

MOST M1 FIBICHOVA PŘES POTOK TEMENEC

SO 201 - MOST

STATICKÝ VÝPOČET

OBSAH:

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	3
2. LITERATURA	3
3. CÍL STATICKÉHO VÝPOČTU	4
4. VÝKRESY	5
5. STATICKÉ SCHÉMA	8
6. MATERIÁLY	9
7. PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY	9
8. PARAMETRY ORTOTROPIE	10
9. VNITŘNÍ SÍLY STÁLÝCH ZATÍŽENÍ A SMRŠŤOVÁNÍ BETONU	10
10. OHYBOVÉ MOMENTY OD KRÁTKODOBÝCH NAHODILÝCH ZATÍŽENÍ	11
11. POSOUZENÍ DLE 1. MS	15

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

- 1.1. Stavba: Oprava mostu M1 Fibichova přes potok Temenec,
SO 202 - Most
- 1.2. Stavebník: Město Šumperk,
náměstí Míru 1, 787 01 Šumperk
- 1.3. Projektant: Rušar mosty, s.r.o.
Majdalenky 19, 638 00 Brno
tel./fax: 545 222 037, info@rusar.cz
IČO: 29362393 DIČ: CZ29362393
číslo zakázky: 38/2016, číslo archivní: 11/2016

2. LITERATURA

- ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
- ČSN EN 1992-1 Navrhování betonových konstrukcí Část 1-1: Obecná pravidla
- ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- ČSN EN 1993-1-2 Navrhování ocelových konstrukcí Část 2: Ocelové mosty
- ČSN EN 1994-2 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty
- ČSN EN 1995-2 Navrhování dřevěných konstrukcí Část 2: Mosty
- ČSN EN 1996-1-1 Navrhování zděných konstrukcí Část 1-1 Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce
- ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí Část 1- Obecná pravidla
- ČSN 73 6222 Zatížitelnost mostů pozemních komunikací
- ČSN 73 6220 Zatížitelnost a evidence mostů na pozemních komunikacích
- ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů
- ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací
- ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí-Hodnocení existujících konstrukcí (bývalá ČSN 73 0038)
- Směrnice pro navrhování mostů z roku 1951
- Novák, Hořejší – Statické tabulky pro stavební praxi
- Janda, Kleisner, Zvara – Betonové mosty (celostátní učebnice)
- Klimeš, Zůda – Betonové mosty (celostátní učebnice)
- Sečkář – Betonové mosty (skriptum VUT)

Dopravoprojekt Bratislava – Typizační směrnice příslušenství mostů

Majdůch – pomůcka pro určování zatížitelnosti starších mostů

Skriptum Navrhování betonových konstrukcí – prvky z prostého a železového betonu

Procházka a kol. – Sborník a Sbírka příkladů – Navrhování betonových konstrukcí podle norem ČSN EN 1992

Hrdoušek a kol. – Sbírka příkladů a komentářů – Navrhování betonových mostů podle norem ČSN EN 1992

VL-4 – Vzorové listy – MOSTY

3. CÍL STATICKÉHO VÝPOČTU

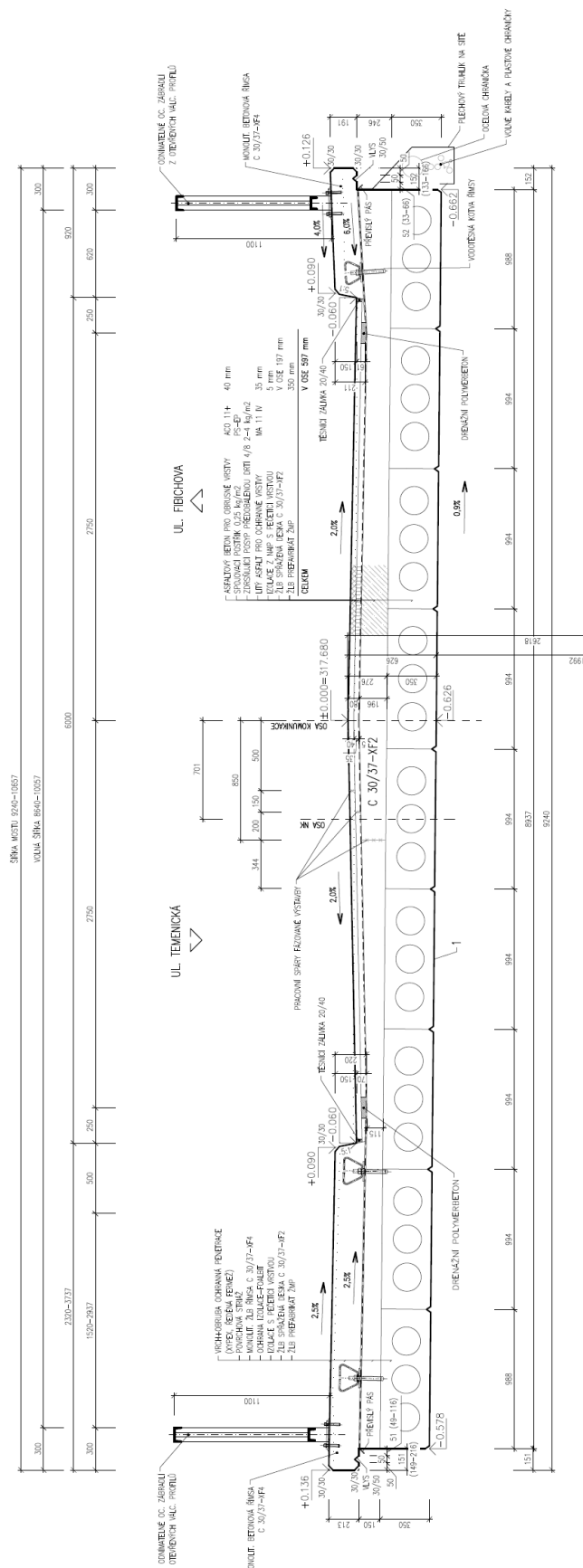
Cílem statického výpočtu je posoudit nosnou konstrukci, sestavenou z původních prefabrikovaných předpjatých nosníků ŽMP dl. 4,8 m, jež jsou spřaženy s novou monolitickou železobetonovou deskou. Dále je potřeba správně nadimenzovat betonářskou výztuž ve spřažené desce. Jako obecně u posudku železobetonu budeme vycházet primárně z posudku 1. MS, tedy MSÚ (ULS), a to z rovnováhy vnitřních sil ve výztuži a betonu. Vypočtený moment na mezi únosnosti porovnáme s maximálním momentem od zatížení.

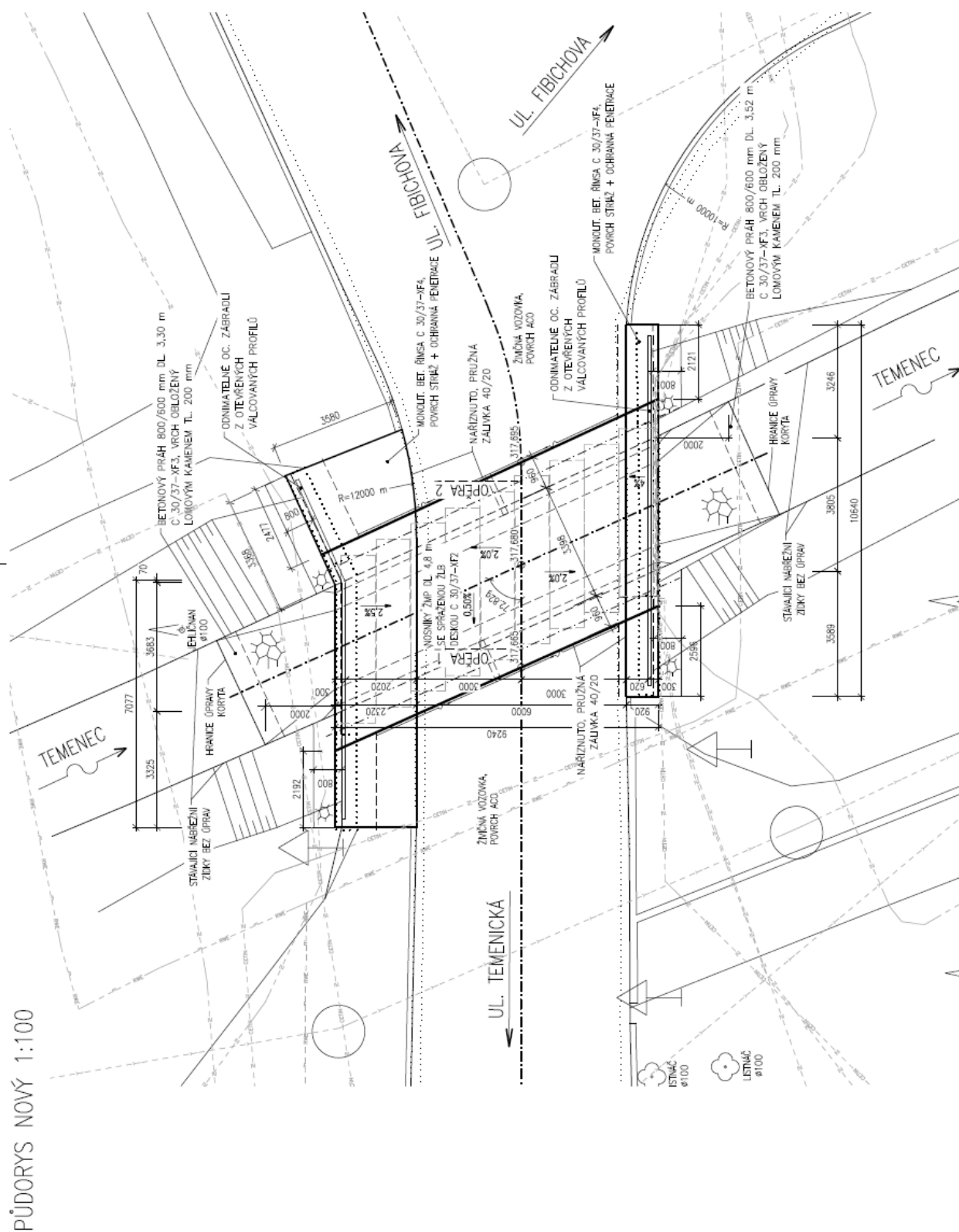
Předpoklady výpočtu:

- Mechanickým modelem je pro stálá zatížení nosník a pro nahodilá zatížení žaluziová deska, řešená metodou konečných prvků. Výpočet je proveden v programu Nexis 32.
- Pro dané rozpětí je zřejmé, že největší intenzitu účinků nahodilého zatížení vyvodí model LM 1 a LM 3 (1800 kN) dle EC1-Zatížení mostů. Zároveň bude tímto splněna podmínka pro $V_n=32$ t, $V_r = 80$ t a $V_e = 180$ t dle ČSN 73 6222.
- U modelu LM 1 bude zatěžován 1. pruh šíře 3 m s dvounápravou á 300 kN + náhradním rovnoměrným zatížením 9 kN/m², 2. pruh šíře 3 m s dvounápravou á 200 kN + náhradním rovnoměrným zatížením 2,5 kN/m².
- U modelu LM 3 bude zatížení tvořeno devíti nápravami po 200 kN á 1,50 m, jedná se o zvláštní vozidlo 1800 kN jedoucí v ideální stopě.
- Model pohyblivého zatížení LM1 je již s uvažováním dynamických vlivů (vyplývá z dílce EC 1), model zatížení LM3 bude přenásoben dynamickým součinitelem $\varphi=1,25$. Zatížení budou přenásobeny regulačními součiniteli α dle dílce změny Z3 z října 2012.
- Roznos vozovkou a vlastní nosnou konstrukcí bude uvažován do ½ tloušťky spřažené konstrukce.
- Výpočet vnitřních sil bude proveden návrhovými hodnotami zatížení (tedy s přenásobením dílčími součiniteli).

4. VÝKRESY

PŘÍČNÝ ŘEZ – NOVÝ STAV 1:20



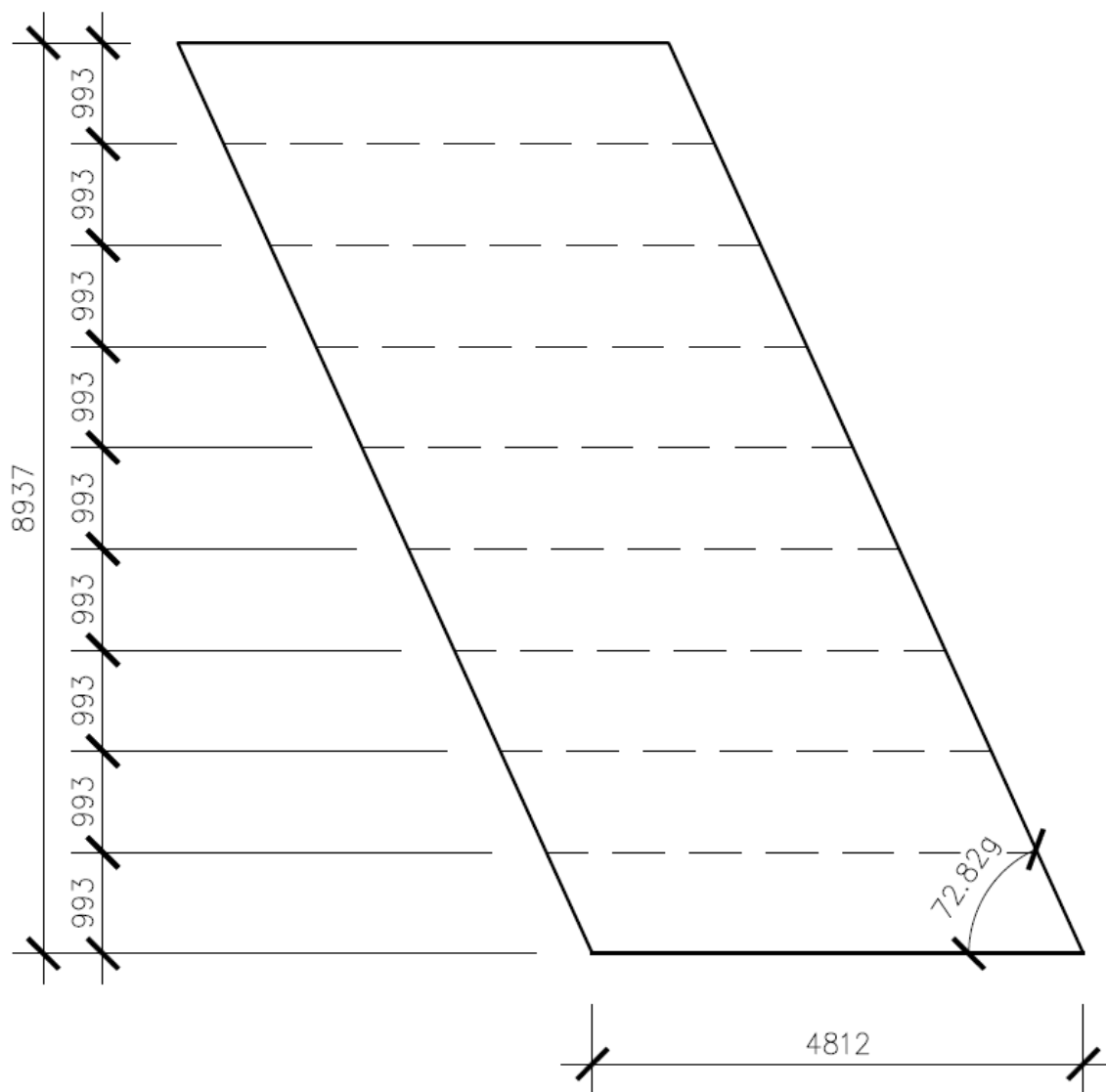


5. STATICKÉ SCHÉMA

STÁLÁ ZATÍŽENÍ



NAHODILÁ ZATÍŽENÍ



6. MATERIÁLY

1) Beton nosníků:

beton B250 odpovídá C 16/20, $f_{ck} = 16 \text{ Mpa}$; $E_p = 28\,000 \text{ MPa}$

$$1. \text{ MS } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 16 \cdot 0,85 / 1,5 = 9,1 \text{ Mpa}$$

$$2. \text{ MS } \sigma_{c, \text{omezené, tlak}} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 16 = 9,6 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{c, \text{omezené, tah}} = 0 \text{ Mpa}$$

2) Beton spřažené desky:

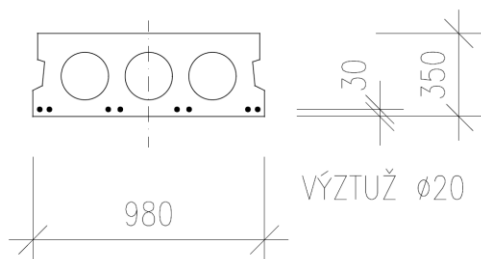
beton C 30/37, $f_{ck} = 30 \text{ Mpa}$; $E_n = 32\,000 \text{ MPa}$

$$1. \text{ MS } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 30 \cdot 0,85 / 1,5 = 17 \text{ Mpa}$$

$$2. \text{ MS } \sigma_{c, \text{omezené, tlak}} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ Mpa}$$

7. PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

NESPŘAŽENÝ PRŮŘEZ



$$A = 0,234 \text{ m}^2$$

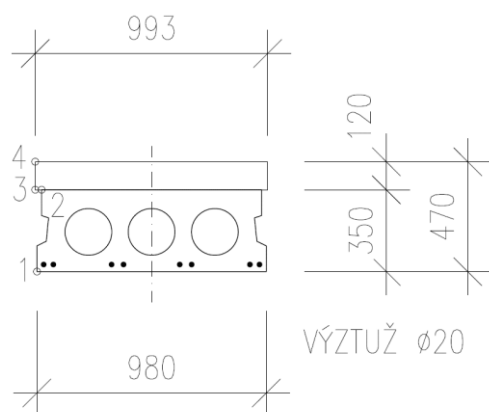
$$t = 0,174 \text{ m}$$

$$I_y = 0,0032 \text{ m}^4$$

$$W_d = W_1 = I_y / t = 0,0032 / 0,174 = 0,0184 \text{ m}^3$$

$$W_h = W_2 = I_y / (h - t) = 0,0032 / (0,350 - 0,174) = 0,0182 \text{ m}^3$$

SPŘAŽENÝ PRŮŘEZ



$$\varphi_p = 5 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,46) = 2,16$$

$$E_{nd} = E_n / (1 + \varphi_p) = 32000 / (1 + 2,16) = 10127 \text{ MPa}$$

$$n = E_{nd} / E_{pd} = 10127 / 28000 = 0,36$$

$$A_i = \Sigma A_j = 0,234 + 0,36 \cdot 0,12 \cdot 0,993 = 0,2769 \text{ m}^2$$

$$t_i = \Sigma(A_j \cdot t_j) / \Sigma A_j = (0,234 \cdot 0,174 + 0,36 \cdot 0,12 \cdot 0,993 \cdot 0,410) / 0,2769 = 0,211 \text{ m}$$

8. PARAMETRY ORTOTROPIE

$$I_y = 0,0082 \text{ m}^4$$

$$A_y = 0,370 \text{ m}^2$$

$$I_x = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 1,0 \cdot 0,12^3 = 0,000144 \text{ m}^4$$

$$A_x = b \cdot h = 1,0 \cdot 0,12 = 0,12 \text{ m}^2$$

$$D_{11} = \frac{E \cdot I_y}{b_1} = \frac{28000 \cdot 0,0082}{0,993} = 231,2 \text{ MNm}$$

$$D_{22} = \frac{E \cdot I_x}{b_2} = \frac{32000 \cdot 0,000144}{1,000} = 4,6 \text{ MNm}$$

$$D_{33} = \frac{1 - \mu}{2} \sqrt{D_{11} \cdot D_{22}} = \frac{1 - 0,15}{2} \sqrt{231,2 \cdot 4,6} = 13,9 \text{ MNm}$$

$$D_{44} = \frac{E}{2(1 + \mu)} A_y / (\beta_y \cdot b_1) = \frac{28000}{2(1 + 0,15)} 0,370 / (1,2 \cdot 0,993) = 3780 \text{ MNm}$$

$$D_{55} = \frac{E}{2(1 + \mu)} A_x / (\beta_x \cdot b_2) = \frac{32000}{2(1 + 0,15)} 0,12 / (1,2 \cdot 1,0) = 1391 \text{ MNm}$$

$$D_{12} = \mu \sqrt{D_{11} \cdot D_{22}} = 0,15 \cdot \sqrt{231,2 \cdot 4,6} = 4,9 \text{ MNm}$$

9. VNITŘNÍ SÍLY STÁLÝCH ZATÍŽENÍ A SMRŠŤOVÁNÍ BETONU

- momenty budou počítány na jeden nosník

VLASTNÍ TÍHA

nosník ŽMP	0,234 · 25	9,31 kN
spáry mezi nosníky	0,019 · 25	0,49 kN
spřažená deska	0,12 · 0,993 · 25	2,98 kN
celkem		12,78 kN

$$M_{g0}^k = 1/8 \cdot g \cdot l^2 = 1/8 \cdot 12,78 \cdot 4,812^2 = 37,0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SMRŠŤOVÁNÍ „MLADÉHO“ BETONU

$$\varepsilon_{sm} = 4.10^{-4} . c_{\varepsilon} . \emptyset = 4.10^{-4} . 0,75.1,0 = 0,0003$$

$$N_{sm}^k = \varepsilon_{sm} \cdot \frac{E_{pd} \cdot A_p \cdot E_{nd} \cdot A_n}{E_{pd} \cdot A_p + E_{nd} \cdot A_n} = 0,0003 \cdot \frac{28000 \cdot 0,234 \cdot 10127 \cdot 0,120}{28000 \cdot 0,234 + 10127 \cdot 0,120} = 0,308 \text{ MN}$$

$$z_{sm} = 0,410 - 0,211 = 0,199 \text{ m}$$

$$M_{sm}^k = N_{sm} \cdot z_{sm} = 308 \cdot 0,199 = 61,3 \text{ kN.m}$$

DLOUHODOBÉ NAHODILÉ ZATÍŽENÍ

římša	$0,25 \cdot 25$	6,25 kN
<u>zábradlí</u>	<u>0,4</u>	<u>0,40 kN</u>
celkem na krajní nosník		6,65 kN

vozovka	$0,08 \cdot 1,0 \cdot 23$	1,84 kN
celkem na vnitřní nosníky		1,84 kN

$$M_{g1,krajní}^k = 1/8 \cdot g \cdot l^2 = 1/8 \cdot 6,65 \cdot 4,812^2 = 19,3 \text{ kN.m}$$

$$M_{g1, \text{vnitřní}}^k = 1/8 \cdot g \cdot l^2 = 1/8 \cdot 1,84 \cdot 4,812^2 = 5,3 \text{ kN.m}$$

10. OHYBOVÉ MOMENTY OD KRÁTKODOBÝCH NAHODILÝCH ZATÍŽENÍ

PLOŠNÁ ZATÍŽENÍ

Vozidla jsou postavena v pořadí 1. zatěžovací pruh u pravé obruby, roznos uvažujeme pod úhlem 1:1 do poloviny výšky spřaženého průřezu.

dynamický součinitel - u LM1 je již součástí modelu zatížení
- u LM3 $\varphi=1,25$

LM1 – první zat. pruh	$1,0 \cdot 150 / (1,068 \cdot 0,83) = 169,2 \text{ kN/m}^2$
LM1 – první zat. pruh	$1,0 \cdot 150 / (1,054 \cdot 0,83) = 171,5 \text{ kN/m}^2$
	$1,0 \cdot 9,0 = 9,0 \text{ kN/m}^2$
LM1 – druhý zat. pruh	$1,0 \cdot 100 / (1,045 \cdot 0,83) = 115,3 \text{ kN/m}^2$
LM1 – druhý zat. pruh	$1,0 \cdot 100 / (1,027 \cdot 0,83) = 117,3 \text{ kN/m}^2$
	$2,4 \cdot 2,5 = 6,0 \text{ kN/m}^2$

>> zároveň splněna podmínka pro $V_n = 32 \text{ t}$ dle ČSN 73 6222

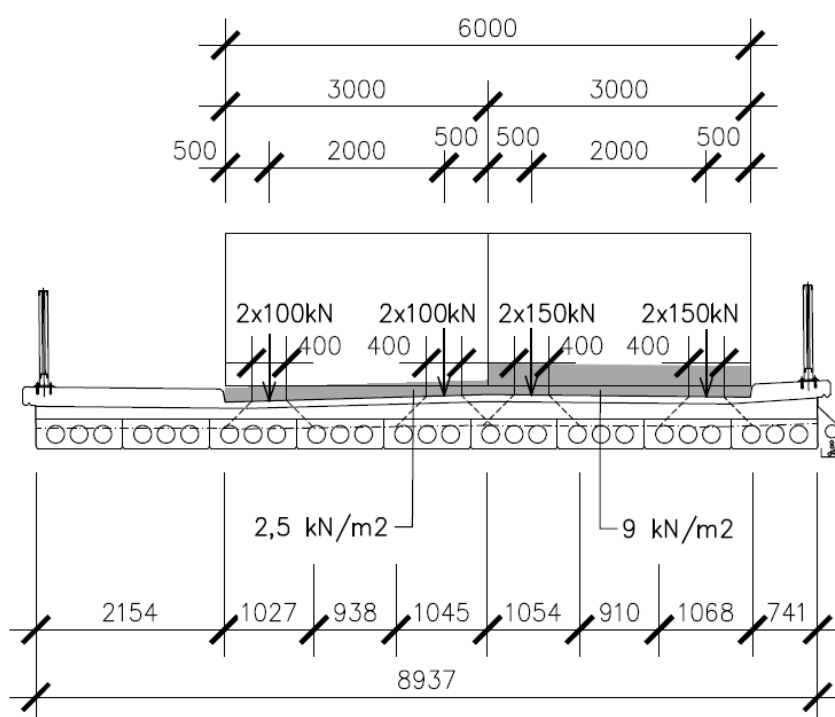
$$LM3 \quad 1,25 \cdot 200 / (3,385 \cdot 0,78) = 94,7 \text{ kN/m}^2$$

>> zároveň splněna podmínka pro $V_r = 80 \text{ t}$ a $V_e = 180 \text{ t}$ dle ČSN 73 6222

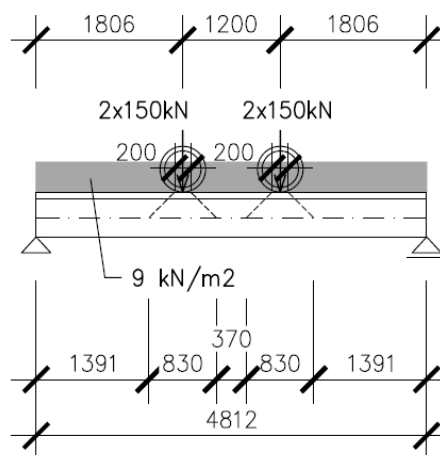
ZATĚŽOVACÍ SCHÉMATA

LM1

PŘÍČNÝ SMĚR

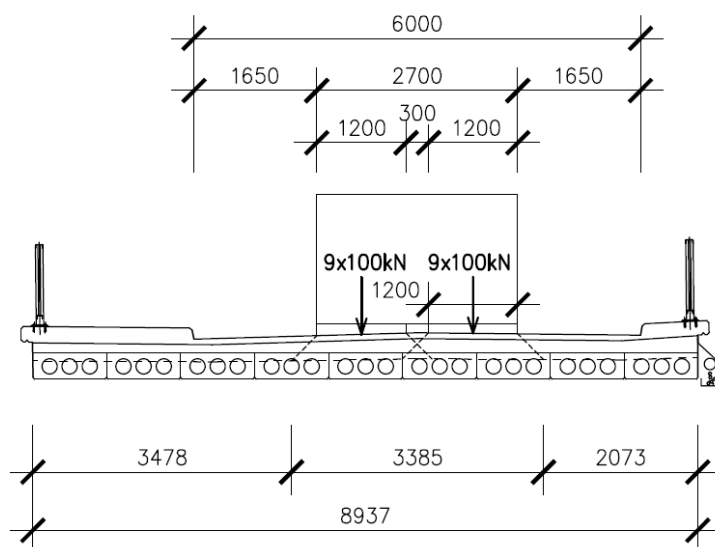


PODÉLNÝ SMĚR (ZAT. PRUH 1)

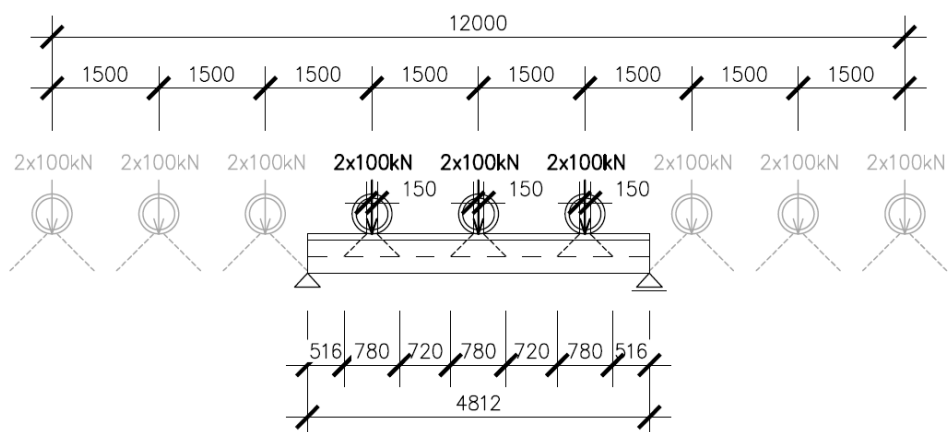


LM3

PŘÍČNÝ SMĚR



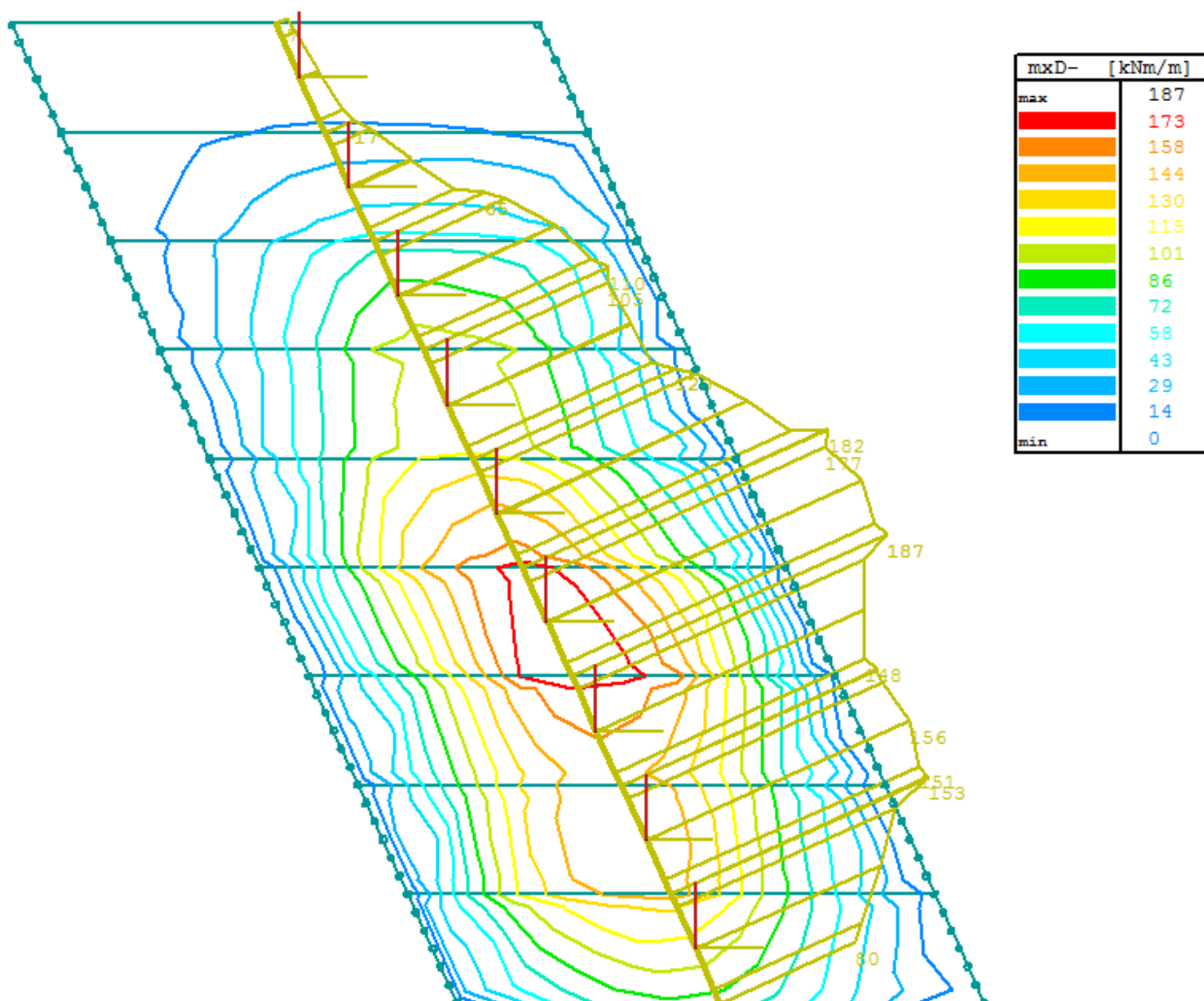
PODÉLNÝ SMĚR

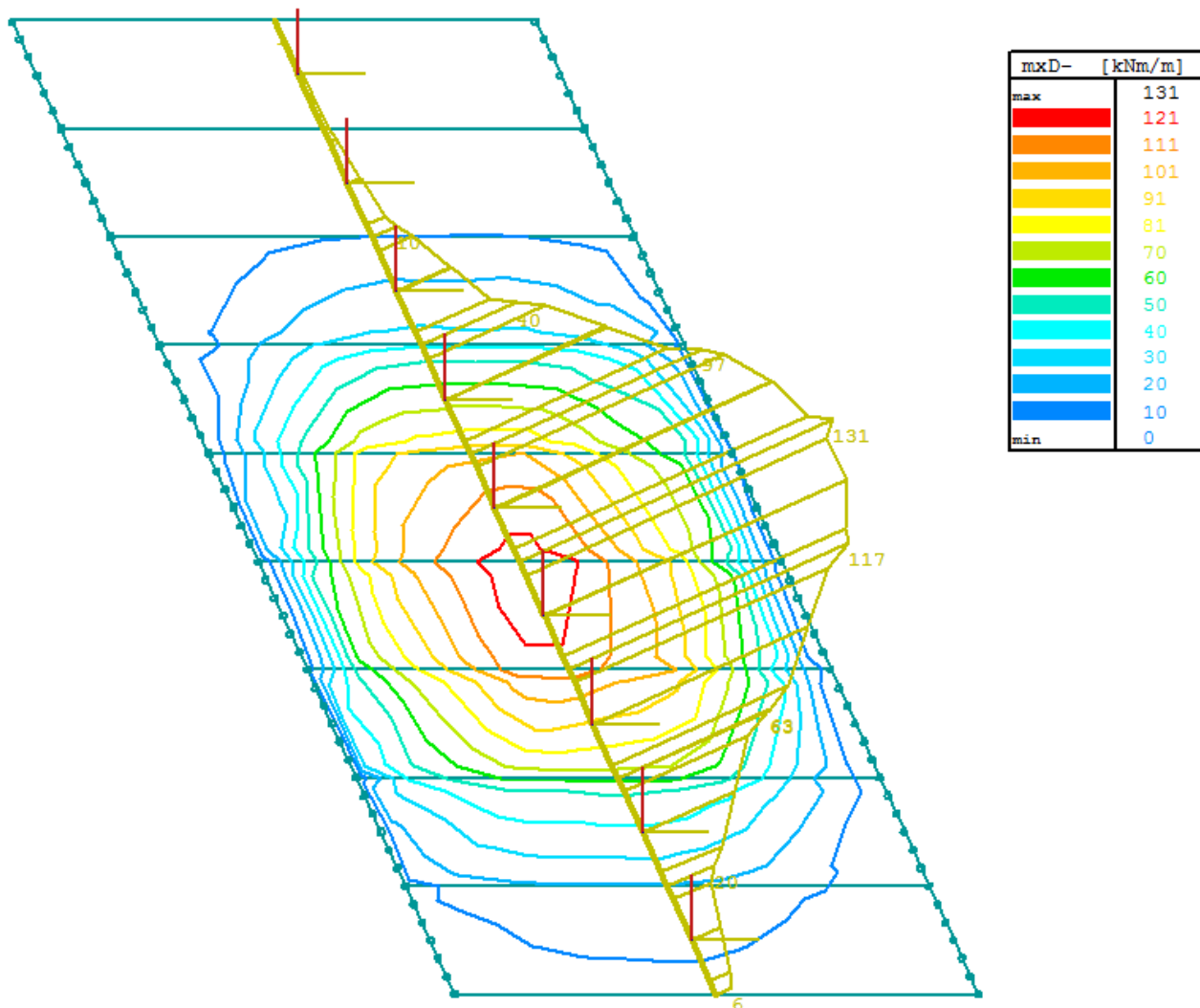


**VÝSTUPY CHARAKTERISTICKÝCH OHYBOVÝCH MOMENTŮ
Z PROGRAMU NEXIS 32**

$$M_{LM1}^k = 186 \text{ kN.m /vnitřní nosník}$$

$$M_{LM3}^k = 130 \text{ kN.m /vnitřní nosník}$$

LM1

LM3**11. POSOUZENÍ DLE 1. MS**

$$M_{g0}^k + M_{g1,vnitřní}^k + M_{LM1}^k + M_{sm}^k = 37,0 + 5,3 + 186 + 61,3 = 289,6 \text{ kN.m}$$

$$M_{g0}^k + M_{g1,vnitřní}^k + M_{LM3}^k + M_{sm}^k = 37,0 + 5,3 + 130 + 61,3 = 233,6 \text{ kN.m}$$

→ Bude posuzován vnitřní nosník.

Kombinace zatížení:

$$\mathbf{6.10a:} \quad 1,35 \cdot 37,0 + 1,35 \cdot 5,3 + 1,35 \cdot 61,3 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 186 = 335,2 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{6.10b:} \quad 1,35 \cdot 0,85 \cdot 37,0 + 1,35 \cdot 0,85 \cdot 5,3 + 1,35 \cdot 0,85 \cdot 61,3 + 1,5 \cdot 186 = \underline{397,8 \text{ kN.m}}$$

$$M_{Ed} = 397,8 \text{ kNm}$$

Beton spřažené desky C 30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}, f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 30 \cdot 0,85 / 1,5 = \underline{17 \text{ MPa}}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

Ocel 10 505

$$f_{yk} = 490 \text{ MPa}, f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 490 / 1,15 = \underline{425 \text{ MPa}}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

METODA MEZNÍ ROVNOVÁHY

$$\epsilon_s > \epsilon_{yd}$$

$$\xi \leq \xi_{ball}$$

$$\xi = x / d; \xi_{ball} = \epsilon_{cu} / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{sy})$$

$$x = A_s \cdot f_{yd} / b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} = 0,002513 \cdot 425 / (0,993 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 17,00) = \underline{0,079 \text{ m}}$$

$$\epsilon_{sy} = \epsilon_{yd} = f_{yd} / E_y = 425 / 200\,000 = \underline{0,0021}$$

$$\xi = x / d = 0,079 / 0,440 = 0,18$$

$$\xi_{ball} = 0,0035 / (0,0035 + 0,0021) = 0,625$$

$$0,18 < 0,625 \rightarrow \text{SPLNĚNO}$$

RAMENO VNITŘNÍCH SIL

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,440 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,079 = \underline{0,408 \text{ m}}$$

$$F_s = F_{yd} = A_s \cdot f_{yd} = 0,002513 \cdot 425000 = \underline{1068,03 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd} = F_s \cdot z = 1068,03 \cdot 0,408 = \underline{435,75 \text{ kNm}}$$

KONTROLA ÚNOSTNOSTI PRŮŘEZU

$$M_{Rd} = 435,75 \text{ kNm} > M_{Ed} = 397,8 \text{ kN} \Rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

V Brně, říjen 2016

Vypracoval: Ing. Kryštof Poukar

