

PO PŘIPOMÍNKÁCH

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	Aktualizace	09/2020
02	-	-
03	-	-

Objednatel:



SŽDC, s.o.
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1
tel.: +420 222 335 777
e-mail: szdc@szdc.cz

Generální projektant:



SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
tel.: +420 267 094 111
e-mail: praha@sudop.cz

Zpracovatel části:

PRISTA s.r.o.

Hviezdoslavova 614/16
400 03, Ústí nad Labem
IČ: 067 60 163
tel.: +420 724 227 712
e-mail: cerny.prista@gmail.com

Hlavní inženýr projektu:

ING. JIŘÍ PROKÚPEK

Garant profese:

DLE PŘÍLOH

Středisko:

ELEKTROTECHNIKY, TRAKCE, SDĚLOVACÍ A ZABEZPEČOVACÍ TECHNIKY

Vedoucí střediska:

ING. MARTIN RAIBR

Odpovědný projektant SO, IO, PS:

Ing. Martin Klomínský

Vypracoval:

Ing. Martin Klomínský

Kontroloval:

Ing. Martin Klomínský

Název akce:

Zlepšení provozních parametrů trati Jaroměř - Stará Paka

Číslo smlouvy:

17 291 208

Projektový stupeň:

PD

Část:

MOSTY, PROPUSTKY A ZDI
SO 11-14-11 Most ev. km 43,686

Datum:

06/2018

Číslo části:

E.1.4

Název přílohy:

STATICKÝ VÝPOČET

Měřítko:

Počet formátů:

9xA4

Číslo přílohy:

5

1	Technická zpráva ke statickému výpočtu	2
1.1	Základní údaje	2
1.2	Technický popis konstrukce	2
1.3	Výpočetní model	2
1.4	Výpočetní pomůcky	2
1.5	Přehled využívaných norem a použité literatury	3
1.6	Podklady pro zpracování statického výpočtu	3
1.7	Grafické přílohy statického výpočtu	4
2	Výpočet	6
2.1	Materiály	6
2.1.1	Beton	6
2.1.2	Betonářská výztuž	6
2.2	Zatížení.....	6
2.2.1	Zatížení stálé	6
2.2.1.1	Vlastní tíha nosné konstrukce.....	6
2.2.1.2	Ostatní stálé zatížení pro jednu kolej.....	6
2.2.1.3	Zatížení zeminou	6
2.2.2	Zatížení proměnné.....	7
2.2.2.1	Model zatížení 71	7
2.2.2.2	Model zatížení SW/2	7
2.2.2.3	Dynamický součinitel	7
2.2.2.4	Boční přitížení vlakem	9
2.2.2.5	Boční ráz.....	9
2.2.2.6	Zatížení od rozjezdu a brzdění	9
2.2.3	Sestavy zatížení.....	10
2.2.4	Kombinace zatížení.....	10
2.2.4.1	Mezní stav únosnosti	10
2.2.4.2	Mezní stavy použitelnosti	10
2.2.5	Kombinace vnitřních sil nosné konstrukce	11
2.2.5.1	MSÚ – trvalé a dočasné návrhové situace.....	11
2.2.5.2	MSP – charakteristická kombinace	12
2.3	Posouzení konstrukčních částí	13
2.3.1	Horní rámová příčel	13
2.3.1.1	Návrh a posouzení průřezu 1 na MSÚ	13
2.3.1.2	Posouzení omezení napětí a trhlin průřezu 1.....	15
3	Závěr.....	17

1 Technická zpráva ke statickému výpočtu

1.1 Základní údaje

<i>Evidenční km</i>	43,686
<i>Trat'</i>	Jaroměř – Liberec (kategorie dráhy celostátní), č. 500 dle Prohlášení o dráze
<i>Traťový úsek</i>	1601 Hradec Králové hl. n. – Stará Paka
<i>Definiční úsek</i>	DÚ 08
<i>Počet převáděných kolejí</i>	1
<i>Přemostovaná překážka</i>	Polní cesta
<i>Počet otvorů</i>	1
<i>Druh spodní stavby</i>	Masivní železobetonová, prefabrikovaná
<i>Prostorová úprava (šikmost)</i>	Kolmý
<i>Členění konstrukcí</i>	Uzavřený železobetonový prefabrikovaný rám s přesypávkou.
<i>Geometrická poloha koleje</i>	Kolej v oblouku $R = 556,0$ m.
<i>Návrhová traťová rychlost</i>	100 km/h
<i>Uvažované zatížení</i>	Dle ČSN EN 1991-2/Z4, klasifikační součinitel $\alpha = 1,10$
<i>Prostorové uspořádání</i>	VMP 2,5

1.2 Technický popis konstrukce

Nosnou konstrukci mostu tvoří železobetonový prefabrikovaný rám. Konstrukce rámu je světlé výšky 4,3 m, délkou přemostění 4,50 m, s tloušťkou stěn 300 mm. Horní rámová příčel má kvůli střechovitému spádu proměnnou výšku. V ose mostu činí tloušťka příčle 375 mm. V rozích je navržen náběh 200 x 200 mm. Všechny části prefabrikované konstrukce budou provedeny z betonu C35/45 – XC4, XF3 a vyztuženy ocelí B 500B.

1.3 Výpočetní model

V programu Scia Engineer byl vytvořen deskový model, který odpovídá tvaru střednice konstrukce. Založení objektu bylo modelováno jako pružné pomocí Winklerových pružin. Model nepředpokládá spolupůsobení nosné konstrukce s okolním zásypem

1.4 Výpočetní pomůcky

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

- Scia Engineer 2016, © 2016 Nemetschek Scia
- Mathcad®14.0, © 2007 Parametric Technology Corporation

- MS OFFICE 365, © Microsoft Corporation
- GEO 5, © Fine Ltd

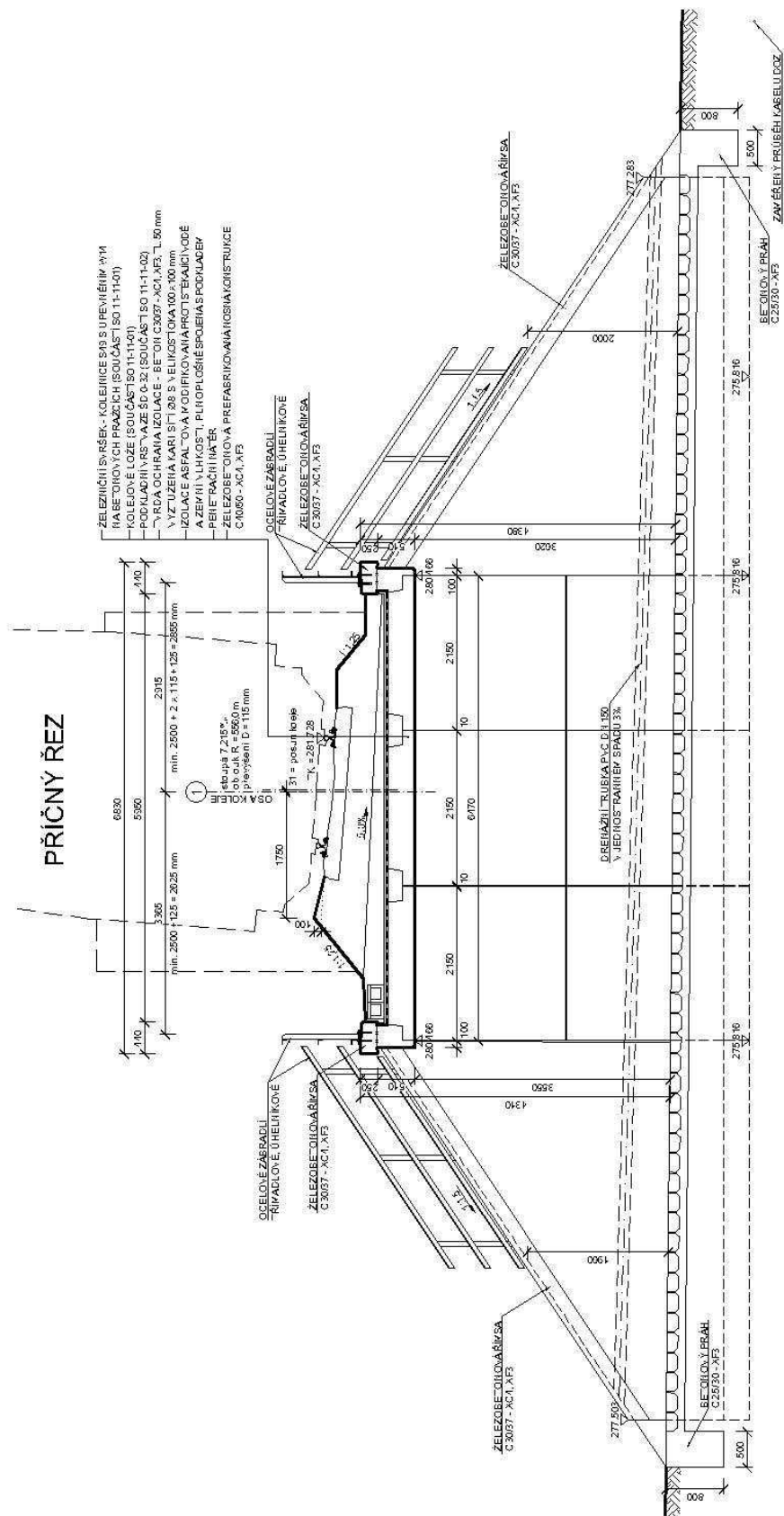
1.5 Přehled využívaných norem a použité literatury

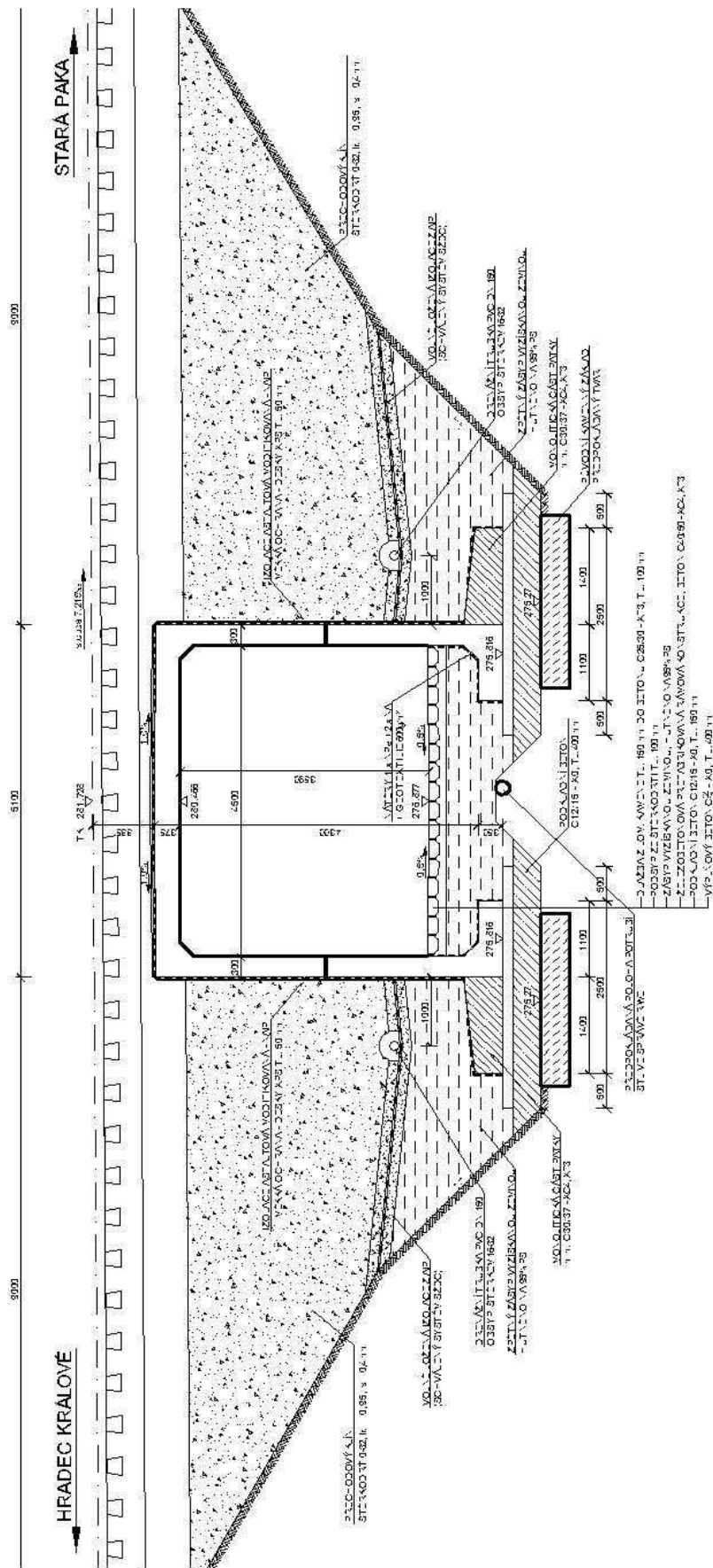
- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou
- [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 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [9] Technicko – kvalitativní podmínky staveb státních drah, v platném znění
- [10] Navrhování betonových mostů podle norem ČSN EN 1992 (Eurokódu 2), ČBS 2010

1.6 Podklady pro zpracování statického výpočtu

- (1) Rozpracovaná dokumentace ve stupni PD, SUDOP PRAHA a.s.

1.7 Grafické přílohy statického výpočtu





2 Výpočet

2.1 Materiály

2.1.1 Beton

Beton:	C40/50
Sečnový modul pružnosti:	$E_{cm} = 35,0 \text{ GPa}$
Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{ck} = 40,0 \text{ MPa}$
Návrhová pevnost v tlaku:	$f_{cd} = 26,67 \text{ MPa}$

2.1.2 Betonářská výztuž

Ocel:	B500B (10 505.9)
Charakteristická mez kluzu:	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel:	$\gamma_s = 1,15$
Návrhová mez kluzu:	$f_{yd} = 434,7 \text{ MPa}$
Návrhová hodnota modulu pružnosti:	$E_s = 200 \text{ GPa}$

2.2 Zatížení

Zatížení jsou uvažována dle EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Roznos zatížení násypem je uvažován ve sklonu 4:1.

2.2.1 Zatížení stálé

2.2.1.1 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 desky je proto uvažována hodnotou $25,0 \text{ kN/m}^3$.

2.2.1.2 Ostatní stálé zatížení pro jednu kolej

šterkové lože (žula, rula... 20 kN/m^3)

nominální hodnota zatížení: $= 20 \text{ kN/m}^3$

horní charakteristická hodnota zatížení: $1,3 \times 20 \text{ kN/m}^3 = 26,0 \text{ kN/m}^3$

kolej (2 kolejnice S 49, předpjaté betonové pražce)

nominální hodnota zatížení: $= 6,0 \text{ kN/m}$

hydroizolace + ochrana

nominální hodnota zatížení: $0,06 \text{ m} \times 25,0 \text{ kN/m}^3 = 1,50 \text{ kN/m}^2$

2.2.1.3 Zatížení zeminou

Jako materiál zásypu je uvažován šterk s příměsí jemnozrnné zeminy G3/G-F. Tíha zeminy je zadána 20 kN/m^3 , úhel vnitřního tření pak 30° .

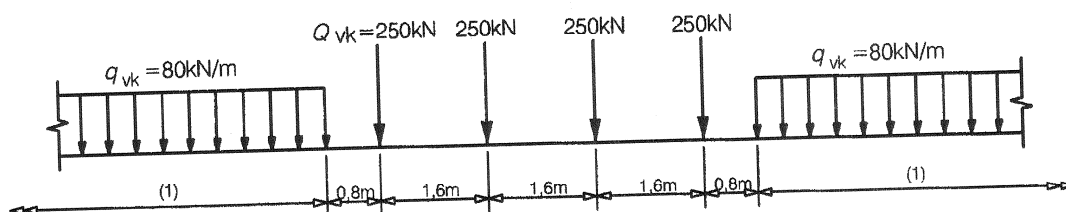
Postup je zvolen dle návrhového přístupu 2 – materiálové charakteristiky nejsou redukovány.

součinitel zemního tlaku v klidu: $K_0 = 1 - \sin \varphi = 1 - \sin 30 = 0,50$

součinitel aktivního zemního tlaku: $K_a = \operatorname{tg}^2(45 - \frac{\varphi}{2}) = \operatorname{tg}^2(45 - \frac{30}{2}) = 0,33$

2.2.2 Zatížení proměnné

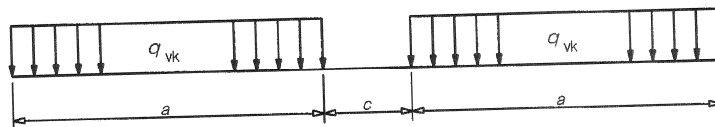
2.2.2.1 Model zatížení 71



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**.

2.2.2.2 Model zatížení SW/2



Model zatížení SW/2 reprezentuje statický účinek svislého zatížení těžkou železniční dopravou. Charakteristická hodnota svislého zatížení je 150 kN/m. Hodnota „a“ = 25,0 m a „c“ = 7,0 m. Vzhledem k malému rozpětí mostu nebude tento model rozhodující a nebude s ním dále uvažováno.

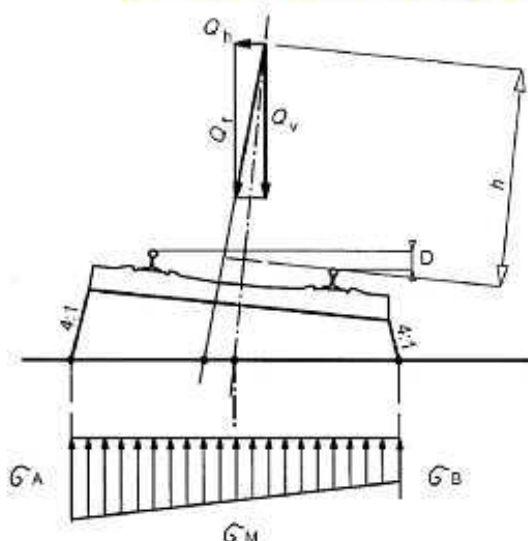
2.2.2.3 Dynamický součinitel

Dynamický součinitel je stanoven pro standardně udržovanou kolej.

$$\Phi = (2,16 / (\sqrt{Ld} - 0,2)) + 0,73 = 1,66$$

Náhradní délka je uvažována hodnotou $Ld = 6,41$ m

Roznos spojitého zatížení pražci a ložem s uvažováním odstředivé síly a excentricity



rozchod kolejnic.....	$L_{kol} := 1.5\text{m}$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 115\text{mm}$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2.42\text{m}$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0.27\text{m}$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0.48\text{m}$
výška pražce s kolejníc...	$H_{kol} := 0.355\text{m}$
svislá spojitá síla.....	$q_v := 285.31\text{kN}\cdot\text{m}$
maximální rychlost...	$v_{tr} := 27.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
poloměr oblouku.....	$R_{obl} := 556\text{m}$
redukční součinitel.....	$f_{red} := 1.00$

Stanovení odstředivé síly:

$$q_{tk} := \left(\frac{v_{tr}^2}{g \cdot R_{obl}} \right) \cdot (f_{red} \cdot q_v) = 40.44 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kN}$$

Odstředivé síly působí vodorovně ven z oblouku ve výšce 1,80 m nad temenem kolejnice.

Stanovení šířky a délky nosné konstrukce, na kterou se roznese zatížení:

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[\left(\frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.706\text{m}$$

Excentricita zatížení:

Dle ČSN EN 1991-2 se musí uvažovat boční posunutí svislých zatížení u všech náprav až do poměru 1,25 : 1,00. Dle kapitoly 6.3.5 je maximální excentricita 1/18 rozchodu koleje.

Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left(\frac{q_v}{L_{roz}} \right) + \left[\frac{\left(\frac{L_{kol}}{18} \right) q_v + q_{tk} \cdot (1.8\text{m} + H_{kol})}{0.166666 \cdot L_{roz}^2} \right]$$

$$\sigma_A = 196.287 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left(\frac{q_v}{L_{roz}} \right) - \left[\frac{\left(\frac{L_{kol}}{18} \right) q_v + q_{tk} \cdot (1.8\text{m} + H_{kol})}{(0.166666) \cdot L_{roz}^2} \right]$$

$$\sigma_B = 14.552 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

2.2.2.4 Boční přetížení vlakem

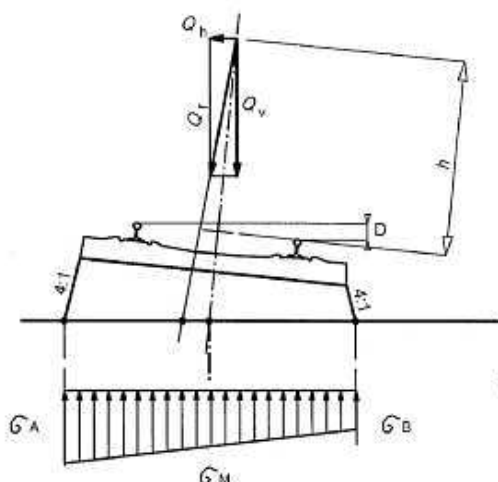
Svislé hodnoty zatížení budou násobeny součiniteli zemního tlaku dle kapitoly 2.2.1.3.

$$K_0 = 0,50$$

$$Ka = 0,33$$

2.2.2.5 Boční ráz

Roznos bočního rázu pražci a ložem



rozchod kolejnic	$L_{kol} := 1,5m$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 115mm$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2,42m$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0,27m$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0,48m$
boční ráz.....	$Q_H := 110kN$
výška pražce s kolejnicí...	$H_{kol} := 0,355m$

Stanovení šířky a délky nosné konstrukce, na kterou se roznese zatížení:

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0,25 \cdot T_{loze} + 0,25 \left[\left(\frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2,706m$$

$$\text{délka: } D_{roz} := \max[S_{pr} + 0,5 \cdot T_{loze}, 0,6m] = 0,6m$$

Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left(\frac{0,5 Q_H \cdot H_{kol}}{0,166666 \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right)$$

$$\sigma_A = 26,657 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left(\frac{-0,5 Q_H \cdot H_{kol}}{(0,16666) \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right)$$

$$\sigma_B = -26,658 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

2.2.2.6 Zatížení od rozjezdu a brzdění

Rozjezdové a brzděné síly působí v úrovni temene kolejnic v podélném směru koleje.

Je uvažováno s rozjezdovou silou pro zatížení 71 o velikosti 33 kN/m.

Tato hodnota zatížení bude přenásobena součinitelem $\alpha = 1,10$. Rozjezdové a brzděné síly již nejsou násobeny dynamickým součinitelem.

2.2.3 Sestavy zatížení

Sestava zatížení je zvolena dle EN 1991-2. Jedná se o jednokolejnou železniční trať a vzhledem k charakteru konstrukce budou uvažovány sestavy gr 11 a gr 12.

2.2.4 Kombinace zatížení

2.2.4.1 Mezní stav únosnosti

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

$$6.10: \quad \sum \gamma_G G + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Hodnoty součinitelů zatížení a kombinace:

$\gamma_G = 1,35$ součinitel stálého zatížení

$\gamma_Q = 1,45$ součinitel zatížení pro železniční dopravu (model 71 a SW/0)

$\gamma_Q = 1,50$ součinitel zatížení pro další proměnná zatížení

$\psi_0 = 0,75$ součinitel kombinace pro zatížení větrem

$\psi_0 = 0,60$ součinitel kombinace pro zatížení teplotou

2.2.4.2 Mezní stavy použitelnosti

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

a) Charakteristická kombinace

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

b) Častá kombinace

$$6.15b \quad \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Hodnoty součinitelů kombinace:

$\psi_0 = 0,75$...součinitel kombinace pro zatížení větrem

$\psi_0 = 0,60$...součinitel kombinace pro zatížení teplotou

$\psi_1 = 1,00$...součinitel kombinace pro zatížení skutečnými vlaky (únavové zatížení)

$\psi_2 = 0,00$...součinitel kombinace pro zatížení větrem

$\psi_2 = 0,50$...součinitel kombinace pro zatížení teplotou

2.2.5 Kombinace vnitřních sil nosné konstrukce

2.2.5.1 MSÚ – trvalé a dočasné návrhové situace

Kombinace 6.10		průřez					
		1	2	3	4	5	6
vlastní tíha	M_y	24,92	5,78	-2,29	-	-	-
	N	0	0	0	-	-	-
	Q_z	17,51	17,51	20,36	-	-	-
	součinitel zatížení	1,35					
	součinitel v kombinaci	-					
ostatní stálé	M_y	45,5	4,14	-10,78	-	-	-
	N	0	0	0	-	-	-
	Q_z	43,48	43,48	50,22	-	-	-
	součinitel zatížení	1,35					
	součinitel v kombinaci	-					
zatížení zeminou	M_y	0	0	-56,31	-	-	-
	N	0	0	0	-	-	-
	Q_z	3,52	3,52	5,03	-	-	-
	součinitel zatížení	1,35					
	součinitel v kombinaci	-					
gr 11	M_y vč. δ a α	132,61	-16,09	-70,42	-	-	-
	N vč. δ a α	0	0	0	-	-	-
	Q_z vč. δ a α	172,88	172,88	209,63	-	-	-
	součinitel zatížení	1,45					
	součinitel v kombinaci	-					
gr 12	M_y vč. δ a α	132,34	-3,28	-56,08	-	-	-
	N vč. δ a α	0	0	0	-	-	-
	Q_z vč. δ a α	166,98	166,98	203,59	-	-	-
	součinitel zatížení	1,45					
	součinitel v kombinaci	-					
vitr	M_y vč. δ	1,33	-0,15	-0,74	-	-	-
	N vč. δ	0	0	0	-	-	-
	Q_z vč. δ	2,58	2,58	4,38	-	-	-
	součinitel zatížení	1,50					
	součinitel v kombinaci	0,75					
teplota	M_y vč. δ	15,55	-15,4	-18,38	-	-	-
	N vč. δ	0	0	0	-	-	-
	Q_z vč. δ	9,84	9,84	27,84	-	-	-
	součinitel zatížení	1,50					
	součinitel v kombinaci	0,60					
KOMB. 6.10	M_y	302,84	-23,97	-195,77	-	-	-
	N	0,00	0,00	0,00	-	-	-
	Q_z	349,52	349,52	436,02	-	-	-

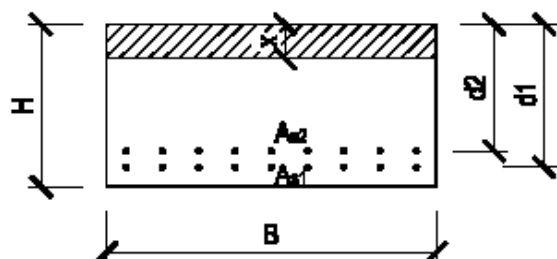
2.2.5.2 MSP – charakteristická kombinace

Kombinace 6.14b		průřez					
		1	2	3	4	5	6
vlastní tíha	M_y	24,92	5,78	-2,29	-	-	-
	N	0	0	0	-	-	-
	Q_z	17,51	17,51	20,36	-	-	-
	součinitel zatížení	-					
	součinitel v kombinaci	-					
ostatní stálé	M_y	45,5	4,14	-10,78	-	-	-
	N	0	0	0	-	-	-
	Q_z	43,48	43,48	50,22	-	-	-
	součinitel zatížení	-					
	součinitel v kombinaci	-					
zatížení zemínou	M_y	0	0	-56,31	-	-	-
	N	0	0	0	-	-	-
	Q_z	3,52	3,52	5,03	-	-	-
	součinitel zatížení	-					
	součinitel v kombinaci	-					
gr 11	M_y vč. δ a α	132,61	-16,09	-70,42	-	-	-
	N vč. δ a α	0	0	0	-	-	-
	Q_z vč. δ a α	172,88	172,88	209,63	-	-	-
	součinitel zatížení	-					
	součinitel v kombinaci	-					
gr 12	M_y vč. δ a α	132,34	-3,28	-56,08	-	-	-
	N vč. δ a α	0	0	0	-	-	-
	Q_z vč. δ a α	166,98	166,98	203,59	-	-	-
	součinitel zatížení	-					
	součinitel v kombinaci	-					
vitr	M_y vč. δ	1,33	-0,15	-0,74	-	-	-
	N vč. δ	0	0	0	-	-	-
	Q_z vč. δ	2,58	2,58	4,38	-	-	-
	součinitel zatížení	-					
	součinitel v kombinaci	0,75					
teplota	M_y vč. δ	15,55	-15,4	-18,38	-	-	-
	N vč. δ	0	0	0	-	-	-
	Q_z vč. δ	9,84	9,84	27,84	-	-	-
	součinitel zatížení	-					
	součinitel v kombinaci	0,6					
KOMB. 6.14b	M_y	213,36	-15,52	-151,38	-	-	-
	N	0,00	0,00	0,00	-	-	-
	Q_z	245,23	245,23	305,23	-	-	-

2.3 Posouzení konstrukčních částí

2.3.1 Horní rámová příčel

2.3.1.1 Návrh a posouzení průřezu 1 na MSÚ



$$H := 0.375 \text{ m}$$

$$B := 1 \text{ m}$$

$$\text{krytí} \dots c_{\text{nom}} := 50 \text{ mm}$$

$$\text{odhad průměru třmínku} \dots \phi_{\text{od}} := 8 \text{ mm}$$

$$\text{charakteristická pevnost betonu v tlaku} \dots f_{\text{ck}} := 40 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel dlouhodobých účinků} \dots \alpha_{\text{cc}} := 0.85$$

$$\text{součinitel materiálu pro beton} \dots \gamma_c := 1.5$$

$$\text{charakteristická mez kluzu výztuže} \dots f_{\text{yk}} := 500 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel materiálu pro výztuž} \dots \gamma_s := 1.15$$

Zatížení:

$$\text{ohybový moment} \dots M_{\text{sd}} := 302.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{posouvající síla} \dots V_{\text{sd}} := 349.52 \text{ kN}$$

1. řada betonářské výztuže:

$$\text{počet prutů} \dots n_1 := 10$$

$$\text{průměr prutů} \dots \phi_1 := 20 \text{ mm} \quad \text{plocha výztuže 1. řady} \dots A_{s1} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_1^2}{4} \right) \cdot n_1 = 3.142 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška 1. řady prutů} \dots d_1 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_1}{2} \right) = 0.307 \text{ m}$$

2. řada betonářské výztuže:

$$\text{počet prutů} \dots n_2 := 0$$

$$\text{průměr prutů} \dots \phi_2 := 16 \text{ mm} \quad \text{plocha výztuže 2. řady} \dots A_{s2} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_2^2}{4} \right) \cdot n_2 = 0 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška 1. řady prutů} \dots d_2 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_2}{2} \right) = 0.309 \text{ m}$$

Průměrné hodnoty betonářské výztuže:

$$\text{plocha výztuže} \dots A_s := A_{s1} + A_{s2} = 3.142 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška výztuže} \dots d := \frac{d_1 \cdot A_{s1} + d_2 \cdot A_{s2}}{A_s} = 0.307 \text{ m}$$

$$\text{výška tlačené oblasti} \dots x := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0.8 \cdot B \cdot f_{cd}} = 0.075 \text{ m}$$

$$\frac{x}{d} = 0.245$$

$$\text{posudek}_x = \text{"VYHOVUJE"}$$

$$\text{rameno vnitřních sil průřezu} \dots z := d - 0.4 \cdot x = 0.277 \text{ m}$$

$$\text{Moment únosnosti průřezu} \dots M_{Rd} := A_s \cdot f_{yd} \cdot z \quad M_{Rd} = 378.179 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{posudek}_{\text{unosnost}} = \text{"VYHOVUJE"}$$

Procento vyztužení:

$$P_{vyz} := \frac{A_s}{B \cdot d} \quad P_{vyz} = 1.023\%$$

$$\text{posudek}_{vyz} = \text{"VYHOVUJE"}$$

Návrh a posouzení smykové výztuže

$$\text{tloušťka průřezu} \dots B = 1 \text{ m}$$

$$\text{rameno vnitřních sil} \dots z = 0.277 \text{ m}$$

$$\text{sklon tlakových diagonál} \dots \phi := 21.8 \text{ deg} \dots \cotg \phi := 2.5$$

$$\text{plocha průřezu} \dots A_{pr} := B \cdot H = 0.375 \text{ m}^2$$

$$\text{napětí v tlakové diagonále:} \quad \nu_1 := 0.6$$

$$\sigma_{c.1} := \frac{V_{sd}}{z \cdot \sin(\phi) \cdot B \cdot \cos(\phi)}$$

$$f_{cd} \cdot \nu_1 = 13.6 \text{ MPa} > \dots \sigma_{c.1} = 3.661 \text{ MPa}$$

Návrh spon:

$$\text{osová vzdálenost} \dots s_1 := 0.20 \text{ m}$$

$$\text{profil spony} \dots \Phi_1 := 8 \text{ mm}$$

$$\text{počet v metru} \dots n_{str} := 5$$

$$V_{Rd.1.1} := \frac{B \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\cotg \phi + \tan(\phi)} \quad V_{Rd.1.1} = 1.298 \times 10^3 \text{ kN}$$

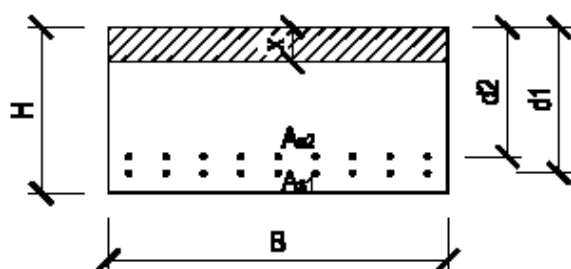
$$V_{Rd.s.1} := \left(\frac{A_{sw.1}}{s_1} \right) \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cotg \phi \quad V_{Rd.s.1} = 378.179 \text{ kN}$$

$$\text{smyková únosnost trámu:} \quad V_{Rdmax} := \min(V_{Rd.1.1}, V_{Rd.s.1})$$

$$V_{Rdmax} = 378.179 \text{ kN}$$

$$\text{posudek}_{smyk} = \text{"VYHOVUJE"}$$

2.3.1.2 Posouzení omezení napětí a trhlin průřezu 1



$$H := 0.375 \text{ m}$$

$$B := 1 \text{ m}$$

$$\text{krytí} \dots c_{\text{nom}} := 50 \text{ mm}$$

$$\text{odhad průměru třmínku} \dots \phi_{\text{od}} := 0 \text{ mm}$$

$$\text{charakteristická pevnost betonu v tlaku} \dots f_{\text{ck}} := 40 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel dlouhodobých účinků} \dots \alpha_{\text{cc}} := 0.85$$

$$\text{součinitel materiálu pro beton} \dots \gamma_c := 1.5$$

$$\text{charakteristická mez kluzu výztuže} \dots f_{\text{yk}} := 500 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel materiálu pro výztuž} \dots \gamma_s := 1.15$$

$$\text{pracovní součinitel výztuže} \dots n := 15$$

Zatížení:

$$\text{ohybový moment} \dots M_{\text{sk}} := 213.36 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

1. řada betonářské výztuže:

$$\text{počet prutů} \dots n_1 := 10$$

$$\text{průměr prutů} \dots \phi_1 := 20 \text{ mm} \quad \text{plocha výztuže 1. řady} \dots A_{s1} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_1^2}{4} \right) \cdot n_1 = 3.142 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška 1. řady prutů} \dots d_1 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_1}{2} \right) = 0.315 \text{ m}$$

2. řada betonářské výztuže:

$$\text{počet prutů} \dots n_2 := 0$$

$$\text{průměr prutů} \dots \phi_2 := 16 \text{ mm} \quad \text{plocha výztuže 2. řady} \dots A_{s2} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_2^2}{4} \right) \cdot n_2 = 0 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška 1. řady prutů} \dots d_2 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_1 + 35 \text{ mm} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_2}{2} \right) = 0.262 \text{ m}$$

Průměrné hodnoty betonářské výztuže:

$$\text{plocha výztuže} \dots A_s := A_{s1} + A_{s2} = 3.142 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška výztuže} \dots d := \frac{d_1 \cdot A_{s1} + d_2 \cdot A_{s2}}{A_s} = 0.315 \text{ m}$$

$$\text{Procento vyztužení:} \quad P_{\text{vyz}} := \frac{A_s}{B \cdot d} \quad P_{\text{vyz}} = 0.997 \cdot \%$$

$$\text{poloha neutrálné osy} \dots \text{NO} := \left(\frac{n \cdot A_s}{B} \right) \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot B \cdot d}{n \cdot A_s}} \right) = 0.132 \text{ m}$$

$$r := d - \frac{\text{NO}}{3} = 0.271 \text{ m}$$

Výsledná napětí:

$$\text{v oceli: } \sigma_a := \frac{M_{sk}}{A_s \cdot r} = 250.455 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{v betonu: } \sigma_b := \frac{-2 \cdot M_{sk}}{B \cdot \text{NO} \cdot r} = -11.966 \cdot \text{MPa}$$

Dovolená napětí:

$$\text{v oceli: } \sigma_{a,dov} := 0.8 \cdot f_{yk} = 400 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{v betonu: } \sigma_{b,dov} := -0.6 \cdot f_{ck} = -24 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{posudek}_{\text{omezení_napeti}} = \text{"VYHOVUJE"}$$

Maximální vzdálenost trhlin:

$$k_1 := 0.8 \quad \dots \text{ pro pruty s velkou soudržností}$$

$$k_2 := 0.5 \quad \dots \text{ hodnota součinitele pro ohyb}$$

$$k_3 := 3.4 \quad \dots \text{ doporučená hodnota součinitele}$$

$$k_4 := 0.425 \quad \dots \text{ doporučená hodnota součinitele}$$

$$s_{r,max} := k_3 \cdot (c_{nom} + \phi_{od}) + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{(\phi_1 \cdot A_{s1} + \phi_2 \cdot A_{s2})}{A_s \cdot P_{vyz}} = 510.91 \cdot \text{mm}$$

Výpočet šířky trhliny:

$$k_t := 0.4 \quad \dots \text{ pro dlouhodobé zatížení}$$

$$\text{průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku ve stáří 28 dní: } f_{cm} := f_{ck} + 8 \text{ MPa} = 48 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{pevnost betonu v tahu ve stáří 28 dní: } f_{ctm} := 0.3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} \cdot 1 \text{ MPa}^{\frac{1}{3}} = 3.509 \cdot \text{MPa}$$

$$\alpha_e := \frac{210000}{34000} = 6.176$$

$$\epsilon_{sm} := \frac{\sigma_a - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{P_{vyz}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot P_{vyz})}{210000 \text{ MPa}} = 4.812 \times 10^{-4}$$

$$w_k := s_{r,max} \cdot \epsilon_{sm} = 0.246 \cdot \text{mm}$$

3 Závěr

V provedených výpočtech bylo provedeno posouzení průřezu horní rámové příčle v polovině rozpětí. Výpočtem bylo prokázáno, že navržená konstrukce má takové dimenze, u kterých stačí běžné procento vyztužení. V dalším stupni projektové přípravy je třeba konstrukci posoudit na všechny další mezní stavy ve všech dalších rozhodujících průřezích.

V dalším stupni projektové přípravy je nezbytně nutné provést inženýrsko-geologický průzkum, aby mohl být ověřen způsob založení mostní konstrukce.