







Razítko oprávněné osoby:

Podpis:

Datum:

Revize:	Datum:	Popis:	Kontroloval:
000	13.10.2021	Definitivní odevzdání dokumentace	Ing. Martin Plšek

Stavebník/Investor:	Správa železnic, státní organizace			 SPRÁVA ŽELEZNIC
Adresa:	Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1			
Zástupce investora:	Stavební správa západ			
Adresa:	Sokolovská 278/1955, 190 00 Praha 9			
Zhotovitel stavby:	DIPONT s.r.o.			
Adresa:	č.p. 505, 403 35 Libouchec			
Kontakt:	T: +420 475 201 724 E: dipont@dipont.cz			
Hlavní projektant (HIP):	Specialista:	Odpovědný projektant:	Zpracovatel:	
Ing. Martin Plšek 	Ing. Martin Plšek 	Ing. Martin Plšek 	Ing. Norbert Pelc 	

Název stavby/akce:	Rekonstrukce mostu v km 39,019 na trati Středokluky - Podlešín		Označení (S-kód):
			S632000177
			Označení zhotovitele:
			D21002
Název části:	Inženýrské objekty		Označení části: D.2.1.4
Název objektu:	Most v km 39,019		Označení objektu/komplexu:
			SO 11-20-01
Název přílohy:	Statický výpočet		Číslo přílohy: 3. 001
Název dílčí části přílohy:			Paré:
Kraj:	Katastrální území:	TUDU:	
Středočeský	Trněný Újezd u Zákolan [768 324]	0742 04	
Stupeň dokumentace:	Datum zpracování:	Formáty:	
DUSP	08/2021		
S-kód:	Stupeň dokumentace:	Část:	Objekt:
S 6 3 2 0 0 0 1 7 7 -	D U S P -	D 2 1 0 4 -	S O 1 1 2 0 0 1 -
			Podoblast:
			Příloha:
			Revize:
			- 3 - 0 0 1 - 0 0 0

1	Technická zpráva ke statickému výpočtu	3
1.1	Základní údaje	3
1.2	Technický popis jednotlivých stavebních konstrukcí.....	3
1.3	Výpočetní model	4
1.4	Výpočetní pomůcky	5
1.5	Přehled využívaných norem a použité literatury	5
1.6	Podklady pro zpracování statického výpočtu.....	6
1.7	Úplná identifikace autora statického výpočtu	6
2	Grafické přílohy statického výpočtu	7
2.1	Půdorys	7
2.2	Příčný řez	8
2.3	Podélný řez.....	9
3	Vlastní výpočet	10
3.1	Stanovení průřezových a geometrických charakteristik	10
3.2	Stanovení zatížení.....	10
3.2.1	Zatížení stálé.....	10
3.2.1.1	Vlastní tíha nosné konstrukce	10
3.2.1.2	Ostatní stálé zatížení.....	11
3.2.1.3	Zatížení zeminou	11
3.2.2	Zatížení proměnné	11
3.2.2.1	Dynamické účinky.....	11
3.2.2.2	Dynamický součinitel	13
3.2.2.3	Model zatížení 71	13
3.2.2.4	Účinek zvětšení zemního tlaku za opěrami	14
3.2.2.5	Odstředivá síla.....	14
3.2.2.6	Boční ráz	14
3.2.2.7	Zatížení od rozjezdu a brzdění	14
3.2.2.8	Vykolejení železniční dopravy – návrhová situace I.....	15
3.2.2.9	Vykolejení železniční dopravy – návrhová situace II	16
3.2.2.10	Zatížení teplotou.....	16
3.3	Stanovení vnitřních sil	19
3.3.1	Kombinace zatížení.....	19
3.3.1.1	Kombinační součinitele	19
3.3.1.2	Mezní stavy únosnosti	21
3.3.2	Sestavy zatížení	22
3.3.2.1	Mezní stavy použitelnosti	23
3.4	Vypočítané vnitřní síly a deformace.....	24
3.4.1	Deformace – obálka MSP	24
3.4.2	Vnitřní síly – obálka vnitřních sil MSÚ.....	25
3.4.3	Maximální hodnoty vnitřních sil v posuzované konstrukci – souhrn.....	28
3.4.3.1	Souhrn vnitřních sil pro zabetonované nosníky – 1D	28

3.5	Posouzení konstrukčních částí nosné konstrukce.....	29
3.5.1	Geometrie a průřezové charakteristiky	29
3.5.2	Posouzení v řezu I (1/2 rozpětí).....	29
3.5.2.1	Svařovaný nosník - Ohybová únosnost pro kladný moment v podélném směru (směr X)	29
3.5.2.2	Posouzení průřezu v příčném směru (směr Y).....	31
3.5.2.3	Ohybová únosnost pro záporný moment	40
4	Určení zatížitelnosti	41
4.1.1	Návrhové hodnoty účinků ostatních zatížení	41
4.1.2	Návrhové hodnoty účinků svislého zatížení železniční dopravou.....	41
4.1.3	Výpočet zatížitelnosti.....	42

1 Technická zpráva ke statickému výpočtu

1.1 Základní údaje

<i>Evidenční km</i>	39,019
<i>Trat'</i>	Středokluky - Podlešín
<i>Traťový úsek, definiční úsek</i>	TU 0742 Středokluky - Podlešín DU 04 Noutonice - Podlešín
<i>Počet převáděných kolejí</i>	1
<i>Přemost'ovaná překážka</i>	Silnice III/00723
<i>Počet otvorů</i>	1
<i>Druh spodní stavby</i>	Plošný monolitický železobetonový základový pás, železobetonová monolitická rovnoběžná křídla s navazujícími dilatovanými plošně založenými žb křídly
<i>Prostorová úprava (šikmost)</i>	64°
<i>Členění konstrukcí</i>	Monolitická železobetonová konstrukce otevřeného polorámu (rám bez spodní desky) s horní deskou s tuhou výztuží ze svařovaných nesymetrických nosníků I výšky 680 mm.
<i>Geometrická poloha koleje</i>	R = 293 m
<i>Uvažované zatížení</i>	Dle ČSN EN 1991-2, klasifikační součinitel $\alpha = 1,10$ (trať 3. třídy)
<i>Prostor. uspořádání na mostě</i>	VMP 2,5
<i>Maximální traťová rychlost</i>	70 km/h

1.2 Technický popis jednotlivých stavebních konstrukcí

Na místě původního mostu bude zhotovena nová konstrukce tvořená monolitickým železobetonovým polorámem (rám bez spodní desky) o světlosti 14,00 m (\perp 13,53 m).

Příčel polorámu je navržena jako monolitická železobetonová deska s tuhou výztuží – svařovanými nesymetrickými nosníky I výšky 550 mm. V příčném řezu je umístěno 9 ks těchto nosníků. Délka každého nosníku bude 13,575 m, osová vzdálenost nosníků v příčném směru mostu bude 0,53 m. Nosníky budou tvořit ztracené bednění pro výstavbu mostu za provozu na komunikaci pod mostem. Nosníky budou vyrobeny s nadvýšením 50 mm pro eliminaci průhybu při montáži nosné konstrukce. Tloušťka příčle je proměnná (spádování horního povrchu) v intervalu $\langle 0,78; 0,85 \rangle$ m.

Rámové stojky jsou navrženy jako monolitické železobetonové stěny o tloušťce 850 mm. Stojky budou vetknuty do základových pasů. Křídla přiléhající k rámové stojce budou jsou navržena jako

monolitické železobetonové stěny vetknuté do základové konstrukce a stojky. Rub křídla je navržen ve sklonu 7:1, tloušťka křídla je proměnná v rozsahu $<0,3;1,2>$ m. Na vetknutá křídla navazují dilatovaná křídla proměnné délky v totožných rozměrech.

Rámová příčel, stojky a křídla jsou navrženy z betonu **C 30/37 – XC4, XD3, XF4** a vyztuženy betonářskou ocelí třídy **B500 B**. Ocelové nosníky jsou uvažovány z materiálu S 355.

Založení nosné konstrukce je navrženo jako plošné pomocí základových pasů. Základy budou zhotoveny z betonu **C 30/37 – XC4, XD2, XF2** a vyztuženy ocelí **B500B**. Základové konstrukce budou ležet na podkladním betonu **C 12/15 X0** tl. 150 mm. Geometrické uspořádání konstrukce vychází z použití VMP 2,5 s respektováním směrového vedení koleje v oblouku. Za opěrami budou přechodové klíny z mezerovitěho betonu.

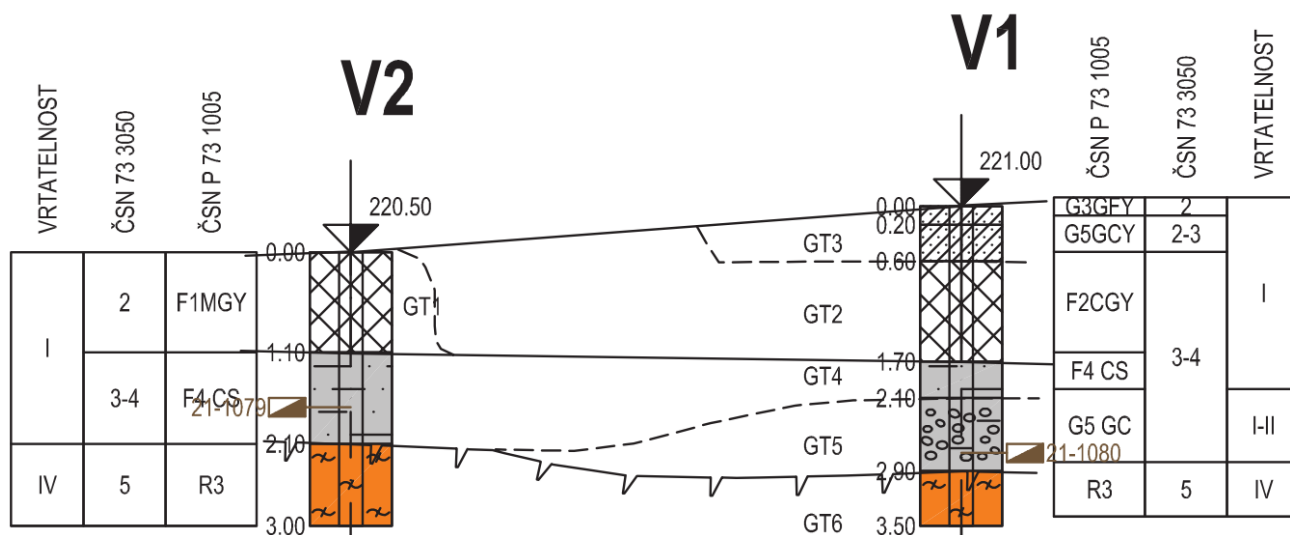
Všechny části nosné konstrukce jsou navrhovány s životností 100 let.

1.3 Výpočetní model

Prostorový model konstrukce byl vytvořen ve výpočetním programu Scia Engineer 21, v Kartézském souřadnicovém systému s kladnou orientací globální osy Z směrem nahoru.

Příčel polorámu byla namodelována jako ortotropní betonová deska. Tuhá výztuž byla přepočítána na ideální betonový průřez s odpovídající (zvýšenou) tuhostí v podélném směru desky. V příčném směru příčel působí jako železobetonová deska. Příčel je v modelu uvažována tl. 780 mm z betonu C 30/37.

Stojky rámu jsou tloušťky 850 mm z betonu C 30/37. Založení konstrukce je modelováno jako pružné plošné podepření základových pasů. Pružné podepření je modelováno pomocí předpokládané skladby zemin dle výsledků inženýrskogeologického průzkumu (viz dokladová část dokumentace).



Obr. 1. Geologický řez v místě stavby

Sít' konečných prvků byla definována plošnými prvky o průměrné velikosti 0,3 m.

Všechny vazby mezi jednotlivými prvky konstrukce jsou modelovány jako tuhé. Zatížení je vnášeno v požadované velikosti na plošné prvky.

1.4 Výpočetní pomůcky

Pro výpočet vnitřních sil na konstrukci a pro posouzení jednotlivých konstrukčních částí mostu byly použity tyto programy:

- Scia Engineer 21, © 2021 Nemetschek Scia,
- MS OFFICE 2020, © Microsoft Corporation.
- GEO 5, © Fine spol. s r.o.
- FIN EC – Beton, © Fine spol. s r.o.
- Mathcad 14.0, © 2007 Parametric Technology Corporation

1.5 Přehled využívaných norem a použité literatury

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou
- [4] ČSN EN 1991-1-7 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení
- [5] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [6] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [8] ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [9] ČSN EN 10080 Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel – Všeobecně
- [10] ČSN 42 0139 Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná žebírková betonářská ocel – Všeobecně
- [11] SŽDC, s. o., Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů
- [12] Technicko – kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, v platném znění
- [13] Procházka, J. a kol.: Navrhování betonových konstrukcí podle norem ČSN EN 1992 (Eurokódu 2), ČBS 2009
- [14] Navrhování betonových mostů podle norem ČSN EN 1992 (Eurokódu 2), ČBS 2010
- [15] ČSN EN 1997-1 (731000) Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla

1.6 Podklady pro zpracování statického výpočtu

- (1) Rozpracovaná dokumentace ve stupni DUSP, DIPONT s.r.o.
- (2) Inženýrskogeologický průzkum, 4G consite s.r.o., 05/2021

1.7 Úplná identifikace autora statického výpočtu

Ing. Norbert Pelc

Projektant – mosty a inženýrské konstrukce

DIPONT s.r.o.

Kontrola:

Ing. Martin Plšek

Projektant – mosty a inženýrské konstrukce

DIPONT s.r.o.

.....
Ing. Norbert Pelc

.....
Ing. Martin Plšek

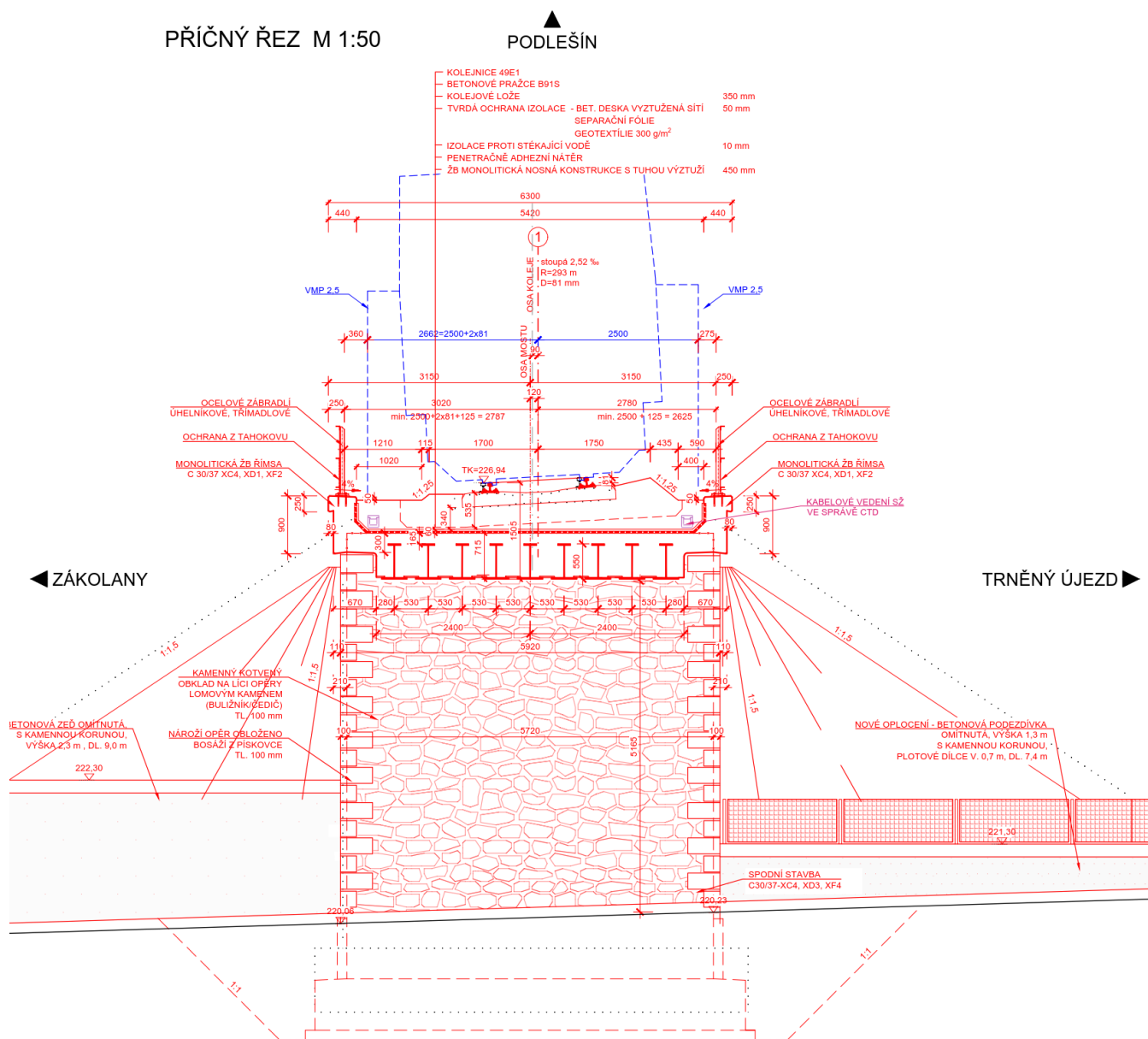
V Ústí nad Labem, červen 2021

2 Grafické přílohy statického výpočtu

2.1 Půdorys

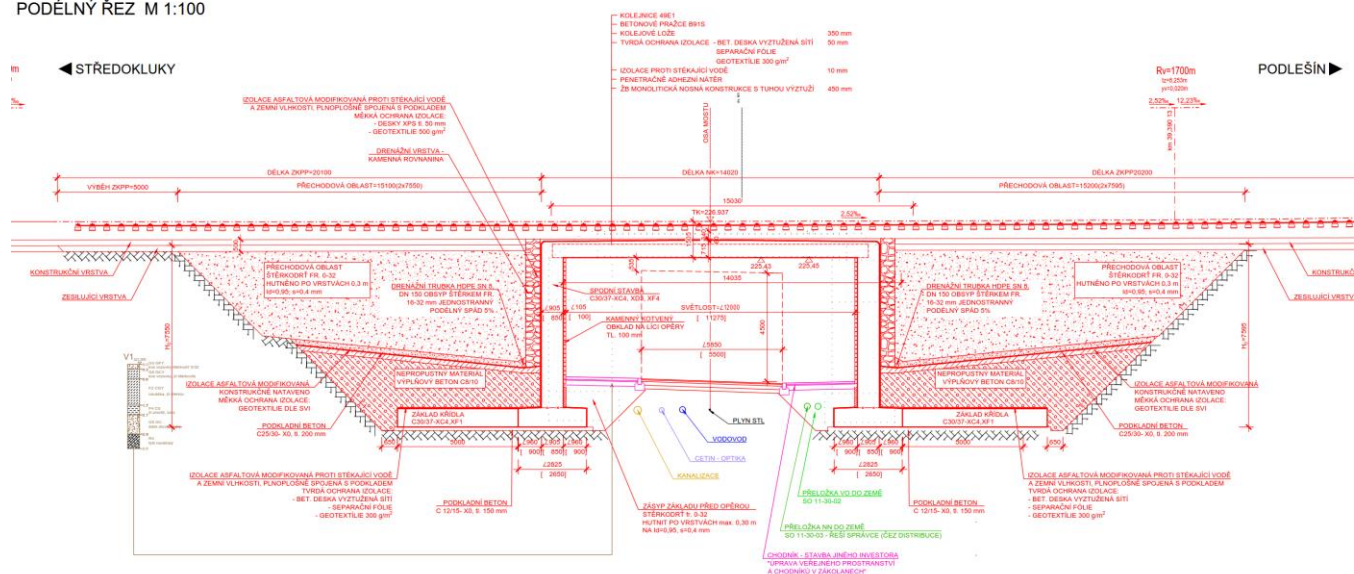


2.2 Příčný řez



2.3 Podélný řez

PODÉLNÝ ŘEZ M 1:100



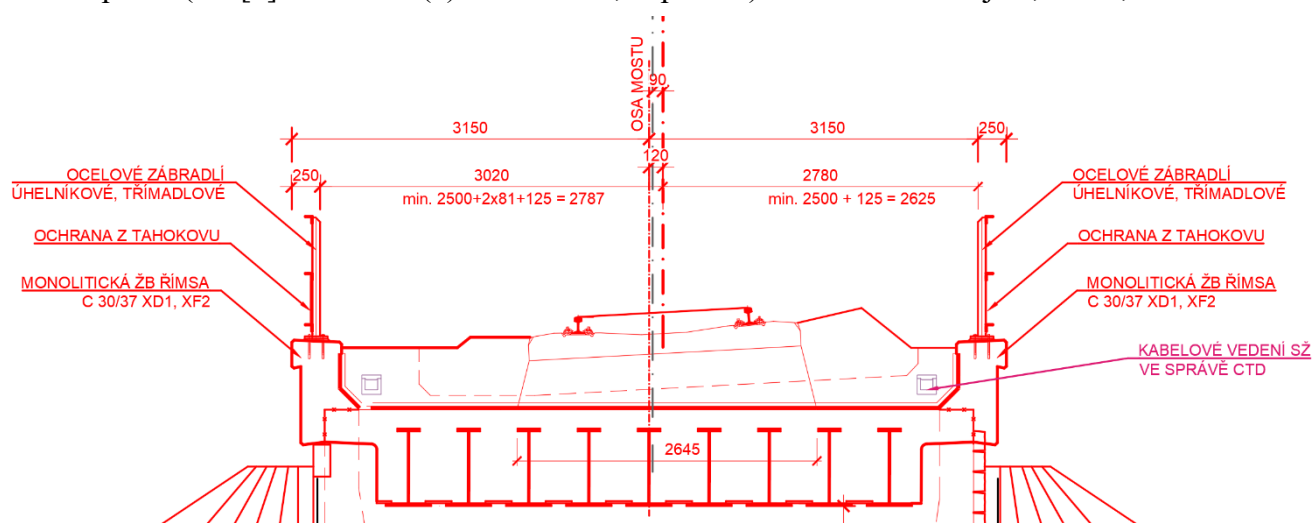
3 Vlastní výpočet

3.1 Stanovení průřezových a geometrických charakteristik

V programu Scia Engineer byl vytvořen model řešené konstrukce. Pro vyhodnocení vnitřních sil byl použit model s tloušťkami prvků odpovídajícími tloušťkám navržené konstrukce.

3.2 Stanovení zatížení

Zatížení jsou uvažována dle EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Roznos zatížení kolejovým ložem je uvažován se sklonem 4:1. Referenční rovina uvažovaná pro roznos zatížení je horní povrch rámové příčle (dle [5] čl. 6.3.6.2 (2) a MVL 511, kap. 4.28). Roznášecí šířka je 2,645 m, viz obr.



Obr. 2. Uvažovaná roznášecí šířka pro zatížení

3.2.1 Zatížení stálé

3.2.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce

Objemová tíha obyčejného betonu se uvažuje hodnotou $24,0 \text{ kN/m}^3$. Tato hodnota se zvětší o 1 kN/m^3 pro běžné procento vyztužení. Tíha všech částí je proto uvažována hodnotou $25,0 \text{ kN/m}^3$.

3.2.1.2 Ostatní stálé zatížení

Zatížení		Charakteristická hodnota
šterkové lože (žula, rula...20kN/m ³)		
• nominální hodnota zatížení	0,6m · 20 kN/m ³	12,00 kN/m ²
• horní charakteristická hodnota zatížení	1,3 · 12,3 kN/m ²	15,60 kN/m ²
kolej (2 kolejnice, předpjaté betonové pražce)	(1,2 + 4,8 kN/m) / 2,645 m	2,27 kN/m ²
izolace + tvrdá ochrana		1,50 kN/m ²
železobetonová římsa levá	0,32 m ² · 25kN/m ³	8,00 kN/m
železobetonová římsa pravá	0,32 m ² · 25kN/m ³	8,00 kN/m
ocelové zábradlí		0,5 kN/m

Kabelové chráničky a kabely v kolejovém loži mají menší objemovou tíhu než vlastní kolejové lože, proto byla jejich tíha zanedbána.

3.2.1.3 Zatížení zeminou

Postup je zvolen dle návrhového přístupu 2 – materiálové charakteristiky nejsou redukovány. Zemní tlak je uvažován klidový.

Zásyp za mostem se předpokládá ze šterkodrti:

$$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3; \phi = 35^\circ$$

Součinitel zemního tlaku v klidu:

$$k_0 = 1 - \sin \phi = 0,426$$

Napětí u horní hrany stojky rámu $h = 0,72 \text{ m}$:

$$\sigma_{0,H} = 0,72 \cdot 22 \cdot 0,426 = 6,75 \text{ kN/m}^2$$

Napětí u základu $h = 7,65 \text{ m}$:

$$\sigma_{0,D} = 7,65 \cdot 22 \cdot 0,426 = 71,70 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení základu tíhou zeminy (líc stojky) $h = 1,10 \text{ m}$:

$$\sigma_{0,D} = 1,10 \cdot 22 = 22,00 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení základu tíhou zeminy (rub stojky) $h = 7,65 \text{ m}$:

$$\sigma_{0,D} = 7,65 \cdot 22 = 152,00 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení klidovým zemním tlakem je jako stálé zatížení násobeno součinitelem zatížení $\gamma_G = 1,35$.

3.2.2 Zatížení proměnné

3.2.2.1 Dynamické účinky

V souladu s článkem 6.4.4 ČSN EN 1991-2 je třeba rozhodnout, zda je pro konstrukci mostu potřebné provádět dynamickou analýzu.

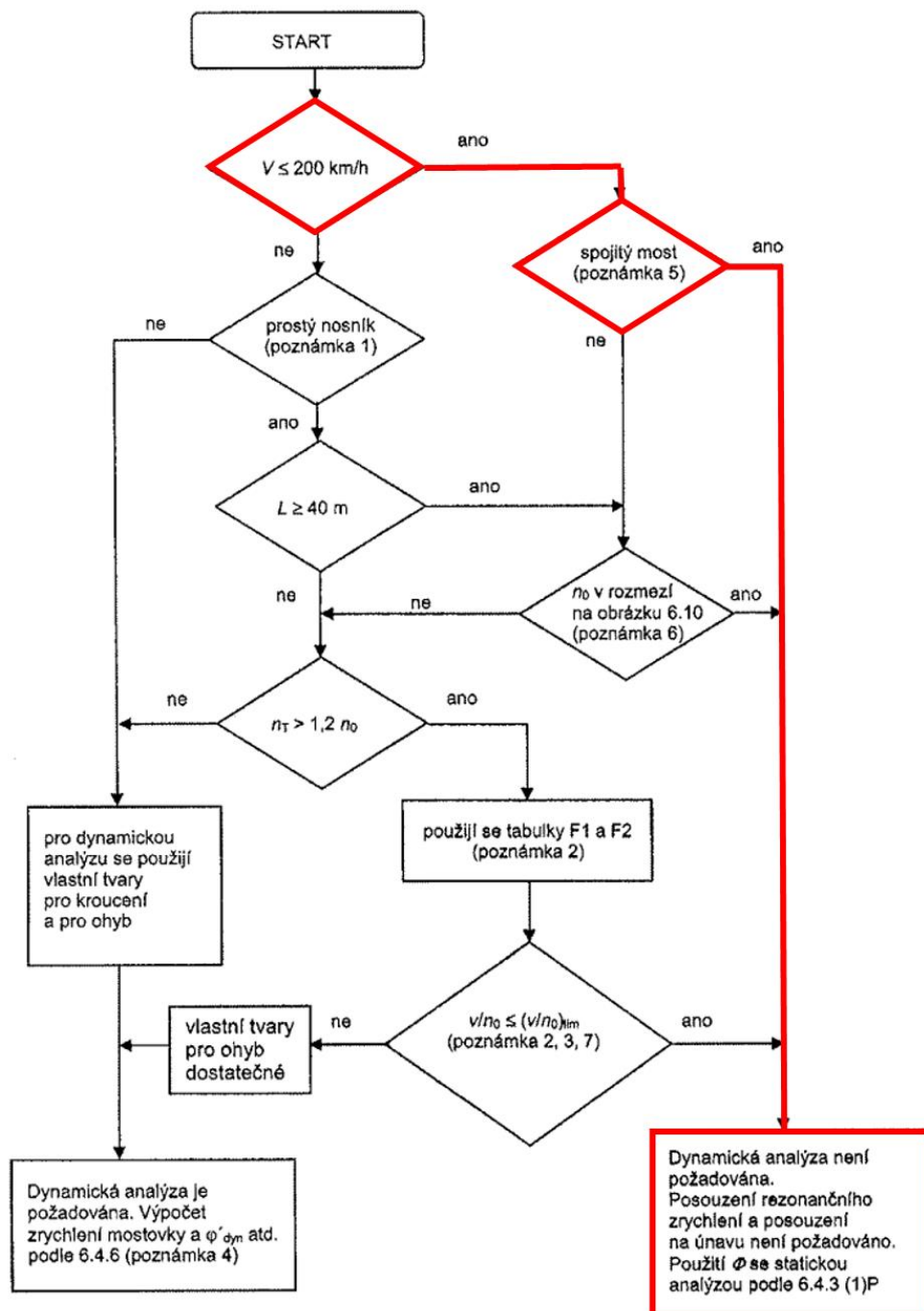
Pro spojitou konstrukci, jednoduché a sdružené rámy se postupuje podle vývojového diagramu 6.9. ČSN EN 1991-2 (Vývojový diagram NA.14 z Národní přílohy ČSN EN 1991-2 se dle poznámky 1 pro řešenou konstrukci neuplatní).

Jedná se o most, kde je uvažováno s rychlostí $v < 200$ km/hod, který působí jako jednoduchý otevřený rám (spojitá konstrukce).

6.4.4 Požadavky na statickou nebo dynamickou analýzu

(1) Požadavky pro rozhodnutí, zda je potřebná statická nebo dynamická analýza, jsou ukázány na obrázku 6.9.

POZNÁMKA V národní příloze lze stanovit alternativní požadavky. Doporučuje se použít vývojový diagram na obrázku 6.9.^{NP55)}



Obr. 1. Vývojový diagram pro posouzení požadavku dynamické analýzy

Dynamická analýza není požadována

3.2.2.2 Dynamický součinitel

Dynamický součinitel je stanoven pro standardně udržovanou kolej.

$$\phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,73$$

Dle ČSN EN 1991-2, čl. 6.4.5.2 se pro jednoduché rámy o jednom poli náhradní délka L_ϕ uvažuje jako spojitý nosník o třech polích se svislými a vodorovnými délkami prvků rámu nebo komor.

$$L_\phi = k \cdot L_m$$

$$L_m = \frac{1}{n}(L_1 + L_2 + L_3) = \frac{1}{3}(6,47 + 13,115 + 6,47) = 8,685m$$

$$L_\phi = 1,3 \cdot 9,342 = 11,291m$$

$$\phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{11,291} - 0,2} + 0,73 = 1,41$$

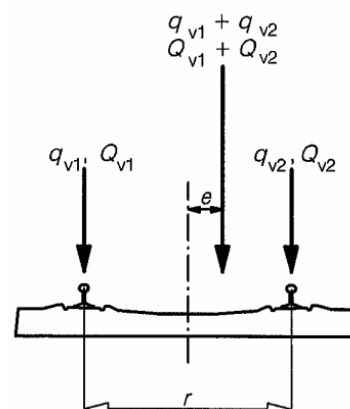
$$1,0 \leq 1,41 \leq 2,0$$

3.2.2.3 Model zatížení 71

Zatížení železniční dopravou je definováno prostřednictvím modelu zatížení 71. Tento model zatížení reprezentuje normální železniční dopravu na hlavních železničních tratích. Pro zatížení konstrukce je model zatížení 71 aplikován na konstrukci jako pohyblivé zatížení.

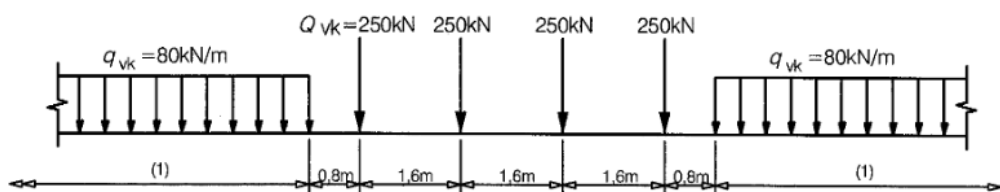
Při návrhu ZBN je nutno uvažovat excentricitu svislé složky zatížení dopravou vzhledem k teoretické ose koleje.

$$e \leq \frac{r}{18} = \frac{1,495}{18} = 0,083m$$



Obr. 2. Excentricita svislé složky zatížení

Uspořádaná zatížení a charakteristické hodnoty svislých zatížení:



Obr. 3. Schéma modelu zatížení LM 71

Charakteristické hodnoty uvedené na obrázku se musí násobit součinitelem α na tratích, které jsou určeny pro těžší nebo lehčí dopravu, než je běžná železniční doprava. Pokud jsou zatížení násobena součinitelem α , nazývají se „klasifikovaná svislá zatížení“. Součinitel α je pro tento most uvažován hodnotou **1,10** (dle zadání objednatele – trať 3. třídy).

3.2.2.4 Účinek zvětšení zemního tlaku za opěrami

Účinek od zvětšení zemního tlaku od kolejové dopravy za opěrami – model zatížení 71. Zatížení od zvětšeného zemního tlaku bude aplikováno na rámové stojky a křídla.

Osamělé síly

$$\sigma_{71k} = q \cdot K_0 = 4 \cdot 250 \cdot 0,43 / (6,4 \cdot 3,0) = 22,40 \text{ kN/m}^2 \text{ (pro } Q_{vk})$$

Spojitě zatížení

$$\sigma_{71k} = q \cdot K_0 = 80 \cdot 0,43 / 3,0 = 11,47 \text{ kN/m}^2 \text{ (pro } q_{vk})$$

3.2.2.5 Odstředivá síla

Vzhledem k tomu, že se kolej nachází v oblouku, je nutné vzít v úvahu odstředivé síly a převýšení koleje. Odstředivé síly byly aplikovány na model konstrukce jako pohyblivé zatížení.

Dle ČSN EN 1991-2, čl. 6.5.1 (8) se stanoví redukční součinitel f dle rovnice

$$f = \left[1 - \frac{V - 120}{1000} \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right]$$

dle tab. 6.7. se pro rychlost $V \leq 120 \text{ km/h}$ použije redukční součinitel $f = 1$

Hodnoty odstředivé síly působící na nosnou konstrukci

$$Q_{tk} = \frac{V^2}{127r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{70^2}{127 \cdot 293} (1,0 \cdot 250) = 32,92 \text{ kN}$$

$$q_{tk} = \frac{V^2}{127r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{70^2}{127 \cdot 293} (1,0 \cdot 80) = 10,53 \text{ kN/m}$$

Odstředivá síla nemá být násobena dynamickým součinitelem Φ . Je násobena součinitelem $\alpha = 1,1$.

3.2.2.6 Boční ráz

Boční ráz je uvažován osamělou silou 100 kN vynásobenou součinitelem $\alpha = 1,1$. Boční ráz již není násoben dynamickým součinitelem Φ .

3.2.2.7 Zatížení od rozjezdu a brzdění

Rozjezdové a brzděné síly působí v úrovni temene kolejnic v podélném směru koleje. Hodnoty budou přenásobeny součinitelem $\alpha = 1,1$. Rozjezdové a brzděné síly již nejsou násobeny dynamickým součinitelem Φ .

- Rozjezdové síly

$$Q_{lak} = 33,00 \text{ kN/m}$$

$$q_{lak} = 33,00 / 2,645 \text{ m} = 12,48 \text{ kN/m}^2$$

- Brzdné síly

$$Q_{lbk} = 20,00 \text{ kN/m}$$

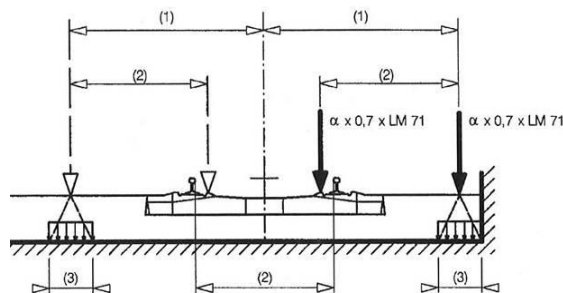
$$q_{lbk} = 20,00 / 2,645 \text{ m} = 7,56 \text{ kN/m}^2$$

3.2.2.8 Vykolejení železniční dopravy – návrhová situace I

Vykolejené vozidla zůstanou v prostoru koleje na nosné konstrukci a vozidla jsou zadržena sousední kolejnicí nebo postranní stěnou.

$$Q_{A1d} = \alpha \cdot 0,7 \cdot LM71 = 1,1 \cdot 0,7 \cdot 250 = 192,5 / (0,450 \cdot 0,450) = 950,62 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{A1d} = \alpha \cdot 0,7 \cdot LM71 = 1,1 \cdot 0,7 \cdot 80 = 61,6 / 0,450 \text{ m} = 136,89 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 4. Vykolejení železniční dopravy – návrhová situace I

(1) Maximálně 1,5 s (rozchod koleje) = $1,5 \cdot 1435 \text{ mm} = 2152,5 \text{ mm}$

(2) Rozchod koleje s

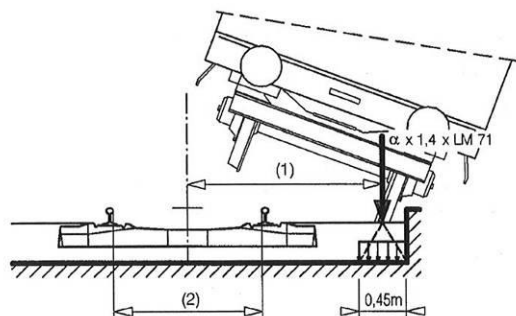
(3) Osamělé síly působí na čtverci o straně 450 mm

Zatížení není násobeno dynamickým součinitelem.

3.2.2.9 Vykolejení železniční dopravy – návrhová situace II

Při návrhové situaci II se most nemá převrátit nebo zřítit.

$$q_{A1d} = \alpha \cdot 1,4 \cdot LM71 = 1,1 \cdot 1,4 \cdot 80 = 123,2 / 0,450 \text{ m} = 273,78 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 5. Vykolejení železniční dopravy – návrhová situace II

3.2.2.10 Zatížení teplotou

Pro ZBN lze zanedbat účinky nerovnoměrné svislé nelineární složky teploty i účinky vodorovné složky teploty. Pro posouzení účinků teploty se ZBN považují za konstrukce skupiny 3. Podle umístění stavby (Zákolany) byly určeny maximální a minimální teploty ve stínu platné pro ČR:

$$T_{\max} = 40^{\circ}\text{C}, T_{\min} = -32^{\circ}\text{C}$$

Dle národní přílohy byly na základě výše uvedených teplot určeny:

$$T_{e,\max} = 43^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,\min} = -26^{\circ}\text{C}$$

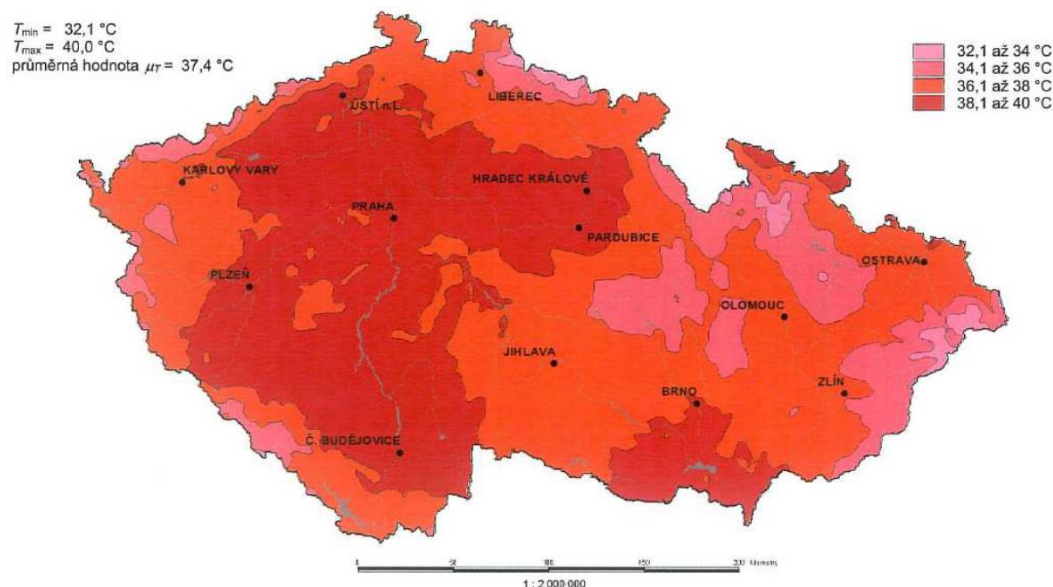
Rovnoměrná složka teploty

Referenční teplota $T_0 = 10^{\circ}\text{C}$, potom:

$$\Delta T_{N,\text{EXP}} = T_{e,\max} - T_0 = 43 - 10 = 33^{\circ}\text{C}$$

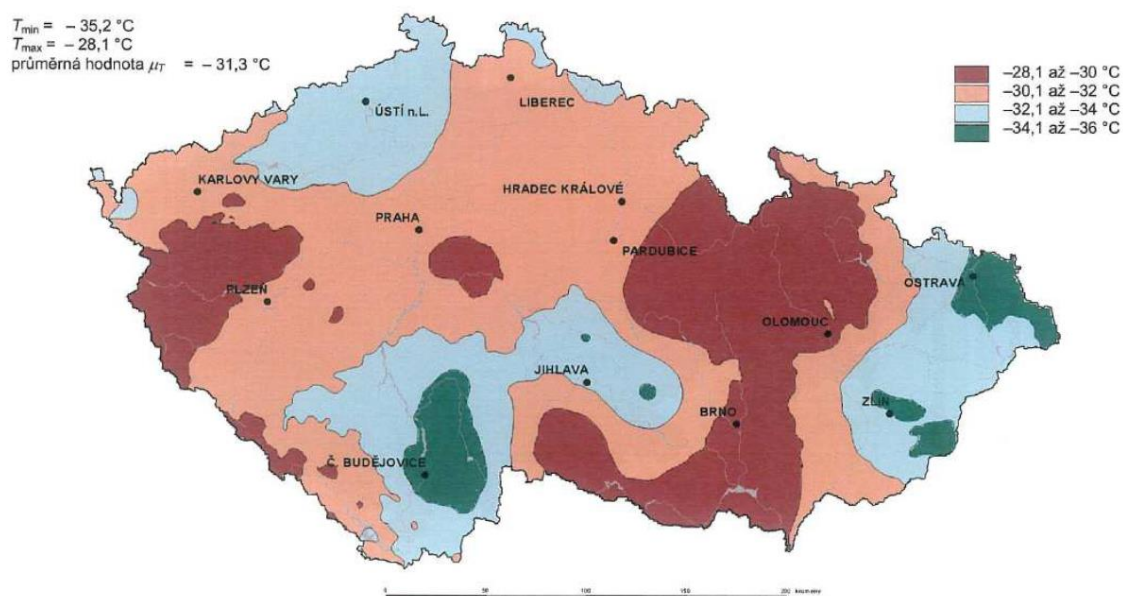
$$\Delta T_{N,\text{CON}} = T_{e,\min} - T_0 = (-26) - 10 = -36^{\circ}\text{C}$$

Hodnoty maximální teploty vzduchu ve stínu, která je překročena ročními maximy s pravděpodobností 0,02.



Obr. 6. Hodnoty maximální teploty vzduchu ve stínu

Hodnoty minimální teploty vzduchu ve stínu, která je překročena ročními minimy s pravděpodobností 0,02.



Obr. 7. Hodnoty minimální teploty vzduchu ve stínu

Svislá lineární složka teploty

Rozdílné teploty působící na horní a dolní povrch desky ZBN se stanoví dle ČSN EN 1991-1-5 a MVL 511. Rozhodující hodnoty jsou uvedeny v tabulce:

Tab. 4.12 Rozhodující hodnoty pro zatížení účinky svislé lineární složky teploty

rozdíl teplot mezi horním a dolním povrchem	kladný		záporný	
	značka	hodnota	značka	hodnota
rozdíl teplot mezi horním a dolním povrchem desky ZBN, základní charakteristická hodnota [° C] prEN 1991-1-5, tab. 6.1	$\Delta T_{M,pos,k}$	+15	$\Delta T_{M,neg,k}$	-8
součinitel vlivu kolejového lože a systému vodotěsné izolace (celková tloušťka cca 0,60 m) prEN 1991-1-5, tab. 6.2	k_{sur}	0,8	k_{sur}	1,2
rozdíl teplot mezi horním a dolním povrchem desky ZBN, redukovaná charakteristická hodnota [° C] prEN 1991-1-5, tab. 6.1	$k_{sur} * \Delta T_{M,pos,k}$	+12	$k_{sur} * \Delta T_{M,neg,k}$	-9,6

3.3 Stanovení vnitřních sil

Hodnoty vnitřních sil jsou vyčísleny pro jednotlivé části nosné konstrukce.

3.3.1 Kombinace zatížení

3.3.1.1 Kombinační součinitele

Hodnoty kombinačních součinitelů ψ pro železniční mosty

Tab. A2.3 Hodnoty součinitelů ψ pro železniční mosty [tab. A2.3]

Zatížení		ψ_0	ψ_1	$\psi_2^{4)}$
Jednotlivé složky zatížení dopravou ⁵⁾	LM 71	0,80	¹⁾	0
	SW/0	0,80	¹⁾	0
	SW/2	0	1,00	0
	Nezatížený vlak	1,00	—	—
	HSLM	1,00	1,00	0
	Rozjezdové a brzdné síly	⁶⁾		
	Odstředivé síly			
	Síly interakce způsobené deformací od svislého zatížení			
	Boční ráz	1,00	0,80	0
	Zatížení na neveřejných lávkách	0,80	0,50	0
	Skutečné vlaky	1,00	1,00	0
	Vodorovný zemní tlak přitížením dopravou	0,80	¹⁾	0
	Aerodynamické účinky	0,80	0,50	0
Nejúčinnější zatížení dopravou (sestavy zatížení)	gr11 (LM71 + SW/0)	0,80	0,80	0
	Max. svislé 1 a max. podélné			
	gr12 (LM71 + SW/0)			
	Max. svislé 2 a max. příčné			
	gr13 (Brzdění/rozjezd)			
	Max. podélné			
	gr14 (Odstředivé/boční ráz)			
	Max. příčné			
	gr15 (Nezatížený vlak)			
	Příčná stabilita s „nezatíženým“ vlakem			
	gr16 (SW/2)	0,80	0,70	0
	SW/2 a max. podélné			
	gr17 (SW/2)			
	SW/2 a maximální příčné			
	gr21 (LM71 + SW/0)			
	Max. svislé 1 a max. podélné			
	gr22 (LM71 + SW/0)			
	Max. svislé 2 a max. příčné			
	gr23 (Brzdění/rozjezd)	0,80	0,70	0
	Max. podélné			

Zatížení		ψ_0	ψ_1	$\psi_2^{4)}$
Nejúčinnější zatížení dopravou (sestavy zatížení)	gr24 (Odstředivé/boční ráz) Max. příčné	0,80	0,70	0
	gr26 (SW/2) SW/2 a max. podélné			
	gr27 (SW2) SW/2 a max. příčné			
	gr31 (LM71 + SW/0) Doplnkové zatěžovací stavy	0,80	0,60	0
Ostatní provozní zatížení	Aerodynamické účinky	0,80	0,50	0
	Obecná zatížení pro údržbu na neveřejných lávkách	0,80	0,50	0
Zatížení větrem ²⁾	F_{wk}	0,75	0,50	0
	F_w^{**}	1,00	0	0
Zatížení teplotou ³⁾	T_k	0,60	0,60	0,50
Zatížení sněhem	$Q_{sn,k}$ (během provádění)	0,80	-	0
Staveništní zatížení	Q_c	1,0	-	1,0
¹⁾ 0,8 pro zatížení pouze jedné koleje, 0,7 pro současně zatížené dvě koleje, 0,6 pro 3 a více současně zatížených kolejí. ²⁾ Pro současné zatížení větrem a dopravou se nemá zatížení větrem $\psi_0 F_{wk}$ uvažovat větší než F_w^{**} (viz ČSN EN 1991-1-4 [5] a A2.2.4(4)). ³⁾ Viz ČSN EN 1991-1-5 [6]. ⁴⁾ Pokud se pro trvalé a dočasné návrhové situace uvažují deformace, součinitel ψ_2 pro zatížení kolejovou dopravou se má uvažovat hodnotou 1,0. ⁵⁾ Minimální hodnota současně příznivě působícího svislého zatížení s jednotlivými složkami zatížení železniční dopravou (např. odstředivými, rozjezdovými nebo brzdovými) je 0,5 LM71. ⁶⁾ U jednotlivých složek zatížení dopravou v návrhových situacích, kde se zatížení dopravou uvažuje jako jedno vícesměrné hlavní zatížení a nikoli jako sestava zatížení, se použijí stejné hodnoty součinitelů ψ jako u vedlejších svislých zatížení.				

Obr. 8. Hodnoty kombinačních součinitelů ψ pro železniční mosty

3.3.1.2 Mezní stavy únosnosti

Dle ČSN EN 1990 se pro mezní stavy STR (vnitřní porucha nebo nadměrná deformace) a GEO (porucha nebo nadměrná deformace základové půdy) použije následující kombinace zatížení.

Kombinace pro trvalé a dočasné návrhové situace

$$6.10a: \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10b: \sum \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Hodnoty dílčích součinitelů zatížení a kombinace:

$\gamma_G = 1,35$...součinitel stálého zatížení pro nepříznivý účinek

$\gamma_G = 1,00$...součinitel stálého zatížení pro příznivý účinek

$\gamma_Q = 1,45$...součinitel zatížení pro železniční dopravu pro nepříznivý účinek

$\gamma_Q = 0,00$...součinitel zatížení pro železniční dopravu pro příznivý účinek

$\gamma_Q = 1,50$...součinitel zatížení pro ostatní proměnné zatížení

$\xi = 0,85$...redukční součinitel stálého zatížení

Kombinace pro mimořádné návrhové situace

$$6.11b \quad \sum G + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

3.3.2 Sestavy zatížení

Sestavy zatížení jsou zvoleny dle EN 1991-2. Jsou uvažovány sestavy gr 11, gr 12, gr13, gr14. Každá sestava zatížení vstupuje do kombinace jako jedno proměnné zatížení.

Kombinace pro trvalé a dočasné návrhové situace

6.10a*	γ_G			γ_Q	ψ_0		α	Φ		γ_Q	ψ_0		α	Φ		γ_Q	ψ_0		α	Φ			
gr11:	1,35	STÁLÉ	+	1,45	0,8	1	1,21	1,41	LM71	+	1,45	0,8	1	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	1,45	0,8	0,5	1,21	-	BOČNÍ RÁZ
gr12:	1,35	STÁLÉ	+	1,45	0,8	1	1,21	1,41	LM71	+	1,45	0,8	0,5	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	1,45	0,8	1	1,21	-	BOČNÍ RÁZ
gr13:	1,35	STÁLÉ	+	1,45	0,8	1	1,21	1,41	LM71	+	1,45	0,8	1	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	1,45	0,8	0,5	1,21	-	BOČNÍ RÁZ
gr14:	1,35	STÁLÉ	+	1,45	0,8	1	1,21	1,41	LM71	+	1,45	0,8	0,5	1,21		ROZJEZD/ BRZDY	+	1,45	0,8	1	1,21	-	BOČNÍ RÁZ
LM71_OP	1,35	STÁLÉ	+	1,5	0,8	1	1,21	-	LM71 za opěrou														

6.10b*	$\xi^* \gamma_G$			γ_Q	Ψ_0		α	Φ		γ_Q	Ψ_0		α	Φ		γ_Q	Ψ_0		α	Φ			
gr11:	1,15	STÁLÉ	+	1,45	-	1	1,21	1,41	LM71	+	1,45	-	1	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	1,45	-	0,5	1,21	-	BOČNÍ RÁZ
gr12:	1,15	STÁLÉ	+	1,45	-	1	1,21	1,41	LM71	+	1,45	-	0,5	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	1,45	-	1	1,21	-	BOČNÍ RÁZ
gr13:	1,15	STÁLÉ	+	1,45	-	1	1,21	1,41	LM71	+	1,45	-	1	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	1,45	-	0,5	1,21	-	BOČNÍ RÁZ
gr14:	1,15	STÁLÉ	+	1,45	-	1	1,21	1,41	LM71	+	1,45	-	0,5	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	1,45	-	1	1,21	-	BOČNÍ RÁZ
LM71_OP	1,15	STÁLÉ	+	1,5	-	1	1,21	-	LM71 za opěrou														

* Všechny sestavy zatížení jsou kombinovány se zatížením větrem s kombinačním součinitelem $\psi_0 = 0,75$ a zatížením teplotou s kombinačním součinitelem $\psi_0 = 0,6$. Klimatická zatížení jsou násobena součinitelem zatížení $\gamma_Q = 1,50$.

Kombinace pro mimořádné návrhové situace

$$6.11: \sum G + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

6.11			ψ_1		ψ_1		
	STÁLÉ	+	0,8	VYKOLEJENÍ I	+	0,5	TEPLOTA
	STÁLÉ	+	0,8	VYKOLEJENÍ II	+	0,5	TEPLOTA

3.3.2.1 Mezní stavy použitelnosti

Dle ČSN EN 1990 a ČSN EN 1992 se pro mezní stavy použitelnosti použijí následující kombinace zatížení.

Charakteristická kombinace

$$6.14b: \sum G + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

6.14b*				ψ_0		α	Φ			ψ_0		α	Φ			ψ_0		α	Φ		
gr11:	STÁLÉ	+	-	1	1,21	1,41	LM71	+	-	1	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	-	0,5	1,21			BOČNÍ RÁZ	
gr12:	STÁLÉ	+	-	1	1,21	1,41	LM71	+	-	0,5	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	-	1	1,21			BOČNÍ RÁZ	
gr13:	STÁLÉ	+	-	1	1,21	1,41	LM71	+	-	1	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	-	0,5	1,21			BOČNÍ RÁZ	
gr14:	STÁLÉ	+	-	1	1,21	1,41	LM71	+	-	0,5	1,21	-	ROZJEZD/ BRZDY	+	-	1	1,21			BOČNÍ RÁZ	

* Všechny sestavy zatížení jsou kombinovány se zatížením větrem s kombinačním součinitelem $\psi_0 = 0,75$ a zatížením teplotou s kombinačním součinitelem $\psi_0 = 0,6$.

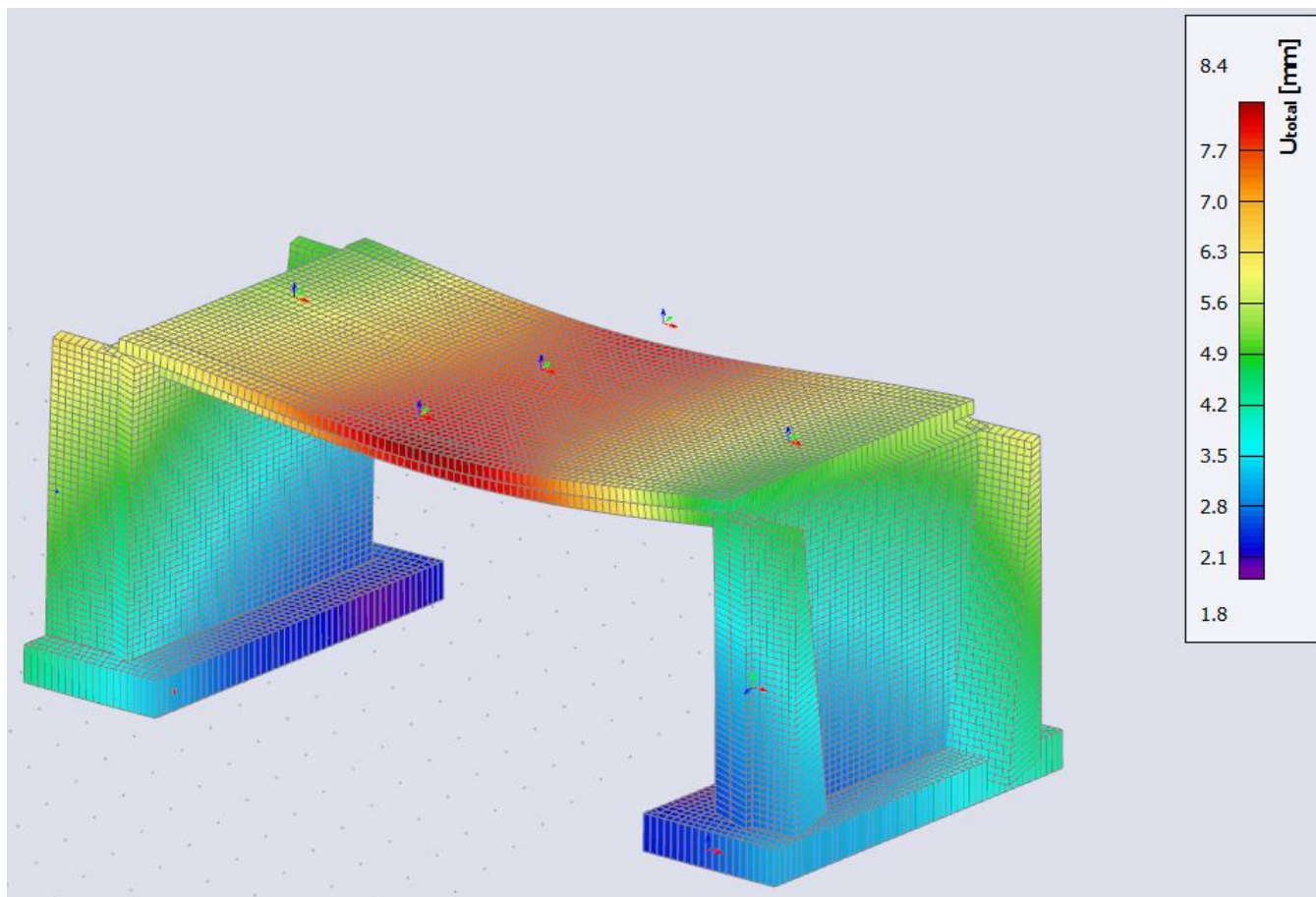
Kvazistálá kombinace

$$6.16b: \sum G + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

6.16b			ψ_1	
	STÁLÉ	+	0,5	TEPLOTA
	STÁLÉ	+	0,5	TEPLOTA

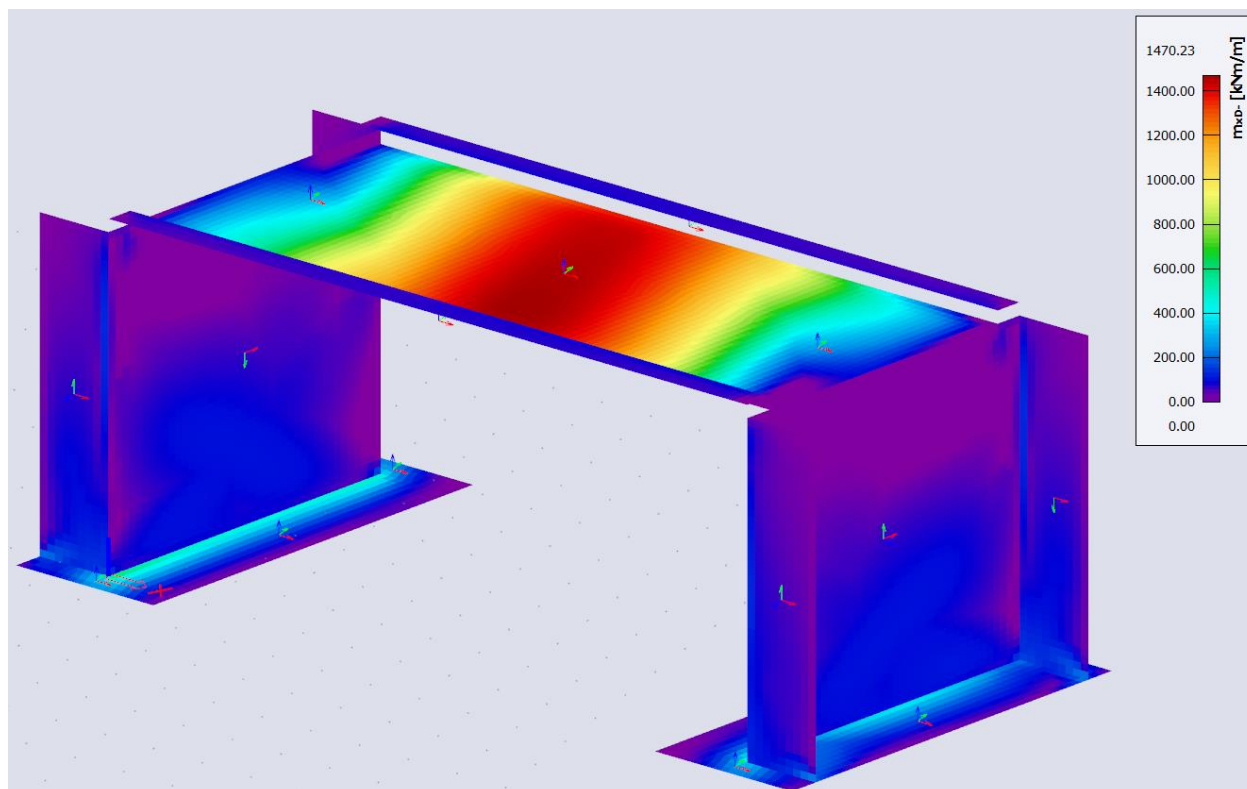
3.4 Vypočítané vnitřní síly a deformace

3.4.1 Deformace – obálka MSP

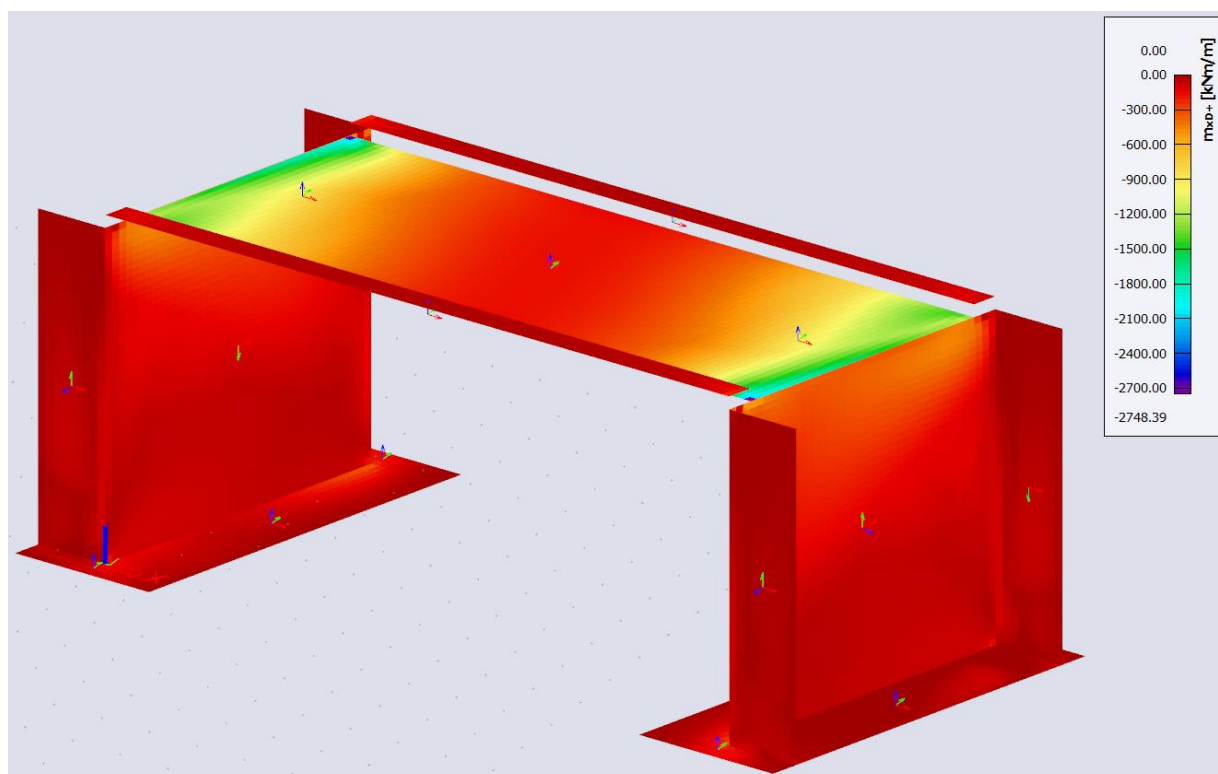


Obr. 9. Celkové deformace konstrukce v MSP
(zvětšené měřítko, bez zohlednění průhybu při betonáži a nadvýšení, viz dále)

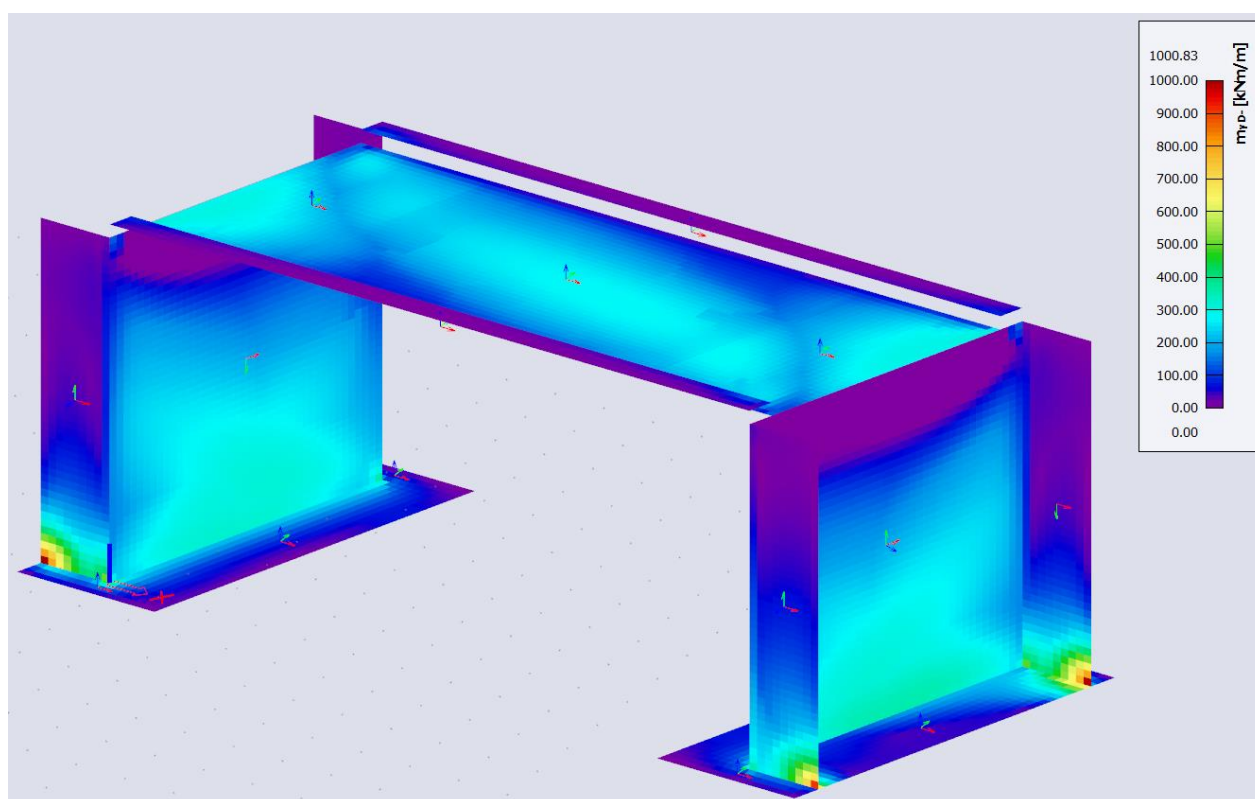
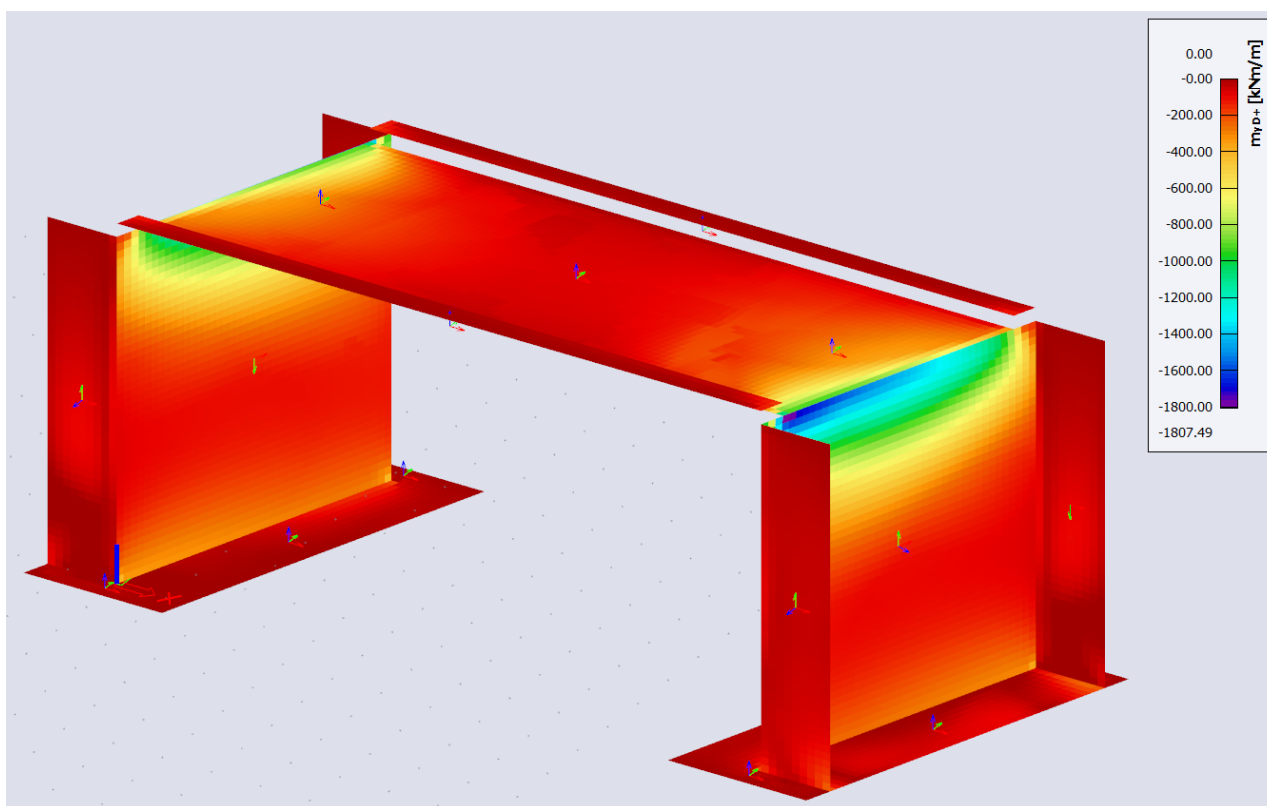
3.4.2 Vnitřní síly – obálka vnitřních sil MSÚ

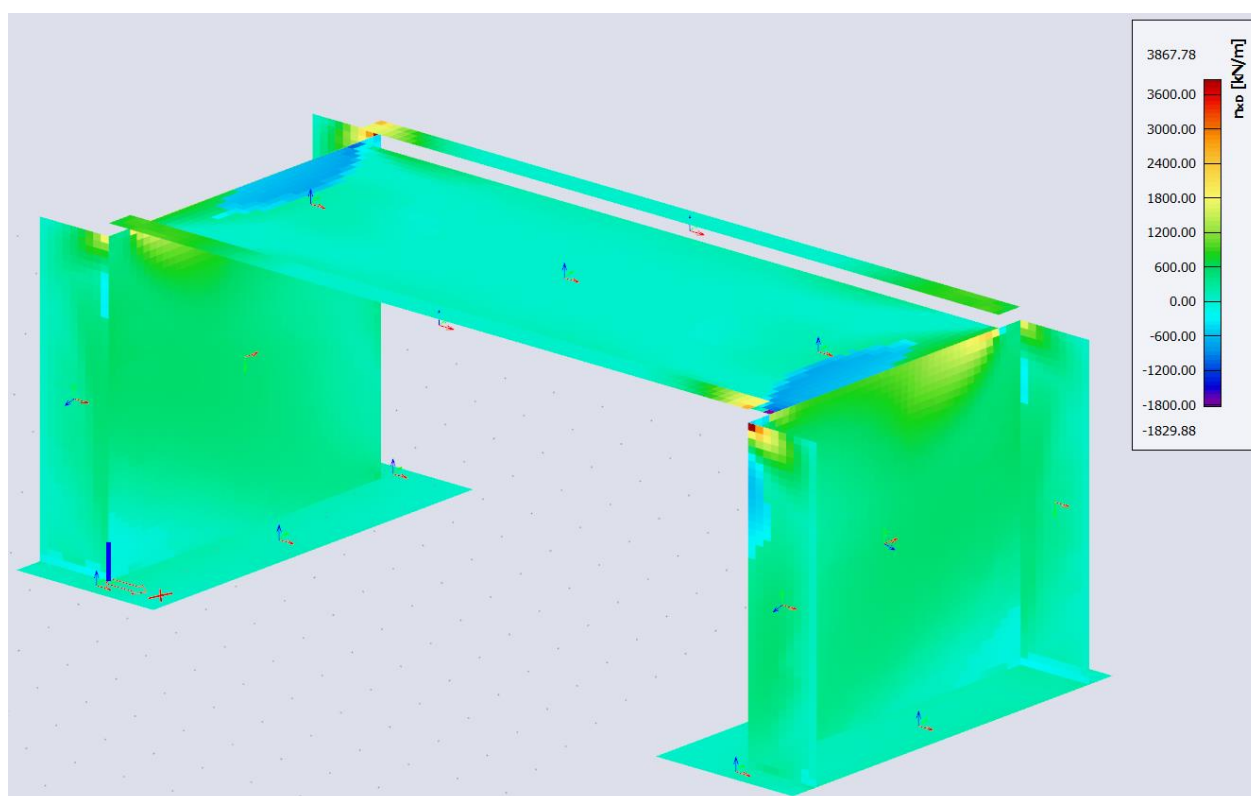
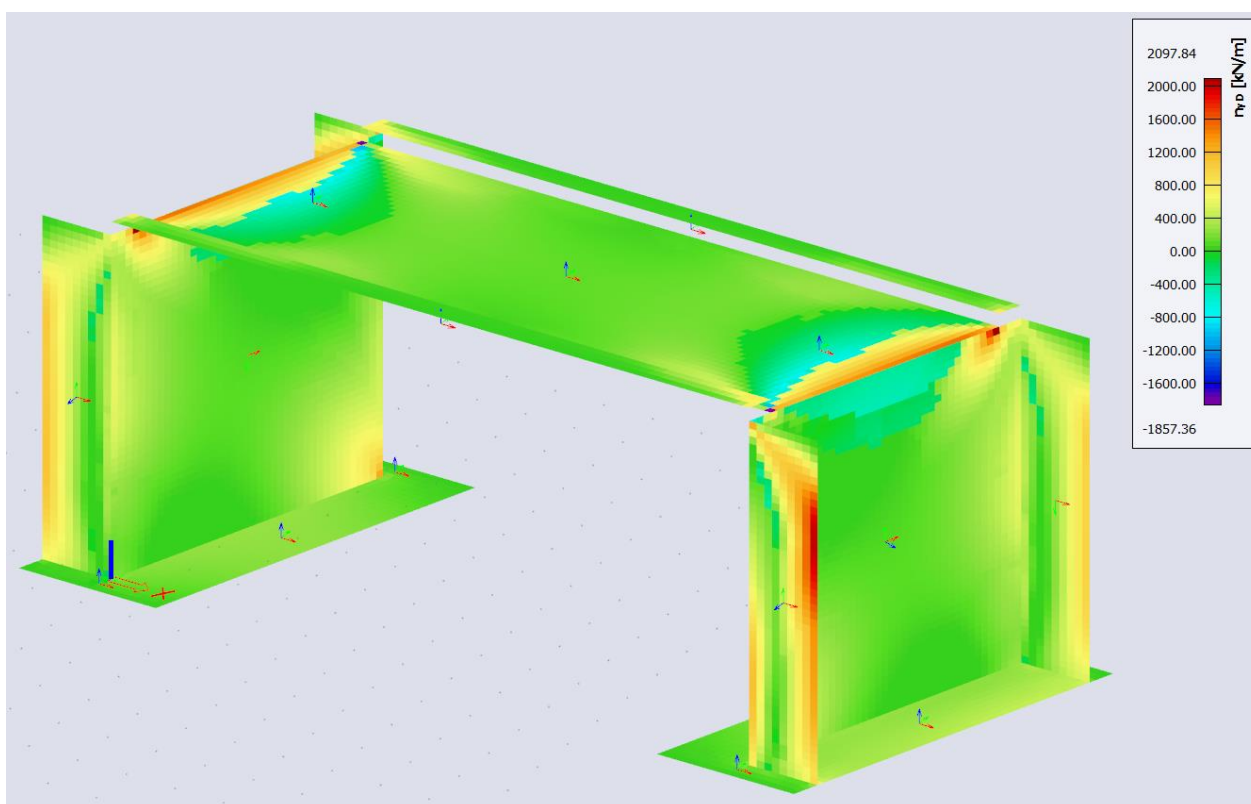


Obr. 10. Vnitřní síly– MxD^-



Obr. 11. Vnitřní síly– MxD^+

Obr. 12. Vnitřní síly– MyD^- Obr. 13. Vnitřní síly– MyD^+

Obr. 14. Vnitřní síly– NxD Obr. 15. Vnitřní síly– NyD

3.4.3 Maximální hodnoty vnitřních sil v posuzované konstrukci – souhrn

Souhrnné výsledky jsou pro další použití roztrženy do dvou částí – vnitřní síly v příčli, tj. průběhy pro posouzení zabetonovaných nosníků v příčli a dále na betonové plochy (2D), tj. rámové stojky, křídla a základy.

3.4.3.1 Souhrn vnitřních sil pro zabetonované nosníky – 1D

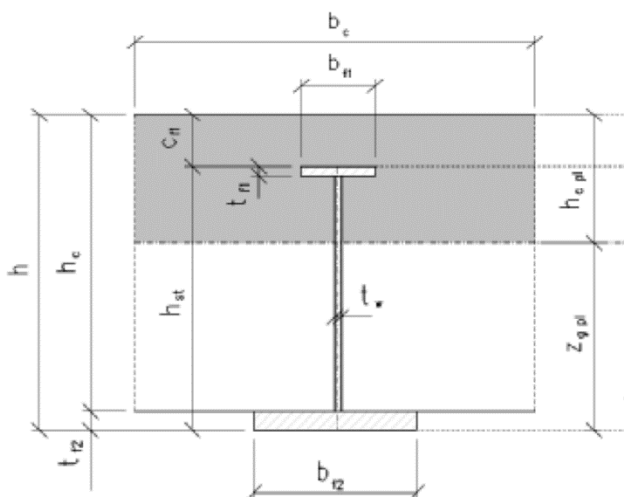
Uvedené vnitřní síly byly převzaty jako extrémní hodnoty kombinací z průběhů vnitřních sil na jednotlivých nosnících. Návrhové hodnoty jednotlivých složek jsou vyznačeny tučně.

		N	V_z	M_y
MSÚ	Rámový roh	-946,55	-518,92	-816,31
		81,9	65,61	-5,09
		-608,49	-656,6	-446,87
		-575,02	608,1	-407,64
		-801,39	-580,51	-917,48
	½ rozpětí	-27,83	-76,15	745,38
6.14b - char	Rámový roh	-688,42	-433,69	-646,72
		21,38	70,23	-74,6
		-472,25	-500,46	-357,54
		-449,17	466,87	-330,44
		-629,35	-447	-697,63
	½ rozpětí	-31,25	-66,91	554,91
6.16b - kvazi	Rámový roh	-395,18	-222,21	-347,48
		-23,11	-32,95	-79,2
		-295,08	-265,87	-177,24
		-295,01	265,18	-177,06
		-345,96	-233,3	-389,9
	½ rozpětí	-74,4	-31,27	278,64

3.5 Posouzení konstrukčních částí nosné konstrukce

3.5.1 Geometrie a průřezové charakteristiky

Geometrie		
Nosník		
b_{f1}	200	mm
t_{f1}	24	mm
b_{f2}	400	mm
t_{f2}	24	mm
t_w	15	mm
h_{st}	550	mm
Beton		
h_c	690	mm
b_c	530	mm
h	714	mm
Beton - krytí		
krytí	55	mm
c_{s1}	71	mm
t_{fw}	25	mm



Průřezové charakteristiky		
Nosník		
A_{st}	21930	mm ²
I_{st}	1 082 187 280	mm ⁴
z_{st}	217	mm

Vzdálenost těžiště měřena od spodní pásnice

3.5.2 Posouzení v řezu I (1/2 rozpětí)

3.5.2.1 Svařovaný nosník - Ohybová únosnost pro kladný moment v podélném směru (směr X)

Poloha neutrální osy nosníku – předpoklad polohy neutrální osy je ve stojině nosníku

Výpočet polohy neutrální osy - kladný ohybový moment		
Poloha neutrální osy plně zplastizovaného ocelobetonového průřezu je potom dána vztahem:		
$z_{g,pl} = \frac{(f_{y,st,k} / \gamma_{M0,st}) \cdot [b_{f1} \cdot t_{f1} + t_w \cdot (h_{st} - t_{f1} + t_{f2}) - b_{f2} \cdot t_{f2}] + (\lambda \cdot f_{c,k} / \gamma_{M0,c}) \cdot [b_c \cdot h - b_{f1} \cdot t_{f1} - t_w \cdot (h_{st} - t_{f1})]}{2(f_{y,st,k} / \gamma_{M0,st}) \cdot t_w + (\lambda \cdot f_{c,k} / \gamma_{M0,c}) \cdot [b_c - t_w]}$		
$z_{g,pl}$	481,2649	mm
n.o. leží ve stojině		

Vzdálenost těžišť:

$$x_{st,pl}^+ = \frac{b_{f2} \cdot t_{f2} \cdot (z_{g,pl} - t_{f2}/2) + t_w \cdot (z_{g,pl} - t_{f2})^2/2}{b_{f2} \cdot t_{f2} + t_w \cdot (z_{g,pl} - t_{f2})},$$

$$x_{st,pl}^- = \frac{b_{f1} \cdot t_{f1} \cdot (h_{st} - z_{g,pl} - t_{f1}/2) + t_w \cdot (h_{st} - z_{g,pl} - t_{f1})^2/2}{b_{f1} \cdot t_{f1} + t_w \cdot (h_{st} - z_{g,pl} - t_{f1})},$$

$$x_{c,pl} = \frac{b_c \cdot (h - h_{st}) \cdot ((h + h_{st})/2 - z_{g,pl}) + (b_c - b_{f1}) \cdot t_{f1} \cdot (h_{st} - t_{f1}/2 - z_{g,pl}) + (b_c - t_w) \cdot (h_{st} - t_{f1} - z_{g,pl})^2/2}{b_c \cdot (h - z_{g,pl}) - b_{f1} \cdot t_{f1} - t_w \cdot (h_{st} - t_{f1} - z_{g,pl})}$$

Mezní moment únosnosti:

$$F_{st}^+ = f_{y,st,d} \cdot A_{st,pl}^+ =$$

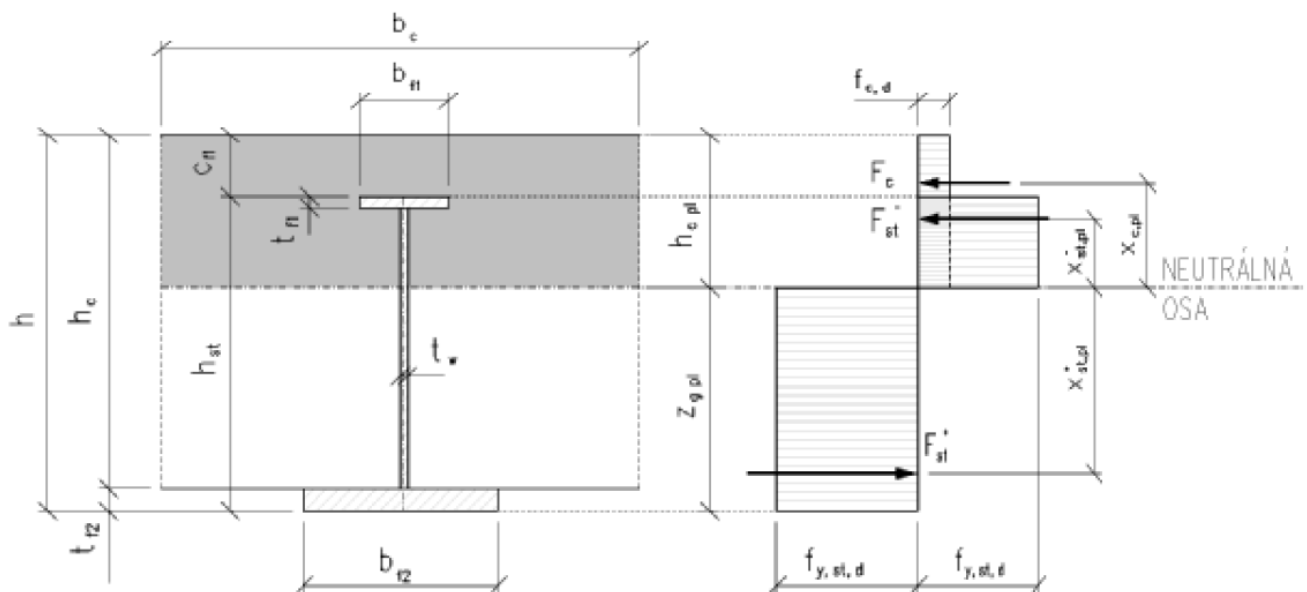
$$= (f_{y,st,k} / \gamma_{M0,st}) \cdot [b_{f2} \cdot t_{f2} + t_w \cdot (z_{g,pl} - t_{f2})],$$

$$F_{st}^- = f_{y,st,d} \cdot A_{st,pl}^- =$$

$$= (f_{y,st,k} / \gamma_{M0,st}) \cdot [b_{f1} \cdot t_{f1} + t_w \cdot (h_{st} - t_{f1} - z_{g,pl})],$$

$$F_c = f_{c,d} \cdot A_{c,pl} =$$

$$= (\lambda \cdot f_{c,k} / \gamma_{M0,c}) \cdot [b_c \cdot (h - z_{g,pl}) - b_{f1} \cdot t_{f1} - t_w \cdot (h_{st} - t_{f1} - z_{g,pl})]$$



Kladný ohybový moment			
$x_{st,pl+}$	319,23 mm	$F_{st,pl+}$	5450,703 kN
$x_{st,pl-}$	111,17 mm	$F_{st,pl-}$	2334,447 kN
$x_{c,pl}$	154,97 mm	$F_{c,pl}$	3116,256 kN
M_{Rd}	2482,5		kNm

$$M_{Rd} = x_{st,pl+} \cdot F_{st,pl+} + x_{st,pl-} \cdot F_{st,pl-} + x_{c,pl} \cdot F_{c,pl}$$

$$M_{yEd} = 745,38 \text{ kNm} < M_{Rd} = 2482,5 \text{ kNm}$$

Vliv oslabení stojiny otvorem

Vlivem oslabení stojiny nosníku otvorem (ϕ 50 mm – krajní nosník) pro průchod příčné betonářské výztuže bude redukován výsledný mezní moment únosnosti. Otvor pro distanční tyče je vhodné provést mimo oblast působení max. ohybového momentu. Poloha neutrálné osy se nezmění.

$$\phi_0 = 50 \text{ mm}$$

$$F_0 = \phi_0 \cdot t_w \cdot f_{yd} = 326,085 \text{ kN}$$

$$x_0 = z_{g,pl} - t_{f2} - c_\phi - 0,5 \cdot \phi_0 = 0,382 \text{ m}$$

$$M_0 = x_0 \cdot F_0 = 124,564 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,red} = M_{Rd} - M_0 = 2482,5 - 124,564 = 2357,9 \text{ kNm}$$

$$M_{yEd} = 745,38 \text{ kNm} < M_{Rd,red} = 2357,9 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

3.5.2.2 Posouzení průřezu v příčném směru (směr Y)

Ocelové nosníky nemají na statické působení železobetonového průřezu desky ZBN v příčném směru vliv – dolní příčná výztuž prochází jejich stojinami a krytí jejich horních pásnic splňuje tyto podmínky:

$$c_{f1} = 165 \text{ mm}$$

$$c_{f1} = 165 \text{ mm} \geq 75 \text{ mm}$$

$$c_{f1} = 165 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$$

$$c_{f1} = 165 \text{ mm} \leq \frac{h_{st}}{2} = \frac{550}{2} = 225 \text{ mm}$$

Návrh výztuže (MSÚ+MSP)

Lineární výpočet
Třída: Vše MSÚ+MSP
Extrém: Dílec
Výběr: Vše
Poloha: V těžištích. Systém: LSS prvku síť

Deska S19	h=720 mm
ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07	Uzel 20910/2234 [X= 7,583, Y=2,816, Z=6,840 m]

Předpoklady návrhu

Výztuž

Podélná: **B 500B**

Horní povrch

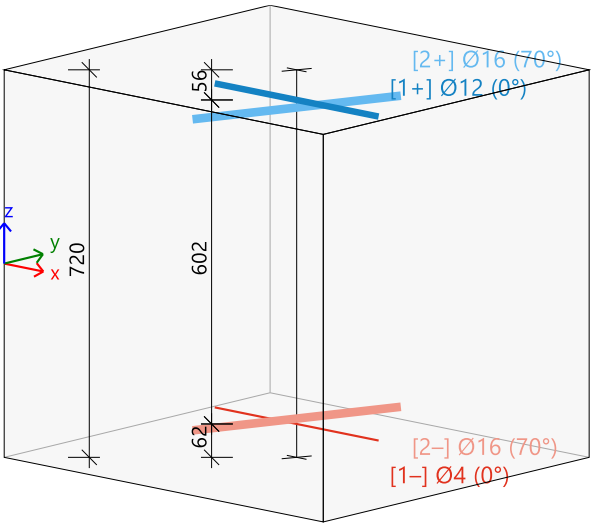
- [1+] První vrstva (0°)
[2+] Druhá vrstva (70°)
Krytí:
- Ø12,0 mm / Hlavní
Ø16,0 mm / Hlavní
c_{user} = 50 mm

Spodní povrch

- [1-] První vrstva (0°)
[2-] Druhá vrstva (70°)
Krytí:
- Ø4,0 mm / Hlavní
Ø16,0 mm / Hlavní
c_{user} = 60 mm

Smyk: **B 500B**

Ø8 mm



Beton:

Materiál: **C30/37 - ZBN**

Konstruční třída: S3 (návrhová životnost 50 let, žádná zvláštní kontrola kvality)

(Table 4.3N)

Podmínky prostředí: XC3 (na staveništi)

(Table 4.1N)

Minimální krytí

(§4.4.1.2)

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10)$$
$$= \max(12; 20 + 0 - 0 - 0; 10) = 20 \text{ mm}$$

(4.2)

Nominální krytí

(§4.4.1.1)

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

(4.1)

Vnitřní síly z výpočtu konstrukce**Mezní stav únosnosti**

Včetně posunu momentové křivky: ANO

(§9.2.1.3(2))

 $a_l = h \cdot \text{Coeff}_d = 0.72 \cdot 0.9 = 648 \text{ mm}$

(§6.2.2(5))

Stav	m_x [kNm/m]	m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	n_x [kN/m]	n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]	v_x [kN/m]	v_y [kN/m]
CO9	1225,03	148,89	-118,29	-140,53	88,68	-5,89	-14,77	-7,13
CO28	-69,08	-27,89	-29,61	-442,77	68,74	-26,66	0,64	-0,37
CO12	1224,08	148,89	-117,69	-138,75	94,01	-5,37	-8,97	-7,28
CO33	442,52	-39,11	-85,10	-175,24	62,98	-7,86	-5,84	-22,65
CO28	208,74	4,18	-12,46	-499,81	37,25	-33,72	0,47	-0,13
CO9	1109,97	134,81	-128,45	-95,19	103,66	-1,41	-14,69	-7,25
CO9	422,94	33,02	-65,41	-214,49	75,04	-8,90	73,94	-5,59
CO9	803,18	67,93	-74,46	-162,27	48,84	-10,76	-77,44	-6,03
CO11	645,33	33,95	-48,19	-133,59	9,17	-11,74	-4,25	0,31
CO32	606,31	-21,91	-107,92	-166,98	78,01	-6,02	-3,97	-57,14
CO14	958,21	108,81	-114,89	-29,82	89,68	2,82	2,40	-6,04
CO27	292,65	7,97	-28,52	-541,89	42,96	-36,62	-5,90	-0,47
CO12	852,31	115,87	-113,66	-188,28	128,90	-4,53	-8,77	-7,54
CO14	628,97	31,04	-43,65	-133,66	6,06	-10,82	5,31	0,08
CO11	958,26	108,82	-114,16	-33,48	78,63	3,30	8,70	-5,96
CO25	275,41	5,27	-23,37	-541,01	42,35	-37,00	0,53	-0,15
CO12	1223,18	148,89	-116,95	-138,75	94,00	-4,78	-2,03	-7,37
CO9	1224,60	148,89	-118,06	-143,36	80,21	-5,79	-12,96	-7,04
CO12	1222,84	148,89	-116,48	-144,40	77,07	-4,57	1,60	-7,18
CO14	1149,98	132,27	-98,37	-105,41	64,72	-5,00	-1,66	-5,80
CO14	10,22	-27,49	-39,55	-216,25	64,20	-9,76	1,70	-0,31
CO14	10,28	-27,41	-39,72	-211,72	77,75	-9,93	-1,20	-0,46
CO12	1223,32	148,89	-117,22	-144,40	77,08	-5,16	-5,35	-7,09
CO14	1149,70	132,28	-98,00	-109,94	51,17	-4,83	1,24	-5,65
Stav	Klíč kombinace							
CO9	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+1.45*ZS8+0.73*ZS11+0.90*ZS7+2.04*ZS31							
CO28	ZS1+ZS2+ZS3+1.20*ZS14+1.50*ZS6							
CO12	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+0.73*ZS8+1.45*ZS11+0.90*ZS7+2.04*ZS31							
CO33	ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS13+0.50*ZS6							
CO28	ZS1+ZS2+ZS3+1.50*ZS4+1.20*ZS14							
CO9	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+0.90*ZS5+1.45*ZS8+0.73*ZS11+2.04*ZS31							
CO9	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+1.45*ZS9+0.73*ZS10+0.90*ZS6+2.04*ZS42							
CO9	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+1.45*ZS8+0.73*ZS11+0.90*ZS7+2.04*ZS20							
CO11	ZS1+ZS2+ZS3+1.16*ZS8+0.58*ZS10+1.50*ZS7+1.64*ZS46							
CO32	ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS12+0.50*ZS6							
CO14	ZS1+ZS2+ZS3+1.50*ZS5+0.58*ZS9+1.16*ZS11+1.64*ZS31							
CO27	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+0.90*ZS4+1.50*ZS14+1.64*ZS16							
CO12	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+0.73*ZS8+1.45*ZS11+0.90*ZS6+2.04*ZS31							
CO14	ZS1+ZS2+ZS3+0.58*ZS9+1.16*ZS10+1.50*ZS7							
CO11	ZS1+ZS2+ZS3+1.50*ZS5+1.16*ZS9+0.58*ZS10+1.64*ZS31							
CO25	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+0.90*ZS4+1.50*ZS14							
CO12	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+1.45*ZS11+0.90*ZS7+2.04*ZS31							
CO9	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+1.45*ZS8+0.73*ZS10+0.90*ZS7+2.04*ZS31							
CO12	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+1.45*ZS10+0.90*ZS7+2.04*ZS31							
CO14	ZS1+ZS2+ZS3+1.16*ZS11+1.50*ZS7+1.64*ZS31							
CO14	ZS1+ZS2+ZS3+1.16*ZS10+1.50*ZS6							
CO14	ZS1+ZS2+ZS3+1.16*ZS11+1.50*ZS6							
CO12	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+0.73*ZS8+1.45*ZS10+0.90*ZS7+2.04*ZS31							
CO14	ZS1+ZS2+ZS3+1.16*ZS10+1.50*ZS7+1.64*ZS31							

Mezní stavy použitelnosti

Stav	stav	použitelnost	m									n									v								
			m_x [kNm/m]	m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	n_x [kN/m]	n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]	v_x [kN/m]	v_y [kN/m]	m_x [kNm/m]	m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	n_x [kN/m]	n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]	v_x [kN/m]	v_y [kN/m]	m_x [kNm/m]	m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	n_x [kN/m]	n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]	v_x [kN/m]	v_y [kN/m]			
CO34/31	Ch		909,25	103,48	-83,18	-132,33	69,15	-6,25	-10,09	-4,95																			
	Qp		909,25	103,48	-83,18	-132,33	69,15	-6,25	-10,09	-4,95																			
CO35/32	Ch		124,09	-14,89	-38,67	-199,83	56,70	-9,59	6,36	-0,33																			
	Qp		124,09	-14,89	-38,67	-199,83	56,70	-9,59	6,36	-0,33																			
CO36/33	Ch		909,17	103,48	-83,12	-131,10	72,83	-5,89	-6,09	-5,05																			
	Qp		909,17	103,48	-83,12	-131,10	72,83	-5,89	-6,09	-5,05																			
CO37/34	Ch		124,14	-14,90	-38,70	-200,42	54,98	-9,81	4,02	-0,28																			
	Qp		124,14	-14,90	-38,70	-200,42	54,98	-9,81	4,02	-0,28																			
CO35/35	Ch		300,98	4,88	-26,75	-237,86	35,70	-14,30	6,25	-0,17																			
	Qp		300,98	4,88	-26,75	-237,86	35,70	-14,30	6,25	-0,17																			
CO34/36	Ch		833,26	94,10	-91,01	-102,10	79,14	-3,26	-10,04	-5,02																			
	Qp		833,26	94,10	-91,01	-102,10	79,14	-3,26	-10,04	-5,02																			
CO34/37	Ch		350,07	19,18	-49,51	-182,20	58,94	-8,34	5,108	-3,88																			
	Qp		350,07	19,18	-49,51	-182,20	58,94	-8,34	5,108	-3,88																			
CO34/38	Ch		598,67	41,30	-56,69	-147,32	41,67	-9,60	-53,31	-4,18																			
	Qp		598,67	41,30	-56,69	-147,32	41,67	-9,60	-53,31	-4,18																			
CO35/39	Ch		545,27	23,39	-41,14	-145,34	18,37	-11,37	-2,79	0,17																			
	Qp		545,27	23,39	-41,14	-145,34	18,37	-11,37	-2,79	0,17																			
CO34/40	Ch		424,66	34,31	-59,85	-176,71	71,95	-7,32	-9,83	-6,76																			
	Qp		424,66	34,31	-59,85	-176,71	71,95	-7,32	-9,83	-6,76																			
CO37/41	Ch		765,82	76,72	-87,33	-75,51	73,32	-1,50	1,80	-4,20																			
	Qp		765,82	76,72	-87,33	-75,51	73,32	-1,50	1,80	-4,20																			
CO37/42	Ch		312,43	6,39	-30,28	-239,08	34,41	-14,48	-3,24	-0,31																			
	Qp		312,43	6,39	-30,28	-239,08	34,41	-14,48	-3,24	-0,31																			
CO36/43	Ch		662,93	81,47	-82,90	-164,12	96,08	-5,33	-5,96	-5,22																			
	Qp		662,93	81,47	-82,90	-164,12	96,08	-5,33	-5,96	-5,22																			
CO37/44	Ch		534,52	21,80	-39,07	-145,39	16,22	-10,74	3,80	0,01																			
	Qp		534,52	21,80	-39,07	-145,39	16,22	-10,74	3,80	0,01																			
CO35/45	Ch		765,72	76,72	-87,27	-78,03	65,70	-1,17	6,14	-4,15																			
	Qp		765,72	76,72	-87,27	-78,03	65,70	-1,17	6,14	-4,15																			
CO35/46	Ch		301,29	4,88	-26,95	-236,33	40,39	-15,48	-7,83	-0,06																			
	Qp		301,29	4,88	-26,95	-236,33	40,39	-15,48	-7,83	-0,06																			
CO36/47	Ch		909,06	103,48	-83,04	-131,10	72,82	-5,48	-1,30	-5,11																			
	Qp		909,06	103,48	-83,04	-131,10	72,82	-5,48	-1,30	-5,11																			
CO37/48	Ch		124,20	-14,90	-38,74	-200,44	54,99	-10,04	1,31	-0,25																			
	Qp		124,20	-14,90	-38,74	-200,44	54,99	-10,04	1,31	-0,25																			
CO37/49	Ch		124,24	-14,89	-38,76	-197,32	64,33	-10,16	-0,69	-0,35																			
	Qp		124,24	-14,89	-38,76	-197,32	64,33	-10,16	-0,69	-0,35																			
CO34/50	Ch		909,22	103,48	-83,17	-134,28	63,31	-6,18	-8,84	-4,88																			
	Qp		909,22	103,48	-83,17	-134,28	63,31	-6,18	-8,84	-4,88																			
CO35/51	Ch		124,11	-14,89	-38,68	-198,27	61,37	-9,65	5,37	-0,39																			
	Qp		124,11	-14,89	-38,68	-198,27	61,37	-9,65	5,37	-0,39																			
CO36/52	Ch		909,00	103,48	-83,02	-135,00	61,14	-5,34	1,20	-4,98																			
	Qp		909,00	103,48	-83,02	-135,00	61,14	-5,34	1,20	-4,98																			
CO37/53	Ch		148,18	-11,48	-44,66	-200,46	56,18	-9,82	-11,41	-0,67																			
	Qp		148,18	-11,48	-44,66	-200,46	56,18	-9,82	-11,41	-0,67																			
CO36/54	Ch		909,11	103,48	-83,09	-135,00	61,15	-5,74	-3,59	-4,92																			
	Qp		909,11	103,48	-83,09	-135,00	61,15	-5,74	-3,59	-4,92																			
CO37/55	Ch		148,23	-11,47	-44,68	-197,34	65,52	-9,94	-13,41	-0,78																			
	Qp		148,23	-11,47	-44,68	-197,34	65,52	-9,94	-13,41	-0,78																			
Stav			Klíč kombinace																										
CO34/31	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS8+0.50*ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS8+0.50*ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
CO35/32	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS9+0.40*ZS10+ZS6																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS9+0.40*ZS10+ZS6																										
CO36/33	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.50*ZS8+ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.50*ZS8+ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
CO37/34	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.40*ZS9+0.80*ZS10+ZS6																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.40*ZS9+0.80*ZS10+ZS6																										
CO35/35	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS4+0.80*ZS9+0.40*ZS10																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS4+0.80*ZS9+0.40*ZS10																										
CO34/36	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.60*ZS5+ZS8+0.50*ZS11+1.41*ZS31																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.60*ZS5+ZS8+0.50*ZS11+1.41*ZS31																										
CO34/37	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS9+0.50*ZS10+0.60*ZS6+1.41*ZS42																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS9+0.50*ZS10+0.60*ZS6+1.41*ZS42																										
CO34/38	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS8+0.50*ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS20																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS8+0.50*ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS20																										
CO35/39	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS8+0.40*ZS10+ZS7+1.13*ZS46																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS8+0.40*ZS10+ZS7+1.13*ZS46																										
CO34/40	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS9+0.50*ZS11+0.60*ZS6+1.41*ZS22																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS9+0.50*ZS11+0.60*ZS6+1.41*ZS22																										
CO37/41	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS5+0.40*ZS9+0.80*ZS11+1.13*ZS31																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS5+0.40*ZS9+0.80*ZS11+1.13*ZS31																										
CO37/42	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS4+0.80*ZS10+1.13*ZS16																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS4+0.80*ZS10+1.13*ZS16																										
CO36/43	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.50*ZS8+ZS11+0.60*ZS6+1.41*ZS31																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.50*ZS8+ZS11+0.60*ZS6+1.41*ZS31																										
CO37/44	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.40*ZS9+0.80*ZS10+ZS7																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.40*ZS9+0.80*ZS10+ZS7																										
CO35/45	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS5+0.80*ZS9+0.40*ZS10+1.13*ZS31																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS5+0.80*ZS9+0.40*ZS10+1.13*ZS31																										
CO35/46	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS4+0.80*ZS8+0.40*ZS11																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS4+0.80*ZS8+0.40*ZS11																										
CO36/47	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
CO37/48	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS10+ZS6																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS10+ZS6																										
CO37/49	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS11+ZS6																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS11+ZS6																										
CO34/50	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS8+0.50*ZS10+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS8+0.50*ZS10+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
CO35/51	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS9+0.40*ZS11+ZS6																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS9+0.40*ZS11+ZS6																										
CO36/52	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+ZS10+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+ZS10+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
CO37/53	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.40*ZS8+0.80*ZS10+ZS6+1.13*ZS17																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.40*ZS8+0.80*ZS10+ZS6+1.13*ZS17																										
CO36/54	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.50*ZS8+ZS10+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.50*ZS8+ZS10+0.60*ZS7+1.41*ZS31																										
CO37/55	Ch		ZS1+ZS2+ZS3+0.40*ZS8+0.80*ZS11+ZS6+1.13*ZS17																										
	Qp		ZS1+ZS2+ZS3+0.40*ZS8+0.80*ZS11+ZS6+1.13*ZS17																										

Podélná výztuž

Návrh podle mezního stavu únosnosti

Směr vrstvy výztuže [$\alpha=70^\circ$]

[2-]: spodní povrch

$$m_{Ed} = 177 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed} = 719 \text{ kN/m} \text{ [CO12]}$$

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa} \quad (\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1)$$

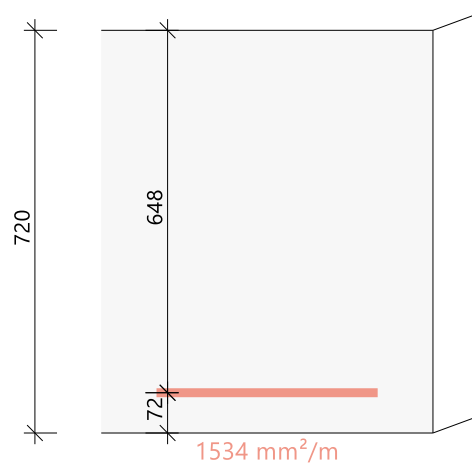
$$f_{yd} = 435 \text{ MPa} \quad (\gamma_s = 1.15)$$

$$\varnothing 16 \text{ mm} : d_1 = 72 \text{ mm} \rightarrow d = 648 \text{ mm}$$

$$x = -3 \text{ mm} \rightarrow z = 583 \text{ mm}$$

$$A_{s,ult} = 1534 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ (tahové)}$$

$$\rho_l = 0,237\%$$



Směr vrstvy výztuže [$\alpha=70^\circ$]

[2+]: horní povrch

$$m_{Ed} = -21.8 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed} = 429 \text{ kN/m} \text{ [CO32]}$$

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa} \quad (\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1)$$

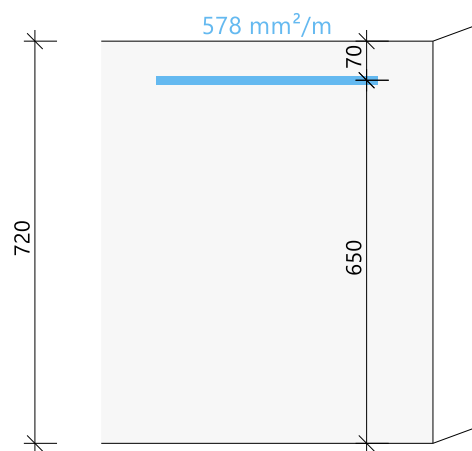
$$f_{yd} = 435 \text{ MPa} \quad (\gamma_s = 1.15)$$

$$\varnothing 16 \text{ mm} : d_1 = 70 \text{ mm} \rightarrow d = 650 \text{ mm}$$

$$x = -10 \text{ mm} \rightarrow z = 585 \text{ mm}$$

$$A_{s,ult} = 578 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ (tahové)}$$

$$\rho_l = 0,089\%$$



Souhrn návrhu

	Stav	α_s [°]	m_{Ed} [kNm]	n_{Ed} [kN]	d [mm]	x [mm]	z [mm]	F_{cd} [kN]	F_{sd} [kN]	$A_{s,ult}$ [mm ²]
[2+]	CO32	70,0	-21,76	428,61	650,0	0,0	585,0	0,0	251,2	578
[1-]	CO9	0,0	1340,17	489,85	658,0	131,2	607,0	-1967,4	2457,2	5652
[2-]	CO12	70,0	177,03	718,60	648,0	0,0	583,2	0,0	666,8	1534

α_s - směr vrstvy výztuže; m_{Ed} , n_{Ed} - přepočtené výpočtové zatížení; F_{cd} - síla přenášená betonem; F_{sd} - síla přenášená výztuží; $A_{s,ult}$ - nutná plocha výztuže z návrhu podle MSÚ

CO9	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+1.45*ZS8+0.73*ZS11+0.90*ZS7+2.04*ZS31
CO12	1.15*ZS1+1.15*ZS2+1.15*ZS3+0.73*ZS8+1.45*ZS11+0.90*ZS7+2.04*ZS31
CO32	ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS12+0.50*ZS6

Posudek náhradní diagonály

Směr posudku (extrém) [$\alpha=35^\circ$]

Návrhová normálová síla ve směru náhradní diagonály

$$n_{Ed,sc} = -896 \text{ kN [CO9]}$$

s plnou výškou průřezu:

$$h=720 \text{ mm} \rightarrow A_{cc} = h \cdot b = 0.72 \cdot 1000 = 720000 \text{ mm}^2$$

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost náhradní diagonály (v tlaku)

$$n_{Rd,sc} = A_{cc} \cdot \text{Red}_{fcd} \cdot f_{cd} = 720000 \cdot 0.85 \cdot 20 = 12240 \text{ kN}$$

Jedn. pos.

$$UC_{sc} = \frac{\text{abs}(n_{Ed,sc})}{n_{Rd,sc}} = \frac{\text{abs}(-896)}{12240} = 0.073$$

[2-] Vrstva výztuže

$$A_{s,min} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} \text{Coeff}_{Asmin,2} \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} \\ \text{Coeff}_{Asmin,1} \cdot b_t \cdot d \end{array} \right\} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 0.26 \cdot \frac{2.9 \cdot 1000 \cdot 648}{500} \\ 1.3 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 648 \end{array} \right\} = 977 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (9.1N)$$

[2+] Vrstva výztuže

$$A_{s,min} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} \text{Coeff}_{Asmin,2} \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} \\ \text{Coeff}_{Asmin,1} \cdot b_t \cdot d \end{array} \right\} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 0.26 \cdot \frac{2.9 \cdot 1000 \cdot 650}{500} \\ 1.3 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 650 \end{array} \right\} = 980 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (9.1N)$$

Maximální průřezová plocha kabelu nebo tlačené výztuže

(\$9.2.1.1(3))

[1-][2-][2+] Vrstva výztuže

$$A_{s,max} = \text{Coeff}_{Asmax} \cdot A_c = 0.04 \cdot 0.72 = 28800 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimální a maximální vzdálenosti prutů výztuže

Maximální vzdálenost hlavních prutů výztuže

(§9.3.1.1(3))

[1-][2-][2+] Vrstva výztuže

$$s_{\max} = \min \left(\text{Coeff}_{s_{\max, \text{slab}, A}} \cdot h; \text{Coeff}_{s_{\max, \text{slab}, B}} \right) = \min (2 \cdot 720; 300) = 300 \text{ mm}$$

Maximální světla vzdálenost mezi pruty výztuže

(§8.2(2))

[1-][2-][1+][2+] Vrstva výztuže

$$s_{\min} = \max \left(k_1 \cdot \phi; d_g + k_2 \cdot s_{l, \min} \right) = \max (1.2 \cdot 16; 32 + 5 \cdot 20) = 37 \text{ mm}$$

Mezní stavy použitelnosti

Navržená ve směrech hlavních napětí:

Hlavní napětí $\sigma_{\perp} = -6.06^\circ$

$$m_{Ed, \text{char}} = 918 \text{ kNm/m} \quad | \quad n_{Ed, \text{char}} = -128 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed, qp} = 918 \text{ kNm/m} \quad | \quad n_{Ed, qp} = -128 \text{ kN/m}$$

Přepočet nutné plochy do směru hlavního napětí

$$A_{s, \text{ult}, \sigma} = A_{s, \text{ult}, 1-} \cdot \cos(\Delta\alpha_{1-})^2 + A_{s, \text{ult}, 2-} \cdot \cos(\Delta\alpha_{2-})^2 \\ = 5652 \cdot \cos(-6)^\circ + 1534 \cdot \cos(-76)^\circ = 5678 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{serv}, \sigma} = A_{s, \text{ult}, \sigma} + \Delta A_{s, \text{serv}, 1-} \cdot \cos(\Delta\alpha_{1-})^2 + \Delta A_{s, \text{serv}, 2-} \cdot \cos(\Delta\alpha_{2-})^2 \\ = 5678 + 0 \cdot \cos(-6)^\circ + 0 \cdot \cos(-76)^\circ = 5678 \text{ mm}^2$$

Posudek vzniklých trhlin

(§7.1(2))

$$f_{ct, \text{eff}} = 2.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ct} = 9.181 \text{ MPa} > \sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa} \Rightarrow \text{objevují se trhliny}$$

Posouzení omezení napětí ve výztuži

(§7.2(5))

$$\sigma_s = 260.4 \text{ MPa} \leq \sigma_{s, \text{lim}} = 400 \text{ MPa}$$

Účinná tažená plocha

(§7.3.2(3))

$$h_{c, \text{eff}} = 155 \text{ mm} \Rightarrow A_{s, \text{eff}} = 5678 \text{ mm}^2 \quad (\rho_{p, \text{eff}} = 3.65 \%)$$

Výpočet šířky trhlin

(§7.3.4)

$$s_{r, \max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{eq}}{\rho_{p, \text{eff}}} = 1.9 \cdot 0.06 + \frac{0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot 4.05 \cdot 10^{-3}}{0.0365} = 133 \text{ mm} \quad (7.11)$$

$$\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm} = \max \left(\frac{\sigma_s - k_t \cdot \left(\frac{f_{ct, \text{eff}}}{\rho_{p, \text{eff}}} \right) \cdot (1 + \alpha_E \cdot \rho_{p, \text{eff}})}{E_s}; \frac{0.6 \cdot \sigma_s}{E_s} \right) \\ = \max \left(\frac{260 \cdot 10^6 - 0.46 \cdot \left(\frac{2.9 \cdot 10^6}{0.0365} \right) \cdot (1 + 6.1 \cdot 0.0365)}{200 \cdot 10^9}; \frac{0.6 \cdot 260 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^9} \right) = 1.08 \text{ ‰} \quad (7.9)$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot \epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm} = 0.133 \cdot 1.08 \cdot 10^{-3} = 0.143 \text{ mm}$$

(7.8)

Posudek šířky trhlin

(\$7.3.1(5))

$$w_k = 0.143 \text{ mm} \leq w_{max} = 0.3 \text{ mm}$$

Hlavní napětí $\sigma_{II}[-] = 84^\circ$

$$m_{Ed,char} = 95 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed,char} = 69.4 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed,qp} = 95 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed,qp} = 69.4 \text{ kN/m}$$

Přepočet nutné plochy do směru hlavního napětí

$$A_{s,ult,\sigma} = A_{s,ult,1-} \cdot \cos(\Delta\alpha_{1-})^2 + A_{s,ult,2-} \cdot \cos(\Delta\alpha_{2-})^2$$

$$= 5652 \cdot \cos(84)^\circ + 1534 \cdot \cos(14)^\circ = 1508 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,serv,\sigma} = A_{s,ult,\sigma} + \Delta A_{s,serv,1-} \cdot \cos(\Delta\alpha_{1-})^2 + \Delta A_{s,serv,2-} \cdot \cos(\Delta\alpha_{2-})^2$$

$$= 1508 + 0 \cdot \cos(84)^\circ + 0 \cdot \cos(14)^\circ = 1508 \text{ mm}^2$$

Posudek vzniklých trhlin

(\$7.1(2))

$$f_{ct,eff} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ct} = 1.147 \text{ MPa} \leq \sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa} \Rightarrow \text{bez trhlin}$$

Posouzení omezení napětí ve výztuži

(\$7.2(5))

$$\sigma_s = 5.885 \text{ MPa} \leq \sigma_{s,lim} = 400 \text{ MPa}$$

Hlavní napětí $\sigma_{II}[+] = -102^\circ$

$$m_{Ed,char} = -24.6 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed,char} = 49.1 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed,qp} = -24.6 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed,qp} = 49.1 \text{ kN/m}$$

Přepočet nutné plochy do směru hlavního napětí

$$A_{s,ult,\sigma} = A_{s,ult,1+} \cdot \cos(\Delta\alpha_{1+})^2 + A_{s,ult,2+} \cdot \cos(\Delta\alpha_{2+})^2$$

$$= 0 \cdot \cos(-102)^\circ + 980 \cdot \cos(-172)^\circ = 960 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,serv,\sigma} = A_{s,ult,\sigma} + \Delta A_{s,serv,1+} \cdot \cos(\Delta\alpha_{1+})^2 + \Delta A_{s,serv,2+} \cdot \cos(\Delta\alpha_{2+})^2$$

$$= 960 + 0 \cdot \cos(-102)^\circ + 0 \cdot \cos(-172)^\circ = 960 \text{ mm}^2$$

Posudek vzniklých trhlin

(\$7.1(2))

$$f_{ct,eff} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ct} = 0.342 \text{ MPa} \leq \sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa} \Rightarrow \text{bez trhlin}$$

Posouzení omezení napětí ve výztuži

(\$7.2(5))

$$\sigma_s = -0.9665 \text{ MPa} \leq \sigma_{s,lim} = 400 \text{ MPa}$$

Hlavní napětí $\sigma_{II}[+] = -11.9^\circ$

$$m_{Ed,char} = 134 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed,char} = -183 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed,qp} = 134 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed,qp} = -183 \text{ kN/m}$$

Přepočet nutné plochy do směru hlavního napětí

$$A_{s,ult,\sigma} = A_{s,ult,1+} \cdot \cos(\Delta\alpha_{1+})^2 + A_{s,ult,2+} \cdot \cos(\Delta\alpha_{2+})^2$$

$$= 0 \cdot \cos(-11.9)^\circ + 980 \cdot \cos(-81.9)^\circ = 19 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,serv,\sigma} = A_{s,ult,\sigma} + \Delta A_{s,serv,1+} \cdot \cos(\Delta\alpha_{1+})^2 + \Delta A_{s,serv,2+} \cdot \cos(\Delta\alpha_{2+})^2$$

$$= 19 + 0 \cdot \cos(-11.9)^\circ + 0 \cdot \cos(-81.9)^\circ = 19 \text{ mm}^2$$

Posudek vzniklých trhlin

(\$7.1(2))

$$f_{ct,eff} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ct} = -1.741 \text{ MPa} \leq \sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa} \Rightarrow \text{bez trhlin}$$

Posouzení omezení napětí ve výztuži

(\$7.2(5))

$$\sigma_s = 5.49 \text{ MPa} \leq \sigma_{s,lim} = 400 \text{ MPa}$$

Souhrn návrhu

Stav	α_σ [°]	m_{Ed} [kNm]	n_{Ed} [kN]	$A_{s,ult,\sigma}$ [mm ²]	$A_{s,prov,\sigma}$ [mm ²]	σ_{ct} [MPa]	σ_s [MPa]	w_k [mm]	$\Delta A_{s,prov}$ [mm ²]
$\sigma_I[+]$ CO37/49	-101,9	Ch -24,62 Qp -24,62	49,14 49,14	960	960	0,34 ≤ 2,90	-1,0 ≤ 400,0	0.000 ≤ 0,300	$\Delta_{1+}=0$ $\Delta_{2+}=0$
$\sigma_{II}[+]$ CO35/51	-11,9	Ch 133,81 Qp 133,81	-183,34 -183,34	19	19	-1,74 ≤ 2,90	5,5 ≤ 400,0	0.000 ≤ 0,300	$\Delta_{1+}=0$ $\Delta_{2+}=0$
$\sigma_I[-]$ CO36/33	-6,1	Ch 917,64 Qp 917,64	-127,59 -127,59	5678	5678	9,18 > 2,90	260,4 ≤ 400,0	0,143 ≤ 0,300	$\Delta_{1-}=0$ $\Delta_{2-}=0$
$\sigma_{II}[-]$ CO36/47	84,0	Ch 95,02 Qp 95,02	69,41 69,41	1508	1508	1,15 ≤ 2,90	5,9 ≤ 400,0	0.000 ≤ 0,300	$\Delta_{1-}=0$ $\Delta_{2-}=0$

α_σ - směr hlavního napětí; m_{Ed} , n_{Ed} - přepočtené výpočtové zatížení; $A_{s,ult,\sigma}$ - přepočtené nutná plocha výztuže z návrhu podle MSÚ/MSP včetně konstrukčních zásad; σ_{ct} - maximální tahové napětí v betonu (porovnáváno s σ_{cr}), σ_s - napětí v tažené výztuži (porovnáváno s $\sigma_{s,lim}$); w_k - šířka trhlin (porovnáváno s w_{max}); $\Delta A_{s,prov}$ - zvětšit nutnou plochu výztuže z návrhu podle MSP

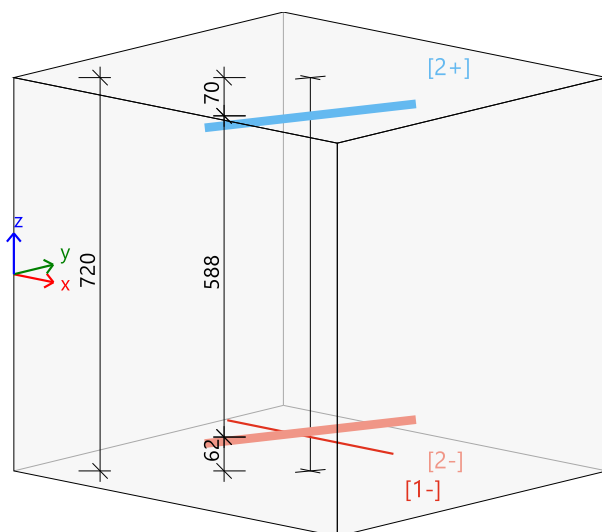
CO36/33	Ch	ZS1+ZS2+ZS3+0.50*ZS8+ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS31
	Qp	ZS1+ZS2+ZS3+0.50*ZS8+ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS31
CO36/47	Ch	ZS1+ZS2+ZS3+ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS31
	Qp	ZS1+ZS2+ZS3+ZS11+0.60*ZS7+1.41*ZS31
CO35/51	Ch	ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS9+0.40*ZS11+ZS6
	Qp	ZS1+ZS2+ZS3+0.80*ZS9+0.40*ZS11+ZS6

Shrnutí podélné výztuže

Navržené vrstvy výztuže (ve směru od lokální osy x dříve):

	Základní	Přídavná		α [°]	$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,ult}$ [mm ²]	$\Delta A_{s, serv}$ [mm ²]	$A_{s, req}$ [mm ²]	$A_{s, prov}$ [mm ²]	$A_{s, max}$ [mm ²]	s_{min} [mm]	s_{max} [mm]	Stav
		Uživatel	Automati...										
[2+]	φ16,0/120	---	---	70,0	980	578	0	980	1676	28800	104	120	OK
								0,14%	0,23%		≥37	≤300	
[2-]	φ16,0/120	---	---	70,0	977	1534	0	1534	1676	28800	104	120	OK
								0,21%	0,23%		>37	<300	

$A_{s,req}$ - nutná plocha výztuže jako $\max(A_{s,ult}; A_{s,min}) + \Delta A_{s,prov}$; $A_{s,prov}$ - předpokládaná plocha výztuže; $A_{s,min}/A_{s,max}$ - min/max plocha výztuže; $s_{max(min)}$ - maximální/vzdálenost mezi pruty (minimální čistá vzdálenost mezi pruty)

[2+] $\phi 16,0/120$ [2-] $\phi 16,0/120$

3.5.2.3 Ohybová únosnost pro záporný moment

Poloha neutrální osy nosníku – předpoklad ve stojně

Výpočet polohy neutrální osy - záporný ohybový moment				
<i>Poloha těžišťové osy plně zplastizovaného ocelobetonového průřezu je potom dána vztahem:</i>				
$z_{g,pl} = \frac{(f_{y,st,k} / \gamma_{M0,st}) \cdot [b_{f1} \cdot t_{f1} - b_{f2} \cdot t_{f2} + t_w \cdot (h_{st} - t_{f1} + t_{f2})] + (f_{y,s,k} / \gamma_{M0,s}) \cdot A_s + (\lambda \cdot f_{c,k} / \gamma_{M0,c}) \cdot (b_c - t_w) \cdot (t_{f2} - t_{fw})}{2(f_{y,st,k} / \gamma_{M0,st}) \cdot t_w + (\lambda \cdot f_{c,k} / \gamma_{M0,c}) \cdot [b_c - t_w]}$				
			<div><div>∅</div><div>počet</div></div>	
As	75,39822	mm ²	<div><div>32</div><div>3</div></div>	na šířku b _c
z _{g,pl}	64,45021	mm	n.o. leží ve stojně	

$$M_{Rd} = x_{st,pl+} \cdot F_{st,pl+} + x_{st,pl-} \cdot F_{st,pl-} + x_{c,pl} \cdot F_{c,pl}$$

$$M_{yEd} = 917,48 \text{ kNm} < M_{Rd} = 1578,2 \text{ kNm}$$

4 Určení zatížitelnosti

Pro výpočet zatížitelnosti platí následující vztahy:

$$Z_{LM71} = \left(R_d - \sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,Ed,i} \right) / E_{LM71,Ed}, \quad (4.4)$$

kde R_d je návrhová hodnota únosnosti průřezu nebo prvku mostního objektu,
 $E_{LM71,Ed}$ je návrhová hodnota účinků svislého proměnného zatížení železniční dopravou, reprezentovaného modelem zatížení 71 včetně dynamických vlivů,

$\sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,Ed,i}$ jsou návrhové, kombinační nebo skupinové hodnoty účinků ostatních zatížení, které působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou.

$$Z_{LM71} = (\delta_{lim} - \sum_{i=1}^{n-1} \delta_{rs,i}) / \delta_{LM71}, \quad (4.6)$$

kde δ_{lim} je mezní hodnota přetvoření podle kritéria příslušného mezního stavu použitelnosti,
 δ_{LM71} je hodnota přetvoření vyvolaná svislým proměnným zatížením železniční dopravou, reprezentovaným modelem zatížení 71 (podle povahy kritéria i včetně dynamických vlivů),

$\sum_{i=1}^{n-1} \delta_{rs,i}$ jsou hodnoty přetvoření od ostatních relevantních stálých zatížení, které působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou v případě, že nebyly eliminovány vnějším zásahem (například nadvýšením nosné konstrukce).

4.1.1 Návrhové hodnoty účinků ostatních zatížení

6.10	γ_G			γ_Q	ψ_0	souč.	α			γ_Q	ψ_0	souč.	α			γ_Q	ψ_0	souč.	α			γ_Q	ψ_0
gr11:	1,35	STÁLÉ	+	1,45	0,8	1	1	ROZJEZD/BRZDY	+	1,45	0,8	0,5	1	ODSTŘED. SÍLA	+	1,45	1	0,5	1	BOČNÍ RÁZ	+	1,5	0,6
gr12:	1,35		+	1,45	0,8	0,5	1	ROZJEZD/BRZDY	+	1,45	0,8	1	1	ODSTŘED. SÍLA	+	1,45	1	1	1	BOČNÍ RÁZ	+	1,5	0,6
gr13:	1,35		+	1,45		1	1	ROZJEZD/BRZDY	+	1,45	0,8	0,5	1	ODSTŘED. SÍLA	+	1,45	1	0,5	1	BOČNÍ RÁZ	+	1,5	0,6
gr14:	1,35		+	1,45	0,8	0,5	1	ROZJEZD/BRZDY	+	1,45		1	1	ODSTŘED. SÍLA	+	1,45		1	1	BOČNÍ RÁZ	+	1,5	0,6

4.1.2 Návrhové hodnoty účinků svislého zatížení železniční dopravou

6.10	γ_Q	ψ_0	souč.	α	Φ	
gr11:	1,45		1	1	1,72	LM71
gr12:	1,45		1	1	1,72	LM71
gr13:	1,45	0,8	1	1	1,72	LM71
gr14:	1,45	0,8	1	1	1,72	LM71

4.1.3 Výpočet zatížitelnosti

1. Horní deska rámu, střed rozpětí; ohyb

$$Z_{LM71} = \frac{2357,9 - 497,42}{247,96} = 7,50$$

2. Rámový roh; ohyb

$$Z_{LM71} = \frac{1578,2 - 598,99}{318,49} = 3,07$$

A. Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): TÚ 0742 – Středokluky - Podlešín

DÚ: DU 04 Noutonice - Podlešín

km: 39,019

B. Identifikace části mostučást mostu: **nosná konstrukce**, pod kolejí č. 1C. Doplnující data pro část mostuKategorie zatížitelnosti: C Výpočetní model: **prostorový deskostěnový model s ortotropní příčl - otevřený rám**

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu pro část mostu v jejím profilu (ve směru staničení)

	na začátku	uprostřed	na konci
poloměr oblouku	293 [m]	293 [m]	293 [m]
převýšení koleje	81 [mm]	81 [mm]	81 [mm]
excentricita vůči ose mostu (DC)	0,002 [m]	0,12 [m]	0,04 [m]

Popis závad uvažovaných v přepočtu: není uvažováno, jedná se o nový mostní objekt

~~Datum zjištění zapracovaného stavu mostu – orgány SZ: zpracovatelem přepočtu:~~Poznámka k části mostu: **Zatížitelnost nezohledňuje žádné závady.**

Poř. č.	Prvek (vč. umístění)	DETAIL	NAMÁHÁNÍ	k_i	typ	L_p	φ_i	L_φ	viz. str.	Poznámky	Z_{LM71}
1	2	3	4		6	7	8	9	10	11	12
1	Příčel – ½ rozpětí	ZBN	ohybový moment	1,0	S	-	1,41	11,291	32		7,50
2	Rámový roh	ZBN	ohybový moment	1,0	S	-	1,41	11,291	41		3,07

Dne: **23/8/2021**zatížitelnost určil: **Ing. Norbert Pelc**

do databáze zadal: ...