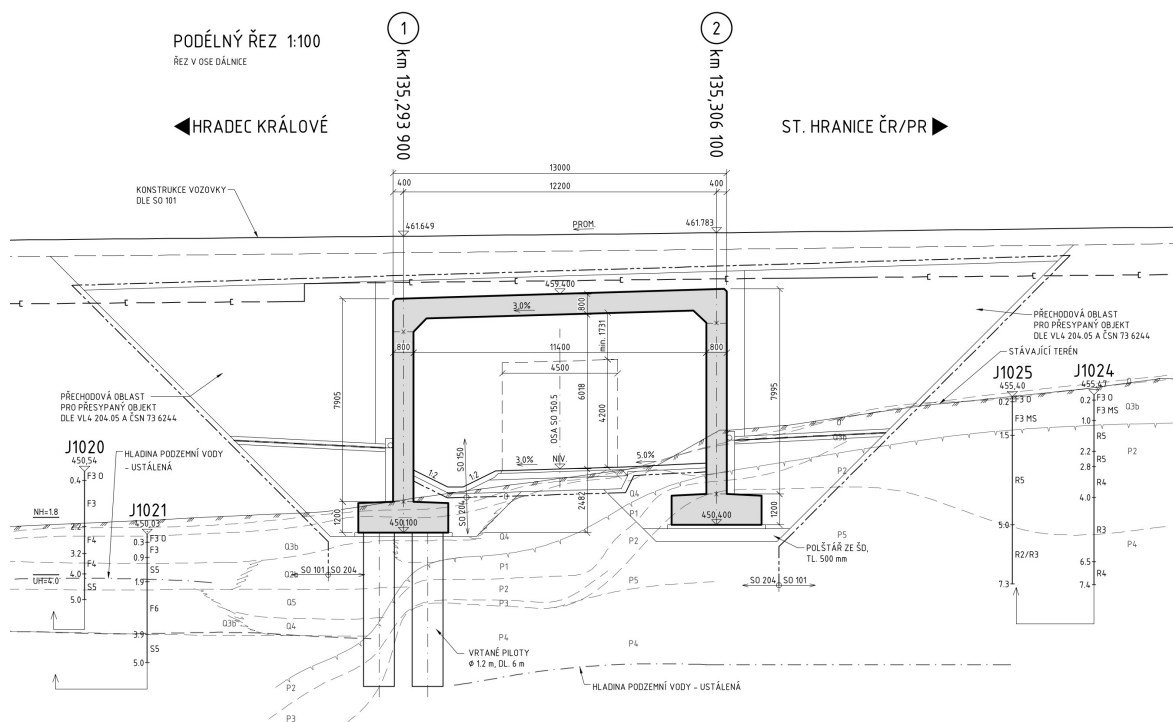
8 Vybrané příklady reálných mostních konstrukcí a rozbor možnosti využití cementu s nižším nárůstem pevnosti

V této kapitole bude rozebráno několik konstrukcí projektovaných na dálnici D11 mezi Hradcem Králové a hranicí s Polskem. Na těchto příkladech bude analyzována možnost využití pomalejších betonů u různých konstrukčních prvků, případně vyloučení využití.

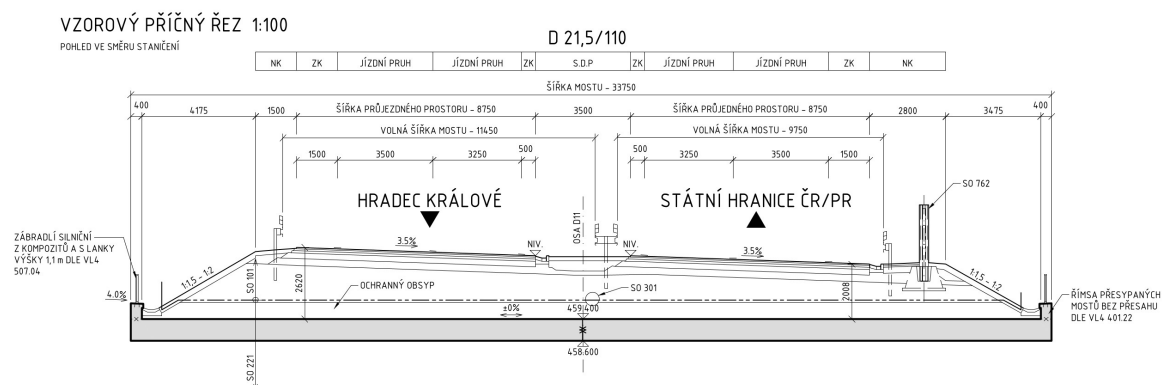
Vybrané příklady pocházejí kompletně z projektové dokumentace pro provádění stavby pro stavbu dálnice D11, konkrétně poslední úsek dálnice D11 1109 - Trutnov - státní hranice ČR/PR. [23]

8 VYBRANÉ PŘÍKLADY REÁLNÝCH MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ A ROZBOR MOŽNOSTI VYUŽITÍ CEMENTU S NIŽŠÍM NÁRŮSTEM PEVNOSTI

8.1 Objekt SO204



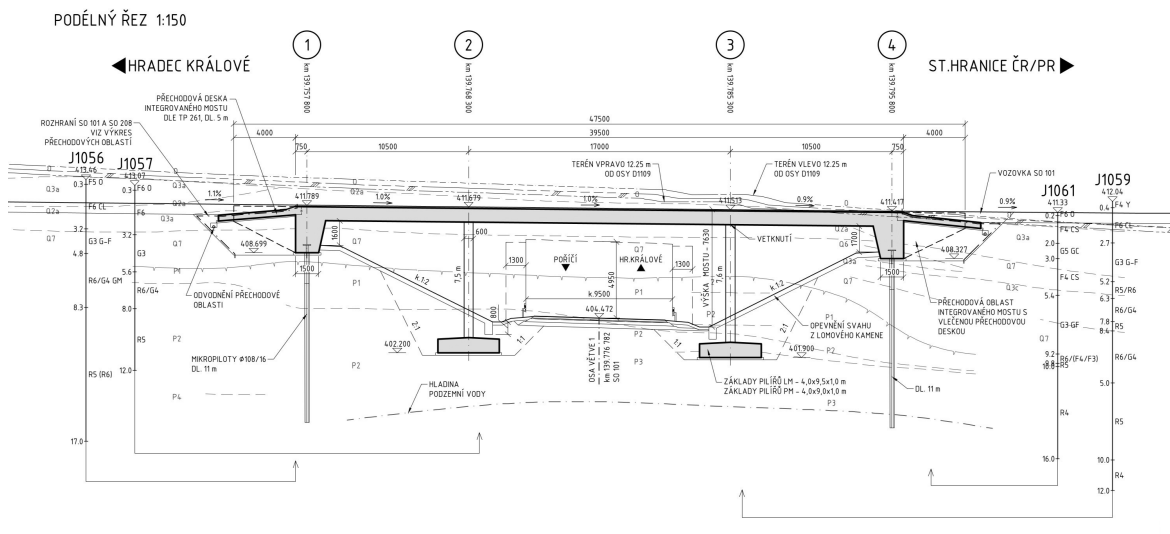
Obrázek 19: Podélný řez objektu SO204



Obrázek 20: Příčný řez objektu SO204

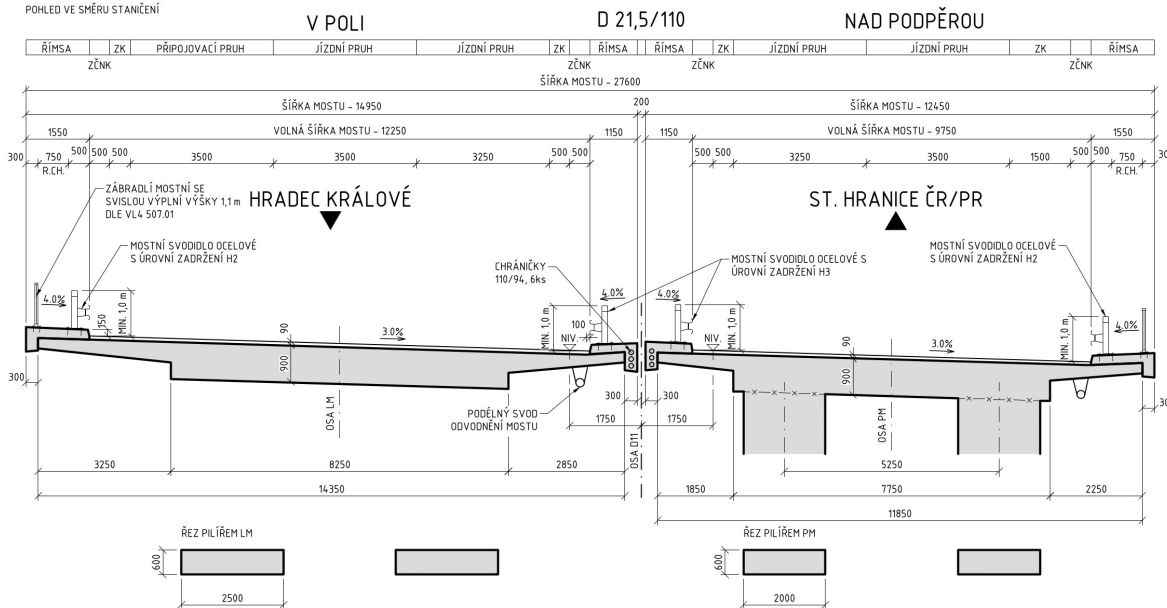
V případě objektu SO204 se jedná o integrovaný jednopolový přesýpaný most. Betonové prvky jsou řešeny monoliticky, z analýzy integrovaných mostů v kapitole 7 se tedy u této konstrukce dá předpokládat možnost využití směsných cementů v prvcích spodní stavby, nosná konstrukce požaduje rychlejší nárůst pevnosti.

8.2 Objekt SO208



Obrázek 21: Podélný řez objektu SO208

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ 1:75
POHLED VE SMĚRU STANICENÍ



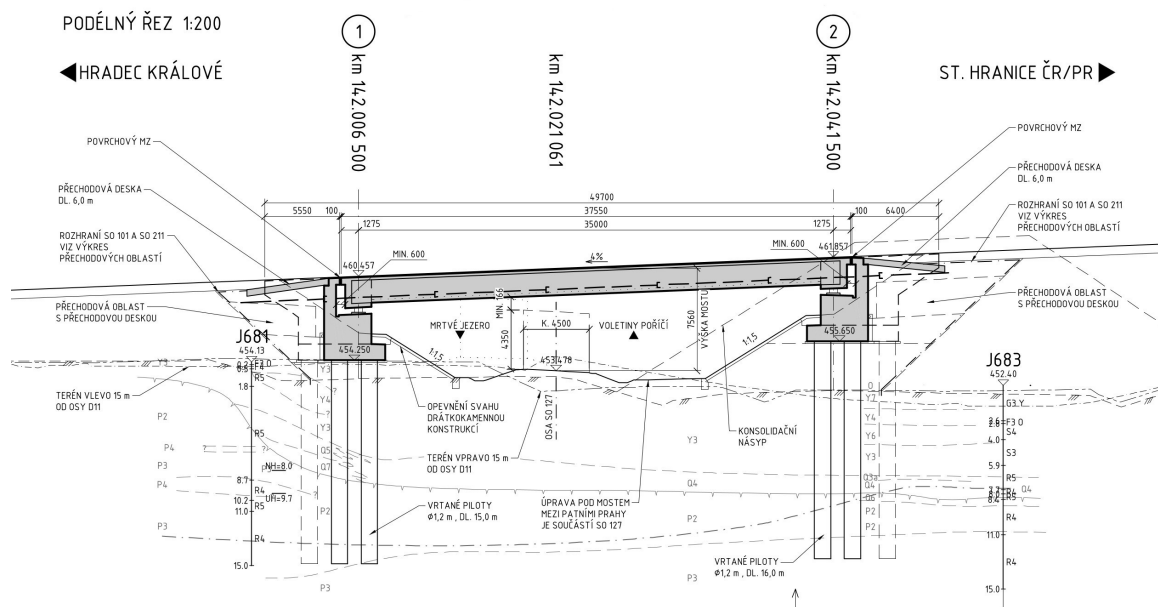
Obrázek 22: Příčný řez objektu SO208

Stavebním objektem číslo 208 je opět integrovaný most, tentokrát o třech polích. V případě tohoto objektu je vidět poddajné založení krajních H3 opěr na jedné řadě mikropilot, umožňující absorpci deformací nosné konstrukce vlivem teploty. Vnitřní podpory mostu jsou s nosnou konstrukcí spojeny vetknutím, přičemž s opěrami je nosná konstrukce spojena monoliticky, opěry a nosná konstrukce jsou betonovány společně. Nosná konstrukce je desková. Předpokládá se osa deformace konstrukce ve středu rozpětí mostu, stojky budou z toho důvodu také namáhány ohybem i po spojení s nosnou kon-

8 VYBRANÉ PŘÍKLADY REÁLNÝCH MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ A ROZBOR MOŽNOSTI VYUŽITÍ CEMENTU S NIŽŠÍM NÁRŮSTEM PEVNOSTI

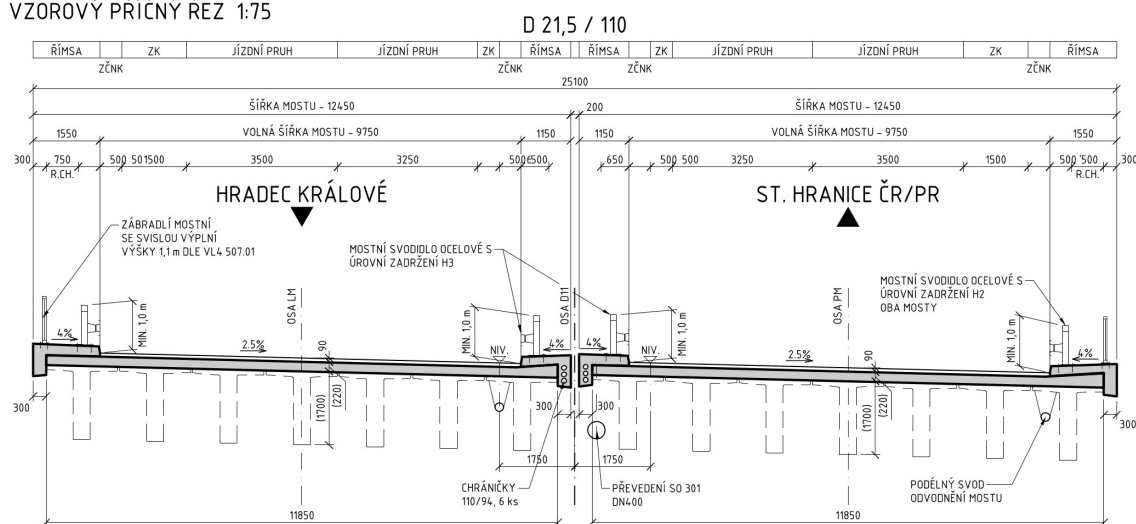
strukcí, u této konstrukce je nutné, aby v okamžik začátku působení nosné konstrukce již měly dostatečnou ohybovou pevnost. Využití směsného cementu v betonu je tedy dáno především harmonogramem výstavby.

8.3 Objekt SO211



Obrázek 23: Podélný řez objektu SO211

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ 1:75



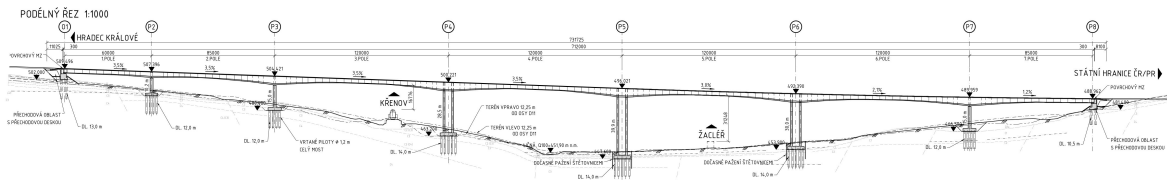
Obrázek 24: Příčný řez objektu SO211

Objekt SO211 je výborným příkladem možnosti využití betonů s pomalejším nárůstem pevnosti. Jedná se o jednopólový most se spodní stavbou monolitickou a nosnou konstrukcí z prefabrikovaných T nosníků monoliticky sprážených s deskou mostovky.

8 VYBRANÉ PŘÍKLADY REÁLNÝCH MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ A ROZBOR MOŽNOSTI VYUŽITÍ CEMENTU S NIŽŠÍM NÁRŮSTEM PEVNOSTI

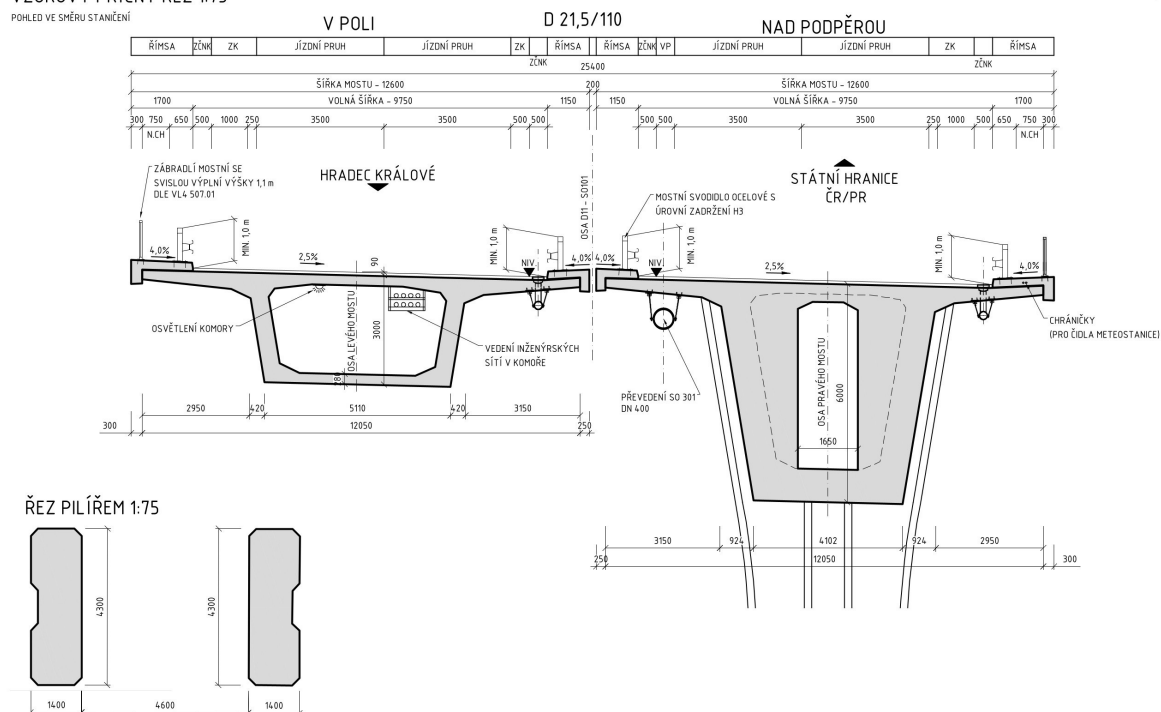
Možnost použití prefabrikovaných nosníků je zdůvodněna v kapitole 5.1, v případě tohoto mostu není proč nevyužít směsné cementy i v betonu opěr.

8.4 Objekt SO215



Obrázek 25: Podélný řez objektu SO215

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ 1:75
POHLED VE SMĚRU STANIČNÍ



Obrázek 26: Příčný řez objektu SO215

V případě stavebního objektu číslo 215 se jedná o mostní estakádu, příčný řez mostu je komorový s proměnnou výškou a spojení se spodní stavbou je v případě tří nejvyšších stojek pevné - konstrukce je vetknutá, výšce pilířů odpovídá zároveň jejich průřez, jedná se o dvojici obdélníků s výrazně nižší tuhostí v podélném směru. Ostatní pilíře jsou nečleněné, s nosnou konstrukcí spojeny posuvně. Vzhledem k rozsahu mostu a postupu výstavby - letmá betonáž - je využití směsných cementů u nosné konstrukce nereálné v kontextu rychlosti výstavby, stejně jako u některých prvků spodní stavby, konkrétně členěných pilířů, které musí poskytnout dostatečnou pevnost v brzkém stádiu výstavby. Předpokládá se, že využití CEM II u pilířů by bylo podmíněno harmonogramem a postupem stavebních prací.

Návrh a porovnání mostní konstrukce

9 Použité předpisy a normy, literatura

Použité ČSN a Eurokódy:

- ČSN EN 1992-2 (736208) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady
- ČSN EN 1990 (730002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1990 (730002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-5 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou
- ČSN EN 1991-2 (736203) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou

10 Použitý software

Seznam software, který byl využit pro výpočetní úkony, posouzení konstrukce, pomocné výpočty a související úkony, tvorbu výkresové dokumentace a tvorbu textové části práce:

- SCIA Engineer - výpočetní model
- IDEA StatiCa - posouzení konstrukce
- Microsoft Excel - tabulkový editor - pomocné výpočty
- Autodesk AutoCAD - výkresová dokumentace
- L^AT_EX- typografický editor

11 Popis konstrukce

Jedná se o mostní konstrukci o pěti polích celkového rozpětí 191 metrů v podélném spádu 4%. Překonávanou překážkou je údolí průměrné hloubky přibližně 10 metrů. Převáděnou komunikací je dálnice D11, pro každý směr dálnice je 1 most.

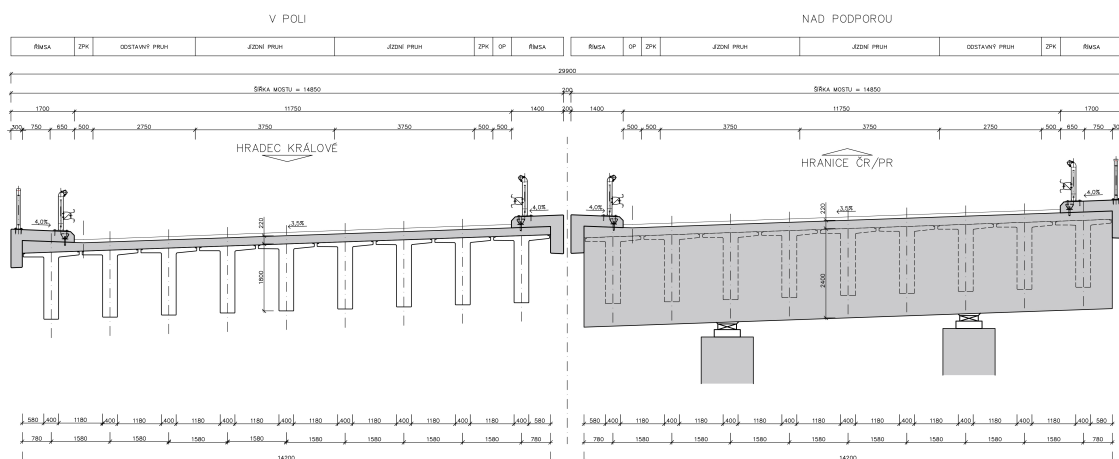
Nosná konstrukce mostu je z prefabrikovaných, dodatečně předepjatých nosníků, každý most je nesen devíti nosníky. Nosníky jsou uloženy na prefabrikované příčníky a dodatečně zmonolitněny deskou mostovky. Příčný sklon povrchu mostu činí 3,5%.

12 Postup výpočtu

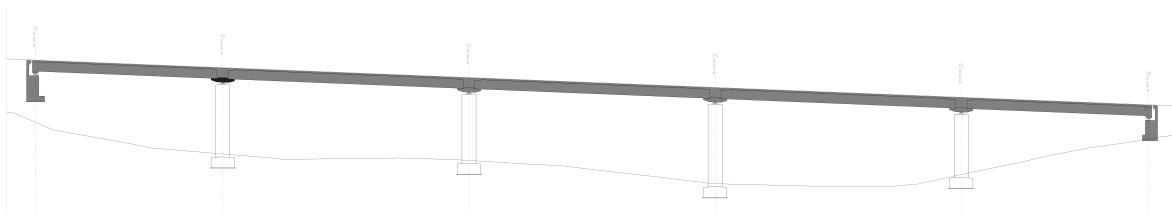
Výpočet je koncipován jako předběžný návrh konstrukce. Prostorové uspořádání konstrukce je dáno překonávanou překážkou. Prvním krokem bude stanovení materiálových charakteristik a parametrů použitých průřezů. Poté bude stanoveno zatížení konstrukce, toto zatížení bude aplikováno na prostorový model. Následně proběhne analýza modelu za účelem stanovení součinitelů příčného roznosu. Zatížení v celém rozsahu bude aplikováno na prutový model, tvořený pouze jedním ze dvou trámů příčného řezu, budou stanoveny maximální ohybové momenty. Na tyto momenty bude navržena předpínací výztuž. Finální posouzení konstrukce bude provedeno v programu IDEA StatiCa. Zde bude vytvořen prutový model, na který budou naimportovány vnitřní síly pomocí souboru XML stanoveny na prutovém modelu ze SCIA Engineer. Dále bude zadáno předpětí a provedena optimalizace.

13 Základní výkresová dokumentace

Pro přehlednost budou uvedeny základní schematické výkresy konstrukce - příčný a podélný řez.



Obrázek 27: Příčný řez



Obrázek 28: Podélný řez

14 Materiálové a průřezové charakteristiky

14.1 Beton

K výrobě prefabrikovaných nosníků bude použit beton C35/45 z CEM II, tedy ze směšného cementu s pomalejším nárůstem pevnosti. Spřahující deska bude z C30/37 s portlandským cementem - CEM I.

BETON	C30/37	C45/55
charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 30MPa$	$f_{ck} = 45MPa$
průměrná válcová pevnost	$f_{cm} = 37MPa$	$f_{cm} = 55MPa$
návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = 20MPa$	$f_{cd} = 30MPa$
průměrná pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,9MPa$	$f_{ctm} = 3,80MPa$
sečnový modul pružnosti	$E_{cm} = 32GPa$	$E_{cm} = 34GPa$

V čase předpětí jsou prefabrikované prvky staré již 60 dní. V této době by již disponují plnou pevností. Druhý krok předpínání je projeden 5 dní po betonáži desky mostovky. Parametry betonu C30/37 jsou v tu dobu následující:

BETON	C30/37
materiálové charakteristiky v čase vnesení předpětí:	
charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck(t)} = 20,9MPa$
průměrná pevnost v tahu	$f_{ctm(t)} = 2,03MPa$

14.2 Předpínací výztuž

Předepnutí proběhne pomocí vysokopevnostních ocelových lan, počet lan v kabelu bude dále upřesněn.

PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ	Y1850S7 - 15,7
objemová hmotnost	$\rho = 7850kg/m^3$
hmotnost na bm	$m = 1,172kg/m$

průměr drátu	$16mm$
počet drátů	$7ks$
plocha	$150mm^2$
modul pružnosti	$E = 195GPa$
pevnost v tahu	$f_{pk} = 1860MPa$
smluvní mez kluzu	$f_{p0,1k} = 1640MPa$
návrhová pevnost	$f_{pd} = 1423MPa$
mezní napětí v kabelu	$\sigma_{p,max} = 1476MPa$
maximální napětí pře zakotvení	$\sigma_{pm0} = 1394MPa$

14.3 Betonářská výztuž

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	B500B
charakteristická mez kluzu	$f_{Yk} = 500MPa$
součinitel betonářské výztuže	$\gamma_g = 1,15MPa$
návrhová mez kluzu	$f_{YD} = 435MPa$
třída tažnosti	B
modul pružnosti	$E_s = 210GPa$

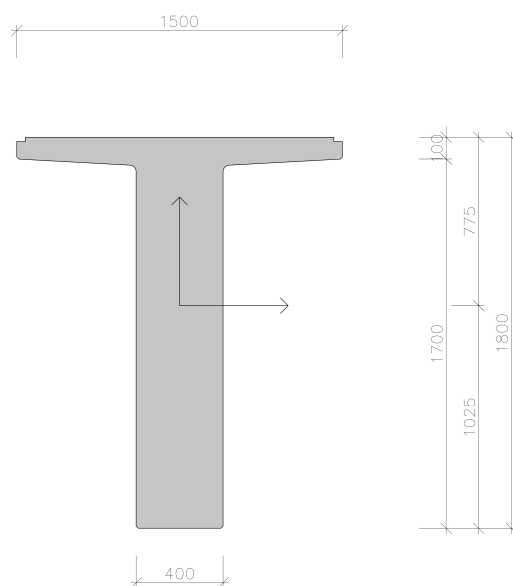
14.4 Použité průřezy

14.4.1 Prefabrikovaný nosník

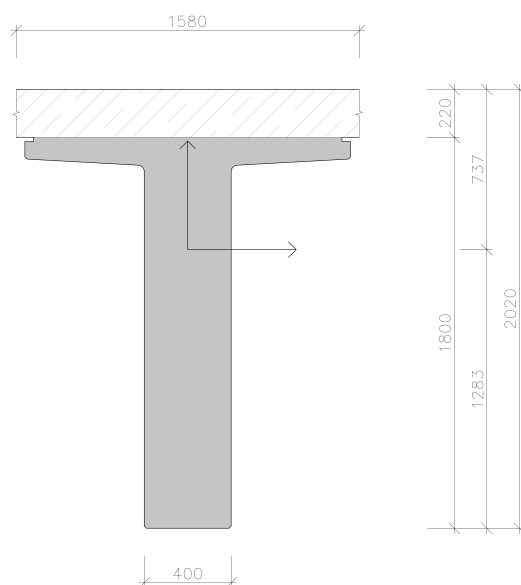
PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY	nosník bez desky
plocha průřezu	$A_{c1} = 0,845m^2$
moment setrvačnosti k ose y	$I_{y1} = 0,270m^4$
poloha těžiště vzhledem k horním vláknům	$e_{d1} = -0,775m$
poloha těžiště vzhledem ke spodním vláknům	$e_{h1} = 1,025m$
průřezový modul k horním vláknům	$W_{h1} = 0,348m^3$
průřezový modul ke spodním vláknům	$W_{d1} = 0,263m^3$

14.4.2 Prefabrikovaný nosník spřažený s deskou

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY	nosník s deskou
plocha průřezu	$A_{c2} = 1,193m^2$
moment setrvačnosti k ose y	$I_{y2} = 0,464m^4$



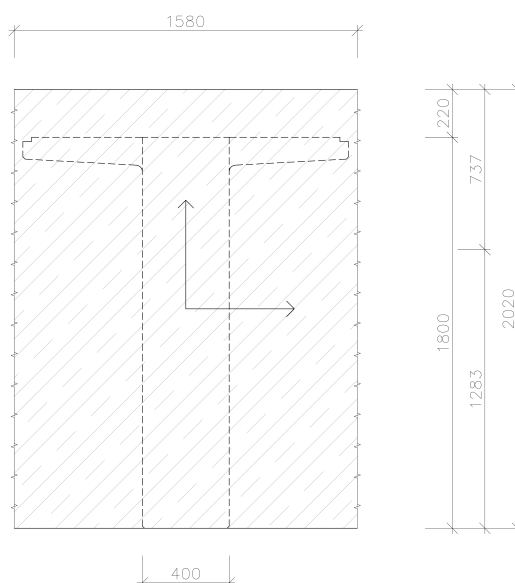
Obrázek 29: Nosník bez spřahující desky



Obrázek 30: Průřez nosník s deskou

poloha těžiště vzhledem k horním vláknům	$e_{d2} = -0,737m$
poloha těžiště vzhledem ke spodním vláknům	$e_{h2} = 1,283m$
průřezový modul k horním vláknům	$W_{h2} = 0,630m^3$
průřezový modul ke spodním vláknům	$W_{d2} = 0,362m^3$

14.4.3 Průřez nad podporou



Obrázek 31: Průřez nad podporou

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

plocha průřezu

moment setrvačnosti k ose y

poloha těžiště vzhledem k horním vláknům

poloha těžiště vzhledem ke spodním vláknům

průřezový modul k horním vláknům

průřezový modul ke spodním vláknům

průřez nad podporou

$$A_{c3} = 3,192m^2$$

$$I_{y3} = 1,085m^4$$

$$e_{d3} = -01,010m$$

$$e_{h3} = 1,010m$$

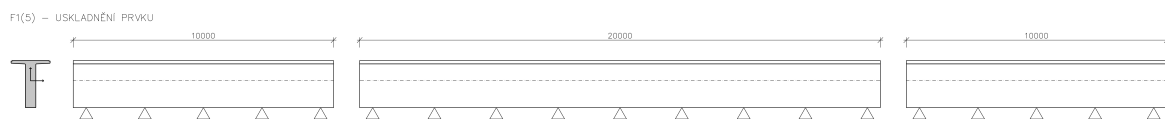
$$W_{h3} = -1,075m^3$$

$$W_{d3} = 1,075m^3$$

15 Přehled časového působení

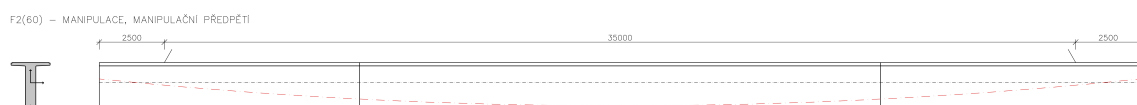
Výpočtem bude analyzováno několik rozhodujících fází působení jak samotných prefabrikovaných nosníků, tak i spřažené kompletní konstrukce. Fáze působení jsou:

FÁZE 1 - *stáří nosníků 0 dní* - fáze betonáže a skladování prefabrikovaných nosníků. Prefabrikované nosníky délky 40 metrů jsou z důvodu manipulace, skladování a přepravy děleny na tři části: 10+20+10 metrů. Nosníky v tuto chvíli nejsou předepnuty, předpokládá se přenesení vlastní váhy betonářskou výztuží a především vhodným podepřením a rozmístěním manipulačních úchytů.



Obrázek 32: Fáze 1

FÁZE 2 - stáří nosníků 60 dní fáze spojení tří částí prefabrikovaných železobetonových nosníků předpínací výztuží. V této fázi budou části spojeny předpínacím kabelem vedeným v parabolické dráze, ve spojovacích spárách je třeba zajistit dostatečnou tlakovou rezervu z důvodu zabránění rozevření kontaktních spár.



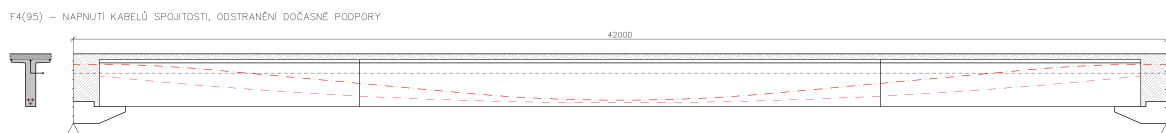
Obrázek 33: Fáze 2

FÁZE 3 - stáří nosníků 90 dní, stáří desky 0 dní - fáze usazení dodatečné předepjatých prefabrikovaných nosníků do finální polohy v konstrukci. Krajní části budou usazeny na prefabrikované příčníky spočívající na prvcích spodní stavby. V této fázi proběhne betonáž spřahovací desky a příčníků. Před betonáží budou usazeny v příčných ocelové kanálky pro protažení kabelů spojitosti.



Obrázek 34: Fáze 3

FÁZE 4 - stáří nosníků 95 dní, stáří desky 5 dní - fáze dodatečného předepnutí kabelů spojitosti. V tento okamžik začíná působit plný průřez se spřaženou deskou.



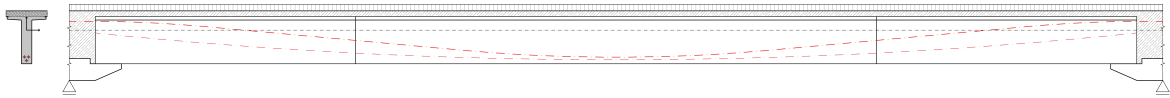
Obrázek 35: Fáze 4

FÁZE 5 - stáří nosníků 120 dní, stáří desky 30 dní vnesení ostatního stálého zatížení.

FÁZE 6 - stáří nosníků 150 dní, stáří desky 60 dní - uvedení mostní konstrukce do provozu, tedy počátek působení zatížení dopravou.

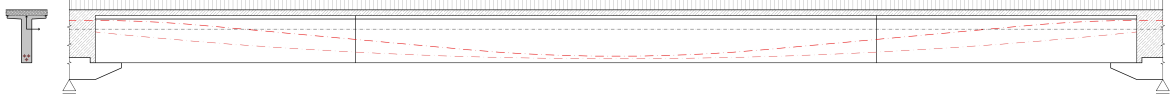
FÁZE 7 - stáří nosníků 36500 dní, stáří desky 36410 dní - konec životnosti mostu.

F5(120) – APLIKACE OSTATNÍHO STÁLEHO ZATÍŽENÍ



Obrázek 36: Fáze 5

F6(150) – UVEDENÍ DO PROVOZU, PŮSOBENÍ PROMĚNNÉHO ZATÍŽENÍ DOPRAVOU



Obrázek 37: Fáze 6

16 Zatížení

16.1 Stálá zatížení

16.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha nosné konstrukce, tedy desky a prefabrikovaných nosníků, jsou počítána ve výpočetním programu dle zadaného průřezu a objemové tíhy, která pro beton činí $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Plocha jednoho prefabrikovaného nosníku je:

$$A_{nos} = 0,845 \text{ m}^2$$

Vlastní tíha poté činí:

$$f_{nos} = 21,125 \text{ kN/m}$$

Plocha desky nad jedním nosníkem je:

$$A_{des} = 0,3476 \text{ m}^2$$

Vlastní tíha poté činí:

$$f_{des} = 8,690 \text{ kN/m}$$

16.1.2 Ostatní stálé zatížení

Mezi ostatní stálé zatížení je zařazeno zatížení od vlastní tíhy železobetonových říms, liniové zatížení způsobené vlastní tíhou svodidel a zábradlí a vozovkové souvrství.

Zatížení římsou:

Plocha levé římsy:

$$A_{lr} = 0,710 \text{ m}^2$$

Zatížení levou římsou:

$$f_{lr} = 17,750 \text{ kN/m}$$

Plocha pravé římsy:

$$A_{pr} = 0,661 \text{ m}^2$$

Zatížení pravou římsou:

$$f_{pr} = 16,525 \text{ kN/m}$$

Zatížení svodidlem/zábradlím:

Liniové zatížení svodidlem/zábradlím:

$$f_{sv,za} = 1 \text{ kN/m}$$

Zatížení vozovkovým souvrstvím:

Na mostě je navržena dvouvrstvá vozovka tloušťky 90 mm.

K tloušťce je přidáno ve výpočtu dodatečných 20% z důvodu nejistoty.

Objemová hmotnost je uvažována

$$\gamma_{voz} = 26 \text{ kN/m}^3$$

Tloušťka vozovkového souvrství:

$$Tl_{voz} = 0,09 * 1,2 = 0,108 \text{ m}$$

Zatížení vozovkovým souvrstvím:

$$f_{voz} = 2,808 \text{ kN/m}^2$$

16.2 Proměnná zatížení

Z důvodu předběžného návrhu konstrukce bude z proměnných zatížení uvažováno zatížení dopravou a složkami rovnoměrného a nerovnoměrného zatížení teplotou.

16.2.1 Zatížení dopravou

Ze zatížení dopravou bude analyzováno zatížení modelem LM1. Model LM1 se skládá z bodových¹⁶ nápravových sil a rovnoměrného zatížení.

Zatížení bude rozmístěno do extrémních poloh, které vyvodí maximální účinky zatížení. V případě systému UDL budou pro maximální moment uprostřed rozpětí druhé a čtvrté pole, tedy nebudou uvažovány odlehčující účinky. Nápravové síly TS budou umístěny dle Winklerova kritéria do polohy vyvolující maximální zatížení. Budou vyšetřeny tři polohy s předpokládanými nejvyššími účinky - především snaha maximálně zatížit krajní nosníky u obou stran z důvodu rozdílných šířek železobetonových říms.

16.2.2 Zatížení teplotou

Stavba je lokalizována u města Trutnov v Královéhradeckém kraji blízko ke státním hranicím s Polskem. Dle normy ČSN EN 1991-1-5 bylo poté určeno z příslušných izo-term:

Rovnoměrná složka teploty

Výchozí teplota prvku byla uvažována:

$$T_0 = 10^\circ\text{C}$$

Hodnoty maximální teploty vzduchu ve stínu:

$$T_{max} = 36,1; 38^\circ\text{C}$$

Hodnoty minimální teploty vzduchu ve stínu:

$$T_{min} = -30,1; -32^\circ\text{C}$$

Pro konstrukci typu 3¹⁷ byly určeny následující hodnoty:

Maximální rovnoměrná složka teploty mostu:

$$T_{e,max} = 39^\circ\text{C}$$

Minimální rovnoměrná složka teploty mostu:

$$T_{e,min} = -25^\circ\text{C}$$

Charakteristická složka max. rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet prodloužení:

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 29^\circ\text{C}$$

Charakteristická složka max. rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet zkrácení:

$$\Delta T_{N,con} = T_{e,min} - T_0 = -35^\circ\text{C}$$

¹⁶Skutečně síly na kontaktní ploše 400x400 mm

Celkový rozsah rovnoměrné složky teploty mostu je pak:

$$\Delta T_N = T_{e,max} - T_{e,min} = 64^\circ C$$

Rozdílová složka teploty

Redukční součinitel odvozený z tloušťky mostního svršku:

Horní povrch teplejší než dolní: $k_{sur} = 0,76$

Dolní povrch teplejší než horní: $k_{sur} = 1$

Doporučené hodnoty lineárních rozdílových složek teploty pro most z betonových nosníků:

Horní povrch teplejší než dolní: $\Delta T_{M,heat} = 15 * 0.76 = 11,4^\circ C$

Dolní povrch teplejší než horní: $\Delta T_{M,cool} = 8^\circ C$

17 Výpočet součinitelů příčného roznosu

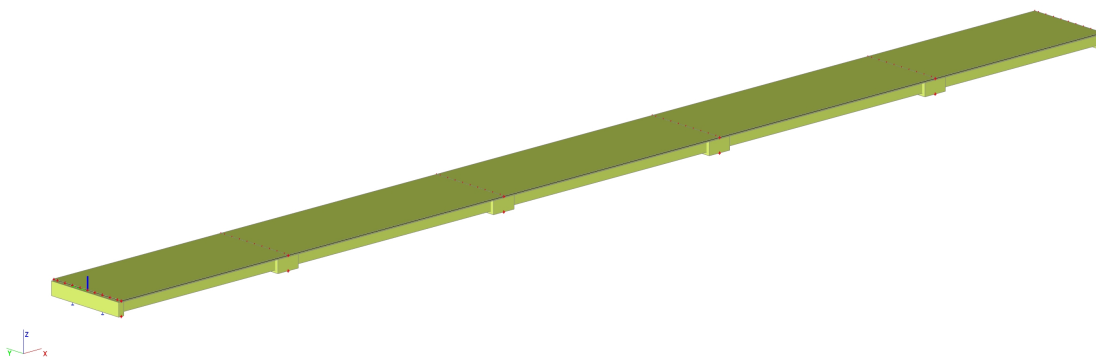
Výpočet příčného roznosu je nutný z důvodu stanovení nejnamáhanějšího nosníku v konstrukci. Nosníky nejsou namáhány stejně z důvodu spřažení s deskou, jejíž tuhost neumožňuje roznášení zatížení shodně do každého z nosníků. Nosníky jsou proto namáhány rozdílně vzhledem k umístění v konstrukci. Příkladem mohou být krajní nosníky, které přenášejí větší část zatížení římsami, nedostane se jim ale většího zatížení od dopravy.

Nosníky začínají působit společně až po vytvrnutí železobetonové spřahovací desky, součinitele příčného roznosu budou proto určeny až pro ostatní stálé zatížení a zatížení dopravou.

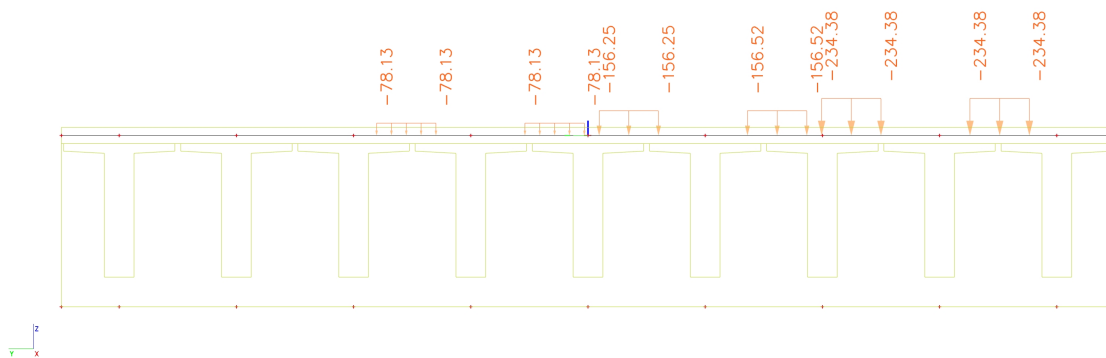
Konstrukce byla vymodelována jako deska s žebry, jednotlivá žebra jsou pak průřezy s vlastnostmi prefabrikovaných nosníků. Poté byly vytvořeny jednotlivé zatěžovací stavy, tedy stav zatížení ostatním stálým zatížením, stav zatížení dopravou - modelem LM1, přičemž rovnoměrné zatížení a zatížení nápravovými silami byla aplikována samostatně, vždy do polohy vyvolávající nejvyšší účinky. Dále bylo aplikováno zatížení teplotou - rovnoměrné a nerovnoměrné. Nosníky jsou vzhledem k šířce monolitické spřahující desky rozmístěny symetricky, vzhledem k rozdílné šířce monolitických říms ale nelze považovat konstrukci za symetrickou, součinitele pro příčný roznos budou proto určeny v celém rozsahu.

17.1 Rozmístění zatížení v příčném směru

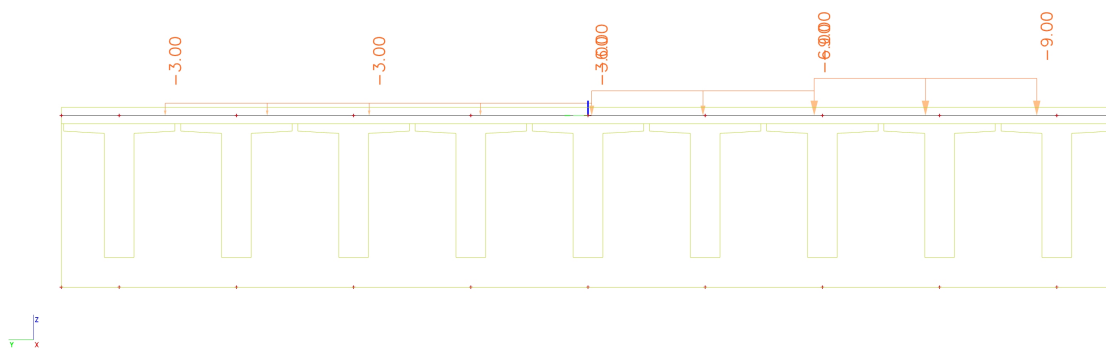
Na obrázcích 39 a 40 je vidět snaha umístění zatížení do polohy možného nejvyššího zatížení krajního nosníku. V podélném směru byla zatížení umístěna taktéž do kritických poloh.



Obrázek 38: Model pro stanovení příčného roznosu



Obrázek 39: Příklad umístění nápravových sil k pravému kraji



Obrázek 40: Příklad umístění rovnoměrného zatížení k pravému kraji

nosník	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	Σ
ost. st.	543	399	295	242	226	241	290	387	518	3140
LM1 TS1	636	752	799	696	614	463	351	233	161	4705
LM1 TS2	144	211	319	436	590	679	812	785	730	4705
LM1 TS3	353	451	565	645	738	694	594	391	280	4710
LM1 UDL1	614	646	655	629	579	521	465	415	371	4895
LM1 UDL2	344	393	447	506	568	627	667	678	666	4895
LM1 UDL3	401	464	532	594	635	640	606	545	480	4898

Tabulka 7: Tabulka momentů uprostřed rozpětí

nosník	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9
ost. st.	0.173	0.127	0.094	0.077	0.072	0.077	0.093	0.123	0.165
LM1 TS1	0.135	0.160	0.170	0.148	0.130	0.098	0.075	0.050	0.034
LM1 TS2	0.031	0.045	0.068	0.093	0.125	0.144	0.173	0.167	0.155
LM1 TS3	0.075	0.096	0.120	0.137	0.157	0.147	0.126	0.083	0.059
LM1 UDL1	0.125	0.132	0.134	0.129	0.118	0.106	0.095	0.085	0.076
LM1 UDL2	0.070	0.080	0.091	0.103	0.116	0.128	0.136	0.138	0.136
LM1 UDL3	0.082	0.095	0.109	0.121	0.130	0.131	0.124	0.111	0.098

Tabulka 8: Tabulka součinitelů příčného roznosu

17.2 Výpočet součinitele příčného roznosu a určení nejzatíženějšího nosníku

Z tabulky 8 se dá odhadnout nejzatíženější nosník, kterým bude pravděpodobně krajní nosník N9 - není zde dosaženo maxima žádných z uvažovaných zatížení, v součtu budou však pravděpodobně účinky zatížení maximální. Tento odhad bude ověřen přenásobením celkových účinků zatížení jednotlivými součiniteli a sečtením těchto účinků. Výpočtem bude poté ověřen pouze nejzatíženější nosník.

Analogicky byl součinitel příčného roznosu stanoven pro průřez nad podporou, hodnoty pro nejzatíženější nosník jsou: 0,206 pro ostatní stálé zatížení, 0,164 pro zatížení nápravovými silami a 0,136 pro zatížení rovnoměrným zatížením od dopravy.

Celkové účinky zatížení budou stanoveny na prutovém modelu. Zatížení z modelu pro příčný roznos bude sečteno po šířce mostu a aplikováno na prutový model. Zatížení dopravou bude vyhodnoceno pojezdem jednotkovou silou společně s modelem zatížení LM1.

18 Působící vnitřní síly

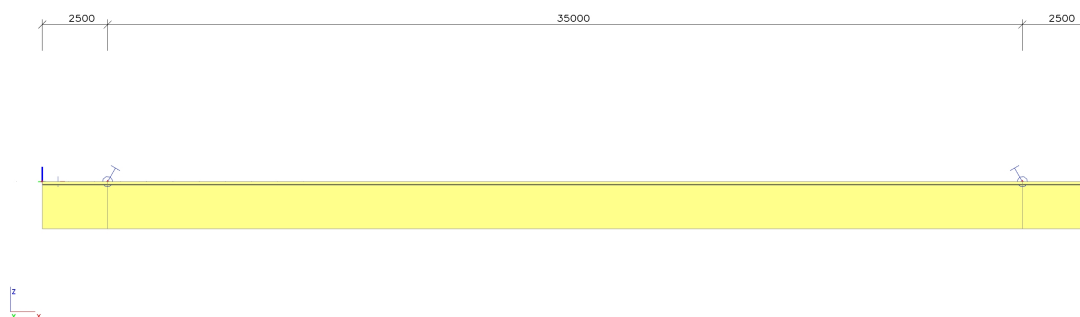
V tomto oddílu jsou vyčísleny vnitřní síly pro průřez uprostřed rozpětí s příslušným součinitelem roznosu. Analogicky byla vypočtena namáhání pro průřez nad podporou.

18.1 Vnitřní síly od stálého zatížení

18.1.1 Namáhání od vlastní tíhy

Namáhání od vlastní tíhy bude stanoveno pro více fází. Fáze působení jsou přehledně popsány v kapitole 15. Namáhání nosníku je rozdílné napříč těmito fázemi. Budou analyzovány vnitřní síly především ve fázích: FÁZE 2 - spojení nosníků předpínacím kabelem a manipulace, FÁZE 3 - usazení na dodatečné podpory a betonáž monolitické desky, FÁZE 4 - odstranění montážních podpor. Rozdíl fází je především v rozmístění podpor v rámci nosníku, který působí nejdříve samostatně, poté spolupůsobí se spřahující deskou.

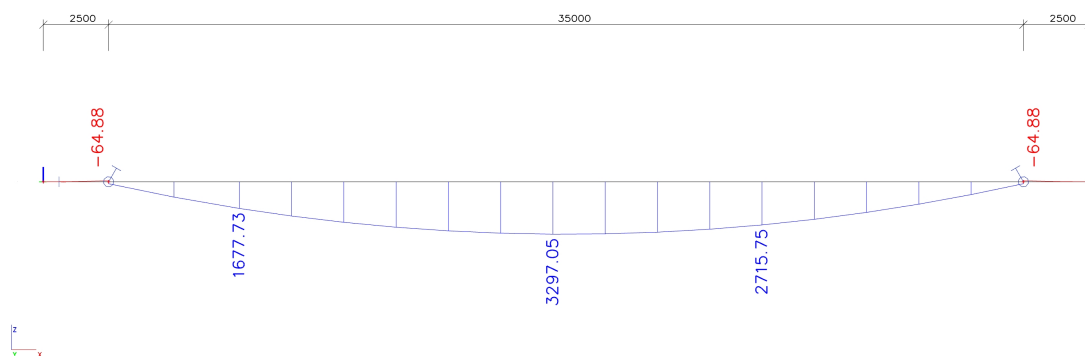
Namáhání ve FÁZI 2 - Ve fázi 2 proběhne spojení tří částí nosníku dodatečně předepnutým kabelem. Mimo celkovou analýzu nejnamáhanějších částí nosníku je důležité dosažení tlakové rezervy v kontaktních spárách částí nosníku. Manipulační úchyty jsou navrženy 2,5 metru od krajů 40 metrového nosníku, poloha kontaktních spár je 10 metrů od krajů nosníku. Závěsy jsou navrženy v natočení 30° od svislé osy.



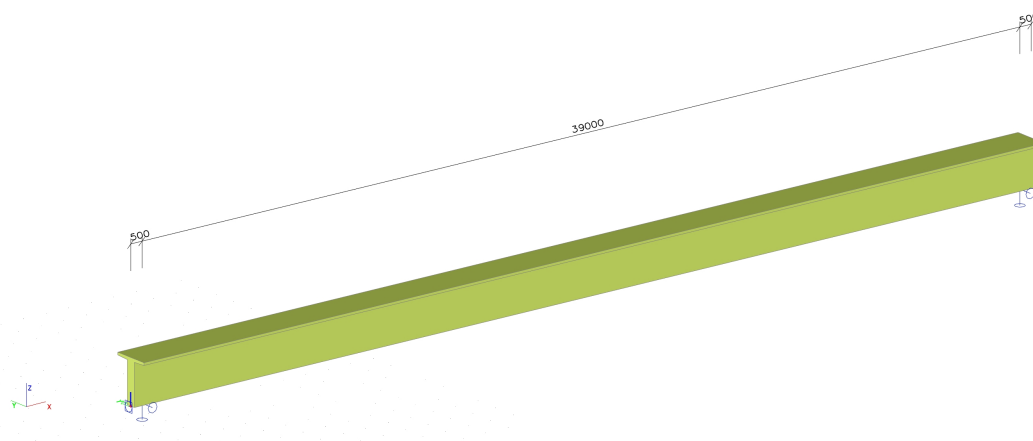
Obrázek 41: Prefabrikovaný nosník - model manipulace - F2

Namáhání ve FÁZI 3 - Ve fázi 3 je nosník usazen na krajní, definitivní podpory. Působí zde zároveň vlastní tíha a zatížení čerstvým betonem betonové desky - objemová tíha čerstvého betonu činí 26 kN/m^3 .

Namáhání ve FÁZI 4 - Ve fázi 4 začíná spolupůsobit monolitická deska s nosníky. Po předepnutí kabelů spojitosti jsou odstraněny dočasné montážní podpory. Statické schema se již po této fázi nemění.

Obrázek 42: Moment M_y od vlastní tíhy - F2

Obrázek 43: Normálová síla od vlastní tíhy - F2

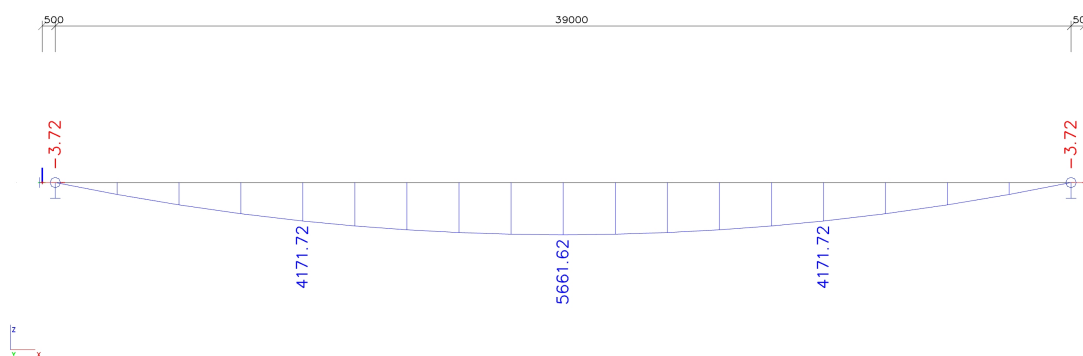
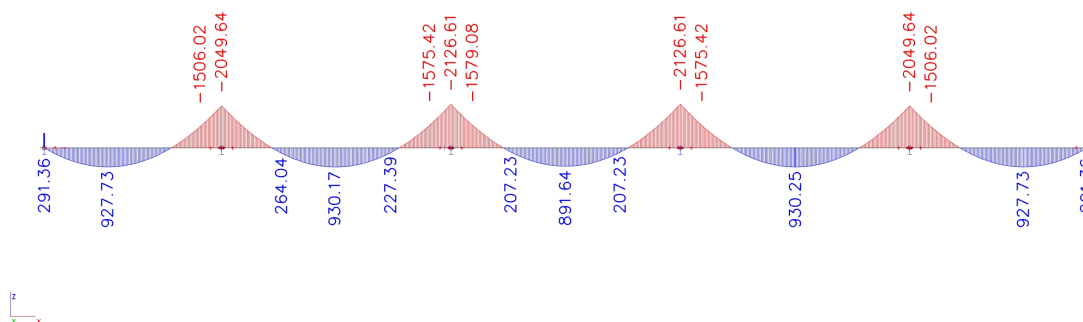


Obrázek 44: Prefabrikovaný nosník model - F3

18.1.2 Namáhání od ostatního stálého zatížení - vneseno ve fázi 4

Tyto hodnoty byly určeny na prutovém modelu pro ostatní stálé zatížení v celé šířce mostu:

Po přenásobení součinitelem příčného roznosu hodnoty 0,165 vychází maximální

Obrázek 45: Moment M_y od vlastní tíhy - F3Obrázek 46: Moment M_y od ostatního stálého zatížení na celý most

ohybový moment $M_{y,ost} = 930,17kNm$

18.2 Vnitřní síly od proměnného zatížení

18.2.1 Vnitřní síly od zatížení dopravou

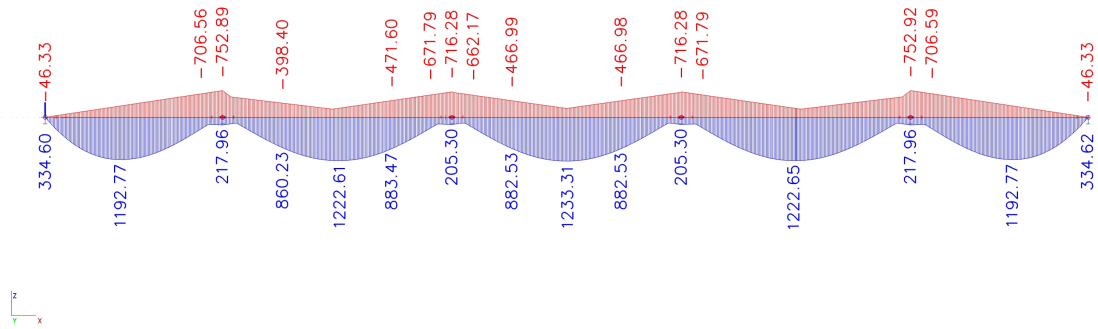
Pro spojitý nosník byly získány následující hodnoty ohybového momentu M_y :

Pro získání maximálních vnitřních sil působících na jeden nosník je třeba přenásobit hodnoty součinitelem příčného roznosu, který z předchozí kapitoly v tabulce 8 je roven hodnotě 0,155 pro nápravové síly TS a hodnotě 0,136 pro rovnoměrné zatížení UDL.

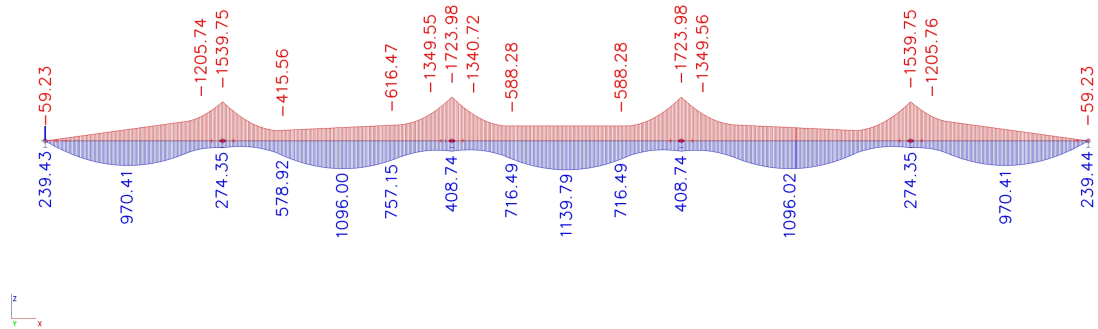
Výsledné hodnoty momentu M_y jsou rovny: $M_{y,TS} = 1233,31kNm$,
 $M_{y,UDL} = 1139,79kNm$, $\sum M_{y,LM1} = 2373,1kNm$.

18.2.2 Vnitřní síly od zatížení teplotou

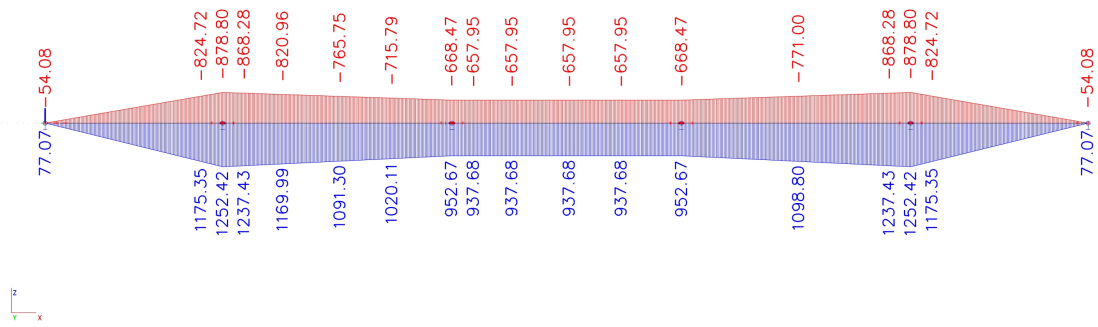
Nerovnoměrné teplotní zatížení - ohřátí či ochlazení jednoho z povrchů působí následující ohybové momenty:



Obrázek 47: Moment M_y od nápravových sil TS



Obrázek 48: Moment M_y od rovnoměrného zatížení UDL



Obrázek 49: Moment M_y od nerovnoměrného zatížení teplotou

18.3 Souhrn vnitřních sil

Pro přehlednost jsou působící ohybové momenty seskupeny do následující tabulky:

Zatížení	$M_y [kNm]$
vlastní tíha F2	3297,05
vlastní tíha F3	5561,62
ost. st.	930,17
LM1	2373,1
teplota - horní povrch teplejší	1091,30
teplota - dolní povrch teplejší	-878,80

Tabulka 9: Souhrnná tabulka působících ohybových momentů uprostřed rozpětí

19 Předběžný návrh předpětí

Předpínání bude provedeno patentovaným předpínacím systémem předních dodavatelů předpínaného betonu. Při navrhování bude vycházeno především z podkladů těchto dodavatelů. [24] [25]

Pro předpětí byla zvolena sedmidrátová lana průměru 15,7mm o ploše 150 mm². Lana budou dále skládána do kabelů, dle počtu lan v kabelu bude zvolen kanálek pro vedení předpínací výztuže.

Předpětí je navrženo v následujícím sledu dvou kroků:

V **kroku 1** je předepnutý samotný prefabrikovaný nosník dvěma předpínacími kabely, kabely jsou napínány dodatečně. Vedení kabelu je parabolické s proměnnou excentricitou vzhledem k těžišti nosníku. Předpětí v kroku 1 je dimenzováno na manipulační zatížení nosníku, sepnutí tří částí nosníku do jednoho celistvého prvku a zatížení monolitickou deskou. Toto předpětí hraje významnou roli ve fázích 2 a 3 působení konstrukce. Předpětí kroku 1 je plánováno na čas 60 dní stáří prefabrikovaných nosníků. Analyzován bude stav fáze 2, tedy stav manipulace s nosníkem a stav fáze 3, stav zatížení prefabrikovaného nosníku čerstvým betonem monolitické spřahující desky mostovky.

V **kroku 2** jsou předepnuty dodatečné kabely spojitosti. Kabely spojitosti jsou vedeny s ohledem na geometrické uspořádání konstrukce a finální namáhání. V kroku předpětí kabelů spojitosti je již vybetonována spřahující deska, která spolupůsobí se spřahenými nosníky. Předpětí kroku 2 je plánováno na čas 95 dní stáří prefabrikovaných nosníků, stáří desky je v tuto chvíli 5 dní.

19.1 Obecný výpočet napětí na průřezu

Napětí v průřezu je souhrn napětí od vnějšího zatížení a účinků předpětí. Účinky předpětí vznikají primární a sekundární, přičemž primární účinky jsou staticky určité, sekundární účinky vznikají na konstrukcích, kterým je bráněno ve volné deformaci od předpětí. V **kroku 1** vznikají pouze primární staticky určité účinky, v **kroku 2** vznikají i účinky sekundární.

Výpočet napětí na nosníku probíhá podle vzorce:

$$\sigma = \frac{M_f \cdot z}{I_y} + \frac{N_p}{A_c} + \frac{M_{pp} \cdot z}{I_y};$$

kde:

M_f = moment od vnějšího zatížení

N_p = normálová síla od předpětí

M_{pp} = moment od předpětí, $M_{pp} = N_p \cdot z_p$

z_p = vzdálenost těžiště předpínacího kabelu a těžiště průřezu

A_c = plocha průřezu

I_y = moment setrvačnosti k příslušné ose

z = z - ová souřadnice příslušných vláken

19.2 Ztráty předpětí

Ztráty budou při předběžném návrhu předpětí odhadnuty. Krátkodobé a dlouhodobé ztráty budou vyčísleny následovně:

Okamžité ztráty: **10%**

Ztráty ve fázi betonáže desky mostovky: **15%**

Ztráty v okamžik uvedení do provozu: **20%**

Ztráty na konci životnosti: **25%**

19.3 Předběžný návrh předpětí

V tomto kroku bude navrženo množství předpínací výztuže v nejvíce namáhaných průřezech. Výpočet bude proveden pro častou kombinaci zatížení. Hodnota sekundárního momentu od předpětí bude navržena jako 10-15% velikosti momentu nad podporou v časté kombinaci.

Hodnoty součinitelů pro častou kombinaci jsou rovny:

$\psi_1 = 0,75$ pro LM1 - TS

$\psi_1 = 0,40$ pro LM1 - UDL

$\psi_2 = 0,50$ pro zatížení teplotou

kombinační vzorec pro častou kombinaci je pak:

$$\sum = G_{k,j} + P + \psi_{1,1} * Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

Moment od časté kombinace zatížení pro průřez nad podporou činí:

$$M_{podp,cas} = -4376,37kNm, \Delta M_p = 10 - 15\%M_{podp,cas} = 547,04kNm$$

Následuje tabulka, obsahující parametry předpokládaného umístění předpínacích kabelů v průřezu současně s průřezovými charakteristikami v průřezu.

Hodnota/průřez		v poli		nad podporou
M_{casta}	kNm	5661.62	3405.147	-3829.327
$A_{c,i}$	m^2	0.845	1.193	3.192
I_{yn}	m^4	0.270	0.464	1.085
e_h	m	1.025	1.283	-1.010
w_h	m^3	0.263	0.362	-1.075
$e_{p,i}$	m	0.905	0.908	-0.690
$N_{p,i}$	kN	4654.317	2811.263	3729.864

Tabulka 10: Výpočet potřebné normálové síly v průřezu

V tabulce 15 byla za pomoci vzorce pro výpočet napětí na průřezu, kdy bylo za cíl dosáhnout nulového napětí na průřezu na konci životnosti, vypočtena potřebná hodnota normálové síly.

Na základě potřebné síly v předpínací výztuži a maximálního napětí v kabelu na konci životnosti, které je po 25% ztrátách 1107 MPa, lze určit potřebnou plochu výztuže.

Po výpočtu potřebné plochy předpínací výztuže byla zjištěna potřeba 44 lan pro průřez v poli a 23 lan pro nadpodporový průřez. Prefabrikované nosníky jsou napínány ve dvou krocích, bude proto počítáno s 2 kabely o 10 lanech v prvním kroku, v druhém kroku pak s 2 kabely po 12 lanech, tyto kabely druhého kroku budou kabely spojitosti, probíhají tedy i v nadpodporovém průřezu a pokrývají tamní potřebu předpínací výztuže.

20 Posouzení konstrukce

Posudek konstrukce na úrovni průřezu a zároveň optimalizace předpětí proběhne v programu IDEA StatiCa. Mostní konstrukce byla v programu zadána s ohledem na časové působení prvků a působení v konstrukci, stejně jako je zmíněno v oddílu 15.

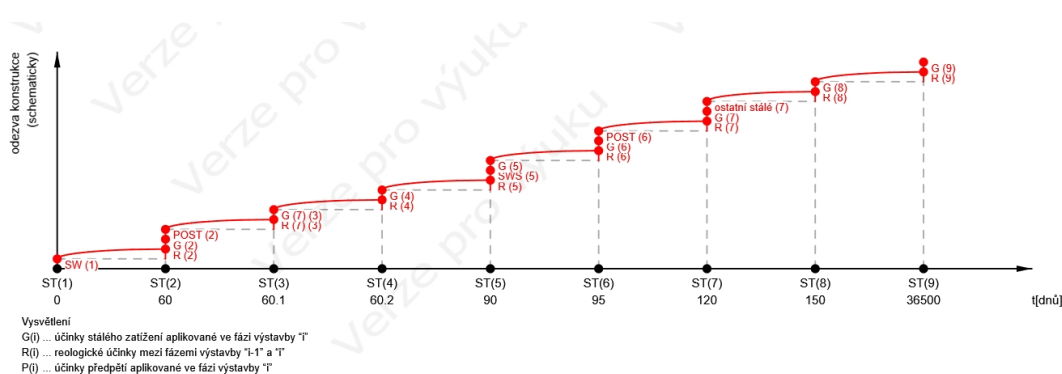
Konstrukce byla vymodelována jako spojitý nosník se zohledněním průřezů - prefabrikovaného nosníku, v pozdějším stádiu s monolitickou deskou, a monolitického příčnicku. Účinky zatížení byly naimportovány z modelu, který byl vytvořen v programu Scia Engineer. Na tento model bylo zadáno zatížení ostatní stálé, zatížení dopravou pomocí pojezdu jednotkovou silou spolu s zatěžovací sestavou a zatížení rovnoměrnou a nerovnoměrnou složkou teploty. Vypočtené vnitřní síly byly poté vyexportovány pomocí šablony do souboru XML a naimportovány do programu IDEA StatiCa. Zde byly rozděleny do kombinací a byly jim přiřazeny jednotlivé součinitele.

Jedná se o předběžný návrh konstrukce, posuzovány byly proto především stavy mezního stavu použitelnosti, tedy mezní stav omezení napětí a mezní stav omezení šířky trhlin. Dále byl ověřen požadavek dekomprese pro kvazistálou kombinaci.

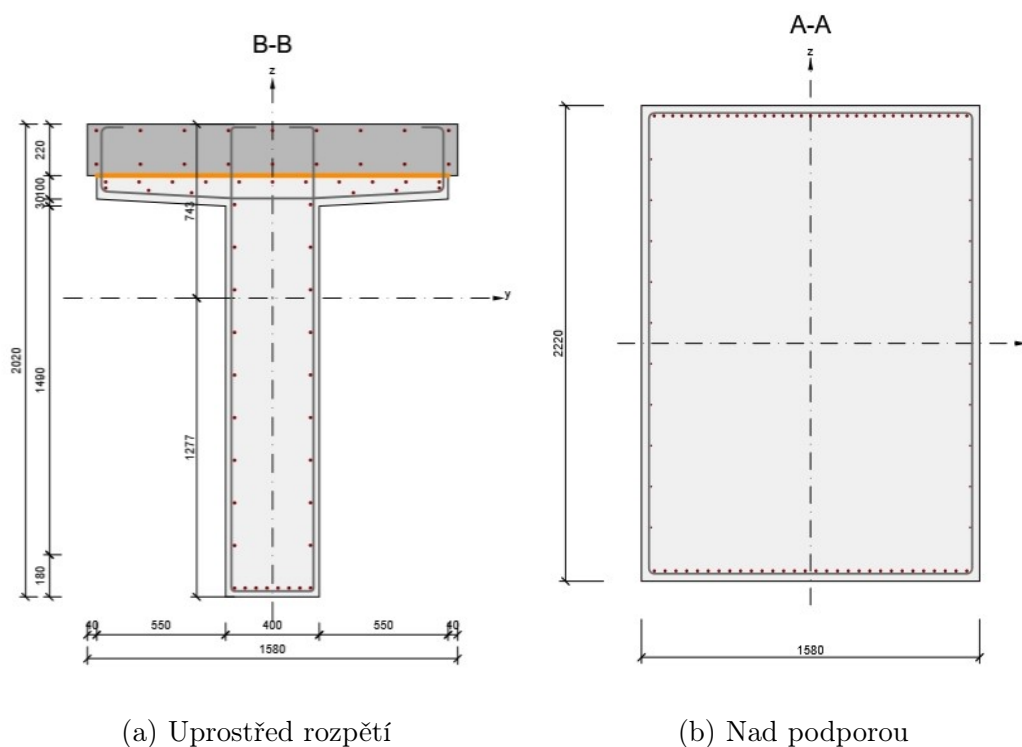
Pro účel ověření bylo použito dvou totožných modelů - jediný rozdíl byl v součiniteli příčného roznosu, který je pro průřez v poli a nad podporou rozdílný. Průřezy v poli a nad podporou byly proto ověřeny zvlášť na totožné konstrukci.

20.1 Parametry modelu konstrukce

Model konstrukce je zadán jako fázovaný, přičemž konstrukční prvky prochází každým podstatným zatěžovacím stavem a statickým působením. Posuzovanými fázemi jsou manipulace s prvkem, kdy působí jako prostý nosník, poté usazení na příčnicku a betonáž desky mostovky, kdy působí také jako prostý nosník. Poté dochází k předpínání dodatečných kabelů spojitosti, odtud se statické schema již nemění. Časové působení prvků je příkladně vidět na časové ose:



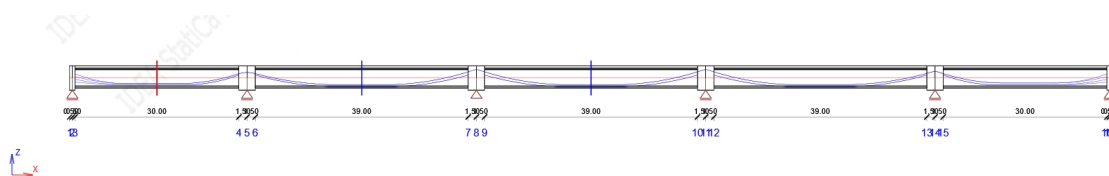
Obrázek 50: Časová osa působení prvků v konstrukci a zatížení



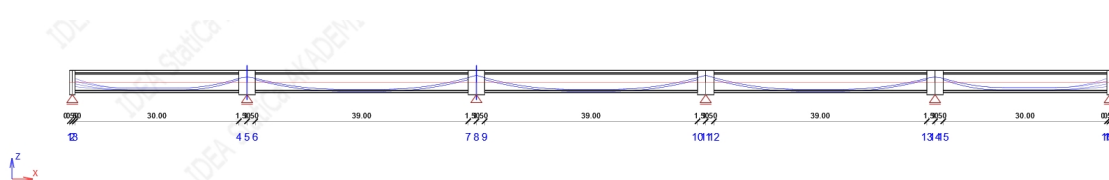
Obrázek 51: Vyztužené průřezy

20.2 Posuzované průřezy

Vyobrazení posuzovaných průřezů v konstrukci:



Obrázek 52: Posuzované průřezy prefabrikované konstrukce - v poli

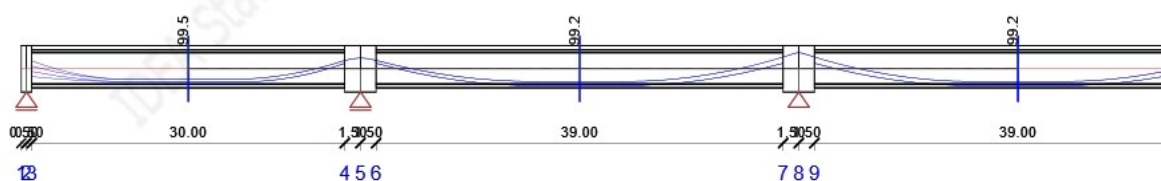


Obrázek 53: Posuzované průřezy prefabrikované konstrukce - nad podporou

20.3 Výsledky výpočtu

Výsledky výpočtu jsou rozděleny pro průřezy v poli a nad podporou:

Dle přiložených obrázků jde vidět, že konstrukce pro předběžný návrh vyhovuje ve všech průřezích a časech. Detailní posudek bude přiložen v příloze B.

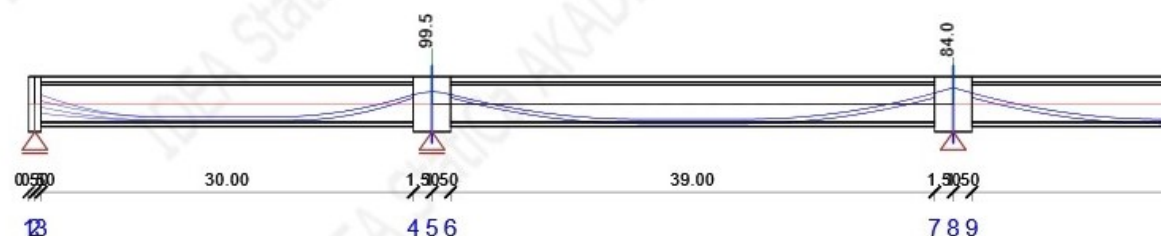


(a) Souhrnné zobrazení využití průřezů

Fáze výstavby	Typ posudku	Kombinace	Pozice	Hodnota [%]	Posudek
Přeprava M(3,15,6,9,12) (60.1d)	Omezení napětí	MSPCh ST(3)(41)	Řez 2 (16.00m)	98.8	OK
Dočasné podpory M(3,15,6,9,12) (60.2d)	Omezení napětí	MSP char ST(4) (42)	Řez 2 (16.00m)	99.2	OK
Betonáž spřažené desky M(3,15,6,9,12) (90.0d)	Omezení napětí	MSP char ST(5) (43)	Řez 6 (95.50m)	98.4	OK
Konečné podpory (95.0d)	Omezení napětí	MSP char ST(6) (44)	Řez 2 (16.00m)	99.5	OK
Ostatní stálé zatížení (120.0d)	Omezení napětí	MSP char ST(7) (46)	Řez 4 (53.50m)	96.5	OK
Doprava (150.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(8)(49)	Řez 4 (53.50m)	97.2	OK
Konec návrhové životnosti (36500.0d)	Omezení napětí	MSP char ST(9) (54)	Řez 6 (95.50m)	91.3	OK

(b) Souhrn posudku ve všech časových intervalech

Obrázek 54: Posudek průřezů v poli



(a) Souhrnné zobrazení využití průřezů

Fáze výstavby	Typ posudku	Kombinace	Pozice	Hodnota [%]	Posudek
Konečné podpory (95.0d)	Omezení napětí	MSP kvazi ST(6)(67)	Řez 3 (32.50m Vlevo)	99.5	OK
Ostatní stálé zatížení (120.0d)	Omezení napětí	MSP char ST(7)(40)	Řez 3 (32.50m Vpravo)	91.7	OK
Doprava (150.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(8)(89)	Řez 3 (32.50m Vpravo)	91.5	OK
Konec návrhové životnosti (36500.0d)	Omezení napětí	MSP char ST(9)(94)	Řez 3 (32.50m Vpravo)	84.1	OK

(b) Souhrn posudku ve všech časových intervalech

Obrázek 55: Posudek průřezů nad podporou

KONSTRUKCE 2 - MONOLITICKÁ

21 Popis konstrukce mostu

Překonávaná překážka je totožná jako u předchozího mostu, stejně tak dva navržené mosty stejné šířky, pro každý směr jeden most.

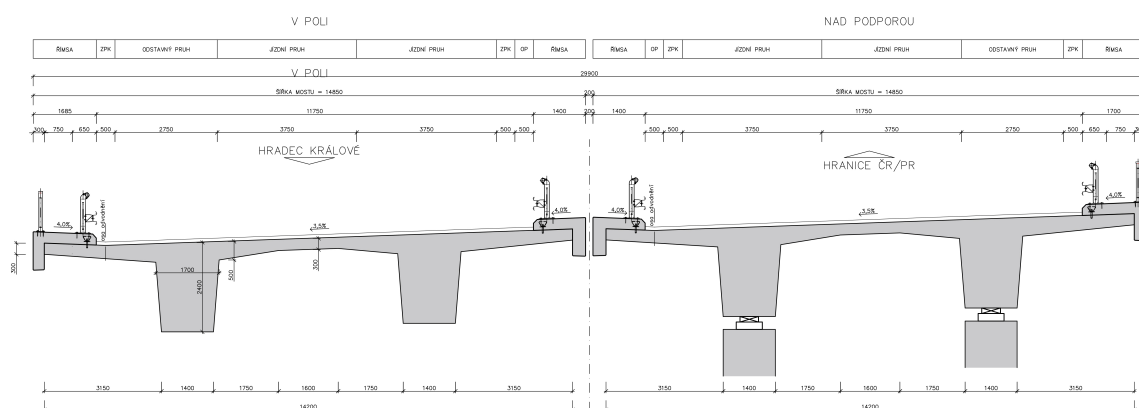
Jedná se o dvoutrámový most s konstantním průřezem. Most o pěti polích je projektován jako spojitý nosník, nosná konstrukce je monolitická dodatečně předepnutá.

22 Postup výpočtu

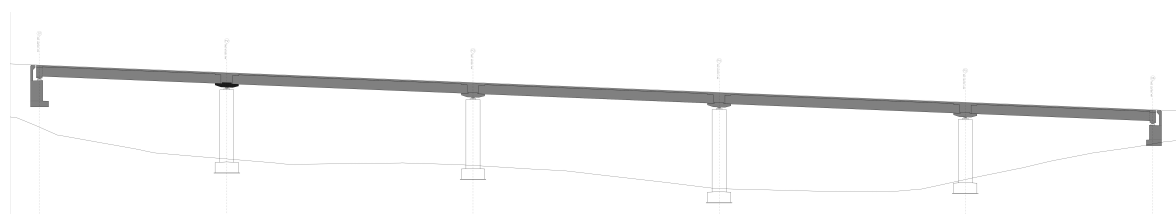
Výpočet je koncipován jako předběžný návrh konstrukce, postup návrhu je obdobný postupu návrhu předchozího mostu z prefabrikovaných nosníků.

23 Základní výkresová dokumentace

Pro přehlednost budou uvedeny základní schematické výkresy konstrukce - příčný a podélný řez.



Obrázek 56: Příčný řez



Obrázek 57: Podélný řez

24 Materiálové a průřezové charakteristiky

24.1 Beton

Veškeré prvky nosné konstrukce budou pro své působení využívat beton C30/37.

BETON

charakteristická pevnost v tlaku

průměrná válcová pevnost

návrhová pevnost v tlaku

průměrná pevnost v tahu

modul pružnosti

C30/37

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{cm} = 37 \text{ MPa}$

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

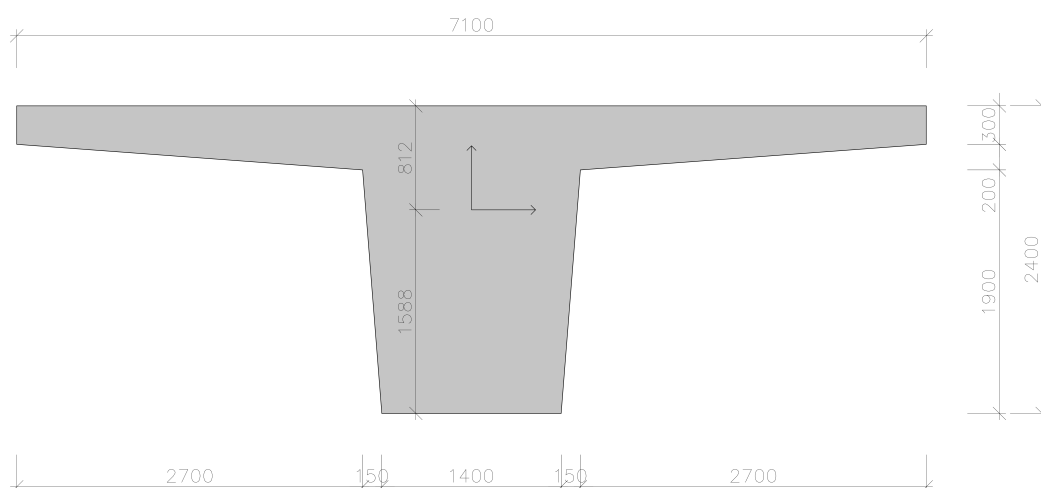
$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$

$E_{cm} = 32,84 \text{ GPa}$

materiálové charakteristiky v čase vnesení předpětí:

24.2 Předpínací výztuž

Předepnutí proběhne pomocí vysokopevnostních ocelových lan, počet lan v kabelu bude dále upřesněn.

24.3 Použité průřezy**24.3.1 Trámový průřez**

Obrázek 58: Trámový nosník

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

plocha průřezu

moment setrvačnosti k ose y

poloha těžiště vzhledem k horním vláknům

poloha těžiště vzhledem ke spodním vláknům

průřezový modul k horním vláknům

průřezový modul ke spodním vláknům

trámový nosník

$A_{c2} = 5,875 \text{ m}^2$

$I_{y2} = 3,070 \text{ m}^4$

$e_{d2} = -0,812 \text{ m}$

$e_{h2} = 1,588 \text{ m}$

$W_{h2} = -3,756 \text{ m}^3$

$W_{d2} = 1,940 \text{ m}^3$

25 Přehled časového působení

Jedná se o předběžný výpočet, postup výstavby proto nebude, například z důvodu předpínání, zohledněn v analýze. V rámci analýzy konstrukce bude analyzováno:

FÁZE 1 - *stáří betonu 5 dní* - fáze předepnutí kabelů, odbednění vybetonované konstrukce.

FÁZE 2 - *stáří betonu 35 dní* - vnesení ostatního stálého zatížení - tedy betonáž železobetonových říms, položení vozovkového souvrství a montáž veškerého mostního příslušenství.

FÁZE 3 - *stáří betonu 65 dní* - uvedení konstrukce do provozu - začátek působení zatížení dopravou.

FÁZE 4 - *stáří betonu 36500 dní* - konec životnosti mostní konstrukce.

26 Zatížení

26.1 Stálá zatížení

26.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha nosné konstrukce jsou počítána ve výpočetním programu dle zadaného průřezu a objemové tíhy, která pro beton činí $\gamma = 25kN/m^3$

Plocha průřezu:

$$A_{pr} = 11,669m^2$$

Vlastní tíha poté činí:

$$f_{nos} = 291,725kN/m$$

26.1.2 Ostatní stálé zatížení

Ostatní stálé zatížení je, z důvodu podobnosti příčných řezů a především šířkového uspořádání komunikace na mostě, totožné s prefabrikovaným variantním řešením.

26.2 Proměnná zatížení

Jsou uvažována totožná proměnná zatížení jako u prefabrikované konstrukce.

26.2.1 Zatížení dopravou

Je taktéž zvolen model zatížení LM1 - nápravové síly a rovnoměrné zatížení. Vzhledem k totožnému šířkovému uspořádání jsou v příčném směru zatěžovací sestavy rozmístěny obdobně. V podélném směru jsou taktéž umístěny do poloh vyvolávajících nejvyšší možné namáhání konstrukce.

26.2.2 Zatížení teplotou

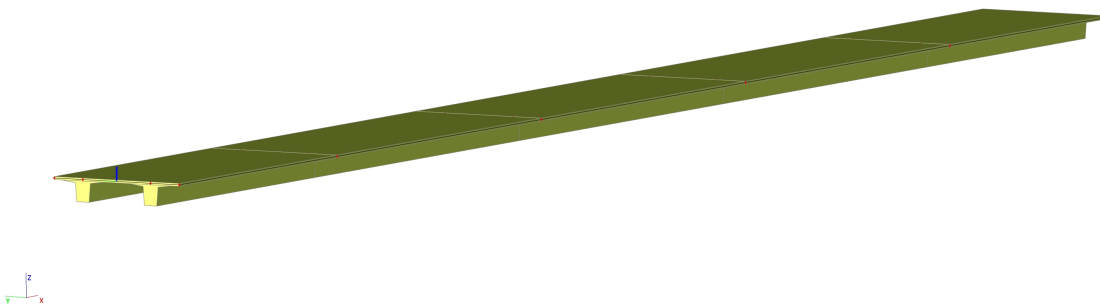
Konstrukce je stejného typu jako konstrukce prefabrikovaná, zatížení teplotou jsou tedy stejná.

27 Výpočet součinitelů příčného roznosu

Součinitele příčného roznosu budou stanoveny z důvodu určení poměru namáhání trámových nosníků.

V rámci dvoutrámové konstrukce předpokládám hodnotu součinitele příčného roznosu v rozmezí hodnot 0,5 a 0,8, záleží na roznášeném zatížení. Předpoklad bude ověřen výpočtem.

Výpočet bude proveden na modelu desky se žebry, přičemž žebra budou disponovat vlastnostmi trámů oddělených od desky. Analyzovány budou polohy zatížení s nejvyšší pravděpodobností nejnepříznivějších účinků - poloha maximálního zatížení levého trámu a poloha maximálního zatížení pravého trámu.



Obrázek 59: Model pro stanovení příčného roznosu

27.1 Výpočet součinitele příčného roznosu a určení nejzatíženějšího nosníku

V tabulce 12 jde vidět skoro rovnoměrné zatížení trámů ostatním stálým zatížením, zatížení dopravou ale může znatelně více zatěžovat pravý trám. Pravý trám je zatíženější z důvodu možnosti umístění dopravních pruhů blíže k okraji desky na pravé straně mostu vzhledem k menší šířce římsy.

Obdobně byl součinitel příčného roznosu stanoven pro nadpodporový průřez, hodnoty činí:

nosník	N1	N2	Σ
ost. st.	543	399	3140
LM1 TS1	636	752	4705
LM1 TS2	144	211	4705
LM1 UDL1	614	646	4895
LM1 UDL2	344	393	4895

Tabulka 11: Tabulka momentů uprostřed rozpětí

trám	N1	N2
ost. st.	0,507	0,493
LM1 TS1	0,598	0,413
LM1 TS2	0,282	0,718
LM1 UDL1	0,592	0,408
LM1 UDL2	0,389	0,611

Tabulka 12: Tabulka součinitelů příčného roznosu v poli

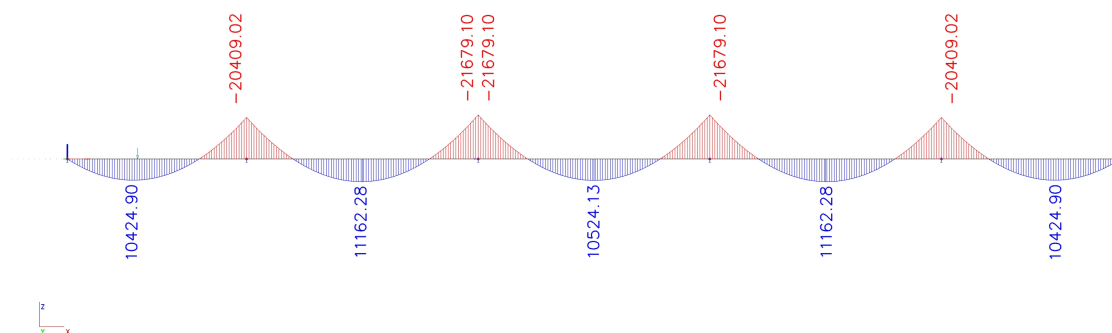
trám	N1	N2
ost. st.	0,507	0,493
LM1 TS1	0,759	0,241
LM1 TS2	0,176	0,824
LM1 UDL1	0,633	0,367
LM1 UDL2	0,339	0,661

Tabulka 13: Tabulka součinitelů příčného roznosu nad podporou

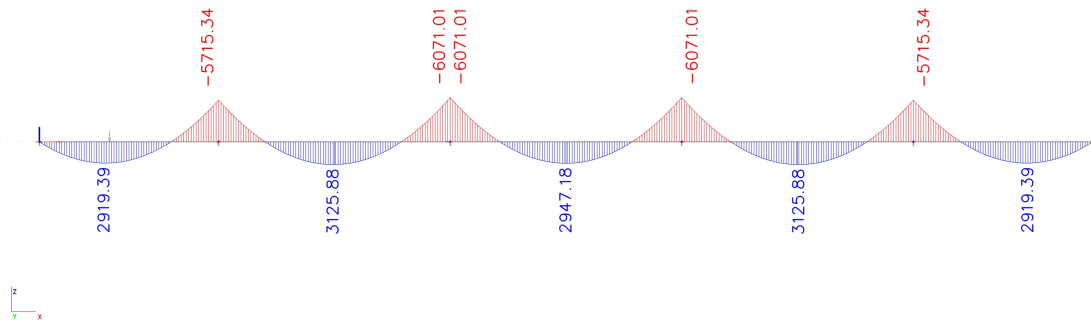
28 Působící vnitřní síly

28.1 Vnitřní síly od stálého zatížení

28.1.1 Namáhání od vlastní tíhy

Obrázek 60: Moment M_y od vlastní tíhy

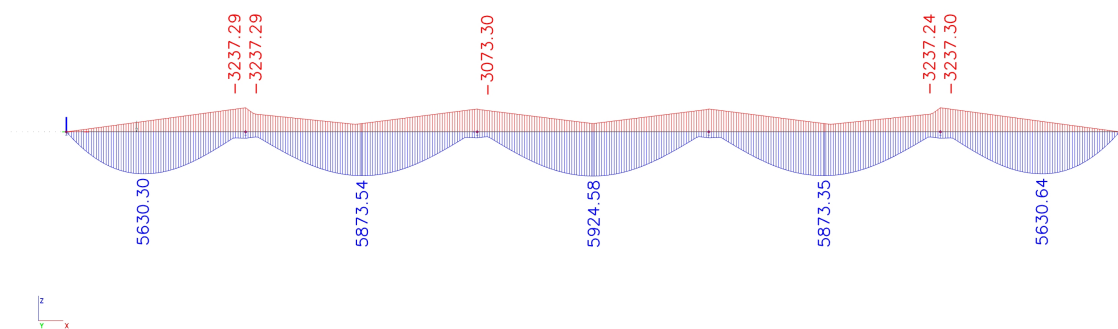
28.1.2 Namáhání od ostatního stálého zatížení



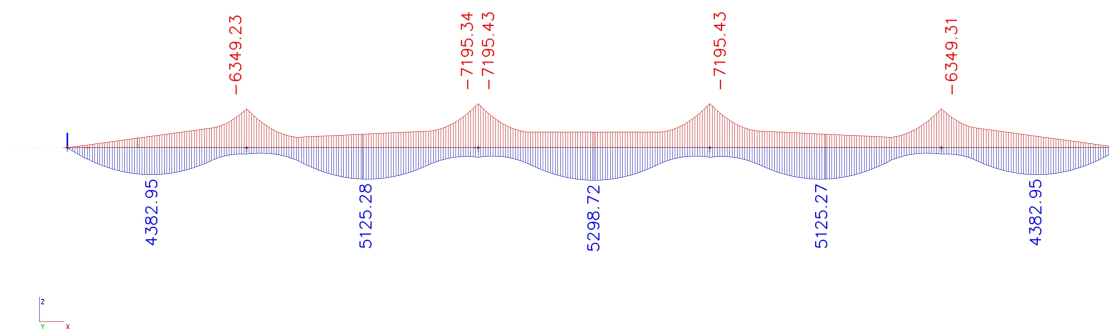
Obrázek 61: Moment M_y od ostatního stálého zatížení

28.2 Vnitřní síly od proměnného zatížení

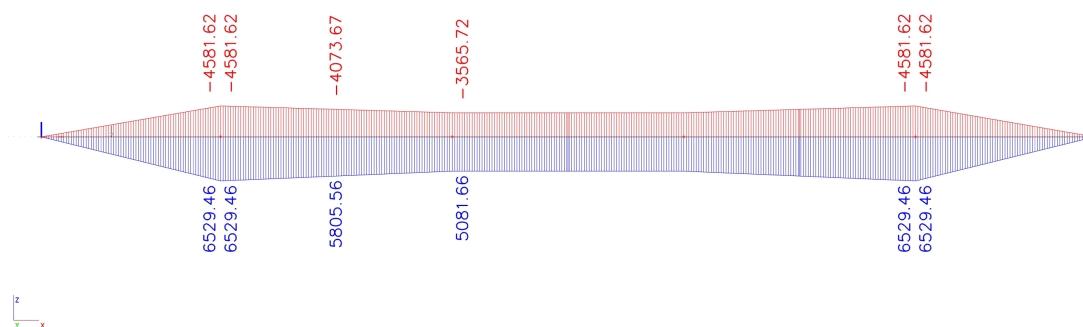
28.2.1 Namáhání od dopravy



Obrázek 62: Moment M_y od nápravových sil TS

Obrázek 63: Moment M_y od rovnoměrného zatížení UDL

28.2.2 Namáhání od teplotního zatížení

Obrázek 64: Moment M_y od nerovnoměrné složky teploty

28.3 Souhrn vnitřních sil

Souhrn vnitřních sil		
Zatížení	$M_{y,max}[kNm]$	$M_{y,min}[kNm]$
vlastní tíha	11162,28	-21679,10
ostatní stálé	3947,18	-6071,01
LM1 TS	5924,58	-3237,29
LM1 UDL	5298,72	-7195,43
teplotní zatížení	5805,56	-4581,62

Tabulka 14: Souhrnná tabulka působících ohybových momentů

29 Předběžný návrh předpětí

Předpínací systém bude použit totožný jako u návrhu prefabrikované varianty. Předběžný návrh předpětí slouží k prvotní představě o množství předpínací výztuže v průřezu a její přibližné poloze v místech extrémního zatížení.

29.1 Ztráty předpětí

Ztráty budou při předběžném návrhu předpětí odhadnuty. Krátkodobé a dlouhodobé ztráty budou vyčísleny následovně:

Okamžité ztráty: **10%**

Ztráty ve fázi vnesení ostatního stálého zatížení: **15%**

Ztráty v okamžik uvedení do provozu: **20%**

Ztráty na konci životnosti: **25%**

29.2 Předběžný návrh předpětí

V tomto kroku bude navrženo množství předpínací výztuže v nejvíce namáhaných průřezech. Výpočet bude proveden pro častou kombinaci zatížení. Hodnota sekundárního momentu od předpětí bude navržena jako 10-15% velikosti momentu nad podporou v časté kombinaci.

Hodnoty součinitelů pro častou kombinaci jsou rovny:

$\psi_1 = 0,75$ pro LM1 - TS

$\psi_1 = 0,40$ pro LM1 - UDL

$\psi_2 = 0,50$ pro zatížení teplotou

kombinační vzorec pro častou kombinaci je pak:

$$\sum = G_{k,j} + P + \psi_{1,1} * Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

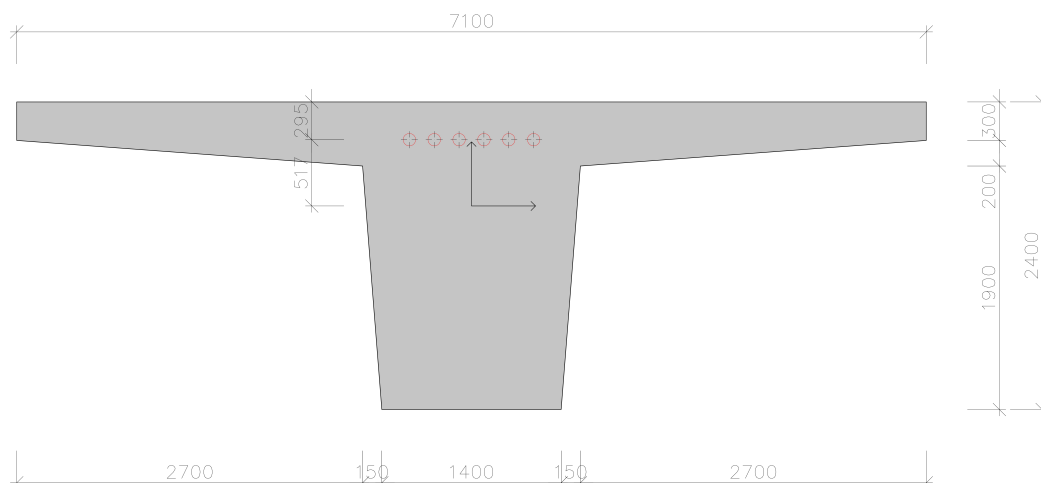
Moment od časté kombinace zatížení pro průřez nad podporou činí:

$$M_{podp,cas} = -25688,58 kNm, \Delta M_p = 10 - 15\% M_{podp,cas} = 3669,8 kNm$$

Následuje tabulka, obsahující parametry předpokládaného umístění předpínacích kabelů v průřezu současně s průřezovými charakteristikami v průřezu.

V tabulce 15 byla za pomoci vzorce pro výpočet napětí na průřezu, kdy bylo za cíl dosáhnout nulového napětí na průřezu na konci životnosti, vypočtena potřebná hodnota normálové síly.

Na základě potřebné síly v předpínací výztuži a maximálního napětí v kabelu na konci životnosti, které je po 25% ztrátách 1107 MPa, lze určit potřebnou plochu výztuže.



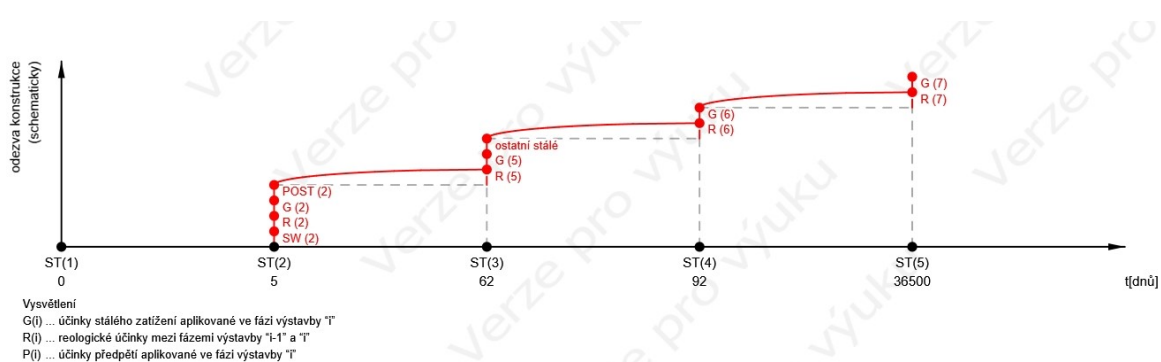
Obrázek 66: Poloha předpínacích kabelů v průřezu nad podporou

30 Posouzení konstrukce

Parametry posudku jsou shodné s posudkem prefabrikované konstrukce. Posuzované stavy jsou totožné - mezní stav omezení napětí a mezní stav omezení šířky trhlin spolu s požadavkem dekomprese při působení kvazistálé kombinace zatížení.

30.1 Parametry modelu konstrukce

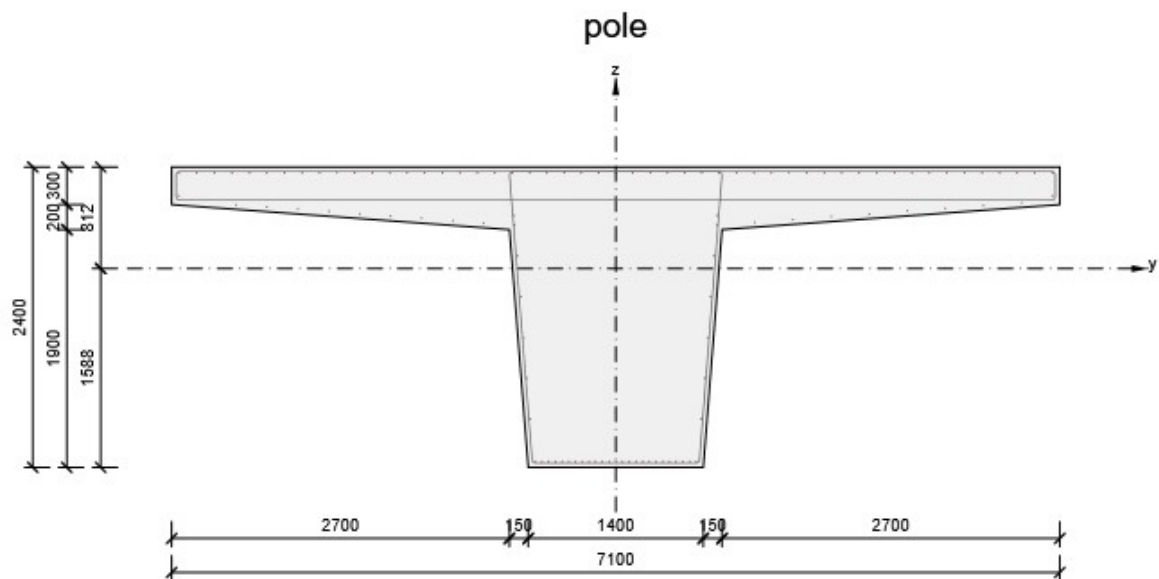
Model konstrukce je tvořen jedním ze dvou trámů s aplikací součinitelů příčného roznosu. Časová osa udává průběh působení zatížení v čase:



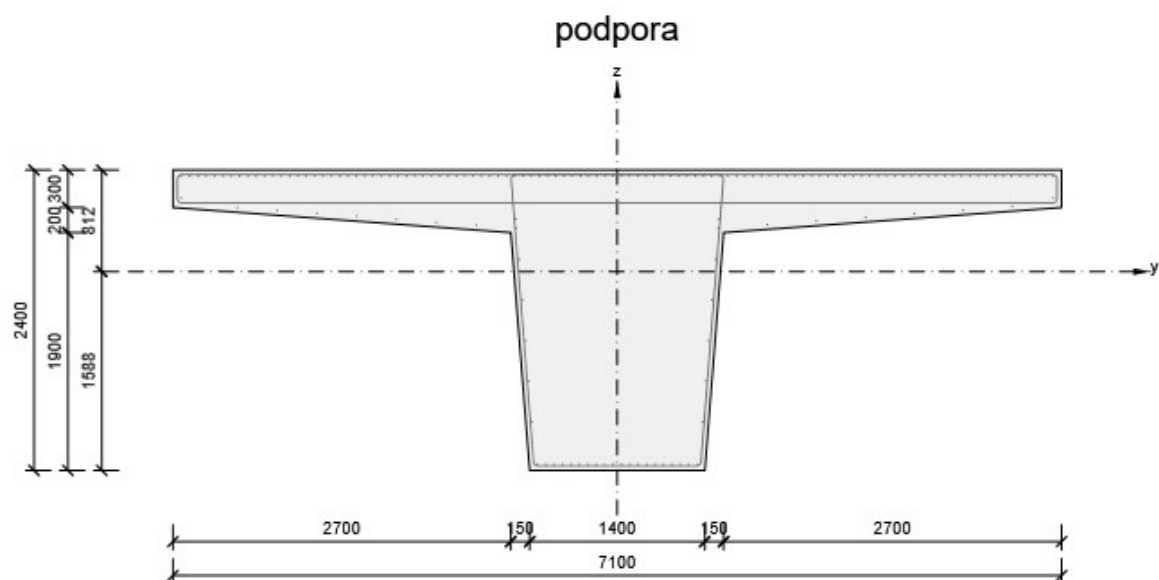
Obrázek 67: Časová osa působení prvků v konstrukci a zatížení

30.2 Posuzované průřezy

Vyobrazení posuzovaných průřezů v konstrukci:



(a) Uprostřed rozpětí



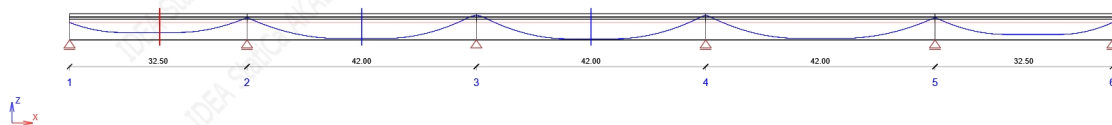
(b) Nad podporou

Obrázek 68: Vyztužené průřezy

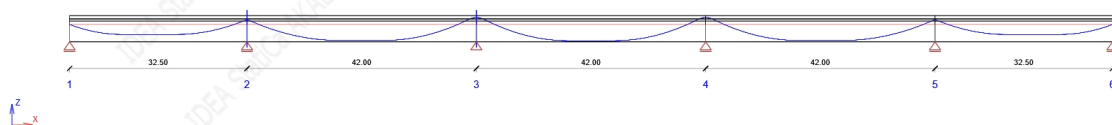
30.3 Výsledky výpočtu

Výsledky výpočtu jsou rozděleny pro průřezy v poli a nad podporou:

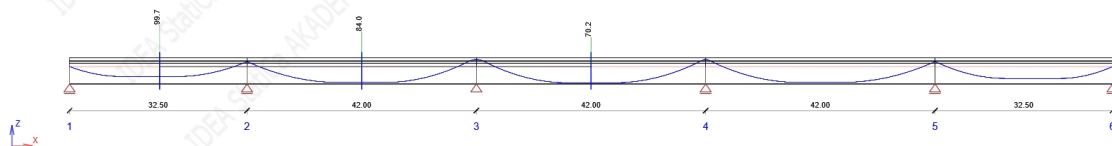
V posudku je vidět, že konstrukce vyhoví ve všech průřezích a etapách svého působení. Souhrnný detailní posudek bude přiložen v příloze C.



Obrázek 69: Posuzované průřezy monolitické konstrukce - v poli



Obrázek 70: Posuzované průřezy monolitické konstrukce - nad podporou

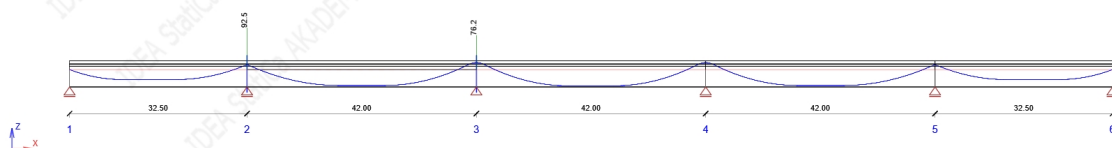


(a) Souhrnné zobrazení využití průřezů

Fáze výstavby	Typ posudku	Kombinace	Pozice	Hodnota [%]	Posudek
Dodatečné předpínání (5.0d)	Omezení napětí	MSPK ST(2)(65)	krajní pole (16.50m)	99.7	OK
Ostatní stálé zatížení (62.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(5)(31)	krajní pole (16.50m)	93.2	OK
Doprava (92.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(6)(41)	krajní pole (16.50m)	93.5	OK
Konec návrhové životnosti (36500.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(7)(34)	krajní pole (16.50m)	84.9	OK

(b) Souhrn posudku ve všech časových intervalech

Obrázek 71: Posudek průřezů v poli



(a) Souhrnné zobrazení využití průřezů

Fáze výstavby	Typ posudku	Kombinace	Pozice	Hodnota [%]	Posudek
Dodatečné předpínání (5.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(2) (22)	podpora1 (32.50m Vpravo)	92.5	OK
Ostatní stálé zatížení (62.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(5) (23)	podpora1 (32.50m Vpravo)	88.2	OK
Doprava (92.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(6) (99)	podpora1 (32.50m Vpravo)	88.1	OK
Konec návrhové životnosti (36500.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(7) (93)	podpora1 (32.50m Vpravo)	80.6	OK

(b) Souhrn posudku ve všech časových intervalech

Obrázek 72: Posudek průřezů nad podporou

31 Porovnání návrhů mostních konstrukcí

V úvodu práce byl stanoven cíl navrhnout konstrukce a porovnat je v různých oblastech. Porovnávány budou v oblastech ekonomických, ekologických a časových. Ekonomickou náročností se rozumí cena materiálů nosné konstrukce a odhad finanční náročnosti výstavby. Oblast ekologická bude porovnávat spotřebu materiálů a především jejich uhlíkovou zátěž, časové kritérium je pak možnost zatěžování konstrukce v rámci různých časových úseků.

Mostní konstrukce z prefabrikovaných nosníků U konstrukce z prefabrikovaných nosníků spřažených s monolitickou deskou bylo cílem snížit ekologickou náročnost, tedy použít betony se směsnými cementy, které obsahují méně ekologicky náročného slínku. Postup výstavby byl zvolen bez dodatečných podpor, což také vede k úspoře emisí - manipulace s podepřením si jistě vyžaduje dopravu, tedy spalování fosilních paliv. Systém výstavby prefabrikované konstrukce bez dodatečného dočasného podepření se zároveň jeví u prefabrikovaných konstrukcí z pohledu provádění jako nejlogičtější, prvky byly navrženy jako samonosné. Daní je v tomto případě působení v několika fázích - manipulace, usazení do finální polohy v konstrukci a betonáž spřahující desky - staticky nevýhodné působení. V těchto fázích konstrukce působí jako spojitý nosník, je tedy namáhána významnými ohybovými momenty. Dá se proto předpokládat větší spotřeba předpínací výztuže. Dále je vhodné zmínit nevhodnost předpínání předem, to z důvodu nízké pevnosti betonu v raných stádiích - prvky by musely po dlouhý časový úsek ležet ve výrobně na předpínací dráze před uvolněním předpětí. Celkové zhodnocení prefabrikované varianty bude tedy shrnuto takto:

Výhodou prefabrikace konstrukce je možnost výroby nosníků z betonů s cementy s pomalejším nárůstem pevnosti, sále pak eliminace skruže a ostatních podpůrných prvků v procesu výstavby. Nevýhodou může být pracnost časového plánování a větší spotřeba předpínací výztuže. Pro konstrukce tohoto typu a obdobného postupu výstavby je zvolený postup vhodný.

Mostní konstrukce monolitická Konstrukce monolitická by byla naopak stavěna tradičním způsobem - betonáží na skruži. Pro jednoduchost byl zaveden předpoklad kompletního podsružení a odbednění v jeden čas - v praxi by tento postup byl nevhodný i z důvodu potřeby velkého množství materiálu pro výstavbu skruže. Výstavba by proto byla rozdělena na etapy, přičemž předpínání by probíhalo postupně v rámci jednotlivých etap, oproti návrhu by se proto pravděpodobně zvýšilo množství předpínací výztuže. Konstrukce je efektivní

31.1 Ekonomické porovnání

Předpoklad ekonomické náročnosti je následující: v rámci materiálové náročnosti budou konstrukce v podobné rovině. To z důvodu nižší ceny betonu se směsnými cementy u konstrukce z prefabrikovaných nosníků, zde zároveň cenovou hladinu doplní mírně větší množství předpínací výztuže. V rámci spotřeb médií v procesu výstavby působí konstrukce monolitická jako tímto zatíženější z důvodu potřeby skruže.

Následují tabulky využitých hmot nosné konstrukce, uvedeno pro polovinu mostu:

výkaz materiálu					
C30/37		C35/45		Y1860S7 - 15.7	
[m ³]	[t]	[m ³]	[t]	[m]	[kg]
1391,71	3479,28	945,38	2363,45	6606,09	82755,00

Tabulka 16: Výkaz materiálu prefabrikované konstrukce

výkaz materiálu			
C30/37		Y1860S7 - 15.7	
[m ³]	[t]	[m]	[kg]
2244,25	5610,63	3076,98	68840,00

Tabulka 17: Výkaz materiálu monolitické konstrukce

Podle předpokladu porovnání hmot je spotřeba předpínací výztuže o něco vyšší u konstrukce z prefabrikovaných nosníků - stojí za to si povšimnout výrazného rozdílu v délkách použitých kabelů, ale snižující se mezery mezi konstrukcemi v kolonce hmotnosti předpínací výztuže - prefabrikovaná konstrukce spotřebuje daleko větší délku kabelů s méně lany. Pro představu rozdílu hmotností, 13915 kilogramů navíc u prefabrikované jsou přibližně pouhé tři předpínací kabely o devatenácti lanech navíc v konstrukci monolitické.

Spotřeby betonu se pohybují v podobných řádech, zde je dobré zmínit bezmála 60% zastoupení betonu s CEM II v prefabrikované konstrukci.

31.2 Ekologické porovnání

V rámci práce bylo hlavní sledovanou a posuzovanou oblastí možnost využití směsných cementů u mostních staveb, a to z důvodu nižší oblasti slínku, tedy nižší ekologické zátěži, více popsáno v části 1.3.

31.2.1 Spotřeba betonu a uhlíková zátěž

V této kategorii bude stanovena spotřeba betonu a jeho uhlíková zátěž. Tato oblast je v diplomové práci zásadní, práce míří na ověření možnosti nahrazení rychlovazných

portlandských cementů cementy směsnými. Z toho důvodu je tato kategorie rozhodující v celkovém výsledku ověření prvotní myšlenky. Důležité je upozornění, že je kalkulováno pouze s jedním, přestože majoritním, původcem, v celkové bilanci by bylo třeba zohlednit více faktorů, více v kapitole 1.3.

Důležité pro zhodnocení jsou vstupní parametry použitého betonu. Pro tento modelový příklad jsou parametry následující:

BETON:	C30/37
emise CO ₂ na 1t slínku:	923,00 [26] kg/t
obsah slínku v CEM I:	95,00 %
emise CO ₂ na 1t CEM I:	876,85 kg/t
obsah cementu v C30/37:	350,00 kg/m ³
emise CO ₂ na 1 m ³ C30/37:	306,89 kg/m ³
BETON:	C35/45
emise CO ₂ na 1t slínku:	923,00 kg/t
obsah slínku v CEM II:	60,00 %
emise CO ₂ na 1 t CEM II:	553,80 kg/t
obsah cementu v C35/45:	350,00 kg/m ³
emise CO ₂ na 1 m ³ C35/45:	193,83 kg/m ³

Konstrukce z prefabrikovaných nosníků	559,89 t
Monolitická konstrukce	688,75 t

Tabulka 18: Porovnání emisí CO₂ pro navržené konstrukce

Porovnání obou konstrukcí v tomto modelovém příkladě dopadlo takto:

Monolitická konstrukce s betonem s CEM I z hlediska slínku v betonu je původcem 688,75 tun CO₂. Konstrukce prefabrikovaná oproti tomu využívá z větší části beton s CEM II, kterého výroba je ekologicky přívětivější. Na celou konstrukci i přes mírně vyšší objem betonu připadá 559,89 tun CO₂.

Je třeba zmínit, že do doby nalezení alternativy CEM I s potřebnými vlastnostmi se nelze CEM I zcela zbavit. Dobrým příkladem tomu může být nutnost portlandský cement používat v cementové maltě používané pro injektáž kanálků předpínací výztuže vzhledem k požadované pevnosti a složení.

31.3 Časové hledisko výstavby alternativ

Prefabrikovaná konstrukce vyžaduje větší náročnost časové koordinace v oblasti prefabrikace nosníků. Naopak proces výstavby se jeví jako rychlejší z důvodu absence

většiny pomocných konstrukcí a nutnosti jejich koordinace a manipulace. Monolitická konstrukce je, předpokládám, naproti tomu stavebně pomalejší.

Závěr

Závěrem je třeba zmínit, které cíle byly v rámci práce nastaveny a okomentovat jejich dosažení.

Prvním cílem bylo analyzovat stav současného tlaku na navrhování konstrukcí s ohledem na životní prostředí, tento cíl byl v kapitole 1 splněn s ohledem na zadání.

Dalším cílem bylo rozebrat možnost navrhování různorodých konstrukčních částí mostních konstrukcí z betonů s pomalejším náběhem pevnosti. Kapitola 3 tuto problematiku podrobně rozebírá, na jejím konci v kapitole 8 je několik vybraných konstrukcí, které jsou s ohledem na analýzu konstrukcí hodnoceny.

Následující kapitola pokrývala cíl navrhnout konstrukce překonávající totožnou překážku dvěma způsoby - tradičním a z prefabrikovaných nosníků s betonem s CEM II. Tento cíl byl splněn, návrhy konstrukcí vyhovují.

Dále bych chtěl odkázat na kapitolu 31, ve které je porovnána ekologická náročnost jednotlivých konstrukcí vzhledem k spotřebě cementu a s ním spojených emisí CO₂.

Shrnutí práce: navrhování mostních konstrukcí z betonu s pomalejším nárůstem pevnosti je možné. Velkou roli zde hraje konstrukční systém a postup výstavby, kdy pro některé konstrukce a postupy je pomalejší nárůst pevnosti velkou překážkou.

Reference

- [1] <https://ccpi.org/>, 2023.
- [2] I. Research, “Uncertain times.” <https://www.cemnet.com/Articles/story/171972/uncertain-times.html>, Jan. 2022.
- [3] SVČR, “Data 2022.” https://www.svcement.cz/wp-content/uploads/2022/10/SVC_Data_2022.pdf, Oct. 2022.
- [4] Cembureau, “Cementing the european green deal.” https://cembureau.eu/media/kuxd32gi/cembureau-2050-roadmap_final-version_web.pdf, 2022.
- [5] vsl.cz, “Incremental launching method.” <http://en.vsl.cz/incremental-launching-method/>.
- [6] DOKA.com, “Formwork for movable scaffolding system.” <https://www.doka.com/en/projects/bridges/formwork-for-movable-scaffolding-system>.
- [7] vsl.cz, “Letná betonáž.” <http://www.vsl.cz/letma-betonaz/>.
- [8] midas Bridge, “Precast concrete bridges.” <https://www.midasbridge.com/en/solutions/precast-concrete-bridges>.
- [9] M. R. Abendeh, “Temperature induced deformations in match-cast segments and their effects on precast segmental bridges.” <https://d-nb.info/1048647382/34>, 2006.
- [10] J. M. Barker, “Construction techniques forsegmental concrete bridges.” https://www.pci.org/PCI_Docs/Design_Resources/Guides_and_manuals/references/bridge_design_manual/JL-80-July-August_Construction_Techniques_for_Segmental_Concrete_Bridges.pdf, July 1980.
- [11] W. Czarnecka, M. Jukowski, S. Karas, M. Kowal, and K. Śledziewski, *Bridges and ecological structures*. 06 2017.
- [12] midas Bridge, “Integral bridges.” <https://www.midasbridge.com/en/solutions/integral-bridges>.
- [13] A. Król, Z. Giergiczny, and J. Kuterasińska-Warwas, “Properties of concrete made with low-emission cements cem ii/c-m and cem vi.” *Materials (Basel, Switzerland)*, vol. 13, May 2020.
- [14] V. Deulkar, M. Verma, and U. Pendharkar, “Comparative study of eco cement with opc and ppc,” 2012.

- [15] M. A. Uddin, M. Jameel, H. R. Sobuz, M. S. Islam, and N. M. S. Hasan, “Experimental study on strength gaining characteristics of concrete using portland composite cement,” *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 17, pp. 789–796, May 2013.
- [16] Ministerstvo životního prostředí, “Kjótský protokol k rámcové úmluvě organizace spojených národů o změně klimatu.” https://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol, 2008.
- [17] Ministerstvo životního prostředí, “Pařížská dohoda.” [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/parizska_dohoda/\\$FILE/OEOK-Cesky_preklad_dohody-20160419.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/parizska_dohoda/$FILE/OEOK-Cesky_preklad_dohody-20160419.pdf), 2016.
- [18] European Parliament, “Green deal: key to a climate-neutral and sustainable eu.” https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20200618ST081513/green-deal-key-to-a-climate-neutral-and-sustainable-eu?at_campaign=20234-Green&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=green%20deal&at_topic=Green_Deal&at_location=CZ&gclid=Cj0KCQjwhL6pBhDjARIsAGx8D5_f11UBRJ3yftZzm4U4UHuVeSkd3QL3jE07Y2_a3UfL1Nks_nQHhDsaAuhuEALw_wcB, June 2022.
- [19] Saint-Gobain, “Climate change.” <https://www.saint-gobain.com/en/corporate-responsibility/our-pillars/climate-change>.
- [20] ICR Research, “Uncertain times.” <https://www.cemnet.com/Articles/story/171972/uncertain-times.html>, Jan. 2022.
- [21] Svaz výrobců cementu České republiky, “Data 2020.” <https://www.svcement.cz/wp-content/uploads/2020/10/data-2020.pdf>, Oct. 2020.
- [22] CemNet.com, “A change in direction for taiwanese cement producers.” <https://www.cemnet.com/News/story/170557/a-change-in-direction-for-taiwanese-cement-producers.html>, Apr. 2021.
- [23] S. V. BUNG, “D11 1109 - trutnov - státní hranice ČR/pr.” <https://www.rsd.cz/>, Dec. 2022.
- [24] a. FREYSSINET CS, “Predpínací systém freyssinet.” https://www.freyssinet.cz/gallery/podklady_pro_projektov%C3%A1n%C3%AD.pdf.
- [25] s. VSL SYSTÉMY (CZ). <http://www.vsl.cz/brozury/>.
- [26] S. Prakasan, S. Palaniappan, and R. Gettu, “Study of energy use and co2 emissions in the manufacturing of clinker and cement,” *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, vol. 101, 11 2019.



PŘÍLOHA A

TECHNICKÁ ZPRÁVA

Diplomová práce
Fakulta stavební
České vysoké učení technické v Praze

Autor: Bc. Matouš Kosina
Vedoucí práce: Doc. Ing. Lukáš Vráblík, PhD.

Praha, 2024

Obsah

Abstrakt	3
Čestné prohlášení	5
Poděkování	6
A Identifikační údaje	3
B Základní údaje	3
C Zdůvodnění stavby mostu a jeho umístění	4
D Technické řešení mostu	4
D.1 Konstrukce mostu	4
D.1.1 Založení mostu	4
D.1.2 Spodní stavba	4
D.1.3 Nosná konstrukce prefabrikovaná	5
D.1.4 Nosná konstrukce monolitická	5
D.1.5 Uložení prefabrikované konstrukce	5
D.1.6 Uložení monolitické konstrukce	5
D.2 Mostní vybavení	5
D.2.1 Vozovkové souvrství a izolace	5
D.2.2 Římsy	5
D.2.3 Mostní závěry	6
D.2.4 Zádržné systémy	6
D.2.5 Odvodnění	6
E Výstavba mostní konstrukce	6
E.1 Prefabrikovaná konstrukce	6
E.2 Monolitická konstrukce	6

V rámci diplomové práce byly navrženy dvě varianty řešení mostní konstrukce, velká část parametrů obou konstrukcí je shodná. Rozdílné parametry budou odlišeny v rámci výkresové dokumentace, v technické zprávě budou odlišné hodnoty odděleny lomítkem v tomto sledu: parametr prefabrikované spřažené konstrukce/parametr monolitické konstrukce. Například hodnota stavební výšky napsána způsobem 2,155/2,490 m znamená výšku 2,155 m pro prefabrikovanou konstrukci a 2,490 m pro konstrukci monolitickou. Technické parametry budou v rámci nosné konstrukce a výstavby vypsané odděleně.

A Identifikační údaje

Označení stavby:	D11 1109 Trutnov - státní hranice ČR/PR
Stavební objekt:	SO201 - Most na D11 přes údolí
Druh stavby:	liniová stavba, novostavba
Převáděná komunikace:	dálnice D11
Překlenovaná překážka:	údolí
Obec, katastrální území:	Starý Rokytník [755192]
Okres:	Trutnov
Kraj:	Královéhradecký
Investor:	Ředitelství silnic a dálnic ČR Na Pankráci 546/56 140 00 Praha 4
Správce stavby:	Ředitelství silnic a dálnic ČR Na Pankráci 546/56 140 00 Praha 4

B Základní údaje

Délka přemostění:	
Délka mostu:	
Rozpětí jednotlivých polí:	32+42+42+42+32 m
Délka nosné konstrukce:	191,00 m
Šířka mostu:	14.850 m
Šikmost mostu:	90° - kolmý
Volná šířka mostu:	11,75 metru

Šířka průchozího prostoru:	0,75 m, navržen jednostranný nouzový chodník
Výška mostu nad terénem:	maximální výška 16,0 m
Stavební výška:	2,155/2,490 m
Plocha nosné konstrukce:	

C Zdůvodnění stavby mostu a jeho umístění

V rámci projektu dálnice D11, vedoucí z Prahy přes Poděbrady, Hradec Králové a Trutnov na hranice Polska a České republiky, se jedná o konstrukci finálního, devátého úseku dálnice nesoucí označení 1109. Dálnice D11 bude součástí Transevropské dopravní sítě TEN-T, v rámci které probíhá zefektivňování a rozšiřování dopravní situace evropského kontinentu. Dálnice D11 navazuje na polskou rychlostní silnici S3, směrové řešení bylo proto koordinováno mezinárodně. V rámci projektu byla dána niveleta a osa komunikace již léta dopředu.

Mostní objekt je v rámci posledního úseku dálnice projektován jako jeden z celkem 23 mostních objektů různých délek, výšek nad terénem a konstrukcí. Jedná se o most v kilometru 133,180, přičemž stavba 1109 se rozkládá v rozsahu 130,000. až 154,175. kilometru, celková délka je 24,175 kilometru.

Mostní konstrukce jsou projektovány s ohledem na snížení bariérového úseku dálnice v krajině, která je v místě devátého úseku spíše lesnatá a kopcovitá.

D Technické řešení mostu

D.1 Konstrukce mostu

D.1.1 Založení mostu

Založení konstrukce nebylo předmětem řešení diplomové práce. Dle výsledků inženýrsko-geologického průzkumu proběhne založení spodní stavby hloubkově či plošně.

D.1.2 Spodní stavba

V rámci diplomové práce nebyla spodní stavba řešena. Předpokládá se totožné rozpětí polí obou variant, tedy totožné rozmístění prvků spodní stavby.

Prefabrikovaná konstrukce je na spodní stavbu uložena přes podélný prefabrikovaný příčník.

D.1.3 Nosná konstrukce prefabrikovaná

Nosnou konstrukci mostu tvoří prefabrikované, dodatečně předpínané nosníky spřažené s monolitickou deskou. Rozpětí polí činí 32+42+42+42+32 metru, prefabrikované nosníky jsou pak délek 31,5+40+40+40+31,5 metru.

Pro každý z mostů tvoří příčný řez 9 prefabrikovaných nosníků tvaru T o šíři stojiny 400 mm, celkové výšky 1800 mm a osově vzdálenosti 1580 mm. Na nosníky je dodatečně nabetonována spřahující deska tloušťky 220 mm. Monoliticky je tvořen zároveň s deskou betonovaný příčník.

D.1.4 Nosná konstrukce monolitická

Nosná konstrukce byla navržena jako monolitický, dodatečně předepnutý dvoutrám s konzolami délky 3150 mm po obou stranách. Konstrukční výška dvoutrámové monolitické konstrukce činí 2400 mm. Rozpětí polí je 32+42+42+42+32 metru.

D.1.5 Uložení prefabrikované konstrukce

Nosná konstrukce bude uložena přes příčníky na hrncová ložiska. Rozmístění pevných, jednosměrně a všesměrně posuvných ložisek je následující ve směru jízdy (směr jízdy stanoven dle staničení) je na pravém pilíři P3 pevné ložisko na vnitřní straně mostní konstrukce. Levé ložisko na pilíři P3 je příčně posuvné, ostatní ložiska na vnitřní straně mostu jsou posuvná podélně, na vnější straně všesměrně.

D.1.6 Uložení monolitické konstrukce

Monolitický dvoutrám bude uložen na hrncová ložiska stejného uspořádání jako konstrukce prefabrikovaná.

D.2 Mostní vybavení

D.2.1 Vozkové souvrství a izolace

Na mostě je navržena dvouvrstvá vozovka tloušťky 90 milimetrů i s izolací. Složení vrstev je následující:

D.2.2 Římsy

Jsou navrženy železobetonové monolitické římsy. Příčný sklon činí 4%, sklon obruby pak je 5:1. Obruba nad vozovkou ční ve výšce 150 mm.

Vnitřní římsy jsou bez chodníku, jejich šířka činí 1400 mm, šířka vnějších říms s chodníkem je 1750 mm.

Římsy jsou k nosné konstrukci přichyceny přes dodatečně vlepené talířové kotvy.

D.2.3 Mostní závěry

Jsou navrženy povrchové mostní závěry. Závěry budou dimenzované na dostatečný rozsah pohybu.

D.2.4 Zádržné systémy

Na vnitřní římse se nachází jednostranné svodidlo stupně zadržení H2. Vnější římsa, mimo svodidlo totožné jako římsa vnitřní, disponuje zábradlím výšky 1,1 metru.

D.2.5 Odvodnění

E Výstavba mostní konstrukce

E.1 Prefabrikovaná konstrukce

Po vybudování spodní stavby budou osazena na pilíře hrncová ložiska. Dále budou usazeny prefabrikované části příčníků na pomocnou konstrukci a budou vybetonovány prostupy nad ložisky.

Poté budou osazeny a příčně zajištěny prefabrikované nosníky. Dále bude provedeno dodatečné bednění a osazena výztuž monolitických příčníků a spřahovací desky. Následně bude provedena betonáž monolitické spřahovací desky a příčníků.

E.2 Monolitická konstrukce

Monolitická konstrukce bude betonována na skruži. V této práci je uvažováno kompletní podskružení, následná betonáž a předpínání. Výhodnější postup z hlediska výstavby by však byla betonáž po etapách, předpínání po etapách a spojování předpínací výztuže v pracovních sparách.

Příloha B - Posudek prefabrikované varianty

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:

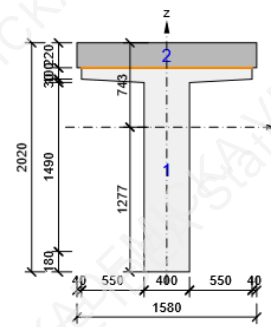
Data projektu

Název projektu	
Číslo projektu	
Autor	
Popis	
Datum	15.12.2023
Národní norma	EN
Národní příloha	Čeština
Typ nosníku	Prefabrikovaný spřažený železobetonový nosník
Most	Silniční most

Průřezy

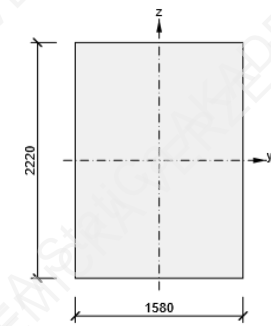
1. I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)

Symbol	Hodnota	Jednotka
Materiál 1	Upravený C35/45	
Materiál 2	C30/37	
A	1181446	[mm ²]
S _y	0	[mm ³]
S _z	0	[mm ³]
I _y	459809645475	[mm ⁴]
I _z	109573396617	[mm ⁴]
C _{gy}	0	[mm]
C _{gz}	0	[mm]
i _y	624	[mm]
i _z	305	[mm]



2. Příčník (Obdélník 2220, 1580)

Symbol	Hodnota	Jednotka
Materiál	C30/37	
A	3507600	[mm ²]
S _y	0	[mm ³]
S _z	0	[mm ³]
I _y	1440571320000	[mm ⁴]
I _z	729697720000	[mm ⁴]
C _{gy}	0	[mm]
C _{gz}	0	[mm]
i _y	641	[mm]
i _z	456	[mm]



Materiál

Beton

Název	f _{ck} [MPa]	f _{cm} [MPa]	f _{ctm} [MPa]	E _{cm} [MPa]	v [-]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
Upravený C35/45	35.0	43.0	3.2	34077.1	0.200	2500
	ε _{c2} = 20.0 1e-4, ε _{cu2} = 35.0 1e-4, ε _{c3} = 17.5 1e-4, ε _{cu3} = 35.0 1e-4, Exponent - n: 2.000, Rozměr zrna kameniva = 16 mm, Třída cementu: S (s = 0.380), Typ diagramu: Parabolický					
C30/37	30.0	38.0	2.9	32836.6	0.200	2500
	ε _{c2} = 20.0 1e-4, ε _{cu2} = 35.0 1e-4, ε _{c3} = 17.5 1e-4, ε _{cu3} = 35.0 1e-4, Exponent - n: 2.000, Rozměr zrna kameniva = 16 mm, Třída cementu: R (s = 0.200), Typ diagramu: Parabolický					

Výztuž

Název	f _{yk} [MPa]	f _{tk} [MPa]	E [MPa]	v [-]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
B 500B	500.0	540.0	200000.0	0.200	7850
	f _{tk} /f _{yk} = 1.080, ε _{uk} = 500.0 1e-4, Typ: Vložky, Povrch výztuže: Žebříkový, Třída: B, Výroba: Za tepla válcovaná, Typ diagramu: Bilineární se stoupající horní větví				

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Předpínací výztuž

Název	f_{pk} [MPa]	f_{p01k} [MPa]	E [MPa]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
Y1860S7-15.7	1860.0	1640.0	195000.0	7850
$F_m = 279.0$ kN, $F_{p01} = 245.5$ kN, $F_r = 190.0$ MPa, $\rho_{1000} = 0.025$, $\rho_w = 0.059$, $\Phi = 16$ mm, Plocha = 150 mm ² , $\epsilon_{yk} = 350.0 \cdot 1e-4$, $A_{gt} = 350.0 \cdot 1e-4$, Typ: Lano Povrchová úprava: Povrch hladký, Třída relaxace: Třída 2, Výroba: Lano s nízkou relaxací, Typ diagramu: Bilineární se stoupající horní větví, Počet drátů: 7				

Geometrie

Prvky

Prvek	Délka [m]	Konec prvku [m]	Průřez
1	0.50	0.50	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
2	0.50	1.00	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
3	30.00	31.00	1 - I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)
4	1.50	32.50	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
5	1.50	34.00	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
6	39.00	73.00	1 - I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)
7	1.50	74.50	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
8	1.50	76.00	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
9	39.00	115.00	1 - I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)
10	1.50	116.50	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
11	1.50	118.00	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
12	39.00	157.00	1 - I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)
13	1.50	158.50	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
14	1.50	160.00	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
15	30.00	190.00	1 - I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)
16	0.50	190.50	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)
17	0.50	191.00	2 - Příčnick (Obdélník 2220, 1580)

Uzly

Uzel	X [m]	Podpora
1	0.00	
2	0.50	Z
3	1.00	
4	31.00	
5	32.50	Z
6	34.00	
7	73.00	
8	74.50	XZ
9	76.00	
10	115.00	
11	116.50	Z
12	118.00	
13	157.00	
14	158.50	Z
15	160.00	
16	190.00	
17	190.50	Z
18	191.00	

Kombinace zatížení

Název	Typ	Fáze	Vyhodnocení
MSÚ základní ST(2)	MSÚ základní	2	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
SW (1); R (2); G (2); POST (2)			
MSP char ST(2)	MSP char	2	Eurokód, vzorec 6.14b
SW (1); R (2); G (2); POST (2)			
MSP častá ST(2)	MSP častá	2	Eurokód, vzorec 6.15b
SW (1); R (2); G (2); POST (2)			
MSP kvazi ST(2)	MSP kvazi	2	Eurokód, vzorec 6.16b
SW (1); R (2); G (2); POST (2)			
MSÚZ ST(3)	MSÚ základní	3	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
SW (1); R (2); G (2); POST (2); R (7) (3); G (7) (3)			
MSPCh ST(3)	MSP char	3	Eurokód, vzorec 6.14b
SW (1); R (2); G (2); POST (2); R (7) (3); G (7) (3)			

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:



Historie prvků: 3,15

	Název	Čas [d]	Pole nosníků [m]
1	Betonáž	0.0	
2	Skládka	60.0	2.00 - 26.00 - 2.00
	Podpora 2.00 m: do projektované polohy Podpora 28.00 m: do projektované polohy		
3	Přeprava	60.1	2.00 - 26.00 - 2.00
	Podpora 2.00 m: do projektované polohy Podpora 28.00 m: do projektované polohy		
4	Dočasné podpory	60.2	30.00
	Podpora 0.00 m: do projektované polohy Podpora 30.00 m: do projektované polohy		
5	Betonáž spřažené desky	90.0	30.00
	Podpora 0.00 m: do projektované polohy Podpora 30.00 m: do projektované polohy		
6	Konečné podpory	95.0	
7	Ostatní stálé zatížení	120.0	
8	Doprava	150.0	
9	Konec návrhové životnosti	36500.0	

Historie prvků: 6,9,12

	Název	Čas [d]	Pole nosníků [m]
1	Betonáž	0.0	
2	Skládka	60.0	2.00 - 35.00 - 2.00
	Podpora 2.00 m: do projektované polohy Podpora 37.00 m: do projektované polohy		
3	Přeprava	60.1	2.00 - 35.00 - 2.00
	Podpora 2.00 m: do projektované polohy Podpora 37.00 m: do projektované polohy		
4	Dočasné podpory	60.2	39.00
	Podpora 0.00 m: do projektované polohy Podpora 39.00 m: do projektované polohy		
5	Betonáž spřažené desky	90.0	39.00
	Podpora 0.00 m: do projektované polohy Podpora 39.00 m: do projektované polohy		
6	Konečné podpory	95.0	
7	Ostatní stálé zatížení	120.0	
8	Doprava	150.0	
9	Konec návrhové životnosti	36500.0	

Historie prvků: 1,2,4,5,7,8,10,11,13,14,16,17

	Název	Čas [d]	Pole nosníků [m]
1	Betonáž	0.0	
2	Konečné podpory	5.0	
3	Ostatní stálé zatížení	30.0	
4	Doprava	60.0	
5	Konec návrhové životnosti	36410.0	

All diaphragms

Fáze výstavby

	Název	Čas [d]	Zatěžovací stavy, kombinace
1	Betonáž M(3,15,6,9,12)	0.0	SW (1)
2	Skládka M(3,15,6,9,12)	60.0	R (2), G (2), POST (2) MSÚ základní ST(2), MSP char ST(2), MSP částá ST(2), MSP kvazi ST(2)
3	Přeprava M(3,15,6,9,12)	60.1	R (7) (3), G (7) (3) MSÚZ ST(3), MSPCh ST(3), MSPČ ST(3), MSPK ST(3)
4	Dočasné podpory M(3,15,6,9,12)	60.2	R (4), G (4), POST (4) MSÚ základní ST(4), MSP char ST(4), MSP částá ST(4), MSP kvazi ST(4)
5	Betonáž spřažené desky M(3,15,6,9,12)	90.0	SWS (5), R (5), G (5) MSÚ základní ST(5), MSP char ST(5), MSP částá ST(5), MSP kvazi ST(5)
6	Konečné podpory	95.0	R (6), G (6), POST (6) MSÚ základní ST(6), MSP char ST(6), MSP částá ST(6), MSP kvazi ST(6)
7	Ostatní stálé zatížení	120.0	R (7), G (7), ostatní stálé (7) MSÚ základní ST(7), MSP char ST(7), MSP částá ST(7), MSP kvazi ST(7)
8	Doprava	150.0	G (8), R (8) MSÚZ ST(8), MSPCh ST(8), MSPČ ST(8), MSPK ST(8)
9	Konec návrhové životnosti	36500.0	R (9), G (9) MSÚ základní ST(9), MSP char ST(9), MSP částá ST(9), MSP kvazi ST(9)

Posouzení betonu

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Národní norma

Národní norma	EN 1992-1-1:2014-12, CSN:2016-04/NA:2012-01 EN 1992-2:2008-07, CSN:2014-01/NA:2014-10
Životnost	100 let

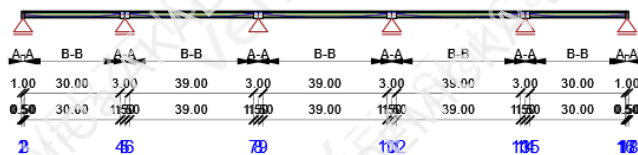
Upozornění: Pro výpočet časové analýzy se používá tečnový modul pružnosti Ec podle článku 3.1.4(2).

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:



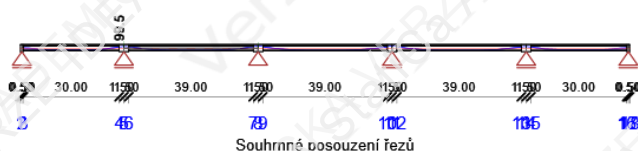
Verze pro výuku

Schéma vyztužení



Posudek řezu

Verze pro výuku



Pozice	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
Řez 3 (32.50m Vlevo)	A-A	Omezení napětí	99.5	OK
Řez 3 (32.50m Vpravo)	A-A	Omezení napětí	99.5	OK
Řez 5 (74.50m Vlevo)	A-A	Omezení napětí	84.0	OK
Řez 5 (74.50m Vpravo)	A-A	Omezení napětí	84.0	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Posudek řezů pro pozici: Řez 3 (32.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSP kvazi ST(6)(67)	-5224.3	5929.8	-443.4	99.5	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚ základní ST(9)(32)	-2.2	-6092.1	-1320.3	39.1	OK	
Omezení napětí						
MSP kvazi ST(6)(67)	-5224.3	5929.8	-443.4	99.5	OK	
Šířka trhliny						
MSP kvazi ST(6)(67)	-5224.3	5929.8	-443.4	86.0	OK	

Posudek řezů pro pozici: Řez 3 (32.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSP kvazi ST(6)(67)	-5222.5	5928.9	657.8	99.5	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚ základní ST(9)(86)	-1.4	-6093.0	1635.5	39.1	OK	
Omezení napětí						
MSP kvazi ST(6)(67)	-5222.5	5928.9	657.8	99.5	OK	
Šířka trhliny						
MSP kvazi ST(6)(67)	-5222.5	5928.9	657.8	86.1	OK	

Posudek řezů pro pozici: Řez 5 (74.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSP char ST(6)(39)	-4208.8	4224.5	-730.8	84.0	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
MSÚ základní ST(9)(135)	0.2	-7270.3	-1542.7	44.3	OK
Omezení napětí					
MSP char ST(6)(39)	-4208.8	4224.5	-730.8	84.0	OK
Šířka trhliny					
MSP kvazi ST(9)(74)	-3349.2	-1210.6	-1077.8	19.2	OK

Posudek řezu pro pozici: Řez 5 (74.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSP char ST(6)(39)	-4209.5	4221.2	697.9	84.0	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚ základní ST(9)(162)	-4.0	-7278.3	1686.4	44.4	OK	
Omezení napětí						
MSP char ST(6)(39)	-4209.5	4221.2	697.9	84.0	OK	
Šířka trhliny						
MSP kvazi ST(9)(74)	-3353.3	-1218.1	1056.7	19.4	OK	

Únosnost N-M-M

Pozice	$N_{ed}/N_{rd1}/N_{rd2}$ [kN]	$M_{ed}/M_{rd1y}/M_{rd2y}$ [kNm]	$M_{edz}/M_{rd1z}/M_{rd2z}$ [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Řez 3 (32.50m Vlevo)	-2.2/ -5.6/ 3.3	-6092.1/ -15564.8/ 9193.1	0.0/ 0.0/ 0.0	39.1	OK
Řez 3 (32.50m Vpravo)	-1.4/ -3.6/ 2.1	-6093.0/ -15563.3/ 9194.1	0.0/ 0.0/ 0.0	39.1	OK
Řez 5 (74.50m Vlevo)	0.2/ 0.6/ -0.3	-7270.3/ -16395.4/ 8421.9	0.0/ 0.0/ 0.0	44.3	OK
Řez 5 (74.50m Vpravo)	-4.0/ -8.9/ 4.6	-7278.3/ -16402.2/ 8417.7	0.0/ 0.0/ 0.0	44.4	OK

Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	Bod		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
Řez 3 (32.50m Vlevo)	7.2(3)-Quasi,sup	Vlákno betonu	-790	1110	-9.4	-9.4	99.5	OK
Řez 3 (32.50m Vpravo)	7.2(3)-Quasi,sup	Vlákno betonu	-790	1110	-9.4	-9.4	99.5	OK
Řez 5 (74.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	-80	645	1171.2	1395.0	84.0	OK
Řez 5 (74.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	-80	645	1171.2	1395.0	84.0	OK

Šířka trhliny

Pozice	Kombinace	d_e [mm]	$d_{e,lim}$ [mm]	Hodnota [%]	Posudek
Řez 3 (32.50m Vlevo)	Kvazi,sup	116	100	86.0	OK
Řez 3 (32.50m Vpravo)	Kvazi,sup	116	100	86.1	OK
Řez 5 (74.50m Vlevo)	Kvazi,inf	522	100	19.2	OK
Řez 5 (74.50m Vpravo)	Kvazi,inf	515	100	19.4	OK

Kritické kombinace vybrané pro posouzení řezů

Kombinace	Popis kritických účinků zatížení
MSÚ základní ST(9)(32)	1.15*SW (1) + R (2) + 1.15*G (2) + POST (2) + R (7) (3) + 1.15*G (7) (3) + R (4) + 1.15*G (4) + R (5) + 1.15*SWS (5) + 1.15*G (5) + R (6) + 1.15*G (6) + POST (6) + R (7) + 1.15*G (7) + 0.24*ostatní stálé (7) + 0.18*UDL-UDL-Min My + 0.22*TS-TS-Min My + 0.9*nerovn - dpt + R (8) + 1.15*G (8) + R (9) + 1.15*G (9)
MSP char ST(6)(39)	SW (1) + R (2) + G (2) + POST (2) + R (7) (3) + G (7) (3) + R (4) + G (4) + R (5) + SWS (5) + G (5) + R (6) + G (6) + POST (6)
MSP kvazi ST(6)(67)	SW (1) + R (2) + G (2) + POST (2) + R (7) (3) + G (7) (3) + R (4) + G (4) + R (5) + SWS (5) + G (5) + R (6) + G (6) + POST (6)
MSP kvazi ST(9)(74)	SW (1) + R (2) + G (2) + POST (2) + R (7) (3) + G (7) (3) + R (4) + G (4) + R (5) + SWS (5) + G (5) + R (6) + G (6) + POST (6) + R (7) + G (7) + 0.21*ostatní stálé (7) + 0.5*nerovn - dpt + R (8) + G (8) + R (9) + G (9)
MSÚ základní ST(9)(86)	1.15*SW (1) + R (2) + 1.15*G (2) + POST (2) + R (7) (3) + 1.15*G (7) (3) + R (4) + 1.15*G (4) + R (5) + 1.15*SWS (5) + 1.15*G (5) + R (6) + 1.15*G (6) + POST (6) + R (7) + 1.15*G (7) + 0.24*ostatní stálé (7) + 0.18*UDL-UDL-Max Vz + 0.22*TS-TS-Min My + 0.9*nerovn - dpt + R (8) + 1.15*G (8) + R (9) + 1.15*G (9)
MSÚ základní ST(9)(135)	1.15*SW (1) + R (2) + 1.15*G (2) + POST (2) + R (7) (3) + 1.15*G (7) (3) + R (4) + 1.15*G (4) + R (5) + SWS (5) + 1.15*G (5) + R (6) + 1.15*G (6) + POST (6) + R (7) + 1.15*G (7) + 0.24*ostatní stálé (7) + 0.18*UDL-UDL-Min My + 0.22*TS-TS-Min My + 0.9*nerovn - dpt + R (8) + 1.15*G (8) + R (9) + 1.15*G (9)
MSÚ základní ST(9)(162)	1.15*SW (1) + R (2) + 1.15*G (2) + POST (2) + R (7) (3) + 1.15*G (7) (3) + R (4) + 1.15*G (4) + R (5) + SWS (5) + 1.15*G (5) + R (6) + 1.15*G (6) + POST (6) + R (7) + 1.15*G (7) + 0.24*ostatní stálé (7) + 0.18*UDL-UDL-Max Vz + 0.22*TS-TS-Min My + 0.9*nerovn - dpt + R (8) + 1.15*G (8) + R (9) + 1.15*G (9)

Data dimenzačních dílců

Verze pro výuku

Typ prvku	Nosník
Stupeň vlivu prostředí	XC3, XD1
Relativní vlhkost	65.0 %
Součinitel dotvarování	Vypočtený
Význam nosného prvku	Velký
Redistribuce momentů	Vypnuto
Redukce momentů	Vypnuto
Redukce smykové síly	Vypnuto
Omezený posudek interakce	Vypnuto
Úroveň protikoroziční ochrany	PL1

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:

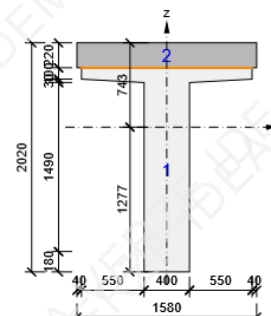
Data projektu

Název projektu	
Číslo projektu	
Autor	
Popis	
Datum	15.12.2023
Národní norma	EN
Národní příloha	Čeština
Typ nosníku	Prefabrikovaný spřažený železobetonový nosník
Most	Silniční most

Průřezy

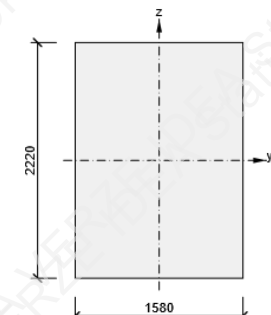
1. I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)

Symbol	Hodnota	Jednotka
Materiál 1	Upravený C35/45	
Materiál 2	C30/37	
A	1181446	[mm ²]
S _y	0	[mm ³]
S _z	0	[mm ³]
I _y	459809645475	[mm ⁴]
I _z	109573396617	[mm ⁴]
C _{gy}	0	[mm]
C _{gz}	0	[mm]
i _y	624	[mm]
i _z	305	[mm]



2. Příčník (Obdélník 2220, 1580)

Symbol	Hodnota	Jednotka
Materiál	C30/37	
A	3507600	[mm ²]
S _y	0	[mm ³]
S _z	0	[mm ³]
I _y	1440571320000	[mm ⁴]
I _z	729697720000	[mm ⁴]
C _{gy}	0	[mm]
C _{gz}	0	[mm]
i _y	641	[mm]
i _z	456	[mm]



Materiál

Beton

Název	f _{ck} [MPa]	f _{cm} [MPa]	f _{ctm} [MPa]	E _{cm} [MPa]	v [-]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
Upravený C35/45	35.0	43.0	3.2	34077.1	0.200	2500
	ε _{c2} = 20.0 1e-4, ε _{cu2} = 35.0 1e-4, ε _{c3} = 17.5 1e-4, ε _{cu3} = 35.0 1e-4, Exponent - n: 2.000, Rozměr zrna kameniva = 16 mm, Třída cementu: S (s = 0.380), Typ diagramu: Parabolický					
C30/37	30.0	38.0	2.9	32836.6	0.200	2500
	ε _{c2} = 20.0 1e-4, ε _{cu2} = 35.0 1e-4, ε _{c3} = 17.5 1e-4, ε _{cu3} = 35.0 1e-4, Exponent - n: 2.000, Rozměr zrna kameniva = 16 mm, Třída cementu: R (s = 0.200), Typ diagramu: Parabolický					

Výztuž

Název	f _{yk} [MPa]	f _{tk} [MPa]	E [MPa]	v [-]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
B 500B	500.0	540.0	200000.0	0.200	7850
	f _{tk} /f _{yk} = 1.080, ε _{uk} = 500.0 1e-4, Typ: Vložky, Povrch výztuže: Žebříkový, Třída: B, Výroba: Za tepla válcovaná, Typ diagramu: Bilineární se stoupající horní větví				

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Předpínací výztuž

Název	f_{pk} [MPa]	f_{p01k} [MPa]	E [MPa]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
	1860.0	1640.0	195000.0	7850
Y1860S7-15.7	$F_m = 279.0$ kN, $F_{p01} = 245.5$ kN, $F_r = 190.0$ MPa, $\rho_{1000} = 0.025$, $\rho_w = 0.059$, $\Phi = 16$ mm, Plocha = 150 mm ² , $\epsilon_{yk} = 350.0 \cdot 1e-4$, $A_{gt} = 350.0 \cdot 1e-4$, Typ: Lano Povrchová úprava: Povrch hladký, Třída relaxace: Třída 2, Výroba: Lano s nízkou relaxací, Typ diagramu: Bilineární se stoupající horní větví, Počet drátů: 7			

Geometrie

Prvky

Prvek	Délka [m]	Konec prvku [m]	Průřez
1	0.50	0.50	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
2	0.50	1.00	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
3	30.00	31.00	1 - I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)
4	1.50	32.50	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
5	1.50	34.00	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
6	39.00	73.00	1 - I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)
7	1.50	74.50	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
8	1.50	76.00	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
9	39.00	115.00	1 - I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)
10	1.50	116.50	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
11	1.50	118.00	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
12	39.00	157.00	1 - I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)
13	1.50	158.50	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
14	1.50	160.00	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
15	30.00	190.00	1 - I nosník s deskou (Spřaž I-tvar 2020, 1580)
16	0.50	190.50	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)
17	0.50	191.00	2 - Příčník (Obdélník 2220, 1580)

Uzly

Uzel	X [m]	Podpora
1	0.00	
2	0.50	Z
3	1.00	
4	31.00	
5	32.50	Z
6	34.00	
7	73.00	
8	74.50	XZ
9	76.00	
10	115.00	
11	116.50	Z
12	118.00	
13	157.00	
14	158.50	Z
15	160.00	
16	190.00	
17	190.50	Z
18	191.00	

Kombinace zatížení

Název	Typ	Fáze	Vyhodnocení
MSÚ základní ST(2)	MSÚ základní	2	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
SW (1); R (2); G (2); POST (2)			
MSP char ST(2)	MSP char	2	Eurokód, vzorec 6.14b
SW (1); R (2); G (2); POST (2)			
MSP častá ST(2)	MSP častá	2	Eurokód, vzorec 6.15b
SW (1); R (2); G (2); POST (2)			
MSP kvazi ST(2)	MSP kvazi	2	Eurokód, vzorec 6.16b
SW (1); R (2); G (2); POST (2)			
MSÚZ ST(3)	MSÚZ základní	3	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
SW (1); R (2); G (2); POST (2); R (7) (3); G (7) (3)			
MSPCh ST(3)	MSP char	3	Eurokód, vzorec 6.14b
SW (1); R (2); G (2); POST (2); R (7) (3); G (7) (3)			

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:



Historie prvků: 3,15

	Název	Čas [d]	Pole nosníků [m]
1	Betonáž	0.0	
2	Skládka	60.0	2.00 - 26.00 - 2.00
	Podpora 2.00 m: do projektované polohy Podpora 28.00 m: do projektované polohy		
3	Přeprava	60.1	2.00 - 26.00 - 2.00
	Podpora 2.00 m: do projektované polohy Podpora 28.00 m: do projektované polohy		
4	Dočasné podpory	60.2	30.00
	Podpora 0.00 m: do projektované polohy Podpora 30.00 m: do projektované polohy		
5	Betonáž spřažené desky	90.0	30.00
	Podpora 0.00 m: do projektované polohy Podpora 30.00 m: do projektované polohy		
6	Konečné podpory	95.0	
7	Ostatní stálé zatížení	120.0	
8	Doprava	150.0	
9	Konec návrhové životnosti	36500.0	

Historie prvků: 6,9,12

	Název	Čas [d]	Pole nosníků [m]
1	Betonáž	0.0	
2	Skládka	60.0	2.00 - 35.00 - 2.00
	Podpora 2.00 m: do projektované polohy Podpora 37.00 m: do projektované polohy		
3	Přeprava	60.1	2.00 - 35.00 - 2.00
	Podpora 2.00 m: do projektované polohy Podpora 37.00 m: do projektované polohy		
4	Dočasné podpory	60.2	39.00
	Podpora 0.00 m: do projektované polohy Podpora 39.00 m: do projektované polohy		
5	Betonáž spřažené desky	90.0	39.00
	Podpora 0.00 m: do projektované polohy Podpora 39.00 m: do projektované polohy		
6	Konečné podpory	95.0	
7	Ostatní stálé zatížení	120.0	
8	Doprava	150.0	
9	Konec návrhové životnosti	36500.0	

Historie prvků: 1,2,4,5,7,8,10,11,13,14,16,17

	Název	Čas [d]	Pole nosníků [m]
1	Betonáž	0.0	
2	Konečné podpory	5.0	
3	Ostatní stálé zatížení	30.0	
4	Doprava	60.0	
5	Konec návrhové životnosti	36410.0	

All diaphragms

Fáze výstavby

	Název	Čas [d]	Zatěžovací stavy, kombinace
1	Betonáž M(3,15,6,9,12)	0.0	SW (1)
2	Skládka M(3,15,6,9,12)	60.0	R (2), G (2), POST (2) MSÚ základní ST(2), MSP char ST(2), MSP částá ST(2), MSP kvazi ST(2)
3	Přeprava M(3,15,6,9,12)	60.1	R (7) (3), G (7) (3) MSÚ ST(3), MSPCh ST(3), MSPČ ST(3), MSPK ST(3)
4	Dočasné podpory M(3,15,6,9,12)	60.2	R (4), G (4), POST (4) MSÚ základní ST(4), MSP char ST(4), MSP částá ST(4), MSP kvazi ST(4)
5	Betonáž spřažené desky M(3,15,6,9,12)	90.0	SWS (5), R (5), G (5) MSÚ základní ST(5), MSP char ST(5), MSP částá ST(5), MSP kvazi ST(5)
6	Konečné podpory	95.0	R (6), G (6), POST (6) MSÚ základní ST(6), MSP char ST(6), MSP částá ST(6), MSP kvazi ST(6)
7	Ostatní stálé zatížení	120.0	R (7), G (7), ostatní stálé (7) MSÚ základní ST(7), MSP char ST(7), MSP částá ST(7), MSP kvazi ST(7)
8	Doprava	150.0	G (8), R (8) MSÚ ST(8), MSPCh ST(8), MSPČ ST(8), MSPK ST(8)
9	Konec návrhové životnosti	36500.0	R (9), G (9) MSÚ základní ST(9), MSP char ST(9), MSP částá ST(9), MSP kvazi ST(9)

Posouzení betonu

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Národní norma

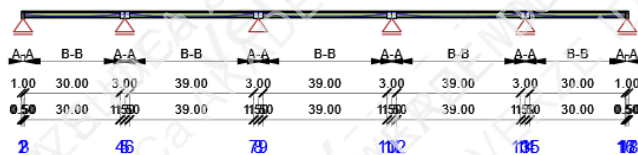
Národní norma	EN 1992-1-1:2014-12, CSN:2016-04/NA:2012-01 EN 1992-2:2008-07, CSN:2014-01/NA:2014-10
Životnost	100 let

Upozornění: Pro výpočet časové analýzy se používá tečnový modul pružnosti Ec podle článku 3.1.4(2).

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:

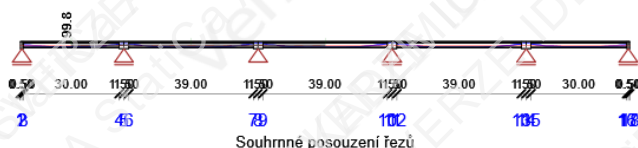
Verze pro výuku

Schéma vyztužení



Posudek řezu

Verze pro výuku



Pozice	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
Řez 2 (16.00m)	B-B	Omezení napětí	99.8	OK
Řez 4 (53.50m)	B-B	Omezení napětí	99.2	OK
Řez 6 (95.50m)	B-B	Omezení napětí	99.2	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Posudek řezu pro pozici: Řez 2 (16.00m)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSP kvazi ST(6)(80)	-9789.2	-3286.1	112.8	99.8	OK
Kombinace		N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	MSÚZ ST(8)(27)	-1.5	9273.8	-129.4	54.0	OK
Omezení napětí	MSP kvazi ST(6)(80)	-9789.2	-3286.1	112.8	99.8	OK
Šířka trhliny	MSPK ST(3)(77)	-4518.8	-2788.5	0.1	6.3	OK

Posudek řezu pro pozici: Řez 4 (53.50m)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSP char ST(4)(42)	-4980.9	-1912.5	0.0	99.2	OK
Kombinace		N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	MSÚ základní ST(5)(10)	-1.6	7515.6	0.0	68.9	OK
Omezení napětí	MSP char ST(4)(42)	-4980.9	-1912.5	0.0	99.2	OK
Šířka trhliny	MSP kvazi ST(5)(79)	-4451.0	331.6	0.0	92.3	OK

Posudek řezu pro pozici: Řez 6 (95.50m)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSP char ST(4)(42)	-4980.9	-1912.5	0.0	99.2	OK
Kombinace		N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	MSÚ základní ST(5)(10)	-1.6	7516.0	0.0	68.9	OK

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí					
MSP char ST(4)(42)	-4980.9	-1912.5	0.0	99.2	OK
Šířka trhliny					
MSP kvazi ST(5)(79)	-4451.1	331.9	0.0	92.5	OK

Únosnost N-M-M

Pozice	$N_{ed}/N_{rd1}/N_{rd2}$ [kN]	$M_{ed}/M_{rd1y}/M_{rd2y}$ [kNm]	$M_{edz}/M_{rd1z}/M_{rd2z}$ [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Řez 2 (16.00m)	-1.5/ -2.9/ 0.5	9273.8/ 17170.8/ -3142.2	0.0/ 0.0/ 0.0	54.0	OK
Řez 4 (53.50m)	-1.6/ -2.3/ 0.5	7515.6/ 10902.2/ -2612.0	0.0/ 0.0/ 0.0	68.9	OK
Řez 6 (95.50m)	-1.6/ -2.3/ 0.5	7516.0/ 10902.2/ -2612.0	0.0/ 0.0/ 0.0	68.9	OK

Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	Bod		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
Řez 2 (16.00m)	7.2(3)-Quasi,sup	Vláčno betonu	-200	-1277	-15.7	-15.8	99.8	OK
Řez 4 (53.50m)	7.2(5)-Char	Kabel	80	-1177	1383.3	1395.0	99.2	OK
Řez 6 (95.50m)	7.2(5)-Char	Kabel	80	-1177	1383.3	1395.0	99.2	OK

Šířka trhliny

Pozice	Kombinace	d_e [mm]	$d_{e,lim}$ [mm]	Hodnota [%]	Posudek
Řez 2 (16.00m)	Kvazi,sup	1577	100	6.3	OK
Řez 4 (53.50m)	Kvazi,inf	108	100	92.3	OK
Řez 6 (95.50m)	Kvazi,inf	108	100	92.5	OK

Kritické kombinace vybrané pro posouzení řezů

Kombinace	Popis kritických účinků zatížení
MSÚ základní ST(5)(10)	1.35*SW (1) + R (2) + 1.35*G (2) + POST (2) + R (7) (3) + 1.35*G (7) (3) + R (4) + 1.35*G (4) + R (5) + 1.35*SWS (5) + 1.35*G (5)
MSÚZ ST(6)(27)	1.15*SW (1) + R (2) + 1.15*G (2) + POST (2) + R (7) (3) + 1.15*G (7) (3) + R (4) + 1.15*G (4) + R (5) + 1.15*SWS (5) + 1.15*G (5) + R (6) + 1.15*G (6) + POST (6) + R (7) + 1.15*G (7) + 0.19*ostatní stálé (7) + 0.18*UDL-UDL-Max My + 0.21*TS-TS-Max My + 0.9*nerovň - hpt + R (8) + 1.15*G (8)
MSP char ST(4)(42)	SW (1) + R (2) + G (2) + POST (2) + R (7) (3) + G (7) (3) + R (4) + G (4)
MSPK ST(3)(77)	SW (1) + R (2) + G (2) + POST (2) + R (7) (3) + G (7) (3)
MSP kvazi ST(5)(79)	SW (1) + R (2) + G (2) + POST (2) + R (7) (3) + G (7) (3) + R (4) + G (4) + R (5) + SWS (5) + G (5)
MSP kvazi ST(6)(80)	SW (1) + R (2) + G (2) + POST (2) + R (7) (3) + G (7) (3) + R (4) + G (4) + R (5) + SWS (5) + G (5) + R (6) + G (6) + POST (6)

Data dimenzačních dílců

Verze pro výuku

Typ prvku	Nosník
Stupeň vlivu prostředí	XC3, XD1
Relativní vlhkost	65.0 %
Součinitel dotvarování	Vypočtený
Význam nosného prvku	Velký
Redistribuce momentů	Vypnuto
Redukce momentů	Vypnuto
Redukce smykové síly	Vypnuto
Omezený posudek interakce	Vypnuto
Úroveň protikoroziční ochrany	PL1

Příloha C - Posudek monolitické varianty

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:

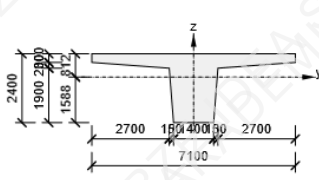
Data projektu

Název projektu	
Číslo projektu	
Autor	
Popis	
Datum	31.12.2023
Národní norma	EN
Národní příloha	Čeština
Typ nosníku	Monolitický dodatečně předpjatý betonový nosník
Most	Silniční most

Průřezy

1. T tvar 2400, 7100

Symbol	Hodnota	Jednotka
Materiál	C30/37	
A	5955000	[mm ²]
S _y	0	[mm ³]
S _z	0	[mm ³]
I _y	3086113874895	[mm ⁴]
I _z	11497243750000	[mm ⁴]
C _{gy}	0	[mm]
C _{gz}	0	[mm]
i _y	720	[mm]
i _z	1389	[mm]



Materiál

Beton

Název	f _{ck} [MPa]	f _{cm} [MPa]	f _{ctm} [MPa]	E _{cm} [MPa]	v [-]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
C30/37	30.0	38.0	2.9	32836.6	0.200	2500
ε _{c2} = 20.0 1e-4, ε _{cu2} = 35.0 1e-4, ε _{c3} = 17.5 1e-4, ε _{cu3} = 35.0 1e-4, Exponent - n: 2.000, Rozměr zrna kameniva = 16 mm, Třída cementu: R (s = 0.200), Typ diagramu: Parabolický						

Výztuž

Název	f _{yk} [MPa]	f _{tk} [MPa]	E [MPa]	v [-]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
B 500B	500.0	540.0	200000.0	0.200	7850
f _{tk} /f _{yk} = 1.080, ε _{uk} = 500.0 1e-4, Typ: Vložky, Povrch výztuže: Žebříkový, Třída: B, Výroba: Za tepla válcovaná, Typ diagramu: Bilineární se stoupající horní větví					

Předpínací výztuž

Název	f _{pk} [MPa]	f _{p01k} [MPa]	E [MPa]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
Y1860S7-15.7	1860.0	1640.0	195000.0	7850
F _{in} = 279.0 kN, F _{p01} = 245.5 kN, F _p = 190.0 MPa, ρ ₁₀₀₀ = 0.025, ρ _∞ = 0.059, Φ = 16 mm, Plocha = 150 mm ² , ε _{uk} = 350.0 1e-4, A _{gt} = 350.0 1e-4, Typ: Lano, Povrchová úprava: Povrch hladký, Třída relaxace: Třída 2, Výroba: Lano s nízkou relaxací, Typ diagramu: Bilineární se stoupající horní větví, Počet drátů: 7				

Geometrie

Prvky

Prvek	Délka [m]	Konec prvku [m]	Průřez
1	32.50	32.50	1 - T tvar 2400, 7100
2	42.00	74.50	1 - T tvar 2400, 7100
3	42.00	116.50	1 - T tvar 2400, 7100
4	42.00	158.50	1 - T tvar 2400, 7100
5	32.50	191.00	1 - T tvar 2400, 7100

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Uzly

Uzel	X [m]	Podpora
1	0.00	Z
2	32.50	Z
3	74.50	XZ
4	116.50	Z
5	158.50	Z
6	191.00	Z

Kombinace zatížení

Název	Typ	Fáze	Vyhodnocení
MSÚZ ST(2) SW (2); R (2); G (2); POST (2)	MSÚ základní	2	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
MSPCh ST(2) SW (2); R (2); G (2); POST (2)	MSP char	2	Eurokód, vzorec 6.14b
MSPČ ST(2) SW (2); R (2); G (2); POST (2)	MSP částá	2	Eurokód, vzorec 6.15b
MSPK ST(2) SW (2); R (2); G (2); POST (2)	MSP kvazi	2	Eurokód, vzorec 6.16b
MSÚZ ST(5) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSÚ základní	5	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
MSPCh ST(5) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP char	5	Eurokód, vzorec 6.14b
MSPČ ST(5) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP částá	5	Eurokód, vzorec 6.15b
MSPK ST(5) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP kvazi	5	Eurokód, vzorec 6.16b
MSÚZ ST(7) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); R (7); G (7); G (6); R (6); 0.824*TS-TS-Min Vz; 0.824*TS-TS-Min My; 0.824*TS-TS-Max Vz; 0.824*TS-TS-Max My; 0.660*UDL-UDL-Min Vz; 0.660*UDL-UDL-Min My; 0.660*UDL-UDL-Max Vz; 0.660*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSÚ základní	7	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
MSPCh ST(7) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); R (7); G (7); G (6); R (6); 0.824*TS-TS-Min Vz; 0.824*TS-TS-Min My; 0.824*TS-TS-Max Vz; 0.824*TS-TS-Max My; 0.630*UDL-UDL-Min Vz; 0.660*UDL-UDL-Min My; 0.660*UDL-UDL-Max Vz; 0.660*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP char	7	Eurokód, vzorec 6.14b
MSPČ ST(7) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); R (7); G (7); G (6); R (6); 0.824*TS-TS-Min Vz; 0.824*TS-TS-Min My; 0.824*TS-TS-Max Vz; 0.824*TS-TS-Max My; 0.660*UDL-UDL-Min Vz; 0.660*UDL-UDL-Min My; 0.660*UDL-UDL-Max Vz; 0.660*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP částá	7	Eurokód, vzorec 6.15b
MSPK ST(7) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); R (7); G (7); G (6); R (6); 0.824*TS-TS-Min Vz; 0.824*TS-TS-Min My; 0.824*TS-TS-Max Vz; 0.824*TS-TS-Max My; 0.660*UDL-UDL-Min Vz; 0.660*UDL-UDL-Min My; 0.660*UDL-UDL-Max Vz; 0.660*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP kvazi	7	Eurokód, vzorec 6.16b
MSÚZ ST(6) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); G (6); R (6); 0.824*TS-TS-Min Vz; 0.824*TS-TS-Min My; 0.824*TS-TS-Max Vz; 0.824*TS-TS-Max My; 0.660*UDL-UDL-Min Vz; 0.660*UDL-UDL-Min My; 0.660*UDL-UDL-Max Vz; 0.660*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSÚ základní	6	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
MSPCh ST(6) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); G (6); R (6); 0.824*TS-TS-Min Vz; 0.824*TS-TS-Min My; 0.824*TS-TS-Max Vz; 0.824*TS-TS-Max My; 0.660*UDL-UDL-Min Vz; 0.660*UDL-UDL-Min My; 0.660*UDL-UDL-Max Vz; 0.660*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP char	6	Eurokód, vzorec 6.14b
MSPČ ST(6) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); G (6); R (6); 0.824*TS-TS-Min Vz; 0.824*TS-TS-Min My; 0.824*TS-TS-Max Vz; 0.824*TS-TS-Max My; 0.660*UDL-UDL-Min Vz; 0.660*UDL-UDL-Min My; 0.660*UDL-UDL-Max Vz; 0.660*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP částá	6	Eurokód, vzorec 6.15b
MSPK ST(6) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); G (6); R (6); 0.824*TS-TS-Min Vz; 0.824*TS-TS-Min My; 0.824*TS-TS-Max Vz; 0.824*TS-TS-Max My; 0.660*UDL-UDL-Min Vz; 0.660*UDL-UDL-Min My; 0.660*UDL-UDL-Max Vz; 0.660*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP kvazi	6	Eurokód, vzorec 6.16b

Fáze výstavby

	Název	Čas [d]
1	Betonáž	0.0
2	Dodatečné předpínání	5.0
5	Ostatní stálé zatížení	62.0
6	Doprava	92.0
7	Konec návrhové životnosti	36500.0

Posouzení betonu

Národní norma

Národní norma	EN 1992-1-1:2014-12, CSN:2016-04/NA:2012-01 EN 1992-2:2008-07, CSN:2014-01/NA:2014-10
Životnost	100 let

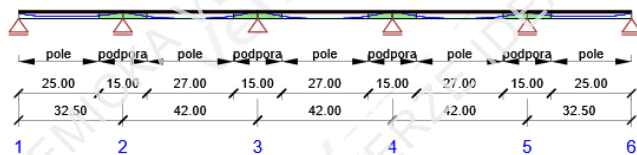
Upozornění: Pro výpočet časové analýzy se používá tečnový modul pružnosti E_c podle článku 3.1.4(2).

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:



Verze pro výuku

Schéma vyztužení



Souhrn posudků

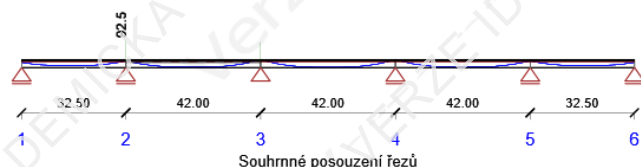
Verze pro výuku

Fáze výstavby	Typ posudku	Kombinace	Pozice	Hodnota [%]	Posudek
Dodatečné předpínání (5.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(2)(22)	podpora1 (32.50m Vpravo)	92.5	OK
Ostatní stálé zatížení (62.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(5)(23)	podpora1 (32.50m Vpravo)	88.2	OK
Doprava (92.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(6)(99)	podpora1 (32.50m Vpravo)	88.1	OK
Konec návrhové životnosti (36500.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(7)(93)	podpora1 (32.50m Vpravo)	80.6	OK

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:

Fáze výstavby: Dodatečné předpínání (5.0d)

Verze pro výuku



Pozice	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	podpora	Omezení napětí	92.5	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	podpora	Omezení napětí	92.5	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	podpora	Omezení napětí	76.2	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	podpora	Omezení napětí	76.2	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Posudek řezu pro pozici: podpora1 (32.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(2)(22)	-22081.8	9510.8	-2339.9	92.5	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(2)(1)	-7.6	-6765.3	-3391.4	17.0	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(2)(22)	-22081.8	9510.8	-2339.9	92.5	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(2)(52)	-24290.0	12515.9	-2273.4	7.1	OK	

Posudek řezu pro pozici: podpora1 (32.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(2)(22)	-22074.2	9507.6	2876.5	92.5	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(2)(1)	0.2	-6768.5	3940.0	17.0	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(2)(22)	-22074.2	9507.6	2876.5	92.5	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(2)(52)	-24281.6	12512.3	2860.3	7.1	OK	

Posudek řezu pro pozici: podpora2 (74.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(2)(22)	-18172.9	5388.5	-3222.6	76.2	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(2)(1)	-6.9	-14250.9	-4306.2	31.4	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(2)(22)	-18172.9	5388.5	-3222.6	76.2	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(2)(52)	-19990.2	8104.4	-3235.2	5.2	OK	

Posudek řezu pro pozici: podpora2 (74.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(2)(22)	-18166.6	5384.4	3050.5	76.2	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(2)(1)	-0.5	-14255.1	4123.9	31.4	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(2)(22)	-18166.6	5384.4	3050.5	76.2	OK	
Šířka trhliny						

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
MSPK ST(2)(52)	-19983.2	8099.8	3048.8	5.2	OK

Únosnost N-M-M

Pozice	Ned/Nrd1/Nrd2[kN]	Medy/Mrd1y/Mrd2y[kNm]	Medz/Mrd1z/Mrd2z[kNm]	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	-7.6/ -44.4/ 14.7	-6765.3/ -39701.7/ 13172.7		0.0/ 0.0/ 0.0	17.0 OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	0.2/ 1.1/ -0.4	-6768.5/ -39712.8/ 13181.2		0.0/ 0.0/ 0.0	17.0 OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	-6.9/ -22.0/ 3.5	-14250.9/ -45370.0/ 7440.8		0.0/ 0.0/ 0.0	31.4 OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	-0.5/ -1.6/ 0.3	-14255.1/ -45376.6/ 7443.0		0.0/ 0.0/ 0.0	31.4 OK

Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	Bod		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
podpora1 (32.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	412	1290.9	1395.0	92.5	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	-450	412	1290.9	1395.0	92.5	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	-450	662	1062.3	1395.0	76.2	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	-450	662	1062.3	1395.0	76.2	OK

Šířka trhliny

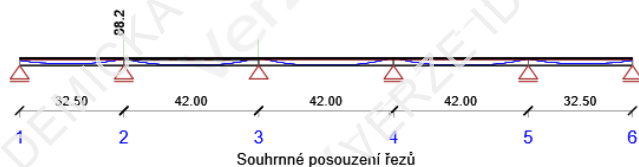
Pozice	Kombinace	d_e [mm]	$d_{e,lim}$ [mm]	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	Kvazi,sup	1400	100	7.1	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	Kvazi,sup	1400	100	7.1	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	Kvazi,sup	1937	100	5.2	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	Kvazi,sup	1936	100	5.2	OK

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:



Fáze výstavby: Ostatní stálé zatížení (62.0d)

Verze pro výuku



Pozice	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	podpora	Omezení napětí	88.2	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	podpora	Omezení napětí	88.2	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	podpora	Omezení napětí	73.7	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	podpora	Omezení napětí	73.7	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Posudek řezu pro pozici: podpora1 (32.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(5)(23)	-20931.6	-2415.6	-3356.9	88.2	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(5)(3)	-9.2	-19759.2	-4688.5	38.6	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(5)(23)	-20931.6	-2415.6	-3356.9	88.2	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(5)(54)	-23024.6	8388.4	-3048.9	5.4	OK	

Posudek řezu pro pozici: podpora1 (32.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(5)(23)	-20924.0	-2418.9	3763.2	88.2	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(5)(3)	-1.4	-19732.6	5121.9	38.6	OK	
Omezení napětí						

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
MSPCh ST(5)(23)	-20924.0	-2418.9	3763.2	88.2	OK
Šířka trhliny					
MSPK ST(5)(54)	-23016.2	8384.7	3705.6	5.4	OK

Posudek řezu pro pozici: podpora2 (74.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(5)(23)	-17418.2	-5399.9	-4053.7	73.7	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(5)(3)	-16.8	-26301.7	-5443.3	45.9	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(5)(23)	-17418.2	-5399.9	-4053.7	73.7	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(5)(53)	-15677.4	-6282.3	-4053.1	15.6	OK	

Posudek řezu pro pozici: podpora2 (74.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(5)(23)	-17404.1	-5392.2	3909.2	73.7	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(5)(3)	-2.6	-26294.1	5283.3	45.9	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(5)(23)	-17404.1	-5392.2	3909.2	73.7	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(5)(53)	-15663.9	-6274.2	3910.3	15.6	OK	

Únosnost N-M-M

Pozice	Ned/Nrd1/Nrd2[kN]	Medy/Mrd1y/Mrd2y[kNm]	Medz/Mrd1z/Mrd2z[kNm]	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	-9.2/-23.9/ 6.5	-19759.2/ -51230.4/ 14020.3		0.0/ 0.0/ 0.0	38.6 OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	-1.4/-3.7/ 1.0	-19762.6/ -51232.8/ 14031.7		0.0/ 0.0/ 0.0	38.6 OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	-16.8/-36.7/ 4.9	-26301.7/ -57305.0/ 7706.1		0.0/ 0.0/ 0.0	45.9 OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	-2.6/-5.7/ 0.8	-26294.1/ -57308.7/ 7709.0		0.0/ 0.0/ 0.0	45.9 OK

Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	Bod		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
podpora1 (32.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	412	1230.6	1395.0	88.2	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	412	1230.6	1395.0	88.2	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	662	1028.3	1395.0	73.7	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	662	1028.3	1395.0	73.7	OK

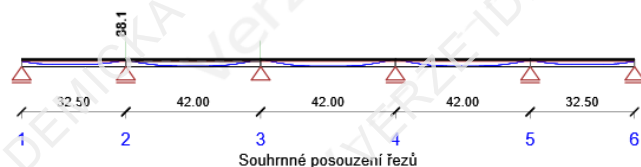
Šířka trhliny

Pozice	Kombinace	d_e [mm]	$d_{e,lim}$ [mm]	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	Kvazi,sup	1840	100	5.4	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	Kvazi,sup	1840	100	5.4	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	Kvazi,inf	640	100	15.6	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	Kvazi,inf	641	100	15.6	OK

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:

Fáze výstavby: Doprava (92.0d)

Verze pro výuku



Pozice	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	podpora	Omezení napětí	88.1	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	podpora	Omezení napětí	88.1	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	podpora	Omezení napětí	74.1	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	podpora	Omezení napětí	74.1	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Posudek řezu pro pozici: podpora1 (32.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(6)(32)	-20813.3	-11316.4	-4296.9	88.1	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(6)(15)	-9.2	-28827.4	-5253.6	56.3	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(6)(32)	-20813.3	-11316.4	-4296.9	88.1	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(6)(60)	-22894.4	8220.3	-3052.4	5.4	OK	

Posudek řezu pro pozici: podpora1 (32.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(6)(99)	-20804.8	-11319.9	5369.9	88.1	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(6)(80)	-0.5	-28830.9	6516.4	56.3	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(6)(99)	-20804.8	-11319.9	5369.9	88.1	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(6)(60)	-22885.2	8216.7	3706.3	5.4	OK	

Posudek řezu pro pozici: podpora2 (74.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(6)(32)	-17312.2	-15421.1	-5148.3	74.1	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(6)(15)	-11.2	-35998.9	-6105.6	62.8	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(6)(32)	-17312.2	-15421.1	-5148.3	74.1	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(6)(59)	-15581.4	-6426.6	-4052.4	16.6	OK	

Posudek řezu pro pozici: podpora2 (74.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(6)(99)	-17300.1	-15415.9	5539.2	74.1	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(6)(80)	1.0	-35993.8	6688.8	62.8	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(6)(99)	-17300.1	-15415.9	5539.2	74.1	OK	
Šířka trhliny						

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
MSPK ST(6)(59)	-15569.9	-6420.9	3910.9	16.6	OK

Únosnost N-M-M

Pozice	Ned/Nrd1/Nrd2[kN]	Medy/Mrd1y/Mrd2y[kNm]	Medz/Mrd1z/Mrd2z[kNm]	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	-9.2/ -16.4/ 4.5	-28827.4/ -51229.9/ 14028.6	0.0/ 0.0/ 0.0	56.3	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	-0.5/ -0.9/ 0.3	-28830.9/ -51231.8/ 14031.2	0.0/ 0.0/ 0.0	56.3	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	-11.2/ -17.8/ 2.4	-35998.9/ -57293.3/ 7703.5	0.0/ 0.0/ 0.0	62.8	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	1.0/ 1.7/ -0.2	-35993.8/ -57296.2/ 7705.3	0.0/ 0.0/ 0.0	62.8	OK

Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	Bod		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
podpora1 (32.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	412	1229.5	1395.0	88.1	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	412	1229.6	1395.0	88.1	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	662	1033.2	1395.0	74.1	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	662	1033.2	1395.0	74.1	OK

Šířka trhliny

Pozice	Kombinace	d_e [mm]	$d_{e,lim}$ [mm]	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	Kvazi,sup	1862	100	5.4	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	Kvazi,sup	1862	100	5.4	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	Kvazi,inf	602	100	16.6	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	Kvazi,inf	602	100	16.6	OK

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:



Fáze výstavby: Konec návrhové životnosti (36500.0d)

Verze pro výuku



Pozice	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	podpora	Omezení napětí	80.6	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	podpora	Omezení napětí	80.6	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	podpora	Omezení napětí	69.1	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	podpora	Omezení napětí	69.0	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Posudek řezu pro pozici: podpora1 (32.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(7)(26)	-19020.4	-13755.5	-4349.3	80.6	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(7)(8)	-6.0	-30529.7	-5306.0	59.6	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(7)(26)	-19020.4	-13755.5	-4349.3	80.6	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(7)(56)	-17118.2	-5606.0	-3408.8	8.7	OK	

Posudek řezu pro pozici: podpora1 (32.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(7)(93)	-19010.2	-13758.8	5378.5	80.6	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(7)(73)	4.7	-30533.2	6525.0	59.6	OK	
Omezení napětí						

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
MSPCh ST(7)(93)	-19010.2	-13758.8	5378.5	80.6	OK
Šířka trhliny					
MSPK ST(7)(56)	-17108.7	-5608.9	3776.5	8.7	OK

Posudek řezu pro pozici: podpora2 (74.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(7)(26)	-14172.1	-20349.3	-5127.0	69.1	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(7)(8)	-5.0	-37340.0	-6097.0	66.0	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(7)(26)	-14172.1	-20349.3	-5127.0	69.1	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(7)(56)	-14172.1	-8696.2	-4043.8	57.4	OK	

Posudek řezu pro pozici: podpora2 (74.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(7)(93)	-14156.4	-20337.2	5540.7	69.0	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(7)(73)	11.4	-37328.3	6688.7	66.0	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(7)(93)	-14156.4	-20337.2	5540.7	69.0	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(7)(56)	-14156.4	-8683.9	3910.8	57.3	OK	

Únosnost N-M-M

Pozice	$N_{ed}/N_{rd1}/N_{rd2}$ [kN]	$M_{ed}/M_{rd1y}/M_{rd2y}$ [kNm]	$M_{edz}/M_{rd1z}/M_{rd2z}$ [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	-6.0/ -10.1/ 2.8	-30529.7/ -51199.7/ 14015.6	0.0/ 0.0/ 0.0	59.6	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	4.7/ 8.0/ -2.2	-30533.2/ -51198.9/ 14018.7	0.0/ 0.0/ 0.0	59.6	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	-5.0/ -7.6/ 1.0	-37340.0/ -56591.0/ 7655.4	0.0/ 0.0/ 0.0	66.0	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	11.4/ 17.3/ -2.3	-37328.3/ -56591.3/ 7657.8	0.0/ 0.0/ 0.0	66.0	OK

Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	Bod		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
podpora1 (32.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	412	1124.5	1395.0	80.6	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	450	412	1124.5	1395.0	80.6	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	7.2(2)-Char,inf	Vláknobetonu	-700	-1588	-12.4	-18.0	69.1	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	7.2(2)-Char,inf	Vláknobetonu	-700	-1588	-12.4	-18.0	69.0	OK

Šířka trhliny

Pozice	Kombinace	d_e [mm]	$d_{e,lim}$ [mm]	Hodnota [%]	Posudek
podpora1 (32.50m Vlevo)	Kvazi,inf	1155	100	8.7	OK
podpora1 (32.50m Vpravo)	Kvazi,inf	1153	100	8.7	OK
podpora2 (74.50m Vlevo)	Kvazi,inf	174	100	57.4	OK
podpora2 (74.50m Vpravo)	Kvazi,inf	175	100	57.3	OK

Data dimenzačních dílců

Verze pro výuku

Typ prvku	Nosník
Stupeň vlivu prostředí	XC3, XD1
Relativní vlhkost	65.0 %
Součinitel dotvarování	Vypočtený
Význam nosného prvku	Velký
Redistribuce momentů	Vypnuto
Redukce momentů	Vypnuto
Redukce smykové síly	Vypnuto
Omezený posudek interakce	Vypnuto
Úroveň protikorozní ochrany	PL1

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:

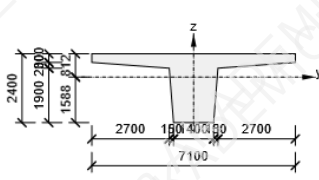
Data projektu

Název projektu	
Číslo projektu	
Autor	
Popis	
Datum	31.12.2023
Národní norma	EN
Národní příloha	Čeština
Typ nosníku	Monolitický dodatečně předpjatý betonový nosník
Most	Silniční most

Průřezy

1. T tvar 2400, 7100

Symbol	Hodnota	Jednotka
Materiál	C30/37	
A	5955000	[mm ²]
S _y	0	[mm ³]
S _z	0	[mm ³]
I _y	3086113874895	[mm ⁴]
I _z	11497243750000	[mm ⁴]
C _{gy}	0	[mm]
C _{gz}	0	[mm]
i _y	720	[mm]
i _z	1389	[mm]



Materiál

Beton

Název	f _{ck} [MPa]	f _{cm} [MPa]	f _{ctm} [MPa]	E _{cm} [MPa]	v [-]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
C30/37	30.0	38.0	2.9	32836.6	0.200	2500
ε _{c2} = 20.0 1e-4, ε _{cu2} = 35.0 1e-4, ε _{c3} = 17.5 1e-4, ε _{cu3} = 35.0 1e-4, Exponent - n: 2.000, Rozměr zrna kameniva = 16 mm, Třída cementu: R (s = 0.200), Typ diagramu: Parabolický						

Výztuž

Název	f _{yk} [MPa]	f _{tk} [MPa]	E [MPa]	v [-]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
B 500B	500.0	540.0	200000.0	0.200	7850
f _{tk} /f _{yk} = 1.080, ε _{uk} = 500.0 1e-4, Typ: Vložky, Povrch výztuže: Žebříkový, Třída: B, Výroba: Za tepla válcovaná, Typ diagramu: Bilineární se stoupající horní větví					

Předpínací výztuž

Název	f _{pk} [MPa]	f _{p01k} [MPa]	E [MPa]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
Y1860S7-15.7	1360.0	1640.0	195000.0	7850
F _m = 279.0 kN, F _{p01} = 245.5 kN, F _p = 190.0 MPa, p ₁₀₀₀ = 0.025, p _∞ = 0.059, Φ = 16 mm, Plocha = 150 mm ² , ε _{uk} = 350.0 1e-4, A _{gt} = 350.0 1e-4, Typ: Lano, Povrchová úprava: Povrch hladký, Třída relaxace: Třída 2, Výroba: Lano s nízkou relaxací, Typ diagramu: Bilineární se stoupající horní větví, Počet drátů: 7				

Geometrie

Prvky

Prvek	Délka [m]	Konec prvku [m]	Průřez
1	32.50	32.50	1 - T tvar 2400, 7100
2	42.00	74.50	1 - T tvar 2400, 7100
3	42.00	116.50	1 - T tvar 2400, 7100
4	42.00	158.50	1 - T tvar 2400, 7100
5	32.50	191.00	1 - T tvar 2400, 7100

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Uzly

Uzel	X [m]	Podpora
1	0.00	Z
2	32.50	Z
3	74.50	XZ
4	116.50	Z
5	158.50	Z
6	191.00	Z

Kombinace zatížení

Název	Typ	Fáze	Vyhodnocení
MSÚZ ST(2) SW (2); R (2); G (2); POST (2)	MSÚ základní	2	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
MSPCh ST(2) SW (2); R (2); G (2); POST (2)	MSP char	2	Eurokód, vzorec 6.14b
MSPČ ST(2) SW (2); R (2); G (2); POST (2)	MSP částá	2	Eurokód, vzorec 6.15b
MSPK ST(2) SW (2); R (2); G (2); POST (2)	MSP kvazi	2	Eurokód, vzorec 6.16b
MSÚZ ST(5) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSÚ základní	5	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
MSPCh ST(5) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP char	5	Eurokód, vzorec 6.14b
MSPČ ST(5) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP částá	5	Eurokód, vzorec 6.15b
MSPK ST(5) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP kvazi	5	Eurokód, vzorec 6.16b
MSÚZ ST(7) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); R (7); G (7); G (6); R (6); 0.710*TS-TS-Min Vz; 0.710*TS-TS-Min My; 0.710*TS-TS-Max Vz; 0.710*TS-TS-Max My; 0.610*UDL-UDL-Min Vz; 0.610*UDL-UDL-Min My; 0.610*UDL-UDL-Max Vz; 0.610*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSÚ základní	7	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
MSPCh ST(7) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); R (7); G (7); G (6); R (6); 0.710*TS-TS-Min Vz; 0.710*TS-TS-Min My; 0.710*TS-TS-Max Vz; 0.710*TS-TS-Max My; 0.610*UDL-UDL-Min Vz; 0.610*UDL-UDL-Min My; 0.610*UDL-UDL-Max Vz; 0.610*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP char	7	Eurokód, vzorec 6.14b
MSPČ ST(7) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); R (7); G (7); G (6); R (6); 0.710*TS-TS-Min Vz; 0.710*TS-TS-Min My; 0.710*TS-TS-Max Vz; 0.710*TS-TS-Max My; 0.610*UDL-UDL-Min Vz; 0.610*UDL-UDL-Min My; 0.610*UDL-UDL-Max Vz; 0.610*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP částá	7	Eurokód, vzorec 6.15b
MSPK ST(7) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); R (7); G (7); G (6); R (6); 0.710*TS-TS-Min Vz; 0.710*TS-TS-Min My; 0.710*TS-TS-Max Vz; 0.710*TS-TS-Max My; 0.610*UDL-UDL-Min Vz; 0.610*UDL-UDL-Min My; 0.610*UDL-UDL-Max Vz; 0.610*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP kvazi	7	Eurokód, vzorec 6.16b
MSÚZ ST(6) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); G (6); R (6); 0.710*TS-TS-Min Vz; 0.710*TS-TS-Min My; 0.710*TS-TS-Max Vz; 0.710*TS-TS-Max My; 0.610*UDL-UDL-Min Vz; 0.610*UDL-UDL-Min My; 0.610*UDL-UDL-Max Vz; 0.610*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSÚ základní	6	Eurokód, vzorec 6.10 a,b
MSPCh ST(6) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); G (6); R (6); 0.710*TS-TS-Min Vz; 0.710*TS-TS-Min My; 0.710*TS-TS-Max Vz; 0.710*TS-TS-Max My; 0.610*UDL-UDL-Min Vz; 0.610*UDL-UDL-Min My; 0.610*UDL-UDL-Max Vz; 0.610*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP char	6	Eurokód, vzorec 6.14b
MSPČ ST(6) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); G (6); R (6); 0.710*TS-TS-Min Vz; 0.710*TS-TS-Min My; 0.710*TS-TS-Max Vz; 0.710*TS-TS-Max My; 0.610*UDL-UDL-Min Vz; 0.610*UDL-UDL-Min My; 0.610*UDL-UDL-Max Vz; 0.610*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP částá	6	Eurokód, vzorec 6.15b
MSPK ST(6) SW (2); R (2); G (2); POST (2); R (5); G (5); G (6); R (6); 0.710*TS-TS-Min Vz; 0.710*TS-TS-Min My; 0.710*TS-TS-Max Vz; 0.710*TS-TS-Max My; 0.610*UDL-UDL-Min Vz; 0.610*UDL-UDL-Min My; 0.610*UDL-UDL-Max Vz; 0.610*UDL-UDL-Max My; 0.493*ostatní stálé; rovn - oteplení; rovn - ochlazení; nerovn - hpt; nerovn - dpt	MSP kvazi	6	Eurokód, vzorec 6.16b

Fáze výstavby

	Název	Čas [d]
1	Betonáž	0.0
2	Dodatečné předpínání	5.0
5	Ostatní stálé zatížení	35.0
6	Doprava	65.0
7	Konec návrhové životnosti	36500.0

Posouzení betonu

Národní norma

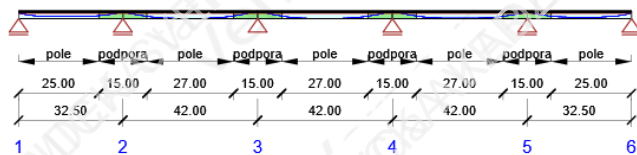
Národní norma	EN 1992-1-1:2014-12, CSN:2016-04/NA:2012-01 EN 1992-2:2008-07, CSN:2014-01/NA:2014-10
Životnost	100 let

Upozornění: Pro výpočet časové analýzy se používá tečnový modul pružnosti E_c podle článku 3.1.4(2).

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:

Verze pro výuku

Schéma vyztužení



Souhrn posudků

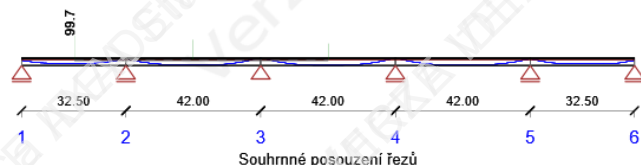
Verze pro výuku

Fáze výstavby	Typ posudku	Kombinace	Pozice	Hodnota [%]	Posudek
Dodatečné předpínání (5.0d)	Omezení napětí	MSPK ST(2)(65)	krajní pole (16.50m)	99.7	OK
Ostatní stálé zatížení (35.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(5)(31)	krajní pole (16.50m)	94.0	OK
Doprava (65.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(6)(41)	krajní pole (16.50m)	94.0	OK
Konec návrhové životnosti (36500.0d)	Omezení napětí	MSPCh ST(7)(34)	krajní pole (16.50m)	84.9	OK

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:

Fáze výstavby: Dodatečné předpínání (5.0d)

Verze pro výuku



Police	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	pole	Omezení napětí	99.7	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	pole	Omezení napětí	84.0	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	pole	Omezení napětí	84.0	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	pole	Omezení napětí	68.3	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	pole	Omezení napětí	68.3	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Posudek řezu pro pozici: krajní pole (16.50m)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPK ST(2)(65)	-34597.6	-7111.0	279.5	99.7	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(2)(2)	-8.4	26150.0	-41.1	44.4	OK	
Omezení napětí						
MSPK ST(2)(65)	-34597.6	-7111.0	279.5	99.7	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(2)(65)	-34597.6	-7111.0	279.5	3.0	OK	

Posudek řezu pro pozici: druhé pole (53.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(2)(29)	-26715.5	-3499.4	-216.1	84.0	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(2)(2)	-5.4	39175.2	-226.4	50.1	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(2)(29)	-26715.5	-3499.4	-216.1	84.0	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(2)(65)	-29387.0	-4951.1	-234.7	2.3	OK	

Posudek řezu pro pozici: druhé pole (53.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(2)(29)	-26714.8	-3498.4	-216.1	84.0	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(2)(2)	-4.7	39176.2	-226.4	50.2	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(2)(29)	-26714.8	-3498.4	-216.1	84.0	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(2)(65)	-29386.3	-4950.0	-234.7	2.3	OK	

Posudek řezu pro pozici: prostřední pole (95.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(2)(29)	-21744.1	-1836.5	-11.0	68.3	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(2)(2)	-5.0	34115.0	-10.9	43.2	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(2)(29)	-21744.1	-1836.5	-11.0	68.3	OK	

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Šířka trhliny					
MSPK ST(2)(65)	-23918.6	-3060.2	-12.1	1.9	OK

Posudek řezu pro pozici: prostřední pole (95.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(2)(29)	-21743.1	-1834.0	-11.0	68.3	OK

Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M					
MSÚZ ST(2)(2)	-3.9	34116.7	-10.9	43.2	OK
Omezení napětí					
MSPCh ST(2)(29)	-21743.1	-1834.0	-11.0	68.3	OK
Šířka trhliny					
MSPK ST(2)(65)	-23917.4	-3058.4	-12.1	1.9	OK

Únosnost N-M-M

Pozice	$N_{Ed}/N_{rd1}/N_{rd2}$ [kN]	$M_{Ed,y}/M_{rd1y}/M_{rd2y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}/M_{rd1z}/M_{rd2z}$ [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	-8.4/ -19.0/ 1.3	26150.0/ 58928.3/ -3915.7	0.0/ 0.0/ 0.0	44.4	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	-5.4/ -10.8/ 0.5	39175.2/ 78116.5/ -3544.7	0.0/ 0.0/ 0.0	50.1	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	-4.7/ -9.4/ 0.4	39176.2/ 78116.2/ -3544.7	0.0/ 0.0/ 0.0	50.2	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	-5.0/ -11.6/ 1.3	34115.0/ 78955.4/ -8952.0	0.0/ 0.0/ 0.0	43.2	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	-3.9/ -9.0/ 1.0	34116.7/ 78954.8/ -8952.2	0.0/ 0.0/ 0.0	43.2	OK

Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	Bod		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
krajní pole (16.50m)	7.2(3)-Quasi,sup	Vláknobetonu	700	-1588	-9.4	-9.4	99.7	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1453	1171.5	1395.0	84.0	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	600	-1453	1171.5	1395.0	84.0	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1486	953.5	1395.0	68.3	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	600	-1486	953.5	1395.0	68.3	OK

Šířka trhliny

Pozice	Kombinace	d_e [mm]	$d_{e,lim}$ [mm]	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	Kvazi,sup	3367	100	3.0	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	Kvazi,sup	4382	100	2.3	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	Kvazi,sup	4382	100	2.3	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	Kvazi,sup	5318	100	1.9	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	Kvazi,sup	5320	100	1.9	OK

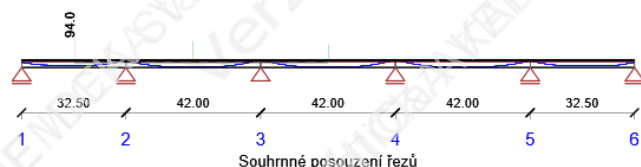
Kritické kombinace vybrané pro posouzení řezu

Kombinace	Popis kritických účinků zatížení
MSÚZ ST(2)(2)	R (2) + 1.35*SW (2) + 1.35*G (2) + POST (2)
MSPCh ST(2)(29)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2)
MSPK ST(2)(65)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2)

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:

Fáze výstavby: Ostatní stálé zatížení (35.0d)

Verze pro výuku



Police	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	pole	Omezení napětí	94.0	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	pole	Omezení napětí	81.7	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	pole	Omezení napětí	81.7	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	pole	Omezení napětí	67.3	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	pole	Omezení napětí	67.3	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Posudek řezu pro pozici: krajní pole (16.50m)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(5)(31)	-29683.8	967.4	159.8	94.0	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(5)(4)	-7.4	31706.6	-159.7	51.1	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(5)(31)	-29683.8	967.4	159.8	94.0	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(5)(66)	-3262.3	4798.8	-25.4	2.3	OK	

Posudek řezu pro pozici: druhé pole (53.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(5)(31)	-25513.4	5919.1	-244.1	81.7	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(5)(75)	-4.2	47981.1	-267.0	58.4	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(5)(31)	-25513.4	5919.1	-244.1	81.7	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(5)(67)	-22961.9	4293.4	-208.2	4.8	OK	

Posudek řezu pro pozici: druhé pole (53.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(5)(31)	-25512.7	5920.1	-244.1	81.7	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(5)(75)	-3.6	47982.1	-267.0	58.4	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(5)(31)	-25512.7	5920.1	-244.1	81.7	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(5)(67)	-22961.3	4294.3	-208.2	4.8	OK	

Posudek řezu pro pozici: prostřední pole (95.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(5)(31)	-20942.5	6487.6	-8.6	67.3	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(5)(75)	5.7	42133.0	-8.6	50.7	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(5)(31)	-20942.5	6487.6	-8.6	67.3	OK	

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Šířka trhliny					
MSPK ST(5)(67)	-18847.2	5052.8	-7.5	12.4	OK

Posudek řezu pro pozici: prostřední pole (95.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(5)(31)	-20941.4	6489.2	-8.6	67.3	OK

Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M					
MSÚZ ST(5)(75)	6.8	42134.7	-8.6	50.7	OK
Omezení napětí					
MSPCh ST(5)(31)	-20941.4	6489.2	-8.6	67.3	OK
Šířka trhliny					
MSPK ST(5)(67)	-18846.2	5054.3	-7.5	12.4	OK

Únosnost N-M-M

Pozice	Ned/Nrd1/Nrd2[kN]	Medy/Mrd1y/Mrd2y[kNm]	Medz/Mrd1z/Mrd2z[kNm]	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	-7.4/ -14.5/ 3.3	31706.6/ 61991.7/ -14076.9		0.0/ 0.0/ 0.0	51.1 OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	-4.2/ -7.3/ 0.8	47981.1/ 82158.2/ -8897.1		0.0/ 0.0/ 0.0	58.4 OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	-3.6/ -6.1/ 0.7	47982.1/ 82157.8/ -8897.2		0.0/ 0.0/ 0.0	58.4 OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	5.7/ 11.2/ -1.6	42133.0/ 83086.9/ -11581.1		0.0/ 0.0/ 0.0	50.7 OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	6.8/ 13.4/ -1.9	42134.7/ 83086.2/ -11581.4		0.0/ 0.0/ 0.0	50.7 OK

Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	E _{0d}		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
krajní pole (16.50m)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-913	1310.6	1395.0	94.0	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1453	1140.3	1395.0	81.7	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1453	1140.3	1395.0	81.7	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1486	938.4	1395.0	67.3	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1486	938.5	1395.0	67.3	OK

Šířka trhliny

Pozice	Kombinace	d_e [mm]	$d_{e,lim}$ [mm]	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	Kvazi,sup	4294	100	2.3	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	Kvazi,inf	2076	100	4.8	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	Kvazi,inf	2075	100	4.8	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	Kvazi,inf	807	100	12.4	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	Kvazi,inf	807	100	12.4	OK

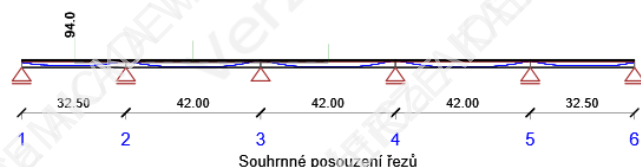
Kritické kombinace vybrané pro posouzení řezů

Kombinace	Popis kritických účinků zatížení
MSÚZ ST(5)(4)	R (2) + 1.35*SW (2) + 1.35*G (2) + POST (2) + R (5) + 1.35*G (5) + 0.67*ostatní stálé + 0.9*nerovn - hpt
MSPCh ST(5)(31)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.49*ostatní stálé + nerovn - hpt
MSPK ST(5)(66)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.49*ostatní stálé + 0.5*nerovn - dpt
MSPK ST(5)(67)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.49*ostatní stálé + 0.5*nerovn - hpt
MSÚZ ST(5)(75)	R (2) + 1.15*SW (2) + 1.15*G (2) + POST (2) + R (5) + 1.15*G (5) + 0.57*ostatní stálé + 1.5*nerovn - hpt

Projekt:
 Číslo projektu:
 Autor:

Fáze výstavby: Doprava (65.0d)

Verze pro výuku



Pozice	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	pole	Omezení napětí	94.0	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	pole	Omezení napětí	83.1	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	pole	Omezení napětí	83.1	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	pole	Omezení napětí	70.5	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	pole	Omezení napětí	70.5	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Posudek řezu pro pozici: krajní pole (16.50m)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(6)(41)	-29419.9	9539.8	-470.1	94.0	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(6)(21)	-7.0	42494.5	-725.7	68.6	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(6)(41)	-29419.9	9539.8	-470.1	94.0	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(6)(72)	-32362.0	-4662.3	-33.1	2.3	OK	

Posudek řezu pro pozici: druhé pole (53.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(6)(41)	-25235.3	14608.6	221.4	83.1	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(6)(21)	-0.8	59002.1	363.1	71.8	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(6)(41)	-25285.3	14608.6	221.4	83.1	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(6)(73)	-22756.3	4361.3	-207.0	5.1	OK	

Posudek řezu pro pozici: druhé pole (53.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(6)(41)	-25284.6	14609.6	185.7	83.1	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(6)(21)	-0.1	59003.0	314.9	71.8	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(6)(41)	-25284.6	14609.6	185.7	83.1	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(6)(73)	-22755.7	4362.2	-207.0	5.1	OK	

Posudek řezu pro pozici: prostřední pole (95.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(6)(41)	-20755.2	15688.4	-420.0	70.5	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(6)(21)	10.3	53948.1	-564.0	64.9	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(6)(41)	-20755.2	15688.4	-420.0	70.5	OK	

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Šířka trhliny					
MSPČ ST(6)(59)	-18678.2	11620.4	-316.0	16.2	OK

Posudek řezu pro pozici: prostřední pole (95.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(6)(41)	-20754.1	15690.0	367.5	70.5	OK

Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M					
MSÚZ ST(6)(21)	11.4	53949.7	499.1	64.9	OK
Omezení napětí					
MSPCh ST(6)(41)	-20754.1	15690.0	367.5	70.5	OK
Šířka trhliny					
MSPČ ST(6)(59)	-18677.2	11621.9	274.8	16.2	OK

Únosnost N-M-M

Pozice	Ned/Nrd1/Nrd2[kN]	Medy1/Mrd1y/Mrd2y[kNm]	Medz/Mrd1z/Mrd2z[kNm]	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	-7.0/ -10.2/ 2.3	42494.5/ 61975.8/ -14218.6		0.0/ 0.0/ 0.0	68.6 OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	-0.8/ -1.1/ 0.1	59002.1/ 82139.3/ -9058.2		0.0/ 0.0/ 0.0	71.8 OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	-0.1/ -0.1/ 0.0	59003.0/ 82139.0/ -9058.3		0.0/ 0.0/ 0.0	71.8 OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	10.3/ 15.9/ -2.2	53948.1/ 83071.5/ -11680.5		0.0/ 0.0/ 0.0	64.9 OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	11.4/ 17.6/ -2.5	53949.7/ 83070.9/ -11680.7		0.0/ 0.0/ 0.0	64.9 OK

Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	Bod		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
krajní pole (16.50m)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-913	1311.9	1395.0	94.0	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1453	1158.6	1395.0	83.1	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1453	1158.6	1395.0	83.1	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1486	982.5	1395.0	70.5	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1486	983.0	1395.0	70.5	OK

Šířka trhliny

Pozice	Kombinace	w [mm]	w _{mez} [mm]	d _a [mm]	d _{e,lim} [mm]	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	Kvazi,sup			4358	100	2.3	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	Kvazi,inf			1958	100	5.1	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	Kvazi,inf			1957	100	5.1	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	Častá,inf	0.016	0.100			16.2	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	Častá,inf	0.016	0.100			16.2	OK

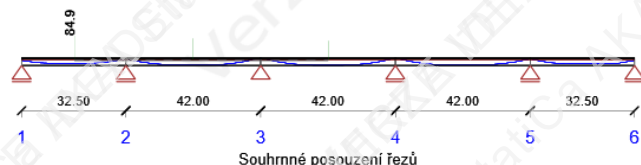
Kritické kombinace vybrané pro posouzení řezů

Kombinace	Popis kritických účinků zatížení
MSÚZ ST(6)(21)	R (2) + 1.15*SW (2) + 1.15*G (2) + POST (2) + R (5) + 1.15*G (5) + 0.96*TS-TS-Max My + 0.82*UDL-UDL-Max My + 0.57*ostatní stálé + 0.9*nerovn - hpt + R (6) + 1.15*G (6)
MSPCh ST(6)(41)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.71*TS-TS-Max My + 0.61*UDL-UDL-Max My + 0.49*ostatní stálé + 0.6*nerovn - hpt + R (6) + G (6)
MSPČ ST(6)(59)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.53*TS-TS-Max My + 0.24*UDL-UDL-Max My + 0.49*ostatní stálé + 0.5*nerovn - hpt + R (6) + G (6)
MSPK ST(6)(72)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.49*ostatní stálé + 0.5*nerovn - hpt + R (6) + G (6)
MSPK ST(6)(73)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.49*ostatní stálé + 0.5*nerovn - hpt + R (6) + G (6)

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:

Fáze výstavby: Konec návrhové životnosti (36500.0d)

Verze pro výuku



Police	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	pole	Omezení napětí	84.9	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	pole	Omezení napětí	76.1	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	pole	Omezení napětí	76.1	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	pole	Šířka trhliny	67.7	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	pole	Šířka trhliny	67.9	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Posudek řezu pro pozici: krajní pole (16.50m)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(7)(34)	-26519.1	10811.8	-553.7	84.9	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(7)(12)	-8.0	41116.3	-809.2	66.5	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(7)(34)	-26519.1	10811.8	-553.7	84.9	OK	
Šířka trhliny						
MSPK ST(7)(69)	-29171.1	-3125.2	-116.7	1.8	OK	

Posudek řezu pro pozici: druhé pole (53.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(7)(34)	-22742.5	15852.2	233.4	76.1	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(7)(12)	-4.8	56544.3	375.2	69.0	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(7)(34)	-22742.5	15852.2	233.4	76.1	OK	
Šířka trhliny						
MSPČ ST(7)(52)	-20468.2	11632.2	131.0	12.7	OK	

Posudek řezu pro pozici: druhé pole (53.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Omezení napětí	MSPCh ST(7)(34)	-22741.8	15853.2	197.7	76.1	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(7)(12)	-4.1	56545.3	327.0	69.0	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(7)(34)	-22741.8	15853.2	197.7	76.1	OK	
Šířka trhliny						
MSPČ ST(7)(52)	-20467.6	11633.1	104.3	12.7	OK	

Posudek řezu pro pozici: prostřední pole (95.50m Vlevo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Šířka trhliny	MSPK ST(7)(70)	-16683.8	5931.3	-5.5	67.7	OK
Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek	
Únosnost N-M-M						
MSÚZ ST(7)(12)	22.4	51822.5	-562.2	62.5	OK	
Omezení napětí						
MSPCh ST(7)(34)	-16540.5	16836.6	-418.2	65.4	OK	

Projekt:
Číslo projektu:
Autor:



Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Šířka trhliny					
MSPK ST(7)(70)	-16683.8	5931.3	-5.5	67.7	OK

Posudek řezu pro pozici: prostřední pole (95.50m Vpravo)

Rozhodující typ posudku	Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Šířka trhliny	MSPK ST(7)(70)	-16682.8	5932.8	-5.5	67.9	OK

Kombinace	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M					
MSÚZ ST(7)(12)	23.5	51824.1	500.9	62.5	OK
Omezení napětí					
MSPCh ST(7)(34)	-18539.5	16838.2	369.3	65.4	OK
Šířka trhliny					
MSPK ST(7)(70)	-16682.8	5932.8	-5.5	67.9	OK

Únosnost N-M-M

Pozice	Ned/Nrd1/Nrd2[kN]	Medy/Mrd1y/Mrd2y[kNm]	Medz/Mrd1z/Mrd2z[kNm]	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	-8.0/ -12.0/ 3.0	41116.3/ 61821.7/ -15590.9		0.0/ 0.0/ 0.0	66.5 OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	-4.8/ -7.0/ 0.9	56544.3/ 81949.6/ -10719.8		0.0/ 0.0/ 0.0	69.0 OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	-4.1/ -6.0/ 0.8	56545.3/ 81949.3/ -10720.0		0.0/ 0.0/ 0.0	69.0 OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	22.4/ 35.8/ -5.5	51822.5/ 82894.2/ -12786.7		0.0/ 0.0/ 0.0	62.5 OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	23.5/ 37.5/ -5.8	51824.1/ 82893.6/ -12787.0		0.0/ 0.0/ 0.0	62.5 OK

Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	Bod		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
krajní pole (16.50m)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-913	1183.9	1395.0	84.9	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1453	1061.0	1395.0	76.1	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1453	1061.0	1395.0	76.1	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1486	911.9	1395.0	65.4	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	7.2(5)-Char	Kabel	-600	-1486	911.9	1395.0	65.4	OK

Šířka trhliny

Pozice	Kombinace	w [mm]	w _{mez} [mm]	d _e [mm]	d _{e,lim} [mm]	Hodnota [%]	Posudek
krajní pole (16.50m)	Kvazi,sup			5478	100	1.8	OK
druhé pole (53.50m Vlevo)	Častá,inf	0.013	0.100			12.7	OK
druhé pole (53.50m Vpravo)	Častá,inf	0.013	0.100			12.7	OK
prostřední pole (95.50m Vlevo)	Kvazi,inf			148	100	67.7	OK
prostřední pole (95.50m Vpravo)	Kvazi,inf			147	100	67.9	OK

Kritické kombinace vybrané pro posouzení řezů

Kombinace	Popis kritických účinků zatížení
MSÚZ ST(7)(12)	R (2) + 1.15*SW (2) + 1.15*G (2) + POST (2) + R (5) + 1.15*G (5) + 0.96*TS-TS-Max My + 0.82*UDL-UDL-Max My + 0.57*ostatní stálé + 0.9*nerov - hpt + R (6) + 1.15*G (6) + R (7) + 1.15*G (7)
MSPCh ST(7)(34)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.71*TS-TS-Max My + 0.61*UDL-UDL-Max My + 0.49*ostatní stálé + 0.6*nerov - hpt + R (6) + G (6) + R (7) + G (7)
MSPČ ST(7)(52)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.53*TS-TS-Max My + 0.24*UDL-UDL-Max My + 0.49*ostatní stálé + 0.5*nerov - hpt + R (6) + G (6) + R (7) + G (7)
MSPK ST(7)(69)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.49*ostatní stálé + 0.5*nerov - dpt + R (6) + G (6) + R (7) + G (7)
MSPK ST(7)(70)	R (2) + SW (2) + G (2) + POST (2) + R (5) + G (5) + 0.49*ostatní stálé + 0.5*nerov - hpt + R (6) + G (6) + R (7) + G (7)

Data dimenzačních dílců

Verze pro výuku

Typ prvku	Nosník
Stupeň vlivu prostředí	XC3, XD1
Relativní vlhkost	65.0 %
Součinitel dotvarování	Vypočtený
Význam nosného prvku	Velký
Redistribuce momentů	Vypnuto
Redukce momentů	Vypnuto
Redukce smykové síly	Vypnuto
Omezený posudek interakce	Vypnuto
Úroveň protikorozní ochrany	PL1

Příloha D - Výkresová dokumentace

Seznam výkresů:

A1 - vzorový příčný řez

A2 - podélný řez

A3 - výkres předpětí

A4 - výkres předpětí prefabrikovaného nosníku

B1 - vzorový příčný řez

B2 - podélný řez

B3 - výkres předpětí