
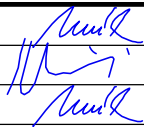



1	03/2021	Prefabrikace přístupové šachty a zastropení	
Rev.	Datum	Popis	Podpis

SO 103 Kabelová šachta Š14

Odpovědný projektant:	Ing. Miroslav Novák		 PROGI SPOL. S R. O.	
Vypracoval:	Ing. Martin Klomínský			
Kontroloval:	Ing. Miroslav Novák			
Objednatel: Správa železnic, státní organizace OŘ Ústí nad Labem, Železničářská 1386/31, 400 03 Ústí nad Labem			Žukovova 79/60, 400 03 Ústí nad Labem projekce@progi.cz Tel: 411 198 004	
Stavba: Oprava výhybek v uzlu Ústí n. L. hl.n. E.1.1.2 KABELOVÉ ŠACHTY Š14 A Š15 STATICKÝ VÝPOČET SO 103			Číslo projektu:	46/2019
			Datum:	08/2020
			Stupeň:	DSP
			Měřítko:	-
			Část:	Číslo výkresu:
			E.1.1.2	6

1 TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU

1.1 Celkový obsah s uvedením čísel stran jednotlivých částí

1	Technická zpráva ke statickému výpočtu	1
1.1	Celkový obsah s uvedením čísel stran jednotlivých částí	1
1.2	Identifikační údaje	2
1.3	Technický popis jednotlivých samostatných konstrukcí	3
1.4	Údaje o fyzikálně-mechanických vlastnostech použitých materiálů	3
1.4.1	Beton	3
1.5	Podklady pro zpracování statického výpočtu	3
1.6	Přehled použité literatury, využívaných norem a vzorových listů	3
1.7	Výpočetní pomůcky	4
2	Vlastní přepočet	4
2.1	Výpočetní model	4
2.2	Zatížení	4
2.2.1	Zatížení stálé	4
2.2.2	Zatížení proměnné	5
2.2.3	Sestavy zatížení železniční dopravou	9
2.2.4	Kombinace zatížení	9
2.3	Nosná konstrukce	10
2.3.1	Kombinace vnitřních sil – MSÚ trvalé a dočasné návrhové situace	10
2.3.2	Kombinace vnitřních sil – MSP charakteristická kombinace	10
2.3.3	Návrh a posouzení průřezu pro MSÚ – střed rozpětí	11
2.3.4	Posouzení průřezu na únavu	13
2.3.5	Posouzení průřezu na omezení napětí	16

1.2 Identifikační údaje

Název stavby:	Oprava výhybek v uzlu Ústí n. L. hl. n.
Stavební objekty:	SO 103 Kabelová šachta Š14
Stupeň dokumentace:	Dokumentace pro stavební povolení (DSP)
Charakter stavby:	Opravné práce, liniová stavba
Odvětví:	Železniční doprava
Místo stavby:	ŽST Ústí nad Labem hl. n.
Kraj:	Ústecký
Okres:	Ústí nad Labem
Katastrální území:	Ústí nad Labem
Objednatel:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 - Nové Město IČ: 70994234 DIČ: CZ 70994234
Zastoupený:	Správa železnic, státní organizace Oblastní ředitelství Ústí nad Labem Železničářská 1386/31 400 03 Ústí nad Labem
Zhotovitel dokumentace:	PROGI spol. s r. o. Žukovova 79 / 60 400 03 Ústí nad Labem IČ: 03242137

1.3 Technický popis jednotlivých samostatných konstrukcí

V místě stávající kabelové šachty Š14 se bude nacházet střed nové dvojité kolejové spojky tvořený kolejovou křižovatkou tvaru K49-1:4,5-b. Bude zdemolován stávající strop a horní část stěn (cca 0,6 m) do úrovně 143,070 m. Před osazováním stropních prefabrikátů bude horní povrch stěn vyrovnán cementovou maltou, do které se prefabrikáty osadí. Strop bude realizován ze dvou staveništních prefabrikátů z betonu C30/37 – XC4, XF3. Tloušťka desek ve vrcholu činí 0,27 m a k podpoře se snižuje střeovitým sklonem 2,0 %.

1.4 Údaje o fyzikálně-mechanických vlastnostech použitých materiálů

1.4.1 Beton

- Beton: C30/37
- Sečnový modul pružnosti: $E_{cm} = 33\,000\text{ MPa}$
- Charakteristická pevnost v tlaku: $f_{ck} = 30,0\text{ MPa}$
- Dílčí součinitel spolehlivosti (MSÚ): $\gamma_c = 1,50$

Betonářská výztuž

- Výztuž: B500B
- Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} = 500\text{ MPa}$
- Dílčí součinitel spolehlivosti: $\gamma_s = 1,15$
- Návrhová hodnota modulu pružnosti: $E_p = 200\text{ GPa}$

1.5 Podklady pro zpracování statického výpočtu

- Prohlídka a zaměření objektu projektantem (02. 04. 2020)
- Návrh nového zhlaví v ŽST Ústí nad Labem hl. n. (04/2020)

1.6 Přehled použité literatury, využívaných norem a vzorových listů

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, vč. Změny A1 – 04/2007, Opravy 1 – 11/2007, Opravy 2 – 08/2008, Opravy 3 – 02/2010, Změny Z1 – 02/2001, Změny Z2 – 03/2010
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, vč. Opravy 1 – 02/2001, Změny Z1 – 02/2001, Změny Z2 – 03/2010
- ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, vč. Opravy 1 – 09/2008, Opravy 2 – 05/2010, Změny Z1 – 03/2010
- ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou, vč. Opravy 1 – 02/2010, Změny Z1 – 02/2010, Změny Z2 – 03/2010
- ČSN EN 1991-1-7 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení, vč. Změny Z1 – 03/2010
- ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou, vč. Změny Z1 – 02/2010, Změny Z2 – 03/2010
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, vč. Opravy 1 – 07/2009, Změny Z1 – 03/2010

- ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady, vč. Opravy 1 – 10/2009, Změny Z1 – 03/2010
- ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, vč. Změny A1 – 02/2005, Změny A2 – 10/2005, Změny Z1 – 01/2002, Změny Z2 – 12/2003, Změny Z3 – 04/2008
- ČSN EN 10080 Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel – Všeobecně
- ČSN 42 0139 Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná žebírková betonářská ocel – Všeobecně
- Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti mostních objektů, SŽDC, s.o., 07/2015 (dále jen „Pokyn“)

1.7 Výpočetní pomůcky

Pro posouzení mostní konstrukce byly použity tyto programy:

- SciaEngineer 16.0, © Nemetschek Group
- Mathcad 14.0, © 2007 Parametric Technology Corporation.
- MS OFFICE 365, © Microsoft Corporation.

2 VLASTNÍ PŘEPOČET

2.1 Výpočetní model

V programu SciaEngineer byl vytvořen prostorový deskový model, který odpovídá tvaru střednice konstrukce. Geometrické a materiálové charakteristiky odpovídají navržené konstrukci. Zatížení je vnášeno v požadované velikosti na plošné prvky. Vzhledem k použitému modelu není třeba řešit roznášecí a vzdorující šířky konstrukce.

2.2 Zatížení

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

2.2.1 Zatížení stálé

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 $25,0 \text{ kN/m}^3$.

Ostatní stálé zatížení

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

charakteristická hodnota zatížení: $20,0 \text{ kN/m}^3 \times 0,61 \text{ m} = 12,2 \text{ kN/m}^2$

nominální hodnota zatížení: $12,2 \text{ kN/m}^2 \times 1,4 = 17,08 \text{ kN/m}^2$

výhybka (4 kolejnice S 49, dřevěné výh. pražce)

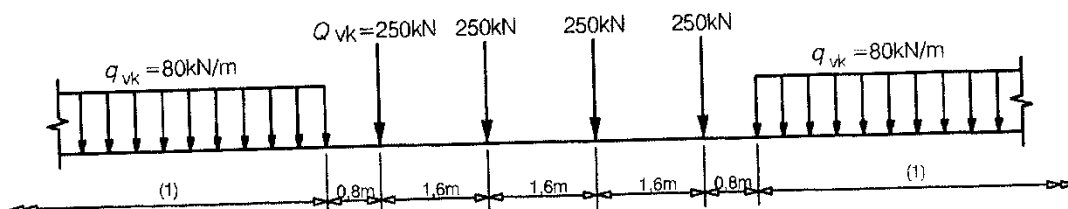
nominální hodnota zatížení: $= 5,6 \text{ kN/m}$

hydroizolace + ochrana

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

2.2.2 Zatížení proměnné

Model zatížení 71



Osamělé síly budou rozneseny v podélném směru na tři pražce v souladu s čl. 6.3.6.1 ČSN EN 1991-2. Z pražce se zatížení bude roznášet k povrchu desky ve sklonu 4:1. Zatížení bude do modelu zadáno již s požadovanou excentricitou.

Součinitel α je pro tento most uvažován hodnotou **1,21**.

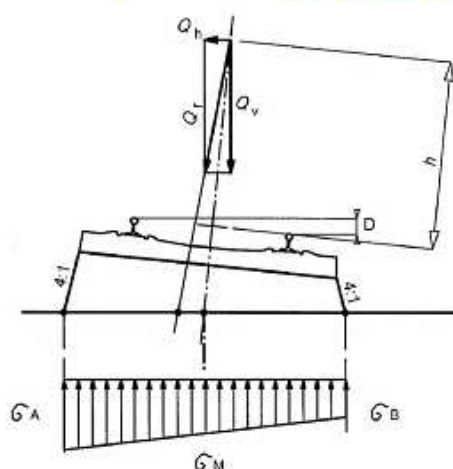
Dynamické účinky

Dynamický součinitel je stanoven pro standardně udržovanou kolej.

$$\Phi = (2,16/(\sqrt{L_d} - 0,2)) + 0,73 = 2,23 = 2,00$$

Náhradní délka je uvažována hodnotou $L_d = 2,70$ m

Roznos bodového zatížení pražci a ložem s uvažováním excentricity



rozchod kolejnic	$L_{kol} := 1.5\text{m}$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 0\text{mm}$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2.6\text{m}$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0.27\text{m}$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0.45\text{m}$
výška pražce s kolejnicí...	$H_{kol} := 0.333\text{m}$
svislá bodová síla.....	$Q_v := 250\text{kN}$
redukční součinitel.....	$f_{red} := 1.00$

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:

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[\left(\frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.825\text{m}$$

$$\text{délka: } D_{roz} := \min[S_{pr} + 0.5 \cdot T_{loze}, 0.533\text{m}] = 0.495\text{m}$$

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.

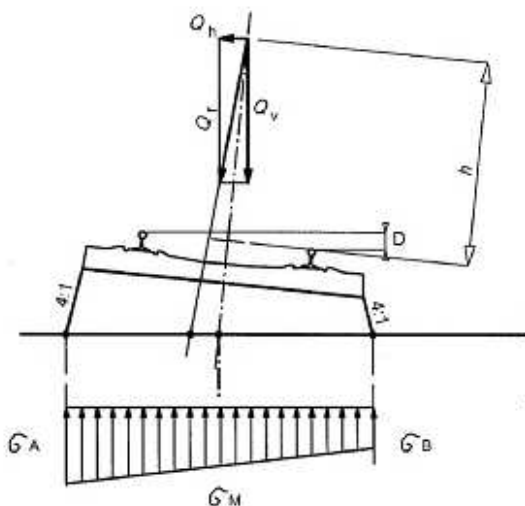
Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left(\frac{0.5Q_v}{L_{roz} \cdot D_{roz}} \right) + \left[\frac{\left(\frac{L_{kol}}{18} \right) \cdot 0.5Q_v}{0.166666 \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_A = 105.211 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left(\frac{0.5Q_v}{L_{roz} \cdot D_{roz}} \right) - \left[\frac{\left(\frac{L_{kol}}{18} \right) \cdot 0.5Q_v}{(0.16666) \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_B = 73.568 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Boční ráz

Roznos bočního rázu pražci a ložem



rozchod kolejnic	$L_{kol} := 1.5\text{m}$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 0\text{mm}$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2.60\text{m}$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0.27\text{m}$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0.45\text{m}$
boční ráz.....	$Q_H := 100\text{kN}$
výška pražce s kolejnici...	$H_{kol} := 0.333\text{m}$

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

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[\left(\frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.825\text{ m}$$

$$\text{délka: } D_{roz} := \min[S_{pr} + 0.5 \cdot T_{loze}, 0.533\text{m}] = 0.495\text{ m}$$

Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left(\frac{0.5 Q_H \cdot H_{kol}}{0.166666 \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right) \quad \sigma_A = 25.289 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left(\frac{-0.5 Q_H \cdot H_{kol}}{(0.16666) \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right) \quad \sigma_B = -25.29 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Zatížení větrem

Zatížení větrem je definováno dle ČSN EN 1991-1-4. Působení větru bude uvažováno pouze na vlakovou soupravu, která bude přitěžovat nosnou konstrukci. Působení větru přímo na nosnou konstrukci bude zanedbáno.

Rychlost větru je určena podle mapy větrných oblastí ČR, území je III. kategorie. Vítr působí na vlakovou soupravu výšky 4,85 m. Výslednice tedy působí ve výšce 2,425 m nad temenem kolejnice.

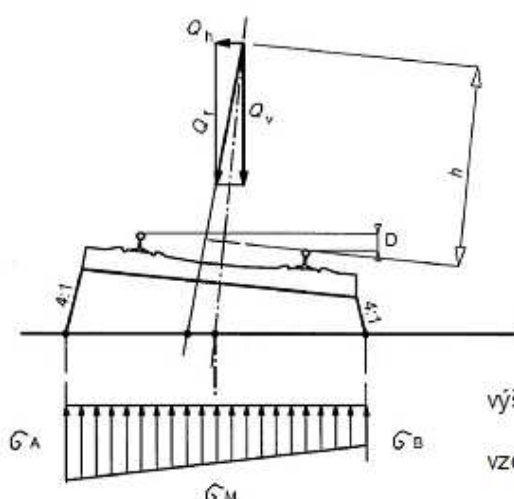
$$F_{wn} = 1/2 \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot A_{ref} = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 27,5^2 \cdot 1,69 \cdot 4,85 = 3,87 \text{ kN/m}$$

měrná hmotnost vzduchu: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

výchozí základní rychlost větru: $V_b = 27,5 \text{ m/s}$

Součinitel expozice: $C_e = 1,69$

Roznos příčného zatížení větrem pražci a ložem



rozchod kolejnic	$L_{kol} := 1.5\text{m}$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 0\text{mm}$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2.6\text{m}$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0.27\text{m}$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0.45\text{m}$
výslednice větru.....	$Q_{vitr} := 3.87\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$
výška pražce s kolejnicí...	$H_{kol} := 0.333\text{m}$
vzd. výslednice od TK...	$H_{vitr} := 2.425\text{m}$

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

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[\left(\frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.825 \text{ m}$$

Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left[\frac{Q_{vitr} \cdot (H_{kol} + H_{vitr})}{0.166666 \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_A = 8.025 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left[\frac{-Q_{vitr} \cdot (H_{kol} + H_{vitr})}{(0.166666) \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_B = -8.025 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

2.2.3 Sestavy zatížení železniční dopravou

Sestavy zatížení jsou zvoleny dle EN 1991-2. Vzhledem k tomu že na konstrukci se nachází pouze jedna kolej, je uvažována pouze sestava gr 12.

2.2.4 Kombinace zatížení

Mezní stavy únosnosti

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

- a) Kombinace pro trvalé a dočasné návrhové situace

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

Mezní stavy použitelnosti

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

- b) Charakteristická kombinace

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

- c) 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 zatížení a kombinace:

$\gamma_G = 1,35$...součinitel stálého zatížení

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

$\gamma_Q = 1,50$...součinitel zatížení pro účinky větru

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

2.3 Nosná konstrukce

2.3.1 Kombinace vnitřních sil – MSÚ trvalé a dočasné návrhové situace

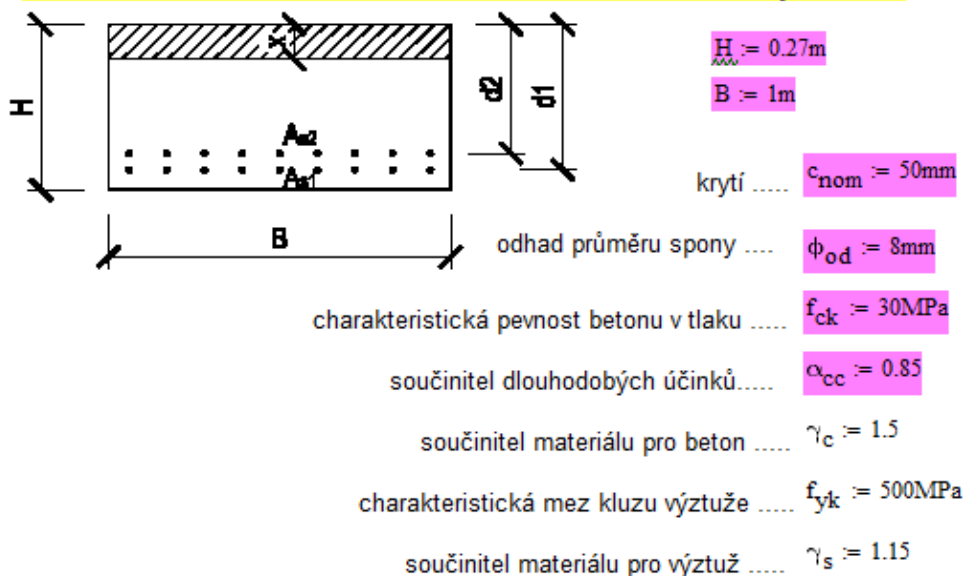
Kombinace 6.10		střed rozpětí [kNm/m] [kN/m]
vlastní tíha	M_y	2,45
	Q_z	7,29
	součinitel zatížení	1,35
	součinitel v kombinaci	-
ostatní stálé	M_y	8,15
	Q_z	23,72
	součinitel zatížení	1,35
	součinitel v kombinaci	-
zatížení zásepem	M_y	0,00
	Q_z	0,00
	součinitel zatížení	1,35
	součinitel v kombinaci	-
gr 12	M_y vč. δ a α	72,75
	Q_z vč. δ a α	229,24
	součinitel zatížení	1,45
	součinitel v kombinaci	-
zatížení větrem	M_y	0,52
	Q_z	3,22
	součinitel zatížení	1,50
	součinitel v kombinaci	0,75
KOMB. 6.10	M_y	120,38
	Q_z	377,88

2.3.2 Kombinace vnitřních sil – MSP charakteristická kombinace

Charakteristická komb.		střed rozpětí [kNm/m] [kN/m]
vlastní tíha	M_y	2,45
	Q_z	7,29
	součinitel zatížení	-
	součinitel v kombinaci	-
ostatní stálé	M_y	8,15
	Q_z	23,72
	součinitel zatížení	-
	součinitel v kombinaci	-
zatížení zásepem	M_y	0,00
	Q_z	0,00
	součinitel zatížení	-
	součinitel v kombinaci	-
gr 12	M_y vč. δ a α	72,75
	Q_z vč. δ a α	229,24
	součinitel zatížení	-
	součinitel v kombinaci	-
zatížení větrem	M_y	0,52
	Q_z	3,22
	součinitel zatížení	-
	součinitel v kombinaci	0,75
KOMB. Char.	M_y	83,12
	Q_z	262,67

2.3.3 Návrh a posouzení průřezu pro MSÚ – střed rozpětí

Posouzení železobetonového obdelníkového průřezu



Zatížení:

ohybový moment $M_{\text{sd}} := 120.38\text{ kN}\cdot\text{m}$

posouvající síla $V_{\text{sd}} := 377.88\text{ kN}$

1. řada betonářské výztuže:

počet prutů $n_1 := 10$

průměr prutů $\phi_1 := 16\text{mm}$ plocha výztuže 1. řady $A_{s1} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_1^2}{4} \right) \cdot n_1 = 2.011 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

účinná výška 1. řady prutů $d_1 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_1}{2} \right) = 0.204\text{m}$

2. řada betonářské výztuže:

počet prutů $n_2 := 0$

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

účinná výška 2. řady prutů $d_2 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \phi_1 + 35\text{mm} + \frac{\phi_2}{2} \right) = 0.153\text{m}$

Průměrné hodnoty betonářské výztuže:

plocha výztuže $A_s := A_{s1} + A_{s2} = 2.011 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

účinná výška výztuže $d := \frac{d_1 \cdot A_{s1} + d_2 \cdot A_{s2}}{A_s} = 0.204\text{m}$

výška tlačené oblasti $x := \frac{A_s \cdot f_{\text{yd}}}{0.8 \cdot B \cdot f_{\text{cd}}} = 0.064\text{m}$

$$\frac{x}{d} = 0.315$$

posudek_x = "VYHOVUJE"

rameno vnitřních sil průřezu $z := d - 0.4 \cdot x = 0.178 \text{ m}$

Moment únosnosti průřezu $M_{Rd} := A_s \cdot f_{yd} \cdot z \quad M_{Rd} = 155.857 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

posudek_{unosnost} = "VYHOVUJE"

Procento vyztužení:

$$P_{vyz} := \frac{A_s}{B \cdot d} \quad P_{vyz} = 0.986 \cdot \%$$

posudek_{vyz} = "VYHOVUJE"

Návrh a posouzení smykové výztuže

tloušťka průřezu $B = 1 \text{ m}$

rameno vnitřních sil $z = 0.178 \text{ m}$

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

plocha průřezu $A_{pr} := B \cdot H = 0.27 \text{ m}^2$

napětí v tlakové diagonále: $\nu_1 := 0.6$

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

$$f_{cd} \cdot \nu_1 = 10.2 \cdot \text{MPa} > . \quad \sigma_{c.1} = 6.147 \cdot \text{MPa}$$

Návrh spon:

osová vzdálenost $s_1 := 0.30 \text{ m}$

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

střížnost spon $n_{str} := 10$

$$V_{Rd.1.1} := \frac{B \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\cotg \phi + \tan(\phi)} \quad V_{Rd.1.1} = 627.091 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd.s} := \left(\frac{A_{sw.1}}{s_1} \right) \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cotg \phi \quad V_{Rd.s} = 324.702 \cdot \text{kN}$$

Návrh ohybů:

počet ohybů $n_o := 5$

profil ohybu $\Phi_o := 16 \text{ mm}$

úhel od vodorovné $\alpha_o := 30^\circ$

$$V_{Rd.b} := n_o \cdot A_{s.o1} \cdot \frac{z}{l_m} \cdot f_{yd} \cdot \left(\cotg \phi + \frac{1}{\tan(\alpha_o)} \right) \cdot \sin(\alpha_o) = 164.815 \cdot \text{kN}$$

Celková únosnost
smykové výztuže:

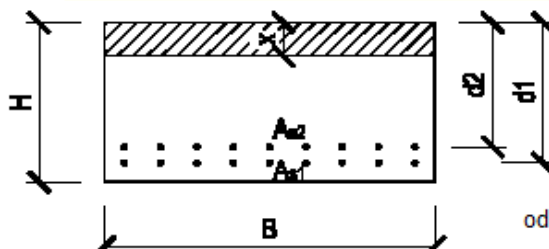
$$V_{Rd.s.celk} := V_{Rd.s} + V_{Rd.b}$$

$$V_{Rd.s.celk} = 489.517 \cdot \text{kN}$$

posudek_{smyk} = "VYHOVUJE"

2.3.4 Posouzení průřezu na únavu

Posouzení železobetonového průřezu na únavu



$H := 0.27\text{m}$
 $B := 1\text{m}$
 krytí $c_{nom} := 50\text{mm}$
 odhad průměru spony $\phi_{od} := 8\text{mm}$
 charakteristická pevnost betonu v tlaku $f_{ck} := 30\text{MPa}$
 součinitel dlouhodobých účinků $\alpha_{cc} := 1.0$
 součinitel materiálu pro beton $\gamma_c := 1.5$
 charakteristická mez kluzu výztuže $f_{yk} := 500\text{MPa}$
 součinitel materiálu pro výztuž $\gamma_s := 1.15$
 pracovní součinitel výztuže $n := 15$

Zatížení:

charakteristická kombinace bez modelu 71	$M_{perm} := 10.37\text{kN}\cdot\text{m}$
max. charakter. kombinace s modelem 71 a dyn. souč.	$M_{max} := 83.12\text{kN}\cdot\text{m}$
min. charakter. kombinace s modelem 71 a dyn. souč.	$M_{min} := 10.37\text{kN}\cdot\text{m}$

1. řada betonářské výztuže:

počet prutů $n_1 := 10$
 průměr prutů $\phi_1 := 16\text{mm}$ plocha výztuže 1. řady $A_{s1} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_1^2}{4}\right) \cdot n_1 = 2.011 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$
 účinná výška 1. řady prutů $d_1 := H - \left(c_{nom} + \frac{\phi_1}{2}\right) = 0.212\text{m}$

2. řada betonářské výztuže:

počet prutů $n_2 := 0$
 průměr prutů $\phi_2 := 16\text{mm}$ plocha výztuže 2. řady $A_{s2} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_2^2}{4}\right) \cdot n_2 = 0 \cdot \text{mm}^2$
 účinná výška 1. řady prutů $d_2 := H - \left(c_{nom} + \phi_1 + 35\text{mm} + \frac{\phi_2}{2}\right) = 0.161\text{m}$

Průměrné hodnoty betonářské výztuže:

plocha výztuže $A_s := A_{s1} + A_{s2} = 2.011 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$
 účinná výška výztuže $d := \frac{d_1 \cdot A_{s1} + d_2 \cdot A_{s2}}{A_s} = 0.212\text{m}$

Procento vyztužení: $P_{vyz} := \frac{A_s}{B \cdot d}$ $P_{vyz} = 0.948\%$

poloha neutrálné osy $NO := \left(\frac{n \cdot A_s}{B} \right) \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot B \cdot d}{n \cdot A_s}} \right) = 0.087 \text{ m}$

$$r := d - \frac{NO}{3} = 0.183 \text{ m}$$

Výsledná napětí:

v oceli: $\sigma_{s,max} := \frac{M_{max}}{A_s \cdot r} = 225.853 \text{ MPa}$ $\sigma_{s,min} := \frac{M_{min}}{A_s \cdot r}$ $\sigma_{s,perm} := \frac{M_{perm}}{A_s \cdot r}$

v betonu: $\sigma_{c,max} := \frac{-2 \cdot M_{max}}{B \cdot NO \cdot r} = -10.454 \text{ MPa}$ $\sigma_{c,min} := \frac{-2 \cdot M_{min}}{B \cdot NO \cdot r}$ $\sigma_{c,perm} := \frac{-2 \cdot M_{perm}}{B \cdot NO \cdot r}$

Ověření tlačného betonu:

Nejprve je nutné stanovit návrhovou hodnotu únavové pevnosti betonu v tlaku. Ve výpočtu je zohledněno stáří betonu při prvním působení cyklického zatížení.

stáří betonu ve dnech, kdy je aplikováno cyklické zatížení: $t_{zat} := 28$

koefficient druhu cementu: $s_{cem} := 0.2$

součinitel závisící na stáří betonu: $\beta_{cc} := e^{\left[s_{cem} \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t_{zat}} \right)^{0.5} \right] \right]}$

$$\beta_{cc} = 1$$

redukční součinitel dle ČSN EN 1992-2: $k_1 := 0.85$

Únavová pevnost betonu v tlaku:

$$f_{cd,fat} := k_1 \cdot \beta_{cc} \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 14.96 \text{ MPa}$$

Posouzení betonu na únavu:

součinitel zohledňující vliv trvale působícího napětí:

$$\lambda_{c,0} := \begin{cases} \left(\frac{0.94 + 0.2 \cdot \frac{|\sigma_{c,perm}|}{f_{cd,fat}}}{f_{cd,fat}} \right) & \text{if } \left(0.94 + 0.2 \cdot \frac{|\sigma_{c,perm}|}{f_{cd,fat}} \right) \geq 1.0 \\ 1.0 & \text{if } \left(0.94 + 0.2 \cdot \frac{|\sigma_{c,perm}|}{f_{cd,fat}} \right) < 1.0 \end{cases} = 1$$

součinitel zohledňující poškozuující účinek v závislosti na rozhodující délce příčinkové čáry:

pro těžkou smíšenou dopravu: $\lambda_{c,1} := 0.70$

součinitel zohledňující roční objem dopravy a návrhové životnosti mostu:

objem dopravy (tuny/rok/kolej): $Vol := 11.2 \cdot 10^6$

návrhová životnost konstrukce: $N_{Years} := 100$

$$\lambda_{c,2.3} := 1 + \left(\frac{1}{8}\right) \cdot \log\left(\frac{Vol}{25 \cdot 10^6}\right) + \left(\frac{1}{8}\right) \cdot \log\left(\frac{N_{Years}}{100}\right) = 0.956$$

Výsledný opravný součinitel: $\lambda_c := \lambda_{c,0} \cdot \lambda_{c,1} \cdot \lambda_{c,2.3} = 0.669$

Horní a dolní napětí poškozujícího ekvivalentního napětového spektra:

$$\sigma_{cd,max,eq} := |\sigma_{c,perm}| + \lambda_c \cdot (|\sigma_{c,max}| - |\sigma_{c,perm}|) = 7.43 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{cd,min,eq} := |\sigma_{c,perm}| - \lambda_c \cdot (|\sigma_{c,perm}| - |\sigma_{c,min}|) = 1.304 \cdot \text{MPa}$$

dílčí součinitel modelové nejistoty: $\gamma_{Sd} := 1.15$

$$E_{cd,min,eq} := \gamma_{Sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,min,eq}}{f_{cd,fat}} = 0.1 \quad E_{cd,max,eq} := \gamma_{Sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,max,eq}}{f_{cd,fat}} = 0.571$$

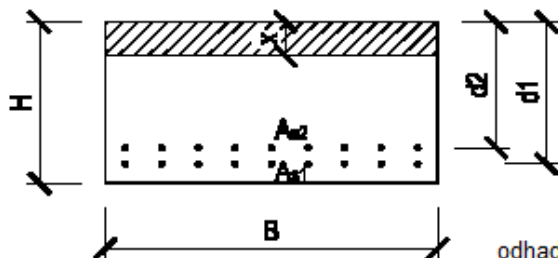
$$E_{equ} := \frac{E_{cd,min,eq}}{E_{cd,max,eq}} = 0.176$$

$$\left(14 \cdot \frac{1 - E_{cd,max,eq}}{\sqrt{1 - E_{equ}}}\right) = 6.612$$

$$POSUDEK_{unava.betonu} := \begin{cases} \text{"VYHOVUJE"} & \text{if } \left(14 \cdot \frac{1 - E_{cd,max,eq}}{\sqrt{1 - E_{equ}}}\right) \geq 6.0 \\ \text{"NEVYHOVUJE"} & \text{if } \left(14 \cdot \frac{1 - E_{cd,max,eq}}{\sqrt{1 - E_{equ}}}\right) < 6.0 \end{cases}$$

POSUDEK_{unava.betonu} = "VYHOVUJE"

2.3.5 Posouzení průřezu na omezení napětí

Posouzení železobetonového obdelníkového průřezu

$$H := 0.27\text{m}$$

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

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

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

$$\text{charakteristická pevnost betonu v tlaku} \dots f_{\text{ck}} := 30\text{MPa}$$

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

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

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

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

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

Zatížení:

$$\text{ohybový moment} \dots M_{\text{sk}} := 83.12\text{kN}\cdot\text{m}$$

1. řada betonářské výztuže:

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

$$\text{průměr prutů} \dots \phi_1 := 16\text{mm} \quad \text{plocha výztuže 1. řady} \dots A_{s1} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_1^2}{4} \right) \cdot n_1 = 2.011 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška 1. řady prutů} \dots d_1 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_1}{2} \right) = 0.204\text{m}$$

2. řada betonářské výztuže:

$$\text{počet prutů} \dots n_2 := 0$$

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

$$\text{účinná výška 1. řady prutů} \dots d_2 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_1 + 35\text{mm} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_2}{2} \right) = 0.153\text{m}$$

Průměrné hodnoty betonářské výztuže:

$$\text{plocha výztuže} \dots A_s := A_{s1} + A_{s2} = 2.011 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška výztuže} \dots d := \frac{d_1 \cdot A_{s1} + d_2 \cdot A_{s2}}{A_s} = 0.204\text{m}$$

$$\text{Procento vyztužení:} \quad P_{\text{vyz}} := \frac{A_s}{B \cdot d} \quad P_{\text{vyz}} = 0.986\%$$

$$\text{poloha neutrálné osy} \dots NO := \left(\frac{n \cdot A_s}{B} \right) \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot B \cdot d}{n \cdot A_s}} \right) = 0.085 \text{ m}$$

$$r := d - \frac{NO}{3} = 0.176 \text{ m}$$

Výsledná napětí:

$$\text{v oceli: } \sigma_a := \frac{M_{sk}}{A_s \cdot r} = 235.244 \text{ MPa}$$

$$\text{v betonu: } \sigma_b := \frac{-2 \cdot M_{sk}}{B \cdot NO \cdot r} = -11.156 \text{ MPa}$$

Dovolená napětí:

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

$$\text{v betonu: } \sigma_{b,dov} := -0.6 \cdot f_{ck} = -18 \text{ MPa}$$

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

Maximální vzdálenost trhlin:

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

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

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

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

$$s_{r,max} := k_3 \cdot (c_{nom} + \phi_{od}) + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{(\phi_1 \cdot A_{s1} + \phi_2 \cdot A_{s2})}{A_s \cdot P_{vyz}} = 473.175 \text{ mm}$$

Výpočet šířky trhliny:

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

$$\text{průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku ve stáří 28 dní: } f_{cm} := f_{ck} + 8 \text{ MPa} = 38 \text{ MPa}$$

$$\text{pevnost betonu v tahu ve stáří 28 dní: } f_{ctm} := 0.3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} \cdot 1 \text{ MPa}^{\frac{1}{3}} = 2.896 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{sm} := \frac{\sigma_a - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{P_{vyz}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot P_{vyz})}{210000 \text{ MPa}} = 5.264 \times 10^{-4}$$

$$w_k := s_{r,max} \cdot \max \left(\varepsilon_{sm}, 0.6 \cdot \frac{\sigma_a}{210000 \text{ MPa}} \right) = 0.318 \text{ mm}$$

Posouzení šířky trhliny v charakteristické kombinaci má pouze informativní charakter. Pro kvazistálou kombinaci má železniční doprava součinitel kombinace roven nule a posouzení šířky trhliny zcela jistě není rozhodující.