

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Zatížitelnost, oprava a rekonstrukce mostu v Chotkově
ulici v Praze**

ZUZANA KOLÁŘOVÁ

2019

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně za odborného vedení Ing. Romana Šafáře, Ph.D. a na základě literatury a pramenů uvedených v seznamu použité literatury.

V Praze dne 13.1.2019

.....

Zuzana Kolářová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych především poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Romanu Šafářovi, Ph.D. za odborné rady, věnovaný čas, ochotu, trpělivost a všechny poskytnuté materiály. Dále bych také chtěla poděkovat mé rodině a přátelům za podporu.

ANOTACE

Cílem této bakalářské práce je stanovení zatížitelnosti železobetonového rámového mostu v Praze v Chotkově ulici a následný návrh zesílení. Zatížitelnost rámu je vypočtena dle ČSN 73 6222, dále je most posouzen podle aktuální normy a ČSN EN 1991-2. Konstrukce je zesílena pomocí dodatečně vkládaných helikálních výztuží.

ABSTRACT

The aim of this Bachelor's thesis is to determine the load-bearing capacity of the reinforced concrete frame bridge in Prague in Chotkova Street and the subsequent reinforcement design. Frame load is calculated according to ČSN 73 6222, the bridge is assessed according to the current standard and ČSN EN 1991-2. The construction is reinforced with additional helical reinforcements.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kolářová** Jméno: **Zuzana** Osobní číslo: **439141**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra betonových a zděných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce a dopravní stavby**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Zatížitelnost, oprava a rekonstrukce mostu v Chotkově ulici v Praze

Název bakalářské práce anglicky:

Load-bearing capacity, repair and reconstruction of the bridge at Chotkova street in Prague

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Roman Šafář, Ph.D., katedra betonových a zděných konstrukcí FSV

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

Datum zadání bakalářské práce: **05.10.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13.01.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Roman Šafář, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Zatížitelnost, oprava a rekonstrukce mostu v Chotkově
ulici v Praze**

A. TECHNICKÁ ZPRÁVA

Obsah

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE.....	2
2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTU	2
2.1. Železobetonový rám.....	2
2.2. Záporová stěna.....	2
2.3. Spodní stavba	2
3. ÚČEL A UMÍSTĚNÍ	3
3.1. Účel mostu.....	3
3.2. Charakter komunikace	3
3.3. Inženýrsko - geologické poměry.....	3
3.3.1. Navážky.....	3
3.3.2. Skalní podloží.....	3
4. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU	3
4.1. Rámová konstrukce	3
4.2. Kotvená záporová stěna	4
4.3. Pilíře.....	4
4.4. Vybavení	4
4.4.1. Vozovka	4
4.4.2. Pohledová stěna	4
4.4.3. Zábradlí a osvětlení	4
5. PODKLADY	4

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název:	CHOTKOVA ULICE V PRAZE 1 – MOSTNÍ GALERIE
Rok výstavby:	1968-1969
Rok rekonstrukce	2004
Umístění:	Chotkova ulice, Praha 1
Staničení:	km 415,97 – km 587,33

2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTU

Jedná se o železobetonovou monolitickou konstrukci o 12 polích sdružených do tří ráků o čtyřech polích. Z důvodu nestability zemního tělesa proběhla v roce 2004 rekonstrukce, při které byla přistavěna záporová kotvená stěna. Pilíře mostu jsou stěnové na plošných základech.

2.1. Železobetonový rám

Délka konstrukce:	174,10 m
- rám č.1.	57,87 m
- rám č.2.	58,37 m
- rám č.3.	57,46 m
Šířka NK (bez konzol):	
- rám č.1.	3,25 m
- rám č.2.	2,75 – 3,95 m
- rám č.3.	3,95 m
Šířka konzol:	
- pole 12	1,95 m
- krom pole 12	1,30 m
Podélný sklon:	4-5%
Výška ráku:	3,60 m

2.2. Záporová stěna

Délka převázky:	174,10 m
Piloty	
- Profil	750/600 mm
- Počet	166/142 ks
- Délka	5,50 – 10,50 m
- Ocelové zápor	HEB300
Horninové kotvy	
- Počet	83 ks
- Délka	11-15 m
- Délka kořene	6 m

2.3. Spodní stavba

Výška pilířů:	3,18 – 8,55 m
Šířka pilířů:	4,50 – 5,60 m

Tloušťka pilířů:	1,80 m
Druh založení:	plošné

3. ÚČEL A UMÍSTĚNÍ

3.1. Účel mostu

Konstrukce slouží k převedení komunikace ve svahovém odřezu z Klárova na Hradčany. Důvodem ke zřízení mostní galerie bylo rozšíření původního tělesa Chotkovy ulice, následná rekonstrukce byla provedena z důvodu zjištěné nestability zemního tělesa.

3.2. Charakter komunikace

Galerie se nachází ve strmém svahu nad Klárovem. Jedná se o dva dopravní pruhy pro vozidla pozemních komunikací rozdělené pruhem pro tramvaje. Šířka vozovky je proměnná, v nejužším místě (nad pilířem 9) je 14,90 m. Nad mostní galerií se nachází pruh pro vozidla pozemních komunikací.

3.3. Inženýrsko - geologické poměry

Strmý svah nad Klárovem je tvořen letenskými vrstvami, které spadají pod nepříznivým sklonem do údolí. Jedná se tedy o podloží značně nestabilní, k čemuž přispěly i časté stavební zásahy do území.

3.3.1. Navážky

Ve vrchním patře přibližně do hloubky 5 m se nachází zemina ovlivněná různými druhy stavebních prací. Převládají zde písčité hlíny se štěrkem různých velikostí. Není zde vyloučena přítomnost větších balvanů ani bloků cihlového zdiva.

S největší pravděpodobností byla zemina do hloubky přibližně 2,5 m stabilizována. Tato stabilizace je zohledněna ve výpočtu.

3.3.2. Skalní podloží

Pod vrstvou navážek se nachází souvrství letenské pláně, které je převážně tvořeno prachovitopísčitymi břidlicemi. Ve vrchních částech je velice silný stupeň zvětrání.

4. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU

4.1. Rámová konstrukce

Původní mostní konstrukci tvoří 3 železobetonové monolitické rámy o délkách 57,87 + 58,37 + 57,46 m. Šířka nosné desky je proměnná 2,35 m – 3,55 m, tloušťka je 0,60 m. Stojiny jsou o 0,40 m širší než deska kvůli umístění opěrné stěny. Tloušťka krajních stojin rámu je 0,60 m, ostatních pak 0,80 m. V místě styku dvou rámu jsou stojiny uloženy na jednom společném pilíři.

Rámy č. 1 a 2 jsou v půdoryse přímé. Tvar rámu č. 3 je v půdoryse složený oblouk ze tří poloměrů.

Třída použitého betonu není z dostupných podkladů dohledatelná. Diagnostický průzkum z roku 2004 však uvádí, že zjištěné hodnoty odpovídají třídě betonu C 25/30. Výztuž je třídy AIII.

Při rekonstrukci v roce 2004 byla odstraněna krycí vrstva, výztuž antikorozně ošetřena a plocha vyrovnána tmelem.

4.2. Kotvená záporová stěna

Kotvená záporová stěna byla přistavěna za rub mostní galerie a je kloubově sepnuta s původní konstrukcí pomocí spojovacích tyčí DYWIDAG Ø32.

Piloty jsou vrtané, jejich délka závisí na hloubce skalního podloží. Ve spodní části piloty v délce 2,50 m je průměr pilot 650 mm, zbytek délky pilot je o průměru 750 mm. Piloty jsou z betonu třídy C30/37 XA1, jsou vyztuženy betonářskou výztuží 10 505 R a ocelovými HEB300. Horninové kotvy tvoří třípramencové svazky předpínacích lan průměru 15,5 mm. Kotvy byly předepnuty na sílu 200kN.

4.3. Pilíře

Pilíře jsou stěnové, jejich délka se liší podle hloubky skalního podloží. Založení je plošné. Pilíře jsou z betonu třídy C16/20.

4.4. Vybavení

4.4.1. Vozovka

Tloušťka vozovky v pruhu nad rámem je proměnná do 250 mm. Sklon stávající konstrukce vozovky není v dostupných materiálech nikde uveden. Původní sklon vozovky před rekonstrukcí byl proměnný: na počátku konstrukce 2,34 % ve směru od svahu, na konci 4,30 % ke svahu. Povrch vozovky je proveden z asfaltového koberce mastixového. Povrch chodníku tvoří kamenná mozaika. Sklon chodníku je minimálně 1 %.

4.4.2. Pohledová stěna

Pro zamezení znečištění a přístupu osob je konstrukce zakryta betonovou stěnou tloušťky 0,20 m.

4.4.3. Zábradlí a osvětlení

Zábradlí je do výšky 0,77 m tvořeno betonovou monolitickou konstrukcí, na jejím vrcholu je umístěno ocelové zábradlí. Ocelové zábradlí je vysoké 0,40 m a je vedeno po celé konstrukci, přerušeno je pouze v místě stožárů veřejného osvětlení.

Osvětlení je umístěno v místě každého sudého pilíře. Pro umístění stožáru slouží betonové konzoly.

5. PODKLADY

Všechny podklady byly zapůjčeny vedoucím práce Ing. Romanem Šafářem, Ph.D.

Použité materiály:

- *CHOTKOVA SILNICE – JP REKONSTRUKCE*, zpracoval PROJEKTOVÝ ÚSTAV DOPRAVNÍCH A INŽENÝRSKÝCH STAVEB – původní výkresová dokumentace

- *CHOTKOVA UL. V PRAZE 1 – OPRAVA MOSTNÍ GALERIE*, zpracoval PUDIS a.s. – výkresová dokumentace a technická zpráva rekonstrukce
- *SANACE GALERIE – CHOTKOVA ULICE V PRAZE 1*, zpracovalo ZAKLÁDÁNÍ STAVEB a.s. - dokumenty o pilotách a trvalých zemních kotvách
- *CHOTKOVA UL. – OPRAVA MOSTNÍ GALERIE – DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM*, zpracoval PONTEX s.r.o.

V některých případech nebyly výše uvedené materiály kompletní a bylo nutné se rozhodnout na základě dostupných materiálů.

Tvar pilířů

V případě tvaru pilířů byly v původní dokumentaci uvedeny tři varianty, v dokumentaci o rekonstrukci pak nebyly pilíře řešeny. Použitá varianta tvaru pilířů byla nakonec vybrána podle informace z technické zprávy, že se jedná o stěnový pilíř a podle naznačení tvaru pilíře ve vzorovém příčném řezu po rekonstrukci.

Výškové řešení

Značný rozpor je v nadmořské výšce konstrukce. Výkresy s výškovými kótami jsou pouze pro původní konstrukci. Pro rekonstrukci jsou záznamy pilot, kde jsou uvedeny výšky hlavy piloty. Při vykreslení do jednoho výkresu však piloty „nesedí“ do konstrukce tak, jak by měly, což je vykresleno ve výkresové dokumentaci rekonstrukce (bez uvedení výškových kót). Rozdíl je cca 2 m. Tento rozdíl však nemá vliv na výpočet, jelikož sklon konstrukce je pro oba případy stejný. Ve výkresech jsou uvedeny výšky podle dokumentace o pilotách.

Umístění pilot, kotev a spínacích tyčí

Z dostupných materiálů není zcela jasné umístění pilot, horninových kotev a spínacích tyčí v podélném směru vůči rámu. Umístění bylo pouze odhadnuto pro účel modelu a výkresů. Ve výkresech tyto hodnoty proto nejsou kótovány.

Výplň mezi rámy

Výplň mezi rámy není v dostupných podkladech dohledatelná. Pro výpočet byla uvažována výplň polystyrenem. Jedná se tedy o jedno z mnoha řešení statického působení rámu.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Zatížitelnost, oprava a rekonstrukce mostu v Chotkově
ulici v Praze**

B. STATICKÝ VÝPOČET

Obsah

ÚVOD	3
1. KONSTRUKCE	4
1.1. ŽB rám	4
1.2. Záporová stěna	4
1.2.1. Převázka	4
1.2.2. Piloty	4
1.2.3. Zemní kotvy	4
2. MATERIÁLY	5
2.1. Beton	5
2.1.1. Nosná deska a stěny, konzoly	5
2.1.2. Pilíře	5
2.1.4. Převázka	5
2.1.5. Piloty	5
2.2. Betonářská výztuž	5
3. ZEMINY A HORNINY	6
3.1. Navážky	6
3.2. Zvětralá břidlice	6
3.3. Navětralá břidlice	6
4. MODEL	7
4.1. Piloty	7
4.2. Rám č.2 a č.3	8
4.3. Působení zeminy	9
5. ZATÍŽENÍ	11
5.1. Stálé zatížení	11
5.1.1. Vlastní tíha	11
5.1.2. Ostatní stálé	11
5.1.3. Poklesy podpor	12
5.1.4. Zatížení zeminou	12
5.1.5. Smršťování a dotvarování	13
5.2. Proměnné zatížení	14
5.2.1. Zatížení teplotou	14
5.2.2. Zatížení dopravou	15
5.2.3. Zatížení chodci a cyklisty	20
6. VNITŘNÍ SÍLY	21
6.1. Momenty a normálové síly na desce	21

6.2.	Momenty a normálové síly na stěnách	23
6.3.	Posouvající síly.....	24
7.	KOMBINACE.....	26
7.1.	Kombinace pro zatížení dle ČSN EN 1991-2	26
7.2.	Kombinace pro zatížitelnost dle 73 6222	26
7.2.1.	Dynamické součinitele.....	26
7.2.2.	Sestavy zatížení.....	26
7.2.3.	Kombinace.....	27
8.	POSOUZENÍ.....	28
8.1.	Posouzení podle ČSN EN 1991-2	28
8.2.1.	Charakteristická kombinace zatížení.....	28
8.2.2.	Kvazistálá kombinace zatížení	28
9.	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI	31
9.1.	Normální zatížitelnost	31
9.1.1.	Stanovení normální zatížitelnosti na desce pro dvounápravové vozidlo	31
9.1.2.	Stanovení normální zatížitelnosti na stojinách pro dvounápravové vozidlo.....	33
9.1.3.	Stanovení normální zatížitelnosti ve smyku.....	33
9.2.	Výhradní zatížitelnost.....	35
11.	NÁVRH ZESÍLENÍ STOJINY	37
12.	ZÁVĚR	38
13.	SEZNAM OBRÁZKŮ	39
14.	SEZNAM TABULEK	40
13.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	41

ÚVOD

Předmětem statického výpočtu je stanovení zatížitelnosti rámu č. 1. dle ČSN 73 6222, posouzení podle aktuální normy a ČSN EN 1991-2. Následně je navrženo zesílení stojiny konstrukce.

1. KONSTRUKCE

1.1. ŽB rám

Délka rámu		$L = 57,87m$
Rozpětí	- 1.pole	$L_1 = 14,29m$
	- 2.pole	$L_2 = 14,5m$
	- 3.pole	$L_3 = 14,49m$
	- 4.pole	$L_4 = 14,59m$
Šířka rámu (bez konzol)		$\check{s} = 3,25m$
Šířka konzol		$\check{s}_k = 1,3m$
Tloušťka		$h = 0,6m$
Výška nosné stěny		$H = 3m$

1.2. Záporová stěna

1.2.1. Převázka

Rozměr	$0,9 \times 0,9m$
--------	-------------------

1.2.2. Piloty

Profil	$750mm/600mm$
Počet	$56ks$
Délka	$6,15 - 10,25 m$
Ocelové zápory	$HEB300$

1.2.3. Zemní kotvy

Počet	$28ks$
-------	--------

2. MATERIÁLY

2.1. Beton

2.1.1. Nosná deska a stěny, konzoly

Třída	C25/30
Charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 25MPa$
Návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = 16,7MPa$
Střední pevnost v tlaku	$f_{cm} = 33MPa$
Střední pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,6MPa$
Modul pružnosti	$E_{cm} = 30,5GPa$

2.1.2. Pilíře

Třída	C16/20
-------	--------

2.1.4. Převázka

Třída	C30/37 FX4
-------	------------

2.1.5. Piloty

Třída	C30/37 XA1
-------	------------

2.2. Betonářská výztuž

Třída	AIII
Mez kluzu	$f_{yk} = 400MPa$
Návrhová mez kluzu	$f_{yd} = 378MPa$

3. ZEMINY A HORNINY

Zeminy a horniny jsou přibližně zatříděny podle popisu v technické zprávě z roku 2004 dle normy ČSN 73 1001.

3.1. Navážky

Třída G3, středně ulehlá

3.2. Zvětralá břidlice

Třída R5
Modul přetvárnosti $E_{def} = 40MPa$
Poissonovo číslo $\nu = 0,25$
Úhel tření $\varphi = 65^\circ$
Objemová tíha $\gamma = 23kN/m^3$

3.3. Navětralá břidlice

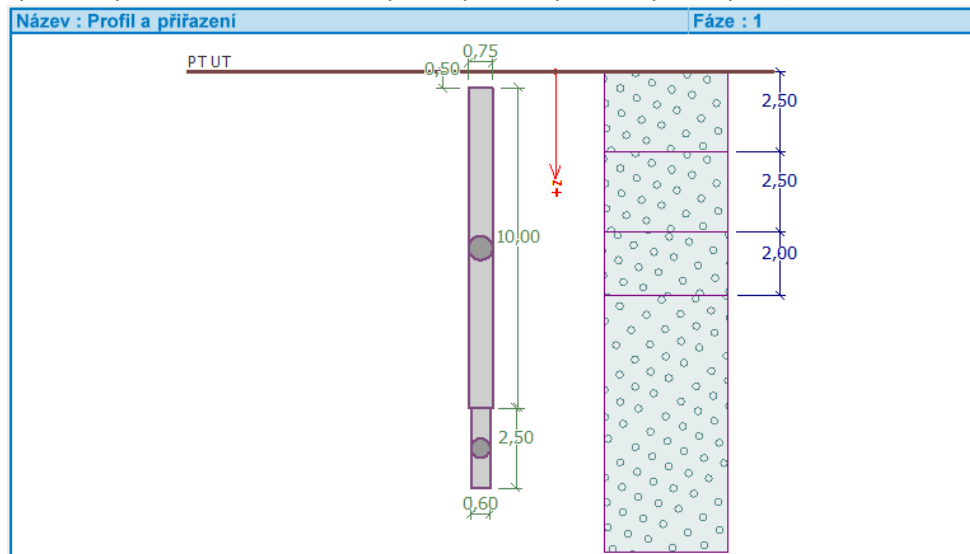
Třída R4
Modul přetvárnosti $E_{def} = 100MPa$
Poissonovo číslo $\nu = 0,25$
Úhel tření $\varphi = 72^\circ$
Objemová tíha $\gamma = 23kN/m^3$

4. MODEL

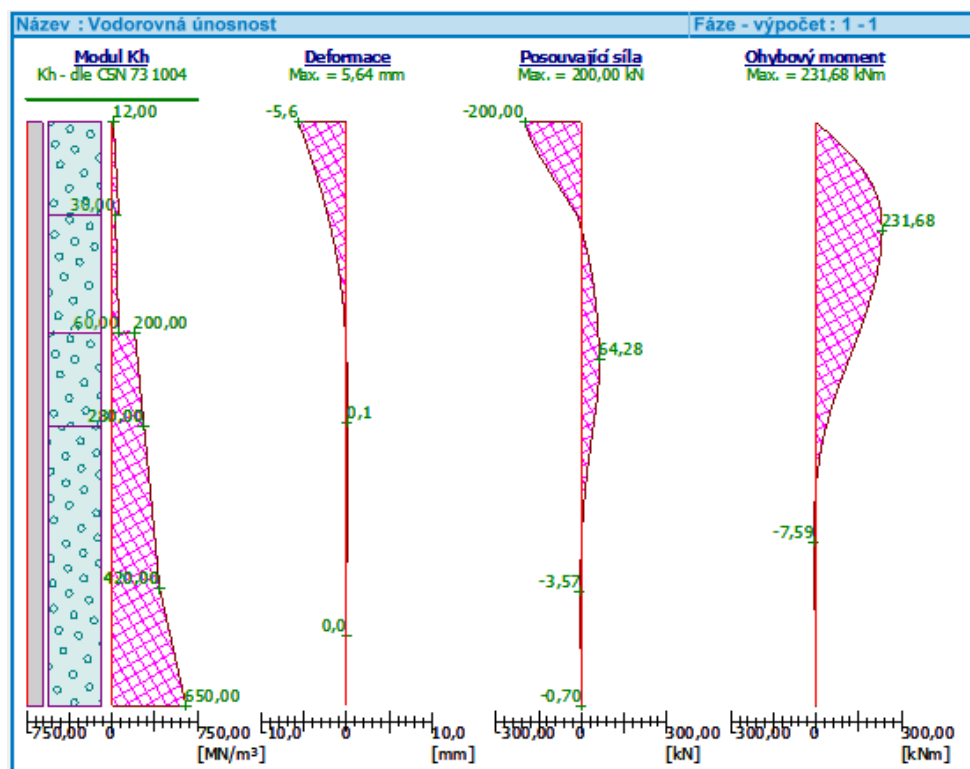
Pro výpočet vnitřních sil na konstrukci byl vytvořen deskostěnový model v programu SCIA Engineer.

4.1. Piloty

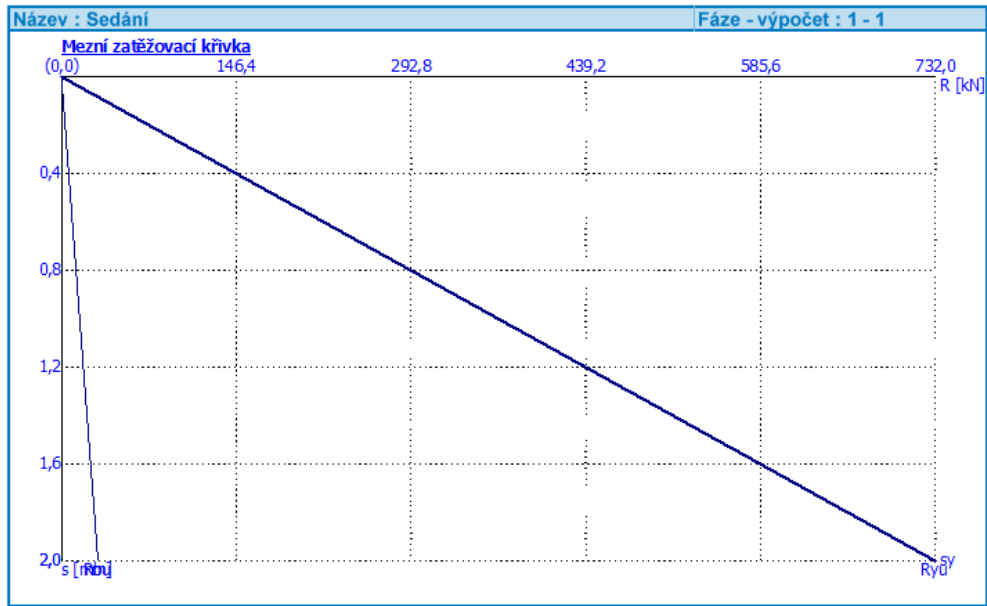
Svislý a vodorovný posun pilot byl vypočítán v programu GEO5. Následně byly vypočítány tuhosti, které byly zadány do modelu pomocí pružných podpor. Do programu byly zadány výše uvedené hodnoty pro zeminy a horniny. Sečnový modul E_s a modul horizontální stlačitelnosti n_h byly zadány podle doporučených hodnot programu GEO5 (modul n_h byl pro horniny zadán pouze orientačně, na výsledky nemá prakticky žádný vliv).



Obr. 1 GEO5: Profil a přiřazení



Obr. 2 GEO5: Vodorovná únosnost



Obr. 3 GEO5: Sedání

Výpočet tuhostí

N [MN]	Δs [m]
0,5	0,00157

$$k_z = \frac{0,5}{0,00157} = 318,47 \text{ MN/m}$$

H [MN]	u [m]
0,2	0,0056

$$k_x = \frac{0,2}{0,0056} = 35,71 \text{ MN/m}$$

4.2. Rám č.2 a č.3

Pro nahrazení působení druhého a třetího rámu byla konstrukce 2x rozkopírována. Výplň mezi rámy nebyla nikde uvedena. V tomto výpočtu je řešeno jedno z mnoha řešení, a to výplň polystyrenem.

Výpočet rozměrů náhradního prutu, který byl použit nahrazením působení polystyrenu mezi rámy:

$$\sigma_1 = \frac{N}{B \times H}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E_P}$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{b \times h}$$

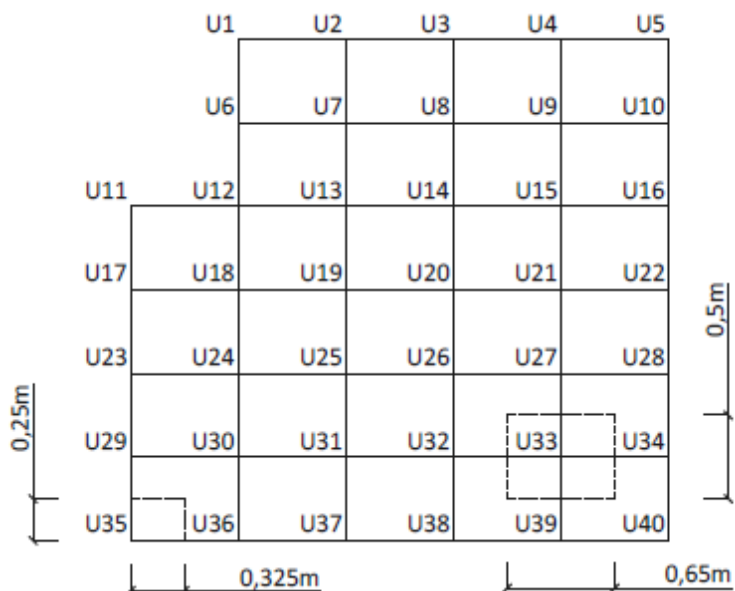
$$\varepsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E_C}$$

B [m]	H [m]	E _p [GPa]	E _c [GPa]	ε ₁ /N	b [m]	h [m]	ε ₂ /N
0,65	0,5	2,5	27,5	1,231	0,172	0,172	1,231
0,65	0,25	2,5	27,5	2,462	0,122	0,122	2,462
0,325	0,5	2,5	27,5	2,462	0,122	0,122	2,462
0,325	0,25	2,5	27,5	4,923	0,086	0,086	4,923

Tab. 1 Výpočet rozměrů náhradního prutu pro polystyren

4.3. Působení zeminy

Pro nahrazení působení zeminy na nosnou stěnu č.1. byla stěna rozdělena na makroprvky 0,5x0,65 m a v jejich uzlech byla podepřena pružnými podporami. Výpočet tuhostí je uveden v následující tabulce.



Obr. 4 Rozložení uzlů

$$K_0 = 1 - \sin\varphi$$

$$K_p = tg^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$v_p = 0,8h$$

$$Z_{0,j} = K_0 \times h_j \times \gamma_z \times B \times H$$

$$Z_{p,j} = K_p \times h_j \times \gamma_z \times B \times H$$

i	K_0 [-]	K_p [-]	h_i [m]	γ_z [kN/m ³]	B [m]	H [m]	Z_0 [kN]	Z_p [kN]	v_p [m]	k [MN/m]
1	0,5	3	0,85	19	0,325	0,25	0,656	3,937	0,024	136,686
2	0,5	3	0,85	19	0,65	0,25	1,312	7,873	0,024	273,372
3	0,5	3	0,85	19	0,65	0,25	1,312	7,873	0,024	273,372
4	0,5	3	0,85	19	0,65	0,25	1,312	7,873	0,024	273,372
5	0,5	3	0,85	19	0,325	0,25	0,656	3,937	0,024	136,686
6	0,5	3	1,35	19	0,325	0,5	2,084	12,504	0,024	434,180
7	0,5	3	1,35	19	0,65	0,5	4,168	25,009	0,024	868,359
8	0,5	3	1,35	19	0,65	0,5	4,168	25,009	0,024	868,359
9	0,5	3	1,35	19	0,65	0,5	4,168	25,009	0,024	868,359
10	0,5	3	1,35	19	0,325	0,5	2,084	12,504	0,024	434,180
11	0,5	3	1,85	19	0,325	0,5	2,856	17,136	0,024	594,987
12	0,5	3	1,85	19	0,975	0,25	4,284	25,703	0,024	892,480
13	0,5	3	1,85	19	0,65	0,5	5,712	34,271	0,024	1189,974
14	0,5	3	1,85	19	0,65	0,5	5,712	34,271	0,024	1189,974
15	0,5	3	1,85	19	0,65	0,5	5,712	34,271	0,024	1189,974
16	0,5	3	1,85	19	0,325	0,5	2,856	17,136	0,024	594,987
17	0,5	3	2,35	19	0,325	0,5	3,628	21,767	0,024	755,794
18	0,5	3	2,35	19	0,65	0,5	7,256	43,534	0,024	1511,589
19	0,5	3	2,35	19	0,65	0,5	7,256	43,534	0,024	1511,589
20	0,5	3	2,35	19	0,65	0,5	7,256	43,534	0,024	1511,589
21	0,5	3	2,35	19	0,65	0,5	7,256	43,534	0,024	1511,589
22	0,5	3	2,35	19	0,325	0,5	3,628	21,767	0,024	755,794
23	0,5	3	2,85	19	0,325	0,5	4,400	26,398	0,024	916,602
24	0,5	3	2,85	19	0,65	0,5	8,799	52,796	0,024	1833,203
25	0,5	3	2,85	19	0,65	0,5	8,799	52,796	0,024	1833,203
26	0,5	3	2,85	19	0,65	0,5	8,799	52,796	0,024	1833,203
27	0,5	3	2,85	19	0,65	0,5	8,799	52,796	0,024	1833,203
28	0,5	3	2,85	19	0,325	0,5	4,400	26,398	0,024	916,602
29	0,5	3	3,35	19	0,325	0,5	5,172	31,029	0,024	1077,409
30	0,5	3	3,35	19	0,65	0,5	10,343	62,059	0,024	2154,818
31	0,5	3	3,35	19	0,65	0,5	10,343	62,059	0,024	2154,818
32	0,5	3	3,35	19	0,65	0,5	10,343	62,059	0,024	2154,818
33	0,5	3	3,35	19	0,65	0,5	10,343	62,059	0,024	2154,818
34	0,5	3	3,35	19	0,325	0,5	5,172	31,029	0,024	1077,409
35	0,5	3	3,85	19	0,325	0,25	2,972	17,830	0,024	619,108
36	0,5	3	3,85	19	0,65	0,25	5,943	35,661	0,024	1238,216
37	0,5	3	3,85	19	0,65	0,25	5,943	35,661	0,024	1238,216
38	0,5	3	3,85	19	0,65	0,25	5,943	35,661	0,024	1238,216
39	0,5	3	3,85	19	0,65	0,25	5,943	35,661	0,024	1238,216
40	0,5	3	3,85	19	0,325	0,25	2,972	17,830	0,024	619,108

Tab. 2 Výpočet tuhostí pružin pro stěnu č.1

5. ZATÍŽENÍ

5.1. Stálé zatížení

5.1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha byla vzhledem k přítomnosti pomocných výztužných prutů vypočtena ručně.

Nosná deska bez konzoly

$$g_{0,NK} = 0,6m \times 25kN/m^3 = 15kN/m^2$$

Konzola

$$g_{0,k} = 0,16m \times 25kN/m^3 = 4kN/m^2$$

Převázka

$$g_{0,p} = 0,9m \times 25kN/m^3 = 22,5kN/m^2$$

Nosná stěna

$$g_{0,r} = 0,6m \times 3m \times 25kN/m^3 = 45kN/m$$

Pilíř

$$g_{0,p} = 1,8m \times 7,23m \times 25kN/m^3 = 325,35kN/m$$

5.1.2. Ostatní stálé

Vozovka

SMA 11+	$0,05m \times 12kN/m^3 =$	$0,6kN/m^2$
---------	---------------------------	-------------

ACL 22+	$0,07m \times 22kN/m^3 =$	$1,54kN/m^2$
---------	---------------------------	--------------

AK 11	$0,14m \times 12kN/m^3 =$	$1,68kN/m^2$
-------	---------------------------	--------------

Izolace	$0,005m \times 2,3kN/m^3 =$	$0,0115kN/m^2$
---------	-----------------------------	----------------

Střední charakteristická hodnota		$(g - g_0) = 3,832kN/m^2$
----------------------------------	--	---------------------------

Horní charakteristická hodnota	$\times 1,4$	$(g - g_0)_{k,sup} = 5,324kN/m^2$
--------------------------------	--------------	-----------------------------------

Dolní charakteristická hodnota	$\times 0,8$	$(g - g_0)_{k,inf} = 3,065kN/m^2$
--------------------------------	--------------	-----------------------------------

Chodník

Kámen	$0,04m \times 26kN/m^3 =$	$1,04kN/m^2$
-------	---------------------------	--------------

Písek	$0,04m \times 18kN/m^3 =$	$0,72kN/m^2$
-------	---------------------------	--------------

Beton	$0,16m \times 24kN/m^3 =$	$4,8kN/m^2$
-------	---------------------------	-------------

Izolace	$0,005m \times 2,3kN/m^3 =$	$0,0115kN/m^2$
---------	-----------------------------	----------------

Střední charakteristická hodnota		$(g - g_0) = 6,572kN/m^2$
----------------------------------	--	---------------------------

Horní charakteristická hodnota	$\times 1,4$	$(g - g_0)_{k,sup} = 9,200kN/m^2$
--------------------------------	--------------	-----------------------------------

Dolní charakteristická hodnota	$\times 0,8$	$(g - g_0)_{k,inf} = 5,258kN/m^2$
--------------------------------	--------------	-----------------------------------

Zábradlí

Ocel		$0,5kN/m$
------	--	-----------

$$\begin{array}{l} \text{Beton} \\ \text{Střední charakteristická hodnota} \end{array} \quad \frac{0,188\text{m}^2 \times 24\text{kN/m}^3 = 4,512\text{kN/m}}{(g - g_0) = 5,012\text{kN/m}}$$

Osvětlení

$$G = 3\text{kN} + 1,153\text{m}^3 \times 24\text{kN/m}^3 = 30,66\text{kN}$$

Obrubník

$$(g - g_0)_{ob} = 0,25\text{m} \times 0,2\text{m} \times 26\text{kN/m}^3 = 1,3\text{kN/m}$$

Opěrná stěna

$$(g - g_0)_{os} = 1,4\text{m} \times 14,59 \times 25\text{kN/m}^3 = 510\text{kN/m}$$

Pohledová stěna

Pro výpočet působení pohledové stěny byla použita nejnepříznivější varianta, a to ta, že je stěna uložena pouze na pilířích. Ve skutečnosti je nejspíše uložena na

$$(g - g_0)_{ps} = 3,1\text{m} \times 14,59 \times 24\text{kN/m}^3 = 1085,5\text{kN/m}$$

5.1.3 Poklesy podpór

Poklesy podpór byly zadány jednotlivě pro každý pilíř 5 mm.

5.1.4. Zatížení zeminou

5.1.4.1. Zemní tlak na stojky

Pro krajní stojky

i	K_0 [-]	h_i [m]	γ_z [kN/m ³]	B [m]	z_0 [kN/m]
1	0,5	0,85	19	0,6	4,845
2	0,5	1,35	19	0,6	7,695
3	0,5	1,85	19	0,6	10,545
4	0,5	2,35	19	0,6	13,395
5	0,5	2,85	19	0,6	16,245
6	0,5	3,35	19	0,6	19,095
7	0,5	3,85	19	0,6	21,945

Tab. 3 Výpočet zemního tlaku na krajní stojky

Pro vnitřní stojky

i	K_0 [-]	h_i [m]	γ_z [kN/m ³]	B [m]	z_0 [kN/m]
1	0,5	0,85	19	0,8	6,460
2	0,5	1,85	19	0,8	14,060
3	0,5	3,85	19	0,8	29,260

Tab. 4 Výpočet zemního tlaku na vnitřní stojky

5.1.4.2. Zemní tlak na nosnou desku

i	K_0 [-]	h_i [m]	γ_z [kN/m ³]	z_0 [kN/m]
1	0,5	0,25	19	2,375
2	0,5	1,75	19	16,625

Tab. 5 Výpočet zemního tlaku na nosnou desku

$$f_{z0} = 1,75 \times 2,375 + \frac{1,75}{2} \times 16,625 = 18,7\text{kN/m}$$

$$m_{z0} = 1,75 \times 2,375 \times \left(\frac{1,75}{2} - 0,3\right) + 1,75 \times \frac{16,625}{2} \times \left(\frac{2}{3} \times 1,75 - 0,3\right) = 14,1 \text{ kNm/m}$$

5.1.5. Smršťování a dotvarování

5.1.5.1. Smršťování betonu

Obvod vystavený vysychání $u = 2 \times (600 + 2850) = 6900 \text{ m}$

Náhradní rozměr průřezu $h_0 = \frac{2A_c}{u} = 496 \text{ mm}$

$$\rightarrow k_h = 0,7$$

RH=70%

cement třídy N $\rightarrow \alpha_{ds1} = 4; \alpha_{ds2} = 0,12$

$f_{cmo} = 10 \text{ MPa}$

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] = 1,018$$

$$\varepsilon_{ca,0} = 0,85 \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) e^{-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cmo}}} \right] \times 10^{-6} \beta_{RH} = 3,84 \times 10^{-4}$$

Smršťování v době výpočtu

$t_s = 4 \text{ dny}$

$t = 17885 \text{ dnů}$

Smršťování vysycháním

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t-t_s)}{(t-t_s) + 0,04 \sqrt{h_0^3}}$$

$\beta_{ds}(17885; 4) = 0,976$

$$\varepsilon_{ca}(17885) = \beta_{ds}(17885; 4) \times k_h \times \varepsilon_{ca,0} = 2,623 \times 10^{-4}$$

Autogenní smršťování

$$\beta_{as}(t) = 1 - e^{(-0,2t^{0,5})}$$

$\beta_{as}(17885) = 1$

$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5(f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 37,5 \times 10^{-6}$

$\varepsilon_{ca}(17885) = \beta_{as}(17885) \times \varepsilon_{ca}(\infty) = 0,375 \times 10^{-4}$

Celkové smršťování v době výpočtu

$$\varepsilon_{cs,p} = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{ca} = 2,998 \times 10^{-4}$$

Smršťování na konci životnosti

$t_s = 4 \text{ dny}$

$t = 36500 \text{ dnů}$

Smršťování vysycháním

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t-t_s)}{(t-t_s) + 0,04 \sqrt{h_0^3}}$$

$\beta_{ds}(36500; 4) = 0,988$

$$\varepsilon_{ca}(36500) = \beta_{ds}(36500; 4) \times k_h \times \varepsilon_{ca,0} = 2,656 \times 10^{-4}$$

Autogenní smršťování

$$\beta_{as}(t) = 1 - e^{(-0,2t^{0,5})}$$

$$\beta_{as}(36500) = 1$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5(f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 37,5 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{ca}(36500) = \beta_{as}(36500) \times \varepsilon_{ca}(\infty) = 0,375 \times 10^{-4}$$

Celkové smršťování na konci životnosti

$$\varepsilon_{cs,p} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 3,031 \times 10^{-4}$$

5.1.5.2. Dotvarování betonu

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{1-RH/100}{0,1^3/h_0} = 1,379$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2,925$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1+t_0^{0,2})} = 0,704$$

$$\beta_H = 1,5[1 + (0,012RH)^{18}]h_0 + 250 = 1026,255$$

$$\varphi_0 = \varphi_{RH}\beta(f_{cm})\beta(t_0) = 2,841$$

Dotvarování v době výpočtu

$$\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{t-t_0}{\beta_H+t-t_0} \right]^{0,3}$$

$$\beta_c(17885; 4) = 0,983$$

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0\beta_c(t, t_0)$$

$$\varphi(17885; 4) = 2,794$$

$$\psi = 0,55$$

$$E_{c,eff} = \frac{1,05 \times E_{cm}}{1 + \psi \times \varphi(17885; 4)} = 12,62 GPa$$

$$\alpha = \frac{E_{c,eff}}{E_c} = 0,41$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{cs,p} \times \alpha = 1,24 \times 10^{-4}$$

Dotvarování na konci životnosti

$$\beta_c(36500; 28) = 0,992$$

$$\varphi(t, t_0) = 2,817$$

$$\psi = 0,55 \text{ podle EN1994}$$

$$E_{c,eff} = \frac{1,05 \times E_{cm}}{1 + \psi \times \varphi(17885; 28)} = 12,56 GPa$$

$$\alpha = \frac{E_{c,eff}}{E_c} = 0,41$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{cs,p} \times \alpha = 1,24 \times 10^{-4}$$

5.2. Proměnné zatížení

5.2.1. Zatížení teplotou

5.2.1.1. Rovnoměrná složka teploty

Doporučené minimální a maximální teploty byly odečteny z teplotní mapy z normy EN – 1991-1-5. Rovnoměrnou složkou teploty je zatížena deska i stojky rámu.

Ohřátí

$$T_{max} = +40^{\circ}C$$

$$T_{e,max} = T_{max} + 1,5 = 41,5^{\circ}C$$

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

$$\Delta T_{N,EXP} = T_{e,max} - T_0 = 31,5^{\circ}C$$

Ochlazení

$$T_{min} = -32^{\circ}C$$

$$T_{e,min} = T_{min} + 8 = -24^{\circ}C$$

$$\Delta T_{N,CON} = T_0 - T_{e,min} = 34^{\circ}C$$

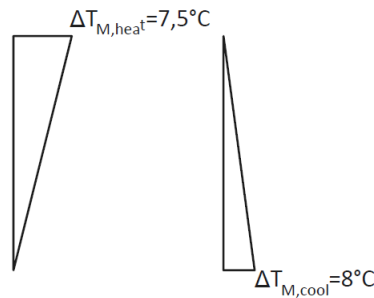
5.2.1.2. Lineární složka teploty

Nerovnoměrné ohřátí desky

Nerovnoměrné hodnoty teplot jsou určeny pro typ konstrukce 3 – betonová deska. Hodnota k_{sur} je určena pro tloušťku vozovky 150 mm, výpočet je tak na straně bezpečnosti.

$$\Delta T_{M,heat} = 15^{\circ}C \times k_{sur} = 7,5^{\circ}C$$

$$\Delta T_{M,cool} = 8^{\circ}C \times k_{sur} = 8^{\circ}C$$



Obr. 5 Nerovnoměrné teplotní účinky na desku

Nerovnoměrné ohřátí stojek

Stojky jsou zatíženy teplotou $5^{\circ}C$.

5.2.1.3. Kombinace účinků teploty

$$\Delta T_M + \omega_N \Delta T_N$$

$$\omega_M \Delta T_M + \Delta T_N$$

$$\omega_N = 0,35$$

$$\omega_M = 0,75$$

5.2.2. Zatížení dopravou

Zatížení dopravou je vypočítáno pro dva případy: podle aktuální normy ČSN EN 1991-2 a podle normy pro výpočet zatížitelnosti ČSN 73 6222. Rovnoměrné zatížení je na konstrukci umístěno podle příčinkových čar pro spojitý nosník. Vozidlo je na konstrukci umístěno těsně k obrubníku. V některých případech se vozidlo nevejde na rám a jeho část působí na převážku. Tyto síly jsou zanedbány.

5.2.2.1. Dle ČSN EN 1991-2

LM1

$$w = 2,85m$$

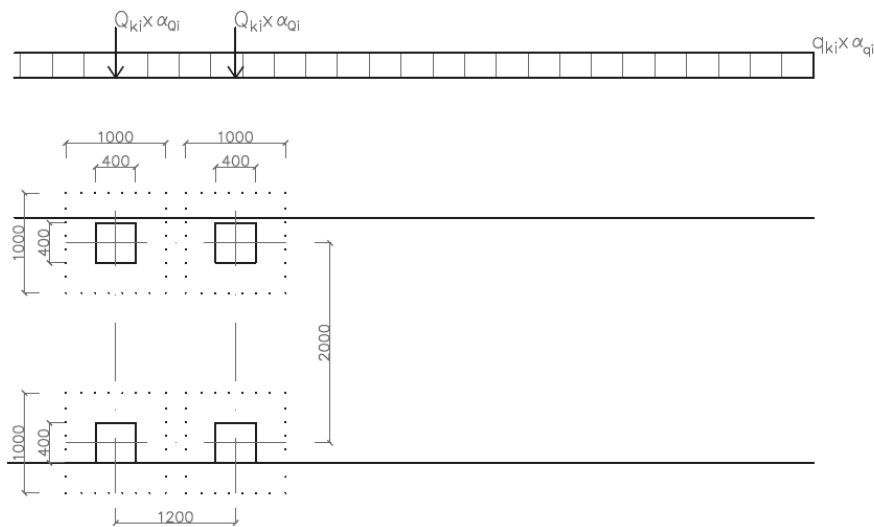
$$n_i = 1$$

$$\begin{aligned}
b_1 &= 2,85m \\
a_1 &= 0,4m \\
Q_{k,1} &= 300kN \\
q_{k,1} &= 9kN/m^2; \\
\alpha_{Q1} &= 1 \\
\alpha_{q1} &= 1 \\
Q_{k1} \times \alpha_{Q1} &= 300kN \\
q_{k1} \times \alpha_{q1} &= 9kN/m^2 \\
q_{kZP} \times \alpha_{ZP} &= 3kN/m^2
\end{aligned}$$

výpočet zatížení na střednici

$$a_{1,s} = a_1 + 2 \times \frac{H/2}{\operatorname{tg}45^\circ} = 1m$$

$$q_{Qk1}/2 = Q_{k1} \times \alpha_{Q1}/2/a_{1,s}^2 = 150kN/m^2$$



Obr. 6 ČSN EN 1991-2: LM1

5.2.2.2. Zatížitelnost dle ČSN 73 6222

5.2.2.2.1. Normální zatížitelnost

Třínápravové vozidlo $V_n \geq 160kN$

$$V_a = 50v_n$$

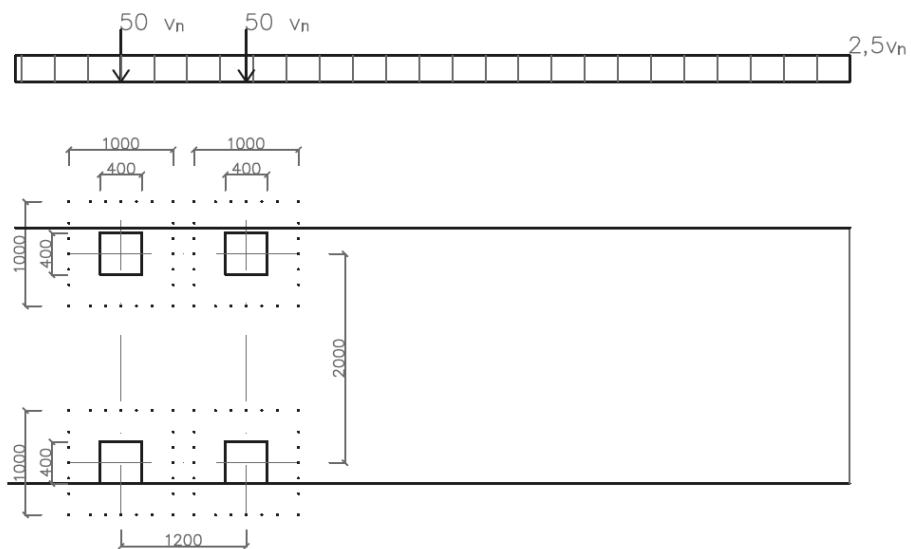
$$v_a = 2,5v_n$$

$$a_1 = 0,4m$$

výpočet zatížení na střednici

$$a_{1,s} = a_1 + 2 \times \frac{H/2}{\operatorname{tg}45^\circ} = 1m$$

$$q_{Va}/2 = V_a/2/a_{1,s}^2 = 25v_n$$



Obr. 7 ČSN 73 6222: Normální zatížitelnost - 3N

Dvounápravové vozidlo $V_n < 160kN$

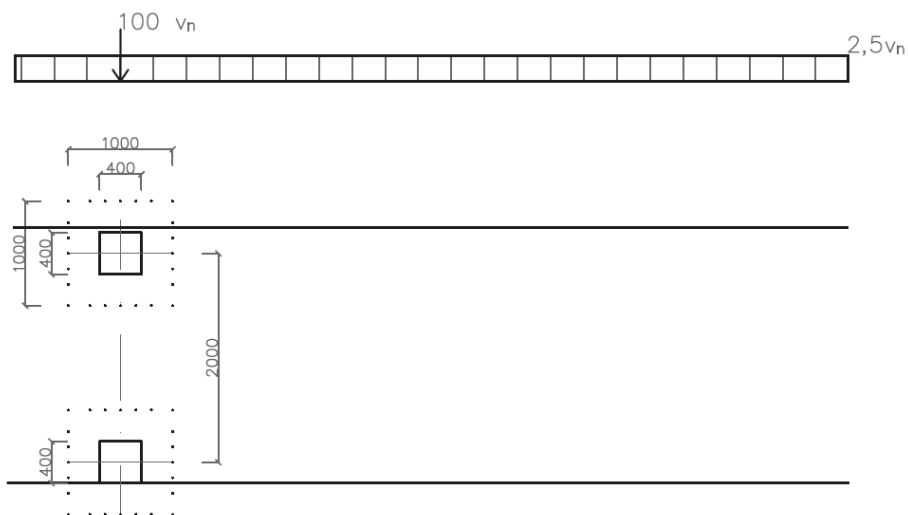
$$V_a = 100v_n$$

$$v_a = 2,5v_n$$

$$a_1 = 0,4m$$

výpočet zatížení na střednici

$$q_{va}/2 = V_a/2/a_{1,s}^2 = 50v_n/m^2$$



Obr. 8 ČSN 73 6222: Normální zatížitelnost - 2N

Brzděné a rozjezdové síly

$$\delta_{ek} = 0,2 \times V_a + 0,025 \times v_a \times w \times L = 30,3v_n$$

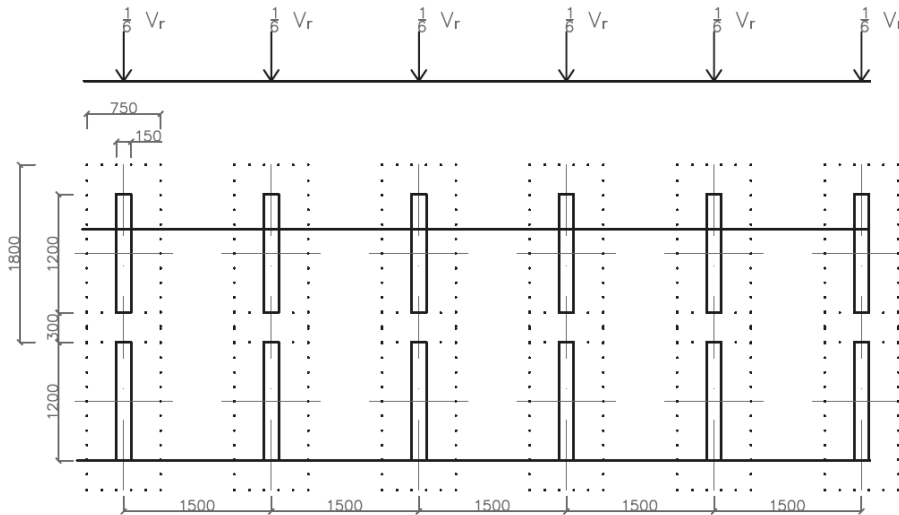
5.2.2.2.2. Výhradní zatížitelnost

Šestinápravové vozidlo $V_r \geq 32t$

$$V_a = V_r/6$$

$$a_1 = 0,15m$$

$$b_1 = 1,2m$$



Obr. 9 ČSN 73 6222: Výhradní zatížitelnost - 6N

výpočet zatížení na střednici

$$a_{1,s} = a_1 + 2 \times \frac{H/2}{\operatorname{tg}45^\circ} = 0,75m$$

$$b_{1,s} = b_1 + 2 \times \frac{H/2}{\operatorname{tg}45^\circ} = 1,8m$$

$$q_{Va}/2 = V_a/2/a_{1,s}/b_{1,s} = 0,062V_r/m^2$$

Třinápravové vozidlo $16t \leq V_r \leq 32t$

$$V_{a1} = V_r/4$$

$$V_{a2} = 3V_r/8$$

$$a_1 = 0,2m$$

$$b_1 = 0,2m$$

$$b_2 = 0,4m$$

výpočet zatížení na střednici

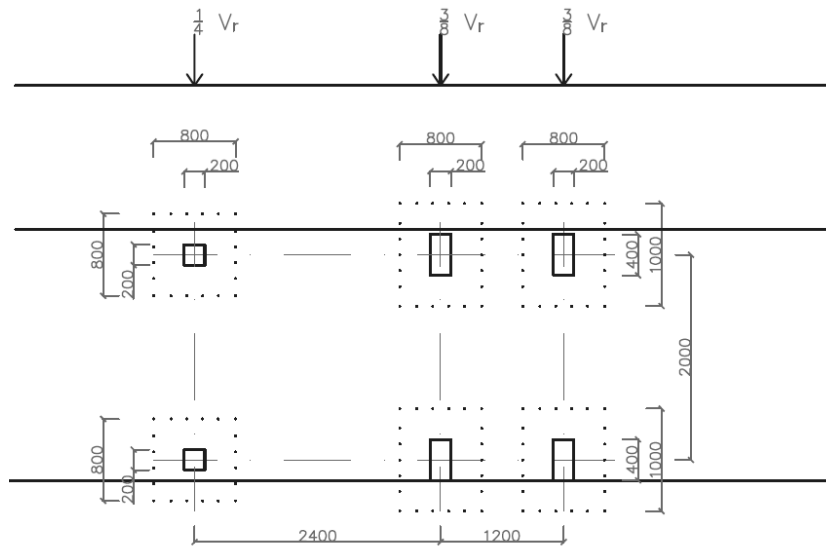
$$a_{1,s} = a_1 + 2 \times \frac{H/2}{\operatorname{tg}45^\circ} = 0,8m$$

$$b_{1,s} = b_1 + 2 \times \frac{H/2}{\operatorname{tg}45^\circ} = 0,8m$$

$$b_{1,s} = b_1 + 2 \times \frac{H/2}{\operatorname{tg}45^\circ} = 1m$$

$$q_{Va1}/2 = V_{a1}/2/a_{1,s}/b_{1,s} = 0,195V_r/m^2$$

$$q_{Va2}/2 = V_{a2}/2/a_{1,s}/b_{2,s} = 0,234V_r/m^2$$



Obr. 10 ČSN 73 6222: Výhradní zatížitelnost - 3N

Dvounápravové vozidlo $V_r \leq 16t$

$$V_{a1} = V_r/4$$

$$V_{a2} = 3V_r/4$$

$$a_1 = 0,2m$$

$$b_1 = 0,2m$$

$$b_2 = 0,4m$$

výpočet zatížení na střednici

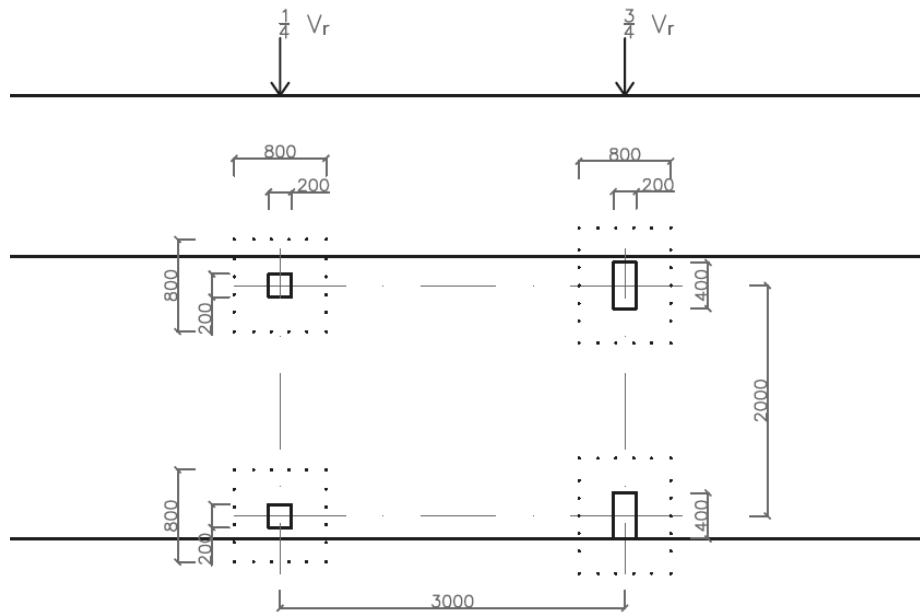
$$a_{1,s} = a_1 + 2 \times \frac{H/2}{\operatorname{tg}45^\circ} = 0,8m$$

$$b_{1,s} = b_1 + 2 \times \frac{H/2}{\operatorname{tg}45^\circ} = 0,8m$$

$$b_{1,s} = b_1 + 2 \times \frac{H/2}{\operatorname{tg}45^\circ} = 1m$$

$$q_{Va1/2} = V_{a1}/2/a_{1,s}/b_{1,s} = 0,195V_r/m^2$$

$$q_{Va2/2} = V_{a2}/2/a_{1,s}/b_{2,s} = 0,469V_r/m^2$$



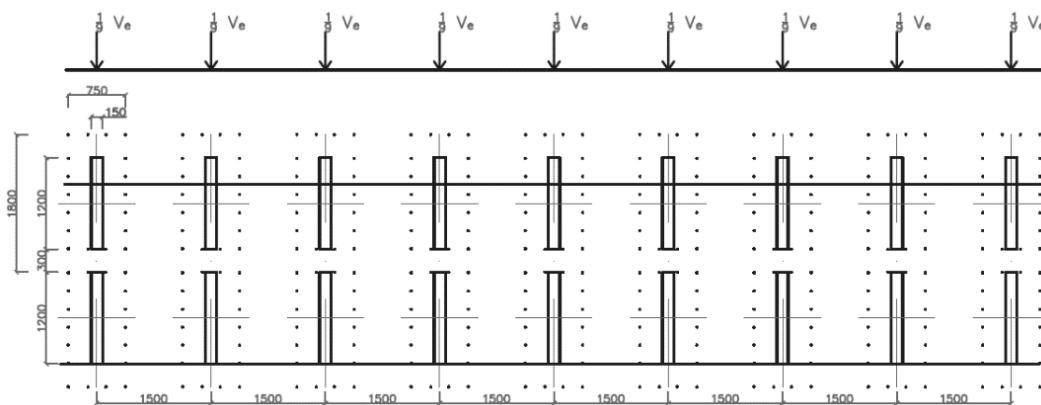
Obr. 11 ČSN 73 6222: Výhradní zatížitelnost - 2N

Brzdné a rozjezdové síly

$$Q_{rk} = 0,15V_r$$

5.2.2.2.3. Výjimečná zatížitelnost

$$V_a = V_e/9$$



Obr. 12 ČSN 73 6222: Výjimečná zatížitelnost

výpočet zatížení na střednici

$$q_{Va}/2 = V_a/2/a_{1,s}/b_{1,s} = 0,041V_e/m^2$$

5.2.3. Zatížení chodci a cyklisty

Zatížení chodníků bylo vzato z normy pro zatížitelnost ČSN 73 6222.

$$q_{ch} = 2,5kN/m^2$$

6. VNITŘNÍ SÍLY

6.1. Momenty a normálové síly na desce

Vnitřní síly jsou určeny v nejvíce namáhaných částech desky: Nad pilíři 1,2,4,5 jsou určeny maximální a minimální momenty a odpovídající normálové síly, v polích 1 a 4 jsou určeny maximální momenty a odpovídající normálové síly.

STÁLÉ ZATÍŽENÍ									
průřez		vlastní tíha		ostatní stálé		poklesy podpor		smršťování a dotvarování	
		m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]
PILÍŘ 1	max	-230,22	-117,91	-54,65	-27,04	65,66	69,6	131,9	1027,31
	min			-127,11	-71,8	-69,34	-50,97		
POLE 1	max	154,68	-47,72	91,33	-16,69	3	47,91	21,89	1033,04
PILÍŘ 2	max	-320,39	-36,67	-91,07	-4,88	70,61	41,65	-53,19	1027,01
	min			-177,72	-34,88	-58,06	-50,97		
PILÍŘ 4	max	-316,76	-61,14	-100,12	-14,76	82,59	29,39	-117,1	835,96
	min			-169,13	-41,72	-60,68	-22,49		
POLE 4	max	157,83	-58,83	54,47	-12,89	5,76	31,71	19,25	419,15
PILÍŘ 5	max	-263,17	-85,09	-69,06	-24,91	70,44	39,5	172,32	1251,34
	min			-160,39	-52,95	-75,37	-18,09		

Tab. 6 Vnitřní síly na desce: stálé zatížení

ZATÍŽENÍ TEPLOTOU			
průřez		m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]
PILÍŘ 1	max	153,45	1098,68
	min	-190,73	-1205,32
POLE 1	max	78,28	1060,78
PILÍŘ 2	max	146,56	1072,9
	min	-124,6	-1113,14
PILÍŘ 4	max	194,87	878,23
	min	-206,24	-1081,66
POLE 4	max	75,49	926,96
PILÍŘ 5	max	202,11	1306,73
	min	-238,51	-1401,44

Tab. 7 Vnitřní síly na desce: zatížení teplotou

ZATÍŽENÍ CHODCI A CYKLISTY			
průřez		m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]
PILÍŘ 1	max	3,08	3,93
	min	-19,46	-11,04
POLE 1	max	14,81	2,79
PILÍŘ 2	max	0,59	4,05
	min	-23,57	-8,93
PILÍŘ 4	max	-3,82	1,92
	min	-19,46	-8,26
POLE 4	max	15,48	1,17
PILÍŘ 5	max	3,28	1,91
	min	-27,48	-6,66

Tab. 8 Vnitřní síly na desce: zatížení chodci a cyklisty

ZATÍŽITELNOST 2N							
průřez		TS		UDL		vodorovné účinky	
		m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]
PILÍŘ 1	max	7,07	8,28	4,24	4,78	94,65	667,46
	min	-57,04	-34,66	-34,6	-21,25	-94,65	-667,46
POLE 1	max	52,15	6,44	22,66	3,77	14,1	504,28
PILÍŘ 2	max	1,38	13,66	0,85	7,94	85,23	372,1
	min	-55,98	-18,73	-43,3	-12,46	-85,23	-373,1
PILÍŘ 4	max	1,27	10,77	-7,78	5,17	53,19	7,87
	min	-56,52	-16,48	-34,58	-13,21	-53,19	-7,87
POLE 4	max	52,88	3,84	23,1	1,28	1,79	173,45
PILÍŘ 5	max	7,98	4,97	4,6	1,69	53,32	411,39
	min	-61,72	-16,01	-38,66	-13,83	-53,32	-411,39

Tab. 9 Vnitřní síly na desce: Normální zatížitelnost - dvounápravové vozidlo

6.2. Momenty a normálové síly na stěnách

Vnitřní síly na stěnách jsou určeny v nejvyšším bodě uprostřed stěny u desky. Vyšetřeny jsou stěny 1, 4 a 5.

STÁLÉ ZATÍŽENÍ									
průřez		vlastní tíha		ostatní stálé		poklesy podpor		smršťování a dotvarování	
		m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]
STĚNA 1	max	230,06	-156,11	162,74	66,03	68,10	31,18	-108,95	78,28
	min			-45,62	-81,68	-64,29	-32,55		
STĚNA 4	max	15,55	-285,14	6,56	-35,75	48,97	71,37	192,87	4,23
	min			5,14	-250,70	-54,21	-42,84		
STĚNA 5	max	-232,51	-246,41	-56,07	147,44	70,36	29,94	19,56	156,24
	min			-166,26	-130,24	-74,43	-59,95		

Tab. 10 Vnitřní síly na stěnách: stálé zatížení

ZATÍŽENÍ TEPLOTOU			
průřez		m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]
STĚNA 1	max	175,69	169,50
	min	-137,61	-125,33
STĚNA 4	max	222,98	428,63
	min	-211,75	-326,05
STĚNA 5	max	80,13	252,05
	min	-99,86	252,05

Tab. 11 Vnitřní síly na stěnách: zatížení teplotou

ZATÍŽENÍ CHODCI A CYKLISTY			
průřez		m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]
STĚNA 1	max	21,03	1,67
	min	-3,01	-10,68
STĚNA 4	max	20,15	-7,35
	min	-18,31	-11,68
STĚNA 5	max	2,84	2,46
	min	-25,57	-17,15

Tab. 12 Vnitřní síly na stěnách: zatížení chodci a cyklisty

ZATÍŽITELNOST 2N							
průřez		TS		UDL		vodorovné účinky	
		m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]
STĚNA 1	max	56,6	3,73	34,64	2,22	59,09	59,09
	min	-6,92	-34,87	-4,17	-24	-59,09	-59,09
STĚNA 4	max	44,55	3,87	30,47	-22,3	112,7	6,3
	min	-44,87	-45,76	-28,71	-26,32	-112,7	-6,3
STĚNA 5	max	6,81	5,84	4,05	3,4	13,4	29,49
	min	-61,61	-55,32	-38,15	-37,5	-13,4	-29,49

Tab. 13 Vnitřní síly na stěnách: Normální zatížitelnost - dvounápravové vozidlo

6.3. Posouvající síly

Posouvající síly pro posouzení na smyk jsou určeny v desce nad pilířem 4 a 5.

STÁLÉ ZATÍŽENÍ								
průřez	vlastní tíha		ostatní stálé		poklesy podpor		smršťování a dotvarování	
	max	min	max	min	max	min	max	min
PILÍŘ 4	168,27		30,24	-51,16	38,95	18,41	7,41	
PILÍŘ 5	-224,84		-36,06	-64,21	77,46	-45,50	9,35	

Tab. 14 Posouvající síly: stálé zatížení

ZATÍŽENÍ TEPLOTOU		
průřez	max	min
PILÍŘ 4	189,69	-182,33
PILÍŘ 5	202,11	-185,96

Tab. 15 Posouvající síly: zatížení teplotou

ZATÍŽENÍ CHODCI A CYKLISTY		
průřez	max	min
PILÍŘ 4	10,03	-3,87
PILÍŘ 5	1,97	-17,90

Tab. 16 Posouvající síly: zatížení chodci a cyklisty

NORMÁLNÍ ZATÍŽITELNOST 2N						
průřez	TS		UDL		vodorovné účinky	
	max	min	max	min	max	min
PILÍŘ 4	37,27	-36,44	23,41	-24,38	24,53	-24,53
PILÍŘ 5	4,65	-49,25	2,71	-32,87	22,91	-22,91

Tab. 17 Posouvající síly: Normální zatížitelnost - dvounápravové vozidlo

7. KOMBINACE

7.1. Kombinace pro zatížení dle ČSN EN 1991-2

Kombinace pro MSP

Charakteristická kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

zatížení		ψ_0	ψ_2
gr1a (LM1)	TS	0,75	0,00
	UDL	0,40	0,00
	zatížení chodníků	0,40	0,00
Teplotou T_k		0,60	0,50

Tab. 18 Použité hodnoty součinitelů ψ

7.2. Kombinace pro zatížitelnost dle 73 6222

7.2.1. Dynamické součinitele

zatížení konstrukce	normální	výhradní	výjimečná
jedna náprava	1,4	1,4	1,05
více náprav	-	δ_1	1,05
jeden zatěžovací pruh	δ_1	-	-

Tab. 19 Dynamické součinitele

$$L_d = \frac{\sum L_{di}}{n} = 14,47m \rightarrow \text{graf dle 73 6222 } \delta_1 = 1,25$$

7.2.2. Sestavy zatížení

sestava	svislé zatížení	vodorovné zatížení	chodníky
n1	charakteristická hodnota	-	redukovaná hodnota 2,5kN/m ²
n2	častá hodnota (* $\psi_{1,1}$)	charakteristická hodnota	-

Tab. 20 Sestavy zatížitelnosti: Normální zatížitelnost

sestava	svislé zatížení	vodorovné zatížení	chodníky
r1	charakteristická hodnota	-	redukováná hodnota 2,5kN/m ²
r2	častá hodnota (* $\psi_{1,1}$)	charakteristická hodnota	-

Tab. 21 Sestavy zatížitelnosti: Výhradní zatížitelnost

$$\psi_{1,1} = 0,75$$

7.2.3. Kombinace

7.2.3.1. Kombinace pro MSÚ

6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

zatížení	γ
Stálé zatížení	1,35/1
Poklesy podpor	1,2
Smršťování a dotvarování	1
Zatížení silniční dopravou a chodci	1,35
Ostatní proměnná zatížení	1,5

Tab. 22 Použité součinitelé γ

$$\psi_{0,1} = 0,75$$

7.2.3.2. Kombinace pro MSP

Konstrukce byla zařazena do kategorie E případně F, pro tyto kategorie norma požaduje posouzení pro kvazistálou kombinaci zatížení. Vzhledem k tomu, že kvazistálá kombinace nezahrnuje zatížení od dopravy, je konstrukce pro MSP posouzena již při posouzení dle ČSN EN 1991-2.

8. POSOUZENÍ

8.1. Posouzení podle ČSN EN 1991-2

8.2.1. Charakteristická kombinace zatížení

Podmínky:

$$\sigma_C \leq 0,6f_{ck} = 15MPa$$

$$\sigma_S \leq 0,8f_{yk} = 320MPa$$

8.2.2. Kvazistálá kombinace zatížení

Podmínky:

$$\sigma_C \leq 0,45f_{ck} = 11,25MPa$$

$$\text{omezení šířky trhlin } w \leq 0,2mm$$

Posouzení je shrnuto v následujících tabulkách, výpočet napětí a šířky trhlin je pro veden pomocí excelu zapůjčeném Ing. Romanem Šafáře, Ph.D.. Excel nepočítá hodnoty napětí betonu v tahu, proto jsou zde uvedeny pouze nuly.

ČSN EN charakteristická kombinace				POSOUZENÍ								
průřez		m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	σ_c [Mpa]	$\sigma_{c,lim}$ [Mpa]		σ_s^h [Mpa]	$\sigma_{s,lim}^h$ [Mpa]		σ_s^d [Mpa]	$\sigma_{s,lim}^d$ [Mpa]	
PILÍŘ 1	max	80,63	1806,70	0,00	15	VYHOVUJE		320	VYHOVUJE		320	VYHOVUJE
	min	-902,25	-535,48	-6,99	15	VYHOVUJE	125,89	320	VYHOVUJE	-70,67	320	VYHOVUJE
POLE 1	max	740,02	1819,55	-8,64	15	VYHOVUJE	-71,74	320	VYHOVUJE	283,94	320	VYHOVUJE
PILÍŘ 2	max	-370,45	1877,78	0,00	15	VYHOVUJE	-48,92	320	VYHOVUJE	288,04	320	VYHOVUJE
	min	-1195,17	-469,81	-17,78	15	NEVYHOVUJE	191,88	320	VYHOVUJE	51,48	320	VYHOVUJE
PILÍŘ 4	max	-345,19	1491,675	-0,52	15	VYHOVUJE	152,57	320	VYHOVUJE	12,17	320	VYHOVUJE
	min	-1277,56	-326,38	-16,96	15	NEVYHOVUJE	295,34	320	VYHOVUJE	-172,66	320	VYHOVUJE
POLE 4	max	743,38	1830,29	0,00	15	VYHOVUJE		320	VYHOVUJE		320	VYHOVUJE
PILÍŘ 5	max	75,45	2192,26	0,00	15	VYHOVUJE		320	VYHOVUJE		320	VYHOVUJE
	min	-1143,23	-440,12	-16,67	15	NEVYHOVUJE	246,09	320	VYHOVUJE	-175,11	320	VYHOVUJE
STĚNA 1	max	919,17	123,15	-25,00	15	NEVYHOVUJE	-133,21	320	VYHOVUJE	316,07	320	VYHOVUJE
	min	-18,22	-553,49	-0,85	15	VYHOVUJE	-8,73	320	VYHOVUJE	-11,54	320	VYHOVUJE
STĚNA 4	max	858,32	-155,24	-6,84	15	VYHOVUJE	-72,36	320	VYHOVUJE	168,12	320	VYHOVUJE
	min	-390,22	-1046,21	-3,56	15	VYHOVUJE	23,44	320	VYHOVUJE	-43,36	320	VYHOVUJE
STĚNA 5	max	-231,23	252,31	-3,69	15	VYHOVUJE	108,14	320	VYHOVUJE	-32,26	320	VYHOVUJE
	min	-1053,89	-875,8	-17,37	15	NEVYHOVUJE	289,58	320	VYHOVUJE	-178,42	320	VYHOVUJE

Tab. 23 Posouzení dle ČSN EN 1991-2: charakteristická kombinace

EC kvazistálá kombinace				POSOUZENÍ					
průřez		m_y [kNm/m]	n_y [kN/m]	σ_c [Mpa]	$\sigma_{c,lim}$ [Mpa]		w [mm]	w_{lim} [mm]	
PILÍŘ 1	max	-50,85	1241,65	0,00	11,25	VYHOVUJE		0,2	VYHOVUJE
	min	-381,32	88,00	-4,99	11,25	VYHOVUJE	0,066	0,2	VYHOVUJE
POLE 1	max	332,77	1264,28	-1,67	11,25	VYHOVUJE	0,190	0,2	VYHOVUJE
PILÍŘ 2	max	54,37	-254,03	-1,19	11,25	VYHOVUJE	0,007	0,2	VYHOVUJE
	min	-648,26	203,08	-8,87	11,25	VYHOVUJE	0,154	0,2	VYHOVUJE
PILÍŘ 4	max	-426,25	101,25	-6,15	11,25	VYHOVUJE	0,083	0,2	VYHOVUJE
	min	-754,83	133,48	-10,33	11,25	VYHOVUJE	0,166	0,2	VYHOVUJE
POLE 4	max	140,13	1274,04	0,00	11,25	VYHOVUJE		0,2	VYHOVUJE
PILÍŘ 5	max	-89,00	1528,55	0,00	11,25	VYHOVUJE		0,2	VYHOVUJE
	min	-497,02	211,77	-6,41	11,25	VYHOVUJE	0,105	0,2	VYHOVUJE
STĚNA 1	max	398,09	24,85	-5,85	11,25	VYHOVUJE	0,120	0,2	VYHOVUJE
	min	97,19	-221,14	-3,57	11,25	VYHOVUJE	0,046	0,2	VYHOVUJE
STĚNA 4	max	411,44	-281,79	-0,73	11,25	VYHOVUJE	0,003	0,2	VYHOVUJE
	min	41,21	-628,72	-0,48	11,25	VYHOVUJE	0,007	0,2	VYHOVUJE
STĚNA 5	max	-297,03	69,56	-4,27	11,25	VYHOVUJE	0,086	0,2	VYHOVUJE
	min	-494,59	-347,82	-5,17	11,25	VYHOVUJE	0,072	0,2	VYHOVUJE

Tab. 24 Posouzení dle ČSN EN 1992-1: kvazistálá kombinace

9. STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI

Zatížitelnost je počtena na základě momentu únosnosti M_{Rd} . Pro výpočet M_{Rd} je přibližně zvolen násobitel zatížení od dopravy k .

9.1. Normální zatížitelnost

9.1.1. Stanovení normální zatížitelnosti na desce pro dvounápravové vozidlo

průřez		6.10. a. SESTAVA 1				VÝPOČET PRO PŘIBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}		
		n_g	$n_{q,t}$	$n_{q,ch}$	$n_{q,sz}$	k	$n_{q,sz}$	n_{Ed}
PILÍŘ 1	max	709,05	741,61	3,98	16,53	1	16,53	1471,17
	min	453,21	-813,59	-11,18	-70,76	1	-70,76	-442,32
POLE 1	max	745,32	716,03	2,82	12,92	1	12,92	1477,09
PILÍŘ 2	max	778,69	724,21	4,10	27,34	1	27,34	1534,33
	min	612,50	-751,37	-9,04	-39,47	1	-39,47	-187,38
PILÍŘ 4	max	586,34	592,81	1,94	20,17	1	20,17	1201,26
	min	461,12	-730,12	-8,36	-37,58	1	-37,58	-314,94
POLE 4	max	255,59	625,70	1,18	6,48	1	6,48	888,96
PILÍŘ 5	max	875,91	882,04	1,93	8,43	1	8,43	1768,31
	min	730,44	-945,97	-6,74	-37,77	1	-37,77	-260,04

Tab. 25 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1 - deska: ny

průřez		6.10. a. SESTAVA 1				VÝPOČET PRO PŘIBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}			m_{Rd}	v_n
		m_g	$m_{q,t}$	$m_{q,ch}$	$m_{q,sz}$	k	$m_{q,sz}$	m_{Ed}		
PILÍŘ 1	max	-74,18	138,11	3,12	14,31	1	14,31	81,36	139,23	5,04
	min	-433,70	-185,62	-23,86	-115,98	1	-115,98	-759,17	1494,87	7,34
POLE 1	max	357,60	70,45	15,00	94,68	1	94,68	537,73	875,42	4,57
PILÍŘ 2	max	-379,92	131,90	0,60	2,82	1	2,82	-244,59	1228,11	347,47
	min	-795,31	-112,14	-19,70	-125,65	1	-125,65	-1052,81	1534,04	4,83
PILÍŘ 4	max	-434,87	175,38	-3,87	-8,24	1	-8,24	-271,60	1302,98	126,18
	min	-845,87	-185,62	-19,70	-115,30	1	-115,30	-1166,49	1547,98	4,31
POLE 4	max	336,12	67,94	15,67	96,16	1	96,16	515,90	1013,19	6,17
PILÍŘ 5	max	-75,38	181,90	3,32	15,92	1	15,92	125,76	69,05	-2,56
	min	-489,93	-214,66	-27,82	-127,04	1	-127,04	-859,46	1473,67	5,83

Tab. 26 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1 - deska: my

průřez		6.10. a. SESTAVA 2				VÝPOČET PRO PŘIBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}		
		n_g	$n_{q,t}$	$n_{q,ch}$	$n_{q,sz}$	k	$n_{q,sz}$	n_{Ed}
PILÍŘ 1	max	709,05	741,61	667,46	12,40	1	12,40	2130,52
	min	453,21	-813,59	-667,46	-53,07	1	-53,07	-1080,91
POLE 1	max	745,32	716,03	504,28	9,69	1	9,69	1975,32
PILÍŘ 2	max	778,69	724,21	372,10	20,50	1	20,50	1895,50
	min	612,50	-751,37	-373,10	-29,61	1	-29,61	-541,57
PILÍŘ 4	max	586,34	592,81	7,87	15,13	1	15,13	1202,14
	min	461,12	-730,12	-7,87	-28,18	1	-28,18	-305,05
POLE 4	max	255,59	625,70	173,45	4,86	1	4,86	1059,60
PILÍŘ 5	max	875,91	882,04	411,39	6,32	1	6,32	2175,66
	min	730,44	-945,97	-411,39	-28,32	1	-28,32	-655,24

Tab. 27 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 2 - deska: ny

průřez		6.10. a. SESTAVA 2				VÝPOČET PRO PŘIBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}			m_{Rd}	V_n
		m_g	$m_{q,t}$	$m_{q,vz}$	$m_{q,sz}$	k	$m_{q,sz}$	m_{Ed}		
PILÍŘ 1	max	-74,18	138,11	94,65	10,74	1	10,74	169,31	-18,55	-0,78
	min	-433,70	-185,62	-94,65	-86,99	1	-86,99	-800,96	1704,94	5,98
POLE 1	max	357,60	70,45	14,10	71,01	1	71,01	513,17	832,48	4,75
PILÍŘ 2	max	-379,92	131,90	85,23	2,12	1	2,12	-160,67	1158,20	10,42
	min	-795,31	-112,14	-85,23	-94,24	1	-94,24	-1086,92	1655,92	4,17
PILÍŘ 4	max	-434,87	175,38	53,19	-6,18	1	-6,18	-212,48	1334,61	22,87
	min	-845,87	-185,62	-53,32	-86,47	1	-86,47	-1171,28	1627,04	4,26
POLE 4	max	336,12	67,94	1,79	72,12	1	72,12	477,97	1070,99	9,02
PILÍŘ 5	max	-75,38	181,90	53,32	11,94	1	11,94	171,78	-29,99	-2,09
	min	-489,93	-214,66	-53,32	-95,28	1	-95,28	-853,19	1668,20	6,48

Tab. 28 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 2 - deska: my

PRŮŘEZ	V_n [t]					
	6.10.a.					
	sestava 1			sestava 2		
	PILÍŘ 1	POLE 1	PILÍŘ 2	PILÍŘ 1	POLE 1	PILÍŘ 2
max	67,24	60,89	4632,98	X	63,36	138,94
min	97,91	-	64,40	79,69	-	55,61
	PILÍŘ 4	POLE 4	PILÍŘ 5	PILÍŘ 4	POLE 4	PILÍŘ 5
max	1682,40	82,29	X	304,93	120,31	X
min	57,45	-	77,80	56,80	-	86,46

Tab. 29 Normální zatížitelnost: výsledné V_n

Konstrukce lokálně nevyhoví v rámových rozích. V ostatní posuzovaných průřezích výsledná zatížitelnost splňuje podmínku $V_n \geq 25t$.

9.1.2. Stanovení normální zatížitelnosti na stojinách pro dvounápravové vozidlo

průřez		6.10.a. SESTAVA 1				VÝPOČET PRO PŘÍBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}		
		n_g	$n_{q,t}$	$n_{q,ch}$	$n_{q,sz}$	k	$n_{q,sz}$	n_{Ed}
STĚNA 1	max	62,90	-123,85	-83,07	-10,53	1	-10,53	-154,55
	min	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00
STĚNA 4	max	160,99	-190,58	-112,70	-69,84	1	-69,84	-212,13
	min	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00
STĚNA 5	max	-607,77	-89,87	-13,40	-94,69	1	-94,69	-805,74
	min	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00

Tab. 30 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1 - stěny: ny

průřez		6.10.a. SESTAVA 1				VÝPOČET PRO PŘÍBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}			m_{Rd}	V_n
		m_g	$m_{q,t}$	$m_{q,ch}$	$m_{q,sz}$	k	$m_{q,sz}$	m_{Ed}		
STĚNA 1	max	365,57	158,12	57,31	115,48	1	115,48	696,47	769,69	1,63
	min	62,90	-123,85	-62,38	-14,04	1	-14,04	-137,37	534,52	29,30
STĚNA 4	max	467,79	200,68	45,11	94,95	1	94,95	808,53	422,25	-3,07
	min	160,99	-190,58	-45,43	-93,12	1	-93,12	-168,14	721,43	6,94
STĚNA 5	max	-215,41	72,12	6,90	13,74	1	13,74	-122,65	957,20	59,72
	min	-607,77	-89,87	-7,01	-126,26	1	-126,26	-830,91	1185,35	3,81

Tab. 31 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1 - stěny: my

Při posouzení stojin rámu, nevyhoví pouze stojina č. 4, ostatní stojiny splňují podmínku $V_n \geq 25t$.

9.1.3. Stanovení normální zatížitelnosti ve smyku

9.1.3.1. Ověření konstrukční zásad

deska

podélná vzdálenost mezi třmínky

$$s_l = 250mm$$

příčná vzdálenost mezi třmínky

$$s_t = 320mm$$

maximální vzdálenosti

$$s_{l,max} = 0,75d(1 + \cot\alpha) \leq 400mm$$

$$s_{l,max} = 400mm \geq s_l = 250mm \text{ vyhovuje}$$

$$s_{t,max} = 1,5d$$

$$s_{t,max} = 801mm \geq s_t = 320mm \text{ vyhovuje}$$

stěny

podélná vzdálenost mezi třmínky

$$s_l = 250mm$$

příčná vzdálenost mezi třmínky

$$s_t = 510mm$$

Pro stěny 1 a 5 jsou maximální vzdálenosti stejné jako pro desku – výztuž vyhoví. Stěny 2,3 a 4 mají větší účinnou tloušťku desky, tudíž také vyhoví.

9.1.3.2. Výpočet únosnosti tlakové diagonály a únosnosti výztuže

průřez	f _{ck}	f _{cd}	d [m]	x [m]	cotθ	V _{Rd,max} [kN]
PILÍŘ 4	25	16,7	0,534	0,232	1,5	1836,342
PILÍŘ 5	25	16,7	0,534	0,228	1,5	1843,002

Tab. 32 Výpočet V_{Rd,max}

průřez	d [m]	x [m]	A _{sw} [m ²]	f _{yd} [MPa]	s _l [m]	cotθ [-]	V _{Rd,1} [kN]
PILÍŘ 4	0,534	0,232	0,00113	378	0,25	1,5	1130,725
PILÍŘ 5	0,534	0,228	0,00113	378	0,25	1,5	1134,826

Tab. 33 Výpočet V_{Rd,1}

průřez	6.10.a. SESTAVA 1								V _{Rd,1}	V _n	
	V _g		V _{q,t}		V _{q,ch}		V _{q,sz}			max	min
	max	min	max	min	max	min	max	min			
PILÍŘ 4	322,19	173,09	170,72	-164,10	10,16	-3,92	76,80	-76,98	1130,73	8,17	14,62
PILÍŘ 5	-73,08	-457,73	181,90	-167,36	1,99	-18,12	9,32	-103,93	1134,83	109,93	4,73

Tab. 34 Normální zatížitelnost 6.10.a. sestava 1 - smyk

průřez	6.10.a. SESTAVA 2								V _{Rd,1}	V _n	
	V _g		V _{q,t}		V _{q,vz}		V _{q,sz}			max	min
	max	min	max	min	max	min	max	min			
PILÍŘ 4	322,19	173,09	170,72	-164,10	24,84	-24,84	57,60	-57,73	1130,73	10,64	19,31
PILÍŘ 5	-73,08	-457,73	181,90	-167,36	23,20	-23,20	6,99	-77,95	1134,83	143,54	6,24

Tab. 35 Normální zatížitelnost 6.10.a. sestava 2 – smyk

průřez	V _n			
	6.10.a.			
	sestava 1		sestava 2	
	max	min	max	min
PILÍŘ 4	108,97	194,98	141,90	257,49
PILÍŘ 5	1465,75	63,07	1913,87	83,22

Tab. 36 Normální zatížitelnost – výslední V_n - smyk

Při posouzení na smyk konstrukce vyhoví požadavkům $V_n \geq 25t$.

9.2. Výhradní zatížitelnost

průřez		6.10. a. SESTAVA 1				VÝPOČET PRO PŘIBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}		
		n_g	$n_{q,t}$	$n_{q,ch}$	$n_{q,sz}$	k	$n_{q,sz}$	n_{Ed}
PILÍŘ 1	max	709,05	741,61	3,98	0,08	1	0,08	1454,72
	min	453,21	-813,59	-11,18	-0,37	1	-0,37	-371,93
POLE 1	max	745,32	716,03	2,82	0,05	1	0,05	1464,22
PILÍŘ 2	max	778,69	724,21	4,10	0,13	1	0,13	1507,12
	min	612,50	-751,37	-9,04	-0,20	1	-0,20	-148,11
PILÍŘ 4	max	586,34	592,81	1,94	0,10	1	0,10	1181,19
	min	461,12	-730,12	-8,36	-0,18	1	-0,18	-277,54
POLE 4	max	255,59	625,70	1,18	0,04	1	0,04	882,51
PILÍŘ 5	max	875,91	882,04	1,93	0,04	1	0,04	1759,92
	min	730,44	-945,97	-6,74	-0,16	1	-0,16	-222,44

Tab. 37 Výhradní zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1 - deska ny

průřez		6.10. a. SESTAVA 1				VÝPOČET PRO PŘIBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}			m_{Rd}	V_n [t]
		m_g	$m_{q,t}$	$m_{q,ch}$	$m_{q,sz}$	k	$m_{q,sz}$	m_{Ed}		
PILÍŘ 1	max	-74,18	138,11	3,12	0,08	1	0,08	67,12	140,18	96,31
	min	-433,70	-185,62	-23,86	-0,58	1	-0,58	-643,77	1493,55	146,06
POLE 1	max	357,60	70,45	15,00	0,41	1	0,41	443,46	1151,69	174,97
PILÍŘ 2	max	-379,92	131,90	0,60	0,01	1	0,01	-247,40	1138,99	7044,53
	min	-795,31	-112,14	-19,70	-0,57	1	-0,57	-927,72	1463,63	94,20
PILÍŘ 4	max	-434,87	175,38	-3,87	0,01	1	0,01	-263,34	1214,05	7511,67
	min	-845,87	-185,62	-19,70	-0,58	1	-0,58	-1051,77	1479,20	73,52
POLE 4	max	336,12	67,94	15,67	0,42	1	0,42	420,15	1282,79	206,64
PILÍŘ 5	max	-75,38	181,90	3,32	0,08	1	0,08	109,91	69,61	-52,98
	min	-489,93	-214,66	-27,82	-0,71	1	-0,71	-733,12	1472,26	104,39

Tab. 38 Výhradní zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1. - deska: my

průřez		6.10. a. SESTAVA 2				VÝPOČET PRO PŘIBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}		
		n_g	$n_{q,t}$	$n_{q,ch}$	$n_{q,sz}$	k	$n_{q,sz}$	n_{Ed}
PILÍŘ 1	max	709,05	741,61	667,46	0,06	1	0,06	2118,18
	min	453,21	-813,59	-667,46	-0,28	1	-0,28	-1028,12
POLE 1	max	745,32	716,03	504,28	0,04	1	0,04	1965,66
PILÍŘ 2	max	778,69	724,21	372,10	0,09	1	0,09	1875,09
	min	612,50	-751,37	-373,10	-0,15	1	-0,15	-512,12
PILÍŘ 4	max	586,34	592,81	7,87	0,08	1	0,08	1187,09
	min	461,12	-730,12	-7,87	-0,13	1	-0,13	-277,00
POLE 4	max	255,59	625,70	173,45	0,03	1	0,03	1054,77
PILÍŘ 5	max	875,91	882,04	411,39	0,03	1	0,03	2169,37
	min	730,44	-945,97	-411,39	-0,12	1	-0,12	-627,04

Tab. 39 Výhradní zatížitelnost 6.10.a. sestava 2: deska - ny

průřez		6.10. a. SESTAVA 2				VÝPOČET PRO PŘIBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}			m_{Rd}	v_n
		m_g	$m_{q,t}$	$m_{q,vz}$	$m_{q,sz}$	k	$m_{q,sz}$	m_{Ed}		
PILÍŘ 1	max	-74,18	138,11	94,65	0,06	1	0,06	158,63	141,08	0,81
	min	-433,70	-185,62	-94,65	-0,44	1	-0,44	-714,41	1491,06	9,17
POLE 1	max	357,60	70,45	14,10	0,30	1	0,30	442,46	1152,17	50,27
PILÍŘ 2	max	-379,92	131,90	85,23	0,01	1	0,01	-162,77	1140,65	10,47
	min	-795,31	-112,14	-85,23	-0,43	1	-0,43	-993,11	1461,65	6,47
PILÍŘ 4	max	-434,87	175,38	53,19	0,01	1	0,01	-206,29	1215,43	17,97
	min	-845,87	-185,62	-53,32	-0,44	1	-0,44	-1085,24	1477,35	8,29
POLE 4	max	336,12	67,94	1,79	0,31	1	0,31	406,17	1283,17	417,98
PILÍŘ 5	max	-75,38	181,90	53,32	0,06	1	0,06	159,89	69,89	-0,69
	min	-489,93	-214,66	-53,32	-0,53	1	-0,53	-758,44	1470,88	14,23

Tab. 40 Výhradní zatížitelnost 6.10.a. sestava 2: deska - my

PRŮŘEZ	Vr [t]					
	6.10.a.			sestava 2		
	PILÍŘ 1	POLE 1	PILÍŘ 2	PILÍŘ 1	POLE 1	PILÍŘ 2
max	96,31	174,97	7044,53	13,37	188,70	255,41
min	146,06	-	94,20	91,13	-	72,24
	PILÍŘ 4	POLE 4	PILÍŘ 5	PILÍŘ 4	POLE 4	PILÍŘ 5
max	7511,67	206,64	X	319,19	280,65	X
min	73,52	-	104,39	59,72	-	91,06

Tab. 41 Výhradní zatížitelnost: výsledné Vr

11. NÁVRH ZESÍLENÍ STOJINY

Pro zesílení stěny je použita vlepovaná nerezová helikální výztuž. Stěna je opět posouzena pomocí zapůjčeného excelu.

NÁVRH: 30x SpiBAR 8, $A_s=10 \text{ mm}^2$, $f_y=745 \text{ MPa}$

POSOUZENÍ:

průřez		6.10.a. SESTAVA 1				VÝPOČET PRO PŘÍBLIŽNÉ URČENÍ M_{Rd}			m_{Rd}	v_n	V_n [t]	$V_{n,min}$	POSOUZENÍ
		m_g	$m_{q,t}$	$m_{q,ch}$	$m_{q,sz}$	k	$m_{q,sz}$	m_{Ed}					
STĚNA 4	max	467,79	200,68	45,11	94,95	1	94,95	808,53	905,32	2,02	26,93	25	VYHOVUJE

Tab. 42 Posouzení zesílení stěny

Stěna bude vyztužena pouze při jednom povrchu (směr Hradčanská). Navrhovaný počet musí být splněn při horní hraně desky. Návrh je pouze orientační, pro přesný návrh by bylo zapotřebí detailnější posouzení stěny.

12. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo stanovení zatížitelnosti na jeden železobetonový rám mostu v Chotkově ulic v Praze. Jedná se konstrukci z roku 1968, která byla rekonstruována v roce 2004.

Pro vypracování modelu konstrukce byla použita původní výkresová dokumentace. Pro vytvoření modelu byla vypočtena únosnost zeminy, bylo vypočteno sedání a vodorovný posun pilot. Tento statický výpočet počítá s polystyrenovou výplní mez rámy. Pro podrobnější určení působení železobetonového rámu by bylo zapotřebí vyšetřit i další možnosti spolupůsobení rámu.

Zatížitelnost až na rámové rohy konstrukce a stěnu č. 4 vyhověla $V_n \geq 25t$ na MSÚ. Při posouzení na MSP většina posuzovaných průřezů v desce.

Cílem bakalářské práce byl také návrh rekonstrukce most. Pro stojku 4 je navrženo zesílení pomocí helikálních vlepaných výztuží. V desce jde o rozsáhlejší problém, který si žádá podrobnější studii, v této práci proto není řešen.

13. SEZNAM OBRÁZKŮ

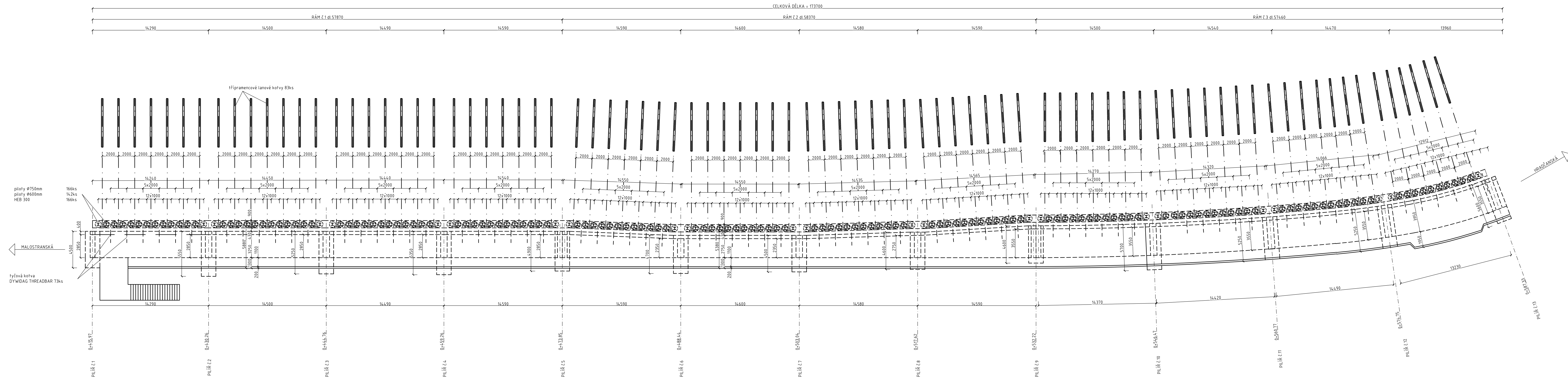
Obr. 1 GEO5: Profil a přiřazení	7
Obr. 2 GEO5: Vodorovná únosnost	7
Obr. 3 GEO5: Sedání	8
Obr. 4 Rozložení uzlů	9
Obr. 5 Nerovnoměrné teplotní účinky na desku	15
Obr. 8 ČSN EN 1991-2: LM1.....	16
Obr. 9 ČSN 73 6222: Normální zatížitelnost - 3N	17
Obr. 10 ČSN 73 6222: Normální zatížitelnost - 2N	17
Obr. 11 ČSN 73 6222: Výhradní zatížitelnost - 6N.....	18
Obr. 12 ČSN 73 6222: Výhradní zatížitelnost - 3N.....	19
Obr. 13 ČSN 73 6222: Výhradní zatížitelnost - 2N.....	20
Obr. 14 ČSN 73 6222: Výjimečná zatížitelnost	20

14. SEZNAM TABULEK

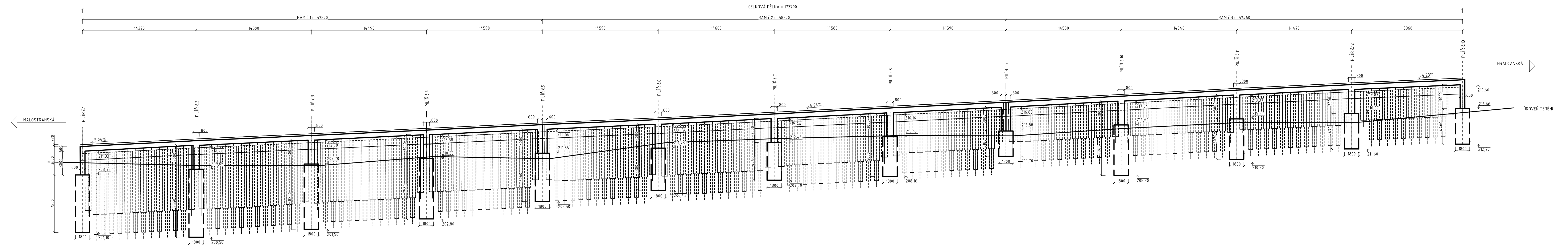
Tab. 1 Výpočet rozměrů náhradního prutu pro polystyren	9
Tab. 2 Výpočet tuhostí pružin pro stěnu č.1	10
Tab. 3 Výpočet zemního tlaku na krajní stojky	12
Tab. 4 Výpočet zemního tlaku na vnitřní stojky	12
Tab. 5 Výpočet zemního tlaku na nosnou desku	12
Tab. 6 Vnitřní síly na desce: stálé zatížení	21
Tab. 7 Vnitřní síly na desce: zatížení teplotou	21
Tab. 8 Vnitřní síly na desce: zatížení chodci a cyklisty	22
Tab. 9 Vnitřní síly na desce: Normální zatížitelnost - dvounápravové vozidlo	22
Tab. 10 Vnitřní síly na stěnách: stálé zatížení	23
Tab. 11 Vnitřní síly na stěnách: zatížení teplotou	23
Tab. 12 Vnitřní síly na stěnách: zatížení chodci a cyklisty	23
Tab. 13 Vnitřní síly na stěnách: Normální zatížitelnost - dvounápravové vozidlo	24
Tab. 14 Posouvající síly: stálé zatížení	24
Tab. 15 Posouvající síly: zatížení teplotou	24
Tab. 16 Posouvající síly: zatížení chodci a cyklisty	24
Tab. 17 Posouvající síly: Normální zatížitelnost - dvounápravové vozidlo	25
Tab. 18 Použité hodnoty součinitelů Ψ	26
Tab. 19 Dynamické součinitele	26
Tab. 20 Sestavy zatížitelnosti: Normální zatížitelnost	26
Tab. 21 Sestavy zatížitelnosti: Výhradní zatížitelnost	27
Tab. 22 Použité součinitelé γ	27
Tab. 23 Posouzení dle ČSN EN 1991-2: charakteristická kombinace	29
Tab. 24 Posouzení dle ČSN EN 1992-1: kvazistálá kombinace	30
Tab. 25 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1 - deska: ny	31
Tab. 26 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1 - deska: my	31
Tab. 27 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 2 - deska: ny	32
Tab. 28 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 2 - deska: my	32
Tab. 29 Normální zatížitelnost: výsledné V_n	32
Tab. 30 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1 - stěny: ny	33
Tab. 31 Normální zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1 - stěny: my	33
Tab. 32 Výpočet $V_{Rd,max}$	34
Tab. 33 Výpočet $V_{Rd,1}$	34
Tab. 34 Normální zatížitelnost 6.10.a. sestava 1 - smyk	34
Tab. 35 Normální zatížitelnost 6.10.a. sestava 2 – smyk	34
Tab. 36 Normální zatížitelnost – výslední V_n - smyk	34
Tab. 37 Výhradní zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1 - deska ny	35
Tab. 38 Výhradní zatížitelnost: 6.10.a. sestava 1. - deska: my	35
Tab. 39 Výhradní zatížitelnost 6.10.a. sestava 2: deska - ny	36
Tab. 40 Výhradní zatížitelnost 6.10.a. sestava 2: deska - my	36
Tab. 41 Výhradní zatížitelnost: výsledné V_r	36
Tab. 42 Posouzení zesílení stěny	37

13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

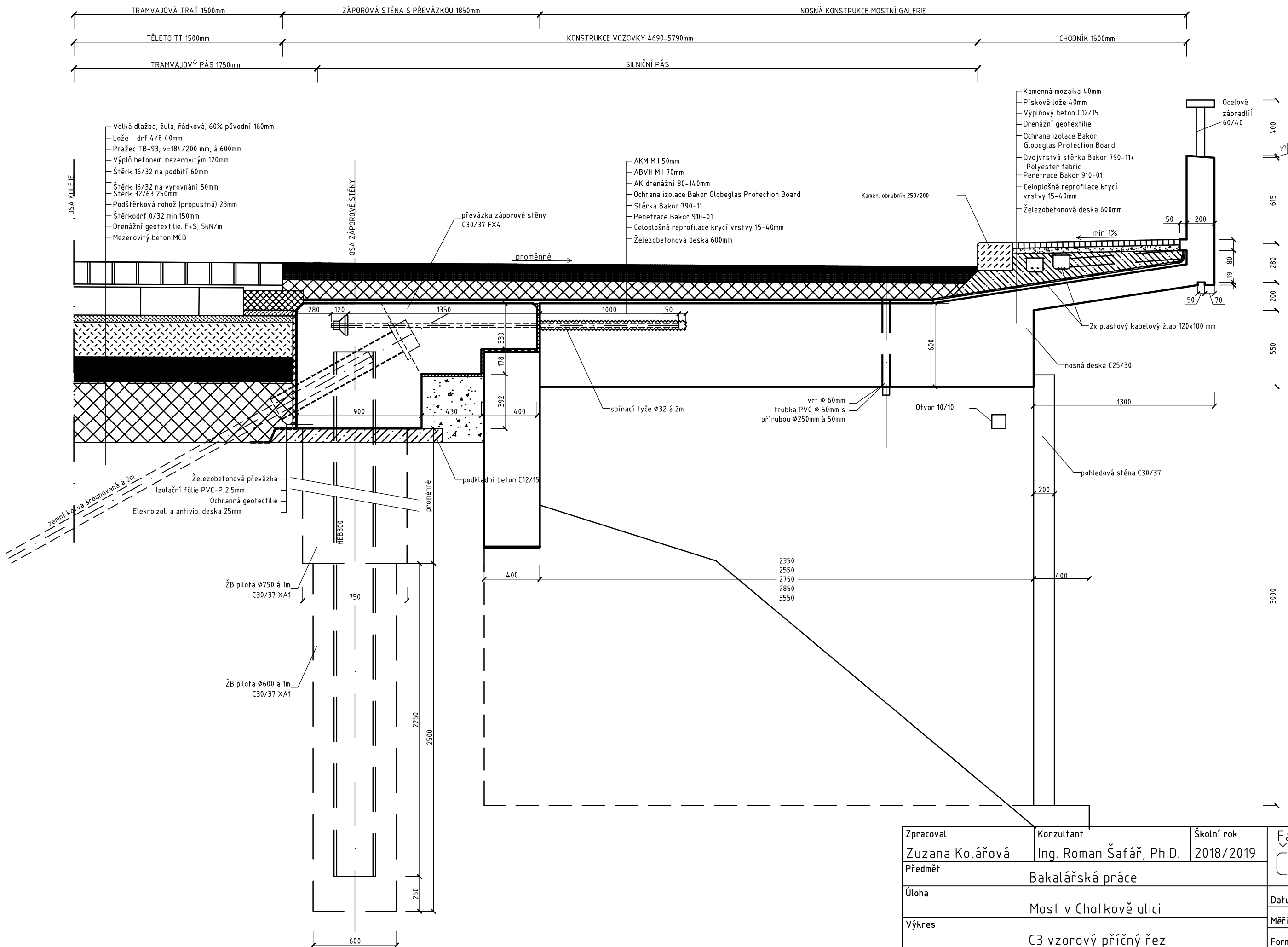
- ČSN 73 6222 - *Zatížitelnost mostů pozemních komunikací*. (2013). Praha: ÚNMZ .
- ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. (2004). Praha: ČNI.
- ČSN EN 1991-1-5 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou*. (2005). Praha: ČNI.
- ČSN EN 1992-2 *Eurokód 2: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady*. (2007). Praha: ČNI.
- Kukaň V., D. M. (2007). *Betonové mosty: zatížitelnost. Doplnkové skriptum*. Praha: nakladatelství ČVUT.
- Šafář, R. (2015). *Betonové mosty 2 - cvičení: Návrh předpjatého betonu podle Eurokódů*. Praha: nakladatelství ČVUT.




Zpracoval Zuzana Kolářová	Konzultant Ing. Roman Šafář, Ph.D.	Školní rok 2018/2019	Fakulta stavební ČVUT
Předmět Bakalářská práce		Datum 4.1.2017	Měřítko 1:200 Formát 5A4
Úloha Most v Choťkově ulici			
Výkres C1 - Půdorys			



Zpracoval Zuzana Kolářová	Konzultant Ing. Roman Šafář, Ph.D.	Školní rok 2018/2019	Fakulta stavební ČVUT
Předmět Bakalářská práce			Datum 4.1.2017
Úloha Most v Choťkově ulici			Měřítko 1:200
Výkres C2 - Podélný řez			Formát 5A4



Zpracoval Zuzana Kolářová	Konzultant Ing. Roman Šafář, Ph.D.	Školní rok 2018/2019	Fakulta stavební ČVUT 
Předmět Bakalářská práce			
Úloha Most v Chotkově ulici	Datum 4.1.2018	Měřítko 1:25	Formát 2A4
Výkres C3 vzorový příčný řez			