

SKUHROV – MOST - PD

DSP

STATICKÝ VÝPOČET

OBSAH:

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	3
2. LITERATURA	4
3. CÍL STATICKÉHO VÝPOČTU	5
4. VÝKRESY	6
5. STATICKÉ SCHÉMA	9
6. MATERIÁLY	9
7. PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY	10
8. PARAMETRY ORTOTROPIE	12
9. VNITŘNÍ SÍLY OD PŘEDPĚTÍ, STÁLÝCH ZATÍŽENÍ A SMRŠŤOVÁNÍ BETONU	13
10. OHYBOVÉ MOMENTY OD KRÁTKODOBÝCH NAHODILÝCH ZATÍŽENÍ	14
11. POSOUZENÍ DLE 2. MS	16
12. POSOUZENÍ DLE 1. MS	18

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

1.1 Údaje o stavbě

Název stavby: Skuhrov – most - PD
Parcelní čísla: 1/3; 784/1; 581/17; 780/2; 2283/4
Katastrální území: Skuhrov u Havlíčkova Brodu (749036); Olešná u Havlíčkova Brodu (710296)
Kraj: Vysočina
Okres: Havlíčkův Brod
Evidenční číslo mostu: 38-058a

1.2 Údaje o žadateli

Objednatel / budoucí správce: Kraj Vysočina
Žižkova 1882/57, 587 33 Jihlava,
Odpovědní zástupci: MUDr. Jiří Běhounek – hejtmán – věci smluvní
Ing. Jan Hylíš – člen rady kraje pro oblast dopravy a
silničního hospodářství
Ing. Stanislav Juránek
Ing. Hana Matulová
IČO: 70890749 DIČ: CZ70890749

1.3 Údaje o zpracovateli dokumentace

Zhotovitel projektové dokumentace: Rušar mosty, s.r.o.,
Majdalenky 19, 638 00 Brno
tel./fax: 545 222 037, info@rusar.cz
IČO: 29362393 DIČ: CZ29362393
Registrace: Organizace zapsána u Krajského soudu v Brně, oddíl C, vložka 75395
Hlavní inženýr projektu: Ing. Jaromír Rušar
Autorizace: 1000264 obor IM00 – mosty a inženýrské konstrukce
Pozemní komunikace: místní komunikace
Bod křížení: x: 1 097 522,95; y: 669 339,14
Staničení na úseku: 0,126 km
Liniové staničení: 0,126 km
Úhel křížení: 100,00 g

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

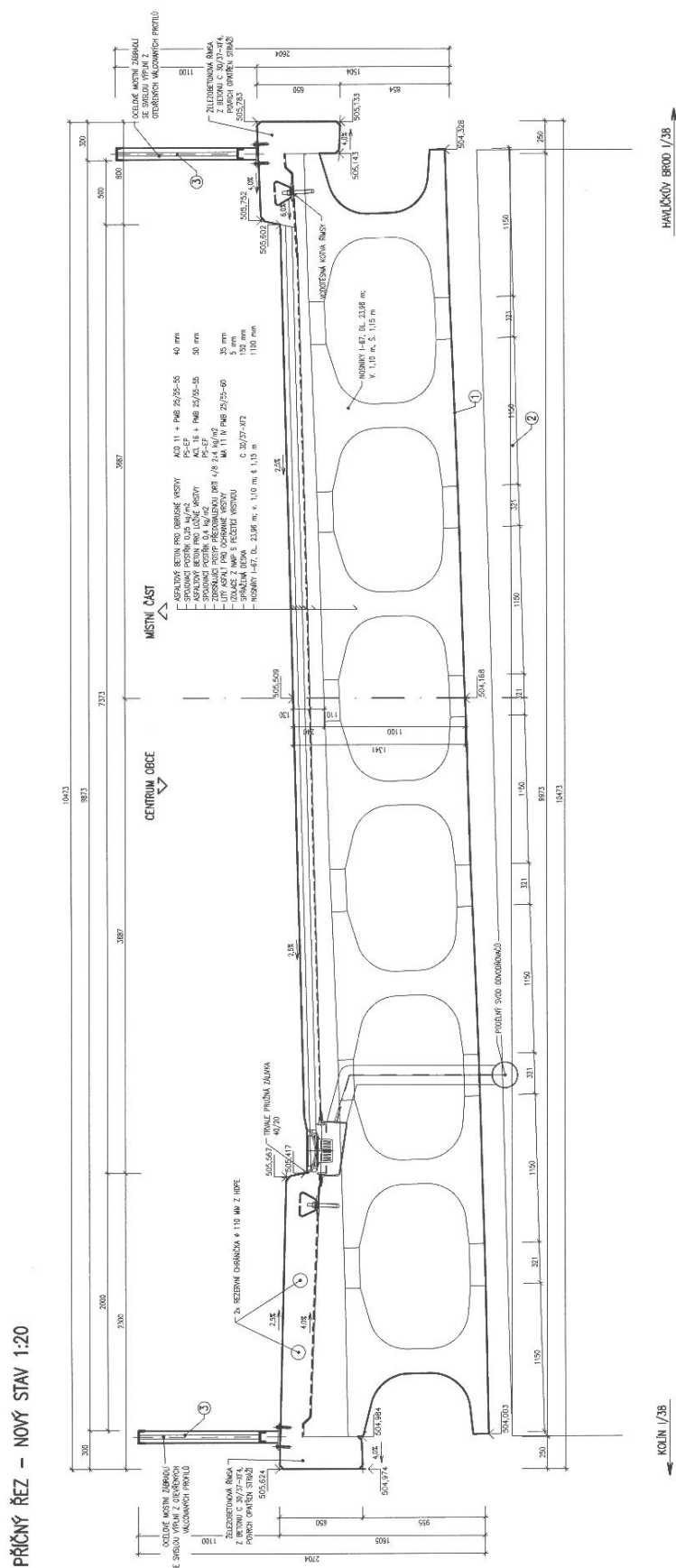
3. CÍL STATICKÉHO VÝPOČTU

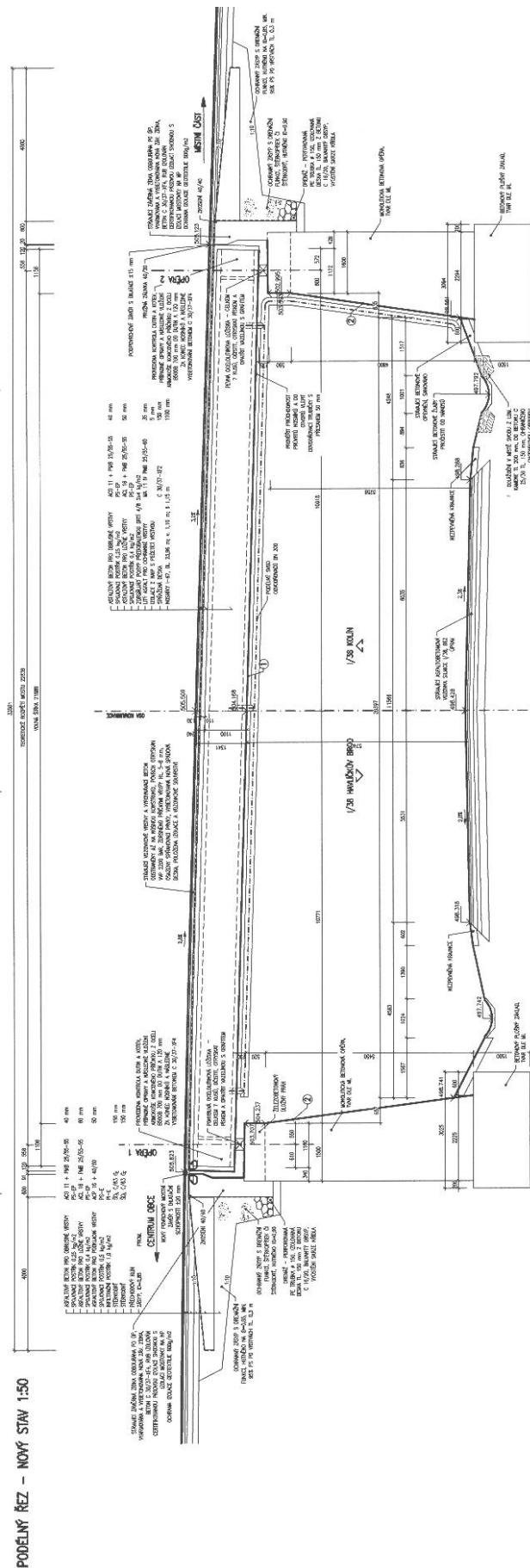
Cílem statického výpočtu je posoudit nosnou konstrukci, sestavenou z původních prefabrikovaných předpjatých nosníků I-67, jež jsou spřaženy s novou monolitickou železobetonovou deskou tl. v $\frac{1}{2}$ rozpětí 90 mm. Jako obecně u posudku předpjatého betonu, budeme vycházet primárně z posudku 2. MS, tedy MSP, a to mezního stavu omezení napětí. Jako limitující je překročení tlakové rezervy, respektive nulového napětí v dolních vláknech a omezení tlakového napětí v horních vláknech ohýbaného prvku v polovině rozpětí. Zjistíme napětí od stálých zatížení, předpětí, smrštění „mladého“ betonu spřažené desky a jednotlivých modelů nahodilého zatížení. Dále bude provedeno posouzení dle 1. mezního stavu, tedy MS únosnosti.

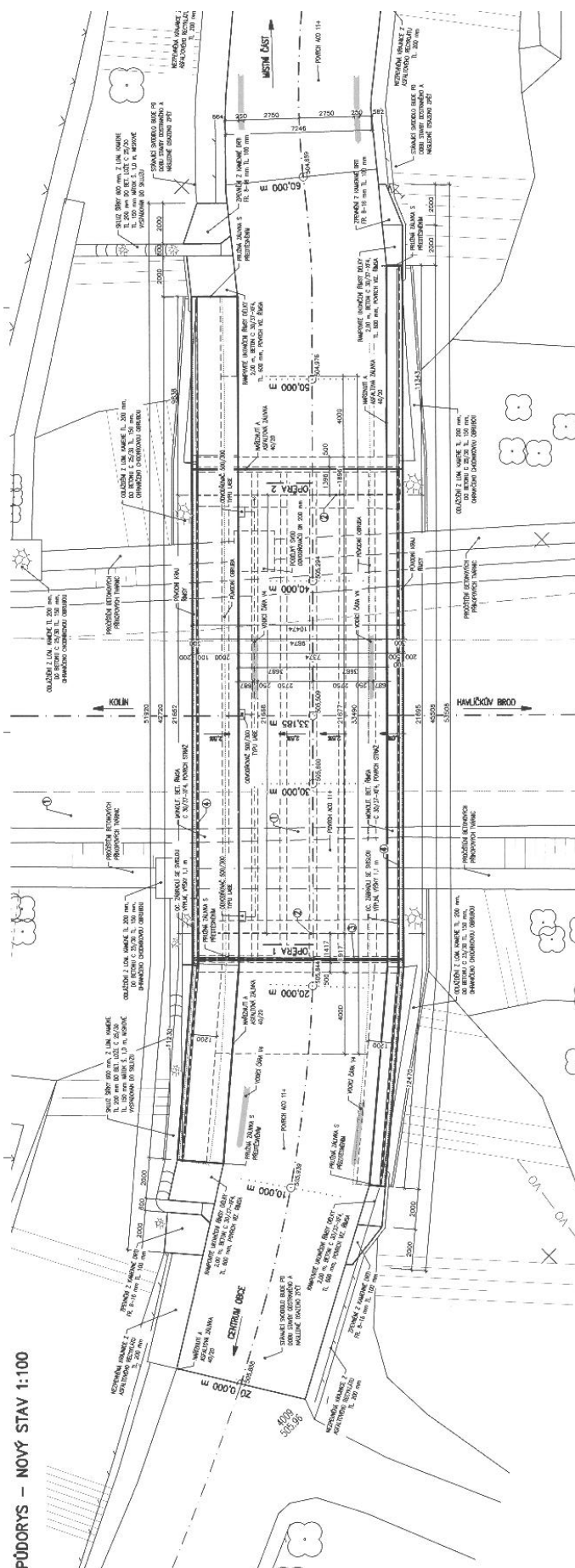
Předpoklady výpočtu:

- Mechanickým modelem je pro stálá zatížení nosník a pro nahodilá zatížení ortotropní deska, řešená metodou konečných prvků. Výpočet je proveden v programu Nexis 32.
- Pozemní komunikaci vedenou po mostě lze zařadit do skupiny 2. Pro dané rozpětí je zřejmé, že největší intenzitu účinků nahodilého zatížení vyvodí model LM 1 dle EC1-Zatížení mostů. Zároveň bude tímto splněna podmínka pro $V_n=22$ t a $V_r=40$ t dle ČSN 73 6222.
- U modelu LM 1 bude zatěžován 1. pruh šíře 3 m s dvounápravou $0,8 \cdot 2 \cdot 300$ kN + náhradním rovnoměrným zatížením $0,45 \cdot 9$ kN/m², 2. pruh šíře 3 m s dvounápravou $0,8 \cdot 2 \cdot 200$ kN + náhradním rovnoměrným zatížením $1,6 \cdot 2,5$ kN/m². Zbylá plocha bude zatížena náhradním rovnoměrným zatížením $1,6 \cdot 2,5$ kN/m².
- Model LM1 je již s uvažováním dynamických vlivů (vyplývá z dikce EC 1).
- Roznos nahodilého zatížení vozovkou a vlastní nosnou konstrukcí bude uvažován do $\frac{1}{2}$ tloušťky spřažené konstrukce.
- Výpočet vnitřních sil bude proveden charakteristickými hodnotami zatížení (tedy bez přenásobení dílčími součiniteli). Při výpočtu dle MSÚ budou vnitřní síly přenásobeny (zvýšeny) patřičnými dílčími součiniteli zatížení, čímž dostaneme návrhové hodnoty zatížení.

4. VÝKRESY







5. STATICKÉ SCHÉMA

STÁLÁ ZATÍŽENÍ

Prostý nosník – rozpětí 22,85 m.

NAHODILÁ ZATÍŽENÍ

Ortotropní deska dl. 24,2 m, rozpětí 22,85 m, šířka 10,0 m, kolmá, prostě uložena.

6. MATERIÁLY

1) Beton nosníků:

beton B500 odpovídá C 35/45, $f_{ck} = 35 \text{ Mpa}$; $E_p = 34\,000 \text{ MPa}$

1. MS $f_{cd} = f_{ck} * \alpha_{cc} / \gamma_c = 35 * 0,9 / 1,5 = 21,0 \text{ Mpa}$

2. MS $\sigma_{c,omezené,tlak} = 0,6 * f_{ck} = 0,6 * 35 = 21,0 \text{ Mpa}$
 $\sigma_{c,omezené,tah} = 0 \text{ Mpa}$

2) Beton spřažené desky:

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

1. MS $f_{cd} = f_{ck} * \alpha_{cc} / \gamma_c = 30 * 0,9 / 1,5 = 18,0 \text{ Mpa}$

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

3) Předpínací výztuž:

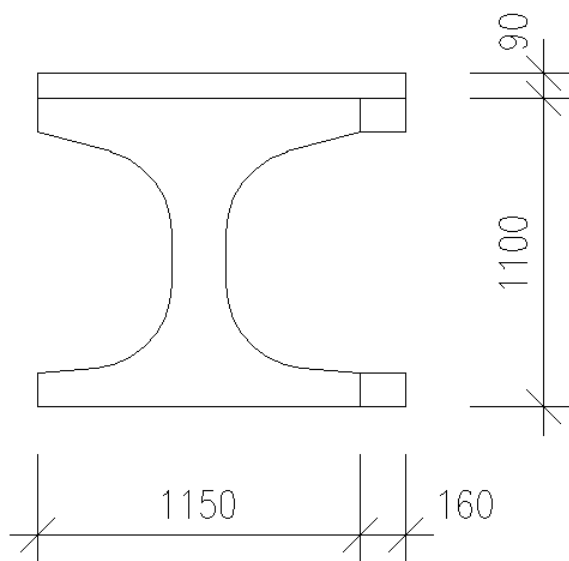
patentované dráty nepopouštěné $\varnothing 4,5 \text{ mm}$

$f_{pk} = 1650 \text{ Mpa}$; $f_{p;0,2}^k = 1350 \text{ MPa}$ (dle TP 200 $f_{p;0,2}^k = 1288 \text{ MPa}$)

1. MS $f_{pd} = f_{p;0,2}^k / \gamma_p = 1350 / 1,15 = 1173 \text{ MPa}$ (dle TP 200 $f_{pd} = 1120 \text{ Mpa}$)

2. MS $\sigma_{p,omezené} = 0,75 * f_{pk} = 0,75 * 1650 = 1237 \text{ Mpa}$

SPŘAŽENÝ PRŮŘEZ – krajní nosník



$$A = 0,731 \text{ m}^2$$

$$t = 0,660 \text{ m}$$

$$I_y = 0,137 \text{ m}^4$$

$$W_1 = I_i / t_i = 0,137 / 0,660 = 0,208 \text{ m}^3$$

$$W_2 = I_i / (h_1 - t_i) = 0,137 / (1,1 - 0,660) = 0,311 \text{ m}^3$$

$$W_3 = W_2 = 0,311 \text{ m}^3$$

$$W_4 = I_i / (h_2 - t_i) = 0,137 / (1,19 - 0,660) = 0,258 \text{ m}^3$$

8. PARAMETRY ORTOTROPIE

$$I_y = 0,150 \text{ m}^4$$

$$A_y = 0,784 \text{ m}^2$$

$$I_x = 0,081 \text{ m}^4$$

$$A_x = 0,330 \text{ m}^2$$

$$D_{11} = \frac{E \cdot I_y}{b_1} = \frac{34000 \cdot 0,150}{1,47} = 3469 \text{ MNm}$$

$$D_{22} = \frac{E \cdot I_x}{b_2} = \frac{32000 \cdot 0,081}{1,0} = 2592 \text{ MNm}$$

$$D_{33} = \frac{1 - \mu}{2} \sqrt{D_{11} \cdot D_{22}} = \frac{1 - 0,15}{2} \sqrt{3,469 \cdot 2,592} = 1275 \text{ MNm}$$

$$D_{44} = \frac{E}{2(1 + \mu)} A_y / (\beta_y \cdot b_1) = \frac{34000}{2(1 + 0,15)} 0,784 / (1,7 \cdot 1,47) = 4638 \text{ MNm}$$

$$D_{55} = \frac{E}{2(1 + \mu)} A_x / (\beta_x \cdot b_2) = \frac{32000}{2(1 + 0,15)} 0,330 / (1,2 \cdot 1,0) = 3826 \text{ MNm}$$

$$D_{12} = \mu \sqrt{D_{11} \cdot D_{22}} = 0,15 \cdot \sqrt{3469 \cdot 2592} = 450 \text{ MNm}$$

9. VNITŘNÍ SÍLY OD PŘEDPĚTÍ, STÁLÝCH ZATÍŽENÍ A SMRŠŤOVÁNÍ BETONU

- momenty budou počítány na jeden krajní nosník

PŘEDPĚTÍ

počet drátů: $14 \cdot 20 = 280$

plocha jednoho drátu: $A_1 = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,0045^2 / 4 = 1,5904 \cdot 10^{-5}$

plocha všech předpínacích drátů: $A_{prp} = 280 \cdot 1,5904 \cdot 10^{-5} = 4,45 \cdot 10^{-3}$

kotevní napětí: $\sigma_{p,kot} = 1310,0 \text{ MPa}$

napětí v t_{nek} : $\sigma_{p,nek} = 0,8 \cdot \sigma_{p,kot} = 0,8 \cdot 1310,0 = 1048 \text{ MPa}$

$\sigma_{p,nek} = 1048 \text{ MPa} < \sigma_{p,omezené} = 1237 \text{ MPa}$... v pořádku

těžiště předpínací síly v $\frac{1}{2}$ rozpětí: $a = (10 \cdot 0,07 + 4 \cdot 0,15) / 14 = 0,093 \text{ m}$

excentricita předpínací síly: $e = t - a = 0,568 - 0,093 = 0,475 \text{ m}$

$$N_{p,nek}^k = \sigma_{p,nek} \cdot A_{prp} = 1048 \cdot 10^3 \cdot 4,45 \cdot 10^{-3} = 4664 \text{ kN.m}$$

$$M_{p,nek}^k = N_{p,nek}^k \cdot e = 4664 \cdot 0,475 = 2215 \text{ kN.m}$$

VLASTNÍ TÍHA

nosník I-67	$0,575 \cdot 26$	14,95 kN/m'
spáry mezi nosníky	$0,16 \cdot 2 \cdot 0,12 \cdot 25$	0,96 kN/m'
spřažená deska	$0,09 \cdot 1,31 \cdot 25$	2,95 kN/m'
celkem		18,86 kN/m'

$$M_{g0}^k = \frac{1}{8} \cdot g \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 18,86 \cdot 22,85^2 = 1231 \text{ kN.m}$$

SMRŠŤOVÁNÍ „MLADÉHO“ BETONU

$$\varepsilon_{sm} = 4 \cdot 10^{-4} \cdot c_{\varepsilon} \cdot \phi = 4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 0,0003$$

$$N_{sm}^k = \varepsilon_{sm} \cdot \frac{E_{pd} \cdot A_p \cdot E_{nd} \cdot A_n}{E_{pd} \cdot A_p + E_{nd} \cdot A_n} = 0,0003 \cdot \frac{34000 \cdot 0,613 \cdot 10127 \cdot 0,132}{34000 \cdot 0,613 + 10127 \cdot 0,132} = 0,377 \text{ MN}$$

$$z_{sm} = 1,145 - 0,660 = 0,485 \text{ m}$$

$$M_{sm}^k = N_{sm} \cdot z_{sm} = 377 \cdot 0,485 = 183 \text{ kN.m}$$

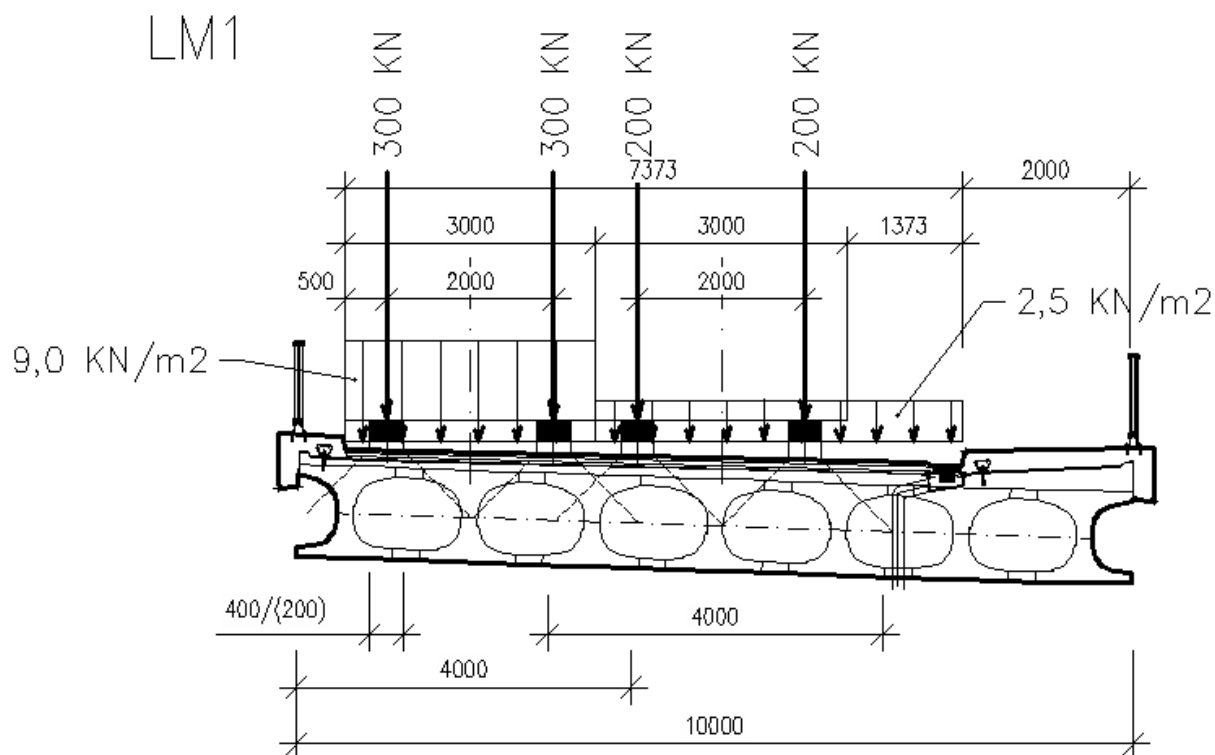
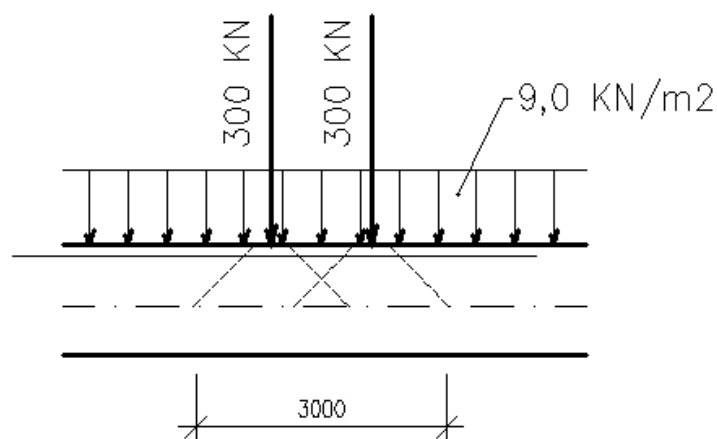
OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

římسا	$0,304 * 25$	7,6 kN/m'
vozovka	$0,13 * 0,77 * 23$	2,3 kN/m'
zábradlí		0,5 kN
celkem na krajní nosník		10,4 kN/m'

$$M_{g1}^k = \frac{1}{8} * g * l^2 = \frac{1}{8} * 10,4 * 22,85^2 = 679 \text{ kN.m}$$

**10. OHYBOVÉ MOMENTY OD KRÁTKODOBÝCH
NAHODILÝCH ZATÍŽENÍ****PLOŠNÁ ZATÍŽENÍ**

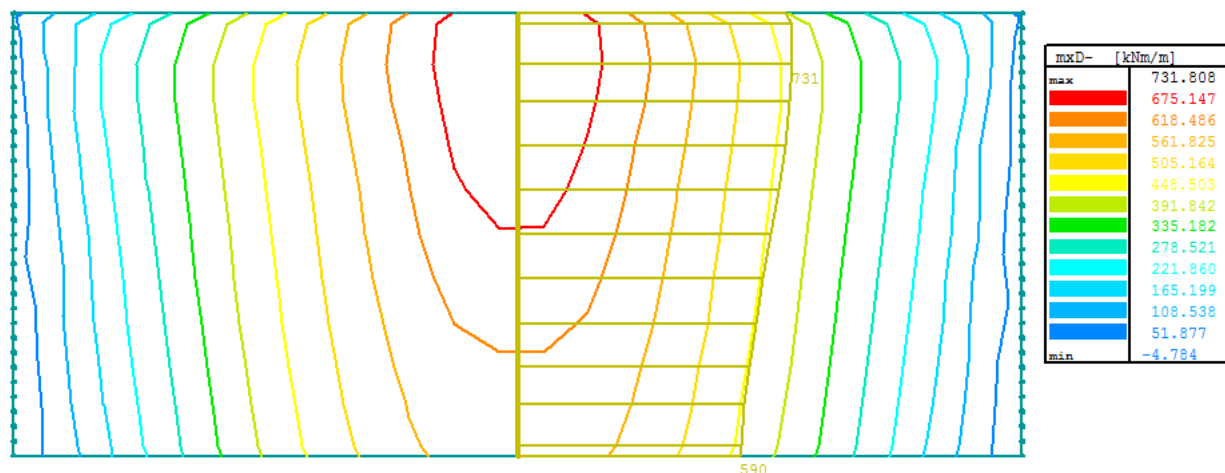
dynamický součinitel	- u LM1 je již součástí modelu	
LM1 – první zat. pruh	$0,8 * 600 / (4,0 * 3,0)$	= 40,0 kN/m ²
	$0,45 * 9,0$	= 4,1 kN/m ²
LM1 – druhý zat. pruh	$0,8 * 400 / (4,0 * 3,0)$	= 26,7 kN/m ²
	$1,6 * 2,5$	= 4,0 kN/m ²
LM1 – ostatní plocha	$1,6 * 2,5$	= 4,0 kN/m ²
Chodci		= 3,0 kN/m ²

ZATĚŽOVACÍ SCHÉMATA**POSTAVENÍ VOZIDEL V PŘÍČNÉM SMĚRU****POSTAVENÍ VOZIDEL V PODÉLNÉM SMĚRU****LM1 – ZATĚŽOVACÍ PRUH Č.1**

VÝSTUPY CHARAKTERISTICKÝCH OHYBOVÝCH MOMENTŮ Z PROGRAMU NEXIS 32

LM1

$$M_{LM1}^k = 732 \cdot 1,31 = 959 \text{ kN.m / krajní nosník}$$



11. POSOUZENÍ DLE 2. MS

→ Bude posuzován krajní nosník.

I. STADIUM: PŘEDPĚTÍ + VLASTNÍ TÍHA, BETONÁŽ SPÁR A SPŘAŽENÉ DESKY

$$N_{p,nek}^k = 4664 \text{ kN.m}$$

$$M_{p,nek}^k = 2215 \text{ kN.m}$$

$$M_{g0}^k = 1231 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_1^I = -\frac{N_{p,nek}^k}{A} + \frac{-M_{p,nek}^k + M_{g0}^k}{W_1} = -\frac{4,664}{0,575} + \frac{-2,215 + 1,231}{0,166} = -8,1 - 5,9 = -14,0 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_2^I = -\frac{N_{p,nek}^k}{A} + \frac{M_{p,nek}^k - M_{g0}^k}{W_1} = -\frac{4,664}{0,575} + \frac{2,215 - 1,231}{0,178} = -8,1 + 5,5 = -2,6 \text{ Mpa}$$

II. STADIUM: SMRŠŤOVÁNÍ „MLADÉHO“ BETONU

$$N_{sm}^k = 377 \text{ kN}$$

$$M_{sm}^k = 183 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_1^{II} = -\frac{N_{sm}^k}{A_i} + \frac{M_{sm}^k}{W_1} = -\frac{0,377}{0,575} + \frac{0,188}{0,208} = +0,3 \text{ Mpa}$$

III. STADIUM: OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$$M_{g1}^k = M_{g1,krajní}^k = 679 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_1^{III} = \frac{M_{g1}^k}{W_1} = \frac{0,679}{0,208} = +3,3 \text{ Mpa}$$

IV. STADIUM: KRÁTKODOBÉ NAHODILÉ ZATÍŽENÍ

$$M_q^k = M_{LM1}^k = 959 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_1^{IV} = \frac{M_q^k}{W_1} = \frac{0,959}{0,208} = +4,6 \text{ Mpa}$$

CELKOVÉ NAPĚTÍ V PRŮŘEZU

$$\sigma_1 = \sigma_1^I + \sigma_1^{II} + \sigma_1^{III} + \sigma_1^{IV} = -14,0 + 0,3 + 3,3 + 4,6 = -5,8 \text{ Mpa}$$

podmínka tlakové rezervy v dolních vláknech:

$$\sigma_1 = -5,8 \text{ MPa} < \sigma_{c,omezené,tah} = 0 \text{ MPa} \dots \text{v pořádku}$$

12. POSOUZENÍ DLE 1. MS

OHYBOVÉ MOMENTY OD GRAVITAČNÍHO ZATÍŽENÍ

$$M_{g+q}^k = M_{g0}^k + M_{sm}^k + M_{g1}^k + M_{LM1}^k = 1231 + 183 + 679 + 959 = 3052 \text{ kN.m}$$

$$M_{g+q}^d = \gamma * M_{g+q}^k = 1,35 * 3052 = 4120 \text{ kN.m}$$

VNITŘNÍ SÍLY OD PŘEDPĚTÍ

$$F_{pd} = \gamma * f_{pd} * A_p = 1,0 * 1120 \cdot 10^3 * 4,45 \cdot 10^{-3} = 4984 \text{ kN.m}$$

Betonářská výztuž nosníku je v malém počtu vložek malého průměru, a proto ji na stranu bezpečnou zanedbáme!

NÁVRHOVÝ MOMENT ÚNOSNOSTI

$$F_{cd} = 0,8 * x * b * f_{cd} = 0,8 * x * 1,31 * 18 \cdot 10^3 = 18864 * x$$

$$-(-F_{pd}) - F_{cd} = 0$$

$$4984 - 18864 * x = 0 \rightarrow x = 0,264 \text{ m}; 0,8 * x = 0,210 \text{ m}$$

...nepřesahuje spodek horní desky nosníku

$$r = 1,19 - 0,093 - 0,210/2 = 0,992 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = F_{pd} * r = 4984 * 0,992 = 4944 \text{ kN.m}$$

podmínka spolehlivosti:

$$M_{g+q}^d = 4120 \text{ kN.m} < M_{Rd} = 4944 \text{ kN.m} \dots \text{vyhoví}$$

V Brně, duben 2019

Vypracoval: Ing. Květoslav Rušar

