

Druh práce	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
VYPRACOVAL	DANIEL VAŘECHA		
VEDOUČÍ	Ing. JIŘÍ STRNAD, PhD.		
STAVEBNÍK	Daniel Vařecha, Plzeňská 875, Uničov 783 91		
MÍSTO STAVBY	Větrní, katastr. území Větrní, Papírenská 2		
NÁZEV STAVBY	VÍCEPDLAŽNÍ MONOLITICKÁ BUDOVA		
STAVEBNÍ OBJEKT	ČOV - VĚTRNÍ	FORMÁT	A4
ČÁST		DATUM	5/2018
OBSAH:	PRŮVODNÍ ZPRÁVA A STATICKÝ VÝPOČET		Č. SOUPRAVY Č. PŘÍLOHY P.01



FAKULTA ústav
STAVEBNÍ betonových
a zděných konstrukcí

1. TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU

Obsah

1.1 Návrh geometrie	1
1.2 Popis objektu	1
1.3 Použité materiály.....	1
1.4 Zatížení na konstrukci	1
1.5 Postup statického výpočtu	2
Seznam použitých zdrojů.....	39
Seznam použitých norem	39
Seznam nadefinovaných pomůcek	39
Seznam ostatní literatury.....	39
Použitý software	39

1.1 NÁVRH GEOMETRIE

Prvním krokem práce bylo vytvoření geometrie. Jelikož se jedná o novostavbu, bylo nutné vytvořit schéma, podle kterého bylo možné navrhnout nosné prvky konstrukce. Při návrhu se vycházelo z parcely, která vznikla po demolici původní budovy, která již nevyhovovala potřebám papíren Větrní. Z katastru Větrní byla zjištěna základní geometrie parcely, tudíž bylo možné vytvořit geometrii objektu.

1.2 POPIS OBJEKTU

Jedná se o vícepodlažní monolitickou budovu, která bude sloužit jako čistírna odpadních vod pro papírny Větrní. Objekt má přízemí a jedno nadzemní podlaží. Budova se nachází přímo v závodu papíren Větrní. Objekt má půdorysné rozměry 35,5 x 30,5 m.

Konstrukce bude založena na základových patkách, které budou provedeny na vrstvě štěrkového polštáře v mocnosti 50 mm frakce 4/16 společně s betonovou vrstvou o mocnosti 150 mm z prostého betonu C 20/25. Obvodové patky budou realizovány s půdorysným rozměrem 3000 mm x 2600 mm do hloubky 1000 mm od UT. Patky uvnitř objektu budou realizovány s půdorysným rozměrem 2500 mm x 2500 mm taktéž do hloubky 1000 mm od UT. Pro sloupy i stropní konstrukci bude zhotoveno bednění.

1.3 POUŽITÉ MATERIÁLY

Železobetonové konstrukce budou provedeny z betonu C 30/37, XC3, základové konstrukce pak XC2. Na výztuž bude použita betonářská výztuž B550B.

1.4 ZATÍŽENÍ NA KONSTRUKCI

Na konstrukci působí hlavně zatížení od nádrží, které bylo v projektu počítáno jako plošné zatížení působící na ploše dané nádrže. V projektu je rovněž uvažován pojezd plně naloženého vysokozdvížného vozíku, který je ve výpočtu řešen dvojicí sil umístěných na konstrukci tak, aby vyvolaly extrém.

1.5 POSTUP STATICKÉHO VÝPOČTU

Statický výpočet byl proveden systematicky. Nejdříve byly stanoveny všechna zatížení od nádrží a od proměnného zatížení. Největší pozornost byla věnována stropní konstrukci, která je tvořena průvlaky a na ně kolmými trámy. Pomocí softwaru SCIA Engineer 17.1 byly stanoveny všechny vnitřní síly a následně vytvořeny kombinace. Samotné dimenzování trámů i průvlaků proběhlo formou ručního výpočtu. U průvlaků byl ruční výpočet následně ověřen pomocí normově vytvořeného výpočtu v programu Excel.

2. STATICKÝ VÝPOČET

Obsah

Poznámka: číslování je vztaženo ke stránkám statického výpočtu.

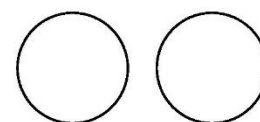
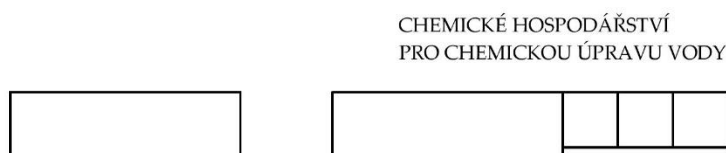
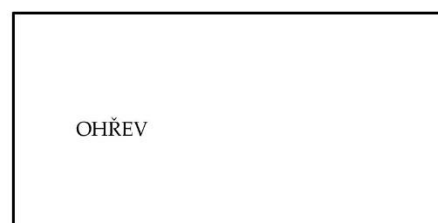
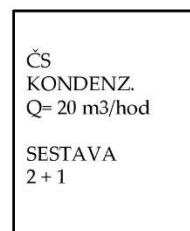
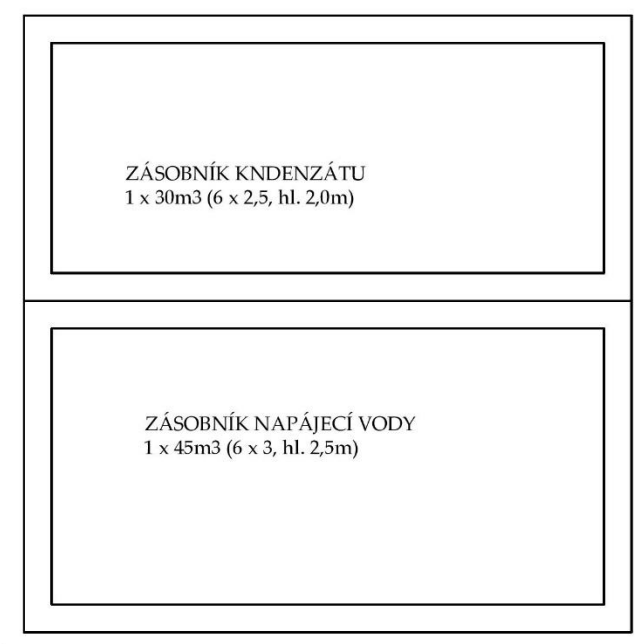
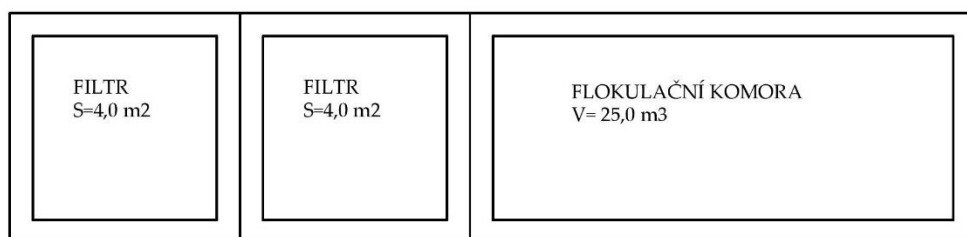
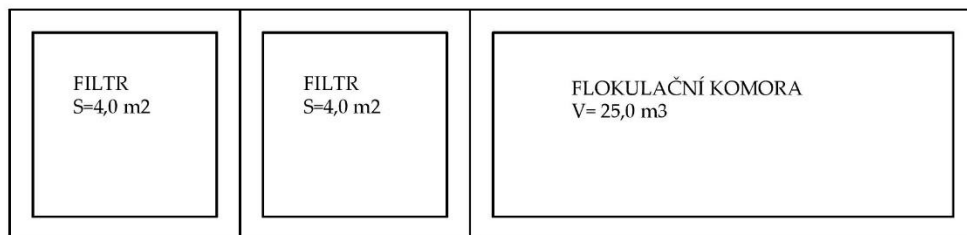
Zatížení od nádrží	1
1) Zásobník kondenzátu	1
2) Zásobník napájecí vody	1
3) Filtr.....	2
4) Flokulační komora	2
5) Ohřev.....	3
6) Čs. kondenz	3
7) Chemická úprava vody	3
8) Chemické hospodářství.....	3
9) Pohyblivé zatížení	3
 Trám.....	 1
1) Geometrie.....	1
2) Vnitřní síly	1
3) Materiálové charakteristiky.....	1
4) Návrh spodní výztuže	2
4.1 Návrh spodní výztuže v části 1	2
a) Krytí.....	2
b) Plocha	2
4.2 Návrh horní výztuže v části 1	3
5) Efektivní šířka	3
6) Ověření míry vyztužení.....	3
7) Posouzení průřezu	4
a) Na kladný moment.....	4
b) Na záporný moment.....	4
8) Smyk.....	4
9) Návrh smykové výztuže.....	5

a) Návrh u podpor	5
b) Posouzení.....	5
c) Stupeň vyztužení.....	6
d) Kontrola únosnosti.....	6
e) Návrh ve střední části	6
10) Posouzení tlačné diagonály	6
11) Kotevní délka výztuže	6
Spodní výztuž	6
Horní výztuž	7
Návrh trámu v části 2	8
1) Vnitřní síly	8
2) Návrh výztuže	8
Návrh spodní výztuže	8
a) Krytí.....	8
b) Plocha	8
Návrh horní výztuže	9
a) Krytí.....	9
b) Plocha	9
3) Efektivní šířka	9
4) Kontrola šířky trámu.....	9
5) Ověření míry vyztužení.....	9
Horní výztuž	9
Spodní výztuž	9
6) Posouzení průřezu	10
a) Na kladný moment.....	10
b) Na záporný moment.....	10
7) Smyk.....	11
a) Návrh u podpor	11
b) Posouzení.....	11
c) Stupeň vyztužení.....	11

d) Kontrola únosnosti.....	12
e) Návrh ve střední části	12
8) Posouzení tlačné diagonály	12
Schéma rozmístění smykové výztuže.....	12
Průvlak.....	1
1) Geometrie.....	1
2) Vnitřní síly	1
3) Materiálové charakteristiky.....	1
4) Návrh výztuže.....	2
Návrh spodní výztuže.....	2
a) Krytí.....	2
b) Plocha	2
Návrh horní výztuže	2
a) Krytí.....	2
b) Plocha	2
5) Ověření míry vyztužení.....	3
Horní výztuž	3
Spodní výztuž	3
6) Posouzení průřezu.....	3
a) Na kladný moment.....	3
Ověření v programu Excel	4
b) Na záporný moment.....	5
7) Smyk.....	6
8) Návrh smykové výztuže.....	6
a) Návrh u podpor	6
b) Posouzení.....	6
c) stupeň vyztužení.....	7
d) Kontrola únosnosti.....	7
e) Návrh ve střední části	7
9) Posouzení tlačné diagonály	8
10) Kotevní délka výztuže	8

Posouzení průvlaku pod největší nádrží	1
1) Geometrie	1
2) Vnitřní síly	1
3) Materiálové charakteristiky.....	1
4) Návrh výztuže	2
Návrh spodní výztuže.....	2
a) Krytí.....	2
b) Plocha	2
Návrh horní výztuže	2
a) Krytí.....	2
b) Plocha	2
5) Ověření míry vyztužení.....	2
6) Posouzení průřezu	3
a) Na kladný moment.....	3
b) Na záporný moment	3
Kontrola posouzení průřezu na kladný moment v programu Excel	4
Kontrola posouzení průřezu na záporný moment v programu Excel.....	5
7) Smyk	6
8) Návrh smykové výztuže.....	6
a) Návrh u podpor	6
b) Posouzení.....	7
c) Stupeň vyztužení.....	7
d) Kontrola únosnosti.....	7
e) Návrh ve střední části	7
9) Posouzení tlačné diagonály	8
10) Kotevní délka	8

PŮDORYSNÉ SCHÉMA NÁDRŽÍ



CHEMICKÉ HOSPODÁŘSTVÍ
PRO I. STUPEŇ ÚPRAVY VODY

ZATÍŽENÍ OD NÁDRŽÍ

- ROZMĚRY NÁDRŽÍ DLE PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE.

MATERIÁL:

BETON: $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3 = 25,0 \text{ kN/m}^3$

① ZÁSOBNÍK KONDENZÁTU

$t_{\text{STĚNY}} = 300 \text{ mm}$

$t_{\text{DNO}} = 300 \text{ mm}$

ZATÍŽENÍ OD PRAZDNÉ NÁDRŽE:

$$V = (2 \times 6,6 \times 2,95 \times 0,3) + (2 \times 2,5 \times 2,95 \times 0,3) + (6,6 \times 3,1 \times 0,3) =$$

$$V = 22,245 \text{ m}^3 \text{ (BETONU)}$$

$$G_b = \rho \cdot V = 25 \times 22,245 = 556,125 \text{ kN/m}^3$$

ZATÍŽENÍ OD VODY:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 10,0 \text{ kN/m}^3$$

$$V = (6 \times 2,5 \times 2,0) = 30 \text{ m}^3 \text{ (VODY)}$$

$$G_v = m \cdot g = V \cdot \rho = 10 \cdot 30 = 300 \text{ kN/m}^3$$

ZATÍŽENÍ NA PLOCHU DNA NÁDRŽE:

$$A_{\text{DNO}} = 6,6 \times 3,1 = 20,46 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{G_b + G_v}{A_{\text{DNO}}} = \frac{556,125 + 300}{20,46} = \underline{\underline{41,84 \text{ kN/m}^2}}$$

② ZÁSOBNÍK NAPÁJECÍ VODY

- ANALOGICKÝ POSTUP JAKO U 1.

$$V = (2 \times 6,6 \times 2,95 \times 0,3) + (2 \times 3 \times 2,95 \times 0,3) + (6,6 \times 3,6 \times 0,3) =$$

$$V = 24,12 \text{ m}^3 \text{ (BETONU)}$$

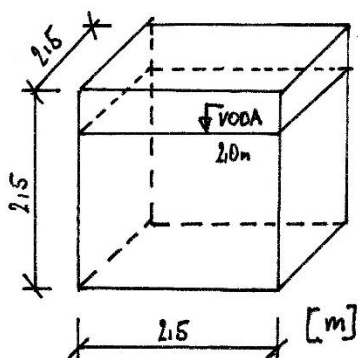
$$G_b = \rho \cdot V = 25 \cdot 24,12 = 603 \text{ kN/m}^3$$

$$A_{\text{DNO}} = 6,6 \times 3,6 = 23,76 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{G_b + G_v}{A_{\text{DNO}}} = \frac{603 + 450}{23,76} = \underline{\underline{44,32 \text{ kN/m}^2}}$$

$$V_v = (6 \times 3 \times 2,5) = 45 \text{ m}^3$$

$$G_v = V \cdot \rho = 45 \cdot 10 = 450 \text{ kN/m}^3$$



③ FILTR

- ZATÍŽENÍ BUDE STANOVENO NA PLOCHY OD DVOJIC FILTRŮ (3.1 i 3.2) A (3.13 i 3.14)
- ROZMĚRY FILTROVÝCH NÁDRŽÍ DLE VÝK. DOK.

$$t_{\text{STĚNY}} = 250 \text{ mm} \quad t_{\text{DNO}} = 250 \text{ mm}$$

ZATÍŽENÍ OD PRAZDNÉ NÁDRŽE

$$V = (2.5 \times 2.5 \times 0.25 \times 2) + (2 \times 2.5 \times 0.25 \times 2) + (2.5 \times 2.5 \times 0.25) = 6.625 \text{ m}^3 \text{ (BETONU)}$$

$$G_b = \rho \cdot V \cdot g = 25 \cdot 6.625 = 165.625 \text{ kN/m}^3$$

ZATÍŽENÍ OD VODY

$$\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 10 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3} \quad V = (2 \times 2 \times 2) = 8 \text{ m}^3 \text{ (VODY)}$$

$$G_v = \rho \cdot V \cdot g = 10 \cdot 8 = 80 \text{ kN/m}^3$$

ZATÍŽENÍ NA PLOCHU JEDNOHO FILTRU

$$A_{\text{DNO}} = 2.5 \times 2.5 = 6.25 \text{ m}^2$$

$$g = \frac{G_b + G_v}{A_{\text{DNO}}} = \frac{165.625 + 80}{6.25} = 39.3 \text{ kN/m}^2$$

KAŽDÝ FILTR VYVOLÁ NA SVOU PLOCHU 6.25 m^2 ZATÍŽENÍ

$$g_1 = 39.3 \text{ kN/m}^2$$

④ FLOKULAČNÍ KOMORA

- FLOKULAČNÍ KOMORY 4.1 A 4.2 VYVOLAJÍ STEJNÉ ZATÍŽENÍ
- ROZMĚRY DLE VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

$$t_{\text{STĚNY}} = 250 \text{ mm} \quad t_{\text{DNO}} = 250 \text{ mm}$$

$$V = (2 \times 5.5 \times 2.75 \times 0.25) + (2 \times 2 \times 2.75 \times 0.25) + (5.5 \times 2.5 \times 0.25)$$

$$V = 13.75 \text{ m}^3 \text{ (BETONU)}$$

$$G_b = \rho \cdot V \cdot g = 25 \cdot 13.75 = 343.75 \text{ kN/m}^3$$

ZATÍŽENÍ OD VODY

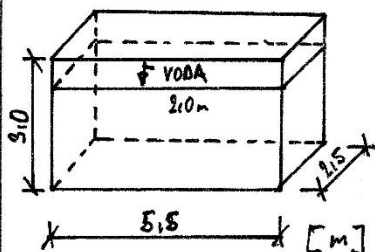
$$V = (5 \times 2 \times 2.5) = 25 \text{ m}^3 \text{ (VODY)}$$

$$G_v = \rho \cdot V \cdot g = 10 \cdot 25 = 250 \text{ kN/m}^3$$

ZATÍŽENÍ NA PLOCHU JEDNÉ FLOKULAČNÍ KOMORY

$$A_{\text{DNO}} = 5.5 \times 2.5 = 13.75 \text{ m}^2$$

$$g = \frac{G_b + G_v}{A_{\text{DNO}}} = \frac{343.75 + 250}{13.75} = 43.18 \text{ kN/m}^2$$



⑤ OHŘEV

PLOCHA $A_o = 4,72 \times 2,36 = 11,14 \text{ m}^2$

UVAŽUJI $g = 10 \text{ kN/m}^2$

⑥ ČS. KONDENZ

PLOCHA $A_o = 5 \text{ m}^2$

UVAŽUJI $g = 10 \text{ kN/m}^2$

⑦ CHEMICKÁ ÚPRAVA VODY

PLOCHA $A_o = 8,1 \text{ m}^2$ (NÁHRADNÍ PLOCHA)

UVAŽUJI $g = 10 \text{ kN/m}^2$

⑧ CHEMICKÉ HOSPODÁŘSTVÍ

PLOCHA $A_o = 4,52 \text{ m}^2$ (NÁHRADNÍ PLOCHA)

UVAŽUJI $g = 5 \text{ kN/m}^2$

⑨ POHYBLIVÉ ZATÍŽENÍ

- VYSOKOZDVYŽNÝ VOZÍK 3E 15

NOSNOST 1500 kg

ROZVOR KOL 1150 mm

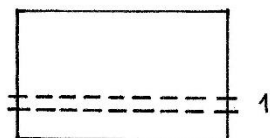
ROZCHOD KOL 910 mm

VL. HMOTNOST 2940 kg

ZATÍŽENÍ OSY S Q VPŘEDU 4020 kg

ZATÍŽENÍ OSY S O VZADU 440 kg

ZATĚŽOVACÍ PRUH 1



TRÁM

① GEOMETRIE

$$h = \left(\frac{L}{15} \sim \frac{L}{10} \right) = \left(\frac{5000}{15} \sim \frac{5000}{10} \right) = 333,3 \sim 500 = \underline{500 \text{ mm}}$$

$$b = (0,33 \sim 0,4) \cdot h = 165 \sim 200 = \underline{200 \text{ mm}}$$

- VÝSLEDKY OHYBOVÝCH MOMENTŮ BUDOU BRÁNY ZE SOFTWARE SCIA ENGINEER 17.1.

- PŘED SAMOTNÝM NÁVRHEM NEJDŘÍVE PROBĚHNE KONTROLA SPRÁVNOSTI VÝSLEDKŮ KOMBINACÍ. KONTROLA NÁHODNÉ KOMBINACE 6.10a:

ZS1 - VL. TÍHA; ZS2 - PRÁZDNÉ NÁDRŽE;

ZS3 - STROP + PODLAHA; ZS4 - VOZÍK

$$ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS3 \cdot 1,35 + ZS4 \cdot 1,5$$

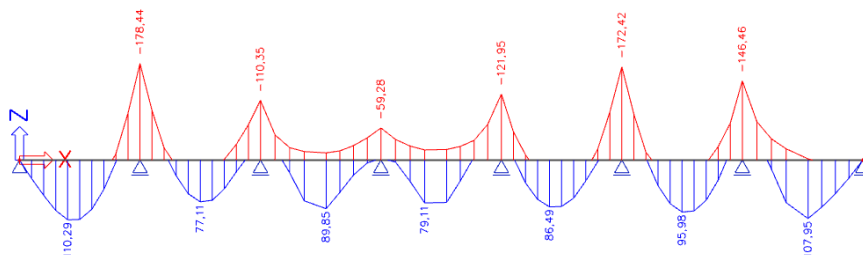
$$(-13,34) \cdot 1,35 + (-60,75) \cdot 1,35 + (-10,46) \cdot 1,35 + (-1,93) \cdot 1,5 =$$

$$= -117,04 \text{ kNm}$$

VÝSLEDEK VE SCIA = -117,04 kNm ✓

② VNITŘNÍ SÍLY

④ OBÁLKA 6.10a (SCIA)



③ MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

BETON C 30/37:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

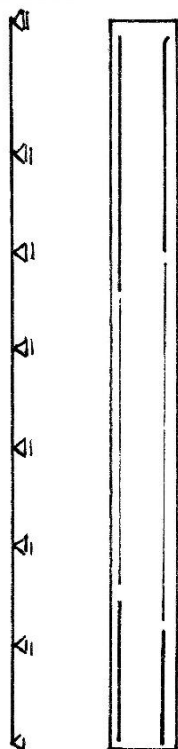
$$\epsilon_{cu3} = -3,5 \text{ ‰}$$

OCEL B 550 B:

$$f_{yk} = 550 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{550}{1,15} = 478,26 \text{ MPa}$$

$$E_{yd} = \frac{f_{yd}}{E} = \frac{478,26}{200000} = 2,39 \text{ ‰}$$



④ NÁVRH SPODNÍ VÝZTUŽE

- NÁVRH SPODNÍ VÝZTUŽE BUDE ROZDĚLEN DO VÍCE NÁVRHŮ DLE VELIKOSTÍ OHYBOVÝCH MOMENTŮ, ABY SE DOCÍLO PŘÍPADNÉ ÚSPORY VÝZTUŽE.

4.1 NÁVRH SPODNÍ VÝZTUŽE V ČÁSTI 1

$$M_{ed} = 110,29 \text{ kNm}$$

a) KRYTÍ

HLAVNÍ VÝZTUŽ PŘEDPOKLAD $\varnothing 20 \text{ mm}$.

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

$$c_{min} = \max \{ c_{minb}, c_{minlex}, 10 \text{ mm} \}$$

$$= \max \{ 10; 15; 10 \} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 15 + c_{dev}$$

$$c_{dev} = 10 \text{ mm} \quad (5 \sim 10 \text{ mm MONOLITY})$$

$$c_{nom} = 15 + 10 = 25 \text{ mm}$$

TŘMÍNKY PŘEDPOKLAD $\varnothing 8 \text{ mm}$

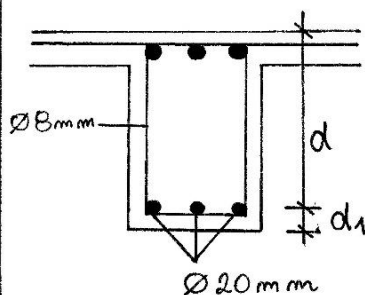
$$c_{min} \geq \varnothing \quad c_{min} = 8 \text{ mm}$$

$$c_{minlex} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{minMAX} = \{ 8; 15; 10 \} = 15 \text{ mm}$$

$$c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 15 + 10 = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{ROZHODUJE}$$



$$d_1 = c_{nom} + \varnothing_{tr} + \frac{\varnothing}{2} = 25 + 8 + \frac{20}{2} = 43 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 500 - 43 = 457 \text{ mm}$$

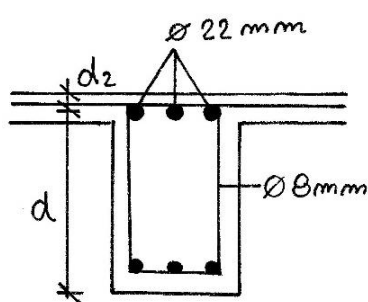
b) PLOCHA

$$A_{s,reg} = \frac{M_{ed}}{0,95 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{110,29 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 457 \cdot 478,26 \cdot 10^6} = 531,17 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 942,48 \text{ mm}^2 \quad (3 \times \varnothing 20 \text{ mm})$$

$$A_{s,prov} > A_{s,reg}$$

$$942,48 > 531,17 \quad [\text{mm}^2]$$



4.2 NÁVRH HORNÍ VÝZTUŽE V ČÁSTI 1

$$M_{ed} = -178,44 \text{ kNm}$$

PŘEDPOKLAD $\varnothing 22 \text{ mm}$

KRYTÍ $c_{nom} = 25 \text{ mm}$

$$d_2 = c_{nom} + \varnothing_{tr} + \frac{\varnothing}{2} = 25 + 8 + \frac{22}{2} = 44 \text{ mm}$$

$$d = h - d_2 = 500 - 44 = 456 \text{ mm}$$

PLOCHA

$$A_{s,reg} = \frac{M_{ed}}{0,95 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{178,44 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 456 \cdot 478,26 \cdot 10^6} = 861,27 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 1140,40 \text{ mm}^2 \quad (3 \times \varnothing 22 \text{ mm})$$

$$A_{s,prov} > A_{s,reg}$$

$$1140,40 > 861,27 \quad [\text{mm}^2]$$

⑤ EFEKTIVNÍ ŠÍŘKA

$$l_0 = l = 5,0 \text{ m}$$

$$b_{eff} = b_{eff1} + b_w \leq b$$

$$b_{eff1} = b_{eff}^2 = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_{eff}$$

$$= 0,2 \cdot 0,675 + 0,1 \cdot 5,0 = 0,635 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 2 \cdot 0,635 + 0,2 = 1,47 < 1,55$$

$$b_{eff} = 1,47 \text{ m}$$

KONTROLA ŠÍŘKY TRÁMU:

$$b_{min} = 2c + 3 \cdot \varnothing + 3 \cdot 1,2 \cdot \varnothing = 2 \cdot 25 + 3 \cdot 22 + 3 \cdot 1,2 \cdot 22 =$$

$$b_{min} = 195,2 \text{ mm} \quad (\text{VYHOVÍ I U SPODNÍ VÝZTUŽE})$$

⑥ OVĚŘENÍ MÍRY VYZTUŽENÍ

HORNÍ VÝZTUŽ $\varnothing 22 \text{ mm}$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ct,m} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,26 \cdot \frac{2,9 \cdot 0,2 \cdot 0,456}{550} = 125,03 \text{ mm}^2$$

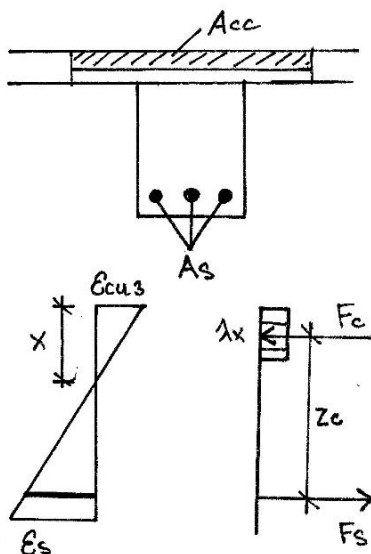
$$1140,40 > 125,03 \quad [\text{mm}^2]$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 200 \cdot 500 = 4000 \text{ mm}^2$$

$$1140,40 < 4000 \quad [\text{mm}^2]$$

⑦ POSOUZENÍ PRŮŘEZU

a, NA Kladný Moment



$$F_c = F_s \quad F_{cc} = A_{cc} \cdot f_{cd} \quad F_s = A_s \cdot f_{yd}$$

$$A_{cc} = A_s \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 942,48 \cdot \frac{478,26}{20} = 22,537,52 \text{ mm}^2$$

$$A_{cc} = \lambda x \cdot b_{eff} \Rightarrow x = \frac{A_{cc}}{\lambda \cdot b_{eff}} = \frac{22,537,52}{0,8 \cdot 1470} = 19,16 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{\Delta} = \frac{\epsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{3,5}{19,16} \cdot (457 - 19,16) = 79,89 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 79,89 \text{ ‰} \geq \epsilon_{yd} = 2,39 \text{ ‰}$$

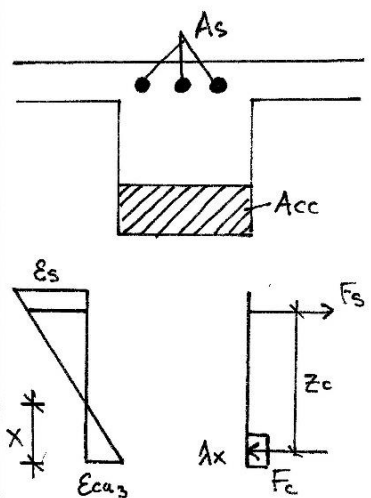
$$z_c = h - \frac{\lambda x}{2} - d_1 = 500 - \frac{0,8 \cdot 19,16}{2} - 43 = 449,336 \text{ mm}$$

$$M_{RD} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 942,48 \cdot 478,26 \cdot 449,336 = 202,54 \text{ kNm}$$

$$M_{RD} = 202,54 \text{ kNm} > M_{ed} = 110,29 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

b, NA Záporný Moment



$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1140,4 \cdot 478,26}{0,8 \cdot 200 \cdot 20} = 170,44 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{\Delta} = \frac{3,5}{170,44} \cdot (456 - 170,44) = 5,9 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 5,9 \text{ ‰} > \epsilon_{yd} = 2,39 \text{ ‰}$$

$$z_c = h - \frac{\lambda x}{2} - d_2 = 500 - \frac{0,8 \cdot 170,44}{2} - 44 = 387,824 \text{ mm}$$

$$M_{RD} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 1140,4 \cdot 478,26 \cdot 387,824 = 211,54 \text{ kNm}$$

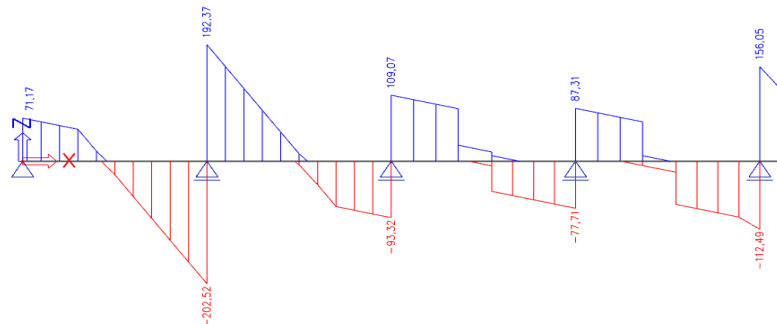
$$M_{RD} = 211,54 \text{ kNm} > M_{ed} = 178,44 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

⑧ SMYK

- PRO ČÁST 1

$$V_{ed} = 202,52 \text{ kN}$$



- DO PODPORY BUDOU ZATAŽENY KRAJNÍ PRUTY

$$V_{Rdc} = C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ct})^{1/3} \cdot b \cdot d$$

$$C_{Rdc} = \frac{0,18}{f_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{\alpha}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{457}} = 1,66$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{943}{200 \cdot 457} = 0,01 < 0,02$$

$$V_{Rdc} = 0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,01 \cdot 30)^{1/3} \cdot 200 \cdot 457 = 56,6 \text{ kN}$$

- SMYKOVOU VÝZTUŽ BUDE POTŘEBA NAVRHNOUT VÝPOČTEM

⑨ NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

TŘMÍNKY $2 \times 8 \text{ mm}$ $A_s = 101 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\cot \theta = 1,75; \lambda_g = 0; \cot \alpha = 0$$

a) NÁVRH U PODPOR

$$V_{ed} = 202,52 \text{ kN}$$

$$V_{ed} \leq V_{Rds} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta \Rightarrow s \leq \frac{A_{sw}}{V_{ed}} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta$$

$$s \leq \frac{101 \cdot 10^{-4}}{202,52} \cdot 478,26 \cdot 0,4113 \cdot 1,75 = 171,6 \text{ mm}$$

NAVRŽENO $2 \times 8 \text{ mm}$ $\approx 160 \text{ mm}$

b) POSOUZENÍ

- KONTROLA KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD

- PODELNÁ VZDÁLENOST

$$s_{max} \leq 0,75d(1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 0,457 \cdot (1 + 0) = 0,342 \text{ m} \\ \leq 400 \text{ mm}$$

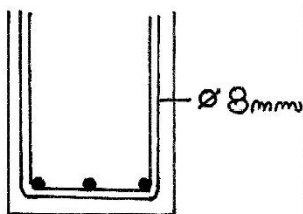
$$s = 0,160 \text{ m} < s_{max} = 0,342 \text{ m}$$

- PŘÍČNÁ VZDÁLENOST

$$s_t = 200 - 2 \cdot 25 - 2 \cdot \frac{8}{2} = 142 \text{ mm}$$

$$s_{tmax} \leq 0,75d = 0,75 \cdot 0,457 = 0,342 \text{ m} \\ \leq 600 \text{ mm}$$

$$s_t = 0,142 \text{ m} < s_{tmax} = 0,342 \text{ m}$$



- HORNÍ VÝZTUŽ

$$F_{ed} = V_{ed} \cdot \frac{d}{0,9 \cdot d} = 202,52 \cdot \frac{456}{0,9 \cdot 456} = 225,02 \text{ kN}$$

$$\sigma_s = \frac{225,02 \cdot 10^3}{7,6 \cdot 10^{-4}} = 296,08 \text{ MPa}$$

$$l_{brgd} = \frac{22}{4} \cdot \frac{296,08}{4,5} = 361,88 \text{ mm}$$

$$l_{brmin} = \max \{0,3 \cdot 361,88; 220; 100\} = 220 \text{ mm}$$

$$l_{brmin} = 220 \text{ mm}$$

- DOLNÍ KOTVENÁ V POLI

$$F_{ed} = \frac{M_{ed}}{z} = \frac{110,29}{0,4113} = 268,15$$

$$\sigma_s = \frac{F_{ed}}{A_s} = \frac{268,15}{9,43 \cdot 10^{-4}} = 284,4 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 4,5 \text{ MPa}$$

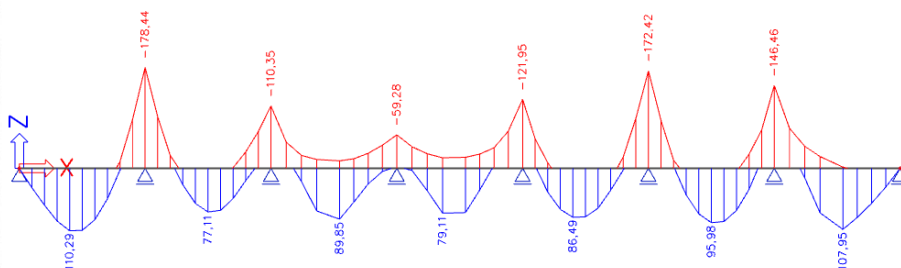
$$l_{brgd} = \frac{20}{4} \cdot \frac{284,4}{4,5} = 316 \approx 320 \text{ mm}$$

NÁVRH TRÁMU V ČÁSTI 2

- GEOMETRIE TRÁMU STEJNÁ JAKO V ČÁSTI 1.
- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY STEJNÉ JAKO V ČÁSTI 1.

① VNITŘNÍ SÍLY

- OBÁLKA MOMENTŮ 6.10a (SCIA)



② NÁVRH VÝZTUŽE

- NÁVRH SPODNÍ VÝZTUŽE
- PŘEDPOKLAD $\varnothing 16 \text{ mm}$

a. KRYTÍ

- STEJNÉ JAKO V ČÁSTI 1.

$$c_{\text{nom}} = 25 \text{ mm}$$

$$d_1 = c_{\text{nom}} + \varnothing_{\text{tř}} + \frac{\varnothing}{2} = 25 + 8 + \frac{16}{2} = 41 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 500 - 41 = 459 \text{ mm}$$

b. PLOCHA

$$A_{s, \text{req}} = \frac{M_{\text{ed}}}{0,95 \cdot d \cdot f_{y,d}} = \frac{89,85}{0,95 \cdot 459 \cdot 478,26} = 430,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{prov}} = (\varnothing 16 \times 4) = 804 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{prov}} > A_{s, \text{req}}$$

$$804 > 430,84 \quad [\text{mm}^2]$$

- NÁVRH HORNÍ VÝZTUŽE
PŘEDPOKLAD $\varnothing 20 \text{ mm}$

a. KRYTÍ

$$c_{\text{nam}} = 25 \text{ mm}$$

$$d_2 = c_{\text{nam}} + \varnothing_{\text{tk}} + \frac{\varnothing}{2} = 25 + 8 + \frac{20}{2} = 43 \text{ mm}$$

$$d = h - d_2 = 500 - 43 = 457 \text{ mm}$$

b. PLOCHA

$$A_{s, \text{reg}} = \frac{M_{\text{ed}}}{0,95 \cdot d \cdot f_{yk}} = \frac{121,95 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 457 \cdot 478,26} = 587,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{prov}} = 628 \text{ mm}^2 (\varnothing 20 \times 2)$$

$$A_{s, \text{prov}} > A_{s, \text{reg}}$$

$$628 > 587,3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

③ EFEKTIVNÍ ŠÍŘKA

- STEJNÁ JAKO V ČÁSTI 1.

$$b_{\text{eff}} = 1,47 \text{ m}$$

④ KONTROLA ŠÍŘKY TRÁMU

$$b_{\text{min}} = 2 \cdot c + 4 \varnothing + 3 \cdot 1,2 \cdot \varnothing = 2 \cdot 25 + 4 \cdot 16 + 3 \cdot 1,2 \cdot 16 =$$

$$b_{\text{min}} = 171,6 < 200 \text{ mm}$$

⑤ OVĚŘENÍ MÍRY VYZTUŽENÍ

- HORNÍ VÝZTUŽ

$$A_{s, \text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,26 \cdot \frac{2,9 \cdot 0,2 \cdot 457}{550} = 125,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{prov}} = 628 \text{ mm}^2 > A_{s, \text{min}} = 125,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{max}} = 0,04 \cdot h \cdot b = 0,04 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 4000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{prov}} = 628 \text{ mm}^2 < A_{s, \text{max}} = 4000 \text{ mm}^2$$

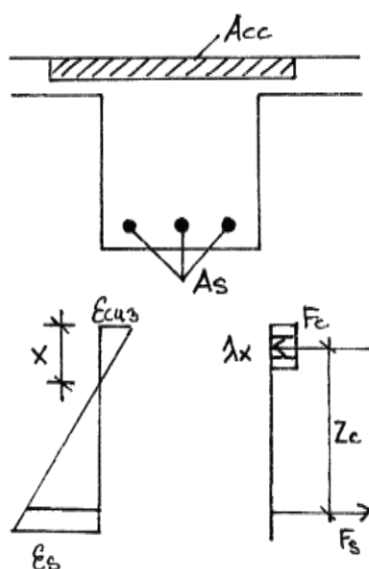
- SPODNÍ VÝZTUŽ

$$A_{s, \text{min}} = 0,26 \cdot \frac{2,9 \cdot 0,2 \cdot 459}{550} = 125,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{prov}} = 804 \text{ mm}^2 > A_{s, \text{min}} = 125,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{prov}} = 804 \text{ mm}^2 < A_{s, \text{max}} = 4000 \text{ mm}^2$$

⑥ POSOUZENÍ PRŮŘEZU

 a₁ NA KLADNÝ MOMENT


$$F_c = F_s \quad F_{cc} = Acc \cdot f_{cd} \quad F_s = A_s \cdot f_{yd}$$

$$Acc = A_s \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 804 \cdot \frac{478,26}{20} = 19\,226,052 \text{ mm}^2$$

$$Acc = \lambda_x \cdot b \cdot x \Rightarrow x = \frac{Acc}{\lambda_x \cdot b} = \frac{19\,226,052}{0,8 \cdot 200} = 119,16 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{3,5}{119,16} \cdot (457 - 119,16) = 94,76 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 94,76 \text{ ‰} > \epsilon_{yd} = 2,39 \text{ ‰}$$

$$Z_c = h - \frac{\lambda_x}{2} \cdot x - d_1 = 500 - \frac{0,8 \cdot 119,16}{2} - 41 = 452,46 \text{ mm}$$

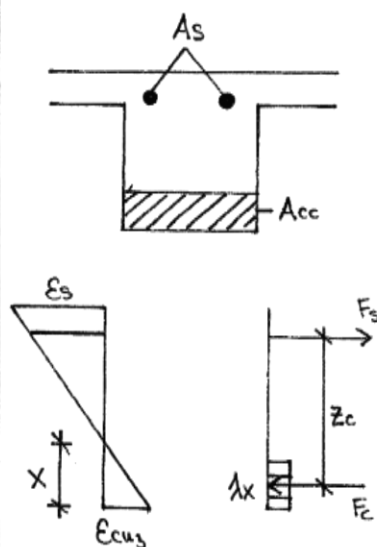
$$M_{rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot Z_c = 804 \cdot 478,26 \cdot 452,46 = 173,98 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 173,98 \text{ kNm} > M_{ed} = 89,85 \text{ kNm}$$

⇒ SNIŽUJI POČET PRUTŮ NA 3 Ø 16 mm

$$A_s = 603 \text{ mm}^2$$

$$M_{rd} = 130,5 \text{ kNm} > 89,85 \text{ kNm}$$

 b₁ NA ZÁPORNÝ MOMENT


$$F_c = F_s \quad F_s = A_s \cdot f_{yd} \quad F_{cc} = Acc \cdot f_{cd}$$

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\lambda_x \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{628 \cdot 478,26}{0,8 \cdot 200 \cdot 20} = 93,86 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{3,5}{93,86} \cdot (457 - 93,86) = 13,54 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 13,54 \text{ ‰} > \epsilon_{yd} = 2,39 \text{ ‰}$$

$$Z_c = h - \frac{\lambda_x}{2} \cdot x - d_2 = 500 - \frac{0,8 \cdot 93,86}{2} - 43 = 419,46 \text{ mm}$$

$$M_{rd} = 628 \cdot 478,26 \cdot 419,46 = 129,98 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 129,98 \text{ kNm} > M_{ed} = 121,95 \text{ kNm}$$

⑦ SMYK

$$V_{ed} = 193,48 \text{ kN}$$

- POSOUVAJÍCÍ SÍLA JE NEPATRNĚ MENŠÍ NEŽ V 1. ČÁSTI, PROTO BUDE USPOŘÁDÁNÍ SMYKOVÉ VÝZTUŽE TOTOŽNÉ JAKO U ČÁSTI 1.

TŘMÍNKY $2 \times 8 \text{ mm}$ $\bar{a} = 160 \text{ mm}$ (U PODPOR)

$$V_{Rds} = 217,3 \text{ kN} > V_{ed} = 193,48 \text{ kN}$$

- V OBJEKTU VŠAK PŮSOBÍ I MENŠÍ POSOUVAJÍCÍ SÍLY A PROTO ZDE NENÍ NUTNÉ APLIKOVAT SMYKOVOU VÝZTUŽ TAK NA HUSTO.

KONKRÉTNĚ V ČÁSTECH ③ ④ ⑦

a. NÁVRH U PODPOR

$$V_{ed} = 140 \text{ kN}$$

$$V_{ed} \leq V_{Rds} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta \Rightarrow S \leq \frac{A_{sw}}{V_{ed}} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta$$

$$S \leq \frac{1,01 \cdot 10^{-4}}{140} \cdot 478,26 \cdot 0,4113 \cdot 1,75 = 248,3 \text{ mm}$$

NAVRŽENO $2 \times 8 \text{ mm}$ $\bar{a} = 200 \text{ mm}$

b. POSOUZENÍ

- KONTROLA KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD
- PODÉLNÁ VZDÁLENOST

$$S_{max} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,457 = 0,342 \text{ m} \\ \leq 0,400 \text{ m}$$

$$S = 200 \text{ mm} < S_{max} = 342 \text{ mm}$$

- PŘÍČNÁ VZDÁLENOST

$$S_t = 142 \text{ mm} < S_{t,max} = 342 \text{ mm}$$

c. STUPEŇ VÝZTUŽENÍ

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w} = \frac{1,01 \cdot 10^{-4}}{0,2 \cdot 0,2} = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{30}}{550} = 7,96 \cdot 10^{-4}$$

$$\rho_w = 2,5 \cdot 10^{-3} > \rho_{min} = 7,96 \cdot 10^{-4}$$

d. KONTROLA ÚNOSNOSTI

$$V_{Rds} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta = \frac{1101 \cdot 10^{-4}}{0,2} \cdot 478,26 \cdot 0,4113 \cdot 1,75$$

$$V_{Rds} = 173,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rds} = 173,8 \text{ kN} > V_{ed} = 140 \text{ kN}$$

e. NÁVRH VE STŘEDNÍ ČÁSTI

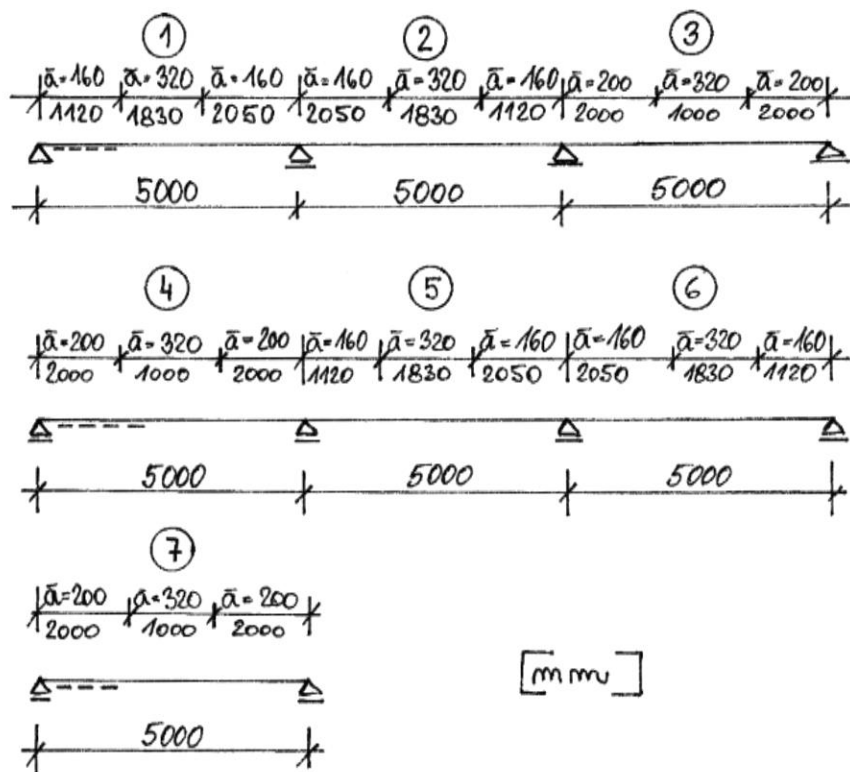
TŘMÍNKY BUDOU VE STŘEDNÍ ČÁSTI ROZDĚLENY KONSTRUKČNĚ JAKO V OSTATNÍCH ČÁSTECH.

TZN. $2 \varnothing 8 \text{ mm}$ $\bar{a} = 320 \text{ mm}$.

⑧ POSOUZENÍ TLAČNÉ DIAGONÁLY

- POSOUZENO JIŽ DŘÍVE VE STATICKÉM VÝPOČTU.

SCHEMA ROZMÍSTĚNÍ SMYKOVÉ VÝZTUŽE



[mm]

PRŮVLAK

① GEOMETRIE

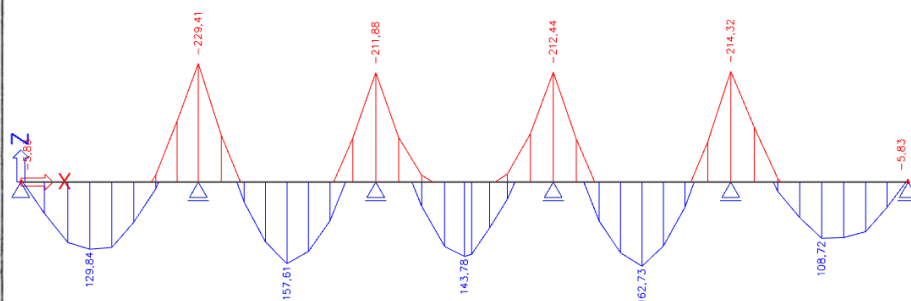
$$h = \left(\frac{1}{12} \sim \frac{1}{8} \right) \cdot l = \left(\frac{1}{12} \sim \frac{1}{8} \right) \cdot 6000 = 500 \sim 750 \text{ mm}$$

VOLÍM $h = 650 \text{ mm}$

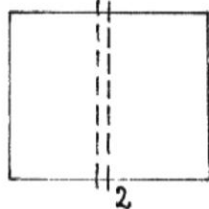
$b = 500 \text{ mm}$ (DLE ŠÍŘKY SLOUPU)

② VNITŘNÍ SÍLY

- OBÁLKA MOMENTŮ 6.10a (SCIA)



PRUH 2



③ MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

BETON C 30/37:

$$f_{ek} = 30 \text{ MPa}$$

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

$$f_{cd} = \frac{f_{ek}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = -3,5 \text{ ‰}$$

OCEL B 550 B:

$$f_{yk} = 550 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{550}{1,15} = 478,26 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E} = \frac{478,26}{200\,000} = 2,39 \text{ ‰}$$

④ NÁVRH VÝZTUŽE

- NÁVRH SPODNÍ VÝZTUŽE

PŘEDPOKLAD $\varnothing 18 \text{ mm}$

a. KRYTÍ

$$C_{\text{nom}} = C_{\text{min}} + C_{\text{dev}}$$

$$C_{\text{min}} = \max \{C_{\text{minb}}; C_{\text{mindes}}; 10 \text{ mm}\}$$

$$= \max \{10; 15; 10\} = 15 \text{ mm}$$

$$C_{\text{dev}} = 10 \text{ mm} \quad (5 \sim 10 \text{ mm MONOLITY})$$

$$C_{\text{nom}} = 15 + 10 = 25 \text{ mm}$$

TŘMÍNKY PŘEDPOKLAD $\varnothing 8 \text{ mm}$

$$C_{\text{min}} \geq \varnothing$$

$$C_{\text{min}} = 8 \text{ mm}$$

$$C_{\text{mindes}} = 15 \text{ mm}$$

$$C_{\text{dev}} = 10 \text{ mm}$$

$$C_{\text{nom}} = 10 + 15 = 25 \text{ mm} \Rightarrow \text{ROZHODUJE}$$

$$d_1 = C_{\text{nom}} + \varnothing_{\text{tr.}} + \frac{\varnothing}{2} = 25 + 8 + \frac{18}{2} = 42 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 42 = 608 \text{ mm}$$

b. PLOCHA

$$A_{s, \text{reg}} = \frac{M_{\text{ed}}}{0,95 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{162,73 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 608 \cdot 478,26 \cdot 10^6} = 589,08 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{prov}} = 763,0 \text{ mm}^2 \quad (3 \times \varnothing 18 \text{ mm})$$

$$A_{s, \text{prov}} = 763,0 \text{ mm}^2 > A_{s, \text{reg}} = 589,08 \text{ mm}^2$$

- NÁVRH HORNÍ VÝZTUŽE

PŘEDPOKLAD $\varnothing 22 \text{ mm}$

KRYTÍ $C_{\text{nom}} = 25 \text{ mm}$

$$d_2 = C_{\text{nom}} + \varnothing_{\text{tr.}} + \frac{\varnothing}{2} = 25 + 8 + \frac{22}{2} = 44 \text{ mm}$$

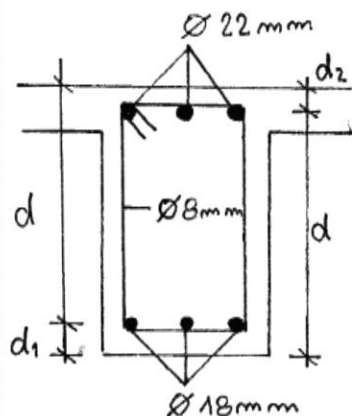
$$d = h - d_2 = 650 - 44 = 606 \text{ mm}$$

PLOCHA

$$A_{s, \text{reg}} = \frac{M_{\text{ed}}}{0,95 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{229,41 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 606 \cdot 478,26} = 833,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \text{prov}} = 1140 \text{ mm}^2 \quad (3 \times \varnothing 22 \text{ mm})$$

$$A_{s, \text{prov}} = 1140 \text{ mm}^2 > A_{s, \text{reg}} = 833,2 \text{ mm}^2$$



⑤ OVĚŘENÍ MÍRY VYZTUŽENÍ

- HORNÍ VÝZTUŽ $\varnothing 22 \text{ mm}$

$$A_{s,\min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,26 \cdot \frac{2,9 \cdot 0,5 \cdot 0,606}{550} = 415,4 \text{ mm}^2$$

$$1140,4 > 415,4 \quad [\text{mm}^2]$$

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 650 \cdot 500 = 13\,000 \text{ mm}^2$$

$$1140,4 < 13\,000 \quad [\text{mm}^2]$$

- SPODNÍ VÝZTUŽ

$$A_{s,\min} = 0,26 \cdot \frac{2,9 \cdot 0,5 \cdot 0,608}{550} = 416,8 \text{ mm}^2$$

$$763 > 416,8 \quad [\text{mm}^2]$$

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot 650 \cdot 500 = 13\,000 \text{ mm}^2$$

$$763 < 13\,000 \quad [\text{mm}^2]$$

⑥ POSOUZENÍ PRŮŘEZU

a. NA KLADNÝ MOMENT

$$F_c = F_s \quad F_{cc} = A_{cc} \cdot f_{cd} \quad F_s = A_s \cdot f_{yd}$$

$$A_{cc} = A_s \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 763 \cdot \frac{478,26}{20} = 18\,245,62 \text{ mm}^2$$

$$A_{cc} = \lambda x \cdot b_{eff} \Rightarrow x = \frac{A_{cc}}{\lambda \cdot b_{eff}} = \frac{18\,245,62}{0,8 \cdot 500} = 45,6 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{3,5}{45,6} \cdot (608 - 45,6) = 43,16\%$$

$$\epsilon_s = 43,16\% \geq \epsilon_{yd} = 2,39\%$$

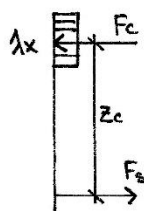
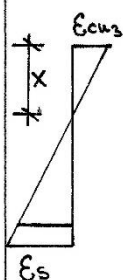
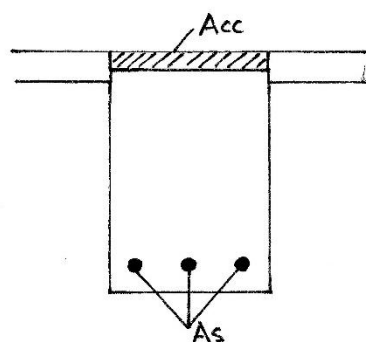
$$z_c = h - \frac{\lambda x}{2} - d_1 = 650 - \frac{0,8 \cdot 45,6}{2} - 42 = 589,76 \text{ mm}$$

$$M_{rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 763 \cdot 478,26 \cdot 589,76 = 215,2 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 215,2 \text{ kNm} > M_{ed} = 162,73 \text{ kNm}$$

- VÝSLEDEK BYL OVĚŘEN V PŘILOŽENÉM VÝPOČTU, KTERÝ BYL PROVEDEN V PROGRAMU EXCEL.

VÝSLEDEK Z EXCELU $M_{rd} = 215,32 \text{ kNm}$



Posouzení betonových prvků dle EuroCode 2

Rozměr prvku b= 0.5 m h= 0.65 m		Vyztužení As1 18 3 As2 22 0		Prvek č.: P1 As1= 763.4088 mm ² As2= 0 mm ²
Charakteristiky betonu Beton C 30/37 f _{ck} = 30 MPa f _{ctm} = 2.9 MPa E _{cm} = 32000 Mpa τ _{rk} = 0.51 Mpa α= 1 γ _C = 1.5 f _{cd} =f _{ck} /γ _C 20 Mpa ε _{cd} =f _{cd} /E 0.0035		Charakteristiky výztuže As1 Výztuž B550B R f _{yk} = 550 MPa f _{tk} = 550 MPa E= 200000 Mpa průměry 8-36 mm Povrch žebírkový γ _s = 1.15 f _{yd} =f _{yk} /γ _s 478.26 Mpa ε _{yd} =f _{yd} /E 0.00239		Charakteristiky výztuže As2 Výztuž B550B R f _{yk} = 550 MPa f _{tk} = 550 MPa E= 200000 Mpa průměry 8-36 mm Povrch žebírkový f _{yd} =f _{yk} /γ _s 478.26 Mpa ε _{yd} =f _{yd} /E 0.00239
Krytí výztuže Δh= 10 mm c _{min} = 15 mm φ _{třmínku} = 8 mm c=c _{min} +Δh+φ _{tř} 33 mm d ₁ =c+φ/2 42 mm d ₂ =c+φ/2 44 mm d=h-d ₁ 0.608 m		Schema 		

Posouzení

<Velikost tlačené oblasti x>

1) předpoklad ε_{s1} ≥ ε_{yd} ⇒ σ_{s1} = f_{yd} ; ε_{s2} < ε_{yd} ⇒ σ_{s2} < f_{yd2} ; As1 je plně využita, As2 není plně využita

D=	1.33E+11			
x ₁ =	45.63849 mm	ε _{s1} =	0.04312731 ≥ ε _{yd1}	PRAVDA
x ₂ =	0 mm	ε _{s2} =	0.00012565 < ε _{yd2}	PRAVDA
x=	45.63849 mm			PRAVDA
σ _{s1} =	478.26 Mpa			
σ _{s2} =	25.131 Mpa			

2) předpoklad ε_{s1} ≥ ε_{yd} ⇒ σ_{s1} = f_{yd} ; ε_{s2} ≥ ε_{yd} ⇒ σ_{s2} = f_{yd2} ; As1 i As2 plně využity

x=	45.63849 mm	ε _{s1} =	0.04312731 ≥ ε _{yd1}	PRAVDA
σ _{s1} =	478.26 Mpa	ε _{s2} =	0.00012565 ≥ ε _{yd2}	NEPRAVDA
σ _{s2} =	478.26 Mpa			NEPRAVDA

3) předpoklad ε_{s1} < ε_{yd} ⇒ σ_{s1} < f_{yd} ; ε_{s2} ≥ ε_{yd} ⇒ σ_{s2} = f_{yd2} ; As2 je plně využita, As1 není plně využita

D=	1.07E+13			
x ₁ =	170.8773 mm	ε _{s1} =	0.00895338 < ε _{yd1}	NEPRAVDA
x ₂ =	-237.676 mm	ε _{s2} =	0.00259877 ≥ ε _{yd2}	PRAVDA
x=	170.8773 mm			NEPRAVDA
σ _{s1} =	1790.676 Mpa			
σ _{s2} =	478.26 Mpa			

4) předpoklad ε_{s1} < ε_{yd} ⇒ σ_{s1} < f_{yd} ; ε_{s2} < ε_{yd} ⇒ σ_{s2} < f_{yd2} ; As1 není plně využita, As2 není plně využita

D=	21801195			
x ₁ =	170.8773 mm	ε _{s1} =	0.00895338 < ε _{yd1}	NEPRAVDA
x ₂ =	-237.676 mm	ε _{s2} =	0.00259877 < ε _{yd2}	NEPRAVDA
x=	170.8773 mm			NEPRAVDA
σ _{s1} =	1790.676 Mpa			
σ _{s2} =	519.7537 Mpa			

<Vypočtené parametry prvku>

Splněny

předpoklady

číslo:

1

x=

45.6 mm

σ_{s1}=

478.26 Mpa

ε_{s1}=

0.04312731

|F_{s1}|=

365.108 KN

σ_{s2}=

25.131 Mpa

ε_{s2}=

0.00012565

|F_{s2}|=

0.000 KN

ξ=x/d=

0.0751 [1]

|F_c|=

365.108 KN

ρ=

0.0025 [1]

> 0.0011

ρ_h=

0.0023 [1]

< 0.0400

M_{sd}=

162.73 KNm

z_c=

589.745 mm

M_{rd}=

215.32 KNm

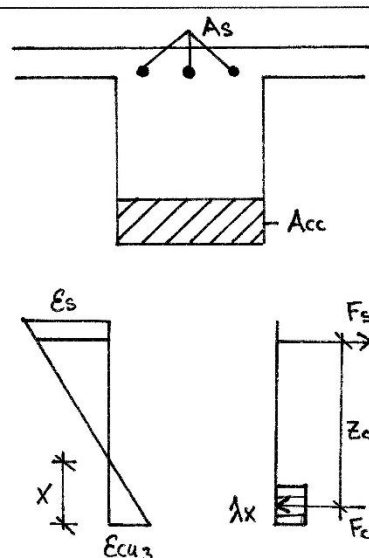
z_s=

564 mm

M_{sd} / M_{rd}=

76%

18.5.18



b. NA ZÁPORNÝ MOMENT

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} = \frac{1140,4 \cdot 478,26}{98 \cdot 500 \cdot 20} = 68,17 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{3,5}{68,17} \cdot (606 - 68,17) = 27,61 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 27,61 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd} = 2,39 \text{ ‰}$$

$$Z_c = 650 - \frac{0,8 \cdot 68,17}{2} - 44 = 578,732 \text{ mm}$$

$$M_{rd} = 1140,4 \cdot 478,26 \cdot 578,732 = 315,6 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 315,6 \text{ kNm} > M_{ed} = 229,41 \text{ kNm}$$

-OVĚŘENO POMOCÍ PROGRAMU EXCEL

VÝSLEDEK Z EXCELU $M_{rd} = 315,64 \text{ kNm}$

Rozměr prvku		Výztužení		Počet		Prvek č.: P1	
b=	0,5 m	As1	22	3	As1=	1140,4008 mm ²	
h=	0,65 m	As2	22	0	As2=	0 mm ²	
Charakteristiky betonu		Charakteristiky výztuže As1		Charakteristiky výztuže As2			
Beton	C 30/37	Výztuž	B500B	R	Výztuž	B500B	R
f _{ck} =	30 MPa	f _{yk} =	550 MPa		f _{yk} =	550 MPa	
f _{ctm} =	2,9 MPa	f _{tk} =	550 MPa		f _{tk} =	550 MPa	
E _{cm} =	32000 MPa	E=	200000 MPa		E=	200000 MPa	
τ _{rk} =	0,51 MPa	průměry	8-36 mm		průměry	8-36 mm	
α=	1	Povrch	žebírkový		Povrch	žebírkový	
γ _{ce} =	1,5	γ _s =	1,15				
f _{cd} =f _{ck} /γ _c	20 MPa	f _{yd} =f _{yk} /γ _s	478,26 MPa		f _{yd} =f _{yk} /γ _s	478,26 MPa	
ε _{cd} =f _{cd} /E	0,0035	ε _{yd} =f _{yd} /E	0,00239		ε _{yd} =f _{yd} /E	0,00239	
Krytí výztuže		Schema					
Δh=	10 mm						
c _{min} =	15 mm						
φ _{třminky} =	8 mm						
c=c _{min} +Δh+φ _{třminky}	33 mm						
d ₁ =c+φ/2	44 mm						
d ₂ =c+φ/2	44 mm						
d=h-d ₁	0,606 m						

Posouzení

<Velikost tláčené oblasti x>

1) předpoklad $\varepsilon_{s1} > \varepsilon_{yd}$; $\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{yd}$; $\varepsilon_{s1} = f_{yd}$; $\varepsilon_{s2} = f_{yd}$; As1 je plně využitá, As2 není plně využitá

$$D = 2,97 \text{ E+11}$$

$$x_1 = 68,17601 \text{ mm}$$

$$x_2 = 0 \text{ mm}$$

$$x = 68,17601 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} = 478,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = 248,2282 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{s1} = 0,02761065 > \varepsilon_{yd1}$$

$$\varepsilon_{s2} = 0,00124114 < \varepsilon_{yd2}$$

PRAVDA

PRAVDA

PRAVDA

2) předpoklad $\varepsilon_{s1} > \varepsilon_{yd}$; $\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{yd}$; $\varepsilon_{s1} = f_{yd}$; $\varepsilon_{s2} = f_{yd}$; As1 i As2 plně využitá

$$x = 68,17601 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} = 478,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = 478,26 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{s1} = 0,02761065 > \varepsilon_{yd1}$$

$$\varepsilon_{s2} = 0,00124114 > \varepsilon_{yd2}$$

PRAVDA

NEPRAVDA

NEPRAVDA

3) předpoklad $\varepsilon_{s1} < \varepsilon_{yd}$; $\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{yd}$; $\varepsilon_{s1} = f_{yd}$; $\varepsilon_{s2} = f_{yd}$; As2 je plně využitá, As1 není plně využitá

$$D = 1,61 \text{ E+13}$$

$$x_1 = 201,0238 \text{ mm}$$

$$x_2 = -300,809 \text{ mm}$$

$$x = 201,0238 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} = 1410,198 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = 478,26 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{s1} = 0,00705099 < \varepsilon_{yd1}$$

$$\varepsilon_{s2} = 0,00273392 > \varepsilon_{yd2}$$

NEPRAVDA

PRAVDA

NEPRAVDA

4) předpoklad $\varepsilon_{s1} < \varepsilon_{yd}$; $\varepsilon_{s2} < \varepsilon_{yd}$; $\varepsilon_{s1} = f_{yd}$; $\varepsilon_{s2} = f_{yd}$; As1 není plně využitá, As2 není plně využitá

$$D = 32892874$$

$$x_1 = 201,0238 \text{ mm}$$

$$x_2 = -300,809 \text{ mm}$$

$$x = 201,0238 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} = 1410,198 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = 546,7843 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{s1} = 0,00705099 < \varepsilon_{yd1}$$

$$\varepsilon_{s2} = 0,00273392 < \varepsilon_{yd2}$$

NEPRAVDA

NEPRAVDA

NEPRAVDA

<Vypočtené parametry prvku>

Spĺněny

předpoklady

číslo:

1

x=

$$68,2 \text{ mm}$$

σ_{s1}=

$$478,26 \text{ MPa}$$

σ_{s2}=

$$248,228 \text{ MPa}$$

ξ=x/d=

$$0,1125 [1]$$

ρ=

$$0,0038 [1]$$

ρ_h=

$$0,0035 [1]$$

z_c=

$$578,73 \text{ mm}$$

z_s=

$$562 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{s1} = 0,02761065$$

$$\varepsilon_{s2} = 0,00124114$$

$$|F_{s1}| = 545,408 \text{ kN}$$

$$|F_{s2}| = 0,000 \text{ kN}$$

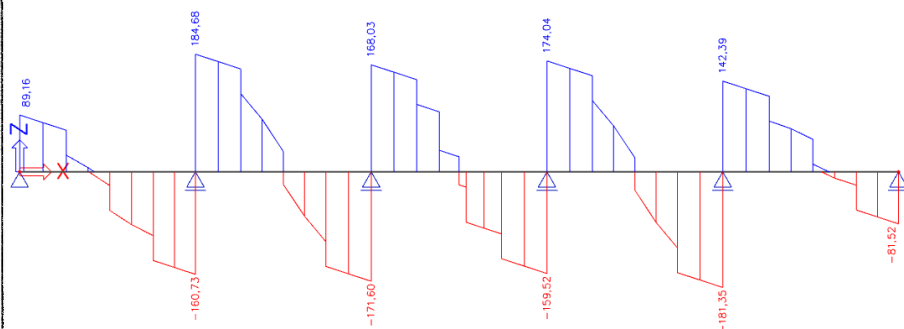
$$|F_c| = 545,408 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 229,41 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 315,64 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} / M_{rd} = 73\%$$

⑦ SMYK



$$V_{Rdc} = C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_i \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b \cdot d > (V_{min} + k_1 \cdot z_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rdc} = \frac{0,18}{f_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k_1 \cdot z_{cp} = 0,15 \cdot 0 = 0$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{606}} = 1,574 \leq 2,0$$

$$\rho_i = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{5,09 \cdot 10^2}{500 \cdot 606} = 0,00168$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,574^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,38 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = 0,12 \cdot 1,574 \cdot (100 \cdot 0,00168 \cdot 30)^{1/3} \cdot 500 \cdot 606 = 98,12 \text{ kN}$$

$$(0,38 + 0) \cdot 500 \cdot 606 = 115,14 \text{ kN}$$

- SMYKOVOU VÝZTUŽ JE NUTNÉ NAVRHNOUT VÝPOČTEM.

⑧ NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

TŘÍMÍNKY $2 \varnothing 8 \text{ mm}$ $A_s = 101 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\cot \theta = 1,75$$

a. NÁVRH U PODPOR

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta \Rightarrow s \leq \frac{A_{sw}}{V_{ed}} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta$$

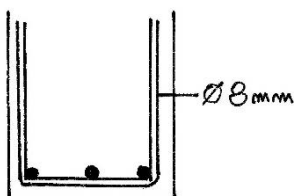
$$s \leq \frac{101 \cdot 10^{-4}}{184,68 \cdot 10^3} \cdot 0,5454 \cdot 478,26 \cdot 1,75 = 249,6 \text{ mm}$$

$$s = 200 \text{ mm}$$

NAVRŽENO $2 \varnothing 8 \text{ mm} \bar{a} 200 \text{ mm}$

b. POSOUZENÍ

- KONTROLA KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD
- PODÉLNÁ VZDÁLENOST
- PŘÍČNÁ VZDÁLENOST



- PODÉLNÁ VZDÁLENOST

$$S_{max} \leq 0,75d = 0,75 \cdot 606 = 454,5 \text{ mm} \\ \leq 400 \text{ mm}$$

$$S = 200 \text{ mm} < S_{max} = 400 \text{ mm}$$

- PŘÍČNÁ VZDÁLENOST

$$S_t = 500 - 2 \cdot 25 - 2 \cdot \frac{8}{2} = 442 \text{ mm}$$

$$S_{t,max} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 606 = 454,5 \text{ mm} \\ \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_t = 442 \text{ mm} < S_{t,max} = 454,5 \text{ mm}$$

c. STUPEŇ VYZTUŽENÍ

$$\rho_w = \frac{A_s}{s \cdot b_w} = \frac{1,01 \cdot 10^{-4}}{0,2 \cdot 0,5} = 1,01 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ctk}}}{f_{yk}} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{30}}{550} = 7,96 \cdot 10^{-4}$$

$$\rho_w = 1,01 \cdot 10^{-3} > \rho_{min} = 7,96 \cdot 10^{-4}$$

d. KONTROLA ÚNOSNOSTI

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yk} \cdot d \cdot z \cdot \cot \theta = \frac{1,01 \cdot 10^{-4}}{0,2} \cdot 478,26 \cdot 0,5454 \cdot 1,75 =$$

$$V_{rd,s} = 230,5 \text{ kN}$$

$$V_{rd,s} = 230,5 \text{ kN} > V_{ed} = 184,68 \text{ kN}$$

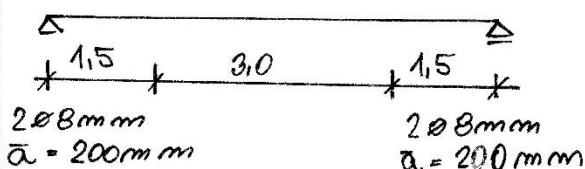
e. NÁVRH VE STŘEDNÍ ČÁSTI

$$x = \frac{l}{2} - \frac{\frac{l}{2}}{V_{ed}} \cdot V_{rd,c} = \frac{6}{2} - \frac{3}{184,68} \cdot 98,12 = 1,4 \text{ m}$$

$$\text{VOLÍM } x = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{NAVRŽENO } 2 \varnothing 8 \text{ mm } \bar{a} = 250 \text{ mm}$$

$$2 \varnothing 8 \text{ mm } \bar{a} = 250 \text{ mm}$$



⑨ POSOUZENÍ TLAČNÉ DIAGONÁLY

- POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

$$V_{rd, max} = \alpha_c w_b w_v z \cdot f_{cd} (\cot \theta + 1 \cot \theta)$$

$$V = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{rd, max} = 1,05 \cdot 0,528 \cdot 0,5454 \cdot 20 / (1+1) = 1439,9 \text{ kN}$$

$$V_{rd, max} = 1439,9 \text{ kN} > V_{ed} = 184,68 \text{ kN}$$

⑩ KOTEVNÍ DÉLKA VÝZTUŽE

- SPODNÍ VÝZTUŽ

DO PODPORY ZAVEDENY 2 Ø 18 mm

$$A_{s, sup} = 5,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > 0,25 \cdot A_s = 0,25 \cdot 7,63 \cdot 10^{-4} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F_{ed} = \Delta F_{td} = 0,5 \cdot V_{ed} \cdot \cot \theta = 0,5 \cdot 184,68 \cdot 1,75 = 161,6 \text{ kN}$$

$$\sigma_s = \frac{F_{ed}}{A_{s, sup}} = \frac{161,6 \cdot 10^3}{5,09 \cdot 10^{-4}} = 317,5 \text{ MPa} < f_{yd} = 478,26 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 20 = 4,5 \text{ MPa}$$

$$L_{b, reqd} = \frac{\sigma_s}{4} \cdot \frac{\sigma_s}{f_{bd}} = \frac{0,018}{4} \cdot \frac{317,5}{4,5} = 0,317 \text{ m}$$

$$L_{b, min} = \max \{0,3 \cdot L_{b, reqd}; 10; 100\} = \{95,1; 180; 100\} = 180$$

$$L_{b, min} = 180 \text{ mm}$$

- HORNÍ VÝZTUŽ

$$F_{ed} = V_{ed} \cdot \frac{d}{0,9 \cdot d} = 184,68 \cdot \frac{606}{0,9 \cdot 606} = 205,2 \text{ kN}$$

$$\sigma_s = \frac{205,2 \cdot 10^3}{7,6 \cdot 10^{-4}} = 270 \text{ MPa}$$

$$L_{b, reqd} = \frac{0,022}{4} \cdot \frac{270}{4,5} = 330 \text{ mm}$$

$$L_{b, min} = \max \{99; 220; 100\} = 220 \text{ mm}$$

$$L_{b, min} = 220 \text{ mm}$$

- DOLNÍ KOTVENÁ V POLI

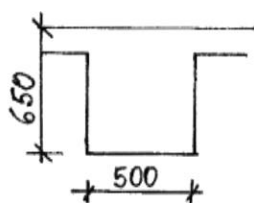
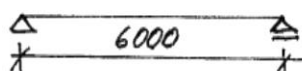
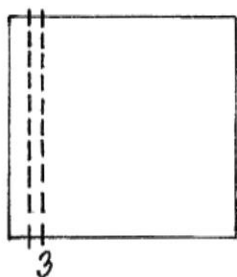
$$F_{ed} = \frac{M_{ed}}{z} = \frac{162,73}{0,5454} = 298,4 \text{ kN}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{ed}}{W_{pld}} \cdot f_{yd} = \frac{162,73}{215,2} \cdot 478,26 = 361,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \frac{F_{ed}}{A_s} = \frac{298,4 \cdot 10^3}{7,63 \cdot 10^{-4}} = 391,1 \text{ MPa}$$

$$L_{b, reqd} = \frac{\sigma_s}{4} \cdot \frac{\sigma_s}{f_{bd}} = \frac{18}{4} \cdot \frac{391,1}{4,5} = 391,1 = 400 \text{ mm}$$

PRUH 3

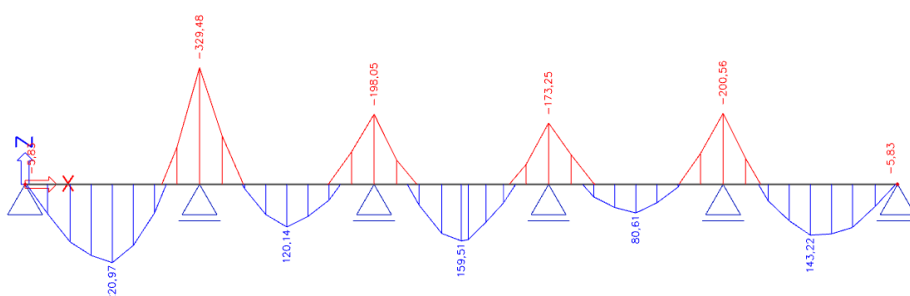


POSOUZENÍ PRŮVLAKU POD NEJVĚTŠÍ NÁDRŽÍ.

① GEOMETRIE

- GEOMETRIE PRŮVLAKU JE TOTOŽNÁ S PŘEDCHOZÍM NÁVRHEM

② VNITŘNÍ SÍLY



③ MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

BETON C 30/37:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

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

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

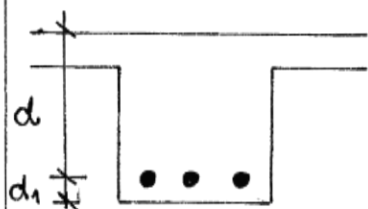
$$\epsilon_{cu3} = -3,5 \text{ ‰}$$

OCEL B550B:

$$f_{yk} = 550 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{550}{1,15} = 478,26 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E} = \frac{478,26}{200\,000} = 2,39 \text{ ‰}$$

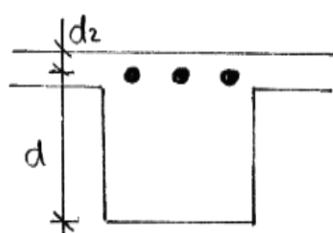


$$d_1 = c_{nom} + \varnothing_{tr} + \frac{\varnothing}{2}$$

$$d_1 = 25 + 10 + \frac{22}{2} = 46 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 650 - 46$$

$$d = 604 \text{ mm}$$



④ NÁVRH VÝZTUŽE

- NÁVRH SPODNÍ VÝZTUŽE

PŘEDPOKLAD $\varnothing 22 \text{ mm}$

a. KRYTÍ

TŘMÍNKY PŘEDPOKLAD $\varnothing 10 \text{ mm}$

$$c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

b. PLOCHA

$$A_{s,reg} = \frac{M_{ed}}{0,95 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{220,97 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 604 \cdot 478,26 \cdot 10^6} = 805,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 1140 \text{ mm}^2 \quad (3 \times \varnothing 22 \text{ mm})$$

$$A_{s,prov} = 1140 \text{ mm}^2 > A_{s,reg} = 805,2 \text{ mm}^2$$

- NÁVRH HORNÍ VÝZTUŽE

PŘEDPOKLAD $\varnothing 25 \text{ mm}$

a. KRYTÍ

$$c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

$$d_2 = c_{nom} + \varnothing_{tr} + \frac{\varnothing}{2} = 25 + 10 + \frac{25}{2} = 47,5 \text{ mm}$$

$$d = h - d_2 = 650 - 47,5 = 602,5 \text{ mm}$$

b. PLOCHA

$$A_{s,reg} = \frac{329,48 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 602,5 \cdot 478,26 \cdot 10^6} = 1203,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 1473 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 1473 \text{ mm}^2 > A_{s,reg} = 1203,6 \text{ mm}^2$$

⑤ OVĚŘENÍ MÍRY VÝZTUŽENÍ

- HORNÍ VÝZTUŽ

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,26 \cdot \frac{2,9 \cdot 0,5 \cdot 0,6025}{550} = 412,9 \text{ mm}^2$$

$$1475 > 412,9 \quad [\text{mm}^2]$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 500 \cdot 650 = 13000 \text{ mm}^2$$

$$1475 < 13000 \quad [\text{mm}^2]$$

- SPODNÍ VÝZTUŽ

$$A_{smin} = 0,26 \cdot \frac{29 \cdot 0,5 \cdot 0,604}{550} = 414,01 \text{ mm}^2$$

$$1140 > 414,01 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot 500 \cdot 650 = 13\,000 \text{ mm}^2$$

$$1140 < 13000 \text{ [mm}^2\text{]}$$

⑥ POSOUZENÍ PRŮŘEZU

a. NA Kladný moment

$$F_c = F_s \quad F_{cc} = A_{cc} \cdot f_{cd} \quad F_s = A_s \cdot f_{yd}$$

$$A_{cc} = A_s \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 1140 \cdot \frac{478,26}{20} = 27\,260,82 \text{ mm}^2$$

$$A_{cc} = \lambda_x \cdot b_{eff} \Rightarrow x = \frac{A_{cc}}{\lambda \cdot b_{eff}} = \frac{27\,260,82}{0,8 \cdot 500} = 68,15 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{3,5}{68,15} \cdot (604 - 68,15) = 27,52 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 27,52 \text{ ‰} > \epsilon_{yd} = 2,39 \text{ ‰}$$

$$z_c = h - \frac{\lambda_x}{2} - d_1 = 650 - \frac{0,8 \cdot 68,15}{2} - 46 = 576,74 \text{ mm}$$

$$M_{rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 1140 \cdot 478,26 \cdot 576,74 = 314,4 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 314,4 \text{ kNm} > M_{ed} = 220,97 \text{ kNm}$$

b. NA Záporný moment

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1473 \cdot 478,26}{0,8 \cdot 500 \cdot 20} = 88,0 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{3,5}{88} \cdot (602,5 - 88) = 20,46 \text{ ‰}$$

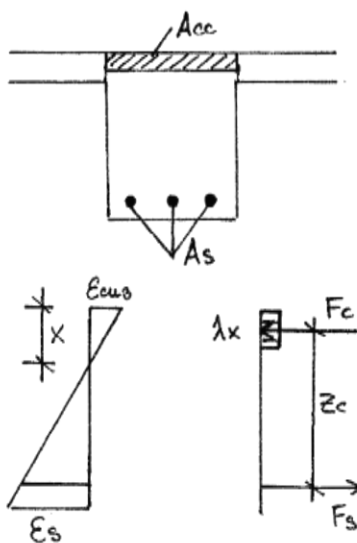
$$\epsilon_s = 20,46 \text{ ‰} > \epsilon_{yd} = 2,39 \text{ ‰}$$

$$z_c = 650 - \frac{0,8 \cdot 88}{2} - 47,5 = 567,3 \text{ mm}$$

$$M_{rd} = 1473 \cdot 478,26 \cdot 567,3 = 399,6 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 399,6 \text{ kNm} > M_{ed} = 329,48 \text{ kNm}$$

- VÝSLEDKY OVĚŘENY V PŘILOŽENÉM VÝPOČTU, KTERÝ BYL PROVEDEN V PROGRAMU EXCEL.



a) POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA Kladný MOMENT

Posouzení betonových prvků dle EuroCode 2

Rozměr prvku b= 0.5 m h= 0.65 m	Vyztužení As1 22 As2 25	φ [mm] 22 25	Počet 3 3	Prvek č.: P2 As1= 1140.4008 mm ² As2= 1472.625 mm ²
Charakteristiky betonu Beton C 30/37 f _{ck} = 30 MPa f _{ctm} = 2.9 MPa E _{cm} = 32000 Mpa τ _{rk} = 0.51 Mpa α= 1 γ _C = 1.5 f _{cd} =f _{ck} /γ _C 20 Mpa ε _{cd} =f _{cd} /E 0.0035	Charakteristiky výztuže As1 Výztuž B550B R f _{yk} = 550 MPa f _{tk} = 550 MPa E= 200000 Mpa průměry 8-36 mm Povrch žebírkový γ _s = 1.15 f _{yd} =f _{yk} /γ _s 478.26 Mpa ε _{yd} =f _{yd} /E 0.00239	Charakteristiky výztuže As2 Výztuž B550B R f _{yk} = 550 MPa f _{tk} = 550 MPa E= 200000 Mpa průměry 8-36 mm Povrch žebírkový f _{yd} =f _{yk} /γ _s 478.26 Mpa ε _{yd} =f _{yd} /E 0.00239		
Krytí výztuže Δh= 10 mm c _{min} = 15 mm φ _{třmínku} = 10 mm c=c _{min} +Δh+φ _{tř} 35 mm d1=c+φ/2 46 mm d2=c+φ/2 47.5 mm d=h-d1 0.604 m	Schema 			

Posouzení <Velikost tlačené oblasti x>				
1) předpoklad ε _{s1} ≥ε _{yd} ⇒σ _{s1} =f _{yd} ; ε _{s2} <ε _{yd2} ⇒σ _{s2} <f _{yd2} ; As1 je plně využita, As2 není plně využita				
D=	1.8E+12			
x ₁ =	53.57176 mm	ε _{s1} =	0.03596109 >= ε _{yd1}	PRAVDA
x ₂ =	-114.25 mm	ε _{s2} =	0.00039669 < ε _{yd2}	PRAVDA
x=	53.57176 mm			PRAVDA
σ _{s1} =	478.26 Mpa			
σ _{s2} =	79.33722 Mpa			
2) předpoklad ε _{s1} ≥ε _{yd} ⇒σ _{s1} =f _{yd} ; ε _{s2} ≥ε _{yd2} ⇒σ _{s2} =f _{yd2} ; As1 i As2 plně využity				
x=	-19.8612 mm	ε _{s1} =	-0.1099387 >= ε _{yd1}	NEPRAVDA
σ _{s1} =	478.26 Mpa	ε _{s2} =	0.01187059 >= ε _{yd2}	PRAVDA
σ _{s2} =	478.26 Mpa			NEPRAVDA
3) předpoklad ε _{s1} <ε _{yd} ⇒σ _{s1} <f _{yd} ; ε _{s2} ≥ε _{yd2} ⇒σ _{s2} =f _{yd2} ; As2 je plně využita, As1 není plně využita				
D=	1.77E+13			
x ₁ =	168.9376 mm	ε _{s1} =	0.00901349 < ε _{yd1}	NEPRAVDA
x ₂ =	-356.76 mm	ε _{s2} =	0.00251591 >= ε _{yd2}	PRAVDA
x=	168.9376 mm			NEPRAVDA
σ _{s1} =	1802.699 Mpa			
σ _{s2} =	478.26 Mpa			
4) předpoklad ε _{s1} <ε _{yd} ⇒σ _{s1} <f _{yd} ; ε _{s2} <ε _{yd2} ⇒σ _{s2} <f _{yd2} ; As1 není plně využita, As2 není plně využita				
D=	41513699			
x ₁ =	167.5663 mm	ε _{s1} =	0.0091159 < ε _{yd1}	NEPRAVDA
x ₂ =	-396.206 mm	ε _{s2} =	0.00250786 < ε _{yd2}	NEPRAVDA
x=	167.5663 mm			NEPRAVDA
σ _{s1} =	1823.18 Mpa			
σ _{s2} =	501.5711 Mpa			
<Vypočtené parametry prvku>				
Splněny předpoklady				
číslo:	1			
x=	53.6 mm			
σ _{s1} =	478.26 Mpa	ε _{s1} =	0.03596109	Fs1 = 545.408 KN
σ _{s2} =	79.3372 Mpa	ε _{s2} =	0.00039669	Fs2 = 116.834 KN
ξ=x/d=	0.0887 [1]			Fc = 428.574 KN
ρ=	0.0038 [1] >	0.0011		
ρ _h =	0.0035 [1] <	0.0400		
z _C =	582.571 mm			Msd= 220.97 KNm
z _S =	556.5 mm			Mrd= 314.69 KNm
				Msd / Mrd= 70%

b) POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA ZÁPORNÝ MOMENT

Posouzení betonových prvků dle EuroCode 2

Rozměr prvku b= 0.5 m h= 0.65 m	Vyztužení As1 25 3 As2 25 0	Počet As1= 1472.625 mm ² As2= 0 mm ²	Prvek č.: P2
Charakteristiky betonu Beton C 30/37 f _{ck} = 30 MPa f _{ctm} = 2.9 MPa E _{cm} = 32000 Mpa τ _{rk} = 0.51 MPa α _c = 1 γ _c = 1.5 f _{cd} =f _{ck} /γ _c 20 MPa ε _{cd} =f _{cd} /E 0.0035	Charakteristiky výztuže As1 Výztuž B550B R f _{yk} = 550 MPa f _{tk} = 550 MPa E= 200000 Mpa průměry 8-36 mm Povrch žebírkový γ _s = 1.15 f _{yd} =f _{yk} /γ _s 478.26 Mpa ε _{yd} =f _{yd} /E 0.00239	Charakteristiky výztuže As2 Výztuž B550B R f _{yk} = 550 MPa f _{tk} = 550 MPa E= 200000 Mpa průměry 8-36 mm Povrch žebírkový f _{yd} =f _{yk} /γ _s 478.26 Mpa ε _{yd} =f _{yd} /E 0.00239	
Krytí výztuže Δh= 10 mm c _{min} = 15 mm φ _{třmínku} = 10 mm c=c _{min} +Δh+φ _{tř} 35 mm d ₁ =c+φ/2 47.5 mm d ₂ =c+φ/2 47.5 mm d=h-d ₁ 0.603 m	Schema 		

Posouzení

<Velikost tlačené oblasti x>

1) předpoklad ε_{s1} ≥ ε_{yd} ⇒ σ_{s1} = f_{yd} ; ε_{s2} < ε_{yd2} ⇒ σ_{s2} < f_{yd2} ; As1 je plně využita, As2 není plně využita

D=	4.96E+11			
x ₁ =	88.0372 mm	ε _{s1} =	0.02045294 > ε _{yd1}	PRAVDA
x ₂ =	0 mm	ε _{s2} =	0.00161159 < ε _{yd2}	PRAVDA
x=	88.0372 mm			PRAVDA
σ _{s1} =	478.26 Mpa			
σ _{s2} =	322.3188 Mpa			

2) předpoklad ε_{s1} ≥ ε_{yd} ⇒ σ_{s1} = f_{yd} ; ε_{s2} ≥ ε_{yd2} ⇒ σ_{s2} = f_{yd2} ; As1 i As2 plně využity

x=	88.0372 mm	ε _{s1} =	0.02045294 > ε _{yd1}	PRAVDA
σ _{s1} =	478.26 Mpa	ε _{s2} =	0.00161159 > ε _{yd2}	NEPRAVDA
σ _{s2} =	478.26 Mpa			NEPRAVDA

3) předpoklad ε_{s1} < ε_{yd} ⇒ σ_{s1} < f_{yd} ; ε_{s2} ≥ ε_{yd2} ⇒ σ_{s2} = f_{yd2} ; As2 je plně využita, As1 není plně využita

D=	2.09E+13			
x ₁ =	221.5549 mm	ε _{s1} =	0.00601796 < ε _{yd1}	NEPRAVDA
x ₂ =	-350.41 mm	ε _{s2} =	0.00274962 > ε _{yd2}	PRAVDA
x=	221.5549 mm			NEPRAVDA
σ _{s1} =	1203.592 Mpa			
σ _{s2} =	478.26 Mpa			

4) předpoklad ε_{s1} < ε_{yd} ⇒ σ_{s1} < f_{yd} ; ε_{s2} < ε_{yd2} ⇒ σ_{s2} < f_{yd2} ; As1 není plně využita, As2 není plně využita

D=	42728924			
x ₁ =	221.5549 mm	ε _{s1} =	0.00601796 < ε _{yd1}	NEPRAVDA
x ₂ =	-350.41 mm	ε _{s2} =	0.00274962 < ε _{yd2}	NEPRAVDA
x=	221.5549 mm			NEPRAVDA
σ _{s1} =	1203.592 Mpa			
σ _{s2} =	549.9243 Mpa			

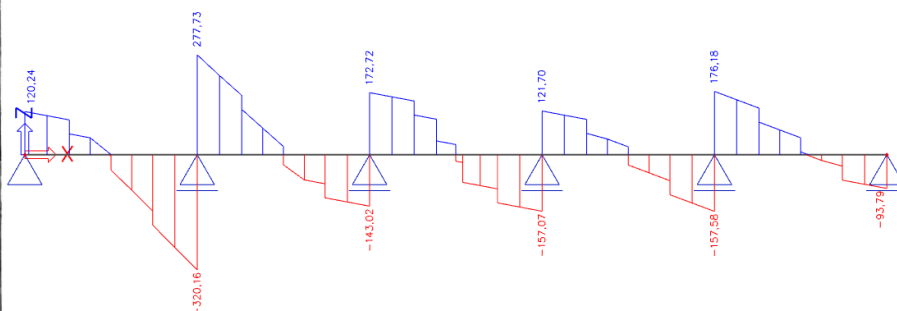
<Vypočtené parametry prvku>

Splněny
předpoklady

číslo:

x=	88.0 mm			
σ _{s1} =	478.26 Mpa	ε _{s1} =	0.02045294	F _{s1} = 704.298 KN
σ _{s2} =	322.319 Mpa	ε _{s2} =	0.00161159	F _{s2} = 0.000 KN
ξ=x/d=	0.1461 [1]			F _c = 704.298 KN
ρ=	0.0049 [1]	>	0.0011	
ρ _h =	0.0045 [1]	<	0.0400	
z _c =	567.285 mm			M _{sd} = 329.48 KNm
z _s =	555 mm			M_{rd}= 399.54 KNm
				M _{sd} / M _{rd} = 82%

⑦ SMYK



$$V_{rdc} = C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b \cdot d > (V_{min} + k_1 \cdot \zeta_{cp}) \cdot b \cdot d$$

$$C_{rdc} = \frac{0,18}{f_{ck}} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k_1 \cdot \zeta_{cp} = 0,15 \cdot 0 = 0$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{604}} = 1,57 \leq 2,0$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b \cdot d} = \frac{7,6 \cdot 10^2}{500 \cdot 604} = 0,00252$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,57^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,37 \text{ MPa}$$

$$V_{rdc} = 0,12 \cdot 1,57 \cdot (100 \cdot 0,00252 \cdot 30)^{1/3} \cdot 500 \cdot 604 = 111,6 \text{ kN}$$

$$(0,37 + 0) \cdot 500 \cdot 604 = 111,74 \text{ kN}$$

- SMYKOVOU VÝZTOŽ JE TŘEBA NAVRHNOUT
VÝPOČTEM.

⑧ NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE

TŘMIŇKY $2 \times 8 \text{ mm}$ $A_s = 1,01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\cot \theta = 1,75$$

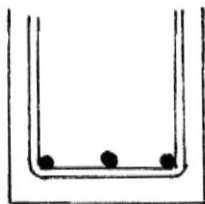
a) NÁVRH V PODPOR

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta \Rightarrow s \leq \frac{A_{sw}}{V_{ed}} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta$$

$$s \leq \frac{1,01 \cdot 10^{-4}}{320,16 \cdot 10^3} \cdot 0,5454 \cdot 478,26 \cdot 1,75 = 144 \text{ mm}$$

$$s = 130 \text{ mm}$$

NAVRŽENO $2 \times 8 \text{ mm}$ $s = 130 \text{ mm}$



b. POSOUZENÍ

- KONTROLA KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD

- PODELNÁ VZDÁLENOST

$$S_{max} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 604 = 453 \text{ mm}$$

$$\leq 400 \text{ mm}$$

$$S = 130 \text{ mm} < S_{max} = 400 \text{ mm}$$

- PŘÍČNÁ VZDÁLENOST

$$S_t = 500 - 2 \cdot 25 - 8 = 442 \text{ mm}$$

$$S_{t,max} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 604 = 453 \text{ mm}$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

$$S_t = 442 \text{ mm} < S_{t,max} = 453 \text{ mm}$$

c. STUPEŇ VYZTUŽENÍ

$$\rho_w = \frac{A_s}{s \cdot b_w} = \frac{1,01 \cdot 10^{-4}}{0,13 \cdot 0,5} = 1,55 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{30}}{550} = 1,59 \cdot 10^{-4}$$

$$\rho_w = 1,55 \cdot 10^{-3} > \rho_{min} = 1,59 \cdot 10^{-4}$$

d. KONTROLA ÚNOSNOSTI

$$V_{rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta = \frac{1,01 \cdot 10^{-4}}{0,13} \cdot 478,26 \cdot 0,5454 \cdot 1,75 =$$

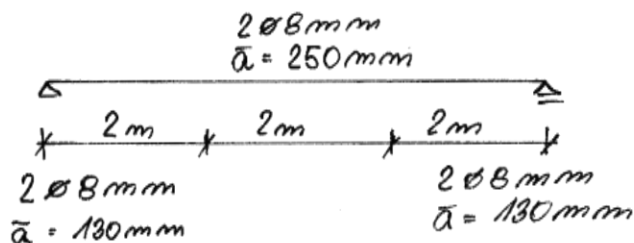
$$V_{rd,s} = 354,6 \text{ kN}$$

$$V_{rd,s} = 354,6 \text{ kN} > V_{ed} = 320,16 \text{ kN}$$

e. NÁVRH VE STŘEDNÍ ČÁSTI

$$x = \frac{l}{2} - \frac{\frac{l}{2}}{V_{ed}} \cdot V_{ed,c} = \frac{6}{2} - \frac{3}{320,16} \cdot 111,6 = 1,95 \text{ m}$$

VOLÍM $x = 2 \text{ m}$



⑨ POSOUZENÍ TLACNÉ DIAGONÁLY

- POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

$$V_{rd, max} = \alpha_c w \cdot b_w \cdot v \cdot z \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

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

$$V_{rd, max} = 1 \cdot 0,5 \cdot 0,528 \cdot 0,5454 \cdot 20 / (1 + 1) = 1439,1 \text{ kN}$$

$$V_{rd, max} = 1439,1 \text{ kN} > V_{ed} = 320,16 \text{ kN}$$

⑩ KOTEVNÍ DÉLKA VÝZTUŽE

- SPODNÍ VÝZTUŽ

DO PODPORY ZA VEDENY 2 x 22 mm

$$A_{sup} = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > 0,25 \cdot A_s = 0,25 \cdot 11,4 \cdot 10^{-4} = 2,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F_{ed} = \Delta F_{td} = 0,5 \cdot V_{ed} \cdot \cot \theta = 0,5 \cdot 320,16 \cdot 1,75 = 280,14 \text{ kN}$$

$$\sigma_s = \frac{F_{ed}}{A_{sup}} = \frac{280,14 \cdot 10^3}{7,6 \cdot 10^{-4}} = 368,6 < f_{yd} = 478,26 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 4,5 \text{ MPa}$$

$$l_{b, reqd} = \frac{\sigma_s}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{0,022 \cdot 368,6}{4 \cdot 4,5} = 0,45 \text{ m}$$

$$l_{b, min} = \max \{0,3 l_{b, reqd}; 10\phi; 100\} = \{135; 220; 100\} = 220 \text{ mm}$$

$$l_{b, min} = 220 \text{ mm}$$

- HORNÍ VÝZTUŽ

$$F_{ed} = V_{ed} \cdot \frac{d}{0,9 \cdot \alpha} = 320,16 \cdot \frac{602,5}{0,9 \cdot 602,5} = 355,7 \text{ kN}$$

$$\sigma_s = \frac{F_{ed}}{A_s} = \frac{355,7 \cdot 10^3}{14,73 \cdot 10^{-4}} = 241,5 \text{ MPa}$$

$$l_{b, reqd} = \frac{\sigma_s}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{0,025 \cdot 241,5}{4 \cdot 4,5} = 335 \text{ mm}$$

$$l_{b, min} = \max \{100,5; 250; 100\} = 250 \text{ mm}$$

$$l_{b, min} = 250 \text{ mm}$$

- DOLNÍ KOTVENÁ V POLI

$$F_{ed} = \frac{M_{ed}}{z} = \frac{220,97}{0,5454} = 405,2 \text{ kN}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{ed}}{M_{rd}} \cdot f_{yd} = \frac{220,97}{314,4} \cdot 478,26 = 336,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \frac{405,2 \cdot 10^3}{14,73 \cdot 10^{-4}} = 275,1 \text{ MPa}$$

$$l_{b, reqd} = \frac{\sigma_s}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{25}{4} \cdot \frac{275,1}{4,5} = 382,1 \approx 400 \text{ mm}$$

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

SEZNAM POUŽITÝCH NOREM

- [1] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Praha: ČNI, 2004
- [2] ČSN EN 1990-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Praha: ČNI, 2004
- [3] ČSN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby a inženýrské stavby, Praha: ČNI, 11/2006 Oprava 1/7

SEZNAM NADEFINOVANÝCH POMŮCEK

- [4] Ing. Jan Hlaváček, Microsoft Excel – EC2 BETON

SEZNAM OSTATNÍ LITERATURY

- [5] Tabulky pro výpočet STK, Ing. Katarína Křížová, Praha, 2010/1

POUŽITÝ SOFTWARE

- [6] SCIA Engineer 17.1.1073 – studentská verze; Scia
- [7] Microsoft Word, Microsoft Excel; Microsoft
- [8] Autodesk Autocad 2018; Autodesk, Inc
- [9] Lumion 3D; Lumiartsoft s.r.o.