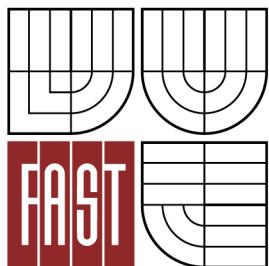




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

STATICKÉ ŘEŠENÍ ŽELEZOBETONOVÉHO ZASTŘEŠENÍ NÁSTUPIŠTĚ

STATIC ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE ROOFING OF PLATFORM

P2) STATICKÝ VÝPOČET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ POPOVIČ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2014

Obsah statického výpočtu

1	ZATÍŽENÍ.....	4
1.1	STÁLÉ.....	4
1.1.1	VLASTNÍ TÍHA	4
1.1.2	OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ	4
1.2	NAHODILÉ.....	4
1.2.1	ZATÍŽENÍ SNĚHEM	4
1.2.2	ZATÍŽENÍ VĚTREM	5
1.2.3	ZATÍŽENÍ OSAMĚLÝM BŘEMENEM	8
2	KONZOLA.....	9
2.1	GEOMETRIE KONZOLY	9
2.2	VNITŘÍ SÍLY KONZOLY	10
2.3	KOMBINACE VN. SIL KONZOLY	14
2.4	DIMENZOVÁNÍ KONZOLY	16
3	RÁM.....	20
3.1	VÝPOČET SPOLUPŮSOBÍCÍ ŠÍŘKY	21
3.2	MODEL	22
3.3	ZATĚŽOVACÍ STAVY MODELU	23
3.4	KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL RÁMU	27
3.5	KONTROLA KOMBINACE MOMENTU	28
4	DIMENZOVÁNÍ PRŮVLAKU - OHYB	31
4.1	PODPORA 1.....	31
4.2	PODPORA 2.....	34
4.3	PODPORA 3.....	37
4.4	PODPORA 3 – POSOUZENÍ PRŮŘEZU OSLABENÉHO ODTOKOVÝM KANÁLKEM	39
4.5	PODPORA 4.....	42
4.6	POLE A - SE SPOLUP. ŠÍŘKOU.....	45
4.7	POLE A - KONTROLA ÚNOSNOSTI PRŮVLAKU BEZ SPOLUPŮSOBENÍ EFEKTIVNÍ ŠÍŘKY DESKY	48
4.8	POLE B.....	51

4.9	POLE B, C, D	53
4.10	VÝPOČET KOTEVNÍCH DÉLEK.....	53
5	DIMENZOVÁNÍ PRŮVLAKU –SMYK	55
6	DIMENZ. PRŮVLAKU– KROUCENÍ.....	59
7	DIMENZOVÁNÍ SLOUPU - SL4	61
7.1	VÝPOČET SLOUPU KOLMO NA RÁM.....	61
7.2	VÝPOČET SLOUPU V ROVINĚ RÁMU	71
8	SLOUP SL3 - ODVODŇOVACÍ	76
8.1	VÝPOČET SLOUPU KOLMO NA RÁM.....	76
8.2	VÝPOČET SLOUPU V ROVINĚ RÁMU	79
9	ZÁKLADOVÁ PATKA	84
9.1	POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ZÁKLADOVÉ PATKY	86
9.2	POSOUZENÍ POSUNUTÍ V ÚROVNI ZÁKL. SPÁRY	86
9.3	POSOUZENÍ STABILITY	87
9.4	POSOUZENÍ NA OHYBOVÝ MOMENT	88
9.5	POSOUZENÍ NA PROPÍCHNUTÍ.....	92

1 ZATÍŽENÍ

1.1 STÁLÉ

1.1.1 VLASTNÍ TÍHA

g_{0k}

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$$

1.1.2 OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

HI folie fatrafol 810;

$$\gamma = 0,16 \text{ kN/m}^2$$

Geotextilie fatratex 500;

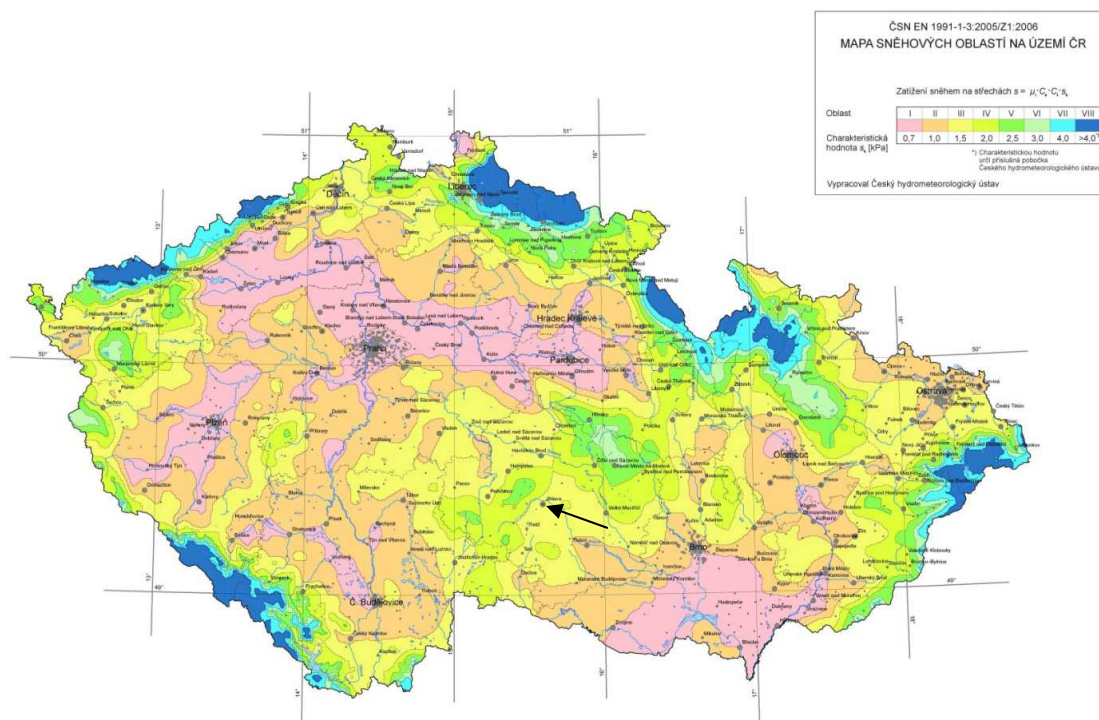
$$\gamma = 0,05 \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma = 0,21 \text{ kN/m}^2$$

1.2 NAHODILÉ

1.2.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Lokalita: Vysočina-Jihlava-autobusové nádraží-nadmořská výška=
509m.n.m. Bpv



Obr. 1 Mapa sněhových oblastí

$$S = \mu_i * c_e * c_t * S_k \quad [\text{kN/m}^2]$$

μ_i ... tvarový součinitel

pro $\alpha=0\approx 30^\circ$ $\mu_i=0,8$

c_e ... součinitel expozice – typ krajiny normální

$c_e=1,0$

c_t ... tepelný součinitel

$c_t=1,0$

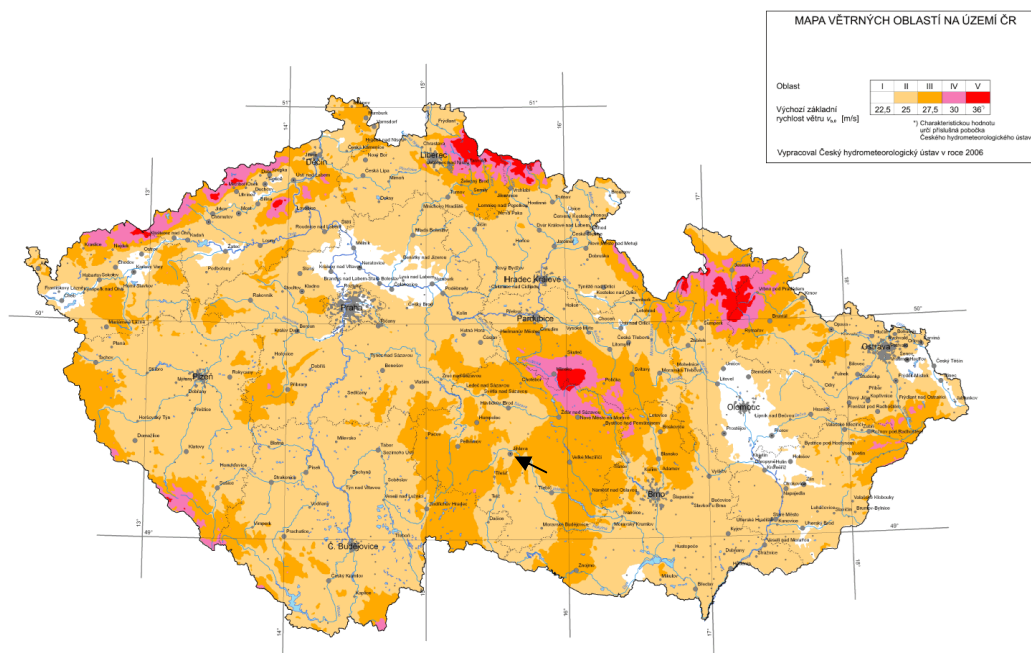
S_k ... charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi –
III.sněhová oblast

$S_k=1,29 \text{ kPa}$

$$\underline{S} = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,29 = \underline{1,032 \text{ kN/m}^2}$$

1.2.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Lokalita leží ve větrné oblasti II



Obr. 2 Mapa větrných oblastí

Výchozí základní rychlost větru: $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

- Základní rychlost větru v_b

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} \quad [\text{m/s}]$$

c_{dir} ... součinitel směru větru

$$c_{dir} = 1,0$$

c_{season} ... součinitel ročního období

$$c_{season} = 1,0$$

$$\underline{v_b} = 1,0 * 1,0 * 25 = \underline{25 \text{ m/s}}$$

- Charakteristická střední rychlost větru $v_{m,z}$

$$v_{m,z} = c_{r(z,min)} * c_{0(z)} * v_b \quad [\text{m/s}]$$

$c_{r(z)}$... součinitel drsnosti terénu

$$c_{r(z,min)} = k_r * \ln \left(\frac{z_{min}}{z_0} \right)$$

k_r ... součinitel terénu

z_{min} ... minimální výška objektu

$z_{min} = 10 \text{ m}$ (kat.terénu IV.)

z_0 ... parametr drsnosti terénu

$z_0 = 1,0 \text{ m}$ (kat.terénu IV.)

$z_{0,II}$...

$z_{0,II} = 0,05$

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$$

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{1,0}{0,05} \right)^{0,07} = 0,234$$

$$c_{r(z)} = 0,234 * \ln \left(\frac{10}{1,0} \right) = 0,539$$

$c_{0(z)}$... součinitel orografie

$$C_{0(z)} = 1,0$$

$$\underline{v_{m,z}} = 0,539 * 1,0 * 25 = \underline{13,475 \text{ m/s}}$$

- Turbulence větru $I_{v(z)}$

$$I_{v(z)} = \frac{k_1}{c_{0(z)} * \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right)}$$

k_1 ... součinitel turbulence

$k_1 = 1,0$ (doporučená)

$c_{0(z)}$... součinitel orografie

$$c_{0(z)} = 1,0$$

$$I_{v(z)} = \frac{1,0}{1,0 * \ln\left(\frac{10}{1,0}\right)} = 0,434$$

- Maximální dynamický tlak $q_{p(z)}$

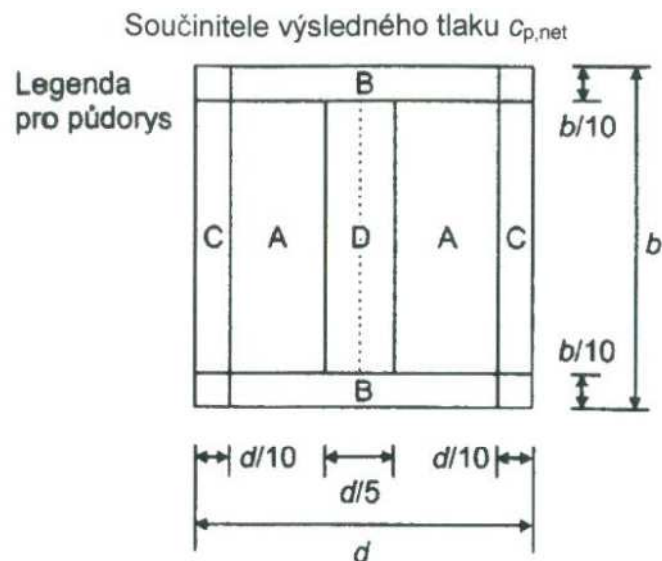
$$q_{p(z)} = \left[1 + 7 * I_{v(z)}\right] * \frac{1}{2} * \rho * v_{m(z)}^2$$

ρ ... měrná hmotnost vzduchu

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

$$\begin{aligned} q_{p(z)} &= [1 + 7 * 0,434] * \frac{1}{2} * 1,25 * 13,475^2 \\ &= 458,25 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

- Tlak větru – přístřešky volně stojící



Obr. 3 Součinitele výsledného tlaku $c_{p,net}$

Součinitele výsledného tlaku c_{pe}

Pro $\alpha = -5^\circ$

A =	-0,7
B =	-1,3
C =	-1,6
D =	-0,6

Tlak větru:

$$w_e = q_{p(z)} * c_{pe}$$

$$w_{eA} = 0,458 * (-0,7) = -0,32 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eB} = 0,458 * (-1,3) = -0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eC} = 0,458 * (-1,6) = -0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{eD} = 0,458 * (-0,6) = -0,28 \text{ kN/m}^2$$

1.2.3 ZATÍŽENÍ OSAMĚLÝM BŘEMENEM

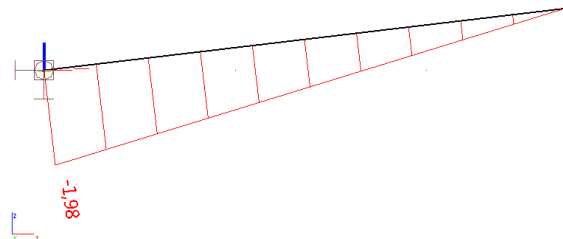
Uvažuje se s pracovníkem, který bude vstupovat na konstrukci z důvodu oprav, údržby a odklizení sněhu. Zatížení bude liniové na hraně konzoly o velikosti 1kN/m.

2.2 VNITŘÍ SÍLY KONZOLY

ZS1-VLASTNÍ TÍHA

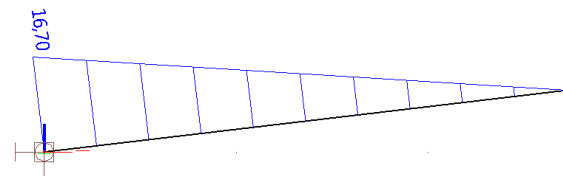
VLASTNÍ TÍHA – N

$$N = -1,98 \text{ kN}$$



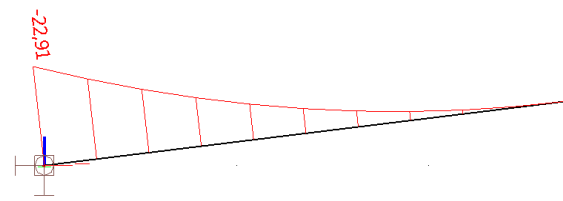
VLASTNÍ TÍHA – V_z

$$V_z = 16,7 \text{ kN}$$



VLASTNÍ TÍHA – M_y

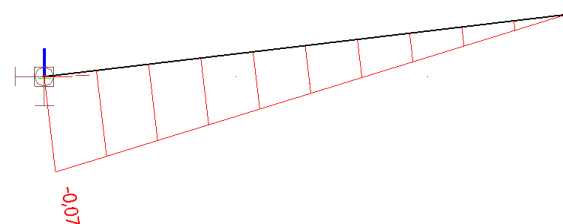
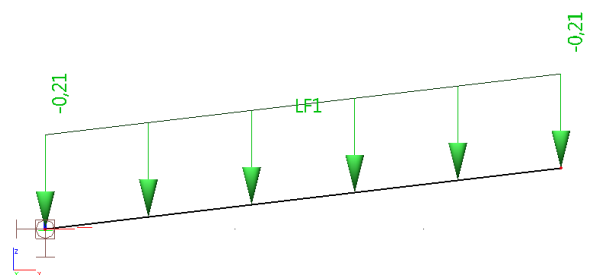
$$M_y = -22,91 \text{ kNm}$$



ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

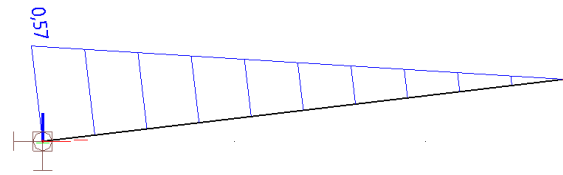
OSTATNÍ STÁLÉ – N

$$N = -0,07 \text{ kN}$$



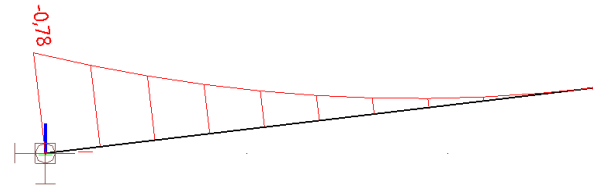
$V_z = 0,57 \text{ kN}$

OSTATNÍ STÁLÉ – V_z

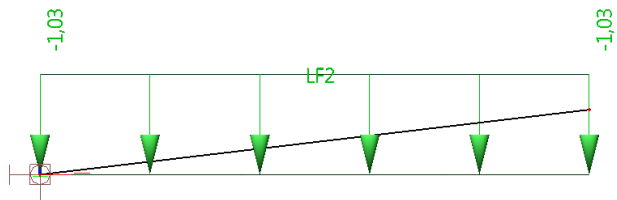


$M_y = -0,78 \text{ kNm}$

OSTATNÍ STÁLÉ – M_y

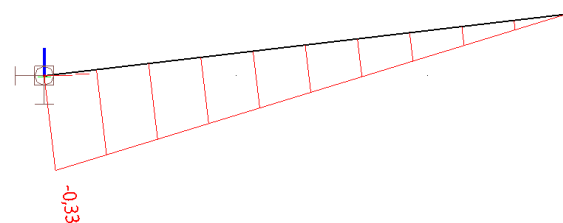


ZS3-ZATÍŽENÍ SNĚHEM-ROVNOMĚRNÉ



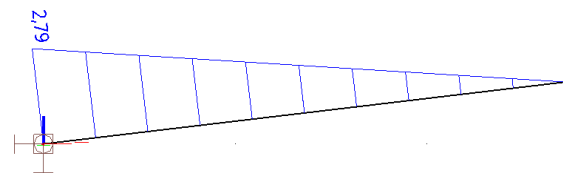
ZATÍŽENÍ SNĚHEM-ROVNOMĚRNÉ – N

$N = -0,33 \text{ kN}$



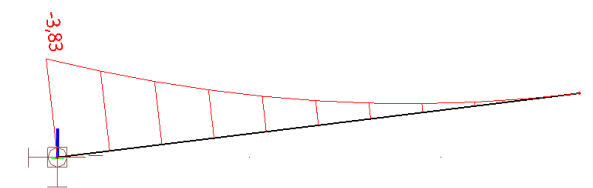
ZATÍŽENÍ SNĚHEM-ROVNOMĚRNÉ – V_z

$V_z = 2,79 \text{ kN}$

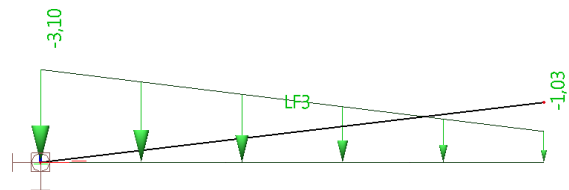


ZATÍŽENÍ SNĚHEM-ROVNOMĚRNÉ – M_y

$M_y = -3,83 \text{ kNm}$

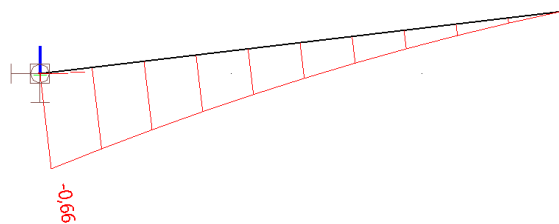


ZS4-ZATÍŽENÍ SNĚHEM-NÁVĚJ



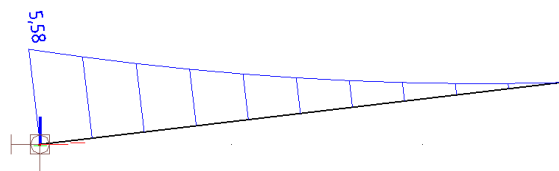
ZATÍŽENÍ SNĚHEM-NÁVĚJ – N

$N = -0,66 \text{ kN}$



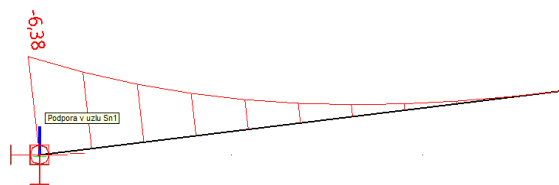
ZATÍŽENÍ SNĚHEM-NÁVĚJ – V_z

$V_z = 5,58 \text{ kN}$

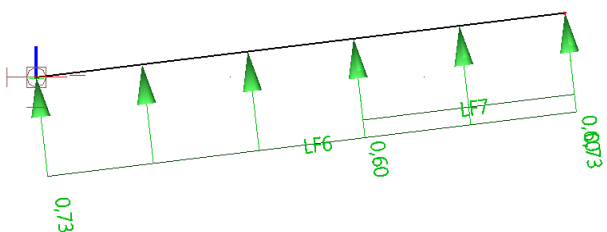


ZATÍŽENÍ SNĚHEM-NÁVĚJ – M_y

$M_y = -6,38 \text{ kNm}$

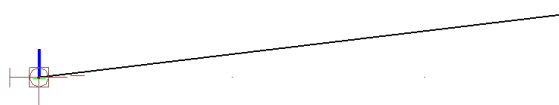


ZS5-ZATÍŽENÍ VĚTREM-NEJMÉNĚ PŘÍZNIVÝ ŘEZ (PODÉLNÝ SMĚR VĚTRU)



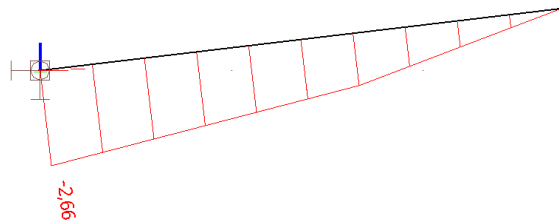
ZATÍŽENÍ VĚTREM – N

$N = 0 \text{ kNm}$



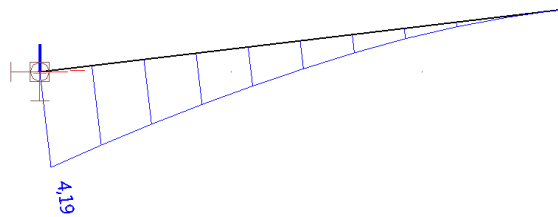
ZATÍŽENÍ VĚTREM – V_z

$V_z = -2,66 \text{ kN}$

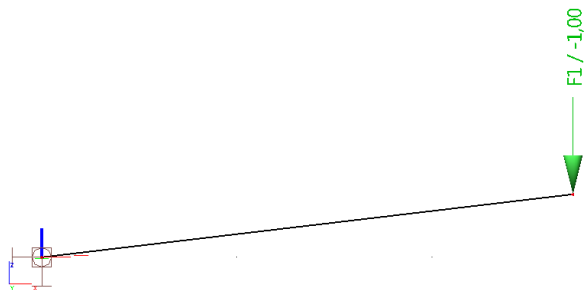


ZATÍŽENÍ VĚTREM – M_y

$M_y = 4,19 \text{ kNm}$

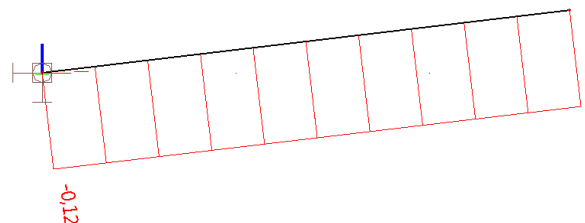


ZS6-ZATÍŽENÍ OSAMĚLÝM BŘEMENEM



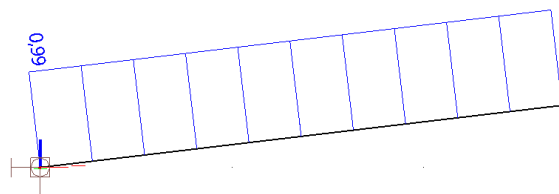
ZATÍŽENÍ OSAMĚLÝM BŘEMENEM – N

$N = -0,12 \text{ kN}$



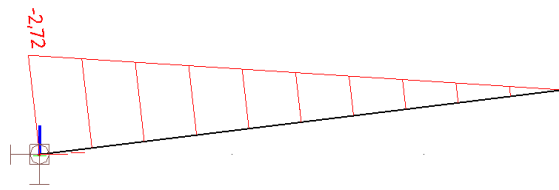
ZATÍŽENÍ OSAMĚLÝM BŘEMENEM – V_z

$V_z = 0,99 \text{ kN}$



$M_y = -2,72 \text{ kNm}$

ZATÍŽENÍ OSAMĚLÝM BŘEMENEM – M_y



2.3 KOMBINACE VN. SIL KONZOLY

KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL DLE 6.10a ; 6.10b

VÝPIS VNITŘNÍCH SIL:

M_y :

V_z :

ZS1-VLASTNÍ TÍHA:	-22,91 kNm	+16,7 kN
ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ:	-0,78 kNm	+0,57 kN
ZS3-SNÍH ROVNOMĚRNÝ:	-3,83 kNm	+2,79 kN
ZS4-SNÍH NÁVĚJ:	-6,38 kNm	+5,58 kN
ZS5-ZATÍŽENÍ VĚTREM:	+4,19 kNm	- 2,26 kN
ZS6-OSAMĚLÉ BŘEMENO:	-2,72 kNm	+0,99 kN

Součinitelé γ pro výpočet návrhového zatížení (MS únosnosti - STR)

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Hlavní proměnné zatížení	Vedlejší proměnná zatížení	
	nepříznivá	příznivá		Nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	Ostatní
(Rce. 6.10)	1,35	1,00	1,5 (příznivé 0)		1,5 (nepříznivé 0)
(Rce. 6.10a)	1,35	1,00		1,5 (nepříznivé 0)	1,5 (nepříznivé 0)
(Rce. 6.10b)	0,85x1,35=1,15	1,0	1,5 (příznivé 0)		1,5 (nepříznivé 0)

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{Rce 6.10 a})$$

$$\sum_{j=1}^n \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{Rce 6.10 b})$$

Doporučené hodnoty kombinačních součinitelů ψ pro pozemní stavby

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie užitných zatížení pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-1)			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy, tíha vozidla ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy, $30\text{ kN} < \text{tíha vozidla} \leq 160\text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0	0	0
Zatížení sněhem (viz EN 1991-1-3)			
Finsko, Island, Norsko, Švédsko	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H > 1000\text{ m n.m.}$	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000\text{ m n.m.}$	0,5	0,2	0
Zatížení větrem (viz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Teplota (s výjimkou požáru) pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

POZNÁMKA: Hodnoty ψ mohou být stanoveny v národní příloze.

* Pro země, které zde nejsou uvedené, se součinitele ψ stanoví podle místních podmínek.

KOMBINACE MOMENTŮ:

RCE 6.10a

$$1,35 \times (22,91 + 0,78) + 1,5 \times 0,5 \times 6,38 + 0 \times 0,6 \times 4,19 + 1,5 \times 0 \times 2,72 = 36,77 \text{ kNm}$$

RCE 6.10b

$$0,85 \times 1,35 \times (22,91 + 0,78) + 1,5 \times 6,38 + 0 \times 0,6 \times 4,19 + 1,5 \times 0 \times 2,72 = 36,75 \text{ kNm}$$

MAXIMÁLNÍ MOMENT: $M_{ED} = 36,77 \text{ kNm}$

KOMBINACE POSOUVAJÍCÍCH SIL:

RCE 6.10a

$$1,35 \times (16,7 + 0,57) + 1,5 \times 0,5 \times 5,58 + 0 \times 0,6 \times 2,66 + 1,5 \times 0 \times 0,99 = 27,5 \text{ kN}$$

RCE 6.10b

$$0,85 \times 1,35 \times (16,7 + 0,57) + 1,5 \times 5,58 + 0 \times 0,6 \times 2,66 + 1,5 \times 0 \times 0,99 = 28,2 \text{ kN}$$

MAXIMÁLNÍ POSOUVAJÍCÍ SÍLA: $V_{ED} = 28,2 \text{ kN}$

$$\gamma_{G,j} = 1,35 (1,0)$$

$$\gamma_{Q,j} = 1,5 (1,0)$$

$$\zeta_j = 0,85$$

$$\psi_{0,i} = 0,5 (\text{SNÍH})$$

$$\psi_{0,i} = 0,6 (\text{VÍTR})$$

$$\psi_{0,i} = 0 (\text{KAT.H : STŘECHY})$$

2.4 DIMENZOVÁNÍ KONZOLY

$$M_{ED} = 36,77 \text{ kNm}$$

KRYTÍ VÝZTUŽE:

$$c_{nom} = c_{min,sl} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min,sl} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm}\}$$

$$c_{min,sl} = 30\text{mm}$$

$$c_{nom,sl} = c_{min,sl} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$$

$$\underline{c = c_{nom,sl} = 40\text{mm}}$$

$$\underline{d_1} = c + \Phi_{sl}/2 = 40 + 5 = 45 \text{ mm}$$

$$\underline{d} = h - d_1 = 250 - 45 = 205\text{mm}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{ED}}{b * d^2 * f_{cd}}}\right)$$

$$A_{s,req} = 1 * 0,205 * \frac{20}{434,78} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 36,77}{1 * 0,205^2 * 20 * 10^3}}\right)$$

$$A_{s,req} = 4,22 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

NÁVRH: $\Phi 10\text{mm}$ po 150 mm

$$A_{sl} = 5,24 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$x = \frac{A_{sl} * f_{yd}}{b * \lambda * f_{cd}} = \frac{5,24 * 10^{-4} * 434,78}{1 * 0,8 * 20} = 0,01424\text{m}$$

RAMENO VNITŘNÍCH SIL

$$\underline{z_c} = d - 0,5 * \lambda * x = 0,205 - 0,5 * 0,8 * 0,01424 = 0,1993 \text{ m}$$

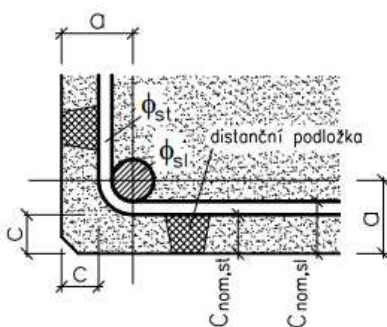
$\Phi_{sl}=10\text{mm}$ -průměr podélné výztuže

c_{min} ... krytí podélné výztuže

$$c_{min,b} = \Phi_{sl} = 10\text{mm}$$

$$c_{min,dur} = 30\text{mm} \text{ (XC4 ; S4)}$$

$$\Delta c_{dev} = 10\text{mm} \text{ (doporučená)}$$

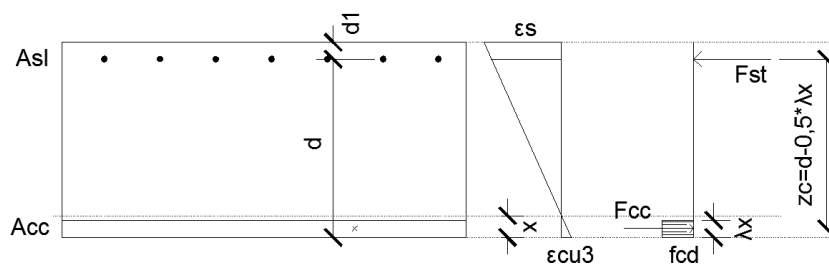


$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{30}{1,5}$$

$$f_{cd} = 20\text{MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78\text{MPa}$$



$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200000} = 2,17\text{‰}$$

KONTROLA PŘETVOŘENÍ:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} * (d - x) = \frac{3,5}{0,01424} * (0,205 - 0,01424)$$

$$\varepsilon_s = 46,89\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰} \quad \text{VYHOVÍ}$$

KONTROLA ÚNOSNOSTI PRŮŘEZU:

$$M_{RD} = A_{sl} * f_{yd} * z_c = 5,24 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3 * 0,1993$$

$$M_{RD} = 45,41 \text{ kNm} > M_{ED} = 36,77 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVÍ}$$

KONTROLA MÍRY VYZTUŽENÍ:

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

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 0,205$$

$$A_{s,min} = 3,09 * 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{sl} = 5,24 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

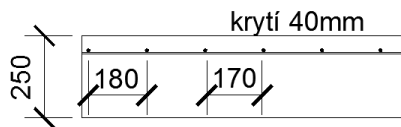
$$A_{s,min} > 0,0013 * b_t * d = 0,0013 * 0,205$$

$$A_{s,min} > 2,665 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,25 = 0,01 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,01 \text{ m}^2 > A_{sl} = 5,24 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ



KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s_{\max,s, \text{labs}} \leq 2h = 2 * 0,25 = 0,5 > s = 180 \text{ mm}$$

$$s_{\max,s, \text{labs}} \leq 300 \text{ mm} > s = 180 \text{ mm}$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\text{min.sv.vzd.} \geq \max \{ 1,2 * \Phi_{s, \max}; d_g + 5; 20 \text{ mm} \}$$

$$\max \{ 12; \underline{37}; 20 \text{ mm} \}$$

$$\text{min.sv.vzd.} \geq 37 \text{ mm}$$

NÁVRH ROZDĚLOVACÍ VÝZTUŽE:

$$A_{s,r} > 0,2 * A_{s,l}$$

$$A_{s,r} > 0,2 * 5,24 * 10^{-4} = 1,048 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

NÁVRH: $\Phi 6 \text{ mm}$ po 250 mm

$$A_{s,r} = 1,13 * 10^{-4} \text{ m}^2 > 1,048 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

KONTROLA VZDÁLENOSTI ROZDĚLOVACÍ VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s_{\max,s, \text{labs}} \leq 3h = 3 * 0,25 = 0,75 \text{ m} > s_r = 250 \text{ mm}$$

$$s_{\max,s, \text{labs}} \leq 400 \text{ mm} > s_r = 250 \text{ mm}$$

KOTEVNÍ DÉLKA VE VETKNUTÍ:

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa (KONZERVATIVNÍ HODNOTA)}$$

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} = 2,25 * 1 * 1 * 1,333 = 3 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rq,d} = \frac{\Phi}{4} * \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{10}{4} * \frac{434,78}{3} = 362,32 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rq,d} = 362,32 \text{ mm}$$

NAVRHNUTO $l_{bd} = 370 \text{ mm}$

$$\alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 = 1,0$$

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctd} = 1,0 * \frac{2,0}{1,5} = 1,333 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1,0$$

$$\eta_2 = 1,0$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

MINIMÁLNÍ KOTEVNÍ DÉLKA:

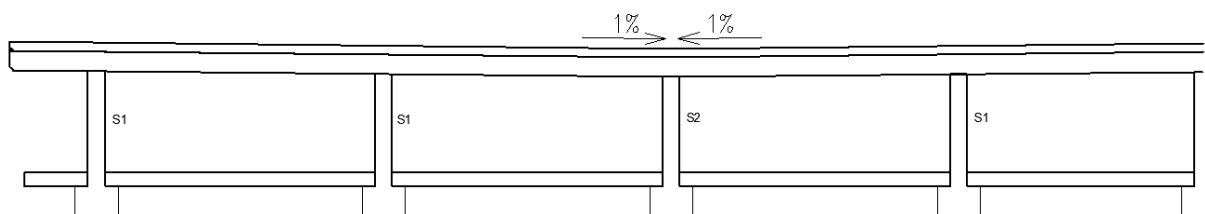
$$l_{b,min} > \max. (0,3 * l_{b,rq,d}; 10\Phi; 100mm)$$

$$l_{b,min} > \max. (105; 100; 100mm) \quad \text{VYHOVÍ}$$

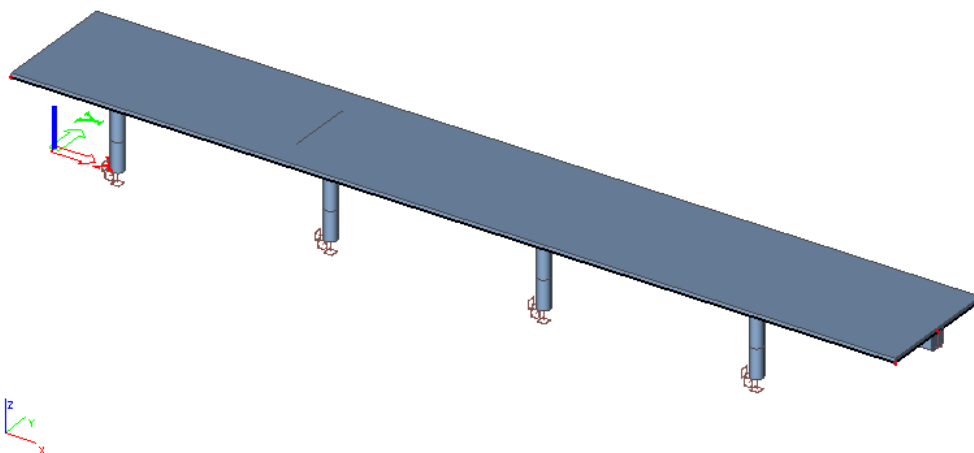
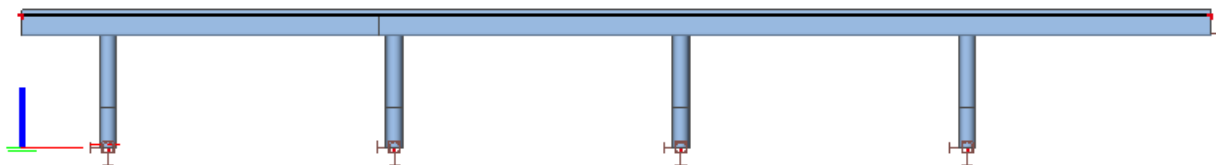
3 RÁM

Pro výpočet vnitřních sil na rámu byl použit software SCIA ENGINEER 2013.1. Celková konstrukce se skládá ze 2 symetrických dilatačních celků. Proto je modelován pouze jeden dilatační celek. Skutečný tvar konstrukce, který je ve sklonu 1% k odvodňovacím sloupům je nahrazen idealizovaným modelem, který je modelovaný jako rovná deska se žebrem. Skutečná deska má proměnný průřez ve směru osy y (250 \approx 150mm). Idealizovaná deska má tloušťku zprůměrovanou na hodnotu 200 mm.

SKUTEČNÝ TVAR:



IDEALIZACE:



Obr. 5 Skutečný tvar konstrukce a idealizovaný model (deska s žebrem)

3.1 VÝPOČET SPOLUPŮSOBÍCÍ ŠÍŘKY

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

kde

$$b_{\text{eff},i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

a

$$b_{\text{eff},i} \leq b_i$$

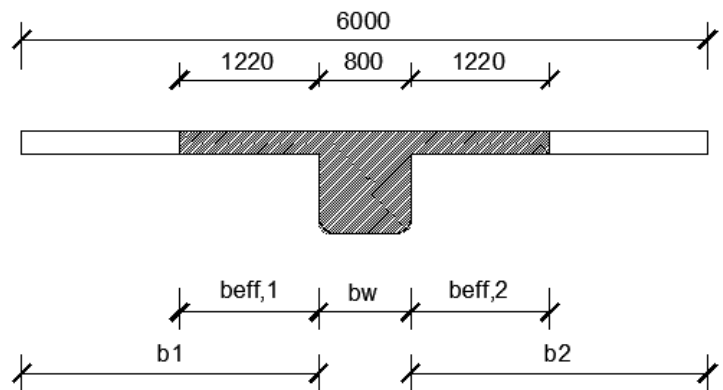
Pokud se nepožaduje velká přesnost, lze dle normy použít hodnotu efektivní šířky konstantní po celé délce průřezu. Hodnota se stanoví pro průřez v poli.

$$b_w = 0,8\text{m}$$

$$b_1 = b_2 = 2,6\text{m}$$

$$l_2 = 10\text{m (délka vnitřního pole)}$$

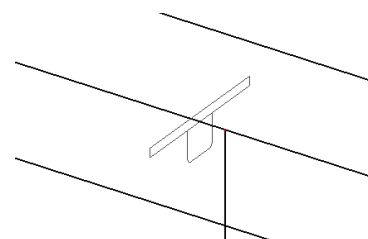
$$l_0 = 0,7 * l_2 = 0,7 * 10 = 7\text{m}$$



Obr.7 Efektivní šířka desky

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},2} = 0,2 * b_1 + 0,1 * l_0 = 0,2 * 2,6 + 0,1 * 7 = 1,22\text{m} \leq 0,2 l_0 = 2\text{m}$$

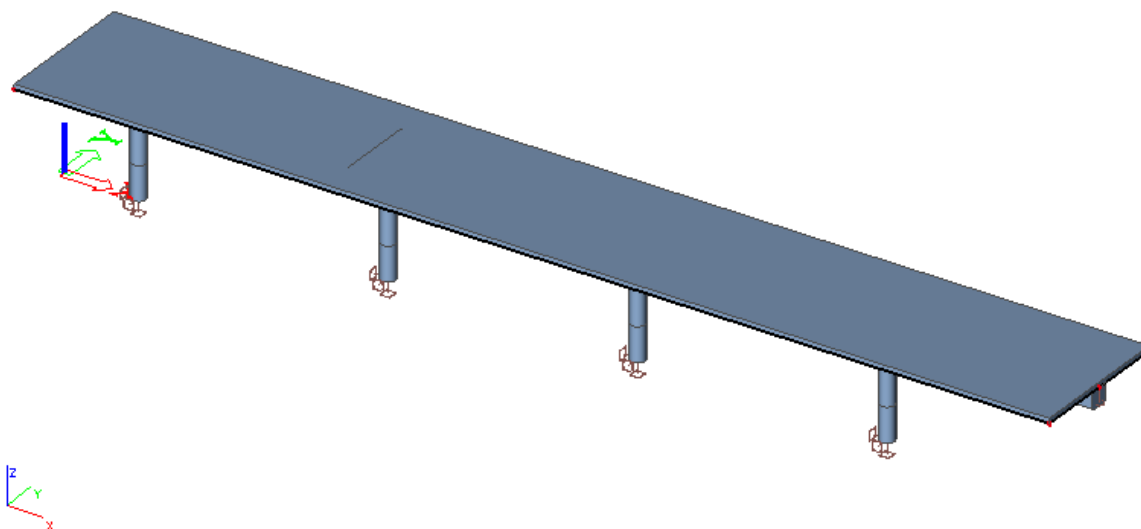
$$\Rightarrow b_{\text{eff}} = 1,22 + 0,8 + 1,22 = 3,24\text{m}$$



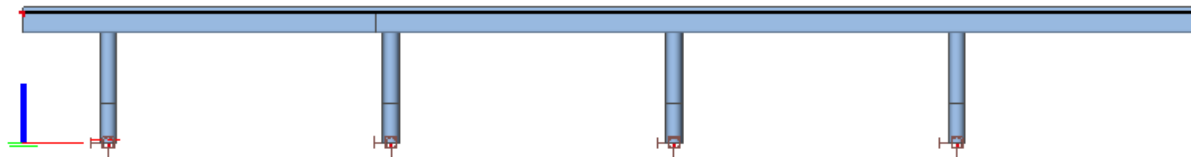
Obr 6 Axonometrický pohled na vytvořené žebro

3.2 MODEL

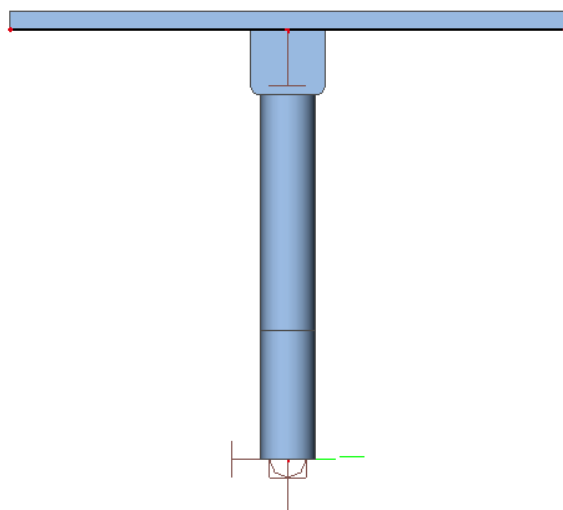
AXONOMETRICKÝ POHLED NA MODEL:



PODÉLNÝ ŘEZ MODELEM:



PŘÍČNÝ ŘEZ MODELEM:



Obr. 7 Axonometrický pohled, podélný a příčný řez modelem

3.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY MODELU

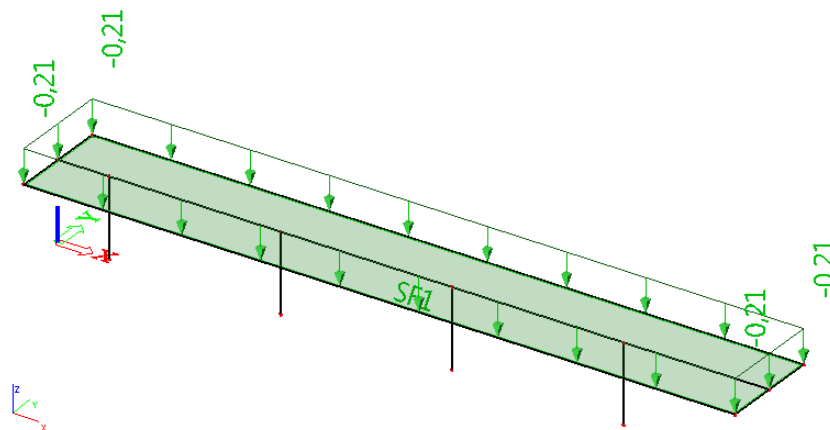
Zatěžovací stavy jsou uvažovány pro jednu symetrickou polovinu, u zatížení větrem je dilatační celek zatížen odpovídajícími hodnotami na polovinu konstrukce. Hodnoty zatížení jsou uvedeny v kapitole ZATÍŽENÍ.

ZS1-VLASTNÍ TÍHA

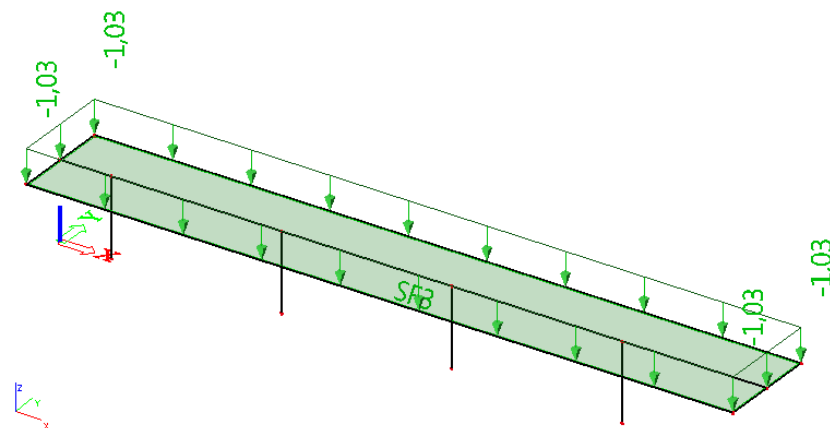
Tento zatěžovací stav reprezentuje vlastní tíhu konzol, průvlaku a sloupů.

$$g_{0k} = 25 \text{ kN/m}^3$$

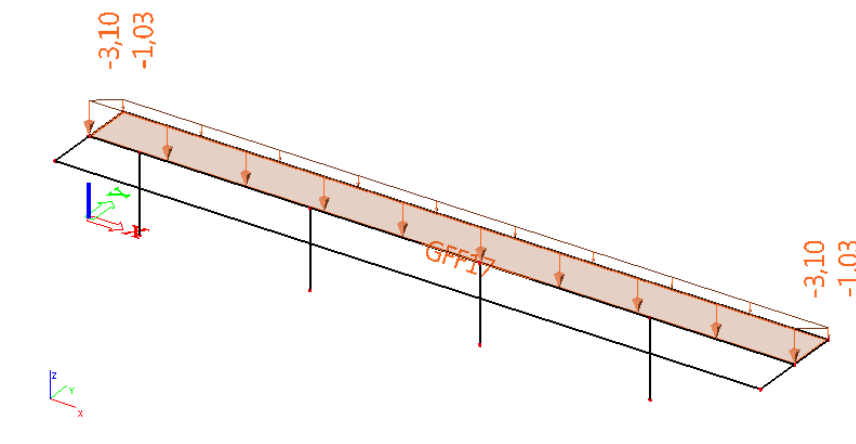
ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ



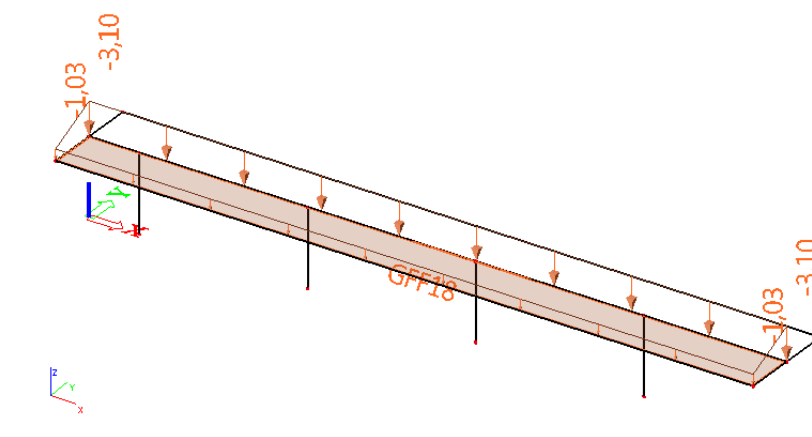
ZS3-SNÍH ROVNOMĚRNÝ



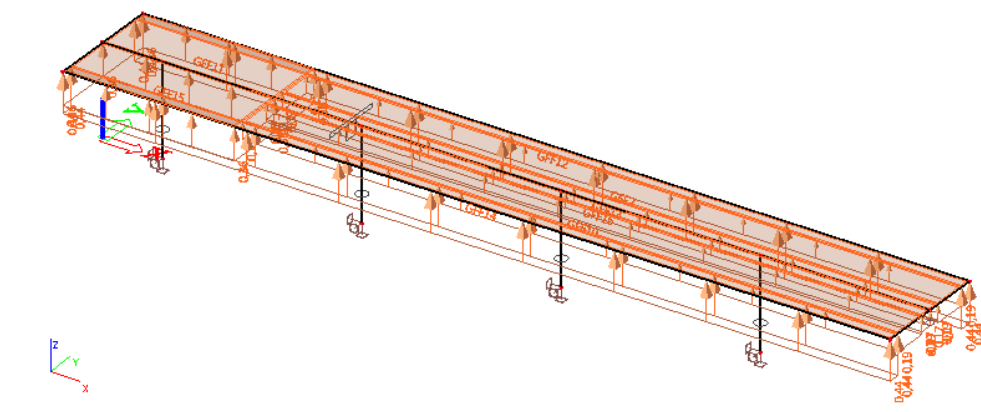
ZS4-SNÍH-NÁVĚJ LEVÁ



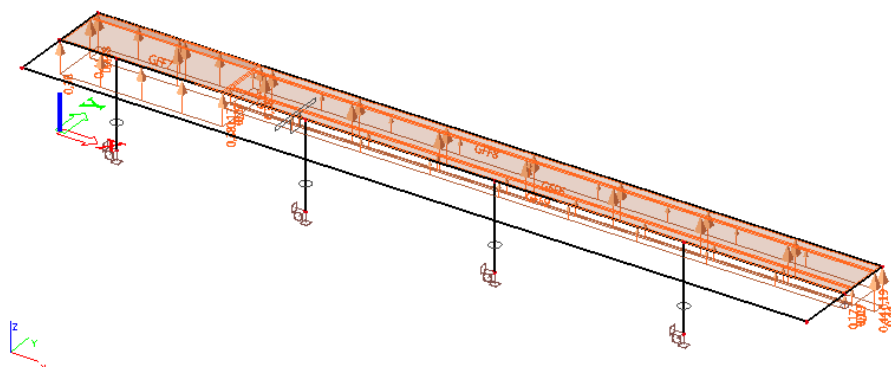
ZS5-SNÍH-NÁVĚJ PRAVÁ



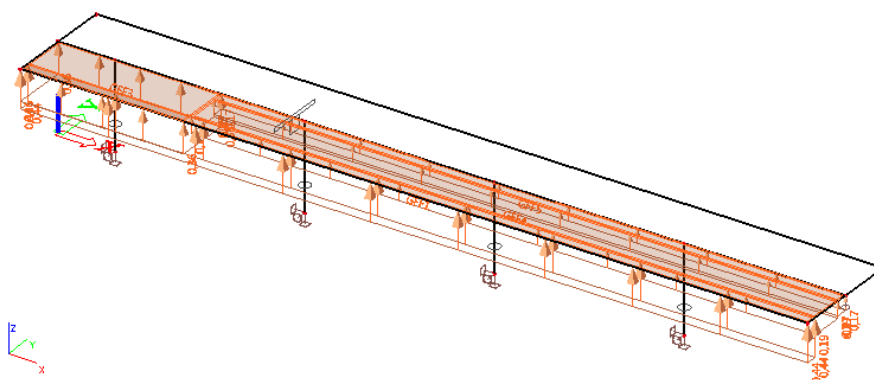
ZS6-VÍTR PŘÍČNÝ



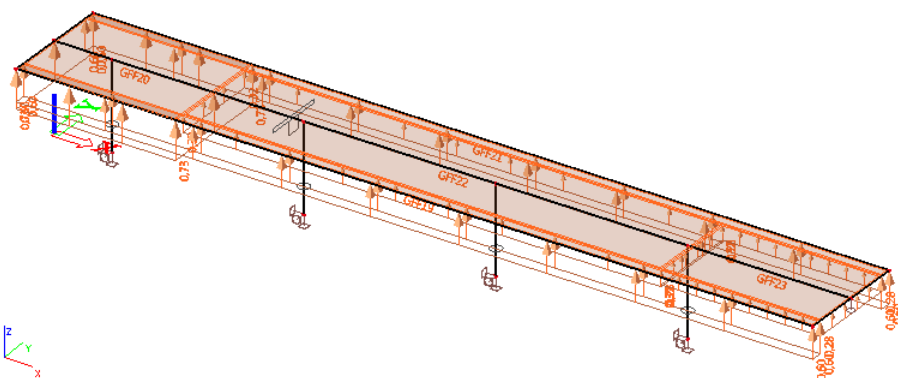
ZS7-VÍTR PŘÍČNÝ-ZLEVA



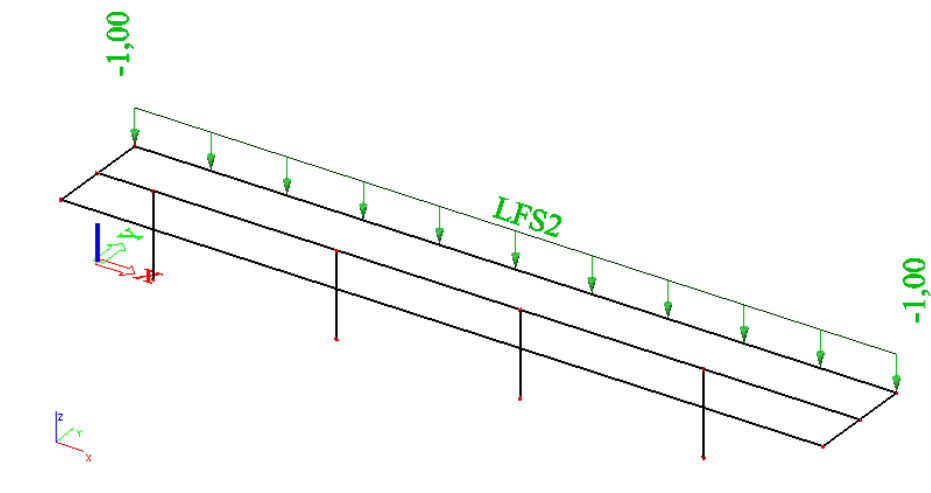
ZS8-VÍTR PŘÍČNÝ ZPRAVA



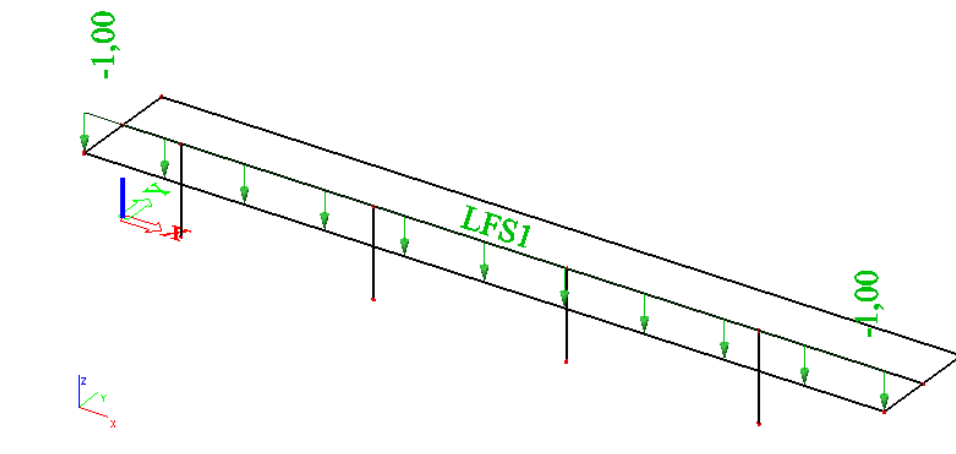
ZS9-VÍTR PODÉLNÝ



ZS10-OSAMĚLÉ BŘEMENO VLEVO



ZS11-OSAMĚLÉ BŘEMENO VPRAVO



3.4 KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL RÁMU

Vnitřní síly rámu byly provedeny dle EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B dle rovnic 6.10a & 6.10b

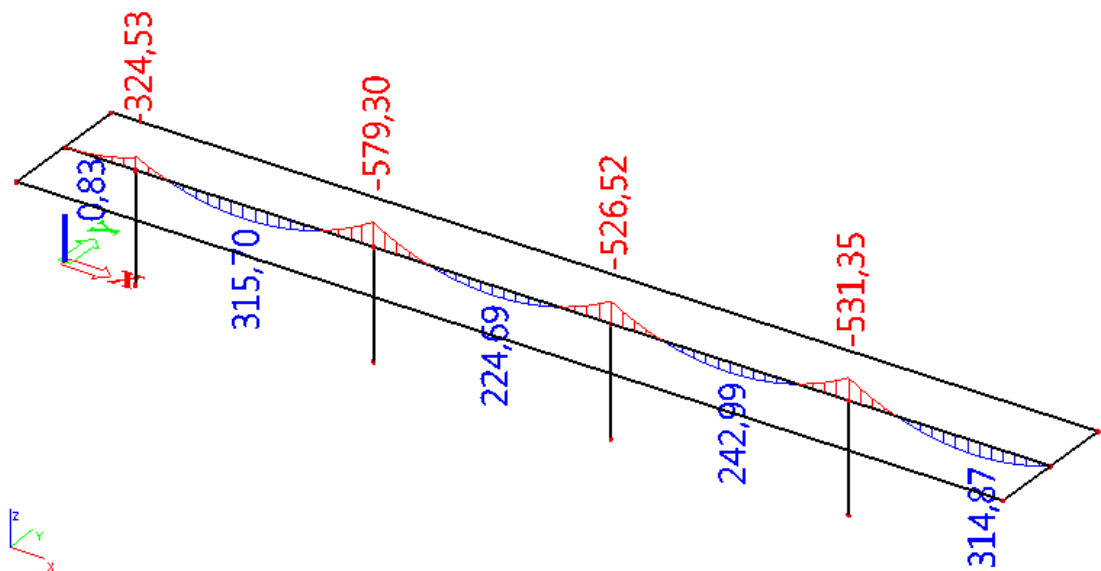
Hodnoty kombinačních součinitelů:

Součinitelé γ pro výpočet návrhového zatížení (MS únosnosti - STR)

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Hlavní proměnné zatížení	Vedlejší proměnná zatížení	
	nepriznivá	přiznivá		Nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	Ostatní
(Rce. 6.10)	1,35	1,00	1,5 (přiznivě 0)		1,5 (nepriznivě 0)
(Rce. 6.10a)	1,35	1,00		1,5 (nepriznivě 0)	1,5 (nepriznivě 0)
(Rce. 6.10b)	0,85x1,35=1,15	1,0	1,5 (přiznivě 0)		1,5 (nepriznivě 0)

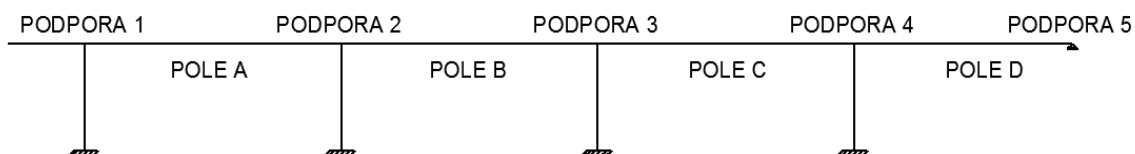
$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (Rce. 6.10 a) \\ (Rce. 6.10 b) \end{array}$$

HODNOTY MOMENTŮ RÁMU M_y :



Obr 8 Průběh momentů na modelu deska s žebrem

HODNOTY MOMENTŮ V JEDNOTLIVÝCH ŘEZECH :



Obr.11 Označení jednotlivých řezů modelu deska s žebrem

	M_{ED}		$M_{ED,RED}$					
PODPORA 1	-318,14	kNm	-237,64	kNm	0,75	>	0,65	VYHOVÍ
PODPORA 2	-577,35	kNm	-474,27	kNm	0,82	>	0,65	VYHOVÍ
PODPORA 3	-525,46	kNm	-430,92	kNm	0,82	>	0,65	VYHOVÍ
PODPORA 4	-523,37	kNm	-441,5	kNm	0,84	>	0,65	VYHOVÍ
PODPORA 5	0	kNm						
POLE A	314,33	kNm						
POLE B	223,6	kNm						
POLE C	241,03	kNm						
POLE D	315,54	kNm						

Redukované hodnoty nadpodporových momentů $M_{ED,RED}$ byly odečteny pomocí řezu na prutu v softwaru SCIA a byly brány jako větší z hodnot momentů v levém a pravém lici.

3.5 KONTROLA KOMBINACE MOMENTU

V POLI A:

$$My_{ZS1}=210,02 \text{ kNm} \quad My_{ZS2}=6,08 \text{ kNm} \quad My_{ZS5}=30,13 \text{ kNm}$$

$$My_{ZS9}= -20,26 \text{ kNm} \quad My_{ZS10}=4,59 \text{ kNm}$$

Brány byly maximální hodnoty ohybových momentů z jednotlivých výběrových skupin zatížení.

$$6.10a \quad 1,35 \cdot 210,02 + 1,35 \cdot 6,08 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 30,13 + 0 \cdot 0,6 \cdot 20,26 + 1,5 \cdot 0 \cdot 4,59 = 314,33 \text{ kNm}$$

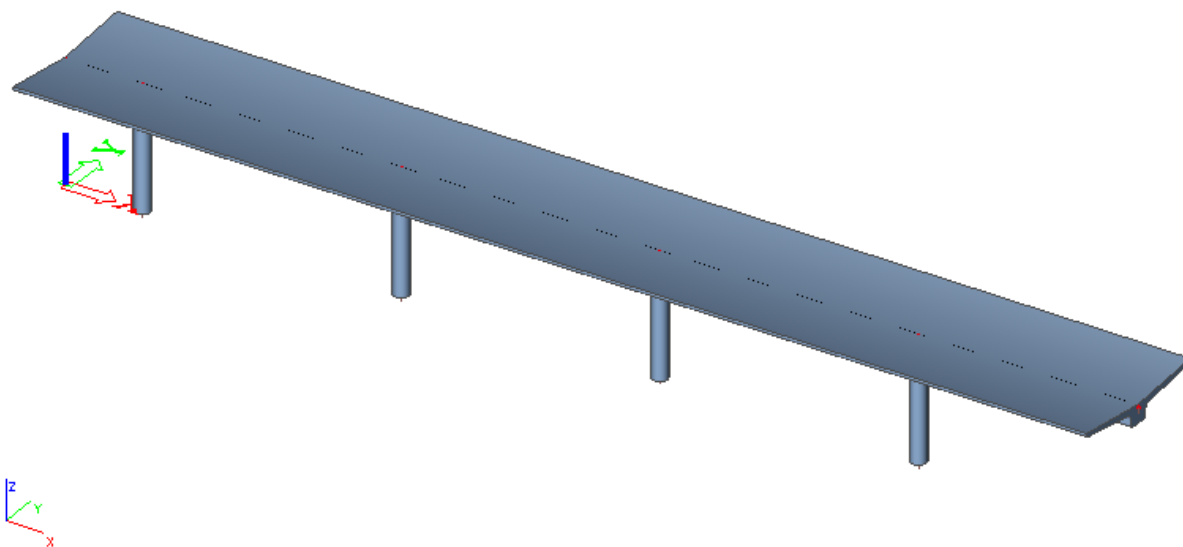
$$6.10b \quad 0,85 \cdot 1,35 \cdot 210,02 + 0,85 \cdot 1,35 \cdot 6,08 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 30,13 + 0 \cdot 0,6 \cdot 20,26 + 1,5 \cdot 0 \cdot 4,59 = 270,57 \text{ kNm}$$

V POLI A je rozhodující kombinace 6.10a . Výsledky generované softwarem a získané ručním výpočtem se shodují.

POROVNÁNÍ HODNOTY MOMENTŮ:

K porovnání hodnoty momentů byl zvolen prutový prvek odpovídajícího průřezu zatížený reakcemi od konzoly.

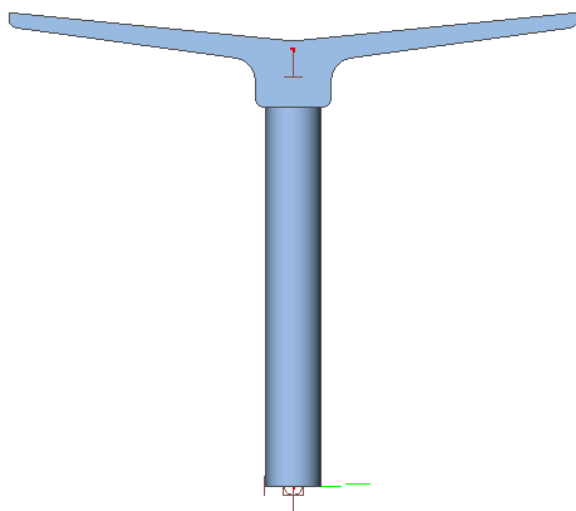
AXONOMETRICKÝ POHLED NA MODEL:



PODÉLNÝ ŘEZ MODELEM:

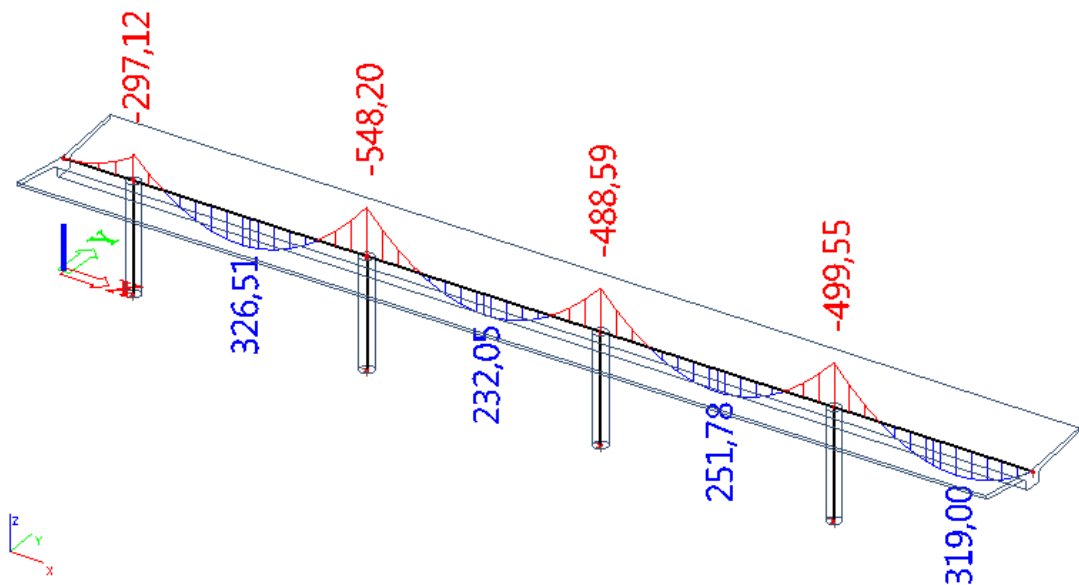


PŘÍČNÝ ŘEZ MODELEM:



Obr.9 Axonometrický pohled, podélný a příčný řez prutovým modelem

HODNOTY MOMENTŮ PRUTOVÉHO MODELU M_y :



Obr.10 Průběh momentů na prutovém modelu

Hodnoty momentů na modelu deska s žebrem se s hodnotami momentů na prutovém modelu liší cca o 5 až 10 %. Na stranu bezpečnou bylo tedy uvažováno s výpočtovým modelem deska s žebrem.

4 DIMENZOVÁNÍ PRŮVLAKU - OHYB

$\Phi_{st}=10\text{mm}$ -průměr třmínku

$\Phi_{sl}=14\text{mm}$ -průměr podélné
vyztuže

c_{min} ... krytí podélné
vyztuže

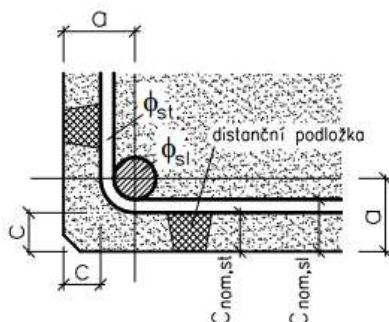
$c_{min,st}$... krytí třmínků

$c_{min,b} = \Phi_{sl} = 14\text{mm}$

$c_{min,b,st} = \Phi_{st} = 10\text{mm}$

$c_{min,dur} = 30\text{mm}$ (XC4 ; S4)

$\Delta c_{dev} = 10\text{mm}$ (doporučená)



$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{30}{1,5}$$

$$f_{cd} = 20\text{MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78\text{MPa}$$

Z důvodu zmenšujícího se
průřezu směrem k tlačným
vláknům se hodnota
výpočtové pevnosti betonu
sníží o 10% $\Rightarrow 0,9 * f_{cd}$

4.1 PODPORA 1

$$M_{ED,RED} = 237,64 \text{ kNm}$$

KRYTÍ VÝZTUŽE:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm} \}$$

$$c_{min} = 30\text{mm}$$

$$c_{min,st} = \max \{ c_{min,b,st}; c_{min,dur}; 10\text{mm} \}$$

$$c_{min,st} = 30\text{mm}$$

$$c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$$

$$c_{nom,sl} = c_{min} + \Phi_{st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 + 10 = 50\text{mm}$$

$$\underline{c = c_{nom,st} = 40\text{mm}}$$

$$\underline{d_1} = c + \Phi_{st} + \Phi_{sl}/2 = 40 + 10 + 7 = 57 \text{ mm}$$

$$\underline{d} = h - d_1 = 700 - 57 = 643\text{mm}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{ED}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

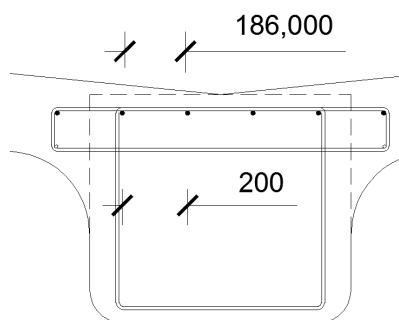
$$A_{s,req} = 0,8 * 0,643 * \frac{20}{434,78} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 237,64}{0,8 * 0,643^2 * 20 * 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 8,659 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

NÁVRH: 6 Φ 14mm

$$A_{st} = 9,24 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{cc} = \frac{A_{st} * f_{yd}}{0,9 * f_{cd}} = \frac{9,24 * 10^{-4} * 434,78}{0,9 * 20} = 0,02232 \text{ m}^2$$



$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,554 = 0,02216 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,02216 \text{ m}^2 > A_{st} = 9,24 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ

KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s \leq 200 \text{ mm pro } A_{st,req}/A_{st} \geq 2/3$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\text{min.sv.vzd.} \geq \max\{1,2 * \Phi_{s,max}; d_g + 5; 20\text{mm}\}$$

$$\geq \max\{1,2 * 14; 32 + 5; 20\text{mm}\}$$

$$\geq 37 \text{ mm}$$

4.2 PODPORA 2

$$M_{ED,RED} = 474,27 \text{ kNm}$$

KRYTÍ VÝZTUŽE:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{min,st} = \max \{ c_{min,b,st}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min,st} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = \underline{40 \text{ mm}}$$

$$c_{nom,sl} = c_{min} + \Phi_{st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 + 10 = \underline{50 \text{ mm}}$$

$$\underline{c = c_{nom,st} = 40 \text{ mm}}$$

$$\underline{d_1} = c + \Phi_{st} + \Phi_{sl}/2 = 40 + 10 + 10 = \underline{60 \text{ mm}}$$

$$\underline{d} = h - d_1 = 700 - 60 = \underline{640 \text{ mm}}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{ED}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 0,8 * 0,640 * \frac{20}{434,78} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 474,27}{0,8 * 0,640^2 * 20 * 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 17,71 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\underline{NÁVRH: 6\Phi 20 \text{ mm}}$$

$$A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{cc} = \frac{A_{st} * f_{yd}}{0,9 * f_{cd}} = \frac{18,85 * 10^{-4} * 434,78}{0,9 * 20} = 0,04553 \text{ m}^2$$

$\Phi_{st}=10\text{mm}$ -průměr třmínku

$\Phi_{sl}=20\text{mm}$ -průměr podélné
výztuže

c_{min} ... krytí podélné
výztuže

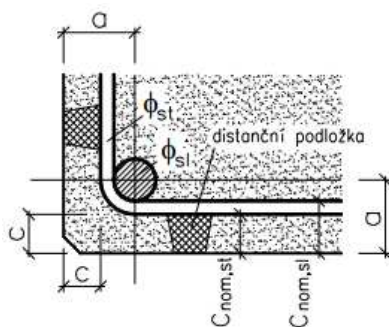
$c_{min,st}$... krytí třmínků

$$c_{min,b} = \Phi_{sl} = 20 \text{ mm}$$

$$c_{min,b,st} = \Phi_{st} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 30 \text{ mm (XC4 ; S4)}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm (doporučená)}$$



$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{30}{1,5}$$

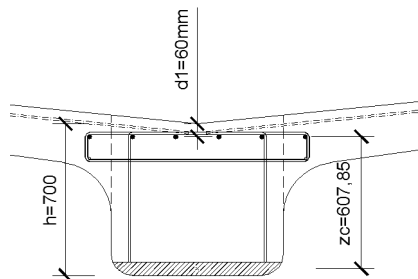
$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Z důvodu zmenšujícího se
průřezu směrem k tlačeným
vláknům se hodnota
výpočtové pevnosti betonu
sníží o 10% => $0,9 * f_{cd}$

Hledání tlačené plochy A_{cc} bylo provedeno pomocí iterování v AUTOCADu.



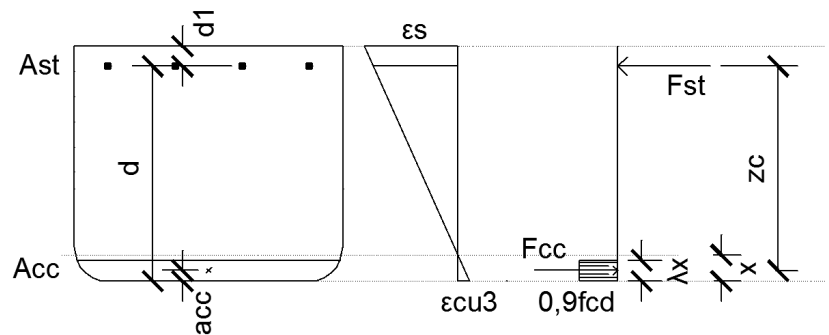
$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200000} = 2,17\text{‰}$$

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

$$f_{yk} = 500\text{MPa}$$

Celková plocha bet.
průřezu A_c odečtena
z AUTOCADu

$$A_c = 0,554 \text{ m}^2$$



$$\lambda x = 0,06233 \text{ m}$$

$$x = \lambda x / 0,8 = 0,06233 / 0,8 = 0,0779 \text{ m}$$

$$a_{cc} = 0,03215 \text{ m}$$

$$z_c = d - a_{cc} = 0,60785 \text{ m}$$

KONTROLA PŘETVOŘENÍ:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} * (h - d_1 - x) = \frac{3,5}{0,0779} * (0,7 - 0,06 - 0,0779)$$

$$\varepsilon_s = 25,25\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

VYHOVÍ

KONTROLA ÚNOSNOSTI PRŮŘEZU:

$$M_{RD} = A_{st} * f_{yd} * z_c = 18,85 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3 * 0,60785$$

$$M_{RD} = 498,17 \text{ kNm} > M_{ED,RED} = 474,27 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVÍ}$$

KONTROLA MÍRY VYZTUŽENÍ:

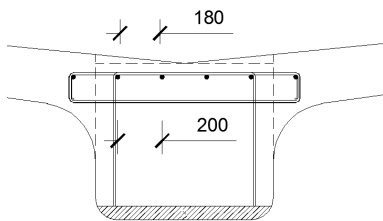
$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 0,8 * 0,64 = 7,72 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 7,72 * 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} > 0,0013 * b_t * d$$

$$A_{s,min} > 0,0013 * 0,8 * 0,64 = 6,656 * 10^{-4} \text{ m}^2$$



$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,554 = 0,02216 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,02216 \text{ m}^2 > A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ

KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s \leq 200 \text{ mm pro } A_{st,req}/A_{st} \geq 2/3$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\text{min.sv.vzd.} \geq \max\{1,2 * \Phi_{s,max}; d_g + 5; 20\text{mm}\}$$

$$\geq \max\{1,2 * 20; 32 + 5; 20\text{mm}\}$$

$$\geq 37 \text{ mm}$$

4.3 PODPORA 3

$$M_{ED,RED} = 430,92 \text{ kNm}$$

KRYTÍ VÝZTUŽE:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{min,st} = \max \{ c_{min,b,st}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min,st} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = \underline{40 \text{ mm}}$$

$$c_{nom,sl} = c_{min} + \Phi_{st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 + 10 = \underline{50 \text{ mm}}$$

$$\underline{c = c_{nom,st} = 40 \text{ mm}}$$

$$\underline{d_1} = c + \Phi_{st} + \Phi_{sl}/2 = 40 + 10 + 10 = \underline{60 \text{ mm}}$$

$$\underline{d} = h - d_1 = 700 - 60 = \underline{640 \text{ mm}}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{ED}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 0,8 * 0,640 * \frac{20}{434,78} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 430,92}{0,8 * 0,640^2 * 20 * 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 16,03 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

NÁVRH: 6Φ20mm

$$A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{cc} = \frac{A_{st} * f_{yd}}{0,9 * f_{cd}} = \frac{18,85 * 10^{-4} * 434,78}{0,9 * 20} = 0,04553 \text{ m}^2$$

Φ_{st} =10mm-průměr třmínku

Φ_{sl} =20mm-průměr podélné výztuže

c_{min} ... krytí podélné výztuže

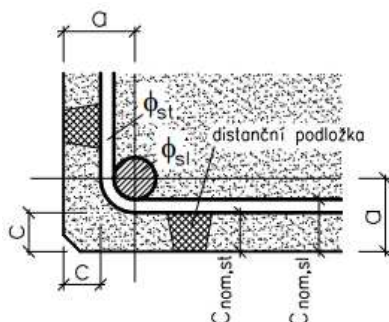
$c_{min,st}$... krytí třmínků

$$c_{min,b} = \Phi_{sl} = 20 \text{ mm}$$

$$c_{min,b,st} = \Phi_{st} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 30 \text{ mm (XC4 ; S4)}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm (doporučená)}$$



$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{30}{1,5}$$

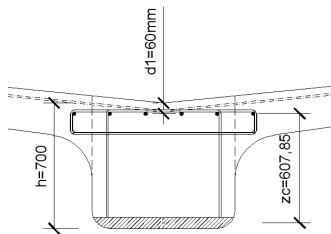
$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Z důvodu zmenšujícího se průřezu směrem k tlačným vláknům se hodnota výpočtové pevnosti betonu sníží o 10% => 0,9*f_{cd}

Hledání tlačené plochy A_{cc} bylo provedeno pomocí iterování v AUTOCADu.



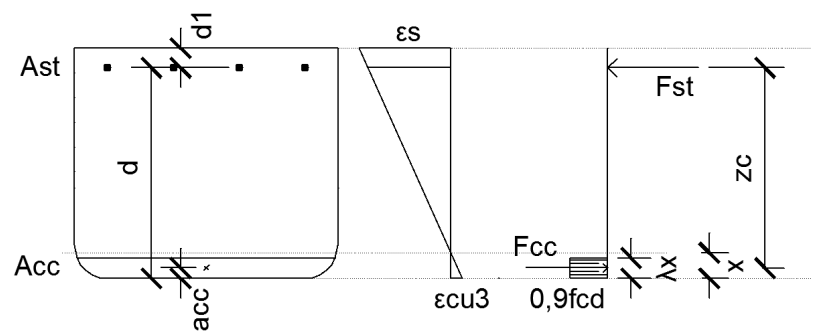
$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200000} = 2,17\text{‰}$$

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

$$f_{yk} = 500\text{MPa}$$

Celková plocha bet.
průřezu A_c odečtena
z AUTOCADu

$$A_c = 0,554 \text{ m}^2$$



$$\lambda_X = 0,06233 \text{ m}$$

$$x = \lambda_x / 0,8 = 0,06233 / 0,8 = 0,0779 \text{ m}$$

$$a_{cc} = 0,03215 \text{ m}$$

$$z_c = d - a_{cc} = 0,60785 \text{ m}$$

KONTROLA PŘETVOŘENÍ:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{X} * (h - d_1 - x) = \frac{3,5}{0,0779} * (0,7 - 0,06 - 0,0779)$$

$$\varepsilon_s = 25,25\text{‰} > \varepsilon_{vd} = 2,17\text{‰} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

VYHOVÍ

KONTROLA ÚNOSNOSTI PRŮŘEZU:

$$M_{RD} = A_{st} * f_{yd} * z_c = 18,85 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3 * 0,60785$$

$$M_{RD} = 498,17 \text{ kNm} > M_{ED,RED} = 430,92 \text{ kNm} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

VYHOVÍ

KONTROLA MÍRY VYZTUŽENÍ:

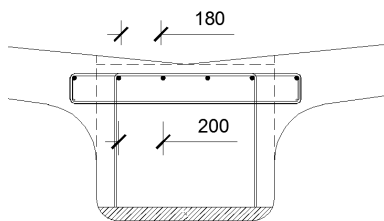
$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d$$

$$A_{s,\min} = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 0,8 * 0,64 = 7,72 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min} = 7,72 * 10^{-4} \text{m}^2 < A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{m}^2$$

$$A_{s,min} > 0,0013 * b_t * d$$

$$A_{s,\min} > 0,0013 * 0,8 * 0,64 = 6,656 * 10^{-4} \text{ m}^2$$



$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,554 = 0,02216 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,02216 \text{ m}^2 > A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ

KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s \leq 200 \text{ mm pro } A_{st,req}/A_{st} \geq 2/3$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\text{min.sv.vzd.} \geq \max\{1,2 * \Phi_{s,max}; d_g + 5; 20\text{mm}\}$$

$$\geq \max\{1,2 * 20; 32 + 5; 20\text{mm}\}$$

$$\geq 37 \text{ mm}$$

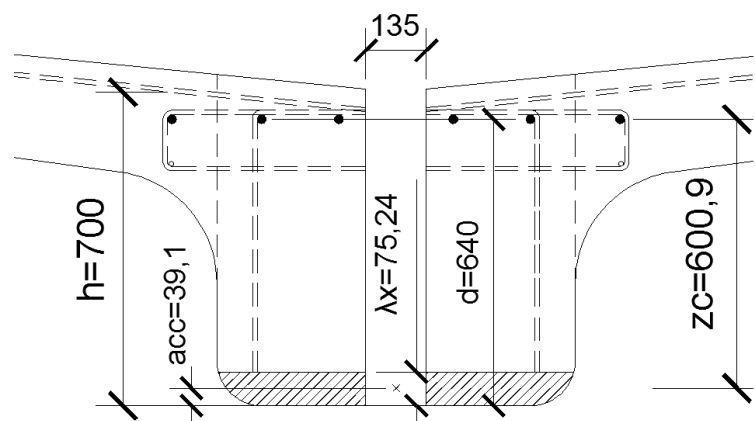
4.4 PODPORA 3 – POSOUZENÍ PRŮŘEZU OSLABENÉHO ODTOKOVÝM KANÁLKEM

NÁVRH: 6Φ20mm

$$A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{cc} = \frac{A_{st} * f_{yd}}{0,9 * f_{cd}} = \frac{18,85 * 10^{-4} * 434,78}{0,9 * 20} = 0,04553 \text{ m}^2$$

Hledání tlačené plochy A_{cc}
bylo provedeno pomocí
iterování v AUTOCADu



Celková plocha bet.
průřezu A_c odečtena
z AUTOCADu

$$A_c = 0,46 \text{ m}^2$$

$$\lambda_x = 0,07524 \text{ m}$$

$$x = \lambda_x / 0,8 = 0,07524 / 0,8 = 0,09405 \text{ m}$$

$$a_{cc} = 0,0391 \text{ m}$$

$$z_c = d - a_{cc} = 0,6009 \text{ m}$$

KONTROLA PŘETVOŘENÍ:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} * (h - d_1 - x) = \frac{3,5}{0,09405} * (0,7 - 0,06 - 0,09405)$$

$$\varepsilon_s = 20,32\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰} \quad \text{VYHOVÍ}$$

KONTROLA ÚNOSNOSTI PRŮŘEZU:

$$M_{RD} = A_{st} * f_{yd} * z_c = 18,85 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3 * 0,6009$$

$$M_{RD} = 492,47 \text{ kNm} > M_{ED,RED} = 430,92 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVÍ}$$

KONTROLA MÍRY VYZTUŽENÍ:

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 0,665 * 0,64 = 6,42 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 6,42 * 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

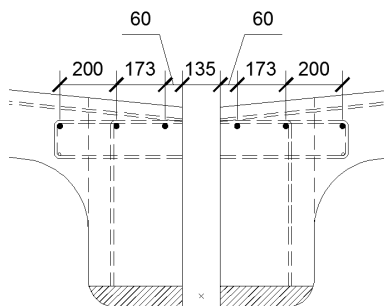
$$A_{s,min} > 0,0013 * b_t * d$$

$$A_{s,min} > 0,0013 * 0,665 * 0,64 = 5,53 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,46 = 0,0184 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,0184 \text{ m}^2 > A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ



KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s \leq 200 \text{ mm pro } A_{st,req}/A_{st} \geq 2/3$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\text{min.sv.vzd.} \geq \max \{ 1,2 \cdot \Phi_{s,max}; d_g + 5; 20 \text{ mm} \}$$

$$\geq \max \{ 1,2 \cdot 20; 32 + 5; 20 \text{ mm} \}$$

$$\geq 37 \text{ mm} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

4.5 PODPORA 4

$$M_{ED,RED} = 441,5 \text{ kNm}$$

KRYTÍ VÝZTUŽE:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{min,st} = \max \{ c_{min,b,st}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min,st} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = \underline{40 \text{ mm}}$$

$$c_{nom,sl} = c_{min} + \Phi_{st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 + 10 = \underline{50 \text{ mm}}$$

$$\underline{c = c_{nom,st} = 40 \text{ mm}}$$

$$\underline{d_1} = c + \Phi_{st} + \Phi_{sl}/2 = 40 + 10 + 10 = \underline{60 \text{ mm}}$$

$$\underline{d} = h - d_1 = 700 - 60 = \underline{640 \text{ mm}}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{ED}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 0,8 * 0,640 * \frac{20}{434,78} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 441,5}{0,8 * 0,640^2 * 20 * 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 16,44 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

NÁVRH: 6Φ20mm

$$A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{cc} = \frac{A_{st} * f_{yd}}{0,9 * f_{cd}} = \frac{18,85 * 10^{-4} * 434,78}{0,9 * 20} = 0,04553 \text{ m}^2$$

Φ_{st} =10mm-průměr třmínku

Φ_{sl} =20mm-průměr podélné výztuže

c_{min} ... krytí podélné výztuže

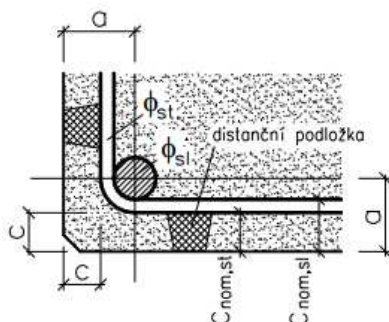
$c_{min,st}$... krytí třmínků

$$c_{min,b} = \Phi_{sl} = 20 \text{ mm}$$

$$c_{min,b,st} = \Phi_{st} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 30 \text{ mm (XC4 ; S4)}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm (doporučená)}$$



$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{30}{1,5}$$

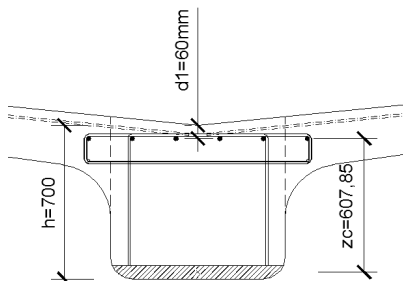
$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Z důvodu zmenšujícího se průřezu směrem k tlačným vláknům se hodnota výpočtové pevnosti betonu sníží o 10% => $0,9 * f_{cd}$

Hledání tlačené plochy A_{cc} bylo provedeno pomocí iterování v AUTOCADu.



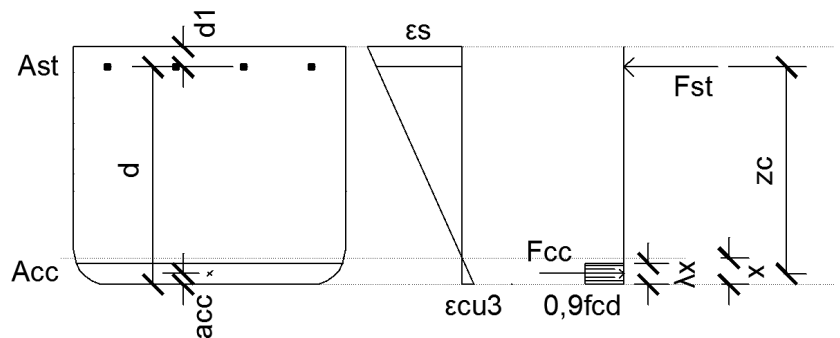
$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200000} = 2,17\%$$

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

$$f_{yk} = 500\text{MPa}$$

Celková plocha bet.
průřezu A_c odečtena
z AUTOCADu

$$A_c = 0,554 \text{ m}^2$$



$$\lambda_X = 0,06233 \text{ m}$$

$$x = \lambda_x / 0,8 = 0,06233 / 0,8 = 0,0779 \text{ m}$$

$$a_{cc} = 0,03215 \text{ m}$$

$$z_c = d - a_{cc} = 0,60785 \text{ m}$$

KONTROLA PŘETVOŘENÍ:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{X} * (h - d_1 - x) = \frac{3,5}{0,0779} * (0,7 - 0,06 - 0,0779)$$

$$\varepsilon_s = 25,25\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

KONTROLA ÚNOSNOSTI PRŮŘEZU:

$$M_{RD} = A_{st} * f_{yd} * z_c = 18,85 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3 * 0,60785$$

$$M_{RD} = 498,17 \text{ kNm} > M_{ED,RED} = 441,5 \text{ kNm} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

KONTROLA MÍRY VYZTUŽENÍ:

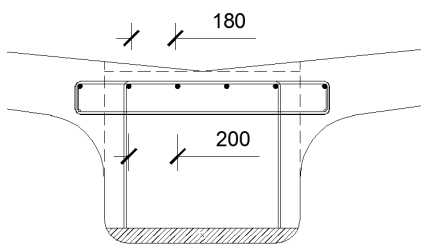
$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d$$

$$A_{s,\min} = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 0,8 * 0,64 = 7,72 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min} = 7,72 * 10^{-4} \text{m}^2 < A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{m}^2$$

$$A_{s,min} > 0,0013 * b_t * d$$

$$A_{s,\min} > 0,0013 * 0,8 * 0,64 = 6,656 * 10^{-4} \text{ m}^2$$



$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,554 = 0,2216 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,2216 \text{ m}^2 > A_{st} = 18,85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ

KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s \leq 200 \text{ mm pro } A_{st,req}/A_{st} \geq 2/3$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\text{min.sv.vzd.} \geq \max\{1,2 * \Phi_{s,max}; d_g + 5; 20\text{mm}\}$$

$$\geq \max\{1,2 * 20; 32 + 5; 20\text{mm}\}$$

$$\geq 37 \text{ mm}$$

4.6 POLE A - SE SPOLUP. ŠÍŘKOU

$$M_{ED} = 314,33 \text{ kNm}$$

KRYTÍ VÝZTUŽE:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{min,st} = \max \{ c_{min,b,st}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min,st} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = \underline{40 \text{ mm}}$$

$$c_{nom,sl} = c_{min} + \Phi_{st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 + 10 = \underline{50 \text{ mm}}$$

$$\underline{c = c_{nom,st} = 40 \text{ mm}}$$

$$\underline{d_1} = c + \Phi_{st} + \Phi_{sl}/2 = 40 + 10 + 7 = \underline{57 \text{ mm}}$$

$$\underline{d} = h - d_1 = 862 - 57 = \underline{805 \text{ mm}}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{ED}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 0,8 * 0,805 * \frac{20}{434,78} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 314,33}{0,8 * 0,805^2 * 20 * 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 9,122 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

NÁVRH: 8Φ14mm

$$A_{sl} = 12,32 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{cc} = \frac{A_{sl} * f_{yd}}{0,9 * f_{cd}} = \frac{12,32 * 10^{-4} * 434,78}{0,9 * 20} = 0,0298 \text{ m}^2$$

Φ_{st} =10mm-průměr třmínku

Φ_{sl} =14mm-průměr podélné výztuže

c_{min} ... krytí podélné výztuže

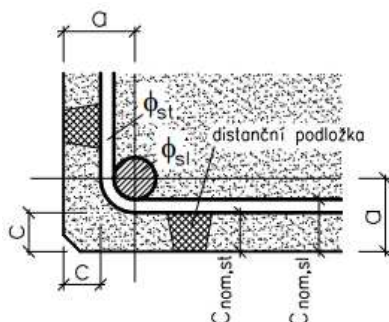
$c_{min,st}$... krytí třmínků

$$c_{min,b} = \Phi_{sl} = 14 \text{ mm}$$

$$c_{min,b,st} = \Phi_{st} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 30 \text{ mm (XC4 ; S4)}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm (doporučená)}$$



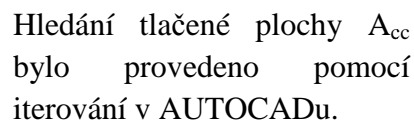
$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{30}{1,5}$$

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Z důvodu zmenšujícího se průřezu směrem k tlačným vláknům se hodnota výpočtové pevnosti betonu sníží o 10% => 0,9*f_{cd}

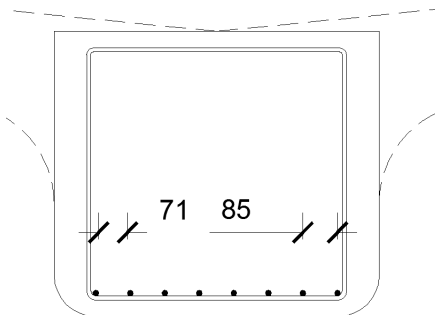


$b_t = 0,8 \text{ m}$ (pro T průřez
s tlačnou deskou)

$$A_{s,\min} > 0,0013 * 0,8 * 0,805 = 8,372 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Celková plocha bet.
průřezu A_c odečtena
z AUTOCADu

$$A_c = 1,14 \text{ m}^2$$



$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 1,14 = 0,0456 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,0456 \text{ m}^2 > A_{s,l} = 12,32 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ

KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s \leq 200 \text{ mm pro } A_{st,req}/A_{st} \geq 2/3$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\text{min.sv.vzd.} \geq \max \{ 1,2 * \Phi_{s,max}; d_g + 5; 20 \text{ mm} \}$$

$$\geq \max \{ 1,2 * 14; 32 + 5; 20 \text{ mm} \}$$

$$\geq 37 \text{ mm}$$

$\Phi_{st}=10\text{mm}$ -průměr třmínku

$\Phi_{sl}=14\text{mm}$ -průměr podélné
výztuže

c_{min} ... krytí podélné
výztuže

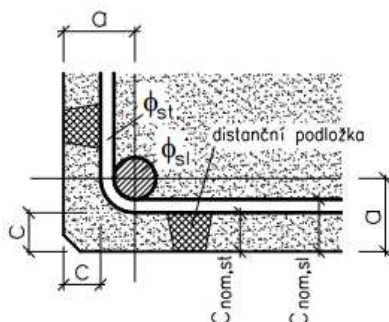
$c_{min,st}$... krytí třmínků

$c_{min,b} = \Phi_{sl} = 14\text{mm}$

$c_{min,b,st} = \Phi_{st} = 10\text{mm}$

$c_{min,dur} = 30\text{mm}$ (XC4 ; S4)

$\Delta c_{dev} = 10\text{mm}$ (doporučená)



$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{30}{1,5}$$

$$f_{cd} = 20\text{MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78\text{MPa}$$

4.7 POLE A - KONTROLA ÚNOSNOSTI PRŮVLAKU BEZ SPOLUPŮSOBENÍ EFEKTIVNÍ ŠÍŘKY DESKY

$$M_{ED} = 314,33 \text{ kNm}$$

KRYTÍ VÝZTUŽE:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm} \}$$

$$c_{min} = 30\text{mm}$$

$$c_{min,st} = \max \{ c_{min,b,st}; c_{min,dur}; 10\text{mm} \}$$

$$c_{min,st} = 30\text{mm}$$

$$c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$$

$$c_{nom,sl} = c_{min} + \Phi_{st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 + 10 = 50\text{mm}$$

$$\underline{c = c_{nom,st} = 40\text{mm}}$$

$$\underline{d_1} = c + \Phi_{st} + \Phi_{sl}/2 = 40 + 10 + 7 = 57 \text{ mm}$$

$$\underline{d} = h - d_1 = 700 - 57 = 643\text{mm}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{ED}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

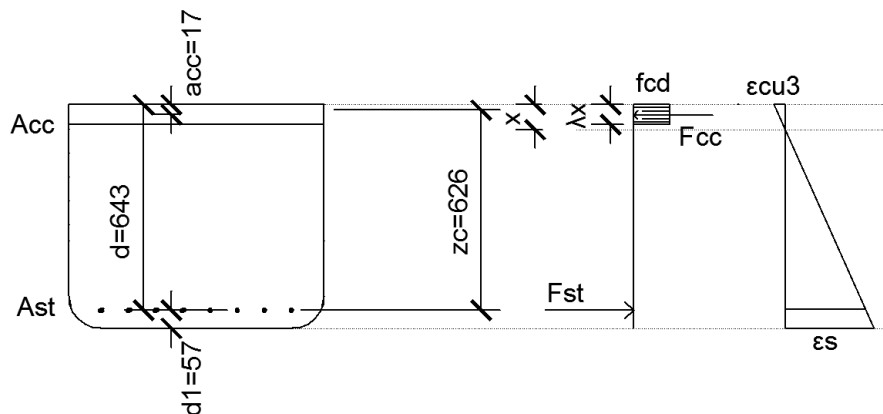
$$A_{s,req} = 0,8 * 0,643 * \frac{20}{434,78} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 314,33}{0,8 * 0,643^2 * 20 * 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 11,52 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

NÁVRH: 8Φ14mm

$$A_{sl} = 12,32 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{cc} = \frac{A_{sl} * f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{12,32 * 10^{-4} * 434,78}{20} = 0,027$$



Hledání tlačené plochy A_{cc} bylo provedeno pomocí iterování v AUTOCADu.

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200000} = 2,17\text{‰}$$

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

$$f_{yk} = 500\text{MPa}$$

$$b_t = 0,8 \text{ m}$$

$$\lambda x = 0,033 \text{ m}$$

$$x = \lambda x / 0,8 = 0,033 / 0,8 = 0,0413 \text{ m}$$

$$a_{cc} = 0,017 \text{ m}$$

$$z_c = d - a_{cc} = 0,643 - 0,017 = 0,626 \text{ m}$$

KONTROLA PŘETVOŘENÍ:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} * (h - d_1 - x) = \frac{3,5}{0,0413} * 0,602$$

$$\varepsilon_s = 51,02\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

KONTROLA ÚNOSNOSTI PRŮŘEZU:

$$M_{RD} = A_{st} * f_{yd} * z_c = 12,32 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3 * 0,626$$

$$M_{RD} = 335,3 \text{ kNm} > M_{ED} = 314,33 \text{ kNm} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

KONTROLA MÍRY VYZTUŽENÍ:

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 0,8 * 0,643 = 7,76 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

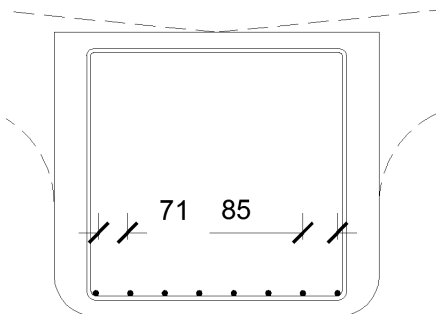
$$A_{s,min} = 7,76 * 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{sl} = 12,32 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} > 0,0013 * b_t * d$$

$$A_{s,min} > 0,0013 * 0,8 * 0,643 = 6,69 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Celková plocha bet.
průřezu A_c odečtena
z AUTOCADu

$$A_c = 0,56 \text{ m}^2$$



$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,56 = 0,0224 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,024 \text{ m}^2 > A_{sl} = 12,32 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ

KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s \leq 200 \text{ mm pro } A_{st,req}/A_{st} \geq 2/3$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\text{min.sv.vzd.} \geq \max \{ 1,2 * \Phi_{s,max}; d_g + 5; 20 \text{ mm} \}$$

$$\geq \max \{ 1,2 * 14; 32 + 5; 20 \text{ mm} \}$$

$$\geq 37 \text{ mm}$$

4.8 POLE B

$$M_{ED} = 223,6 \text{ kNm}$$

KRYTÍ VÝZTUŽE:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{min,st} = \max \{ c_{min,b,st}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm} \}$$

$$c_{min,st} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = \underline{40 \text{ mm}}$$

$$c_{nom,sl} = c_{min} + \Phi_{st} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 + 10 = \underline{50 \text{ mm}}$$

$$\underline{c = c_{nom,st} = 40 \text{ mm}}$$

$$\underline{d_1} = c + \Phi_{st} + \Phi_{sl}/2 = 40 + 10 + 7 = \underline{57 \text{ mm}}$$

$$\underline{d} = h - d_1 = 862 - 57 = \underline{805 \text{ mm}}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{ED}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 0,8 * 0,805 * \frac{20}{434,78} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 223,6}{0,8 * 0,805^2 * 20 * 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 6,46 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

NÁVRH: 5Φ14mm

$$A_{sl} = 7,7 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{cc} = \frac{A_{sl} * f_{yd}}{0,9 * f_{cd}} = \frac{7,7 * 10^{-4} * 434,78}{0,9 * 20} = 0,0186 \text{ m}^2$$

Φ_{st} =10mm-průměr třmínku

Φ_{sl} =14mm-průměr podélné výztuže

c_{min} ... krytí podélné výztuže

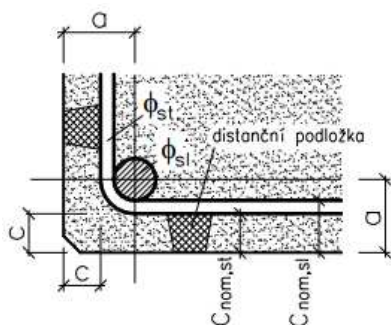
$c_{min,st}$... krytí třmínků

$$c_{min,b} = \Phi_{sl} = 14 \text{ mm}$$

$$c_{min,b,st} = \Phi_{st} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 30 \text{ mm (XC4 ; S4)}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm (doporučená)}$$



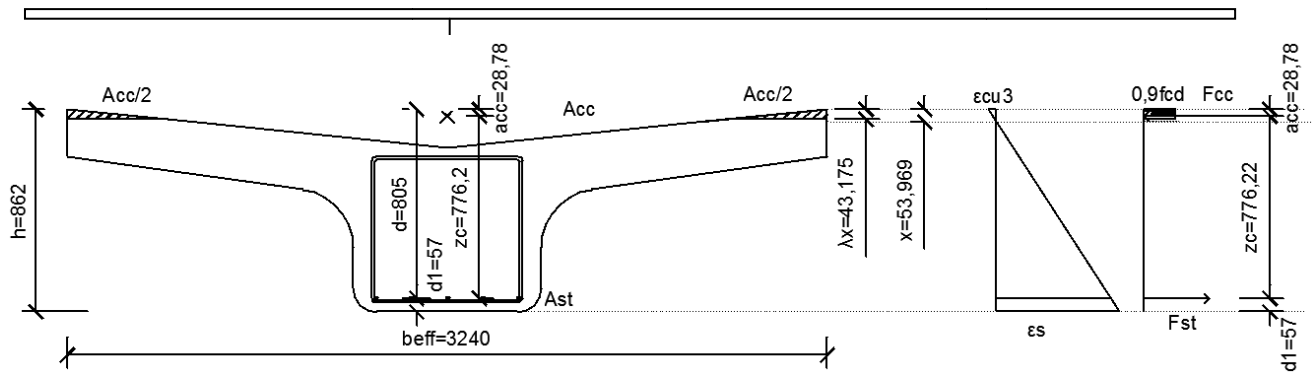
$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{30}{1,5}$$

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

Z důvodu zmenšujícího se průřezu směrem k tlačným vláknům se hodnota výpočtové pevnosti betonu sníží o 10% => $0,9 * f_{cd}$



Hledání tlačené plochy A_{cc} bylo provedeno pomocí iterování v AUTOCADu.

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200000} = 2,17\%$$

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

$$f_{yk} = 500\text{MPa}$$

$b_t = 0,8 \text{ m}$ (pro T průřez
s tlačnou deskou)

$$\lambda_x = 0,043175 \text{ m}$$

$$x = \lambda_x / 0,8 = 0,043175 / 0,8 = 0,053969 \text{ m}$$

$$a_{cc} = 0,02878$$

$$z_c = d - a_{cc} = 0,805 - 0,02878 = 0,77622 \text{ m}$$

KONTROLA PŘETVOŘENÍ:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} * (h - d_1 - x) = \frac{3,5}{0,053969} * 0,751031$$

$$\varepsilon_s = 48,71\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

KONTROLA ÚNOSNOSTI PRŮŘEZU:

$$M_{RD} = A_{st} * f_{yd} * z_c = 7,7 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3 * 0,77622$$

$$M_{RD} = 259,86 \text{ kNm} > M_{ED} = 223,6 \text{ kNm} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

KONTROLA MÍRY VYZTUŽENÍ:

$$A_{s,\min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d$$

$$A_{s,\min} = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 0,8 * 0,805 = 9,71 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min} = 9,71 * 10^{-4} \text{m}^2 \nless A_{st} = 7,7 * 10^{-4} \text{m}^2$$

$$A_{s,min} > 0,0013 * b_t * d$$

NEVYHOVÍ

$$A_{s,\min} > 0,0013 * 0,8 * 0,805 = 8,372 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

4.9 POLE B, C, D

NAVRŽENÁ VÝZTUŽ V POLI B NEVYHOVÍ Z HLEDISKA KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD NA MINIMÁLNÍ PLOCHU VÝZTUŽE $A_{s,min} = 9,71 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Z TOHOTO DŮVODU NAVRHUJI VÝZTUŽ STEJNOU JAKO V POLI A : $8\Phi 14\text{mm}$ $A_s = 12,32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. TÍM PÁDEM VZNIKNOU STEJNÉ MOMENTY M_{RD} . VZHLEDEM K VELIKOSTI MOMENTU V POLI C: $M_{ED} = 241,03 \text{ kNm}$ A V POLI D: $M_{ED} = 315,54 \text{ kNm}$, KTERÉ JSOU PŘIBLIŽNĚ STEJNÉ JAKO V POLI A a B NAVRHUJI VE VŠECH POLÍCH VÝZTUŽ TOTOŽNOU S VÝZTUŽÍ V POLI A. UVAŽUJI S HODNOTOU MOMENTU VYPOČTENOU PRO PŮSOBENÍ PRŮVLAKU BEZ SPOLUPŮSOBÍCÍ ŠÍŘKY.

POSOUZENÍ MOMENTŮ:

POLE A $M_{RD} = 335,3 \text{ kNm} \geq M_{ED} = 314,33 \text{ kNm}$

POLE B $M_{RD} = 335,3 \text{ kNm} \geq M_{ED} = 223,6 \text{ kNm}$

POLE C $M_{RD} = 335,3 \text{ kNm} \geq M_{ED} = 241,03 \text{ kNm}$

POLE D $M_{RD} = 335,3 \text{ kNm} \geq M_{ED} = 315,54 \text{ kNm}$

4.10 VÝPOČET KOTEVNÍCH DÉLEK

KOTEVNÍ DÉLKA PODPORA 1

$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$ (KONZERVATIVNÍ HODNOTA)

$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,333 = 3 \text{ MPa}$

$l_{b,rq,d} = \frac{\Phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{14}{4} \cdot \frac{434,78}{3} = 507,24 \text{ mm}$

$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rq,d} = 507,24 \text{ mm}$

NAVRHNUTO $l_{bd} = 510 \text{ mm}$

MINIMÁLNÍ KOTEVNÍ DÉLKA:

$l_{b,min} > \max. (0,3 \cdot l_{b,rq,d}; 10\Phi; 100\text{mm})$

$l_{b,min} > \max. (152; 140; 100\text{mm})$ VYHOVÍ

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 = 1,0$$

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctd} = 1,0 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 1,333 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1,0$$

$$\eta_2 = 1,0$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 = 1,0$$

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctd} = 1,0 * \frac{2,0}{1,5}$$

$$= 1,333 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1,0$$

$$\eta_2 = 1,0$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 = 1,0$$

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctd} = 1,0 * \frac{2,0}{1,5}$$

$$= 1,333 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1,0$$

$$\eta_2 = 1,0$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

KOTEVNÍ DÉLKA PODPORA 2, 3, 4

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa (KONZERVATIVNÍ HODNOTA)}$$

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} = 2,25 * 1 * 1 * 1,333 = 3 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rq,d} = \frac{\Phi}{4} * \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{20}{4} * \frac{434,78}{3} = 724,63 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rq,d} = 724,63 \text{ mm}$$

$$\text{NAVRHNUTO } l_{bd} = 730 \text{ mm}$$

MINIMÁLNÍ KOTEVNÍ DÉLKA:

$$l_{b,min} > \max. (0,3 * l_{b,rq,d}; 10\Phi; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,min} > \max. (218; 200; 100 \text{ mm}) \text{ VYHOVÍ}$$

KOTEVNÍ DÉLKA POLE A, B, C, D

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa (KONZERVATIVNÍ HODNOTA)}$$

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} = 2,25 * 1 * 1 * 1,333 = 3 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rq,d} = \frac{\Phi}{4} * \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{14}{4} * \frac{434,78}{3} = 507,24 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rq,d} = 507,24 \text{ mm}$$

$$\text{NAVRHNUTO } l_{bd} = 510 \text{ mm}$$

MINIMÁLNÍ KOTEVNÍ DÉLKA:

$$l_{b,min} > \max. (0,3 * l_{b,rq,d}; 10\Phi; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,min} > \max. (153; 140; 100 \text{ mm}) \text{ VYHOVÍ}$$

5 DIMENZOVÁNÍ PRŮVLAKU –SMYK

$V_{Rd,c} \leq V_{Ed,(x)} \rightarrow$ VYŽADUJE SE NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

$V_{Rd,c} > V_{Ed,(x)} \rightarrow$ NEVYŽADUJE SE NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

ÚNOSNOST BETONU VE SMYKU:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 * \sigma_{cp} \right] * b_w * d$$

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

$$k_1 * \sigma_{cp} = 0,15 * \sigma_{cp} = 0 \text{ BEZ VLIVU NORMÁLOVÉ SÍLY}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{640}} = 1,559 \leq 2,0$$

$$d = 640 \text{ mm}$$

$$b_w = 800 \text{ mm}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{4,62 * 10^{-4}}{0,8 * 0,64} = 9,023 * 10^{-4} \leq 0,02$$

A_{sl} ... plocha tahové výztuže zakotvená na délku l_{bd}

A_{sl} ... do podpory zakotvíme $3\Phi 14 \text{ mm}$

$$A_{sl} = 4,62 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 * 1,559 * (100 * 9,023 * 10^{-4} * 30)^{\frac{1}{3}} \right] * 800 * 640$$

$$V_{Rd,c} = 133,491 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq (v_{\min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

$$v_{\min} = 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 * 1,559^{\frac{3}{2}} * 30^{\frac{1}{2}} = 0,373$$

$$V_{Rd,c} = 133,492 \text{ kN} \not\geq (0,373 + 0) * 800 * 640 = 190,976 \text{ kN}$$

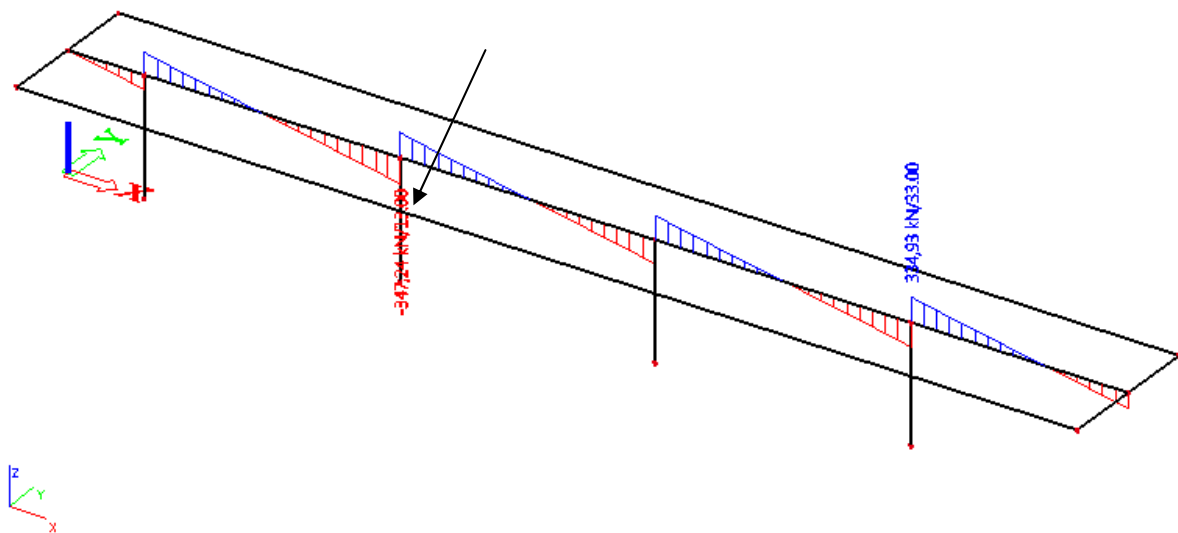
$$V_{Rd,c} = 190,976 \text{ kN}$$

U prvků namáhaných převážně rovnoměrným zatížením není třeba posuzovat návrhovou posouvající sílu do vzdálenosti „d“ od líce uložení. Posouvající sílu $V_{ED,1}$ v řezu vzdáleného „ a_1+d “ od podpory určíme pomocí řezu na prutu v softwaru SCIA.

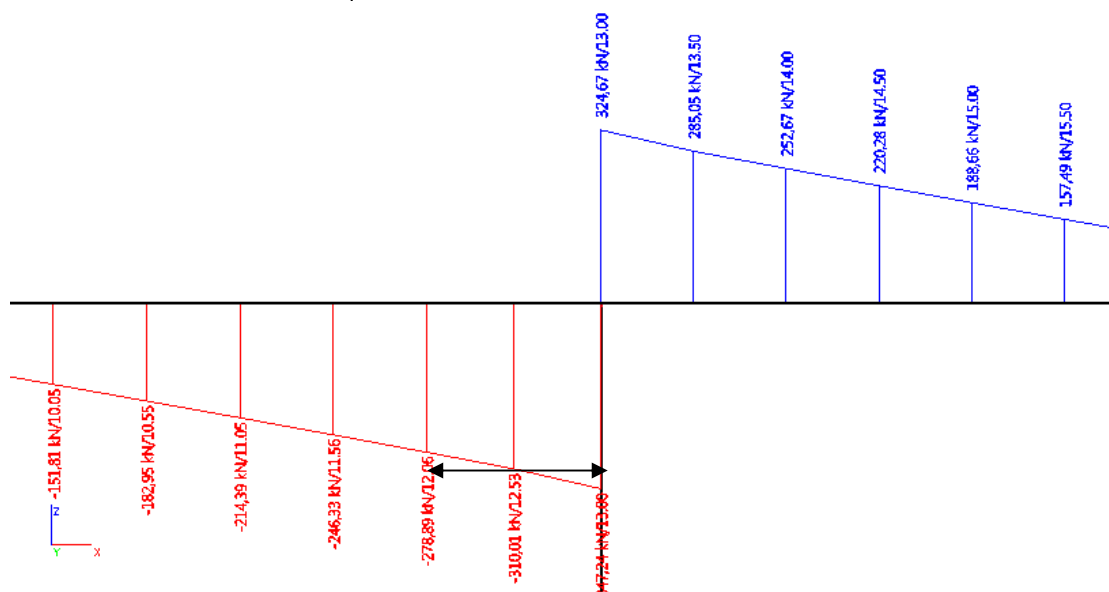
Vzdálenost $a_1+d = 0,3m + 0,64m = 0,94m$

Posuzovat budeme na největší posouvající sílu – PODPORA 1

PRŮBĚH POSOUVAJÍCÍCH SIL:



VÝŘEZ POSOUVAJÍCÍCH SIL NAD PODPOROU 1:



Obr 11a Průběh posouvajících sil nad PODPOROU 1

$a_1+d = 0,94m$

$V_{Ed,1} = 278,89 \text{ kN}$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{30}{1,5}$$

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$b_w = 0,8 \text{ m}$$

$$z = 0,9d = 0,9 * 0,64$$

$$z = 0,576 \text{ m}$$

$$\cotg\theta = 2,5$$

$$A_{sw} = 4\Phi 10 \text{ mm}$$

$$A_{sw} = 3,14 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ywd} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

s... osová vzd. větví třmínku

$$z * \cotg\theta = 0,576 * 2,5$$

$$z * \cotg\theta = 1,44$$

$$\alpha = 90^\circ \text{ úhel třmínků}$$

$$V_{Rd,c} \leq V_{Ed,1} \quad 190,976 \not\leq 278,89$$

→ VYŽADUJE SE NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

ÚNOSNOST TLAKOVÝCH DIAGONÁL:

$$|V_{Ed}| \leq V_{Rd,max}$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * v * f_{cd} * b_w * z * \frac{\cotg\theta}{1 + \cotg^2\theta}$$

$$V_{Rd,max} = 1,0 * 0,528 * 20 * 10^3 * 0,8 * 0,576 * \frac{2,5}{1 + 2,5^2}$$

$$V_{Rd,max} = 1677,95 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| \leq V_{Rd,max} \quad \text{VYHOVÍ}$$

ÚNOSNOST SM. VÝZTUŽE V ŠIKMÉ TRHLINĚ:

Z konstrukčního hlediska navrhuji 4-střížné třmínky $\Phi 10 \text{ mm}$

$$|V_{Ed}| \leq V_{Rd,s}$$

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

$$V_{Rd,s} = V_{Ed,1}$$

$$s = \frac{A_{sw} * z * f_{ywd}}{V_{Ed,1}} * \cotg\theta$$

$$s = \frac{3,14 * 10^{-4} * 0,576 * 434,78 * 10^3}{278,89} * 2,5 = 0,704 \text{ m}$$

NÁVRH: 4 STŘIŽNÉ TŘMÍNKY $\Phi 10/400$

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

$$V_{Rd,s} = \frac{3,14 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3}{0,4} * 1,44 = 491,48 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 278,89 \leq V_{Rd,s} = 491,48 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

KONSTRUKČNÍ ZÁSADY:

Minimální stupeň vyztužení:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 * \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 * \sqrt{30}}{500} = 8,764 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w * s} = \frac{3,14 * 10^{-4}}{0,8 * 0,4} = 9,81 * 10^{-4}$$

$$\rho_w > \rho_{w,min} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Maximální podélná vzdálenost třmínků:

$$s_{1,max} = 0,75 * d * (1 + \cot \alpha) = 0,75 * 0,64 * 1 = 0,48 \text{ m}$$

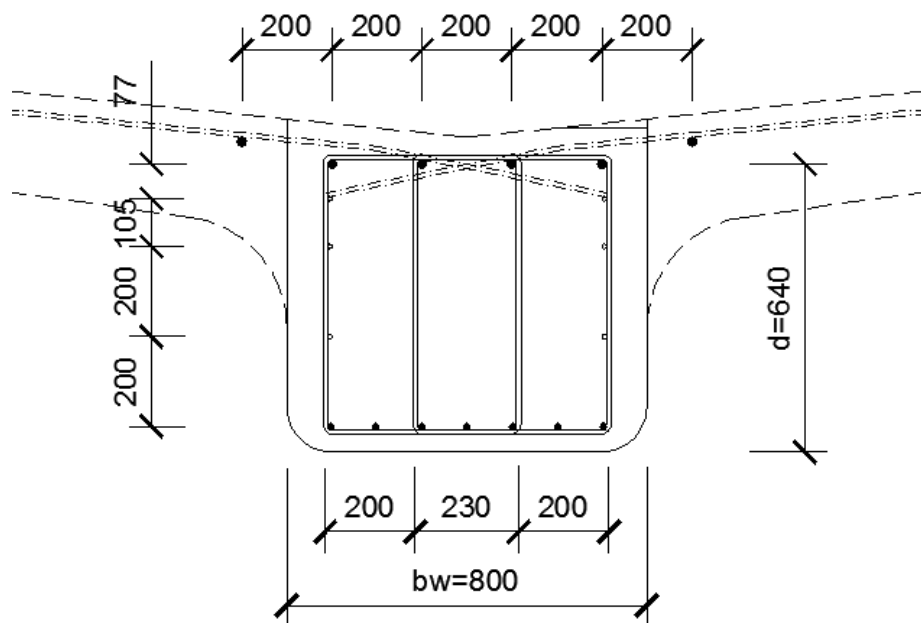
$$s_{1,max} \leq 400 \text{ mm}$$

Maximální příčná vzdálenost větví třmínků:

$$s_{t,max} = 0,75 * d = 0,75 * 0,64 = 0,48 < 0,6 \text{ m} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Maximální podélná vzdálenost ohybů:

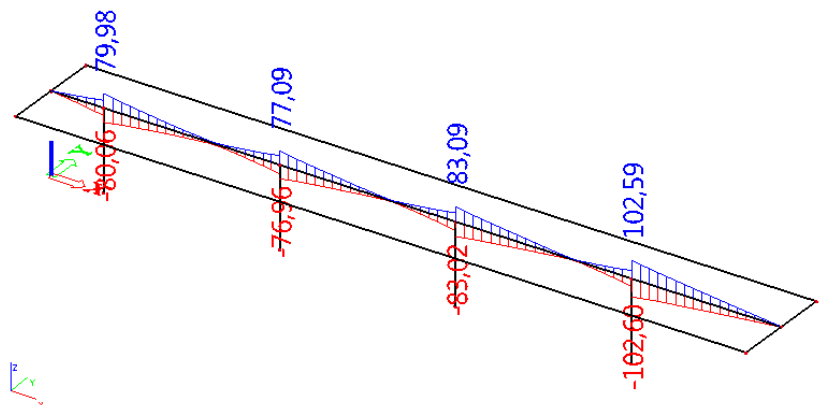
$$s_{b,max} = 0,6 * d = 0,6 * 0,64 = 0,384 \text{ m}$$



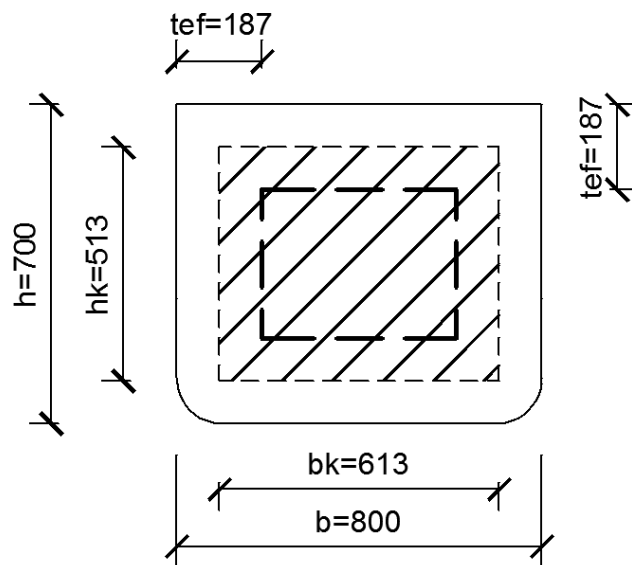
Obr 11b rozmístění třmínků

6 DIMENZ. PRŮVLAKU- KROUCENÍ

PRŮBĚH KROUTÍCÍCH MOMENTŮ M_x :



Maximální krouťící moment vznikl kombinací stálého zatížení, ostatního stálého zatížení, návějí sněhu zprava a příčného větru zleva.



$$A = b * h = 0,8 * 0,7 = 0,56 \text{ m}^2$$

$$u = 2 * (b * h) = 2 * (0,8 * 0,7) = 3 \text{ m}$$

$$t_{ef} = \frac{A}{u} = \frac{0,56}{3} = 0,187 \text{ m}$$

$$b_k = b - t_{ef} = 0,8 - 0,187 = 0,613 \text{ m}$$

$$h_k = h - t_{ef} = 0,7 - 0,187 = 0,513 \text{ m}$$

$$u_k = 2 * (b_k + h_k) = 2 * (0,613 + 0,513) = 2,252 \text{ m}$$

$$A_k = b_k * h_k = 0,613 * 0,513 = 0,3145 \text{ m}^2$$

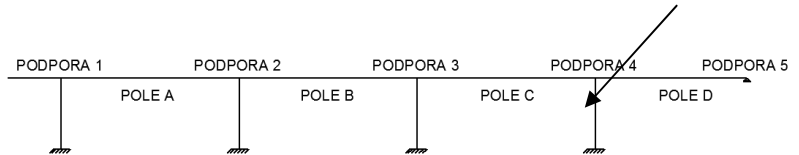
$$T_{Rd,c} = 2 * A_k * t_{ef} * f_{ctd} = 2 * 0,3145 * 0,187 * 1,333 * 10^3$$

$$T_{Rd,c} = 156,8 \text{ kNm} \geq T_{Ed} = 102,6 \text{ kNm} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

NENÍ NUTNO NAVRHOVAT TŘMÍNKOVOU
VÝZTUŽ PROTI KROUCENÍ

7 DIMENZOVÁNÍ SLOUPU - SL4

Posuzován je nejvíce namáhaný sloup kruhového profilu SL4



7.1 VÝPOČET SLOUPU KOLMO NA RÁM

Kombinace provedeny pomocí SW SCIA ENGINEER 2013.1

1. Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Lokální, Systém : LSS, Žebro / integrační pás
Výběr : SL4

Kombinace : CO1

Prvek	cs	dx	stav	N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
		[m]		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SL4	CS1 - Kruh	0,000	CO1/4	-703,71	0,00	2,96	0,00	-6,75	0,00
SL4	CS1 - Kruh	0,000	CO1/17	-646,51	-1,14	2,73	1,00	-6,22	-144,66
SL4	CS1 - Kruh	0,000	CO1/20	-646,51	1,13	2,73	-1,01	-6,22	144,62
SL4	CS1 - Kruh	0,000	CO1/19	-646,51	0,63	2,73	-1,11	-6,22	117,94
SL4	CS1 - Kruh	0,000	CO1/21	-646,51	-0,64	2,73	1,10	-6,22	-117,98
SL4	CS1 - Kruh	4,593	CO1/17	-609,95	-1,14	2,73	1,00	6,32	-149,90
SL4	CS1 - Kruh	4,593	CO1/19	-609,95	0,63	2,73	-1,11	6,32	120,83
SL4	CS1 - Kruh	4,593	CO1/52	-660,66	0,44	2,96	-0,53	6,86	67,68
SL4	CS1 - Kruh	4,593	CO1/20	-609,95	1,13	2,73	-1,01	6,32	149,80

KOMBINACE PATA

1)	max M	-144,66	kNm	odp. N	-646,51	kN
2)	min M	0	kNm	odp. N	-703,71	kN
3)	odp.M	0	kNm	maxN	-703,71	kN
4)	odp.M	-144,66	kNm	min N	-646,51	kN

KOMBINACE HLAVA

5)	max M	-149,9	kNm	odp. N	-609,95	kN
6)	min M	67,68	kNm	odp. N	-660,66	kN
7)	odp.M	67,68	kNm	maxN	-660,66	kN
8)	odp.M	-149,9	kNm	min N	-609,95	kN

1)	N _{ed,1}	-646,51	kN	M _{TOP,1}	-149,9	kNm	M _{BOT,1}	-144,66	kNm
2)	N _{ed,2}	-703,71	kN	M _{TOP,2}	0	kNm	M _{BOT,2}	0	kNm
3)	N _{ed,3}	-609,95	kN	M _{TOP,3}	-149,9	kNm	M _{BOT,3}	-144,66	kNm
4)	N _{ed,4}	-660,66	kN	M _{TOP,4}	67,68	kNm	M _{BOT,4}	65,65	kNm
				M _{TOP,i}	moment v hlavě		M _{BOT,i}	moment v patě	

Účinky návrhového zatížení N_{ed}, M_{TOP}, M_{BOT}



$$l_0 = 2 \cdot l = 2 \cdot 4,6 = \underline{9,2\text{m}}$$

$$A=0,7$$

$$B=1,1$$

$$C=0,7 \text{ (KOLMO NA RÁM)}$$

$$A_c = 0,2827 \text{ m}^2$$

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

STANOVENÍ ÚČINNÉ DÉLKY l A ŠTÍHLOSTI λ :

$$\lambda = \frac{4,0 \cdot l_0}{d} = \frac{4,0 \cdot 9,2}{0,6} = 61,33$$

d... průměr kruhového sloupu

STANOVENÍ λ_{lim}

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n_i}} = \frac{20 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{n_i}} = \frac{10,78}{\sqrt{n_i}}$$

$$n_i = \frac{|N_{Ed,i}|}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{|N_{Ed,i}|}{5,654 \cdot 10^6}$$

$$n_1 = \frac{|N_{Ed,1}|}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{|-646,51 \cdot 10^3|}{5,654 \cdot 10^6} = 0,114$$

$$n_2 = \frac{|N_{Ed,2}|}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{|-703,71 \cdot 10^3|}{5,654 \cdot 10^6} = 0,124$$

$$n_3 = \frac{|N_{Ed,3}|}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{|-609,95 \cdot 10^3|}{5,654 \cdot 10^6} = 0,108$$

$$n_4 = \frac{|N_{Ed,4}|}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{|-660,66 \cdot 10^3|}{5,654 \cdot 10^6} = 0,117$$

$$\lambda_{lim,1} = \frac{10,78}{\sqrt{n_1}} = 31,92 < \lambda = 61,33$$

$$\lambda_{lim,2} = \frac{10,78}{\sqrt{n_2}} = 30,61 < \lambda = 61,33$$

$$\lambda_{lim,3} = \frac{10,78}{\sqrt{n_3}} = 32,80 < \lambda = 61,33$$

$$\lambda_{lim,4} = \frac{10,78}{\sqrt{n_4}} = 31,52 < \lambda = 61,33$$

ÚČINKY DRUHÉHO ŘÁDU NESMÍME ZANEDBAT!!!

$\lambda \leq 75 \Rightarrow$ JEDNÁ SE O ŠTÍHLÝ SLOUP

STANOVENÍ MOMENTŮ 1.ŘÁDU S VLIVEM
IMPERFEKČÍ:

$$M_{02,i} = \max(|M_{TOP,i}|; |M_{BOT,i}| + e_i * N_{Ed,i})$$

$$M_{01,i} = \min(|M_{TOP,i}|; |M_{BOT,i}| + e_i * N_{Ed,i})$$

$$e_i = \max\left(\frac{l_0}{400}; \frac{b}{30}; 20\right)$$

$$e_i = 0,023 \text{ m}$$

$$M_{02,1} = \max(149,9 ; 159,53) = 159,53 \text{ kNm}$$

$$M_{02,2} = \max(0 ; 16,185) = 16,185 \text{ kNm}$$

$$M_{02,3} = \max(149,9 ; 158,69) = 158,69 \text{ kNm}$$

$$M_{02,4} = \max(67,68 ; 80,85) = 80,85 \text{ kNm}$$

$$M_{01,1} = \min(149,9 ; 159,53) = 149,9 \text{ kNm}$$

$$M_{01,2} = \min(0 ; 16,185) = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{01,3} = \min(149,9 ; 158,69) = 149,9 \text{ kNm}$$

$$M_{01,4} = \min(67,68 ; 80,85) = 67,68 \text{ kNm}$$

EKVIVALENTNÍ HODNOTY KONCOVÝCH MOMENTŮ:

$$M_{0e,i} = (0,6 * M_{TOP,i} + 0,4 * M_{BOT,i}) + e_i * |N_{Ed,i}|$$

$$M_{0e,1} = (147,804) + 14,87 = 162,674 \text{ kNm}$$

$$M_{0e,2} = (0) + 16,19 = 16,19 \text{ kNm}$$

$$M_{0e,3} = (147,804) + 14,03 = 161,83 \text{ kNm}$$

$$M_{0e,4} = (66,868) + 15,20 = 82,068 \text{ kNm}$$

STANOVENÍ OPRAVNÉHO SOUČiniteLE K_r :

$$K_{r,i} = \frac{(n_u - n_i)}{(n_u - n_{bal})} \leq 1$$

$$n_u = 1 + \omega = 1,193$$

$$\omega = \frac{A_{s,est} * f_{yd}}{(A_c * f_{cd})} = \frac{25,23 * 10^{-4} * 434,78 * 10^6}{0,2827 * 20 * 10^6} = 0,193$$

$A_{s,est}$ = předp. plocha výztuže

$$A_{s,est} = 8\Phi 20\text{mm} = 25,13 * 10^{-4} \text{m}^2$$

$$n_{bal} = 0,4$$

$$n_1 = 0,114$$

$$n_2 = 0,124$$

$$n_3 = 0,108$$

$$n_4 = 0,117$$

$$K_{r,1} = \frac{(1,193 - 0,114)}{(1,193 - 0,4)} = 1,36 \leq 1$$

$$K_{r,2} = \frac{(1,193 - 0,124)}{(1,193 - 0,4)} = 1,348 \leq 1$$

$$K_{r,3} = \frac{(1,193 - 0,108)}{(1,193 - 0,4)} = 1,368 \leq 1$$

$$K_{r,4} = \frac{(1,193 - 0,117)}{(1,193 - 0,4)} = 1,357 \leq 1$$

STANOVENÍ SOUČiniteLE ZOHLEDŇUJÍCÍ DOTVAROVÁNÍ:

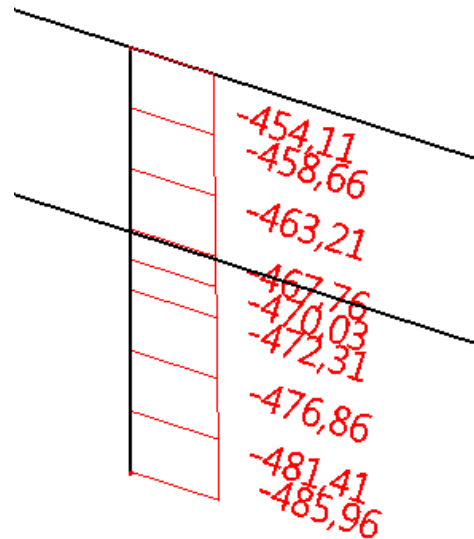
$$K_{\varphi,i} = 1 + \beta \varphi_{ef,i} \geq 1$$

$$\varphi_{ef,i} = \frac{\varphi_{(\infty,t_0)} * M_{0,Eqp}}{M_{0Ed,i}}$$

$$\beta = 0,35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0,091$$

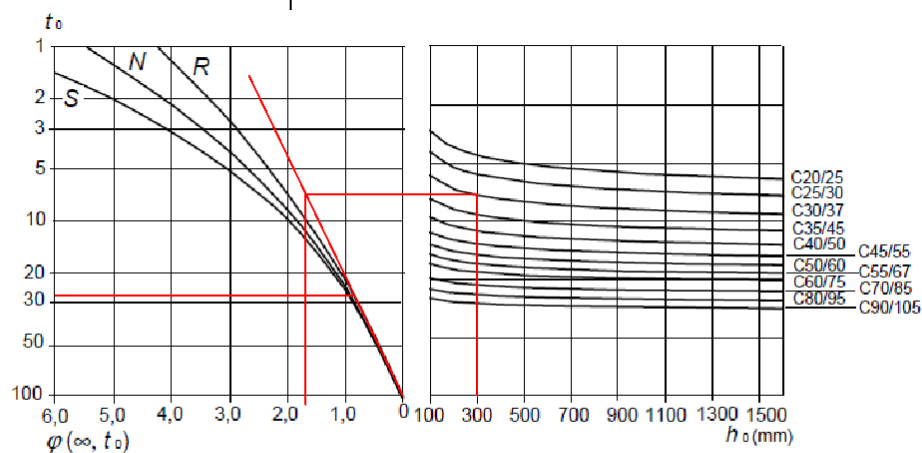
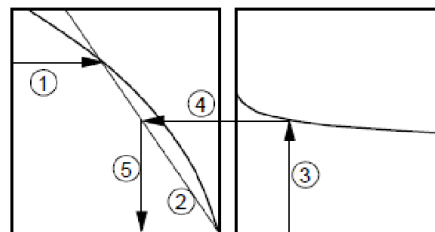
$M_{0,Eqp}$... ohybový moment pro kvazistálé zatížení (MSP)

$$M_{0,Eqp} = 0 + e_i \cdot N_{Ed,KVAZI} = 0,023 \cdot 454,11 = 10,45 \text{ kNm}$$



Obr 12 Průběh N_{Ed} sloup SL4

KONEČNÝ SOUČINITEL DOTVAROVÁNÍ $\varphi_{(\infty, t_0)} = 1,7$



b) vnější prostředí – RH = 80 %

Obrázek 3.1 – Postup stanovení součinitele dotvarování $\varphi_{(\infty, t_0)}$ pro beton uložený v běžném prostředí

Obr 13 Stanovení součinitele dotvarování

	$\varphi_{ef,i} = \frac{\varphi_{(\infty,t_0)} * M_{0,Eqp}}{M_{0Ed,i}}$
	$\varphi_{ef,1} = \frac{\varphi_{(\infty,t_0)} * M_{0,Eqp}}{M_{0Ed,1}} = \frac{1,7 * 10,45}{162,674} = 0,1092$
	$\varphi_{ef,2} = \frac{\varphi_{(\infty,t_0)} * M_{0,Eqp}}{M_{0Ed,2}} = \frac{1,7 * 10,45}{16,19} = 1,097$
	$\varphi_{ef,3} = \frac{\varphi_{(\infty,t_0)} * M_{0,Eqp}}{M_{0Ed,3}} = \frac{1,7 * 10,45}{161,83} = 0,11$
	$\varphi_{ef,4} = \frac{\varphi_{(\infty,t_0)} * M_{0,Eqp}}{M_{0Ed,4}} = \frac{1,7 * 10,45}{82,068} = 0,216$
	$K_{\varphi,i} = 1 + \beta \varphi_{ef,i} \geq 1$
	$K_{\varphi,1} = 1 + 0,091 * 0,1092 = 1,01 \geq 1$
	$K_{\varphi,2} = 1 + 0,091 * 1,097 = 1,1 \geq 1$
	$K_{\varphi,3} = 1 + 0,091 * 0,11 = 1,01 \geq 1$
	$K_{\varphi,4} = 1 + 0,091 * 0,216 = 1,02 \geq 1$
	$e_{2,i} = 0,1 * \frac{K_{r,i} * K_{\varphi,i} * f_{yd}}{0,45 * d * E_s} * l_0^2$
d – účinná výška průřezu	$e_{2,1} = 0,1 * \frac{1 * 1,01 * 434,78 * 10^6}{0,45 * 0,54 * 210 * 10^9} * 9,2^2 = 0,073m$
$d = h - c - \Phi_{pod} \frac{\Phi_{pod}}{2}$	$e_{2,2} = 0,1 * \frac{1 * 1,1 * 434,78 * 10^6}{0,45 * 0,54 * 210 * 10^9} * 9,2^2 = 0,08m$
$d = 0,6 - 0,04 - 0,01 - \frac{0,02}{2}$	$e_{2,3} = 0,1 * \frac{1 * 1,01 * 434,78 * 10^6}{0,45 * 0,54 * 210 * 10^9} * 9,2^2 = 0,073m$
d = 0,54m	$e_{2,4} = 0,1 * \frac{1 * 1,02 * 434,78 * 10^6}{0,45 * 0,54 * 210 * 10^9} * 9,2^2 = 0,074m$
$E_s = 210 \text{ GPa}$	
$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$	

$$M_{2,i} = N_{Ed,i} * e_{2,i}$$

$$M_{2,1} = 646,51 * 0,073 = 47,2 \text{ kNm}$$

$$M_{2,2} = 703,71 * 0,08 = 56,3 \text{ kNm}$$

$$M_{2,3} = 609,95 * 0,073 = 44,53 \text{ kNm}$$

$$M_{2,4} = 660,66 * 0,074 = 48,89 \text{ kNm}$$

STANOVENÍ NÁVRHOVÉHO MOMENTU M_{Ed}

$$M_{Ed,i} = \max(M_{02,i}; M_{0e,i} + M_{2,i}; M_{01,i} + 0,5 * M_{2,i})$$

$$M_{Ed,1} = \max(159,53 ; 209,874 ; 173,5)$$

$$M_{Ed,2} = \max(16,185 ; 72,49 ; 28,15)$$

$$M_{Ed,3} = \max(158,69 ; 206,36 ; 172,165)$$

$$M_{Ed,4} = \max(80,85 ; 130,96 ; 92,125)$$

**VÝSLEDNÉ HODNOTY NÁVRHOVÉHO MOMENTU
A NORMÁLOVÉ SÍLY:**

$$M_{Ed,1} = -209,874 \text{ kNm} \quad N_{Ed,1} = -646,51 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,2} = 72,49 \text{ kNm} \quad N_{Ed,2} = -703,71 \text{ kN}$$

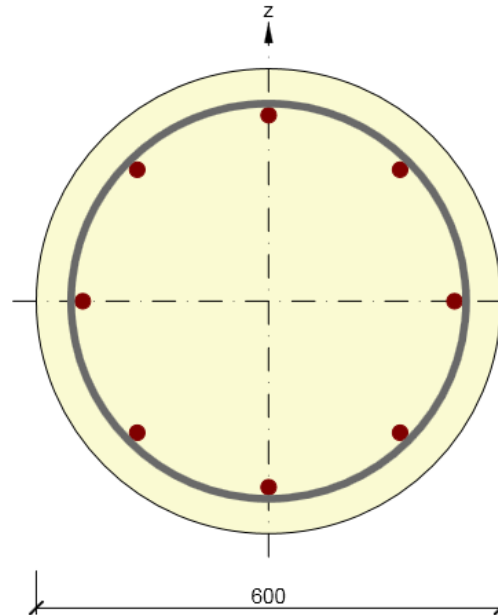
$$M_{Ed,3} = -206,36 \text{ kNm} \quad N_{Ed,3} = -609,95 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,4} = 130,96 \text{ kNm} \quad N_{Ed,4} = -660,66 \text{ kN}$$

BODY INTERAKČNÍHO DIAGRAMU KRUHOVÉHO
SLOUPU BYLY VYPOČTENY POMOCÍ SW IDEA
StatiCa :

Krytí třmínků $c = 40\text{mm}$
(viz Průvlak)

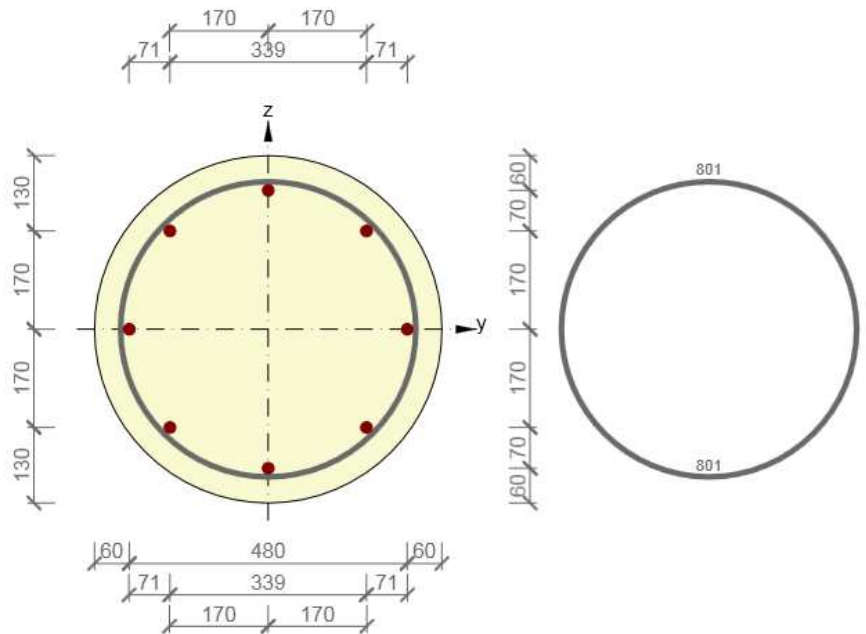
Vyztužený průřez: SL4



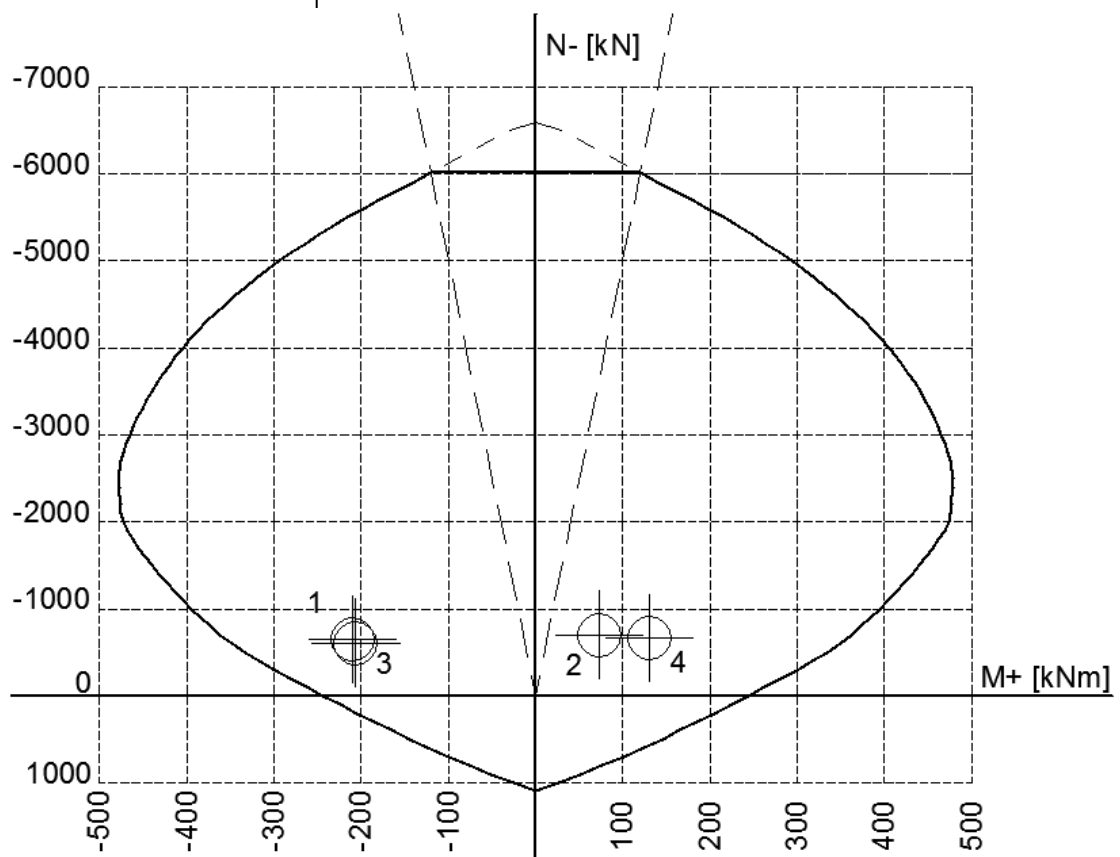
Beton: C30/37
Stáří: 28,0 d
Výztuž: (B 500B)
1 \varnothing 20, Pozice 0, 240 mm
2 \varnothing 20, $z = 170$ mm
2 \varnothing 20, $z = 0$ mm
2 \varnothing 20, $z = -170$ mm
1 \varnothing 20, Pozice 0, -240 mm
Třmínky:
 \varnothing 10 - 200 mm
Krytí:
Rovnoměrné krytí: 40 mm

Obr 14 Vyztužení kruhového sloupu SL4

Vyztužený průřez : SL4



Obr 15 Rozmístění výztuže kruhového sloupu SL4



Obr 16 Interakční diagram sloupu S4 v rovině kolmo na rám

Souřadnice bodů interakčního diagramu:

$$M_{Ed,1} = -209,874 \text{ kNm} \quad N_{Ed,1} = -646,51 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,2} = 72,49 \text{ kNm} \quad N_{Ed,2} = -703,71 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,3} = -206,36 \text{ kNm} \quad N_{Ed,3} = -609,95 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,4} = 130,96 \text{ kNm} \quad N_{Ed,4} = -660,66 \text{ kN}$$

Omezení interakčního diagramu v oblasti dostředného tlaku s uvažováním min. výstřednosti tlakové normálové síly .

$$e_0 = \frac{h}{30} = \frac{0,6}{30} = 0,02 \geq 0,02$$

Výstřednost je v interakčním diagramu znázorněna čárkovanou čarou vycházejícím z počátku pod úhlem

$$\arctg(e_0) = 1,146^\circ$$

KONSTRUKČNÍ ZÁSADY SLOUPU SL4

KONTROLA MÍRY VYZTUŽENÍ:

$$A_{s,min} = \frac{0,1 * N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{0,1 * 609,95 * 10^3}{434,78 * 10^9} = 1,40 * 10^{-7} m^2$$

$$A_{s,min} = 1,40 * 10^{-7} m^2 < A_{sl} = 25,13 * 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,min} > 0,002 * A_c = 0,002 * 0,283 = 5,66 * 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,min} > 5,66 * 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,283 = 0,0113 m^2$$

$$A_{s,max} = 0,0113 m^2 > A_{sl} = 25,13 * 10^{-4} m^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ

KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad 184 \text{ mm} \leq 400 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\min.s.v.vzd. \geq \max\{1,2 * \Phi_{s,max}; d_g + 5; 20 \text{ mm}\}$$

$$\geq \max\{1,2 * 20; 32 + 5; 20 \text{ mm}\}$$

$$\geq 37 \text{ mm} \quad \text{VYHOVÍ}$$

MINIMÁLNÍ POČET VÝZTUŽE KRUH. SLOUPU:

$$4k_s < 8k_s \quad \text{VYHOVÍ}$$

MINIMÁLNÍ PODÉLNÁ VZDÁLENOST TŘMÍNKŮ:

$$s_s \leq \min(15 \Phi_{l,min}; \min(b, h); 300 \text{ mm})$$

$$s_s \leq \min(15 * 20; \min(600; 600); 300 \text{ mm})$$

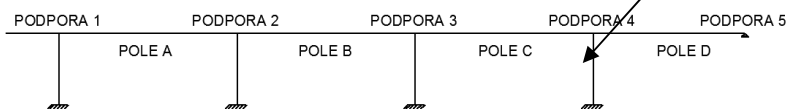
$$s_s = 200 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \text{VYHOVÍ}$$

MINIMÁLNÍ PRŮMĚR TŘMÍNKŮ:

$$\Phi \geq \max(6 \text{ mm}; 0,25 \Phi_{l,max}) = \max(6; 5) \text{ mm} \geq 6 \text{ mm}$$

VYHOVÍ

Posuzován je nejvíce namáhaný sloup kruhového profilu SL4



7.2 VÝPOČET SLOUPU V ROVINĚ RÁMU

Kombinace provedeny pomocí SW SCIA ENGINEER 2013.1

1. Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Lokální, Systém : LSS, Žebro / integrační pás

Výběr : SL4

Kombinace : CO1

Prvek	css	dx [m]	stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
SL4	CS1 - Kruh	0,000	CO1/4	-703,71	0,00	2,96	0,00	-6,75	0,00
SL4	CS1 - Kruh	0,000	CO1/17	-646,51	-1,14	2,73	1,00	-6,22	-144,66
SL4	CS1 - Kruh	0,000	CO1/20	-646,51	1,13	2,73	-1,01	-6,22	144,62
SL4	CS1 - Kruh	0,000	CO1/19	-646,51	0,63	2,73	-1,11	-6,22	117,94
SL4	CS1 - Kruh	0,000	CO1/21	-646,51	-0,64	2,73	1,10	-6,22	-117,98
SL4	CS1 - Kruh	4,593	CO1/17	-609,95	-1,14	2,73	1,00	6,32	-149,90
SL4	CS1 - Kruh	4,593	CO1/19	-609,95	0,63	2,73	-1,11	6,32	120,83
SL4	CS1 - Kruh	4,593	CO1/52	-660,66	0,44	2,96	-0,53	6,86	67,68
SL4	CS1 - Kruh	4,593	CO1/20	-609,95	1,13	2,73	-1,01	6,32	149,80

KOMBINACE PATA

1)	max M	-6,75	kNm	odp. N	-703,71	kN
2)	min M	-6,22	kNm	odp. N	-646,51	kN
3)	odp.M	-6,75	kNm	maxN	-703,71	kN
4)	odp.M	-6,22	kNm	min N	-646,51	kN

KOMBINACE HLAVA

5)	max M	6,86	kNm	odp. N	-660,66	kN
6)	min M	6,32	kNm	odp. N	-609,95	kN
7)	odp.M	6,86	kNm	maxN	-660,66	kN
8)	odp.M	6,32	kNm	min N	-609,95	kN

1)	$N_{ed,1}$	-646,51	kN	$M_{TOP,1}$	6,32	kNm	$M_{BOT,1}$	-6,22	kNm
2)	$N_{ed,2}$	-703,71	kN	$M_{TOP,2}$	6,86	kNm	$M_{BOT,2}$	-6,75	kNm
3)	$N_{ed,3}$	-609,95	kN	$M_{TOP,3}$	6,32	kNm	$M_{BOT,3}$	-6,22	kNm
4)	$N_{ed,4}$	-660,66	kN	$M_{TOP,4}$	6,86	kNm	$M_{BOT,4}$	-6,75	kNm

$M_{TOP,i}$ moment
v hlavě

$M_{BOT,i}$ moment
v patě

Účinky návrhového zatížení N_{ed} , M_{TOP} , M_{BOT}



b) $l_0 = 2l$

$$l_0 = 2 \cdot l = 2 \cdot 4,6 = \underline{9,2\text{m}}$$

$$A=0,7$$

$$B=1,1$$

$$C=2,2 \text{ (VE SMĚRU RÁMU)}$$

$$A_c = 0,2827 \text{ m}^2$$

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

STANOVENÍ ÚČINNÉ DÉLKY l A ŠTÍHLOSTI λ :

$$\lambda = \frac{4,0 \cdot l_0}{d} = \frac{4,0 \cdot 9,2}{0,6} = 61,33$$

d ... průměr kruhového sloupu

STANOVENÍ λ_{lim}

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n_i}} = \frac{20 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 2,2}{\sqrt{n_i}} = \frac{33,88}{\sqrt{n_i}}$$

$$n_i = \frac{|N_{Ed,i}|}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{|N_{Ed,i}|}{5,654 \cdot 10^6}$$

$$n_1 = \frac{|N_{Ed,1}|}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{|-646,51 \cdot 10^3|}{5,654 \cdot 10^6} = 0,114$$

$$n_2 = \frac{|N_{Ed,2}|}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{|-703,71 \cdot 10^3|}{5,654 \cdot 10^6} = 0,124$$

$$n_3 = \frac{|N_{Ed,3}|}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{|-609,95 \cdot 10^3|}{5,654 \cdot 10^6} = 0,108$$

$$n_4 = \frac{|N_{Ed,4}|}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{|-660,66 \cdot 10^3|}{5,654 \cdot 10^6} = 0,117$$

$$\lambda_{lim,1} = \frac{33,88}{\sqrt{n_1}} = 100,34 > \lambda = 61,33$$

$$\lambda_{lim,2} = \frac{33,88}{\sqrt{n_2}} = 96,21 > \lambda = 61,33$$

$$\lambda_{lim,3} = \frac{33,88}{\sqrt{n_3}} = 103,09 > \lambda = 61,33$$

$$\lambda_{lim,4} = \frac{33,88}{\sqrt{n_4}} = 99,05 > \lambda = 61,33$$

ÚČINKY DRUHÉHO ŘÁDU ZANEDBÁVÁME!!!

$\lambda \leq \lambda_{lim} \Rightarrow$ JEDNÁ SE O MASIVNÍ SLOUP

$$M_{Ed} = M_{02}$$

$$M_{Ed} = \max(|M_{TOP,i}|; |M_{BOT,i}| + e_i * N_{Ed,i})$$

$$e_i = \max\left(\frac{l_0}{400}; \frac{b}{30}; 20\right)$$

$$e_i = 0,023 \text{ m}$$

$$M_{Ed,1} = \max(6,32; -21,09) = -21,09 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,2} = \max(6,86; -22,94) = -22,945 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,3} = \max(6,32; -20,25) = -20,25 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,4} = \max(6,86; -21,95) = -21,95 \text{ kNm}$$

VÝSLEDNÉ HODNOTY NÁVRHOVÉHO MOMENTU A NORMÁLOVÉ SÍLY:

$$M_{Ed,1} = -21,09 \text{ kNm} \quad N_{Ed,1} = -646,51 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,2} = -22,95 \text{ kNm} \quad N_{Ed,2} = -703,71 \text{ kN}$$

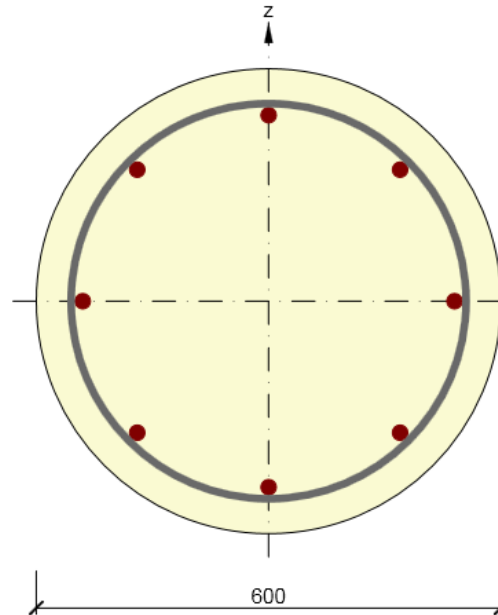
$$M_{Ed,3} = -20,25 \text{ kNm} \quad N_{Ed,3} = -609,95 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,4} = -21,95 \text{ kNm} \quad N_{Ed,4} = -660,66 \text{ kN}$$

BODY INTERAKČNÍHO DIAGRAMU KRUHOVÉHO
SLOUPU BYLY VYPOČTENY POMOCÍ SW IDEA
StatiCa :

Krytí třmínků $c = 40\text{mm}$
(viz Průvlak)

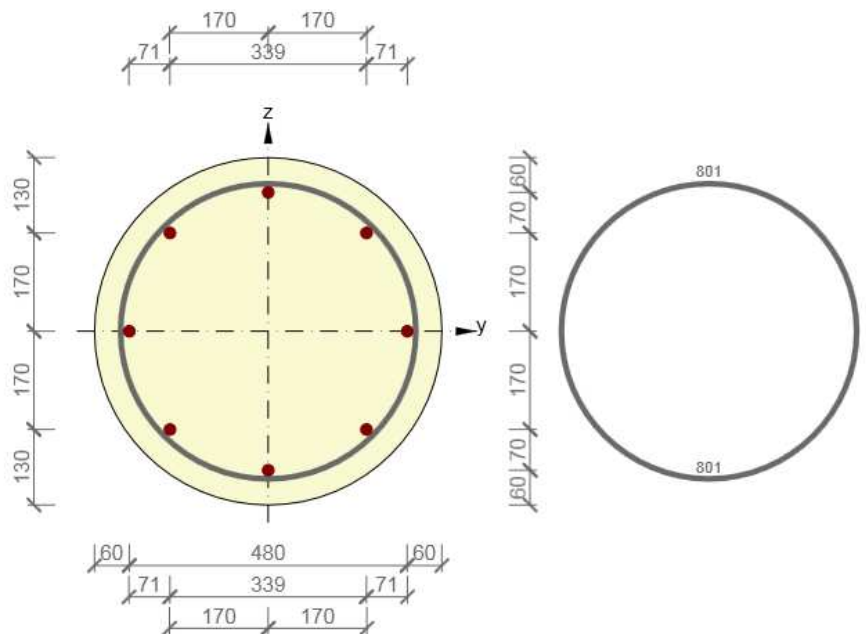
Vyztužený průřez: SL4



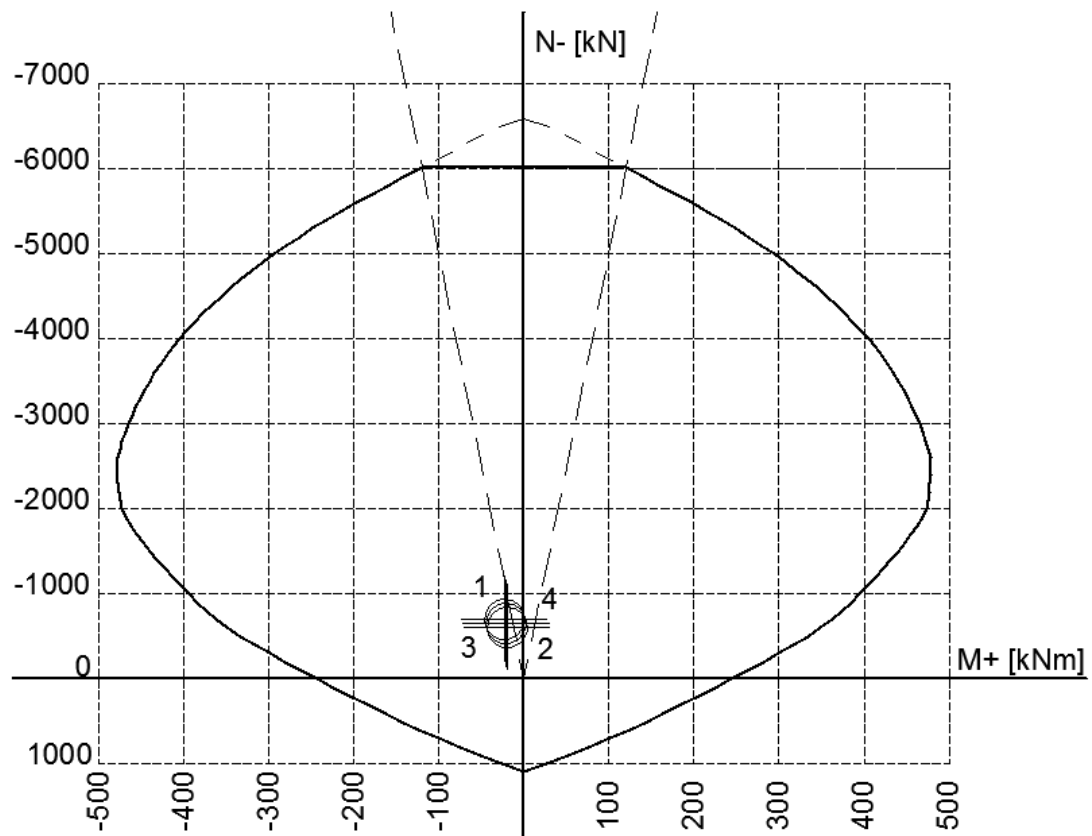
Beton: C30/37
Stáří: 28,0 d
Výztuž: (B 500B)
1 \varnothing 20, Pozice 0, 240 mm
2 \varnothing 20, $z = 170$ mm
2 \varnothing 20, $z = 0$ mm
2 \varnothing 20, $z = -170$ mm
1 \varnothing 20, Pozice 0, -240 mm
Třmínky:
 \varnothing 10 - 200 mm
Krytí:
Rovnoměrné krytí: 40 mm

Obr 17 Vyztužení kruhového sloupu SL4

Vyztužený průřez : SL4



Obr 18 Rozmístění výztuže kruhového sloupu SL4



Obr 19 Interakční diagram sloupu SL4 v rovině rámu

Souřadnice bodů interakčního diagramu:

$$M_{Ed,1} = -21,09 \text{ kNm} \quad N_{Ed,1} = -646,51 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,2} = -22,95 \text{ kNm} \quad N_{Ed,2} = -703,71 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,3} = -20,25 \text{ kNm} \quad N_{Ed,3} = -609,95 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,4} = -21,95 \text{ kNm} \quad N_{Ed,4} = -660,66 \text{ kN}$$

Omezení interakčního diagramu v oblasti dostředného tlaku s uvažováním min. výstřednosti tlakové normálové síly .

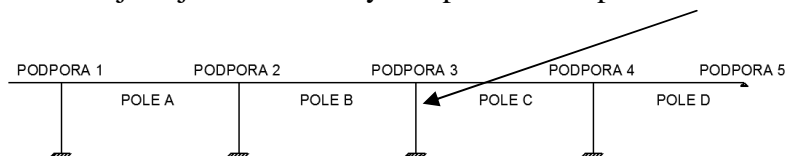
$$e_0 = \frac{h}{30} = \frac{0,6}{30} = 0,02 \geq 0,02$$

Výstřednost je v interakčním diagramu znázorněna čárkovanou čarou vycházejícím z počátku pod úhlem

$$\arctg(e_0) = 1,146^\circ$$

8 SLOUP SL3 - ODVODŇOVACÍ

Posuzován je nejvíce namáhaný sloup obecného profilu SL3



8.1 VÝPOČET SLOUPU KOLMO NA RÁM

S OHLEDEM NA PODOBNÉ VÝSLEDKY VNITŘNÍCH SIL SLOUPU SL4 A ODVODŇOVACÍHO SLOUPU SL3 UVAŽUJEME NA STRANU BEZPEČNOU VNITŘNÍ SÍLY SLOUPU SL3 JAKO NA SLOUPU SL4. ZMĚNÍ SE POUZE PRŮŘEZ POSUZOVANÉHO SLOUPU.

VÝSLEDNÉ HODNOTY NÁVRHOVÉHO MOMENTU A NORMÁLOVÉ SÍLY:

$$M_{Ed,1} = -209,874 \text{ kNm} \quad N_{Ed,1} = -646,51 \text{ kN}$$

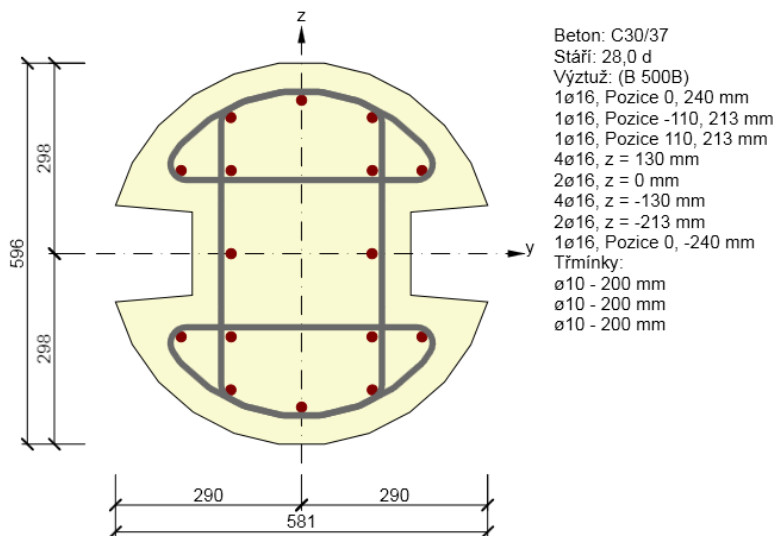
$$M_{Ed,2} = 72,49 \text{ kNm} \quad N_{Ed,2} = -703,71 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,3} = -206,36 \text{ kNm} \quad N_{Ed,3} = -609,95 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,4} = 130,96 \text{ kNm} \quad N_{Ed,4} = -660,66 \text{ kN}$$

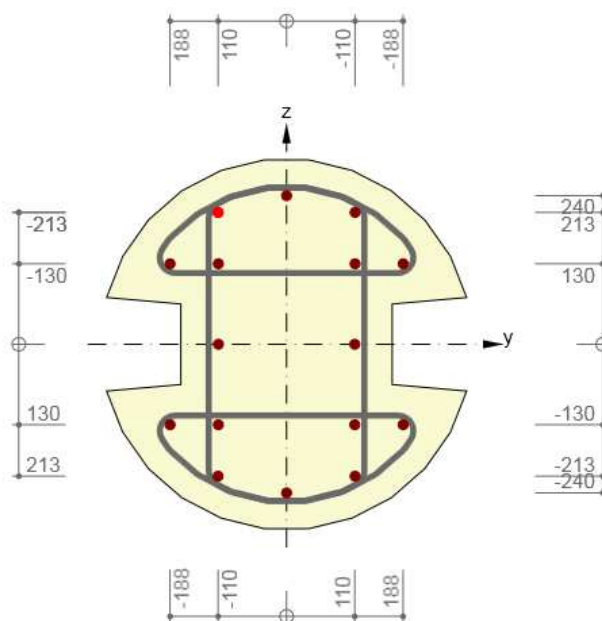
BODY INTERAKČNÍHO DIAGRAMU KRUHOVÉHO SLOUPU BYLY VYPOČTENY POMOCÍ SW IDEA StatiCa :

Vyztužený průřez: SL3

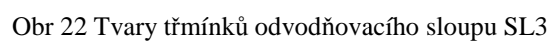


Obr 20 Vyztužení odvodňovacího sloupu SL3

Vyztužený průřez : SL3



Obr 21 Rozmístění výztuže odvodňovacího sloupu SL3



Souřadnice bodů interakčního diagramu:

$$M_{Ed,1} = -209,874 \text{ kNm} \quad N_{Ed,1} = -646,51 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,2} = 72,49 \text{ kNm} \quad N_{Ed,2} = -703,71 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,3} = -206,36 \text{ kNm} \quad N_{Ed,3} = -609,95 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,4} = 130,96 \text{ kNm} \quad N_{Ed,4} = -660,66 \text{ kN}$$

Omezení interakčního diagramu v oblasti dostředného tlaku s uvažováním min. výstřednosti tlakové normálové síly .

$$e_0 = \frac{h}{30} = \frac{0,6}{30} = 0,02 \geq 0,02$$

Výstřednost je v interakčním diagramu znázorněna čárkovanou čarou vycházejícím z počátku pod úhlem

$$\arctg(e_0) = 1,146^\circ$$

8.2 VÝPOČET SLOUPU V ROVINĚ RÁMU

S OHLEDEM NA PODOBNÉ VÝSLEDKY VNITŘNÍCH SIL SLOUPU SL4 A ODVODŇOVACÍHO SLOUPU SL3 UVAŽUJEME NA STRANU BEZPEČNOU VNITŘNÍ SÍLY SLOUPU SL3 JAKO NA SLOUPU SL4. ZMĚNÍ SE POUZE PRŮŘEZ POSUZOVANÉHO SLOUPU.

VÝSLEDNÉ HODNOTY NÁVRHOVÉHO MOMENTU A NORMÁLOVÉ SÍLY:

$$M_{Ed,1} = -21,09 \text{ kNm} \quad N_{Ed,1} = -646,51 \text{ kN}$$

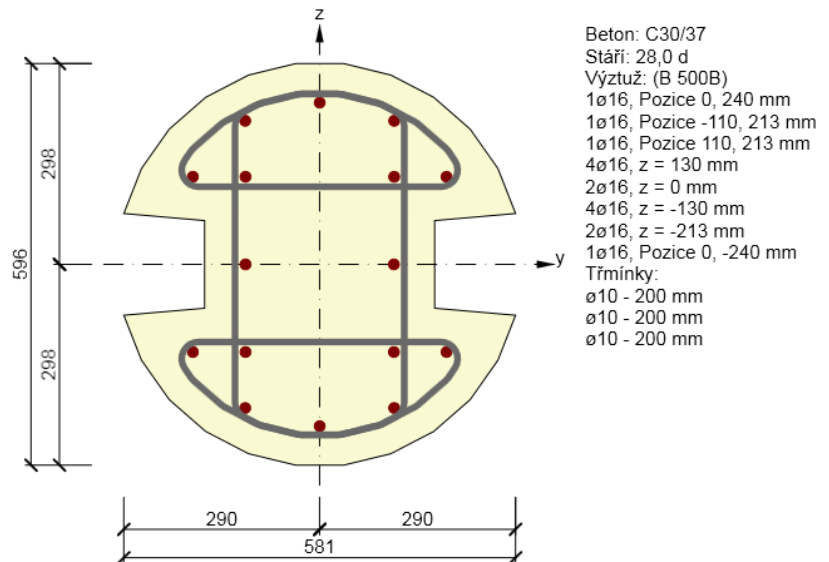
$$M_{Ed,2} = -22,95 \text{ kNm} \quad N_{Ed,2} = -703,71 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,3} = -20,25 \text{ kNm} \quad N_{Ed,3} = -609,95 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,4} = -21,95 \text{ kNm} \quad N_{Ed,4} = -660,66 \text{ kN}$$

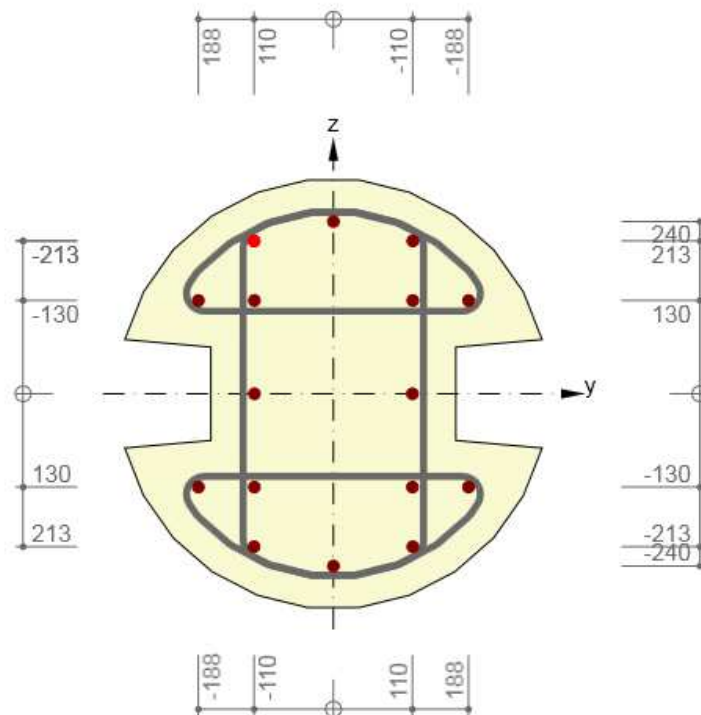
BODY INTERAKČNÍHO DIAGRAMU KRUHOVÉHO SLOUPU BYLY VYPOČTENY POMOCÍ SW IDEA StatiCa :

Vyztužený průřez: SL3

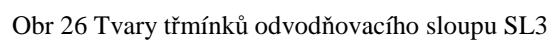


Obr 24 Vyztužení odvodňovacího sloupu SL3

Vyztužený průřez : SL3



Obr 25 Rozmístění výztuže odvodňovacího sloupu SL3



Souřadnice bodů interakčního diagramu:

$$M_{Ed,1} = -21,09 \text{ kNm} \quad N_{Ed,1} = -646,51 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,2} = -22,95 \text{ kNm} \quad N_{Ed,2} = -703,71 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,3} = -20,25 \text{ kNm} \quad N_{Ed,3} = -609,95 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,4} = -21,95 \text{ kNm} \quad N_{Ed,4} = -660,66 \text{ kN}$$

Omezení interakčního diagramu v oblasti dostředného tlaku s uvažováním min. výstřednosti tlakové normálové síly .

$$e_0 = \frac{h}{30} = \frac{0,6}{30} = 0,02 \geq 0,02$$

Výstřednost je v interakčním diagramu znázorněna čárkovanou čarou vycházejícím z počátku pod úhlem

$$\arctg(e_0) = 1,146^\circ$$

KONSTRUKČNÍ ZÁSADY ODVODŇ. SLOUPU SL3

KONTROLA MÍRY VYZTUŽENÍ:

$$A_{s,min} = \frac{0,1 * N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{0,1 * 609,95 * 10^3}{434,78 * 10^9} = 1,40 * 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 1,40 * 10^{-7} \text{ m}^2 < A_{sl} = 32,17 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} > 0,002 * A_c = 0,002 * 0,244 = 4,88 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} > 4,88 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,244 = 9,76 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 9,76 * 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{sl} = 32,17 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ

KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s \leq 400 \text{ mm} \qquad 220\text{mm} \leq 400 \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\text{min.sv.vzd.} \geq \max \{ 1,2 \cdot \Phi_{s,\max}; d_g + 5; 20\text{mm} \}$$

$$\geq \max \{ 1,2 \cdot 20; 32 + 5; 20\text{mm} \}$$

$$\geq 37 \text{ mm} \qquad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

MINIMÁLNÍ POČET VÝZTUŽE KRUH. SLOUPU:

$$4k_s < 16k_s \qquad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

MINIMÁLNÍ PODÉLNÁ VZDÁLENOST TŘMÍNKŮ:

$$s_s \leq \min(15\Phi_{l,\min}; \min(b, h); 300\text{mm})$$

$$s_s \leq \min(15 \cdot 20; \min(600; 600); 300\text{mm})$$

$$s_s = 200\text{mm} \leq 300\text{mm} \qquad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

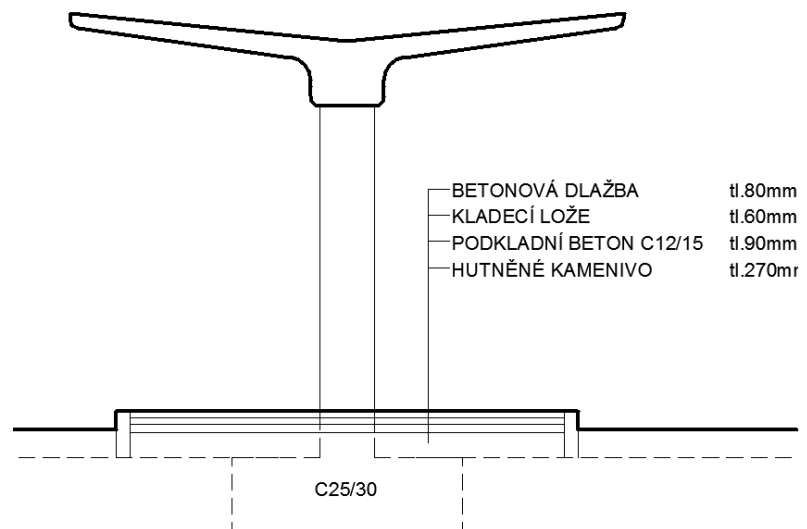
MINIMÁLNÍ PRŮMĚR TŘMÍNKŮ:

$$\Phi \geq \max(6\text{mm}; 0,25\Phi_{l,\max}) = \max(6; 5) \quad 10\text{mm} \geq 6\text{mm}$$

VYHOVÍ

9 ZÁKLADOVÁ PATKA

ŘEŠÍME PATKU POD NEJVÍCE NAMÁHANÝM SLOUPEM SL4 V NEJVÍCE NAMÁHANÉM SMĚRU tj. SMĚR KOLMO NA RÁM.



Obr 28 Skladba nástupištního chodníku

Vnitřních síly na rámu M_{Ed} , N_{Ed} , V_{Ed} z extrémních kombinací:

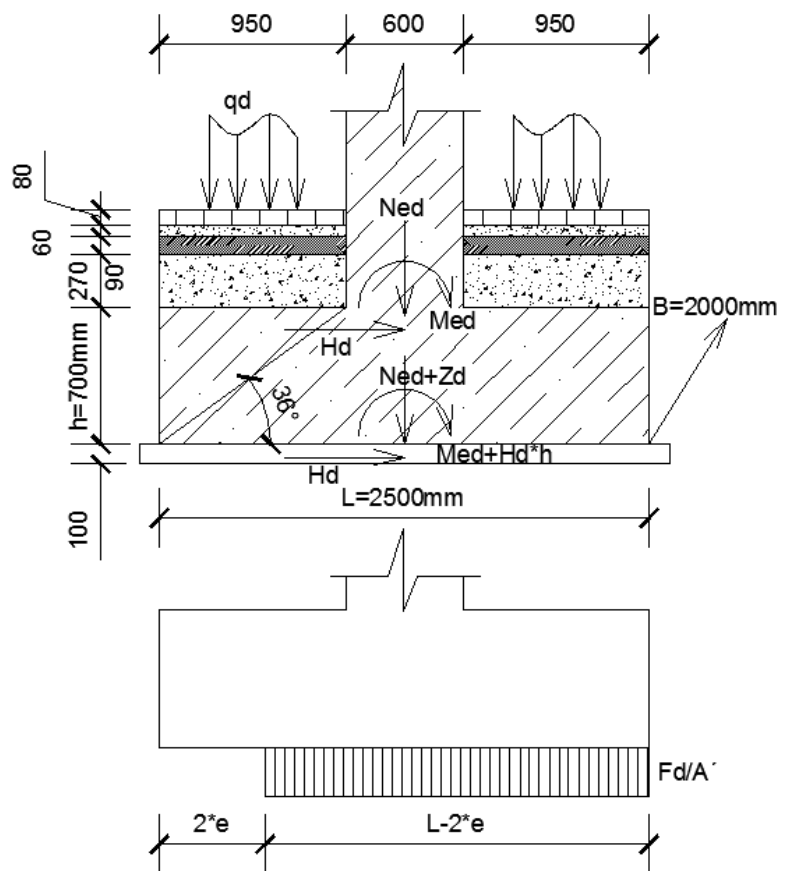
KOMBINACE PATA									
a)	max M_{Ed}	-144,66	kNm	odp. N_{Ed}	-646,51	kN	odp. V_{Ed}	-1,14	kN
b)	min M_{Ed}	0	kNm	odp. N_{Ed}	-703,71	kN	odp. V_{Ed}	0	kN
c)	odp. M_{Ed}	0	kNm	max N_{Ed}	-703,71	kN	odp. V_{Ed}	0	kN
d)	odp. M_{Ed}	-144,66	kNm	min N_{Ed}	-646,51	kN	odp. V_{Ed}	-1,14	kN

NÁVRH ROZMĚRŮ PATKY:

$h=700\text{mm}$

$B=2000\text{mm}$

$L=2500\text{mm}$



Obr 29 Příčný řez patkou a působení sil

Zd...Přítížení základové
patky vrstvami násypu a
chodníku

VÝPOČET Zd:

STÁLÉ ZATÍŽENÍ g_k :

Vl. tíha $0,7 \cdot 2,5 \cdot 2,0 \cdot 25 = 87,58 \text{ kN}$

ŠP násyp $0,27 \cdot 4,717 \cdot 24 = 24,2 \text{ kN}$

Podkl. beton $0,09 \cdot 4,717 \cdot 24 = 10,2 \text{ kN}$

Kladecí lože $0,06 \cdot 4,717 \cdot 20 = 5,66 \text{ kN}$

Bet. dlažba $0,08 \cdot 4,717 \cdot 23 = 8,7 \text{ kN}$

$$\sum g_k = 136,26 \text{ kN}$$

PROMĚNNÉ UŽITNÉ ZATÍŽENÍ q_k – kategorie C5

$$5,0 \cdot 4,717 = 23,59 \text{ kN}$$

I) max $Z_d \dots \gamma_g = 1,35$
 $\gamma_q = 1,5$

$$\max Z_d = 136,26 \cdot 1,35 + 23,59 \cdot 1,5 = 219,336 \text{ kN}$$

II) min $Z_d \dots \gamma_g = 1,0$
 $\gamma_q = 0$

$$\min Z_d = 136,26 \cdot 1,0 + 23,59 \cdot 0 = 136,26 \text{ kN}$$

9.1 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ZÁKLADOVÉ PATKY

Posudek je proveden v rovině kolmo na rám.

	Komb.	Med[kNm]	Ned[kN]	Hed[kN]	Zd[kN]	Fd[kN]	Med+h*Hd[kNm]	e[m]	A'[m ²]	σ_{zi} [kPa]	Rd/A'[kPa]	pd= σ_{zi} -Zd/A[kPa]
max	a)I)	144,66	646,51	1,14	219,34	865,85	145,46	0,17	4,33	200,06	230,00	156,19
min	a)II)				136,26	782,77		0,19	4,26	183,89		156,64
max	b)I)	0,00	703,71	0,00	219,34	923,05	0,00	0,00	5,00	184,61		140,74
min	b)II)				136,26	839,97		0,00	5,00	167,99		140,74
max	c)I)	0,00	703,71	0,00	219,34	923,05	0,00	0,00	5,00	184,61		140,74
min	c)II)				136,26	839,97		0,00	5,00	167,99		140,74
max	d)I)	0,00	452,41	0,00	219,34	671,75	0,00	0,00	5,00	134,35		90,48
min	d)II)				136,26	588,67		0,00	5,00	117,73		90,48

$$\sigma_{zi} \leq R_d/A' \quad \text{VYHOVÍ}$$

Výpočtová pevnost

základové půdy:

F4CS-konzistence pevná

$$R_d/A' = 230 \text{ kPa}$$

$$F_d = N_{Ed} + Z_d \text{ [kN]}$$

$$h = 0,7 \text{ [m]}$$

$$e = \frac{M_{Ed} + h \cdot H_d}{F_d} \text{ [m]}$$

$$A' = B \cdot (L - 2e) \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\sigma_{zi} = \frac{F_d}{A'} \text{ [kPa]}$$

$$A = B \cdot L \text{ [m}^2\text{]}$$

9.2 POSOUZENÍ POSUNUTÍ V ÚROVNI ZÁKL. SPÁRY

Posudek je proveden pouze v rovině kolmé na rám.

$$H_{Ed} \leq S_{Ed}$$

$F_d \dots$ UVAŽUJI MIN. HODNOTU

$$S_{Ed} = F_d \cdot \tan \varphi_d = 588,67 \cdot \tan 25^\circ = 274,5 \text{ kN}$$

$$H_{Ed} = 1,14 \text{ kN} \leq S_{Ed} = 274,5 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

$$\varphi_d = \frac{\varphi_k}{\gamma_m} = \frac{25}{1,0} = 25^\circ$$

$$\varphi_k = 22 - 27^\circ$$

9.3 POSOUZENÍ STABILITY

Posuzujeme excentricitu, která vznikla působením maximálního momentu a odpovídající normálové síly v základové spáře dané charakteristické kombinace kolmo na rám.

$$e \leq \frac{1}{3} * L \Rightarrow \text{STABILITA ZAJIŠTĚNA}$$

HODNOTY MOMENTŮ, NORMÁLOVÝCH A POS. SIL

Lineární výpočet, Extrém : Řez, Systém : Hlavní, Žebro / integrační pás
Výběr : SL4
Kombinace : charakteristická/

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
SL4	CS1 - Kruh	0,000	charakteristická//1	-549,52	0,00	2,32	0,00	-5,29	0,00
SL4	CS1 - Kruh	0,000	charakteristická//2	-463,59	0,00	1,89	0,00	-4,35	0,00
SL4	CS1 - Kruh	0,000	charakteristická//3	-542,11	-0,87	2,28	0,64	-5,20	-102,38
SL4	CS1 - Kruh	0,000	charakteristická//4	-542,12	0,86	2,28	-0,65	-5,21	102,33
SL4	CS1 - Kruh	0,000	charakteristická//5	-542,11	0,31	2,28	-0,77	-5,20	72,69
SL4	CS1 - Kruh	0,000	charakteristická//6	-542,12	-0,32	2,28	0,76	-5,21	-72,74

CHARAKTERISTICKÉ KOMBINACE:



$$N_k = N_{Ek} + \min Z_d = 542,11 + 136,26 = 678,37 \text{ kN}$$

$$M_k = M_{Ek} + h * V_{Ek} = 102,38 + 0,7 * 0,87 = 102,989 \text{ kN}$$

$$e = \frac{M_k}{N_k} = \frac{102,989}{678,37} = 0,152 \text{ m}$$

$$e \leq \frac{1}{3} * L \Rightarrow 0,152m \leq 0,83m \quad \text{VYHOVÍ}$$

9.4 POSOUZENÍ NA OHYBOVÝ MOMENT

Posuzujeme na největší napětí v základové spáře kolmo na rám

$$P_{d,\max} = 156,64 \text{ kPa}$$

$$e = 0,19 \text{ m}$$

$$L = 0,15 * c_1 + a$$

Krytí výztuže $c = 50\text{mm}$

Podkladní beton C16/20

tl.100mm

BETON C25/30

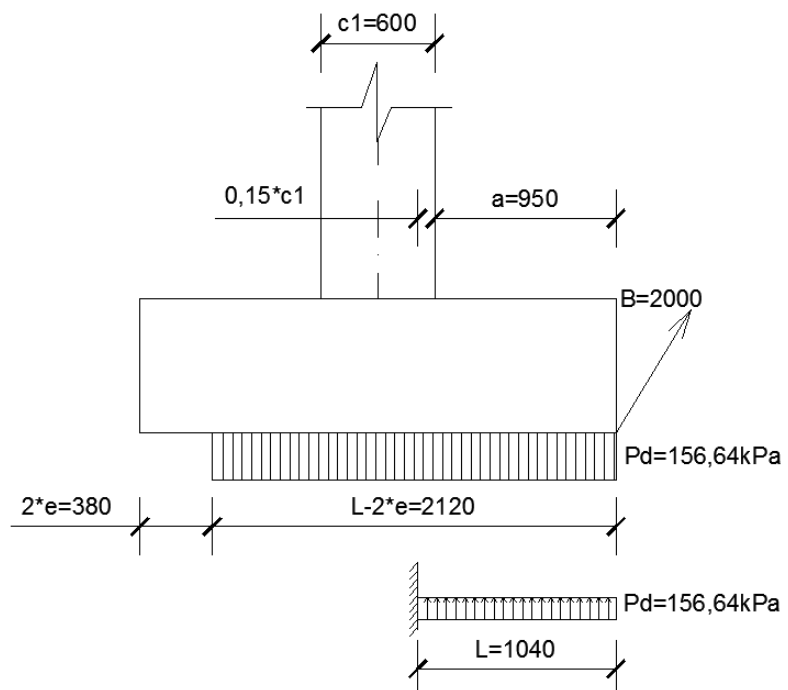
$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{25}{1,5}$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$$

BET. VÝZTUŽ B500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{vd} = 434,78 \text{ MPa}$$



Obr 30 Příčný řez patkou

VÝPOČET MOMENTU:

$$M_{Ed} = \frac{1}{2} * P_{d, \max} * L^2 = \frac{1}{2} * 156,64 * 1,04^2 = 84,71 \text{ kNm}$$

$$\underline{d}_1 = c + \Phi_{sl}/2 = 50 + 8 = \underline{58 \text{ mm}}$$

$$\underline{d} = h - d_1 = 700 - 58 = 642 \text{ mm}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{ED}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 1 * 0,642 * \frac{16,67}{434,78} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 84,71}{1 * 0,642^2 * 16,67 * 10^3}} \right)$$

$$A_{s,req} = 3,05 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

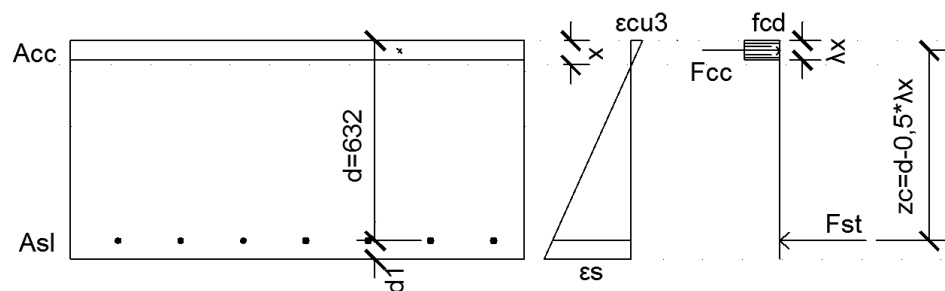
NÁVRH: $\Phi 16\text{mm}$ po 200 mm

$$A_{sl} = 10,05 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$x = \frac{A_{sl} * f_{yd}}{b * \lambda * f_{cd}} = \frac{10,05 * 10^{-4} * 434,78}{1 * 0,8 * 16,67} = 0,033 \text{ m}$$

RAMENO VNITŘNÍCH SIL

$$\underline{z}_c = d - 0,5 * \lambda * x = 0,642 - 0,5 * 0,8 * 0,033 = \underline{0,632 \text{ m}}$$



KONTROLA PŘETVOŘENÍ:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} * (d - x) = \frac{3,5}{0,033} * (0,642 - 0,033)$$

$$\varepsilon_s = 64,9 > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

VYHOVÍ

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200000}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

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

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

KONTROLA ÚNOSNOSTI PRŮŘEZU:

$$M_{RD} = A_{sl} * f_{yd} * z_c = 10,05 * 10^{-4} * 434,78 * 10^3 * 0,632$$

$$M_{RD} = 276,15 \text{ kNm} > M_{ED} = 84,71 \text{ kNm} \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

KONTROLA MÍRY VYZTUŽENÍ:

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 0,642$$

$$A_{s,min} = 9,73 * 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{sl} = 10,05 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} > 0,0013 * b_t * d = 0,0013 * 0,642$$

$$A_{s,min} > 8,39 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 0,7 = 0,028 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 0,28 \text{ m}^2 > A_{sl} = 10,05 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

podmínky míry vyztužení VYHOVÍ

KONTROLA VZDÁLENOSTI VÝZTUŽE:

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s_{max,s,labs} \leq 2h = 2 * 700 = 1400 > s = 180 \text{ mm}$$

$$s_{max,s,labs} \leq 250 \text{ mm} > s = 200 \text{ mm}$$

Minimální vzdálenost výztuže:

$$\text{min.sv.vzd.} \geq \max \{ 1,2 * \Phi_{s,max}; d_g + 5; 20 \text{ mm} \}$$

$$\max \{ 19,2 ; \underline{37}; 20 \text{ mm} \}$$

$$\text{min.sv.vzd.} \geq 37 \text{ mm}$$

VÝZTUŽ VE SMĚRU ROVNOBĚŽNÉM S RÁMEM BUDE
TOTOŽNÁ S VÝZTUŽÍ KOLMO NA RÁM.

$$x = \frac{h}{2} = \frac{0,7}{2} = 0,35\text{m}$$

KOTEVNÍ DÉLKA:

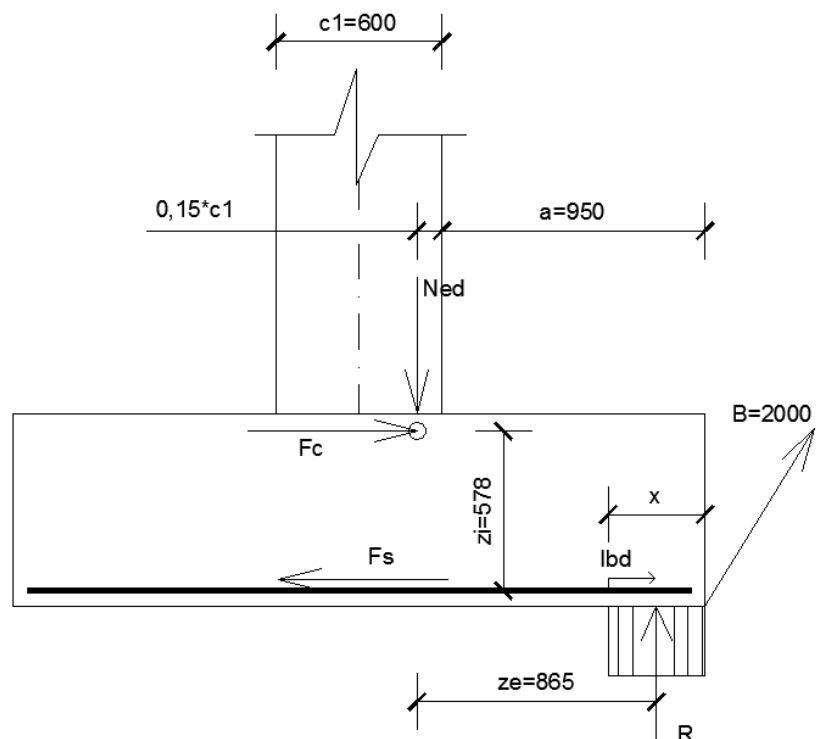
Posuzujeme v rovině kolmo na rám.

$$R = P_d * x = 156,64 * 0,35 = 54,82 \text{ kN}$$

$$z_e = a + 0,15 * c_1 - \frac{x}{2} = 0,95 + 0,09 - \frac{0,35}{2} = 0,865\text{m}$$

$$z_i = 0,9 * d = 0,9 * 0,642 = 0,578$$

$$F_s = R * \frac{z_e}{z_i} = 54,82 * \frac{0,865}{0,578} = 82,04\text{kN}$$



Obr 31 Příčný řez patkou

$$\alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 = 1,0$$

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctd} = 1,0 * \frac{1,8}{1,5} = 1,2\text{MPa}$$

$$\eta_1 = 1,0$$

$$\eta_2 = 1,0$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$f_{yd} = 434,78\text{MPa}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{F_s}{A_{st}} = \frac{82,04 * 10^3}{10,04 * 10^{-4}} = 81,7\text{MPa}$$

$$f_{sd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} = 2,25 * 1 * 1 * 1,2 = 2,7\text{MPa}$$

$$l_{b,rq,d} = \frac{\Phi}{4} * \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{16}{4} * \frac{81,7}{2,7} = 121\text{mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rq,d} = 125\text{mm}$$

NAVRHNUTO $l_{bd} = 400 \text{ mm}$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$$

MINIMÁLNÍ KOTEVNÍ DÉLKA:

$$l_{b,min} > \max. (0,3 * l_{b,rq,d}; 10\Phi; 100\text{mm})$$

$$l_{b,min} > \max. (153; 140; 100\text{mm}) \quad \text{VYHOVÍ}$$

9.5 POSOUZENÍ NA PROPÍCHNUTÍ

OMEZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI TĚSNĚ KOLEM SLOUPU

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0,54$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 * v * f_{cd} = 0,5 * 0,54 * 16,67 = 4,5 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = P_d * \left(B * L - \frac{\pi * d^2}{4}\right) = 156,64 * (2 * 2,5 - 0,283)$$

$$V_{Ed,max} = 738,87 \text{ kN}$$

Účinné výšky a délky v základním kontrolovaném obvodu:

$$d_y = h - c - 0,5 * d_s = 0,7 - 0,05 - 0,5 * 0,016 = 0,642\text{m}$$

$$d_x = h - c - 0,5 * d_s = 0,7 - 0,05 - 1,5 * 0,016 = 0,626\text{m}$$

$$d = \frac{(d_y + d_x)}{2} = 0,634\text{m}$$

$$u_0 = \pi * D = \pi * 0,6 = 1,885\text{m}^2$$

Vliv ohybového momentu na obvodu sloupu:

$$e = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed,max}} = \frac{84,71}{738,87} = 0,115\text{m}$$

$$\beta_0 = 1 + 0,6 * \pi * \frac{e}{D} = 1 + 0,6 * \pi * \frac{0,115}{0,6} = 1,361$$

$$\beta_0 = 1,361$$

$$v_{Ed,max} = \beta_0 * \frac{V_{Ed,max}}{u_0 * d} \leq v_{Rd,max}$$

$$v_{Ed,max} = 1,361 * \frac{738,87 * 10^{-3}}{1,885 * 0,634} = 0,84 \text{ MPa} \leq 4,5 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI V JEDNOTLIVÝCH
KONTROLOVANÝCH OBVODECH:

$$0,5d \leq a \leq d$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{634}} = 1,56 \leq 2,0$$

$$A_{sx} = A_{sy} = 10,05 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\rho_{lx} = \frac{A_{sx}}{b * d_x} = \frac{10,05 * 10^{-4}}{1 * 0,626} = 1,61 * 10^{-3}$$

$$\rho_{ly} = \frac{A_{sy}}{b * d_y} = \frac{10,05 * 10^{-4}}{1 * 0,642} = 1,57 * 10^{-3}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} * \rho_{lx}} = 1,59 * 10^{-3} \leq 0,02$$

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

$$v_{Rd,c}(a) = \frac{2d}{a} * \left[C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$v_{l,min} = 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 * 1,56^{\frac{3}{2}} * 25^{\frac{1}{2}} = 0,34$$

$$v_{l,min}(a) = \frac{2d}{a} * v_{l,min}$$

Vliv ohybového momentu na kontrolovaných obvodech:

$$e = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed,red}(a)}$$

$$\beta_a = 1 + 0,6 * \pi * \frac{e}{D + 2a} \quad 0,5d \leq a \leq d$$

$$v_{Ed}(a) = \beta_a * \frac{V_{Ed,red}(a)}{u(a) * d}$$

$$V_{Ed,red}(a) = P_d * (B * L - A(a))$$

VÝSLEDNÉ VZORCE POUŽITÉ V TABULCE:

$$u(a) = \pi * (D + 2a) \text{ [m]}$$

$$A(a) = \frac{\pi * (D + 2a)^2}{4} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$V_{Ed,red}(a) = P_d * (B * L - A(a)) \text{ [kN]}$$

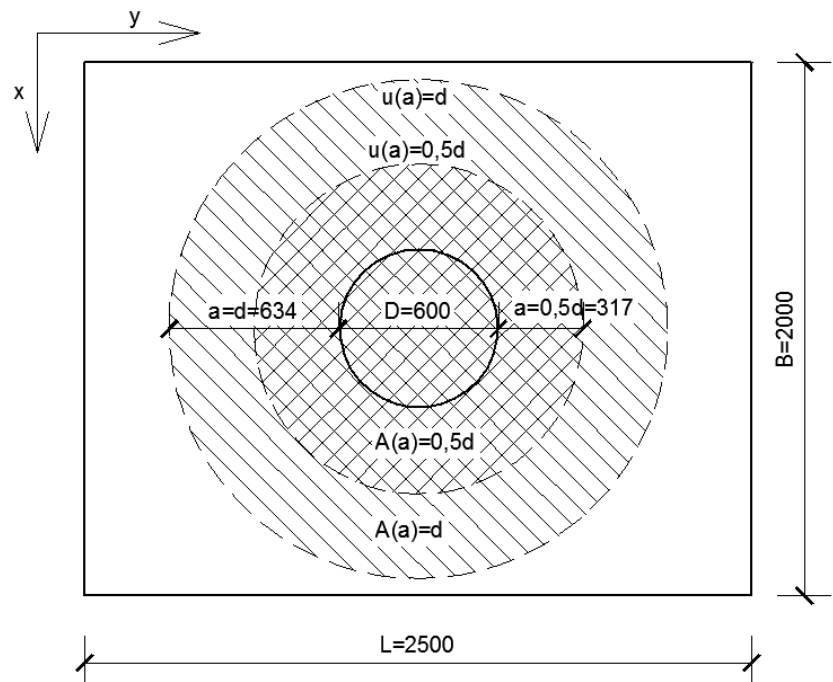
$$e = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed,red}(a)}$$

$$\beta_a = 1 + 0,6 * \pi * \frac{e}{D + 2a}$$

$$v_{Ed}(a) = \beta_a * \frac{V_{Ed,red}(a)}{u(a) * d} \text{ [MPa]}$$

$$v_{Rd,c}(a) = \frac{2d}{a} * \left[C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \text{ [MPa]}$$

$$v_{l,min}(a) = \frac{2d}{a} * v_{l,min} \text{ [MPa]}$$



Obr 32 Jednotlivé kontrolované obvody

a	a	u(a)	A(a)	V _{ed,red} (a)	e	β _a	v _{Ed} (a)	v _{Rd,c} (a)	v _{l,min} (a)	POSUDEK
[m]	[m]	[m]	[m ²]	[kN]	[m]	[-]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	v _{Ed} (a) < max{v _{Rd,c} ; v _{l,min} }
0,5d	0,317	3,877	1,196	595,863	0,142	1,217	0,295	1,186	1,360	VYHOVÍ
0,6d	0,380	4,275	1,454	555,386	0,153	1,211	0,248	0,988	1,133	VYHOVÍ
0,7d	0,444	4,673	1,738	510,952	0,166	1,210	0,209	0,847	0,971	VYHOVÍ
0,8d	0,507	5,072	2,047	462,562	0,183	1,214	0,175	0,741	0,850	VYHOVÍ
0,9d	0,571	5,470	2,381	410,216	0,207	1,224	0,145	0,659	0,756	VYHOVÍ
d	0,634	5,868	2,741	353,914	0,239	1,242	0,118	0,593	0,680	VYHOVÍ

d	0,634	m
D	0,6	m
Pd	156,64	kPa
k	1,56	
B	2	m
L	2,5	m

M _{Ed}	84,71	kNm
c _{rdc}	0,12	
ρ _l	0,0016	
f _{ck}	25	Mpa
v _{l,min}	0,34	Mpa