

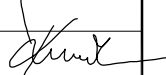


Vedoucí projektant : Ing. Pavel Kurečka 	Projektant Kontroloval	Ing. Martin Anděl Ing. Pavel Kurečka	 	<div data-bbox="1252 1653 1449 1720" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1252 1720 1449 1787" data-label="Text"> <p>Ing. Pavel Kurečka MOSTY s.r.o.</p> </div> <div data-bbox="1220 1794 1481 1850" data-label="Text"> <p>U Studia 33, Ostrava 700 30 tel. 597 494 180, mobil 603 266 474 kurecka@mostykurecka.cz</p> </div> <table border="1" data-bbox="1182 1854 1519 2145"> <tr> <td data-bbox="1182 1854 1353 1899">Datum</td> <td data-bbox="1353 1854 1519 1899">02/2016</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1182 1899 1353 1933">Formát</td> <td data-bbox="1353 1899 1519 1933"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1182 1933 1353 1966">Měřítko</td> <td data-bbox="1353 1933 1519 1966"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1182 1966 1353 2011">Účel</td> <td data-bbox="1353 1966 1519 2011">DSP+PDPS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1182 2011 1353 2056">Č.zakázky</td> <td data-bbox="1353 2011 1519 2056">2015-78</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1182 2056 1353 2101">Č.soupravy</td> <td data-bbox="1353 2056 1519 2101">Č.výkresu</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1182 2101 1353 2145"></td> <td data-bbox="1353 2101 1519 2145">21</td> </tr> </table>	Datum	02/2016	Formát		Měřítko		Účel	DSP+PDPS	Č.zakázky	2015-78	Č.soupravy	Č.výkresu		21
Datum	02/2016																	
Formát																		
Měřítko																		
Účel	DSP+PDPS																	
Č.zakázky	2015-78																	
Č.soupravy	Č.výkresu																	
	21																	
Objednatel: Obec Návsí																		
Stavba (místo) : MOST ev.č. 6c-1M PŘES POTOK ROHOVEC - DOLNÍ V NÁVSÍ																		
Část / objekt : C - STAVEBNÍ ČÁST																		
Název : Statický výpočet																		

STATICKÝ VÝPOČET

na akci

„Most ev.č. 6c-1M přes potok Rohovec – dolní v Návsí“

Identifikační údaje

Stavba	:	Most ev.č. 6c-1M přes potok Rohovec – dolní v Návsí
Stupeň dokumentace	:	DSP + PDPS
Investor, správce	:	Obec Návsí
Projektant	:	Ing. Pavel Kurečka MOSTY s.r.o. U Studia 33, 700 30 Ostrava - Zábřeh
Zodpovědný projektant	:	Ing. Pavel Kurečka
Vypracoval	:	Ing. Martin Anděl
Zakázkové číslo	:	2015 - 78
Datum	:	únor 2016

1. Všeobecně

Předmětem statického výpočtu je návrh a posouzení nové sprážené ocelobetonové nosné konstrukce mostu ev.č. 6c-1M. Most převádí MK 6c přes potok Rohovec v Návsí.

Stávající nýtovaná ocelová trémová nosná konstrukce je v havarijním stavu a bude odstraněna a nahrazena novou nosnou konstrukcí. Opěry z kamenného zdiva budou zachovány a bude na nich proveden nový úložný práh a závěrná zídka z betonu C30/37.

Most je jednopolový kolmý o délce přemostění 12,0 m. Šířkové uspořádání na mostě bude tvořit vozovka o šířce 3,50 m a odrazné pruhy o celkové šířce 2x0,9 m. Volná šířka na mostě je 4,50 m. Most je bez chodníků. Nová nosná konstrukce bude navržena na zatížení dle ČSN EN 1991-2 a dle požadavku investora pro hmotnost vozidla 30 t.

2. Podklady

Mostní list

Geodetické zaměření (GAKO, 12/2015)

Zaměření mostu in situ (12/2015)

3. Použitá literatura a výpočtové programy

- 1) ČSN EN 1990 – Zásady navrhování
- 2) ČSN EN 1991-1-1 – Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení
- 3) ČSN EN 1991-2 – Zatížení mostů dopravou
- 4) ČSN EN 1992-1-1 – Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- 5) ČSN EN 1992-2 – Navrhování betonových konstrukcí – Betonové mosty
- 6) ČSN EN 1993-1-1 – Ocelové konstrukce – obecná pravidla
- 7) ČSN EN 1994-2-2 – Navrhování ocelobetonových konstrukcí – Obecná pravidla
- 8) Scia Engineer 8.0.19 – Software pro návrh, výpočet a posouzení konstrukcí

4. Popis konstrukce

Základní údaje mostu:

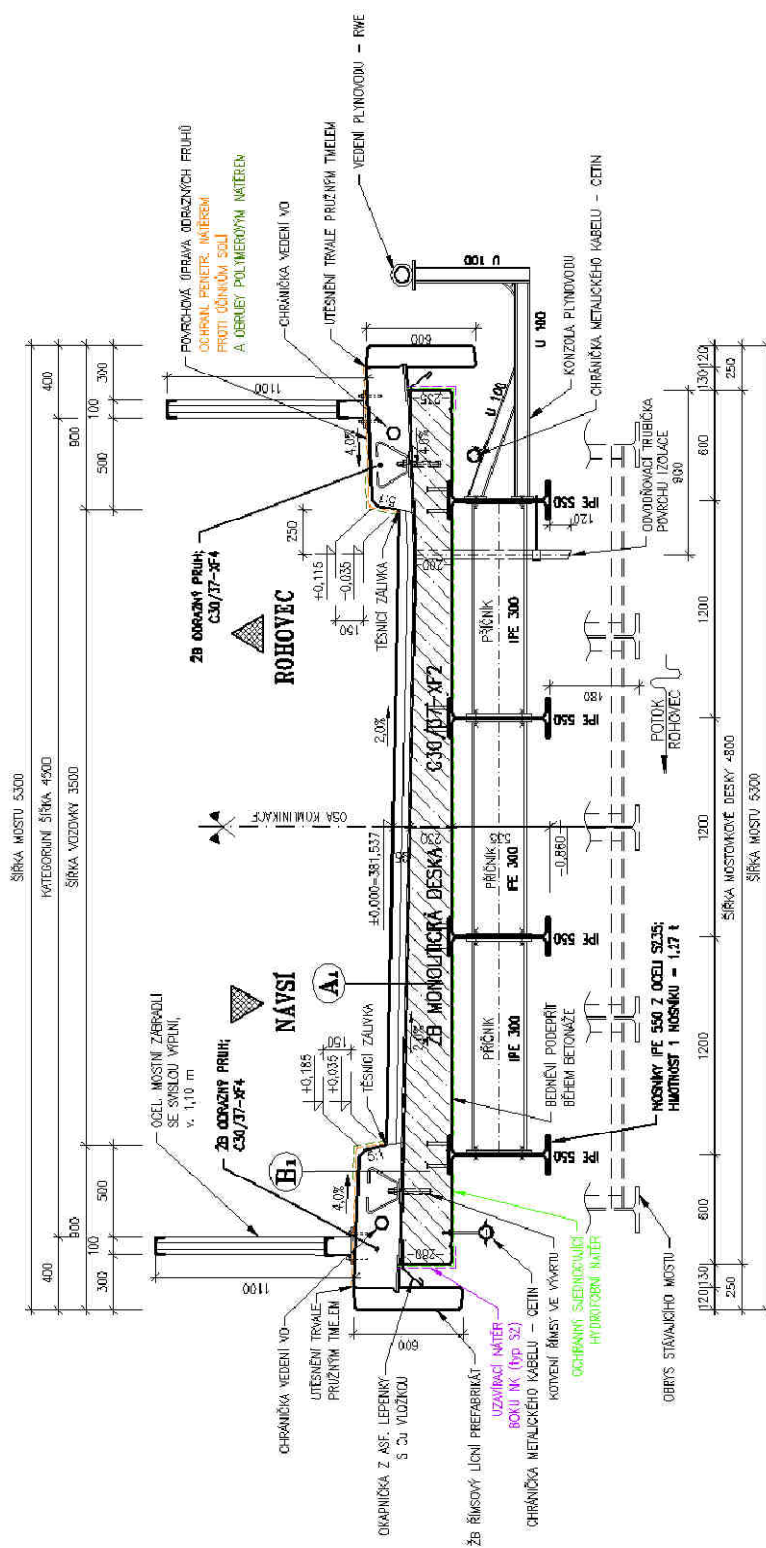
Délka přemostění	:	12,0 m
Světlost kolmá	:	12,0 m
Počet polí	:	1
Rozpětí	:	13,0 m
Šikmost mostu	:	kolmý 90°
Nosná konstrukce	:	ocelová trémová se spřaženou ŽB deskou
Šířka vozovky	:	3,50 m
Volná šířka	:	4,50 m
Šířka mostu	:	5,30 m
Výška mostu	:	5,07 m
Stavební výška	:	0,86 m
Zatížení mostu	:	schéma ČSN EN 1991-2, dle požadavku investora tíha vozidla 30 t

Nová nosná konstrukce mostu je navržena místo stávající, která je v havarijním stavu, a bude uložena na nová ložiska a nově zbudovaný úložný práh s podložiskovými bloky na stávajících opěrách z kamenného kvádrového zdiva.

Nosná konstrukce se skládá ze 4 hlavních nosníků z profilu IPE 550, podporových příčníků z profilu IPE 360 a mezipodporových příčníků z profilu IPE 300. Spřažená ŽB deska má proměnnou tloušťku. Průměrná tloušťka desky je 230 mm. Minimální tloušťka desky je 200 mm. Celková délka nosné konstrukce je 14,0 m, rozpětí je 13,0 m.

Odrazné pruhy/římsy budou ŽB š.0,90m, na kterých bude umístěno ocelové mostní zábradlí se svislou výplní.

Most převede místní komunikaci o šířce vozovky 3,50 m bez chodníků. Osa komunikace probíhá přes most v přímé. Volná šířka na mostě bude 4,50 m, příčný spád vozovky bude jednostranný 2,0 %. Niveleta na mostě stoupá ve sklonu 0,87 %.



6. Výpočtový model

Výpočet účinků zatížení

Statický model pro výpočet vnitřních sil odpovídá tvaru a dimenzím reálné konstrukce. Konstrukce je namodelována v programu SCIA Engineer v montážním stavu jako ocelový rošt tvořený hlavními nosníky a příčníky a ve stavu, kdy působí celá spřažená konstrukce byla NK vymodelována jako 3D deska se žebry.

Pro výpočet byla stanovena veškerá zatížení, která budou na konstrukci působit, vlastní tíha konstrukce, ostatní stálé zatížení a zatížení dopravou.

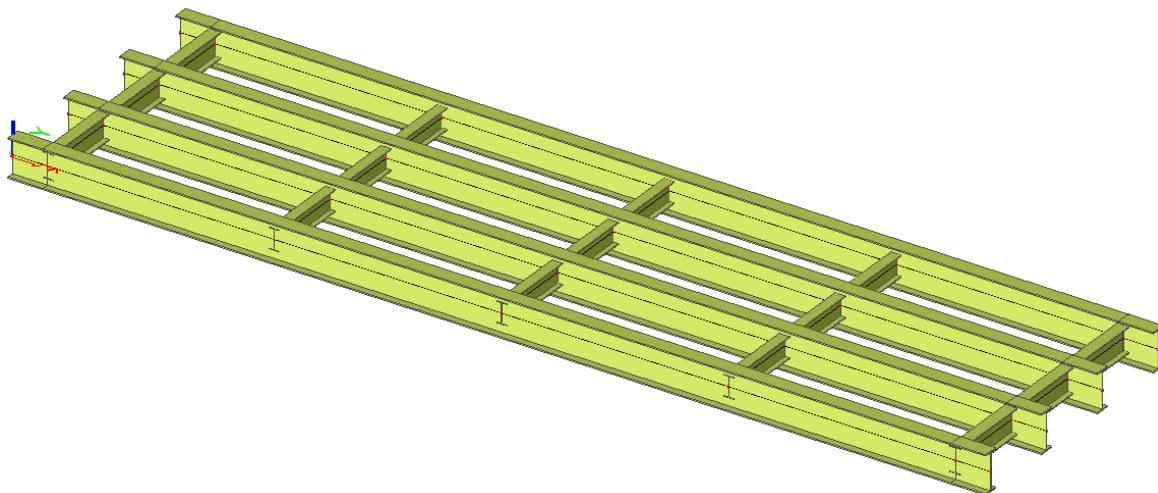
Zatížení stálé bylo stanoveno dle rozměrů navržených v PD a na základě objemových tíh materiálů uvedených v ČSN EN 1991-1-1.

Zatížení nahodilé od dopravy bylo provedeno pojezdem normového zatěžovacího schématu dle ČSN EN 1991-2. Tíha tohoto vozidla byla uzpůsobena požadavku investora – 30 t.

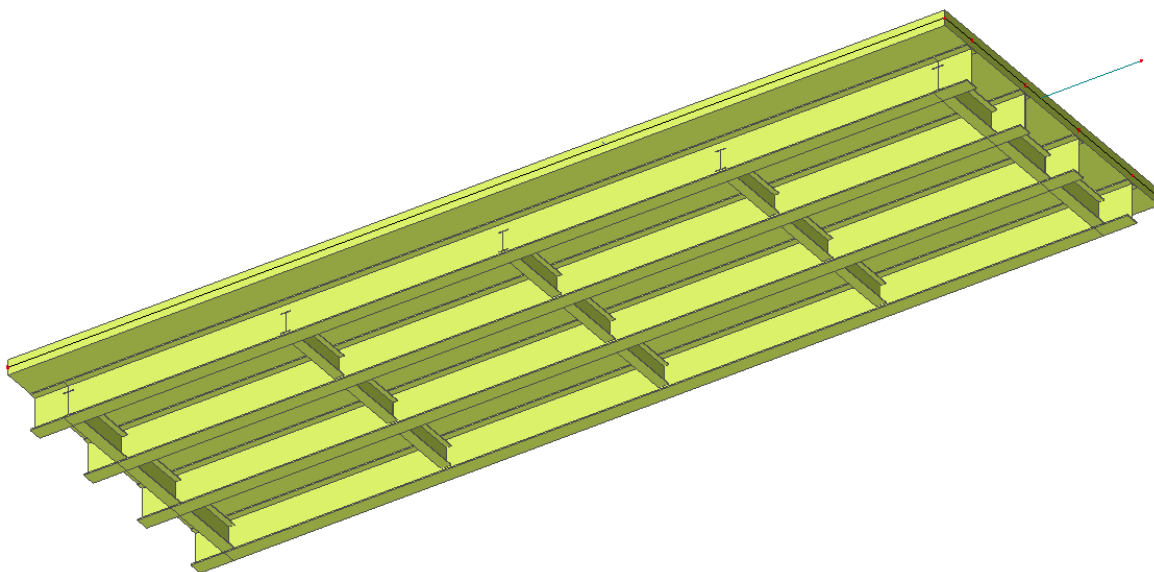
Posudek

Konstrukce je posuzována ve dvou stavech. V I. montážním stavu působí pouze ocelový rošt tvořený 4ks nosníků IPE 550 v osových vzdálenostech 1,2 m, nadpodporovými příčníky IPE 360 a mezipodporovými příčníky IPE 300. Vzdálenost příčníků je 3,25 m. Ocelová konstrukce přenáší vlastní tíhu a tíhu mokrého betonu spřažené desky ve výstavbě. Ve II. stavu působí celý spřažený průřez včetně ŽB desky. Spřažený průřez přenáší účinky ostatního stálého zatížení a zatížení od dopravy.

Posouzení je provedeno z hlediska mezního stavu únosnosti a mezního stavu použitelnosti.



obr.- model roštu - výstup z programu SCIA



obr.- model desky se žebry - výstup z programu SCIA

průměrná tloušťka desky	0,23 m
minimální tloušťka desky	0,20 m
šířka desky	4,80 m
délka desky	14,0 m

7. Materiálové charakteristiky, průřezové charakteristiky, geometrie

Materiál

Beton	C30/37
$f_{ck} =$	30 MPa
$\gamma_c =$	1,5
$\lambda =$	0,85
$f_{cd} =$	17 MPa
$f_{ctm} =$	2,8 MPa
$E_{cm} =$	33 GPa
$f_{cm} =$	38 MPa

Výztuž	B500B
$f_y =$	500 MPa
$f_{yd} =$	434,78 MPa

Ocel	S235
$f_y =$	235 MPa
$E_s =$	210 GPa

IPE 550

$H_s =$	550 mm =	0,55 m
$A_s =$	1,34E-02 m ²	
$I_y =$	6,71E-04 m ⁴	
$W_{pl,y} =$	2,79E-03 m ³	
$b_f =$	210 mm	
$t_f =$	17 mm	
$h_w =$	516 mm	
$t_w =$	11 mm	
$\varepsilon =$	1	

Geometrie

$L =$	13 m	rozpětí nosníku
$b =$	1,2 m	osová vzdálenost nosníků
$l_{1,2} =$	0,5 m	přesah na konci nosníku

Účinná šířka desky - krajní i vnitřní nosník

Le =	13 m	náhradní délka - prostý nosník
beff =	2*Le/8	< b
beff =	3,25 m	< b = 1,2 m
hd =	0,23 m	

8. Zatížení a vnitřní síly

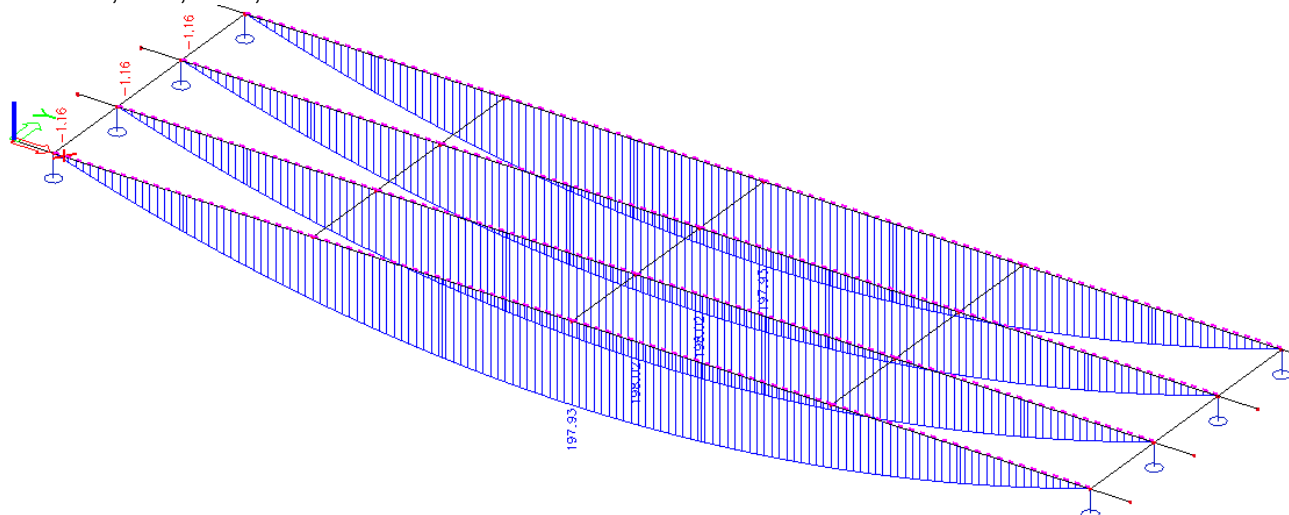
Výpočet zatížení a vnitřních sil v NK je veden v charakteristických hodnotách. Součinitele zatížení do výpočtu vstupují v kombinační rovnici viz dále.

8.1. Vlastní tíha ocelového roštu a mokrého betonu

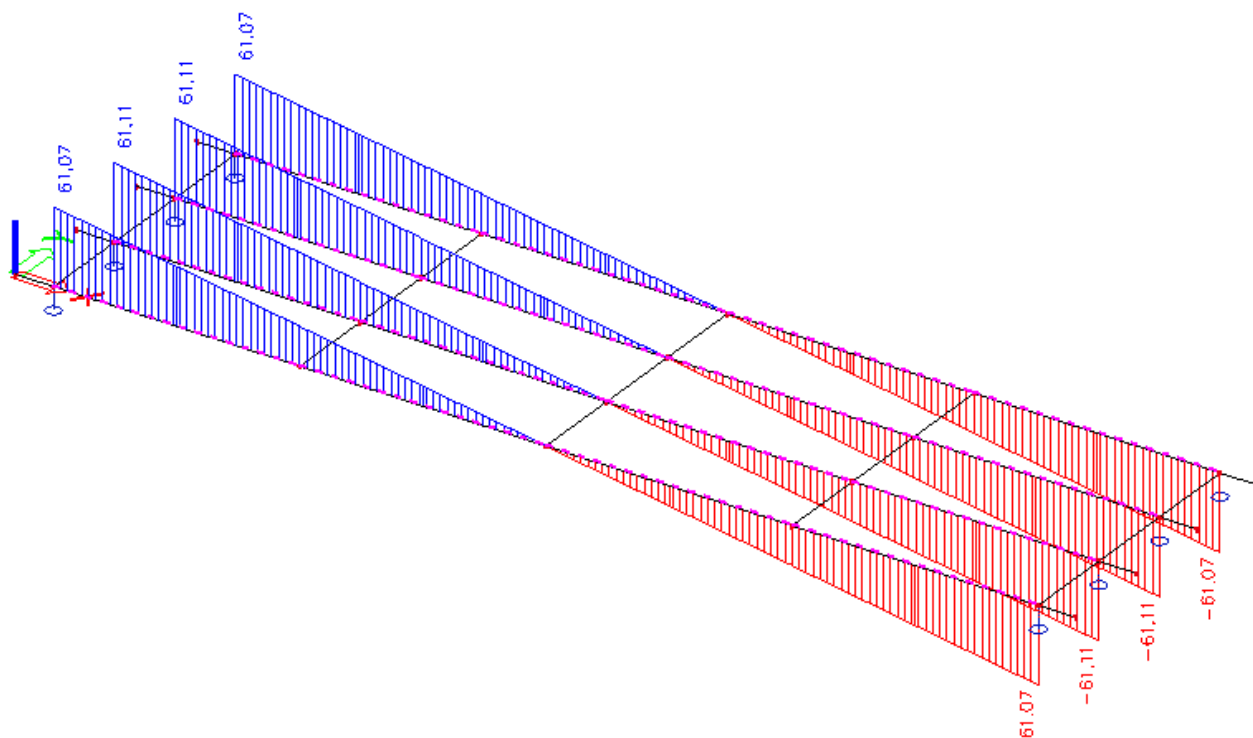
objemová tíha mokrého ŽB $\gamma_{zb} = 30 \text{ kN/m}^3$

Zatížení na 1 nosník:

$$30 \cdot 0,23 \cdot 1,2 = 8,28 \text{ kN/m}$$



obr. – ohybové momenty $M_{g0,k}$ (kNm) od stálého zat. – výstup z programu SCIA



obr. – posouvající síly $V_{g0,k}$ (kN) od stálého zat. – výstup z programu SCIA

8.2. Ostatní stálé zatížení

Ostatní stálé zatížení - zatížení vozovkovým souvrstvím a odraznými pruhy

zatížení vozovkové části:

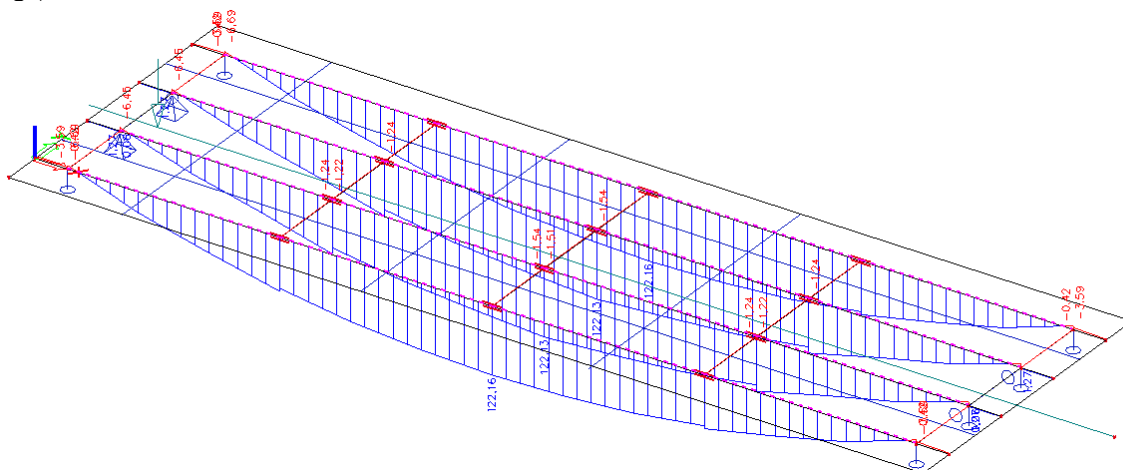
asfaltový beton + izolace: tl. 0,95 m

$$g_{1,v} = 0,95 \cdot 24 = 2,28 \text{ kN/m}^2$$

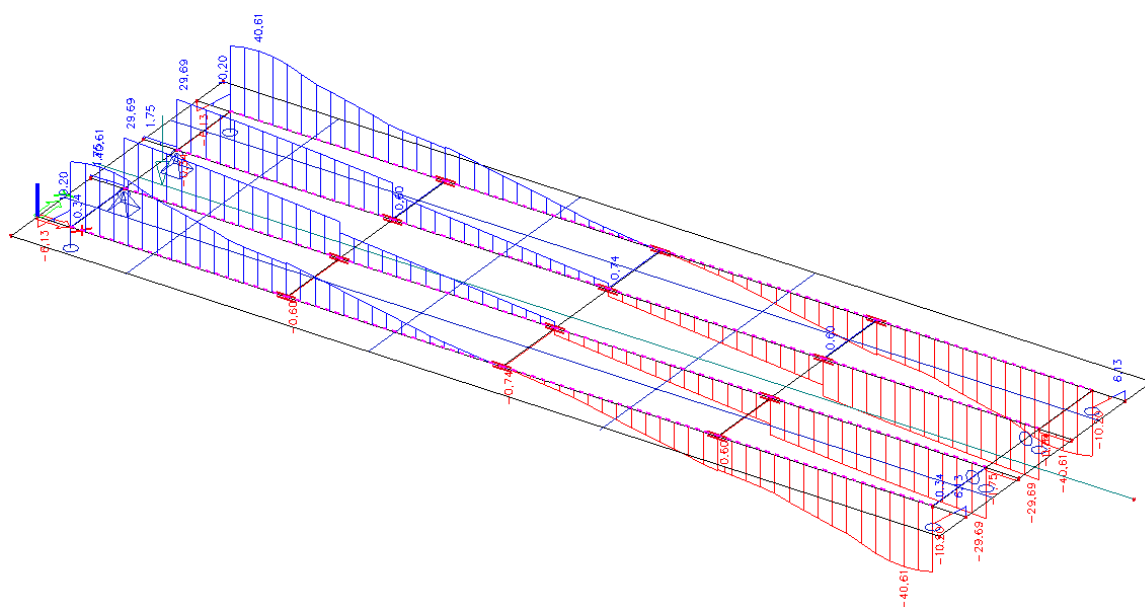
zatížení odrazným pruhem se zábradlím:

$$g_{1,odr} = A_{odr} \cdot \gamma_{bet} = 0,255 \cdot 25 = 6,375 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} g_{1,\text{odr}} &= g_{1,\text{odr}} / b = 6,375 / 0,65 = 9,81 \text{ kN/m}^2 \\ g_{1,z} &= 1,0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



obr. – ohybové momenty $M_{g1,k}$ (kNm) od ost. stálého zatížení – výstup z programu SCIA



obr. – posouvající síly $V_{g1,k}$ (kN) od ost. stálého zatížení – výstup z programu SCIA

8.3. Zatížení nahodilé – svislé zatížení mostu dopravou – Model LM1

Model LM1 je dle ČSN EN 1991-2 reprezentován dvousložkovým zatížením - TS + UDL. Zatížení TS je charakterizováno dvounápravou ($2 \cdot \alpha_Q \cdot Q_k$) v každém zatěžovacím pruhu, zatížení UDL je rovnoměrné zatížení ($\alpha_q \cdot q_k$) zatěžovacích pruhů a zbývajících plochy.

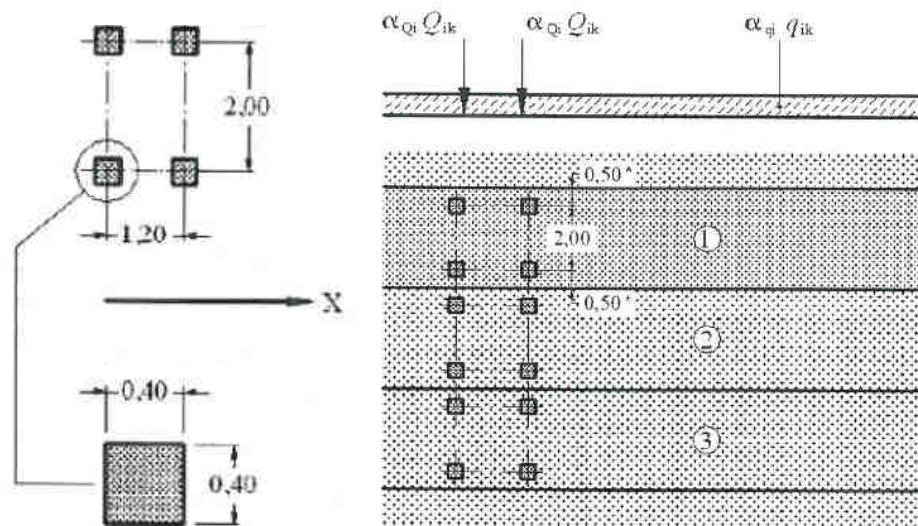
Pro šířku vozovky $b = 3,50 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ zatěžovací pruh } \text{š.} 3,0\text{m} + \text{zbývající plocha } \text{š. } 0,5 \text{ m}$

Zatížení na 1 nápravu bylo zvoleno dle požiadavku investora $Q_k = 150 \text{ kN}$. Pro 2. skupinu pozemných komunikací $\alpha_{Q1} = 0,8$.

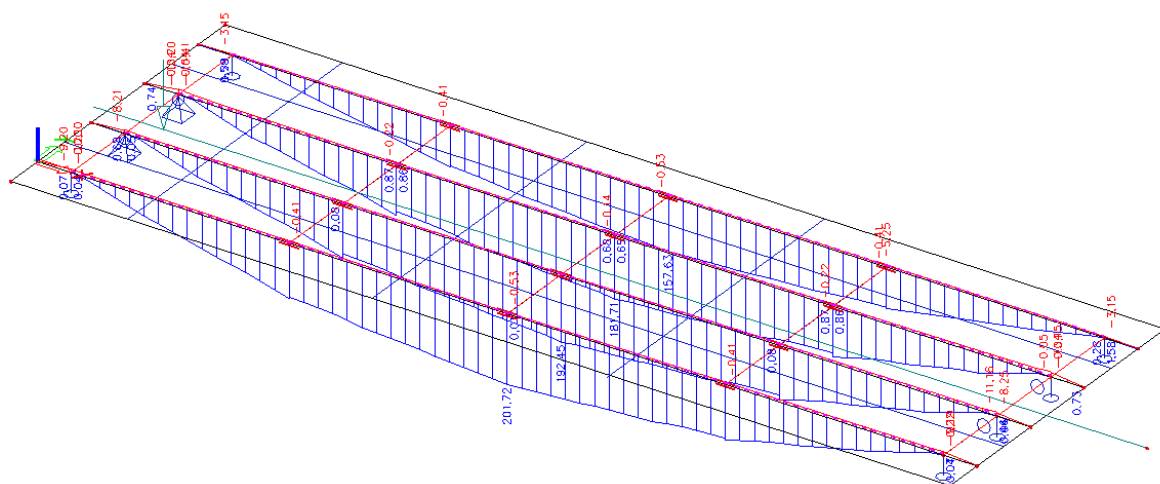
Spojité zatížení UDL $\Rightarrow \alpha_q \cdot q_k = 4 \text{ kN/m}^2$

Spojité zatížení zbývajících plochy $\alpha_{gr} \cdot q_{kr} = 2 \text{ kN/m}^2$

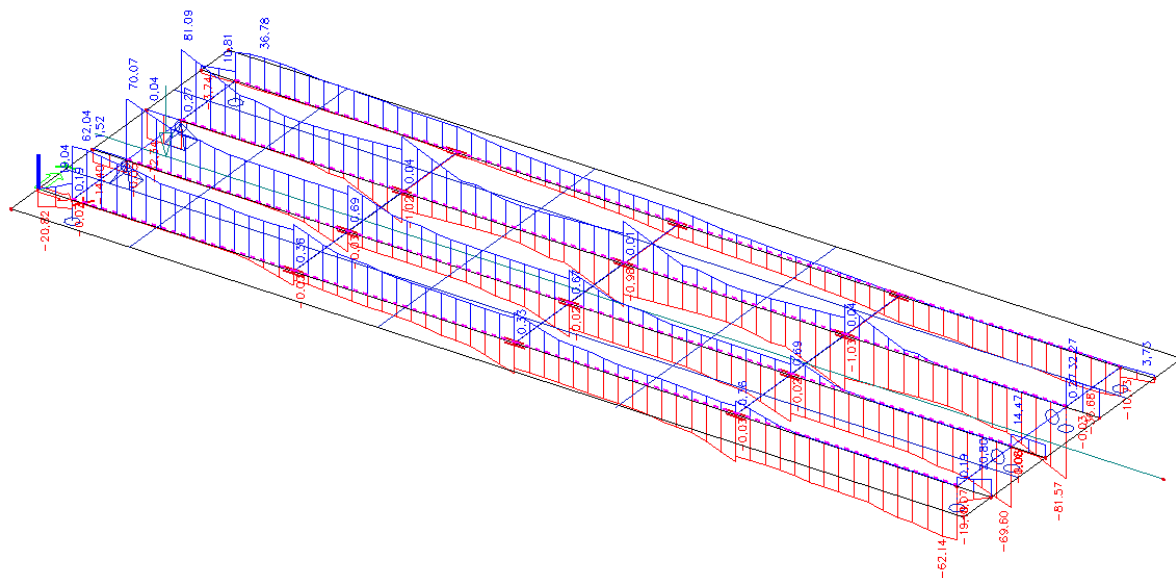
„Most ev.č. 6c-1M přes potok Rohovec – dolní v Návsi“



obr. schéma zatížení (pro obecný počet pruhů) – viz ČSN EN 1991-2

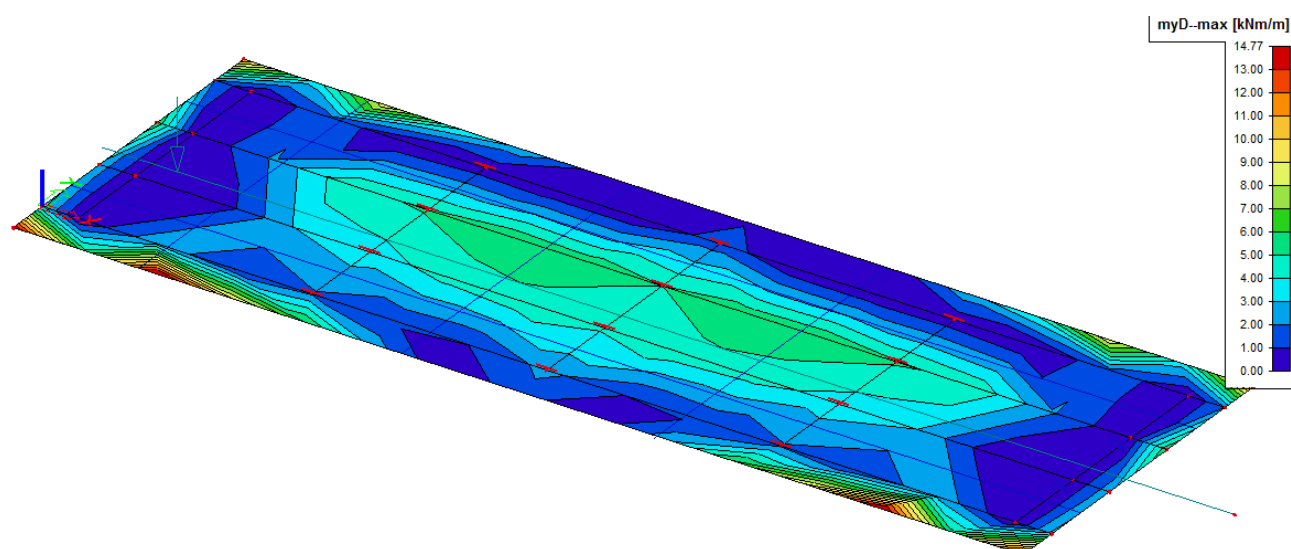


obr. ohybové momenty $M_{q1,TS}$ (kNm) od zatížení LM1 – TS – výstup z programu SCIA

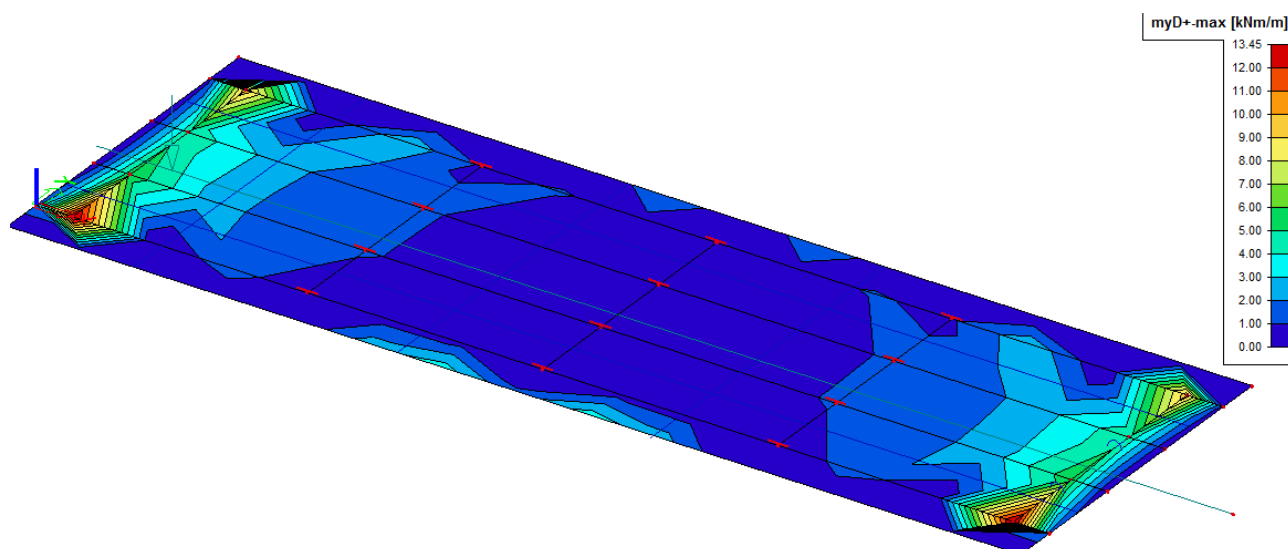


obr. posouvající síly $V_{q1,TS}$ (kN) od zatížení LM1 – TS – výstup z programu SCIA

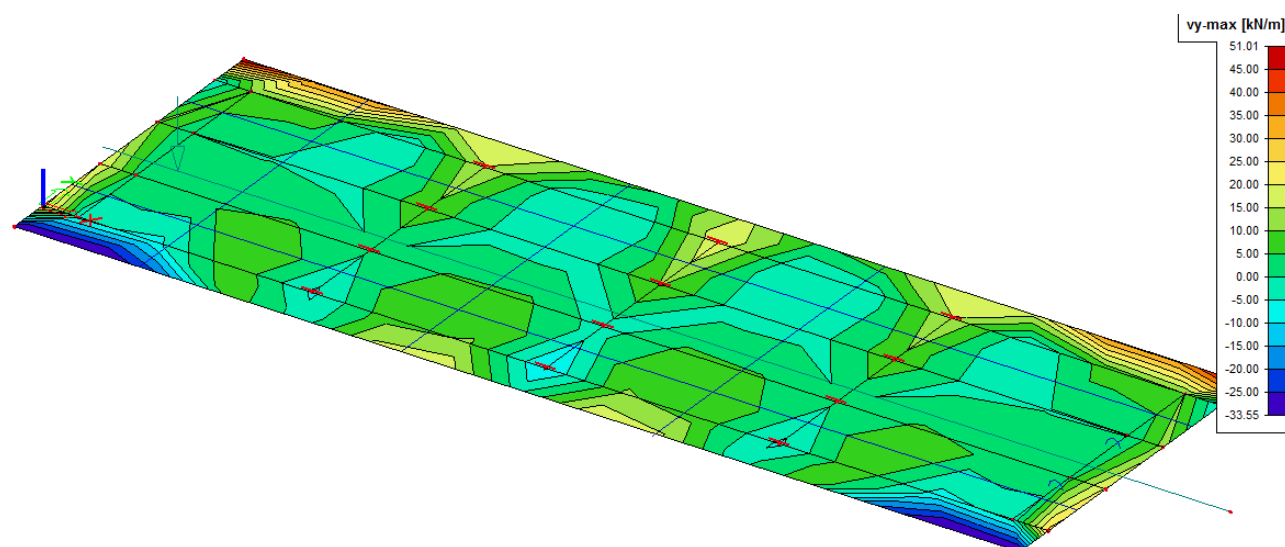




obr. ohybové momenty Msd,pole (kNm/m) od kombinace zatížení 6.10 – výstup z programu SCIA



obr. ohybové momenty Msd,podpora (kNm/m) od kombinace zatížení 6.10 – výstup z programu SCIA



obr. posouvající síly Vsd (kN/m) od kombinace zatížení 6.10 – výstup z programu SCIA

9. Kombinace zatížení

Součinitele zatížení a součinitele kombinace:

$$\begin{aligned}\gamma_G &= 1,35 \\ \gamma_Q &= 1,35 && (\text{přímé zatížení dopravou}) \\ \gamma_Q &= 1,50 && (\text{ostatní proměnná zatížení}) \\ \psi_0 &= 0,60 && (\text{zatížení teplotou}) \\ \psi_0 &= 0,00 && (\text{zatížení vodorovnými silami od dopravy}) \\ \psi_0 &= 0,75 && (\text{zatížení dopravou, model LM1 – TS}) \\ \psi_0 &= 0,40 && (\text{zatížení dopravou, model LM1 – UDL}) \\ \xi &= 0,85\end{aligned}$$

Kombinace dle ČSN EN 1990 (výraz 6.10a)

$$M_{ed} = \gamma_G \cdot M_{gk} + \gamma_{Q1} \cdot \psi_{0,1} \cdot M_{qk1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{qk,i}$$

Kombinace dle ČSN EN 1990 (výraz 6.10b)

$$M_{ed} = \xi \cdot \gamma_G \cdot M_{gk} + \gamma_{Q1} \cdot M_{qk1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{qk,i}$$

Kombinace dle ČSN EN 1990 (výraz 6.10)

$$M_{ed} = \gamma_G \cdot M_{gk} + \gamma_{Q1} \cdot M_{qk1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{qk,i}$$

M_g - stálé zatížení
 M_{q1} - hlavní proměnné zatížení
 M_{qk} - ostatní proměnné zatížení

Pozn.: Rozhoduje méně příznivá z obou kombinací 6.10a, 6.10b. Lze zvolit i nevhodnou kombinaci 6.10.

10. Posouzení I. montážního stavu

I. Montážní stav

- působí samostatný ocelový průřez

Statické účinky

Krajní nosník

$$\begin{aligned}M_{g0,s,k} &= 24,05 \text{ kNm} \\ M_{g0,c,k} &= 173,88 \text{ kNm} \\ M_{g0,k} &= 197,93 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Napětí - mezní stav použitelnosti

Krajní nosník

$$\begin{aligned}\sigma_{a,h}^I &= -71,02 \text{ MPa} && \text{tlak} \\ \sigma_{a,d}^I &= 71,02 \text{ MPa} && \text{tah}\end{aligned}$$

Ověření mezního stavu únosnosti

$$\begin{aligned}M_{g0,d} &= \gamma \cdot M_{g0,k} = 1,35 \cdot M_{g0,k} \\ M_{g0,d} &= 267,2055 \text{ kNm} \\ M_{pl,rd} &= W_{pl,y} \cdot f_y = 654,95 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$0,408 < 1 \quad \text{Vyhovuje.}$$

11. Posouzení II. spřaženého průřezu

II. Spřažený průřez

Plastický výpočet - průřez tř. 1

$$x = f_{yd} \cdot A_s / 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff}$$

$$x = 0,182 \text{ m} \quad \text{poloha neutrální osy}$$

$$r = H_s/2 + h_d - x/2$$

$$r = 0,414 \text{ m} \quad \text{rameno vnitřních sil}$$

$$M_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A_s \cdot r$$

$$M_{pl,Rd} = 1304,31 \text{ kNm}$$

$$\eta = 1,20$$

$$h_w / t_w = 46,91 < 72 \cdot \epsilon / \eta = 60$$

Smyk bez vlivu boulení.

$$A_v = 5,68 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_{pl,Rd} = 924,85 \text{ kN}$$

Ohybové momenty - krajní nosník

$$M_{g0,k} = 197,93 \text{ kNm}$$

$$M_{g1,k} = 122,16 \text{ kNm}$$

$$M_{UDL,k} = 73,02 \text{ kNm}$$

$$M_{TS,k} = 201,72 \text{ kNm}$$

Posouvající síly - krajní nosník

$$V_{g0,k} = 61,07 \text{ kN}$$

$$V_{g1,k} = 40,61 \text{ kN}$$

$$V_{UDL,k} = 20,3 \text{ kN}$$

$$V_{TS,k} = 62,04 \text{ kN}$$

Kombinace:

6.10a

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (M_{g0,k} + M_{g1,k}) + 1,35 \cdot (0,4 \cdot M_{UDL,k} + 0,75 \cdot M_{TS,k})$$

$$M_{Ed} = 675,79 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot (V_{g0,k} + V_{g1,k}) + 1,35 \cdot (0,4 \cdot V_{UDL,k} + 0,75 \cdot V_{TS,k})$$

$$V_{Ed} = 211,05 \text{ kN}$$

6.10b

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 0,85 \cdot (M_{g0,k} + M_{g1,k}) + 1,35 \cdot (M_{UDL,k} + M_{TS,k})$$

$$M_{Ed} = 738,20 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot 0,85 \cdot (V_{g0,k} + V_{g1,k}) + 1,35 \cdot (V_{UDL,k} + V_{TS,k})$$

$$V_{Ed} = 227,84 \text{ kN}$$

Posouzení MSÚ

$$M_{Ed} / M_{pl,Rd} < 1$$

$$M_{Ed} = 738,20 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 1304,31 \text{ kNm}$$

$$0,566 < 1$$

Vyhovuje.

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} < 1$$

$$V_{Ed} = 227,84 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = 924,85 \text{ kNm}$$

$$0,246 < 1$$

Vyhovuje.

Není nutno redukovat ohybovou únosnost.

II. Spřažený průřez - mezní stav použitelnosti

$$n = E_s / E_{cm} = 6,364$$

$$b_{eff} / n = 0,189 \text{ m}$$

$$x = 0,119 \text{ m}$$

poloha neutrální osy

$$I_i = 2,77E-03 \text{ m}^4$$

moment setrvačnosti ideálního průřezu

Napětí

$$\sigma_{a,d} = M^* z_1 / I_i$$

$$\sigma_{a,h} = M^* z_2 / I_i$$

$$\sigma_{c,h} = M^* z_3 / (n \cdot I_i)$$

$$z_1 = 0,661 \text{ m}$$

$$z_2 = 0,111 \text{ m}$$

$$z_3 = x = -0,119 \text{ m}$$

$$z_4 = 0,111 \text{ m}$$

Napětí - krátkodobý účinek - doprava + ostatní stálé zatížení

$$M_{Ek} = M_{g1,k} + M_{UDL,k} + M_{TS,k}$$

$$M_{Ek} = 396,9 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{a,d}^{II} = 94,61 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

$$\sigma_{a,h}^{II} = 15,86 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

$$\sigma_{c,h}^{II} = -2,68 \text{ MPa} \quad (\text{tlak})$$

$$\sigma_{c,d}^{II} = 2,49 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

Napětí - krátkodobý účinek - ostatní stálé zatížení

$$M_{Ek} = M_{g1,k}$$

$$M_{Ek} = 122,16 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{a,d}^{II} = 29,12 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

$$\sigma_{a,h}^{II} = 4,88 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

$$\sigma_{c,h}^{II} = -0,83 \text{ MPa} \quad (\text{tlak})$$

$$\sigma_{c,d}^{II} = 0,77 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

Napětí - krátkodobý účinek - nahodilé zatížení

$$M_{Ek} = M_{UDL,k} + M_{TS,k}$$

$$M_{Ek} = 274,74 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{a,d}^{II} = 65,49 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

Napětí - krátkodobý účinek - nahodilé zatížení

$$M_{Ek} = M_{UDL,k} + M_{TS,k}$$

$$M_{Ek} = 274,74 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{a,d}^{II} = 65,49 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

$$\sigma_{a,h}^{II} = 10,98 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

$$\sigma_{c,h}^{II} = -1,86 \text{ MPa} \quad (\text{tlak})$$

$$\sigma_{c,d}^{II} = 1,73 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

12. Dotvarování betonu

$$\begin{aligned}
 RH &= 80 \% \\
 u &= 2 \cdot b_{eff} = 2400 \text{ mm} && \text{obvod vystavený vysychání} \\
 h_0 &= 2 \cdot A_c / u = 230 \text{ mm} && \text{náhradní rozměr prvku} \\
 \varphi_{RH} &= (1 + \alpha_1 \cdot (1 - RH/100) / (0,1 \cdot h_0^{1/3})) \cdot \alpha_2 \\
 \varphi_{RH} &= 1,286827 \\
 \beta(f_{cm}) &= 16,8 / f_{cm}^{1/2} \\
 \beta(f_{cm}) &= 2,72532 \\
 \beta(t_0) &= 1 / (0,1 + t_0^{0,2}) \\
 \beta(t_0) &= 0,422309 \\
 \beta_H &= 1,5 \cdot (1 + (0,012 \cdot RH)^{18}) \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \\
 \beta_H &= 750,3919 < 1500 \cdot \alpha_3 = 1439,572 \\
 \beta(t_{oo}; t_0) &= ((t_{oo} - t_0) / (\beta_H + t_{oo} - t_0))^{0,3} \\
 \beta(t_{oo}; t_0) &= 0,993904 \\
 \alpha_1 &= (35 / f_{cm})^{0,7} = 0,944059 \\
 \alpha_2 &= (35 / f_{cm})^{0,2} = 0,983687 \\
 \alpha_3 &= (35 / f_{cm})^{0,5} = 0,959715 \\
 \varphi_0 &= \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \\
 \varphi_0 &= 1,481045 \\
 \varphi(t_{oo}; t_0) &= \varphi_0 \cdot \beta(t_{oo}; t_0) \\
 \varphi(t_{oo}; t_0) &= 1,472016
 \end{aligned}$$

Dlouhodobé účinky

$$\begin{aligned}
 n_0 &= n = 6,364 \\
 n_L &= n_0 \cdot (1 + \psi_L \cdot \varphi(t_{oo}; t_0)) && \psi_L = 1,1 \quad \text{pro stálé zatížení} \\
 n_L &= 16,668
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{eff}/n &= 0,072 \text{ m} \\
 x &= 0,226 \text{ m} && \text{poloha neutrální osy} \\
 I_i &= 1,99E-03 \text{ m}^4 && \text{moment setrvačnosti ideálního průřezu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 z_1 &= 0,554 \text{ m} \\
 z_2 &= 0,004 \text{ m} \\
 z_3 = x &= -0,226 \text{ m} \\
 z_4 &= 0,004 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Napětí od ostatního stálého zatížení - dlouhodobý účinek

$$\begin{aligned}
 \sigma_{a,d}^c &= 33,99 \text{ MPa} && (\text{tah}) \\
 \sigma_{a,h}^c &= 0,25 \text{ MPa} && (\text{tah}) \\
 \sigma_{c,h}^c &= -0,83 \text{ MPa} && (\text{tlak})
 \end{aligned}$$

13. Smršťování betonu

$\alpha_{ds2} =$	0,12	cement třídy N
$f_{cm} =$	38	
$f_{cm,0} =$	10	
$RH_0 =$	100	
$\beta_{RH} =$	0,7564	

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca} = 0,0002657$$

$$\epsilon_{cd}(oo;ts) = \epsilon_{cd,0} \times k_h \times \beta_{ds}(t;ts) = 0,0002157$$

$$k_h = 0,805$$

$$\epsilon_{cd,0} = 0,000269$$

$$h_0 = 230 \text{ mm}$$

$$u = 2400 \text{ mm}$$

$$A_c = 276000 \text{ mm}^2$$

$$RH = 80$$

$$\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t;ts) \times \epsilon_{cd,oo} = 0,0002149$$

$$t = 36500 \text{ dní}$$

$$ts = 2 \text{ dny}$$

$$\beta_{ds}(t;ts) = 0,9961917$$

hodnota v čase

uvažovaný okamžik

stáří konec ošetřování

$$\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \times \epsilon_{ca}(oo) =$$

$$\epsilon_{ca}(oo) = 0,0000500$$

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

autogenní smršťování

Napětí a účinky v desce od smršťování

$$\epsilon_{cd}(oo;ts) = 0,0002157$$

$$E_c = E_a / \eta_L$$

$$E_c = 12,599 \text{ GPa}$$

$$\sigma_c^{cs} = 2,717 \text{ MPa}$$

$$N_c^{cs} = \sigma_c^{cs} \times A_c$$

$$N_c^{cs} = 0,750 \text{ MN}$$

síla v těžišti desky

$$z_{cs} = x - h_d / 2$$

$$z_{cs} = 0,111 \text{ m}$$

vzdálenost od těžiště desky k neutrální ose

$$M^{cs} = 83,158 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{a,d}^{cs} = 23,14 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

$$\sigma_{a,h}^{cs} = 0,17 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

$$\sigma_{c,h}^{cs} = -0,57 \text{ MPa} \quad (\text{tlak})$$

$$\sigma_{c,d}^{cs} = 0,01 \text{ MPa} \quad (\text{tah})$$

14. Souhrn – mezní stav použitelnosti

Souhrn napětí

Napětí v desce - horní povrch

$\sigma_{c,h}^I =$	-0,83 MPa	ostatní stálé zatížení - krátkodobý účinek
$\sigma_{c,h}^{II} =$	-1,86 MPa	nahodilé zatížení dopravou - krátkodobý účinek
$\sigma_{c,h}^C =$	-0,83 MPa	ostatní stálé zatížení - dlouhodobý účinek
$\sigma_{c,h}^{CS} =$	-0,57 MPa	vliv smršťování

Celkem v čase t_{oo} :

$$\sigma_{c,h} = -3,25 \text{ MPa} < f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje.}$$

Napětí v desce - dolní povrch

$\sigma_{c,h}^I =$	0,77 MPa	ostatní stálé zatížení - krátkodobý účinek
$\sigma_{c,h}^{II} =$	1,73 MPa	nahodilé zatížení dopravou - krátkodobý účinek
$\sigma_{c,h}^C =$	0,02 MPa	ostatní stálé zatížení - dlouhodobý účinek
$\sigma_{c,d}^{CS} =$	0,01 MPa	vliv smršťování

Celkem v době uvedení do provozu:

$$\sigma_{c,d} = 2,49 \text{ MPa} < f_{ctm} = 2,8 \text{ MPa}$$

Trhliny nevzniknou.

Celkem v čase t_{oo} :

$$\sigma_{c,d} = 1,75 \text{ MPa} < f_{ctm} = 2,8 \text{ MPa}$$

Napětí na nosníku - dolní okraj

$\sigma_{a,d}^I =$	71,02 MPa	stálé zatížení - půdobi pouze ocelový nosník
$\sigma_{a,d}^{II} =$	29,12 MPa	ostatní stálé zatížení - krátkodobý účinek
$\sigma_{a,d}^{III} =$	65,49 MPa	nahodilé zatížení dopravou - krátkodobý účinek
$\sigma_{a,d}^C =$	33,99 MPa	ostatní stálé zatížení - dlouhodobý účinek
$\sigma_{a,d}^{CS} =$	23,14 MPa	vliv smršťování

Celkem v době uvedení do provozu:

$$\sigma_{a,d} = 165,63 \text{ MPa} < f_{yk} = 235 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje.}$$

Celkem v čase t_{oo} :

$$\sigma_{a,d} = 193,63 \text{ MPa} < f_{yk} = 235 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje.}$$

Napětí na nosníku - horní okraj

$\sigma_{a,h}^I =$	-71,02 MPa	stálé zatížení - půdobi pouze ocelový nosník
$\sigma_{a,h}^{II} =$	4,88 MPa	ostatní stálé zatížení - krátkodobý účinek
$\sigma_{a,h}^{III} =$	10,98 MPa	nahodilé zatížení dopravou - krátkodobý účinek
$\sigma_{a,h}^C =$	0,25 MPa	ostatní stálé zatížení - dlouhodobý účinek

Celkem v době uvedení do provozu:

$$\sigma_{a,d} = 165,63 \text{ MPa} < f_{yk} = 235 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje.}$$

Celkem v čase t_{oo} :

$$\sigma_{a,d} = 193,63 \text{ MPa} < f_{yk} = 235 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje.}$$

Napětí na nosníku - horní okraj

$\sigma_{a,h}^I =$	-71,02 MPa	stálé zatížení - půdobi pouze ocelový nosník
$\sigma_{a,h}^{II} =$	4,88 MPa	ostatní stálé zatížení - krátkodobý účinek
$\sigma_{a,h}^{III} =$	10,98 MPa	nahodilé zatížení dopravou - krátkodobý účinek
$\sigma_{a,h}^C =$	0,25 MPa	ostatní stálé zatížení - dlouhodobý účinek
$\sigma_{a,h}^{CS} =$	0,17 MPa	vliv smršťování

Celkem v době uvedení do provozu:

$$\sigma_{a,h} = -55,15 \text{ MPa} < f_{yk} = 235 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje.}$$

Celkem v čase t_{oo} :

$$\sigma_{a,h} = -59,61 \text{ MPa} < f_{yk} = 235 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje.}$$

Průhyb

Průhyb ocelového nosníku od stálého zatížení - montážní stav

$$\delta_z = -25,1 \text{ mm}$$

Průhyb spřaženého nosníku od ostatního stálého zatížení

$$\delta_z = -4,3 \text{ mm}$$

Průhyb spřaženého nosníku od nahodilého zatížení

$$\delta_z = -8,4 \text{ mm}$$

Celkem:

$$L = 13,0 \text{ m}$$

$$\delta_z = -37,8 \text{ mm} < \delta_{z,lim} = L/300 = 43,3 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje.}$$

15. Návrh spřažení

Návrh spřahovacích trnů

Návrh trnů

d =	19 mm	průměr dřívku
hsc =	125 mm	výška trnu
Dh =	40 mm	průměr hlavy trnu
Hh =	15 mm	výška hlavy trnu
fu =	310 MPa	únosnost oceli

Únosnost trnů

$$P_{Rd} = \min (P_{Rd1}; P_{Rd2})$$

$$\gamma_v = 1,25$$

$$P_{Rd1} = 0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_v$$

$$P_{Rd1} = 56,25 \text{ kN}$$

$$P_{Rd2} = 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} / \gamma_v$$

$$P_{Rd2} = 83,33 \text{ kN}$$

$$h_{sc} / d = 6,6 \rightarrow \alpha = 1$$

$$P_{Rd} = 56,25 \text{ kN} \quad \text{únosnost 1 trnu}$$

$$N_{cf} = A_c \cdot 0,85 \cdot f_{cd} \quad \text{síla k přenesení na polovině rozpětí}$$

$$N_{cf} = 3988,20 \text{ kN}$$

$$n_{req} = N_{cf} / P_{Rd} \quad \text{potřebný počet trnů na polovině rozpětí}$$

$$n_{req} = 70,9$$

$$n = 90 \quad \text{navržený počet trnů}$$

$$\text{řady} = 2 \quad \text{počet řad}$$

$$e = 150 \text{ mm} \quad \text{podélná vzdálenost trnů}$$

Posouzení:

$$N_{cf} / n \cdot P_{Rd} < 1$$

$$0,788 < 1 \quad \text{Vyhovuje.}$$

16. Mezní stav únosnosti – sprážená deska – horní povrch

Posouzení průřezu - ŽB mostovka - nad nosníkem

Materiálové charakteristiky

BETON

C30/37

$$f_{ck(t)} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck(t)} / \gamma_m = 17,00 \text{ MPa}$$

VÝZTUŽ

Betonářská výztuž B500B

$$f_{yk} = f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 434,78 \text{ MPa}$$

Rozměry průřezu

c_1	40 mm	krytí výztuže vrstvy 1
h	230 mm	výška desky
b_w	1000 mm	šířka desky
b_{eff}	1000 mm	celková efektivní šířka
d	183 mm	účinná výška k těžišti vrstev výztuží

Vyztužení - nad podporami

	Φ [mm]	k_s	A_{s1} [mm ²]	d_i [mm]
Vrstva 1	14	6,7	1031	183
			1031	183

Únosnost průřez v ohybu - nad podporami

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 1031,38 \cdot 434,78 = 448,42 \text{ kN}$$

$$A_{cc} = A_s \cdot f_{yd} / f_{cd} = 448,4 / 17000 = 26378 \text{ mm}^2$$

$$\lambda x = A_{cc} / b = 26378 / 1000 = 26,37 \text{ mm}$$

$$x = \lambda x / 0,8 = 26,37 / 0,8 = 32,97 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4 x = 183 - 0,4 \cdot 32,97 = 169,81 \text{ mm}$$

$$M_{rd} = F_s \cdot z = 448,42 \cdot 169,81 = 76,14 \text{ kNm} > M_{sd} = 13,45 \text{ kNm}$$

17. Mezní stav únosnosti – sprážená deska – dolní povrch

Posouzení průřezu - ŽB mostovka - mezi nosníky

Materiálové charakteristiky

BETON

C30/37

$$f_{ck(t)} = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck(t)} / \gamma_m = 17,00 \text{ Mpa}$$

VÝZTUŽ

Betonářská výztuž B500B

$$f_{yk} = f_{ywk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 434,78 \text{ Mpa}$$

Rozměry průřezu

c_1	50 mm	krytí výztuže vrstvy 1
h	210 mm	výška desky
b_w	1000 mm	šířka desky
b_{eff}	1000 mm	celková efektivní šířka
d	153 mm	účinná výška k těžišti vrstev výztuží

Vyztužení

	Φ [mm]	k_s	A_{s1} [mm ²]	d_i [mm]
Vrstva 1	14	6,7	1031	153
			1031	153

Únosnost průřez v ohybu

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 1031,38 \cdot 434,78 = 448,42 \text{ kN}$$

$$A_{cc} = A_s \cdot f_{yd} / f_{cd} = 448,4 / 17000 = 26378 \text{ mm}^2$$

$$\lambda x = A_{cc} / b = 26378 / 1000 = 26,37 \text{ mm}$$

$$x = \lambda x / 0,8 = 26,37 / 0,8 = 32,97 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4 x = 153 - 0,4 \cdot 32,97 = 139,81 \text{ mm}$$

$$M_{rd} = F_s \cdot z = 448,42 \cdot 139,81 = 62,69 \text{ kNm} > M_{sd} = 14,77 \text{ kNm}$$

18. Mezní stav únosnosti – sprážená deska – smyk

Smyková odolnost průřezu bez smykové výztuže

$$b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 1031 \text{ mm}^2$$

$$V_{rdc} = [C_{rd,c} \cdot k (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d$$

$$= [0,12 \cdot 2 (100 \cdot 0,0067 \cdot 30)^{1/3}] \cdot 1000 \cdot 153 = 100,04 \text{ kN} > V_{sd} = 45,09 \text{ kN/m}$$

$$C_{rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + (200 / d)^{0,5} = 1 + (200 / 153)^{0,5} = 2,14$$

$$\rho_l = A_{sl} / b_w \cdot d = 1031,4 / 1000 \cdot 153 = 0,00674$$

Smyková odolnost průřezu se smykovou výztuží

Vyztužení konstrukční

Třmínky

$$s = 150 \text{ mm}$$

	Φ	n_s	mm^2
A_{sw}	8	4,0	201,1

průměrná vzdálenost třmínků

n_s = počet střihů v řezu

Vlastnoti tlačeného betonu

$$\Phi = 40^\circ$$

$$\alpha_{cw} = 1$$

sklon tlačených diagonál
vliv stavu betonu vzhledem
k trhlinám a předpětí

Únosnost průřez ve smyku

$$\cot(\Phi) = 1,192$$

$$\tan(\Phi) = 0,839$$

$$\cot(\alpha_b) = 1$$

$$\sin(\alpha_b) = 0,707$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 153 = 137,7$$

$$v = 0,6 [1 - f_{ck} / 250] = 0,6 [1 - 30 / 250] = 0,53$$

Únosnost tlakové diagonály

$$V_{rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd} / (\cot(\Phi) + \tan(\Phi))$$

$$= 1 \cdot 1000 \cdot 137,7 \cdot 0,528 \cdot 17 / (1,19 + 0,84) = 608,61 \text{ kN}$$

Únosnost svislé výztuže - třmínky

$$V_{rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\Phi)$$

$$= 201 / 150 \cdot 137,7 \cdot 434,8 \cdot 1,19 = 95,64 \text{ kN}$$

$$V_{rd} = V_{rd,s} = 95,64 \text{ kN/m} > V_{sd} = 45,09 \text{ kN/m}$$

19. Závěr

Nově navržená nosná konstrukce mostu ev.č. 6c-1M přes potok Rohovec – dolní v Návsí je navržena s dostatečnou rezervou pro přenesení zatížení, které na něj může působit. Dle požadavku investora byl most navržen pro maximální přípustnou hmotnost vozidla 30 t a na mostě bude osazeno příslušné dopravní značení.

Ostrava, únor 2016

Vypracoval: Ing. Martin Anděl



Kontroloval: Ing. Pavel Kurečka