

SO 201 - MOST

D.1

PDPS

Souřadnicový systém: S - JTSK

Výškový systém: Bpv

Zhotovitel:

RD SÚS JmK - PK OSSENDORF+Linio Plan+Rušar mosty

Vedoucí konsorcia: PK OSSENDORF s.r.o.

Číslo smlouvy objednatele: 782/2018

Vedoucí projektant:	Ing. Jaromír RUŠAR		 Majdalenky 19, 638 00 Brno Tel., fax: 545 222 037 E-mail: info@rusar.cz	
Zodpovědný projektant:	Ing. Kvetoslav RUŠAR			
Vypracoval:	Ing. Kryštof POUKAR			
Kontroloval:	Ing. Radoslav HOLÝ			
Kraj:	Jihomoravský	Datum:	6 / 2021	
Zadavatel:	Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, p.o.	Formát:	A4	
Název akce: III/36829 DEŠTNÁ-RUMBERK, MOST 36829-1 SO 201 - MOST		Měřítko:		
		Účel:	PDPS	
		Čís.zakáz.:	133 - 2019	
		Archivní čís.:	26 - 2019	
Název přílohy:	STATICKÝ VÝPOČET		Čís.soupravy:	Čís. přílohy: 13.

III/36829 DEŠTNÁ-RUMBERK, MOST 36829-1

SO201 – MOST

STATICKÝ VÝPOČET

OBSAH:

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	2
2. PŘEDPISY A LITERATURA	3
3. CÍL STATICKÉHO VÝPOČTU	4
4. VÝKRESY	5
5. MECHANICKÝ MODEL	8
6. ZATĚŽOVACÍ STAVY	9
7. NORMÁLOVÉ SÍLY A OHYBOVÉ MOMENTY	14
8. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - OHYB	17
9. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI – SMYK	23
10. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI	29
11. ZÁVĚR	33
12. SCHÉMA VÝZTUŽE	33

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

1.1 Údaje o stavbě

Název stavby:	III/36829 DEŠTNÁ-RUMBERK, MOST 36829-1
Parcelní čísla:	st. 17, 29/2, 35/6, 133/1, 232, 237, 285, 334, 369, 370
Katastrální území:	Rumberk 625809
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Blansko
Evidenční číslo mostu:	36829-1

1.2 Údaje o žadateli

Objednatel / budoucí správce:	Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, příspěvková organizace kraje Žerotínovo náměstí 449/3, 60200 Brno
Odpovědní zástupci:	Ing. Zdeněk Komůrka – ředitel Ing. Jindřich Hochman – investiční náměstek Ing. Petr Bažant – vedoucí investičního oddělení Ing. Daniel Hynk – vedoucí IÚ oblast Sever IČO: 70932581 DIČ: CZ70932581

1.3 Údaje o zpracovateli dokumentace

Zhotovitel:	RD SÚS JmK – PK OSSENDORF+Linio Plan+Rušar mosty
Vedoucí konsorcia:	PK OSSENDORF s.r.o., Tomešova 503/1, 602 00 Brno IČO: 25564901 DIČ: CZ25564901
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, ČKAIT 1000264 – obor IM00
Zodpovědný projektant:	Ing. Květoslav Rušar, ČKAIT 1006722 – obor IM00, ID00
Pozemní komunikace:	silnice III/36829
Bod křížení:	x: 1 114 727.740; y: 596 550.255
Staničení na úseku:	3,529 km
Liniové staničení:	3,529 km
Úhel křížení:	31,76 g

2. **PŘEDPISY A LITERATURA**

ČSN EN 1991-1	Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení
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	

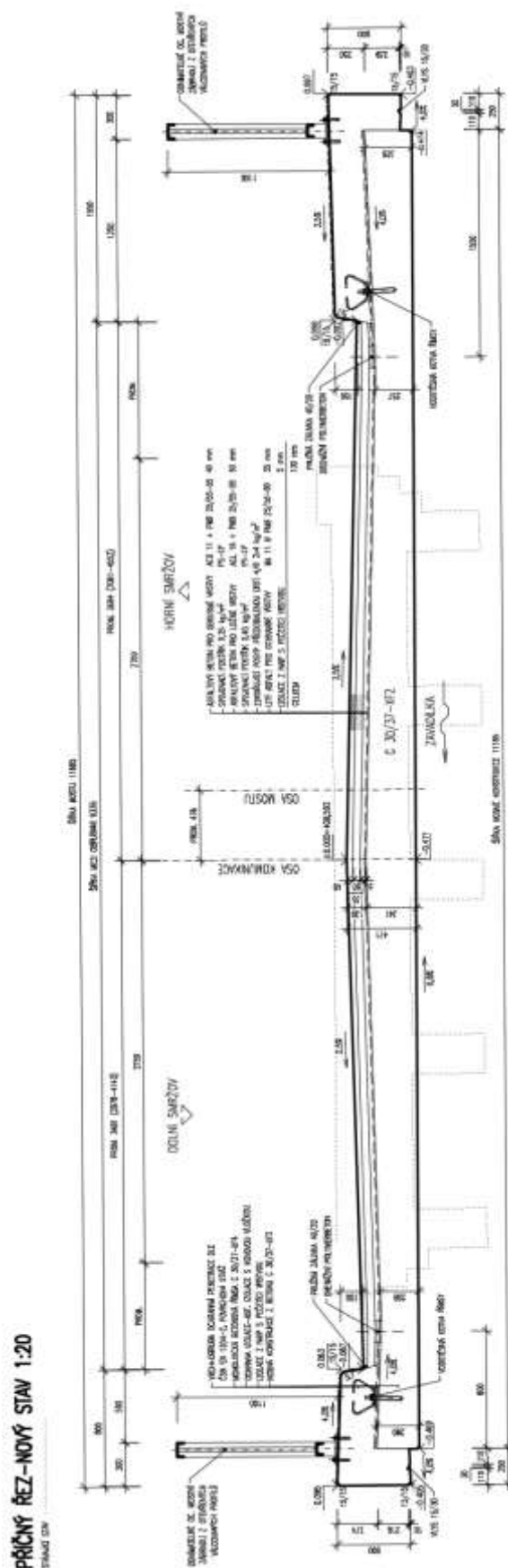
3. **CÍL STATICKÉHO VÝPOČTU**

Cílem statického výpočtu je posoudit navrhovanou rámovou konstrukci a nadimenzovat správně betonářskou výztuž. Posudek bude dělán dle EC2, konstrukce bude ověřena stran spolehlivosti jak dle MSÚ (první skupina mezních stavů – únosnost), tak dle MSP (druhá skupina mezních stavů – provozní způsobilost a životnost).

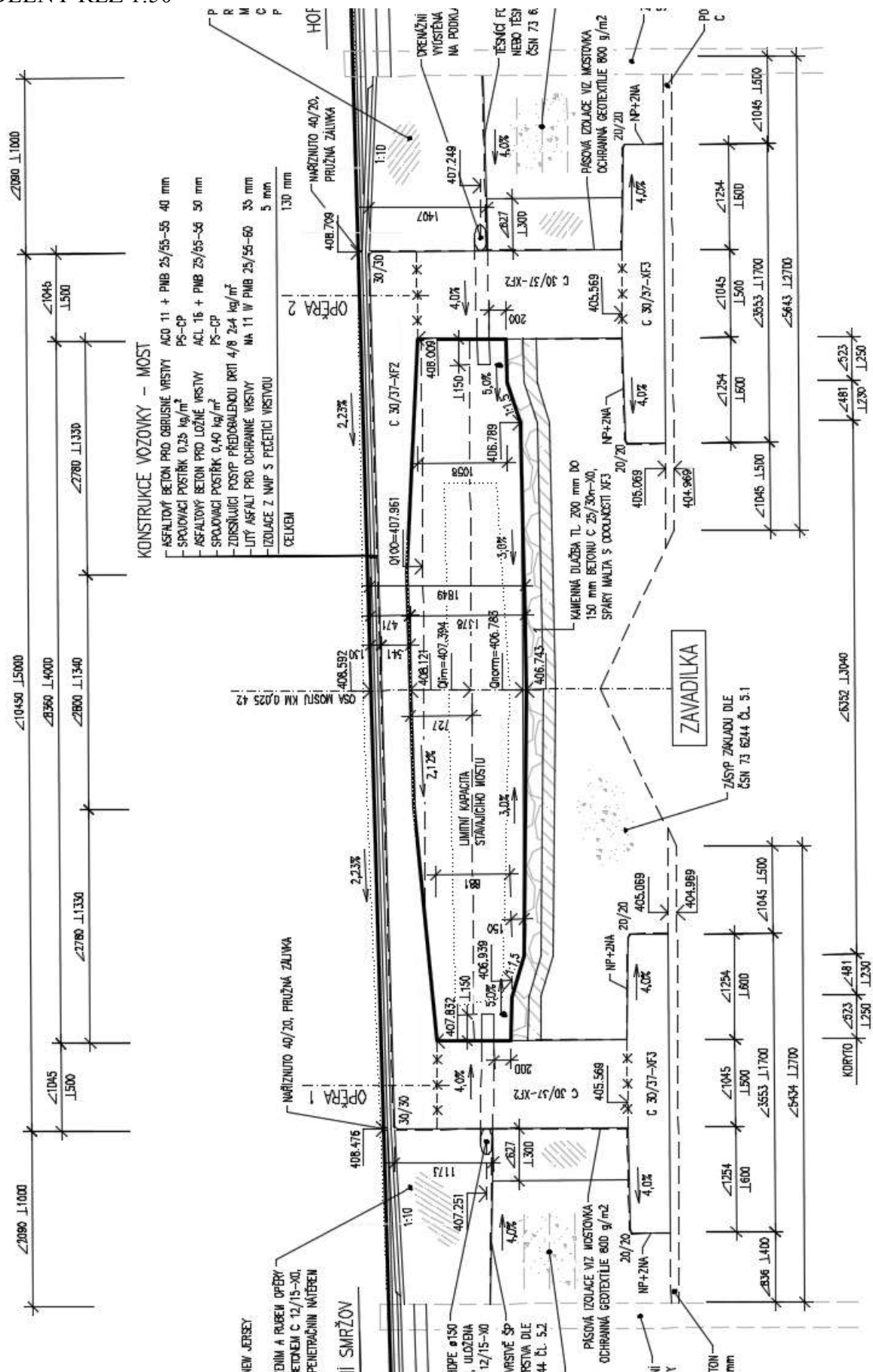
Předpoklady výpočtu:

- Konstrukce bude řešena metodou otevřený rám v programu SCIA Engineer
- Pro dané rozpětí je zřejmé, že největší intenzitu účinků vyvodí model LM1 dle EC1 – Zatížení mostů, jelikož se jedná o pozemní komunikaci skupiny 1, zatížení zvláštním vozidlem se uplatňuje.
- Příčný roznos odpovídá zhruba předpokladům dle bývalé ČSN 73 6206 (Navrhování betonových a železobetonových mostních konstrukcí), tedy $l/6$ pro ohyb a $x/3$ pro smyk
- Roznos vozovkou a vlastní ŽB konstrukcí bude uvažován do $1/2$ tloušťky příčle
- Zatížení pohyblivá jsou již s uvažováním dynamických vlivů (vyplývá z dílce EC1)
- Regulační součinitelé α jsou brány dle dílce Z3 z října 2012
- Výpočet vnitřních sil bude proveden návrhovými (dříve výpočtovými) hodnotami zatížení (tedy se zvýšením dílčími součiniteli), při výpočtu dle MSP budou vnitřní síly či deformace poděleny (sníženy) příslušnými dílčími součiniteli zatížení, čímž dostaneme charakteristické (dříve normové) hodnoty zatížení

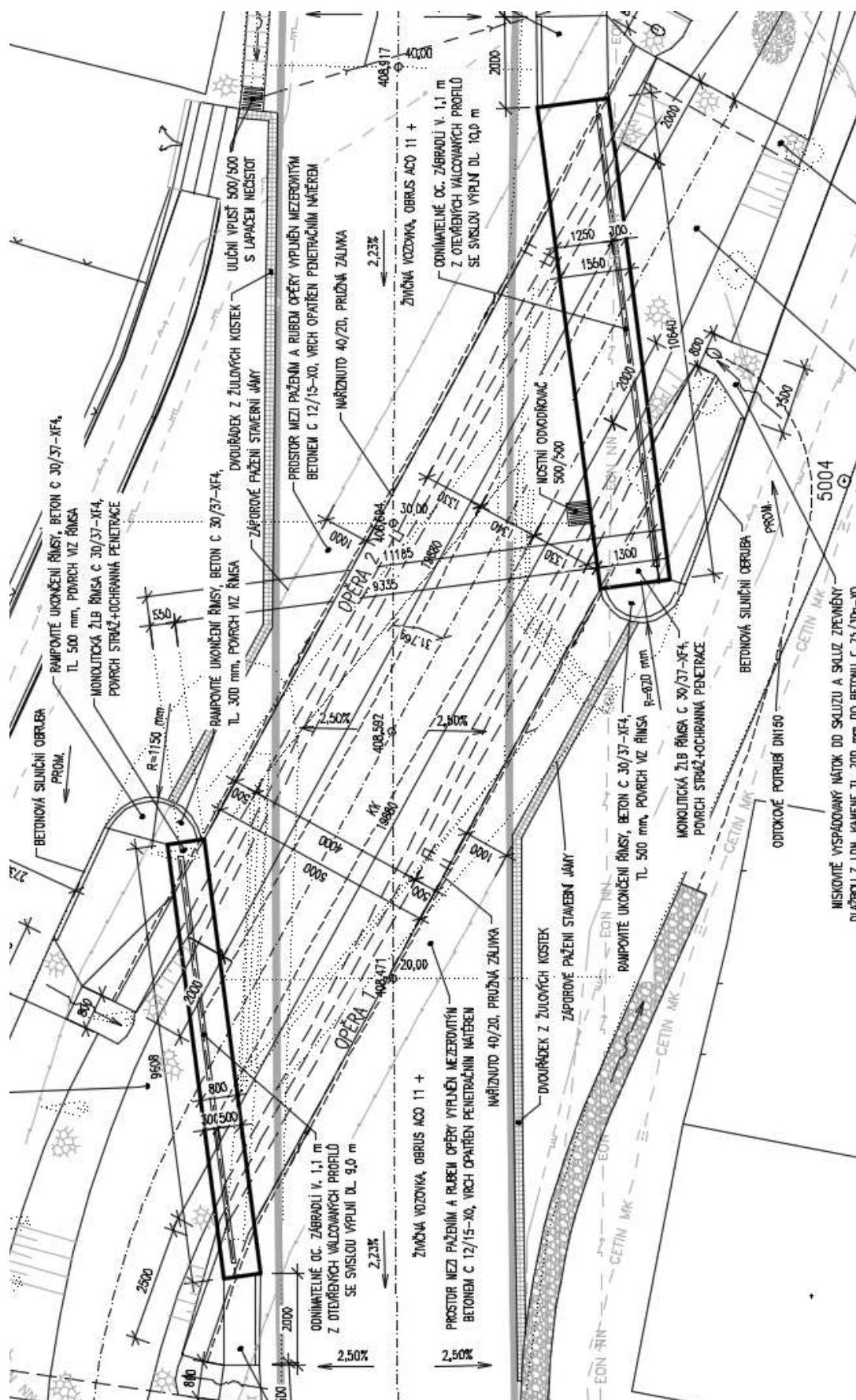
4. VÝKRESY



PODÉLNÝ ŘEZ 1:50

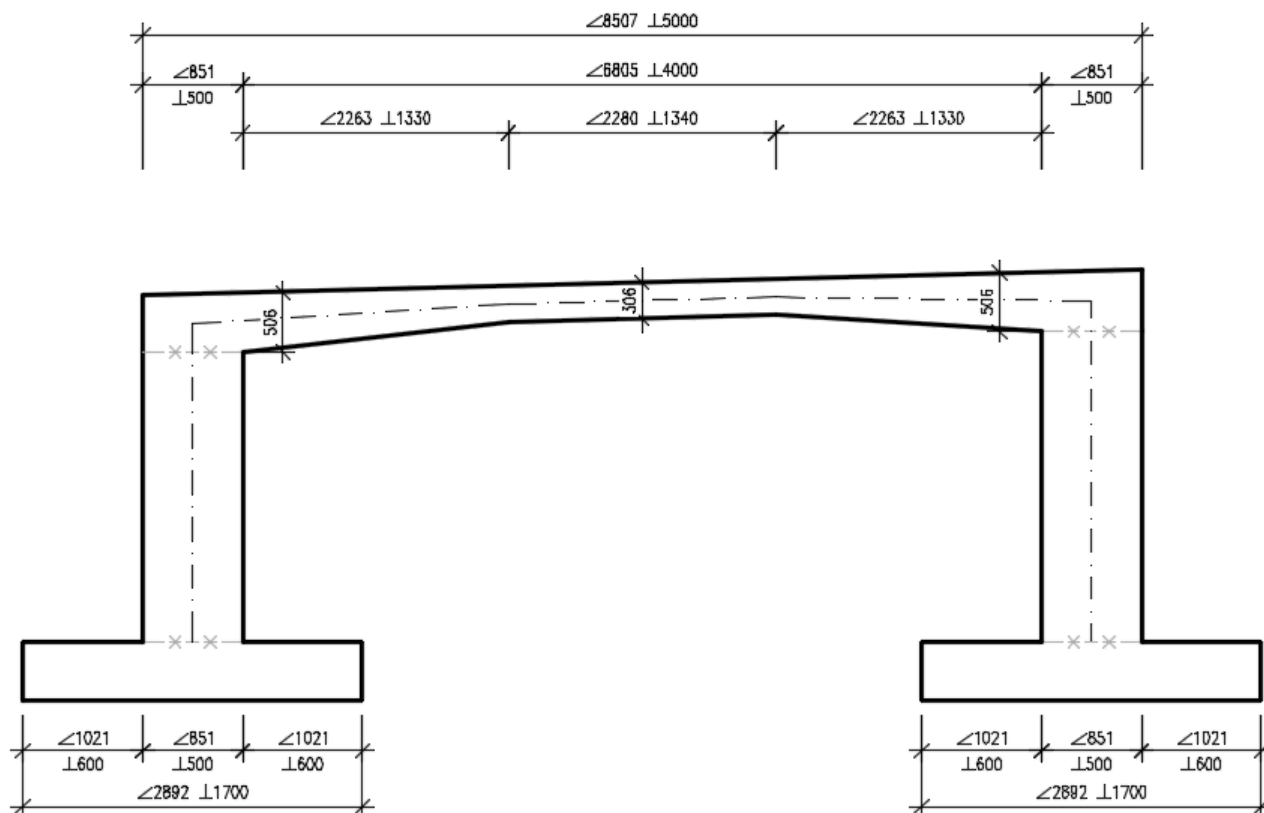


PŮDORYS 1:100



5. MECHANICKÝ MODEL

Dle statického hlediska konstrukce působí jako otevřený rám. V programu SCIA Engineer byl vytvořen mechanický model prutového otevřeného rámu. Konstrukce je řešena v šířce 1 m, tedy i výztuž je dimenzována do 1 m².



Obr. 1: Rozměry rámu v podélném směru



Obr. 2: Náhradní rozpětí rámu

6. ZATĚŽOVACÍ STAVY

Stálé zatížení v návrhových hodnotách

Dílčí součinitel γ : stálá zatížení: $\gamma_g = 1,35$

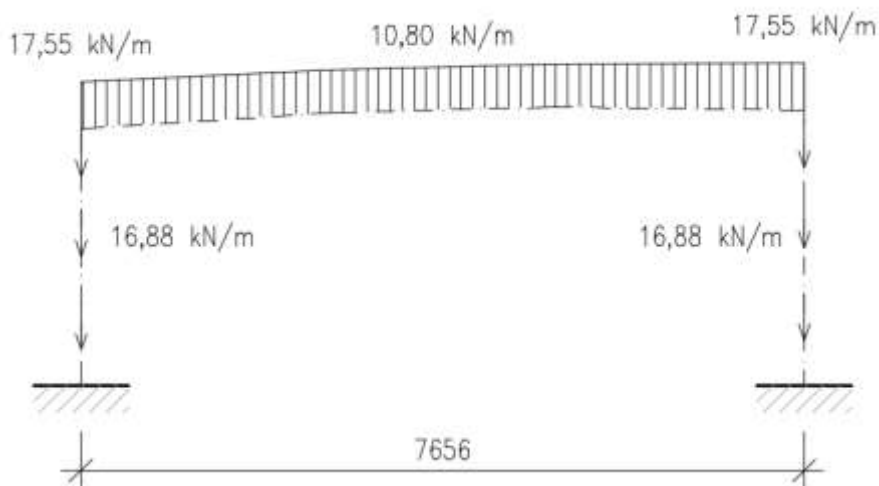
vlastní tíha přičle

$$1,35 \cdot (0,52 \cdot 1,0 \cdot 25) = 17,55 \text{ kN/m'}$$

$$1,35 \cdot (0,32 \cdot 1,0 \cdot 25) = 10,80 \text{ kN/m'}$$

vlastní tíha stojiny

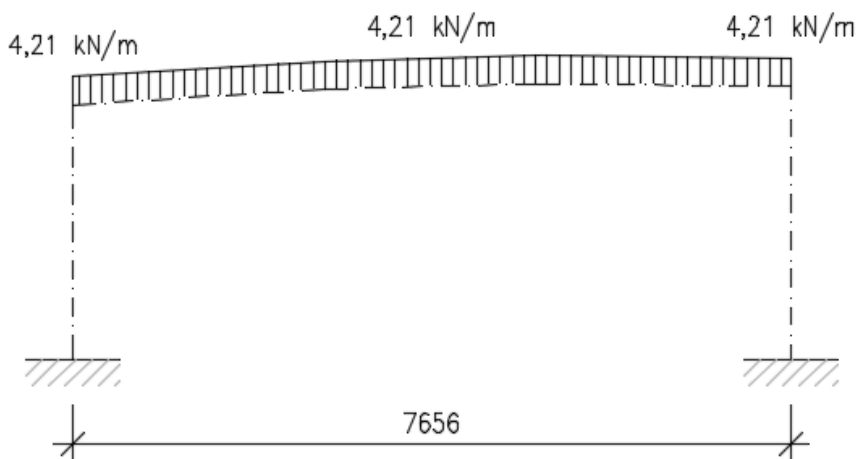
$$1,35 \cdot (0,50 \cdot 1,0 \cdot 25) = 16,88 \text{ kN/m'}$$



Obr. 3: ZS1 – vlastní tíha rámu

tíha vozovky

$$1,35 \cdot (0,13 \cdot 1,0 \cdot 24) = 4,21 \text{ kN/m'}$$



Obr. 4: ZS2 – tíha vozovky

Zemní tlak v klidu

Model je namáhán také okolní zeminou v klidovém stavu.

Úhel vnitřního tření zeminy:

$$\varphi = 30^\circ$$

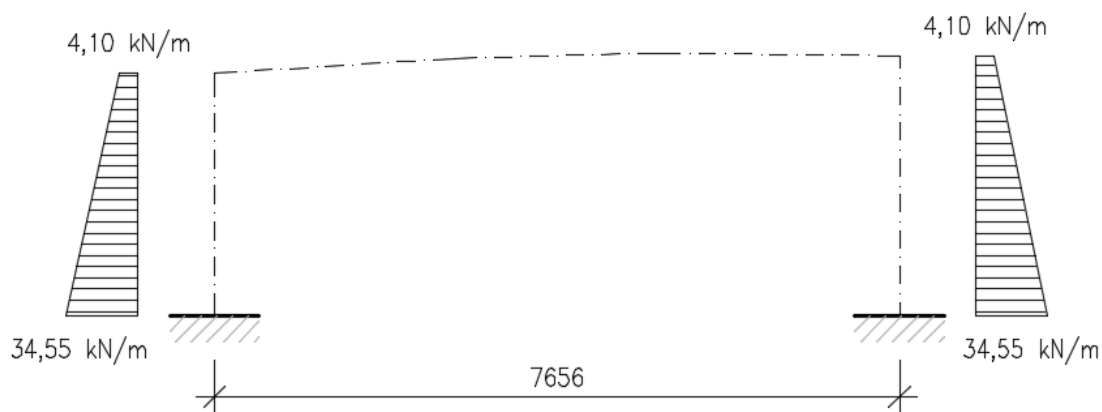
$$k_0 = (1 - \sin \varphi) = (1 - \sin 30^\circ) = 0,5$$

$$\sigma_i^d = \sigma_i^k \quad (\text{na stranu bezpečnosti } \gamma = 1)$$

$$\sigma_i^d = \gamma_z \cdot h_i \cdot k_0$$

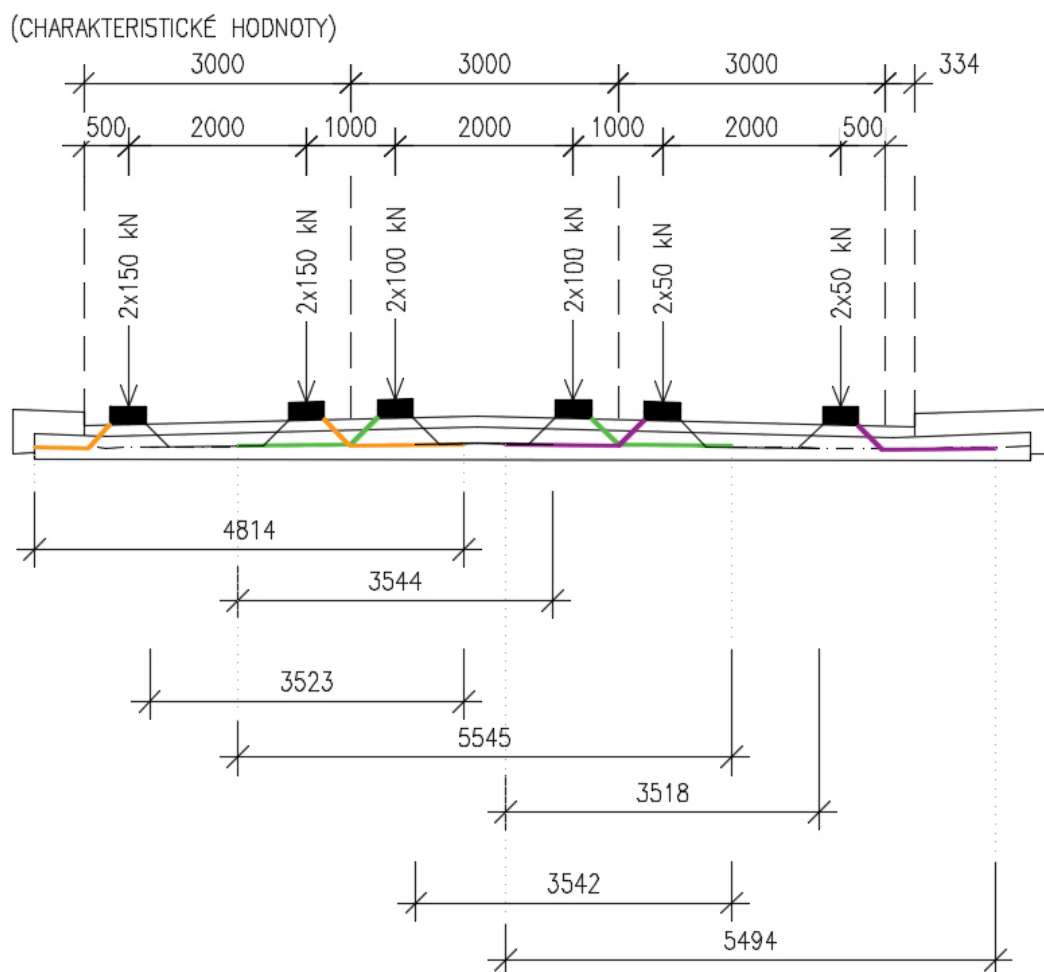
$$\sigma_1^d = \gamma_z \cdot h_1 \cdot k_0 = 21 \cdot 0,39 \cdot 0,5 = 4,10 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 4,10 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_2^d = \gamma_z \cdot h_2 \cdot k_0 = 21 \cdot 3,29 \cdot 0,5 = 34,55 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 34,55 \text{ kN/m}$$

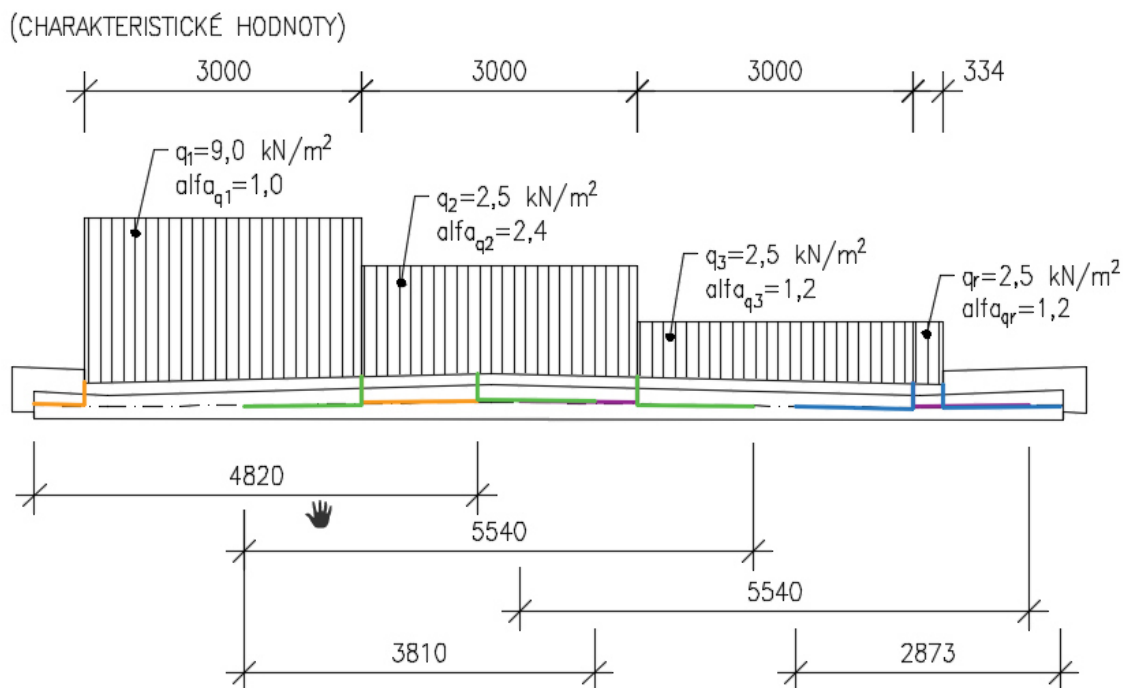


Obr. 5: ZS3 – zemní tlak v klidu

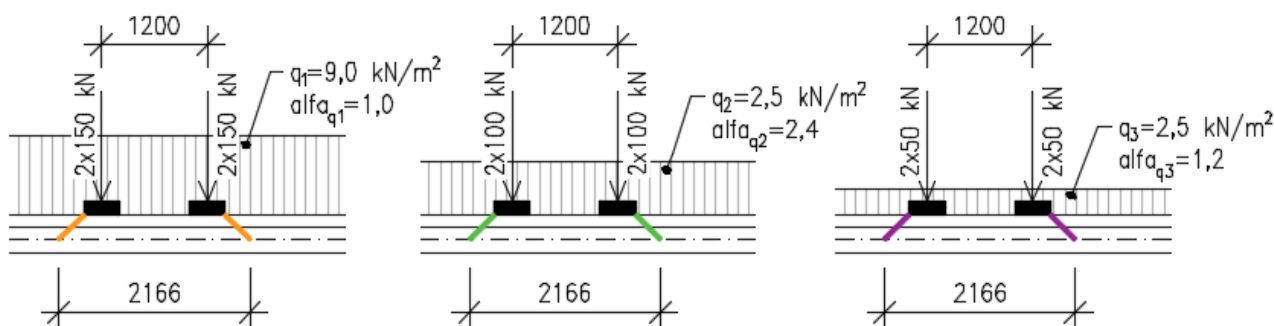
Pohyblivé zatížení – soustava LM1 v návrhových hodnotách



Obr. 6: Soustava zatížení LM1 - TS, příčný směr



Obr. 7: Soustava zatížení LM1 – UDL, příčný směr



Obr. 8: Soustava zatížení LM1, podélný směr

Soustava LM1 je již s vlivem dynamického součinitele. Roznos vozovkou a vlastní ŽB konstrukcí je uvažován do poloviny výšky příčle pod úhlem 1:1. V příčném směru roznos odpovídá zhruba předpokladům dle bývalé ČSN 73 6206, tedy $l/6$, kde l je tzv. náhradní rozpětí. Zatížení je nasčítáno – uvažujeme spolupůsobení.

$$l/6 = 7,656/6 \cong 1,270 \text{ m}$$

Dílčí součinitel γ : silniční doprava: $\gamma_{Q1}=1,35$

první zat. pruh

$$1,35 \cdot (1,0 \cdot 600/(4,81 \cdot 2,17) + 1,0 \cdot 200/(3,54 \cdot 2,17)) = 112,8 \text{ kN/m}^2$$

$$1,35 \cdot ((1,0 \cdot 9,0 \cdot 3,0/4,82) + (2,4 \cdot 2,5 \cdot 1,27/3,81)) = \mathbf{10,3 \text{ kN/m}^2}$$

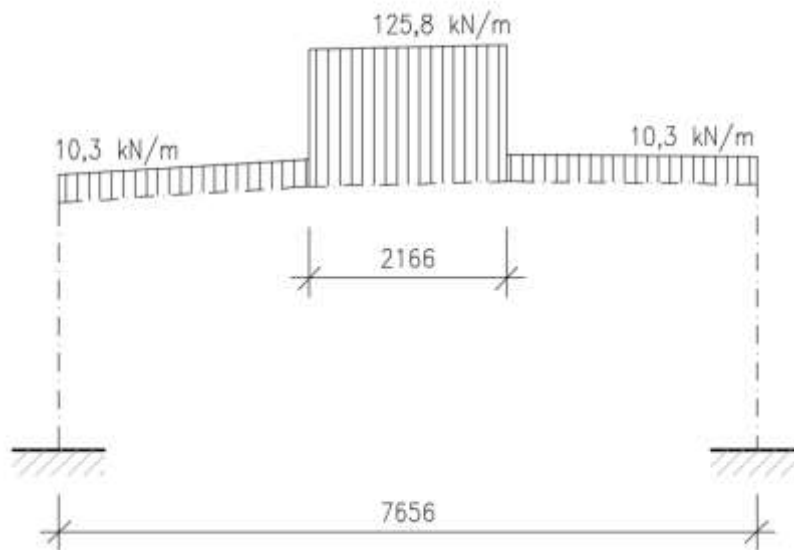
druhý zat. pruh

$$1,35 \cdot (1,0 \cdot 300/(3,52 \cdot 2,17) + 1,0 \cdot 400/(5,55 \cdot 2,17) + 1,0 \cdot 100/(3,52 \cdot 2,17)) = \mathbf{115,5 \text{ kN/m}^2}$$

$$1,35 \cdot ((2,4 \cdot 2,5 \cdot 3,0/5,54) + (1,0 \cdot 9,0 \cdot 1,27/3,81) + (1,2 \cdot 2,5 \cdot 1,27/3,81)) = 9,8 \text{ kN/m}^2$$

třetí zat. pruh $1,35 \cdot (1,0 \cdot 200/(3,54 \cdot 2,17) + 1,0 \cdot 200/(5,49 \cdot 2,17)) = 57,8 \text{ kN/m}^2$
 $1,35 \cdot ((1,2 \cdot 2,5 \cdot 3,0/5,54) + (2,4 \cdot 2,5 \cdot 1,27/3,81) + (1,2 \cdot 2,5 \cdot 0,34/2,87)) = 5,4 \text{ kN/m}^2$

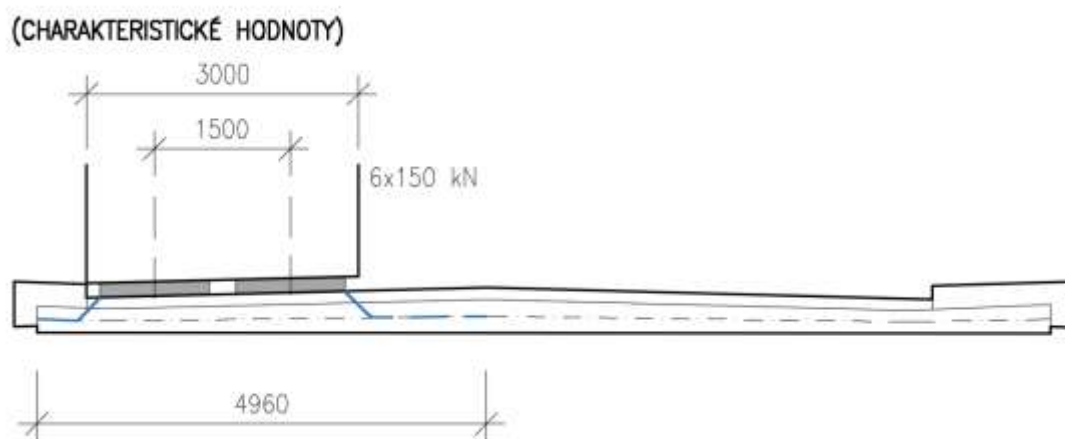
ostatní plocha $1,35 \cdot ((1,2 \cdot 2,5 \cdot 0,34/2,87) + (1,2 \cdot 2,5 \cdot 1,27/3,81)) = 1,83 \text{ kN/m}^2$
 125,8 Pozn.: Rám je počítán prutově v šířce jednoho metru, proto do zatěžovacího stavu bereme spolupůsobení maximální, jak u zatíženích soustředěných tak u zatíženích rovnoměrných.



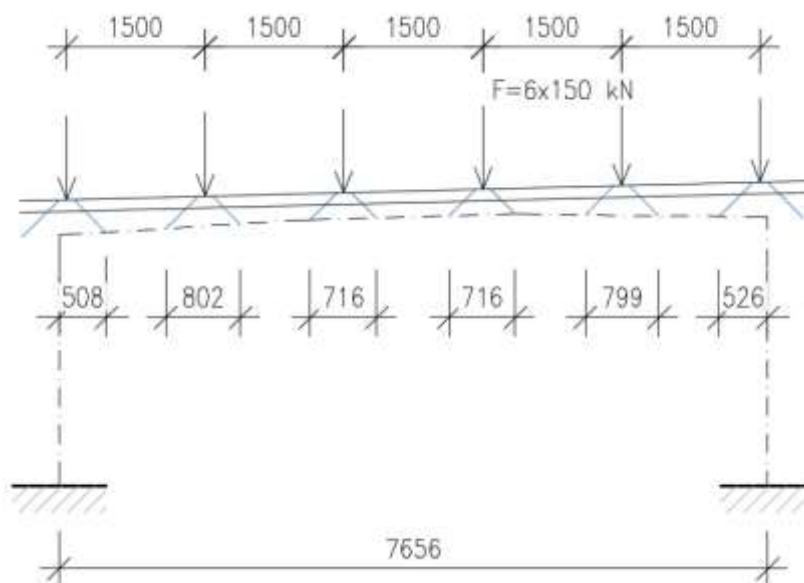
Obr. 9: ZS4 – LM1

Pohyblivé zatížení – soustava LM3 v návrhových hodnotách

Jelikož se jedná o komunikaci III. třídy, tak model zatížení LM3 budeme uvažovat 900/150. Po mostě se pohybuje 6 náprav po 150 kN. Dynamický součinitel se uvažuje hodnotou 1,25. Tato sestava by neměla rozhodovat, vzhledem k rozpětí mostu.



Obr. 10: Soustava zatížení LM3, příčný směr



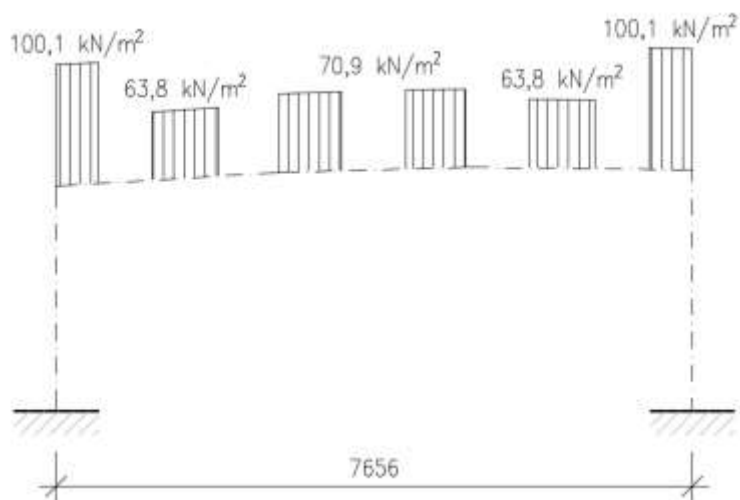
Obr. 11: Soustava zatížení LM3, podélný směr

LM3

$$1,35 \cdot 1,25 \cdot 150 / (4,96 \cdot 0,72) = \mathbf{70,88 \text{ kN/m}^2}$$

$$1,35 \cdot 1,25 \cdot 150 / (4,96 \cdot 0,80) = \mathbf{63,79 \text{ kN/m}^2}$$

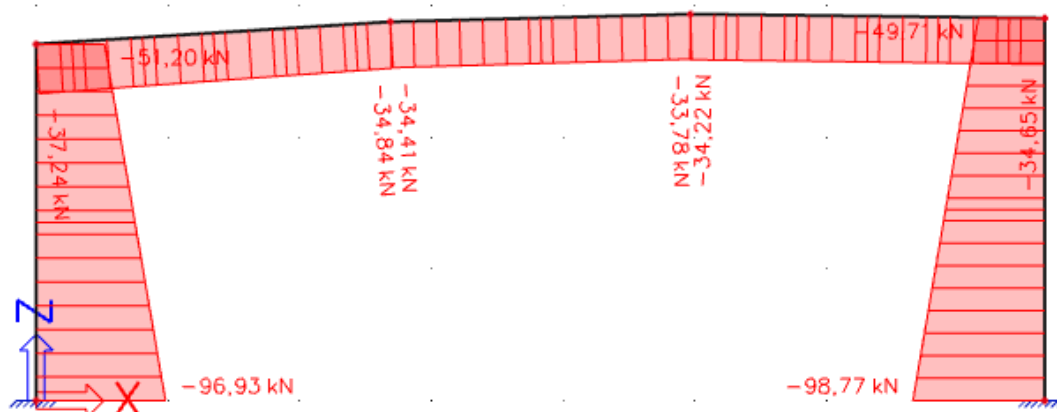
$$1,35 \cdot 1,25 \cdot 150 / (4,96 \cdot 0,51) = \mathbf{100,07 \text{ kN/m}^2}$$



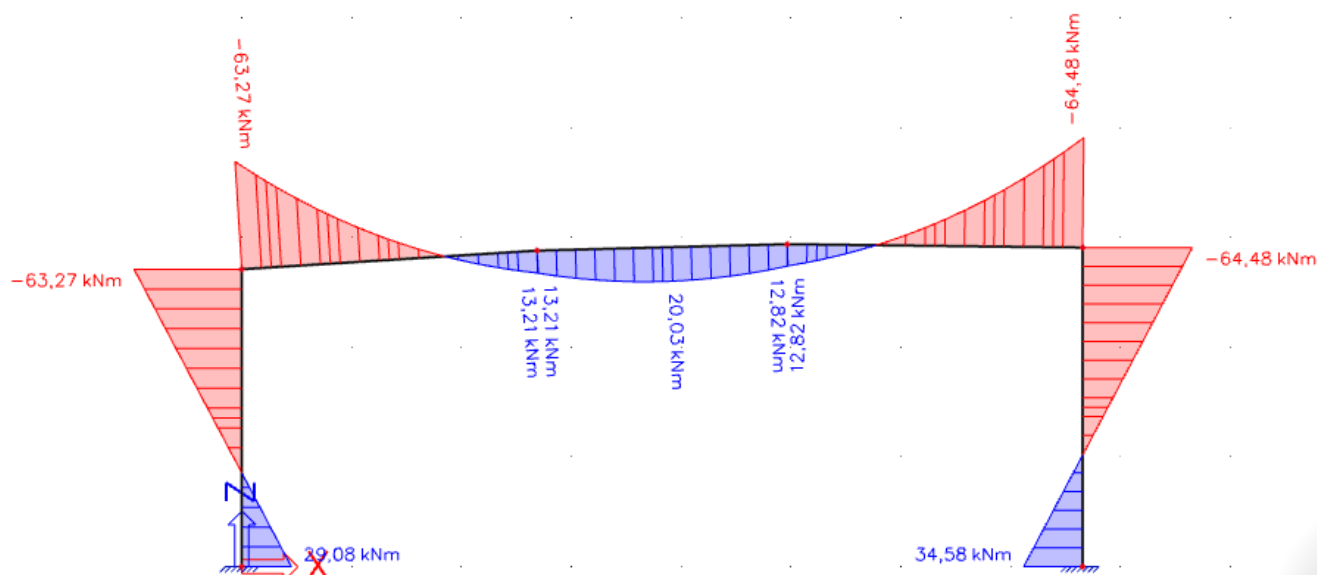
Obr. 12: ZS5 – LM3

ZS6 konstantní teplotní zatížení – 30 K (ochlazení a oteplení stojina i příčel)
→ generováno programem SCIA Engineer

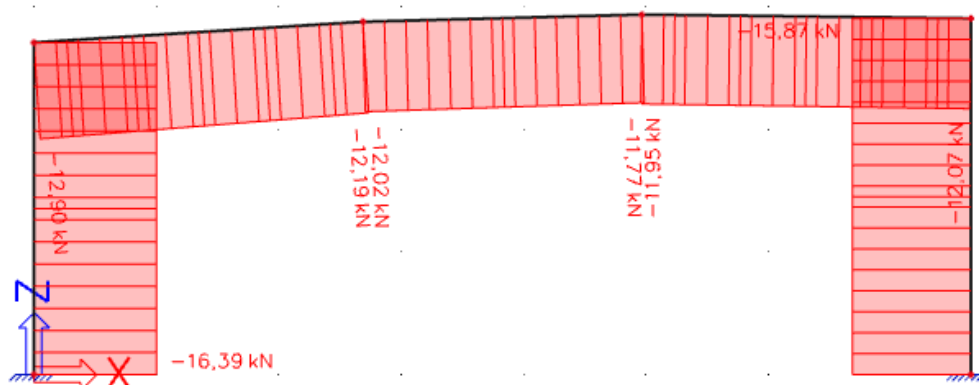
7. NORMÁLOVÉ SÍLY A OHYBOVÉ MOMENTY



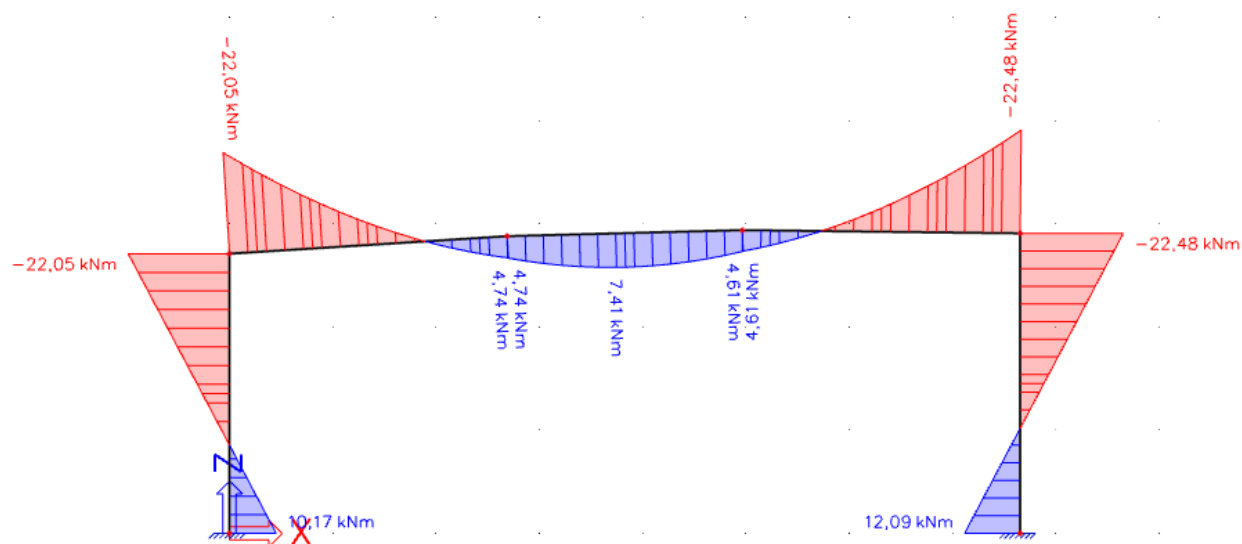
Obr. 10: Normálové síly ZS1 – vlastní tíha



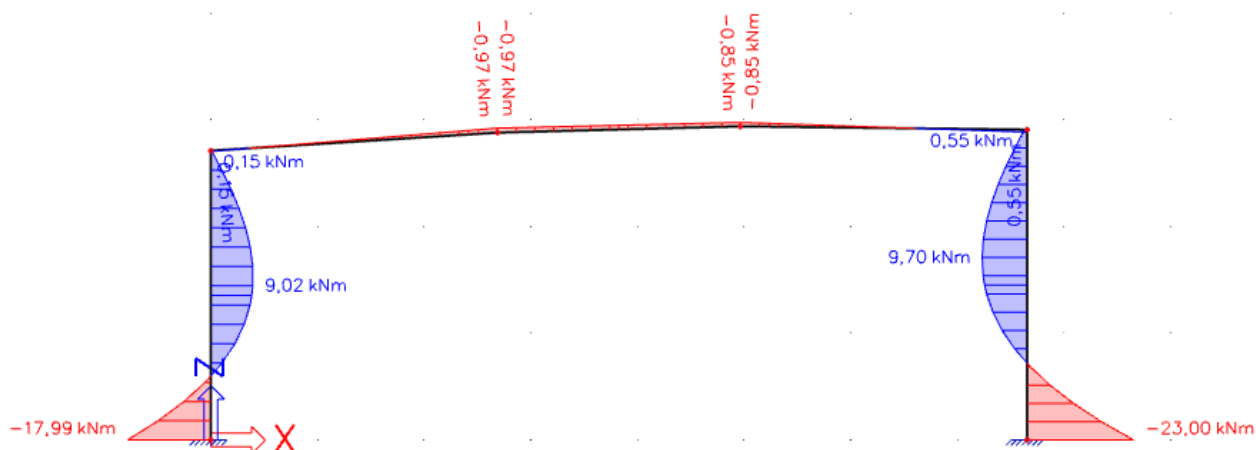
Obr. 11: Ohybové momenty ZS1 – vlastní tíha



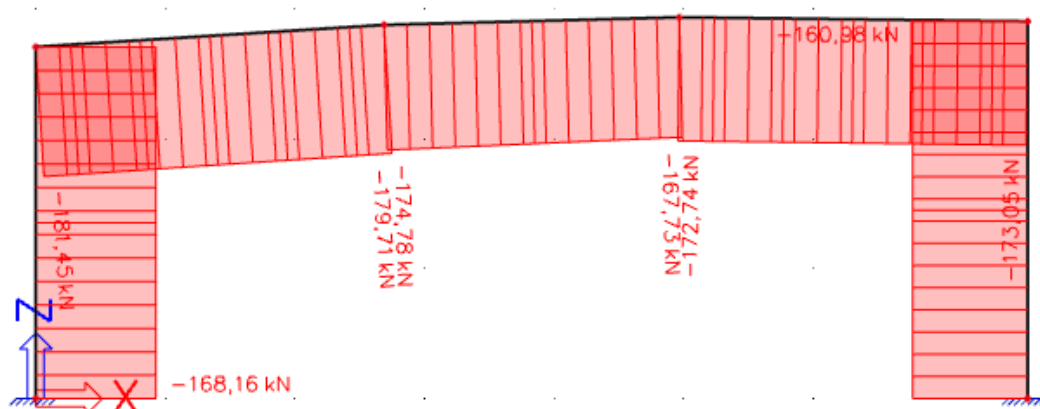
Obr. 12: Normálové síly ZS2 – vozovka



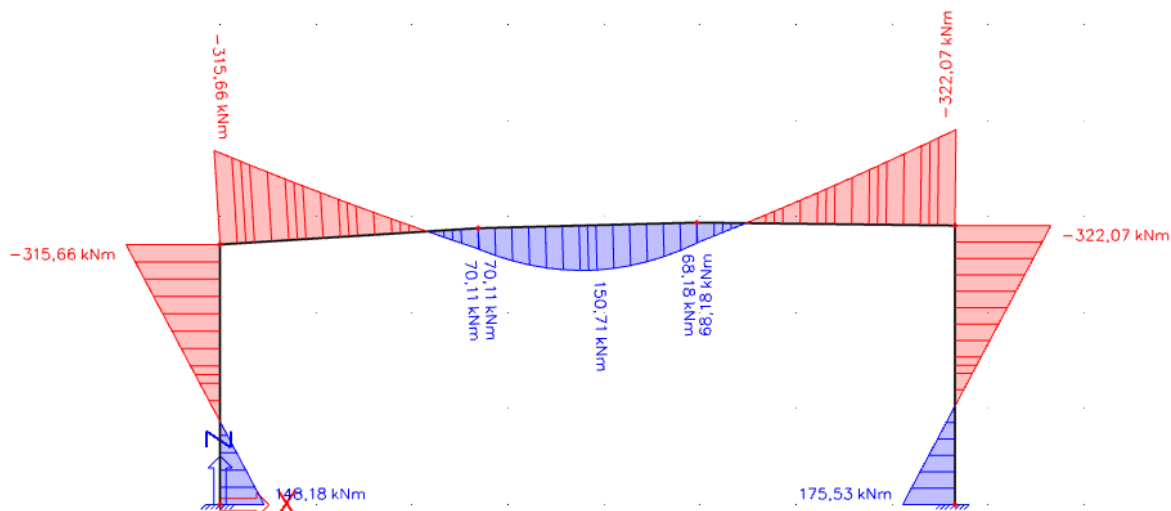
Obr. 13: Ohybové momenty ZS2 – vozovka



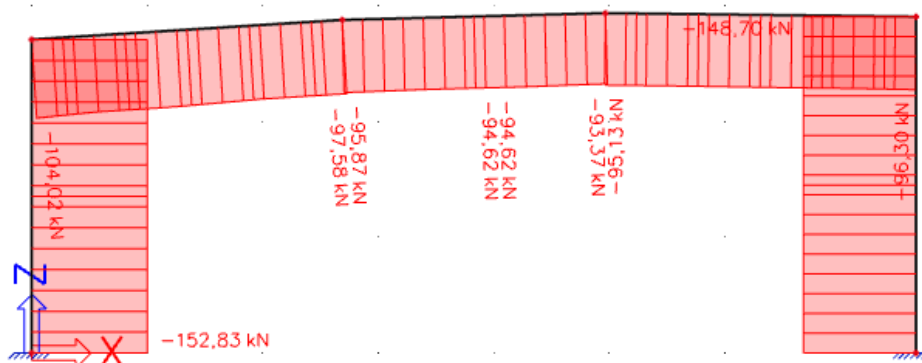
Obr. 14: Ohybové momenty ZS3 – zemní tlak v klidu



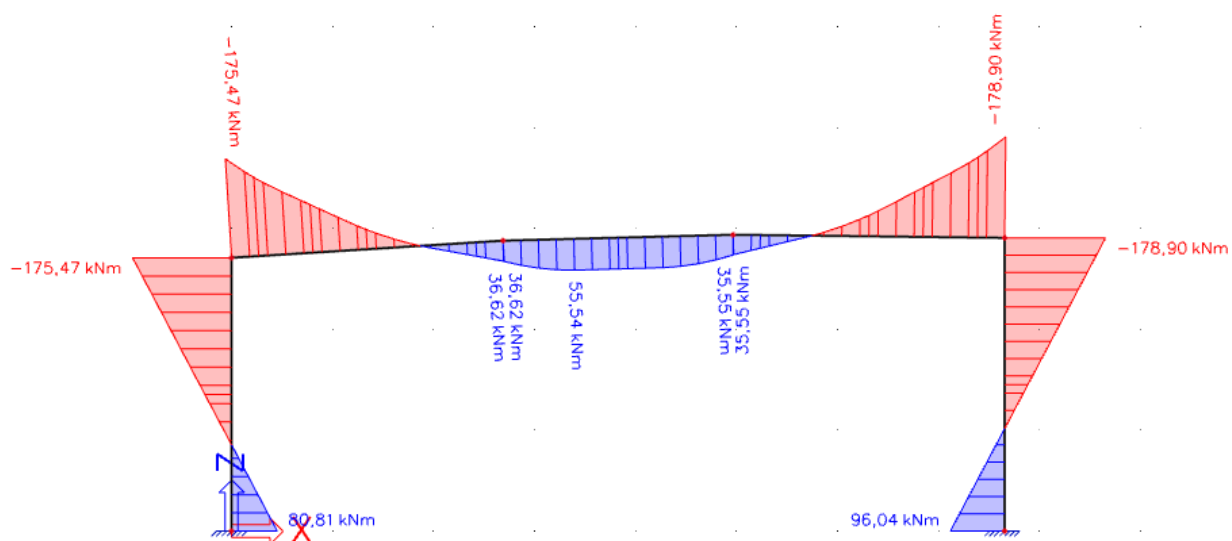
Obr. 15: Normálové síly ZS4 – LM1



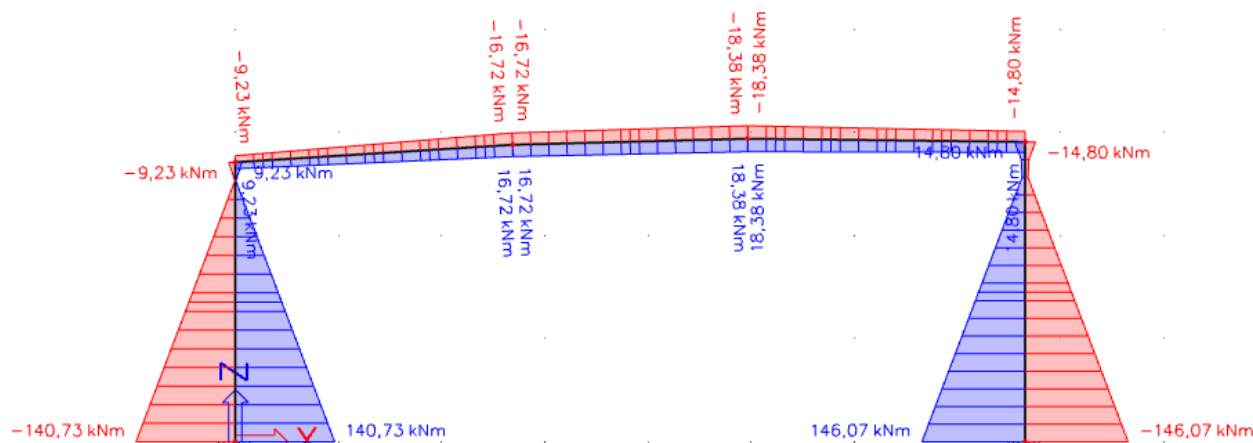
Obr. 16: Ohybové momenty ZS4 – LM1



Obr. 20: Normálové síly ZS5 – LM3



Obr. 21: Ohybové momenty ZS5 – LM3



Obr. 22: Ohybové momenty ZS6 – teplota ochlazení a oteplení

VNITŘNÍ SÍLY PRO DIMENZOVÁNÍ (návrhové hodnoty na 1 m' rámu)**1) ½ příčle**

$$M_{ed} = 20,0 + 7,4 - 0,9 + 150,7 + 17,6 = 194,8 \text{ kNm}$$

2) vetknutí příčle do stojky

$$M_{ed} = -64,5 - 22,5 + 0,6 - 322,1 - 14,8 = 423,3 \text{ kNm (záporný ohybový moment)}$$

3) pata stojky

$$N_{ed} = -98,8 - 15,9 + 0 - 161,0 + 0 = -275,7 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = -34,6 - 12,1 + 23,0 - 175,5 - 146,1 = 345,3 \text{ kNm}$$

8. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - OHYB**1) posouzení ½ příčle****Beton C30/37**

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

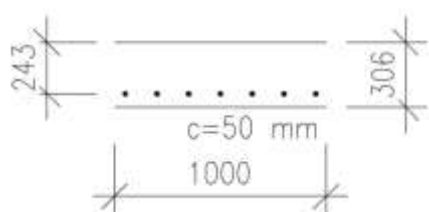
Ocel B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}, f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435,0 \text{ MPa} \quad \gamma_s = 1,15$$

METODA MEZNÍ ROVNOVÁHY

Pozn.: Příčel je proměnná, posudek je proveden přibližně v nejnepriznivějším místě.

$$\varnothing R20 \text{ á } 150 \text{ mm}, A_s = 32,72 \text{ cm}^2$$



$\varepsilon_s > \varepsilon_{yd}$ platí tahové porušení

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

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

$$x = A_s \cdot f_{yd} / b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} = 0,003272 \cdot 435 / (1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 18,0) = 0,099 \text{ m}$$

$$\varepsilon_{sy} = \varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_y = 435 / 200\,000 = 0,0022$$

$$\xi = x / d = 0,099 / 0,243 = 0,407$$

$$\xi_{ball} = 0,0035 / (0,0035 + 0,0022) = 0,617$$

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

0,407 < 0,617 → SPLNĚNO

RAMENO VNITŘNÍCH SIL

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,243 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,099 = 0,203 \text{ m}$$

$$F_s = F_{yd} = A_s \cdot f_{yd} = 0,003272 \cdot 435\,000 = 1423,3 \text{ kN}$$

NÁVRHOVÁ HODNOTA MEZE ÚNOSNOSTI

$$M_{rd} = F_s \cdot z = 1423,3 \cdot 0,203 = 288,9 \text{ kNm}$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$288,9 \text{ kNm} \geq 194,8 \text{ kNm} \dots \text{platí (67 \%)}$$

Příčná rozdělovací výztuž – 20 % podélné výztuže: $0,2 \cdot 0,003272 = 6,544 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

- návrh Ø R12 a' 150 mm $A_{ssk} = 7,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

2) posouzení příčle ve vetknutí**Beton C30/37**

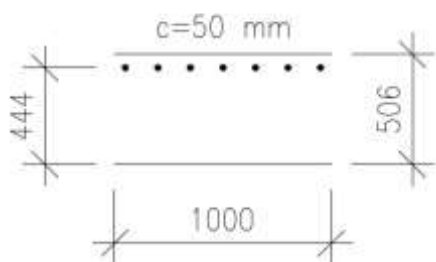
$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}, f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 30 \cdot 0,85 / 1,5 = 17,0 \text{ MPa} \quad \gamma_c = 1,5$$

Ocel B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}, f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435,0 \text{ MPa}$$

METODA MEZNÍ ROVNOVÁHY

ØR25 a 150 mm, $A_s = 32,72 \text{ cm}^2$



$$\epsilon_s > \epsilon_{yd} \quad \text{platí tahové porušení}$$

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

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

$$x = A_s \cdot f_{yd} / b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} = 0,003272 \cdot 435 / (1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 18,0) = 0,105 \text{ m}$$

$$\epsilon_{sy} = \epsilon_{yd} = f_{yd} / E_y = 435 / 200\,000 = 0,0022$$

$$\xi = x / d = 0,105 / 0,688 = 0,153$$

$$\xi_{ball} = 0,0035 / (0,0035 + 0,0022) = 0,617$$

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

$$0,153 < 0,617 \rightarrow \text{SPLNĚNO}$$

RAMENO VNITŘNÍCH SIL

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,444 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,105 = 0,402 \text{ m}$$

$$F_s = F_{yd} = A_s \cdot f_{yd} = 0,003272 \cdot 435000 = 1423,3 \text{ kN}$$

NÁVRHOVÁ HODNOTA MEZE ÚNOSNOSTI

$$M_{rd} = F_s \cdot z = 1423,3 \cdot 0,402 = 572,2 \text{ kNm}$$

PODMÍNKA SPOLEHLIVOSTI

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$572,2 \text{ kNm} \geq 423,3 \text{ kNm} \dots \text{platí} \quad (74 \%)$$

$$\text{Příčná rozdělovací výztuž} - 20 \% \text{ podélné výztuže:} \quad 0,2 \cdot 0,003272 = 6,544 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\bullet \text{ návrh } \varnothing R12 \text{ a } 150 \text{ mm} \quad A_{ssk} = 7,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

3) posouzení vetknutí – stojka do základu (tlak s ohybem)

$N_{ed} = -275,7 \text{ kN}$ návrhová hodnota normálové síly včetně vlastní tíhy stojky

$M_{ed} = 345,3 \text{ kNm}$ návrhová hodnota ohybového momentu

Návrh $\emptyset R16$ a' 150 mm při obou površích

$$A_{s1} = A_{s2} = 13,40 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$e = \frac{M_{ed}}{N_{ed}} = \frac{345,3}{275,7} = 1,252 \quad \text{mimostředný tlak, velká výstřednost, jsme mezi body 2 a 3}$$

interakčního diagramu

Beton C30/37

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

$$\gamma_c = 1,5$$

Ocel B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}, f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435,0 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_y = 435 / 200\,000 = 0,002175$$

$$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = \frac{0,0035}{0,0035 + 0,002175} = 0,617$$

$$\xi_{bal,2} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} - \varepsilon_{yd}} = \frac{0,0035}{0,0035 - 0,002175} = 2,642$$

$$\text{Předpoklad } \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot f_{yd} - A_{s1} \cdot f_{yd} = 0,8 \cdot 0,617 \cdot 0,451 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0 + 0,0 =$$

$$N_{Rd,bal} = 3784,4 \text{ kN}$$

$$|N_{ed}| < N_{Rd,bal} \quad 275,7 \text{ kN} < 3784,4 \text{ kN} \dots \text{platí, převládá tah}$$

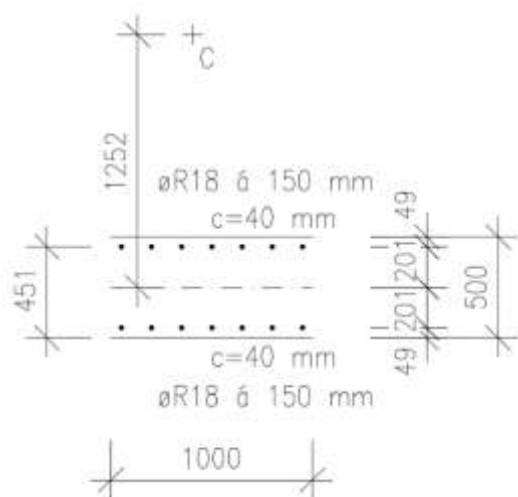
$$x = \frac{|N_{ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,020 \text{ m}$$

$$\sigma_{s2} = f_{yd} \quad \rightarrow \quad x > x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 2,642 \cdot 0,049 = 0,129 \text{ m}$$

$$0,020 \text{ m} \not> 0,129 \text{ m} \dots \text{neplatí, nutná iterace}$$

$$1. \text{ krok} \quad x \text{ nemůže být menší než } d_2, \text{ volím } x = d_2 + 0,01 \text{ m} = 0,059 \text{ m}$$

$$\sigma_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot (x - d_2)}{x} \cdot E_s = \frac{0,0035 \cdot (0,059 - 0,049)}{0,049} \cdot 200\,000 = 143 \text{ MPa}$$



$$x = \frac{|N_{Ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757 - 0,001696 \cdot 143 + 0,001696 \cdot 435}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,057 \text{ m}$$

2. krok

$$\sigma_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot (x - d_2)}{x} \cdot E_s = \frac{0,0035 \cdot (0,057 - 0,049)}{0,057} \cdot 200000 = 98 \text{ Mpa}$$

$$x = \frac{|N_{Ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757 - 0,001696 \cdot 98 + 0,001696 \cdot 435}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,062 \text{ m}$$

3. krok

$$\sigma_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot (x - d_2)}{x} \cdot E_s = \frac{0,0035 \cdot (0,062 - 0,049)}{0,062} \cdot 200000 = 147 \text{ Mpa}$$

$$x = \frac{|N_{Ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757 - 0,001696 \cdot 147 + 0,001696 \cdot 435}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,056 \text{ m}$$

4. krok

$$\sigma_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot (x - d_2)}{x} \cdot E_s = \frac{0,0035 \cdot (0,056 - 0,049)}{0,056} \cdot 200000 = 88 \text{ Mpa}$$

$$x = \frac{|N_{Ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757 - 0,001696 \cdot 88 + 0,001696 \cdot 435}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,064 \text{ m}$$

5. krok

$$\sigma_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot (x - d_2)}{x} \cdot E_s = \frac{0,0035 \cdot (0,064 - 0,049)}{0,064} \cdot 200000 = 164 \text{ Mpa}$$

$$x = \frac{|N_{Ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757 - 0,001696 \cdot 164 + 0,001696 \cdot 435}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,054 \text{ m}$$

6. krok

$$\sigma_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot (x - d_2)}{x} \cdot E_s = \frac{0,0035 \cdot (0,054 - 0,049)}{0,054} \cdot 200000 = 65 \text{ Mpa}$$

$$x = \frac{|N_{Ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757 - 0,001696 \cdot 65 + 0,001696 \cdot 435}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,066 \text{ m}$$

7. krok

$$\sigma_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot (x - d_2)}{x} \cdot E_s = \frac{0,0035 \cdot (0,066 - 0,049)}{0,066} \cdot 200000 = 180 \text{ Mpa}$$

$$x = \frac{|N_{Ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757 - 0,001696 \cdot 180 + 0,001696 \cdot 435}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,052 \text{ m}$$

8. krok

$$\sigma_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot (x - d_2)}{x} \cdot E_s = \frac{0,0035 \cdot (0,052 - 0,049)}{0,052} \cdot 200000 = 40 \text{ Mpa}$$

$$x = \frac{|N_{Ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757 - 0,001696 \cdot 180 + 0,001696 \cdot 435}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,069 \text{ m}$$

9. krok

$$\sigma_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot (x - d_2)}{x} \cdot E_s = \frac{0,0035 \cdot (0,069 - 0,049)}{0,069} \cdot 200000 = 206 \text{ Mpa}$$

$$x = \frac{|N_{Ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757 - 0,001696 \cdot 180 + 0,001696 \cdot 435}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,049 \text{ m}$$

10. krok

$$\sigma_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot (x - d_2)}{x} \cdot E_s = \frac{0,0035 \cdot (0,049 - 0,049)}{0,049} \cdot 200000 = 0 \text{ Mpa} \quad \text{dál neiterujeme}$$

$$x = \frac{|N_{Ed}| - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,2757 - 0,001696 \cdot 0 + 0,001696 \cdot 435}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,0} = 0,075 \text{ m}$$

$$x = 0,075 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = \lambda \cdot b \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda x) + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z_2 + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_1 =$$

$$M_{Rd} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,075 \cdot 1,0 \cdot 17,0 \cdot 0,5 \cdot (0,5 - 0,8 \cdot 0,075) +$$

$$+ 0,00134 \cdot 0 \cdot 0,202 + 0,001696 \cdot 435 \cdot 0,201 = 372,7 \text{ kNm}$$

PODMÍNKA SPOLEHLIVOSTI

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$372,7 \text{ kNm} \geq 345,3 \text{ kNm} \dots \text{platí} \quad (92 \%)$$

9. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI – SMYK

Při porušení posouvající silou zůstávají zatížení stálá, zemní tlak a teplota jako v případě ohybu. U soustředěných zatížení (TS) se mění hodnota spolupůsobení, UDL zůstává stejné jako u ohybu.

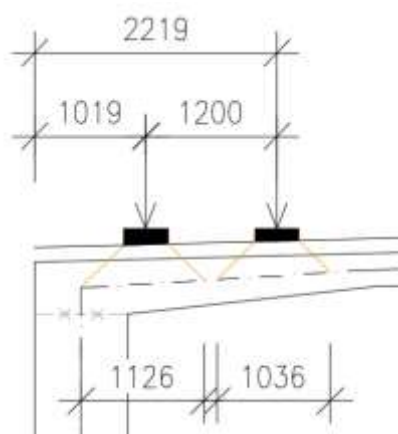
$x/3$... x vzdálenost těžiště zatížení od teoretického uložení
výpočet se liší pro přední a zadní nápravu u TS

Přední náprava

$$x/3 = 1,019/3 = 0,340 \text{ m}$$

Zadní náprava

$$x/3 = 2,219/3 = 0,740 \text{ m}$$



TS - přední

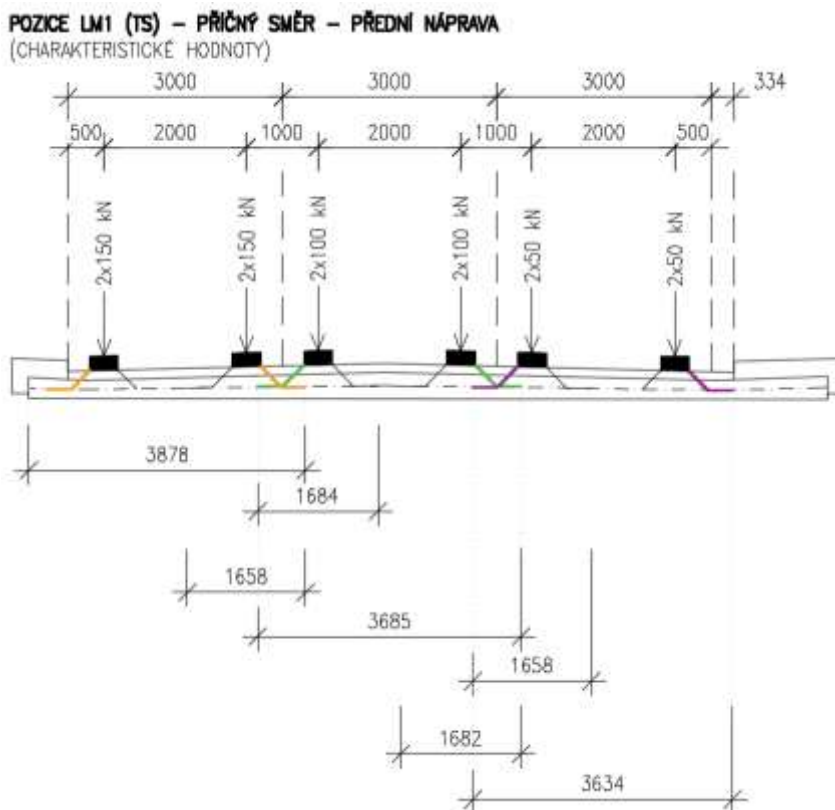
$$1,35 \cdot ((150/(1,66 \cdot 1,13) + 200/(3,69 \cdot 1,13) + 50/(1,66 \cdot 1,13))) = 208,7 \text{ kN/m}^2$$

TS - zadní

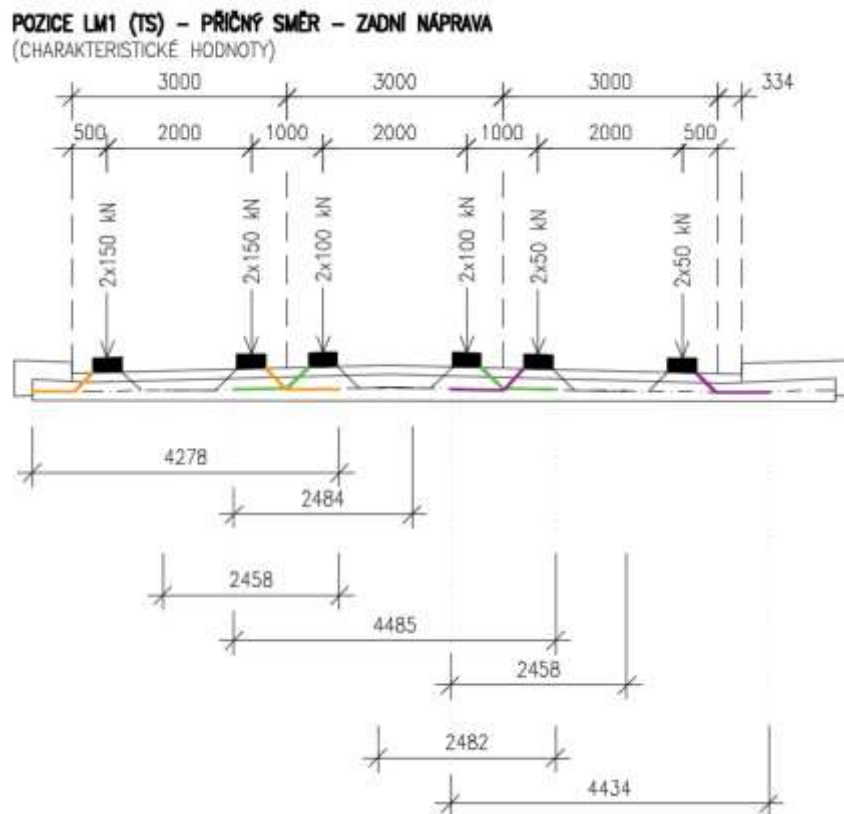
$$1,35 \cdot ((150/(2,46 \cdot 1,04) + 200/(4,49 \cdot 1,04) + 50/(2,46 \cdot 1,04))) = 163,4 \text{ kN/m}^2$$

UDL

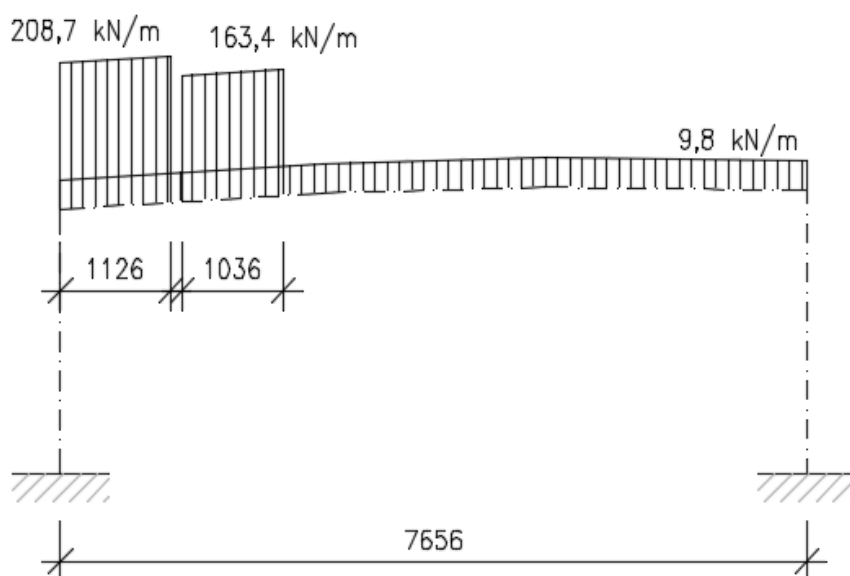
$$1,35 \cdot ((2,4 \cdot 2,5 \cdot 3,0/5,54) + (1,0 \cdot 9,0 \cdot 1,27/3,81) + (1,2 \cdot 2,5 \cdot 1,27/3,81)) = 9,8 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 23: Soustava zatížení LM1 – TS příčný směr – přední náprava

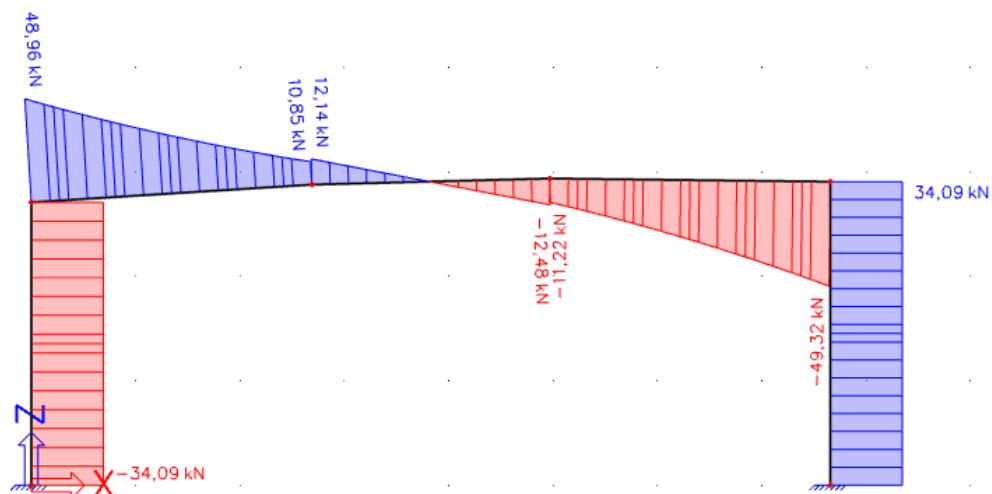


Obr. 24: Soustava zatížení LM1 – TS příčný směr – zadní náprava

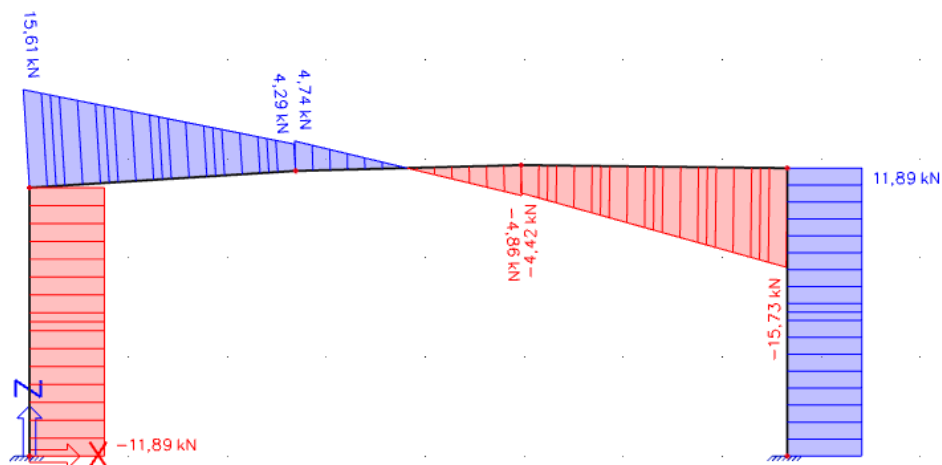


Obr. 25: ZS3 umístění LM1 pro vyvození maximální posouvající síly

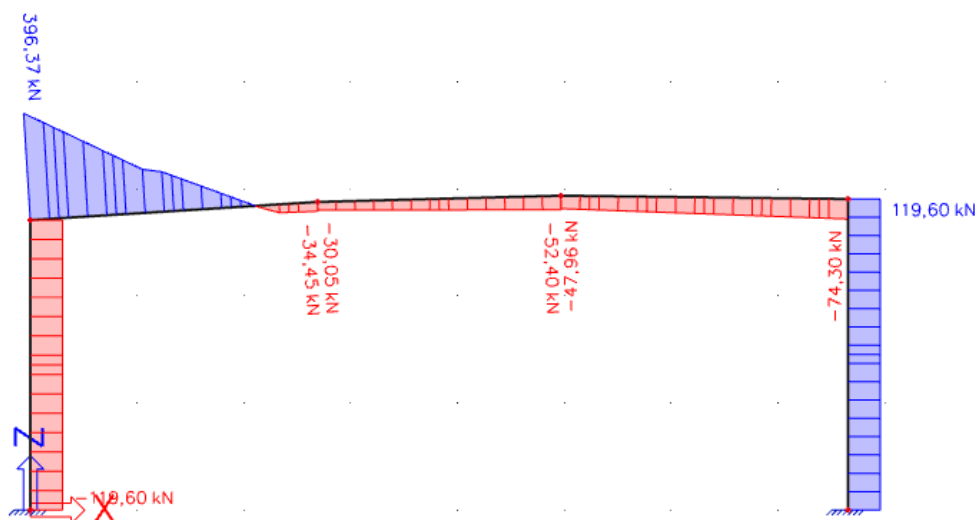
HODNOTY POSOUVAJÍCÍCH SIL



Obr. 17: Posouvající síly ZS1 – vlastní tíha



Obr. 187: Posouvající síly ZS2 – vozovka



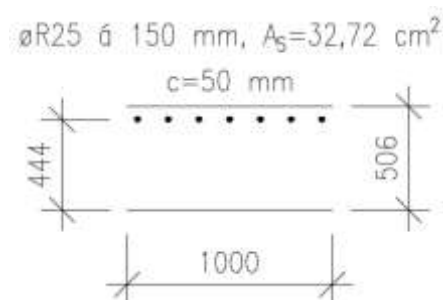
Obr. 19: Posouvající síly ZS3 – LM1

Posouvající síly od teploty a zemního tlaku v klidu jsou nulové, proto nejsou uvažovány v kombinaci.
NÁVRHOVÁ POSOUVAJÍCÍ SÍLA PRO DIMENZOVÁNÍ

$$V_{ed} = V_{g0} + V_{g1} + V_{LM1} = 49,0 + 15,6 + 396,4 = 461,0 \text{ kN}$$

1) posouzení bez vlivu smykové výztuže

Pozn.: Příčel je proměnná, posudek je proveden přibližně v nejnepříznivějším místě.



$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$$

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,cm} + V_{Rd,cn}$$

$$V_{Rd,cn} = 0, \text{ příčel je namáhána jen ohybovým momentem, } N = 0$$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{444}} = 1,67 > 2,00$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{32,72 \cdot 10^{-4}}{1,00 \cdot 0,444} = 0,007 \leq 0,02$$

$$V_{Rd,c} = 0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,007 \cdot 30)^{1/3} \cdot 1,00 \cdot 0,444 = 245,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 245,5 \text{ kN} \geq v_{\min} \cdot b_w \cdot d = 0,414 \cdot 1,00 \cdot 0,444 = 183,8 \text{ kN} \dots \text{ platí}$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,67^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,414 \text{ Mpa}$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$V_{Rd,c} > V_{Ed}$$

245,5 kN < 461,0 kN ... nevyhoví, nutný návrh smykové výztuže (spon)

2) posouzení smyku se smykovou výztuží

- navrženy spony Ø R10 a' 150/150 mm → to je 49 spon Ø R10 / m² (7 x 7 ks)
distance s = 0,15 m

Počet n – spon na 1 m': $\frac{1000}{150} = 6,667 \sim 7,0$

Plocha 7 – mi střížného třmenu: $A_{sw,1} = \pi \cdot 0,005^2 \cdot 7,0 = 5,50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

Kontrola minimálního smykového vyztužení:

$$\rho_w \geq \rho_{w,min}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} = \frac{5,50 \cdot 10^{-4}}{1,00 \cdot 0,15} = 0,00367$$

$$\rho_{w,min} = \frac{(0,08 \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}})}{f_{yk}} = \frac{(0,08 \cdot \sqrt{30})}{500} = 0,0009$$

$$0,00367 > 0,0009 \dots \text{platí}$$

Posouzení navržených spon:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \quad V_{Ed} = 461,0 \text{ kN, návrhová posouvající síla}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cotg\theta = \rho_w \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cotg\theta$$

$$f_{ywd} = 435 \text{ Mpa} \quad b_w = 1,0 \text{ m} \quad z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,444 = 0,400 \text{ m}$$

$$\cotg\theta = \sqrt{\frac{v \cdot f_{cd}}{v_{Rd,w}}} - 1 \quad v_{Rd,w} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad v = 0,6 \text{ (C 30/37 < C 60/75)}$$

$$v_{Rd,w} = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 18 = 5,4$$

$$\cotg\theta = \sqrt{\frac{0,6 \cdot 18,0}{5,4}} - 1,0 = 1,0 \quad \rightarrow \quad \theta = 45^\circ, 1 \leq \cotg\theta \leq 2,5 \quad \text{platí}$$

$$V_{Rd,s} = 0,00367 \cdot 435 \cdot 0,400 \cdot 1,0 = 0,6386 \text{ MN} = 638,6 \text{ kN}$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$V_{Rd,s} > V_{Ed}$$

$$638,6 \text{ kN} > 461,0 \text{ kNm} \dots \text{vyhoví (72 \%)}$$

Kontrola duktility:

$$\rho_w < \frac{0,5 \cdot v \cdot f_{cd}}{f_{ywd}} = \frac{0,5 \cdot 0,6 \cdot 18,0}{435} = 0,012$$

$$0,00367 < 0,012 \quad \text{platí}$$

Posouzení tlačené diagonály:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z}{\cot \theta + \tan \theta}$$

$$\alpha_{cw} = 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} = 1,0 + \frac{0,0}{18,0} = 1,0$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 0,528 \cdot 18,0 \cdot 1000 \cdot 400}{1+1} = 1900,8 \text{ kN}$$

PODMÍNKA SPOLEHLIVOSTI

$$V_{Rd,max} > V_{Ed}$$

$$1900,8 \text{ kN} > 461,0 \text{ kNm} \quad \text{vyhoví}$$

10. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

1) Omezení napětí

Napětí je omezeno v ½ příčle a ve vetknutí příčle do stojky. Hodnoty ohybových momentů bereme v charakteristických hodnotách. Průřezové charakteristiky počítáme na ideálním průřezu porušeným trhlinou.

Beton C30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}, f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 30 \cdot 0,90 / 1,5 = 18,0 \text{ MPa} \quad \gamma_c = 1,5$$

Ocel B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}, f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435,0 \text{ MPa}$$

Omezení napětí - beton v tlaku:

$$|\sigma_c| \leq 0,6 \cdot f_{ck} \quad \dots \text{charakteristická kombinace}$$

Omezení napětí - výztuž v tahu:

$$|\sigma_s| \leq 0,8 \cdot f_{yk}$$

- posouzení ½ přičle

Navrženo Ø R25 a' 150 mm $A_{ssk} = 32,72 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, $x = 0,099 \text{ m}$, $z = 0,203 \text{ m}$, $d = 0,243 \text{ m}$

$$M_{Ek, ch} = \frac{M_{Ed}}{\gamma} = \frac{194,8}{1,35} = 144,3 \text{ kNm}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 6,25$$

$$x_r = \frac{-A_s \pm \sqrt{A_s^2 + 2 \cdot A_s \cdot d \cdot b \cdot \frac{1}{\alpha_e}}}{\frac{1}{\alpha_e} \cdot b} =$$

$$= \frac{-32,72 \cdot 10^{-4} \pm \sqrt{(32,72 \cdot 10^{-4})^2 + 2 \cdot 32,72 \cdot 10^{-4} \cdot 0,243 \cdot 1,0 \cdot \frac{1}{6,25}}}{\frac{1}{6,25} \cdot 1,0} = 0,081 \text{ m}$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot x_r^3 + \alpha_e \cdot A_s (d - x_r)^2 = \frac{1}{3} \cdot 1,0 \cdot 0,081^3 + 6,25 \cdot 32,72 \cdot 10^{-4} (0,243 - 0,081)^2 =$$

$$I_{cr} = 0,000714 \text{ m}^4$$

Omezení napětí - beton v tlaku:

$$\sigma_c = \frac{M_{Ek, ch}}{I_{cr}} \cdot x_r = \frac{144,3 \cdot 10^3}{0,000714} \cdot 0,081 = 16,4 \text{ MPa}$$

$$|\sigma_c| = 16,4 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Omezení napětí - výztuž v tahu:

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek, ch} \cdot (d - x_r)}{I_{cr}} = 6,25 \cdot \frac{144,3 \cdot 10^3 (0,243 - 0,081)}{0,000714} = 204,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 204,6 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

- posouzení příčle ve vetknutí

Navrženo 1x Ø R25 a' 150 mm

$$A_{ssk} = 32,72 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2, x = 0,105 \text{ m}, z = 0,402 \text{ m}, d = 0,444 \text{ m}$$

$$M_{Ek, ch} = \frac{M_{Ed}}{\gamma} = \frac{423,3}{1,35} = 313,6 \text{ kNm}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 6,25$$

$$x_r = \frac{-A_s \pm \sqrt{A_s^2 + 2 \cdot A_s \cdot d \cdot b \cdot \frac{1}{\alpha_e}}}{\frac{1}{\alpha_e} \cdot b} =$$

$$= \frac{-32,72 \cdot 10^{-4} \pm \sqrt{(32,72 \cdot 10^{-4})^2 + 2 \cdot 32,72 \cdot 10^{-4} \cdot 0,444 \cdot 1,0 \cdot \frac{1}{6,25}}}{\frac{1}{6,25} \cdot 1,0} = 0,116 \text{ m}$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot x_r^3 + \alpha_e \cdot A_s (d - x_r)^2 = \frac{1}{3} \cdot 1,0 \cdot 0,116^3 + 6,25 \cdot 32,72 \cdot 10^{-4} (0,444 - 0,116)^2 =$$

$$I_{cr} = 0,00272 \text{ m}^4$$

Omezení napětí - beton v tlaku:

$$\sigma_c = \frac{M_{Ek, ch}}{I_{cr}} \cdot x_r = \frac{313,6 \cdot 10^3}{0,00272} \cdot 0,116 = 13,4 \text{ MPa}$$

$$|\sigma_c| = 13,4 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Omezení napětí - výztuž v tahu:

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek, ch} \cdot (d - x_r)}{I_{cr}} = 6,25 \cdot \frac{313,6 \cdot 10^3 (0,444 - 0,116)}{0,00272} = 236,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 236,4 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

2) Omezení trhlin

Posudek omezení trhlin je proveden pro příčel v ½ rozpětí. Hodnoty ohybových momentů bereme v charakteristických hodnotách, hodnoty ohybových momentů bereme pouze od kvazistálé kombinace (od stálých zatížení). Průřezové charakteristiky počítáme na ideálním průřezu porušeným trhlinou.

$$M_{k,kvaz} = \frac{M_{Ed,kvaz}}{\gamma} = \frac{27,4}{1,35} = 20,3 \text{ kNm}$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{k,kvaz} \cdot (d - x_r)}{I_{cr}} = 6,25 \cdot \frac{20,3 \cdot 10^3 (0,243 - 0,081)}{0,000714} = 28,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \sigma_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2,9} \cdot k_c \cdot \frac{h_{cr}}{2 \cdot (h-d)} = 32 \cdot \frac{2,9}{2,9} \cdot 0,4 \cdot \frac{153}{2 \cdot (306-243)} = 15,5 \text{ mm}$$

$$\sigma_s^* \dots \text{z tab. 7.2 N dle napětí v MPa a } w_k = 0,3$$

$$k_c \dots 0,4$$

$$h_{cr} \dots h/2 = 306/2 = 153 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Efektivní výška:} \quad h_{c,ef} &= \min \{2,5 \cdot (h - d); (h - x)/3; h/2\} \\ h_{c,ef} &= \min \{2,5 \cdot (306 - 243); (306 - 81)/3; 306/2\} \\ h_{c,ef} &= \min \{158; 75; 153\} = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Efektivní plocha:} \quad A_{c,eff} = h_{c,ef} \cdot b = 0,075 \cdot 1 = 0,075 \text{ m}^2$$

$$\text{Efektivní stupeň vyztužení:} \quad \rho_{c,eff} = A_s/A_{c,eff} = 32,72 \cdot 10^{-4}/0,075 = 0,04363$$

$$\text{Šířka trhlin:} \quad w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\sigma_s}{\rho_{c,eff}} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{15,5}{0,04363} = 230 \text{ mm}$$

$$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{c,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{c,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = \frac{28,8 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,04363} (1 + 6,25 \cdot 0,04363)}{200 \cdot 10^3} \geq 0,6 \cdot \frac{28,8}{200 \cdot 10^3}$$

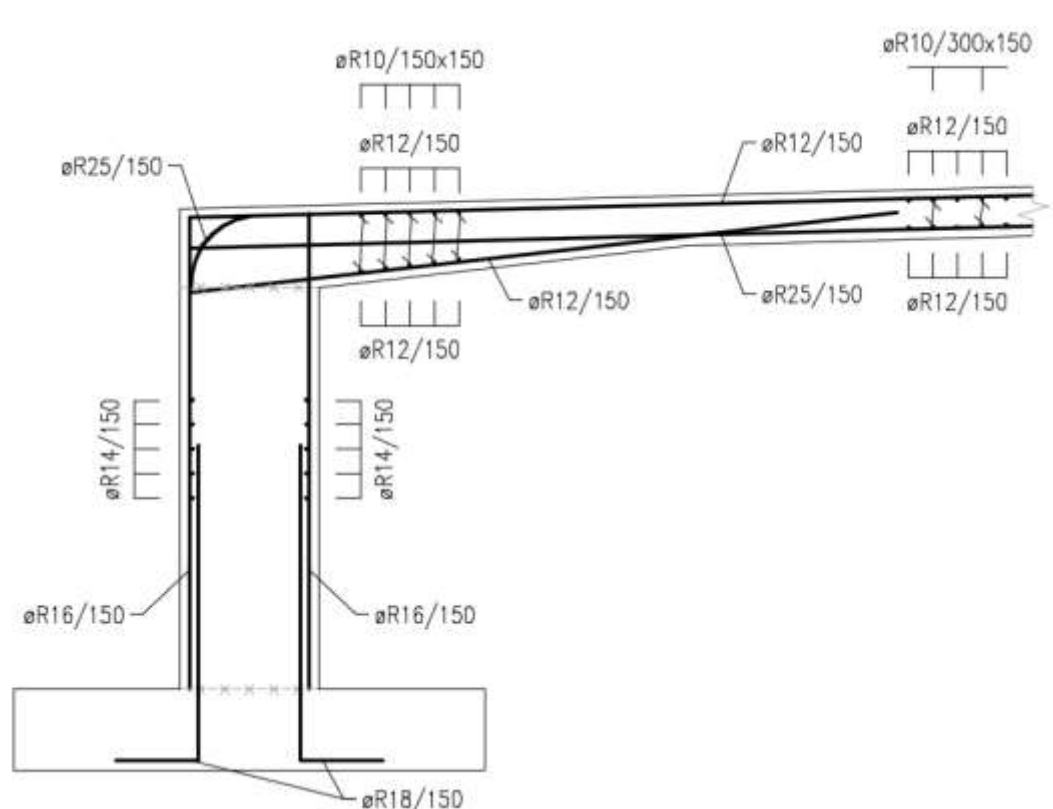
$$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = -0,000025 \not\geq 0,0000864$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 230 \cdot 0,0000864 = 0,02 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

11. ZÁVĚR

Výpočtový model byl proveden ve 2D jako prutový při uvažování pásu š. 1,0 m. Vzhledem ke značné šikmosti mostu (40°) byl proveden kontrolní přepočet s připočítáním vlivu šikmosti (zvětšení silových účinků o $1/\sin\alpha$). Na základě zjištěných hodnot bylo upraveno vyztužení. Vzhledem k průběhu vnitřních sil v takto šikmém rámu je nutno příčnou výztuž v tupých rozích zesílit s ohledem na reálné silové účinky (příčná výztuž stejná jako podélná).

12. SCHÉMA VÝZTUŽE



V Brně, červen 2021

Vypracovala: Ing. Kryštof Poukar