

Statický výpočet nosnej konštrukcie mosta

Diaľničný privádzač Lietavská Lúčka - Žilina

obj.201-00, Most nad údolím v km 2,450, časť: Horná stavba

stupeň: DRS

Vypracovali: prof.Ing.Jaroslav Halvonik, PhD.

Ing. Viktor Borzovič, PhD.

Ing. Peter Paulík, PhD.

V Bratislave, máj 2014

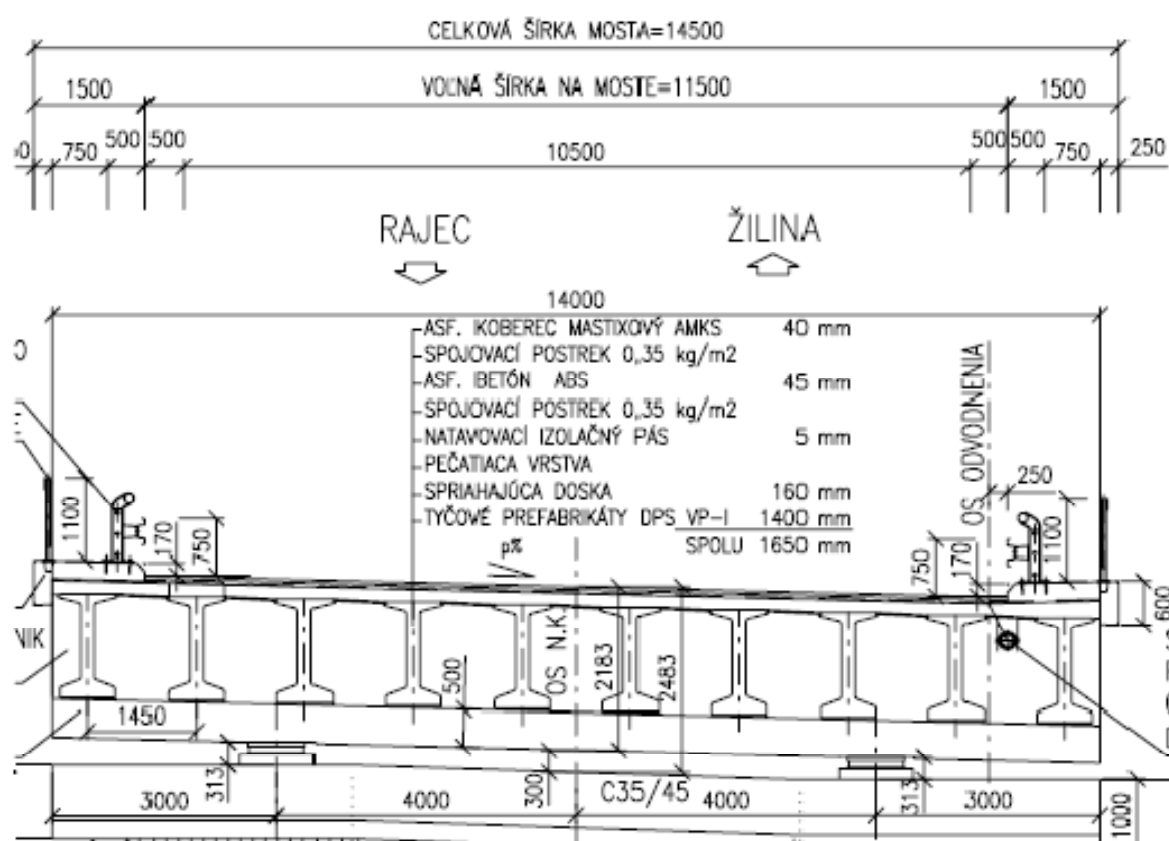
Obsah

1. Popis konštrukcie mosta.....	4
2. Zaťaženia na most	6
2.1 Vlastná tiaž	6
2.2 Vozovka.....	6
2.3 Rímsy a mostné príslušenstvo.....	6
2.4 Nerovnomerný pokles podpier.....	6
2.5 Pohyblivé zaťaženie.....	6
2.5.1 Zaťažovací model LM1.....	6
2.5.2 Zaťažovací model LM2	7
2.5.3 Špeciálne vozidlo	7
2.5.4 Dynamické účinky	7
2.5.5 Zaťaženie na chodníku.....	7
2.5.6 Brzdné a rozbehové sily	7
2.5.7 Odstredivé sily	8
2.5.8 Únavový zaťažovací model FLM1.....	8
2.5.9 Únavový zaťažovací model FLM3.....	8
2.6 Teplotné účinky.....	8
2.6.1 Rovnomerná teplotná zložka.....	8
2.6.2 Teplotný spád.....	8
2.7 Zaťaženie vetrom	9
2.8 Dotvarovanie, zmrašťovanie.....	9
2.9 Trenie v ložiskách	9
2.10 Seizmické zaťaženie	9
2.11 Kombinácie zaťažení pre hornú stavbu.....	10
2.11.1 Kombinácie zaťažení pre montážne štádiá.....	10
2.11.2 Kombinácie zaťažení pre trvalé návrhové situácie.....	10
3. Statická analýza.....	11
3.1 Výpočet vnútorných síl.....	11
3.2 Predpätie.....	11
3.2.1 Vopred predpínaná výstuž	11
3.2.2 Dodatočne predpínaná výstuž	11
3.3 Výpočet okamžitých strát u dodatočne predpätej výstuži 31,5 m	12
3.4 Výpočet okamžitých strát u dodatočne predpätej výstuži 25,5 m	16
4. Kontrola normálových napätí	19
4.1 Kritéria kontroly napätí pre trvalé návrhové situácie	19
4.2 Kritéria kontroly napätí pre prechodné návrhové situácie	19
4.3 Normálové napätia v štádiu predpínania	20
4.3.1 Nosník dĺžky 31,5 m	20
4.3.2 Nosník dĺžky 25,5 m.....	27
4.4 Normálové napätia v štádiu užívania	31
4.4.1 Nosník dĺžky 31,5 m.....	32
4.4.2 Nosník dĺžky 25,5 m.....	40
5. Medzné stavy únosnosti (ULS).....	48
5.1 Ohybová odolnosť	48

5.2 Šmyková odolnosť a odolnosť v spriahnutí	62
5.2.1 Nosník dĺžky 31,5 m	63
5.2.2 Nosník dĺžky 25,5 m.....	67
6. Priečniky	72
6.1 Priečniky – pozdĺžny smer	72
6.2 Priečniky – priečny smer	75
7. Ložiská a mostné závery	78
7.1 Mostné závery – rozsah	78
7.2 Ložiská	79
7.2.1 Rozsah ložísk	79
7.2.2 Reakcie v ložiskách pre trvalé návrhové situácie.....	80
7.2.3 Reakcie v ložiskách pre seizmické návrhové situácie.....	85
Literatúra.....	86
Príloha P1 Vnútorne sily	

1. Popis konštrukcie mosta

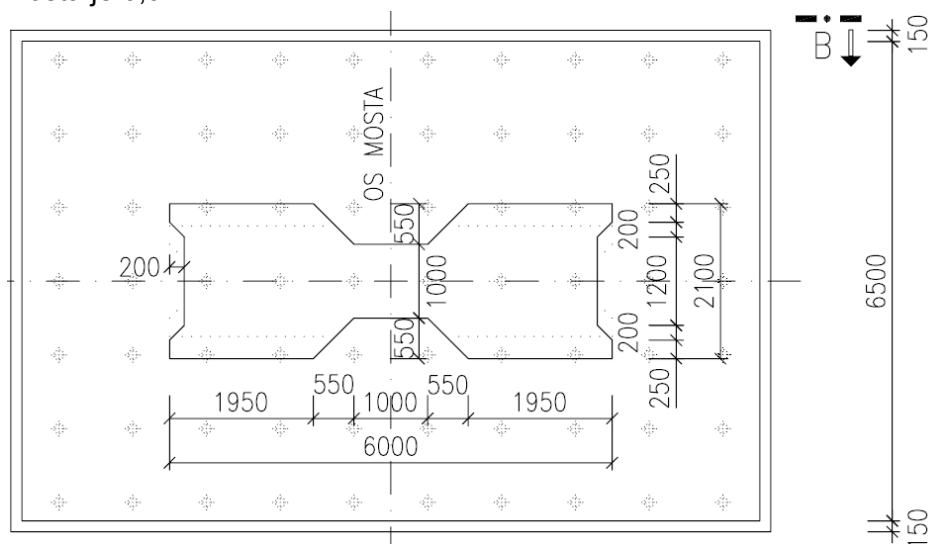
Objekt 201-00 predstavuje 5 polový most s rozpätiami polí 26 m + 3 × 32,4 + 26 m. Celková dĺžka hornej stavby mosta je 151,2 m. Most je pôdorysne zakrivený s minimálnym polomerom 950 m. Most je navrhnutý z tyčových prefabrikátov výšky 1,4 m spriahnutých s mostovkovou doskou hrúbky 200 mm. Spojitosť systému je zabezpečená železobetónovým priečnikmi šírky 2,3 m. Výška priečnika je 1,4 + 0,2 + 0,5 m = 2,10 m. V priečnom reze mosta je 10 nosníkov s osovou vzdialenosťou 1,45 m. Celková šírka mosta je 14 m. Šírkové usporiadanie mosta je na obr.1.1. Nosníky sú navrhnuté z betónu pevnostnej triedy C55/67. Monolitická doska a priečniky z betónu C30/37. Ako predpínacie jednotky sú uvažované stabilizované laná $\phi Ls15,7/1860$ MPa a štvorlanové káble z rovnakých lán. Nad každou podperou je most uložený na dvojici ložísk. Osová vzdialenosť ložísk v priečnom smere je 8 m. Vyloženie priečnika je symetrické 3 m, pozri obr.1.1.



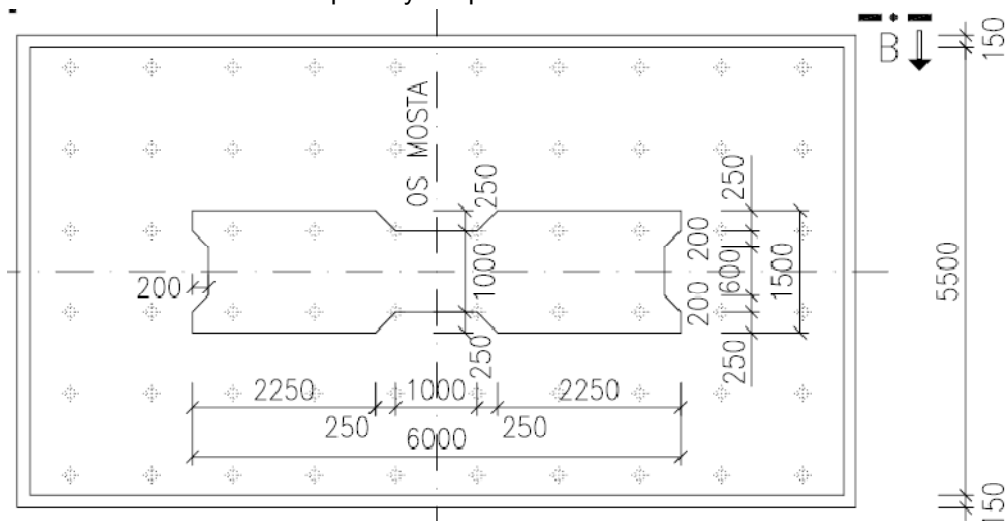
Obr.1.1 Šírkové usporiadanie mosta

Spodnú stavbu mosta tvoria 4 piliere a dve opory. Pilieri P3 a P4 majú výšku 20 m a majú premenný priečný rez s veľkosťou 6,0 × 2,1 m v päte piliera a 6,0 × 1,5 m vo vzdialenosti 8,5 m od päty piliera, pozri obr.1.2, obr.1.3. Zmenšený prierez piliera potom ostáva až po zväčšenú hlavicu piliera, ktorá má výšku 1,0 m a pôdorysný rozmer 14,0 × 2,3 m. Pilieri P2 a P4 majú výšku 14,0 m a konštantný rozmer prierezu 6,0 × 1,5 m, obr.1.3. Hlavica pilierov je rovnaká ako u P3 a P4. Pilieri sú votknuté do základových dosiek hrúbky 2 m a pôdorysných rozmerov 6,5 × 10 m pri pilieroch P3 a P4, resp. 5,5 × 10 m pri pilieroch P2 a P4. Základové dosky sú založené na mikropilótach. Opora P1 je riešená ako úložný prah s výškou prierezu 2 m, šírkou 14 m a dĺžkou 3,1 m. Do opory je votknutá dvojica stenových krídiel, ktoré majú hrúbku steny 1,25 m. Opora je založená na mikropilótach. Opora P6 je

kvôli veľmi strmému svahovitému terénu založená s tromi odskokmi výškovej úrovne základovej škáry. Základ má hrúbku 1,5 m a šírku 5,3 m. Časť úložného prahu je prepojená so základom prostredníctvom stien hrubých 0,6 a 0,4 m a vysokými 4,2 a 1,8 m. Steny sa nachádzajú v 1,7 metrových vzdialenostiach a sú vzájomne prepojené uzatváracou stienkou. Opora má dve stenové krídla hrubé 0,6 m. Na ľavé krídlo sa napája uholníkový členený oporný múr, ktorý je ale od opory dilatovaný. Oporný múr sa skladá z troch 5,25 m dlhých samostatných častí s výškami 5,0 – 6,5 a 8,0 m. Základ oporného múru je premenný podľa výšky oporného múru a jeho šírka činí 4,4 – 3,6 a 2,8 m. Výstužné steny majú hrúbku 0,4 m, čelo oporného múru má hrúbku 0,6 m a základ 1,0 m pri najvyššej a 0,8 m pri dvoch nižších častiach. Opora ako aj oporné múry sú založené na mikropilotách. Pod oporou sú mikropilóty vzájomne vzdialené 1,0 m v priečnom smere. V smere osi mosta sa pod základom nachádzajú 4 rady mikropilot vo vzdialenostiach 1,4 a 1,5 metra. V časti opory, kde je úložný prah položený priamo na teréne sa nachádzajú 3 rady mikropilót vzdialené vzájomne 1,1 m. Pod oporným múrom sa nachádzajú 3 rady mikropilót, pričom ich vzdialenosť v smere osi mosta je 0,9 m.



Obr.1.2 Základová doska a priečny rez pilierov P3 a P4



Obr.1.3 Základová doska a priečny rez pilierov P2 a P5

Usporiadanie ložísk je nasledovné. Pevné ložiska pre pohyb v pozdĺžnom smere mosta sú na pilieroch P3 a P4. Na ostatných pilieroch a oporách je vždy jedno ložisko usmernené a jedno ložisko všesmerné.

2. Zaťaženie

2.1 Vlastná tiaž (G_0)

Vlastná tiaž konštrukcie bola počítaná s objemovou tiažou železobetónu a predpätého betónu $\gamma_{\text{con}} = 25 \text{ kN/m}^3$.

$$g_{N0k} = \gamma_{\text{con}} A_{\text{cN}} = 25 \cdot 0,416 = 10,4 \text{ kN/m (prefabrikovaný nosník)}$$

Doska

$$g_{D0k} = \gamma_{\text{pc}} (h_d + 0,03) \cdot b_d = 25 \cdot (0,2 + 0,03) \cdot (1,45/2 + 0,475) = 6,9 \text{ kN/m (krajný nosník)}$$

$$g_{D0k} = \gamma_{\text{pc}} (h_d + 0,03) \cdot b_d = 25 \cdot (0,2 + 0,03) \cdot 1,45 = 8,35 \text{ kN/m (vnútorné nosníky)}$$

2.2 Vozovka (G_{11})

Hrúbka vozovky bola uvažovaná 90 mm s objemovou tiažou asfaltobetónu $\gamma_{\text{ab}} = 24 \text{ kN/m}^3$.

$$g_{11\text{ma}} = 0,09 \cdot 24,0 = 2,16 \text{ kN/m}^2 \rightarrow g_{11\text{m}} = 11,50 \cdot 2,16 = 24,84 \text{ kN/m}$$

$$g_{11\text{k,sup}} = 1,4 \cdot g_{11\text{m}} = 34,8 \text{ kN/m} ; g_{11\text{k,inf}} = 0,8 \cdot g_{11\text{m}} = 19,9 \text{ kN/m}$$

2.3 Rímky a mostné príslušenstvo (G_{12})

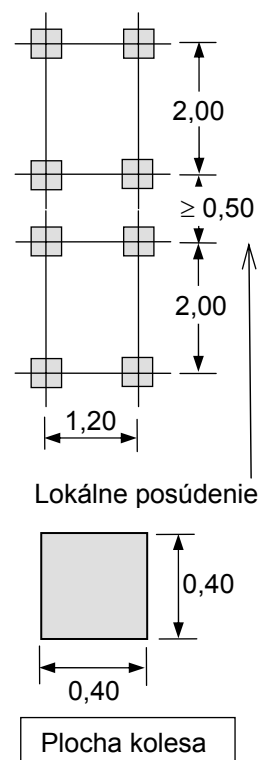
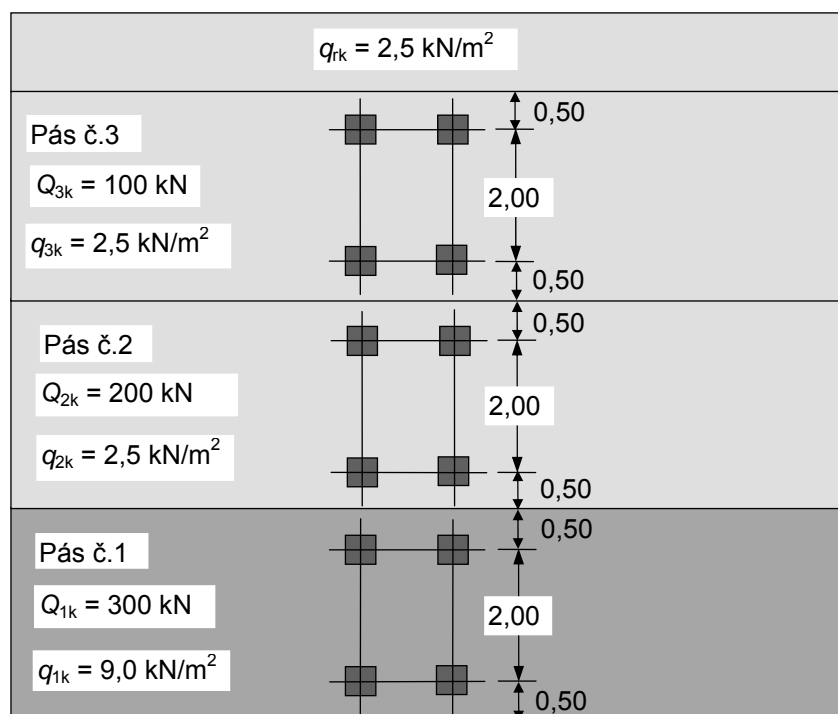
Plocha betónových rímok: $A_{c1} = 0,475 \text{ m}^2$; $A_{c2} = 0,475 \text{ m}^2$; objemová tiaž ŽB: $\gamma_{\text{rc}} = 25 \text{ kN/m}^3$
zvodidlá: 0,8 kN/m; zábradlie: 0,5 kN/m

$$g_{12k} = 25 \cdot 0 \cdot (0,475 + 0,475) + 2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,5 = 26,35 \text{ kN/m}$$

2.4 Nerovnomerný pokles (G_{set}) podpier bol uvažovaný 10 mm.

2.5 Pohyblivé zaťaženie (Q)

2.5.1 Zaťažovací model LM1 (Q_{LM1})



Obr.2.1 Zaťaženie od dopravy – Zaťažovacia schéma LM1

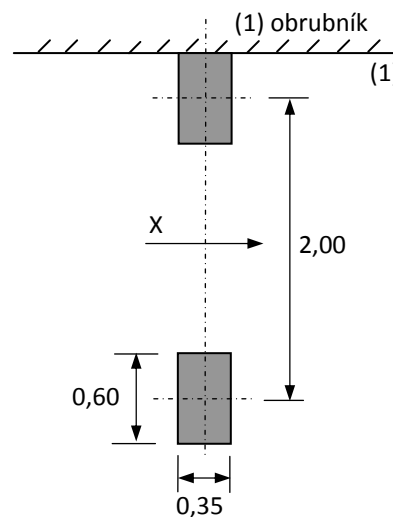
Model LM1 pozostáva z 3 dvojnápravových vozidiel (Tandem system - TS) s tiažou $2 \cdot \alpha_{Qi} Q_{ik}$, a z rovnomerného plošného zaťaženia s intenzitou $\alpha_{qi} q_{ik}$, pozri obr.2.1. Adjustačné súčinitele α_Q a α_q boli uvažované rovne 1,0.

2.5.2 Zaťažovací model LM2 (Q_{LM2})

Zaťažovacia schéma LM2 reprezentuje jednonápravové zaťaženie, pozri obr.2.2. Tiaž tejto nápravy je $\beta_Q Q_{ak}$, kde $Q_{ak} = 400$ kN a $\beta_Q = 1,0$, pozri STN EN 1991-2/NA. LM2 bol použitý pre lokálne posúdenia dosky.

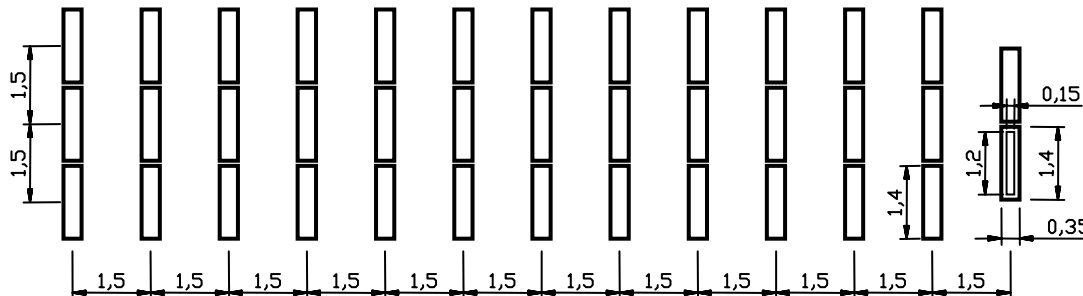
2.5.3 Špeciálne vozidlo (Q_{sv})

Špeciálne vozidlo s celkovou hmotnosťou 300 t by malo byť uvažované pre návrh mostov podľa STN EN 1991-2/NA len na žiadosť klienta. Špeciálne vozidlo pozostáva z 12 náprav, pričom každá náprava má tiaž 240 kN a z jednej nápravy tiaže 120 kN, pozri obr.2.3. Špeciálne vozidlo sa pohybuje pozdĺž ideálnej stopy s presnosťou $\pm 0,3$ m. Táto stopa je umiestnená v najpriaznivejšej pozícii v priečnom smere vozovky. Rýchlosť vozidla je menšia ako 5 km/h. Ostatné dopravné zaťaženie by malo byť vylúčené z mosta okrem zaťaženia od chodcov.



X pozdĺžny smer

Obr.2.2 Model LM2



Obr.2.3 Špeciálne vozidlo

Poznámka: Kontaktné plochy kolesa na obr.2.1, obr.2.2 a obr.2.3 boli zväčšené o 10 cm v oboch smeroch: 40 cm → 60 cm ; 35 cm → 55 cm ; 60 cm → 80 cm and 15 cm → 35 cm.

2.5.4 Dynamické účinky

Dynamické účinky sú zarátané v tiaži príslušného zaťažovacieho modelu.

2.5.5 Zaťaženie na chodníku (Q_{fw})

Rovnomerné plošné zaťaženie na chodníku bolo uvažované s intenzitou $q_{fwk} = 3$ kN/m².

2.5.6 Brzdné a rozbehové sily (Q_l)

$$Q_{lk} = 0,6 \alpha_{Q1} (2 Q_{1k}) + 0,10 \alpha_{q1} q_{1k} w_1 L$$

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot 10 \cdot (600) + 0,10 \cdot 10 \cdot 9,0 \cdot 3,0 \cdot 151 = 768 \text{ kN} \leq 900 \text{ kN}$$

Kde L je dĺžka mosta, $L = 151 \text{ m}$

w_1 - šírka zaťažovacieho pásu č.1

2.5.7 Odstredivé sily (Q_t)

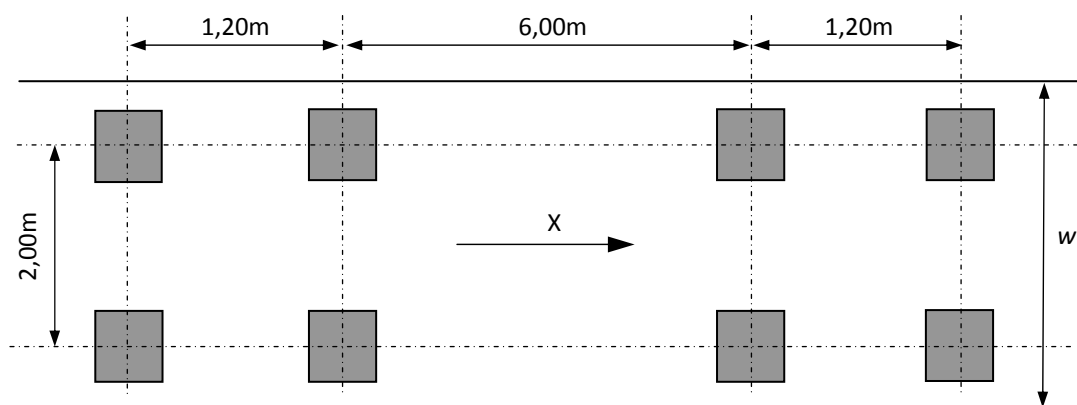
- Polomer zakrivenia $r = 950 \text{ m}$
- Tiaž dvojnápravových vozidiel $Q_v = 1200 \text{ kN}$
- Odstredivá sila $Q_{tk} = 40 \cdot Q_v / r = 40 \cdot 1200 / 950 = 51 \text{ kN}$

2.5.8 Únavový zaťažovací model FLM1

Model predstavujú zaťaženia modulu LM1 redukované 0,7 krát pri vozidlách TS a 0,3 krát pri rovnomernom zaťažení udl.

2.5.9 Únavový zaťažovací model FLM3

Zaťažovacia schéma FLM3 bola použitá pre únavové overenie pozdĺžnej výstuže v priečnom smere a šmykovej výstuže. Zaťaženie pozostáva zo 4 náprav, pričom každá má tiaž 120 kN. Zaťaženie sa pohybovalo v osi skutočných jazdných pásov.



Obr.2.4 Únavový zaťažovací model FLM3

w_1 – šírka jazdného pruhu

2.6 Teplotné účinky (T)

Súčiniteľ teplotnej rozťažnosti pre betón bol uvažovaný $\alpha_{ct} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

2.6.1 Rovnomerná teplotná zložka (T_N)

Počiatková teplota mosta bola predpokladaná $T_0 = 10^\circ\text{C}$.

Podľa STN EN 1991-1-5/NA je:

Maximálna teplota vzduchu $T_{\max} = 41^\circ\text{C} \rightarrow T_{e,\max} = T_{\max} + 2^\circ\text{C} = 43^\circ\text{C}$

Minimálna teplota vzduchu $T_{\min} = -29^\circ\text{C} \rightarrow T_{e,\min} = T_{\min} + 2^\circ\text{C} = -27^\circ\text{C}$

2.6.2 Teplotný spád (T_M)

Vertikálny lineárny teplotný spád bol uvažovaný pre otvorený betónový trám a kryt vozovky hrúbky 100 mm.

Pre betónovú konštrukciu s vozovkou: $\Delta T_{M,\text{heat}} = 0,7 \cdot 15 = 10,5^\circ\text{C}$ a $\Delta T_{M,\text{cool}} = 8^\circ\text{C}$

Pre betónovú konštrukciu bez vozovky: $\Delta T_{M,\text{heat}} = 0,8 \cdot 15 = 12^\circ\text{C}$ a $\Delta T_{M,\text{cool}} = 1,1 \cdot 8 = 8,8^\circ\text{C}$

2.7 Zaťaženie vetrom (W)

$$d_{\text{tot}} = 2,175 + 1,825 = 4,0 \text{ m} ; b = 14,0 \text{ m} \rightarrow b/d_{\text{tot}} = 14,5/4,0 = 3,625 \rightarrow c_{fx,0}$$

$$c_{fx,0} = \frac{1,4}{(5 - 0,5)} \left(5 - \frac{b}{d_{\text{tot}}} \right) + 1 = \frac{1,4}{(5 - 0,5)} \left(5 - \frac{14,5}{4,0} \right) + 1 = 1,43$$

$$c_e = 2,9 \text{ (typ terénu II, } z_{\text{max}} = 25 \text{ m)} \rightarrow C = c_e \cdot c_{fx,0} = 2,9 \cdot 1,43 = 4,15$$

$$\text{Hustota vzduchu: } \rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rýchlosť vetra: } v_b = 26 \text{ m/s}$$

$$\text{Tlak vetra (pričný): } f_{wk} = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot d_{\text{tot}} = 0,5 \cdot 4,15 \cdot 1,25 \cdot 26^2 \cdot 4,0 = 7015 \text{ N/m} \rightarrow \mathbf{7,015 \text{ kN/m}}$$

- Sila na pilier: $W_{ky1} = 30,1 \cdot 7,015 + 2,3 \cdot 7,015 \cdot (4,5/4) = 230 \text{ kN}$
- Sila na oporu: $W_{ky2} = 13,2 \cdot 7,015 = 92 \text{ kN}$
- Účinky pozdĺžneho vetra reprezentujú 25% účinkov priečneho vetra:
 $W_{kx} = 0,25 \cdot (4 \cdot 230 + 2 \cdot 85) = 0,25 \cdot 1090 = 272,5 \text{ kN}$

2.8 Dotvarovanie a zmrašťovanie (G_{cs})

Pre horizontálne skrátenie mosta od účinkov zmrašťovania a dotvarovania vyvolaného predpätím, boli použité reologické modely podľa STN EN 1992-1-1 Príloha B.

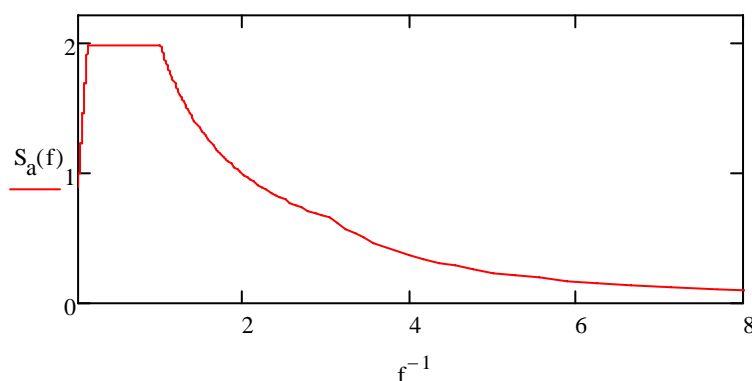
Boli použité nasledovné údaje:

- Betón triedy C55/67, resp. C30/37
- Relatívna vlhkosť 70 %
- Cement s normálnou začiatočnou pevnosťou CEM 42,5 N
- Súčiniteľ $k_{hN} = 0,91$ ($u_N = 5220 \text{ mm}$; $A_{cN} = 0,416 \text{ m}^2$; $h_{0N} = 2 \cdot A_{cN} / u_N = 160 \text{ mm}$)
- Súčiniteľ $k_{hD} = 0,85$ ($u_D = 2000 \text{ mm}$; $A_{cD} = 0,20 \text{ m}^2$; $h_{0D} = 2 \cdot A_{cD} / u_D = 200 \text{ mm}$)

2.9 Trenie na ložiskách (Q_μ)

Súčiniteľ trenia na ložiskách bol uvažovaný $\mu = 0,04$. Horizontálne sily boli stanovené pre reakcie spôsobené od všetkých stálych zaťažení plus príslušné zaťaženia od dopravy uvažované v častej hodnote.

2.10 Seizmické zaťaženie (A_E)



Obr.2.5 Návrhové spektrum odozvy pre kategóriu podložia C

Boli predpokladané nasledujúce parametre pre seizmickú analýzu:

- Referenčné seizmické zrýchlenie a_{gR} pre kategóriu podložia A: $a_r = \mathbf{0,63 \text{ m/s}^2}$
- Kategória podložia: **C**
- Návrhové seizmické zrýchlenie : $a_g = \mathbf{1,25 \cdot a_r = 0,788 \text{ m/s}^2}$

- Súčiniteľ významnosti pre triedu dôležitosti CC2: $\gamma = 1,0$

2.11 Kombinácie zaťažení pre hornú stavbu

2.11.1 Kombinácie zaťažení pre štádium predpínania

Charakteristická kombinácia: $G_{N0k} + P_k(t)$

Kde: $G_{N0k}(t)$ je účinok od vlastnej tiaže prefabrikovaného nosníka

$P_k(t)$ - účinok od predpätia, charakteristická hodnota,

Vopred predpätia výstuž: $P_k(t) = P_{k,sup}(t) = 1,05 \cdot P_m(t)$

$P_k(t) = P_{k,inf}(t) = 0,95 \cdot P_m(t)$

Dodatočne predpínaná výstuž: $P_k(t) = P_{k,sup}(t) = 1,1 \cdot P_m(t)$; $P_k(t) = P_{k,inf}(t) = 0,9 \cdot P_m(t)$

$P_m(t)$ – účinok od predpätia, stredná hodnota

Poznámka: Účinky od teploty T_M môžu byť zanedbané $\gamma_Q = 0$ pre overenie ohybovej odolnosti.

2.11.2 Kombinácie zaťažení pre trvalé návrhové situácie

- Kvázi-stála kombinácia: $G_{0k} + G_{1k} + G_{cs}(t) + G_{set} + P_k(t) + 0,5 \cdot T_M$
- Častá kombinácia: $G_{0k} + G_{1k} + G_{cs}(t) + G_{set} + P_k(t) + 0,75 \cdot Q_{TS} + 0,40 \cdot Q_{udl} + 0,5 \cdot T_M$
- Charakteristická kombinácia:
 $G_{0k} + G_{1k} + G_{cs}(t) + G_{set} + P_k(t) + Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{ch} + 0,6 \cdot T_M$
 $G_{0k}(t) + G_{1k} + G_{cs}(t) + G_{set} + P_k(t) + Q_{SV} + Q_{ch} + 0,6 \cdot T_M$
- Návrhové kombinácie:
 $1,35 \cdot [G_{0k}(t) + G_{1k,sup}] + 1,2 \cdot G_{set} + G_{cs}(t) + \gamma_P P_m(t) + 1,35 \cdot [Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{fwk}]$
 $1,0 \cdot [G_{0k} + G_{1k,inf}] + 1,2 \cdot G_{set} + G_{cs}(t) + \gamma_P P_m(t) + 1,35 \cdot [Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{fwk}]$

Poznámka: Účinky od teploty T_M môžu byť zanedbané $\gamma_Q = 0$ pre overenie ohybovej odolnosti.

Kde: G_{0k} – vlastná tiaž spriahnutej konštrukcie

G_{1k} sú účinky zaťaženia od mostného príslušenstva, ríms a vozovky, $G_{1k,sup}$, $G_{1k,inf}$

G_{set} – nerovnomerné sadnutie podpier

$G_{cs}(t)$ – vplyv zmrašťovania a dotvarovania na spriahnutej staticky neurčitej konštrukcii

Q_{TS} – účinky od dopravy - tandem system (TS),

Q_{udl} – účinky od dopravy – rovnomerné plošné zaťaženie (UDL)

Q_{SV} – účinky od dopravy – špeciálne vozidlo

Q_{fwk} – zaťaženie na chodníku.

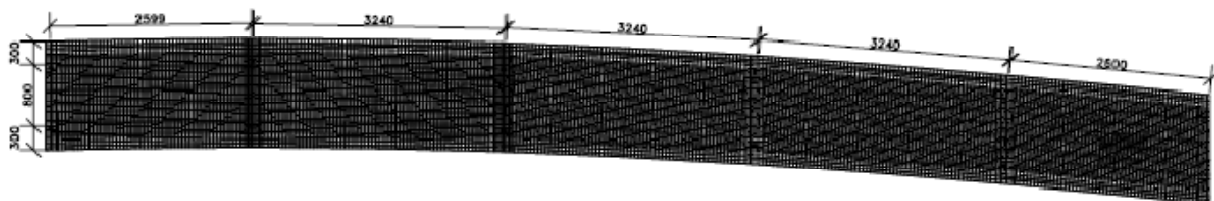
γ_P - parciálny súčiniteľ pre predpätie $\gamma_P = \gamma_{Pfav} = 1,0$ alebo $\gamma_P = \gamma_{Punfav} = 1,2$

3 Statická analýza

3.1 Výpočet vnútorných síl

Vnútorné sily od účinkov zaťaženia ktoré nastúpili na spriahnutú konštrukciu boli počítané pomocou MKP, programom STRAP verzia 2011. Pre účely analýzy bol vytvorený **roštový model**. Tento model berie do úvahy priečne rozdelenie zaťaženia. Model pozostáva zo spriahnutých pozdĺžnych nosníkov navzájom spojených priečnymi nosníkmi. Tieto priečne nosníky majú prierezové vlastnosti mostovkovej dosky v priečnom smere. V pozdĺžnom smere má každý nosník prierezové charakteristiky spriahnutého prierezu. Vnútorné sily sú v prílohe 1

Pre analýzu predpätých nosníkov bola redukovaná tuhosť železobetónových častí nad vnútornými podperami na 50 %. Pre analýzu železobetónových priečnikov bol vytvorený model so 100 % tuhosťou.



Obr.3.1 Roštový model mostnej konštrukcie

3.2 Predpätie

3.2.1 Vopred predpínaná výstuž

Vopred predpínané laná s nízkou relaxáciou $\phi Ls15,7$ mm/1860 MPa

$$A_{p1} = 1,5 \text{ cm}^2; f_{pk} = 1860 \text{ MPa}; f_{p01,k} = 1630 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži pri predpínaní káblov:

$$\sigma_{p,max} = \min(0,80 \cdot f_{pk}; 0,9 \cdot f_{p01,k}) = \min(1488; 1467) = 1450 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži po vnesení predpätia so yapočítaním straty z pružného pretvorenia betónu:

$$\sigma_{pm0,max} = \min(0,75 \cdot f_{pk}; 0,85 \cdot f_{p01,k}) = \min(1395; 1385) = 1385 \text{ MPa}$$

Relaxácia pre triedu relaxácie 2.

3.2.2 Dodatočne predpínaná výstuž

4-lanové káble zo stabilizovaných lán $\phi Ls15,7/1860$ MPa

$$A_{p1} = 1,5 \text{ cm}^2; A_{p4} = 6,0 \text{ cm}^2; f_{pk} = 1860 \text{ MPa}; f_{p01,k} = 1630 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži pri predpínaní káblov:

$$\sigma_{p,max} = \min(0,80 \cdot f_{pk}; 0,9 \cdot f_{p01,k}) = \min(1488; 1467) = 1450 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži po vnesení predpätia:

$$\sigma_{pm0,max} = \min(0,75 \cdot f_{pk}; 0,85 \cdot f_{p01,k}) = \min(1395; 1385) = 1385 \text{ MPa}$$

$\mu = 0,2$; $k = 0,01$ rad/m; pokíž v kotve 3 mm; funkcia relaxácie pre triedu 2.

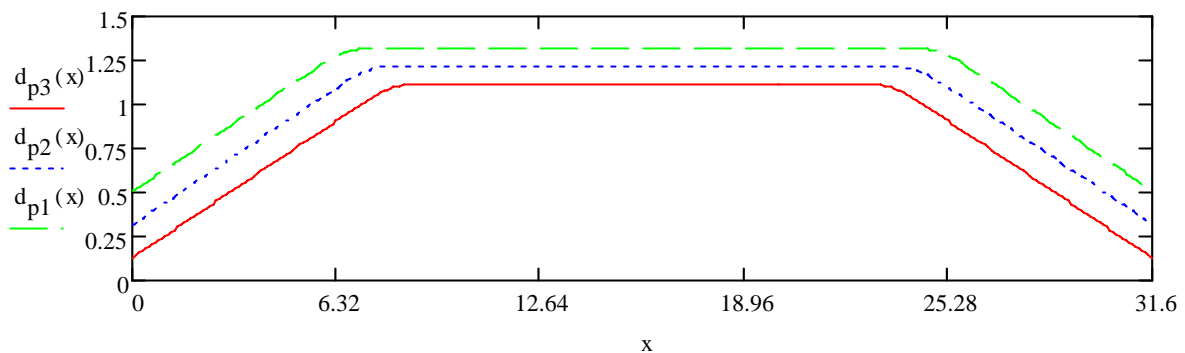
3.3 Výpočet okamžitých strát u dodatočne predpätej výstuži 31,5 m

$$\begin{aligned}
 E_p &:= 195000 \cdot \text{MPa} & \mu &:= 0.20 & k_\mu &:= 0.01 \cdot \text{rad} \cdot \text{m}^{-1} & f_{pk} &:= 1860 \cdot \text{MPa} & f_{p01k} &:= 1630 \cdot \text{MPa} \\
 \sigma_{p\max} &:= 0.8 \cdot f_{pk} & \sigma_{p\max} &= 1488 \cdot \text{MPa} & \sigma_{p\max} &:= 0.9 \cdot f_{p01k} & \sigma_{p\max} &= 1467 \cdot \text{MPa} \\
 \sigma_{pm0} &:= 0.75 \cdot f_{pk} & \sigma_{pm0} &= 1395 \cdot \text{MPa} & \sigma_{pm0} &:= 0.85 \cdot f_{p01k} & \sigma_{pm0} &= 1385.5 \cdot \text{MPa} \\
 \sigma_{p\max} &:= 1450 \cdot \text{MPa} & i &:= 1..3 & \alpha_{p_i} &:= 7 \cdot \text{deg} & r_i &:= 10 \cdot \text{m} & L_n &:= 31.6 \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

$$d_{p1}(x) := \begin{cases} 0.51 \cdot \text{m} + x \cdot \tan(\alpha_{p1}) & \text{if } x \leq 5.967 \cdot \text{m} \\ 1.315 \cdot \text{m} - \left[r_1 - \left[(r_1)^2 - (7.185 \cdot \text{m} - x)^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 5.967 \cdot \text{m} < x \leq 7.185 \cdot \text{m} \\ 1.315 \cdot \text{m} & \text{if } 7.185 \cdot \text{m} < x \leq 24.415 \cdot \text{m} \\ 1.315 \cdot \text{m} - \left[r_1 - \left[(r_1)^2 - (x - 24.415 \cdot \text{m})^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 24.415 \cdot \text{m} < x \leq 25.633 \cdot \text{m} \\ \left[0.51 \cdot \text{m} + (31.6 \cdot \text{m} - x) \cdot \tan(\alpha_{p1}) \right] & \text{if } 25.633 \cdot \text{m} < x \leq 31.6 \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$d_{p2}(x) := \begin{cases} 0.32 \cdot \text{m} + x \cdot \tan(\alpha_{p2}) & \text{if } x \leq 6.723 \cdot \text{m} \\ 1.215 \cdot \text{m} - \left[r_2 - \left[(r_2)^2 - (7.942 \cdot \text{m} - x)^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 6.723 \cdot \text{m} < x \leq 7.942 \cdot \text{m} \\ 1.215 \cdot \text{m} & \text{if } 7.942 \cdot \text{m} < x \leq 23.658 \cdot \text{m} \\ 1.215 \cdot \text{m} - \left[r_2 - \left[(r_2)^2 - (x - 23.658 \cdot \text{m})^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 23.658 \cdot \text{m} < x \leq 24.877 \cdot \text{m} \\ \left[0.32 \cdot \text{m} + (31.6 \cdot \text{m} - x) \cdot \tan(\alpha_{p2}) \right] & \text{if } 24.877 \cdot \text{m} < x \leq 31.6 \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$d_{p3}(x) := \begin{cases} 0.130 \cdot \text{m} + x \cdot \tan(\alpha_{p3}) & \text{if } x \leq 7.476 \cdot \text{m} \\ 1.115 \cdot \text{m} - \left[r_3 - \left[(r_3)^2 - (8.695 \cdot \text{m} - x)^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 7.476 \cdot \text{m} < x \leq 8.695 \cdot \text{m} \\ 1.115 \cdot \text{m} & \text{if } 8.695 \cdot \text{m} < x \leq 22.904 \cdot \text{m} \\ 1.115 \cdot \text{m} - \left[r_3 - \left[(r_3)^2 - (x - 22.904 \cdot \text{m})^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 22.904 \cdot \text{m} < x \leq 24.124 \cdot \text{m} \\ \left[0.13 \cdot \text{m} + (31.6 \cdot \text{m} - x) \cdot \tan(\alpha_{p3}) \right] & \text{if } 24.124 \cdot \text{m} < x \leq 31.6 \cdot \text{m} \end{cases}$$



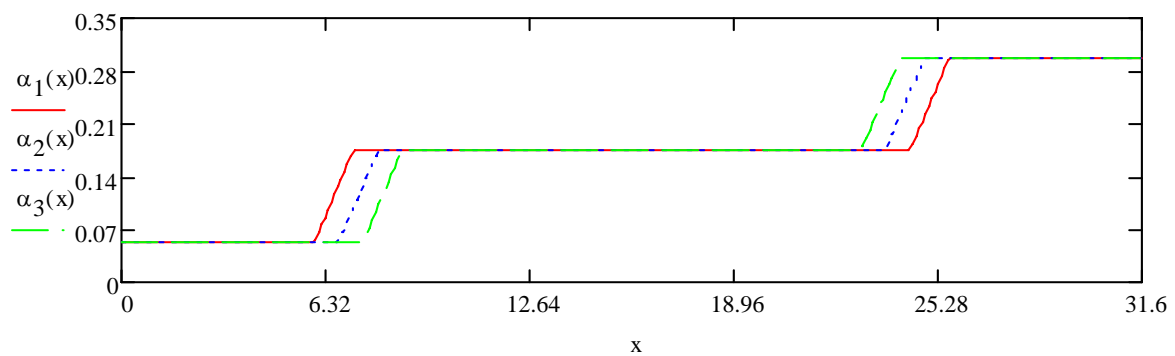
■ $\alpha_0 := 3 \cdot \text{deg}$

$$\alpha_1(x) := \begin{cases} \alpha_0 & \text{if } x \leq 5.967 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p1} - \text{asin} \left(\frac{7.185 \cdot \text{m} - x}{r_1} \right) \right) & \text{if } 5.967 \cdot \text{m} < x \leq 7.185 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \alpha_{p1} & \text{if } 7.185 \cdot \text{m} < x \leq 24.415 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p1} + \text{asin} \left(\frac{x - 24.415 \cdot \text{m}}{r_1} \right) \right) & \text{if } 24.415 \cdot \text{m} < x \leq 25.633 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + 2 \cdot \alpha_{p1} & \text{if } 25.633 \cdot \text{m} < x \leq 31.6 \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\alpha_2(x) := \begin{cases} \alpha_0 & \text{if } x \leq 6.723 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p2} - \text{asin} \left(\frac{7.942 \cdot \text{m} - x}{r_2} \right) \right) & \text{if } 6.723 \cdot \text{m} < x \leq 7.942 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \alpha_{p2} & \text{if } 7.942 \cdot \text{m} < x \leq 23.658 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p2} + \text{asin} \left(\frac{x - 23.658 \cdot \text{m}}{r_2} \right) \right) & \text{if } 23.658 \cdot \text{m} < x \leq 24.877 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + 2 \cdot \alpha_{p2} & \text{if } 24.877 \cdot \text{m} < x \leq 31.6 \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\alpha_3(x) := \begin{cases} \alpha_0 & \text{if } x \leq 7.476 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p3} - \text{asin} \left(\frac{8.695 \cdot \text{m} - x}{r_3} \right) \right) & \text{if } 7.476 \cdot \text{m} < x \leq 8.695 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \alpha_{p3} & \text{if } 8.695 \cdot \text{m} < x \leq 22.904 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p3} + \text{asin} \left(\frac{x - 22.904 \cdot \text{m}}{r_3} \right) \right) & \text{if } 22.904 \cdot \text{m} < x \leq 24.124 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + 2 \cdot \alpha_{p3} & \text{if } 24.124 \cdot \text{m} < x \leq 31.6 \cdot \text{m} \end{cases}$$

Projektovane uhlove vychylky



Priebeh predpinaceho napätia

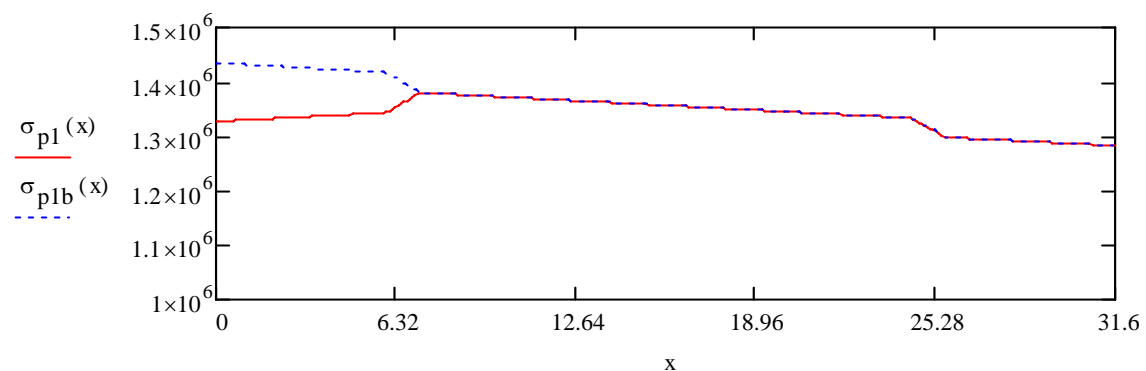
$$\sigma_{p1b}(x) := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_1(x) + k_\mu \cdot x)] \quad x_a := 7.25 \cdot m$$

$$\sigma_{pa} := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_1(x_a) + k_\mu \cdot x_a)]$$

$$\alpha_{xa} := \alpha_1(x_a) \quad \sigma_{p1a}(x) := \sigma_{pa} \cdot \exp[-\mu \cdot ((\alpha_{xa} - \alpha_1(x)) + k_\mu \cdot (x_a - x))]$$

$$a := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{x_a} (\sigma_{p1b}(x) - \sigma_{p1a}(x)) dx \quad a = 3 \text{ mm} \quad u := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{31.6 \cdot m} (\sigma_{p1b}(x)) dx \quad u = 220 \text{ mm}$$

$$\sigma_{p1}(x) := \begin{cases} \sigma_{p1a}(x) & \text{if } 0 \leq x \leq x_a \\ \sigma_{p1b}(x) & \text{otherwise} \end{cases}$$



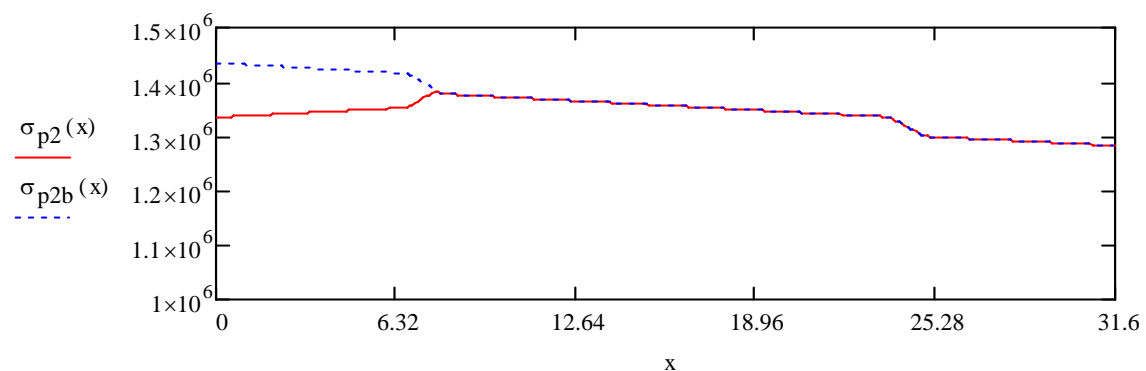
$$\sigma_{p2b}(x) := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_2(x) + k_\mu \cdot x)] \quad x_a := 7.75 \cdot m$$

$$\sigma_{pa} := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_2(x_a) + k_\mu \cdot x_a)]$$

$$\alpha_{xa} := \alpha_2(x_a) \quad \sigma_{p2a}(x) := \sigma_{pa} \cdot \exp[-\mu \cdot ((\alpha_{xa} - \alpha_2(x)) + k_\mu \cdot (x_a - x))]$$

$$u := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{x_a} (\sigma_{p2b}(x) - \sigma_{p2a}(x)) dx \quad u = 3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{p2}(x) := \begin{cases} \sigma_{p2a}(x) & \text{if } 0 \leq x \leq x_a \\ \sigma_{p2b}(x) & \text{otherwise} \end{cases} \quad u := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{31.6 \cdot m} (\sigma_{p2b}(x)) dx \quad u = 220 \text{ mm}$$



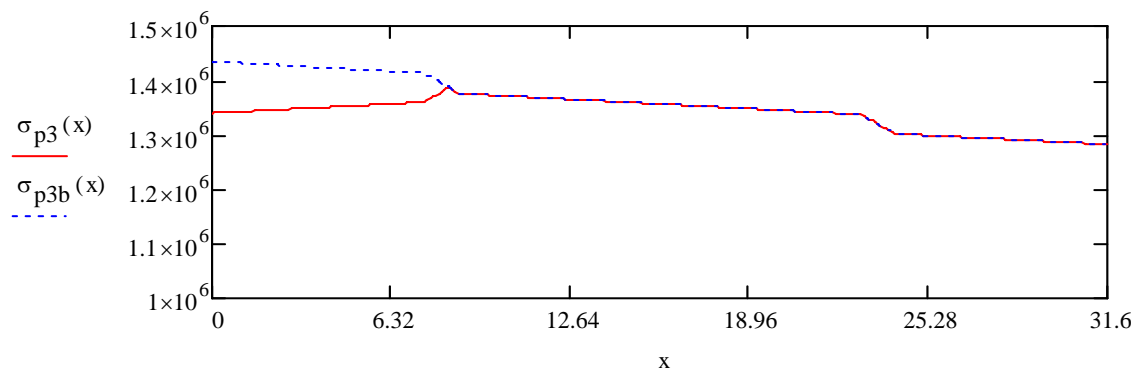
$$\sigma_{p3b}(x) := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_3(x) + k_\mu \cdot x)] \quad x_a := 8.35 \cdot m$$

$$\sigma_{p3a} := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_3(x_a) + k_\mu \cdot x_a)]$$

$$\alpha_{xa} := \alpha_3(x_a) \quad \sigma_{p3a}(x) := \sigma_{pa} \cdot \exp[-\mu \cdot ((\alpha_{xa} - \alpha_3(x)) + k_\mu \cdot (x_a - x))]$$

$$u := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{x_a} (\sigma_{p3b}(x) - \sigma_{p3a}(x)) dx \quad u = 3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{p3}(x) := \begin{cases} \sigma_{p3a}(x) & \text{if } 0 \leq x \leq x_a \\ \sigma_{p3b}(x) & \text{otherwise} \end{cases} \quad u := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{31.6 \cdot m} (\sigma_{p3b}(x)) dx \quad u = 220 \text{ mm}$$



3.4 Výpočet okamžitých strát u dodatočne predpätej výstuži 25,5 m

$$E_p := 195000 \text{ MPa} \quad \mu := 0.20 \quad k_\mu := 0.01 \cdot \text{rad} \cdot \text{m}^{-1} \quad f_{pk} := 1860 \text{ MPa} \quad f_{p01k} := 1630 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p\max} := 0.8 f_{pk} \quad \sigma_{p\max} = 1488 \text{ MPa} \quad \sigma_{p\max} := 0.9 f_{p01k} \quad \sigma_{p\max} = 1467 \text{ MPa}$$

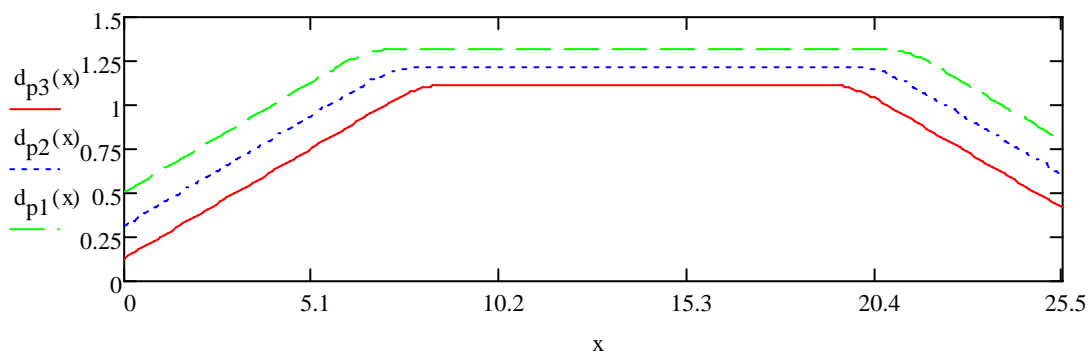
$$\sigma_{pm0} := 0.75 f_{pk} \quad \sigma_{pm0} = 1395 \text{ MPa} \quad \sigma_{pm0} := 0.85 f_{p01k} \quad \sigma_{pm0} = 1385.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p\max} := 1450 \text{ MPa} \quad i := 1..3 \quad \alpha_{p_i} := 7 \cdot \text{deg} \quad r_i := 10 \text{ m}$$

$$d_{p1}(x) := \begin{cases} 0.51 \text{ m} + x \cdot \tan(\alpha_{p1}) & \text{if } x \leq 5.967 \text{ m} \\ 1.315 \text{ m} - \left[r_1 - \left[(r_1)^2 - (7.185 \text{ m} - x)^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 5.967 \text{ m} < x \leq 7.185 \text{ m} \\ 1.315 \text{ m} & \text{if } 7.185 \text{ m} < x \leq 20.636 \text{ m} \\ 1.315 \text{ m} - \left[r_1 - \left[(r_1)^2 - (x - 20.636 \text{ m})^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 20.636 \text{ m} < x \leq 21.854 \text{ m} \\ \left[0.795 \text{ m} + (25.5 \text{ m} - x) \cdot \tan(\alpha_{p1}) \right] & \text{if } 21.854 \text{ m} < x \leq 25.5 \text{ m} \end{cases}$$

$$d_{p2}(x) := \begin{cases} 0.32 \text{ m} + x \cdot \tan(\alpha_{p2}) & \text{if } x \leq 6.723 \text{ m} \\ 1.215 \text{ m} - \left[r_2 - \left[(r_2)^2 - (7.942 \text{ m} - x)^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 6.723 \text{ m} < x \leq 7.942 \text{ m} \\ 1.215 \text{ m} & \text{if } 7.942 \text{ m} < x \leq 19.88 \text{ m} \\ 1.215 \text{ m} - \left[r_2 - \left[(r_2)^2 - (x - 19.88 \text{ m})^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 19.88 \text{ m} < x \leq 21.098 \text{ m} \\ \left[0.605 \text{ m} + (25.5 \text{ m} - x) \cdot \tan(\alpha_{p2}) \right] & \text{if } 21.098 \text{ m} < x \leq 25.5 \text{ m} \end{cases}$$

$$d_{p3}(x) := \begin{cases} 0.130 \text{ m} + x \cdot \tan(\alpha_{p3}) & \text{if } x \leq 7.476 \text{ m} \\ 1.115 \text{ m} - \left[r_3 - \left[(r_3)^2 - (8.695 \text{ m} - x)^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 7.476 \text{ m} < x \leq 8.695 \text{ m} \\ 1.115 \text{ m} & \text{if } 8.695 \text{ m} < x \leq 19.126 \text{ m} \\ 1.115 \text{ m} - \left[r_3 - \left[(r_3)^2 - (x - 19.126 \text{ m})^2 \right]^{0.5} \right] & \text{if } 19.126 \text{ m} < x \leq 20.344 \text{ m} \\ \left[0.415 \text{ m} + (25.5 \text{ m} - x) \cdot \tan(\alpha_{p3}) \right] & \text{if } 20.344 \text{ m} < x \leq 25.5 \text{ m} \end{cases}$$



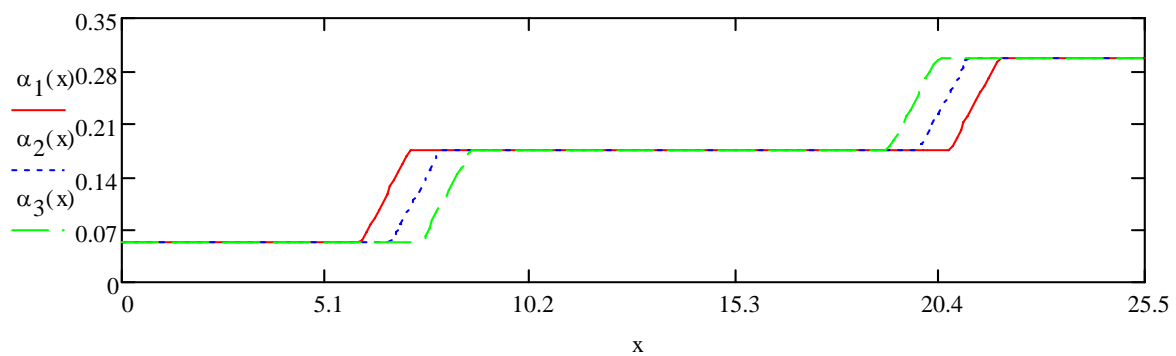
■ $\alpha_0 := 3 \cdot \text{deg}$

$$\alpha_1(x) := \begin{cases} \alpha_0 & \text{if } x \leq 5.967 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p1} - \text{asin} \left(\frac{7.185 \cdot \text{m} - x}{r_1} \right) \right) & \text{if } 5.967 \cdot \text{m} < x \leq 7.185 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \alpha_{p1} & \text{if } 7.185 \cdot \text{m} < x \leq 20.636 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p1} + \text{asin} \left(\frac{x - 20.636 \cdot \text{m}}{r_1} \right) \right) & \text{if } 20.636 \cdot \text{m} < x \leq 21.854 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + 2 \cdot \alpha_{p1} & \text{if } 21.854 \cdot \text{m} < x \leq 25.5 \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\alpha_2(x) := \begin{cases} \alpha_0 & \text{if } x \leq 6.723 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p2} - \text{asin} \left(\frac{7.942 \cdot \text{m} - x}{r_2} \right) \right) & \text{if } 6.723 \cdot \text{m} < x \leq 7.942 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \alpha_{p2} & \text{if } 7.942 \cdot \text{m} < x \leq 19.88 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p2} + \text{asin} \left(\frac{x - 19.88 \cdot \text{m}}{r_2} \right) \right) & \text{if } 19.88 \cdot \text{m} < x \leq 21.098 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + 2 \cdot \alpha_{p2} & \text{if } 21.098 \cdot \text{m} < x \leq 25.5 \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\alpha_3(x) := \begin{cases} \alpha_0 & \text{if } x \leq 7.476 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p3} - \text{asin} \left(\frac{8.695 \cdot \text{m} - x}{r_3} \right) \right) & \text{if } 7.476 \cdot \text{m} < x \leq 8.695 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \alpha_{p3} & \text{if } 8.695 \cdot \text{m} < x \leq 19.126 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + \left(\alpha_{p3} + \text{asin} \left(\frac{x - 19.126 \cdot \text{m}}{r_3} \right) \right) & \text{if } 19.126 \cdot \text{m} < x \leq 20.344 \cdot \text{m} \\ \alpha_0 + 2 \cdot \alpha_{p3} & \text{if } 20.344 \cdot \text{m} < x \leq 25.5 \cdot \text{m} \end{cases}$$

Projektovane uhlove vychylky



Priebeh predpinaceho napätia

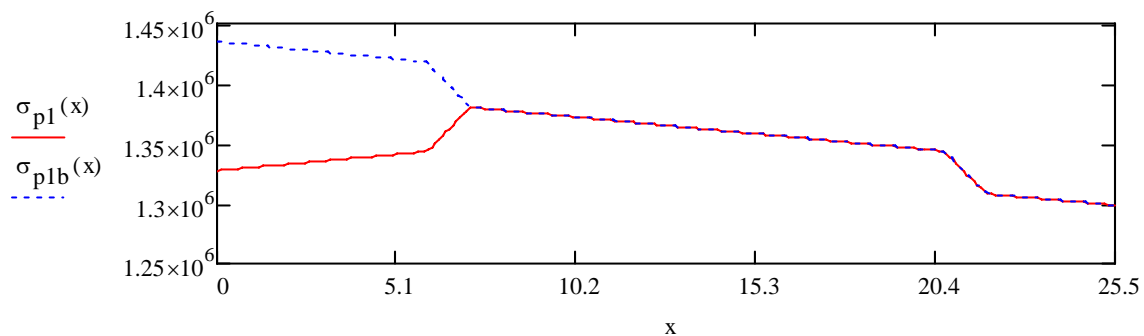
$$\sigma_{p1b}(x) := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_1(x) + k_\mu \cdot x)] \quad x_a := 7.25 \cdot m$$

$$\sigma_{pa} := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_1(x_a) + k_\mu \cdot x_a)]$$

$$\alpha_{xa} := \alpha_1(x_a) \quad \sigma_{p1a}(x) := \sigma_{pa} \cdot \exp[-\mu \cdot ((\alpha_{xa} - \alpha_1(x)) + k_\mu \cdot (x_a - x))]$$

$$a := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{x_a} (\sigma_{p1b}(x) - \sigma_{p1a}(x)) dx \quad a = 3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{p1}(x) := \begin{cases} \sigma_{p1a}(x) & \text{if } 0 \leq x \leq x_a \\ \sigma_{p1b}(x) & \text{otherwise} \end{cases} \quad u := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{25.5 \cdot m} (\sigma_{p1b}(x)) dx \quad u = 179 \text{ mm}$$



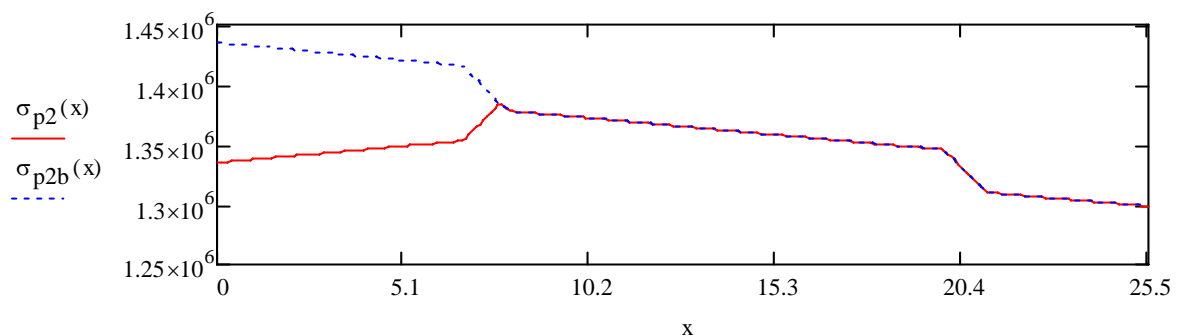
$$\sigma_{p2b}(x) := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_2(x) + k_\mu \cdot x)] \quad x_a := 7.75 \cdot m$$

$$\sigma_{pa} := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_2(x_a) + k_\mu \cdot x_a)]$$

$$\alpha_{xa} := \alpha_2(x_a) \quad \sigma_{p2a}(x) := \sigma_{pa} \cdot \exp[-\mu \cdot ((\alpha_{xa} - \alpha_2(x)) + k_\mu \cdot (x_a - x))]$$

$$u := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{x_a} (\sigma_{p2b}(x) - \sigma_{p2a}(x)) dx \quad u = 3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{p2}(x) := \begin{cases} \sigma_{p2a}(x) & \text{if } 0 \leq x \leq x_a \\ \sigma_{p2b}(x) & \text{otherwise} \end{cases} \quad u := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{25.5 \cdot m} (\sigma_{p2b}(x)) dx \quad u = 179 \text{ mm}$$



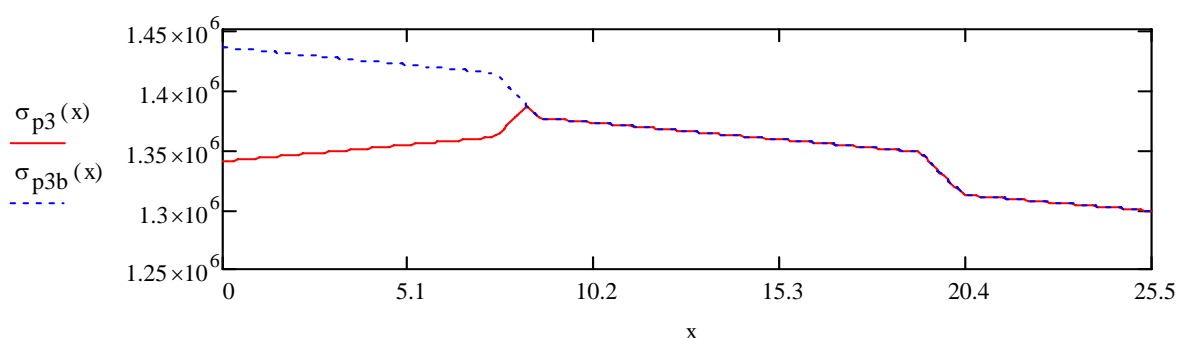
$$\sigma_{p3b}(x) := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_3(x) + k_\mu \cdot x)] \quad x_a := 8.35 \cdot m$$

$$\sigma_{p3a} := \sigma_{pmax} \cdot \exp[-\mu \cdot (\alpha_3(x_a) + k_\mu \cdot x_a)]$$

$$\alpha_{x_a} := \alpha_3(x_a) \quad \sigma_{p3a}(x) := \sigma_{p3a} \cdot \exp[-\mu \cdot ((\alpha_{x_a} - \alpha_3(x)) + k_\mu \cdot (x_a - x))]$$

$$u := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{x_a} (\sigma_{p3b}(x) - \sigma_{p3a}(x)) dx \quad u = 3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{p3}(x) := \begin{cases} \sigma_{p3a}(x) & \text{if } 0 \leq x \leq x_a \\ \sigma_{p3b}(x) & \text{otherwise} \end{cases} \quad u := \frac{1}{E_p} \cdot \int_0^{25.5 \cdot m} (\sigma_{p3b}(x)) dx \quad u = 179 \text{ mm}$$



4 Kontrola normálových napätí

4.1 Kritéria kontroly napätí pre trvalé návrhové situácie

- Horný povrch: stupeň prostredia XC3 nesmie nastať dekompresia pri kvázi - stálej kombinácii. Pri návrhu nebolo kritérium uplatnené.
- Spodný povrch: stupeň prostredia XD1 nesmie nastať dekompresia pri častej kombinácii. Toto kritérium bolo uplatnené aj pre horný povrch.
- Maximálne tlakové napätie od charakteristickej kombinácie zaťaženi:
Nosník: $0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 55 = 33 \text{ MPa}$; Doska: $0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$

4.2 Kritéria kontroly napätí pre prechodné návrhové situácie

Predpínanie lán je dovolené, keď betón dosiahne 70% z 28-dňovej pevnosti v tlaku.

Predpínanie káblov je dovolené keď betón dosiahne 100% z 28-dňovej pevnosti v tlaku.

Maximálne ťahové napätia: $f_{ctm}(t) = 0,65 \cdot f_{ctm} = 0,65 \cdot 4,2 = 2,73 \text{ MPa}$ pre $t < 28$ dní

$f_{ctm} = 4,2 \text{ MPa}$ pre $t \geq 28$ dní

Maximálne tlakové napätia: $0,65 \cdot f_{ck}(t_0) = 0,65 \cdot (0,7 \cdot 63 - 8) = 23,46 \text{ MPa}$ pre $t < 28$ dní (VP)

$0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 55 = 33 \text{ MPa}$ (dodatočne predpätie)

Tabuľka 4.1 Prierezové charakteristiky prefabrikovaného nosníka

A_{cN}	$z_{\text{dolné}}$	$z_{\text{horné}}$	I_{cN}
$[m^2]$	$[m]$	$[m]$	$[m^4]$
0,416	0,625	-0,775	0,1017

Tabuľka 4.2 Prierezové charakteristiky spriahnutého nosníka

Šírka dosky	Hrúbka D	A_{cND}	$z_{\text{dolné}}$	$z_{\text{horné}}$	I_{cND}
[m]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ⁴]
1,20	0,20	0,630	0,922	0,678	0,211
1,45	0,20	0,675	0,960	0,640	0,225
$\alpha_c = 33/38 = 0,868$					

4.3 Normálové napätia v štádiu predpínania

Pri kontrole napätí v štádiu predpínania bola uvažovaná teoretická podpera 0,6 m od čela nosníka, ktorá predstavuje polohu hákov na zdvíhanie nosníka.

4.3.1 Nosník dĺžky 31,5 m

Použité boli 4 separácie, na dĺžke 4 m, 3 m, 2 m a 1 m.

Beton C55/67 $E_{bn} := 38000 \cdot \text{MPa}$ $L_{\text{max}} := 31.5 \cdot \text{m}$

$$s_{\text{max}} := 0.25 \quad \beta_{cc}(t) := \exp \left[s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right] \quad \beta_{cc}(5) = 0.711 \quad r_{k1} := 1.05 \quad r_{k2} := 1.1$$

$$h_n := 1400 \cdot \text{mm} \quad A_{cn} := 0.416 \cdot \text{m}^2 \quad t_{cn} := h_n - 0.625 \cdot \text{m} \quad I_{cn} := 0.1017 \cdot \text{m}^4$$

$$f_{ck1} := 55 \cdot \text{MPa} \quad f_{cm1} := f_{ck1} + 8 \cdot \text{MPa} \quad u_1 := 5226 \cdot \text{mm} \quad h_{o1} := 2 \cdot \frac{A_{cn}}{u_1} \quad h_{o1} = 159.2 \cdot \text{mm}$$

$$t_{o1} := 5 \quad t_{o2} := 1 \quad t_{s1} := 1.5 \quad t_{s2} := 2 \quad r := 1$$

Dotvarovanie $RH := 70$ $\alpha_{11} := \left(\frac{35 \cdot \text{MPa}}{f_{cm1}} \right)^{0.7}$ $\alpha_{21} := \left(\frac{35 \cdot \text{MPa}}{f_{cm1}} \right)^{0.2}$ $\alpha_{31} := \left(\frac{35 \cdot \text{MPa}}{f_{cm1}} \right)^{0.5}$

$$\phi_{RH1} := \left[1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \left(\frac{h_{o1}}{1 \cdot \text{mm}} \right)^{0.3333}} \cdot \alpha_{11} \right] \cdot \alpha_{21} \quad \beta_{f1}(f_{cm1}) := \frac{16.8}{\left(\frac{f_{cm1}}{1 \cdot \text{MPa}} \right)^{0.5}} \quad \beta_{t1}(t_{o1}) := \frac{1}{0.1 + t_{o1}^{0.2}}$$

$$\beta_{H1} := 1.5 \cdot \left[1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right] \cdot \frac{h_{o1}}{1 \cdot \text{mm}} + 250 \cdot \alpha_{31} \quad \beta_{c1}(t, t_{o1}) := \left(\frac{t - t_{o1}}{\beta_{H1} + t - t_{o1}} \right)^{0.3}$$

$$\phi_{o1}(t_{o1}) := \phi_{RH1} \cdot \beta_{f1}(f_{cm1}) \cdot \beta_{t1}(t_{o1}) \quad \phi_n(t, t_{o1}) := \phi_{o1}(t_{o1}) \cdot \beta_{c1}(t, t_{o1}) \quad \phi_n(30000, 5) = 1.731$$

STADIUM predpinania

$$\gamma_{bn} := 25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3} \quad g_0 := A_{cn} \cdot \gamma_{bn} \quad g_0 = 10.4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$f_{ctm} := 4.2 \cdot \text{MPa} \quad f_{ctmt} := \beta_{cc} \left(t_{n0} \right) \cdot f_{ctm} \quad f_{ctkt} := 0.7 \cdot f_{ctm} \quad f_{ctdt} := \frac{f_{ctkt}}{1.5}$$

$$\alpha_1 := 1 \quad \alpha_2 := 0.19 \quad \eta_{p1} := 3.2 \quad \eta_1 := 1 \quad f_{bpt} := \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctdt} \quad f_{bpt} = 6.272 \text{ MPa}$$

$$\phi_p := 15.7 \cdot \text{mm} \quad \sigma_{pm0} := 1400 \cdot \text{MPa} \quad l_{pt} := \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \phi_p \cdot \frac{\sigma_{pm0}}{f_{bpt}} \quad l_{pt} = 0.666 \text{ m}$$

$$l_{pt1} := 0.8 \cdot l_{pt} \quad l_{pt2} := 1.2 \cdot l_{pt} \quad l_{pt1} = 0.533 \text{ m} \quad l_{pt2} = 0.799 \text{ m}$$

Kable v najučinnejšej polohe

$$\Delta a := 0.6 \cdot \text{m} \quad L_t := L_n - 2 \cdot \Delta a \quad L_t = 30.3 \text{ m} \quad x := 8.1 \cdot \text{m} + l_{pt1} \quad x = 8.633 \text{ m}$$

$$R_{g0} := 0.5 \cdot g_0 \cdot L_n \quad M_{g0}(x) := R_{g0} \cdot (x - \Delta a) - 0.5 \cdot g_0 \cdot x^2$$

$$Lana \quad \phi_{Ls} 15.7/1860 \text{ MPa} \quad n_p := 3 \quad E_{pp} := 195000 \cdot \text{MPa} \quad A_{p1} := 1.5 \cdot \text{cm}^2$$

$$d_{pc} := 50 \cdot \text{mm} \quad \phi_{pp} := 15.7 \cdot \text{mm} \quad a_p := 60 \cdot \text{mm}$$

$$A_{p1} := 8 \cdot A_{p1} \quad d_{p1} := h_n - a_p \quad A_{p2} := 8 \cdot A_{p1} \quad d_{p2} := d_{p1} - d_{pc} \quad A_{p3} := 2 \cdot A_{p1}$$

$$A_{p5} := 2 \cdot A_{p1} \quad d_{p5} := d_{p2} - d_{pc} \quad i := 1..n_p \quad \sigma_{pin_i} := \sigma_{pm0} \quad d_{p3} := 45 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Kablove kanaliky} \quad \phi_{duct} := 50 \cdot \text{mm} \quad A_{o1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{duct}^2 \quad \eta := 1 \quad n_k := 3 \quad n_o := n_k$$

$$A_{k1} := 4 \cdot A_{p1} \cdot \cos(\alpha_{v1}(x)) \quad A_{k2} := 4 \cdot A_{p1} \cdot \cos(\alpha_{v2}(x)) \quad A_{k3} := 4 \cdot A_{p1} \cdot \cos(\alpha_{v3}(x))$$

$$d_{k1} := d_{k1}(x) \quad d_{k2} := d_{k2}(x) \quad d_{k3} := d_{k3}(x) \quad \sigma_{k1,0} := \sigma_{p1}(x) \quad \sigma_{k2,0} := \sigma_{p2}(x) \quad \sigma_{k3,0} := \sigma_{p3}(x)$$

$$A_{o_i} := A_{o1} \quad d_{o_i} := d_{k_i} \quad i := 1..n_k \quad \alpha_s := E_{bn}^{-1} \cdot E_s \quad \alpha_s = 5.263$$

$$\alpha_p := E_{bn}^{-1} \cdot E_p \quad \alpha_p = 5.132$$

$$A_{ni} := A_{cn} + (-1) \cdot \sum_{i=1}^{n_o} A_{o_i} + (\alpha_p) \cdot \sum_{i=1}^{n_p} A_{p_i} \quad S_{si} := (-1) \cdot \sum_{i=1}^{n_o} (A_{o_i} \cdot d_{o_i})$$

$$S_{pi} := (\alpha_p) \cdot \sum_{i=1}^{n_p} [A_{p_i} \cdot (d_{p_i})] \quad S_{ni} := A_{cn} \cdot t_{cn} + S_{si} + S_{pi} \quad t_{ni} := \frac{S_{ni}}{A_{ni}}$$

$$I_{si} := (-1) \cdot \sum_{i=1}^{n_o} [A_{o_i} \cdot (d_{o_i} - t_{ni})^2] \quad I_{pi} := (\alpha_p) \cdot \sum_{i=1}^{n_p} [A_{p_i} \cdot (d_{p_i} - t_{ni})^2]$$

$$I_c := I_{cn} + A_{cn} \cdot (t_{cn} - t_{ni})^2 \quad I_{ni} := I_c + I_{si} + I_{pi}$$

$$A_{ni} = 0.424 \text{ m}^2 \quad I_{ni} = 0.105 \text{ m}^4 \quad t_{ni} = 0.782 \text{ m} \quad i := 1..n_p \quad e_{p_i} := d_{p_i} - t_{ni} \\ i := 1..n_k \quad e_{k_i} := d_{k_i} - t_{ni}$$

$$i := 1..n_p \quad \sigma_{p_{i,0}} := \sigma_{pin_i} - 0 \cdot \text{MPa} \quad \Delta\sigma_{p_{i,0}} := d\sigma_{pr}(\sigma_{pin_i}, t_{p_0})$$

$$r_{sup} := 1.05 \quad P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,0}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,0}} \cdot e_{p_i})$$

$$P_{tm} = 3.78 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 1.482 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad A_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 12 \\ \hline 12 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad e_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.558 \\ \hline 0.508 \\ \hline -0.737 \\ \hline \end{array} \text{ m} \quad \sigma_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad M_{g0}(x) = 0.928 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -4.685 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) = -13.058 \text{ MPa}$$

STRATY V CASE $t_{n_0} = 5 \quad t_{n_1} = 30$

$$\Delta\sigma_{ps_i} := E_p \cdot (\varepsilon_{sn}(r \cdot t_{n_1}, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{s1}, t_{s1}))$$

$$\Delta\sigma_{pd_i} := \alpha_p \cdot [\sigma_{bgo}[x, (d_{p_i})] + \sigma_{bp}[x, (d_{p_i})]] \cdot (\phi_n(r \cdot t_{n_1}, t_{o1}) - \phi_n(r \cdot t_{n_0}, t_{o1}))$$

$$\Delta\sigma_{pr_i} := d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p_1}) - d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p_0})$$

$$\Delta\sigma_{p_{i,1}} := \Delta\sigma_{ps_i} + \Delta\sigma_{pd_i} + \Delta\sigma_{pr_i} \quad \sigma_{p_{i,1}} := \sigma_{p_{i,0}} + \Delta\sigma_{p_{i,1}}$$

$$P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot e_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad P_{tm} = 3.566 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 1.389 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -4.975 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + \sigma_{bp}(x, h_n) = -11.129 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc}(t_{n_0}) = 0.711 \quad f_{ckt} := \beta_{cc}(t_{n_0}) \cdot f_{cm1} - 8 \cdot \text{MPa} \quad f_{ckt} = 36.8 \text{ MPa} \quad 0.65 \cdot f_{ckt} = 23.9 \text{ MPa}$$

Predpinanie kablov

$$x = 8.633 \text{ m}$$

$$P_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}}) \quad M_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} [e_{k_i} \cdot (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}})]$$

$$A_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 6 \\ \hline 6 \\ \hline 6 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad \sigma_{k_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1376.3 \\ \hline 1376.3 \\ \hline 1378 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bk}(x, z) := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ktm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$P_{ktm} = 2.478 \text{ MN} \quad M_{ktm} = 1.073 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.05 \cdot \sigma_{bk}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.1 \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -2.522 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + 1.05 \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) + 1.1 \cdot \sigma_{bk}(x, h_n) = -25.342 \text{ MPa} < 0.6 \cdot f_{ck1} = 33 \text{ MPa}$$

$$e_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.533 \\ \hline 0.433 \\ \hline 0.333 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

Prva separacia $x = 4.533 \text{ m}$

$$P_{tm} = 3.78 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 1.464 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad A_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 12 \\ \hline 12 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad e_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.553 \\ \hline 0.503 \\ \hline -0.742 \\ \hline \end{array} \quad \sigma_{p_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -1.933 \text{ MPa} \quad M_{g0}(x) = 0.537 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) = -15.154 \text{ MPa} \quad 0.65 \cdot f_{ckt} = 23.9 \text{ MPa}$$

STRATY V CASE $t_{n_0} = 5 \quad t_{n_1} = 30$

$$\Delta \sigma_{ps_i} := E_p \cdot (\varepsilon_{sn}(r \cdot t_{n_1}, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{s1}, t_{s1}))$$

$$\Delta \sigma_{pd_i} := \alpha_p \cdot [\sigma_{bgo}[x, (d_{p_i})] + \sigma_{bp}[x, (d_{p_i})]] \cdot (\phi_n(r \cdot t_{n_1}, t_{o1}) - \phi_n(r \cdot t_{n_0}, t_{o1}))$$

$$\Delta \sigma_{pr_i} := d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p1}) - d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p0})$$

$$\Delta \sigma_{p_{i,1}} := \Delta \sigma_{ps_i} + \Delta \sigma_{pd_i} + \Delta \sigma_{pr_i} \quad \sigma_{p_{i,1}} := \sigma_{p_{i,0}} + \Delta \sigma_{p_{i,1}}$$

$$P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot e_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad P_{tm} = 3.553 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 1.362 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -2.253 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + \sigma_{bp}(x, h_n) = -13.159 \text{ MPa}$$

Predpinanie kablov $x = 4.533 \text{ m}$

$$P_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}}) \quad M_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} [e_{k_i} \cdot (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}})] \quad A_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 5.955 \\ \hline 5.955 \\ \hline 5.955 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad \sigma_{k_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1339.5 \\ \hline 1347.1 \\ \hline 1352.1 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bk}(x, z) := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ktm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$P_{ktm} = 2.405 \text{ MN} \quad M_{ktm} = 0.215 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.05 \cdot \sigma_{bk}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.1 \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -6.36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + 1.05 \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) + 1.1 \cdot \sigma_{bk}(x, h_n) = -21.582 \text{ MPa} \quad < \quad 0.6 \cdot f_{ck1} = 33 \text{ MPa}$$

$$e_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.28 \\ \hline 0.09 \\ \hline -0.1 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

Druha separacia $x = 3.533 \text{ m}$

$$P_{tm} = 3.36 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 1.232 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad A_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 9 \\ \hline 12 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad e_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.554 \\ \hline 0.504 \\ \hline -0.741 \\ \hline \end{array} \text{ m} \quad \sigma_{p_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -1.799 \text{ MPa} \quad M_{g0}(x) = 0.415 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) = -13.466 \text{ MPa} \quad 0.65 \cdot f_{ckt} = 23.9 \text{ MPa}$$

STRATY V CASE $t_{n_0} = 5 \quad t_{n_1} = 30$

$$\Delta \sigma_{ps_i} := E_p \cdot (\varepsilon_{sn}(r \cdot t_{n_1}, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{s1}, t_{s1}))$$

$$\Delta \sigma_{pd_i} := \alpha_p \cdot [\sigma_{bgo}[x, (d_{p_i})] + \sigma_{bp}[x, (d_{p_i})]] \cdot (\phi_n(r \cdot t_{n_1}, t_{o1}) - \phi_n(r \cdot t_{n_0}, t_{o1}))$$

$$\Delta \sigma_{pr_i} := d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p1}) - d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p0})$$

$$\Delta \sigma_{p_{i,1}} := \Delta \sigma_{ps_i} + \Delta \sigma_{pd_i} + \Delta \sigma_{pr_i} \quad \sigma_{p_{i,1}} := \sigma_{p_{i,0}} + \Delta \sigma_{p_{i,1}}$$

$$P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot e_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad P_{tm} = 3.172 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 1.151 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -2.021 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + \sigma_{bp}(x, h_n) = -11.791 \text{ MPa}$$

Predpinanie kablov $x = 3.533 \text{ m}$

$$P_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}}) \quad M_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} [e_{k_i} \cdot (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}})] \quad A_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 5.955 \\ \hline 5.955 \\ \hline 5.955 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad \sigma_{k_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1336.8 \\ \hline 1344.4 \\ \hline 1349.4 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bk}(x, z) := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ktm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$P_{ktm} = 2.4 \text{ MN} \quad M_{ktm} = -0.08 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.05 \cdot \sigma_{bk}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.1 \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -8.503 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + 1.05 \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) + 1.1 \cdot \sigma_{bk}(x, h_n) = -18.243 \text{ MPa} < 0.6 \cdot f_{ck1} = 33 \text{ MPa}$$

$$e_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.157 \\ \hline -0.033 \\ \hline -0.223 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

Tretia separacia $x = 2.533 \text{ m}$

$$P_{tm} = 2.94 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 1.021 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad A_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 9 \\ \hline 9 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad e_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.554 \\ \hline 0.504 \\ \hline -0.741 \\ \hline \end{array} \text{ m} \quad \sigma_{p_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -1.42 \text{ MPa} \quad M_{g0}(x) = 0.283 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) = -11.952 \text{ MPa} \quad 0.65 \cdot f_{ckt} = 23.9 \text{ MPa}$$

STRATY V CASE $t_{n_0} = 5 \quad t_{n_1} = 30$

$$\Delta \sigma_{ps_i} := E_p \cdot (\varepsilon_{sn}(r \cdot t_{n_1}, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{s1}, t_{s1}))$$

$$\Delta \sigma_{pd_i} := \alpha_p \cdot [\sigma_{bgo}[x, (d_{p_i})] + \sigma_{bp}[x, (d_{p_i})]] \cdot (\phi_n(r \cdot t_{n_1}, t_{o1}) - \phi_n(r \cdot t_{n_0}, t_{o1}))$$

$$\Delta \sigma_{pr_i} := d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p1}) - d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p0})$$

$$\Delta \sigma_{p_{i,1}} := \Delta \sigma_{ps_i} + \Delta \sigma_{pd_i} + \Delta \sigma_{pr_i} \quad \sigma_{p_{i,1}} := \sigma_{p_{i,0}} + \Delta \sigma_{p_{i,1}}$$

$$P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot e_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad P_{tm} = 2.786 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.957 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -1.57 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + \sigma_{bp}(x, h_n) = -10.561 \text{ MPa}$$

Predpinanie kablov $x = 2.533 \text{ m}$

$$P_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}}) \quad M_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} [e_{k_i} \cdot (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}})] \quad A_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 5.955 \\ \hline 5.955 \\ \hline 5.955 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad \sigma_{k_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1334.1 \\ \hline 1341.7 \\ \hline 1346.7 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bk}(x, z) := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ktm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$P_{ktm} = 2.396 \text{ MN} \quad M_{ktm} = -0.373 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.05 \cdot \sigma_{bk}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.1 \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -10.429 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + 1.05 \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) + 1.1 \cdot \sigma_{bk}(x, h_n) = -15.031 \text{ MPa} \quad < \quad 0.6 \cdot f_{ck1} = 33 \text{ MPa}$$

$$e_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.035 \\ \hline -0.155 \\ \hline -0.345 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

Stvrta separacia $x = 1.533 \text{ m}$

$$P_{tm} = 2.52 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.81 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$A_{p_i} =$$

9
6
3

cm^2

$$e_{p_i} =$$

0.554
0.504
-0.741

m

$$\sigma_{p_i,0} =$$

1400
1400
1400

MPa

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -0.954 \text{ MPa} \quad M_{g0}(x) = 0.141 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) = -10.493 \text{ MPa} \quad 0.65 \cdot f_{ckt} = 23.9 \text{ MPa}$$

STRATY V CASE

$$t_{n_0} = 5 \quad t_{n_1} = 30$$

$$\Delta \sigma_{ps_i} := E_p \cdot \left(\varepsilon_{sn}(r \cdot t_{n_1}, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{s1}, t_{s1}) \right)$$

$$\Delta \sigma_{pd_i} := \alpha_p \cdot \left[\sigma_{bgo} \left[x, \left(d_{p_i} \right) \right] + \sigma_{bp} \left[x, \left(d_{p_i} \right) \right] \right] \cdot \left(\phi_n(r \cdot t_{n_1}, t_{o1}) - \phi_n(r \cdot t_{n_0}, t_{o1}) \right)$$

$$\Delta \sigma_{pr_i} := d\sigma_{pr}(\sigma_{p_i,0}, t_{p1}) - d\sigma_{pr}(\sigma_{p_i,0}, t_{p0})$$

$$\Delta \sigma_{p_{i,1}} := \Delta \sigma_{ps_i} + \Delta \sigma_{pd_i} + \Delta \sigma_{pr_i} \quad \sigma_{p_{i,1}} := \sigma_{p_{i,0}} + \Delta \sigma_{p_{i,1}}$$

$$P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot e_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad P_{tm} = 2.397 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.761 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -1.038 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + \sigma_{bp}(x, h_n) = -9.37 \text{ MPa}$$

Predpinanie kablov

$$x = 1.533 \text{ m}$$

$$A_{k_i} =$$

5.955
5.955
5.955

cm^2

$$\sigma_{k_i,0} =$$

1331.5
1339.1
1344.1

MPa

$$P_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_i,0}) \quad M_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} [e_{k_i} \cdot (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_i,0})]$$

$$\sigma_{bk}(x, z) := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ktm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$P_{ktm} = 2.391 \text{ MN} \quad M_{ktm} = -0.666 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$e_{k_i} =$$

-0.088
-0.278
-0.468

m

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.05 \cdot \sigma_{bk}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.1 \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -12.295 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + 1.05 \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) + 1.1 \cdot \sigma_{bk}(x, h_n) = -11.837 \text{ MPa} \quad < \quad 0.6 \cdot f_{ck1} = 33 \text{ MPa}$$

4.3.2 Nosník dĺžky 25,5 m

Použité boli 4 separácie, na dĺžke 1 m a 3 m od vnútornej podpory a .

STADIUM predpinania $\gamma_{bn} := 25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ $g_0 := A_{cn} \cdot \gamma_{bn}$ $g_0 = 10.4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$

$$f_{ctm} := 4.2 \cdot \text{MPa} \quad f_{ctmt} := \beta_{cc}(t_{n0}) \cdot f_{ctm} \quad f_{ctkt} := 0.7 \cdot f_{ctm} \quad f_{ctdt} := \frac{f_{ctkt}}{1.5}$$

$$\alpha_1 := 1 \quad \alpha_2 := 0.19 \quad \eta_{p1} := 3.2 \quad \eta_1 := 1 \quad f_{bpt} := \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctdt} \quad f_{bpt} = 6.272 \text{ MPa}$$

$$\phi_p := 15.7 \cdot \text{mm} \quad \sigma_{pm0} := 1400 \cdot \text{MPa} \quad l_{pt} := \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \phi_p \cdot \frac{\sigma_{pm0}}{f_{bpt}} \quad l_{pt} = 0.666 \text{ m}$$

$$l_{pt1} := 0.8 \cdot l_{pt} \quad l_{pt2} := 1.2 \cdot l_{pt} \quad l_{pt1} = 0.533 \text{ m} \quad l_{pt2} = 0.799 \text{ m}$$

Kable v najučinnejšej polohe

$$\Delta a := 0.6 \cdot \text{m} \quad L_t := L_n - 2 \cdot \Delta a \quad L_t = 24.3 \text{ m} \quad x := 18.4 \cdot \text{m} + l_{pt1} \quad x = 18.933 \text{ m}$$

$$R_{g0} := 0.5 \cdot g_0 \cdot L_n \quad M_{g0}(x) := R_{g0} \cdot (x - \Delta a) - 0.5 \cdot g_0 \cdot x^2$$

Lana $\phi_{Ls} 15.7/1860 \text{ MPa}$ $n_p := 3$ $E_{pn} := 195000 \cdot \text{MPa}$ $A_{p1} := 1.5 \cdot \text{cm}^2$

$$d_{pc} := 50 \cdot \text{mm} \quad a_p := 60 \cdot \text{mm} \quad i := 1..n_p \quad \sigma_{pin_i} := \sigma_{pm0} \quad d_{p3} := 45 \cdot \text{mm}$$

$$A_{p1} := 6 \cdot A_{p1} \quad d_{p1} := h_n - a_p \quad A_{p2} := 4 \cdot A_{p1} \quad d_{p2} := d_{p1} - d_{pc} \quad A_{p3} := 2 \cdot A_{p1}$$

Kablove kanaliky $\phi_{duct} := 50 \cdot \text{mm}$ $A_{o1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{duct}^2$ $\eta := 1$ $n_k := 3$ $n_o := n_k$

$$A_{k1} := 4 \cdot A_{p1} \cdot \cos(\alpha_{v1}(x)) \quad A_{k2} := 4 \cdot A_{p1} \cdot \cos(\alpha_{v2}(x)) \quad A_{k3} := 4 \cdot A_{p1} \cdot \cos(\alpha_{v3}(x))$$

$$d_{k1} := d_{k1}(x) \quad d_{k2} := d_{k2}(x) \quad d_{k3} := d_{k3}(x) \quad \sigma_{k1,0} := \sigma_{p1}(x) \quad \sigma_{k2,0} := \sigma_{p2}(x) \quad \sigma_{k3,0} := \sigma_{p3}(x)$$

$$A_{oi} := A_{o1} \quad d_{oi} := d_{ki} \quad i := 1..n_k \quad \alpha_s := E_{bn}^{-1} \cdot E_s \quad \alpha_s = 5.263$$

$$\alpha_p := E_{bn}^{-1} \cdot E_p \quad \alpha_p = 5.132$$

$$A_{ni} := A_{cn} + (-1) \cdot \sum_{i=1}^{n_o} A_{oi} + (\alpha_p) \cdot \sum_{i=1}^{n_p} A_{pi} \quad S_{si} := (-1) \cdot \sum_{i=1}^{n_o} (A_{oi} \cdot d_{oi})$$

$$S_{pi} := (\alpha_p) \cdot \sum_{i=1}^{n_p} [A_{pi} \cdot (d_{pi})] \quad S_{ni} := A_{cn} \cdot t_{cn} + S_{si} + S_{pi} \quad t_{ni} := \frac{S_{ni}}{A_{ni}}$$

$$I_{si} := (-1) \cdot \sum_{i=1}^{n_o} [A_{oi} \cdot (d_{oi} - t_{ni})^2] \quad I_{pi} := (\alpha_p) \cdot \sum_{i=1}^{n_p} [A_{pi} \cdot (d_{pi} - t_{ni})^2]$$

$$I_c := I_{cn} + A_{cn} \cdot (t_{cn} - t_{ni})^2 \quad I_{ni} := I_c + I_{si} + I_{pi}$$

$$A_{ni} = 0.419 \text{ m}^2 \quad I_{ni} = 0.104 \text{ m}^4 \quad t_{ni} = 0.776 \text{ m} \quad i := 1..n_p \quad e_{pi} := d_{pi} - t_{ni}$$

$$i := 1..n_k \quad e_{ki} := d_{ki} - t_{ni}$$

$$i := 1..n_p \quad \sigma_{pi,0} := \sigma_{pin_i} - 0 \cdot \text{MPa} \quad \Delta \sigma_{pi,0} := d\sigma_{pr}(\sigma_{pin_i}, t_{p0})$$

$$r_{sup} := 1.05 \quad P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,0}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,0}} \cdot e_{p_i})$$

$$P_{tm} = 2.52 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.835 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad A_{p_i} = \quad e_{p_i} = \quad \sigma_{p_i} =$$

9
6
3

 cm^2

0.564
0.514
-0.731

 m

1400
1400
1400

 MPa

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad M_{g0}(x) = 0.567 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -3.99 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) = -8.175 \text{ MPa}$$

STRATY V CASE $t_{n_0} = 5 \quad t_{n_1} = 30$

$$\Delta \sigma_{ps_i} := E_p \cdot (\varepsilon_{sn}(r \cdot t_{n_1}, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{s1}, t_{s1}))$$

$$\Delta \sigma_{pd_i} := \alpha_p \cdot [\sigma_{bgo}[x, (d_{p_i})] + \sigma_{bp}[x, (d_{p_i})]] \cdot (\phi_n(r \cdot t_{n_1}, t_{o1}) - \phi_n(r \cdot t_{n_0}, t_{o1}))$$

$$\Delta \sigma_{pr_i} := d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p_1}) - d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p_0})$$

$$\Delta \sigma_{p_{i,1}} := \Delta \sigma_{ps_i} + \Delta \sigma_{pd_i} + \Delta \sigma_{pr_i} \quad \sigma_{p_{i,1}} := \sigma_{p_{i,0}} + \Delta \sigma_{p_{i,1}}$$

$$P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot e_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad P_{tm} = 2.405 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.793 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -4.042 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + \sigma_{bp}(x, h_n) = -7.096 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc}(t_{n_0}) = 0.711 \quad f_{ckt} := \beta_{cc}(t_{n_0}) \cdot f_{cm1} - 8 \cdot \text{MPa} \quad f_{ckt} = 36.8 \text{ MPa} \quad 0.65 \cdot f_{ckt} = 23.9 \text{ MPa}$$

Predpínanie kablov

$$x = 18.933 \text{ m}$$

$$A_{k_i} = \quad \sigma_{k_{i,0}} =$$

$$\text{cm}^2 \quad \text{MPa}$$

$$P_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}}) \quad M_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} [e_{k_i} \cdot (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}})]$$

$$\sigma_{bk}(x, z) := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ktm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad e_{k_i} =$$

$$\text{m}$$

$$P_{ktm} = 2.427 \text{ MN} \quad M_{ktm} = 1.065 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.05 \cdot \sigma_{bk}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.1 \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -1.723 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + 1.05 \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) + 1.1 \cdot \sigma_{bk}(x, h_n) = -21.04 \text{ MPa} \quad < \quad 0.6 \cdot f_{ck1} = 33 \text{ MPa}$$

$$r_{sup} := 1.05 \quad P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,0}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,0}} \cdot e_{p_i})$$

$$P_{tm} = 2.52 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.835 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad A_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 9 \\ \hline 6 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad e_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.564 \\ \hline 0.514 \\ \hline -0.731 \\ \hline \end{array} \text{ m} \quad \sigma_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad M_{g0}(x) = 0.567 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -3.99 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) = -8.175 \text{ MPa}$$

STRATY V CASE $t_{n0} = 5 \quad t_{n1} = 30$

$$\Delta \sigma_{ps_i} := E_p \cdot (\varepsilon_{sn}(r \cdot t_{n1}, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{s1}, t_{s1}))$$

$$\Delta \sigma_{pd_i} := \alpha_p \cdot [\sigma_{bgo}[x, (d_{p_i})] + \sigma_{bp}[x, (d_{p_i})]] \cdot (\phi_n(r \cdot t_{n1}, t_{o1}) - \phi_n(r \cdot t_{n0}, t_{o1}))$$

$$\Delta \sigma_{pr_i} := d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p1}) - d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p0})$$

$$\Delta \sigma_{p_{i,1}} := \Delta \sigma_{ps_i} + \Delta \sigma_{pd_i} + \Delta \sigma_{pr_i} \quad \sigma_{p_{i,1}} := \sigma_{p_{i,0}} + \Delta \sigma_{p_{i,1}}$$

$$P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot e_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad P_{tm} = 2.405 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.793 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -4.042 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + \sigma_{bp}(x, h_n) = -7.096 \text{ MPa}$$

$$\beta_{cc}(t_{n0}) = 0.711 \quad f_{ckt} := \beta_{cc}(t_{n0}) \cdot f_{cm1} - 8 \cdot \text{MPa} \quad f_{ckt} = 36.8 \text{ MPa} \quad 0.65 \cdot f_{ckt} = 23.9 \text{ MPa}$$

Predpínanie kablov

$$x = 18.933 \text{ m}$$

$$P_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}}) \quad M_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} [e_{k_i} \cdot (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}})]$$

$$A_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 6 \\ \hline 6 \\ \hline 6 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad \sigma_{k_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1348.2 \\ \hline 1348.2 \\ \hline 1348.2 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bk}(x, z) := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ktm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$P_{ktm} = 2.427 \text{ MN} \quad M_{ktm} = 1.065 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.05 \cdot \sigma_{bk}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.1 \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -1.723 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + 1.05 \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) + 1.1 \cdot \sigma_{bk}(x, h_n) = -21.04 \text{ MPa} \quad < \quad 0.6 \cdot f_{ck1} = 33 \text{ MPa}$$

$$e_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.539 \\ \hline 0.439 \\ \hline 0.339 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

Prva separacia $x = 23.467 \text{ m}$

$$P_{tm} = 2.52 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.822 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad A_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 9 \\ \hline 6 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad e_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.559 \\ \hline 0.509 \\ \hline -0.736 \\ \hline \end{array} \text{ m} \quad \sigma_{p_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -1.121 \text{ MPa} \quad M_{g0}(x) = 0.168 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) = -10.42 \text{ MPa} \quad 0.65 \cdot f_{ckt} = 23.9 \text{ MPa}$$

STRATY V CASE $t_{n_0} = 5 \quad t_{n_1} = 30$

$$\Delta \sigma_{ps_i} := E_p \cdot (\varepsilon_{sn}(r \cdot t_{n_1}, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{s1}, t_{s1}))$$

$$\Delta \sigma_{pd_i} := \alpha_p \cdot [\sigma_{bgo}[x, (d_{p_i})] + \sigma_{bp}[x, (d_{p_i})]] \cdot (\phi_n(r \cdot t_{n_1}, t_{o1}) - \phi_n(r \cdot t_{n_0}, t_{o1}))$$

$$\Delta \sigma_{pr_i} := d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p1}) - d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p0})$$

$$\Delta \sigma_{p_{i,1}} := \Delta \sigma_{ps_i} + \Delta \sigma_{pd_i} + \Delta \sigma_{pr_i} \quad \sigma_{p_{i,1}} := \sigma_{p_{i,0}} + \Delta \sigma_{p_{i,1}}$$

$$P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} (A_{p_i} \cdot e_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}}) \quad P_{tm} = 2.397 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.773 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -1.205 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + \sigma_{bp}(x, h_n) = -9.291 \text{ MPa}$$

Predpinanie kablov $x = 23.467 \text{ m}$

$$P_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}}) \quad M_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} [e_{k_i} \cdot (A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}})] \quad A_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 5.955 \\ \hline 5.955 \\ \hline 5.955 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad \sigma_{k_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1303.8 \\ \hline 1303.8 \\ \hline 1303.8 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bk}(x, z) := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ktm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$P_{ktm} = 2.329 \text{ MN} \quad M_{ktm} = 0.171 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.05 \cdot \sigma_{bk}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.1 \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -5.691 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + 1.05 \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) + 1.1 \cdot \sigma_{bk}(x, h_n) = -17.027 \text{ MPa} < 0.6 \cdot f_{ck1} = 33 \text{ MPa}$$

$$e_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.263 \\ \hline 0.073 \\ \hline -0.117 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

Druha separacia $x = 24.834 \text{ m}$

$$P_{tm} = 2.1 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.587 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad A_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 6 \\ \hline 6 \\ \hline 3 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad e_{p_i} = \begin{array}{|c|} \hline 0.558 \\ \hline 0.508 \\ \hline -0.737 \\ \hline \end{array} \text{ m} \quad \sigma_{p_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline 1400 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -0.7 \text{ MPa} \quad M_{g0}(x) = 0.006 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + r_{sup} \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) = -8.9 \text{ MPa} \quad 0.65 \cdot f_{ckt} = 23.9 \text{ MPa}$$

STRATY V CASE $t_{n0} = 5 \quad t_{n1} = 30$

$$\Delta \sigma_{ps_i} := E_p \cdot \left(\varepsilon_{sn}(r \cdot t_{n1}, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{s1}, t_{s1}) \right)$$

$$\Delta \sigma_{pd_i} := \alpha_p \cdot \left[\sigma_{bgo} \left[x, \left(d_{p_i} \right) \right] + \sigma_{bp} \left[x, \left(d_{p_i} \right) \right] \right] \cdot \left(\phi_n(r \cdot t_{n1}, t_{o1}) - \phi_n(r \cdot t_{n0}, t_{o1}) \right)$$

$$\Delta \sigma_{pr_i} := d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p1}) - d\sigma_{pr}(\sigma_{p_{i,0}}, t_{p0})$$

$$\Delta \sigma_{p_{i,1}} := \Delta \sigma_{ps_i} + \Delta \sigma_{pd_i} + \Delta \sigma_{pr_i} \quad \sigma_{p_{i,1}} := \sigma_{p_{i,0}} + \Delta \sigma_{p_{i,1}}$$

$$P_{tm} := \sum_{i=1}^{n_p} \left(A_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}} \right) \quad M_{ptm} := \sum_{i=1}^{n_p} \left(A_{p_i} \cdot e_{p_i} \cdot \sigma_{p_{i,1}} \right) \quad P_{tm} = 2.006 \text{ MN} \quad M_{ptm} = 0.553 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bp}(x, z) := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ptm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni}) \quad \sigma_{bgo}(x, z) := \frac{M_{g0}(x)}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -0.701 \text{ MPa} \quad \sigma_{bgo}(x, h_n) + \sigma_{bp}(x, h_n) = -8.045 \text{ MPa}$$

Predpinanie kablov $x = 24.834 \text{ m}$

$$P_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} \left(A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}} \right) \quad M_{ktm} := \sum_{i=1}^{n_k} \left[e_{k_i} \cdot \left(A_{k_i} \cdot \sigma_{k_{i,0}} \right) \right] \quad A_{k_i} = \begin{array}{|c|} \hline 5.955 \\ \hline 5.955 \\ \hline 5.955 \\ \hline \end{array} \text{ cm}^2 \quad \sigma_{k_{i,0}} = \begin{array}{|c|} \hline 1300.2 \\ \hline 1300.2 \\ \hline 1300.2 \\ \hline \end{array} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bk}(x, z) := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} + \frac{(-1) \cdot M_{ktm}}{I_{ni}} \cdot (z - t_{ni})$$

$$P_{ktm} = 2.323 \text{ MN} \quad M_{ktm} = -0.22 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{bgo}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.05 \cdot \sigma_{bk}(x, 0 \cdot \text{m}) + 1.1 \cdot \sigma_{bp}(x, 0 \cdot \text{m}) = -8.34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bgo}(x, h_n) + 1.05 \cdot \sigma_{bp}(x, h_n) + 1.1 \cdot \sigma_{bk}(x, h_n) = -13.127 \text{ MPa} \quad < \quad 0.6 \cdot f_{ck1} = 33 \text{ MPa}$$

4.4 Normálové napätia v štádiu užívania

Normálové napätia boli počítané v dolnom vlákne nosníka σ_a , v hornom vlákne nosníka σ_b , v dolnom vlákne dosky σ_c a v hornom vlákne dosky σ_d . Boli vypočítané v štádiu uvedenia mosta do prevádzky σ_{a0} a na konci životnosti mosta σ_{a00} . Napätia boli počítané pre obalové čiary pozitívnych momentov σ_{a0p} a negatívnych momentov σ_{a0n} . Nakoľko má predpätie priaznivý účinok, napätia boli vypočítané s $r_{inf} = 0,95$ (0,90). V nadpodperovej oblasti bola v doske uvažovaná trhlinka a do výpočtu napätí bola zahrnutá len betónárska výstuž prierečníka.

4.4.1 Nosník dĺžky 31,5 m

Napätia v betone - nosník 31,5 m - prvý nosník - 2.pole

Rozpätie $L_t = 31\text{ m}$ Prierez $x = 15.5\text{ m}$ $i := 1..n_p$ $j := 1..n_k$

vlastna tiaž nosníka: $M_{go}(x) = 1.249\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_o = 10.4\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

vlastna tiaž dosky: $M_{gd}(x) = 0.865\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_d = 7.2\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

zvrstok: $M_{g1} = 0.436\text{ MN}\cdot\text{m}$ Pokles $M_{\delta p} = 0.08\text{ MN}\cdot\text{m}$

TS $M_{TS p} = 0.652\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{TS n} = -0.222\text{ MN}\cdot\text{m}$ Dotvarovanie $M_{dot} = 0.7\text{ MN}\cdot\text{m}$

UDL $M_{udlp} = 0.456\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{udln} = -0.278\text{ MN}\cdot\text{m}$ Chodci $M_{footp} = 0.075\text{ MN}\cdot\text{m}$

Teplota $M_{Tp} = 0.588\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{Tn} = -0.448\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{footn} = -0.025\text{ MN}\cdot\text{m}$

LM3 $M_{LM3p} = 0.276\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{LM3n} = -0.27\text{ MN}\cdot\text{m}$

$A_{p_i} =$	$d_{p_i} =$	$A_{k_j} =$	$d_{k_j} =$												
<table><tr><td>12</td></tr><tr><td>12</td></tr><tr><td>3</td></tr></table> cm^2	12	12	3	<table><tr><td>1.34</td></tr><tr><td>1.29</td></tr><tr><td>0.045</td></tr></table> m	1.34	1.29	0.045	<table><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr></table> cm^2	6	6	6	<table><tr><td>1.315</td></tr><tr><td>1.215</td></tr><tr><td>1.115</td></tr></table> m	1.315	1.215	1.115
12															
12															
3															
1.34															
1.29															
0.045															
6															
6															
6															
1.315															
1.215															
1.115															

$t_{cn} = 0.775\text{ m}$ $A_{cn} = 0.416\text{ m}^2$ $I_{cn} = 0.102\text{ m}^4$ $h_n = 1.4\text{ m}$ $h_d = 0.2\text{ m}$ $b_d = 1.2\text{ m}$

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -5.384\text{ MPa}$ $\sigma_{bop} = -14.889\text{ MPa}$ $\sigma_{cop} = -3.485\text{ MPa}$ $\sigma_{dop} = -4.909\text{ MPa}$

$\sigma_{aoop} = -2.05\text{ MPa}$ $\sigma_{boop} = -15.122\text{ MPa}$ $\sigma_{coop} = -5.052\text{ MPa}$ $\sigma_{doop} = -6.78\text{ MPa}$

$\sigma_{aon} = -12.214\text{ MPa}$ $\sigma_{bon} = -11.338\text{ MPa}$ $\sigma_{con} = -0.23\text{ MPa}$ $\sigma_{don} = -0.294\text{ MPa}$

$\sigma_{aoon} = -8.88\text{ MPa}$ $\sigma_{boon} = -11.57\text{ MPa}$ $\sigma_{coon} = -1.797\text{ MPa}$ $\sigma_{doon} = -2.166\text{ MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = -2.991\text{ MPa}$ $\sigma_{bkop} = -16.133\text{ MPa}$ $\sigma_{ckop} = -4.626\text{ MPa}$ $\sigma_{dkop} = -6.526\text{ MPa}$

$\sigma_{akoop} = 0.343\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoop} = -16.366\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoop} = -6.193\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoop} = -8.398\text{ MPa}$

$\sigma_{akon} = -13.44\text{ MPa}$ $\sigma_{bkon} = -10.7\text{ MPa}$ $\sigma_{ckon} = 0.354\text{ MPa}$ $\sigma_{dkon} = 0.534\text{ MPa}$

$\sigma_{akoon} = -10.105\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoon} = -10.933\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoon} = -1.213\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoon} = -1.337\text{ MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpatia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$		$\Delta\sigma_{kc_i} =$							
<table><tr><td>-271.7</td></tr><tr><td>-270.3</td></tr><tr><td>-236.7</td></tr></table>	-271.7	-270.3	-236.7	MPa	<table><tr><td>-200</td></tr><tr><td>-198.3</td></tr><tr><td>-196.6</td></tr></table>	-200	-198.3	-196.6	MPa
-271.7									
-270.3									
-236.7									
-200									
-198.3									
-196.6									

Napätia v betone - nosník 31,5 m - tretí nosník - 2.pole

Rozpätie $L_t = 31\text{ m}$ Prierez $x = 15.5\text{ m}$ $i := 1..n_p$ $j := 1..n_k$

vlastná tiaž nosníka: $M_{go}(x) = 1.249\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_o = 10.4\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

vlastná tiaž dosky: $M_{gd}(x) = 1.045\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_d = 8.7\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

zvršok: $M_{gl} = 0.232\text{ MN}\cdot\text{m}$ Pokles $M_{\delta p} = 0.075\text{ MN}\cdot\text{m}$

TS $M_{TSp} = 1.089\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{TSn} = -0.222\text{ MN}\cdot\text{m}$ Dotvarovanie $M_{dot} = 0.7\text{ MN}\cdot\text{m}$

UDL $M_{udlp} = 0.571\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{udln} = -0.278\text{ MN}\cdot\text{m}$ Chodci $M_{footp} = 0.025\text{ MN}\cdot\text{m}$

Teplota $M_{Tp} = 0.63\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{Tn} = -0.48\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{footn} = -0.02\text{ MN}\cdot\text{m}$

LM3 $M_{LM3p} = 0.935\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{LM3n} = -0.13\text{ MN}\cdot\text{m}$

$A_{p_i} =$	$d_{p_i} =$	$A_{k_j} =$	$d_{k_j} =$												
<table><tr><td>12</td></tr><tr><td>12</td></tr><tr><td>3</td></tr></table> cm^2	12	12	3	<table><tr><td>1.34</td></tr><tr><td>1.29</td></tr><tr><td>0.045</td></tr></table> m	1.34	1.29	0.045	<table><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr></table> cm^2	6	6	6	<table><tr><td>1.315</td></tr><tr><td>1.215</td></tr><tr><td>1.115</td></tr></table> m	1.315	1.215	1.115
12															
12															
3															
1.34															
1.29															
0.045															
6															
6															
6															
1.315															
1.215															
1.115															

$t_{cn} = 0.775\text{ m}$ $A_{cn} = 0.416\text{ m}^2$ $I_{cn} = 0.102\text{ m}^4$ $h_n = 1.4\text{ m}$ $h_d = 0.2\text{ m}$ $b_d = 1.45\text{ m}$

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -3.974\text{ MPa}$ $\sigma_{bop} = -15.449\text{ MPa}$ $\sigma_{cop} = -3.471\text{ MPa}$ $\sigma_{dop} = -5.014\text{ MPa}$

$\sigma_{aoo} = -0.749\text{ MPa}$ $\sigma_{boo} = -15.365\text{ MPa}$ $\sigma_{coo} = -4.862\text{ MPa}$ $\sigma_{doo} = -6.683\text{ MPa}$

$\sigma_{aon} = -12.291\text{ MPa}$ $\sigma_{bon} = -11.63\text{ MPa}$ $\sigma_{con} = 0.03\text{ MPa}$ $\sigma_{don} = 0.076\text{ MPa}$

$\sigma_{aon} = -9.065\text{ MPa}$ $\sigma_{boon} = -11.546\text{ MPa}$ $\sigma_{coon} = -1.361\text{ MPa}$ $\sigma_{doon} = -1.593\text{ MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = -1.092\text{ MPa}$ $\sigma_{bkop} = -16.773\text{ MPa}$ $\sigma_{ckop} = -4.685\text{ MPa}$ $\sigma_{dkop} = -6.779\text{ MPa}$

$\sigma_{akoo} = 2.134\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoo} = -16.689\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoo} = -6.075\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoo} = -8.447\text{ MPa}$

$\sigma_{akon} = -13.481\text{ MPa}$ $\sigma_{bkon} = -11.083\text{ MPa}$ $\sigma_{ckon} = 0.531\text{ MPa}$ $\sigma_{dkon} = 0.804\text{ MPa}$

$\sigma_{akoon} = -10.256\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoon} = -10.999\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoon} = -0.86\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoon} = -0.864\text{ MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpatia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$		$\Delta\sigma_{kc_i} =$							
<table><tr><td>-272.9</td></tr><tr><td>-271.4</td></tr><tr><td>-234.6</td></tr></table>	-272.9	-271.4	-234.6	MPa	<table><tr><td>-201.1</td></tr><tr><td>-199.1</td></tr><tr><td>-197.2</td></tr></table>	-201.1	-199.1	-197.2	MPa
-272.9									
-271.4									
-234.6									
-201.1									
-199.1									
-197.2									

Napätia v betone - nosník 31,5 m - piaty nosník - 2.pole

Rozpätie $L_t = 31\text{ m}$ Prierez $x = 15.5\text{ m}$ $i := 1..n_p$ $j := 1..n_k$

vlastna tiaž nosníka: $M_{go}(x) = 1.249\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_o = 10.4\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

vlastna tiaž dosky: $M_{gd}(x) = 1.045\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_d = 8.7\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

zvrstok: $M_{gl} = 0.173\text{ MN}\cdot\text{m}$ Pokles $M_{\delta p} = 0.075\text{ MN}\cdot\text{m}$

TS $M_{TSp} = 0.98\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{TSn} = -0.2\text{ MN}\cdot\text{m}$ Dotvarovanie $M_{dot} = 0.7\text{ MN}\cdot\text{m}$

UDL $M_{udlp} = 0.514\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{udln} = -0.25\text{ MN}\cdot\text{m}$ Chodci $M_{footp} = 0.02\text{ MN}\cdot\text{m}$

Teplota $M_{Tp} = 0.63\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{Tn} = -0.48\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{footn} = -0.02\text{ MN}\cdot\text{m}$

LM3 $M_{LM3p} = 1.958\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{LM3n} = -0.13\text{ MN}\cdot\text{m}$

$A_{p_i} =$	$d_{p_i} =$	$A_{k_j} =$	$d_{k_j} =$												
<table><tr><td>12</td></tr><tr><td>12</td></tr><tr><td>3</td></tr></table> cm^2	12	12	3	<table><tr><td>1.34</td></tr><tr><td>1.29</td></tr><tr><td>0.045</td></tr></table>	1.34	1.29	0.045	<table><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr></table> cm^2	6	6	6	<table><tr><td>1.315</td></tr><tr><td>1.215</td></tr><tr><td>1.115</td></tr></table>	1.315	1.215	1.115
12															
12															
3															
1.34															
1.29															
0.045															
6															
6															
6															
1.315															
1.215															
1.115															

$t_{cn} = 0.775\text{ m}$ $A_{cn} = 0.416\text{ m}^2$ $I_{cn} = 0.102\text{ m}^4$ $h_n = 1.4\text{ m}$ $h_d = 0.2\text{ m}$ $b_d = 1.45\text{ m}$

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -4.664\text{ MPa}$ $\sigma_{bop} = -15.109\text{ MPa}$ $\sigma_{cop} = -3.183\text{ MPa}$ $\sigma_{dop} = -4.601\text{ MPa}$

$\sigma_{aoo} = -1.442\text{ MPa}$ $\sigma_{boo} = -15.014\text{ MPa}$ $\sigma_{coo} = -4.573\text{ MPa}$ $\sigma_{doo} = -6.27\text{ MPa}$

$\sigma_{aon} = -12.438\text{ MPa}$ $\sigma_{bon} = -11.539\text{ MPa}$ $\sigma_{con} = 0.089\text{ MPa}$ $\sigma_{don} = 0.157\text{ MPa}$

$\sigma_{aon} = -9.216\text{ MPa}$ $\sigma_{boon} = -11.444\text{ MPa}$ $\sigma_{coon} = -1.3\text{ MPa}$ $\sigma_{doon} = -1.512\text{ MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = -0.151\text{ MPa}$ $\sigma_{bkop} = -17.181\text{ MPa}$ $\sigma_{ckop} = -5.083\text{ MPa}$ $\sigma_{dkop} = -7.364\text{ MPa}$

$\sigma_{akoo} = 3.071\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoo} = -17.087\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoo} = -6.473\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoo} = -9.032\text{ MPa}$

$\sigma_{akon} = -13.537\text{ MPa}$ $\sigma_{bkon} = -11.034\text{ MPa}$ $\sigma_{ckon} = 0.552\text{ MPa}$ $\sigma_{dkon} = 0.83\text{ MPa}$

$\sigma_{akoon} = -10.316\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoon} = -10.939\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoon} = -0.837\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoon} = -0.839\text{ MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpatia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$		$\Delta\sigma_{kc_i} =$							
<table><tr><td>-274.4</td></tr><tr><td>-272.8</td></tr><tr><td>-233.6</td></tr></table>	-274.4	-272.8	-233.6	MPa	<table><tr><td>-202.6</td></tr><tr><td>-200.4</td></tr><tr><td>-198.3</td></tr></table>	-202.6	-200.4	-198.3	MPa
-274.4									
-272.8									
-233.6									
-202.6									
-200.4									
-198.3									

Napätia v betone - nosník 31,5 m - krajný nosník - 2.pole

Rozpätie	$L_t = 31\text{m}$	Prierez	$x = 0.45\text{m}$	$i := 1..n_p$	$j := 1..n_k$
vlastna tiaž nosníka:	$M_{go}(x) = 0.071\text{MN}\cdot\text{m}$	$g_o = 10.4\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$			
vlastna tiaž dosky:	$M_{gd}(x) = 0.047\text{MN}\cdot\text{m}$	$g_d = 6.9\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$			
zvrstok:	$M_{g1} = -0.8\text{MN}\cdot\text{m}$		Pokles	$M_{\delta p} = 0.201\text{MN}\cdot\text{m}$	
TS	$M_{TSp} = 0\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{TSn} = -0.321\text{MN}\cdot\text{m}$	Dotvarovanie	$M_{dot} = 0.3\text{MN}\cdot\text{m}$	
UDL	$M_{udlp} = 0\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{udln} = -0.437\text{MN}\cdot\text{m}$	Chodci	$M_{footp} = 0.02\text{MN}\cdot\text{m}$	
Teplota	$M_{Tp} = 0.658\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{Tn} = -0.502\text{MN}\cdot\text{m}$		$M_{footn} = -0.128\text{MN}\cdot\text{m}$	
LM3	$M_{LM3p} = 0.2\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{LM3n} = -0.563\text{MN}\cdot\text{m}$			

$A_{p_i} =$	$d_{p_i} =$	$A_{k_j} =$	$d_{k_j} =$	$A_{s_1} = 49.087\text{cm}^2$												
<table border="1"><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>3</td></tr></table> cm^2	6	6	3	<table border="1"><tr><td>1.34</td></tr><tr><td>1.29</td></tr><tr><td>0.04</td></tr></table> m	1.34	1.29	0.04	<table border="1"><tr><td>5.955</td></tr><tr><td>5.955</td></tr><tr><td>5.955</td></tr></table> cm^2	5.955	5.955	5.955	<table border="1"><tr><td>0.596</td></tr><tr><td>0.406</td></tr><tr><td>0.216</td></tr></table> m	0.596	0.406	0.216	$d_{sd_1} = 73.5\text{mm}$
6																
6																
3																
1.34																
1.29																
0.04																
5.955																
5.955																
5.955																
0.596																
0.406																
0.216																
$t_{cn} = 0.775\text{m}$	$A_{cn} = 0.416\text{m}^2$	$I_{cn} = 0.102\text{m}^4$	$h_n = 1.4\text{m}$	$h_d = 0.2\text{m}$												
$E_{bn} = 36000\text{MPa}$	$E_{bd} = 0\text{MPa}$	$0.655\text{MPa} = 33\text{MPa}$	$f_{ctm} := 3.8\text{MPa}$													

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -8.157\text{MPa}$	$\sigma_{bop} = -9.681\text{MPa}$	$\sigma_{cop} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dop} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{aoo} = -6.465\text{MPa}$	$\sigma_{boo} = -10.205\text{MPa}$	$\sigma_{coo} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{doo} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{aon} = -15.783\text{MPa}$	$\sigma_{bon} = -1.148\text{MPa}$	$\sigma_{con} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{don} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{aon} = -14.092\text{MPa}$	$\sigma_{boon} = -1.671\text{MPa}$	$\sigma_{coon} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{doon} = 0\text{MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = -7.688\text{MPa}$	$\sigma_{bkop} = -10.206\text{MPa}$	$\sigma_{ckop} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkop} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{akoo} = -5.997\text{MPa}$	$\sigma_{bkoo} = -10.729\text{MPa}$	$\sigma_{ckoo} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkoo} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{akon} = -18.623\text{MPa}$	$\sigma_{bkon} = 2.029\text{MPa}$	$\sigma_{ckon} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkon} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{akoon} = -16.932\text{MPa}$	$\sigma_{bkoon} = 1.506\text{MPa}$	$\sigma_{ckoon} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkoon} = 0\text{MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpätia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$		$\Delta\sigma_{kc_i} =$							
<table><tr><td>-244.8</td></tr><tr><td>-243.5</td></tr><tr><td>-210.2</td></tr></table>	-244.8	-243.5	-210.2	MPa	<table><tr><td>-177.6</td></tr><tr><td>-176.5</td></tr><tr><td>-175.4</td></tr></table>	-177.6	-176.5	-175.4	MPa
-244.8									
-243.5									
-210.2									
-177.6									
-176.5									
-175.4									

Beton - unava

$$f_{ck} := 55 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_C = 1.5$$

$$\sigma_{cmax} := \sigma_{aon} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmin} := \sigma_{aop} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmax} = 15.783 \text{ MPa} \quad \sigma_{cmin} = 8.157 \text{ MPa}$$

$$s := 0.25 \quad \beta_{cc}(t) := \exp \left[s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right] \quad t_0 := 365 \quad \beta_{cc}(t_0) = 1.198$$

$$f_{cdfat} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot \text{MPa}} \right) \quad f_{cdfat} = 29.126 \text{ MPa}$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.542 \quad < \quad 0.5 + 0.45 \cdot S_{cdmin} = 0.626$$

$$\sigma_{cmax} := \sigma_{aon} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmin} := \sigma_{aop} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmax} = 14.092 \text{ MPa} \quad \sigma_{cmin} = 6.465 \text{ MPa}$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.484 \quad < \quad 0.5 + 0.45 \cdot S_{cdmin} = 0.6$$

Napätia v betone - nosník 31,5 m - tretí nosník - 3.pole

Rozpätie $L_t = 31.1\text{ m}$ Prierez $x = 0.45\text{ m}$ $i := 1..n_p$ $j := 1..n_k$

vlastná tiaž nosníka: $M_{go}(x) = 0.072\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_o = 10.4\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

vlastná tiaž dosky: $M_{gd}(x) = 0.057\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_d = 8.338\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

zvršok: $M_{g1} = -0.356\text{ MN}\cdot\text{m}$ Pokles $M_{\delta p} = 0.235\text{ MN}\cdot\text{m}$

TS $M_{TSp} = 0\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{TSn} = -0.706\text{ MN}\cdot\text{m}$ Dotvarovanie $M_{dot} = 0.3\text{ MN}\cdot\text{m}$

UDL $M_{udlp} = 0\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{udln} = -0.83\text{ MN}\cdot\text{m}$ Chodci $M_{footp} = 0.016\text{ MN}\cdot\text{m}$

Teplota $M_{Tp} = 0.558\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{Tn} = -0.425\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{footn} = -0.03\text{ MN}\cdot\text{m}$

LM3 $M_{LM3p} = 0.2\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{LM3n} = -0.737\text{ MN}\cdot\text{m}$

$A_{p_i} =$ $d_{p_i} =$ $A_{k_j} =$ $d_{k_j} =$ $A_{s_1} = 57.02\text{ cm}^2$

3
6
3

 cm^2

1.34
1.29
0.04

 m

5.955
5.955
5.955

 cm^2

0.596
0.406
0.216

 m
 $d_{sd_1} = 67\text{ mm}$

$t_{cn} = 0.775\text{ m}$ $A_{cn} = 0.416\text{ m}^2$ $I_{cn} = 0.102\text{ m}^4$ $h_n = 1.4\text{ m}$ $h_d = 0.2\text{ m}$ $b_d = 1.45\text{ m}$

$E_{bn} = 36000\text{ MPa}$ $E_{bd} = 0\text{ MPa}$ $0.6 \cdot 55 \cdot \text{MPa} = 33\text{ MPa}$ $f_{ctm} := 3.8 \cdot \text{MPa}$

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -3.762\text{ MPa}$ $\sigma_{bop} = -12.101\text{ MPa}$ $\sigma_{cop} = 0\text{ MPa}$ $\sigma_{dop} = 0\text{ MPa}$

$\sigma_{aoo} = -2.365\text{ MPa}$ $\sigma_{boo} = -12.125\text{ MPa}$ $\sigma_{coo} = 0\text{ MPa}$ $\sigma_{doo} = 0\text{ MPa}$

$\sigma_{aon} = -13.56\text{ MPa}$ $\sigma_{bon} = -1.647\text{ MPa}$ $\sigma_{con} = 0\text{ MPa}$ $\sigma_{don} = 0\text{ MPa}$

$\sigma_{aoon} = -12.163\text{ MPa}$ $\sigma_{boon} = -1.671\text{ MPa}$ $\sigma_{coon} = 0\text{ MPa}$ $\sigma_{doon} = 0\text{ MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = -3.376\text{ MPa}$ $\sigma_{bkop} = -12.512\text{ MPa}$ $\sigma_{ckop} = 0\text{ MPa}$ $\sigma_{dkop} = 0\text{ MPa}$

$\sigma_{akoo} = -1.979\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoo} = -12.537\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoo} = 0\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoo} = 0\text{ MPa}$

$\sigma_{akon} = -17.576\text{ MPa}$ $\sigma_{bkon} = 2.638\text{ MPa}$ $\sigma_{ckon} = 0\text{ MPa}$ $\sigma_{dkon} = 0\text{ MPa}$

$\sigma_{akoon} = -16.178\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoon} = 2.613\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoon} = 0\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoon} = 0\text{ MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpätia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$ $\Delta\sigma_{kc_i} =$

-210
-210.5
-222

 MPa

-172.8
-176.6
-180.3

 MPa

Beton - unava $f_{ck} := 55 \text{ MPa}$ $\gamma_C = 1.5$

$$\sigma_{cmax} := \sigma_{aon} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmin} := \sigma_{aop} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmax} = 13.56 \text{ MPa} \quad \sigma_{cmin} = 3.762 \text{ MPa}$$

$$s := 0.25 \quad \beta_{cc}(t) := \exp \left[s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right] \quad t_0 := 365 \quad \beta_{cc}(t_0) = 1.198$$

$$f_{cdfat} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) \quad f_{cdfat} = 29.126 \text{ MPa}$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.466 < 0.5 + 0.45 S_{cdmin} = 0.558$$

$$\sigma_{cmax} := \sigma_{aon} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmin} := \sigma_{aop} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmax} = 12.163 \text{ MPa} \quad \sigma_{cmin} = 2.365 \text{ MPa}$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.418 < 0.5 + 0.45 S_{cdmin} = 0.537$$

Napätia v betone - nosník 31,5 m - piaty nosník - 3.pole

Rozpätie $L_t = 31.1\text{m}$ Prierez $x = 0.45\text{m}$ $i := 1..n_p$ $j := 1..n_k$

vlastna tiaž nosníka: $M_{go}(x) = 0.072\text{MN}\cdot\text{m}$ $g_o = 10.4\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$

vlastna tiaž dosky: $M_{gd}(x) = 0.057\text{MN}\cdot\text{m}$ $g_d = 8.338\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$

zvrstok: $M_{gl} = -0.291\text{MN}\cdot\text{m}$ Pokles $M_{\delta p} = 0.235\text{MN}\cdot\text{m}$

TS $M_{TS p} = 0.02\text{MN}\cdot\text{m}$ $M_{TS n} = -0.637\text{MN}\cdot\text{m}$ Dotvarovanie $M_{dot} = 0.3\text{MN}\cdot\text{m}$

UDL $M_{udlp} = 0.02\text{MN}\cdot\text{m}$ $M_{udln} = -0.743\text{MN}\cdot\text{m}$ Chodci $M_{footp} = 0.015\text{MN}\cdot\text{m}$

Teplota $M_{Tp} = 0.558\text{MN}\cdot\text{m}$ $M_{Tn} = -0.425\text{MN}\cdot\text{m}$ $M_{footn} = -0.03\text{MN}\cdot\text{m}$

LM3 $M_{LM3p} = 0.2\text{MN}\cdot\text{m}$ $M_{LM3n} = -2.156\text{MN}\cdot\text{m}$

$A_{p_i} =$ $d_{p_i} =$ $A_{k_j} =$ $d_{k_j} =$ $A_{s_1} = 58.905\text{cm}^2$

6
6
3

 cm^2

1.34
1.29
0.04

 m

5.955
5.955
5.955

 cm^2

0.596
0.406
0.216

 m
 $d_{sd_1} = 73.5\text{mm}$

$t_{cn} = 0.775\text{m}$ $A_{cn} = 0.416\text{m}^2$ $I_{cn} = 0.102\text{m}^4$ $h_n = 1.4\text{m}$ $h_d = 0.2\text{m}$ $b_d = 1.45\text{m}$

$E_{bn} = 36000\text{MPa}$ $E_{bd} = 0\text{MPa}$ $0.655\text{MPa} = 33\text{MPa}$ $f_{ctm} = 3.8\text{MPa}$

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -5.447\text{MPa}$ $\sigma_{bop} = -12.268\text{MPa}$ $\sigma_{cop} = 0\text{MPa}$ $\sigma_{dop} = 0\text{MPa}$

$\sigma_{aoop} = -3.881\text{MPa}$ $\sigma_{boop} = -12.447\text{MPa}$ $\sigma_{coop} = 0\text{MPa}$ $\sigma_{doop} = 0\text{MPa}$

$\sigma_{aon} = -14.914\text{MPa}$ $\sigma_{bon} = -1.937\text{MPa}$ $\sigma_{con} = 0\text{MPa}$ $\sigma_{don} = 0\text{MPa}$

$\sigma_{aoon} = -13.347\text{MPa}$ $\sigma_{boon} = -2.116\text{MPa}$ $\sigma_{coon} = 0\text{MPa}$ $\sigma_{doon} = 0\text{MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = -4.975\text{MPa}$ $\sigma_{bkop} = -12.784\text{MPa}$ $\sigma_{ckop} = 0\text{MPa}$ $\sigma_{dkop} = 0\text{MPa}$

$\sigma_{akoop} = -3.408\text{MPa}$ $\sigma_{bkoop} = -12.963\text{MPa}$ $\sigma_{ckoop} = 0\text{MPa}$ $\sigma_{dkoop} = 0\text{MPa}$

$\sigma_{akon} = -22.736\text{MPa}$ $\sigma_{bkon} = 6.6\text{MPa}$ $\sigma_{ckon} = 0\text{MPa}$ $\sigma_{dkon} = 0\text{MPa}$

$\sigma_{akoon} = -21.17\text{MPa}$ $\sigma_{bkoon} = 6.421\text{MPa}$ $\sigma_{ckoon} = 0\text{MPa}$ $\sigma_{dkoon} = 0\text{MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpätia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$ $\Delta\sigma_{kc_i} =$

-231.3
-230.9
-220.8

 MPa

-177.9
-180.3
-182.7

 MPa

4.4.2 Nosník dĺžky 25,5 m

Napatia v betone - nosník 25,5 m - prvý nosník - 1.pole

Rozpatie $L_t = 25\text{ m}$ Prierez $x = 14\text{ m}$ $i := 1..n_p$ $j := 1..n_k$

vlastna tiaž nosníka: $M_{go}(x) = 0.801\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_o = 10.4\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

vlastna tiaž dosky: $M_{gd}(x) = 0.554\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_d = 7.2\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

zvrstok: $M_{g1} = 0.392\text{ MN}\cdot\text{m}$ Pokles $M_{\delta p} = 0.101\text{ MN}\cdot\text{m}$

TS $M_{TSp} = 0.587\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{TSn} = -0.178\text{ MN}\cdot\text{m}$ Dotvarovanie $M_{dot} = 0.304\text{ MN}\cdot\text{m}$

UDL $M_{udlp} = 0.372\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{udln} = -0.167\text{ MN}\cdot\text{m}$ Chodci $M_{footp} = 0.065\text{ MN}\cdot\text{m}$

Teplota $M_{Tp} = 0.299\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{Tn} = -0.228\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{footn} = -0.013\text{ MN}\cdot\text{m}$

LM3 $M_{LM3p} = 0.4\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{LM3n} = -0.34\text{ MN}\cdot\text{m}$

$A_{p_i} =$	$d_{p_i} =$	$A_{k_j} =$	$d_{k_j} =$												
<table><tr><td>9</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>3</td></tr></table> cm^2	9	6	3	<table><tr><td>1.34</td></tr><tr><td>1.29</td></tr><tr><td>0.045</td></tr></table> m	1.34	1.29	0.045	<table><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr></table> cm^2	6	6	6	<table><tr><td>1.315</td></tr><tr><td>1.215</td></tr><tr><td>1.115</td></tr></table> m	1.315	1.215	1.115
9															
6															
3															
1.34															
1.29															
0.045															
6															
6															
6															
1.315															
1.215															
1.115															

$t_{cn} = 0.775\text{ m}$ $A_{cn} = 0.416\text{ m}^2$ $I_{cn} = 0.102\text{ m}^4$ $h_n = 1.4\text{ m}$ $h_d = 0.2\text{ m}$ $b_d = 1.2\text{ m}$

Casta kombinacia

$\sigma_{aop} = -5.665\text{ MPa}$ $\sigma_{bop} = -11.215\text{ MPa}$ $\sigma_{cop} = -2.323\text{ MPa}$ $\sigma_{dop} = -3.426\text{ MPa}$
 $\sigma_{aoop} = -3.903\text{ MPa}$ $\sigma_{boop} = -11.093\text{ MPa}$ $\sigma_{coop} = -3.079\text{ MPa}$ $\sigma_{doop} = -4.215\text{ MPa}$
 $\sigma_{aon} = -11.071\text{ MPa}$ $\sigma_{bon} = -8.412\text{ MPa}$ $\sigma_{con} = 0.176\text{ MPa}$ $\sigma_{don} = 0.12\text{ MPa}$
 $\sigma_{aoon} = -9.309\text{ MPa}$ $\sigma_{boon} = -8.29\text{ MPa}$ $\sigma_{coon} = -0.579\text{ MPa}$ $\sigma_{doon} = -0.669\text{ MPa}$

Charakteristicka kombinacia

$\sigma_{akop} = -3.662\text{ MPa}$ $\sigma_{bkop} = -12.253\text{ MPa}$ $\sigma_{ckop} = -3.249\text{ MPa}$ $\sigma_{dkop} = -4.739\text{ MPa}$
 $\sigma_{akoop} = -1.9\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoop} = -12.131\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoop} = -4.005\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoop} = -5.529\text{ MPa}$
 $\sigma_{akon} = -11.848\text{ MPa}$ $\sigma_{bkon} = -8.009\text{ MPa}$ $\sigma_{ckon} = 0.535\text{ MPa}$ $\sigma_{dkon} = 0.629\text{ MPa}$
 $\sigma_{akoon} = -10.086\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoon} = -7.888\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoon} = -0.22\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoon} = -0.16\text{ MPa}$

o - uvedenie mosta do prevadzky

oo - koniec zivotnosti 100 rokov

Straty predpatia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$		$\Delta\sigma_{kc_i} =$							
<table><tr><td>-246.6</td></tr><tr><td>-245.4</td></tr><tr><td>-214.9</td></tr></table>	-246.6	-245.4	-214.9	MPa	<table><tr><td>-193.7</td></tr><tr><td>-191.4</td></tr><tr><td>-189.1</td></tr></table>	-193.7	-191.4	-189.1	MPa
-246.6									
-245.4									
-214.9									
-193.7									
-191.4									
-189.1									

Napätia v betone - nosník 25,5 m - tretí nosník - 1.pole

Rozpatie	$L_t = 25\text{m}$	Prierez	$x = 14\text{m}$	$i := 1..n_p$	$j := 1..n_k$
vlastná tiaž nosníka:	$M_{go}(x) = 0.801\text{MN}\cdot\text{m}$	$g_o = 10.4\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$			
vlastná tiaž dosky:	$M_{gd}(x) = 0.67\text{MN}\cdot\text{m}$	$g_d = 8.7\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$			
zvrstok:	$M_{g1} = 0.255\text{MN}\cdot\text{m}$		Pokles	$M_{\delta p} = 0.101\text{MN}\cdot\text{m}$	
TS	$M_{TSp} = 1.028\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{TSn} = -0.178\text{MN}\cdot\text{m}$	Dotvarovanie	$M_{dot} = 0.304\text{MN}\cdot\text{m}$	
UDL	$M_{udlp} = 0.508\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{udln} = -0.167\text{MN}\cdot\text{m}$	Chodci	$M_{footp} = 0.025\text{MN}\cdot\text{m}$	
Teplota	$M_{Tp} = 0.299\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{Tn} = -0.228\text{MN}\cdot\text{m}$		$M_{footn} = -0.013\text{MN}\cdot\text{m}$	
LM3	$M_{LM3p} = 0.93\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{LM3n} = -0.34\text{MN}\cdot\text{m}$			

$A_{p_i} =$	$d_{p_i} =$	$A_{k_j} =$	$d_{k_j} =$												
<table><tr><td>9</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>3</td></tr></table> cm^2	9	6	3	<table><tr><td>1.34</td></tr><tr><td>1.29</td></tr><tr><td>0.045</td></tr></table> m	1.34	1.29	0.045	<table><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr></table> cm^2	6	6	6	<table><tr><td>1.315</td></tr><tr><td>1.215</td></tr><tr><td>1.115</td></tr></table> m	1.315	1.215	1.115
9															
6															
3															
1.34															
1.29															
0.045															
6															
6															
6															
1.315															
1.215															
1.115															

$$t_{cn} = 0.775\text{m} \quad A_{cn} = 0.416\text{m}^2 \quad I_{cn} = 0.102\text{m}^4 \quad h_n = 1.4\text{m} \quad h_d = 0.2\text{m} \quad b_d = 1.45\text{m}$$

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -4.181\text{MPa}$	$\sigma_{bop} = -11.825\text{MPa}$	$\sigma_{cop} = -2.518\text{MPa}$	$\sigma_{dop} = -3.796\text{MPa}$
$\sigma_{aoo} = -2.467\text{MPa}$	$\sigma_{boo} = -11.558\text{MPa}$	$\sigma_{coo} = -3.194\text{MPa}$	$\sigma_{doo} = -4.495\text{MPa}$
$\sigma_{aon} = -11.083\text{MPa}$	$\sigma_{bon} = -8.66\text{MPa}$	$\sigma_{con} = 0.304\text{MPa}$	$\sigma_{don} = 0.309\text{MPa}$
$\sigma_{aon} = -9.369\text{MPa}$	$\sigma_{boon} = -8.393\text{MPa}$	$\sigma_{coon} = -0.372\text{MPa}$	$\sigma_{doon} = -0.391\text{MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = -1.586\text{MPa}$	$\sigma_{bkop} = -13.014\text{MPa}$	$\sigma_{ckop} = -3.579\text{MPa}$	$\sigma_{dkop} = -5.339\text{MPa}$
$\sigma_{akoo} = 0.128\text{MPa}$	$\sigma_{bkoo} = -12.747\text{MPa}$	$\sigma_{ckoo} = -4.255\text{MPa}$	$\sigma_{dkoo} = -6.039\text{MPa}$
$\sigma_{akon} = -11.842\text{MPa}$	$\sigma_{bkon} = -8.313\text{MPa}$	$\sigma_{ckon} = 0.614\text{MPa}$	$\sigma_{dkon} = 0.76\text{MPa}$
$\sigma_{akoon} = -10.127\text{MPa}$	$\sigma_{bkoon} = -8.046\text{MPa}$	$\sigma_{ckoon} = -0.062\text{MPa}$	$\sigma_{dkoon} = 0.061\text{MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpatia

$$i := 1..n_k \quad j := 1..n_p$$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$		$\Delta\sigma_{kc_i} =$							
<table><tr><td>-247.2</td></tr><tr><td>-245.9</td></tr><tr><td>-214.1</td></tr></table>	-247.2	-245.9	-214.1	MPa	<table><tr><td>-194.2</td></tr><tr><td>-191.8</td></tr><tr><td>-189.4</td></tr></table>	-194.2	-191.8	-189.4	MPa
-247.2									
-245.9									
-214.1									
-194.2									
-191.8									
-189.4									

Napätia v betone - nosník 25,5 m - piaty nosník - 1.pole

Rozpätie $L_t = 25\text{ m}$ Prierez $x = 14\text{ m}$ $i := 1..n_p$ $j := 1..n_k$

vlastna tiaž nosníka: $M_{go}(x) = 0.801\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_o = 10.4\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

vlastna tiaž dosky: $M_{gd}(x) = 0.67\text{ MN}\cdot\text{m}$ $g_d = 8.7\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

zvrstok: $M_{g1} = 0.24\text{ MN}\cdot\text{m}$ Pokles $M_{\delta p} = 0.101\text{ MN}\cdot\text{m}$

TS $M_{TSp} = 0.925\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{TSn} = -0.16\text{ MN}\cdot\text{m}$ Dotvarovanie $M_{dot} = 0.304\text{ MN}\cdot\text{m}$

UDL $M_{udlp} = 0.457\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{udln} = -0.15\text{ MN}\cdot\text{m}$ Chodci $M_{footp} = 0.025\text{ MN}\cdot\text{m}$

Teplota $M_{Tp} = 0.299\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{Tn} = -0.228\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{footn} = -0.013\text{ MN}\cdot\text{m}$

LM3 $M_{LM3p} = 1.958\text{ MN}\cdot\text{m}$ $M_{LM3n} = -0.34\text{ MN}\cdot\text{m}$

$A_{p_i} =$	$d_{p_i} =$	$A_{k_j} =$	$d_{k_j} =$												
<table><tr><td>9</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>3</td></tr></table> cm^2	9	6	3	<table><tr><td>1.34</td></tr><tr><td>1.29</td></tr><tr><td>0.045</td></tr></table> m	1.34	1.29	0.045	<table><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr></table> cm^2	6	6	6	<table><tr><td>1.315</td></tr><tr><td>1.215</td></tr><tr><td>1.115</td></tr></table> m	1.315	1.215	1.115
9															
6															
3															
1.34															
1.29															
0.045															
6															
6															
6															
1.315															
1.215															
1.115															

$t_{cn} = 0.775\text{ m}$ $A_{cn} = 0.416\text{ m}^2$ $I_{cn} = 0.102\text{ m}^4$ $h_n = 1.4\text{ m}$ $h_d = 0.2\text{ m}$ $b_d = 1.45\text{ m}$

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -4.667\text{ MPa}$ $\sigma_{bop} = -11.474\text{ MPa}$ $\sigma_{cop} = -2.358\text{ MPa}$ $\sigma_{dop} = -3.565\text{ MPa}$

$\sigma_{aoo} = -2.959\text{ MPa}$ $\sigma_{boo} = -11.181\text{ MPa}$ $\sigma_{coo} = -3.038\text{ MPa}$ $\sigma_{doo} = -4.269\text{ MPa}$

$\sigma_{aon} = -11.047\text{ MPa}$ $\sigma_{bon} = -8.601\text{ MPa}$ $\sigma_{con} = 0.274\text{ MPa}$ $\sigma_{don} = 0.279\text{ MPa}$

$\sigma_{aon} = -9.339\text{ MPa}$ $\sigma_{boon} = -8.309\text{ MPa}$ $\sigma_{coon} = -0.405\text{ MPa}$ $\sigma_{doon} = -0.424\text{ MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = 0.095\text{ MPa}$ $\sigma_{bkop} = -13.618\text{ MPa}$ $\sigma_{ckop} = -4.324\text{ MPa}$ $\sigma_{dkop} = -6.435\text{ MPa}$

$\sigma_{akoo} = 1.803\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoo} = -13.325\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoo} = -5.003\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoo} = -7.139\text{ MPa}$

$\sigma_{akon} = -11.868\text{ MPa}$ $\sigma_{bkon} = -8.232\text{ MPa}$ $\sigma_{ckon} = 0.613\text{ MPa}$ $\sigma_{dkon} = 0.774\text{ MPa}$

$\sigma_{akoon} = -10.16\text{ MPa}$ $\sigma_{bkoon} = -7.94\text{ MPa}$ $\sigma_{ckoon} = -0.067\text{ MPa}$ $\sigma_{dkoon} = 0.07\text{ MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpatia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$		$\Delta\sigma_{kc_i} =$							
<table><tr><td>-250.4</td></tr><tr><td>-249</td></tr><tr><td>-215.1</td></tr></table>	-250.4	-249	-215.1	MPa	<table><tr><td>-196.7</td></tr><tr><td>-194.1</td></tr><tr><td>-191.6</td></tr></table>	-196.7	-194.1	-191.6	MPa
-250.4									
-249									
-215.1									
-196.7									
-194.1									
-191.6									

Napätia v betone - nosník 25,5 m - krajný nosník - 1.pole

Rozpatie	$L_t = 25\text{m}$	Prierez	$x = 0.45\text{m}$	$i := 1..n_p$	$j := 1..n_k$
vlastna tiaž nosníka:	$M_{go}(x) = 0.057\text{MN}\cdot\text{m}$	$g_o = 10.4\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$			
vlastna tiaž dosky:	$M_{gd}(x) = 0.038\text{MN}\cdot\text{m}$	$g_d = 6.9\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$			
zvrsok:	$M_{g1} = -0.694\text{MN}\cdot\text{m}$		Pokles	$M_{\delta p} = 0.223\text{MN}\cdot\text{m}$	
TS	$M_{TSp} = 0.234\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{TSn} = -0.368\text{MN}\cdot\text{m}$	Dotvarovanie	$M_{dot} = 0.298\text{MN}\cdot\text{m}$	
UDL	$M_{udlp} = 0.12\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{udln} = -0.419\text{MN}\cdot\text{m}$	Chodci	$M_{footp} = 0.02\text{MN}\cdot\text{m}$	
Teplota	$M_{Tp} = 0.659\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{Tn} = -0.502\text{MN}\cdot\text{m}$		$M_{footn} = -0.105\text{MN}\cdot\text{m}$	
LM3	$M_{LM3p} = 0.389\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{LM3n} = -0.698\text{MN}\cdot\text{m}$			

$A_{p_i} =$	$d_{p_i} =$	$A_{k_j} =$	$d_{k_j} =$	$A_{s_1} = 45.616\text{cm}^2$												
<table><tr><td>3</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>3</td></tr></table> cm^2	3	6	3	<table><tr><td>1.34</td></tr><tr><td>1.29</td></tr><tr><td>0.04</td></tr></table> m	1.34	1.29	0.04	<table><tr><td>5.955</td></tr><tr><td>5.955</td></tr><tr><td>5.955</td></tr></table> cm^2	5.955	5.955	5.955	<table><tr><td>0.596</td></tr><tr><td>0.406</td></tr><tr><td>0.216</td></tr></table> m	0.596	0.406	0.216	$d_{sd_1} = 72\text{mm}$
3																
6																
3																
1.34																
1.29																
0.04																
5.955																
5.955																
5.955																
0.596																
0.406																
0.216																
$t_{cn} = 0.775\text{m}$	$A_{cn} = 0.416\text{m}^2$	$I_{cn} = 0.102\text{m}^4$	$h_n = 1.4\text{m}$	$h_d = 0.2\text{m}$												
$E_{bn} = 36000\text{MPa}$	$E_{bd} = 0\text{MPa}$	$0.6 \cdot 55 \cdot \text{MPa} = 33\text{MPa}$	$f_{ctm} = 3.8\text{MPa}$													

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -4.55\text{MPa}$	$\sigma_{bop} = -12.086\text{MPa}$	$\sigma_{cop} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dop} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{aoo} = -3.039\text{MPa}$	$\sigma_{boo} = -12.444\text{MPa}$	$\sigma_{coo} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{doo} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{aon} = -13.835\text{MPa}$	$\sigma_{bon} = -1.841\text{MPa}$	$\sigma_{con} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{don} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{aon} = -12.324\text{MPa}$	$\sigma_{boon} = -2.199\text{MPa}$	$\sigma_{coon} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{doon} = 0\text{MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = -3.363\text{MPa}$	$\sigma_{bkop} = -13.395\text{MPa}$	$\sigma_{ckop} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkop} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{akoo} = -1.852\text{MPa}$	$\sigma_{bkoo} = -13.753\text{MPa}$	$\sigma_{ckoo} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkoo} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{akon} = -16.567\text{MPa}$	$\sigma_{bkon} = 1.174\text{MPa}$	$\sigma_{ckon} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkon} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{akoon} = -15.056\text{MPa}$	$\sigma_{bkoon} = 0.815\text{MPa}$	$\sigma_{ckoon} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkoon} = 0\text{MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpatia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$		$\Delta\sigma_{kc_i} =$							
<table><tr><td>-223.6</td></tr><tr><td>-223.4</td></tr><tr><td>-216.2</td></tr></table>	-223.6	-223.4	-216.2	MPa	<table><tr><td>-174.5</td></tr><tr><td>-175.7</td></tr><tr><td>-176.9</td></tr></table>	-174.5	-175.7	-176.9	MPa
-223.6									
-223.4									
-216.2									
-174.5									
-175.7									
-176.9									

Beton - unava

$$f_{ck} := 55 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_C = 1.5$$

$$\sigma_{cmax} := \sigma_{aon} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmin} := \sigma_{aop} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmax} = 13.835 \text{ MPa} \quad \sigma_{cmin} = 4.55 \text{ MPa}$$

$$s := 0.25 \quad \beta_{cc}(t) := \exp \left[s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right] \quad t_0 := 365 \quad \beta_{cc}(t_0) = 1.198$$

$$f_{cdfat} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot \text{MPa}} \right) \quad f_{cdfat} = 29.126 \text{ MPa}$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.475 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{cdmin} = 0.57$$

$$\sigma_{cmax} := \sigma_{aon} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmin} := \sigma_{aop} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmax} = 12.324 \text{ MPa} \quad \sigma_{cmin} = 3.039 \text{ MPa}$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.423 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{cdmin} = 0.547$$

Napätia v betone - nosník 25,5 m - tretí nosník - 1.pole

Rozpatie	$L_t = 25\text{m}$	Prierez	$x = 0.45\text{m}$	$i := 1..n_p$	$j := 1..n_k$
vlastná tiaž nosníka:	$M_{go}(x) = 0.057\text{MN}\cdot\text{m}$	$g_o = 10.4\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$			
vlastná tiaž dosky:	$M_{gd}(x) = 0.046\text{MN}\cdot\text{m}$	$g_d = 8.338\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$			
zvrsok:	$M_{g1} = -0.375\text{MN}\cdot\text{m}$		Pokles	$M_{\delta p} = 0.223\text{MN}\cdot\text{m}$	
TS	$M_{TSp} = 0.111\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{TSn} = -0.608\text{MN}\cdot\text{m}$	Dotvarovanie	$M_{dot} = 0.298\text{MN}\cdot\text{m}$	
UDL	$M_{udlp} = 0.094\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{udln} = -0.726\text{MN}\cdot\text{m}$	Chodci	$M_{footp} = 0.02\text{MN}\cdot\text{m}$	
Teplota	$M_{Tp} = 0.659\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{Tn} = -0.502\text{MN}\cdot\text{m}$		$M_{footn} = -0.03\text{MN}\cdot\text{m}$	
LM3	$M_{LM3p} = 0.218\text{MN}\cdot\text{m}$	$M_{LM3n} = -0.764\text{MN}\cdot\text{m}$			

$A_{p_i} =$	$d_{p_i} =$	$A_{k_j} =$	$d_{k_j} =$	$A_{s_1} = 57.02\text{cm}^2$												
<table border="1"><tr><td>3</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>3</td></tr></table> cm^2	3	6	3	<table border="1"><tr><td>1.34</td></tr><tr><td>1.29</td></tr><tr><td>0.04</td></tr></table> m	1.34	1.29	0.04	<table border="1"><tr><td>5.955</td></tr><tr><td>5.955</td></tr><tr><td>5.955</td></tr></table> cm^2	5.955	5.955	5.955	<table border="1"><tr><td>0.596</td></tr><tr><td>0.406</td></tr><tr><td>0.216</td></tr></table> m	0.596	0.406	0.216	$d_{sd_1} = 72\text{mm}$
3																
6																
3																
1.34																
1.29																
0.04																
5.955																
5.955																
5.955																
0.596																
0.406																
0.216																
$t_{cn} = 0.775\text{m}$	$A_{cn} = 0.416\text{m}^2$	$I_{cn} = 0.102\text{m}^4$	$h_n = 1.4\text{m}$	$h_d = 0.2\text{m}$												
$E_{bn} = 36000\text{MPa}$	$E_{bd} = 0\text{MPa}$	$0.6 \cdot 55 \cdot \text{MPa} = 33\text{MPa}$	$f_{ctm} := 3.8 \cdot \text{MPa}$													

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -3.479\text{MPa}$	$\sigma_{bop} = -12.84\text{MPa}$	$\sigma_{cop} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dop} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{aoo} = -2.08\text{MPa}$	$\sigma_{boo} = -12.873\text{MPa}$	$\sigma_{coo} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{doo} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{aon} = -13.676\text{MPa}$	$\sigma_{bon} = -1.952\text{MPa}$	$\sigma_{con} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{don} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{aon} = -12.277\text{MPa}$	$\sigma_{boon} = -1.985\text{MPa}$	$\sigma_{coon} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{doon} = 0\text{MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = -2.562\text{MPa}$	$\sigma_{bkop} = -13.819\text{MPa}$	$\sigma_{ckop} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkop} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{akoo} = -1.163\text{MPa}$	$\sigma_{bkoo} = -13.852\text{MPa}$	$\sigma_{ckoo} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkoo} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{akon} = -17.269\text{MPa}$	$\sigma_{bkon} = 1.885\text{MPa}$	$\sigma_{ckon} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkon} = 0\text{MPa}$
$\sigma_{akoon} = -15.87\text{MPa}$	$\sigma_{bkoon} = 1.853\text{MPa}$	$\sigma_{ckoon} = 0\text{MPa}$	$\sigma_{dkoon} = 0\text{MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpatia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$		$\Delta\sigma_{kc_i} =$							
<table><tr><td>-215.4</td></tr><tr><td>-215.6</td></tr><tr><td>-221.4</td></tr></table>	-215.4	-215.6	-221.4	MPa	<table><tr><td>-173.9</td></tr><tr><td>-177.1</td></tr><tr><td>-180.2</td></tr></table>	-173.9	-177.1	-180.2	MPa
-215.4									
-215.6									
-221.4									
-173.9									
-177.1									
-180.2									

Beton - unava

$$f_{ck} := 55 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_C = 1.5$$

$$\sigma_{cmax} := \sigma_{aon} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmin} := \sigma_{aop} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmax} = 13.676 \text{ MPa} \quad \sigma_{cmin} = 3.479 \text{ MPa}$$

$$s := 0.25 \quad \beta_{cc}(t) := \exp \left[s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right] \quad t_0 := 365 \quad \beta_{cc}(t_0) = 1.198$$

$$f_{cdfat} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot \text{MPa}} \right) \quad f_{cdfat} = 29.126 \text{ MPa}$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.47 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{cdmin} = 0.554$$

$$\sigma_{cmax} := \sigma_{aon} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmin} := \sigma_{aop} \cdot (-1) \quad \sigma_{cmax} = 12.277 \text{ MPa} \quad \sigma_{cmin} = 2.08 \text{ MPa}$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.422 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{cdmin} = 0.532$$

Napätia v betone - nosník 25,5 m - piaty nosník - 1.pole

Rozpatie	$L_t = 25 \text{ m}$	Prierez	$x = 0.45 \text{ m}$	$i := 1..n_p$	$j := 1..n_k$												
vlastna tiaž nosníka:	$M_{go}(x) = 0.057 \text{ MN} \cdot \text{m}$	$g_o = 10.4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$															
vlastna tiaž dosky:	$M_{gd}(x) = 0.046 \text{ MN} \cdot \text{m}$	$g_d = 8.338 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$															
zvrstok:	$M_{gl} = -0.35 \text{ MN} \cdot \text{m}$		Pokles	$M_{\delta p} = 0.223 \text{ MN} \cdot \text{m}$													
TS	$M_{TSp} = 0.1 \text{ MN} \cdot \text{m}$	$M_{TSn} = -0.547 \text{ MN} \cdot \text{m}$	Dotvarovanie	$M_{dot} = 0.298 \text{ MN} \cdot \text{m}$													
UDL	$M_{udlp} = 0.085 \text{ MN} \cdot \text{m}$	$M_{udln} = -0.653 \text{ MN} \cdot \text{m}$	Chodci	$M_{footp} = 0.02 \text{ MN} \cdot \text{m}$													
Teplota	$M_{Tp} = 0.659 \text{ MN} \cdot \text{m}$	$M_{Tn} = -0.502 \text{ MN} \cdot \text{m}$		$M_{footn} = -0.03 \text{ MN} \cdot \text{m}$													
LM3	$M_{LM3p} = 0.218 \text{ MN} \cdot \text{m}$	$M_{LM3n} = -1.707 \text{ MN} \cdot \text{m}$															
$A_{p_i} =$	$d_{p_i} =$	$A_{k_j} =$	$d_{k_j} =$	$A_{s_1} = 49.087 \text{ cm}^2$													
<table border="1"><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>3</td></tr></table> cm^2	6	6	3	<table border="1"><tr><td>1.34</td></tr><tr><td>1.29</td></tr><tr><td>0.04</td></tr></table> m	1.34	1.29	0.04	<table border="1"><tr><td>5.955</td></tr><tr><td>5.955</td></tr><tr><td>5.955</td></tr></table> cm^2	5.955	5.955	5.955	<table border="1"><tr><td>0.596</td></tr><tr><td>0.406</td></tr><tr><td>0.216</td></tr></table> m	0.596	0.406	0.216	$d_{sd_1} = 73.5 \text{ mm}$	
6																	
6																	
3																	
1.34																	
1.29																	
0.04																	
5.955																	
5.955																	
5.955																	
0.596																	
0.406																	
0.216																	
$t_{cn} = 0.775 \text{ m}$	$A_{cn} = 0.416 \text{ m}^2$	$I_{cn} = 0.102 \text{ m}^4$	$h_n = 1.4 \text{ m}$	$h_d = 0.2 \text{ m}$	$b_d = 1.45 \text{ m}$												
$E_{bn} = 36000 \text{ MPa}$	$E_{bd} = 0 \text{ MPa}$	$0.6 \cdot 55 \cdot \text{MPa} = 33 \text{ MPa}$	$f_{ctm} := 3.8 \cdot \text{MPa}$														

Časť kombinácia

$\sigma_{aop} = -5.12 \text{ MPa}$	$\sigma_{bop} = -12.844 \text{ MPa}$	$\sigma_{cop} = 0 \text{ MPa}$	$\sigma_{dop} = 0 \text{ MPa}$
$\sigma_{aoop} = -3.497 \text{ MPa}$	$\sigma_{boop} = -13.208 \text{ MPa}$	$\sigma_{coop} = 0 \text{ MPa}$	$\sigma_{dooop} = 0 \text{ MPa}$
$\sigma_{aon} = -14.982 \text{ MPa}$	$\sigma_{bon} = -1.809 \text{ MPa}$	$\sigma_{con} = 0 \text{ MPa}$	$\sigma_{don} = 0 \text{ MPa}$
$\sigma_{aoon} = -13.359 \text{ MPa}$	$\sigma_{boon} = -2.173 \text{ MPa}$	$\sigma_{coon} = 0 \text{ MPa}$	$\sigma_{doon} = 0 \text{ MPa}$

Charakteristická kombinácia

$\sigma_{akop} = -4.236 \text{ MPa}$	$\sigma_{bkop} = -13.832 \text{ MPa}$	$\sigma_{ckop} = 0 \text{ MPa}$	$\sigma_{dkop} = 0 \text{ MPa}$
$\sigma_{akoop} = -2.613 \text{ MPa}$	$\sigma_{bkoop} = -14.196 \text{ MPa}$	$\sigma_{ckoop} = 0 \text{ MPa}$	$\sigma_{dkoop} = 0 \text{ MPa}$
$\sigma_{akon} = -21.071 \text{ MPa}$	$\sigma_{bkon} = 5.004 \text{ MPa}$	$\sigma_{ckon} = 0 \text{ MPa}$	$\sigma_{dkon} = 0 \text{ MPa}$
$\sigma_{akoon} = -19.448 \text{ MPa}$	$\sigma_{bkoon} = 4.64 \text{ MPa}$	$\sigma_{ckoon} = 0 \text{ MPa}$	$\sigma_{dkoon} = 0 \text{ MPa}$

o - uvedenie mosta do prevádzky

oo - koniec životnosti 100 rokov

Straty predpatia

$i := 1..n_k$ $j := 1..n_p$

$\Delta\sigma_{pc_j} =$		$\Delta\sigma_{kc_i} =$							
<table><tr><td>-233.3</td></tr><tr><td>-232.8</td></tr><tr><td>-220.5</td></tr></table>	-233.3	-232.8	-220.5	MPa	<table><tr><td>-178.7</td></tr><tr><td>-180.9</td></tr><tr><td>-183</td></tr></table>	-178.7	-180.9	-183	MPa
-233.3									
-232.8									
-220.5									
-178.7									
-180.9									
-183									

5 Medzné stavy únosnosti (ULS)

5.1 Ohybová odolnosť

Betón C45/55

Návrhová pevnosť betónu v tlaku: $f_{cd,N} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_C = 0,85.55 / 1,5 = 31,16 \text{ MPa}$

$$f_{cd,D} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_C = 0,85.30 / 1,5 = 17,0 \text{ MPa}$$

Medzné pomerné pretvorenie betónu: $\varepsilon_{cu3} = 0,0035$, bilineárny diagram $\varepsilon_{c3} = 0,0175$

Predpínacie lana $E_p = 195 \text{ GPa}$, $f_{p0,1k} = 1540 \text{ MPa}$

Návrhová hodnota pevnosti $f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_S = 1540 / 1,15 = 1339 \text{ MPa}$

Predpínacie káble $E_p = 195 \text{ GPa}$, $f_{p0,1k} = 1630 \text{ MPa}$

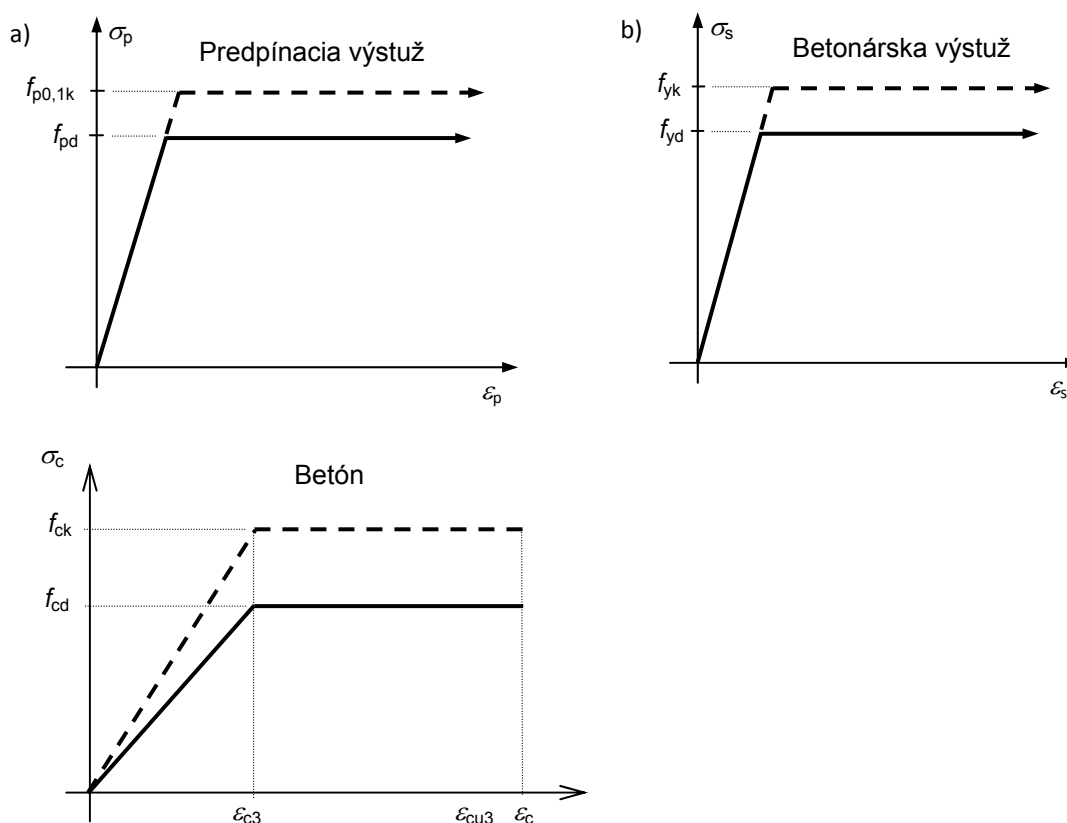
Návrhová hodnota pevnosti $f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_S = 1630 / 1,15 = 1417 \text{ MPa}$

Betonárska výstuž B500B

Charakteristická medza klzu ocele B500B: $R_s = f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Návrhová pevnosť výstuže $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa}$

Použitú návrhové diagramy napätie



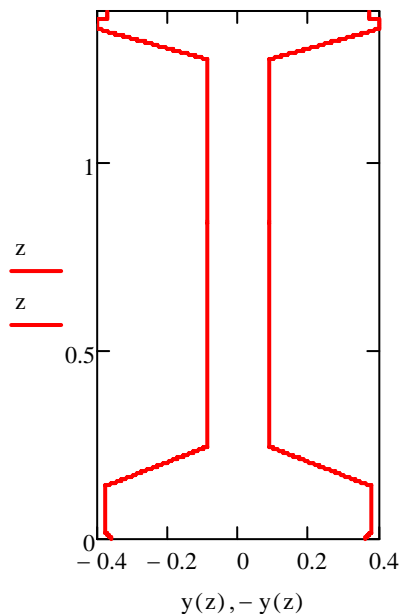
Obr.5.1 Návrhové napätie – pretvorenie diagramy

Priečný rez

$$h_n = 1.4\text{m} \quad h_1 := 15\text{mm} \quad h_2 := 126\text{mm} \quad h_3 := 103\text{mm} \quad h_4 := 1028\text{mm} \quad h_5 := 81\text{mm} \\ h_6 := 27\text{mm} \quad h_7 := 20\text{mm} \quad h_8 := 30\text{mm}$$

$$y(z) := \begin{cases} 360\text{mm} + z & \text{if } 0\text{mm} \leq z \leq h_1 \\ 375\text{mm} & \text{if } \sum_{i=1}^1 h_i \leq z \leq \sum_{i=1}^2 h_i \\ 375\text{mm} - \left(z - \sum_{i=1}^2 h_i \right) \cdot \frac{284}{103} & \text{if } \sum_{i=1}^2 h_i \leq z \leq \sum_{i=1}^3 h_i \\ 90\text{mm} & \text{if } \sum_{i=1}^3 h_i \leq z \leq \sum_{i=1}^4 h_i \\ 90\text{mm} + \left(z - \sum_{i=1}^4 h_i \right) \cdot \frac{310}{81} & \text{if } \sum_{i=1}^4 h_i \leq z \leq \sum_{i=1}^5 h_i \\ 400\text{mm} & \text{if } \sum_{i=1}^5 h_i \leq z \leq \sum_{i=1}^6 h_i \\ 370\text{mm} & \text{if } \sum_{i=1}^6 h_i \leq z \leq \sum_{i=1}^7 h_i \end{cases}$$

$$h_{\text{mm}} := \sum_{i=1}^7 h_i \quad z := 0\text{mm}, 1\text{mm}.. \sum_{i=1}^7 h_i \quad b(z) := 2 \cdot y(z) \quad b_{\text{eff}} := b_d$$



$$h_n = 1.4\text{m} \quad h_{nd} = 1.6\text{m}$$

$$A := \int_0^{h_n} b(z) dz \quad A = 0.415\text{m}^2$$

$$S := \int_0^{h_n} b(z) \cdot z dz \quad t := \frac{S}{A}$$

$$I := \int_0^{h_n} b(z) \cdot (z - t)^2 dz$$

$$t = 0.625\text{m} \quad I = 0.101\text{m}^4$$

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 31,5 m prvý nosník - 2.pole

$$\gamma_G := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

Beton: nosník C55/67 $f_{ckn} := 55 \cdot \text{MPa}$ $f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_C}$ $f_{cdn} = 31.167 \text{MPa}$

doska C30/37 $f_{ckd} := 30 \cdot \text{MPa}$ $f_{cdd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckd}}{\gamma_C}$ $f_{cdd} = 17 \text{MPa}$

$f_{pk} := 1860 \cdot \text{MPa}$ $f_{p01k} := 1630 \cdot \text{MPa}$ $f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S}$ $f_{pd} = 1417.4 \text{MPa}$

$x_u := 436.8 \text{mm}$ $n_p = 3$ $i := 1..n_p$ $j := 1..n_k$ $b_{eff} = 1.2 \text{m}$ $h_d = 0.2 \text{m}$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cdd}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdd}(z) := \begin{cases} f_{cdd} & \text{if } \varepsilon_{cdd}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdd}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdd}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{d_{pd_i} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{d_{kd_j} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_j,0} + \Delta \sigma_{kc_j}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_j,0} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i}) \quad F_c := \int_0^{h_d} b_{eff} \cdot \sigma_{cdd}(z) \cdot dz + \int_{h_d}^{x_u} b(h_{nd} - z) \cdot \sigma_{cdn}(z) \cdot dz$$

$F := F_p + F_k - F_c$ $F = 0.035 \text{kN}$ $M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{kd_i})]$

$$M_{Rd} := M_{Rda} - \int_0^{h_d} b_{eff} \cdot \sigma_{cdd}(z) \cdot z \cdot dz - \int_{h_d}^{x_u} b(h_{nd} - z) \cdot \sigma_{cdn}(z) \cdot z \cdot dz$$

$\sigma_{pu_i} =$
1417.4
1417.4
871.3

$$M_{Ed} := 1.35 \cdot (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta p} + 1.35 \cdot (M_{TSp} + M_{udlp} + M_{footp})$$

$$M_{Ed2} := 1.35 \cdot (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta p} + 1.35 \cdot (M_{LM3p} + M_{footp})$$

$\sigma_{ku_j} =$
1417.4
1417.4
1417.4

$$M_{Ed} = 5.136 \text{MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 7.875 \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed2} = 4.013 \text{MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 7.875 \text{MN} \cdot \text{m}$$

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 31,5 m druhý nosník - 2.pole

$$\gamma_G := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

Beton: nosník C55/67 $f_{ckn} := 55 \text{ MPa}$ $f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_C}$ $f_{cdn} = 31.167 \text{ MPa}$

doska C30/37 $f_{ckd} := 30 \text{ MPa}$ $f_{cdd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckd}}{\gamma_C}$ $f_{cdd} = 17 \text{ MPa}$

$$f_{pk} := 1860 \text{ MPa} \quad f_{p01k} := 1630 \text{ MPa} \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1417.4 \text{ MPa}$$

$$x_u := 352.3 \text{ mm} \quad n_p = 3 \quad i := 1..n_p \quad j := 1..n_k \quad b_{eff} = 1.45 \text{ m} \quad h_d = 0.2 \text{ m}$$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cdd}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdd}(z) := \begin{cases} f_{cdd} & \text{if } \varepsilon_{cdd}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdd}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdd}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{d_{pd_i} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{d_{kd_j} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_j,0} + \Delta \sigma_{kc_j}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_j,0} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i}) \quad F_c := \int_0^{h_d} b_{eff} \cdot \sigma_{cdd}(z) \cdot dz + \int_{h_d}^{x_u} b(h_{nd} - z) \cdot \sigma_{cdn}(z) \cdot dz$$

$$F := F_p + F_k - F_c \quad F = 0.465 \text{ kN} \quad M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{kd_i})]$$

$$M_{Rd} := M_{Rda} - \int_0^{h_d} b_{eff} \cdot \sigma_{cdd}(z) \cdot z \cdot dz - \int_{h_d}^{x_u} b(h_{nd} - z) \cdot \sigma_{cdn}(z) \cdot z \cdot dz$$

$$M_{Ed} := 1.35 \cdot (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta p} + 1.35 \cdot (M_{TSp} + M_{udlp} + M_{footp})$$

$$M_{Ed2} := 1.35 \cdot (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta p} + 1.35 \cdot (M_{LM3p} + M_{footp})$$

$$M_{Ed} = 5.775 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 8.022 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed2} = 4.797 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 8.022 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$\sigma_{pu_i} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
962.8	

$\sigma_{ku_j} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
1417.4	

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 31,5 m piaty nosník - 2.pole

$$\gamma_C := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

Beton: nosník C55/67 $f_{ckn} := 55 \text{ MPa}$ $f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_C}$ $f_{cdn} = 31.167 \text{ MPa}$

doska C30/37 $f_{ckd} := 30 \text{ MPa}$ $f_{cdd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckd}}{\gamma_C}$ $f_{cdd} = 17 \text{ MPa}$

$f_{pk} := 1860 \text{ MPa}$ $f_{p01k} := 1630 \text{ MPa}$ $f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S}$ $f_{pd} = 1417.4 \text{ MPa}$

$x_u := 352.3 \text{ mm}$ $n_p = 3$ $i := 1..n_p$ $j := 1..n_k$ $b_{eff} = 1.45 \text{ m}$ $h_d = 0.2 \text{ m}$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cdd}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdd}(z) := \begin{cases} f_{cdd} & \text{if } \varepsilon_{cdd}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdd}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdd}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{d_{pd_i} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{d_{kd_j} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i}) \quad F_c := \int_0^{h_d} b_{eff} \cdot \sigma_{cdd}(z) \cdot dz + \int_{h_d}^{x_u} b(h_{nd} - z) \cdot \sigma_{cdn}(z) \cdot dz$$

$F := F_p + F_k - F_c$ $F = 0.763 \text{ kN}$ $M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{kd_i})]$

$$M_{Rd} := M_{Rda} - \int_0^{h_d} b_{eff} \cdot \sigma_{cdd}(z) \cdot z \cdot dz - \int_{h_d}^{x_u} b(h_{nd} - z) \cdot \sigma_{cdn}(z) \cdot z \cdot dz$$

$\sigma_{pu_i} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
963.8	

$$M_{Ed} := 1.35(M_{go}(x) + M_{gd}(x) + M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta p} + 1.35(M_{TSp} + M_{udlp} + M_{footp})$$

$$M_{Ed2} := 1.35(M_{go}(x) + M_{gd}(x) + M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta p} + 1.35(M_{LM3p} + M_{footp})$$

$$M_{Ed} = 5.465 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 8.022 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed2} = 6.091 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 8.022 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$\sigma_{ku_j} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
1417.4	

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 31,5 m krajny nosník - 2.pole

$$\gamma_G := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

$$\text{Beton: nosník C55/67} \quad f_{ckn} := 55 \text{ MPa} \quad f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_C} \quad f_{cdn} = 31.167 \text{ MPa}$$

$$f_{pk} := 1860 \text{ MPa} \quad f_{p01k} := 1630 \text{ MPa} \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1417.4 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_S} \quad f_{yd} = 434.8 \text{ MPa}$$

$$x_u := 562.5 \text{ mm} \quad i := 1..n_p \quad j := 1..n_k \quad k := 1..n_s$$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{(h_{nd} - d_{pd_i}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } |E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i})| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{(h_{nd} - d_{kd_j}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } |E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j})| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{s_k} := \frac{(h_{nd} - d_{sd_k}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{su_k} := \begin{cases} f_{yd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{s_k}|}{\Delta \varepsilon_{s_k}} & \text{if } |E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k}| > f_{yd} \\ E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot \cos(\alpha_{k_i})) \quad F_s := \sum_{k=1}^{n_s} (\sigma_{su_k} \cdot A_{s_k})$$

$$F_c := \int_0^{x_u} b(z) \cdot \sigma_{cdn}(z) dz \quad F := F_p + F_k - F_c + F_s \quad F = -0.21 \text{ kN} \quad \sigma_{su_1} = 434.8 \text{ MPa}$$

$$M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (h_{nd} - d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (h_{nd} - d_{kd_i}) \cdot \cos(\alpha_{k_i})]$$

$\sigma_{pu_i} =$	
561.1	MPa
621.6	
1417.4	

$$M_{Rd} := \sum_{i=1}^{n_s} [\sigma_{su_i} \cdot A_{s_i} \cdot (h_{nd} - d_{sd_i})] + M_{Rda} - \int_0^{x_u} \sigma_{cdn}(z) \cdot b(z) \cdot z dz$$

$$M_{Ed} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 M_{g1}) + 1.2 M_{\delta n} + 1.35 (M_{TSn} + M_{udln} + M_{footn})$$

$$M_{Ed2} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 M_{g1}) + 1.2 M_{\delta n} + 1.35 (M_{LM3n} + M_{footn})$$

$$M_{Ed} = -2.398 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed2} = -2.135 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 5.54 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$\sigma_{ku_j} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
1417.4	

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 31,5 m tretí nosník - 2.pole

$$\gamma_{Cv} := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

$$\text{Beton: nosník C55/67} \quad f_{ckn} := 55 \text{ MPa} \quad f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_C} \quad f_{cdn} = 31.167 \text{ MPa}$$

$$f_{pkv} := 1860 \text{ MPa} \quad f_{p01k} := 1630 \text{ MPa} \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1417.4 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_S} \quad f_{yd} = 434.8 \text{ MPa}$$

$$x_u := 676.9 \text{ mm} \quad i := 1..n_p \quad j := 1..n_k \quad k := 1..n_s$$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{(h_{nd} - d_{pd_i}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } |E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i})| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{(h_{nd} - d_{kd_j}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } |E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j})| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{s_k} := \frac{(h_{nd} - d_{sd_k}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{su_k} := \begin{cases} f_{yd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{s_k}|}{\Delta \varepsilon_{s_k}} & \text{if } |E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k}| > f_{yd} \\ E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot \cos(\alpha_{k_i})) \quad F_s := \sum_{k=1}^{n_s} (\sigma_{su_k} \cdot A_{s_k})$$

$$F_c := \int_0^{x_u} b(z) \cdot \sigma_{cdn}(z) dz \quad F := F_p + F_k - F_c + F_s \quad F = -0.123 \text{ kN} \quad \sigma_{su_1} = 434.8 \text{ MPa}$$

$$M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (h_{nd} - d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (h_{nd} - d_{kd_i}) \cdot \cos(\alpha_{k_i})]$$

$\sigma_{pu_i} =$	
583.9	MPa
632.6	
1417.4	

$$M_{Rd} := \sum_{i=1}^{n_s} [\sigma_{su_i} \cdot A_{s_i} \cdot (h_{nd} - d_{sd_i})] + M_{Rda} - \int_0^{x_u} \sigma_{cdn}(z) \cdot b(z) \cdot z dz$$

$$M_{Ed} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 M_{g1}) + 1.2 M_{\delta n} + 1.35 (M_{TSn} + M_{udln} + M_{footn})$$

$$M_{Ed2} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 M_{g1}) + 1.2 M_{\delta n} + 1.35 (M_{LM3n} + M_{footn})$$

$$M_{Ed} = -2.747 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed2} = -1.669 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 6.326 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$\sigma_{ku_j} =$	
1287	MPa
1417.4	
1417.4	

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 31,5 m - piaty nosník - 3.pole

$$\gamma_{Gv} := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

Beton: nosník C55/67 $f_{ckn} := 55 \text{ MPa}$ $f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_C}$ $f_{cdn} = 31.167 \text{ MPa}$

$$f_{pkv} := 1860 \text{ MPa} \quad f_{p01k} := 1630 \text{ MPa} \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1417.4 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_S} \quad f_{yd} = 434.8 \text{ MPa}$$

$$x_u := 649.5 \text{ mm} \quad i := 1..n_p \quad j := 1..n_k \quad k := 1..n_s$$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{(h_{nd} - d_{pd_i}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } |E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i})| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{(h_{nd} - d_{kd_j}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } |E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_j,0} + \Delta \sigma_{kc_j})| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_j,0} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{s_k} := \frac{(h_{nd} - d_{sd_k}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{su_k} := \begin{cases} f_{yd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{s_k}|}{\Delta \varepsilon_{s_k}} & \text{if } |E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k}| > f_{yd} \\ E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot \cos(\alpha_{k_i})) \quad F_s := \sum_{k=1}^{n_s} (\sigma_{su_k} \cdot A_{s_k})$$

$$F_c := \int_0^{x_u} b(z) \cdot \sigma_{cdn}(z) dz \quad F := F_p + F_k - F_c + F_s \quad F = -0.238 \text{ kN} \quad \sigma_{su_1} = 434.8 \text{ MPa}$$

$$M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (h_{nd} - d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (h_{nd} - d_{kd_i}) \cdot \cos(\alpha_{k_i})]$$

$\sigma_{pu_i} =$	
565.1	MPa
616.7	
1417.4	

$$M_{Rd} := \sum_{i=1}^{n_s} [\sigma_{su_i} \cdot A_{s_i} \cdot (h_{nd} - d_{sd_i})] + M_{Rda} - \int_0^{x_u} \sigma_{cdn}(z) \cdot b(z) \cdot z dz$$

$$M_{Ed} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 \cdot M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta n} + 1.35 \cdot (M_{TSn} + M_{udln} + M_{footn})$$

$\sigma_{ku_j} =$	
1315.3	MPa
1417.4	
1417.4	

$$M_{Ed2} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 \cdot M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta n} + 1.35 \cdot (M_{LM3n} + M_{footn})$$

$$M_{Ed} = -2.449 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed2} = -3.497 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 5.971 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 25,5 m - prvý nosník - 1.pole

$$\gamma_G := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

Beton: nosník C55/67 $f_{ckn} := 55 \text{ MPa}$ $f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_C}$ $f_{cdn} = 31.167 \text{ MPa}$

doska C30/37 $f_{ckd} := 30 \text{ MPa}$ $f_{cdd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckd}}{\gamma_C}$ $f_{cdd} = 17 \text{ MPa}$

$$f_{pk} := 1860 \text{ MPa} \quad f_{p01k} := 1630 \text{ MPa} \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1417.4 \text{ MPa}$$

$$x_u := 320.6 \text{ mm} \quad n_p = 3 \quad i := 1..n_p \quad j := 1..n_k \quad b_{eff} = 1.2 \text{ m} \quad h_d = 0.2 \text{ m}$$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cdd}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdd}(z) := \begin{cases} f_{cdd} & \text{if } \varepsilon_{cdd}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdd}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdd}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{d_{pd_i} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{d_{kd_j} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i}) \quad F_c := \int_0^{h_d} b_{eff} \cdot \sigma_{cdd}(z) \cdot dz + \int_{h_d}^{x_u} b(h_{nd} - z) \cdot \sigma_{cdn}(z) \cdot dz$$

$$F := F_p + F_k - F_c \quad F = -0.155 \text{ kN} \quad M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{kd_i})]$$

$$M_{Rd} := M_{Rda} - \int_0^{h_d} b_{eff} \cdot \sigma_{cdd}(z) \cdot z \cdot dz - \int_{h_d}^{x_u} b(h_{nd} - z) \cdot \sigma_{cdn}(z) \cdot z \cdot dz$$

$\sigma_{pu_i} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
1028.3	

$$M_{Ed} := 1.35(M_{go}(x) + M_{gd}(x) + M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta p} + 1.35(M_{TSp} + M_{udlp} + M_{footp})$$

$$M_{Ed2} := 1.35(M_{go}(x) + M_{gd}(x) + M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta p} + 1.35(M_{LM3p} + M_{footp})$$

$\sigma_{ku_j} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
1417.4	

$$M_{Ed} = 3.862 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 6.29 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed2} = 3.108 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 6.29 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 25,5 m - tretí nosník - 1.pole

$$\gamma_G := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

Beton: nosník C55/67 $f_{ckn} := 55 \text{ MPa}$ $f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_C}$ $f_{cdn} = 31.167 \text{ MPa}$

doska C30/37 $f_{ckd} := 30 \text{ MPa}$ $f_{cdd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckd}}{\gamma_C}$ $f_{cdd} = 17 \text{ MPa}$

$$f_{pk} := 1860 \text{ MPa} \quad f_{p01k} := 1630 \text{ MPa} \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1417.4 \text{ MPa}$$

$$x_u := 272.0 \text{ mm} \quad n_p = 3 \quad i := 1..n_p \quad j := 1..n_k \quad b_{eff} = 1.45 \text{ m} \quad h_d = 0.2 \text{ m}$$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cdd}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdd}(z) := \begin{cases} f_{cdd} & \text{if } \varepsilon_{cdd}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdd}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdd}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{d_{pd_i} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{d_{kd_j} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_j,0} + \Delta \sigma_{kc_j}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_j,0} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i}) \quad F_c := \int_0^{h_d} b_{eff} \cdot \sigma_{cdd}(z) \cdot dz + \int_{h_d}^{x_u} b(h_{nd} - z) \cdot \sigma_{cdn}(z) \cdot dz$$

$$F := F_p + F_k - F_c \quad F = 0.935 \text{ kN} \quad M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{kd_i})]$$

$$M_{Rd} := M_{Rda} - \int_0^{h_d} b_{eff} \cdot \sigma_{cdd}(z) \cdot z \cdot dz - \int_{h_d}^{x_u} b(h_{nd} - z) \cdot \sigma_{cdn}(z) \cdot z \cdot dz$$

$\sigma_{pu_i} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
1119.9	

$$M_{Ed} := 1.35(M_{go}(x) + M_{gd}(x) + M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta p} + 1.35(M_{TSp} + M_{udlp} + M_{footp})$$

$$M_{Ed2} := 1.35(M_{go}(x) + M_{gd}(x) + M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta p} + 1.35(M_{LM3p} + M_{footp})$$

$\sigma_{ku_j} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
1417.4	

$$M_{Ed} = 4.558 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 6.396 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed2} = 3.74 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 6.396 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 25,5 m - piaty nosník - 1.pole

$$\gamma_{\text{Gv}} := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{\text{cc}} := 0.85 \quad \varepsilon_{\text{c3}} := 0.00175 \quad \varepsilon_{\text{cu3}} := 0.0035$$

Beton: nosník C55/67 $f_{\text{ckn}} := 55 \text{ MPa}$ $f_{\text{cdn}} := \alpha_{\text{cc}} \cdot \frac{f_{\text{ckn}}}{\gamma_{\text{C}}}$ $f_{\text{cdn}} = 31.167 \text{ MPa}$

doska C30/37 $f_{\text{ckd}} := 30 \text{ MPa}$ $f_{\text{cdd}} := \alpha_{\text{cc}} \cdot \frac{f_{\text{ckd}}}{\gamma_{\text{C}}}$ $f_{\text{cdd}} = 17 \text{ MPa}$

$$f_{\text{pkv}} := 1860 \text{ MPa} \quad f_{\text{p01k}} := 1630 \text{ MPa} \quad f_{\text{pd}} := \frac{f_{\text{p01k}}}{\gamma_S} \quad f_{\text{pd}} = 1417.4 \text{ MPa}$$

$$x_u := 272.0 \text{ mm} \quad n_p = 3 \quad i := 1..n_p \quad j := 1..n_k \quad b_{\text{eff}} = 1.45 \text{ m} \quad h_d = 0.2 \text{ m}$$

$$\varepsilon_{\text{cdn}}(z) := \frac{\varepsilon_{\text{cu3}}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{\text{cdn}}(z) := \begin{cases} f_{\text{cdn}} & \text{if } \varepsilon_{\text{cdn}}(z) \geq \varepsilon_{\text{c3}} \\ \left(\frac{f_{\text{cdn}}}{\varepsilon_{\text{c3}}} \cdot \varepsilon_{\text{cdn}}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{\text{cdd}}(z) := \frac{\varepsilon_{\text{cu3}}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{\text{cdd}}(z) := \begin{cases} f_{\text{cdd}} & \text{if } \varepsilon_{\text{cdd}}(z) \geq \varepsilon_{\text{c3}} \\ \left(\frac{f_{\text{cdd}}}{\varepsilon_{\text{c3}}} \cdot \varepsilon_{\text{cdd}}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{d_{\text{pd}_i} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{\text{cu3}} \quad \sigma_{\text{pu}_i} := \begin{cases} f_{\text{pd}} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{\text{pin}_i} + \Delta \sigma_{\text{pc}_i}) \right| > f_{\text{pd}} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{\text{pin}_i} + \Delta \sigma_{\text{pc}_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{d_{\text{kd}_j} - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{\text{cu3}} \quad \sigma_{\text{ku}_j} := \begin{cases} f_{\text{pd}} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{\text{kj},0} + \Delta \sigma_{\text{kc}_j}) \right| > f_{\text{pd}} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{\text{kj},0} + \Delta \sigma_{\text{kc}_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{\text{pu}_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{\text{ku}_i} \cdot A_{k_i}) \quad F_c := \int_0^{h_d} b_{\text{eff}} \cdot \sigma_{\text{cdd}}(z) \cdot dz + \int_{h_d}^{x_u} b(h_{\text{nd}} - z) \cdot \sigma_{\text{cdn}}(z) \cdot dz$$

$$F := F_p + F_k - F_c \quad F = 0.641 \text{ kN} \quad M_{\text{Rda}} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{\text{pu}_i} \cdot A_{p_i} \cdot (d_{\text{pd}_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{\text{ku}_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{\text{kd}_i})]$$

$$M_{\text{Rd}} := M_{\text{Rda}} - \int_0^{h_d} b_{\text{eff}} \cdot \sigma_{\text{cdd}}(z) \cdot z \cdot dz - \int_{h_d}^{x_u} b(h_{\text{nd}} - z) \cdot \sigma_{\text{cdn}}(z) \cdot z \cdot dz$$

$$M_{\text{Ed}} := 1.35(M_{\text{go}}(x) + M_{\text{gd}}(x) + M_{\text{g1}}) + 1.2 \cdot M_{\text{dp}} + 1.35(M_{\text{TSp}} + M_{\text{udlp}} + M_{\text{footp}})$$

$$M_{\text{Ed2}} := 1.35(M_{\text{go}}(x) + M_{\text{gd}}(x) + M_{\text{g1}}) + 1.2 \cdot M_{\text{dp}} + 1.35(M_{\text{LM3p}} + M_{\text{footp}})$$

$$M_{\text{Ed}} = 4.33 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{\text{Rd}} = 6.396 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Ed2}} = 5.108 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{\text{Rd}} = 6.396 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$\sigma_{\text{pu}_i} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
1118.9	

$\sigma_{\text{ku}_j} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
1417.4	

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 25,5 m - krajný nosník - 1.pole

$$\gamma_{cc} := 1.5 \quad \gamma_s := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

Beton: nosník C55/67 $f_{ckn} := 55 \text{ MPa}$ $f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_c}$ $f_{cdn} = 31.167 \text{ MPa}$

$$f_{pk} := 1860 \text{ MPa} \quad f_{p01k} := 1630 \text{ MPa} \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_s} \quad f_{pd} = 1417.4 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 434.8 \text{ MPa}$$

$$x_u := 561.1 \text{ mm} \quad i := 1..n_p \quad j := 1..n_k \quad k := 1..n_s$$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{(h_{nd} - d_{pd_i}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } |E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i})| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{(h_{nd} - d_{kd_j}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } |E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j})| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{s_k} := \frac{(h_{nd} - d_{sd_k}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{su_k} := \begin{cases} f_{yd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{s_k}|}{\Delta \varepsilon_{s_k}} & \text{if } |E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k}| > f_{yd} \\ E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot \cos(\alpha_{k_i})) \quad F_s := \sum_{k=1}^{n_s} (\sigma_{su_k} \cdot A_{s_k})$$

$$F_c := \int_0^{x_u} b(z) \cdot \sigma_{cdn}(z) dz \quad F := F_p + F_k - F_c + F_s \quad F = 0.116 \text{ kN} \quad \sigma_{su_1} = 434.8 \text{ MPa}$$

$$M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (h_{nd} - d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (h_{nd} - d_{kd_i}) \cdot \cos(\alpha_{k_i})] \quad \sigma_{pu_1} = \text{MPa}$$

$$M_{Rd} := \sum_{i=1}^{n_s} [\sigma_{su_i} \cdot A_{s_i} \cdot (h_{nd} - d_{sd_i})] + M_{Rda} - \int_0^{x_u} \sigma_{cdn}(z) \cdot b(z) \cdot z dz$$

$$M_{Ed} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 M_{g1}) + 1.2 M_{\delta n} + 1.35 (M_{TSn} + M_{udln} + M_{footn}) \quad \sigma_{ku_j} = \text{MPa}$$

$$M_{Ed2} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 M_{g1}) + 1.2 M_{\delta n} + 1.35 (M_{LM3n} + M_{footn})$$

$$M_{Ed} = -2.313 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed2} = -2.193 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 5.744 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 25,5 m tretí nosník - 1.pole

$$\gamma_G := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

$$\text{Beton: nosník C55/67} \quad f_{ckn} := 55 \text{ MPa} \quad f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_C} \quad f_{cdn} = 31.167 \text{ MPa}$$

$$f_{pk} := 1860 \text{ MPa} \quad f_{p01k} := 1630 \text{ MPa} \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1417.4 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_S} \quad f_{yd} = 434.8 \text{ MPa}$$

$$x_u := 676.0 \text{ mm} \quad i := 1..n_p \quad j := 1..n_k \quad k := 1..n_s$$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{(h_{nd} - d_{pd_i}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } |E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i})| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{(h_{nd} - d_{kd_j}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } |E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_j,0} + \Delta \sigma_{kc_j})| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_j,0} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{s_k} := \frac{(h_{nd} - d_{sd_k}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{su_k} := \begin{cases} f_{yd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{s_k}|}{\Delta \varepsilon_{s_k}} & \text{if } |E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k}| > f_{yd} \\ E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot \cos(\alpha_{k_i})) \quad F_s := \sum_{k=1}^{n_s} (\sigma_{su_k} \cdot A_{s_k})$$

$$F_c := \int_0^{x_u} b(z) \cdot \sigma_{cdn}(z) dz \quad F := F_p + F_k - F_c + F_s \quad F = -0.614 \text{ kN} \quad \sigma_{su_1} = 434.8 \text{ MPa}$$

$$M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (h_{nd} - d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (h_{nd} - d_{kd_i}) \cdot \cos(\alpha_{k_i})]$$

$\sigma_{pu_i} =$	
578.6	MPa
627.6	
1417.4	

$$M_{Rd} := \sum_{i=1}^{n_s} [\sigma_{su_i} \cdot A_{s_i} \cdot (h_{nd} - d_{sd_i})] + M_{Rda} - \int_0^{x_u} \sigma_{cdn}(z) \cdot b(z) \cdot z dz$$

$$M_{Ed} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 \cdot M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta n} + 1.35 \cdot (M_{TSn} + M_{udln} + M_{footn})$$

$$M_{Ed2} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 \cdot M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta n} + 1.35 \cdot (M_{LM3n} + M_{footn})$$

$$M_{Ed} = -2.511 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed2} = -1.742 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 6.315 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$\sigma_{ku_j} =$	
1287	MPa
1417.4	
1417.4	

Ohybova odolnosť (ULS) - nosník 25,5 m piaty nosník - 1.pole

$$\gamma_C := 1.5 \quad \gamma_S := 1.15 \quad \alpha_{cc} := 0.85 \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad \varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

$$\text{Beton: nosník C55/67} \quad f_{ckn} := 55 \cdot \text{MPa} \quad f_{cdn} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ckn}}{\gamma_C} \quad f_{cdn} = 31.167 \text{MPa}$$

$$f_{pk} := 1860 \text{MPa} \quad f_{p01k} := 1630 \text{MPa} \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1417.4 \text{MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_S} \quad f_{yd} = 434.8 \text{MPa}$$

$$x_u := 565.3 \text{mm} \quad i := 1..n_p \quad j := 1..n_k \quad k := 1..n_s$$

$$\varepsilon_{cdn}(z) := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x_u} \cdot (x_u - z) \quad \sigma_{cdn}(z) := \begin{cases} f_{cdn} & \text{if } \varepsilon_{cdn}(z) \geq \varepsilon_{c3} \\ \left(\frac{f_{cdn}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_{cdn}(z) \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{p_i} := \frac{(h_{nd} - d_{pd_i}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{pu_i} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{p_i}|}{\Delta \varepsilon_{p_i}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{p_i} + (\sigma_{pin_i} + \Delta \sigma_{pc_i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{k_j} := \frac{(h_{nd} - d_{kd_j}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{ku_j} := \begin{cases} f_{pd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{k_j}|}{\Delta \varepsilon_{k_j}} & \text{if } \left| E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j}) \right| > f_{pd} \\ E_p \cdot \Delta \varepsilon_{k_j} + (\sigma_{k_{j,0}} + \Delta \sigma_{kc_j}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \varepsilon_{s_k} := \frac{(h_{nd} - d_{sd_k}) - x_u}{x_u} \cdot \varepsilon_{cu3} \quad \sigma_{su_k} := \begin{cases} f_{yd} \cdot \frac{|\Delta \varepsilon_{s_k}|}{\Delta \varepsilon_{s_k}} & \text{if } \left| E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k} \right| > f_{yd} \\ E_s \cdot \Delta \varepsilon_{s_k} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_p := \sum_{i=1}^{n_p} (\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i}) \quad F_k := \sum_{i=1}^{n_k} (\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot \cos(\alpha_{k_i})) \quad F_s := \sum_{k=1}^{n_s} (\sigma_{su_k} \cdot A_{s_k})$$

$$F_c := \int_0^{x_u} b(z) \cdot \sigma_{cdn}(z) dz \quad F := F_p + F_k - F_c + F_s \quad F = 0.711 \text{kN} \quad \sigma_{su_1} = 434.8 \text{MPa}$$

$$M_{Rda} := \sum_{i=1}^{n_p} [\sigma_{pu_i} \cdot A_{p_i} \cdot (h_{nd} - d_{pd_i})] + \sum_{i=1}^{n_k} [\sigma_{ku_i} \cdot A_{k_i} \cdot (h_{nd} - d_{kd_i}) \cdot \cos(\alpha_{k_i})]$$

$\sigma_{pu_i} =$	
572.3	MPa
631.6	
1417.4	

$$M_{Rd} := \sum_{i=1}^{n_s} [\sigma_{su_i} \cdot A_{s_i} \cdot (h_{nd} - d_{sd_i})] + M_{Rda} - \int_0^{x_u} \sigma_{cdn}(z) \cdot b(z) \cdot z dz$$

$$M_{Ed} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 \cdot M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta n} + 1.35 \cdot (M_{TSn} + M_{udln} + M_{footn})$$

$$M_{Ed2} := (M_{go}(x) + M_{gd}(x) + 1.35 \cdot M_{g1}) + 1.2 \cdot M_{\delta n} + 1.35 \cdot (M_{LM3n} + M_{footn})$$

$$M_{Ed} = -2.297 \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed2} = -2.982 \text{MN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = 5.536 \text{MN} \cdot \text{m}$$

$\sigma_{ku_j} =$	
1417.4	MPa
1417.4	
1417.4	

5.2 Šmyková odolnosť a odolnosť v spriahnutí

Návrh šmykovej výstuže bol urobený s použitím priehradového modelu s nasledovnými materiálovými charakteristikami:

- Návrhová pevnosť betónu C55/67: $f_{cd} = 31,2 \text{ MPa}$; $\nu_1 = 0,6 \cdot (1 - 55/250) = 0,468$
- Návrhová pevnosť šmykovej výstuže B500B: $f_{ywd} = 500/1,15 = 434 \text{ MPa}$
- Sklon tlakových diagonál: $\cot\theta = 1,6$
- Rameno vnútorných síl $z = 1,6 \text{ m} - 0,1 \text{ m} - 0,1 \text{ m} = 1,4 \text{ m}$
- $b_{w,eff} = b_w - 0,5 \cdot \phi = 200 - 0,5 \cdot 50 = 175 \text{ mm}$

Nasledovné základné vzťahy boli použité pre návrh:

- Betón: $V_{Rd,max} = \frac{z b_{w,eff} \nu_1 f_{cd}}{(\tan\theta + \cot\theta)}$;
- Šmyková výstuž: $\sigma_{swd} = \frac{V_{Ed}}{z} \frac{s}{A_{sw} \cot\theta} \leq f_{ywd}$
- Horizontálne sily od šmyku. Zložka šmykovej sily bude pokrytá predpätím:
 $H_{wd,v} = V_{Ed} \cot\theta$

Kde V_{Ed} je šmyková sila vypočítaná podľa pravidiel v kapitole 2.11.2

s – vzdialenosť medzi strmeňmi v smere osi nosníka

A_{sw} – prierezová plocha dvojstrižných strmeňov $\phi 10$.

Navrhnuté šmykové vystuženie merané od osi vnútornej podpory:

Nosník dl.31,5 m: $2\phi 10$; $s = 100 \text{ mm}$ (0 ; 3,5 m)
 $2\phi 10$; $s = 150 \text{ mm}$ (3,5 m ; 7 m)
 $2\phi 10$; $s = 200 \text{ mm}$ (7 m ; 20,5 m)

Nosník dl.25,5 m: $2\phi 10$; $s = 100 \text{ mm}$ (0 ; 2,5 m)
 $2\phi 10$; $s = 150 \text{ mm}$ (2,5 m ; 5 m)
 $2\phi 10$; $s = 200 \text{ mm}$ (5 m ; 21,5 m)
 $2\phi 10$; $s = 150 \text{ mm}$ (21,5 m ; 25,5 m)

Pre nosník dl.25,5 m staničenie začína zo strany vnútorného priečnika mosta.

Pre nosník dl.31,5 m staničenie končí v strede nosníka, vzhľadom na symetriu.

Šmyková odolnosť v spriahnutí

- Koeficient kohézie $c = 0$
- Súčiniteľ trenia pre zdrsnenú kontaktnú škáru $\mu = 0,7$

$$\tau_{Rd} = \frac{A_{si}}{b_i s_i} \cdot \mu \cdot f_{ywd} \geq \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{b_i z}$$

Kde s_i je vzdialenosť výstuže na spriahnutie v smere osi nosníka, $s_i = s$

b_i – šírka hornej príruby, $b_i = 0,74 \text{ m}$

A_{si} – prierezová plocha výstuže na spriahnutie, $2\phi 10 + 4\phi 8$

Vnútorné sily pre overenie šmykovej odolnosti boli prevzaté z prílohy 1.

5.2.1 Nosník dĺžky 31,5 m

$$f_{ck} := 55 \cdot \text{MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} \quad f_{cd} = 31.167 \text{MPa} \quad f_{yk} := 500 \cdot \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15}$$

$$(C55/67) \quad \theta := 33 \cdot \text{deg} \quad \cot(\theta) = 1.54 \quad v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot \text{MPa}} \right) \quad v = 0.468$$

$$\gamma_{bet} := 25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3} \quad g_{0n} := \gamma_{bet} \cdot A_{cn} \quad g_{0d} := (h_d + 30 \cdot \text{mm}) \cdot b_f \cdot \gamma_{bet}$$

$$R_{g0n} := 0.5 \cdot L_t \cdot g_{0n} \quad R_{g0d} := 0.5 \cdot L_t \cdot g_{0d} \quad g_{0n} = 10.399 \text{kN} \cdot \text{m}^{-1} \quad g_{0d} = 8.338 \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$V_n(x) := R_{g0n} - g_{0n} \cdot x \quad V_d(x) := R_{g0d} - g_{0d} \cdot x$$

$$x := 0.5 \cdot z_c \quad x_a := x + a_n \quad x = 0.705 \text{m} \quad x_a = 0.955 \text{m} \quad b_{weff} := b_w - 0.5 \cdot 50 \cdot \text{mm}$$

Prefabrikat $V_n(x) = 0.155 \text{MN}$ **Doska** $V_d(x) = 0.124 \text{MN}$

Zvrsok

$$V_{g1_1} := 0.173 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_2} := 0.09 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_3} := 0.069 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_4} := 0.061 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_5} := 0.059 \cdot \text{MN}$$

Vozidla

$$V_{TS_1} := 0.069 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_2} := 0.203 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_3} := 0.237 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_4} := 0.190 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_5} := 0.142 \cdot \text{MN}$$

$$V_{udl_1} := 0.065 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_2} := 0.139 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_3} := 0.146 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_4} := 0.103 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_5} := 0.077 \cdot \text{MN}$$

Zvlastna suprava

$$V_{LM3_1} := 0.045 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_2} := 0.05 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_3} := 0.15 \cdot \text{MN}$$

$$V_{LM3_4} := 0.420 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_5} := 0.596 \cdot \text{MN}$$

Kable $V_{pc1}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p1}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v1}(x_a)) + \sigma_{p2}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v2}(x_a)))$

$$V_{pc}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p3}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v3}(x_a))) + V_{pc1}(x) \quad V_{pc}(x_a) = 0.2494 \text{MN}$$

Dotvarovanie

$$V_{dot} := 20 \cdot \text{kN} \quad \text{Nerovnomerny pokles} \quad V_{Gset} := 20 \cdot \text{kN} \quad i := 1..5$$

$$V_{Ed_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + \frac{1.35}{\alpha_Q} \cdot (V_{TS_i} + V_{udl_i}) - V_{pc}(x)$$

$$V_{Ed2_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + 1.35 \cdot (V_{LM3_i}) - V_{pc}(x)$$

$$V_{Rdmax} := \frac{z_c \cdot b_{weff} \cdot v \cdot f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} \quad s_s := 100 \cdot \text{mm} \quad \phi_s := 10 \cdot \text{mm} \quad x = 0.705 \text{m}$$

$$A_{sw} := 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad V_{Rd} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z_c \cdot \cot(\theta)$$

$$V_{Rdmax} = 1.456 \text{MN}$$

$$V_{Rd} = 1.483 \text{MN}$$

>

$$V_{Ed_i} =$$

0.607	MN
0.807	
0.84	
0.694	
0.58	

$$V_{Ed2_i} =$$

0.466	MN
0.361	
0.468	
0.821	
1.056	

Spriahnutie

$$\mu := 0.7 \quad c := 0 \quad \alpha_j := 90 \cdot \text{deg}$$

$$b_j := 0.74 \cdot \text{m} \quad \phi_j := 8 \cdot \text{mm} \quad A_{sj} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_j^2 \quad A_{sw} = 1.571 \text{ cm}^2 \quad A_{sj} = 2.011 \text{ cm}^2$$

$$\rho_j := \frac{A_{sw} + A_{sj}}{b_j \cdot s} \quad \rho_j = 4.84 \times 10^{-3} \quad v_{Rd} := \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_j) + \cos(\alpha_j))$$

$$v_{Ed} := \frac{V_{Ed3}}{b_j \cdot z_c} \quad v_{EdLM3} := \frac{V_{Ed25}}{b_j \cdot z_c} \quad v_{Ed} = 0.805 \text{ MPa} < v_{Rd} = 1.473 \text{ MPa}$$

$$v_{EdLM3} = 1.012 \text{ MPa} < v_{Rd} = 1.473 \text{ MPa}$$

Poloha

$$x := 3 \cdot \text{m} \quad x_a := x + 0.25 \cdot \text{m}$$

Prefabrikat

$$V_n(x) = 0.131 \text{ MN} \quad \text{Doska} \quad V_d(x) = 0.105 \text{ MN}$$

Zvrsok

$$V_{g1_1} := 0.136 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_2} := 0.082 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_3} := 0.058 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_4} := 0.05 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_5} := 0.049 \cdot \text{MN}$$

Vozidla

$$V_{TS_1} := 0.071 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_2} := 0.178 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_3} := 0.212 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_4} := 0.177 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_5} := 0.136 \cdot \text{MN}$$

$$V_{udl_1} := 0.061 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_2} := 0.111 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_3} := 0.118 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_4} := 0.092 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_5} := 0.08 \cdot \text{MN}$$

Zvlastna suprava

$$V_{LM3_1} := 0.045 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_2} := 0.0461 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_3} := 0.148 \cdot \text{MN}$$

$$V_{LM3_4} := 0.367 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_5} := 0.512 \cdot \text{MN}$$

Kable

$$V_{pc1}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p1}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v1}(x_a)) + \sigma_{p2}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v2}(x_a))) \quad i := 1..5$$

$$V_{pc}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p3}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v3}(x_a))) + V_{pc1}(x) \quad V_{pc}(x) = 0.2505 \text{ MN}$$

$$V_{Ed_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + \frac{1.35}{\alpha_Q} \cdot (V_{TS_i} + V_{udl_i}) - V_{pc}(x)$$

$$V_{Ed2_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + 1.35 \cdot (V_{LM3_i}) - V_{pc}(x)$$

$$s := 150 \cdot \text{mm} \quad \phi := 10 \cdot \text{mm} \quad A_{sw} := 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2$$

$$V_{Rds} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z_c \cdot \cot(\theta) \quad V_{Rds} = 0.989 \text{ MN} > V_{Ed_i} =$$

0.494
0.657
0.686
0.584
0.503

$$\text{MN} \quad V_{Ed2_i} =$$

0.357
0.286
0.391
0.676
0.87

$$\text{MN}$$

Spriahnutie

$$\mu := 0.7 \quad c := 0$$

$$b_j := 0.74 \cdot \text{m} \quad \phi_j := 8 \cdot \text{mm} \quad A_{sj} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_j^2 \quad A_{sw} = 1.571 \text{ cm}^2 \quad A_{sj} = 2.011 \text{ cm}^2$$

$$\rho_j := \frac{A_{sw} + A_{sj}}{b_j \cdot s} \quad \rho_j = 3.227 \times 10^{-3} \quad v_{Rd} := \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_j) + \cos(\alpha_j))$$

$$v_{Ed} := \frac{V_{Ed3}}{b_j \cdot z_c} \quad v_{EdLM3} := \frac{V_{Ed25}}{b_j \cdot z_c} \quad v_{Ed} = 0.658 \text{ MPa} < v_{Rd} = 0.982 \text{ MPa}$$

$$v_{EdLM3} = 0.834 \text{ MPa} < v_{Rd} = 0.982 \text{ MPa}$$

Poloha $x := 6.75 \cdot \text{m}$ $x_a := x + 0.25 \cdot \text{m}$

Prefabrikat $V_n(x) = 0.092 \text{ MN}$ **Doska** $V_d(x) = 0.074 \text{ MN}$

Zvrsok

$V_{g1_1} := 0.09 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_2} := 0.064 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_3} := 0.044 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_4} := 0.036 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_5} := 0.035 \cdot \text{MN}$

Vozidla

$V_{TS_1} := 0.069 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_2} := 0.150 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_3} := 0.180 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_4} := 0.154 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_5} := 0.121 \cdot \text{MN}$
 $V_{udl_1} := 0.055 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_2} := 0.077 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_3} := 0.081 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_4} := 0.071 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_5} := 0.056 \cdot \text{MN}$

Zvláštna suprava $V_{LM3_1} := 0.05 \cdot \text{MN}$ $V_{LM3_2} := 0.041 \cdot \text{MN}$ $V_{LM3_3} := 0.131 \cdot \text{MN}$
 $V_{LM3_4} := 0.271 \cdot \text{MN}$ $V_{LM3_5} := 0.33 \cdot \text{MN}$

Kable

$V_{pc1}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p1}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v1}(x_a)) + \sigma_{p2}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v2}(x_a)))$ $i := 1..5$

$V_{pc}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p3}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v3}(x_a))) + V_{pc1}(x)$ $V_{pc}(x) = 0.1628 \text{ MN}$

$V_{Ed_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + \frac{1.35}{\alpha_Q} \cdot (V_{TS_i} + V_{udl_i}) - V_{pc}(x)$

$V_{Ed2_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + 1.35 \cdot (V_{LM3_i}) - V_{pc}(x)$

$s := 200 \cdot \text{mm}$ $\phi := 10 \cdot \text{mm}$ $A_{sw} := 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2$

$V_{Rd} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z_c \cdot \cot(\theta)$ $V_{Rd} = 0.741 \text{ MN}$ $>$ $V_{Ed_i} =$ $V_{Ed2_i} =$

0.413	MN	0.295	MN
0.533		0.247	
0.557		0.342	
0.492		0.52	
0.418		0.598	

Spriahnutie $\mu := 0.7$ $c := 0$

$b_j := 0.74 \cdot \text{m}$ $\phi_j := 8 \cdot \text{mm}$ $A_{sj} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_j^2$ $A_{sw} = 1.571 \text{ cm}^2$ $A_{sj} = 2.011 \text{ cm}^2$

$\rho_j := \frac{A_{sw} + A_{sj}}{b_j \cdot s}$ $\rho_j = 2.42 \times 10^{-3}$ $V_{Rd} := \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_j) + \cos(\alpha_j))$

$v_{Ed} := \frac{V_{Ed3}}{b_j \cdot z_c}$ $v_{EdLM3} := \frac{V_{Ed25}}{b_j \cdot z_c}$ $v_{Ed} = 0.533 \text{ MPa}$ $<$ $v_{Rd} = 0.736 \text{ MPa}$
 $v_{EdLM3} = 0.573 \text{ MPa}$ $<$ $v_{Rd} = 0.736 \text{ MPa}$

Poloha $x := 8 \cdot m$ $x_a := x + 0.25 \cdot m$

Prefabrikat $V_n(x) = 0.079 \text{ MN}$ **Doska** $V_d(x) = 0.064 \text{ MN}$

Zvrsok

$V_{g1_1} := 0.09 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_2} := 0.064 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_3} := 0.044 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_4} := 0.036 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_5} := 0.035 \cdot \text{MN}$

Vozidla

$V_{TS_1} := 0.069 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_2} := 0.144 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_3} := 0.170 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_4} := 0.146 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_5} := 0.115 \cdot \text{MN}$
 $V_{udl_1} := 0.053 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_2} := 0.071 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_3} := 0.075 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_4} := 0.067 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_5} := 0.054 \cdot \text{MN}$

Zvláštna suprava

$V_{LM3_1} := 0.05 \cdot \text{MN}$ $V_{LM3_2} := 0.05 \cdot \text{MN}$ $V_{LM3_3} := 0.116 \cdot \text{MN}$
 $V_{LM3_4} := 0.251 \cdot \text{MN}$ $V_{LM3_5} := 0.33 \cdot \text{MN}$

Kable

$V_{pc1}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p1}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v1}(x_a)) + \sigma_{p2}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v2}(x_a)))$ $i := 1..5$

$V_{pc}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p3}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v3}(x_a))) + V_{pc1}(x)$ $V_{pc}(x) = 0.0314 \text{ MN}$

$V_{Ed_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + \frac{1.35}{\alpha_Q} \cdot (V_{TS_i} + V_{udl_i}) - V_{pc}(x)$

$V_{Ed2_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + 1.35 \cdot (V_{LM3_i}) - V_{pc}(x)$

$s := 200 \cdot \text{mm}$ $\phi := 10 \cdot \text{mm}$ $A_s := 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2$

$V_{Rd} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z_c \cdot \cot(\theta)$ $V_{Rd} = 0.741 \text{ MN}$ $>$ $V_{Ed_i} =$ $V_{Ed2_i} =$

0.51	MN	0.394	MN
0.614		0.359	
0.632		0.421	
0.574		0.593	
0.506		0.698	

Spriahnutie $\mu := 0.7$ $c := 0$

$b_j := 0.74 \cdot m$ $\phi_j := 8 \cdot \text{mm}$ $A_{sj} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_j^2$ $A_{sw} = 1.571 \text{ cm}^2$ $A_{sj} = 2.011 \text{ cm}^2$

$\rho_j := \frac{A_{sw} + A_{sj}}{b_j \cdot s}$ $\rho_j = 2.42 \times 10^{-3}$ $\alpha_j := 90 \cdot \text{deg}$

$v_{Ed} := \frac{V_{Ed3}}{b_j \cdot z_c}$ $v_{EdLM3} := \frac{V_{Ed2_5}}{b_j \cdot z_c}$ $v_{Rd} := \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_j) + \cos(\alpha_j))$

$v_{Ed} = 0.606 \text{ MPa}$ $<$ $v_{Rd} = 0.736 \text{ MPa}$ $v_{EdLM3} = 0.669 \text{ MPa}$ $<$ $v_{Rd} = 0.736 \text{ MPa}$

5.2.2 Nosník dĺžky 25,5 m

$$f_{ck} := 55 \cdot \text{MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} \quad f_{cd} = 31.167 \cdot \text{MPa} \quad f_{yk} := 500 \cdot \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15}$$

$$(C45/55) \quad \theta := 33 \cdot \text{deg} \quad \cot(\theta) = 1.54 \quad \nu := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot \text{MPa}} \right) \quad \nu = 0.468$$

$$\gamma_{bet} := 25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3} \quad g_{0n} := \gamma_{bet} \cdot A_{cn} \quad g_{0d} := (h_d + 30 \cdot \text{mm}) \cdot b_f \cdot \gamma_{bet} \quad h_d = 200 \cdot \text{mm}$$

$$R_{g0n} := 0.5 \cdot L_t \cdot g_{0n} \quad R_{g0d} := 0.5 \cdot L_t \cdot g_{0d} \quad g_{0n} = 10.399 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1} \quad g_{0d} = 8.338 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$V_n(x) := R_{g0n} - g_{0n} \cdot x \quad V_d(x) := R_{g0d} - g_{0d} \cdot x \quad x := 0.5 \cdot z_c \quad x = 0.705 \cdot \text{m} \quad x_a := x + a_n$$

Prefabrikat $V_n(x) = 0.123 \cdot \text{MN}$ **Doska** $V_d(x) = 0.098 \cdot \text{MN}$ $x_a = 0.955 \cdot \text{m}$

Zvrsok

$$V_{g1_1} := 0.160 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_2} := 0.090 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_3} := 0.072 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_4} := 0.069 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_5} := 0.069 \cdot \text{MN}$$

Vozidla $\alpha_Q := 0.9$

$$V_{TS_1} := 0.061 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_2} := 0.205 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_3} := 0.232 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_4} := 0.196 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_5} := 0.137 \cdot \text{MN}$$

$$V_{udl_1} := 0.052 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_2} := 0.126 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_3} := 0.136 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_4} := 0.094 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_5} := 0.068 \cdot \text{MN}$$

Zvlastna suprava

$$V_{LM3_1} := 0.01 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_2} := 0.03 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_3} := 0.118 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_4} := 0.382 \cdot \text{MN}$$

Kable

$$V_{LM3_5} := 0.566 \cdot \text{MN}$$

$$V_{pc1}(x) := 0.85 \cdot A_{k_1} \cdot (\sigma_{p1}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v1}(x_a)) + \sigma_{p2}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v2}(x_a)))$$

$$V_{pc}(x) := 0.85 \cdot A_{k_1} \cdot (\sigma_{p3}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v3}(x_a))) + V_{pc1}(x) \quad V_{pc}(x_a) = 0.249 \cdot \text{MN}$$

Dotvarovanie $V_{dot} := 30 \cdot \text{kN}$ **Nerovnomerny pokles** $V_{Gset} := 10 \cdot \text{kN}$

Teplota $V_t := 1.05 \cdot 25 \cdot \text{kN}$ $V_{pd} := V_{pc}(x_a)$ $i := 1..5$ $b_{weff} := b_w - 0.5 \cdot 50 \cdot \text{mm}$

$$V_{Ed_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + \frac{1.35}{\alpha_Q} \cdot (V_{TS_i} + V_{udl_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t$$

$$V_{Ed2_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + 1.35 \cdot (V_{LM3_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t$$

$$V_{Rdmax} := z_c \cdot b_{weff} \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot (\cot(\theta) + \tan(\theta))^{-1} \quad s_s := 100 \cdot \text{mm} \quad \phi_s := 10 \cdot \text{mm} \quad x = 0.705 \cdot \text{m}$$

$$A_{sw} := 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad V_{Rd} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z_c \cdot \cot(\theta)$$

$$V_{Rdmax} = 1.456 \cdot \text{MN}$$

$$V_{Rd} = 1.483 \cdot \text{MN}$$

>

$$V_{Ed_i} =$$

0.5	MN
0.733	
0.764	
0.643	
0.515	

$$V_{Ed2_i} =$$

0.344	MN
0.277	
0.371	
0.723	
0.972	

Spriahnutie

$$\begin{aligned} \mu &:= 0.7 \\ b_j &:= 0.74 \cdot \text{m} \quad \phi_j := 8 \cdot \text{mm} \quad A_{sj} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_j^2 \quad A_{sw} = 1.571 \text{ cm}^2 \quad A_{sj} = 2.011 \text{ cm}^2 \\ \rho_j &:= \frac{A_{sw} + A_{sj}}{b_j \cdot s} \quad \rho_j = 4.84 \times 10^{-3} \quad \alpha_j := 90 \cdot \text{deg} \\ v_{Ed} &:= \frac{V_{Ed3}}{b_j \cdot z_c} \quad v_{EdLM3} := \frac{V_{Ed25}}{b_j \cdot z_c} \quad v_{Rd} := \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_j) + \cos(\alpha_j)) \\ v_{Ed} &= 0.732 \text{ MPa} < v_{Rd} = 1.473 \text{ MPa} \quad v_{EdLM3} = 0.931 \text{ MPa} < v_{Rd} = 1.473 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Poloha

$$x := 2.0 \cdot \text{m} \quad x_a := x + a_n \quad x_a = 2.25 \text{ m}$$

Prefabrikat

$$V_n(x) = 0.109 \text{ MN} \quad \text{Doska} \quad V_d(x) = 0.088 \text{ MN}$$

Zvrsok

$$V_{g1_1} := 0.14 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_2} := 0.084 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_3} := 0.066 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_4} := 0.062 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_5} := 0.062 \cdot \text{MN}$$

Vozidla

$$\begin{aligned} V_{TS_1} &:= 0.063 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_2} := 0.182 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_3} := 0.215 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_4} := 0.185 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_5} := 0.133 \cdot \text{MN} \\ V_{udl_1} &:= 0.051 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_2} := 0.111 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_3} := 0.118 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_4} := 0.086 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_5} := 0.063 \cdot \text{MN} \end{aligned}$$

Zvláštna suprava

$$\begin{aligned} V_{LM3_1} &:= 0.01 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_2} := 0.04 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_3} := 0.119 \cdot \text{MN} \\ V_{LM3_4} &:= 0.330 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_5} := 0.487 \cdot \text{MN} \end{aligned}$$

Kable

$$\begin{aligned} V_{pc1}(x) &:= 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p1}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v1}(x_a)) + \sigma_{p2}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v2}(x_a))) \quad i := 1..5 \\ V_{pc3}(x) &:= 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p3}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v3}(x_a))) + V_{pc1}(x) \quad V_{pc}(x_a) = 0.25 \text{ MN} \quad V_{pd} := V_{pc}(x_a) \\ V_{Ed1} &:= 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + \frac{1.35}{\alpha_Q} \cdot (V_{TS_i} + V_{udl_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t \\ V_{Ed2_i} &:= 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + 1.35 \cdot (V_{LM3_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t \\ s &:= 150 \cdot \text{mm} \quad \phi_s := 10 \cdot \text{mm} \quad A_{sw} := 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \\ V_{Rds} &:= \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z_c \cdot \cot(\theta) \quad V_{Rds} = 0.989 \text{ MN} > \end{aligned}$$

$V_{Ed1} =$	$V_{Ed2_i} =$
0.441	0.284
0.634	0.249
0.67	0.331
0.571	0.61
0.459	0.822

Spriahnutie

$$\begin{aligned} \mu &:= 0.7 \quad c := 0 \\ b_j &:= 0.74 \cdot \text{m} \quad \phi_j := 8 \cdot \text{mm} \quad A_{sj} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_j^2 \quad A_{sw} = 1.571 \text{ cm}^2 \quad A_{sj} = 2.011 \text{ cm}^2 \\ \rho_j &:= \frac{A_{sw} + A_{sj}}{b_j \cdot s} \quad \rho_j = 3.227 \times 10^{-3} \quad \alpha_j := 90 \cdot \text{deg} \\ v_{Ed} &:= \frac{V_{Ed3}}{b_j \cdot z_c} \quad v_{EdLM3} := \frac{V_{Ed25}}{b_j \cdot z_c} \quad v_{Rd} := \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_j) + \cos(\alpha_j)) \\ v_{Ed} &= 0.642 \text{ MPa} < v_{Rd} = 0.982 \text{ MPa} \quad v_{EdLM3} = 0.788 \text{ MPa} < v_{Rd} = 0.982 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Poloha $x := 4.5 \cdot m$ $x_n := x + a_n$

Prefabrikat $V_n(x) = 0.083 \text{ MN}$ **Doska** $V_d(x) = 0.067 \text{ MN}$

Zvrsok

$V_{g1_1} := 0.100 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_2} := 0.07 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_3} := 0.054 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_4} := 0.05 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_5} := 0.05 \cdot \text{MN}$

Vozidla

$V_{TS_1} := 0.064 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_2} := 0.163 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_3} := 0.194 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_4} := 0.17 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_5} := 0.126 \cdot \text{MN}$

$V_{udl_1} := 0.05 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_2} := 0.089 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_3} := 0.095 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_4} := 0.075 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_5} := 0.056 \cdot \text{MN}$

Zvláštna suprava $V_{LM3_1} := 0.02 \cdot \text{MN}$ $V_{LM3_2} := 0.04 \cdot \text{MN}$ $V_{LM3_3} := 0.116 \cdot \text{MN}$
 $V_{LM3_4} := 0.279 \cdot \text{MN}$ $V_{LM3_5} := 0.396 \cdot \text{MN}$

Kable $V_{pc1}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p1}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v1}(x_a)) + \sigma_{p2}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v2}(x_a)))$ $i := 1..5$

$V_{pc}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p3}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v3}(x_a))) + V_{pc1}(x)$ $V_{pc}(x_a) = 0.251 \text{ MN}$ $V_{pc} := V_{pc}(x_a)$

$V_{Ed1} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + \frac{1.35}{\alpha_Q} \cdot (V_{TS_i} + V_{udl_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t$

$V_{Ed2_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + 1.35 \cdot (V_{LM3_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t$

$s := 200 \cdot \text{mm}$ $\phi := 10 \cdot \text{mm}$ $A_{sw} := 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2$

$V_{Rd} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z_c \cdot \cot(\theta)$ $V_{Rd} = 0.741 \text{ MN}$ $>$

V_{Ed1}	V_{Ed2_i}
0.323	0.179
0.489	0.165
0.523	0.246
0.452	0.461
0.357	0.619

MN MN

Spriahnutie $\mu := 0.7$ $c := 0$

$b_j := 0.74 \cdot m$ $\phi_j := 8 \cdot \text{mm}$ $A_{sj} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_j^2$ $A_{sw} = 1.571 \text{ cm}^2$ $A_{sj} = 2.011 \text{ cm}^2$

$\rho_j := \frac{A_{sw} + A_{sj}}{b_j \cdot s}$ $\rho_j = 2.42 \times 10^{-3}$ $\alpha_j := 90 \cdot \text{deg}$ $V_{Rd} := \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_j) + \cos(\alpha_j))$

$V_{Ed1} := \frac{V_{Ed3}}{b_j \cdot z_c}$ $V_{EdLM3} := \frac{V_{Ed2_5}}{b_j \cdot z_c}$

$v_{Ed} = 0.501 \text{ MPa}$ $<$ $v_{Rd} = 0.736 \text{ MPa}$ $v_{EdLM3} = 0.593 \text{ MPa}$ $<$ $v_{Rd} = 0.736 \text{ MPa}$

Poloha $x := 8 \cdot m$ $x_n := x + a_n$

Prefabrikat $V_n(x) = 0.047 \text{ MN}$ **Doska** $V_d(x) = 0.038 \text{ MN}$

Zvrsok

$V_{g1_1} := 0.065 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_2} := 0.052 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_3} := 0.041 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_4} := 0.037 \cdot \text{MN}$ $V_{g1_5} := 0.037 \cdot \text{MN}$

Vozidla

$V_{TS_1} := 0.058 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_2} := 0.141 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_3} := 0.164 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_4} := 0.144 \cdot \text{MN}$ $V_{TS_5} := 0.11 \cdot \text{MN}$

$V_{udl_1} := 0.039 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_2} := 0.053 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_3} := 0.056 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_4} := 0.049 \cdot \text{MN}$ $V_{udl_5} := 0.04 \cdot \text{MN}$

Zvlastna suprava $V_{LM3_1} := 0.02 \cdot MN$ $V_{LM3_2} := 0.02 \cdot MN$ $V_{LM3_3} := 0.086 \cdot MN$
 $V_{LM3_4} := 0.18 \cdot MN$ $V_{LM3_5} := 0.237 \cdot MN$

Kable $V_{pc1}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p1}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v1}(x_a)) + \sigma_{p2}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v2}(x_a)))$ $i := 1..5$
 $V_{pc}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p3}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v3}(x_a))) + V_{pc1}(x)$ $V_{pc}(x_a) = 0.031 \cdot MN$ $V_{pd} := V_{pc}(x_a)$
 $V_{Ed1} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + \frac{1.35}{\alpha_Q} \cdot (V_{TS_i} + V_{udl_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t$
 $V_{Ed2_i} := 1.35 \cdot (V_n(x) + V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + 1.35 \cdot (V_{LM3_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t$
 $s := 200 \cdot mm$ $\phi := 10 \cdot mm$ $A_{sw} := 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi^2$
 $V_{Rd} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z_c \cdot \cot(\theta)$ $V_{Rd} = 0.741 \cdot MN$ $>$ $V_{Ed1} =$ $V_{Ed2_i} =$

0.381	MN	0.263	MN
0.509		0.245	
0.533		0.319	
0.487		0.441	
0.423		0.518	

Spriahnutie $\mu := 0.7$ $c := 0$
 $b_j := 0.74 \cdot m$ $\phi_j := 8 \cdot mm$ $A_{sj} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_j^2$ $A_{sw} = 1.571 \cdot cm^2$ $A_{sj} = 2.011 \cdot cm^2$
 $\rho_j := \frac{A_{sw} + A_{sj}}{b_j \cdot s}$ $\rho_j = 2.42 \times 10^{-3}$ $\alpha_j := 90 \cdot deg$
 $V_{Ed1} := \frac{V_{Ed3}}{b_j \cdot z_c}$ $V_{EdLM3} := \frac{V_{Ed2_5}}{b_j \cdot z_c}$ $V_{Rd} := \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_j) + \cos(\alpha_j))$
 $v_{Ed} = 0.511 \cdot MPa$ $<$ $v_{Rd} = 0.736 \cdot MPa$ $v_{EdLM3} = 0.496 \cdot MPa$ $<$ $v_{Rd} = 0.736 \cdot MPa$

Poloha $x := L_n - 0.7 \cdot m$ $x = 24.8 \cdot m$ $x_a := x + a_n$ $x_a = 25.05 \cdot m$

Prefabrikat $V_n(x) = -0.128 \cdot MN$ **Doska** $V_d(x) = -0.103 \cdot MN$

Zvrsok

$V_{g1_1} := 0.121 \cdot MN$ $V_{g1_2} := 0.047 \cdot MN$ $V_{g1_3} := 0.031 \cdot MN$ $V_{g1_4} := 0.028 \cdot MN$ $V_{g1_5} := 0.03 \cdot MN$

Vozidla

$V_{TS_1} := 0.045 \cdot MN$ $V_{TS_2} := 0.2 \cdot MN$ $V_{TS_3} := 0.228 \cdot MN$ $V_{TS_4} := 0.183 \cdot MN$ $V_{TS_5} := 0.13 \cdot MN$
 $V_{udl_1} := 0.029 \cdot MN$ $V_{udl_2} := 0.101 \cdot MN$ $V_{udl_3} := 0.11 \cdot MN$ $V_{udl_4} := 0.07 \cdot MN$ $V_{udl_5} := 0.045 \cdot MN$

Zvlastna suprava $V_{LM3_1} := 0.02 \cdot MN$ $V_{LM3_2} := 0.02 \cdot MN$ $V_{LM3_3} := 0.078 \cdot MN$
 $V_{LM3_4} := 0.342 \cdot MN$ $V_{LM3_5} := 0.520 \cdot MN$

Kable $V_{pc1}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p1}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v1}(x_a)) + \sigma_{p2}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v2}(x_a)))$ $i := 1..5$
 $V_{pc}(x) := 0.85 \cdot A_{k1} \cdot (\sigma_{p3}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v3}(x_a))) + V_{pc1}(x)$ $V_{pc}(x_a) = 0.242 \cdot MN$ $V_{pd} := V_{pc}(x_a)$

$$V_{Ed_i} := 1.35 \cdot (-V_n(x) - V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + \frac{1.35}{\alpha_Q} \cdot (V_{TS_i} + V_{udl_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t$$

$$V_{Ed2_i} := 1.35 \cdot (-V_n(x) - V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + 1.35 \cdot (V_{LM3_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t$$

$$s := 150 \cdot \text{mm} \quad \phi := 10 \cdot \text{mm} \quad A_{sw} := 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2$$

$$V_{Rd_s} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z_c \cdot \cot(\theta)$$

$$V_{Rd} = 0.989 \text{ MN}$$

>

$$V_{Ed_i} =$$

0.409
0.649
0.683
0.552
0.437

MN

$$V_{Ed2_i} =$$

0.325
0.225
0.282
0.634
0.877

MN

Spriahnutie

$$\mu := 0.7 \quad c := 0$$

$$b_j := 0.74 \cdot \text{m} \quad \phi_j := 8 \cdot \text{mm} \quad A_{sj} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_j^2 \quad A_{sw} = 1.571 \text{ cm}^2 \quad A_{sj} = 2.011 \text{ cm}^2$$

$$\rho_j := \frac{A_{sw} + A_{sj}}{b_j \cdot s}$$

$$\rho_j = 3.227 \times 10^{-3}$$

$$\alpha_j := 90 \cdot \text{deg}$$

$$v_{Ed} := \frac{V_{Ed3}}{b_j \cdot z_c}$$

$$v_{EdLM3} := \frac{V_{Ed25}}{b_j \cdot z_c}$$

$$v_{Rd_j} := \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_j) + \cos(\alpha_j))$$

$$v_{Ed} = 0.655 \text{ MPa} < v_{Rd} = 0.982 \text{ MPa}$$

$$v_{EdLM3} = 0.84 \text{ MPa} < v_{Rd} = 0.982 \text{ MPa}$$

Poloha

$$x := L_n - 3.7 \cdot \text{m} \quad x = 21.8 \text{ m} \quad x_a := x + a_n \quad x_a = 22.05 \text{ m}$$

Prefabrikat

$$V_n(x) = -0.097 \text{ MN} \quad \text{Doska} \quad V_d(x) = -0.078 \text{ MN}$$

Zvrstok

$$V_{g1_1} := 0.121 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_2} := 0.047 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_3} := 0.031 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_4} := 0.028 \cdot \text{MN} \quad V_{g1_5} := 0.03 \cdot \text{MN}$$

Vozidla

$$V_{TS_1} := 0.045 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_2} := 0.163 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_3} := 0.193 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_4} := 0.161 \cdot \text{MN} \quad V_{TS_5} := 0.115 \cdot \text{MN}$$

$$V_{udl_1} := 0.027 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_2} := 0.068 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_3} := 0.075 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_4} := 0.053 \cdot \text{MN} \quad V_{udl_5} := 0.035 \cdot \text{MN}$$

Zvlastna suprava

$$V_{LM3_1} := 0.02 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_2} := 0.02 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_3} := 0.075 \cdot \text{MN}$$

$$V_{LM3_4} := 0.257 \cdot \text{MN} \quad V_{LM3_5} := 0.382 \cdot \text{MN}$$

Kable

$$V_{pc1}(x) := 0.85 \cdot A_{k_1} \cdot (\sigma_{p1}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v1}(x_a)) + \sigma_{p2}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v2}(x_a))) \quad i := 1..5$$

$$V_{pc}(x) := 0.85 \cdot A_{k_1} \cdot (\sigma_{p3}(x_a) \cdot \sin(\alpha_{v3}(x_a))) + V_{pc1}(x) \quad V_{pc}(x_a) = 0.244 \text{ MN} \quad V_{pd} := V_{pc}(x_a)$$

$$V_{Ed_i} := 1.35 \cdot (-V_n(x) - V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + \frac{1.35}{\alpha_Q} \cdot (V_{TS_i} + V_{udl_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t$$

$$V_{Ed2_i} := 1.35 \cdot (-V_n(x) - V_d(x) + V_{g1_i}) + 1.2 \cdot V_{Gset} + V_{dot} + 1.35 \cdot (V_{LM3_i}) - V_{pd} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot V_t$$

$$s := 200 \cdot \text{mm} \quad \phi := 10 \cdot \text{mm} \quad A_{sw} := 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2$$

$$V_{Rd_s} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z_c \cdot \cot(\theta)$$

$$V_{Rd} = 0.741 \text{ MN}$$

>

$$V_{Ed_i} =$$

0.328
0.467
0.501
0.416
0.323

MN

$$V_{Ed2_i} =$$

0.247
0.148
0.2
0.442
0.613

MN

Spriahnutie

$$\mu := 0.7 \quad c := 0$$

$$b_j := 0.74 \cdot \text{m} \quad \phi_j := 8 \cdot \text{mm} \quad A_{sj} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_j^2 \quad A_{sw} = 1.571 \text{ cm}^2 \quad A_{sj} = 2.011 \text{ cm}^2$$

$$\rho_j := \frac{A_{sw} + A_{sj}}{b_j \cdot s} \quad \rho_j = 2.42 \times 10^{-3} \quad \alpha_j := 90 \cdot \text{deg}$$

$$v_{Ed} := \frac{V_{Ed3}}{b_j \cdot z_c} \quad v_{EdLM3} := \frac{V_{Ed25}}{b_j \cdot z_c} \quad v_{Rd} := \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha_j) + \cos(\alpha_j))$$

$$v_{Ed} = 0.48 \text{ MPa} < v_{Rd} = 0.736 \text{ MPa} \quad v_{EdLM3} = 0.588 \text{ MPa} < v_{Rd} = 0.736 \text{ MPa}$$

6. Priechyky

6.1 Priechyky - pozdĺžny smer

$$f_{ck} := 30 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_C := 1.5 \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \quad f_{cd} = 17 \text{ MPa} \quad f_{yk} := 500 \cdot \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15}$$

Nad ložiskom fi25 mm/ 100 mm na pase 1,5 m + fi12 mm/200 mm druhy rad

$$b := 1.5 \cdot \text{m} \quad h_d := 200 \cdot \text{mm} \quad h_{dd} := 500 \cdot \text{mm} \quad h_n := 1400 \cdot \text{mm} \quad h := h_{dd} + h_d + h_n$$

$$c := 40 \cdot \text{mm} \quad \phi_{sh} := 12 \cdot \text{mm} \quad \phi_s := 25 \cdot \text{mm} \quad \phi_{sd} := 16 \cdot \text{mm} \quad c_d := 50 \cdot \text{mm}$$

$$d_1 := c + \phi_{sh} + 0.5 \cdot \phi_s \quad d_1 = 64.5 \text{ mm} \quad d_2 := h_d - c_d - \phi_{sd} - 0.5 \cdot \phi_{sh} \quad n_s := 2$$

$$d_{s1} := h - d_1 \quad d_{s2} := h - d_2 \quad A_{s1} := 1 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad A_{s2} := 1 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot (12 \cdot \text{mm})^2$$

$$A_{s1} := 15 \cdot A_{s1} \quad A_{s2} := 7.5 \cdot A_{s2} \quad F_{sd} := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{si} \cdot f_{yd}) \quad x_B := \frac{F_{sd}}{b \cdot f_{cd}} \quad x_B = 140 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} := \sum_{i=1}^{n_s} [A_{si} \cdot (d_{si} - 0.5 \cdot x_B) \cdot f_{yd}] \quad M_{Rd} = 6.994 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{G0} := 0.95 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{g1sup} := 0.753 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Gset} := 0.261 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_T := 0.74 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{udl} := 0.95 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{ch} := 0.1 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{TS} := 0.77 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{LM3} := 0.94 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed1} := 1.35 \cdot (M_{G0} + M_{g1sup}) + 1.2 \cdot M_{Gset} + 1.35 \cdot (M_{TS} + M_{udl} + M_{ch}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot M_T$$

$$M_{Ed2} := 1.35 \cdot (M_{G0} + M_{g1sup}) + 1.2 \cdot M_{Gset} + 1.35 \cdot (M_{LM3}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot M_T$$

$$M_{Ed1} = 5.735 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed2} = 4.547 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Rd} = 6.994 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Unava FLM1

$$M_{TSmax} := M_{TS} \quad M_{TSmin} := -0.2 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{udlmax} := M_{udl} \quad M_{udlmin} := -0.116 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{FLM1} := (M_{TSmax} - M_{TSmin}) \cdot 0.7 + (M_{udlmax} - M_{udlmin}) \cdot 0.3$$

$$E_{cm} := 33000 \cdot \text{MPa} \quad E_s := 200000 \cdot \text{MPa} \quad \alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad \alpha_e = 6.061$$

$$F(x_R) := x_R^2 + \frac{2}{b} \cdot x_R \cdot \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i}) - \frac{2}{b} \cdot \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot d_{s_i}) \quad x_R := 363.0 \cdot \text{mm}$$

$$I_{ir} := \frac{1}{3} \cdot b \cdot x_R^3 + \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} \left[A_{s_i} \cdot (d_{s_i} - x_R)^2 \right] \quad I_{ir} = 0.162 \text{ m}^4 \quad F(x_R) = 0.021 \text{ m}^2$$

$$\Delta \sigma_s := \alpha_e \cdot \frac{M_{FLM1}}{I_{ir}} \cdot (d_{s_1} - x_R) \quad \Delta \sigma_s = 62.5 \text{ MPa} < \Delta \sigma_{smax} := 70 \cdot \text{MPa}$$

Beton

$$M_{frqmax} := M_{G0} + M_{g1sup} + M_{Gset} + 0.75 \cdot M_{TS} + 0.4 \cdot M_{udl} + 0.5 \cdot M_T$$

$$M_{frqmin} := M_{G0} + M_{g1sup} + M_{Gset} + 0.75 \cdot M_{TSmin} + 0.4 \cdot M_{udlmin} - 0.5 \cdot M_T$$

$$\sigma_{cmax} := \frac{M_{frqmax}}{I_{ir}} \cdot x_R \quad \sigma_{cmin} := \frac{M_{frqmin}}{I_{ir}} \cdot x_R \quad \sigma_{cmax} = 7.373 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cmin} = 3.131 \text{ MPa}$$

$$s := 0.25 \quad \beta_{cc}(t) := \exp \left[s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right] \quad t_0 := 365 \quad \beta_{cc}(t_0) = 1.198$$

$$f_{cdfat} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot \text{MPa}} \right) \quad f_{cdfat} = 17.924 \text{ MPa}$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.411 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{cdmin} = 0.579$$

Mimo loziska fi22 mm/ 100 mm + fi12 mm/200 mm druhy rad

$$b := 1 \cdot \text{m} \quad h_d := 200 \cdot \text{mm} \quad h_{dd} := 500 \cdot \text{mm} \quad h_{sd} := 1400 \cdot \text{mm} \quad h := h_{dd} + h_d + h_n$$

$$c := 40 \cdot \text{mm} \quad \phi_{sh} := 12 \cdot \text{mm} \quad \phi_s := 22 \cdot \text{mm} \quad \phi_{sd} := 16 \cdot \text{mm} \quad c_d := 50 \cdot \text{mm}$$

$$d_1 := c + \phi_{sh} + 0.5 \cdot \phi_s \quad d_1 = 63 \text{ mm} \quad d_2 := h_d - c_d - \phi_{sd} - 0.5 \cdot \phi_{sh} \quad n := 2$$

$$d_{s1} := h - d_1 \quad d_{s2} := h - d_2 \quad A_{s1} := 1 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad A_{s2} := 1 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot (12 \cdot \text{mm})^2$$

$$A_{s1} := 10 \cdot A_{s1} \quad A_{s2} := 5 \cdot A_{s2} \quad F_{sd} := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot f_{yd}) \quad x_B := \frac{F_{sd}}{b \cdot f_{cd}} \quad x_B = 111.7 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} := \sum_{i=1}^{n_s} \left[A_{s_i} \cdot (d_{s_i} - 0.5 \cdot x_B) \cdot f_{yd} \right] \quad M_{Rd} = 3.745 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

z vnútra

$$M_{G0} := 0.5 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{g1sup} := 0.34 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Gset} := 0.165 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_T := 0.48 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{udl} := 0.55 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{ch} := 0.06 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{TS} := 0.52 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{LM2} := 0.71 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed1} := 1.35 \cdot (M_{G0} + M_{g1sup}) + 1.2 \cdot M_{Gset} + 1.35 \cdot (M_{TS} + M_{udl} + M_{ch}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot M_T$$

$$M_{Ed2} := 1.35 \cdot (M_{G0} + M_{g1sup}) + 1.2 \cdot M_{Gset} + 1.35 \cdot (M_{LM3}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot M_T$$

$$M_{Ed1} = 3.289 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed2} = 2.723 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Rd} = 3.745 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Unava FLM1

$$M_{TSmax} := M_{TS} \quad M_{TSmin} := -0.14 \cdot MN \cdot m \quad M_{udlmax} := M_{udl} \quad M_{udlmin} := -0.065 \cdot MN \cdot m$$

$$M_{FLM1} := (M_{TSmax} - M_{TSmin}) \cdot 0.7 + (M_{udlmax} - M_{udlmin}) \cdot 0.3$$

$$F(x_T) := x_T^2 + \frac{2}{b} \cdot x_T \cdot \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i}) - \frac{2}{b} \cdot \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot d_{s_i}) \quad x_T := 302.2 \cdot mm$$

$$I_{ir} := \frac{1}{3} \cdot b \cdot x_T^3 + \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} \left[A_{s_i} \cdot (d_{s_i} - x_T)^2 \right] \quad I_{ir} = 0.088 \cdot m^4 \quad F(x_T) = -5.446 \times 10^{-5} \cdot m^2$$

$$\Delta \sigma_s := \alpha_e \cdot \frac{M_{FLM1}}{I_{ir}} \cdot (d_{s1} - x_T) \quad \Delta \sigma_s = 77.163 \cdot MPa < \Delta \sigma_{smax} := 70 \cdot MPa$$

Beton

$$M_{frqmax} := M_{G0} + M_{g1sup} + M_{Gset} + 0.75 \cdot M_{TS} + 0.4 \cdot M_{udl} + 0.5 \cdot M_T$$

$$M_{frqmin} := M_{G0} + M_{g1sup} + M_{Gset} + 0.75 \cdot M_{TSmin} + 0.4 \cdot M_{udlmin} - 0.5 \cdot M_T$$

$$\sigma_{cmax} := \frac{M_{frqmax}}{I_{ir}} \cdot x_T \quad \sigma_{cmin} := \frac{M_{frqmin}}{I_{ir}} \cdot x_T \quad \sigma_{cmax} = 6.364 \cdot MPa \quad \sigma_{cmin} = 2.175 \cdot MPa$$

$$s := 0.25 \quad \beta_{cc}(t) := \exp \left[s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right] \quad t_0 := 365 \quad \beta_{cc}(t_0) = 1.198$$

$$f_{cdfat} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot MPa} \right) \quad f_{cdfat} = 17.924 \cdot MPa$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.355 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{cdmin} = 0.555$$

Zvonku

$$M_{G0} := 0.5 \cdot MN \cdot m \quad M_{g1sup} := 0.47 \cdot MN \cdot m \quad M_{Gset} := 0.165 \cdot MN \cdot m \quad M_T := 0.48 \cdot MN \cdot m$$

$$M_{udl} := 0.52 \cdot MN \cdot m \quad M_{ch} := 0.06 \cdot MN \cdot m \quad M_{LM3} := 0.35 \cdot MN \cdot m \quad M_{LM3} := 0.483 \cdot MN \cdot m$$

$$M_{Ed1} := 1.35 \cdot (M_{G0} + M_{g1sup}) + 1.2 \cdot M_{Gset} + 1.35 \cdot (M_{TS} + M_{udl} + M_{ch}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot M_T$$

$$M_{Ed2} := 1.35 \cdot (M_{G0} + M_{g1sup}) + 1.2 \cdot M_{Gset} + 1.35 \cdot (M_{LM3}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot M_T$$

$$M_{Ed1} = 3.195 \cdot MN \cdot m \quad M_{Ed2} = 2.592 \cdot MN \cdot m \quad M_{Rd} = 3.745 \cdot MN \cdot m$$

Unava FLM1

$$M_{TSmax} := M_{TS} \quad M_{TSmin} := -0.14 \cdot MN \cdot m \quad M_{udlmax} := M_{udl} \quad M_{udlmin} := -0.065 \cdot MN \cdot m$$

$$M_{FLM1} := (M_{TSmax} - M_{TSmin}) \cdot 0.7 + (M_{udlmax} - M_{udlmin}) \cdot 0.3$$

$$F(x_T) := x_T^2 + \frac{2}{b} \cdot x_T \cdot \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i}) - \frac{2}{b} \cdot \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot d_{s_i}) \quad x_T := 302.2 \cdot mm$$

$$I_{ir} := \frac{1}{3} \cdot b \cdot x_r^3 + \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} \left[A_{s_i} \cdot (d_{s_i} - x_r)^2 \right] \quad I_{ir} = 0.088 \text{ m}^4 \quad F(x_r) = -5.446 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\Delta \sigma_s := \alpha_e \cdot \frac{M_{FLM1}}{I_{ir}} \cdot (d_{s1} - x_r) \quad \Delta \sigma_s = 61.885 \text{ MPa} < \Delta \sigma_{smax} := 70 \cdot \text{MPa}$$

Beton

$$M_{frqmax} := M_{G0} + M_{g1sup} + M_{Gset} + 0.75 \cdot M_{TS} + 0.4 \cdot M_{udl} + 0.5 \cdot M_T$$

$$M_{frqmin} := M_{G0} + M_{g1sup} + M_{Gset} + 0.75 \cdot M_{TSmin} + 0.4 \cdot M_{udlmin} - 0.5 \cdot M_T$$

$$\sigma_{cmax} := \frac{M_{frqmax}}{I_{ir}} \cdot x_r \quad \sigma_{cmin} := \frac{M_{frqmin}}{I_{ir}} \cdot x_r \quad \sigma_{cmax} = 6.331 \text{ MPa} \quad \sigma_{cmin} = 2.621 \text{ MPa}$$

$$s := 0.25 \quad \beta_{cc}(t) := \exp \left[s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right] \quad t_0 := 365 \quad \beta_{cc}(t_0) = 1.198$$

$$f_{cdfat} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot \text{MPa}} \right) \quad f_{cdfat} = 17.924 \text{ MPa}$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.353 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{cdmin} = 0.566$$

6.2 Priečniky - priečny smer

Nad ložiskom fi22 mm/ 100 mm + fi12 mm/150 mm druhy rad

$$b := 2.3 \cdot \text{m} \quad h_d := 200 \cdot \text{mm} \quad h_{dd} := 500 \cdot \text{mm} \quad h_{nn} := 1400 \cdot \text{mm} \quad h := h_{dd} + h_d + h_n$$

$$c := 40 \cdot \text{mm} \quad \phi_{sh} := 12 \cdot \text{mm} \quad \phi_s := 22 \cdot \text{mm} \quad \phi_{sd} := 16 \cdot \text{mm} \quad c_d := 50 \cdot \text{mm} \quad n_s := 2$$

$$d_1 := c + \phi_{sh} + 0.5 \cdot \phi_s + \phi_s \quad d_1 = 85 \text{ mm} \quad d_2 := c + 0.5 \cdot \phi_{sh} \quad d_2 = 0.046 \text{ m}$$

$$d_{s1} := h - d_1 \quad d_{s2} := h - d_2 \quad A_{s1} := 1 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad A_{s2} := 1 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot (12 \cdot \text{mm})^2$$

$$A_{s1} := 22 \cdot A_{s1} \quad A_{s2} := 13 \cdot A_{s2} \quad F_{sd} := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot f_{yd}) \quad x_B := \frac{F_{sd}}{b \cdot f_{cd}} \quad x_B = 109.3 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} := \sum_{i=1}^{n_s} \left[A_{s_i} \cdot (d_{s_i} - 0.5 \cdot x_B) \cdot f_{yd} \right] \quad M_{Rd} = 8.406 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{G0} := 2.25 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{g1sup} := 1.229 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Gset} := 0.135 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_T := 0 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{udl} := 0.715 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{ch} := 0.194 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{TS} := 0.635 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{LM3} := 0.733 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed1} := 1.35 \cdot (M_{G0} + M_{g1sup}) + 1.2 \cdot M_{Gset} + 1.35 \cdot (M_{TS} + M_{udl} + M_{ch}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot M_T$$

$$M_{Ed2} := 1.35 \cdot (M_{G0} + M_{g1sup}) + 1.2 \cdot M_{Gset} + 1.35 \cdot (M_{LM3}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot M_T$$

$$M_{Ed1} = 6.943 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed2} = 5.848 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Rd} = 8.406 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Unava FLM1

$$M_{TSmax} := M_{TS} \quad M_{TSmin} := -0.435 \cdot MN \cdot m \quad M_{udlmax} := M_{udl} \quad M_{udlmin} := -0.15 \cdot MN \cdot m$$

$$M_{FLM1} := (M_{TSmax} - M_{TSmin}) \cdot 0.7 + (M_{udlmax} - M_{udlmin}) \cdot 0.3$$

$$F(x_T) := x_T^2 + \frac{2}{b} \cdot x_T \cdot \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i}) - \frac{2}{b} \cdot \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot d_{s_i}) \quad x_T := 298.7 \cdot mm$$

$$I_{ir} := \frac{1}{3} \cdot b \cdot x_T^3 + \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} \left[A_{s_i} \cdot (d_{s_i} - x_T)^2 \right] \quad I_{ir} = 0.197 m^4 \quad F(x_T) = -2.224 \times 10^{-5} m^2$$

$$\Delta \sigma := \alpha_e \cdot \frac{M_{FLM1}}{I_{ir}} \cdot (d_{s_1} - x_T) \quad \Delta \sigma_s = 53.199 MPa < \Delta \sigma_{smax} := 70 \cdot MPa$$

Beton

$$M_{frqmax} := M_{G0} + M_{g1sup} + M_{Gset} + 0.75 \cdot M_{TS} + 0.4 \cdot M_{udl} + 0.5 \cdot M_T$$

$$M_{frqmin} := M_{G0} + M_{g1sup} + M_{Gset} + 0.75 \cdot M_{TSmin} + 0.4 \cdot M_{udlmin} - 0.5 \cdot M_T$$

$$\sigma_{cmax} := \frac{M_{frqmax}}{I_{ir}} \cdot x_T \quad \sigma_{cmin} := \frac{M_{frqmin}}{I_{ir}} \cdot x_T \quad \sigma_{cmax} = 6.629 MPa \quad \sigma_{cmin} = 4.889 MPa$$

$$s := 0.25 \quad \beta_{cc}(t) := \exp \left[s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right] \quad t_0 := 365 \quad \beta_{cc}(t_0) = 1.198$$

$$f_{cdfat} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot MPa} \right) \quad f_{cdfat} = 17.924 MPa$$

$$S_{cdmax} := \frac{\sigma_{cmax}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmin} := \frac{\sigma_{cmin}}{f_{cdfat}} \quad S_{cdmax} = 0.37 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{cdmin} = 0.623$$

Medzi loziskami fi22 mm/ 100 mm + fi12 mm/150 mm druhy rad

$$b := 2.3 \cdot m \quad h_1 := 200 \cdot mm \quad h_{dd} := 500 \cdot mm \quad h_s := 1400 \cdot mm \quad h := h_{dd} + h_d + h_n$$

$$c := 45 \cdot mm \quad \phi_{sh} := 16 \cdot mm \quad \phi_s := 25 \cdot mm \quad \phi_{sd} := 16 \cdot mm \quad c_1 := 50 \cdot mm \quad n_s := 2$$

$$d_1 := c + \phi_{sh} + 0.5 \cdot \phi_s \quad d_1 = 73.5 mm \quad d_2 := c + 0.5 \cdot \phi_{sh} \quad d_2 = 0.053 m$$

$$d_{s_1} := h - d_1 \quad d_{s_2} := h - h_{dd} + d_2 \quad A_{s_1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad A_{s_2} := 0.25 \cdot \pi \cdot (20 \cdot mm)^2$$

$$A_{s_1} := 22 \cdot A_{s1} \quad A_{s_2} := 22 \cdot A_{s2} \quad d_{s_2} = 1.653 m \quad d_{s_1} = 2.026 m$$

$$F_{sd} := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot f_{yd}) \quad x_B := \frac{F_{sd}}{b \cdot f_{cd}} \quad x_B = 196.9 mm$$

$$M_{Rd} := \sum_{i=1}^{n_s} \left[A_{s_i} \cdot (d_{s_i} - 0.5 \cdot x_B) \cdot f_{yd} \right] \quad M_{Rd} = 13.724 MN \cdot m$$

$$\begin{aligned}
 M_{G0} &:= 1.621 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} & M_{g1\text{sup}} &:= 0 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} & M_{G\text{set}} &:= 0.07 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} & M_T &:= 0 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \\
 M_{\text{udl}} &:= 1.284 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} & M_{\text{ch}} &:= 0 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} & M_{\text{TS}} &:= 1.21 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} & M_{\text{LM3}} &:= 1.382 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \\
 M_{\text{Ed1}} &:= 1.35 \cdot (M_{G0} + M_{g1\text{sup}}) + 1.2 \cdot M_{G\text{set}} + 1.35 \cdot (M_{\text{TS}} + M_{\text{udl}} + M_{\text{ch}}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot M_T \\
 M_{\text{Ed2}} &:= 1.35 \cdot (M_{G0} + M_{g1\text{sup}}) + 1.2 \cdot M_{G\text{set}} + 1.35 \cdot (M_{\text{LM3}}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot M_T \\
 M_{\text{Ed1}} &= 5.639 \text{ MN} \cdot \text{m} & M_{\text{Ed2}} &= 4.138 \text{ MN} \cdot \text{m} & M_{\text{Rd}} &= 13.724 \text{ MN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

Unava FLM1

$$\begin{aligned}
 M_{\text{TSmax}} &:= M_{\text{TS}} & M_{\text{TSmin}} &:= -0.25 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} & M_{\text{udlmax}} &:= M_{\text{udl}} & M_{\text{udlmin}} &:= -0.15 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \\
 M_{\text{FLM1}} &:= (M_{\text{TSmax}} - M_{\text{TSmin}}) \cdot 0.7 + (M_{\text{udlmax}} - M_{\text{udlmin}}) \cdot 0.3 \\
 F(x_T) &:= x_T^2 + \frac{2}{b} \cdot x_T \cdot \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i}) - \frac{2}{b} \cdot \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot d_{s_i}) & x_T &:= 374.9 \cdot \text{mm} \\
 I_{\text{ir}} &:= \frac{1}{3} \cdot b \cdot x_T^3 + \alpha_e \cdot \sum_{i=1}^{n_s} \left[A_{s_i} \cdot (d_{s_i} - x_T)^2 \right] & I_{\text{ir}} &= 0.287 \text{ m}^4 & F(x_T) &= -1.203 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \\
 \Delta \sigma &:= \alpha_e \cdot \frac{M_{\text{FLM1}}}{I_{\text{ir}}} \cdot (d_{s1} - x_T) & \Delta \sigma_s &= 50.586 \text{ MPa} & & \Delta \sigma_{\text{max}} &:= 70 \cdot \text{MPa}
 \end{aligned}$$

Beton

$$\begin{aligned}
 M_{\text{frqmax}} &:= M_{G0} + M_{g1\text{sup}} + M_{G\text{set}} + 0.75 \cdot M_{\text{TS}} + 0.4 \cdot M_{\text{udl}} + 0.5 \cdot M_T \\
 M_{\text{frqmin}} &:= M_{G0} + M_{g1\text{sup}} + M_{G\text{set}} + 0.75 \cdot M_{\text{TSmin}} + 0.4 \cdot M_{\text{udlmin}} - 0.5 \cdot M_T \\
 \sigma_{\text{cmax}} &:= \frac{M_{\text{frqmax}}}{I_{\text{ir}}} \cdot x_T & \sigma_{\text{cmin}} &:= \frac{M_{\text{frqmin}}}{I_{\text{ir}}} \cdot x_T & \sigma_{\text{cmax}} &= 4.06 \text{ MPa} & \sigma_{\text{cmin}} &= 1.883 \text{ MPa} \\
 s &:= 0.25 & \beta_{\text{cc}}(t) &:= \exp \left[s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right] & t_0 &:= 365 & \beta_{\text{cc}}(t_0) &= 1.198 \\
 f_{\text{cdfat}} &:= 0.85 \cdot \frac{f_{\text{ck}}}{\gamma_C} \cdot \beta_{\text{cc}}(t_0) \cdot \left(1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250 \cdot \text{MPa}} \right) & f_{\text{cdfat}} &= 17.924 \text{ MPa} \\
 S_{\text{cdmax}} &:= \frac{\sigma_{\text{cmax}}}{f_{\text{cdfat}}} & S_{\text{cdmin}} &:= \frac{\sigma_{\text{cmin}}}{f_{\text{cdfat}}} & S_{\text{cdmax}} &= 0.227 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{\text{cdmin}} = 0.547
 \end{aligned}$$

7. Ložiska a mostné závery

7.1 Mostne závery - rozsah

$$\text{Vek betonu nosnika pri osadeni MZ} \quad t_{MZ} := 180 \quad t_{loz} := 60$$

$$L_n := 31.5 \cdot m \quad L_{n2} := 25.5 \cdot m \quad L_p := 2.3 \cdot m \quad L_{a1} := L_n - L_p \quad L_{a2} := L_{n2} - 0.5 \cdot L_p - 0.7 \cdot m$$

$$L_{dil} := 1.5 \cdot 32.4 \cdot m + 26 \cdot m \quad L_{dil} = 74.6 \cdot m \quad L_{a1} = 29.2 \cdot m \quad L_{a2} = 23.65 \cdot m$$

■ Skratenie od dotvarovania a zmrastovania

$$P_{ktm} = 2.448 \cdot MN \quad P_{tm} = 3.78 \cdot MN \quad r_{sup1} = 1.05 \quad r_{sup2} = 1.1 \quad \lambda_{p1} = 0.9 \quad \lambda_{p2} = 0.95$$

$$\sigma_{bk} := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} \cdot (\lambda_{p2} \cdot r_{sup2}) \quad \sigma_{bp} := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} \cdot \lambda_{p1} \cdot r_{sup1} \quad \sigma_{bp} = -8.41 \cdot MPa \quad \sigma_{bk} = -6.023 \cdot MPa$$

$$\Delta \varepsilon_{cr} := \frac{\sigma_{bp} + \sigma_{bk}}{E_{cm}} \cdot \Delta \phi_n \cdot 1.35 \quad \Delta \phi_n = 0.637 \quad \Delta u_{cr} := \Delta \varepsilon_{cr} \cdot (L_{a1} \cdot 1.5 + L_{a2}) \quad \Delta u_{cr} = -22 \cdot mm$$

$$A_{cd} = 0.29 \cdot m^2 \quad A_{cn} = 0.416 \cdot m^2 \quad \Delta \varepsilon_{cs} := \frac{\Delta \varepsilon_{csn} \cdot A_{cn} + \Delta \varepsilon_{csd} \cdot n_b \cdot A_{cd}}{n_b \cdot A_{cd} + A_{cn}} \quad \Delta \varepsilon_{cs} = -0.00012$$

$$\Delta u_{cs} := 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{cs} \cdot (L_{a1} \cdot 1.5 + L_{a2}) + 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{csd} \cdot (L_p \cdot 2 + 0.7 \cdot m) \quad \Delta u_{cs} = -13.9 \cdot mm$$

Teplotny pohyb

$$T_{max} := 40 \cdot K \quad T_{min} := -25 \cdot K \quad T_0 := 10 \cdot K \quad X := 20 \cdot K$$

$$T_{emax} := T_{max} + 2 \cdot K \quad T_{emin} := T_{min} + 8 \cdot K \quad \alpha_{ct} := 0.00001 \cdot K^{-1}$$

$$\Delta T_{Nexp} := T_{emax} - T_0 \quad \Delta T_{Ncon} := T_0 - T_{emin}$$

$$\Delta u_{Tcon} := (-1) \cdot (\Delta T_{Ncon} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot L_{dil} \quad \Delta u_{Tcon} = -35.1 \cdot mm$$

$$\Delta u_{Texp} := (\Delta T_{Nexp} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot L_{dil} \quad \Delta u_{Texp} = 38.8 \cdot mm$$

Brzdne sily

$$\Delta u_{lk} := 37 \cdot mm$$

Pozdlizny vietor

$$\Delta u_{wk} := 10 \cdot mm$$

Rozsah MZ

$$\Delta u_{con} := \Delta u_{Tcon} + \Delta u_{cr} + \Delta u_{cs} + \Delta u_{lk} \cdot (-1.35) \quad \Delta u_{con} = -120.9 \cdot mm$$

$$\Delta u_{exp} := \Delta u_{Texp} + \Delta u_{lk} \cdot 1.35 \quad \Delta u_{exp} = 88.7 \cdot mm$$

7.2 Ložiská

Pevné ložiska pre pozdĺžny smer sú na podpere P3 a P4. Na ostatných podperách je vždy jedno usmernené ložisko a jedno všesmerné ložisko.

7.2.1 Rozsah ložísk

Ložiska - skratenie od dotvarovania a zmrastovania

$$P_{ktm} = 2.448 \text{ MN} \quad P_{tm} = 3.78 \text{ MN} \quad r_{sup1} = 1.05 \quad r_{sup2} = 1.1 \quad \lambda_{p1} = 0.9 \quad \lambda_{p2} = 0.95$$

$$\sigma_{bk} := \frac{-P_{ktm}}{A_{ni}} \cdot (\lambda_{p2} \cdot r_{sup2}) \quad \sigma_{bp} := \frac{-P_{tm}}{A_{ni}} \cdot \lambda_{p1} \cdot r_{sup1} \quad \sigma_{bp} = -8.41 \text{ MPa} \quad \sigma_{bk} = -6.023 \text{ MPa}$$

$$\Delta \varepsilon_{crL} := \frac{\sigma_{bp} + \sigma_{bk}}{E_{cm}} \cdot \Delta \phi_{nL} \cdot 1.35 \quad \Delta \phi_{nL} = 0.978$$

$$\Delta u_{crL_1} := \Delta \varepsilon_{crL} \cdot (L_{a1} \cdot 1.5) \quad \Delta u_{crL_0} := \Delta \varepsilon_{crL} \cdot (L_{a1} \cdot 1.5 + L_{a2})$$

$$A_{cd} = 0.29 \text{ m}^2 \quad A_{cn} = 0.416 \text{ m}^2 \quad \Delta \varepsilon_{csL} := \frac{\Delta \varepsilon_{csnL} \cdot A_{cn} + \Delta \varepsilon_{csdL} \cdot n_b \cdot A_{cd}}{n_b \cdot A_{cd} + A_{cn}} \quad \Delta \varepsilon_{csL} = -0.00028$$

$$\Delta u_{csL_0} := 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{csL} \cdot (L_{a1} \cdot 1.5 + L_{a2}) + 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{csdL} \cdot (L_p \cdot 2 + 0.7 \cdot \text{m})$$

$$\Delta u_{csL_1} := 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{csL} \cdot (L_{a1} \cdot 1.5) + 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{csdL} \cdot (L_p \cdot 1 + 0.7 \cdot \text{m})$$

$$\Delta u_{crL} = \begin{pmatrix} -33.8 \\ -22 \end{pmatrix} \text{ mm} \quad \Delta u_{csL} = \begin{pmatrix} -33.9 \\ -21.7 \end{pmatrix} \text{ mm}$$

$$\Delta u_{TconL_0} := (-1) \cdot (\Delta T_{Ncon} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot L_{dil} \quad \Delta u_{TconL_1} := (-1) \cdot (\Delta T_{Ncon} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot (L_{dil} - 25.5 \cdot \text{m})$$

$$\Delta u_{TexpL_0} := (\Delta T_{Nexp} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot L_{dil} \quad \Delta u_{TexpL_1} := (\Delta T_{Nexp} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot (L_{dil} - 25.5 \cdot \text{m})$$

$$\Delta u_{TconL} = \begin{pmatrix} -35.1 \\ -23.1 \end{pmatrix} \text{ mm} \quad \Delta u_{TexpL} = \begin{pmatrix} 38.8 \\ 25.5 \end{pmatrix} \text{ mm}$$

Brzdne sily $\Delta u_{lk} := 37 \cdot \text{mm}$

Rozsah Ložísk $i := 0..1$

$$\Delta u_{conL} := \Delta u_{TconL} + \Delta u_{crL} + \Delta u_{csL} + \Delta u_{lk} \cdot (-1.35) \quad \Delta u_{conL} = \begin{pmatrix} -152.7 \\ -116.7 \end{pmatrix} \text{ mm}$$

$$\Delta u_{expL} := \Delta u_{TexpL} + \Delta u_{lk} \cdot 1.35 \quad \Delta u_{expL} = \begin{pmatrix} 88.7 \\ 75.5 \end{pmatrix} \text{ mm}$$

7.2.2 Reakcie v ložiskách pre trvale návrhové situácie

R_{max}	opora 1							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1.35	1658	1658	2238	1658	1658	2238
G_{1k}	1	1.35	312	312	421	318	318	429
G_{set}	1	1.2	44	44	53	44	44	53
R_{dot}	1	1	130	130	130	130	130	130
R_{tep}	0.6	1.5	128	77	115	124	74	112
R_{udl}	1	1.35	406	406	548	414	414	559
R_{ts}	1	1.35	838	838	1131	848	848	1145
R_{ch}	1	1.35	40	40	54	40	40	54
R_w	0.6	1.5	35	21	32	35	21	32
spolu [kN]				3526	4722		3547	4751

R_{max}	podpera P2							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1.35	3707	3707	5004	3623	3623	4891
G_{1k}	1	1.35	996	996	1345	985	985	1330
G_{set}	1	1.2	129	129	155	109	109	131
R_{dot}	0	1	-130	0	0	-130	0	0
R_{tep}	0.6	1.5	179	107.4	161	122	73.2	110
R_{udl}	1	1.35	1081	1081	1459	1089	1089	1470
R_{ts}	1	1.35	848	848	1145	861	861	1162
R_{ch}	1	1.35	98	98	132	98	98	132
R_w	0.6	1.5	72	43.2	65	72	43.2	65
spolu [kN]				7010	9466		6881	9291

R_{max}	podpera P3							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1.35	3680	3680	4968	3646	3646	4922
G_{1k}	1	1.35	984	984	1328	980	980	1323
G_{set}	1	1.2	161	161	193	140	140	168
R_{dot}	0	1	0	0	0	0	0	0
R_{tep}	0.6	1.5	0	0	0	49	29.4	44
R_{udl}	1	1.35	1150	1150	1553	1150	1150	1553
R_{ts}	1	1.35	848	848	1145	863	863	1165
R_{ch}	1	1.35	105	105	142	105	105	142
R_w	0.6	1.5	72	43.2	65	72	43.2	65
spolu [kN]				6971	9393		6957	9381

R_{\max}	podpera P4							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1.35	3674	3674	4960	3672	3672	4957
G_{1k}	1	1.35	984	984	1328	980	980	1323
G_{set}	1	1.2	159	159	191	142	142	170
R_{dot}	0	1	0	0	0	0	0	0
R_{tep}	0.6	1.5	5	3	5	45	27	41
R_{udl}	1	1.35	1164	1164	1571	1153	1153	1557
R_{ts}	1	1.35	847	847	1143	863	863	1165
R_{ch}	1	1.35	105	105	142	105	105	142
R_w	0.6	1.5	72	43.2	65	72	43.2	65
spolu [kN]				6979	9405		6985	9419

R_{\max}	podpera P5							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1.35	3692	3692	4984	3646	3646	4922
G_{1k}	1	1.35	994	994	1342	980	980	1323
G_{set}	1	1.2	122	122	146	113	113	136
R_{dot}	0	1	-125	0	0	-125	0	0
R_{tep}	0.6	1.5	167	100.2	150	133	79.8	120
R_{udl}	1	1.35	1099	1099	1484	1095	1095	1478
R_{ts}	1	1.35	849	849	1146	888	888	1199
R_{ch}	1	1.35	99	99	134	99	99	134
R_w	0.6	1.5	72	43.2	65	72	43.2	65
spolu [kN]				6998	9451		6944	9376

R_{\max}	opora 6							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1.35	1658	1658	2238	1658	1658	2238
G_{1k}	1	1.35	320	320	432	320	320	432
G_{set}	1	1.2	44	44	53	44	44	53
R_{dot}	1	1	130	130	130	130	130	130
R_{tep}	0.6	1.5	136	82	122	115	69	104
R_{udl}	1	1.35	407	407	549	410	410	554
R_{ts}	1	1.35	844	844	1139	852	852	1150
R_{ch}	1	1.35	40	40	54	40	40	54
R_w	0.6	1.5	35	21	32	35	21	32
spolu [kN]				3546	4750		3544	4746

R_{min}	opora 1							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1	1333	1333	1333	1352	1352	1352
G_{1k}	1	1	230	230	230	234	234	234
G_{set}	-1	1.2	44	-44	-53	44	-44	-53
R_{dot}	0	1	130	0	0	130	0	0
R_{tep}	-0.6	1.5	128	-77	-115	124	-74	-112
R_{udl}	1	1.35	-66	-66	-89	-66	-66	-89
R_{ts}	1	1.35	-75	-75	-101	-75	-75	-101
R_{ch}	1	1.35	-6	-6	-8	-6	-6	-8
R_w	-0.6	1.5	35	-21	-32	35	-21	-32
spolu [kN]			1274			1165		
						1300		
						1192		

R_{min}	podpera P2							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1	3368	3368	3368	3368	3368	3368
G_{1k}	1	1	750	750	750	743	743	743
G_{set}	-1	1.2	129	-129	-155	109	-109	-131
R_{dot}	1	1	-130	-130	-130	-130	-130	-130
R_{tep}	-0.6	1.5	179	-107.4	-161	122	-73.2	-110
R_{udl}	1	1.35	-82	-82	-111	-82	-82	-111
R_{ts}	1	1.35	-95	-95	-128	-95	-95	-128
R_{ch}	1	1.35	-8	-8	-11	-8	-8	-11
R_w	-0.6	1.5	72	-43.2	-65	72	-43.2	-65
spolu [kN]			3523			3358		
						3571		
						3426		

R_{min}	podpera P3							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1	3646	3646	3646	3594	3594	3594
G_{1k}	1	1	742	742	742	737	737	737
G_{set}	-1	1.2	129	-129	-155	109	-109	-131
R_{dot}	1	1	0	0	0	0	0	0
R_{tep}	-0.6	1.5	0	0	0	49	-29.4	-44
R_{udl}	1	1.35	-134	-134	-181	-134	-134	-181
R_{ts}	1	1.35	-94	-94	-127	-94	-94	-127
R_{ch}	1	1.35	-13	-13	-18	-13	-13	-18
R_w	-0.6	1.5	72	-43.2	-65	72	-43.2	-65
spolu [kN]			3975			3843		
						3908		
						3766		

R_{min}	podpera P4							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1	3559	3559	3559	3607	3607	3607
G_{1k}	1	1	741	741	741	737	737	737
G_{set}	-1	1.2	159	-159	-191	142	-142	-170
R_{dot}	1	1	0	0	0	0	0	0
R_{tep}	-0.6	1.5	5	-3	-5	45	-27	-41
R_{udl}	1	1.35	-133	-133	-180	-133	-133	-180
R_{ts}	1	1.35	-94	-94	-127	-94	-94	-127
R_{ch}	1	1.35	-13	-13	-18	-13	-13	-18
R_w	-0.6	1.5	72	-43.2	-65	72	-43.2	-65
spolu [kN]				3855	3716		3892	3744

R_{min}	podpera P5							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1	3368	3368	3368	3368	3368	3368
G_{1k}	1	1	749	749	749	745	745	745
G_{set}	-1	1.2	122	-122	-146	113	-113	-136
R_{dot}	1	1	-125	-125	-125	-125	-125	-125
R_{tep}	-0.6	1.5	167	-100.2	-150	133	-79.8	-120
R_{udl}	1	1.35	-80	-80	-108	-80	-80	-108
R_{ts}	1	1.35	-93	-93	-126	-93	-93	-126
R_{ch}	1	1.35	-8	-8	-11	-8	-8	-11
R_w	-0.6	1.5	72	-43.2	-65	72	-43.2	-65
spolu [kN]				3546	3386		3571	3424

R_{min}	opora 6							
zaťaženie	psi	gama	pravé			ľavé		
			R_k	R_{Ek}	R_{Ed}	R_k	R_{Ek}	R_{Ed}
G_0	1	1	1353	1353	1353	1343	1343	1343
G_{1k}	1	1	236	236	236	228	228	228
G_{set}	-1	1.2	44	-44	-53	44	-44	-53
R_{dot}	0	1	130	0	0	130	0	0
R_{tep}	-0.6	1.5	136	-82	-122	115	-69	-104
R_{udl}	1	1.35	-66	-66	-89	-66	-66	-89
R_{ts}	1	1.35	-75	-75	-101	-75	-75	-101
R_{ch}	1	1.35	-6	-6	-8	-6	-6	-8
R_w	-0.6	1.5	35	-21	-32	35	-21	-32
spolu [kN]				1295	1184		1290	1185

Súhrn reakcií pre trvalé návrhové situácie

R_{max}	Kombinácie s LM1					
podpera	pravé			ľavé		
		R_{Ek}	R_{Ed}		R_{Ek}	R_{Ed}
Opora 1	spolu [kN]	3526	4722		3547	4751
P2	spolu [kN]	7010	9466		6881	9291
P3	spolu [kN]	6971	9393		6957	9381
P4	spolu [kN]	6979	9405		6985	9419
P5	spolu [kN]	6998	9451		6944	9376
Opora 6	spolu [kN]	3546	4750		3544	4746

R_{min}	Kombinácie s LM1					
podpera	pravé			ľavé		
		R_{Ek}	R_{Ed}		R_{Ek}	R_{Ed}
Opora 1	spolu [kN]	1274	1165		1300	1192
P2	spolu [kN]	3523	3358		3571	3426
P3	spolu [kN]	3975	3843		3908	3766
P4	spolu [kN]	3855	3716		3892	3744
P5	spolu [kN]	3546	3386		3571	3424
Opora 6	spolu [kN]	1295	1184		1290	1185

R_{max}	Kombinácie s LM3					
podpera	pravé			ľavé		
		R_{Ek}	R_{Ed}		R_{Ek}	R_{Ed}
Opora 1	spolu [kN]	3260	4363		3263	4368
P2	spolu [kN]	6607	8922		6457	8719
P3	spolu [kN]	6502	8760		6473	8728
P4	spolu [kN]	6506	8766		6507	8774
P5	spolu [kN]	6570	8873		6481	8751
Opora 6	spolu [kN]	3288	4402		3275	4383

R_{min}	Kombinácie s LM3					
podpera	pravé			ľavé		
		R_{Ek}	R_{Ed}		R_{Ek}	R_{Ed}
Opora 1	spolu [kN]	1261	1148		1287	1174
P2	spolu [kN]	3498	3324		3546	3392
P3	spolu [kN]	4003	3881		3936	3804
P4	spolu [kN]	3884	3755		3921	3783
P5	spolu [kN]	3522	3354		3547	3391
Opora 6	spolu [kN]	1282	1166		1277	1167

Vodorovné sily na ložiskách v [kN] – charakteristické hodnoty

zaťaženie	smer	Opora 1		Podpera P2		Podpera P3		Podpera P4		Podpera P5		Opora 6	
		P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
brzdne	X1					192	192	192	192				
	X2												
odstredivé	X1												
	X2	51		51		51		51		51		51	
vietor	X1					70	70	70	70				
	X2	92		230		230		230		230		92	
teplota 10C	X1												
	X2					9	9	9	9				

7.2.3 Reakcie v ložiskách pre seizmické návrhové situácie

Zaťaž. Stav	Opora 1 [kN]			Podpera P2 [kN]		
	Pravé		Ľavé	Pravé		Ľavé
	X3	X2	X3	X3	X2	X3
K1						
K2						
K3						
K4						
K5	1257	982	2077	4385	-947	4888
K6	2051	-966	1271	4990	948	4295
K7	1273	937	2061	4394	-976	4902
K8	2067	-1011	1256	4998	919	4309

Zaťaž. Stav	Podpera P3 [kN]				
	Pravé			Ľavé	
	X3	X2	X1	X3	X1
K1	4558	-203	408	4654	384
K2	4756	307	355	4458	436
K3	4590	-324	-357	4713	-433
K4	4590	-324	-357	4516	-381
K5	4339	-841	201		
K6	4997	860	27		
K7	4349	-877	-28		
K8	5006	824	-203		

Zaťaž. Stav	Podpera P4 [kN]				
	Pravé			Ľavé	
	X3	X2	X1	X3	X1
K1	4592	-142	352	4708	441
K2	4792	373	402	4514	391
K3	4542	-376	-404	4667	-387
K4	4742	139	-355	4473	-437
K5	4341	-824	30		
K6	5008	891	195		
K7	4326	-894	-197		
K8	4993	821	-32		

Zaťaž. Stav	Podpera P5 [kN]			Opora 6 [kN]		
	P		L	P		L
	X3	X2	X3	X3	X2	X3
K1						
K2						
K3						
K4						
K5	4375	-947	4925	1259	983	2070
K6	4985	890	4329	2080	-1020	1255
K7	4357	-872	4903	1271	1024	2057
K8	4967	965	4307	2092	-979	1242

Legenda: reakcie X1 – pozdĺžny smer mosta, X2 – priečny smer mosta, X3 – zvislý smer

Literatúra

- [1] STN EN 1990 Zásady navrhovania
- [2] STN EN 1990/A2 Zásady navrhovania, Príloha A2 Mosty
- [3] STN EN 1991-1-1 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-1: Všeobecné zaťaženia – Objemové tiaže, úžitkové zaťaženia pre budovy
- [4] STN EN 1991-1-4 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-4: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia vetrom
- [5] STN EN 1991-1-5 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-5: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia teplom
- [6] STN EN 1991-1-6 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-6: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia počas výstavby
- [7] STN EN 1991-2 Zaťaženia konštrukcií – časť 2: Zaťaženia dopravou na mostoch
- [8] STN EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií – časť 1-1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy
- [9] STN EN 1992-2 Navrhovanie betónových konštrukcií – časť 2: Betónové mosty – Návrh a konštrukčné zásady
- [10] STN EN 206-1 Betón, špecifikácia, pôsobenie, výroba a zhoda
- [11] Príslušné národné prílohy k Eurokódom

v Bratislava 15.5.2014

Prof.Ing.Jaroslav Halvonik,PhD.

Statický výpočet nosnej konštrukcie mosta

Diaľničný privádzač Lietavská Lúčka - Žilina

obj.201-00, Most nad údolím v km 2,450

Seizmické posúdenie konštrukcie

Vypracoval:

prof. Ing. Jaroslav Halvonik, PhD.
Ing. Viktor Borzovič, PhD.

Bratislava, máj 2014

Obsah

Úvod	2
1. Popis konštrukcie mostného objektu	2
2. Seizmická analýza konštrukcie a výpočtový model.....	4
3. Zaťaženie	5
3.1 Vlastná tiaž.....	5
3.2 Vozovka	5
3.3 Rímky a mostné príslušenstvo	5
3.4 Premenné zaťaženie.....	5
3.5 Seizmické zaťaženie.....	5
3.6 Kombinácie zaťažení	6
4. Výpočet vnútorných síl a overenie odolnosti pilierov.....	6
4.1 Vnútorné sily.....	6
4.2 Návrhové hodnoty zaťaženia v päte piliera.....	7
5. Ohybová a šmyková odolnosť.....	8
5.1 Betón.....	8
5.2 Betonárska výstuž.....	8
5.3 Vystuženie odolnosť pilierov	9
5.3.1 Pilier P3,P4	11
5.3.2 Pilier P2,P5	16
5.3.3 Šmyk	18
Literatúra	9

Úvod

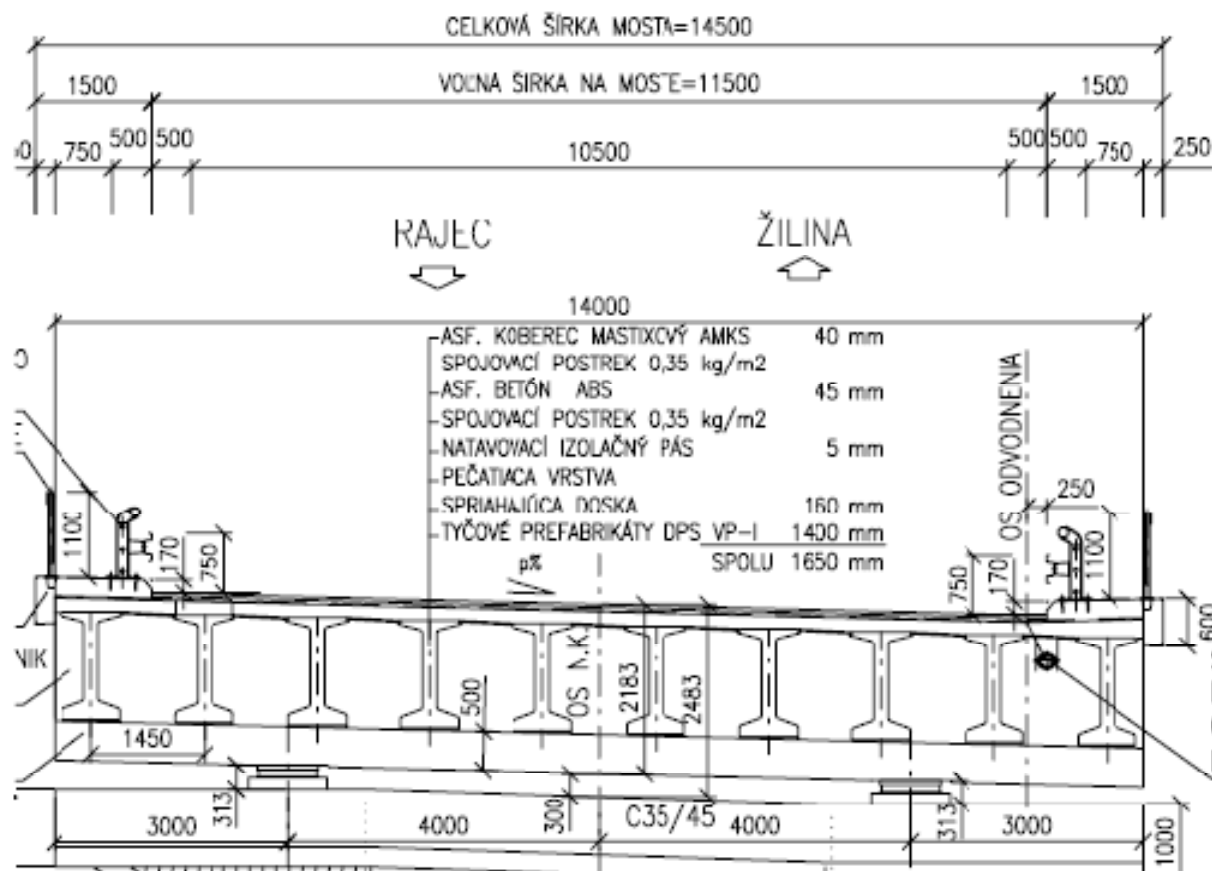
Predmetom statického výpočtu je overenie odolnosti mostných pilierov objektu č. 201-00 na účinky seizmického zaťaženia a výpočet vnútorných síl na základy od seizmického zaťaženia.

1 Popis konštrukcie mostného objektu

Objekt 201-00 predstavuje 5 polový most s rozpätiami polí 26 m + 3 × 32,4 + 26 m. Celková dĺžka hornej stavby mosta je 151,2 m. Most je pôdorysne zakrivený s minimálnym polomerom 950 m. Most je navrhnutý z tyčových prefabrikátov výšky 1,4 m spriahnutých s mostovkovou doskou hrúbky 200 mm. Spojitosť systému je zabezpečená železobetónový priečnikmi šírky 2,3m. Výška priečnika je $1,4+0,2+0,5\text{m} = 2,10\text{m}$. V priečnom reze mosta je 10 nosníkov s osovou vzdialenosťou 1,45 m. Celková šírka mosta je 14 m. Šírkové usporiadanie mosta je na obr.1.1. Nosníky sú navrhnuté z betónu pevnostnej triedy C55/67. Monolitická doska a priečniky z betónu C30/37. Ako predpínacie jednotky sú uvažované stabilizované laná $\phi\text{Ls}15,7/1860$ MPa a štvorlanové káble z rovnakých lán. Nad každou podperou je most uložený na dvojici ložísk. Osová vzdialenosť ložísk v priečnom smere je 8 m. Vyloženie priečnika je symetrické 3 m, pozri obr.1.1.

Spodnú stavbu mosta tvoria 4 piliere a dve opory. Piliere P3 a P4 majú výšku 20 m a majú premenný priečny rez s veľkosťou $6,0 \times 2,1$ m v päte piliera a $6,0 \times 1,5$ m vo vzdialenosti 8,5 m od päty piliera, pozri obr.1.2, obr.1.3. Zmenšený prierez piliera potom ostáva až po zväčšenú hlavicu piliera, ktorá má výšku 1,0 m a pôdorysný rozmer $14,0 \times 2,3$ m. Piliere P2

a P4 majú výšku 14,0 m a konštantný rozmer prierezu $6,0 \times 1,5$ m, obr.1.3. Hlavica pilierov je rovnaká ako u P3 a P4. Piliere sú navrhnuté z betónu C35/45.

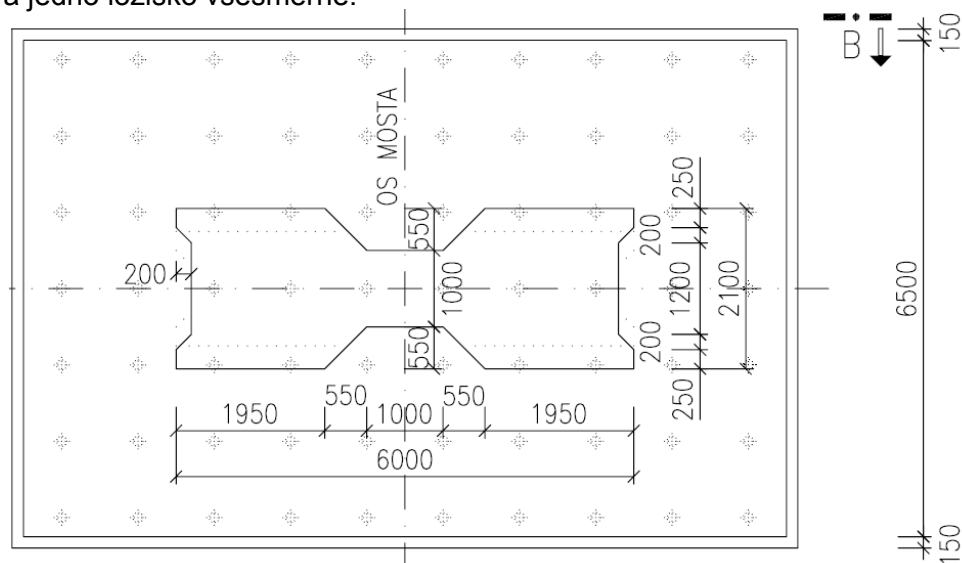


Obr.1.1 Šírkové usporiadanie mosta

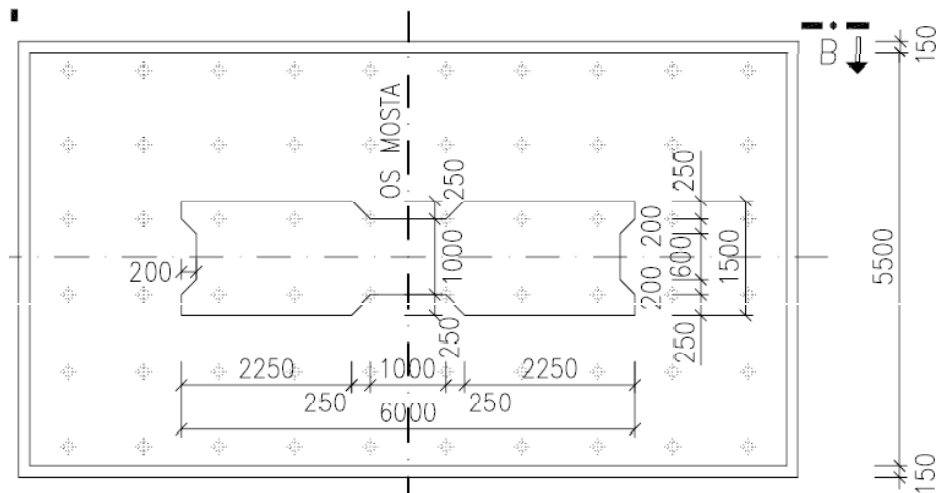
Piliere sú votknuté do základových dosiek hrúbky 2 m a pôdorysných rozmerov $6,5 \times 10$ m pri pilieroch P3 a P4, resp. $5,5 \times 10$ m pri pilieroch P2 a P4. Základové dosky sú založené na mikropilótach. Betón základových dosiek je C30/37. Opora P1 je riešená ako úložný prah s výškou prierezu 2 m, šírkou 14 m a dĺžkou 3,1 m. Do opory je votknutá dvojica stenových krídiel, ktoré majú hrúbku steny 1,25 m. Opora je založená na mikropilótach. Opora P6 je kvôli veľmi strmému svahovitému terénu založená s troma odskokmi výškovej úrovne základovej škáry. Základ má hrúbku 1,5 m a šírku 5,3 m. Časť úložného prahu je prepojená so základom prostredníctvom stien hrubých 0,6 a 0,4 m a vysokými 4,2 a 1,8 m. Steny sa nachádzajú v 1,7 metrových vzdialenostiach a sú vzájomne prepojené uzatváracou stenkou. Opora má dve stenové krídla hrubé 0,6 m. Na ľavé krídlo sa napája uholníkový členený oporný múr, ktorý je ale od opory dilatovaný. Oporný múr sa skladá z troch 5,25 m dlhých samostatných častí s výškami 5,0 - 6,5 - 8,0 m. Základ oporného múru je premenný podľa výšky oporného múru a jeho šírka činí 4,4 - 3,6 - 2,8 m. Výstužné steny majú hrúbku 0,4 m, čelo oporného múru má hrúbku 0,6 m a základ 1,0 m pri najvyššej a 0,8 m pri dvoch nižších častiach. Opora ako aj oporné múry sú založené na mikropilótach. Pod oporu sú mikropiloty vzájomne vzdialené 1,0 m v priečnom smere. V smere osi mosta sa pod základom nachádzajú 4 rady mikropilot vo vzdialenostiach 1,4 a 1,5 metra. V časti opory, kde je úložný prah položený priamo na teréne sa nachádzajú 3 rady mikropilot vzdialené vzájomne 1,1 m.

Pod oporným múrom sa nachádzajú 3 rady mikropilot, pričom ich vzdialenosť v smere osi mosta je 0,9 m.

Usporiadanie ložísk je nasledovné. Pevné ložiska pre pohyb v pozdĺžnom smere mosta sú na pilieroch P3 a P4. Na ostatných pilieroch a oporách je vždy jedno ložisko usmernené a jedno ložisko všesmerné.



Obr.1.2 Základová doska a priečny rez pilierov P3 a P4



Obr.1.3 Základová doska a priečny rez pilierov P2 a P5

2. Seizmická analýza konštrukcie a výpočtový model

Analýza konštrukcie bola urobená v zmysle noriem [1] STN EN 1998-1 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť, časť 1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy ; [2] STN EN 1998-2 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť časť 2: Mosty a [3] STN EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií, časť 1-1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy. Seizmické zrýchlenie podlažia bolo prevzaté z NA normy [1].

Výpočtový model konštrukcie bol vytvorený z prútových prvkov (predpäté nosníky, piliere) a dosko-stenových prvkov (mostovková doska, základové dosky a opory) v programe STRAP. Pri analýze seizmických účinkov sa uvažovalo s nahradením mikropilót pružinovými konštantami, ktoré zohľadňujú zvýšenú tuhosť podlažia. Moduly pružnosti betónov boli uvažované v súlade s [3], t.j. pre betón triedy C55/67 $E_{cm} = 38000$ MPa, pre betón C35/45 $E_{cm} = 34000$ MPa a pre betón C30/37 $E_{cm} = 33000$ MPa.

3. Zaťaženie

3.1 Vlastná tiaž (G_0)

Vlastná tiaž konštrukcie bola počítaná s objemovou tiažou železobetónu a predpätého betónu $\gamma_{\text{con}} = 25 \text{ kN/m}^3$.

$$g_{\text{N0k}} = \gamma_{\text{con}} A_{\text{cN}} = 25 \cdot 0,416 = 10,4 \text{ kN/m (prefabrikovaný nosník)}$$

Doska

$$g_{\text{D0k}} = \gamma_{\text{pc}} (h_{\text{d}} + 0,03) \cdot b_{\text{d}} = 25 \cdot (0,2 + 0,03) \cdot (1,45/2 + 0,475) = 6,9 \text{ kN/m (krajný nosník)}$$

$$g_{\text{D0k}} = \gamma_{\text{pc}} (h_{\text{d}} + 0,03) \cdot b_{\text{d}} = 25 \cdot (0,2 + 0,03) \cdot 1,45 = 8,35 \text{ kN/m (vnútorné nosníky)}$$

3.2 Vozovka (G_{11})

Hrúbka vozovky bola uvažovaná 90 mm s objemovou tiažou asfaltobetónu $\gamma_{\text{ab}} = 24 \text{ kN/m}^3$.

$$g_{11\text{ma}} = 0,09 \cdot 24,0 = 2,16 \text{ kN/m}^2 \rightarrow g_{11\text{m}} = 11,50 \cdot 2,16 = 24,84 \text{ kN/m}$$

$$g_{11\text{k,sup}} = 1,4 \cdot g_{11\text{m}} = 34,8 \text{ kN/m} ; g_{11\text{k,inf}} = 0,8 \cdot g_{11\text{m}} = 19,9 \text{ kN/m}$$

3.3 Rímsy a mostné príslušenstvo (G_{12})

Plocha betónových rím: $A_{\text{c1}} = 0,475 \text{ m}^2$; $A_{\text{c2}} = 0,475 \text{ m}^2$; objemová tiaž ŽB: $\gamma_{\text{fc}} = 25 \text{ kN/m}^3$
zvodidlá: 0,8 kN/m ; zábradlie: 0,5 kN/m

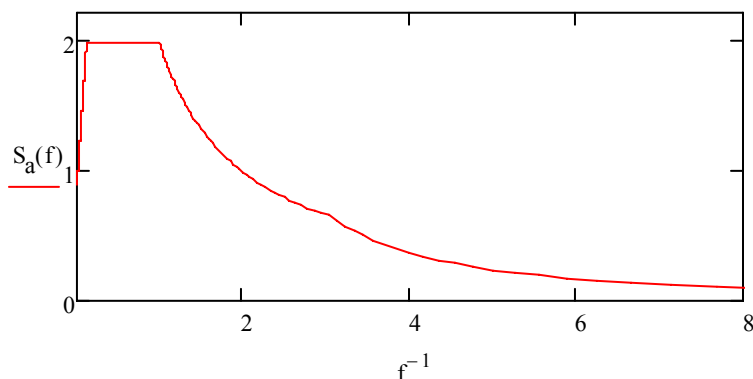
$$g_{12\text{k}} = 25 \cdot 0 \cdot (0,475 + 0,475) + 2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,5 = 26,35 \text{ kN/m}$$

3.4 Premenné zaťaženia

Premenným zaťažením od dopravy, vetra pri výpočte účinkov od seizmického zaťaženia nie je potrebné uvažovať, t.j. $\psi_2 = 0$. Rovnako účinky nepriamych zaťažení od poklesu podpier, teploty, zmrašťovania a dotvarovania betónu nie je potrebné uvažovať v seizmických návrhových kombináciách, pozri STN EN 1998-2.

3.5 Seizmické zaťaženie

Vodorovné zaťaženie od seizmických účinkov bolo generované programom Strap. Na určenie vodorovného zaťaženia od seizmických účinkov bol použitý pružno-lineárny viactvarový výpočet s uvažovaním návrhového spektra odozvy. Návrhové spektrá odozvy boli určené podľa STN EN 1998-1/NA, pričom sa uvažovalo s nasledujúcimi vstupnými údajmi:



Obr.3 Návrhové spektrum odozvy pre kategóriu podlažia C

Boli predpokladané nasledujúce parametre pre seizmickú analýzu:

- Referenčné seizmické zrýchlenie a_{gR} pre kategóriu podložia A: $a_r = 0,63 \text{ m/s}^2$
- Kategória podložia: **C**
- Návrhové seizmické zrýchlenie : $a_g = 1,25 \cdot a_r = 0,788 \text{ m/s}^2$
- Súčiniteľ významnosti pre triedu dôležitosti CC2: $\gamma = 1,0$

Kde: $S_a(f)$ – návrhové spektrum odozvy – horizontálny smer
 f – frekvencia a f^{-1} je perióda T

3.6 Kombinácie zaťažení

Návrhové kombinácie s uvažovaním seizmického zaťaženia boli vypočítané s použitím nasledujúcich kombinácií zaťažení:

$$\gamma_G(G_{0k} + G_{1k,sup}) + \gamma(\pm A_{E,priec} \pm 0,30 \cdot A_{E,pozdl})$$

$$\gamma_G(G_{0k} + G_{1k,sup}) + \gamma(\pm 0,30 \cdot A_{E,priec} \pm A_{E,pozdl})$$

Kde: G_{0k} sú účinky od vlastnej tiaže konštrukcie;

$G_{1k,sup}$ – účinky od tiaže zvršku horný fraktíl;

$A_{E,pozdl}$ – účinky seizmického zaťaženia v pozdĺžnom smere;

$A_{E,priec}$ – účinky seizmického zaťaženia v priečnom smere;

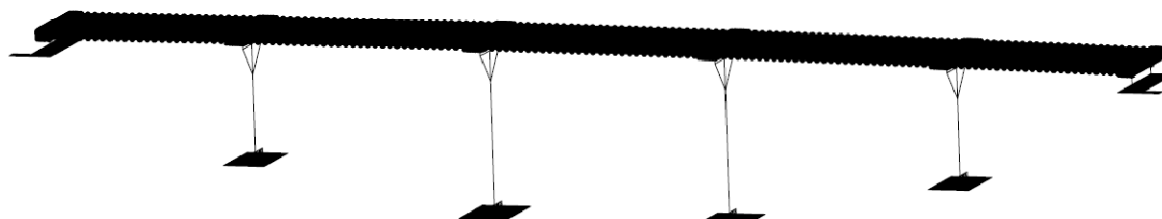
γ_G – parciálny súčiniteľ spoľahlivosti stáleho zaťaženia $\gamma_G = 1,0$;

γ – súčiniteľ významnosti konštrukcie, $\gamma = 1,0$.

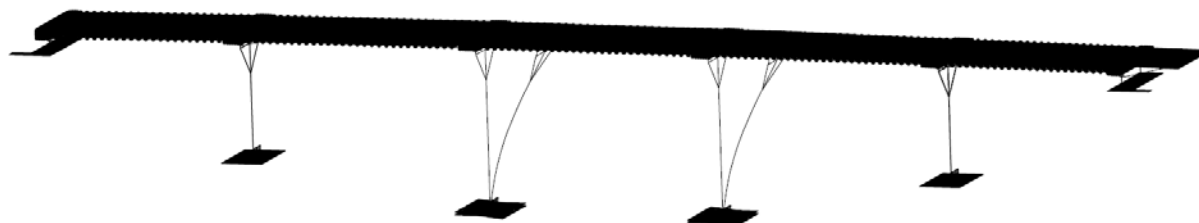
4. Výpočet vnútorných síl a overenie odolnosti pilierov

4.1 Vnútorné sily

Na výpočet vnútorných síl bol použitý program pracujúci metódou konečných prvkov *STRAP*. Rozhodujúce sily pre overenie ohybovej odolnosti pilierov sú zhrnuté v tab.4.3 až tab.4.6. Sily boli vypočítané so súčiniteľom správania $q = 1,0$ pre všetky podpery.



Obr.4.1 Model mosta použitý pre dynamickú analýzu



Obr.4.2 Prvý vlastný tvar kmitania mosta

Tab.4.1 Frekvencie a periódy vlastného kmitania mosta

MODAL DATA : Eigenvalues				
Mode No.	Eigenvalue (Omega**2)	Natural Frequency	Period	Max translation Node-DOF
1	6.138	0.3943	2.53606	447-1
2	70.811	1.3393	0.74667	5278-2
3	146.093	1.9237	0.51983	1020-1
4	148.431	1.9390	0.51572	1096-1
5	347.611	2.9673	0.33700	249-3
6	351.849	2.9854	0.33497	8968-2
7	534.877	3.6808	0.27168	257-3
8	836.506	4.6031	0.21724	249-3
9	1020.267	5.0837	0.19671	249-3
10	1099.799	5.2781	0.18946	250-3

4.2 Návrhové hodnoty zaťaženia v päte pilierov

Výrobné imperfekcie z nepresnosti osadenia ložiska boli uvažované $e_{i2} = \pm 30 \text{ mm}$ a z nepresnosti výstavby hodnotou e_{i1} .

$$e_{i1} = \frac{2}{\sqrt{\ell_p}} \theta_0 \cdot \ell_p \quad \text{Kde: } \theta_0 = 1/200 \text{ rad}$$

ℓ_p – dĺžka piliera bez náliatku

Tab.4.2 Výrobné imperfekcie pilierov

Pilier		P2	P3	P4	P5
Dĺžka ℓ_p	[m]	14	20,0	20,0	14,0
e_{i1}	[mm]	38	45	45	38

Návrhový ohybový moment v päte piliera:

$$M_{Edx} = (-1) \cdot N_{Ed} \cdot [e_{i1} + e_{i2} + \text{abs}(d_{Ady})] + \text{abs}(M_{Adx})$$

$$M_{E dy} = (-1) \cdot N_{Ed} \cdot [e_{i1} + e_{i2} + \text{abs}(d_{Adx})] + \text{abs}(M_{A dy})$$

N_{Ed} – návrhová osová sila v päte piliera od seizmickej návrhovej kombinácie,

$M_{Adx(y)}$ – ohybový moment od seizmických návrhových kombinácií v päte piliera, ktorý otáča okolo osi X2 (X1), pozri prílohu „A“,

$d_{Adx(y)}$ – posun hlavy piliera od seizmických návrhových kombinácií v smere osi X1 (X2) pre súčiniteľ správania $q = 1,0$

X1 \equiv x ; X2 \equiv y

Tab.4.3 Návrhové hodnoty vnútorných síl v päte piliera P2

Zat'až. Stav	2_podpera				
	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN.m]	[kN.m]
K1	13080	-303	524	-5762	-4396
K2	13118	391	524	-5763	6471
K3	13124	-419	-524	5763	-6224
K4	13161	275	-524	5762	4644
K5	13052	-1155	157	-1727	-17714
K6	13176	1161	157	-1731	18510
K7	13065	-1189	-157	1731	-18263
K8	13189	1126	-157	1727	17962

Tab.4.4 Návrhové hodnoty vnútorných síl v päte piliera P3

Zat'až. Stav	Podpera P3				
	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN.m]	[kN.m]
K1	14466	-332	899	-17820	-6395
K2	14440	475	879	-17443	9956
K3	14528	-487	-878	17410	-9632
K4	14503	319	-898	17788	6719
K5	14517	-1327	301	-5930	-26605
K6	14433	1361	234	-4672	27900
K7	14535	-1373	-233	4639	-27576
K8	14452	1314	-299	5897	26929

Tab.4.5 Návrhové hodnoty vnútorných síl v päte piliera P4

Zat'až. Stav	Podpera P4				
	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN.m]	[kN.m]
K1	14545	-278	898	-17799	-5390
K2	14483	533	879	-17428	11057
K3	14484	-536	-877	17401	-10635
K4	14422	275	-897	17773	5812
K5	14595	-1315	299	-5912	-26414
K6	14390	1390	234	-4675	28410
K7	14577	-1393	-233	4648	-27987
K8	14372	1312	-298	5885	26836

Tab.4.6 Návrhové hodnoty vnútorných síl v päte piliera P5

Zat'až. Stav	Podpera P5				
	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN.m]	[kN.m]
K1	13103	-483	575	-6366	-7321
K2	13178	192	443	-4783	3260
K3	13057	-174	-445	4806	-2658
K4	13132	501	-576	6388	7923
K5	13000	-1162	372	-4302	-18033
K6	13249	1088	-67	973	17236
K7	12986	-1070	66	-950	-16634
K8	13235	1180	-373	4324	18635

Legenda: X1 – pozdĺžna os mosta x; X2 – priečna os mosta y
Momenty otáčajú okolo príslušnej osi

5. Ohybová a šmyková odolnosť pilierov

5.1 Betón

Návrhová pevnosť betónu v tlaku C30/37: $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 1,0 \cdot 30 / 1,35 = 22,2 \text{ MPa}$

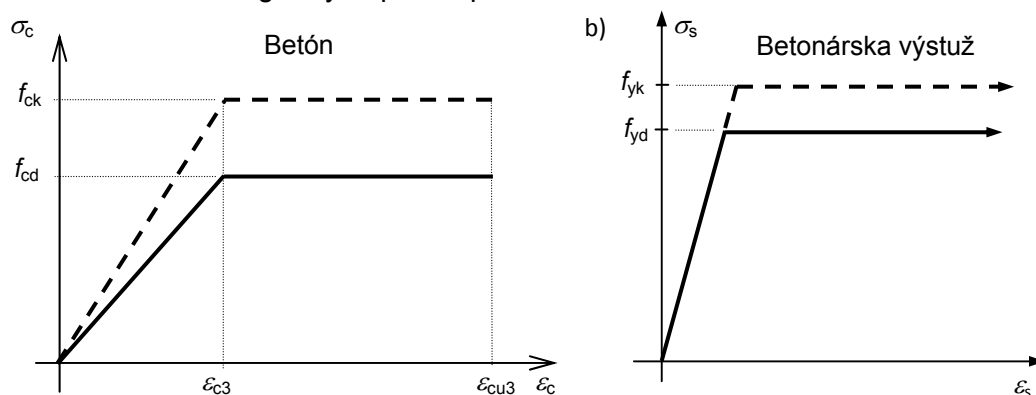
Medzné pomerné pretvorenie betónu: $\varepsilon_{cu3} = 0,0035$, bilineárny diagram $\varepsilon_{c3} = 0,0175$

5.2 Betonárska výstuž B500B

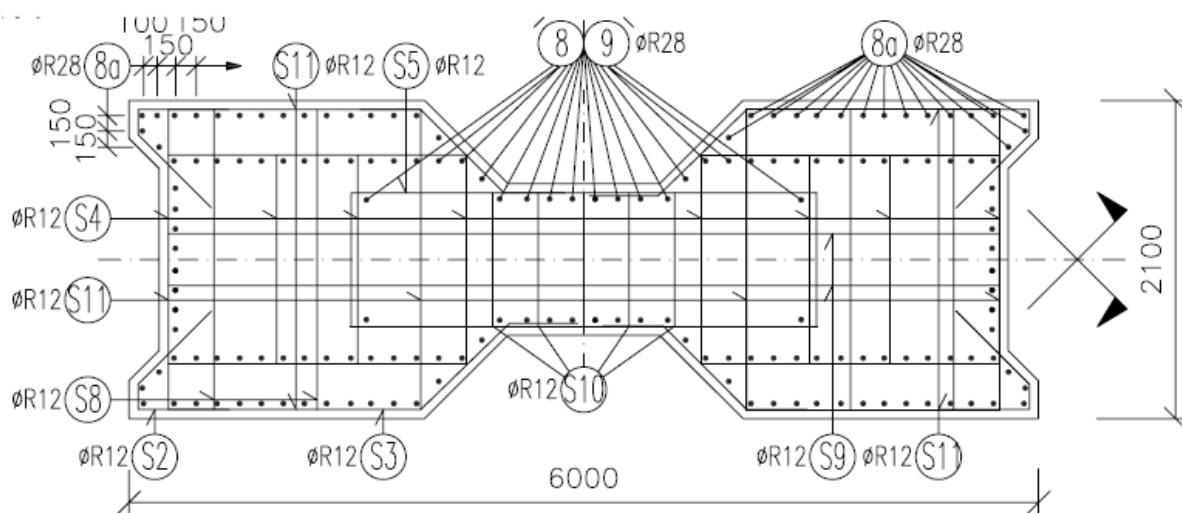
Charakteristická medza klzu ocele B500B, resp. B500C: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Návrhová pevnosť výstuže $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,10 = 454,5 \text{ MPa}$

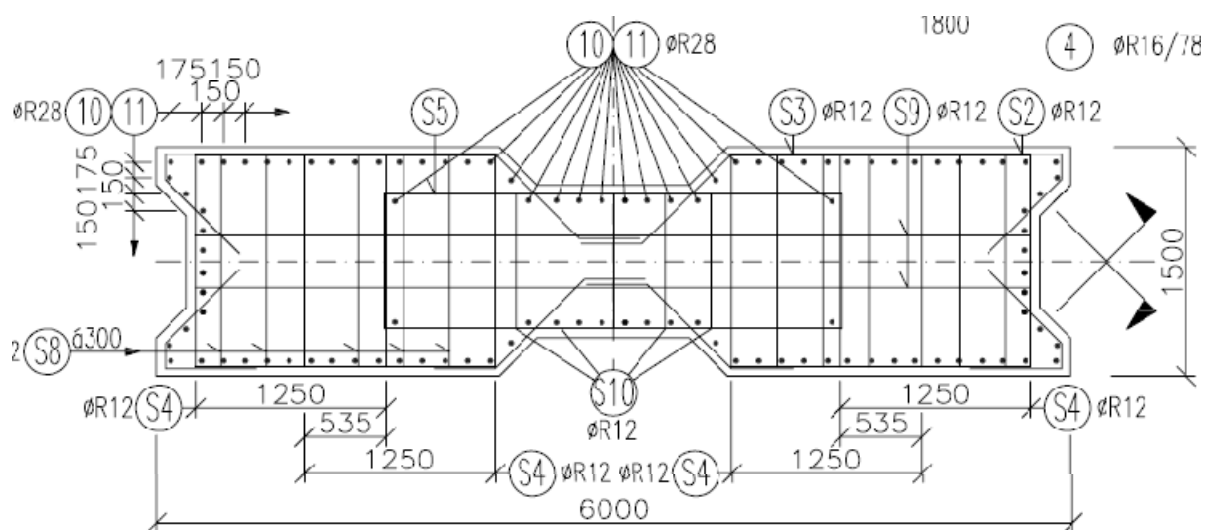
Použité návrhové diagramy napätie - pretvorenie sú na obr.5.1



Obr.5.1 Návrhové pracovné diagramy materiálov



Obr.5.2 Usporiadanie výstuže pilierov P3 a P4



Obr.5.3 Usporiadanie výstuže pilierov P2 a P5

5.3 Vystuženie a odolnosť pilierov

Všetky piliere sú vystužené rovnako, výstužou B500B priemeru $\phi 28$ mm. V pilieroch P3 a P4 v počte 164 ks a v pilieroch P2 a P5 v počte 104 ks. Nakoľko výpočet vnútorných síl od seizmických návrhových kombinácií bol prevedený so súčiniteľom správania $q = 1,0$ pričná výstuž nemusí zabezpečiť ovinutie a preto počet prútov $8\phi 12/200$ mm v pozdĺžnom smere mosta je dostatočný na účinky posúvajúcich síl. V priečnom smere mosta odporúčame použiť $4\phi 12/200$ mm, ktoré budú prechádzať celým prierezom jednotlivých pilierov.

Literatúra

- [1] STN EN 1998-1 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť, časť 1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy ;
- [2] STN EN 1998-2 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť časť 2: Mosty
- [3] STN EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií, časť 1-1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy.
- [4] STN EN 1992-2 Navrhovanie betónových konštrukcií, časť 2: Mosty
- [5] Národné prílohy k normám [1] , [2] , [3]

5.3.1 Pilier P3 ,P4

$$f_{ck} := 35 \cdot \text{MPa} \quad f_{yk} := 500 \cdot \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.1} \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{1.35} \quad E_s := 200000 \text{MPa}$$

$$B := 6000 \cdot \text{mm} \quad H := 2100 \cdot \text{mm}$$

$$y(z) := \begin{cases} 1.95 \cdot m + 1z & \text{if } z \leq 250 \cdot \text{mm} \\ 1.95 \cdot m + 1z - (z - 250 \cdot \text{mm}) \cdot 1 & \text{if } 250 \cdot \text{mm} < z \leq 450 \cdot \text{mm} \\ 1.95 \cdot m + 1z - (0.2 \cdot m) & \text{if } 450 \cdot \text{mm} < z \leq 550 \cdot \text{mm} \\ 2.8 \cdot m & \text{if } 550 \cdot \text{mm} < z \leq 1550 \cdot \text{mm} \\ 2.3 \cdot m + (-1)(z - 1.55 \cdot m) & \text{if } 1550 \cdot \text{mm} < z \leq 1650 \cdot \text{mm} \\ 2.3 \cdot m + (-1)(z - 1.55 \cdot m) + (z - 1.65 \cdot m) & \text{if } 1650 \cdot \text{mm} < z \leq 1850 \cdot \text{mm} \\ 2.3 \cdot m + (-1)(z - 1.55 \cdot m) + 0.2 \cdot m & \text{if } 1850 \cdot \text{mm} < z \leq 2100 \cdot \text{mm} \end{cases} \quad b(z) := 2 \cdot y(z)$$

$$A_c := 1 \cdot \int_0^H b(z) dz \quad A_c = 10.335 \text{ m}^2 \quad I_c := 1 \cdot \int_0^H b(z) \cdot [(0.5 \cdot H - z)^2] dz \quad I_c = 3.384 \text{ m}^4$$

$$\phi_{s1} := 28 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2 \quad n_s := 22$$

$$A_{s1} := 28 \cdot A_{s1} \quad d_{s1} := 100 \cdot \text{mm} \quad A_{s2} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s2} := 200 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s3} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s3} := 237 \cdot \text{mm} \quad A_{s4} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s4} := 308 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s5} := 28 \cdot A_{s1} \quad d_{s5} := 399 \cdot \text{mm} \quad A_{s6} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s6} := 518 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s7} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s7} := 579 \cdot \text{mm} \quad A_{s8} := 10 \cdot A_{s1} \quad d_{s8} := 650 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s9} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s9} := 718 \cdot \text{mm} \quad A_{s10} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s10} := 848 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s11} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s11} := 976 \cdot \text{mm}$$

$$i := 1..11 \quad A_{s_{i+11}} := A_{s_i} \quad d_{s_{i+11}} := H - d_{s_i}$$

$$A_{s_{\text{scel}}} := \sum_{i=1}^{n_s} A_{s_i} \quad A_{s_{\text{scel}}} = 1009.8 \text{ cm}^2 \quad \rho := \frac{A_{s_{\text{scel}}}}{A_c} \quad \rho = 9.771 \times 10^{-3}$$

$$f_y := f_{yd} \quad f_t := 1 \cdot f_y \quad \varepsilon_{uk} := 0.05 \quad \varepsilon_y := \frac{f_y}{E_s} \quad f_y = 454.5 \text{ MPa}$$

$$f_c := f_{cd} \quad f_c = 25.926 \text{ MPa} \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175 \quad E_{cm} := 34000 \cdot \text{MPa}$$

$$i := 1..n_s \quad N_{Ed} := 14.5 \cdot \text{MN} \quad N_E := -N_{Ed} \quad \eta := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{ck}} \quad \eta = 0.04$$

$$\varepsilon_{c_{\text{max}}} := 0.0035 \quad x := 407.11 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{s_i} := \frac{\varepsilon_{c_{\text{max}}}}{x} \cdot (d_{s_i} - x) \quad k_{s_i} := \frac{\varepsilon_{s_i}}{|\varepsilon_{s_i}|} \quad \varepsilon_c(z, x) := \frac{\varepsilon_{c_{\text{max}}}}{x} \cdot (x - z)$$

$$\sigma_{s_i} := \begin{cases} \left[\frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{s_i}) + f_y \right] \cdot k_{s_i} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{s_i}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{s_i} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \sigma_c(z, x) := \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_s := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i}) \quad F_s = 18.715 \text{ MN} \quad F_c := \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) dz \quad F_c = 33.214 \text{ MN}$$

$$F_s - F_c - N_E = 0.252 \text{ kN}$$

$$M_{Rdy} := \sum_{i=1}^{n_s} [A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i} \cdot (d_{s_i} - 0.5 \cdot H)] + \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \cdot (0.5 \cdot H - z) dz \quad M_{Rdy} = 52.167 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Smer Y

$$y(z) := \begin{cases} 0.5 \cdot m + 2z & \text{if } z \leq 200 \cdot \text{mm} \\ H & \text{if } 200 \cdot \text{mm} < z \leq 1950 \cdot \text{mm} \\ H - 2 \cdot (z - 1.95 \cdot m) & \text{if } 1950 \cdot \text{mm} < z \leq 2500 \cdot \text{mm} \\ 1 \cdot m & \text{if } 2500 \cdot \text{mm} < z \leq 3500 \cdot \text{mm} \\ 1 \cdot m + 2 \cdot (z - 3.5 \cdot m) & \text{if } 3500 \cdot \text{mm} < z \leq 4050 \cdot \text{mm} \\ H & \text{if } 4050 \cdot \text{mm} < z \leq 5800 \cdot \text{mm} \\ 0.9 \cdot m + (-2)(z - 5.8 \cdot m) & \text{if } 5800 \cdot \text{mm} < z \leq B \end{cases} \quad b(z) := y(z)$$

$$A_c := 1 \cdot \int_0^B b(z) dz \quad A_c = 10.338 \text{ m}^2 \quad I_c := 1 \cdot \int_0^B b(z) \cdot [(0.5 \cdot H - z)^2] dz \quad I_c = 72.003 \text{ m}^4$$

$$N_{Ed} = 14.5 \text{ MN} \quad \eta := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{ck}} \quad \eta = 0.04 \quad n_s := 44 \quad \phi_{s1} := 28 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2$$

$$A_{s1} := 4 \cdot A_{s1} \quad d_{s1} := 97 \cdot \text{mm} \quad A_{s2} := 4 \cdot A_{s1} \quad d_{s2} := 198 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s3} := 12 \cdot A_{s1} \quad d_{s3} := 297 \cdot \text{mm} \quad A_{s4} := 4 \cdot A_{s1} \quad d_{s4} := 444 \cdot \text{mm}$$

$$i := 1..10 \quad d_{s_{i+4}} := d_{s_{i+3}} + 145 \cdot \text{mm} \quad d_{s_{14}} = 1.894 \text{ m} \quad A_{s_{i+4}} := 4 \cdot A_{s1}$$

$$A_{s_{15}} := 4 \cdot A_{s1} \quad d_{s_{15}} := 2043 \cdot \text{mm} \quad A_{s_{16}} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s_{16}} := 2200 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s_{17}} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s_{17}} := 2330 \cdot \text{mm} \quad A_{s_{18}} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s_{18}} := 2450 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s_{19}} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s_{19}} := 2630 \cdot \text{mm} \quad A_{s_{20}} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s_{20}} := 2775 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s_{21}} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s_{21}} := 2925 \cdot \text{mm} \quad A_{s_{22}} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s_{22}} := 1566 \cdot \text{mm}$$

$$i := 1..22 \quad A_{s_{i+22}} := A_{s_i} \quad d_{s_{i+22}} := B - d_{s_i}$$

$$A_{s_{cel}} := \sum_{i=1}^{n_s} A_{s_i} \quad 15A_{s_{cel}} \quad \rho := \frac{A_{s_{cel}}}{A_c} \quad \rho = 9.768 \times 10^{-3} \quad i := 1..n_s$$

$$\varepsilon_{cmax} := 0.0035 \quad x := 1101.8 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{s_i} := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (d_{s_i} - x) \quad k_{s_i} := \frac{\varepsilon_{s_i}}{|\varepsilon_{s_i}|} \quad \varepsilon_c(z, x) := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (x - z)$$

$$\sigma_{s_i} := \begin{cases} \left[\frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{s_i}) + f_y \right] \cdot k_{s_i} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{s_i}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{s_i} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \sigma_c(z, x) := \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_s := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i}) \quad F_s = 23.231 \text{ MN} \quad F_c := \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) dz \quad F_c = 37.73 \text{ MN}$$

$$F_s - F_c - N_E = 0.857 \text{ kN}$$

$$M_{Rdx} := \sum_{i=1}^{n_s} \left[A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i} \cdot (d_{s_i} - 0.5 \cdot B) \right] + \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \cdot (0.5 \cdot B - z) dz \quad M_{Rdx} = 150 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Posudenie piliera P3, P4 seizmicita - rez +0 m

$$L := 20 \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Adx}} := 6.32 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{\text{Ady}} := 17.82 \cdot (\text{MN} \cdot \text{m}) \quad N_{\text{Ed}} = 14.5 \text{ MN} \quad d_{\text{Adx}} := 59 \cdot \text{mm} \quad d_{\text{Ady}} := 6 \cdot \text{mm}$$

$$\theta_o := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := \frac{2}{\sqrt{L \cdot \text{m}^{-1}}} \quad \alpha_h = 0.447 \quad \theta_i := \theta_o \cdot \alpha_h \quad e_{i1} := \theta_i \cdot L \quad e_{i1} = 45 \text{ mm} \quad e_{i2} := 30 \cdot \text{mm}$$

$$q := 1 \quad d_{\text{Ex}} := \frac{q+1}{2} \cdot (d_{\text{Adx}}) \quad d_{\text{Edx}} := d_{\text{Ex}} + e_{i1} + e_{i2} \quad d_{\text{Edx}} = 133.721 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Ey}} := \frac{q+1}{2} \cdot (d_{\text{Ady}}) \quad d_{\text{Edy}} := d_{\text{Ey}} + e_{i1} + e_{i2} \quad d_{\text{Edy}} = 80.721 \text{ mm}$$

$$M_{\text{Edy}} := M_{\text{Ady}} + (1) \cdot N_{\text{Ed}} \cdot d_{\text{Edx}} \quad M_{\text{Edy}} = 19.759 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{\text{Rdy}} = 52.167 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Edx}} := M_{\text{Adx}} + (1) \cdot N_{\text{Ed}} \cdot d_{\text{Edy}} \quad M_{\text{Edx}} = 7.49 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{\text{Rdx}} = 150 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$N_{\text{Rd}} := A_c \cdot f_{\text{cd}} + A_{\text{scl}} \cdot f_{\text{yd}} \quad N_{\text{Rd}} = 313.919 \text{ MN} \quad n_{\text{Ed}} := \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{Rd}}} \quad n_{\text{Ed}} = 0.046$$

$$a := \begin{cases} 1 & \text{if } n_{\text{Ed}} \leq 0.1 \\ \left[1 + \frac{0.5}{0.6} \cdot (n_{\text{Ed}} - 0.1) \right] & \text{if } 0.1 < n_{\text{Ed}} \leq 0.7 \\ \left[1.5 + \frac{0.5}{0.3} \cdot (n_{\text{Ed}} - 0.7) \right] & \text{if } 0.7 < n_{\text{Ed}} \leq 1 \end{cases}$$

$$\left(\frac{M_{\text{Edy}}}{M_{\text{Rdy}}} \right)^a + \left(\frac{M_{\text{Edx}}}{M_{\text{Rdx}}} \right)^a = 0.429 < 1$$

Posudenie piliera 3,4 Seizmicita - rez 6,0 m

$$B := 6000 \cdot \text{mm} \quad H := 1500 \cdot \text{mm}$$

$$y(z) := \begin{cases} 2.25 \cdot \text{m} + 1z & \text{if } z \leq 250 \cdot \text{mm} \\ 3 \cdot \text{m} - (z - 250 \cdot \text{mm}) \cdot 1 & \text{if } 250 \cdot \text{mm} < z \leq 450 \cdot \text{mm} \\ 2.8 \cdot \text{m} & \text{if } 450 \cdot \text{mm} < z \leq 1050 \cdot \text{mm} \\ 2.8 \cdot \text{m} + (1)(z - 1.05 \cdot \text{m}) & \text{if } 1050 \cdot \text{mm} < z \leq 1250 \cdot \text{mm} \\ 2.5 \cdot \text{m} + (-1)(z - 1.25 \cdot \text{m}) & \text{if } 1250 \cdot \text{mm} < z \leq 1500 \cdot \text{mm} \end{cases} \quad b(z) := 2 \cdot y(z)$$

$$A_c := 1 \cdot \int_0^H b(z) dz \quad A_c = 8.055 \text{ m}^2 \quad I_c := 1 \cdot \int_0^H b(z) \cdot [(0.5 \cdot H - z)^2] dz \quad I_c = 1.415 \text{ m}^4$$

$$\phi_{s1} := 28 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2 \quad n_s := 16$$

$$A_{s1} := 30 \cdot A_{s1} \quad d_{s1} := 100 \cdot \text{mm} \quad A_{s2} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s2} := 200 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s3} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s3} := 220 \cdot \text{mm} \quad A_{s4} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s4} := 308 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s5} := 10 \cdot A_{s1} \quad d_{s5} := 350 \cdot \text{mm} \quad A_{s6} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s6} := 418 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s7} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s7} := 548 \cdot \text{mm} \quad A_{s8} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s8} := 675 \cdot \text{mm}$$

$$i := 1..8 \quad A_{s_{i+8}} := A_{s_i} \quad d_{s_{i+8}} := H - d_{s_i}$$

$$A_{\text{scl}} := \sum_{i=1}^{n_s} A_{s_i} \quad A_{\text{scl}} = 640.4 \text{ cm}^2 \quad \rho := \frac{A_{\text{scl}}}{A_c} \quad \rho = 7.95 \times 10^{-3}$$

$$f_y := f_{\text{yd}} \quad f_t := 1 \cdot f_y \quad \varepsilon_{\text{uk}} := 0.05 \quad \varepsilon_y := \frac{f_y}{E_s} \quad f_y = 454.5 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 f_c &:= f_{cd} & f_c &= 25.926 \text{ MPa} & \varepsilon_{c3} &:= 0.00175 & E_{cm} &:= 34000 \text{ MPa} \\
 i &:= 1..n_s & N_{Ed} &:= 13 \cdot \text{MN} & N_E &:= -N_{Ed} & \eta &:= \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{ck}} & \eta &= 0.046 \\
 \varepsilon_{cmax} &:= 0.0035 & x &:= 252.02 \cdot \text{mm} & \varepsilon_{s_i} &:= \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (d_{s_i} - x) & k_{s_i} &:= \frac{\varepsilon_{s_i}}{|\varepsilon_{s_i}|} & \varepsilon_c(z, x) &:= \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (x - z) \\
 \sigma_{s_i} &:= \begin{cases} \left[\frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{s_i}) + f_y \right] \cdot k_{s_i} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{s_i}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{s_i} & \text{otherwise} \end{cases} & \sigma_c(z, x) &:= \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases} \\
 F_s &:= \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i}) & F_s &= 10.013 \text{ MN} & F_c &:= \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \, dz & F_c &= 23.012 \text{ MN} \\
 F_s - F_c - N_E &= 0.804 \text{ kN} \\
 M_{Rdy} &:= \sum_{i=1}^{n_s} \left[A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i} \cdot (d_{s_i} - 0.5 \cdot H) \right] + \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \cdot (0.5 \cdot H - z) \, dz & M_{Rdy} &= 26.869 \text{ MN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

Smer Y

$$y(z) := \begin{cases} 0.5 \cdot m + 2z & \text{if } z \leq 200 \cdot \text{mm} \\ H & \text{if } 200 \cdot \text{mm} < z \leq 2250 \cdot \text{mm} \\ H - 2 \cdot (z - 2.25 \cdot m) & \text{if } 2250 \cdot \text{mm} < z \leq 2500 \cdot \text{mm} \\ 1 \cdot m & \text{if } 2500 \cdot \text{mm} < z \leq 3500 \cdot \text{mm} \\ 1 \cdot m + 2 \cdot (z - 3.5 \cdot m) & \text{if } 3500 \cdot \text{mm} < z \leq 3750 \cdot \text{mm} \\ H & \text{if } 3750 \cdot \text{mm} < z \leq 5800 \cdot \text{mm} \\ 0.9 \cdot m + (-2) \cdot (z - 5.8 \cdot m) & \text{if } 5800 \cdot \text{mm} < z \leq B \end{cases} \quad b(z) := y(z)$$

$$\begin{aligned}
 A_c &:= 1 \cdot \int_0^B b(z) \, dz & A_c &= 8.056 \text{ m}^2 & I_c &:= 1 \cdot \int_0^B b(z) \cdot [(0.5 \cdot H - z)^2] \, dz & I_c &= 64.986 \text{ m}^4 \\
 N_{Ed} &= 13 \text{ MN} & \eta &:= \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{ck}} & \eta &= 0.046 & n_s &:= 44 & \phi_{s1} &:= 28 \cdot \text{mm} & A_{s1} &:= 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2 \\
 A_{s1} &:= 4 \cdot A_{s1} & d_{s1} &:= 97 \cdot \text{mm} & A_{s2} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s2} &:= 198 \cdot \text{mm} \\
 A_{s3} &:= 8 \cdot A_{s1} & d_{s3} &:= 297 \cdot \text{mm} & A_{s4} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s4} &:= 444 \cdot \text{mm} \\
 i &:= 1..12 & d_{s_{i+4}} &:= d_{s_{i+3}} + 146 \cdot \text{mm} & d_{s_{16}} &= 2.196 \text{ m} & A_{s_{i+4}} &:= 2 \cdot A_{s1} \\
 A_{s_{17}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{17}} &:= 2330 \cdot \text{mm} & A_{s_{18}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{18}} &:= 2450 \cdot \text{mm} \\
 A_{s_{19}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{19}} &:= 2630 \cdot \text{mm} & A_{s_{20}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{20}} &:= 2775 \cdot \text{mm} \\
 A_{s_{21}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{21}} &:= 2925 \cdot \text{mm} & A_{s_{22}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{22}} &:= 1566 \cdot \text{mm} \\
 i &:= 1..22 & A_{s_{i+22}} &:= A_{s_i} & d_{s_{i+22}} &:= B - d_{s_i} \\
 A_{s_{cel}} &:= \sum_{i=1}^{n_s} A_{s_i} & A_{s_{cel}} &= 640.4 \text{ cm}^2 & \rho &:= \frac{A_{s_{cel}}}{A_c} & \rho &= 7.949 \times 10^{-3} & i &:= 1..n_s \\
 \varepsilon_{cmax} &:= 0.0035 & x &:= 1114.55 \cdot \text{mm} & \varepsilon_{s_i} &:= \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (d_{s_i} - x) & k_{s_i} &:= \frac{\varepsilon_{s_i}}{|\varepsilon_{s_i}|} & \varepsilon_c(z, x) &:= \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (x - z)
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{s_i} := \begin{cases} \left[\frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{s_i}) + f_y \right] \cdot k_{s_i} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{s_i}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{s_i} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \sigma_c(z, x) := \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_s := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i}) \quad F_s = 15.358 \text{ MN} \quad F_c := \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \, dz \quad F_c = 28.358 \text{ MN}$$

$$F_s - F_c - N_E = -0.057 \text{ kN}$$

$$M_{Rdx} := \sum_{i=1}^{n_s} [A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i} \cdot (d_{s_i} - 0.5 \cdot B)] + \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \cdot (0.5 \cdot B - z) \, dz \quad M_{Rdx} = 105.598 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Posudenie piliera P3, P4 seizmicita

$$L := 20 \cdot \text{m}$$

$$M_{Adx} := 4.3 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{A dy} := 12 \cdot (\text{MN} \cdot \text{m}) \quad N_{Ed} = 13 \text{ MN} \quad d_{Adx} := 59 \cdot \text{mm} - 18 \cdot \text{mm}$$

$$d_{A dy} := 6 \cdot \text{mm} - 1.7 \cdot \text{mm}$$

$$\theta_o := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := \frac{2}{\sqrt{L \cdot \text{m}^{-1}}} \quad \alpha_h = 0.447 \quad \theta_i := \theta_o \cdot \alpha_h \quad e_{i1} := \theta_i \cdot (L - 6.5 \cdot \text{m}) \quad e_{i1} = 30 \text{ mm}$$

Lozisko

$$e_{i2} := 30 \cdot \text{mm}$$

$$q := 1 \quad d_{Ex} := \frac{q+1}{2} \cdot (d_{Adx}) \quad d_{Edx} := d_{Ex} + e_{i1} + e_{i2} \quad d_{Edx} = 101.187 \text{ mm}$$

$$d_{Ey} := \frac{q+1}{2} \cdot (d_{A dy}) \quad d_{E dy} := d_{Ey} + e_{i1} + e_{i2} \quad d_{E dy} = 64.487 \text{ mm}$$

$$M_{E dy} := M_{A dy} + (1) \cdot N_{Ed} \cdot d_{Edx} \quad M_{E dy} = 13.315 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{R dy} = 26.869 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{E dx} := M_{A dx} + (1) \cdot N_{Ed} \cdot d_{E dy} \quad M_{E dx} = 5.138 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{R dx} = 105.598 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rd} := A_c \cdot f_{cd} + A_{scel} \cdot f_{yd} \quad N_{Rd} = 237.969 \text{ MN} \quad n_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \quad n_{Ed} = 0.055$$

$$a := \begin{cases} 1 & \text{if } n_{Ed} \leq 0.1 \\ \left[1 + \frac{0.5}{0.6} \cdot (n_{Ed} - 0.1) \right] & \text{if } 0.1 < n_{Ed} \leq 0.7 \\ \left[1.5 + \frac{0.5}{0.3} \cdot (n_{Ed} - 0.7) \right] & \text{if } 0.7 < n_{Ed} \leq 1 \end{cases} \quad a = 1$$

$$\left(\frac{M_{E dy}}{M_{R dy}} \right)^a + \left(\frac{M_{E dx}}{M_{R dx}} \right)^a = 0.544 < 1$$

5.3.2 Pilier P2 a P5

$$B := 6000 \cdot \text{mm} \quad H := 1500 \cdot \text{mm}$$

$$y(z) := \begin{cases} 2.25 \cdot \text{m} + 1z & \text{if } z \leq 250 \cdot \text{mm} \\ 3 \cdot \text{m} - (z - 250 \cdot \text{mm}) \cdot 1 & \text{if } 250 \cdot \text{mm} < z \leq 450 \cdot \text{mm} \\ 2.8 \cdot \text{m} & \text{if } 450 \cdot \text{mm} < z \leq 1050 \cdot \text{mm} \\ 2.8 \cdot \text{m} + (1)(z - 1.05 \cdot \text{m}) & \text{if } 1050 \cdot \text{mm} < z \leq 1250 \cdot \text{mm} \\ 2.5 \cdot \text{m} + (-1)(z - 1.25 \cdot \text{m}) & \text{if } 1250 \cdot \text{mm} < z \leq 1500 \cdot \text{mm} \end{cases} \quad b(z) := 2 \cdot y(z)$$

$$A_c := 1 \cdot \int_0^H b(z) dz \quad A_c = 8.055 \text{ m}^2 \quad I_c := 1 \cdot \int_0^H b(z) \cdot [(0.5 \cdot H - z)^2] dz \quad I_c = 1.415 \text{ m}^4$$

$$\phi_{s1} := 28 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2 \quad n_s := 16$$

$$A_{s1} := 30 \cdot A_{s1} \quad d_{s1} := 100 \cdot \text{mm} \quad A_{s2} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s2} := 200 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s3} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s3} := 220 \cdot \text{mm} \quad A_{s4} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s4} := 308 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s5} := 10 \cdot A_{s1} \quad d_{s5} := 350 \cdot \text{mm} \quad A_{s6} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s6} := 418 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s7} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s7} := 548 \cdot \text{mm} \quad A_{s8} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s8} := 675 \cdot \text{mm}$$

$$i := 1..8 \quad A_{s_{i+8}} := A_{s_i} \quad d_{s_{i+8}} := H - d_{s_i}$$

$$A_{scl} := \sum_{i=1}^{n_s} A_{s_i} \quad A_{scl} = 640.4 \text{ cm}^2 \quad \rho := \frac{A_{scl}}{A_c} \quad \rho = 7.95 \times 10^{-3}$$

$$f_y := f_{yd} \quad f_t := 1 \cdot f_y \quad \varepsilon_{uk} := 0.05 \quad \varepsilon_y := \frac{f_y}{E_s} \quad f_y = 454.5 \text{ MPa}$$

$$f_c := f_{cd} \quad f_c = 25.926 \text{ MPa} \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175$$

$$i := 1..n_s \quad N_{Ed} := 13 \cdot \text{MN} \quad N_E := -N_{Ed} \quad \eta := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{ck}} \quad \eta = 0.046$$

$$\varepsilon_{cmax} := 0.0035 \quad x := 252.03 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{s_i} := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (d_{s_i} - x) \quad k_{s_i} := \frac{\varepsilon_{s_i}}{|\varepsilon_{s_i}|} \quad \varepsilon_c(z, x) := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (x - z)$$

$$\sigma_{s_i} := \begin{cases} \left[\frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{s_i}) + f_y \right] \cdot k_{s_i} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{s_i}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{s_i} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \sigma_c(z, x) := \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_s := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i}) \quad F_s = 10.013 \text{ MN} \quad F_c := \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) dz \quad F_s - F_c - N_E = -0.687 \text{ kN}$$

$$M_{Rdy} := \sum_{i=1}^{n_s} [A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i} \cdot (d_{s_i} - 0.5 \cdot H)] + \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \cdot (0.5 \cdot H - z) dz \quad M_{Rdy} = 26.87 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Smer Y

$$y(z) := \begin{cases} 0.5 \cdot \text{m} + 2z & \text{if } z \leq 200 \cdot \text{mm} \\ H & \text{if } 200 \cdot \text{mm} < z \leq 2250 \cdot \text{mm} \\ H - 2 \cdot (z - 2.25 \cdot \text{m}) & \text{if } 2250 \cdot \text{mm} < z \leq 2500 \cdot \text{mm} \\ 1 \cdot \text{m} & \text{if } 2500 \cdot \text{mm} < z \leq 3500 \cdot \text{mm} \\ 1 \cdot \text{m} + 2 \cdot (z - 3.5 \cdot \text{m}) & \text{if } 3500 \cdot \text{mm} < z \leq 3750 \cdot \text{mm} \\ H & \text{if } 3750 \cdot \text{mm} < z \leq 5800 \cdot \text{mm} \\ 0.9 \cdot \text{m} + (-2)(z - 5.8 \cdot \text{m}) & \text{if } 5800 \cdot \text{mm} < z \leq B \end{cases} \quad b(z) := v(z)$$

$$\begin{aligned}
 A_c &:= 1 \cdot \int_0^B b(z) dz & A_c &= 8.056 \text{ m}^2 & I_c &:= 1 \cdot \int_0^B b(z) \cdot [(0.5 \cdot H - z)^2] dz & I_c &= 64.986 \text{ m}^4 \\
 N_{Ed} &= 13 \text{ MN} & \eta &:= \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{ck}} & \eta &= 0.046 & n_s &:= 44 & \phi_{s1} &:= 28 \cdot \text{mm} & A_{s1} &:= 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2 \\
 A_{s1} &:= 4 \cdot A_{s1} & d_{s1} &:= 97 \cdot \text{mm} & A_{s2} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s2} &:= 198 \cdot \text{mm} \\
 A_{s3} &:= 8 \cdot A_{s1} & d_{s3} &:= 297 \cdot \text{mm} & A_{s4} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s4} &:= 444 \cdot \text{mm} \\
 i &:= 1..12 & d_{s_{i+4}} &:= d_{s_{i+3}} + 146 \cdot \text{mm} & d_{s_{16}} &= 2.196 \text{ m} & A_{s_{i+4}} &:= 2 \cdot A_{s1} \\
 A_{s_{17}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{17}} &:= 2330 \cdot \text{mm} & A_{s_{18}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{18}} &:= 2450 \cdot \text{mm} \\
 A_{s_{19}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{19}} &:= 2630 \cdot \text{mm} & A_{s_{20}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{20}} &:= 2775 \cdot \text{mm} \\
 A_{s_{21}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{21}} &:= 2925 \cdot \text{mm} & A_{s_{22}} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{s_{22}} &:= 1566 \cdot \text{mm} \\
 i &:= 1..22 & A_{s_{i+22}} &:= A_{s_i} & d_{s_{i+22}} &:= B - d_{s_i} \\
 A_{s_{csl}} &:= \sum_{i=1}^{n_s} A_{s_i} & A_{s_{csl}} &= 640.4 \text{ cm}^2 & \rho &:= \frac{A_{s_{csl}}}{A_c} & \rho &= 7.949 \times 10^{-3} & i &:= 1..n_s \\
 \varepsilon_{cmax} &:= 0.0035 & x &:= 1114.55 \cdot \text{mm} & \varepsilon_{s_i} &:= \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (d_{s_i} - x) & k_{s_i} &:= \frac{\varepsilon_{s_i}}{|\varepsilon_{s_i}|} & \varepsilon_c(z, x) &:= \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (x - z) \\
 \sigma_{s_i} &:= \begin{cases} \left[\frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{s_i}) + f_y \right] \cdot k_{s_i} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{s_i}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{s_i} & \text{otherwise} \end{cases} & \sigma_c(z, x) &:= \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases} \\
 F_s &:= \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i}) & F_s &= 15.358 \text{ MN} & F_c &:= \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) dz & F_s - F_c - N_E &= -0.057 \text{ kN} \\
 M_{Rdx} &:= \sum_{i=1}^{n_s} [A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i} \cdot (d_{s_i} - 0.5 \cdot B)] + \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \cdot (0.5 \cdot B - z) dz & M_{Rdx} &= 105.598 \text{ MN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

Posudenie piliera P2, P5 seizmicita

$$L := 14 \cdot \text{m}$$

$$\mathbf{K1} \quad M_{Adx} := 18 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ady} := 4.3 \cdot (\text{MN} \cdot \text{m}) \quad N_{Ed} = 13 \text{ MN} \quad d_{Adx} := 12 \cdot \text{mm} \quad d_{Ady} := 12 \cdot \text{mm}$$

$$\theta_o := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := \frac{2}{\sqrt{L \cdot \text{m}^{-1}}} \quad \alpha_h = 0.535 \quad \theta_i := \theta_o \cdot \alpha_h \quad e_{i1} := \theta_i \cdot (L) \quad e_{i1} = 37 \text{ mm}$$

Lozisko

$$e_{i2} := 30 \cdot \text{mm}$$

$$q := 1 \quad d_{Ex} := (d_{Adx}) \quad d_{Edx} := d_{Ex} + e_{i1} + e_{i2} \quad d_{Edx} = 79.4 \text{ mm}$$

$$d_{Ey} := (d_{Ady}) \quad d_{Edy} := d_{Ey} + e_{i1} + e_{i2} \quad d_{Edy} = 79.4 \text{ mm}$$

$$M_{Edy} := M_{Ady} + (1) \cdot N_{Ed} \cdot d_{Edx} \quad M_{Edy} = 5.332 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rdy} = 26.87 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Edx} := M_{Adx} + (1) \cdot N_{Ed} \cdot d_{Edy} \quad M_{Edx} = 19.032 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rdx} = 105.598 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rd} := A_c \cdot f_{cd} + A_{s_{csl}} \cdot f_{yd} \quad N_{Rd} = 237.969 \text{ MN} \quad n_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \quad n_{Ed} = 0.055$$

$$a := \begin{cases} 1 & \text{if } n_{Ed} \leq 0.1 \end{cases}$$

$$a = 1$$

$$\begin{cases} \left[1 + \frac{0.5}{0.6} \cdot (n_{Ed} - 0.1) \right] & \text{if } 0.1 < n_{Ed} \leq 0.7 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \left[1.5 + \frac{0.5}{0.3} \cdot (n_{Ed} - 0.7) \right] & \text{if } 0.7 < n_{Ed} \leq 1 \end{cases}$$

$$\left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} \right)^a + \left(\frac{M_{Edx}}{M_{Rdx}} \right)^a = 0.379 < 1$$

K2 $M_{Adx} := 6.4 \cdot MN \cdot m$ $M_{Ady} := 7.3 \cdot (MN \cdot m)$ $N_{Ed} = 13 MN$ $d_{Adx} := 18 \cdot mm$ $d_{Ady} := 5 \cdot mm$

$\theta_o := \frac{1}{200}$ $\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{L \cdot m^{-1}}}$ $\alpha_h = 0.535$ $\theta_i := \theta_o \cdot \alpha_h$ $e_{i1} := \theta_i \cdot (L)$ $e_{i1} = 37 mm$

Lozisko $e_{i2} := 30 \cdot mm$

$q := 1$ $d_{Ex} := (d_{Adx})$ $d_{Edx} := d_{Ex} + e_{i1} + e_{i2}$ $d_{Edx} = 85.4 mm$

$d_{Ey} := (d_{Ady})$ $d_{Edy} := d_{Ey} + e_{i1} + e_{i2}$ $d_{Edy} = 72.4 mm$

$M_{Edy} := M_{Ady} + (1) \cdot N_{Ed} \cdot d_{Edx}$ $M_{Edy} = 8.41 MN \cdot m$ $<$ $M_{Rdy} = 26.87 MN \cdot m$

$M_{Edx} := M_{Adx} + (1) \cdot N_{Ed} \cdot d_{Edy}$ $M_{Edx} = 7.341 MN \cdot m$ $<$ $M_{Rdx} = 105.598 MN \cdot m$

$N_{Rd} := A_c \cdot f_{cd} + A_{scl} \cdot f_{yd}$ $N_{Rd} = 237.969 MN$ $n_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$ $n_{Ed} = 0.055$

$a := \begin{cases} 1 & \text{if } n_{Ed} \leq 0.1 \\ \left[1 + \frac{0.5}{0.6} \cdot (n_{Ed} - 0.1) \right] & \text{if } 0.1 < n_{Ed} \leq 0.7 \\ \left[1.5 + \frac{0.5}{0.3} \cdot (n_{Ed} - 0.7) \right] & \text{if } 0.7 < n_{Ed} \leq 1 \end{cases}$ $a = 1$

$\left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} \right)^a + \left(\frac{M_{Edx}}{M_{Rdx}} \right)^a = 0.383 < 1$

5.3.3 Smyk

$\phi_{st} := 12 \cdot mm$ $s_L := 200 \cdot mm$ $A_{st} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2$ $q := 1$ $\gamma_{Bd} := 1.25$ $\theta := 40 \cdot deg$

$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot MPa} \right)$ $v = 0.516$ $f_{cd} = 25.926 MPa$ $f_{yd} = 454.5 MPa$

$V_{Ex} := 0.233 \cdot MN$ $V_{Ey} := 1.373 \cdot MN$ $\gamma_{Bd1} := 1.25$

$b_{effy} := 1 \cdot m$ $d_{ey} := 5.6 \cdot m$ $z_y := d_{ey} \cdot 0.85$ $z_y = 4.76 m$

$b_{effx} := 5.6 \cdot m$ $d_{ex} := 1.35 \cdot m$ $z_x := d_{ex} \cdot 0.85$ $z_x = 1.147 m$

$\sigma_{c wd} := \left(\frac{V_{Ex}}{z_x \cdot b_{effx}} + \frac{V_{Ey}}{z_y \cdot b_{effy}} \right) \cdot (\cot(\theta) + \tan(\theta))$ $\sigma_{c wd} = 0.659 MPa$ $<$ $\frac{f_{cd} \cdot v}{\gamma_{Bd}} = 10.702 MPa$

$A_{swy} := 2 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{st}^2}{4}$ $A_{swy} = 2.262 cm^2$

$V_{Rdsy} := \frac{1}{\gamma_{Bd}} \cdot \frac{A_{swy}}{s_L} \cdot f_{yd} \cdot z_y \cdot \cot(\theta)$ $V_{Rdsy} = 2.333 MN$ $>$ $V_{Ey} = 1.373 MN$

$V_{Ex} := 0.9 \cdot MN$ $V_{Ey} := 0.55 \cdot MN$

$\sigma_{c wd} := \left(\frac{V_{Ex}}{z_x \cdot b_{effx}} + \frac{V_{Ey}}{z_y \cdot b_{effy}} \right) \cdot (\cot(\theta) + \tan(\theta))$ $\sigma_{c wd} = 0.519 MPa$ $<$ $\frac{f_{cd} \cdot v}{\gamma_{Bd1}} = 10.702 MPa$

$A_{swx} := 8 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{st}^2}{4}$ $A_{swx} = 9.048 cm^2$

$V_{Rdsx} := \frac{1}{\gamma_{Bd}} \cdot \frac{A_{swx}}{s_L} \cdot f_{yd} \cdot z_x \cdot \cot(\theta)$ $V_{Rdsx} = 2.25 MN$ $>$ $V_{Ex} = 0.9 MN$

Statický výpočet nosnej konštrukcie mosta

Diaľničný privádzač Lietavská Lúčka - Žilina

obj.201-00, Most nad údolím v km 2,450, časť: Spodná stavba

stupeň: DRS

Vypracovali: Ing. Peter Paulík, PhD.
 Ing. Viktor Borzovič, PhD.

V Bratislave, máj 2014

Obsah

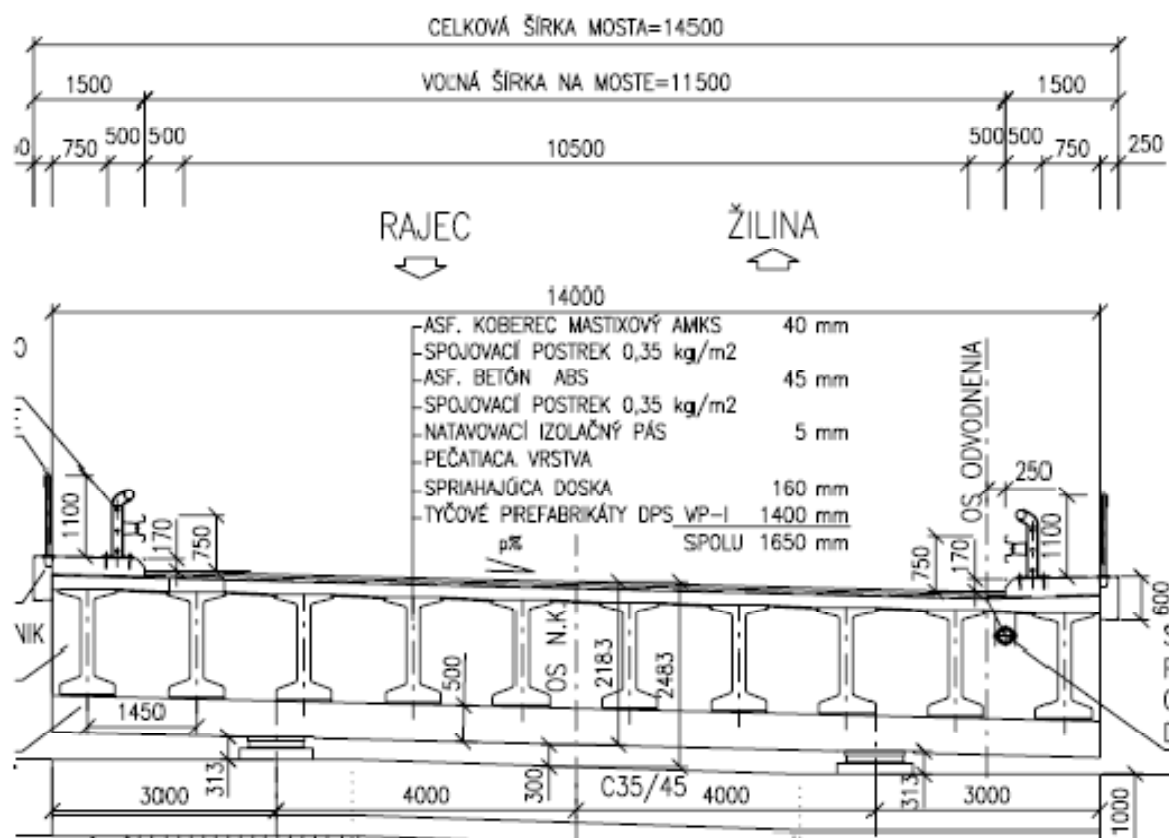
1	Popis konštrukcie mosta	4
2	Zaťaženie	7
2.1	Vlastná tiaž (G_0)	7
2.2	Vozovka (G_{11})	7
2.3	Rímky a mostné príslušenstvo (G_{12}).....	7
2.4	Nerovnomerný pokles (G_{set}) podpier bol uvažovaný 10 mm.	7
2.5	Pohyblivé zaťaženie (Q)	7
2.5.1	Zaťažovací model LM1 (Q_{LM1})	7
2.5.2	Zaťažovací model LM2 (Q_{LM2})	8
2.5.3	Špeciálne vozidlo (Q_{sv})	8
2.5.4	Dynamické účinky.....	8
2.5.5	Zaťaženie na chodníku (Q_{fw}).....	8
2.5.6	Brzdne a rozbehové sily (Q_l).....	8
2.5.7	Odstredivé sily (Q_t).....	8
2.5.8	Únavový zaťažovací model FLM1	9
2.5.9	Únavový zaťažovací model FLM3	9
2.6	Teplotné účinky (T).....	9
2.6.1	Rovnomerná teplotná zložka (T_N).....	9
2.6.2	Teplotný spád (T_M).....	9
2.7	Zaťaženie vetrom (W).....	9
2.8	Dotvarovanie a zmrašťovanie (G_{cs}).....	10
2.9	Trenie na ložiskách (Q_{ll}).....	10
2.10	Seizmické zaťaženie (A_E).....	10
2.11	Kombinácie zaťažení pre hornú stavbu	10
2.11.1	Kombinácie zaťažení pre štádium predpínania	10
2.11.2	Kombinácie zaťažení pre trvalé návrhové situácie.....	11
3	Reakcie na ložiská	11
3.1	MKP model hornej stavby	11
3.2	Predpätie	12
3.2.1	Vopred predpínaná výstuž	12
3.2.2	Dodatočne predpínaná výstuž.....	12
3.3	Reakcie na ložiskách z modelu	12

4	Posúdenie hlavice piliera.....	13
4.1	Geometria hlavice pilierov	13
4.2	Návrhové kombinácie zaťaženia ložísk.....	13
4.3	Model Hlavice.....	13
4.4	Potrebné plochy výstuže	13
5	Posúdenie drieku pilierov.....	14
5.1	Geometria drieku piliera s posuvnými ložiskami a časti drieku piliera s pevnými ložiskami	14
5.2	Geometria drieku pilierov 3 a 4 s pevnými ložiskami v mieste votknutia do základu.....	15
5.3	Vystuženie driekov	15
5.4	Návrhové kombinácie, piliere 2 a 5 v mieste votknutia do základu a piliere 3 a 4 v 1 meter pod začínajúcou zmenou šírky piliera (bez excentricít a 2. rádu)	16
5.5	Zohľadnenie excentricít a účinkov 2. rádu (piliere 2 a 5, časť pilierov 3 a 4).....	16
5.6	Posúdenie drieku pilierov na účinky osovej sily a ohybových momentov	19
5.7	Návrhové kombinácie, piliere 3 a 4 v mieste votknutia do základu.....	21
	(bez excentricít a 2. rádu).....	21
5.8	Zohľadnenie excentricít a účinkov 2. rádu (piliere 3 a 4)	22
5.9	Posúdenie drieku pilierov na účinky osovej sily a ohybových momentov	24
6	Posúdenie základov pilierov.....	26
6.1	Tvar základov.....	26
6.1.1	Piliere 2 a 5	26
6.1.2	Piliere 3 a 4	26
6.2	Model základov piliera	26
6.3	Kombinácie zaťažení (spočítané k úrovni osi základu)	27
6.4	Potrebné plochy výstuže	27
6.4.1	Piliere 3 a 4	27
6.4.2	Piliere 2 a 5	29
6.5	Posúdenie na pretlačenie.....	30
6.5.1	Posúdenie tlakovej diagonály.....	30
6.5.2	Posúdenie na pretlačenie	31
7	Posúdenie opôr	31
7.1	Opora č. 1 a 6.....	31
7.1.1	Geometrický tvar	31
7.1.2	Výpočtový model.....	32
7.1.3	Zaťaženie opory	32

7.1.4	Návrhové kombinácie:.....	32
7.1.5	Zaťaženie zemným tlakom	33
7.2	Opora č. 6	34
7.2.1	Geometrický tvar	34
7.2.2	Výpočtový model.....	34
7.2.3	Zaťaženie opory	35
7.2.4	Návrhové kombinácie:.....	35
7.2.5	Zaťaženie zemným tlakom	35
7.2.6	Reakcie na piloty	36
7.3	Oporné múry	38
7.3.1	Geometrický tvar	38
7.3.2	Výpočtové modely.....	38
7.3.3	Zaťaženie zemným tlakom	38
7.3.4	Reakcie na piloty	39

1 Popis konštrukcie mosta

Objekt 201-00 predstavuje 5 polový most s rozpätiami polí $26\text{ m} + 3 \times 32,4 + 26\text{ m}$. Celková dĺžka hornej stavby mosta je 151,2 m. Most je pôdorysne zakrivený s minimálnym polomerom 950 m. Most je navrhnutý z tyčových prefabrikátov výšky 1,4 m spriahnutých s mostovkovou doskou hrúbky 200 mm. Spojitosť systému je zabezpečená železobetónovým priečnikmi šírky 2,3 m. Výška priečnika je $1,4 + 0,2 + 0,5\text{ m} = 2,10\text{ m}$. V priečnom reze mosta je 10 nosníkov s osovou vzdialenosťou 1,45 m. Celková šírka mosta je 14 m. Šírkové usporiadanie mosta je na obr.1.1. Nosníky sú navrhnuté z betónu pevnostnej triedy C55/67. Monolitická doska a priečniky z betónu C30/37. Ako predpínacie jednotky sú uvažované stabilizované laná $\phi\text{Ls}15,7/1860\text{ MPa}$ a štvorlanové káble z rovnakých lán. Nad každou podperou je most uložený na dvojici ložísk. Osová vzdialenosť ložísk v priečnom smere je 8 m. Vyrobenie priečnika je symetrické 3 m, pozri obr.1.1.

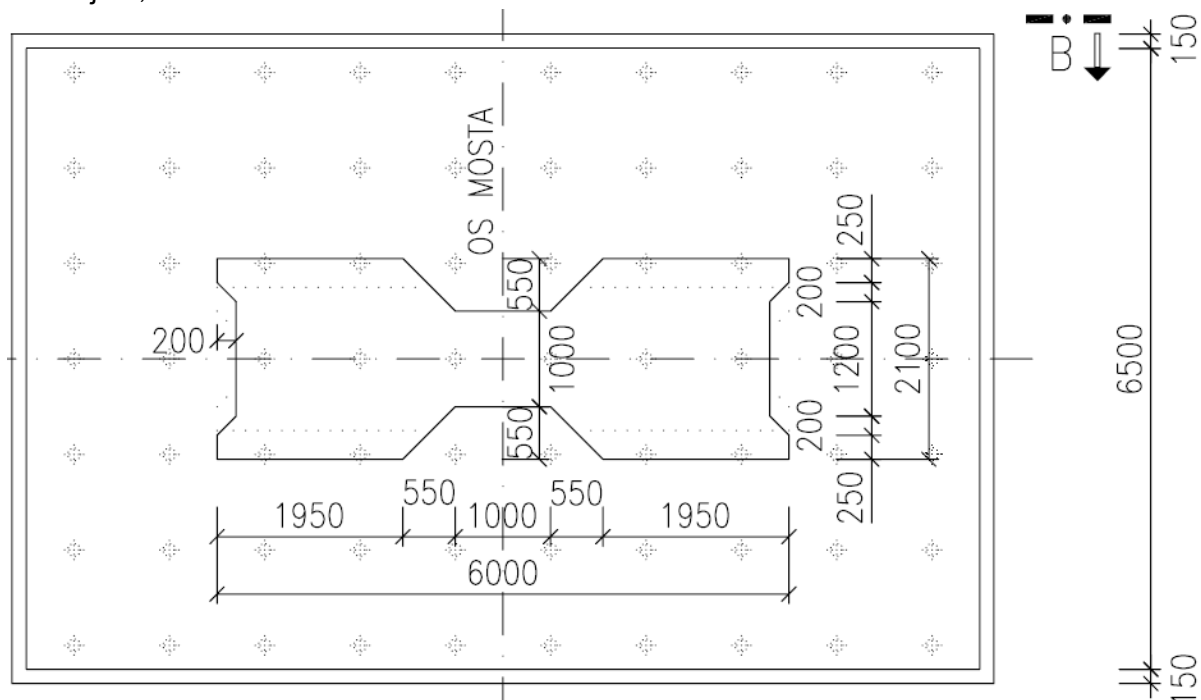


Obr.1.1 Šírkové usporiadanie mosta

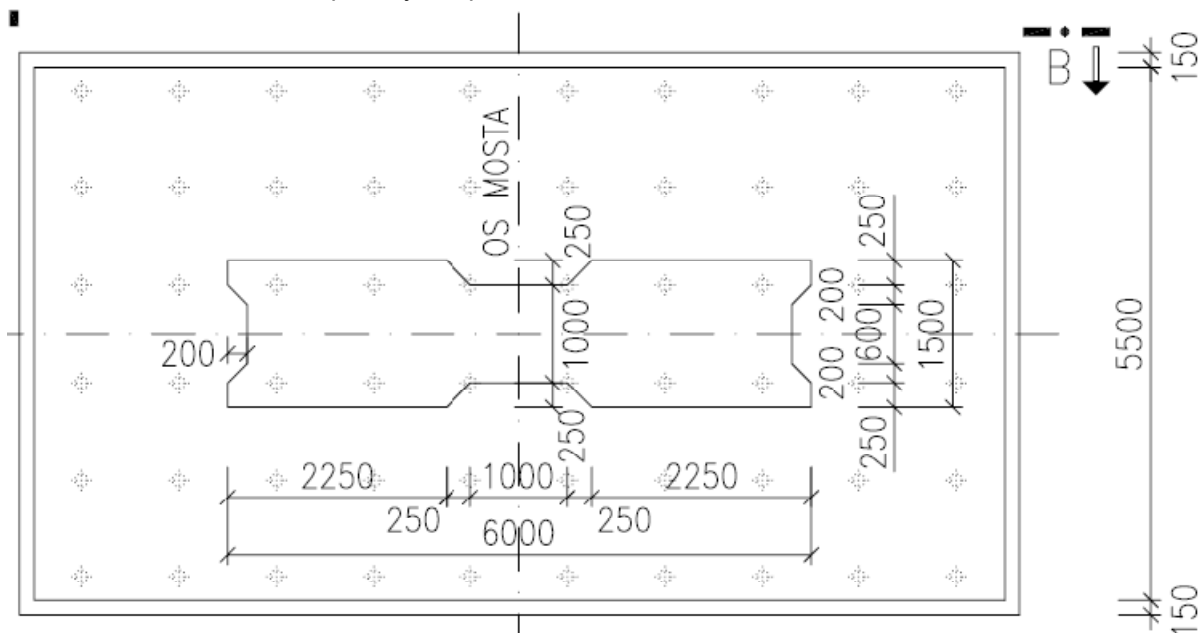
Spodnú stavbu mosta tvoria 4 piliere a dve opory. Pilieri P3 a P4 majú výšku 20 m a majú premenný priečny rez s veľkosťou 6,0 × 2,1 m v päte piliera a 6,0 × 1,5 m vo vzdialenosti 8,5 m od päty piliera, pozri obr.1.2, obr.1.3. Zmenšený prierez piliera potom ostáva až po zväčšenú hlavicu piliera, ktorá má výšku 1,0 m a pôdorysný rozmer 14,0 × 2,3 m. Pilieri P2 a P4 majú výšku 14,0 m a konštantný rozmer prierezu 6,0 × 1,5 m, obr.1.3. Hlavica pilierov je rovnaká ako u P3 a P4. Pilieri sú votknuté do základových dosiek hrúbky 2 m a pôdorysných rozmerov 6,5 × 10 m pri pilieroch P3 a P4, resp. 5,5 × 10 m pri pilieroch P2 a P4. Základové dosky sú založené na mikropilótach. Opора P1 je riešená ako úložný prah s výškou prierezu 2 m, šírkou 14 m a dĺžkou 3,1 m. Do opory je votknutá dvojica stenových krídiel, ktoré majú hrúbku steny 1,25 m. Opора je založená na mikropilótach. Opора P6 je kvôli veľmi strmému svahovitému terénu založená s troma odskokmi výškovej úrovne základovej škáry. Základ má hrúbku 1,5 m a šírku 5,3 m. Časť úložného prahu je prepojená so základom prostredníctvom stien hrubých 0,6 a 0,4 m a vysokými 4,2 a 1,8 m. Steny sa nachádzajú v 1,7 metrových vzdialenostiach a sú vzájomne prepojené uzatváracou stienkou. Opора má dve stenové krídla hrubé 0,6 m. Na ľavé krídlo sa napája uholníkový členený oporný múr, ktorý je ale od opory dilatovaný. Oporný múr sa skladá z troch 5,25 m dlhých samostatných častí s výškami 5,0 – 6,5 a 8,0 m. Základ oporného múru je premenný podľa výšky oporného múru a jeho šírka činí 4,4 – 3,6 a 2,8 m. Výstužné steny majú hrúbku 0,4 m, čelo oporného múru má hrúbku 0,6 m a základ 1,0 m pri najvyššej a 0,8 m pri dvoch nižších častiach.

Opора ako aj oporné múry sú založené na mikropilótach. Pod oporou sú mikropiloty vzájomne vzdialené 1,0 m v priečnom smere. V smere osi mosta sa pod základom nachádzajú 4 rady mikropilot vo vzdialenostiach 1,4 a 1,5 metra. V časti opory, kde je úložný

prah položený priamo na teréne sa nachádzajú 3 rady mikropilot vzdialené vzájomne 1,1 m. Pod oporným múrom sa nachádzajú 3 rady mikropilot, pričom ich vzdialenosť v smere osi mosta je 0,9 m.



Obr.1.2 Základová doska a priečny rez pilierov P3 a P4



Obr.1.3 Základová doska a priečny rez pilierov P2 a P5

Usporiadanie ložísk je nasledovné. Pevné ložiska pre pohyb v pozdĺžnom smere mosta sú na pilieroch P3 a P4. Na ostatných pilieroch a oporách je vždy jedno ložisko usmernené a jedno ložisko všesmerné.

2 Zat'azenie

2.1 Vlastná tiaž (G_0)

Vlastná tiaž konštrukcie bola počítaná s objemovou tiažou železobetónu a predpätého betónu $\gamma_{\text{con}} = 25 \text{ kN/m}^3$.

$$g_{N0k} = \gamma_{\text{con}} A_{\text{cN}} = 25 \cdot 0,416 = 10,4 \text{ kN/m (prefabrikovaný nosník)}$$

Doska

$$g_{D0k} = \gamma_{\text{pc}} (h_d + 0,03) \cdot b_d = 25 \cdot (0,2 + 0,03) \cdot (1,45/2 + 0,475) = 6,9 \text{ kN/m (krajný nosník)}$$

$$g_{D0k} = \gamma_{\text{pc}} (h_d + 0,03) \cdot b_d = 25 \cdot (0,2 + 0,03) \cdot 1,45 = 8,35 \text{ kN/m (vnútorné nosníky)}$$

2.2 Vozovka (G_{11})

Hrúbka vozovky bola uvažovaná 90 mm s objemovou tiažou asfaltobetónu $\gamma_{\text{ab}} = 24 \text{ kN/m}^3$.

$$g_{11ma} = 0,09 \cdot 24 \cdot 0 = 2,16 \text{ kN/m}^2 \rightarrow g_{11m} = 11,50 \cdot 2,16 = 24,84 \text{ kN/m}$$

$$g_{11k,\text{sup}} = 1,4 \cdot g_{11m} = 34,8 \text{ kN/m} ; g_{11k,\text{inf}} = 0,8 \cdot g_{11m} = 19,9 \text{ kN/m}$$

2.3 Rímky a mostné príslušenstvo (G_{12})

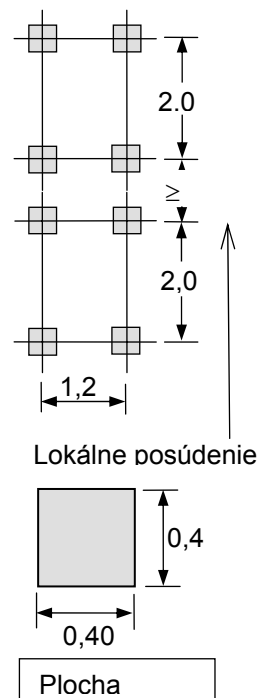
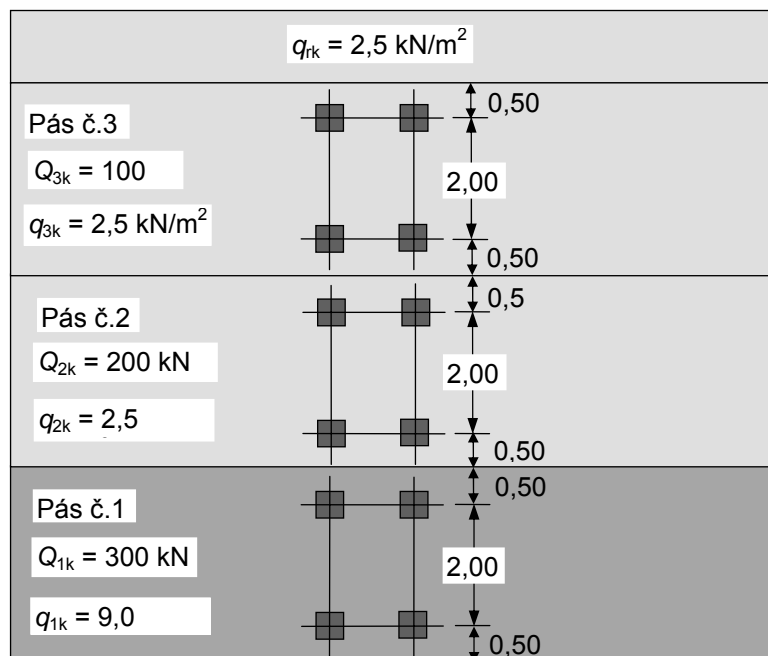
Plocha betónových rímok: $A_{c1} = 0,475 \text{ m}^2$; $A_{c2} = 0,475 \text{ m}^2$; objemová tiaž ŽB: $\gamma_{\text{fc}} = 25 \text{ kN/m}^3$
zvodidlá: 0,8 kN/m; zábradlie: 0,5 kN/m

$$g_{12k} = 25 \cdot 0 \cdot (0,475 + 0,475) + 2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,5 = 26,35 \text{ kN/m}$$

2.4 Nerovnomerný pokles (G_{set}) podpier bol uvažovaný 10 mm.

2.5 Pohyblivé zaťaženie (Q)

2.5.1 Zaťažovací model LM1 (Q_{LM1})

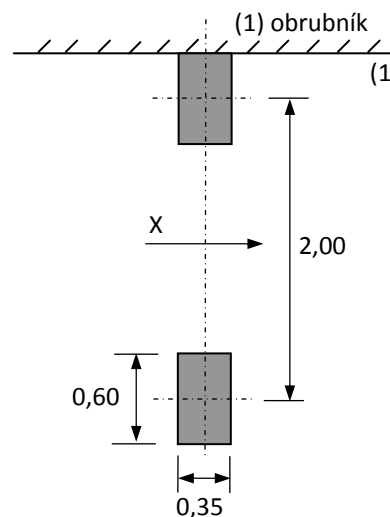


Obr.2.1 Zaťaženie od dopravy – Zaťažovací schéma LM1

Model LM1 pozostáva z 3 dvojnápravových vozidiel (Tandem system - TS) s tiažou $2 \cdot \alpha_{Qi} Q_{ik}$, a z rovnomerného plošného zaťaženia s intenzitou $\alpha_{qi} q_{ik}$, pozri obr.2.1. Adjustačné súčinitele α_Q a α_q boli uvažované rovne 1,0.

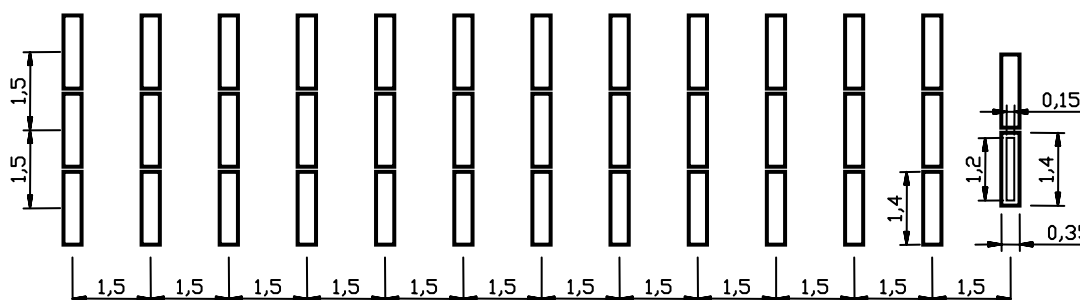
2.5.2 Zaťažovací model LM2 (Q_{LM2})

Zaťažovací schéma LM2 reprezentuje jednonápravové zaťaženie, pozri obr.2.2. Tiaž tejto nápravy je $\beta_Q Q_{ak}$, kde $Q_{ak} = 400$ kN a $\beta_Q = 1,0$, pozri STN EN 1991-2/NA. LM2 bol použitý pre lokálne posúdenia dosky.



X pozdĺžny smer

Obr.2.2 Model LM2



Obr.2.3 Špeciálne vozidlo

Poznámka: Kontaktné plochy kolesa na obr.2.1, obr.2.2 a obr.2.3 boli zväčšené o 10 cm v oboch smeroch: 40 cm → 60 cm ; 35 cm → 55 cm ; 60 cm → 80 cm and 15 cm → 35 cm.

2.5.4 Dynamické účinky

Dynamické účinky sú zarátané v tiaži príslušného zaťažovacieho modelu.

2.5.5 Zaťaženie na chodníku (Q_{fw})

Rovnomerné plošné zaťaženie na chodníku bolo uvažované s intenzitou $q_{fwk} = 3$ kN/m².

2.5.6 Brzdne a rozbehové sily (Q_l)

$$Q_{lk} = 0,6 \alpha_{Q1} (2 Q_{1k}) + 0,10 \alpha_{q1} q_{1k} w_1 L$$

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot 1,0 \cdot (600) + 0,10 \cdot 1,0 \cdot 9,0 \cdot 3,0 \cdot 151 = 768 \text{ kN} \leq 900 \text{ kN}$$

Kde L je dĺžka mosta, $L = 151$ m

w_1 - šírka zaťažovacieho pásu č.1

2.5.7 Odstredivé sily (Q_t)

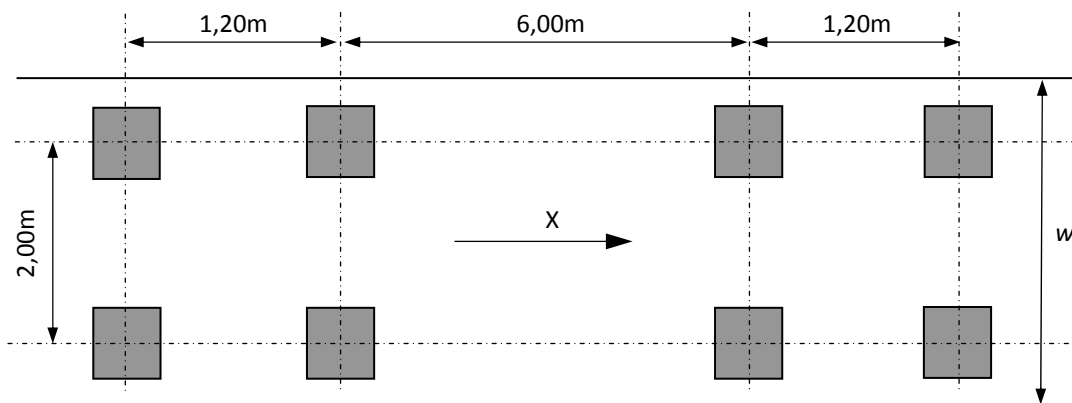
- Polomer zakrivenia $r = 950$ m
- Tiaž dvojnápravových vozidiel $Q_v = 1200$ kN
- Odstredivá sila $Q_{tk} = 40 \cdot Q_v / r = 40 \cdot 1200 / 950 = 51$ kN

2.5.8 Únavový zaťažovací model FLM1

Model predstavujú zaťaženia modlu LM1 redukované 0,7 krát pri vozidlách TS a 0,3 krát pri rovnomernom zaťažení udl.

2.5.9 Únavový zaťažovací model FLM3

Zaťažovací schéma FLM3 bola použitá pre únavové overenie pozdĺžnej výstuže v priečnom smere a šmykovej výstuže. Zaťaženie pozostáva zo 4 náprav, pričom každá má tiaž 120 kN. Zaťaženie sa pohybovalo v osi skutočných jazdných pásov.



Obr.2.4 Únavový zaťažovací model FLM3

w_1 – šírka jazdného pruhu

2.6 Teplotné účinky (T)

Súčiniteľ teplotnej rozťažnosti pre betón bol uvažovaný $\alpha_{ct} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

2.6.1 Rovnomerná teplotná zložka (T_N)

Počiatočná teplota mosta bola predpokladaná $T_0 = 10^\circ\text{C}$.

Podľa STN EN 1991-1-5/NA je:

Maximálna teplota vzduchu $T_{\max} = 41^\circ\text{C} \rightarrow T_{e,\max} = T_{\max} + 2^\circ\text{C} = 43^\circ\text{C}$

Minimálna teplota vzduchu $T_{\min} = -29^\circ\text{C} \rightarrow T_{e,\min} = T_{\min} + 2^\circ\text{C} = -21^\circ\text{C}$

2.6.2 Teplotný spád (T_M)

Vertikálny lineárny teplotný spád bol uvažovaný pre otvorený betónový trám a kryt vozovky hrúbky 100 mm.

Pre betónovú konštrukciu s vozovkou: $\Delta T_{M,\text{heat}} = 0,7 \cdot 15 = 10,5^\circ\text{C}$ a $\Delta T_{M,\text{cool}} = 8^\circ\text{C}$

Pre betónovú konštrukciu bez vozovky: $\Delta T_{M,\text{heat}} = 0,8 \cdot 15 = 12^\circ\text{C}$ a $\Delta T_{M,\text{cool}} = 1,1 \cdot 8 = 8,8^\circ\text{C}$

2.7 Zaťaženie vetrom (W)

$d_{\text{tot}} = 2,175 + 1,825 = 4,0 \text{ m}$; $b = 14,0 \text{ m} \rightarrow b/d_{\text{tot}} = 14,5/4,0 = 3,625 \rightarrow c_{fx,0}$

$$c_{fx,0} = \frac{1,4}{(5 - 0,5)} \left(5 - \frac{b}{d_{\text{tot}}} \right) + 1 = \frac{1,4}{(5 - 0,5)} \left(5 - \frac{14,5}{4,0} \right) + 1 = 1,43$$

$c_e = 2,9$ (typ terénu II, $z_{\max} = 25 \text{ m}$) $\rightarrow C = c_e \cdot c_{fx,0} = 2,9 \cdot 1,43 = 4,15$

Hustota vzduchu: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Rýchlosť vetra: $v_b = 26 \text{ m/s}$

Tlak vetra (priečny): $f_{wk} = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot d_{\text{tot}} = 0,5 \cdot 4,15 \cdot 1,25 \cdot 26^2 \cdot 4,0 = 7015 \text{ N/m} \rightarrow \mathbf{7,015 \text{ kN/m}}$

- Sila na pilier: $W_{ky1} = 30,1 \cdot 7,015 + 2,3 \cdot 7,015 \cdot (4,5/4) = 230 \text{ kN}$

- Sila na oporu: $W_{ky2} = 13,2.7,015 = 92 \text{ kN}$
- Účinky pozdĺžneho vetra reprezentujú 25% účinkov priečneho vetra:
 $W_{kx} = 0,25.(4.230 + 2.85) = 0,25.1090 = 272,5 \text{ kN}$

2.8 Dotvarovanie a zmrašťovanie (G_{cs})

Pre horizontálne skrátenie mosta od účinkov zmrašťovania a dotvarovania vyvolaného predpätím, boli použité reologické modely podľa STN EN 1992-1-1 Príloha B.

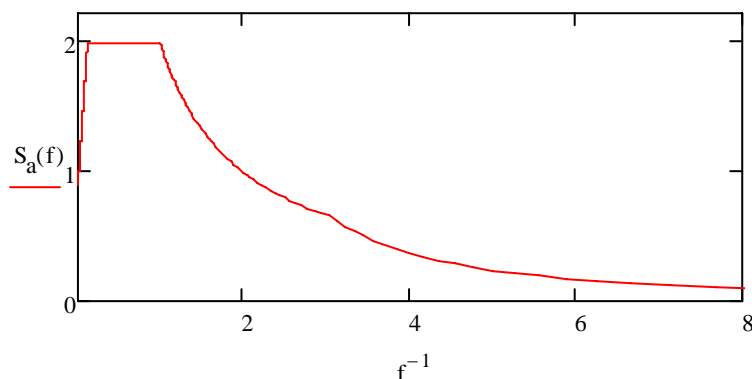
Boli použité nasledovné údaje:

- Betón triedy C55/67, resp. C30/37
- Relatívna vlhkosť 70 %
- Cement s normálnou začiatočnou pevnosťou CEM 42,5 N
- Súčiniteľ $k_{hN} = 0,91$ ($u_N = 5220 \text{ mm}$; $A_{cN} = 0,416 \text{ m}^2$; $h_{0N} = 2.A_{cN}/u_N = 160 \text{ mm}$)
- Súčiniteľ $k_{hD} = 0,85$ ($u_D = 2000 \text{ mm}$; $A_{cD} = 0,20 \text{ m}^2$; $h_{0D} = 2.A_{cD}/u_D = 200 \text{ mm}$)

2.9 Trenie na ložiskách (Q_μ)

Súčiniteľ trenia na ložiskách bol uvažovaný $\mu = 0,04$. Horizontálne sily boli stanovené pre reakcie spôsobené od všetkých stálych zaťažení plus príslušné zaťaženia od dopravy uvažované v častej hodnote.

2.10 Seizmické zaťaženie (A_E)



Obr.2.5 Návrhové spektrum odozvy pre kategóriu podlažia C

Boli predpokladané nasledujúce parametre pre seizmickú analýzu:

- Referenčné seizmické zrýchlenie a_{gR} pre kategóriu podlažia A: $a_r = 0,63 \text{ m/s}^2$
- Kategória podlažia: **C**
- Návrhové seizmické zrýchlenie : $a_g = 1,25.a_r = 0,788 \text{ m/s}^2$
- Súčiniteľ významnosti pre triedu dôležitosti CC2: $\gamma = 1,0$

2.11 Kombinácie zaťažení pre hornú stavbu

2.11.1 Kombinácie zaťažení pre štádium predpínania

Charakteristická kombinácia: $G_{N0k} + P_k(t)$

Kde: $G_{N0k}(t)$ je účinok od vlastnej tiaže prefabrikovaného nosníka

$P_k(t)$ - účinok od predpätia, charakteristická hodnota,

Vopred predpätá výstuž: $P_k(t) = P_{k,sup}(t) = 1,05.P_m(t)$

$P_k(t) = P_{k,inf}(t) = 0,95.P_m(t)$

Dodatočne predpínaná výstuž: $P_k(t) = P_{k,sup}(t) = 1,1.P_m(t)$; $P_k(t) = P_{k,inf}(t) = 0,9.P_m(t)$

$P_m(t)$ – účinok od predpätia, stredná hodnota

Poznámka: Účinky od teploty T_M môžu byť zanedbané $\gamma_Q = 0$ pre overenie ohybovej odolnosti.

2.11.2 Kombinácie zaťažení pre trvalé návrhové situácie

- Kvázi-stála kombinácia: $G_{0k} + G_{1k} + G_{cs}(t) + G_{set} + P_k(t) + 0,5.T_M$
- Častá kombinácia: $G_{0k} + G_{1k} + G_{cs}(t) + G_{set} + P_k(t) + 0,75.Q_{TS} + 0,40.Q_{udl} + 0,5.T_M$
- Charakteristická kombinácia:
 $G_{0k} + G_{1k} + G_{cs}(t) + G_{set} + P_k(t) + Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{ch} + 0,6.T_M$
 $G_{0k}(t) + G_{1k} + G_{cs}(t) + G_{set} + P_k(t) + Q_{SV} + Q_{ch} + 0,6.T_M$
- Návrhové kombinácie:
 $1,35.[G_{0k}(t) + G_{1k,sup}] + 1,2.G_{set} + G_{cs}(t) + \gamma_P P_m(t) + 1,35.[Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{fwk}]$
 $1,0.[G_{0k} + G_{1k,inf}] + 1,2.G_{set} + G_{cs}(t) + \gamma_P P_m(t) + 1,35.[Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{fwk}]$

Poznámka: Účinky od teploty T_M môžu byť zanedbané $\gamma_Q = 0$ pre overenie ohybovej odolnosti.

Kde: G_{0k} – vlastná tiaž spriahnutej konštrukcie

G_{1k} sú účinky zaťaženia od mostného príslušenstva, ríms a vozovky, $G_{1k,sup}$, $G_{1k,inf}$

G_{set} – nerovnomerné sadnutie podpier

$G_{cs}(t)$ – vplyv zmrašťovania a dotvarovania na spriahnutej staticky neurčitej konštrukcii

Q_{TS} – účinky od dopravy - tandem system (TS),

Q_{udl} – účinky od dopravy – rovnomerné plošné zaťaženie (UDL)

Q_{SV} – účinky od dopravy – špeciálne vozidlo

Q_{fwk} – zaťaženie na chodníku.

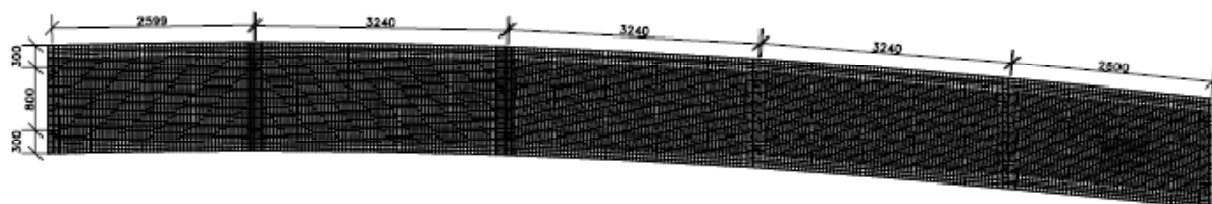
γ_P - parciálny súčiniteľ pre predpätie $\gamma_P = \gamma_{Pfav} = 1,0$ alebo $\gamma_P = \gamma_{Punfav} = 1,2$

3 Reakcie na ložiská

3.1 MKP model hornej stavby

Sily na ložiskách od účinkov zaťaženia ktoré nastúpili na spriahnutú konštrukciu boli počítané pomocou MKP, programom STRAP verzia 2011. Pre účely analýzy bol vytvorený **roštový model**. Tento model berie do úvahy priečne rozdelenie zaťaženia. Model pozostáva zo spriahnutých pozdĺžnych nosníkov navzájom spojených priečnymi nosníkmi. Tieto priečne nosníky majú prierezové vlastnosti mostovkovej dosky v priečnom smere. V pozdĺžnom smere ma každý nosník prierezové charakteristiky spriahnutého prierezu. Vnútorne sily sú v prílohe 1

Pre analýzu predpäťých nosníkov bola redukovaná tuhosť železobetónových častí nad vnútornými podperami na 50 %. Pre analýzu železobetónových priečnikov bol vytvorený model so 100 % tuhosťou.



Obr.3.1 Roštový model mostnej konštrukcie

3.2 Predpätie

3.2.1 Vopred predpínaná výstuž

Vopred predpínané laná s nízkou relaxáciou $\phi Ls15,7$ mm/1860 MPa

$$A_{p1} = 1,5 \text{ cm}^2 ; f_{pk} = 1860 \text{ MPa} ; f_{p01,k} = 1630 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži pri predpínaní káblov:

$$\sigma_{p,max} = \min (0,80 \cdot f_{pk} ; 0,9 \cdot f_{p01,k}) = \min (1488 ; 1467) = 1450 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži po vnesení predpätia so yapočítaním straty z pružného pretvorenia betónu:

$$\sigma_{pm0,max} = \min (0,75 \cdot f_{pk} ; 0,85 \cdot f_{p01,k}) = \min (1395 ; 1385) = 1385 \text{ MPa}$$

Relaxácia pre triedu relaxácie 2.

3.2.2 Dodatočne predpínaná výstuž

4-lanové káble zo stabilizovaných lán $\phi Ls15,7/1860$ MPa

$$A_{p1} = 1,5 \text{ cm}^2 ; A_{p4} = 6,0 \text{ cm}^2 ; f_{pk} = 1860 \text{ MPa} ; f_{p01,k} = 1630 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži pri predpínaní káblov:

$$\sigma_{p,max} = \min (0,80 \cdot f_{pk} ; 0,9 \cdot f_{p01,k}) = \min (1488 ; 1467) = 1450 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži po vnesení predpätia:

$$\sigma_{pm0,max} = \min (0,75 \cdot f_{pk} ; 0,85 \cdot f_{p01,k}) = \min (1395 ; 1385) = 1385 \text{ MPa}$$

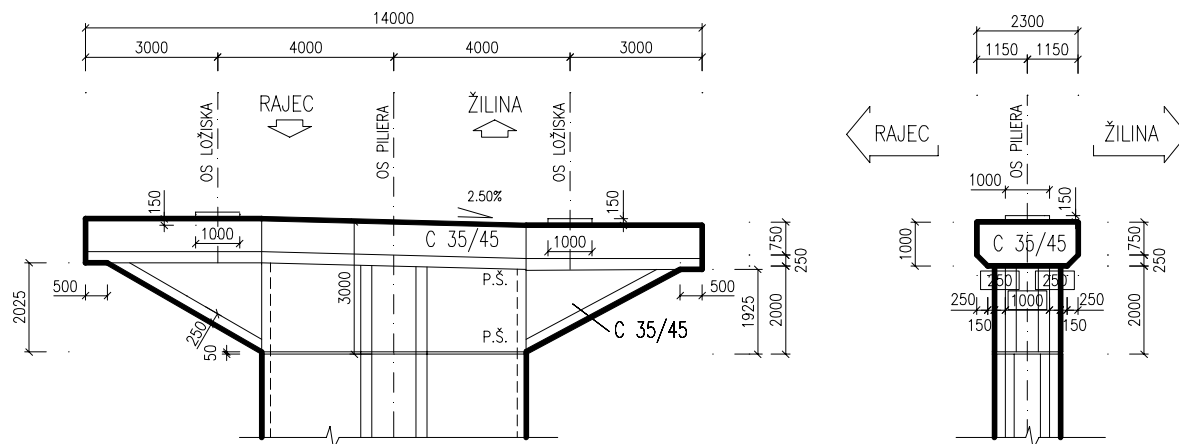
$\mu = 0,2$; $k = 0,01$ rad/m ; pokíz v kotve 3 mm ; funkcia relaxácie pre triedu 2.

3.3 Reakcie na ložiskách z modelu

Zaťaž.	Reakcie v ložiskách [kN]											
	1_opora		2_podpera		3_podpera		4_podpera		5_podpera		6_opora	
stav	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
G_0	1333	1352	3707	3623	3680	3594	3559	3672	3692	3646	1353	1343
G_1 sup	305	311	996	985	984	977	984	977	994	987	311	304
G_1 inf	230	234	750	743	742	737	741	737	749	745	236	228
G_set	44	44	129	109	161	140	159	142	122	113	44	44
Q_udl P	406	174	1081	517	1149	536	1164	551	1099	538	407	171
Q_udl L	168	414	554	1089	570	1150	568	1153	548	1095	170	410
Q_udl S	297	304	838	823	880	863	886	872	844	837	299	301
Q_udl L Mmax	-3	377	116	976	109	1042	107	1045	110	979	-3	374
Q_ts P	838	229	848	236	848	234	847	234	849	233	844	215
Q_ts L	218	848	234	861	221	863	221	863	232	888	208	852
Q_ts S	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
Q_ts L Mmax	92	796	70	830	70	830	70	830	70	830	92	796
Q_chod P	40	-11	98	-16	105	-20	105	-20	99	-17	40	-11
Q_chod L	-11	40	-16	98	-20	105	-20	105	-17	99	-11	40
Q_chod S	30	30	83	83	87	87	87	87	83	83	30	30
Q_lm3 P	877	978	1526	1355	1529	1336	1538	1353	1520	1363	850	993
Q_lm3 L	978	877	1355	1526	1336	1529	1353	1538	1363	1520	993	850

4 Posúdenie hlavice piliera

4.1 Geometria hlavice pilierov

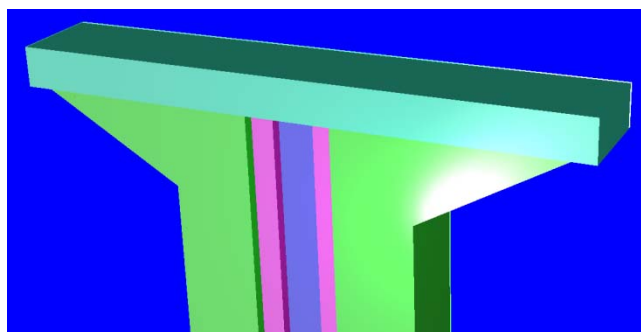


4.2 Návrhové kombinácie zaťaženia ložísk

Číslo komb.	Pilier 6 a 7				Pilier 5			
	L	P	pozd	priec	L	P	pozd	priec
1	7496	9468	679	223	7540	9506	142	0
2	4125	4403	341	372	7507	9539	0	246
3	4146	6775	437	223	6945	8147	517	0
4	6594	9252	634	223	6175	7721	517	0
5	3828	4106	317	372	3927	4031	517	0
6	7555	9410	679	223	3870	4087	0	410
7	4205	6717	437	0	4384	7095	0	246

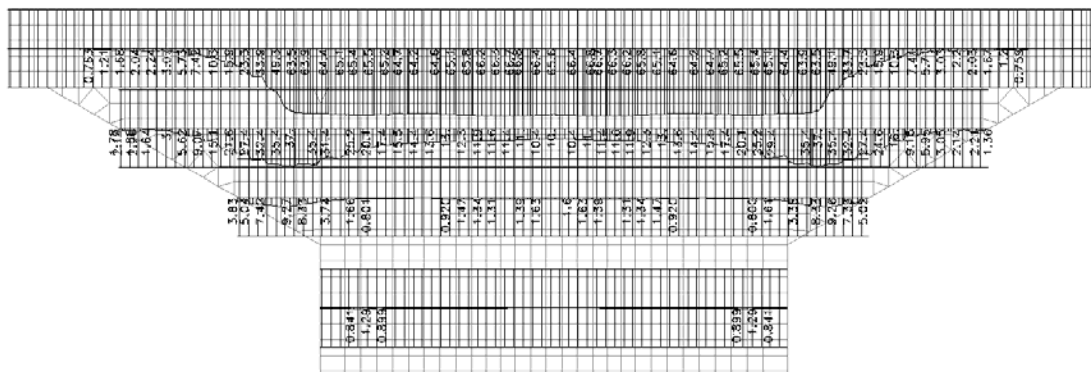
4.3 Model Hlavice

Hlavica bola modelovaná dosko-stenovými elementami v programe STRAP 2010

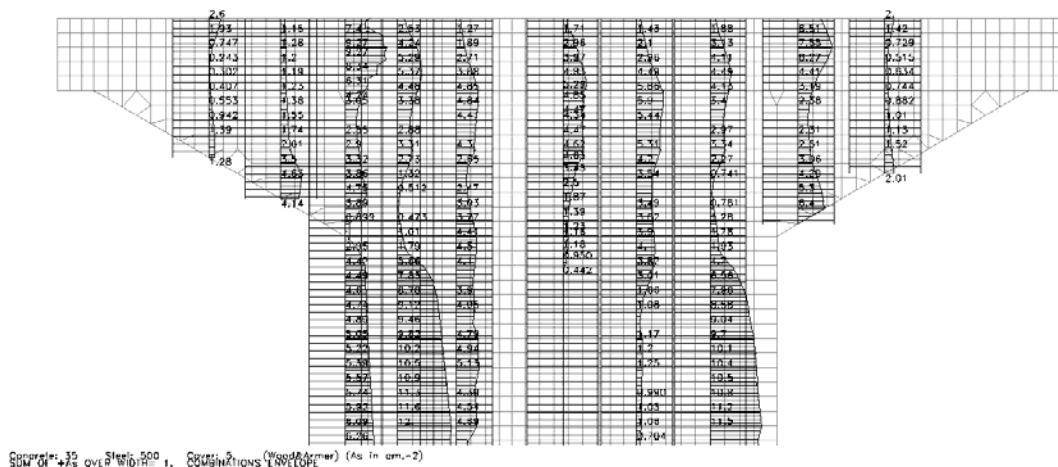


4.4 Potrebné plochy výstuže

Potrebná plocha výstuže pri jednom povrchu (na 1 meter široký pruh, vodorovný smer, cm²):



Potrebná plocha výstuže pri jednom povrchu (na 1 meter široký pruh, zvislý smer, cm²):



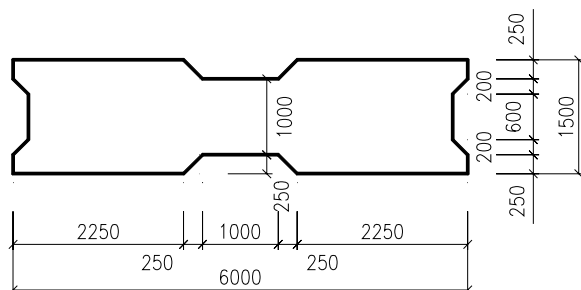
Výstuž v oblasti pod ložiskom na zachytenie priečnych ťahov:

Max. reakcia na ložisko: 9,5MN

Potrebná plocha priečnej výstuže v oboch smeroch: $A_s = v \cdot F_{\max} / f_{yd} = 0.2 \cdot 9,5 / 435 = 44 \text{ cm}^2$

5 Posúdenie drieku pilierov

5.1 Geometria drieku piliera s posuvnými ložiskami a časti drieku piliera s pevnými ložiskami



Area: 8055000.00
Perimeter: 15745.58
Bounding box: X: -3000.00 -- 3000.00
Y: -750.00 -- 750.00
Centroid: X: 0.00
Y: 0.00
Moments of inertia: X: 1415460416666.59
Y: 2.42E+13
Product of inertia: XY: 0.00
Radii of gyration: X: 419.19
Y: 1733.58
Principal moments and X-Y directions about centroid:
I: 1415460416666.59 along [1.00 0.00]
J: 2.42E+13 along [0.00 1.00]

[illegible]

```
Area: 10335000.00
Perimeter: 17442.64
Bounding box: X: -3021.14 -- 2978.86
               Y: -1050.00 -- 1050.00
Centroid: X: -21.14
           Y: 0.00
Moments of inertia: X: 3384160416666.52
                   Y: 3.27E+13
Product of inertia: XY: -0.02
Radii of gyration: X: 572.23
                  Y: 1778.58
Principal moments and X-Y directions about centroid:
I: 3384160416666.52 along [1.00 0.00]
J: 3.27E+13 along [0.00 1.00]
```

5.4 Návrhové kombinácie, piliere 2 a 5 v mieste votknutia do základu a piliere 3 a 4 v 1 meter pod začínajúcou zmenou šírky piliera (bez excentricít a 2. rádu)

Prehľad síl:

výška pil.	14.3					14.5				
	Pilier 2					Pilier 3				
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
Vlt nosníky	7330	-330	0	0	0	7284	-320	0	0	0
G1 - max	1981	0	0	0	0	1960	0	0	0	0
G1 - min	1486	0	0	0	0	1480	0	0	0	0
Vlt piliere	3685	0	0	0	0	3595	0	0	0	0
Chodník nahodilé	82	-460	0	0	0	85	-500	0	0	0
UDL L	1213	-3822	0	0	0	1279	-4147	0	0	0
TS L	1000	-3377	0	0	0	1000	-3377	0	0	0
UDL P	1213	3822	0	0	0	1279	4455	0	0	0
TS P	1000	3377	0	0	0	1000	3377	0	0	0
UDL full - vľavo	1825	-2377	0	0	0	1911	-2577	0	0	0
TS - full - vľavo	1217	-2789	0	0	0	1204	-2855	0	0	0
UDL - full - vpravo	1825	2377	0	0	0	1910	2577	0	0	0
TS - full - vpravo	1217	2789	0	0	0	1204	2855	0	0	0
LM 4	2881	-684	0	0	0	2866	-776	0	0	0
brzdne sily	0	0	0	0	0	0	0	7775	383	0
priečny vietor	0	-4042	0	0	248	0	-6088	0	0	273
pozdĺžny vietor	0	0	0	0	0	0	0	3523	158	0
nerovnomer. sad. max	240	0	0	0	0	301	-80	0	0	0
Nerovnomer. sad. min	-240	0	0	0	0	-301	-80	0	0	0
max. negat reakcia	-440	0	0	0	0	-440	0	0	0	0
vlt patky + zemina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
predpätie - fázované	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Predpätie - nefáz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pozdĺžny vietor na pilier			1229.8	172				1769	244	
teplota	0	0	0	0	0	0	0	3393	260	0

Návrhové kombinácie (bez excentricít a 2. rádu):

Kombinácia	Pilier 2					Pilier 3				
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
1	21939	-10890	9704	679	223	23978	-7861	9675	596	0
2	12213	-6114	4878	341	372	23978	-13218	4750	234	246
3	14607	-13519	6247	437	223	22024	-4810	15246	751	0
4	20820	-13635	9064	634	223	20828	-6187	15246	751	0
5	11619	-6114	4538	317	372	13092	-416	15246	751	0
6	21939	-7252	10811	833	223	13092	-9343	4750	234	410
7	14607	-9881	8461	592	0	16614	-15930	4750	234	246
8						22850	-16042	4750	234	246

5.5 Zohľadnenie excentricít a účinkov 2. rádu (piliere 2 a 5, časť pilierov 3 a 4)

Priečny smer

$$D := 6\text{ m} \quad \phi_{st} := 14\text{ mm} \quad \phi_{sk} := 50\text{ mm} \quad \phi_s := 28\text{ mm} \quad d_1 := 0.5 \cdot \phi_s + c + \phi_{st}$$

$$r := 0.5 \cdot D \quad r_{s1} := r - d_1 \quad r_{s1} = 2.922\text{ m} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad r_{s2} := r_{s1} - 250\text{ mm} \quad A_{s1} = 6.1575 \cdot \text{cm}^2$$

$$n_{s1} := 6 \quad n_{s2} := 8$$

$$E_s := 200000\text{ MPa} \quad f_{yk} := 500\text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} \quad f_y := f_{yd} \quad f_t := 1 \cdot f_y \quad \epsilon_y := \frac{f_y}{E_s} \quad \alpha_{cT} := 0.00001 \cdot K^{-1}$$

$$E_{cm} := 33500\text{ MPa} \quad f_{ck} := 35\text{ MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} \quad f_c := f_{cd} \quad f_c = 19.8333\text{ MPa} \quad \epsilon_{c3} := 0.00175$$

$$E_s := 200000 \cdot \text{MPa} \quad f_{yk} := 500 \cdot \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} \quad f_y := f_{yd} \quad f_t := 1 \cdot f_y \quad \varepsilon_y := \frac{f_y}{E_s} \quad \alpha_{cT} := 0.00001 \cdot K^{-1}$$

$$E_{cm} := 33500 \cdot \text{MPa} \quad f_{ck} := 35 \cdot \text{MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} \quad f_c := f_{cd} \quad f_c = 19.8333 \cdot \text{MPa} \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175$$

Prierez

$$I_c := 24.21 \text{m}^4$$

$$A_c := 8.05 \text{m}^2$$

$$i_c := \left(\frac{I_c}{A_c} \right)^{0.5} \quad (EI) := I_c \cdot E_{cm}$$

$$i_c = 1.7342 \text{m} \quad (EI) = 811035 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$A_{s\text{celk}} := 2 \cdot (n_{s1} + n_{s2}) \cdot A_{s1} \quad A_{s\text{celk}} = 172.4 \cdot \text{cm}^2 \quad \rho_{sl} := \frac{A_{s\text{celk}}}{A_c} \quad \rho_{sl} = 2.1417 \times 10^{-3}$$

$$L_s := 14.3 \cdot \text{m} \quad \theta_o := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := \frac{2}{\sqrt{L_s \cdot \text{m}^{-1}}} \quad \alpha_h = 0.5289 \quad \theta_i := \theta_o \cdot \alpha_h$$

$$\text{Loziska - imperfekcia} \quad e_{ai} := 30 \cdot \text{mm} \quad e_i := \theta_i \cdot L_s + e_{ai} + 20 \cdot \text{mm} \quad e_i = 88 \cdot \text{mm}$$

$$\theta_{zakl} := 0.000005 \cdot \text{rad} \quad M := 1 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad k_1 := \frac{\theta_{zakl}}{M} \cdot \frac{(EI)}{L_s} \quad k_1 = 0.2836 \quad k_2 := 100000$$

$$\beta := \left(1 + \frac{k_1}{1 + k_1} \right) \cdot \left(1 + \frac{k_2}{1 + k_2} \right) \quad \beta = 2.4418 \quad l_0 := L_s \cdot \beta \quad l_0 = 34.9184 \text{m}$$

$$\lambda := \frac{l_0}{i_c} \quad \lambda = 20.1351 \quad E_{cd} := \frac{E_{cm}}{1.2} \quad E_{cd} = 27916.7 \cdot \text{MPa}$$

$$k_s := 1 \quad I_s := 2n_{s1} \cdot A_{s1} \cdot r_{s1}^2 + 2n_{s2} \cdot A_{s1} \cdot r_{s2}^2$$

$$F_{Ed} := 22 \cdot \text{MN} \quad M_{Ed0} := 10.9 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed0} := M_{Ed0} + F_{Ed} \cdot e_i = 12.8377 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$n := \frac{F_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad n = 0.1378 \quad k_{\lambda} := \begin{cases} n \cdot \frac{\lambda}{170} & \text{if } n \cdot \frac{\lambda}{170} < 0.2 \\ 0.2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_1 := \left(\frac{f_{ck}}{20 \cdot \text{MPa}} \right)^{0.5} \quad k_1 = 1.3229 \quad \phi_{ef} := 0 \quad k_c := \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \phi_{ef}} \quad k_c = 0.0218$$

$$(EI) := E_{cd} \cdot k_c \cdot I_c + k_s \cdot I_s \cdot E_s \quad (EI) = 41452.7 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$N_B := \frac{\pi^2}{l_0^2} \cdot (EI) \quad N_B = 327.6246 \cdot \text{MN} \quad c_0 := 12 \quad \beta := \frac{\pi^2}{c_0} \quad \beta = 0.8225$$

$$\eta := 1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{F_{Ed}} - 1} \quad \eta = 1.0592 \quad M_{Ed} := \eta \cdot M_{Ed0} \quad M_{Ed} = 13.6 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

Pozdĺžny smer

$$D := 1.5\text{ m} \quad \phi_{st} := 14\text{ mm} \quad c := 50\text{ mm} \quad \phi_s := 28\text{ mm} \quad d_1 := 0.5 \cdot \phi_s + c + \phi_{st}$$

$$r := 0.5 \cdot D \quad r_{s1} := r - d_1 \quad r_{s1} = 0.672\text{ m} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad r_{s2} := r_{s1} - 250\text{ mm} \quad A_{s1} = 6.1575 \cdot \text{cm}^2$$

$$n_{s1} := 30 \quad n_{s2} := 11$$

$$E_s := 200000\text{ MPa} \quad f_{yk} := 500\text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} \quad f_y := f_{yd} \quad f_t := 1 \cdot f_y \quad \epsilon_y := \frac{f_y}{E_s} \quad \alpha_{cT} := 0.00001 \cdot K^{-1}$$

$$E_{cm} := 33500\text{ MPa} \quad f_{ck} := 35\text{ MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} \quad f_c := f_{cd} \quad f_c = 19.8333\text{ MPa} \quad \epsilon_{c3} := 0.00175$$

Prierez

$$I_c := 1.41\text{ m}^4$$

$$A_c := 8.05\text{ m}^2$$

$$i_c := \left(\frac{I_c}{A_c} \right)^{0.5} \quad (EI) := I_c \cdot E_{cm}$$

$$i_c = 0.4185\text{ m} \quad (EI) = 47235 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$A_{scek} := 2 \cdot (n_{s1} + n_{s2}) \cdot A_{s1} \quad A_{scek} = 504.9 \cdot \text{cm}^2 \quad \rho_{sl} := \frac{A_{scek}}{A_c} \quad \rho_{sl} = 6.2723 \times 10^{-3}$$

$$L_s := 14.3\text{ m} \quad \theta_o := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := \frac{2}{\sqrt{L_s \cdot \text{m}^{-1}}} \quad \alpha_h = 0.5289 \quad \theta_i := \theta_o \cdot \alpha_h$$

$$\text{Loziska - imperfekcia} \quad e_{ai} := 30\text{ mm} \quad e_i := \theta_i \cdot L_s + e_{ai} + 20\text{ mm} \quad e_i = 88\text{ mm}$$

$$\theta_{zakl} := 0.000005 \cdot \text{rad} \quad M := 1 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad k_1 := \frac{\theta_{zakl}}{M} \cdot \frac{(EI)}{L_s} \quad k_1 = 0.0165 \quad k_2 := 100000$$

$$\beta := \left(1 + \frac{k_1}{1 + k_1} \right) \cdot \left(1 + \frac{k_2}{1 + k_2} \right) \quad \beta = 2.0325 \quad l_0 := L_s \cdot \beta \quad l_0 = 29.0645\text{ m}$$

$$\lambda := \frac{l_0}{i_c} \quad \lambda = 69.4467 \quad E_{cd} := \frac{E_{cm}}{1.2} \quad E_{cd} = 27916.7\text{ MPa}$$

$$k_s := 1 \quad I_s := 2n_{s1} \cdot A_{s1} \cdot r_{s1}^2 + 2n_{s2} \cdot A_{s1} \cdot r_{s2}^2$$

$$F_{Ed} := 22\text{ MN} \quad M_{Ed0} := 9.7\text{ MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed0} := M_{Ed0} + F_{Ed} \cdot e_i = 11.6319\text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$n := \frac{F_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad n = 0.1378 \quad k_2 := \begin{cases} n \cdot \frac{\lambda}{170} & \text{if } n \cdot \frac{\lambda}{170} < 0.2 \\ 0.2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_1 := \left(\frac{f_{ck}}{20\text{ MPa}} \right)^{0.5} \quad k_1 = 1.3229 \quad \phi_{ef} := 0 \quad k_c := \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \phi_{ef}} \quad k_c = 0.0745$$

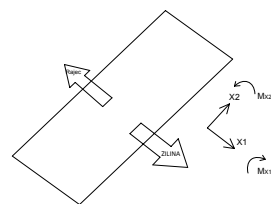
$$(EI) := E_{cd} \cdot k_c \cdot I_c + k_s \cdot I_s \cdot E_s \quad (EI) = 6750.4 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$N_B := \frac{\pi^2}{l_0^2} \cdot (EI) \quad N_B = 78.8681\text{ MN} \quad c_0 := 12 \quad \beta := \frac{\pi^2}{c_0} \quad \beta = 0.8225$$

$$\eta := 1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{F_{Ed}} - 1} \quad \eta = 1.3182 \quad M_{Ed} := \eta \cdot M_{Ed0} \quad M_{Ed} = 15.2\text{ MN} \cdot \text{m}$$

Návrhové kombinácie (s excentricitami a s účinkami 2. rádu - (pilieri 2 a 5, časť pilierov 3 a 4)):

Kombinácia	Pilieri 2 a 5					Úzka časť pilierov 3 a 4				
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
1	21939	13600	15200	679	223	21898	10500	12800	596	0
2	12213	7500	7100	341	372	21898	16000	7000	234	246
3	14607	15500	9100	437	223	19944	6900	16500	751	0
4	20820	16400	14100	634	223	18748	8300	16300	751	0
5	11619	7400	6600	317	372	11552	1800	14200	751	0
6	21939	9700	16600	833	223	11552	10500	5200	234	410
7	14607	11700	11900	592	0	15074	18000	5800	234	246
8						20770	18700	6800	234	246



5.6 Posúdenie drieku pilierov na účinky osovej sily a ohybových momentov (pilieri 2 a 5, časť pilierov 3 a 4)

Posúdenie drieku sa vykonalo v programe IDA NEXIS zvlášť pre každú kombináciu

Posúdenie podľa EC2

Vstupné dáta, súčinitele, nastavenie výpočtu

Popis	Clánok	Hodnota
Interakčný diagram		
Delenie pomerného pretvorenia		200
Vertikálne delenie		36
Horizontálne delenie		100
Metóda posúdenia		Mu
MSÚ		
Gamma c šmyk	2.3.3.2. (1)	1.5
Gamma c tlak	4.3.2.3. (1)	1.5
Gamma s	2.3.3.2. (1)	1.15
Max. tlakové pretvorenie betónu	4.2.2.3.2. (5)	-0.0035
Pretvorenie na začiatku plastickej deformácie		-0.00135
Alfa	4.2.1.3.3. (11)	0.85
Max. ťahové pretvorenie výstuže	4.3.1.2.	0.01
Šmyk		
Súčiniteľ v rovnici (4.18)	4.3.2.3. (1)	0.15
Koeficient $\rho_{0,l}$	4.3.2.3. (1)	0.02

Vysvetlenie symbolov betónu

Skratka	Vysvetlenie
fck	charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku
gamma c	parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre vlastnosti betónu (tlak+ohyb)
fcd	návrhová hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku
alfa	prídavný redukčný súčiniteľ
fctm	stredná hodnota pevnosti v tahu
E	modul pružnosti
tau rd	základné šmykové napätie

Concrete characteristics

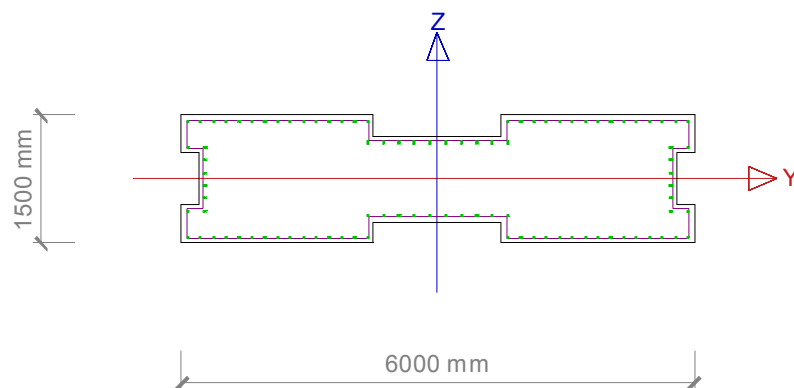
C35/45
fck 35.00 MPa
fcd 23.33 MPa
alfa*fck/gamma c 19.83 MPa
fctm 3.20 MPa
E 33500.00 MPa
tau rd 0.37 MPa

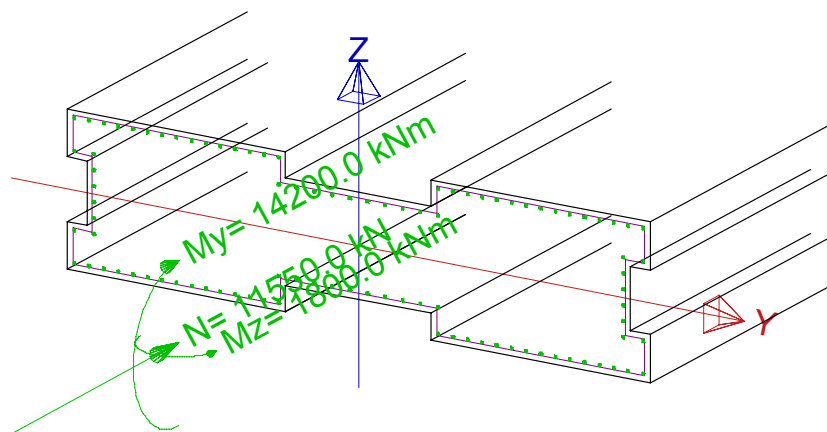
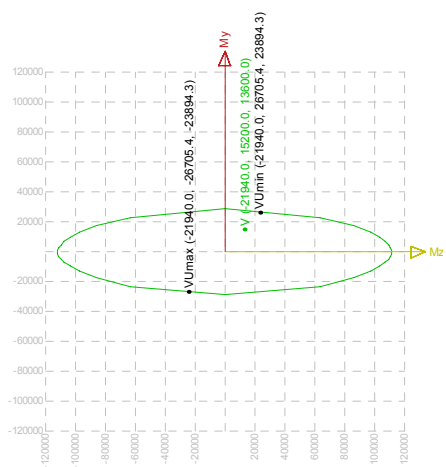
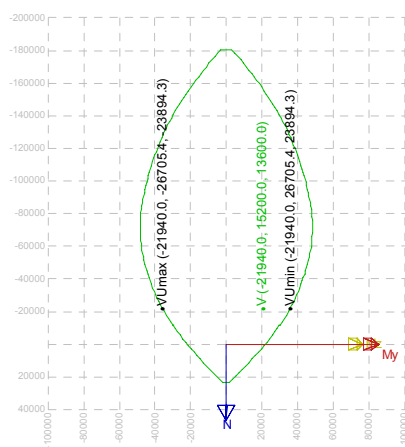
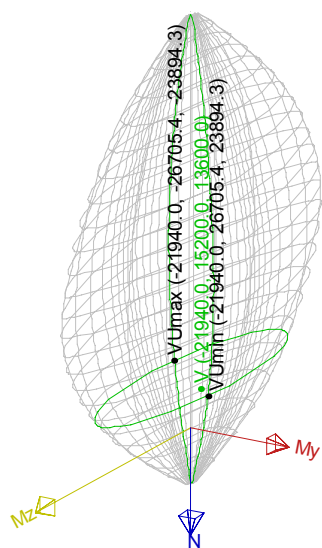
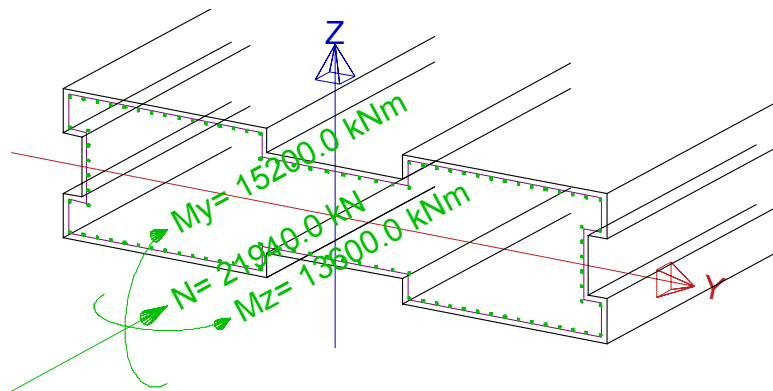
Explanation of reinforcement steel symbols

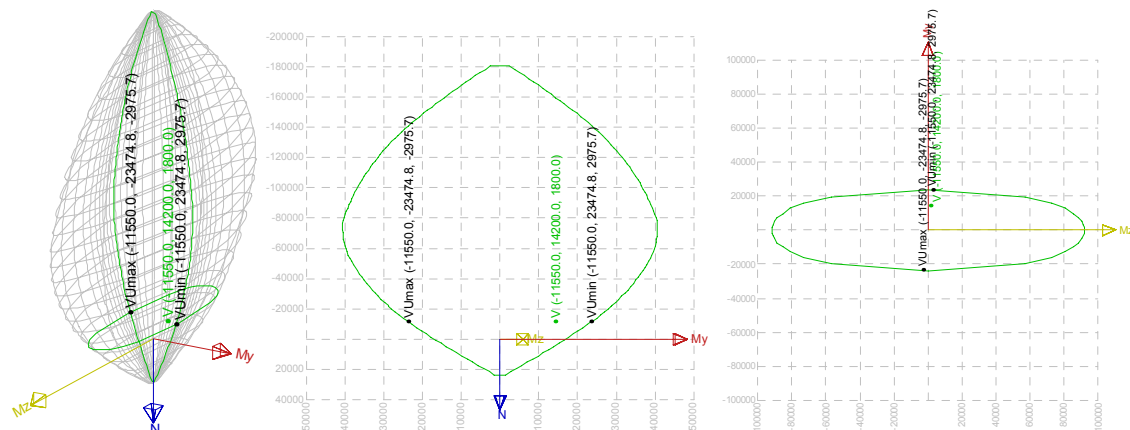
Abbreviation	Explanation
fyk	characteristic yield strength of reinforcement
fyd	Design yield strength of reinforcement

Steel characteristics

S 500
fyk 500.00 MPa
fyd 434.78 MPa
E modulus 200000.00 MPa







Posúdenie na šmyk:

Shear check - Standart method (4.3.2.4.3)

Combi Case	Nd [kN]	Vd [kN]	k	ro _L / e-2	Vrd1 [kN]	v	alfa [deg]	Vrd2 [kN]	diam [mm]	Ass [mm ² /m]	Asw/s min [mm ² /m]	Dist [mm]	Errors Warnings
USER	-11550.00	750.00	1.00	2.00	1823.44	0.52	90	10438.38	12	7540	1650	300.0	6

Explanation of calculation info

Warning Error	Explanation
1	calculation successful. there are no warnings or no errors.
6	shear force carried by concrete. no shear reinforcement necessary.

5.7 Návrhové kombinácie, piliere 3 a 4 v mieste votknutia do základu (bez excentricít a 2. rádu)

Prehľad síl:

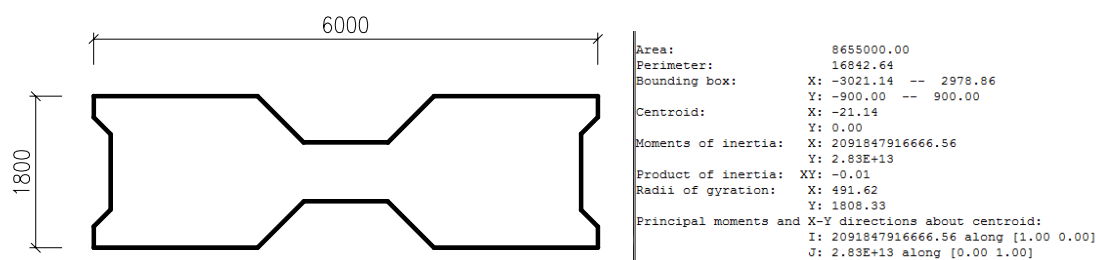
Výška pil.	20.3				
	Pilier 3 a 4				
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
Vlt nosníky	7284	-320	0	0	0
G1 - max	1960	0	0	0	0
G1 - min	1480	0	0	0	0
Vlt piliere	5135	0	0	0	0
Chodník nahodilé	85	-500	0	0	0
UDL L	1279	-4147	0	0	0
TS L	1000	-3377	0	0	0
UDL P	1279	4455	0	0	0
TS P	1000	3377	0	0	0
UDL full - vľavo	1911	-2577	0	0	0
TS - full - vľavo	1204	-2855	0	0	0
UDL - full - vpravo	1910	2577	0	0	0
TS - full - vpravo	1204	2855	0	0	0
LM 4	2866	-776	0	0	0
brzdne sily	0	0	7775	383	0
priečny vietor	0	-6088	0	0	273
pozdĺžny vietor	0	0	3523	158	0
nerovnomer. sad. max	301	-80	0	0	0
Nerovnomer. sad. min	-301	-80	0	0	0
max. negat reakcia	-440	0	0	0	0
vlt patky + zemina	0	0	0	0	0
predpätie - fázované	0	0	0	0	0
Predpätie - nefáz	0	0	0	0	0
Pozdĺžny vietor na pilier			2476.6	244	
teplota	0	0	4750.2	260	0

Návrhové kombinácie (bez excentricít a 2. rádu):

Kombinácia	Pilier 3 a 4				
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
1	23978	-7861	9675	596	0
2	23978	-13340	4750	234	246
3	22024	-4810	15246	751	0
4	20828	-6187	15246	751	0
5	13092	-416	15246	751	0
6	13092	-9548	4750	234	410
7	16614	-16053	4750	234	246
8	22850	-16165	4750	234	246

5.8 Zohľadnenie excentricít a účinkov 2. rádu (pilieri 3 a 4)

Priečný smer (do tuhosti pilierov sa zobrala priemerná šírka zosilnenej päty piliera)



$$D := 6\text{ m} \quad \phi_{st} := 14\text{ mm} \quad c_{\text{eff}} := 50\text{ mm} \quad \phi_s := 28\text{ mm} \quad d_1 := 0.5 \cdot \phi_s + c + \phi_{st}$$

$$r := 0.5 \cdot D \quad r_{s1} := r - d_1 \quad r_{s1} = 2.922\text{ m} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad r_{s2} := r_{s1} - 200\text{ mm} \quad A_{s1} = 6.1575 \cdot \text{cm}^2$$

$$n_{s1} := 6 \quad n_{s2} := 12$$

$$E_s := 200000\text{ MPa} \quad f_{yk} := 500\text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} \quad f_y := f_{yd} \quad f_t := 1 \cdot f_y \quad \epsilon_y := \frac{f_y}{E_s} \quad \alpha_{CT} := 0.00001 \cdot K^{-1}$$

$$E_{cm} := 33500\text{ MPa} \quad f_{ck} := 35\text{ MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} \quad f_c := f_{cd} \quad f_c = 19.8333\text{ MPa} \quad \epsilon_{c3} := 0.00175$$

Prierez

$$I_c := 28.31\text{ m}^4$$

$$A_c := 8.65\text{ m}^2$$

$$i_c := \left(\frac{I_c}{A_c} \right)^{0.5} \quad (EI) := I_c \cdot E_{cm}$$

$$i_c = 1.8091\text{ m} \quad (EI) = 948385\text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

$$A_{scek} := 2 \cdot (n_{s1} + n_{s2}) \cdot A_{s1} \quad A_{scek} = 221.7\text{ cm}^2 \quad \rho_{st} := \frac{A_{scek}}{A_c} \quad \rho_{st} = 2.5627 \times 10^{-3}$$

$$L_s := 20\text{ m} \quad \theta_o := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := \frac{2}{\sqrt{L_s \cdot \text{m}^{-1}}} \quad \alpha_h = 0.4472 \quad \theta_1 := \theta_o \cdot \alpha_h$$

$$\text{Loziska - imperfekcia} \quad e_{ai} := 30\text{ mm} \quad e_1 := \theta_1 \cdot L_s + e_{ai} + 20\text{ mm} \quad e_1 = 95\text{ mm}$$

$$\theta_{zakl} := 0.000005\text{ rad} \quad M := 1\text{ MN} \cdot \text{m} \quad k_1 := \frac{\theta_{zakl} \cdot (EI)}{M \cdot L_s} \quad k_1 = 0.2371 \quad k_2 := 100000$$

$$\beta := \left(1 + \frac{k_1}{1 + k_1} \right) \cdot \left(1 + \frac{k_2}{1 + k_2} \right) \quad \beta = 2.3833 \quad l_0 := L_s \cdot \beta \quad l_0 = 47.666\text{ m}$$

$$\lambda := \frac{l_0}{i_c} \quad \lambda = 26.3479 \quad E_{cd} := \frac{E_{cm}}{1.2} \quad E_{cd} = 27916.7\text{ MPa}$$

$$k_s := 1 \quad I_s := 2n_{s1} \cdot A_{s1} \cdot r_{s1}^2 + 2n_{s2} \cdot A_{s1} \cdot r_{s2}^2$$

$$F_{Ed} := 24 \cdot \text{MN} \quad M_{Ed0} := 7.86 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed0} := M_{Ed0} + F_{Ed} \cdot e_i = 10.1333 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$n := \frac{F_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad n = 0.1399 \quad k_2 := \begin{cases} n \cdot \frac{\lambda}{170} & \text{if } n \cdot \frac{\lambda}{170} < 0.2 \\ 0.2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_1 := \left(\frac{f_{ck}}{20 \cdot \text{MPa}} \right)^{0.5} \quad k_1 = 1.3229 \quad \phi_{ef} := 0 \quad k_c := \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \phi_{ef}} \quad k_c = 0.0287$$

$$(EI) := E_{cd} \cdot k_c \cdot I_c + k_s \cdot I_s \cdot E_s \quad (EI) = 57184.9 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$N_B := \frac{\pi^2}{2} \cdot (EI) \quad N_B = 248.4072 \cdot \text{MN} \quad c_0 := 12 \quad \beta := \frac{\pi^2}{c_0} \quad \beta = 0.8225$$

$$\eta := 1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{F_{Ed}} - 1} \quad \eta = 1.088 \quad M_{Ed} := \eta \cdot M_{Ed0} \quad M_{Ed} = 11 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

Pozdĺžny smer (do tuhosti pilierov sa zobrala priemerná šírka zosilnenej päty piliera)

$$D := 1.8 \cdot \text{m} \quad \phi_{st} := 14 \cdot \text{mm} \quad c_s := 50 \cdot \text{mm} \quad \phi_s := 28 \cdot \text{mm} \quad d_1 := 0.5 \cdot \phi_s + c + \phi_{st}$$

$$r := 0.5 \cdot D \quad r_{s1} := r - d_1 \quad r_{s1} = 0.822 \cdot \text{m} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad r_{s2} := r_{s1} - 300 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} = 6.1575 \cdot \text{cm}^2$$

$$n_{s1} := 28 \quad n_{s2} := 28$$

$$E_s := 200000 \cdot \text{MPa} \quad f_{yk} := 500 \cdot \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} \quad f_y := f_{yd} \quad f_t := 1 \cdot f_y \quad \epsilon_y := \frac{f_y}{E_s} \quad \alpha_{cT} := 0.00001 \cdot \text{K}^{-1}$$

$$E_{cm} := 33500 \cdot \text{MPa} \quad f_{ck} := 35 \cdot \text{MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} \quad f_c := f_{cd} \quad f_c = 19.8333 \cdot \text{MPa} \quad \epsilon_{c3} := 0.00175$$

Prierez

$$I_c := 2.09 \cdot \text{m}^4$$

$$A_c := 8.65 \cdot \text{m}^2$$

$$i_c := \left(\frac{I_c}{A_c} \right)^{0.5} \quad (EI) := I_c \cdot E_{cm}$$

$$i_c = 0.4915 \cdot \text{m} \quad (EI) = 70015 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$A_{scek} := 2 \cdot (n_{s1} + n_{s2}) \cdot A_{s1} \quad A_{scek} = 689.6 \cdot \text{cm}^2 \quad \rho_{s1} := \frac{A_{scek}}{A_c} \quad \rho_{s1} = 7.9727 \times 10^{-3}$$

$$L_s := 20 \cdot \text{m} \quad \theta_o := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := \frac{2}{\sqrt{L_s \cdot \text{m}^{-1}}} \quad \alpha_h = 0.4472 \quad \theta_i := \theta_o \cdot \alpha_h$$

$$\text{Loziska - imperfekcia} \quad e_{ai} := 30 \cdot \text{mm} \quad e_i := \theta_i \cdot L_s + e_{ai} + 20 \cdot \text{mm} \quad e_i = 95 \cdot \text{mm}$$

$$\theta_{zakl} := 0.000005 \cdot \text{rad} \quad M := 1 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad k_1 := \frac{\theta_{zakl} \cdot (EI)}{M \cdot L_s} \quad k_1 = 0.0175 \quad k_2 := 100000$$

$$\beta := \left(1 + \frac{k_1}{1 + k_1} \right) \cdot \left(1 + \frac{k_2}{1 + k_2} \right) \quad \beta = 2.0344 \quad l_0 := L_s \cdot \beta \quad l_0 = 40.6879 \cdot \text{m}$$

$$\lambda := \frac{l_0}{i_c} \quad \lambda = 82.7752 \quad E_{cd} := \frac{E_{cm}}{1.2} \quad E_{cd} = 27916.7 \cdot \text{MPa}$$

$$k_s := 1 \quad I_s := 2n_{s1} \cdot A_{s1} \cdot r_{s1}^2 + 2n_{s2} \cdot A_{s1} \cdot r_{s2}^2$$

$$F_{Ed} := 24 \cdot \text{MN} \quad M_{Ed0} := 9.74 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed1} := M_{Ed0} + F_{Ed} \cdot e_1 = 12.0133 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$n := \frac{F_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad n = 0.1399 \quad k_2 := \begin{cases} n \cdot \frac{\lambda}{170} & \text{if } n \cdot \frac{\lambda}{170} < 0.2 \\ 0.2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_{1s} := \left(\frac{f_{ck}}{20 \cdot \text{MPa}} \right)^{0.5} \quad k_1 = 1.3229 \quad \phi_{ef} := 0 \quad k_c := \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \phi_{ef}} \quad k_c = 0.0901$$

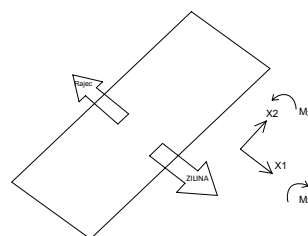
$$(EI) := E_{cd} \cdot I_c + k_s \cdot I_s \cdot E_s \quad (EI) = 11796.5 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$N_B := \frac{\pi^2}{l_0^2} \cdot (EI) \quad N_B = 70.3269 \cdot \text{MN} \quad c_0 := 12 \quad \beta := \frac{\pi^2}{c_0} \quad \beta = 0.8225$$

$$\eta := 1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{F_{Ed}} - 1} \quad \eta = 1.4261 \quad M_{Ed} := \eta \cdot M_{Ed0} \quad M_{Ed} = 17.4 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

Návrhové kombinácie (s excentricitami a s účinkami 2. rádu - (pilieri 3 a 4):

Kombinácia	Pilier 3 a 4				
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
1	23978	11000	17400	596	0
2	23978	16700	10200	234	246
3	22024	7500	24600	751	0
4	20828	8800	24100	751	0
5	13092	1800	20900	751	0
6	13092	10900	7600	234	410
7	16614	18500	8600	234	246
8	22850	19600	9900	234	246



5.9 Posúdenie drieku pilierov na účinky osovej sily a ohybových momentov piliere 3 a 4

Posúdenie drieku sa vykonalo v programe IDA NEXIS zvlášť pre každú kombináciu

Posúdenie podľa EC2

Vstupné dáta, súčinitele, nastavenie výpočtu

Popis	Clánok	Hodnota
Interakčný diagram		
Delenie pomerného pretvorenia		200
Vertikálne delenie		36
Horizontálne delenie		100
Metóda posúdenia		Mu
MSÚ		
Gamma c šmyk	2.3.3.2. (1)	1.5
Gamma c tlak	4.3.2.3. (1)	1.5
Gamma s	2.3.3.2. (1)	1.15
Max. tlakové pretvorenie betónu	4.2.2.3.2. (5)	-0.0035
Pretvorenie na začiatku plastickej deformácie		-0.00135
Alfa	4.2.1.3.3. (11)	0.85
Max. tahové pretvorenie výstuže	4.3.1.2.	0.01
Šmyk		
Súčiniteľ v rovnici (4.18)	4.3.2.3. (1)	0.15
Koeficient ro_I	4.3.2.3. (1)	0.02

Vysvetlenie symbolov betónu

Skratka	Vysvetlenie
f _{ck}	charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku
gamma c	parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre vlastnosti betónu (tlak+ohyb)
f _{cd}	návrhová hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku
alfa	prídavný redukčný súčiniteľ
f _{ctm}	stredná hodnota pevnosti v tahu
E	modul pružnosti
tau rd	základné šmykové napätie

Concrete characteristics

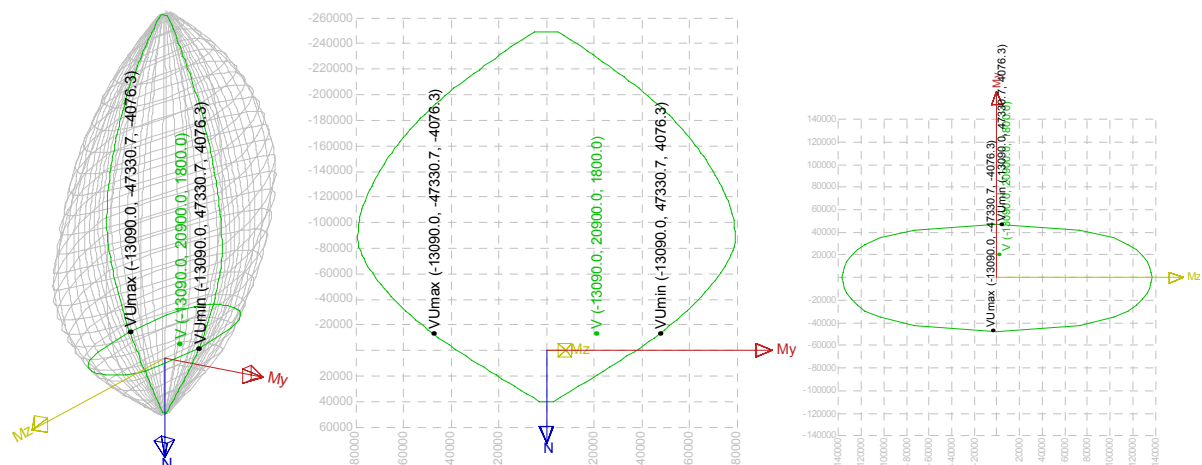
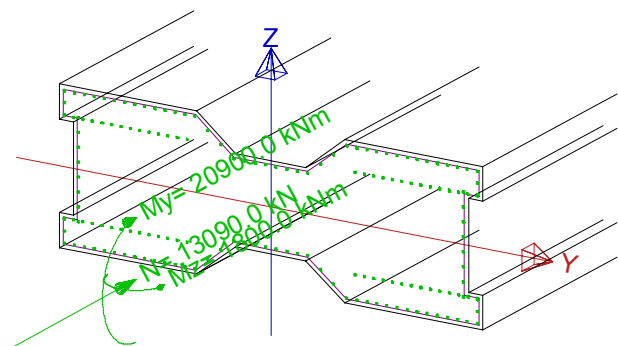
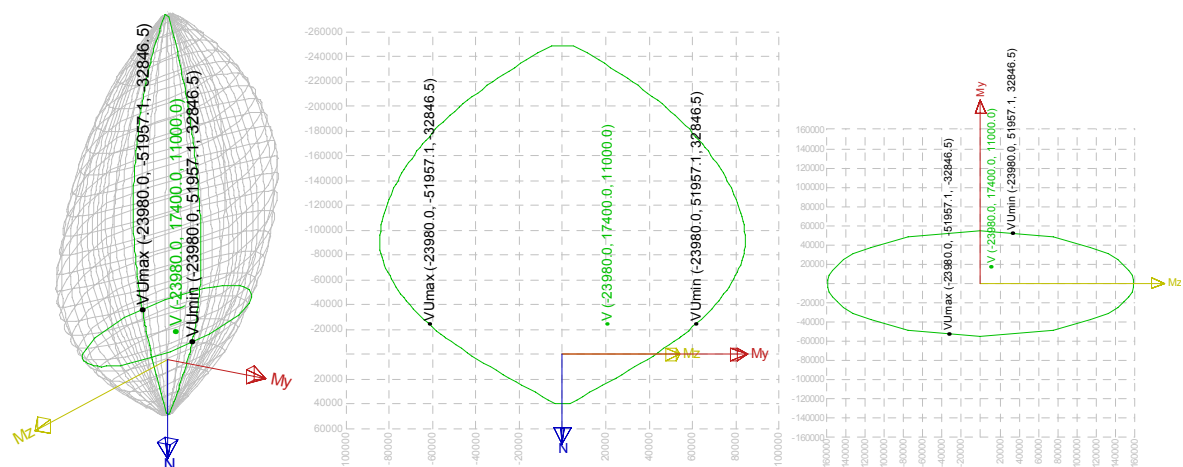
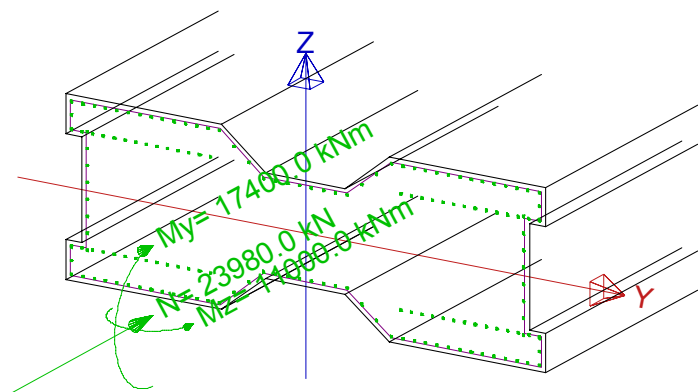
	C35/45
f _{ck}	35.00 MPa
f _{cd}	23.33 MPa
alfa*f _{ck} /gamma c	19.83 MPa
f _{ctm}	3.20 MPa
E	33500.00 MPa
tau rd	0.37 MPa

Explanation of reinforcement steel symbols

Abbreviation	Explanation
f _{yk}	characteristic yield strength of reinforcement
f _{yd}	Design yield strength of reinforcement

Steel characteristics

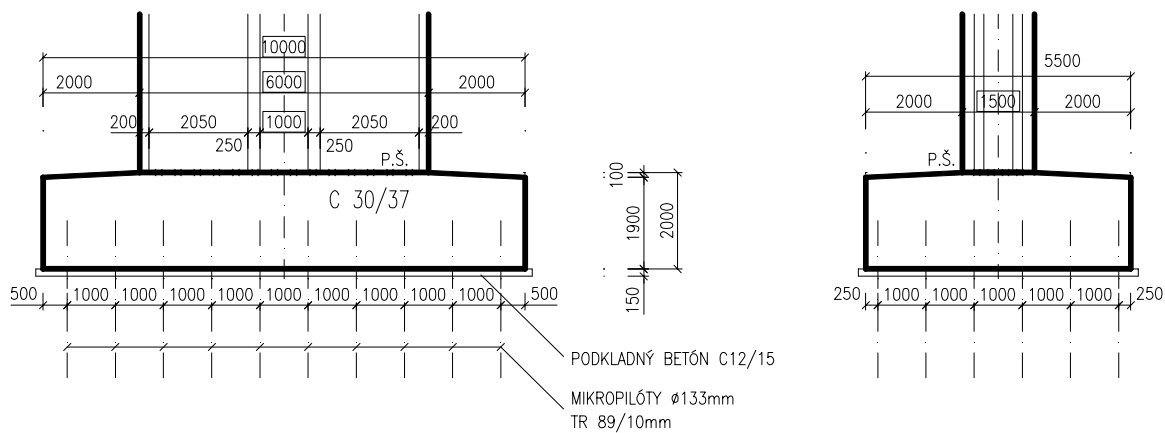
	S 500
f _{yk}	500.00 MPa
f _{yd}	434.78 MPa
E modulus	200000.00 MPa



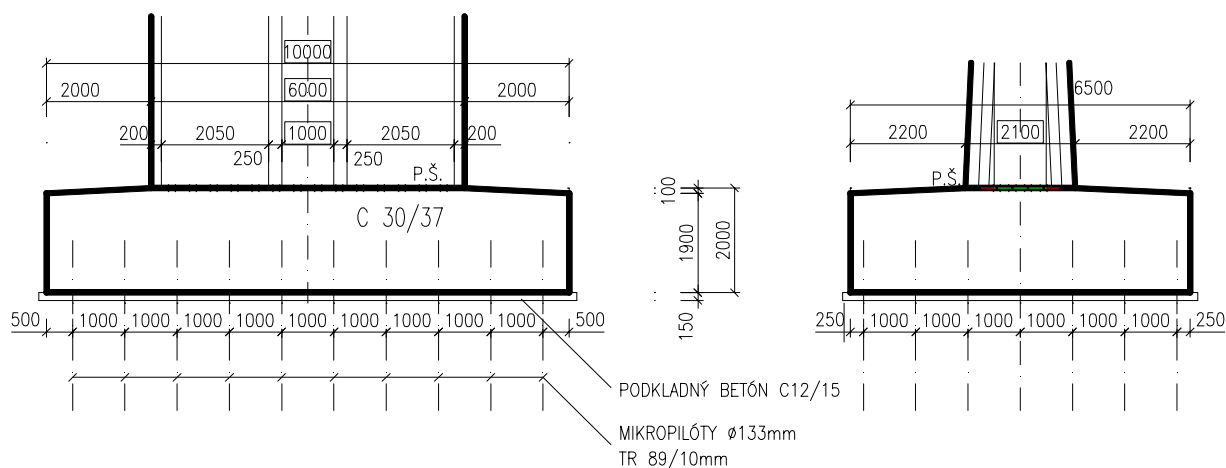
6 Posúdenie základov pilierov

6.1 Tvar základov

6.1.1 Piliere 2 a 5

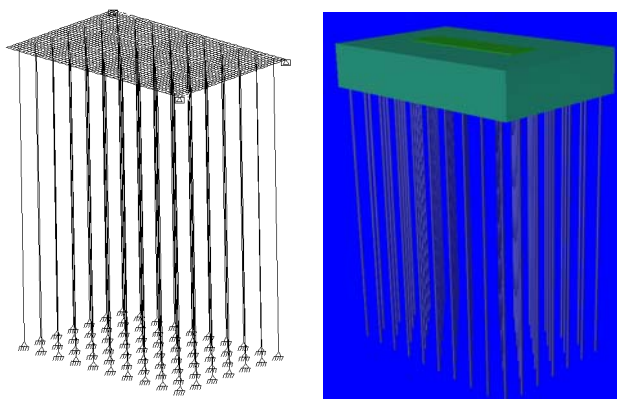


6.1.2 Piliere 3 a 4



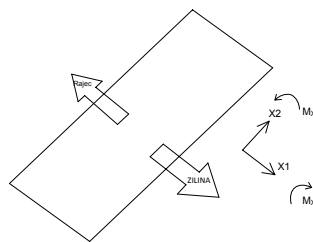
6.2 Model základov piliera

Základy boli namodelované v programe STRAP z dosko-stenových elementov



6.3 Kombinácie zaťažení (spočítané k úrovni osi základu)

Pilier 2 a 5					Pilier 3 a 4				
N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
21939	13600	15200	679	223	23978	11000	17400	596	0
12213	7500	7100	341	372	23978	16700	10200	234	246
14607	15500	9100	437	223	22024	7500	24600	751	0
20820	16400	14100	634	223	20828	8800	24100	751	0
11619	7400	6600	317	372	13092	1800	20900	751	0
21939	9700	16600	833	223	13092	10900	7600	234	410
14607	11700	11900	592	0	16614	18500	8600	234	246
					22850	19600	9900	234	246

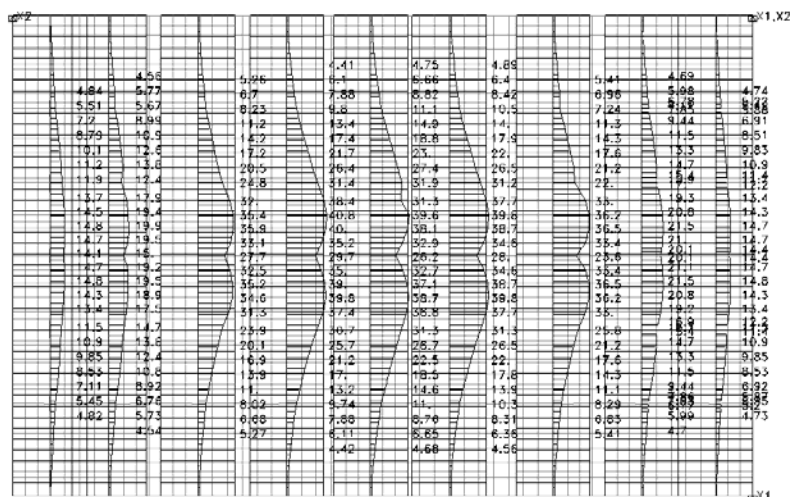


6.4 Potrebne plochy výstuže

6.4.1 Piliere 3 a 4

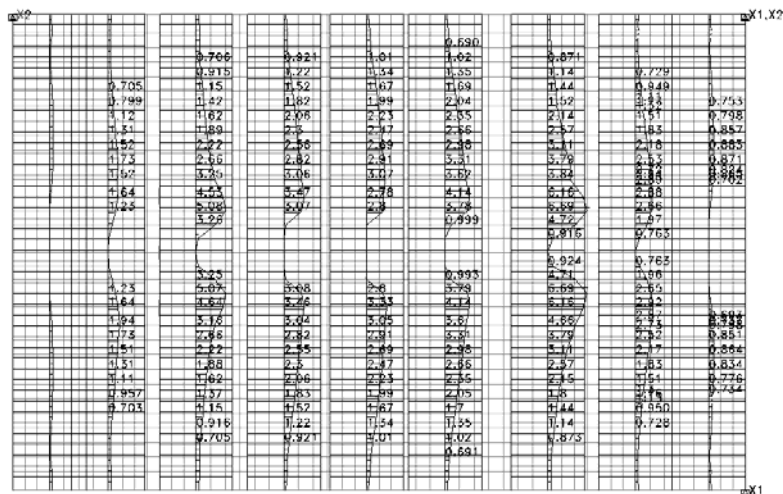
Pozdĺžny smer (smer osi mosta)

dolný povrch (cm2):



Návrh: $\phi 25$ á 100

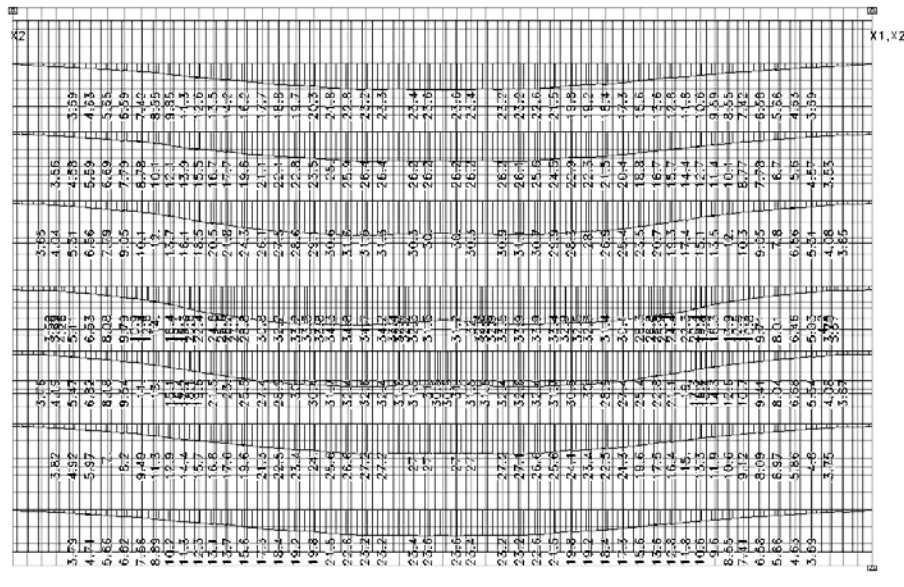
horný povrch (cm2):



Návrh: $\phi 25$ á 200

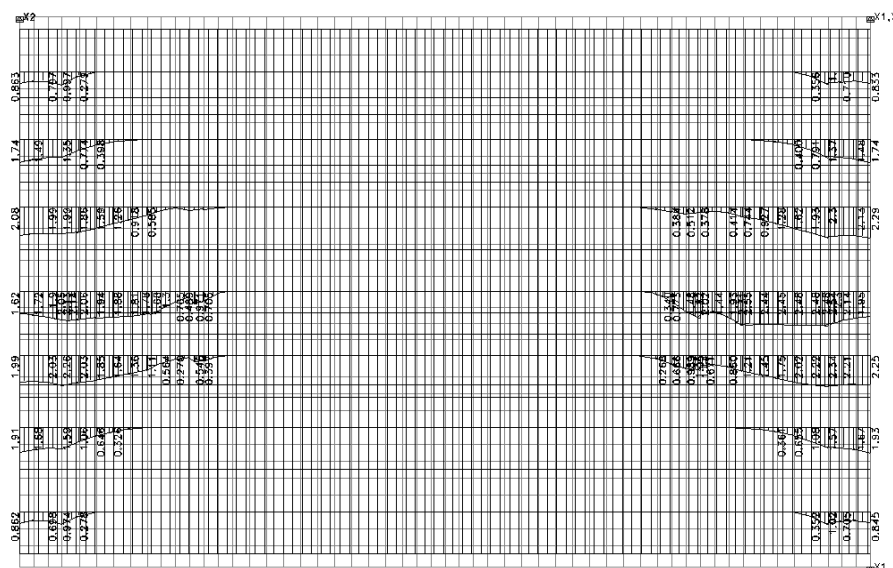
Priečny smer (smer kolmý na os mosta)

dolný povrch (cm2):



Návrh: $\phi 25$ á 100

horný povrch (cm2):



Návrh: $\phi 25$ á 200

Minimálny stupeň vystuženia

pri spodnom povrchu v oboch smeroch:

Ucinna vyska prierezu $d := 1.95\text{m}$
 $b := 1\text{m}$ $h := 2\text{m}$
Beton C 30/37 $f_{ck} := 30\text{MPa}$ $f_{ctm} := 2.9\text{MPa}$
Ocel B 500 $f_{yk} := 500\text{MPa}$
Minimálny stupeň vystuženia pri spodnom povrchu:

$$A_{s,\min} := 0.26 \cdot \frac{d \cdot b \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} \quad A_{s,\min} = 29.406 \cdot \text{cm}^2$$

pri hornom povrchu v oboch smeroch:

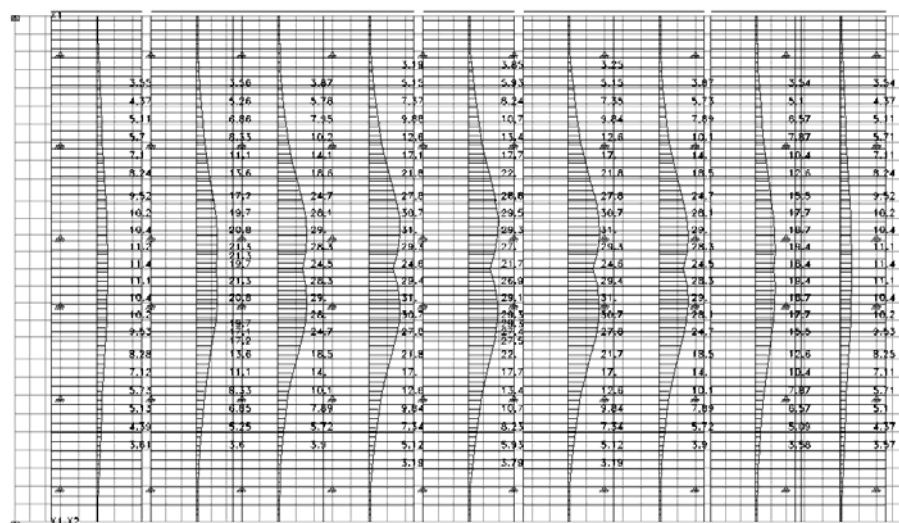
Ucinna vyska prierezu $d := 1.95\text{m}$
 $b := 1\text{m}$ $h := 2\text{m}$
Beton C 30/37 $f_{ck} := 30\text{MPa}$ $f_{ctm} := 2.9\text{MPa}$
Ocel B 500 $f_{yk} := 500\text{MPa}$
Minimálny stupeň vystuženia pri spodnom povrchu:

$$A_{s,\min} := 0.0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s,\min} = 25.35 \cdot \text{cm}^2$$

6.4.2 Piliere 2 a 5

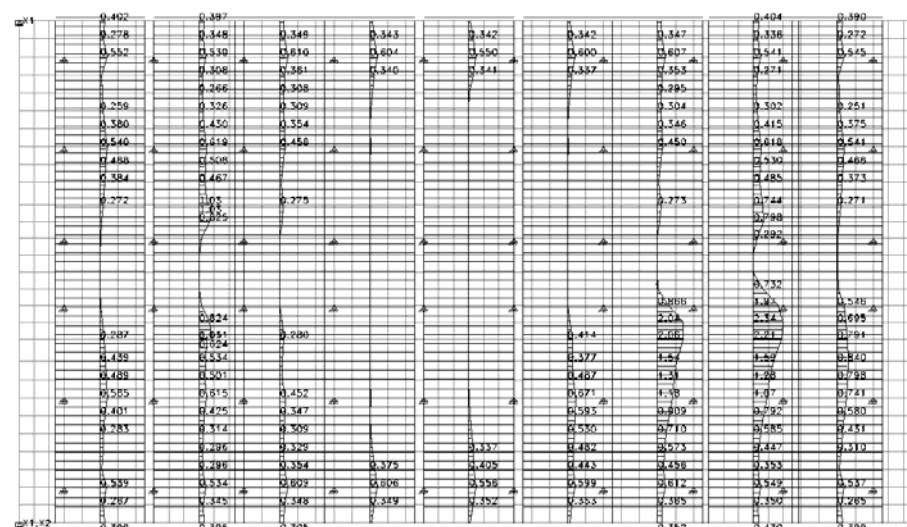
Pozdĺžny smer (smer osi mosta)

dolný povrch (cm²):



Návrh: $\phi 22$ á 100

horný povrch (cm²):



Návrh: $\phi 22$ á 200

Minimálny stupeň vystuženia

pri spodnom povrchu v oboch smeroch:

Učinná výška prierezu $d := 1.95\text{m}$
 $b := 1\text{m}$ $h := 2\text{m}$

Beton C 30/37 $f_{ck} := 30\text{MPa}$ $f_{ctm} := 2.9\text{MPa}$

Ocel B 500 $f_{yk} := 500\text{MPa}$

Minimálny stupeň vystuženia pri spodnom povrchu:

$$A_{s,min} := 0.26 \cdot \frac{d \cdot b \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} \quad A_{s,min} = 29.406 \cdot \text{cm}^2$$

pri hornom povrchu v oboch smeroch:

Učinná výška prierezu $d := 1.95\text{m}$
 $b := 1\text{m}$ $h := 2\text{m}$

Beton C 30/37 $f_{ck} := 30\text{MPa}$ $f_{ctm} := 2.9\text{MPa}$

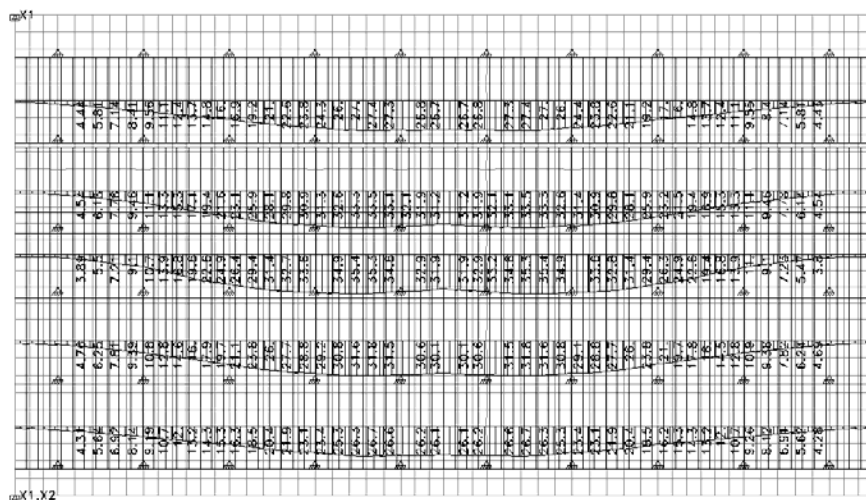
Ocel B 500 $f_{yk} := 500\text{MPa}$

Minimálny stupeň vystuženia pri spodnom povrchu:

$$A_{s,min} := 0.0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s,min} = 25.35 \cdot \text{cm}^2$$

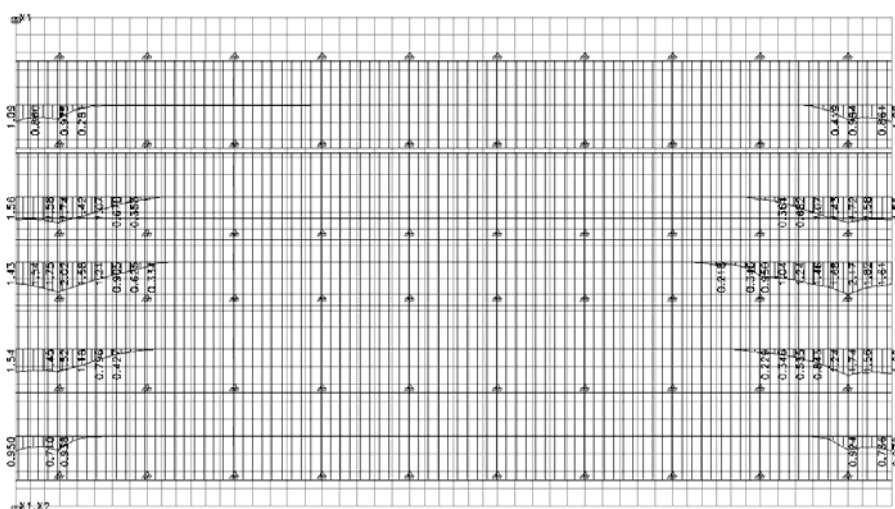
Priečny smer (smer kolmý na os mosta)

dolný povrch (cm²):



Návrh: $\phi 22$ á 100

horný povrch (cm²):



Návrh: $\phi 22$ á 200

6.5 Posúdenie na pretlačenie

6.5.1 Posúdenie tlakovej diagonály

Charakteristická pevnosť betónu v tlaku

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

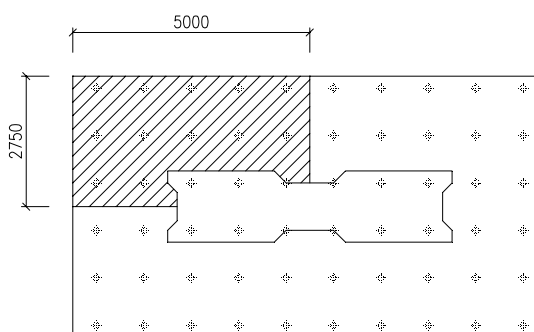
Súčiniteľ spoľahlivosti

$$\gamma_c := 1.5$$

Návrhová pevnosť betónu v tlaku:

$$f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 17 \text{ MPa}$$

$$\nu := 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 0.528$$



Výška základu: $h_z := 1.9\text{m}$
 Účinná výška základu $d := 1.85\text{m}$
 Rameno vnútorných síl $z := 0.9 \cdot d = 1.665\text{m}$
 Kontrolný obvod (1/4 obv. pil.) $o_p := 3.75\text{m}$
 Síla, ktorú musí tlak. diagonála preniešť (zo STRAPu): $F_1 := 7.2\text{MN}$
 $F_{rd} := 0.4 \cdot f_{cd} \cdot \nu \cdot z \cdot o_p = 22.418 \cdot \text{MN}$ $F_{rd} > F_1$ **vyhovuje**

6.5.2 Posúdenie na pretlačenie

Kontrolný obvod 1: $0.5d = 0.925\text{m}$ 66% prenesie tlak. diagonála a 33% strmene

Síla ktorú musia preniešť strmene: $F_{ed1} := \frac{1}{3} \cdot 4.4\text{MN} = 1.467 \cdot \text{MN}$

Počet a priemer strmeňov oblasti 0.5d (9 ks/m²)

$$n_s := \left[3m \cdot \frac{d}{2} + 0.75m \cdot \frac{d}{2} + \frac{\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2}{4 \cdot 4} \right] \cdot \frac{9}{m^2} = 32.731$$

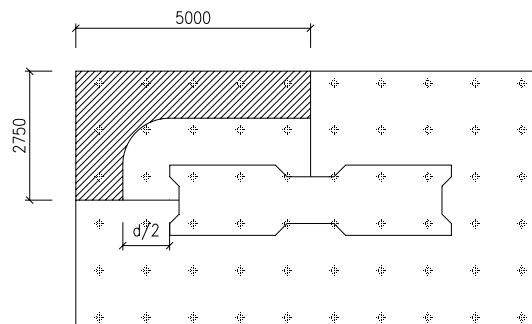
32 ks priemeru **12 mm** $n_1 := 32$ $d_{s1} := 12\text{mm}$

$$A_{s1} := n_1 \cdot \frac{\pi d_{s1}^2}{4} = 3.619 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Pevnosť výstuže $f_{yk} := 500\text{MPa}$ $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} = 434.783 \cdot \text{MPa}$

Únosnosť výstuží v 1. kontr. obvode $F_{rd1} := (A_{s1}) \cdot f_{yd} = 1.574 \cdot \text{MN}$

$F_{rd1} > F_{ed1}$ **vyhovuje**

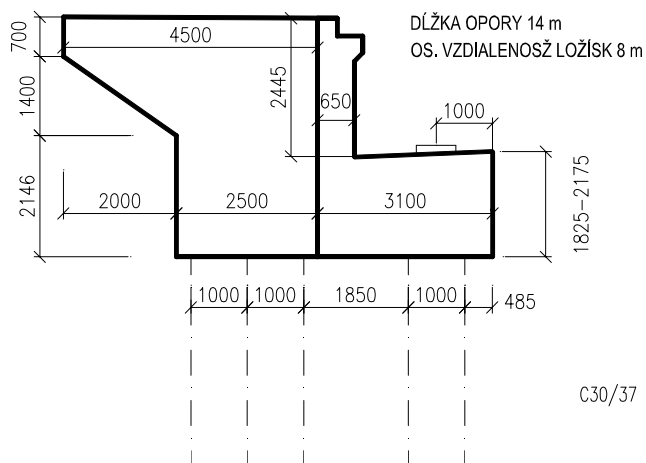


7 Posúdenie opôr

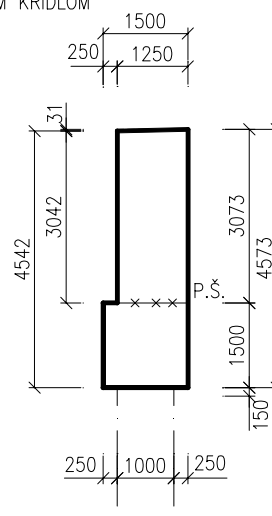
7.1 Opora č. 1 a 6

7.1.1 Geometrický tvar

SCHÉMA OPORY Č. 1



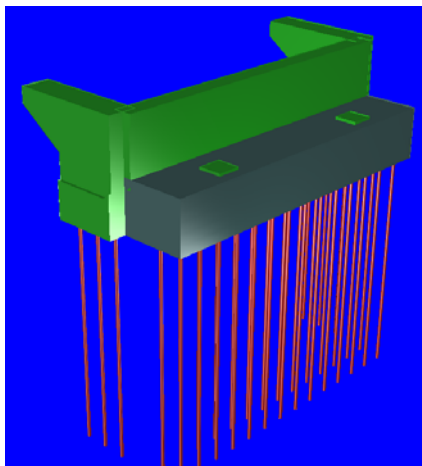
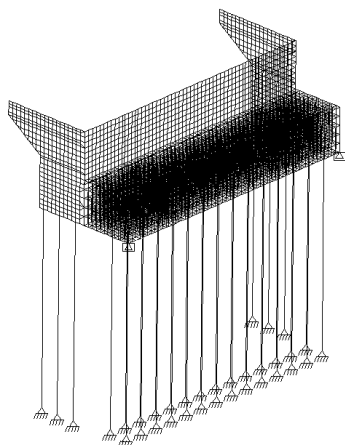
REZ PRAVÝM KRÍDLOM



C30/37

7.1.2 Výpočtový model

Výpočtový model opory bol spracovaný v programe STRAP



7.1.3 Zaťaženie opory

Sily na ložiskách:

	OPORA					γ _F	ψ ₀
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2		
Vlt nosníky	2737	0	0	0	0	1.35	1
G1 - max	638	-20	0	0	0	1.35	1
G1 - min	464	-15	0	0	0	1.35	1
Vlt piliere	2785	0	-560	0	0	1.35	1
Chodník nahodilé	40	-204	0	0	0	1.35	0.4
UDLL	416	-1667	0	0	0	1.35	0.4
TS L	986	-3129	0	0	0	1.35	0.75
UDLP	416	1667	0	0	0	1.35	0.4
TS P	987	3129	0	0	0	1.35	0.75
UDL full - vľavo	644	-1067	0	0	0	1.35	0.4
TS - full - vľavo	1178	-2862	0	0	0	1.35	0.75
UDL - full - vpravo	644	1067	0	0	0	1.35	0.4
TS - full - vpravo	1178	2862	0	0	0	1.35	0.75
LM 4	1843	-572	0	0	0	1.35	0.75
brzdne sily	0	0	0	0	0	1.35	0.4
priečny vietor	0	-517	0	0	110	1.50	0.6
pozdĺžny vietor	0	0	0	0	0	1.50	0.6
nerovnomer. sad. max	88	0	0	0	0	1.20	
Nerovnomer. sad. min	-88	0	0	0	0	1.20	
max. negat reakcia	-300	0	0	0	0	1.35	0.75
vlt patky + zemina	0	0	0	0	0	1.35	1
predpätie - fázované	0	0	0	0	0	1.20	
Predpätie - nefáz	0	0	0	0	0	1.20	1
Pozdĺžny vietor na pilier						1.50	0.6
teplota	0	0	0	0	0	1.50	0.6

7.1.4 Návrhové kombinácie:

Opory			
L	P	pozd	prieč
4702	6180	285	99
2872	3008	124	165
2816	4552	183	99
4275	6039	413	99
2872	3008	124	165
4730	6152	285	99
2844	4524	183	0

7.1.5 Zaťaženie zemným tlakom

... súbor STR/GEO

Parcialne sucinitele: $\gamma_{G, \text{sup}} := 1.0$ $\gamma_{G, \text{inf}} := 1.0$ $\gamma_G := 1.0$
 $\gamma_Q := 1.3$ $\gamma_\phi := 1.25$

Zatazenie

zvysujuci sucinitel $\alpha_{qi} := 1$
 UDL $q_{k1} := \left(9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3\text{m} + 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 8.5\text{m} \right) = 48.25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
 TS $Q_k := 1200\text{kN} = 1.2 \times 10^3 \cdot \text{kN}$
 objem. tiaž zeminy $\gamma_z := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Rozmery opory

sirka opory $\xi_{\text{op}} := 14\text{m}$ $h_{\text{opory}} := 4.75\text{m}$

uhol vnútorého trenia zeminy $\phi := 32^\circ$

$$\phi_d := \arctan\left(\frac{\tan(\phi)}{\gamma_\phi}\right) = 26.56^\circ$$

Príťaženie od dopravy

UDL $q_{\text{eq}} := \frac{q_{k1}}{\xi_{\text{op}}} = 3.446 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
 TS $q_{\text{eq1}} := \frac{Q_k}{2.2\text{m} \cdot \xi_{\text{op}}} = 38.961 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

súčiniteľ trenia ložísk

$\gamma_f := 0.05$

Tlak zeminy v pokoji

$K_0 := 1 - \sin(\phi_d) = 0.553$

Tlak zeminy na záverný múrik a krídla

Náhradná výška zeminy $h_n := \frac{\gamma_Q \cdot q_{\text{eq}}}{\gamma_{G, \text{sup}} \cdot \gamma_z} = 0.224 \cdot \text{m}$ $h_{n1} := \frac{\gamma_Q \cdot (q_{\text{eq1}})}{\gamma_{G, \text{sup}} \cdot \gamma_z} = 2.532 \cdot \text{m}$

$h_{n, c} := h_n + h_{n1} = 2.756\text{m}$

$p_1 := \gamma_G \cdot h_{n, c} \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 30.479 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

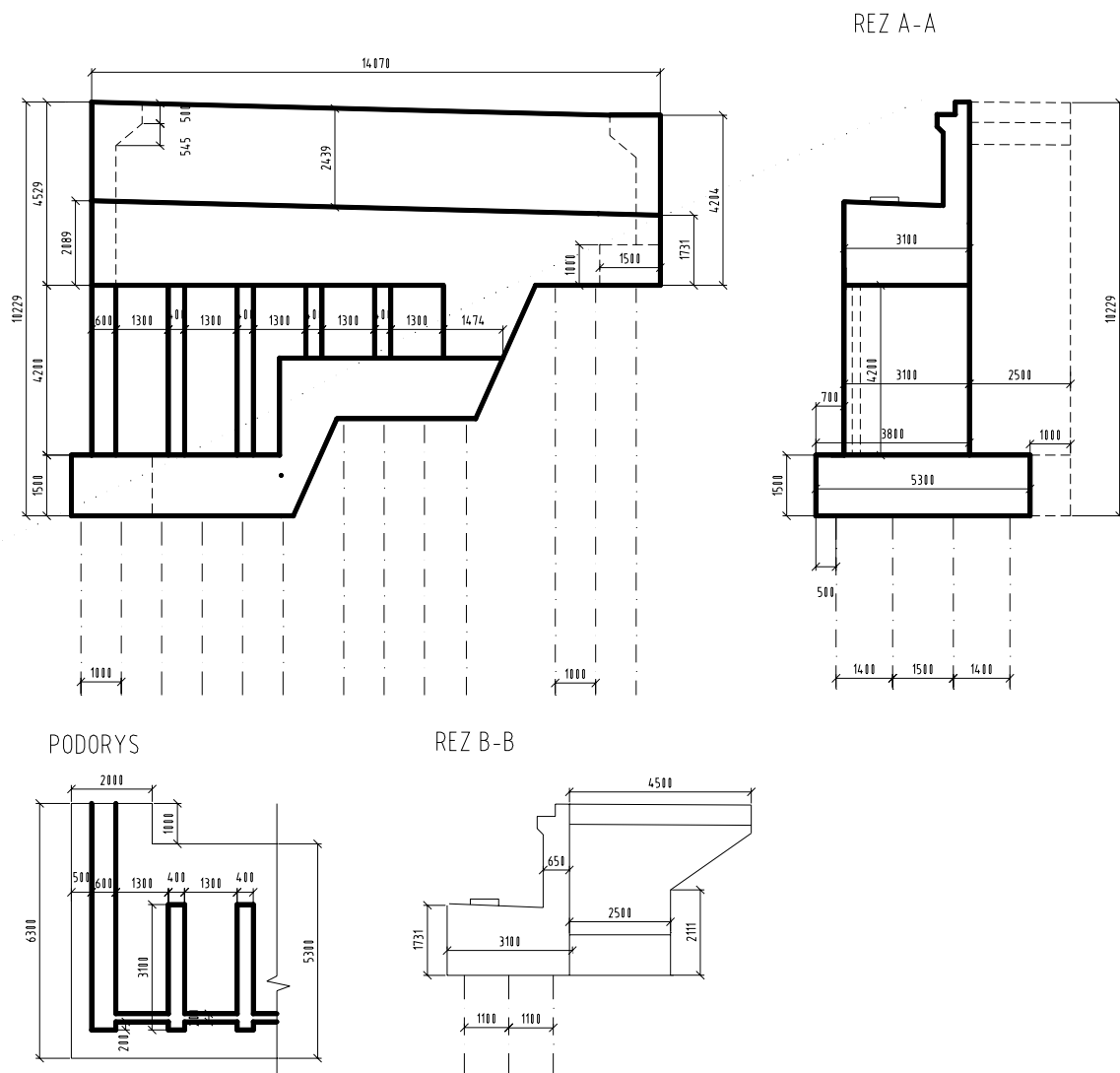
$p_2 := \gamma_G \cdot (h_{n, c} + h_{\text{opory}}) \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 83.001 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Výstuž v oblasti pod ložiskom na zachytenie priečných ťahov:

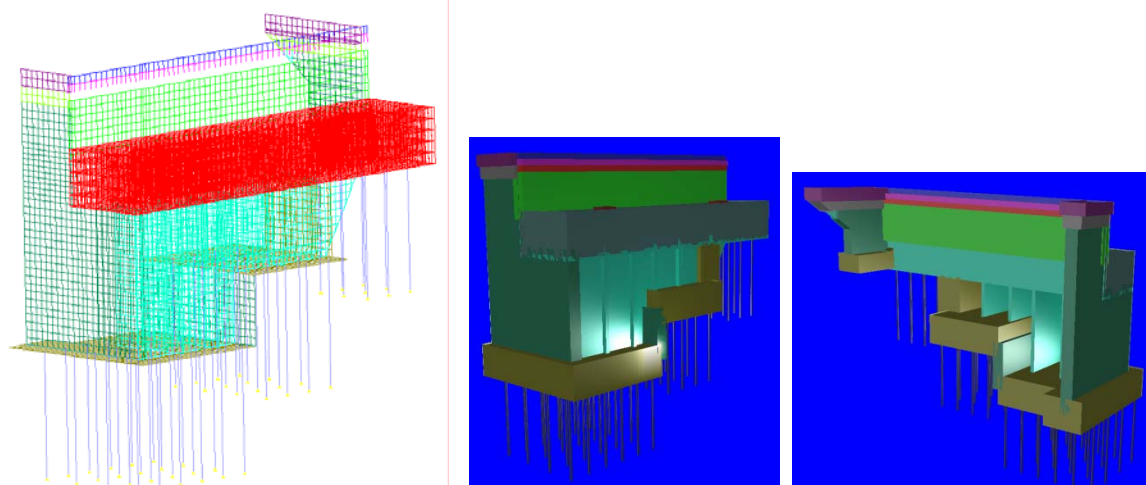
Max. reakcia na ložisko: 6,2 MN

Potrebná plocha priečnej výstuže v oboch smeroch: $A_s = v \cdot F_{\text{max}} / f_{yd} = 0.2 \cdot 6.2 / 435 = 28 \text{ cm}^2$

7.2.1 Geometrický tvar



Výpočtový model opory bol spracovaný v programe STRAP



7.2.3 Zat'azenie opory

Sily na ložiskách:

	OPORA					γ _F	ψ ₀
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2		
Vlt nosníky	2737	0	0	0	0	1.35	1
G1 - max	638	-20	0	0	0	1.35	1
G1 - min	464	-15	0	0	0	1.35	1
Vlt piliere	2785	0	-560	0	0	1.35	1
Chodník nahodilé	40	-204	0	0	0	1.35	0.4
UDL L	416	-1667	0	0	0	1.35	0.4
TS L	986	-3129	0	0	0	1.35	0.75
UDL P	416	1667	0	0	0	1.35	0.4
TS P	987	3129	0	0	0	1.35	0.75
UDL full - vľavo	644	-1067	0	0	0	1.35	0.4
TS - full - vľavo	1178	-2862	0	0	0	1.35	0.75
UDL - full - vpravo	644	1067	0	0	0	1.35	0.4
TS - full - vpravo	1178	2862	0	0	0	1.35	0.75
LM 4	1843	-572	0	0	0	1.35	0.75
brzdne sily	0	0	0	0	0	1.35	0.4
priečny vietor	0	-517	0	0	110	1.50	0.6
pozdĺžny vietor	0	0	0	0	0	1.50	0.6
nerovnomer. sad. max	88	0	0	0	0	1.20	
Nerovnomer. sad. min	-88	0	0	0	0	1.20	
max. negat reakcia	-300	0	0	0	0	1.35	0.75
vlt patky + zemina	0	0	0	0	0	1.35	1
predpätie - fázované	0	0	0	0	0	1.20	
Predpätie - nefáz	0	0	0	0	0	1.20	1
Pozdĺžny vietor na pilier						1.50	0.6
teplota	0	0	0	0	0	1.50	0.6

7.2.4 Návrhové kombinácie:

Opory			
L	P	pozd	prieč
4702	6180	285	99
2872	3008	124	165
2816	4552	183	99
4275	6039	413	99
2872	3008	124	165
4730	6152	285	99
2844	4524	183	0

7.2.5 Zat'azenie zemným tlakom

... súbor STR/GEO

Parcialne sucinitele: $\gamma_{G.sup} := 1.0$ $\gamma_{G.inf} := 1.0$ $\gamma_G := 1.0$
 $\gamma_Q := 1.35$ $\gamma_\phi := 1.25$

Zatazenie

zvysujuci sucinitel $\alpha_{qi} := 1$

UDL $q_{k1} := \left(9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3\text{m} + 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 8.5\text{m} \right) = 48.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

TS $Q_k := 1200\text{kN} = 1.2 \times 10^3 \cdot \text{kN}$

objem. tiaž zeminy $\gamma_z := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Rozmery opory

sirka opory

$s_{op} := 14\text{m}$

$h_{opory} := 10.2\text{m}$

$$\phi := 32^\circ$$

$$\phi_d := \operatorname{atan}\left(\frac{\tan(\phi)}{\gamma_\phi}\right) = 26.56^\circ$$

$$\text{Príťaženie od dopravy} \quad \text{UDL} \quad q_{eq} := \frac{q_{k1}}{\xi_{op}} = 3.446 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{TS} \quad q_{\text{eq1}} := \frac{Q_k}{2.2 \cdot s_{\text{op}}} = 38.961 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\gamma_f := 0.05$$

Tlak zeminy v pokoji $K_0 := 1 - \sin(\phi_d) = 0.553$

Tlak zeminy na záverný múrik a krídla

$$\text{Náhradná výška zeminy} \quad h_n := \frac{\gamma_Q \cdot q_{eq}}{\gamma_{G, sup} \cdot \gamma_z} = 0.233 \cdot m \quad h_{n1} := \frac{\gamma_Q \cdot (q_{eq1})}{\gamma_{G, sup} \cdot \gamma_z} = 2.63 \cdot m$$

$$h_{n.c} := h_n + h_{n1} = 2.863 \text{ m}$$

$$p_1 := \gamma_G \cdot h_{n.c} \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 31.651 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

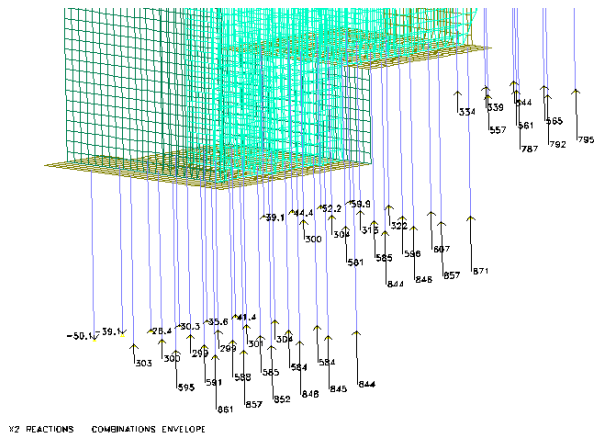
$$p_2 := \gamma_G \cdot (h_{n.c} + h_{opory}) \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 144.435 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$h_{\text{open}} := 10.2\text{m}$$

$$p_3 := \gamma_G \cdot (h_{\text{opory}}) \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 112.784 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

7.2.6 Reakcie na piloty

Zvisle reakcie:



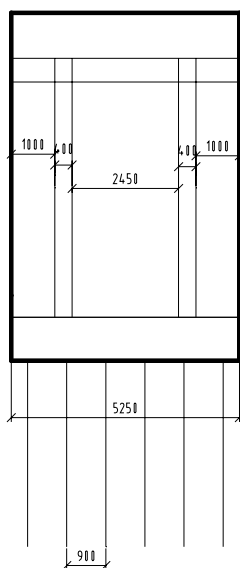
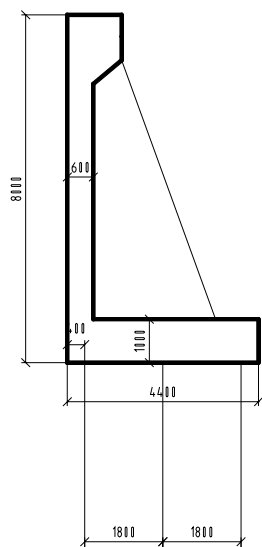
X3 REACTIONS COMBINATIONS ENVELOPE

N – osová sila, V- vodorovná sila

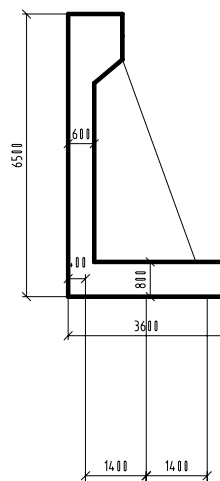
7.3 Oporné múry

7.3.1 Geometrický tvar

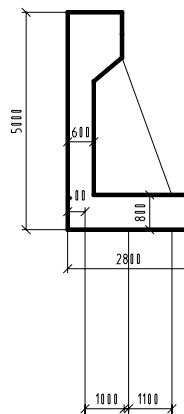
REZ OPORNÝM MUROM A-A



REZ B-B

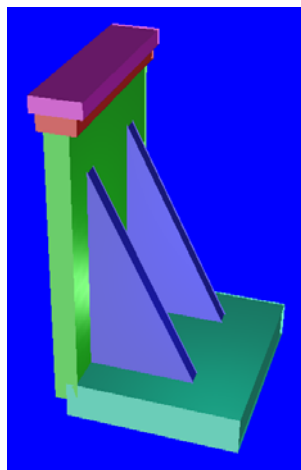
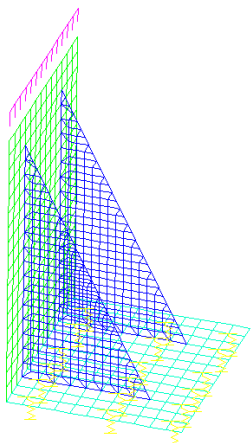


REZ C-C



7.3.2 Výpočtové modely

Výpočtový model opory bol spracovaný v programe STRAP



7.3.3 Zat'azenie zemným tlakom

... súbor STR/GEO

Parcialne sucinitele: $\gamma_{G.sup} := 1.0$ $\gamma_{G.inf} := 1.0$ $\gamma_G := 1.0$
 $\gamma_Q := 1.35$ $\gamma_\phi := 1.25$

Zatazenie

zvysujuci sucinitel $\alpha_{q1} := 1$

UDL $q_{k1} := \left(9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3\text{m} + 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 8.5\text{m} \right) = 48.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

TS $Q_k := 1200\text{kN} = 1.2 \times 10^3 \cdot \text{kN}$

objem. tiaž zeminy $\gamma_z := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Rozmery opory

sirka opory $s_{op} := 14\text{m}$ $h_{opory} := 8\text{m}$

uhol vnútorného trenia zeminy $\phi := 32^\circ$

$\phi_d := \text{atan}\left(\frac{\tan(\phi)}{\gamma_\phi}\right) = 26.56^\circ$

Príťaženie od dopravy

UDL $q_{eq} := \frac{q_{k1}}{s_{op}} = 3.446 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

TS $q_{eq1} := \frac{Q_k}{2.2\text{m} \cdot s_{op}} = 38.961 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

súčiniteľ trenia ložísk

$\gamma_f := 0.05$

Tlak zeminy v pokoji

$K_0 := 1 - \sin(\phi_d) = 0.553$

Tlak zeminy na záverný múrik a krídla

Náhradná výška zeminy $h_n := \frac{\gamma_Q \cdot q_{eq}}{\gamma_{G.\text{sup}} \cdot \gamma_z} = 0.233 \cdot \text{m}$ $h_{n1} := \frac{\gamma_Q (q_{eq1})}{\gamma_{G.\text{sup}} \cdot \gamma_z} = 2.63 \cdot \text{m}$

$h_{n.c} := h_n + h_{n1} = 2.863\text{m}$

$p_1 := \gamma_G \cdot h_{n.c} \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 31.651 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$p_2 := \gamma_G \cdot (h_{n.c} + h_{opory}) \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 120.109 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$h_{opory} := 8\text{m}$

$p_3 := \gamma_G \cdot (h_{opory}) \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 88.458 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

7.3.4 Reakcie na piloty

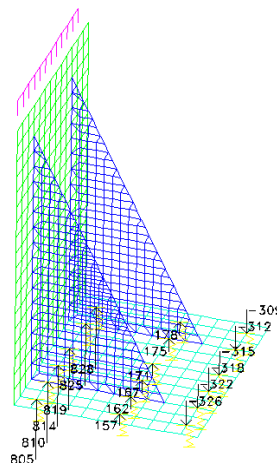
Oporný múr 1 (výška cca 8 m)

Max. reakcie na piloty:

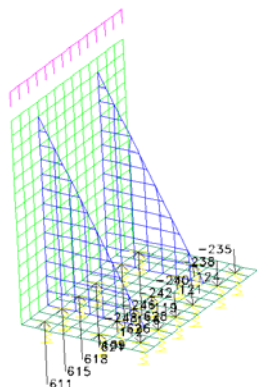
N= 830kN, V=180 kN,

N= -326 kN, V=180 kN

N – osová sila, V- vodorovná sila



Oporný múr 2 (výška cca 6,5 m)

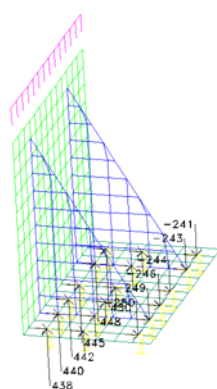


Max. reakcie na pilóty:

N= 630kN, V=130 kN,

N= -250 kN, V=130 kN

Oporný múr 3 (výška cca 5,0 m)



Max. reakcie na pilóty:

N= 450kN, V=100 kN,

N= -250 kN, V=100 kN

Literatúra

- [1] STN EN 1990 Zásady navrhovania
- [2] STN EN 1990/A2 Zásady navrhovania, Príloha A2 Mosty
- [3] STN EN 1991-1-1 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-1: Všeobecné zaťaženia – Objemové tiaže, úžitkové zaťaženia pre budovy
- [4] STN EN 1991-1-4 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-4: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia vetrom
- [5] STN EN 1991-1-5 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-5: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia teplom
- [6] STN EN 1991-1-6 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-6: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia počas výstavby
- [7] STN EN 1991-2 Zaťaženia konštrukcií – časť 2: Zaťaženia dopravou na mostoch
- [8] STN EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií – časť 1-1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy
- [9] STN EN 1992-2 Navrhovanie betónových konštrukcií – časť 2: Betónové mosty – Návrh a konštrukčné zásady
- [10] STN EN 206-1 Betón, špecifikácia, pôsobenie, výroba a zhoda
- [11] Príslušné národné prílohy k Eurokódom

v Bratislava 29.5.2014

Ing. Peter Paulík, PhD.

Prof. Ing. Peter TURČEK, PhD.
autorizovaný stavebný inžinier pre kategóriu
Statika stavieb - geotechnika, reg. č. 0225*A*3-1
Ul. 29. augusta 32/B, 811 09 Bratislava

**Založenie mostného objektu č. 201
na diaľnici D1 v úseku Lietavská Lúčka - Žilina**

Statický výpočet

Vypracoval: prof. Ing. Peter Turček, PhD.

Bratislava, máj 2014

1. ÚVOD

Mostný objekt 201 bol projektovaný pred zavedením Eurokódov. Z dôvodu dodržania všetkých právnych predpisov a noriem je potrebné preukázať, že projektové riešenie vyhovuje súčasne platným normám, prípadne sa niektoré detaily upravujú. Predkladaný statický výpočet posudzuje pôvodný návrh zakladania so zohľadnením STN EN 1997-1, Národnej prílohy k tejto európskej norme a revidovanej STN 73 1001. Ako podklad k statickým výpočtom boli dodané tieto materiály:

- výkresová dokumentácia projektového riešenia;
- výpočty spodnej stavby (statický výpočet, výpočet pilierov 2 a 5, výpočet pilierov 3 a 4, výpočet opory č. 1, návrh a posúdenie gabionového múra
- technická správa statiky.

K overovaciemu statickému výpočtu rešpektujúcemu platné európske a národné normy nebol dodaný uskutočnený inžinierskogeologický prieskum. Údaje o podloží potrebné pre založenie opôr a pilierov boli prevzaté z technickej správy, kde sa nachádza iba litologický opis hornín. Treba zdôrazniť, že pre účely zakladania sa predmetný mostný objekt zatrieduje do tretej geotechnickej kategórie, pre ktorú platia veľmi prísne požiadavky na poznanie podrobností o vlastnostiach podložia.

2. GEOLOGICKÉ POMERY LOKALITY

Pre statický návrh zakladania budú vytvorené pre jednotlivé opory a piliere geotechniké a následne výpočtové modely podložia, ktoré vychádzajú z litologického opisu hornín s opisnými charakteristikami jednotlivých litologických typov hornín podložia uvedených v Technickej správe k DSP, ktorú vypracoval DOPRAVOPROJEKT, a.s. Bratislava. Takto zaradeným triedam zemín boli vo fáze hodnotenia spôsobu zakladania prisúdené charakteristiky získané z porovnateľnej skúsenosti.

Vrt MP-1 (389,90 m n.m.)

- | | |
|--------------|---|
| 0,0 – 0,4 m | íl so strednou plasticitou, tuhý, deluviálny; |
| 0,4 – 1,5 m | suť hlinitá až suť hlinito-kamenitá; štrk s prímedou jemnozrnej zeminy s výplňou ílu vysokej plasticity (F8) tuhej konzistencie; |
| 1,5 – 2,8 m | mezozoikum: slieňovace, slienité bridlice, silne zvetrané; |
| 2,8 – 7,8 m | slienité vápence s polohami slieňovcov, navetrané, navetrané, v jadre zdravé, pevné, sivé, škvrnité; |
| 7,8 – 8,2 m | slinité vápence, doskovité, navetrané, sivé až tmavosivé, pevné; |
| 8,2 – 12,0 m | súvrstvie slienitých vápencov s doskovitou vrstevnatosťou, s hrúbkou vrstiev do 30 – 80 mm, so sklonom vrstiev 10 – 15°, navetrané až zdravé; |
- HPV narazená –11,95 m pod terénom, –10,60 m pod terénom.

Vrt MP-2 (389,90 m n.m.)

- | | |
|-------------|---|
| 0,0 – 0,5 m | íl s nízkou plasticitou, pevnej konzistencie, deluviálny, hnedožltý; |
| 0,5 – 1,8 m | suť ílovitá (íl štrkovitý, F2), deluviálna, tvorená ílom s vysokou plasticitou, tuhej konzistencie; |

- 1,8 – 4,5 m suť ílovito-kamenitá (štrk ílovitý G5), výplň tvorí íl so strednou až vysokou plasticitou tuhej konzistencie, nasýtenej vodou; od 4,0 m začína mezozoikum;
- 4,5 – 5,4 m mezozoikum: súvrstvie slieňovcov, bridlíc silne zvetraných až rozložených charakteru sute ílovito-kamenitej (štrk ílovitý (G5) s výplňou ílu nízkej plasticity;
- 5,4 – 10,3 m súvrstvie slieňovcov, bridlíc silne zvetraných až rozložených, charakteru sute ílovito-kamenitej (štrk ílovitý (G5) s výplňou ílu s nízkou plasticitou;
- 10,3 – 12,5m súvrstvie navetraných slieňovcov a bridlíc s vyšším podielom doskovitých slienitých vápencov;
- 12,5 – 15,0 m súvrstvie navetraných slieňovcov a vápencov, rozvoľnených charakteru kamennej sute s doskovitými polohami vápenca;
- HPV narazená –8,80 m pod terénom, –4,25 m pod terénom.

Vrt MP-3 (378,00 m n.m.)

- 0,0 – 0,5 m íl tmavohnedý, náplavový, tuhej konzistencie, prekorenený;
- 0,5 – 0,8 m íl s nízkou plasticitou, tuhej konzistencie, fluciálny, hnedý;
- 0,8 – 1,9 m štrk s prímiesou jemnozrnnej zeminy (G3), fluciálny;
- 1,9 – 3,4 m mezozoikum: súvrstvie rozložených slieňovcov a bridlíc, charakteru sute ílovito-kamenitej (štrku ílovitého G5), výplň tvorí íl so strednou plasticitou;
- 3,4 – 5,6 m súvrstvie tenko doskovitých slienitých vápencov s polohami bridlíc, zvetraných až silne zvetraných s výplňou ílu piesčitého;
- 5,6 – 10,4 m súvrstvie so striedaním zreteľne tenko doskovitých slienitých vápencov a slieňovcov s polohami bridlíc, zvetraných;
- 10,4 – 11,3 m slienité bridlilce zvetrané, tektonicky porušené, s pevnými úlomkami, ťažko olamovateľné;
- 11,3 – 13,2 m slienité vápence navetrané až zvetrané;
- 13,2 – 13,3 m poloha porušených slienitých bridlíc charakteru ílu so strednou plasticitou, pevnej konzistencie;
- 13,3 – 15,0 m súvrstvie s prevahou slienitých vápencov, teno doskovitých;
- HPV narazená –0,70 m pod terénom, –0,50 m pod terénom.

Vrt MP-4 (393,77 m n.m.)

- 0,0 – 0,6 m íl s nízkou až strednou plasticitou, deluviálny;
- 0,6 – 3,5 m suť ílovitá – íl s nízkou plasticitou, mäkkej konzistencie, ílovito-kamenitá (štrk ílovitý G5) s výplňou ílu strednej až vysokej plasticity;
- 3,5 – 4,7 m íl štrkovitý až íl s nízkou plasticitou (F2 až F6) pevnej konzistencie;
- 4,7 – 7,8 m mezozoikum: súvrstvie slieňovcov a slienitých vápencov s polohami bridlíc, zvetrané;
- 7,8 – 15,0 m súvrstvie doskovitých až tenko doskovitých slienitých vápencov;
- HPV narazená –13,50 m pod terénom, –12,35 m pod terénom.

Vrt KSP-1 (381,52 m n.m.)

- 0,0 – 0,4 m íl so strednou plasticitou (F6);
- 0,4 – 2,5 m mezozoikum: slienitý vápenec, zvetraný;
- 2,5 – 3,5 m slienitý vápenec tenko doskovitý až hrubo laminovaný s polohami slienitých bridlíc, zvetraný, v jadre hornín navetraný;
- HPV nebola narazená.

Vrt KSP-1a (387,25 m n.m.)

0,0 – 0,3 m íl so strednou plasticitou (F6) pevnej konzistencie;

0,3 – 1,2 m mezozoikum: vápence slienité, navetrané až zdravé (R3 – R2);

1,2 – 2,5 m vápence slienité lavicovité, navetrané, čiastočne zvetrané;

Podľa chemického rozboru nie je podzemná voda agresívna na betón.

Podrobnosti o uvažovaných vlastnostiach jednotlivých vrstiev hornín, ktoré sa nachádzajú v podloží posudzovaných mostných opôr a pilierov, sú uvádzané samostatne pri každom výpočte.

3. ZAŤAŽENIE OPÔR A PILIEROV**3.1 Opora 1**

Do výpočtov únosnosti a použiteľnosti boli zadávané zaťaženia z rôznych zaťažovacích kombinácií. Označenie v nich bude jednotné a znamená:

V_d – návrhová hodnota vertikálnej sily;

M_{x1} – moment okolo pozdĺžnej osi mostu;

M_{x2} – moment okolo priečnej osi mostu;

H_{x1} – vodorovná sila v smere pozdĺžnej osi mostu;

H_{x2} – vodorovná sila v smere priečnej osi mostu.

Opora 1 má rozmery 14,0 x 3,1 m (dlhší rozmer je kolmý k pozdĺžnej osi mosta) a prešnievajúce krídla 2,5 x 1,5 m. Výška základu je premenlivá, v osi mosta je 2,0 m. Poloha základovej škáry pod povrchom terénu je tiež premenlivá; na vzdušnej hrane opory je 1,7 m pod povrchom terénu. Vo vzdialenosti 1,5 m je svah so sklonom 1:1,5, ktorý znižuje únosnosť plošného základu. V ďalšom sa bude predpokladať, že zaťažovacie údaje bude prenášať základ opory bez zohľadnenia vplyvu krídiel. Hodnoty zaťaženia opory mostom vrátane seizmického účinku sú zhrnuté v tab. 1 a 2.

Tabuľka 1: Zaťaženie základu opory 1

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
výpočet únosnosti					
1	10881	11168	8273	4660	1017
2	5880	4350	8228	4499	1083
3	7368	11184	8317	4559	1017
4	10314	12083	8465	4788	1017
5	5880	4350	8228	4499	1083
6	10881	10703	8273	4660	1017
7	7368	10719	8317	4559	918
výpočet sadania					
1	6248	-1605	7890	3241	680

Tabuľka 2: Seizmické zaťaženie základu opory 1 a 6

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
1	6109	7549	7809	3241	1663
2	6115	7713	7813	3241	1700
3	6109	7565	7809	3241	1704
4	6114	7697	7813	3241	1659

Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie zaťaženi opory 1:

Pre kombináciu zaťaženi 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8273}{10881} = 0,76 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{11168}{10881} = 1,026 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 3,1 - 2 \cdot 0,76 = 1,58 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 1,026 = 11,948 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 1,58 \cdot 11,948 = 18,878 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{10881}{18,878} = 576,385 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8228}{5880} = 1,399 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{4350}{5880} = 0,74 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 3,1 - 2 \cdot 1,399 = 0,302 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 0,74 = 12,52 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 0,302 \cdot 12,52 = 3,781 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{5880}{3,781} = 1555,144 \text{ kPa}$$

Opora nemôže byť posudzovaná ako plošný základ, pretože excentricita v smere šírky opory prekračuje prípustnú hodnotu 1/3 šírky základu.

Pre kombináciu zaťaženi 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8317}{7368} = 1,129 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{11184}{7368} = 1,518 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 3,1 - 2 \cdot 1,129 = 0,842 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 1,518 = 10,964 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 0,842 \cdot 10,964 = 9,232 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{7368}{9,232} = 798,094 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8465}{10314} = 0,821 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{12083}{10314} = 1,172 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 3,1 - 2 \cdot 0,821 = 1,458 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 1,518 = 10,964 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 1,458 \cdot 10,964 = 15,985 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{10314}{15,985} = 645,23 \text{ kPa}$$

Ďalšie kombinácie zaťaženi nemá význam analyzovať, pretože celé zaťaženie musia preniesť hĺbkové základy. Z hľadiska namáhania najviac zaťaženej krajnej mikropilóty bude rozhodujúca kombinácia zaťaženi 4 od statického zaťaženia.

3.2 Pilieri 2 a 5

Piliere 2 a 5 majú rozmery: dĺžka základovej dosky (v smere priečnom k osi mosta) 10,0 m; šírka základovej dosky 5,5 m; výška základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 2 je 2,8 až 4,8 m pod terénom; sklon povrchu terénu 30°; základová škára piliera 5 je v strede piliera 4,9 m pod terénom, na okrajoch základu 2,6 m a 7,2 m, sklon terénu približne 25°.

Tabuľka 3: Zaťaženie základu pilierov 2 a 5

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
výpočet únosnosti					
1	29607	14721	17907	679	223
2	17893	8919	9132	341	372
3	20287	16621	11324	437	223
4	28488	17521	16718	634	223
5	17299	8819	8585	317	372
6	29607	10821	19617	833	223
7	20287	12375	14433	592	0
výpočet sadania					
1	18916	830	1000	-	-

Tabuľka 4: Seizmické zaťaženie základu piliera 2

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
výpočet únosnosti					
1	20748	5678	8160	524	303
2	18798	7929	8162	524	391
3	18804	7738	8162	524	419
4	20829	5869	8160	524	275
5	18732	20699	3391	157	1155
6	20844	21508	3396	157	1161
7	18745	21317	3396	157	1189
8	18869	20890	3391	157	1126

Tabuľka 5: Seizmické zaťaženie základu piliera 5

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
výpočet únosnosti					
1	29771	8962	8865	575	483
2	18858	4319	7019	443	192
3	18737	3681	7045	445	174
4	20800	9600	8891	576	501
5	18680	21033	6395	372	1162
6	20917	20087	2458	67	1088
7	18666	19449	2432	66	1070
8	18915	21671	6421	373	1180

Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie zaťaženi pre piliere 2 a 5:

Pre kombináciu zaťaženi 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{17907}{29607} = 0,605 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{14721}{29607} = 0,497 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,605 = 4,29 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,497 = 9,006 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,29 \cdot 9,006 = 38,636 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{29607}{38,636} = 766,31 \text{ kPa} \quad \text{najnepriaznivejšie pre pilier 2 aj 5}$$

Pre kombináciu zaťaženi 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{9132}{17893} = 0,510 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{8919}{17893} = 0,498 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,51 = 4,48 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,498 = 9,004 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,48 \cdot 9,004 = 40,338 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{17893}{40,338} = 443,577 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{11324}{20287} = 0,558 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{16621}{20287} = 0,819 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,558 = 4,384 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,819 = 8,362 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,384 \cdot 8,362 = 36,659 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20287}{36,659} = 553,397 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{16718}{28488} = 0,587 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{17521}{28488} = 0,615 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,587 = 4,326 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,615 = 8,77 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,326 \cdot 8,77 = 37,939 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{28488}{37,939} = 750,889 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8585}{17299} = 0,496 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{8819}{17299} = 0,51 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,496 = 4,508 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,51 = 8,98 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,508 \cdot 8,98 = 40,482 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{17353}{39,685} = 437,268 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{19617}{29607} = 0,663 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{10821}{29607} = 0,365 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,663 = 4,174 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,365 = 9,27 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,174 \cdot 9,27 = 38,693 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{29607}{38,693} = 765,177 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{14433}{20287} = 0,711 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{12375}{20287} = 0,61 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,711 = 4,078 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,61 = 8,78 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,078 \cdot 8,78 = 35,805 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20287}{35,805} = 566,597 \text{ kPa}$$

Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie seizmického zaťaženia piliera 2:

Pre kombináciu zaťaženi 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8160}{20748} = 0,393 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{5678}{20748} = 0,274 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,393 = 4,714 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,274 = 9,452 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,714 \cdot 9,452 = 44,556 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20748}{44,556} = 456,661 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8162}{18798} = 0,434 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{7929}{18798} = 0,422 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,434 = 4,632 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,422 = 9,156 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,632 \cdot 9,156 = 42,410 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18798}{42,41} = 443,244 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8162}{18804} = 0,434 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{7738}{18804} = 0,412 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,434 = 4,632 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,412 = 9,176 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,632 \cdot 9,176 = 42,503 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18804}{42,503} = 442,516 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8160}{20829} = 0,392 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{5869}{20829} = 0,282 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,392 = 4,716 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,282 = 9,436 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,716 \cdot 9,436 = 44,500 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20829}{44,5} = 468,067 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{3391}{18732} = 0,181 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{20699}{18732} = 1,105 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,181 = 5,138 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,105 = 7,79 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,138 \cdot 7,79 = 40,025 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18732}{40,025} = 468,007 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{3396}{20844} = 0,163 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{21508}{20844} = 1,032 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,163 = 5,174 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,032 = 7,936 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,174 \cdot 7,936 = 41,06 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20844}{41,06} = 498,136 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{3396}{18745} = 0,181 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{21317}{18745} = 1,137 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,181 = 5,138 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,137 = 7,726 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,138 \cdot 7,726 = 39,696 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18745}{39,696} = 472,214 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 8:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{3391}{18869} = 0,18 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{20890}{18869} = 1,107 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,18 = 5,14 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,107 = 7,786 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,14 \cdot 7,786 = 40,02 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18869}{40,02} = 471,489 \text{ kPa}$$

Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie seizmického zaťaženia piliera 5:

Pre kombináciu zaťaženi 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8865}{29771} = 0,298 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{8962}{29771} = 0,301 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,298 = 4,904 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,301 = 9,398 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,904 \cdot 9,398 = 46,088 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{29771}{46,088} = 645,96 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{7019}{18858} = 0,372 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{4319}{18858} = 0,229 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,372 = 4,756 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,229 = 9,542 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,756 \cdot 9,542 = 45,382 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18858}{45,382} = 415,539 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{7045}{18737} = 0,376 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{3681}{18737} = 0,196 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,376 = 4,748 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,229 = 9,608 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,748 \cdot 9,608 = 45,619 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18737}{45,619} = 410,728 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8891}{20800} = 0,427 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{9600}{20800} = 0,462 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,427 = 4,646 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,462 = 9,076 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,646 \cdot 9,076 = 42,167 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20800}{42,167} = 493,276 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6395}{18680} = 0,342 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{21033}{18680} = 1,126 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,342 = 4,816 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,126 = 7,748 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,816 \cdot 7,748 = 37,314 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18680}{37,314} = 500,616 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{2458}{20917} = 0,118 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{20087}{20917} = 0,96 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,118 = 5,264 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,96 = 8,08 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,264 \cdot 8,08 = 42,533 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20917}{42,533} = 491,783 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{2432}{18666} = 0,13 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{19449}{18666} = 1,042 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,13 = 5,24 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,042 = 7,916 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,24 \cdot 7,916 = 41,48 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18666}{41,48} = 450,00 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 8:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6421}{18915} = 0,339 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{21671}{18915} = 1,146 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 5,5 - 2 \cdot 0,339 = 4,822 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,146 = 7,708 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,822 \cdot 7,708 = 37,168 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18915}{37,168} = 508,906 \text{ kPa}$$

3.3 Pilieri 3 a 4

Piliere 3 a 4 majú rozmery: dĺžka základovej dosky (v smere priečnom k osi mosta) 10,0 m; šírka základovej dosky 6,5 m; výška základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 3 je 2,8 pod približne vodorovným terénom; poloha základovej škáry piliera 4 je v strede piliera 4,6 m, okraje základu sú pri sklone povrchu terénu približne 20°: 2,8 m a 6,4 m pod povrchom terénu.

Tabuľka 6: Zaťaženie základu pilierov 3 a 4

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
výpočet únosnosti					
1	32024	11675	19942	596	0
2	32024	17866	12018	234	246
3	30070	8175	27452	751	0
4	28874	9475	26952	751	0
5	19052	2475	23752	751	0
6	19052	12394	9418	234	410
7	22574	19666	10418	234	246
8	30896	20766	11718	234	246
výpočet sadania					
1	20640	900	1000	-	-

Tabuľka 7: Seizmické zaťaženie základu piliera 3

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
výpočet únosnosti					
1	22512	7733	20969	899	332
2	22486	11581	20551	879	475
3	22574	11281	20516	878	487
4	22549	8033	20933	898	319
5	20477	29933	7881	301	1327
6	20393	31297	6490	234	1361
7	20495	30997	6455	233	1373
8	22498	30232	7846	299	1314

Tabuľka 8: Seizmické zaťaženie základu piliera 4

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
výpočet únosnosti					
1	22591	6621	20946	898	278
2	22529	12799	20535	879	533
3	22530	12382	20506	877	536
4	22468	7038	20916	897	275
5	20555	29719	7861	299	1315
6	20350	31864	6494	234	1390
7	20537	31447	6464	233	1393
8	22418	30136	7832	298	1312

Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie zaťaženi pre piliere 3 a 4:

Pre kombináciu zaťaženi 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{19942}{32024} = 0,623 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{11675}{32024} = 0,365 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,623 = 5,254 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,365 = 9,27 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,254 \cdot 9,27 = 48,705 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{32024}{48,705} = 657,509 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{12018}{32024} = 0,375 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{17866}{32024} = 0,558 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,375 = 5,75 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,558 = 8,884 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,75 \cdot 8,884 = 51,083 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{32024}{51,083} = 626,901 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{27452}{30070} = 0,913 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{8175}{30070} = 0,272 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,913 = 4,674 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,272 = 9,456 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,674 \cdot 9,456 = 44,197 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{30070}{44,197} = 680,363 \text{ kPa} \quad \text{najnepriaznivejšie zaťaženie pilierov 3 a 4}$$

Pre kombináciu zaťaženi 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{26952}{28874} = 0,933 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{9475}{28874} = 0,328 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,933 = 4,634 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,328 = 9,344 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,634 \cdot 9,344 = 43,30 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{28874}{43,3} = 666,836 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{23752}{19052} = 1,247 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{2475}{19052} = 0,13 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 1,247 = 4,006 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,13 = 9,74 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,006 \cdot 9,74 = 39,018 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{19052}{39,018} = 488,287 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{9418}{19052} = 0,494 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{12394}{19052} = 0,651 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,494 = 5,512 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,651 = 8,698 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,512 \cdot 8,698 = 47,943 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{19052}{47,943} = 397,389 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{10418}{22574} = 0,462 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{19666}{22574} = 0,874 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,462 = 5,576 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,874 = 8,252 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,576 \cdot 8,252 = 46,013 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22574}{46,013} = 490,06 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 8:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{11718}{30896} = 0,379 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{20766}{30896} = 0,672 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,379 = 5,742 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,672 = 8,656 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,742 \cdot 8,656 = 49,703 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{30896}{49,703} = 621,612 \text{ kPa}$$

Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie seizmického zaťaženia piliera 3:

Pre kombináciu zaťaženie 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{20969}{22512} = 0,931 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{7733}{22512} = 0,344 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,931 = 4,638 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,344 = 9,312 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,638 \cdot 9,312 = 43,189 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22512}{43,189} = 521,244 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{20551}{22486} = 0,914 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{11581}{22486} = 0,515 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,914 = 4,672 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,515 = 8,97 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,672 \cdot 8,97 = 41,908 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22486}{41,908} = 536,556 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{20516}{22574} = 0,909 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{11281}{22574} = 0,50 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,909 = 4,682 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,5 = 9,0 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,682 \cdot 9,0 = 42,138 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22516}{42,138} = 534,34 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{20933}{22549} = 0,928 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{8033}{22549} = 0,356 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,928 = 4,644 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,356 = 9,288 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,644 \cdot 9,288 = 43,133 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22549}{43,133} = 522,778 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{7881}{20477} = 0,385 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{29933}{20477} = 1,462 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,385 = 5,73 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,462 = 7,076 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,73 \cdot 7,076 = 40,545 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20477}{40,545} = 505,044 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6490}{20393} = 0,318 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{31297}{20393} = 1,535 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,318 = 5,864 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,535 = 6,93 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,864 \cdot 6,93 = 40,637 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20393}{40,637} = 501,833 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6455}{20495} = 0,315 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{30997}{20495} = 1,512 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,315 = 5,87 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,512 = 6,976 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,87 \cdot 6,976 = 40,949 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20495}{40,949} = 500,501 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 8:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{7846}{22498} = 0,349 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{30232}{22498} = 1,344 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,349 = 5,802 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,344 = 7,312 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,802 \cdot 7,312 = 42,424 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22498}{42,424} = 530,313 \text{ kPa}$$

Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie seizmického zaťaženia piliera 4:

Pre kombináciu zaťaženi 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{20946}{22591} = 0,927 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{6621}{22591} = 0,293 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,927 = 4,646 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,293 = 9,414 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,646 \cdot 9,414 = 43,737 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22591}{43,737} = 516,519 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{20535}{22529} = 0,911 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{12799}{22529} = 0,568 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,911 = 4,678 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,568 = 8,864 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,678 \cdot 8,864 = 41,466 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22529}{41,466} = 543,313 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{20506}{22530} = 0,91 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{12382}{22530} = 0,55 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,91 = 4,68 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,55 = 8,9 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,68 \cdot 8,9 = 41,652 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22530}{41,652} = 540,91 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{20916}{22468} = 0,931 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{7038}{22468} = 0,313 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,931 = 4,638 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 0,313 = 9,374 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,638 \cdot 9,374 = 43,477 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22468}{43,477} = 516,779 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{7861}{20555} = 0,382 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{29719}{20555} = 1,446 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,382 = 5,736 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,446 = 7,108 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,736 \cdot 7,108 = 40,771 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20555}{40,771} = 504,157 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženia 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6494}{20350} = 0,319 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{31864}{20350} = 1,566 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,319 = 5,862 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,566 = 6,868 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,862 \cdot 6,868 = 40,26 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20350}{40,26} = 505,464 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženia 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6464}{20537} = 0,315 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{31447}{20537} = 1,531 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,315 = 5,87 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,531 = 6,938 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,87 \cdot 6,938 = 40,726 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20537}{40,726} = 504,272 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženia 8:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{7832}{22418} = 0,349 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{30136}{22418} = 1,344 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 6,5 - 2 \cdot 0,349 = 5,802 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 10,0 - 2 \cdot 1,344 = 7,312 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,802 \cdot 7,312 = 42,424 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22418}{42,424} = 528,427 \text{ kPa}$$

3.4 Opora 6

Opora 6 má rozmery 14,0 x 2,8 m (dlhší rozmer je takmer kolmý k pozdĺžnej osi mosta) a prešnievajúce krídla 18,32 x 1,5, resp. 4,5 x 1,5 m. Výška základu je 1,5 m. Poloha základovej škáry pod povrchom terénu je na vzdušnej hrane opory 0,4 m pod povrchom terénu. Od okraja opory je svah so sklonom približne 20°, čo znižuje únosnosť plošného základu. V ďalšom sa bude predpokladať, že zaťažovacie údaje bude prenášať základ opory bez

zohľadnenia vplyvu krídiel. Hodnoty zaťaženia opory mostom vrátane seizmického účinku sú zhrnuté v tab. 9 a 10.

Tabuľka 9: Zaťaženie základu opory 6

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
výpočet únosnosti					
1	10881	11168	8273	4660	1017
2	5880	4350	8228	4499	1083
3	7368	11184	8317	4559	1017
4	10314	12083	8465	4788	1017
5	5880	4350	8228	4499	1083
6	10881	10703	8273	4660	1017
7	7368	10719	8317	4559	918
výpočet sadania					
1	6248	-1605	7890	3241	680

Tabuľka 10: Seizmické zaťaženie základu opory 6

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
1	6109	7549	7809	3241	1663
2	6115	7713	7813	3241	1700
3	6109	7565	7809	3241	1704
4	6114	7697	7813	3241	1659

Pre kombináciu zaťaženi 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8228}{5880} = 1,399 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{4350}{5880} = 0,74 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 2,8 - 2 \cdot 1,399 = 0,002 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 0,74 = 12,52 \text{ m}$$

Opora nemôže byť posudzovaná ako plošný základ, pretože excentricita v smere šírky opory prekračuje prípustnú hodnotu 1/3 šírky základu.

Pre kombináciu zaťaženi 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8465}{10314} = 0,821 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{12083}{10314} = 1,172 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 2,8 - 2 \cdot 0,821 = 1,158 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 1,172 = 10,656 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 1,158 \cdot 10,656 = 12,344 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{10314}{12,696} = 812,382 \text{ kPa}$$

Podobne ako pri opore 1 nemá význam hodnotiť ďalšie kombinácie zaťaženia, pretože celé zaťaženie musia preniesť hĺbkové základy.

4. NÁVRH ZAKLADANIA

Zakladanie opôr a pilierov je navrhnuté na základových doskách podopieraných mikropilótami, votknutými do mezozoických hornín. Okrem toho boli posudzované aj možnosti založenia na základových doskách. Návrh mikropilót, resp. plošných prvkov rešpektuje STN EN 1997-1, Národnú prílohu k STN EN 1997-1 a revidovanú STN 73 1001.

4.1 Opora 1

Základ opory 1 musí byť podopieraný hĺbkovými prvkami. Z hľadiska vŕtateľnosti je v daných geologických podmienkach vhodné navrhnuť mikropilóty. Opora sa bude posudzovať na kombináciu zaťaženia 4, pri ktorej pôsobia najväčšie zaťaženia. Pri rozmiestnení mikropilót podľa projektu $14 \times 2 = 28$ prvkov $\varnothing 89/10$ mm vkladných do vrtov $\varnothing 133$ mm bude pripadať na jednu mikropilótu zvislá sila bez zohľadnenia excentricity

$$F_1 = \frac{V}{n} = \frac{10314}{28} = 368,357 \text{ kN} \cong 370 \text{ kN}$$

Návrh mikropilóty musí spĺňať STN EN 1997-1. Rešpektovaním Národnej prílohy k tejto norme musí byť v prípade návrhu výpočtom splnená podmienka

$$F_{c,d} \leq R_{c,d}$$

kde $F_{c,d}$ je návrhové zaťaženie 370 kN (stanovené zo zaťaženia piliera podľa STN EN 1990);
 $R_{c,d}$ – návrhová hodnota medznej únosnosti mikropilóty:

$$R_{c,d} = R_{b,k} / (\gamma_b \cdot \gamma_{R,d}) + R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d})$$

Vzhľadom k značným ohybovým momentom bude vo fáze návrhu uvažovaná rezerva v únosnosti mikropilóty najmenej 100 kN. V priestore opory 1 nebol umiestnený prieskumný vrt. Najbližšie prieskumné vrty MP-1 a MP-2 sú situované pri pilieri 2. Vo svahovitom teréne treba rátať so značnou premenlivosťou vlastností podložia.

Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 12,0 m

Mikropilóta bude votknutá 0,5 m do základu opory. Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 1 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp.

znehodnotená. Na úseku 9,0 m sa bude prevažne vyskytovať zvetraný slieňovec charakteru štrku ílovitého (G5) a spodných 1,5 m bude votknutých do navetraného slieňovca. Vlastnosti podložia budú prebraté z porovnateľnej skúsenosti.

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2}) = \pi \cdot 0,15 (9,0 \cdot 120 + 1,5 \cdot 320) = 735,13 \text{ kN}$$

kde d je priemer vrtu;

l_i – účinná dĺžka mikropilóty v i -tej vrstve zeminy;

τ_{di} – mobilizované trenie na plášti v i -tej vrstve zeminy;

Poznámka:

Hodnoty mobilizovaného napätia na plášti mikropilóty boli použité z porovnateľnej skúsenosti, opierajúcej sa o zaťažovacie skúšky (pozri Turček, P. – Slávik, I.: Zakladanie stavieb, 2002).

Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 735,13 / (1,1 \cdot 1,1) = 607,54 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť ocelevej tyče na vzper.

Posúdenie najviac namáhanej mikropilóty

Pri podopieraní plošného základu hĺbkovými prvkami budú mikropilóty prenášať 40 – 60 % celkového zaťaženia v závislosti od tuhosti podoprenia. Vychádza sa pritom z prác Poulos a Davis (1980), Randolph (1983, 1994), van Impe a Clerq (1995), Katzenbach (1995) a Burland (1995). Znamená to, že z celkovej sily 10314 kN budú mikropilóty pri predpoklade 50 % podielu (votknutie do zvetraných až rozložených slieňovcov charakteru štrku ílovitého) prenášať $10314 \cdot 0,5 = 5157 \text{ kN}$.

V dôsledku excentrického zaťaženia nebudú všetky mikropilóty namáhané rovnakou silou. Schéma výpočtu excentrického pôsobenia je na obr. 1. Vychádzajúc z obr. 1 sa vyráta namáhanie najviac zaťaženej pilóty podľa vzťahu

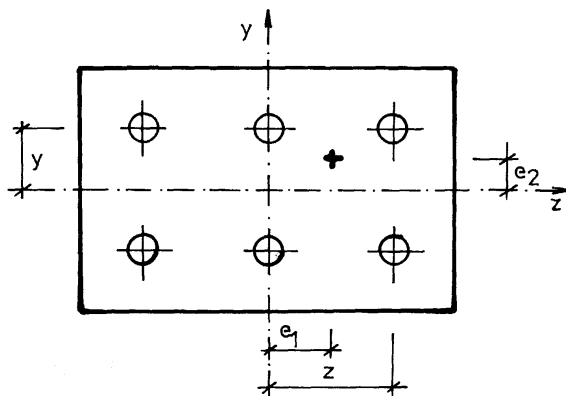
$$F_i = \frac{F_{c;d}}{n} \pm \frac{F_{c;d} e_1 z}{\sum z^2} \pm \frac{F_{c;d} e_2 y}{\sum y^2} = \frac{5157}{28} \pm \frac{5157 \cdot 0,821 \cdot 0,5}{28 \cdot 0,5^2} \pm$$

$$\pm \frac{5157 \cdot 1,172 \cdot 6,5}{4(6,5^2 + 5,5^2 + 4,5^2 + 3,5^2 + 2,5^2 + 1,5^2 + 0,5^2)} = 184,18 \pm 302,42 \pm 86,34 =$$

$$= 572,94 \text{ kN, resp. } -204,58 \text{ kN}$$

(najviac a najmenej namáhaná mikropilóta)

$$F_i = 572,49 < R_{c,d} = 607,54 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$



Obr. 1 Označenie pre výpočet najviac namáhanej pilóty

Únosnosť opory 1 voči namáhaniu vodorovnou silou s vylúčením pôsobenia mikropilót a pasívneho odporu zeminy obklopujúceho základ bude:

$$R_{d,h} \cdot A' = (V_d \cdot \tan \varphi_d + c_d \cdot A' + S_{p,d}) / \gamma_{R,h} = (10314 \cdot \tan 29^\circ + 4 \cdot 12,7) / 1,1 = 5243,58 \text{ kN}$$

Výslednica vodorovných síl H_{x1} a H_{x2} bude

$$H = \sqrt{4788^2 + 1017^2} = 4894,82 \text{ kN} < 5243,58 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Posúdenie sadania opory č.1 (zaťaženia z tab. 2):

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{7813}{6115} = 1,28 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{7713}{6115} = 1,26 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 3,1 - 2 \cdot 1,28 = 0,54 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 1,26 = 11,48 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 0,54 \cdot 11,48 = 6,2 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{6115}{6,2} = 986,29 \text{ kPa}$$

Pod oporou sa nachádza zvetraný slieňovec charakteru štrku ílovitého, hlbšie navetraný slieňovec. V dôsledku veľkej excentricity je efektívna plocha základovej škáry iba $6,2 \text{ m}^2$, z čoho potom vychádza napätie $986,29 \text{ kPa}$.

Predpokladané sadanie piliera bude pri okrajových podmienkach $B = 3,1 \text{ m}$, $B' = 0,54 \text{ m}$; $L'/B' = 11,48 / 0,54 = 21$; $\sigma_{ol} = 986,29 - (1,6 \cdot 18,5) = 956,69 \text{ kPa}$; v podloží sa predpokladá $E_{oed} = E_{def} / \beta = 40 / 0,74 = 54,05 \text{ MPa}$;

Tabuľka 11: Sadanie pod charakteristickým bodom opory č. 1 bez účinku mikropilót

Vrstva č.	h (m)	z (m)	z/B	I_2	σ_z (kPa)	σ_{or} (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	E_{oed} (MPa)	Δs (m)
1	0,5	0,25	0,081	1,00	956,69	34,22	6,84	54,05	0,00879
2	0,5	0,75	0,242	0,79	755,78	43,47	8,69	54,05	0,00691
3	0,5	1,25	0,403	0,68	650,55	52,72	10,54	54,05	0,00592
4	0,5	1,75	0,564	0,60	574,01	61,97	12,39	54,05	0,00519
5	1,0	2,50	0,806	0,53	507,05	75,85	15,17	54,05	0,00910
6	1,0	3,50	1,130	0,43	411,38	94,35	18,87	54,05	0,00726
7	2,0	5,00	1,613	0,33	315,71	122,10	24,42	54,05	0,01078
8	2,0	7,00	2,258	0,26	248,74	159,10	31,82	54,05	0,00803
9	4,0	10,0	3,226	0,19	181,77	214,60	42,92	54,05	0,01028
celkové sadanie s									0,07226

V prípade, keby sa zanedbalo podopretie základu mikropilótami, možno očakávať sadanie opory 1 až 72,3 mm. Vzhľadom k tomu, že mikropilóty sú votknuté do navetraného skalného podkladu, sadanie základu nie je potrebné rátať. So zarátaním účinku mikropilót je na prognózu sadania možné zostaviť výpočtový model s rozmermi fiktívneho základu 1,2 x 14,2 m a $E_{oed} = E_{def} / \beta = 35 / 0,47 = 74,47$ MPa;

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{6115}{1,2 \cdot 14,2} = 358,86 \text{ kPa}$$

Tabuľka 12: Sadanie opory č. 1 so zohľadnením mikropilót

Vrstva č.	h (m)	z (m)	z/B	I_2	σ_z (kPa)	σ_{or} (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	E_{oed} (MPa)	Δs (m)
1	0,5	0,25	0,081	1,00	358,86	222,00	44,40	74,47	0,00211
2	0,5	0,75	0,242	0,79	283,50	231,25	46,25	74,47	0,00159
3	0,5	1,25	0,403	0,68	244,02	240,50	48,10	74,47	0,00131
4	0,5	1,75	0,564	0,60	215,32	249,75	49,95	74,47	0,00111
5	1,0	2,50	0,806	0,53	190,20	263,62	52,72	74,47	0,00185
6	1,0	3,50	1,130	0,43	154,31	282,12	56,42	74,47	0,00131
7	2,0	5,00	1,613	0,33	118,42	305,25	61,05	74,47	0,00154
8	2,0	7,00	2,258	0,26	93,30	342,25	68,45	74,47	0,00067
9	4,0	10,0	3,226	0,19	68,18	397,75	79,55	74,47	-
celkové sadanie s									0,01149

Sadanie opory č. 1 by nemalo prekročiť hodnotu 11,49 mm, ktorá sa viaže na $E_{oed} = 74,47$ MPa. Treba poznamenať, že vo výpočte sa uvažovalo s relatívne nízkou hodnotou E_{def} , pretože neboli k dispozícii explicitne stanovené charakteristiky stlačiteľnosti slienitých vápencov.

Zhrnutie:

Opora 1 bude podopieraná 28 mikropilótami Ø 89/10 mm s celkovou dĺžkou 12,0 m, vkladnými do vrtov Ø 133 mm rozmiestnenými podľa výkresovej dokumentácie. Mikropilóta bude zapustená do základovej dosky na hĺbku 0,5 m. Krídla opory nie sú

priamo namáhané mostom, preto dĺžku mikropilót obidvoch krídiel s počtom 6 + 6 mikropilót možno skrátiť na 9,0 m.

4.2 Pilier 2

Posúdenie únosnosti pre prípad plošného založenia

Základová škára je plánovaná na kóte 380,843 m n.m., terén v okolí piliera má kótu 384,9 m n.m., t.j. stred základovej škáry základovej dosky hrubej 2 m je pod pôvodným povrchom terénu v hĺbke 4,1 m, hrany základovej dosky sú v hĺbke 2,8 až 4,8 m pod terénom. Sklon povrchu terénu v okolí základu dosahuje 30°. K posúdeniu základu bol zostavený model podložia. Základová škára sa bude s prihliadnutím k prieskumným vrtom MP-1, MP-2 a MP-3 nachádzať v ílovito-kamenitej suti (štrk ílovitý G5), s výplňou tvorenou ílom so strednou až vysokou plasticitou tuhej konzistencie; približne od základovej škáry je možné uvažovať s výskytom hladiny podzemnej vody. V hĺbke 1,5 – 7 m pod základovou škárou sa predpokladajú silne zvetrané slieňovce charakteru štrku ílovitého (G5) s výplňou ílu nízkej plasticity tuhej konzistencie, hlbšie slienité bridlice zvetrané a s narastajúcou hĺbkou navetrané, tektonicky porušené, charakteru ílu s nízkou plasticitou (F6) pevnej konzistencie.

Kontaktné napätie v základovej škáre bude

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{29607}{38,636} = 766,31 \text{ kPa} \quad B' = 4,33 \text{ m} \quad L' = 8,978 \text{ m}$$

Návrhová únosnosť základu s uvažovaním štrku ílovitého (G5) pod základovou škárou bude pre parametre šmykovej pevnosti zeminy $\varphi = 28^\circ$, $c = 4 \text{ kPa}$ pri hĺbke založenia 2,8 m rovná

$$R_d = (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (4 \cdot 25,8 \cdot 1,096 \cdot 1,08 \cdot 0,119 + 18,5 \cdot 2,8 \cdot 14,72 \cdot 1,22 \cdot 1,073 \cdot 0,119 + 0,5 \cdot 10,5 \cdot 4,33 \cdot 10,94 \cdot 0,855 \cdot 0,179) / 1,4 = (14,536 + 118,78 + 38,061) / 1,4 = 122,41 \text{ kPa} < 766,31 \text{ kPa} \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty (pre $\varphi_d = 28^\circ$, $c_d = 8 \text{ kPa}$):

$$N_q = \text{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \text{tg} \varphi_d) = \text{tg}^2 (45 + 28/2) \cdot \exp (\pi \text{tg} 28) = 14,72$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (14,72 - 1) \cotg 28^\circ = 25,8$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \text{tg} \varphi_d = 1,5 (14,72 - 1) \text{tg} 28^\circ = 10,94$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L') = 1 + 0,2 (4,33 / 8,978) = 1,096$$

$$s_q = 1 + (B' / L') \sin \varphi_d = 1 + (4,33 / 8,978) \sin 28^\circ = 1,22$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L') = 1 - 0,3 (4,33 / 8,978) = 0,855$$

Veľkosť predpokladaného sadania 12,15 mm vyhovuje aj prísnyim kritériám. Rozhodujúcim pre posúdenie je ale únosnosť plošného základu, ktorá je výrazne negatívne ovplyvnená svahovitým terénom, do ktorého je osadený pilier. Základ piliera 2 musí byť z dôvodu nesplnenia únosnosti podložia podopieraný hĺbkovými prvkami. Z hľadiska výtateľnosti je v daných geologických podmienkach vhodné navrhnúť mikropilóty. Pri rozmiestnení mikropilót podľa projektu $10 \times 6 = 60$ prvkov $\varnothing 89/10$ mm vkladných do vrtov $\varnothing 133$ mm bude pripadať na jednu mikropilótu zvislá sila bez zohľadnenia excentricity

$$F_1 = \frac{V}{n} = \frac{29607}{60} = 493,45 \text{ kN} \cong 495 \text{ kN}$$

Návrh mikropilóty musí spĺňať STN EN 1997-1. Rešpektovaním Národnej prílohy k tejto norme musí byť v prípade návrhu výpočtom splnená podmienka

$$F_{c,d} \leq R_{c,d}$$

kde $F_{c,d}$ je návrhové zaťaženie 495 kN (stanovené zo zaťaženia piliera podľa STN EN 1990);
 $R_{c,d}$ – návrhová hodnota medznej únosnosti mikropilóty:

$$R_{c,d} = R_{b,k} / (\gamma_b \cdot \gamma_{R,d}) + R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d})$$

Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 1 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp. znehodnotená.

Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 9,0 m

Vlastnosti podložia budú prebraté z predchádzajúcho predpokladu o zložení podložia.

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2} + l_3 \tau_{d3}) = \pi \cdot 0,15 (0,5 \cdot 110 + 4,5 \cdot 150 + 2,5 \cdot 300) = 697,43 \text{ kN}$$

kde d je priemer vrtu;

l_i – účinná dĺžka mikropilóty v i -tej vrstve zeminy;

τ_{di} – mobilizované trenie na plášti v i -tej vrstve zeminy;

Poznámka:

Hodnoty mobilizovaného napätia na plášti mikropilóty boli použité z porovnateľnej skúsenosti, opierajúcej sa o zaťažovacie skúšky (pozri Turček, P. – Slávik, I.: Zakladanie stavieb, 2002).

Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 697,43 / (1,1 \cdot 1,1) = 576,39 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť ocelevej tyče na vzper.

Posúdenie najviac namáhanej mikropilóty

V dôsledku excentrického zaťaženia nebudú všetky mikropilóty namáhané rovnakou silou. V dôsledku spolupôsobenia budú mikropilóty prenášať zvislú silu $29607 \cdot 0,5 = 14803,5$ kN. Vychádzajúc z obr. 1 sa rovnakým spôsobom vyráta namáhanie najviac zaťaženej pilóty podľa vzťahu

$$F_i = \frac{F_{c;d}}{n} \pm \frac{F_{c;d} e_1 z}{\sum z^2} \pm \frac{F_{c;d} e_2 y}{\sum y^2} = \frac{14803,5}{60} \pm \frac{14803,5 \cdot 0,605 \cdot 4,5}{12(4,5^2 + 3,5^2 + 2,5^2 + 1,5^2 + 0,5^2)} \pm \frac{14803,5 \cdot 0,497 \cdot 2,5}{20(2,5^2 + 1,5^2 + 0,5^2)} = 246,725 \pm 86,12 \pm 105,1 = 437,945 \text{ kN, resp. } 55,505 \text{ kN}$$

(najviac a najmenej namáhaná mikropilóta)

$$F_i = 437,945 \text{ kN} < R_{c;d} = 576,39 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Posúdenie sadania sa nemusí robiť, pretože koreňová časť mikropilót bude v mezozoických slieňovcoch a bridliciach; navyše medzný stav použiteľnosti je splnený aj bez zohľadnenia zabudovania mikropilót.

Zhrnutie:

Pilier 2 bude podopieraný 60 mikropilótami Ø 89/10 mm vkladnými do vrtov Ø 133 mm rozmiestnenými podľa výkresovej dokumentácie. Oproti pôvodnému projektu postačuje celková dĺžka mikropilót 9,0 m (z toho 0,5 m bude zapustená do základovej dosky).

4.3 Pilier 3

Posúdenie únosnosti pre prípad plošného založenia

Základová škára je plánovaná na kóte 374,681 m n.m., terén v okolí piliera má kótu 377,5 m n.m., až 378,0 m n.m.; základová škára základovej dosky hrubej 2 m je pod pôvodným povrchom terénu priemerne v hĺbke 3,0 m. Sklon povrchu terénu v okolí základu je približne vodorovný.

K zostaveniu modelu podložia slúži prieskumný vrt MP-3: základová škára sa bude nachádzať v ílovito-kamenitej suti (štrk ílovitý G5), s výplňou tvorenou ílom so strednou až vysokou plasticitou tuhej konzistencie, ktorej hrúbka sa dá s ohľadom na ďalšie vrstvy podložia odhadnúť na 1,5 m a bude pod úrovňou hladiny podzemnej vody. Nižšie pod hĺbkou 1,5 m sa predpokladajú silne zvetrané slienité vápence charakteru štrku ílovitého (G5) s výplňou ílu nízkej plasticity tuhej konzistencie, od 7,0 m hlbšie slienité bridlice zvetrané a s narastajúcou hĺbkou navetrané, tektonicky porušené, charakteru ílu s nízkou plasticitou (F6) pevnej konzistencie.

Kontaktné napätie v základovej škáre bude

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{30070}{44,197} = 680,363 \text{ kPa}$$

Návrhová únosnosť základu s uvažovaním štrku ílovitého (G5) pod základovou škárou bude pre parametre šmykovej pevnosti zeminy $\varphi = 28^\circ$, $c = 4 \text{ kPa}$ pri hĺbke založenia 3,0 m rovná

$$\begin{aligned} R_d &= (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (4 \cdot 25,8 \cdot 1,1 \cdot 1,079 + \\ &+ 10,5 \cdot 3 \cdot 14,72 \cdot 1,24 \cdot 1,072 + 0,5 \cdot 10,5 \cdot 4,822 \cdot 10,94 \cdot 0,847) / 1,4 = \\ &= (122,488 + 616,36 + 234,578) / 1,4 = 695,3 \text{ kPa} > 680,363 \text{ kPa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \end{aligned}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty (pre $\varphi_d = 28^\circ$, $c_d = 8 \text{ kPa}$):

$$N_q = \text{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \text{tg} \varphi_d) = \text{tg}^2 (45 + 28/2) \cdot \exp (\pi \text{tg} 28) = 14,72$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (14,72 - 1) \cotg 28^\circ = 25,8$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \text{tg} \varphi_d = 1,5 (14,72 - 1) \text{tg} 28^\circ = 10,94$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L') = 1 + 0,2 (4,822 / 9,452) = 1,1$$

$$s_q = 1 + (B' / L') \sin \varphi_d = 1 + (4,822 / 9,452) \sin 28^\circ = 1,24$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L') = 1 - 0,3 (4,822 / 9,452) = 0,847$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3}{4,822}} = 1,079 \quad d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} \sin 2\varphi_d = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3}{4,822}} \sin 2 \cdot 28 = 1,072 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

$$B' = 4,822 \text{ m} \quad L' = 9,452 \text{ m}$$

Posúdenie sadania pre prípad plošného založenia

Tabuľka 15: Zaťaženie základu pilierov 3 a 4 / výpočet sadania

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
1	20640	900	1000	-	-

$$e_x = \frac{M_y}{V} = \frac{1000}{20640} = 0,048 \text{ m} \quad e_y = \frac{M_x}{V} = \frac{900}{20640} = 0,044 \text{ m}$$

Excentricita je menšia ako 5 % šírky (resp. dĺžky) základu a nie je potrebné ju v ďalšom výpočte zohľadňovať.

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20640}{6,5 \cdot 10} = 317,54 \text{ kPa}$$

Predpokladané sadanie piliera bude pri okrajových podmienkach $B = 6,5 \text{ m}$; $L/B = 10 / 6,5 = 1,54$; $\sigma_{ol} = 317,54 - (3 \cdot 10,5) = 286,04 \text{ kPa}$; v podloží sa predpokladá $E_{oed} = E_{def} / \beta = 35 / 0,47 = 74,47 \text{ MPa}$;

Tabuľka 16: Sadanie pod charakteristickým bodom piliera č.2

Vrstva č.	h (m)	z (m)	z/B	I_2	σ_z (kPa)	σ_{or} (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	E_{oed} (MPa)	Δs (m)
1	0,5	0,25	0,038	0,99	283,18	56,42	11,28	74,47	0,00183
2	0,5	0,75	0,115	0,90	257,44	65,67	13,13	74,47	0,00164
3	0,5	1,25	0,192	0,77	220,25	74,92	14,98	74,47	0,00138
4	0,5	1,75	0,269	0,66	188,79	84,17	16,83	74,47	0,00115
5	1,0	2,50	0,385	0,53	151,60	98,05	19,61	74,47	0,00177
6	1,0	3,50	0,538	0,44	125,86	116,55	23,31	74,47	0,00138
7	2,0	5,00	0,769	0,34	97,25	144,30	28,86	74,47	0,00184
8	2,0	7,00	1,077	0,25	71,51	181,30	36,26	74,47	0,00095
9	4,0	10,0	1,538	0,17	48,63	236,80	47,36	74,47	0,00007
10	4,0	14,0	2,154	0,12	34,32	310,80	62,16	74,47	-
celkové sadanie s									0,01201

Veľkosť predpokladaného sadania 12,01 mm vyhovuje aj prísnyim kritériám. Aj keď únosnosť plošného základu vyhovuje, z dôvodu extrémnej poveternostnej situácie (povodne) je potrebné zabezpečiť základ pred tvorbou výmoľov. Z uvedeného dôvodu bude základová doska piliera 3 podopieraná mikropilótami. Projekt navrhol celkom $10 \times 7 = 70$ mikropilót $\varnothing 89/10 \text{ mm}$ vkladných do vrtov $\varnothing 133 \text{ mm}$. Jedna mikropilóta bude zaťažená zvislou tlakovou silou (bez uváženia excentricity)

$$F_1 = \frac{V}{n} = \frac{30070}{70} = 429,57 \text{ kN} \cong 430 \text{ kN}$$

Návrh mikropilóty musí spĺňať STN EN 1997-1. Rešpektovaním Národnej prílohy k tejto norme musí byť v prípade návrhu výpočtom splnená podmienka

$$F_{c,d} \leq R_{c,d}$$

kde $F_{c,d}$ je návrhové zaťaženie 430 kN (stanovené zo zaťaženia piliera podľa STN EN 1990);
 $R_{c,d}$ – návrhová hodnota medznej únosnosti mikropilóty:

$$R_{c,d} = R_{b,k} / (\gamma_b \cdot \gamma_{R,d}) + R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d})$$

Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 0,5 m pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp. znehodnotená.

Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 7,0 m

Vlastnosti podložia budú prebraté z predchádzajúcho predpokladu o zložení podložia.

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2} + l_3 \tau_{d3}) = \pi \cdot 0,15 (1,5 \cdot 150 + 4,5 \cdot 230) = 593,76 \text{ kN}$$

kde d je priemer vrtu;

l_i – účinná dĺžka mikropilóty v i -tej vrstve zeminy;

τ_{di} – mobilizované trenie na plášti v i -tej vrstve zeminy;

Poznámka:

Hodnoty mobilizovaného napätia na plášti mikropilóty boli použité z porovnateľnej skúsenosti, opierajúcej sa o zaťažovacie skúšky (pozri Turček, P. – Slávik, I.: Zakladanie stavieb, 2002).

Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 593,76 / (1,1 \cdot 1,1) = 490,71 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť oceľovej tyče na vzper.

Posúdenie najviac namáhanej mikropilóty

V dôsledku excentrického zaťaženia nebudú všetky mikropilóty namáhané rovnakou silou. V dôsledku spolupôsobenia budú mikropilóty prenášať zvislú silu $30070 \cdot 0,5 = 15035$ kN. Namáhanie najviac zaťaženej pilóty bude

$$F_i = \frac{F_{c;d}}{n} \pm \frac{F_{c;d} e_1 z}{\sum z^2} \pm \frac{F_{c;d} e_2 y}{\sum y^2} = \frac{15035}{70} \pm \frac{15035 \cdot 0,913 \cdot 4,5}{14(4,5^2 + 3,5^2 + 2,5^2 + 1,5^2 + 0,5^2)} \pm \frac{15035 \cdot 0,272 \cdot 3}{20(3^2 + 2^2 + 1^2)} = 214,79 \pm 106,96 \pm 43,82 = 365,57 \text{ kN, resp. } 64,01 \text{ kN}$$

(najviac a najmenej namáhaná mikropilóta)

$$F_i = 365,57 \text{ kN} < R_{c,d} = 490,71 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Zhrnutie:

Pilier 3 bude podopieraný 70 mikropilótami Ø 89/10 mm vkladacími do vrtov Ø 133 mm rozmiestnenými podľa výkresovej dokumentácie. Oproti pôvodnému projektu

postačuje celková dĺžka mikropilót 7,0 m (z toho 0,5 m bude zapustená do základovej dosky).

4.4 Pilier 4

Posúdenie únosnosti pre prípad plošného založenia

Základová škára je plánovaná na kóte 374,543 m n.m., terén v priestore osi piliera má kótu 379,147 m n.m.; základová škára základovej dosky hrubej 2 m je pod pôvodným povrchom terénu v strede základu 4,6 m. Pri sklone povrchu terénu približne 20° sú hrany základu v hĺbke pod povrchom 3,4 m, resp. 5,8 m.

K zostaveniu modelu podložia slúži prieskumný vrt MP-3 a KSP-1: základová škára sa bude nachádzať v ílovito-kamenitej suti (štrk ílovitý G5), s výplňou tvorenou ílom so strednou až vysokou plasticitou tuhej konzistencie, ktorej hrúbka sa dá s ohľadom na ďalšie vrstvy podložia odhadnúť na 1,5 m a bude pod úrovňou hladiny podzemnej vody. Nižšie pod hĺbkou 1,5 m sa predpokladajú silne zvetrané slienité vápence charakteru štrku ílovitého (G5) s výplňou ílu nízkej plasticity tuhej konzistencie, od 7,0 m hlbšie slienité bridlice zvetrané a s narastajúcou hĺbkou navetrané, tektonicky porušené, charakteru ílu s nízkou plasticitou (F6) pevnej konzistencie.

Kontaktné napätie v základovej škáre bude

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{30070}{44,197} = 680,363 \text{ kPa}$$

Návrhová únosnosť základu s uvažovaním štrku ílovitého (G5) pod základovou škárou bude pre parametre šmykovej pevnosti zeminy $\varphi = 28^\circ$, $c = 4 \text{ kPa}$ pri hĺbke založenia 3,0 m rovná

$$R_d = (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (4 \cdot 25,8 \cdot 1,1 \cdot 1,079 \cdot 0,469 + 10,5 \cdot 3 \cdot 14,72 \cdot 1,24 \cdot 1,072 \cdot 0,536 + 0,5 \cdot 10,5 \cdot 4,822 \cdot 10,94 \cdot 0,847 \cdot 0,536) / 1,4 = (57,44 + 330,37 + 125,73) / 1,4 = 366,81 \text{ kPa} < 680,363 \text{ kPa} \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty (pre $\varphi_d = 28^\circ$, $c_d = 4 \text{ kPa}$):

$$N_q = \text{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \text{tg} \varphi_d) = \text{tg}^2 (45 + 28/2) \cdot \exp (\pi \text{tg} 28) = 14,72$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (14,72 - 1) \cotg 28^\circ = 25,8$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \text{tg} \varphi_d = 1,5 (14,72 - 1) \text{tg} 28^\circ = 10,94$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L') = 1 + 0,2 (4,822 / 9,452) = 1,1$$

$$s_q = 1 + (B' / L') \sin \varphi_d = 1 + (4,822 / 9,452) \sin 28^\circ = 1,24$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L') = 1 - 0,3 (4,822 / 9,452) = 0,847$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3}{4,822}} = 1,079 \quad d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'} \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3}{4,822} \sin 2 \cdot 28} = 1,072 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

$$B' = 4,822 \text{ m} \quad L' = 9,452 \text{ m}$$

$$j_q = j_\gamma = (1 - \operatorname{tg} \beta)^2 = (1 - \operatorname{tg} 15^\circ)^2 = 0,536$$

$$j_c = j_q - \frac{1 - j_q}{N_c \operatorname{tg} \varphi_d} = 0,536 - \frac{1 - 0,536}{25,8 \cdot \operatorname{tg} 15} = 0,469$$

Posúdenie sadania pre prípad plošného založenia

Tabuľka 17: Zaťaženie základu pilierov 3 a 4 pre výpočet sadania

Zaťažovacia kombinácia	V_d (kN)	M_{x1} (kNm)	M_{x2} (kNm)	H_{x1} (kN)	H_{x2} (kN)
1	20640	900	1000	-	-

$$e_x = \frac{M_y}{V} = \frac{1000}{20640} = 0,048 \text{ m} \quad e_y = \frac{M_x}{V} = \frac{900}{20640} = 0,044 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20640}{6,5 \cdot 10} = 317,54 \text{ kPa}$$

Jedná sa o prakticky identický základ ako pod pilierom 3 vrátane geologických podmienok. Pre prípad, keby základ nebol podopieraný mikropilótami, možno predpokladať identické sadanie ako pod pilierom 3 (bez aplikácie mikropilót), t.j. 12,01 mm. Okrem toho bude nevyhnutné pilier podopierať mikropilótami ktoré budú votknuté do skalnej horniny.

Návrh mikropilót

Pretože únosnosť plošného základu nevyhovuje, bude potrebné zabezpečiť základ pred tvorbou výmoľov. Z uvedeného dôvodu bude základová doska piliera 4 podopieraná mikropilótami. Projekt navrhol celkom $10 \times 7 = 70$ mikropilót $\varnothing 89/10$ mm vkladných do vrtov $\varnothing 133$ mm. Jedna mikropilóta bude zaťažená zvislou tlakovou silou (bez uváženia excentricity)

$$F_1 = \frac{V}{n} = \frac{30070}{70} = 429,57 \text{ kN} \cong 430 \text{ kN}$$

Návrh mikropilóty musí spĺňovať STN EN 1997-1. Rešpektovaním Národnej prílohy k tejto norme musí byť v prípade návrhu výpočtom splnená podmienka

$$F_{c,d} \leq R_{c,d}$$

kde $F_{c,d}$ je návrhové zaťaženie 430 kN (stanovené zo zaťaženia piliera podľa STN EN 1990);
 $R_{c,d}$ – návrhová hodnota medznej únosnosti mikropilóty:

$$R_{c,d} = R_{b,k} / (\gamma_b \cdot \gamma_{R,d}) + R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d})$$

Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 0,5 m pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp. znehodnotená.

Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 7,0 m

Vlastnosti podložia budú prebrať z predchádzajúcho predpokladu o zložení podložia.

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2} + l_3 \tau_{d3}) = \pi \cdot 0,15 (1,0 \cdot 150 + 5,0 \cdot 230) = 612,61 \text{ kN}$$

kde d je priemer vrtu;

l_i – účinná dĺžka mikropilóty v i -tej vrstve zeminy (z prenosu zaťaženia je vylúčený úsek 0,5 m pod základovou doskou);

τ_{di} – mobilizované trenie na plášti v i -tej vrstve zeminy;

Poznámka:

Hodnoty mobilizovaného napätia na plášti mikropilóty boli použité z porovnateľnej skúsenosti, opierajúcej sa o zaťažovacie skúšky (pozri Turček, P. – Slávik, I.: Zakladanie stavieb, 2002).

Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 612,61 / (1,1 \cdot 1,1) = 506,29 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia cez ktoré prechádza drien mikropilót (tuhá konzistencia ílovitých polôh), nie je potrebné posudzovať únosnosť oceľovej tyče na vzper.

Posúdenie najviac namáhanej mikropilóty

V dôsledku excentrického zaťaženia nebudú všetky mikropilóty namáhané rovnakou silou. V dôsledku spolupôsobenia budú mikropilóty prenášať zvislú silu $29845 \cdot 0,5 = 14822,5$ kN. Namáhanie najviac zaťaženej pilóty bude

$$F_i = \frac{F_{c,d}}{n} \pm \frac{F_{c,d} e_1 z}{\sum z^2} \pm \frac{F_{c,d} e_2 y}{\sum y^2} = \frac{14822,5}{70} \pm \frac{14822,5 \cdot 0,839 \cdot 4,5}{14(4,5^2 + 3,5^2 + 2,5^2 + 1,5^2 + 0,5^2)} \pm$$

$$\pm \frac{14822,5 \cdot 0,274 \cdot 3}{20(3^2 + 2^2 + 1^2)} = 211,75 \pm 96,90 \pm 43,51 = 352,16 \text{ kN, resp. } 71,34 \text{ kN}$$

(najviac a najmenej namáhaná mikropilóta)

$$F_i = 352,16 \text{ kN} < R_{c,d} = 506,29 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Zhrnutie:

Pilier 4 bude podopieraný 70 mikropilótami Ø 89/10 mm vkladateľmi do vrtov Ø 133 mm rozmiestnenými podľa výkresovej dokumentácie. Oproti pôvodnému projektu postačuje celková dĺžka mikropilót 7,0 m (z toho 0,5 m bude zapustená do základovej dosky).

4.5 Pilier 5

Posúdenie únosnosti pre prípad plošného založenia

Základová škára je plánovaná na kóte 380,357 m n.m., terén v strede piliera má kótu 385,320 m n.m., stred základovej škáry základovej dosky hrubej 2 m je pod pôvodným povrchom terénu v hĺbke 4,96 m, hrany základovej dosky sú v hĺbke 2,9 až 6,9 m pod terénom. Sklon povrchu terénu v okolí základu dosahuje okolo 25°.

Model podložia využíva poznatky z vrtu KSP-1a a čiastočne MP-4. Základová škára sa bude s prihliadnutím k prieskumným vrtom nachádzať vo vrstve zvetraných slienitých vápencov, ktoré v hĺbke okolo 7 m pod terénom budú prechádzať do slienitých vápencov s lavicovitou odlučnosťou. Kontaktné napätie v základovej škáre bude

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{29607}{38,636} = 766,31 \text{ kPa}$$

Pre návrhovú únosnosť základu s uvažovaním zvetraného slienitého vápenca pod základovou škárou bude možné uvažovať s parametrami šmykovej pevnosti zeminy $\varphi = 28^\circ$, $c = 10 \text{ kPa}$ pri hĺbke založenia 2,9 m rovná

$$R_d = (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (10 \cdot 25,8 \cdot 1,096 \cdot 1,08 \cdot 0,469 + 18,5 \cdot 2,9 \cdot 14,72 \cdot 1,22 \cdot 1,073 \cdot 0,536 + 0,5 \cdot 10,5 \cdot 4,33 \cdot 10,94 \cdot 0,855 \cdot 0,536) / 1,4 = (143,23 + 544,11 + 113,97) / 1,4 = 572,36 \text{ kPa} < 766,31 \text{ kPa} \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty (pre $\varphi_d = 28^\circ$, $c_d = 10 \text{ kPa}$):

$$N_q = \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \operatorname{tg} \varphi_d) = \operatorname{tg}^2 (45 + 28/2) \cdot \exp (\pi \operatorname{tg} 28) = 14,72$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (14,72 - 1) \cotg 28^\circ = 25,8$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \operatorname{tg} \varphi_d = 1,5 (14,72 - 1) \operatorname{tg} 28^\circ = 10,94$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L') = 1 + 0,2 (4,33 / 8,978) = 1,096$$

$$s_q = 1 + (B' / L') \sin \varphi_d = 1 + (4,33 / 8,978) \sin 28^\circ = 1,22$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L') = 1 - 0,3 (4,33 / 8,978) = 0,855$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{2,8}{4,33}} = 1,08 \quad d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} \sin 2\varphi_d = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{2,8}{4,33}} \sin 2 \cdot 28 = 1,073 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

$$B' = 4,33 \text{ m} \quad L' = 8,978 \text{ m}$$

$$j_q = j_\gamma = (1 - \operatorname{tg} \beta)^2 = (1 - \operatorname{tg} 15^\circ)^2 = 0,536$$

$$j_c = j_q - \frac{1 - j_q}{N_c \operatorname{tg} \varphi_d} = 0,536 - \frac{1 - 0,536}{25,8 \cdot \operatorname{tg} 15} = 0,469$$

Výpočet predpokladaného sadania základovej dosky nie je v prípade nesplnenia únosnosti potrebný. Základ piliera 5 musí byť podopieraný hĺbkovými prvkami. Z hľadiska vŕtateľnosti je v daných geologických podmienkach vhodné navrhnuť mikropilóty, ktoré budú votknuté do navetraného skalného podlažia. Z toho dôvodu sa nebude ani počítať predpokladané sadanie základu. Pri rozmiestnení mikropilót podľa projektu $10 \times 6 = 60$ prvkov $\varnothing 89/10 \text{ mm}$ vkladáných do vrtov $\varnothing 133 \text{ mm}$ bude pripadať na jednu mikropilótu zvislá sila

$$F_1 = \frac{V}{n} = \frac{29607}{60} = 493,45 \text{ kN} \cong 495 \text{ kN}$$

Návrh mikropilóty musí spĺňať STN EN 1997-1. Rešpektovaním Národnej prílohy k tejto norme musí byť v prípade návrhu výpočtom splnená podmienka

$$F_{c,d} \leq R_{c,d}$$

kde $F_{c,d}$ je návrhové zaťaženie 490 kN (stanovené zo zaťaženia piliera podľa STN EN 1990);
 $R_{c,d}$ – návrhová hodnota medznej únosnosti mikropilóty:

$$R_{c,d} = R_{b,k} / (\gamma_b \cdot \gamma_{R,d}) + R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d})$$

Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 1 m tesne pod povrchom terénu, ktorá môže byť nerovnorodá, príp. znehodnotená.

Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 9,0 m

Vlastnosti podložia budú prebraté z predchádzajúcho predpokladu o zložení podložia.

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2} + l_3 \tau_{d3}) = \pi \cdot 0,15 (2 \cdot 110 + 3 \cdot 170 + 3 \cdot 300) = 768,12 \text{ kN}$$

kde d je priemer vrtu;

l_i – účinná dĺžka mikropilóty v i -tej vrstve zeminy;

τ_{di} – mobilizované trenie na plášti v i -tej vrstve zeminy;

Poznámka: Hodnoty mobilizovaného napätia na plášti mikropilóty boli použité z porovnateľnej skúsenosti, opierajúcej sa o zaťažovacie skúšky (pozri Turček, P. – Slávik, I.: Zakladanie stavieb, 2002).

Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 768,12 / (1,1 \cdot 1,1) = 634,81 \text{ kN}$$

Vzhľadom na nie dostatočne detailné informácie o vlastnostiach hornín v podloží sa môže stať, že sa môžu vyskytovať aj horšie vlastnosti hornín, než sa s nimi rátalo. Preto je ponechaná mierna rezerva v únosnosti mikropilót. Vzhľadom na charakter zemín podložia v časti drieku mikropilót (tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť oceleovej tyče na vzper.

Posúdenie najviac namáhanej mikropilóty

V dôsledku excentrického zaťaženia nebudú všetky mikropilóty namáhané rovnakou silou. V dôsledku spolupôsobenia budú mikropilóty prenášať zvislú silu $29607 \cdot 0,5 = 14803,5$ kN. Namáhanie najviac zaťaženej pilóty bude

$$F_i = \frac{F_{c;d}}{n} \pm \frac{F_{c;d} e_1 z}{\sum z^2} \pm \frac{F_{c;d} e_2 y}{\sum y^2} = \frac{14803,5}{60} \pm \frac{14803,5 \cdot 0,605 \cdot 4,5}{12(4,5^2 + 3,5^2 + 2,5^2 + 1,5^2 + 0,5^2)} \pm \frac{14803,5 \cdot 0,497 \cdot 2,5}{20(2,5^2 + 1,5^2 + 0,5^2)} = 246,725 \pm 81,42 \pm 105,105 = 433,25 \text{ kN, resp. } 60,2 \text{ kN}$$

(najviac a najmenej namáhaná mikropilóta)

$$F_i = 433,25 \text{ kN} < R_{c,d} = 634,81 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Koreňové časti mikropilót budú ukotvené v slienitých vápencoch, ktoré by mali zamedziť sadaniu konštrukcie.

Zhrnutie:

Pilier 5 bude podopieraný 60 mikropilótami Ø 89/10 mm vkladateľmi do vrtov Ø 133 mm rozmiestnenými podľa výkresovej dokumentácie. Oproti pôvodnému projektu postačuje celková dĺžka mikropilót 9,0 m (z toho 0,5 m bude zapustená do základovej dosky).

4.6 Opora 6

Opora 6 má rozmery 14,0 x 2,8 m (dlhší rozmer je takmer kolmý k pozdĺžnej osi mosta) a prečnievajúce krídla 18,32 x 1,5, resp. 4,5 x 1,5 m. Výška základu je 1,5 m. Poloha základovej škáry pod povrchom terénu je na rozhraní deluviálnych ílov a suťového materiálu. V smere priečnom k pozdĺžnej osi mosta má terén sklon približne 30°, čo významnou mierou znižuje únosnosť plošného základu. Vzhľadom k uvedenému sa nebude posudzovať zakladanie opory na plošnom základe, ale rovno možno pristúpiť k návrhu mikropilót.

Ako bolo preukázané pri opore 1, najnepriaznivejšou je kombinácia zaťaženia 4. Ďalšie kombinácie zaťaženia nemá význam analyzovať, pretože celé zaťaženie musia preniesť hĺbkové základy. Pre kombináciu zaťaženia 4 vychádzajú tieto čiastkové okrajové podmienky:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8465}{10314} = 0,821 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{12083}{10314} = 1,172 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 2,8 - 2 \cdot 0,821 = 1,158 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 1,172 = 11,656 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 1,158 \cdot 11,656 = 13,498 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{10314}{13,498} = 764,11 \text{ kPa}$$

Základ opory 6 musí byť podopieraný hĺbkovými prvkami. Z hľadiska vŕtateľnosti je v daných geologických podmienkach vhodné navrhnuť mikropilóty. Opora sa bude posudzovať na kombináciu zaťaženia 4, pri ktorej pôsobia najväčšie zaťaženia. V smere kolmom k pozdĺžnej osi mosta je navrhnutých v jednom rade 13 mikropilót, ktoré sú vo dvoch radoch namáhané zvislou silou 880 kN a vodorovnou silou 290 kN (spolu teda 26 mikropilót), za ktorými je v ďalších dvoch radoch po 13 mikropilótach namáhaná každá mikropilóta zvislou silou 440 kN a vodorovnou silou 150 kN.

Návrh mikropilóty dlhej 8,0 m

Mikropilóta bude votknutá 0,5 m do základu opory. Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 0,5 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť znehodnotená suťovým materiálom s ílom. Do hĺbky 3,0 m sa predpokladá výskyt ílovitej sute charakteru štrku ílovitého (G5) až ílu štrkovitého (F2), hlbšie sa nachádzajú navetrané slienité vápence

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2}) = \pi \cdot 0,15 (2,5 \cdot 110 + 4,5 \cdot 450) = 1083,85 \text{ kN}$$

kde d je priemer vrtu;

l_i – účinná dĺžka mikropilóty v i -tej vrstve zeminy;

τ_{di} – mobilizované trenie na plášti v i -tej vrstve zeminy;

Návrhová hodnota únosnosti mikropilóty bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 1083,85 / (1,1 \cdot 1,1) = 895,74 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť ocelevej tyče na vzper.

Návrh mikropilóty dlhej 6,0 m

Pri zachovaní rovnakého predpokladu o vlastnostiach podložia bude charakteristická únosnosť mikropilóty:

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2}) = \pi \cdot 0,15 (2,5 \cdot 110 + 2,5 \cdot 450) = 659,73 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota únosnosti mikropilóty bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 659,73 / (1,1 \cdot 1,1) = 545,23 \text{ kN}$$

Vodorovná únosnosť

Únosnosť opory 6 voči namáhaniu vodorovnou silou s vylúčením pôsobenia mikropilót a pasívneho odporu zeminy obklopujúceho základ bude:

$$R_{d,h} \cdot A' = (V_d \cdot \tan \varphi_d + c_d \cdot A' + S_{p,d}) / \gamma_{R,h} = (10314 \cdot \tan 29^\circ + 4 \cdot 12,7) / 1,1 = 5243,58 \text{ kN}$$

Výslednica vodorovných síl H_{x1} a H_{x2} podľa tab. 9(výstup z riešenia zaťaženi) bude

$$H = \sqrt{4788^2 + 1017^2} = 4894,82 \text{ kN} < 5243,58 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Nebolo by korektné, keby sa veľkosť celkového vodorovného zaťaženia stanovila ako súčet všetkých najnepriaznivejších vodorovných síl vstupujúcich do mikropilót. Dostali by sme nekorektnú hodnotu $26 \cdot 290 + 26 \cdot 150 = 7540 + 3900 = 11440 \text{ kN}$.

Z uvedeného vyplýva, že opora prenesie vodorovné účinky bez toho, aby bolo potrebné uvažovať so zapojením mikropilót. Vylúčime tak pomerne nepriaznivé namáhanie štíhlych mikropilót tlakovými silami a zároveň aj momentom.

Oporný múr pri opore 6

Nepriaznivý sklon terénu pri opore si vyžiadal vytvorenie železobetónového oporného uholníkového múru, ktorý je vo svojej najvyššej časti vysoký 8,0 m. Veľké zaťaženie tlakom zásypu a možnosť prenesenia zvislých síl do podložia cez mikropilóty viedlo k šírke základovej škáry, ktorá je v úseku najvyššieho múru až 4,4 m. Premennivá výška konštrukcie bola zohľadnená odstupňovaním výšky uholníkového múru: výšky 8,0 m – 6,5 m – 5,0 m. Rôznej výške konštrukcie zodpovedá aj zvislé zaťaženie, prenášané mikropilótami:
 pre múr vysoký 8,0 m: max: $V = 830 \text{ kN}$, $H = 180 \text{ kN}$; min: $V = -326 \text{ kN}$, $H = 180 \text{ kN}$;
 pre múr vysoký 6,5 m: max: $V = 630 \text{ kN}$, $H = 130 \text{ kN}$; min: $V = -250 \text{ kN}$, $H = 130 \text{ kN}$;
 pre múr vysoký 5,0 m: max: $V = 450 \text{ kN}$, $H = 100 \text{ kN}$; min: $V = -250 \text{ kN}$, $H = 100 \text{ kN}$.

Návrh mikropilóty dlhej 8,0 m

Mikropilóta bude votknutá 0,5 m do základu opory. Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 0,5 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť znehodnotená suťovým materiálom s ílom. Do hĺbky 3,0 m sa predpokladá výskyt ílovitej sute charakteru štrku ílovitého (G5) až ílu štrkovitého (F2), hlbšie sa nachádzajú navetrané slienité vápence

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2}) = \pi \cdot 0,15 (2,5 \cdot 110 + 4,5 \cdot 450) = 1083,85 \text{ kN}$$

kde d je priemer vrtu;

l_i – účinná dĺžka mikropilóty v i -tej vrstve zeminy;

τ_{di} – mobilizované trenie na plášti v i -tej vrstve zeminy;

Návrhová hodnota únosnosti mikropilóty bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 1083,85 / (1,1 \cdot 1,1) = 895,74 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť ocelevej tyče na vzper.

Návrh mikropilóty dlhej 6,0 m

Pri zachovaní rovnakého predpokladu o vlastnostiach podložia bude charakteristická únosnosť mikropilóty:

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2}) = \pi \cdot 0,15 (2,5 \cdot 110 + 2,5 \cdot 450) = 659,73 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota únosnosti mikropilóty bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 659,73 / (1,1 \cdot 1,1) = 545,23 \text{ kN}$$

Počet a dĺžky mikropilót:

múr vysoký 8,0 m: 6 mikropilót dlhých 8,0 m (v jednom – vonkajšom rade)
 12 mikropilót dlhých 6,0 m (v dvoch – strednom a vnútornom rade)
 múr vysoký 6,5 m: 18 mikropilót dlhých 6,0 m (vo všetkých troch radoch)
 múr vysoký 5,0 m: 18 mikropilót dlhých 6,0 m (vo všetkých troch radoch).

Vodorovná únosnosť

Únosnosť oporného múru voči namáhaniu vodorovnou silou na jednej segment dlhý 5,25 m s vylúčením pôsobenia mikropilót a pasívneho odporu zeminy obklopujúceho základ bude (so zarátaním vlastnej tiaže betónovej konštrukcie a zásypu):

$$R_{d,h} \cdot A' = (V_d \cdot \tan \varphi_d + c_d \cdot A' + S_{p,d}) / \gamma_{R,h} = (602,9 \cdot 5,2 \cdot \tan 29^\circ + 0,5 \cdot 4 \cdot 4,4 \cdot 19 \cdot 5,2) / 1,1 = 2370 \text{ kN}$$

Keď by sa sčítali všetky najnepriaznivejšie vodorovné účinky z pilót na príslušnom úseku, vyšla by celková vodorovná sila $H = 180 \cdot 6 \cdot 3 = 3240$ kN. Pomer medzi mechanickým súčtom najnepriaznivejších vodorovných účinkov a výslednicou vodorovných síl na opore 6 dal výsledok 46 %. Možno predpokladať, že podobný vzťah bude panovať aj na oporný múr. Potom by sa dalo očakávať, že vodorovná sila ktorú treba zachytiť, bude mať hodnotu $0,46 \cdot 3240 = 1490$ kN – čo je podstatne menej ako únosnosť vo vodorovnom smere 2370 kN.

Z uvedeného vyplýva, že opora prenesie vodorovné účinky bez toho, aby bolo potrebné uvažovať so zapojením mikropilót. Vylúčime tak pomerne nepriaznivé namáhanie štíhlych mikropilót tlakovými silami a zároveň aj momentom.

Zhrnutie:

Opora 6 bude vzhľadom na výskyt slieňovcov pomerne plytko pod povrchom terénu podopieraná 26 mikropilótami s celkovou dĺžkou 8,0 m a 26 mikropilótami dlhými 6,0 m. Oporný múr pri opore č. 6 bude podopieraný 6 mikropilótami dlhými 8,0 m a 48 mikropilótami dlhými 6,0 m. Všetky mikropilóty majú rovnaký priemer $\varnothing 89/10$ mm a vkladané sú do vrtoť $\varnothing 133$ mm s rozmiestnením podľa výkresovej dokumentácie. Všetky mikropilóty budú zapustené do základovej dosky na hĺbku 0,5 m.

3. ZÁVER

Všetky výpočty rešpektovali aktuálne platné európske a národné normy. Výpočty preukázali splnenie požiadaviek medzných stavov. Oproti pôvodnému projektu došlo iba k menším zmenám. Na záver každého objektu (opory alebo piliera) je zhrnutie s najdôležitejšími parametrami.

Vyrátané sadanie sa opiera o charakteristiky hornín v podloží zadávané na základe porovnateľnej skúsenosti, pričom v skalných horninách (silne zvetraných až celistvých) neboli hodnoty deformačných modulov potvrdené experimentálne zistenými údajmi. Výsledné hodnoty sadania je možné považovať za najnepriaznivejšiu prognózu; dá sa predpokladať, že pri dodržaní technológie zhotovovania mikropilót budú skutočné sadania oproti predpokladom výpočtu výrazne menšie.

Prof. Ing. Peter Turček, PhD.

V Bratislave, 29.05.2014