


KONCEPT

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

| | | | | |
|---|---|---|--------------|--------------------------------|
|  | Vedoucí projektu | Zodpovědný projektant | Investor | KSÚS Středočeského kraje |
| | ING. V. NAJVÁREK <i>Ing. V. Najvárek</i> | ING. M. LICHTIG <i>Ing. M. Lichtig</i> | Místo stavby | Osek okres Beroun |
| | Výpracoval | Kontroloval | Formát | – |
| | ING. J. KLÍR <i>Ing. J. Klír</i> | ING. L. MAREK <i>Ing. L. Marek</i> | Datum | 03/2025 |
| TOP CON SERVIS s.r.o., Ke Stírce 1824/56, 182 00 Praha 8, tel/fax: 284 021 740, email: topcon@topcon.cz | | | Účel | PDPS |
| | | | Měřítko | – |
| | | | Č. zakázky | 45–23 |
| III/11711 Osek, most ev.č. 11711–1 – PD SO 201 – Most | | | Číslo kopie | Číslo přílohy D.1.19 |
| TECHNICKÁ ZPRÁVA | | | | |

III/11711 Osek, most ev. č. 11711-1 – PD

SO 201 – Most

STATICKÝ VÝPOČET

Obsah

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Průvodní zpráva ke statickému výpočtu | 4 |
| 1.2 | Použité předpisy a literatura | 4 |
| 1.3 | Použitý software | 6 |
| 2 | Technické řešení konstrukce | 7 |
| 2.1 | Popis nosné konstrukce | 7 |
| 2.2 | Založení | 7 |
| 2.3 | Geotechnické podmínky | 8 |
| 2.4 | Schéma konstrukce | 8 |
| 3 | Zatížení | 10 |
| 3.1 | Stálé zatížení | 10 |
| 3.1.1 | Vlastní tíha | 10 |
| 3.1.2 | Ostatní stálé | 10 |
| 3.1.3 | Smršťování | 10 |
| 3.1.4 | Zemní tlak na opěru | 10 |
| 3.2 | Proměnná zatížení | 11 |
| 3.2.1 | Doprava | 11 |
| 3.2.2 | Klimatická zatížení | 17 |
| 3.3 | Kombinace zatížení | 18 |
| 4 | Analýza konstrukce | 21 |
| 4.1 | Statický model | 21 |
| 4.2 | Materiály | 21 |
| 5 | Vnitřní síly | 22 |
| 5.1 | Nosná konstrukce | 22 |
| 6 | Posouzení průřezů | 25 |
| 6.1 | Shrnutí výsledků posouzení řezů | 25 |
| 7 | Závěr | 37 |

1 Průvodní zpráva ke statickému výpočtu

1.1 Úvod

Předmětem tohoto statického výpočtu je posouzení silničního železobetonového mostu SO 201 (III/11711 Osek, most ev. č. 11711-1 – PD) ve stupni realizační dokumentace stavby. Konstrukce mostu překonává vodoteč – Červený potok. Most převádí pozemní komunikaci S 6,5, ev.č. III/11711. Konstrukce byla posouzena dle platných ČSN.

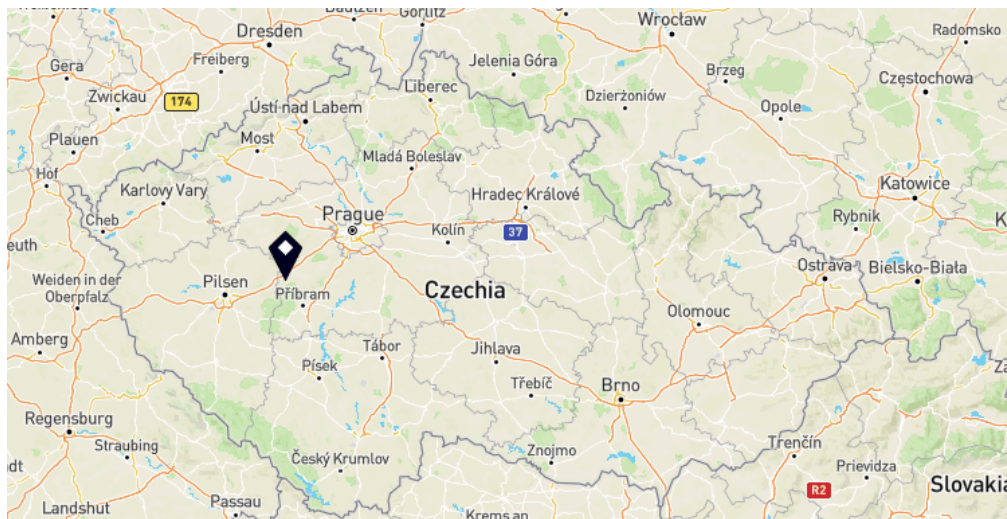


Schéma 1 Lokalizace objektu

1.2 Použité předpisy a literatura

1. ČSN EN 1990 ed. 2 (73 0002). *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2/2021.
2. ČSN EN 1991-1-1 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 3/2004. vč. změny Z2.
3. ČSN EN 1991-1-4 ed. 2 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 12/2020
4. ČSN EN 1991-1-5 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 5/2005. vč. změny Z2.
5. ČSN EN 1991-2 ed. 2 (73 6203). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 12/2018.
6. ČSN EN 1992-1-1 ed. 2 (73 1201). *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 11/2019.
7. ČSN EN 1992-2 (73 6208). *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 5/2007. vč. změny Z2.
8. ČSN EN 1997-1 (73 1000). *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí: Část 1: Obecná pravidla*. Praha: Český normalizační institut, 9/2006. vč. změny A1.
9. ČSN EN 206+A2 (73 2403). *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 10/2021.
10. ČSN 73 6201. *Projektování mostních objektů*. Praha: Český normalizační institut, 10/2008. vč. změny Z1.
11. ČSN 73 6214. *Navrhování betonových mostních konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1/2014.
12. ČSN 73 1001. *Zakládání staveb: Základová půda pod plošnými základy*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 6/1987.
13. ČSN 73 1004. *Navrhování základových konstrukcí: Stanovení požadavků pro výpočetní metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 7/2020.

-
14. ČSN 73 0037. *Zemní tlak na stavební konstrukce*. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření, 11/1991. vč. změny Z1.

1.3 Použitý software

15. IDA NEXIS - program pro výpočet prutových a deskostěnových konstrukcí (Ida & spol. s.r.o. Brno, FEM consulting s.r.o. Brno, SCIA International, Belgie)
16. IDEA StatiCa: RCS. IDEA StatiCa, 2024. Ver. 24.0.1.1243. Dostupné také z: www.ideastatica.com.
17. GEO5: Pilota. Fine spol. s r.o., [b.r.]. Ver. 2019.99. Dostupné také z: www.fine.cz.

1.4 Související projekty a podklady

18. Podrobný geotechnický průzkum
ověřující kvalitu hornin v podzákladí rekonstruovaného mostu Global - Geo, s.r.o., Ak. Heyrovského
1178, 500 03 Hradec Králové

2 Technické řešení konstrukce

2.1 Popis nosné konstrukce

Nosná konstrukce mostu je navržena jako rámová, z monolitického železobetonu světlosti 16,5 m. NK je v příčném směru tvořena dvěma trámy šířky 1,8 m, proměnné výšky. V poli je výška trámy včetně desky 0,85 m, v lici podpěr 1,2 m. Tloušťka desky mezi trámy je 0,45 m. Horní povrch NK respektuje výškové řešení povrchu vozovky, s konstantním příčným střešovitým sklonem 2,5 %. Pod římsami přechází příčný sklon horního povrchu do protispádu 2,5 % vlevo, resp. 6,0 % vpravo a tvoří tak úžlabí pro odvodnění izolace. Podélný sklon NK je konstantní, stoupá 0,5 % ve směru staničení.

Beton: NK C30/37-XF2+XC4+XD1 (dle ČSN EN 206)

Betonářská výztuž: B500B dle ČSN 42 0139 a TP 193

Kategorie povrchové úpravy (dle TKP kap. 18):

| | |
|--------------------------------|--|
| Zasypané plochy: | C1a (vodovzdorná překližka nebo ocelové bednění, povrch s drobnými vadami) |
| Pohledové plochy: | C2d (celoplošné vícevrstvé desky zpevněné povrchově pečutí pryskyřičnou vrstvou, pohledový beton bez povrchových vad) |
| Horní povrch nosné konstrukce: | úprava mostovky jako podkladu pro izolaci dle ČSN 73 6242 (Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací), kap. 3.5 a tab. 5. |

2.2 Založení

Založení je hlubinné, na mikropilotách, ocelové tr. Ø108/16. Mikropiloty budou v podélném směru mostu odkloněny od svislice pod úhlem 10°. Vzdálenost mikropilot v podélném směru je 1,4 m, v příčném směru 1,0 m.

Hlavy mikropilot budou svázány s rozšířeným ŽB základem obdélníkového průřezu 2,2x0,8 m. Kořeny mikropilot budou vetknuty do vrstev Břidlic třídy R3 (R4).

Opěry jsou tvořeny svislými stěnami tl. 1,4 m. Opěra O1 má výšku 2,237, má proměnnou šířku 10,018 – 10,978 m a je doplněna půdorysně zakřivenými zavěšenými křídly dl. 3,0 m. Opěra O2 má výšku 2,319 m, šířku 9,5 m a je doplněna rovnoběžnými křídly dl. 2,0 m na levé straně a 1,0 m na pravé straně. Součástí spodní stavby jsou vlečené přechodové desky dl. 3,0 m.

| | | |
|---------------|-------------------|--|
| <u>Beton:</u> | Spodní stavba: | C30/37-XF2+XC4+XD1 (dle ČSN EN 206) |
| | Přechodové desky: | C25/30-XF2+XC2+XD2 (dle ČSN EN 206) |
| | Mikropiloty: | C 25/30 – XA1 dle ČSN EN 206+A1 min. množství cementu 375 kg/m ³ dle ČSN EN 1536 |
| | Podkladní beton: | C 12/15 - X0) |

Betonářská výztuž: B500B dle ČSN 42 0139 a TP 193

Konstrukční ocel:

| | |
|-------------------|----------------------------|
| Mikropiloty: | S355J2H dle ČSN EN 10210-1 |
| Hlavy mikropilot: | S235JR dle ČSN EN 10025-2 |

Zálivka a injekční směs MP:

| | |
|--|--------------------|
| Cementová směs 1.87 kg/dm ³ | cement CEM II-32.5 |
|--|--------------------|

Protikorozi ochrana trvalých mikropilot:

Krytí trubního profilu MP min. 75 mm zajištěno distančními prvky

Volná délka MP bude opatřena protikoročním nátěrem podle návrhu dodavatele (uvést v technologickém předpisu)

Kategorie povrchové úpravy (dle TKP kap. 18):

| | |
|-------------------|---|
| Zasypané plochy: | C1a (vodovzdorná překližka nebo ocelové bednění, povrch s drobnými vadami) |
| Pohledové plochy: | C2d (celoplošné vícevrstvé desky zpevněné povrchově pečutí pryskyřičnou vrstvou, pohledový beton bez povrchových vad) |



3 Zatížení

3.1 Stálé zatížení

3.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha byla vypočtena výpočtním programem IDA NEXIS [15]. Objemová hmotnost železobetonu se uvažuje 2500 kg/m^3 .

3.1.2 Ostatní stálé

| | b | A | h | γ | g_k |
|-------------|----------|----------------------|----------|-------------------------|-----------------------------|
| | m | m² | m | kN/m³ | kN/m²(m') |
| římsa levá | 2,00 | 0,7 | 0,4 | 25,0 | 9,0 |
| římsa pravá | 0,50 | 0,3 | 0,6 | 25,0 | 15,2 |
| vozovka | 7,00 | - | 0,135 | 28,8 | 3,9 |
| zábradlí | - | - | - | - | 1,0 |
| svodidlo | - | - | - | - | 1,0 |

Tabulka 1 Ostatní stálé

Základní objemová tíha vozovkového souvrství se uvažuje 24 kN/m^3 . Hodnota byla zvýšena o 20% s ohledem na proměnlivost tloušťky při provádění, dle ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) [2]. S ohledem na statické působení se bere pouze přítěžující účinek.

3.1.3 Smršťování

Smršťování bylo určeno dle ČSN EN 1992-1-1 ed. 2 (73 1201) [5]. Konečné poměrné přetvoření konstrukce od smršťování je

$$\varepsilon_{cd} = 2,5 \cdot 10^{-4}$$

smršťování od vysychání

$$\varepsilon_{ca} = 0,5 \cdot 10^{-4}$$

autogenní smršťování

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 3,0 \cdot 10^{-4}$$

celkové smršťování

$$\varepsilon_T = \alpha_c \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = 3,0 \cdot 10^{-4} / 1,0 \cdot 10^{-5} = 30 \text{ K}$$

ekvivalentní teplotní zatížení

3.1.4 Zemní tlak na opěru

Zatížení zeminou za opěrou se uvažuje jako zemní tlak v klidu. Uvažuje se zásyp za opěrou nesoudržnou zeminou. Zásyp je přitížen vozovkovým souvrstvím. Zemní tlak byl spočten dle ČSN 73 0037 [14].

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

objemová tíha zeminy

$$k_r = 0,5$$

součinitel zemního tlaku v klidu

$$\sigma_r = \sigma_z \cdot k_r + \Delta\sigma_r = \gamma \cdot h \cdot K_r + \Delta\sigma_r$$

zemní tlak v klidu

$$\Delta\sigma_r = p \cdot K_r = (0,3 \cdot 25) \cdot 0,5 = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

přítížení přechodovou deskou

$$\sigma_{r,roh} = 20 \cdot 0,65 \cdot 0,5 + 3,75 = 10,25 \text{ kN/m}^2$$

zemní tlak rámový roh

$$\sigma_{r,pata} = 20 \cdot 3,65 \cdot 0,5 + 3,75 = 40,25 \text{ kN/m}^2$$

zemní tlak v patě opěry

$$\sigma_{r,zs} = 20 \cdot 4,45 \cdot 0,5 + 3,75 = 48,25 \text{ kN/m}^2$$

zemní tlak v základové spáře

3.2 Proměnná zatížení

3.2.1 Doprava

Modely zatížení dopravou jsou dle normy ČSN EN 1991-2 ed. 2 (73 6203) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou [5]. Zatížení jsou umístěna do nejvíce nepříznivé polohy, pokud není uvedeno jinak. Zatížení Q představuje zatížení od dvounápravy, zatížení q představuje spojitě zatížení v jízdním pruhu.

Model zatížení 1 (LM1) Zatěžovací schéma je tvořeno dvěma jízdními pruhy šířky $w = 3,00$ m a zbývající plochou o šířce 0,50 m. Zatěžovací plocha vozovky je uvažována mezi zvýšenými obrubami. Celková šířka vozovky je 6,50 m.

| | | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| α_{Q1} | α_{Q2} | α_{q1} | α_{q2} | α_{qr} |
| 1,0 | 1,0 | 1 | 2,4 | 1,2 |

Tabulka 2 Hodnoty regulačních součinitelů

| | | 1. jízdní pruh | 2. jízdní pruh | zbývající plocha |
|-------------------|-------------------|----------------|----------------|------------------|
| Q_{ik} (TS) | kN | 300 | 200 | 0 |
| q_{ik} (UDL) | kN/m ² | 9,0 | 2,5 | 2,5 |
| $\alpha_Q Q_{ik}$ | kN | 300 | 200 | 0 |
| $\alpha_q q_{ik}$ | kN/m ² | 9,0 | 6,0 | 3,0 |

Tabulka 3 Zatížení od LM1

Roznesení zatížení se uvažuje do střednicové plochy desky. Dotyková plocha kola pro LM1 0,40x0,40.

Rozšíření dotykové plochy o tloušťku vozovky a tloušťku desky:

$$(0,135 + \frac{0,35}{2}) = 0,31 \text{ m}$$

rozšíření dotykové plochy

$$(0,40 + 2 * 0,31) * (0,40 + 2 * 0,31) = 1,04 \text{ m}^2$$

výsledná roznášecí plocha kola

$$\overline{Q}_1 = \frac{300/2}{1,04} = 144,5 \text{ kN/m}^2$$

roznesené kolové zatížení

$$\overline{Q}_2 = \frac{200/2}{1,04} = 96,5 \text{ kN/m}^2$$

roznesené kolové zatížení

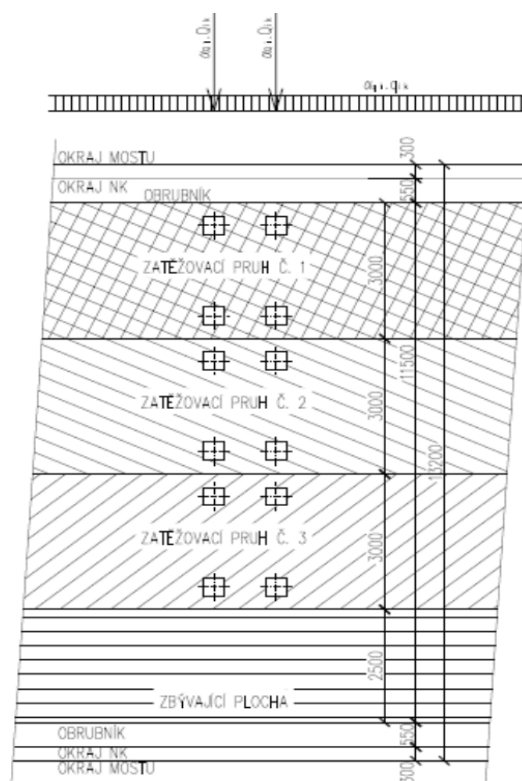


Schéma 4 Model zatížení 1

Model zatížení 2 (LM2). Model zatížení sestává z jedné nápravy tvořené silou 400 kN včetně dynamického součinitele, která může působit v kterémkoliv místě na vozovce.

Roznesení zatížení se uvažuje do střednicové plochy desky. Dotyková plocha kola pro LM2 0,35x0,60.

Rozšíření dotykové plochy o tloušťku vozovky a tloušťku desky:

$$(0,135 + \frac{0,35}{2}) = 0,31 \text{ m}$$

rozšíření dotykové plochy

$$(0,35 + 2 * 0,31) * (0,60 + 2 * 0,31) = 1,18 \text{ m}^2$$

výsledná roznášecí plocha kola

$$\overline{Q_1} = \frac{400/2}{1,18} = 169,0 \text{ kN/m}^2$$

roznesené kolové zatížení

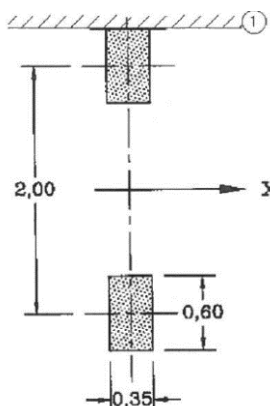


Schéma 5 Model zatížení 2

Model zatížení 3 (LM3). Představuje zatížení zvláštními vozidly. Je uvažováno vozidlo 900/150 dle ČSN EN 1991-2 ed. 2 (73 6203) [5].

Vozidlo 900/150 má 6 náprav v osových vzdálenostech 1,5 m s nápravovým zatížením 150 kN. Po celé délce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava. Dynamický součinitel je roven 1,25.

SCHEMA NÁPRAVY MODELU LM3 SE ZATÍŽENÍM 150 kN NEBO 200 kN

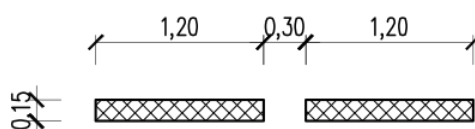


Schéma 6 Model zatížení 3 - 900/150

Rozšíření dotykové plochy o tloušťku vozovky a tloušťku desky:

$$(0,135 + \frac{0,35}{2}) = 0,31 \text{ m}$$

rozšíření dotykové plochy

$$(0,15 + 2 * 0,31) * (1,20 + 2 * 0,31) = 1,40 \text{ m}^2$$

výsledná roznášecí plocha kola

$$Q = 150 * 1,25 = 187,5 \text{ kN/m}^2$$

900/150

$$\overline{Q_1} = \frac{187,5/2}{1,40} = 67,0 \text{ kN/m}^2$$

roznesené kolové zatížení

Model zatížení 4 (LM4). Po celé ploše mostu 5 kN/m²

Model zatížení LM4 na konstrukci zjevně nerozhoduje a jeho účinky proto nebyly vyčíslovány.

Model zatížení na únavu 3 (FLM3). Jediné čtyřnápravové vozidlo s nápravovými silami 4 x 120 kN. Druhé vozidlo se vzhledem k délce mostu neuplatní. Zatížení se může vyskytnout kdekoli mezi zvýšenými obrubami.

Roznesení zatížení se uvažuje do střednicové plochy desky. Každá náprava má dvě identická kola a dotyková plocha každého kola je čtverec 0,40x0,40 m.

Rozšíření dotykové plochy o tloušťku vozovky a tloušťku desky:

$$(0,135 + \frac{0,35}{2}) = 0,31 \text{ m}$$

rozšíření dotykové plochy

$$(0,40 + 2 * 0,31) * (0,40 + 2 * 0,31) = 1,04 \text{ m}^2$$

výsledná roznášecí plocha kola

$$\overline{Q_1} = \frac{120/2}{1,04} = 58,0 \text{ kN/m}^2$$

roznesené kolové zatížení

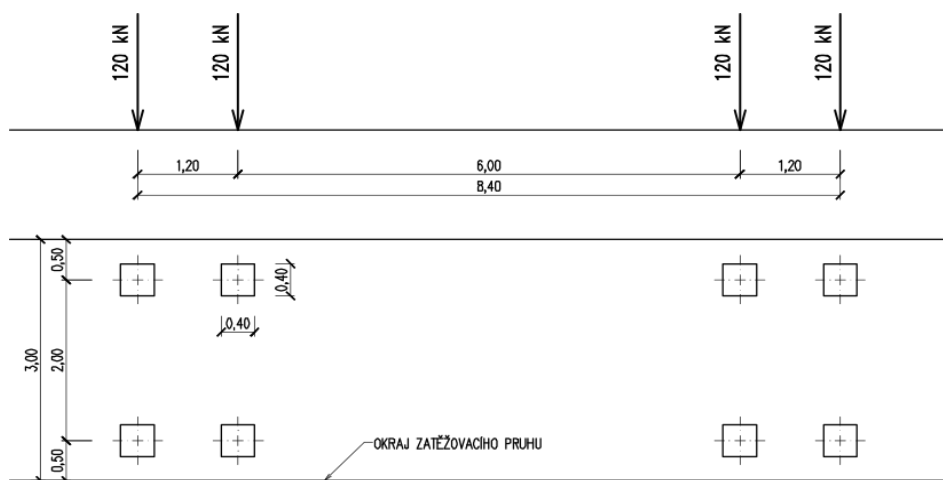


Schéma 7 Model zatížení na únavu 3

Brzdné a rozjezdové síly. Působení brzdné síly vychází ze zatížení v modelu LM1. Zatížení působí jako rovnoměrné v ose zatěžovacího pruhu.

Brzdné síly pro LM1

$$Q_{Ik,LM1} = 0,6 * \alpha_{Q1} * (2 * Q_{1k}) + 0,1 * \alpha_{q1} * q_{1k} * w * L$$

$$= 0,6 * 1,0 * (2 * 300) + 0,1 * 1,0 * 9,0 * 3,0 * 19,3 = 412,1 \text{ kN}$$

$$q_{Ik,LM1} = \frac{Q_{Ik,LM1}}{L} = \frac{412,1}{19,3} = 21,4 \text{ kN/m}$$

Brzdné síly pro LM3, vozidlo 900/150

$$Q_{Ik,LM3} = 0,6 * Q_{LM3} + 0,1 * \alpha_{q2} * q_{2k} * w * L$$

$$= 0,6 * 900 + 0,1 * 1,0 * 2,4 * 2,5 * 3 * 19,3 = 574,7 \text{ kN}$$

$$q_{Ik,LM3} = \frac{Q_{Ik,LM2}}{L} = \frac{575}{19,3} = 29,8 \text{ kN/m}$$

Odstředivé a jiné příčné síly. Most je veden v přímé. Odstředivé síly nevznikají.

Přítížení zeminy za opěrou od zatížení dopravou. Přítížení za opěrou se uvažuje dle ČSN EN 1991-2 ed. 2 (73 6203) [5]. Za opěrou působí rovnoměrné zatížení a dvounáprava rozpočtená do následujících ploch.

| Model zatížení | Náhradní plocha |
|----------------|-----------------|
| LM1 | 3,0 x 4,5 m |
| LM3 900/150 | 3,0 x 8,0 m |

Tabulka 4 Ekvivalentní zatížení q_{eq} za opěrou

$$q_{eq,LM1-1} = \frac{2 \cdot 300}{3,0 + 4,5} = 44,4 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eq,LM1-2} = \frac{2 \cdot 200}{3,0 + 4,5} = 29,6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{eq,LM3} = \frac{900}{3,0 + 8,0} = 37,5 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení na rub opěry je spočteno dle ČSN 73 0037 [13]. Uvažuje se zemní tlak v klidu. Pro celoplošné zatížení je přírůstek zatížení. Pásové ekvivalentní zatížení q_{eq} od dvounápravy je uvažováno stejným výpočtem, přístup je na straně bezpečné.

$$\Delta\sigma = q_{LM} \cdot K_r$$

Přírůstek zemního tlaku od rovnoměrného zatížení LM1.

$$\Delta\sigma_1 = 9,0 \cdot 0,5 = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma_2 = 6,0 \cdot 0,5 = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma_r = 3,0 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

Přírůstek zemního tlaku od nápravového zatížení

$$\Delta\sigma_{LM1-1-TS} = 44,4 \cdot 0,5 = 22,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma_{LM1-2-TS} = 29,6 \cdot 0,5 = 14,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma_{LM3} = 37,5 \cdot 0,5 = 18,8 \text{ kN/m}^2$$

Sestavy zatížení. Sestavy jsou vytvořeny dle ČSN EN 1991-2 ed. 2 (73 6203) [5].

| Sestava | Svislé síly | Vodorovné síly | Chodníky |
|---------|----------------------|---------------------------|------------|
| gr1a | LM1 _{char} | - | kombinační |
| gr1b | LM2 _{char} | - | - |
| gr2 | LM1 _{častá} | $Q_{lk,LM1}; Q_{trk,LM1}$ | - |
| gr5 | LM3 | $Q_{lk,LM3}; Q_{trk,LM3}$ | - |

Tabulka 5 Charakteristické sestavy zatížení

| Sestava | Svislé síly | Vodorovné síly | Chodníky |
|---------|-------------|----------------|----------|
|---------|-------------|----------------|----------|

| | | | |
|------|----------------------|---|---|
| gr1a | LM1 _{častá} | - | - |
| gr1b | LM2 _{častá} | - | - |

Tabulka 6 Časté sestavy zatížení

Zatížení chodníků se uvažuje hodnotou rovnoměrného zatížení 5 kN/m² (kombinační hodnota 3 kN/m²).

3.2.2 Klimatická zatížení

Vítr - Současné působení větru a teploty se, dle ČSN EN 1990 ed. 2 (73 0002) [1], neuvažuje. Pro integrované mosty je teplotní zatížení dominantním klimatickým zatížením, zatížení od větru se neuvažuje.

Teplota - Zatížení teplotou je uvažováno dle ČSN EN 1991-1-5 (73 0035) [4]. Pro účely stanovení účinků teplot je NK zařazena do skupiny konstrukcí typ 3 - betonová deska.

Rovnoměrná složka teploty

Vzhledem k poloze mostu jsou maximální a minimální hodnoty konstrukce stanoveny hodnotami:

$$T_{max} = 39^{\circ}\text{C} \quad \Rightarrow \quad T_{e,max} = 39 + 1,5 = 40,5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{min} = -31^{\circ}\text{C} \quad \Rightarrow \quad T_{e,min} = -31 + 8 = -23,0^{\circ}\text{C}$$

$$T_0 = 10^{\circ}\text{C}$$

uvažovaná počáteční teplota konstrukce

$$\Delta T_{N,exp} = T_{max} - T_0 = 40,5 - 10 = 30,5^{\circ}\text{C}$$

zatížení rovnoměrným oteplením

$$\Delta T_{N,con} = T_{min} - T_0 = -23,0 - 10 = -33,5^{\circ}\text{C}$$

zatížení rovnoměrným ochlazením

Rozdílová složka teploty. Rozdílová složka teploty je uvažována dle čl. 6.1.4.1 jako svisle lineární (postup 1). Hodnoty ΔT_M a k_{sur} jsou stanoveny dle ČSN EN 1991-1-5 (73 0035) [3], tab 6.1 a 6.2 pro betonový nosník a tloušťku mostního svršku 135 mm.

Maximální rozdíl teploty mezi povrchy NK je uvažován hodnotami:

$$\Delta T_{M,heat} = 0,56 * 15 = 8,4^{\circ}\text{C}$$

zatížení nerovnoměrným oteplením

$$\Delta T_{M,cool} = 1,0 * (-8) = -8,0^{\circ}\text{C}$$

zatížení nerovnoměrným ochlazením

Společné působení složek teploty. Pro analýzu konstrukce od zatížení teplotou je uvažováno se společným působením rovnoměrné a nerovnoměrné složky. Norma ČSN EN 1991-1-5 (73 0035) [3] uvádí dvě kombinace pro společné teplotní působení složek.

Pro rozhodující rozdílovou složku teploty (ve výpočtu označeno $T_{M,k}$)

$$T_{MK}^{+} = \Delta T_{M,heat} + \omega_N \Delta T_{N,exp}$$

$$T_{MK}^{-} = \Delta T_{M,cool} + \omega_N \Delta T_{N,con}$$

$$\omega_N = 0,35$$

Pro rozhodující rovnoměrnou složku teploty (ve výpočtu označeno $T_{N,k}$)

$$T_{NK}^{+} = \omega_M \Delta T_{M,heat} + \Delta T_{N,exp}$$

$$T_{NK}^{-} = \omega_M \Delta T_{M,cool} + \Delta T_{N,con}$$

$$\omega_M = 0,75$$

3.3 Kombinace zatížení

Kombinace zatížení jsou sestaveny dle ČSN EN 1990 ed. 2 (73 0002) [1].

Kombinace pro mezní stav únosnosti

$$\Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{Gk,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{Qk,i} \quad (6.10)$$

$$\Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{Gk,j} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{Qk,i} \quad (6.10a)$$

$$\Sigma \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{Gk,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{Qk,i} \quad (6.10b)$$

Redukční součinitelé

$$\xi = 0,85$$

stálé zatížení

Dílčí součinitelé

$$\gamma_G = 1,35$$

stálé zatížení

$$\gamma_Q = 1,35$$

zatížení silniční dopravou

$$\gamma_Q = 1,5$$

ostatní proměnná zatížení

Kombinace pro mezní stav použitelnosti

$$\Sigma G_{Gk,j} + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{Qk,i}$$

Charakteristická

$$\Sigma G_{Gk,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{Qk,i}$$

Častá

$$\Sigma G_{Gk,j} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{Qk,i}$$

Kvazistálá

Kombinace zatížení na únavu dle ČSN EN 1992-1-1 ed. 2 (73 1201) [5]

$$\Sigma G_{Gk,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{Qk,i} + Q_{fat}$$

| Zatížení | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|------------|----------|----------|----------|
| gr1a – TS | 0,75 | 0,75 | 0 |
| gr1a – UDL | 0,4 | 0,4 | 0 |
| chodci | 0,4 | 0,4 | 0 |
| gr1b | 0 | 0,75 | 0 |
| gr2 | 0 | 0 | 0 |
| gr5 | 0 | - | 0 |
| teplota | 0,6 | 0,6 | 0,5 |

Tabulka 7 Kombinační součinitele ψ_i

| | | Q | VLT | OST | SHR | ZEM | ZEM _{LM1-JDL} | ZEM _{LM1-TS} | ZEM _{LM3} | UDL1 | UDL2 | UDLR | CHOD | LM1-1 | LM1-2 | LM2 | LM3 | FLM3 | BRZ1 | BRZ3 | TN | TM |
|------|-------|------|------|------|------|------|------------------------|-----------------------|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| CO1 | 6.10a | gr1a | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 0,54 | 1,01 | 0,00 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,32 | 1,01 | 1,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CO2 | 6.10b | gr1a | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,35 | 1,35 | 0,00 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 0,81 | 1,35 | 1,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CO3 | 6.10b | gr1b | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CO4 | 6.10a | gr2 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 0,22 | 0,76 | 0,00 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,00 | 0,76 | 0,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CO5 | 6.10b | gr2 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 0,54 | 1,01 | 0,00 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,00 | 1,01 | 1,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CO6 | 6.10b | gr5 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 0,00 | 0,00 | 1,35 | 0,00 | 1,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CO7 | k | gr1a | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 |
| CO8 | k | gr1b | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,60 |
| CO9 | k | gr2 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,40 | 0,75 | 0,00 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,00 | 0,75 | 0,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,60 |
| CO10 | k | gr5 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,60 | 0,60 |
| CO11 | k | T | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,40 | 0,75 | 0,00 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,00 | 0,75 | 0,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 |
| CO12 | f | gr1a | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,40 | 0,75 | 0,00 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,24 | 0,75 | 0,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,50 |
| CO13 | f | T | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,60 |
| CO14 | q | T | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,50 |
| CO15 | q | - | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CO16 | FAT | T | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,60 |
| CO17 | FAT | - | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tabulka 8 Kombinační hodnoty pro zatěžovací stavy

4 Analýza konstrukce

4.1 Statický model

Konstrukce je modelována jako kolmá, prostorová, deskostěnová, včetně pilot. Piloty byly modelovány jako pruty podepřené po 1,0 m vodorovnými pružnými podporami s tuhostí odpovídající odporu zeminy proti vodorovnému posunutí.

Schéma 8 Prvkový model

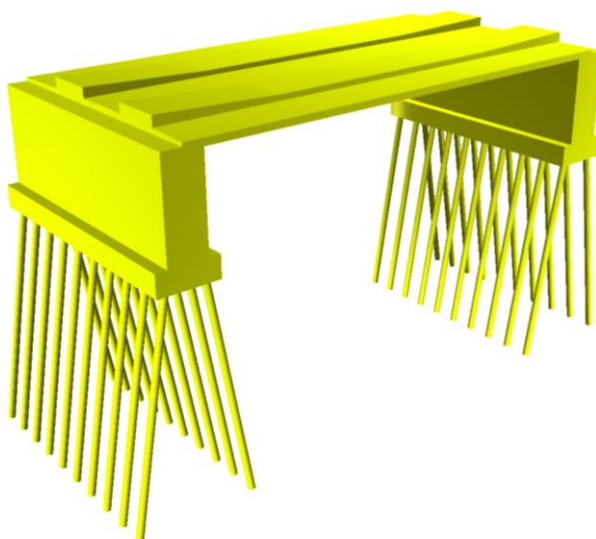


Schéma 9 Objemový model

4.2 Geologické parametry

Parametry podloží byly převzaty z IGP [18]. Konkrétně použitý vrt JV-2. Vodorovná tuhost podpor byla určena jako modul reakce podloží dle ČSN 73 1004 [13], čl. 67.

| | |
|----------------------------------|---|
| E_{def} | modul pružnosti |
| d | průměr piloty |
| k_h | modul reakce podloží |
| k_x, k_y | tuhost pružné podpory ve vodorovném směru |
| z | hloubka pod terénem |
| n_h | konstanta stlačitelnosti |
| $k_h = \frac{E_{def}}{d}$ | platí pro soudržné zeminy |
| $k_h = z * \frac{n_h}{d}$ | platí pro nesoudržné zeminy |
| $k_x = k_y = k_h * d * \Delta h$ | platí pro soudržné zeminy |

| Geologie | Zatřídění ČSN 73 6133 | Obj. tíha | Modul přetvárnosti | Úhel vnitř. tření - efektivní | Soudržnost - efektivní | Únosnost |
|---|-----------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------|----------|
| | | γ | Edef | ϕ_{ef} | cef | Rdt |
| | | kN/m ³ | MPa | ° | kPa | kPa |
| štěrk hlinito-písčité, s kamenitou složkou | G3 G-F Cb středně ulehlý | 19,5 | 80 | 33 | 0 | 455 |
| jíl písčité, pevný, břidlice jílovitá | F4 CS, R6/F4 CS pevný | 18,5-19,0 | 8-12 | 27 | 20 | 250 |
| břidlice | břidlice R5 | 21,5 | 20-40 | 29 | 25 | 250-300 |
| břidlice | břidlice R3 | 23,0 | 40-80 | - | - | 300 |
| křemenný prachovec | křemenný prachovec R3 | 24,0 | 150-500 | - | - | 500-800 |

Tabulka 9 Geologické parametry

| Podpora | Hloubka pod ZS | Hl. pod terénem | Zemina | Zatřídění | E _{def} | d | k _h | k _x =k _y |
|---------|-------------------|--------------------|--|-----------|-------------------|------|-------------------|--------------------------------|
| | m | m | | | MN/m ³ | m | MN/m ³ | MN/m |
| 1 | 0,5 | 5,00 | břidlice jílovitá, zcela zvětralá (R6-F4CS) | R6 - F4CS | 8 | 0,25 | 32,00 | 8 |
| 2 | 1,5 | 6,00 | břidlice jílovitá, zcela zvětralá (R6-F4CS) | R6 - F4CS | 8 | 0,25 | 32,00 | 8 |
| 3 | 2,5 | 7,00 | břidlice jílovitá, zcela zvětralá (R6-F4CS) | R6 - F4CS | 8 | 0,25 | 32,00 | 8 |
| 4 | 3,5 | 8,00 | křemenný prachovec navětralý (R3) | R3 | 200 | 0,25 | 800,00 | 200 |
| 5 | 4,5 | 9,00 | břidlice jílovitá, mírně zvětralá (R4) | R4 | 60 | 0,25 | 240,00 | 60 |
| 6 | 5,5 | 10,00 | břidlice jílovitá, mírně zvětralá (R4) | R4 | 60 | 0,25 | 240,00 | 60 |
| 7 | 6,5 | 11,00 | břidlice jílovitá, mírně zvětralá (R4) | R4 | 60 | 0,25 | 240,00 | 60 |
| 8 | 7,5 | 12,00 | břidlice jílovitá, mírně zvětralá (R4) - navětralá | R4 | 60 | 0,25 | 240,00 | 60 |
| 9 | 8,0 | 12,50 | břidlice jílovitá, mírně zvětralá (R4) | R4 | 60 | 0,25 | 240,00 | 60 |

Tabulka 10 Vodorovná tuhost podloží

4.3 Materiály

| | |
|------------------|--------------------|
| Nosná konstrukce | C30/37-XF2+XC4+XD1 |
| Spodní stavba | C30/37-XF4+XC4+XD3 |

Tabulka 11 Beton dle ČSN EN 206+A2 a ČSN P 73 2404

| | |
|-------------------|-----------|
| Betonářská výztuž | B500B (R) |
|-------------------|-----------|

Tabulka 12 Výztuž dle ČSN 42 0139 a TP 193

5 Vnitřní síly

5.1 Nosná konstrukce

Vnitřní síly na nosné konstrukci byly vyhodnoceny v rozhodujících řezech:

- líc opěry O1 – extrém posouvajících sil
- střed rozpětí – kladný ohybový moment

| | |
|----------|------------------------------------|
| m_{xD} | návrhový ohybový moment pro směr x |
| q_x | posouvající síla pro směr x |

Tabulka 13 Návrhové vnitřní síly

| Vnitřní síly pravý trám | NK - střed | | | NK - líc opěry | | |
|----------------------------|------------|-----------|-------|----------------|-----------|-------|
| | m_{xD+} | m_{xD-} | q_x | m_{xD+} | m_{xD-} | q_x |
| Popis | kNm/m | kNm/m | kN/m | kNm/m | kNm/m | kN/m |
| Vlastní tíha | -225,1 | 225,1 | 0,0 | 221,8 | -212,1 | 108,6 |
| Ostatní stálé | -95,0 | 95,0 | 0,0 | 94,8 | -82,8 | 41,3 |
| Smršťování | -13,3 | 13,3 | 0,0 | -13,3 | 13,3 | 0,0 |
| Zemní tlak v klidu | 52,8 | -52,8 | 0,0 | 53,8 | -49,6 | 0,0 |
| Rovnoměrné oteplení | 40,7 | -40,7 | 0,0 | 40,7 | -40,7 | 0,0 |
| Rovnoměrné ochlazení | -44,0 | 44,0 | 0,0 | -44,0 | 44,0 | 0,0 |
| Nerovnoměrné oteplení | -54,9 | 54,9 | 0,0 | -54,9 | 54,9 | 0,0 |
| Nerovnoměrné ochlazení | 63,0 | -63,0 | 0,0 | 63,0 | -63,0 | 0,0 |
| Chodci | -12,6 | 12,6 | 0,0 | 7,2 | 0,8 | 0,2 |
| LM1 - UDL | -94,5 | 94,6 | 0,0 | 114,4 | -94,6 | 52,8 |
| LM1 - UDL zem | 3,8 | -3,8 | 0,0 | 4,6 | -3,8 | 0,2 |
| LM1 - TS - Mmax | -274,8 | 274,8 | 0,2 | 225,6 | -187,8 | 66,5 |
| LM1 - TS - Vmax | -12,4 | 19,0 | 5,7 | 30,7 | -25,7 | 93,4 |
| LM1 - TS zem | 8,7 | -8,5 | 0,7 | 15,3 | -14,2 | 1,3 |
| LM1 - brzděné síly | 0,9 | 0,9 | 3,9 | 32,5 | -31,2 | 3,9 |
| LM2 - Mmax | -141,0 | 141,0 | 0,0 | 118,9 | -84,0 | 43,6 |
| LM2 - Vmax | -1,7 | 4,2 | 2,2 | 7,8 | -6,1 | 21,8 |
| LM3 - Mmax | -227,8 | 227,8 | 0,0 | 298,7 | -211,4 | 96,9 |
| LM3 - Vmax | -98,5 | 144,4 | 43,1 | 237,1 | -138,6 | 133,2 |
| LM3 - zem | 4,6 | -4,4 | 0,4 | 8,1 | -7,4 | 0,8 |
| LM3 - brzděné síly | 1,2 | 1,2 | 5,5 | 45,3 | -43,5 | 5,4 |
| FLM3 - Mmax | -61,4 | 61,4 | 0,0 | 125,0 | -82,3 | 54,7 |
| FLM3 - Vmax | -73,0 | 95,3 | 15,2 | 89,2 | -55,2 | 64,6 |

Tabulka 14 Vnitřní síly na nosné konstrukci podle zatěžovacích stavů

| Kombinace | NK - střed | | | NK - líc opěry | | |
|--------------------|------------|-----------|-------|----------------|-----------|-------|
| | m_{xD+} | m_{xD-} | q_x | m_{xD+} | m_{xD-} | q_x |
| Popis | kNm/m | kNm/m | kN/m | kNm/m | kNm/m | kN/m |
| (6.10a) - gr1a - M | -710,7 | 710,7 | 0,2 | 797,0 | -698,7 | 299,6 |
| (6.10b) - gr1a - M | -830,2 | 830,3 | 0,3 | 902,0 | -777,4 | 335,4 |
| (6.10a) - gr1a - V | -445,0 | 451,7 | 5,8 | 599,7 | -534,6 | 326,8 |
| (6.10b) - gr1a - V | -475,9 | 485,0 | 7,7 | 638,9 | -558,6 | 371,7 |
| (6.10b) - gr1b - M | -567,7 | 567,7 | 0,0 | 649,5 | -556,7 | 261,2 |
| (6.10b) - gr1b - V | -379,6 | 383,0 | 3,0 | 499,5 | -451,6 | 231,8 |
| (6.10a) - gr2 - M | -605,5 | 607,3 | 4,1 | 730,5 | -649,6 | 269,2 |
| (6.10b) - gr2 - M | -649,5 | 652,0 | 5,5 | 768,6 | -677,4 | 274,9 |
| (6.10a) - gr2 - V | -406,2 | 413,1 | 8,3 | 582,5 | -526,5 | 289,7 |
| (6.10b) - gr2 - V | -383,8 | 393,0 | 11,0 | 571,2 | -513,3 | 302,2 |
| (6.10b) - gr5 - M | -627,3 | 630,6 | 7,4 | 891,9 | -731,8 | 311,6 |
| (6.10b) - gr5 - V | -452,8 | 518,0 | 65,6 | 808,7 | -633,5 | 360,6 |
| char - gr1a - M | -638,4 | 671,1 | 0,2 | 724,5 | -595,7 | 269,3 |
| char - gr1a - V | -376,0 | 415,3 | 5,7 | 529,6 | -433,6 | 296,2 |
| char - gr1b - M | -402,5 | 435,2 | 0,0 | 499,1 | -397,7 | 193,5 |
| char - gr1b - V | -263,2 | 298,4 | 2,2 | 388,0 | -319,8 | 171,7 |
| char - gr2 | -504,5 | 539,0 | 4,0 | 627,6 | -523,6 | 224,8 |
| char - gr5 | -488,1 | 523,2 | 5,5 | 724,2 | -568,6 | 252,2 |
| char - T | -476,1 | 532,9 | 5,5 | 736,2 | -558,9 | 252,2 |
| kvazistálá - T | -264,5 | 291,7 | 0,0 | 377,2 | -316,2 | 149,9 |
| kvazistálá - stálé | -279,5 | 279,5 | 0,0 | 362,2 | -328,4 | 149,9 |
| FLM3 - T - M | -322,9 | 355,6 | 0,0 | 505,2 | -396,0 | 204,6 |
| FLM3 - T - V | -334,5 | 389,5 | 15,2 | 469,4 | -368,9 | 214,5 |
| FLM3 - M | -340,9 | 340,9 | 0,0 | 487,2 | -410,7 | 204,6 |
| FLM3 - V | -352,5 | 374,8 | 15,2 | 451,4 | -383,6 | 214,5 |

Tabulka 15 Rozhodující vnitřní síly na nosné konstrukci podle kombinací zatížení

6 Posouzení nosné konstrukce

Průřezy konstrukce byly posouzeny dle ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-2 v programu IDEA StatiCa [16]. Nosná konstrukce je posouzena v rozhodujících řezech.

Nosná konstrukce byla posouzena v průřezu uprostřed rozpětí a v líci opěry. Uprostřed rozpětí je trám desky vyztužen podélnou výztuží Ø32/100 mm (17ks) u dolního povrchu a Ø16/150 mm u horního povrchu. Průřez je doplněn o čtyřstřížné třmínky Ø16/150 mm.

Využití průřezu je 95,8% (únosnost).

V líci opěry je průřez vyztužen podélnou výztuží Ø25/150 mm u horního povrchu a Ø16/150 mm (11ks) u dolního povrchu. Průřez je doplněn o čtyřstřížné třmínky Ø16/150 mm.

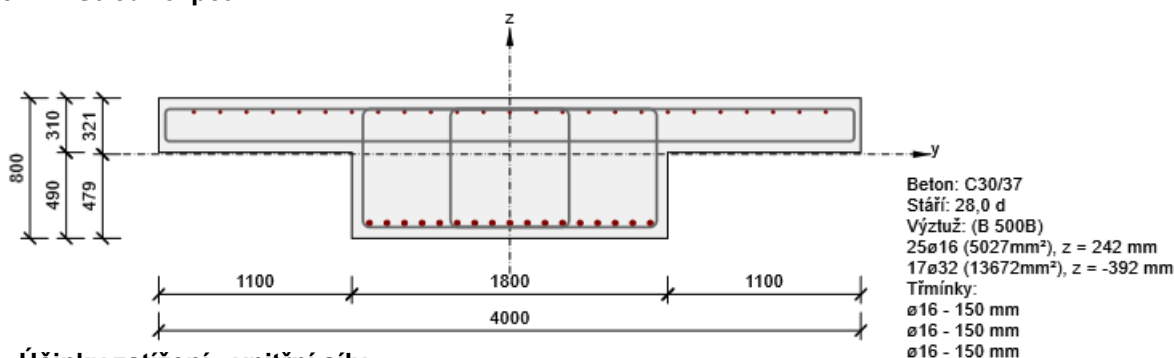
Využití průřezu je 93,3% (interakce).

6.1 Shrnutí výsledků posouzení řezů

| Název řezu | Dimenzační dílec | Vyztužený průřez | Hodnota [%] | Status posudku |
|------------|------------------|------------------|-------------|----------------|
| Střed | M 1 (Nosník) | R 1 | 95,8 | ✓ |
| Kraj | M 2 (Nosník) | R 2 | 93,3 | ✓ |

6.2 Shrnutí výsledků posouzení řezů

6.2.1 Střed rozpětí



Účinky zatížení - vnitřní síly

| Typ zatížení | Typ kombinace | N [kN] | V _y [kN] | V _z [kN] | T [kNm] | M _y [kNm] | M _z [kNm] |
|--------------|------------------------|--------|---------------------|---------------------|---------|----------------------|----------------------|
| Celkové | Základní MSÚ | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 3944,0 | 0,0 |
| Celkové | Max. cyklické zatížení | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1688,9 | 0,0 |
| Celkové | Min. cyklické zatížení | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1327,6 | 0,0 |
| Celkové | Charakteristická | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3187,8 | 0,0 |
| Celkové | Kvazistálá | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1385,6 | 0,0 |

Souhrn

| Rozhodující typ posudku | N _{Ed} [kN] | M _{Ed,y} [kNm] | M _{Ed,z} [kNm] | V _{Ed} [kN] | T _{Ed} [kNm] | Hodnota [%] | Posudek |
|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|---------|
| Únosnost N-M-M | 0,0 | 3944,0 | 0,0 | | | 95,8 | OK |

| Typ posudku | N _{Ed} [kN] | M _{Ed,y} [kNm] | M _{Ed,z} [kNm] | V _{Ed} [kN] | T _{Ed} [kNm] | Hodnota [%] | Posudek |
|----------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|---------|
| Únosnost N-M-M | 0,0 | 3944,0 | 0,0 | | | 95,8 | OK |
| Smyk | 0,0 | | | 1,3 | 0,0 | 0,1 | OK |
| Interakce | 0,0 | 3944,0 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 93,8 | OK |
| Únava | 0,0 | 1688,9 | 0,0 | | | 61,0 | OK |
| Omezení napětí | 0,0 | 3187,8 | 0,0 | | | 91,4 | OK |
| Šířka trhliny | 0,0 | 1385,6 | 0,0 | | | 78,9 | OK |

Mezní hodnota využití průřezu: 100,0 %

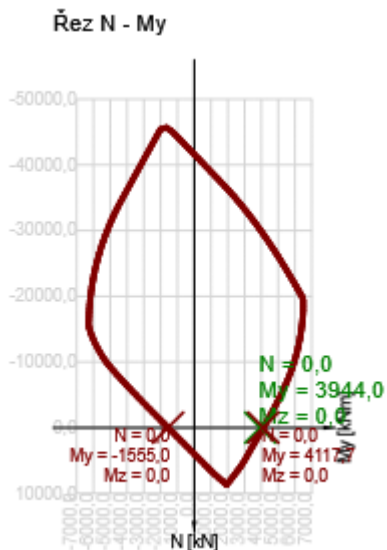
Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci: Základní MSÚ

| N_{Ed} [kN] | $M_{Ed,y}$ [kNm] | $M_{Ed,z}$ [kNm] | Typ | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|------------------|---------------------|---------------------|----------|----------------|------------|---------|
| 0,0 | 3944,0 | 0,0 | Nu-Mu-Mu | 95,8 | 100,0 | OK |

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

| Typ | F_{Ed} | F_{Rd1} | F_{Rd2} |
|-------------|----------|-----------|-----------|
| N [kN] | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M_y [kNm] | 3944,0 | 4117,7 | -1555,0 |
| M_z [kNm] | 0,0 | 0,0 | 0,0 |



Smyk

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

| V_{Ed} [kN] | N_{Ed} [kN] | V_{Rd} [kN] | Posudek zóny | Článek | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|------------------|------------------|------------------|--------------|----------|----------------|------------|---------|
| 1,3 | 0,0 | 1415,0 | bez redukce | 6.2.3(3) | 0,1 | 100,0 | OK |

Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

| V_{Ed} [kN] | $V_{Rd,c}$ [kN] | $V_{Rd,max}$ [kN] | $V_{Rd,r}$ [kN] | $V_{Rd,s}$ [kN] | V_{Rd} [kN] |
|------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 1,3 | 747,7 | 6412,9 | 6100,9 | 1415,0 | 1415,0 |

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

| n_c | a_{sw} [mm ² /m] | A_{sl} [mm ²] | b_w [mm] | d [mm] | z [mm] | θ [°] | α [°] | σ_{cp}^* [MPa] | α_{cw} [-] |
|-------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|--------------------------|----------------------|
| 4 | 5362 | 13672 | 1800 | 713 | 660 | 45,0 | 90,0 | 0,0 | 1,00 |
| $C_{Rd,c}$ [-] | k [-] | k_1 [-] | ρ_l [-] | σ_{cp} [MPa] | σ_{wd} [MPa] | V_{min} [MPa] | V [-] | V_1 [-] | |
| 0,12 | 1,53 | 0,15 | 0,01 | 0,0 | 0,4 | 0,4 | 0,53 | 0,60 | |

Interakce

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

| N_{Ed} [kN] | M_{Edy} [kNm] | M_{Edz} [kNm] | V_{Ed} [kN] | T_{Ed} [kNm] | Hodnota V+T [%] | Hodnota V+T+M [%] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|----------------|------------|---------|
| 0,0 | 3944,0 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 0,1 | 93,8 | 93,8 | 100,0 | OK |

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

| $V_{Rd,c}$ [kN] | $T_{Rd,c}$ [kNm] | $V_{Rd,max}$ [kN] | $T_{Rd,max}$ [kNm] | rce. 6.31 [%] | rce. 6.29 [%] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------|------------|---------|
| 747,7 | 596,4 | 6412,9 | 2096,8 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | OK |

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (podélná výztuž)

| A_{sl} [mm ²] | F_{sl} [kN] | $F_{sl,lim}$ [kN] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|--------------------------------|------------------|----------------------|----------------|------------|---------|
| 18699 | 1,3 | 8712,3 | 0,0 | 100,0 | OK |

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (smyková výztuž)

| a_{sw} [mm ² /m] | F_{sw} [kN] | $F_{sw,lim}$ [kN] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|----------------------------------|------------------|----------------------|----------------|------------|---------|
| 1340 | 0,5 | 582,8 | 0,1 | 100,0 | OK |

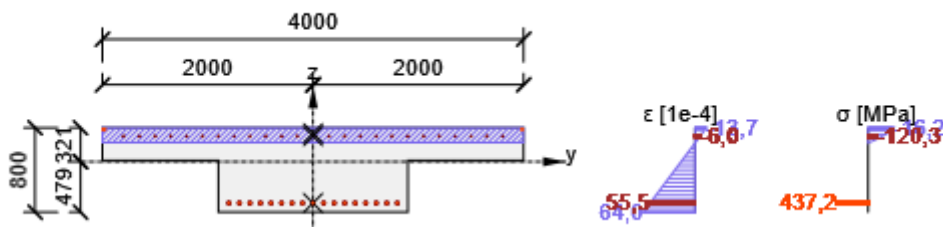
Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

| F_b [kN] | $\Delta F_{td,s}$ [kN] | $\Delta F_{td,t}$ [kN] | $\Delta \varepsilon_s$ [1e-4] | $\Delta \varepsilon_t$ [1e-4] | Extrém ve vložce | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|---------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------|----------------|------------|---------|
| 5373,2 | 1,3 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 113 | 93,8 | 100,0 | OK |

Podrobné posouzení výztuže

| Vložka | y_i [mm] | z_i [mm] | $\Delta \varepsilon_{st}$ [1e-4] | ε [1e-4] | ε_{lim} [1e-4] | $\Delta \sigma_{st}$ [MPa] | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Posudek |
|--------|---------------|---------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| 113 | -800 | -392 | 0,2 | 55,5 | 450,0 | 0,0 | 437,2 | 465,9 | 93,8 | OK |

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



Únava

| Rozhodující typ posudku | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|--|----------------|------------|---------|
| Únavová odolnost betonářské výztuže (1992-1-1, 6.8.5 (3) + NN.2.1) | 61,0 | 100,0 | OK |

Vnitřní síly pro výpočet únavy

| Výslednice fáze | $N_{Ed,tot}$ [kN] | V_{Ed} [kN] | T_{Ed} [kNm] | $M_{Ed,y,tot}$ [kNm] | $M_{Ed,z,tot}$ [kNm] |
|------------------------|----------------------|------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| Max. cyklické zatížení | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1688,9 | 0,0 |
| Min. cyklické zatížení | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1327,6 | 0,0 |

Součinitele λ_s

| λ_{s1} [-] | λ_{s2} [-] | λ_{s3} [-] | λ_{s4} [-] | λ_s [-] |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| 1,30 | 0,74 | 1,00 | 1,01 | 1,17 |

Únavová odolnost betonářské výztuže (1992-1-1, 6.8.5 (3) + NN.2.1)

| N [*10e6] | $\Delta \sigma_{Rsk(N)}$ [MPa] | $\Delta \sigma_{S,max(N)}$ [MPa] | Hodnota _{calc} [MPa] | Hodnota _{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|--------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------|------------|---------|
| 12,50 | 122,7 | 39,9 | 65,2 | 106,7 | 61,0 | 100,0 | OK |

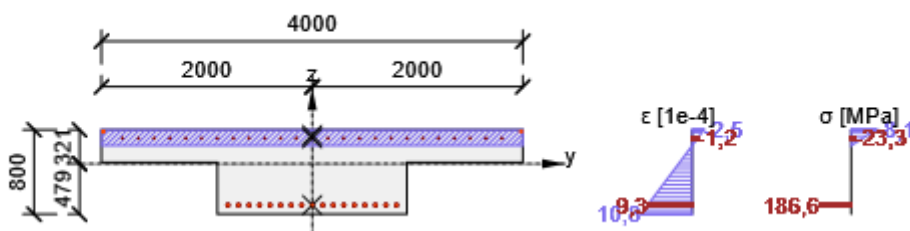
Únavová odolnost betonu v tlaku (1992-2 6.8.7 (101))

| R_i [-] | $E_{cd,min,i}$ [-] | $E_{cd,max,i}$ [-] | $f_{cd,fat}$ [MPa] | $\sigma_{cd,min,i}$ [MPa] | $\sigma_{cd,max,i}$ [MPa] | exp [-] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------|----------------|------------|---------|
| 0,79 | 0,47 | 0,60 | 13,5 | -6,4 | -8,1 | 11,98 | 0,0 | 100,0 | OK |

Únavová odolnost betonu ve smyku (1992-1-1, 6.8.7 (4))

| $V_{Ed,min}$ [kN] | $V_{Ed,max}$ [kN] | $V_{Rd,c min}$ [kN] | $V_{Rd,c max}$ [kN] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------|------------|---------|
| 0,0 | 0,0 | 747,7 | 747,7 | 0,0 | 100,0 | OK |

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu - Základní kombinace na únavu



Omezení napětí

Omezení napětí - krátkodobé účinky

| Typ posudku | Část průřezu | Index | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|-------------------------|----------------|------------|---------|
| 7.2(5)-Char | Výztužná vložka | 128 | 352,2 | 400,0 | 88,0 | 100,0 | OK |

Omezení napětí - dlouhodobé účinky

| Typ posudku | Část průřezu | Index | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|-------------------------|----------------|------------|---------|
| 7.2(5)-Char | Výztužná vložka | 113 | 365,6 | 400,0 | 91,4 | 100,0 | OK |

Podrobné posouzení betonu - krátkodobé účinky

| Typ posudku | Vlákno | y_i [mm] | z_i [mm] | N [kN] | M_y [kNm] | M_z [kNm] | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Posudek |
|--------------|--------|---------------|---------------|-------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| 7.2(2)-Char | 1 | -2000 | 321 | 0,0 | 3187,8 | 0,0 | -15,4 | -18,0 | 85,3 | OK |
| 7.2(3)-Quasi | 1 | -2000 | 321 | 0,0 | 1385,6 | 0,0 | -6,7 | -13,5 | 49,4 | OK |

Podrobné posouzení výztuže - krátkodobé účinky

| Typ posudku | Vložka | y_i [mm] | z_i [mm] | N [kN] | M_y [kNm] | M_z [kNm] | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Posudek |
|-------------|--------|---------------|---------------|-------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| 7.2(5)-Char | 128 | 700 | -392 | 0,0 | 3187,8 | 0,0 | 352,2 | 400,0 | 88,0 | OK |

Podrobné posouzení betonu - dlouhodobé účinky

| Typ posudku | Vlákno | y_i [mm] | z_i [mm] | N [kN] | M_y [kNm] | M_z [kNm] | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Posudek |
|--------------|--------|---------------|---------------|-------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| 7.2(2)-Char | 1 | -2000 | 321 | 0,0 | 3187,8 | 0,0 | -9,9 | -18,0 | 54,8 | OK |
| 7.2(3)-Quasi | 1 | -2000 | 321 | 0,0 | 1385,6 | 0,0 | -4,3 | -13,5 | 31,8 | OK |

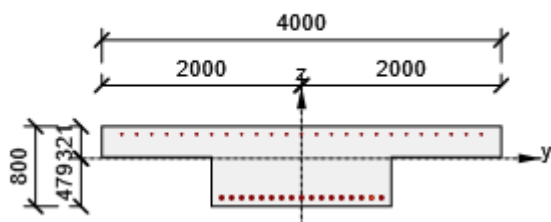
Podrobné posouzení výztuže - dlouhodobé účinky

| Typ posudku | Vložka | y_i [mm] | z_i [mm] | N [kN] | M_y [kNm] | M_z [kNm] | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Posudek |
|-------------|--------|---------------|---------------|-------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| 7.2(5)-Char | 113 | -800 | -392 | 0,0 | 3187,8 | 0,0 | 365,6 | 400,0 | 91,4 | OK |

Součinitel dotvarování

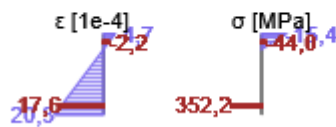
| Způsob určení | h_0 [mm] | A_c [mm ²] | u [mm] | t [d] | t_0 [d] | t_s [d] | RH [%] | Použití γ_{lt} | $\phi(t,t_0)$ [-] |
|---------------|---------------|-----------------------------|-------------|------------|--------------|--------------|-----------|-----------------------|----------------------|
| Automatické | 442 | 2122000 | 9600 | 36500,0 | 28,0 | 7,0 | 65,0 | Ne | 1,81 |

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu

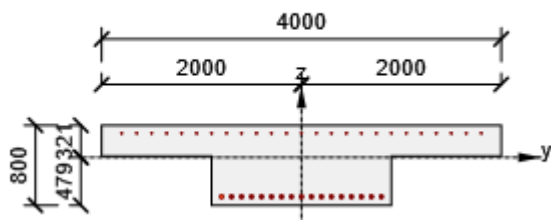


Výsledky uváděné pro:

- Charakteristická kombinace
- Tuhosti pro krátkodobé účinky



Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



Výsledky uváděné pro:

- Charakteristická kombinace
- Tuhosti pro dlouhodobé účinky



Šířka trhlin

Šířka trhlin - krátkodobé účinky

| Kombinace | N [kN] | M _y [kNm] | M _z [kNm] | w _k [mm] | w _{lim} [mm] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|-----------|--------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-------------|---------|---------|
| Kvazi | 0,0 | 1385,6 | 0,0 | 0,128 | 0,200 | 64,0 | 100,0 | OK |

Šířka trhlin - dlouhodobé účinky

| Kombinace | N [kN] | M _y [kNm] | M _z [kNm] | w _k [mm] | w _{lim} [mm] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|-----------|--------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-------------|---------|---------|
| Kvazi | 0,0 | 1385,6 | 0,0 | 0,158 | 0,200 | 78,9 | 100,0 | OK |

Mezivýsledky a součinitele pro výpočet šířky trhlin - krátkodobé účinky

| x [mm] | h _{c,eff} [mm] | d [mm] | A _{c,eff} [mm ²] | A _{s,eff} [mm ²] | A _{p,eff} [mm ²] | ρ _{p,eff} [-] |
|--------------------|---|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 150 | 217 | 713 | 390219 | 13672 | 0 | 0,04 |
| k _t [-] | ε _{sm} -ε _{cm} [1e-4] | k ₁ [-] | k ₂ [-] | k ₃ [-] | k ₄ [-] | |
| 0,60 | 4,6 | 0,80 | 0,50 | 1,70 | 0,43 | |
| c [mm] | ε ₁ [1e-4] | ε ₂ [1e-4] | S _{r,max} [mm] | Φ [mm] | σ _s [MPa] | |
| 71 | 8,8 | -2,0 | 275 | 32 | 153,1 | |

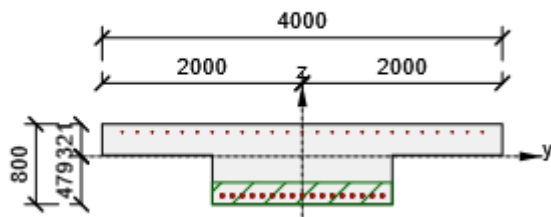
Mezivýsledky a součinitele pro výpočet šířky trhlin - dlouhodobé účinky

| x [mm] | h _{c,eff} [mm] | d [mm] | A _{c,eff} [mm ²] | A _{s,eff} [mm ²] | A _{p,eff} [mm ²] | ρ _{p,eff} [-] |
|--------------------|---|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 225 | 192 | 713 | 344738 | 13672 | 0 | 0,04 |
| k _t [-] | ε _{sm} -ε _{cm} [1e-4] | k ₁ [-] | k ₂ [-] | k ₃ [-] | k ₄ [-] | |
| 0,40 | 6,1 | 0,80 | 0,50 | 1,70 | 0,43 | |
| c [mm] | ε ₁ [1e-4] | ε ₂ [1e-4] | S _{r,max} [mm] | Φ [mm] | σ _s [MPa] | |
| 71 | 9,4 | -3,7 | 257 | 32 | 158,9 | |

Součinitel dotvarování

| Způsob určení | h ₀ [mm] | A _c [mm ²] | u [mm] | t [d] | t ₀ [d] | t _s [d] | RH [%] | Použit γ _{lt} | φ(t,t ₀) [-] |
|---------------|---------------------|-----------------------------------|--------|---------|--------------------|--------------------|--------|------------------------|--------------------------|
| Automatické | 442 | 2122000 | 9600 | 36500,0 | 28,0 | 7,0 | 65,0 | Ne | 1,81 |

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu

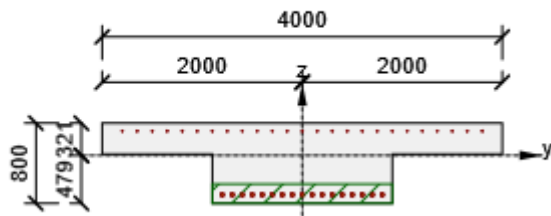


Výsledky uváděné pro:

- Kvazistálá kombinace
- Tuhosti pro krátkodobé účinky



Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu

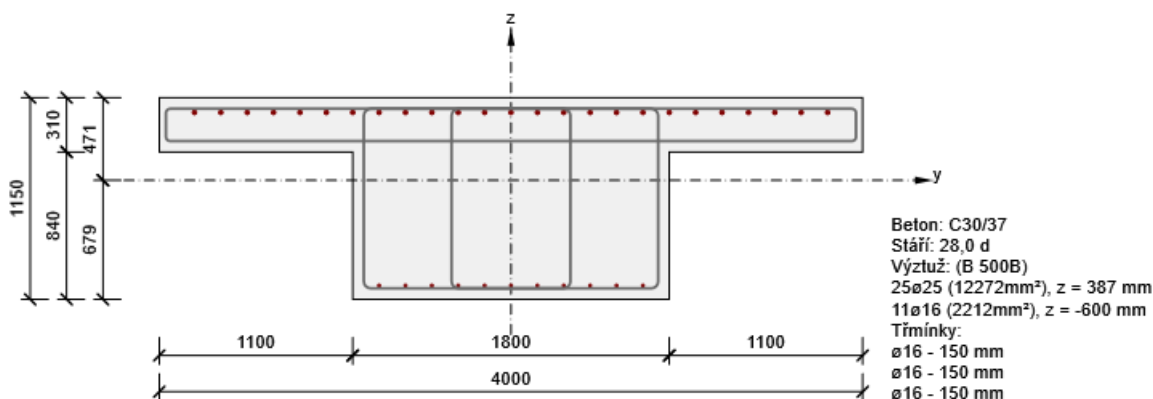


Výsledky uváděné pro:

- Kvazistálá kombinace
- Tuhosti pro dlouhodobé účinky



6.2.2 Lic opěry



Účinky zatížení - vnitřní síly

| Typ zatížení | Typ kombinace | N [kN] | V _y [kN] | V _z [kN] | T [kNm] | M _y [kNm] | M _z [kNm] |
|--------------|------------------------|--------|---------------------|---------------------|---------|----------------------|----------------------|
| Celkové | Základní MSÚ | 0,0 | 0,0 | 1592,9 | 0,0 | -3692,8 | 0,0 |
| Celkové | Max. cyklické zatížení | 0,0 | 0,0 | 712,0 | 0,0 | -1559,9 | 0,0 |
| Celkové | Min. cyklické zatížení | 0,0 | 0,0 | 971,9 | 0,0 | -1950,8 | 0,0 |
| Celkové | Charakteristická | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -2829,4 | 0,0 |
| Celkové | Kvazistálá | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1559,9 | 0,0 |

Souhrn

| Rozhodující typ posudku | N _{Ed} [kN] | M _{Ed,y} [kNm] | M _{Ed,z} [kNm] | V _{Ed} [kN] | T _{Ed} [kNm] | Hodnota [%] | Posudek |
|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|---------|
| Interakce | 0,0 | -3692,8 | 0,0 | 1592,9 | 0,0 | 93,3 | OK |
| Typ posudku | N _{Ed} [kN] | M _{Ed,y} [kNm] | M _{Ed,z} [kNm] | V _{Ed} [kN] | T _{Ed} [kNm] | Hodnota [%] | Posudek |
| Únosnost N-M-M | 0,0 | -3692,8 | 0,0 | | | 68,0 | OK |
| Smyk | 0,0 | | | 1592,9 | 0,0 | 40,0 | OK |
| Interakce | 0,0 | -3692,8 | 0,0 | 1592,9 | 0,0 | 93,3 | OK |
| Únava | 0,0 | -1559,9 | 0,0 | | | 60,5 | OK |
| Omezení napětí | 0,0 | -2829,4 | 0,0 | | | 67,2 | OK |
| Šířka trhliny | 0,0 | -1559,9 | 0,0 | | | 83,2 | OK |

Mezní hodnota využití průřezu: 100,0 %

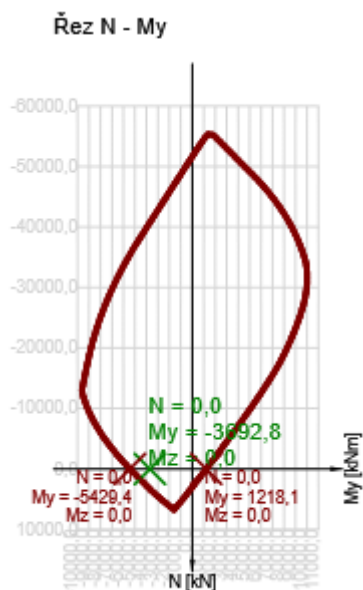
Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci: Základní MSÚ

| N _{Ed} [kN] | M _{Ed,y} [kNm] | M _{Ed,z} [kNm] | Typ | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------|-------------|---------|---------|
| 0,0 | -3692,8 | 0,0 | Nu-Mu-Mu | 68,0 | 100,0 | OK |

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

| Typ | F_{Ed} | F_{Rd1} | F_{Rd2} |
|-------------|----------|-----------|-----------|
| N [kN] | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M_y [kNm] | -3692,8 | -5429,4 | 1218,1 |
| M_z [kNm] | 0,0 | 0,0 | 0,0 |



Smyk

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

| V_{Ed} [kN] | N_{Ed} [kN] | V_{Rd} [kN] | Posudek zóny | Článek | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|------------------|------------------|------------------|--------------|----------|----------------|------------|---------|
| 1592,9 | 0,0 | 3983,4 | bez redukce | 6.2.3(3) | 40,0 | 100,0 | OK |

Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

| V_{Ed} [kN] | $V_{Rd,c}$ [kN] | $V_{Rd,max}$ [kN] | $V_{Rd,r}$ [kN] | $V_{Rd,s}$ [kN] | V_{Rd} [kN] |
|------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 1592,9 | 883,5 | 7493,8 | 9118,9 | 3983,4 | 3983,4 |

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

| n_c | a_{sw} [mm ² /m] | A_{sl} [mm ²] | b_w [mm] | d [mm] | z [mm] | θ [°] | α [°] | σ_{cp}^* [MPa] | α_{cw} [-] |
|-------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|--------------------------|----------------------|
| 4 | 5362 | 12272 | 1800 | 1066 | 951 | 27,1 | 90,0 | 0,0 | 1,00 |
| $C_{Rd,c}$ [-] | k [-] | k_1 [-] | ρ_l [-] | σ_{cp} [MPa] | σ_{wd} [MPa] | V_{min} [MPa] | V [-] | V_1 [-] | |
| 0,12 | 1,43 | 0,15 | 0,01 | 0,0 | 160,0 | 0,3 | 0,53 | 0,60 | |

Interakce

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

| N_{Ed} [kN] | M_{Edy} [kNm] | M_{Edz} [kNm] | V_{Ed} [kN] | T_{Ed} [kNm] | Hodnota V+T [%] | Hodnota V+T+M [%] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|----------------------|----------------|------------|---------|
| 0,0 | -3692,8 | 0,0 | 1592,9 | 0,0 | 46,1 | 93,3 | 93,3 | 100,0 | OK |

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

| $V_{Rd,c}$ [kN] | $T_{Rd,c}$ [kNm] | $V_{Rd,max}$ [kN] | $T_{Rd,max}$ [kNm] | rce. 6.31 [%] | rce. 6.29 [%] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------|------------|---------|
| 883,5 | 1098,4 | 7493,8 | 3132,1 | 180,3 | 21,3 | 21,3 | 100,0 | OK |

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (podélná výztuž)

| A_{sl} [mm ²] | F_{sl} [kN] | $F_{sl,lim}$ [kN] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|--------------------------------|------------------|----------------------|----------------|------------|---------|
| 14484 | 3112,6 | 6748,3 | 46,1 | 100,0 | OK |

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (smyková výztuž)

| a_{sw} [mm ² /m] | F_{sw} [kN] | $F_{sw,lim}$ [kN] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|----------------------------------|------------------|----------------------|----------------|------------|---------|
| 1340 | 214,4 | 582,8 | 36,8 | 100,0 | OK |

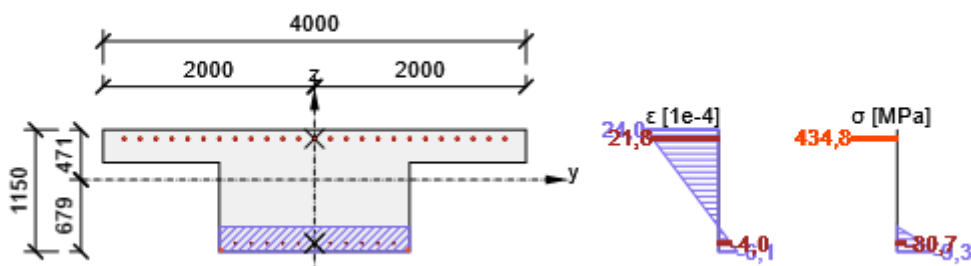
Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

| F_b [kN] | $\Delta F_{td,s}$ [kN] | $\Delta F_{td,t}$ [kN] | $\Delta \varepsilon_s$ [1e-4] | $\Delta \varepsilon_t$ [1e-4] | Extrém ve vložce | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|---------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------|----------------|------------|---------|
| 3630,2 | 3112,6 | 0,0 | 6,0 | 0,0 | 61 | 93,3 | 100,0 | OK |

Podrobné posouzení výztuže

| Vložka | y_i [mm] | z_i [mm] | $\Delta \varepsilon_{st}$ [1e-4] | ε [1e-4] | ε_{lim} [1e-4] | $\Delta \sigma_{st}$ [MPa] | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Posudek |
|--------|---------------|---------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| 61 | 1800 | 387 | 6,0 | 21,8 | 450,0 | 118,2 | 434,8 | 465,9 | 93,3 | OK |

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



Únava

| Rozhodující typ posudku | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|--|----------------|------------|---------|
| Únosnost betonové tlakové diagonály na únavu (1992-1-1, 6.8.7 (3)) | 60,5 | 100,0 | OK |

Vnitřní síly pro výpočet únavy

| Výslednice fáze | $N_{Ed,tot}$ [kN] | V_{Ed} [kN] | T_{Ed} [kNm] | $M_{Ed,y,tot}$ [kNm] | $M_{Ed,z,tot}$ [kNm] |
|------------------------|----------------------|------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| Max. cyklické zatížení | 0,0 | 712,0 | 0,0 | -1559,9 | 0,0 |
| Min. cyklické zatížení | 0,0 | 971,9 | 0,0 | -1950,8 | 0,0 |

Součinitele λ_s

| λ_{s1} [-] | λ_{s2} [-] | λ_{s3} [-] | λ_{s4} [-] | λ_s [-] |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| 1,30 | 0,74 | 1,00 | 1,01 | 1,17 |

Únavová odolnost betonářské výztuže (1992-1-1, 6.8.5 (3) + NN.2.1)

| N [*10e6] | $\Delta \sigma_{Rsk(N)}$ [MPa] | $\Delta \sigma_{S,max(N)}$ [MPa] | Hodnota _{calc} [MPa] | Hodnota _{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------|------------|---------|
| 12,50 | 122,7 | 32,5 | 53,0 | 106,7 | 49,6 | 100,0 | OK |

Únavová odolnost betonu v tlaku (1992-2 6.8.7 (101))

| R_i [-] | $E_{cd,min,i}$ [-] | $E_{cd,max,i}$ [-] | $f_{cd,fat}$ [MPa] | $\sigma_{cd,min,i}$ [MPa] | $\sigma_{cd,max,i}$ [MPa] | exp [-] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------|----------------|------------|---------|
| 0,80 | 0,50 | 0,62 | 13,5 | -6,7 | -8,3 | 11,90 | 0,0 | 100,0 | OK |

Únosnost smykové výztuže na únavu (1992-1-1, 6.8.5 (3))

| N [*10e6] | $\Delta\sigma_{Rsk(N)}$ [MPa] | $\Delta\sigma_{S,max(N)}$ [MPa] | Hodnota _{calc} [MPa] | Hodnota _{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|--------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------|------------|---------|
| 12,50 | 122,7 | 49,4 | 49,4 | 106,7 | 46,3 | 100,0 | OK |

Únosnost betonové tlakové diagonály na únavu (1992-1-1, 6.8.7 (3))

| $\sigma_{c,min}$ [MPa] | $\sigma_{c,max}$ [MPa] | $f_{cd,fat}$ [MPa] | f_{ck} [MPa] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|----------------|------------|---------|
| -1,3 | -1,8 | 13,5 | 30,0 | 60,5 | 100,0 | OK |



Omezení napětí

Omezení napětí - krátkodobé účinky

| Typ posudku | Část průřezu | Index | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|-------------|---------------|-------|-------------------|-------------------------|----------------|------------|---------|
| 7.2(2)-Char | Vlákno betonu | 4 | -12,1 | -18,0 | 67,2 | 100,0 | OK |

Omezení napětí - dlouhodobé účinky

| Typ posudku | Část průřezu | Index | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|-------------------------|----------------|------------|---------|
| 7.2(5)-Char | Výztužná vložka | 61 | 244,5 | 400,0 | 61,1 | 100,0 | OK |

Podrobné posouzení betonu - krátkodobé účinky

| Typ posudku | Vlákno | y_i [mm] | z_i [mm] | N [kN] | M_y [kNm] | M_z [kNm] | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Posudek |
|--------------|--------|---------------|---------------|-----------|----------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| 7.2(2)-Char | 4 | -900 | -679 | 0,0 | -2829,4 | 0,0 | -12,1 | -18,0 | 67,2 | OK |
| 7.2(3)-Quasi | 4 | -900 | -679 | 0,0 | -1559,9 | 0,0 | -6,7 | -13,5 | 49,4 | OK |

Podrobné posouzení výztuže - krátkodobé účinky

| Typ posudku | Vložka | y_i [mm] | z_i [mm] | N [kN] | M_y [kNm] | M_z [kNm] | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Posudek |
|-------------|--------|---------------|---------------|-----------|----------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| 7.2(5)-Char | 61 | 1800 | 387 | 0,0 | -2829,4 | 0,0 | 234,9 | 400,0 | 58,7 | OK |

Podrobné posouzení betonu - dlouhodobé účinky

| Typ posudku | Vlákno | y_i [mm] | z_i [mm] | N [kN] | M_y [kNm] | M_z [kNm] | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Posudek |
|--------------|--------|---------------|---------------|-----------|----------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| 7.2(2)-Char | 4 | -900 | -679 | 0,0 | -2829,4 | 0,0 | -8,1 | -18,0 | 44,7 | OK |
| 7.2(3)-Quasi | 4 | -900 | -679 | 0,0 | -1559,9 | 0,0 | -4,4 | -13,5 | 32,9 | OK |

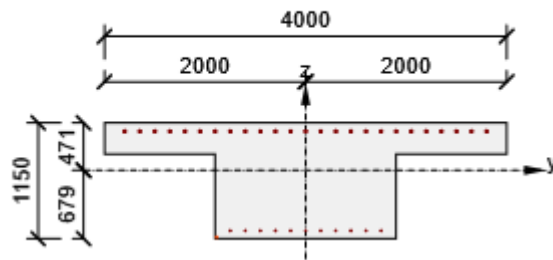
Podrobné posouzení výztuže - dlouhodobé účinky

| Typ posudku | Vložka | y_i [mm] | z_i [mm] | N [kN] | M_y [kNm] | M_z [kNm] | σ [MPa] | σ_{lim} [MPa] | Hodnota [%] | Posudek |
|-------------|--------|---------------|---------------|-----------|----------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| 7.2(5)-Char | 61 | 1800 | 387 | 0,0 | -2829,4 | 0,0 | 244,5 | 400,0 | 61,1 | OK |

Součinitel dotvarování

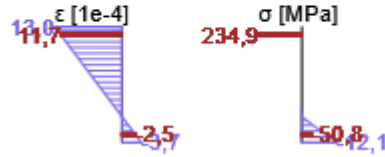
| Způsob určení | h_0 [mm] | A_c [mm ²] | u [mm] | t [d] | t_0 [d] | t_s [d] | RH [%] | Použit γ_{lt} | $\varphi(t, t_0)$ [-] |
|---------------|---------------|-----------------------------|-----------|----------|--------------|--------------|-----------|----------------------|--------------------------|
| Automatické | 534 | 2752000 | 10300 | 36500,0 | 28,0 | 7,0 | 65,0 | Ne | 1,78 |

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu

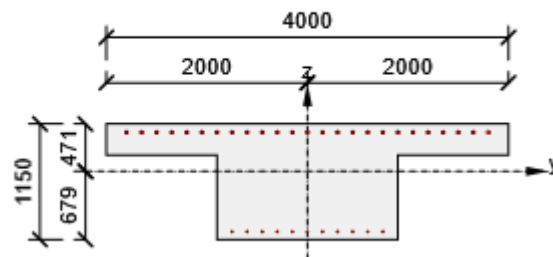


Výsledky uváděné pro:

- Charakteristická kombinace
- Tuhosti pro krátkodobé účinky

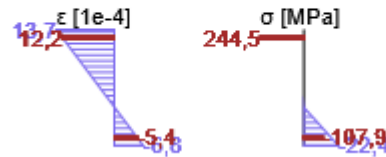


Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



Výsledky uváděné pro:

- Charakteristická kombinace
- Tuhosti pro dlouhodobé účinky



Šířka trhlin

Šířka trhlin - krátkodobé účinky

| Kombinace | N [kN] | M _y [kNm] | M _z [kNm] | w _k [mm] | w _{lim} [mm] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|-----------|--------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-------------|---------|---------|
| Kvazi | 0,0 | -1559,9 | 0,0 | 0,160 | 0,200 | 79,9 | 100,0 | OK |

Šířka trhlin - dlouhodobé účinky

| Kombinace | N [kN] | M _y [kNm] | M _z [kNm] | w _k [mm] | w _{lim} [mm] | Hodnota [%] | Mez [%] | Posudek |
|-----------|--------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-------------|---------|---------|
| Kvazi | 0,0 | -1559,9 | 0,0 | 0,166 | 0,200 | 83,2 | 100,0 | OK |

Mezivýsledky a součinitele pro výpočet šířky trhlin - krátkodobé účinky

| x [mm] | h _{c,eff} [mm] | d [mm] | A _{c,eff} [mm ²] | A _{s,eff} [mm ²] | A _{p,eff} [mm ²] | ρ _{p,eff} [-] |
|--------------------|---|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 255 | 210 | 1066 | 839157 | 12272 | 0 | 0,01 |
| k _t [-] | ε _{sm} -ε _{cm} [1e-4] | k ₁ [-] | k ₂ [-] | k ₃ [-] | k ₄ [-] | |
| 0,60 | 3,9 | 0,80 | 0,50 | 1,69 | 0,43 | |
| c [mm] | ε ₁ [1e-4] | ε ₂ [1e-4] | s _{r,max} [mm] | Φ [mm] | σ _s [MPa] | |
| 71 | 7,1 | -2,0 | 411 | 25 | 129,5 | |

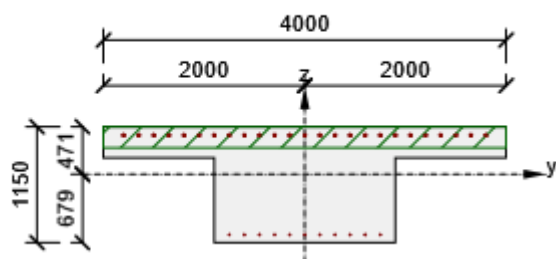
Mezivýsledky a součinitele pro výpočet šířky trhlin - dlouhodobé účinky

| x [mm] | h _{c,eff} [mm] | d [mm] | A _{c,eff} [mm ²] | A _{s,eff} [mm ²] | A _{p,eff} [mm ²] | ρ _{p,eff} [-] |
|--------------------|---|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 381 | 210 | 1066 | 839157 | 12272 | 0 | 0,01 |
| k _t [-] | ε _{sm} -ε _{cm} [1e-4] | k ₁ [-] | k ₂ [-] | k ₃ [-] | k ₄ [-] | |
| 0,40 | 4,0 | 0,80 | 0,50 | 1,69 | 0,43 | |
| c [mm] | ε ₁ [1e-4] | ε ₂ [1e-4] | s _{r,max} [mm] | Φ [mm] | σ _s [MPa] | |
| 71 | 7,6 | -3,8 | 411 | 25 | 134,8 | |

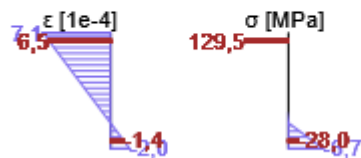
Součinitel dotvarování

| Způsob určení | h ₀ [mm] | A _c [mm ²] | u [mm] | t [d] | t ₀ [d] | t _s [d] | RH [%] | Použít γ _{lt} | φ(t,t ₀) [-] |
|---------------|---------------------|-----------------------------------|--------|---------|--------------------|--------------------|--------|------------------------|--------------------------|
| Automatické | 534 | 2752000 | 10300 | 36500,0 | 28,0 | 7,0 | 65,0 | Ne | 1,78 |

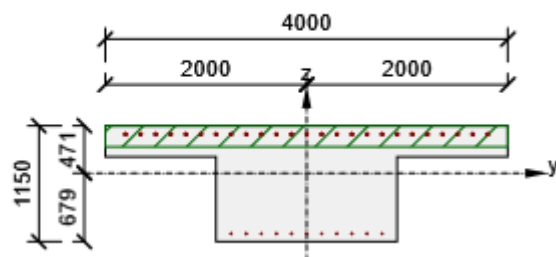
Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



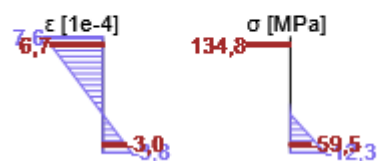
Výsledky uváděné pro:
- Kvazistálá kombinace
- Tuhosti pro krátkodobé účinky



Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



Výsledky uváděné pro:
- Kvazistálá kombinace
- Tuhosti pro dlouhodobé účinky



7 Deformace nosné konstrukce

Pro železobetonovou rámovou mostní konstrukci platí přípustný průhyb dle ČSN 73 6214 [11]. Hodnota průhybu je určena pro častou kombinaci na konci životnosti.

$$\delta_{lim} = \frac{L}{350} = \frac{17900}{350} = 51,1 \text{ mm}$$

omezující podmínka

$$\delta_a = 9,7 \text{ mm}$$

průhyb – zatížení stálá

$$\delta_b = 9,5 \text{ mm}$$

průhyb – zatížení pohyblivé

$$\delta_c = 3,9 \text{ mm}$$

průhyb – klimatická zatížení

$$\delta_{celk} = 9,7 + \frac{9,5}{2} + 3,9 = 18,4 \text{ mm} < \delta_{lim} = 51,1 \text{ mm}$$

podmínka vyhovuje

Nadvýšení konstrukce je nutno provést o: $\delta_a + \frac{\delta_b}{2} = 9,7 + \frac{9,5}{2} = 15 \text{ mm}$

8 Posouzení založení

Založení bylo posouzeno v programu GEO5 [16] pro rozhodující síly z výpočetního modelu.

Výpočet Mikropiloty

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
 Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
 Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$

Mikropiloty

Výpočet únosnosti dřívku : geometrická (Eulerova) metoda
 Výpočet únosnosti kořene : metoda Lizziho
 Metodika posouzení : mezní stavy

| Součinitele redukce parametrů zemin | | | |
|--|------------------|---|----------|
| Trvalá návrhová situace | | | |
| Součinitel redukce úhlu vnitřního tření : | $\gamma_{m\phi}$ | = | 1,25 [-] |
| Součinitel redukce soudržnosti : | γ_{mc} | = | 1,40 [-] |
| Součinitel redukce kritické síly : | γ_{mf} | = | 1,00 [-] |
| Součinitel spolehlivosti cementové směsi : | γ_{sc} | = | 1,50 [-] |
| Součinitel spolehlivosti oceli : | γ_{ss} | = | 1,00 [-] |
| Součinitel redukce únosnosti kořene : | γ_r | = | 1,50 [-] |

Parametry zemin

Třída F4, konzistence pevná, $S_r < 0,8$

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 27,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 20,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

Třída R3, křemenný prachovec

Objemová tíha : $\gamma = 24,50 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 40,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 200,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 24,50 \text{ kN/m}^3$

Třída R4, břidlice

Objemová tíha : $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 100,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Geometrie

Průměr = 108,0 mm
 Tloušťka stěny = 16,0 mm
 Volná délka mikropiloty $l = 0,50 \text{ m}$
 Délka kořene $l_r = 8,00 \text{ m}$
 Průměr kořene $d_r = 0,25 \text{ m}$
 Odklon mikropiloty od svislice $\alpha = 10,00^\circ$
 Vysazení mikropiloty nad terén $l_a = 0,50 \text{ m}$

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).



Beton : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25,00 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti $E_{cm} = 31000,00 \text{ MPa}$

Ocel konstrukční: EN 10210-1 : S 355

Mez kluzu $f_y = 355,00 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti $E = 210000,00 \text{ MPa}$

Geologický profil a přiřazení zemin

| Číslo | Mocnost vrstvy t [m] | Hloubka z [m] | Přiřazená zemina | Vzorek |
|-------|-------------------------|------------------|--|---|
| 1 | 3,00 | 0,00 .. 3,00 | Třída F4, konzistence pevná, $S_r < 0,8$ |  |
| 2 | 1,00 | 3,00 .. 4,00 | Třída R3, křemenný prachovec |  |
| 3 | 4,00 | 4,00 .. 8,00 | Třída R4, břidlice |  |
| 4 | - | 8,00 .. ∞ | Třída R4, břidlice |  |

Zatížení

| Číslo | Zatížení nové změna | Název | Síla N [kN] | Moment M [kNm] |
|-------|------------------------|-------|----------------|-------------------|
| 1 | Ano | Max N | 341,00 | 0,00 |
| 2 | Ano | Max M | 312,00 | -38,70 |

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 0,00 m od původního terénu.

Posouzení průřezu

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení vnitřní stability průřezu: geometrická (Eulerova) metoda

Výpočet vzpěrné délky průřezu - uložení (kloub-kloub).

Modul reakce podloží $E_p = 10,00 \text{ MN/m}^3$

Spočtený počet půlvln $n = 1,42$

Vzpěrná délka $l_{cr} = 2,30 \text{ m}$

Kritická normálová síla $N_{crd} = 2061,99 \text{ kN}$
 Maximální normálová síla $N_{max} = 341,00 \text{ kN}$
Vnitřní stabilita průřezu mikropiloty VYHOVUJE

Posouzení únosnosti spřaženého průřezu:
 Průřez je nejvíce využit pro zatěžovací případ čís. 2

Plocha ideálního průřezu $A_i = 5,29E+03 \text{ mm}^2$
 Moment setrvačnosti ideálního průřezu $J_i = 5,28E+06 \text{ mm}^4$
 Štíhlost prutu $\lambda = 72,948$
 Součinitel vzpěrnosti $\kappa = 0,589$
 Úroveň neutrálné osy $= 22,1 \text{ mm}$

Napětí v oceli $= 319,70 \text{ MPa}$
 Výpočtová pevnost oceli $= 355,00 \text{ MPa}$
Spřažený průřez mikropiloty VYHOVUJE

Posouzení kořene

Způsob výpočtu - metoda Lizziho.
 Součinitel vlivu průměru kořene $= 0,80$

Plášťové tření na kořeni

| Číslo | Pořadnice [m] | Tření [kPa] |
|-------|------------------|----------------|
| 1 | 0,00 | 75,00 |
| 2 | 3,00 | 75,00 |
| 3 | 3,00 | 500,00 |
| 4 | 5,00 | 500,00 |
| 5 | 5,50 | 500,00 |
| 6 | 8,00 | 500,00 |

Posouzení tlačené mikropiloty

Únosnost pláště mikropiloty $R_s = 1712,17 \text{ kN}$

Výpočtová únosnost kořene mikropiloty $R_d = 1141,45 \text{ kN}$
 Maximální normálová síla $N_{max} = 341,00 \text{ kN}$

Únosnost tlačené mikropiloty VYHOVUJE

9 Závěr

Statický výpočet prokázal bezpečnost a hospodárnost návrhu nosné konstrukce.

V Praze, únor 2025

Ing. Jiří Klír
TOP CON SERVIS s.r.o.
Ke Stírce 1824/56, 182 00 Praha 8
email: klir@topcon.cz