



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

B3 - STATICKÝ VÝPOČET VARIANTA B - SPOJE

STRUCTURAL DESIGN REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Poláček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Pilgr Ph.D.

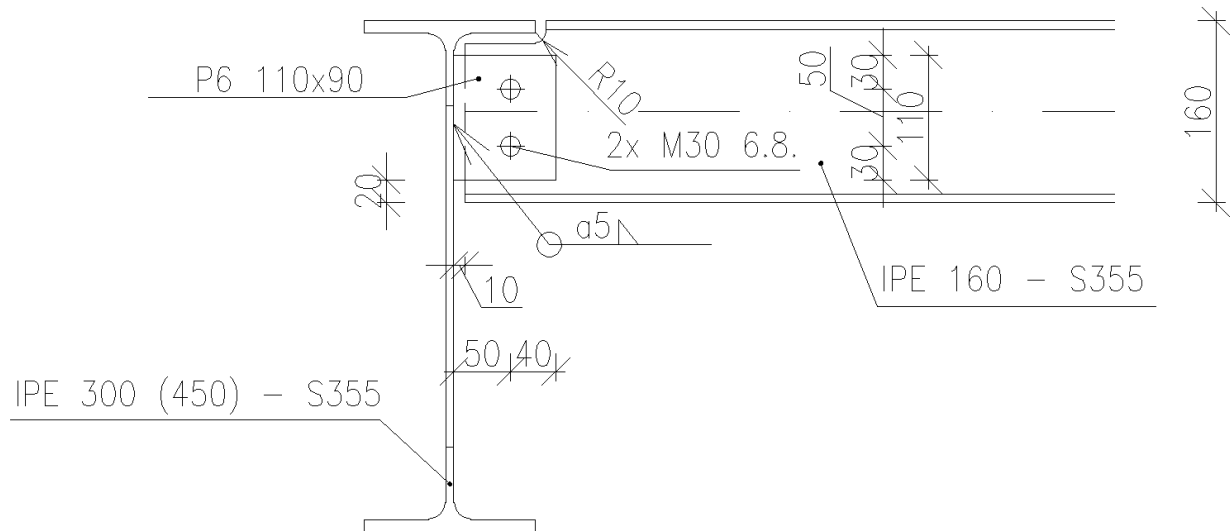
BRNO 2019

OBSAH

1. POSOUZENÍ SPOJE STROPNICE - PRŮVLAK (SLOUP)	4
1.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M16, 8.8.	4
1.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU	4
1.3. POSOUZENÍ	4
2. POSOUZENÍ SPOJE PRŮVLAK - SLOUP	7
2.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M27, 5.6.	7
2.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU	7
2.3. POSOUZENÍ	8
3. POSOUZENÍ SPOJE PRŮVLAK - SLOUP	10
3.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M27, 5.6.	11
3.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU	11
3.3. POSOUZENÍ	11
4. POSOUZENÍ SPOJE PRŮVLAK - SLOUP	14
4.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M27, 5.6.	14
4.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU	14
4.3. POSOUZENÍ	14
5. POSOUZENÍ KŘÍŽENÍ ZTUŽIDEL	17
5.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M20, 8.8.	17
5.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU	17
5.3. POSOUZENÍ	18
6. POSOUZENÍ NAPOJENÍ ZÁVĚSU NA SLOUP	20
6.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M27, 5.6.	21
6.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU	21
6.3. POSOUZENÍ	21
7. POSOUZENÍ SPOJE SPŘAŽENÉHO SLOUPU B-C	24
7.1. MAXIMÁLNÍ SÍLY	24
7.2. POSOUZENÍ	24
8. POSOUZENÍ SPOJE SPŘAŽENÉHO SLOUPU C-D	26
8.1. MAXIMÁLNÍ SÍLY	26
8.2. POSOUZENÍ	26
9. POSOUZENÍ KOTVENÍ K1	29
9.1. MAXIMÁLNÍ SÍLY	30
9.2. POSOUZENÍ	30
10. POSOUZENÍ KOTVENÍ K2	32
10.1. MAXIMÁLNÍ SÍLY	33
10.2. POSOUZENÍ	33
11. POSOUZENÍ KOTVENÍ K3	34
11.1. MAXIMÁLNÍ SÍLY	34
11.2. POSOUZENÍ	34
11.3. ÚNOSNOST KOTEVNÍCH ŠROUBŮ	37

1. POSOUZENÍ SPOJE STROPNICE - PRŮVLAK (SLOUP)

Platí pro veškeré přípoje stropnice - průvlak, stropnice - sloup



1.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M16, 8.8.

Šroub se závitem v místě stříhu.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Průměr šroubu	d	16	mm
Průměr otvoru	d	18	mm
střední průměr	d _m	25,9	mm
Plocha šroubu	A	201	mm ²
Plocha jádra šroubu	A _s	157	mm ²
Mez pevnosti	f _{ub}	800	MPa

1.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU

$$V_{ed, max}: 75,86 \text{ kN} = F_{v,Ed}$$

1.3. POSOUZENÍ

n....počet šroubů

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} \cdot 2 = 120,58 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů ve stříhu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{75,86}{120,58} \leq 1,0$$

$$0,63 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na otlačení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{2,5 \cdot 0,65 \cdot 510 \cdot 16 \cdot 5}{1,25} \cdot 2 = 106,08 \text{ kN}$$

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \Rightarrow \text{volím } 35 \text{ mm}$$

$$e_{2min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 < e_2 = 30 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18 = 39,6 \Rightarrow \text{volím } 50 \text{ mm}$$

$$k_1 = \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \left(2,8 \cdot \frac{30}{18} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$a_b = \min. \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \left(0,65; \frac{800}{510} = 1,57; 1,0 \right) = 0,65$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{35}{3 \cdot 18} = 0,65$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{75,86}{106,08} \leq 1,0$$

$$0,71 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru přípojného plechu a průvlaku

Vlivem excentricity vzniká ve svaru ohybový moment

$$M_{ed} = V_{ed} \cdot e = 75,86 \cdot 0,04 = 3,034 \text{ kNm}$$

výška svaru a: volím 4 mm

uvažovaná délka svaru: l = 120 mm

$$\sigma_w = \frac{M_{ed}}{W_{el,w}} = \frac{M_{ed}}{\frac{2 \cdot a \cdot l^2}{6}} = \frac{3,034 \cdot 10^6}{\frac{2 \cdot 4 \cdot 120^2}{6}} = 158,02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 111,74 \text{ MPa}$$

Posouvající síla vyvoluje smykové napětí rovnoběžné s osou koutového svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{ed}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{75,86 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 120} = 79,02 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru tedy

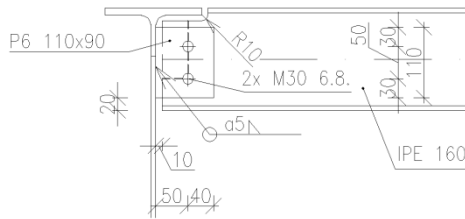
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{111,74^2 + 3 \cdot 111,74^2 + 3 \cdot 79,02^2} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$262,06 \text{ MPa} \leq 453,333 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Únosnost stropnice na vytržení skupiny šroubů při napojení na průvlak



$$V_{\text{eff2,Rd}} = \frac{0,5 \cdot A_{\text{nt}} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{\text{nv}} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,5 \cdot 105 \cdot 510}{1,25} + \frac{312,5 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} =$$

$$V_{\text{eff2,Rd}} = 85,47 \text{ kN} \geq V_{\text{ed}} = 75,86 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$A_{\text{nt}} = 5 \cdot \left(30 - \frac{18}{2} \right) = 105 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{nv}} = 5 \cdot \left(4,5 + 35 - 18 + 50 - \frac{18}{2} \right) = 312,5 \text{ mm}^2$$

Únosnost stropnice na vytržení skupiny šroubů při napojení na sloup

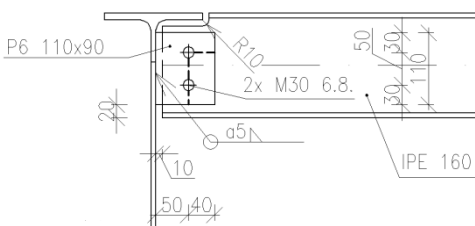
$$V_{\text{eff2,Rd}} = \frac{0,5 \cdot A_{\text{nt}} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{\text{nv}} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,5 \cdot 105 \cdot 510}{1,25} + \frac{370 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} =$$

$$V_{\text{eff2,Rd}} = 97,25 \text{ kN} \geq V_{\text{ed}} = 75,86 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$A_{\text{nt}} = 5 \cdot \left(30 - \frac{18}{2} \right) = 105 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{nv}} = 5 \cdot \left(51 - 18 + 50 - \frac{18}{2} \right) = 370 \text{ mm}^2$$



Únosnost přípojného plechu na vytržení skupiny šroubů

$$V_{\text{eff2,Rd}} = \frac{0,5 \cdot A_{\text{nt}} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{\text{nv}} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,5 \cdot 168 \cdot 510}{1,25} + \frac{464 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} =$$

$$V_{\text{eff2,Rd}} = 129,37 \text{ kN} \geq V_{\text{ed}} = 75,86 \text{ kN}$$

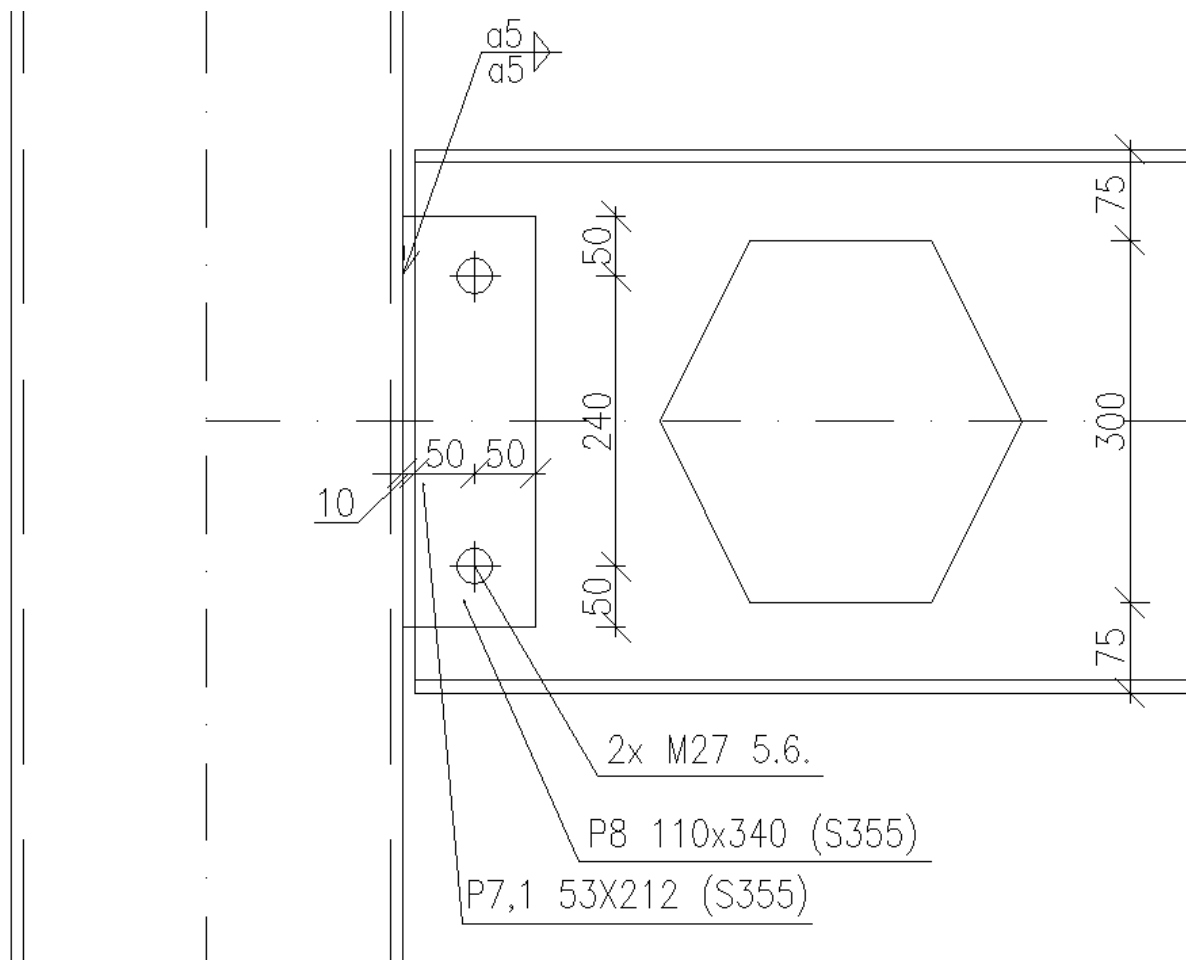
VYHOVUJE

$$A_{\text{nt}} = 8 \cdot \left(30 - \frac{18}{2} \right) = 168 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{nv}} = 8 \cdot \left(35 - 18 + 50 - \frac{18}{2} \right) = 464 \text{ mm}^2$$

2. POSOUZENÍ SPOJE PRŮVLAK - SLOUP

Platí pouze pro přípoj sloup - průvlak A



2.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M27, 5.6.

Šroub se závitem v místě stříhu.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Průměr šroubu	d	27	mm
Průměr otvoru	d ₀	30	mm
střední průměr	d _m	44,15	mm
Plocha šroubu	A	573	mm ²
Plocha jádra šroubu	A _s	459	mm ²
Mez pevnosti	f _{ub}	500	MPa

2.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU

$$V_{ed} = 132,7 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 23,6 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{V_{ed}^2 + N_{ed}^2} = \sqrt{132,7^2 + 23,6^2} = 134,78 \text{ kN}$$

2.3. POSOUZENÍ

n....počet šroubů

Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 459}{1,25} \cdot 2 = 220,32 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů ve střihu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{134,78}{220,32} \leq 1,0$$

$$0,61 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na otlačení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{2,5 \cdot 0,56 \cdot 510 \cdot 27 \cdot 7,1}{1,25} \cdot 2 = 219,00 \text{ kN}$$

Rozteče šroubů jsou voleny dle doporučení uvedených v [14]

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 30 = 36 \Rightarrow \text{volím } 50 \text{ mm}$$

$$e_{2\min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 30 = 36 < e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 30 = 66 \Rightarrow \text{volím } 240 \text{ mm}$$

$$k_1 = \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \left(2,8 \cdot \frac{50}{30} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$a_b = \min. \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \left(0,56; \frac{500}{510} = 0,98; 1,0 \right) = 0,56$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{50}{3 \cdot 30} = 0,56$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{134,78}{219,00} \leq 1,0$$

$$0,62 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru přípojného plechu a sloupu

Vlivem excentricity vzniká ve svaru ohybový moment

$$M_{ed} = V_{ed} * e = 132,7 * 0,06 = 7,962 \text{ kNm}$$

výška svaru a: volím 5 mm

uvažovaná délka svaru: $l = 340 \text{ mm}$

$$\sigma_w = \frac{M_{ed}}{W_{el,w}} = \frac{M_{ed}}{\frac{a * l^2}{6}} = \frac{7,962 * 10^6}{\frac{2 * 4 * 340^2}{6}} = 51,66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} + \frac{N_{ed}}{a * l} = \frac{51,66}{\sqrt{2}} + \frac{23,6 * 10^3}{5 * 340 * 2} = 43,47 \text{ MPa}$$

Posouvající síla vyvozuje smykové napětí rovnoběžné s osou koutového svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{ed}}{a * l} = \frac{132,7 * 10^3}{2 * 5 * 340} = 39,03 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru tedy

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{46,47^2 + 3 * 46,47^2 + 3 * 39,07^2} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$114,93 \text{ Mpa} \leq 453,333 \text{ Mpa}$$

VYHOVUJE

Únosnost průvlaku na vytržení skupiny šroubů

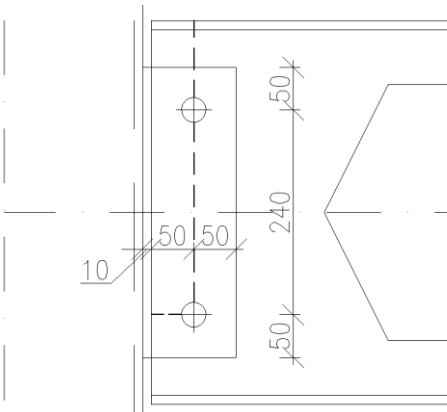
$$V_{eff2,Rd} = \frac{0,5 * A_{nt} * f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 284 * 510}{1,25} + \frac{2094,5 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} =$$

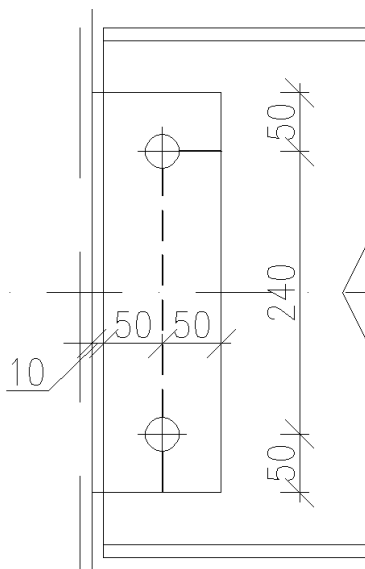
$$V_{eff2,Rd} = 487,22 \text{ kN} \geq F_{t,ed} = 134,78 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$A_{nt} = 7,1 * \left(50 - \frac{30}{2}\right) = 284 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 7,1 * \left(105 - 30 + 240 - \frac{30}{2}\right) = 2094,5 \text{ mm}^2$$





Únosnost přípojného plechu na vytržení skupiny šroubů

$$V_{\text{eff2,Rd}} = \frac{0,5 * A_{\text{nt}} * f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{\text{nv}} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 168 * 510}{1,25} + \frac{464 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} =$$

$$V_{\text{eff2,Rd}} = 458,84 \text{ kN} \geq V_{\text{ed}} = 134,78 \text{ kN}$$

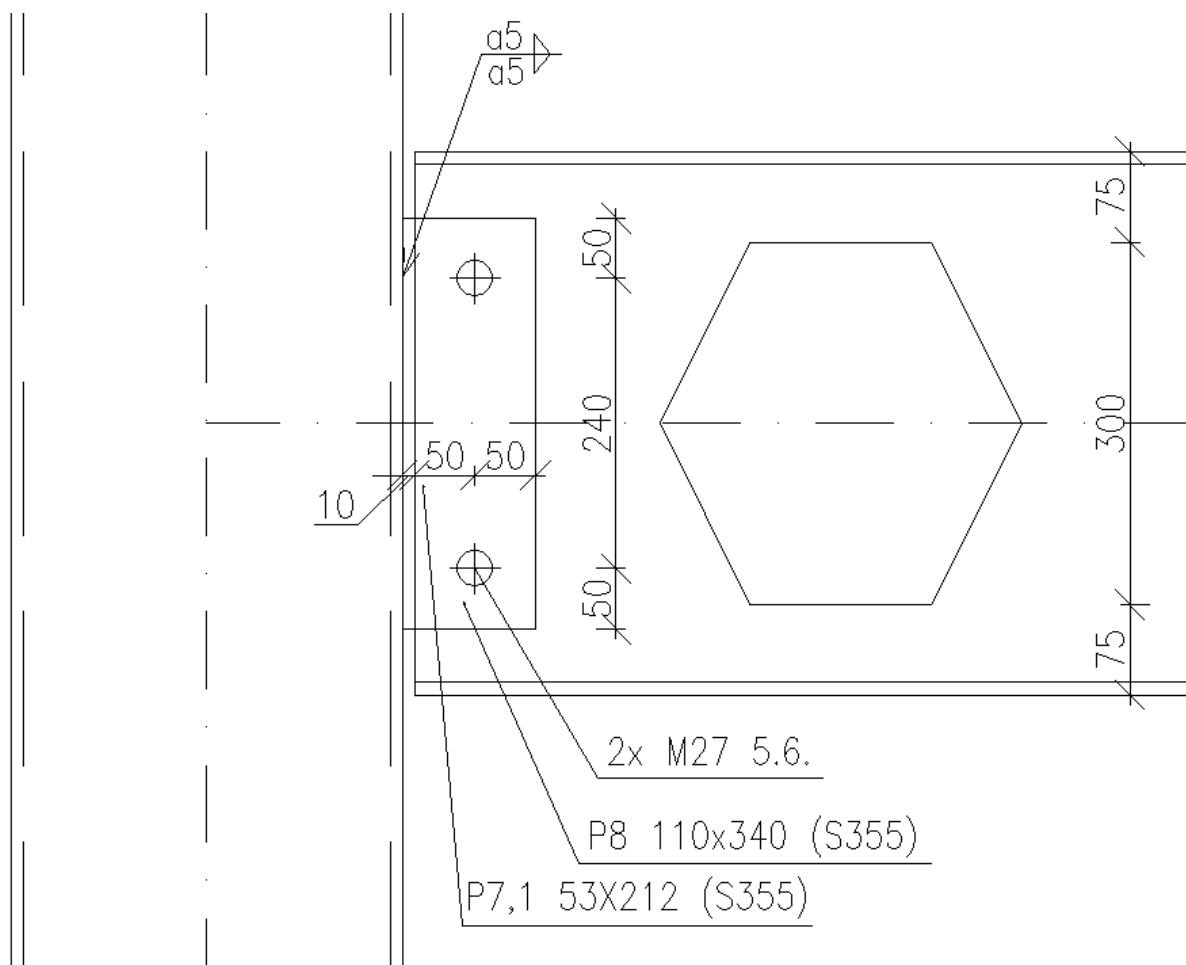
VYHOVUJE

$$A_{\text{nt}} = 8 * \left(50 - \frac{30}{2} \right) = 280 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{nv}} = 8 * \left(50 + 240 - 30 - \frac{30}{2} \right) = 1960 \text{ mm}^2$$

3. POSOUZENÍ SPOJE PRŮVLAK - SLOUP

Platí pouze pro přípoj sloup - průvlak E v místě sloupu A-7, ostatní spoje (především v místě ztužidel) se mohou lišit



3.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M27, 5.6.

Šroub se závitem v místě stříhu.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Průměr šroubu	d	27	mm
Průměr otvoru	d ₀	30	mm
střední průměr	d _m	44,15	mm
Plocha šroubu	A	573	mm ²
Plocha jádra šroubu	A _s	459	mm ²
Mez pevnosti	f _{ub}	500	MPa

3.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU

$$V_{ed} = 76,93 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 38,73 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{V_{ed}^2 + N_{ed}^2} = \sqrt{76,93^2 + 38,73^2} = 86,13 \text{ kN}$$

3.3. POSOUZENÍ

n....počet šroubů

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} * n = \frac{0,6 * 500 * 459}{1,25} * 2 = 220,32 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů ve stříhu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{86,13}{220,32} \leq 1,0$$

$$0,39 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 a_b f_u d^* t}{\gamma_{M2}} * n = \frac{2,5 * 0,56 * 510 * 27 * 7,1}{1,25} * 2 = 219,00 \text{ kN}$$

Rozteče šroubů jsou voleny dle doporučení uvedených v [14]

$$e_1 = 1,2 * d_0 = 1,2 * 30 = 36 \Rightarrow \text{volím } 50 \text{ mm}$$

$$e_{2min} = 1,2 * d_0 = 1,2 * 30 = 36 < e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 * d_0 = 2,2 * 30 = 66 \Rightarrow \text{volím } 240 \text{ mm}$$

$$k_1 = \left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \left(2,8 * \frac{50}{30} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$a_b = \min. \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \left(0,56; \frac{500}{510} = 0,98; 1,0 \right) = 0,56$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{50}{3*30} = 0,56$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{86,13}{219,00} \leq 1,0$$

$$0,39 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru přípojného plechu a sloupu

Vlivem excentricity vzniká ve svaru ohybový moment

$$M_{ed} = V_{ed} * e = 76,93 * 0,06 = 4,62 \text{ kNm}$$

výška svaru a: volím 4 mm

uvažovaná délka svaru: l = 340 mm

$$\sigma_w = \frac{M_{ed}}{W_{el,w}} = \frac{M_{ed}}{\frac{a * l^2}{6}} = \frac{4,62 * 10^6}{\frac{2 * 4 * 340^2}{6}} = 29,97 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} + \frac{N_{ed}}{a * l} = \frac{29,97}{\sqrt{2}} + \frac{38,73 * 10^3}{4 * 340 * 2} = 35,06 \text{ MPa}$$

Posouvající síla vyvoluje smykové napětí rovnoběžné s osou koutového svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{ed}}{a * l} = \frac{76,93 * 10^3}{2 * 4 * 340} = 28,28 \text{ MPa}$$

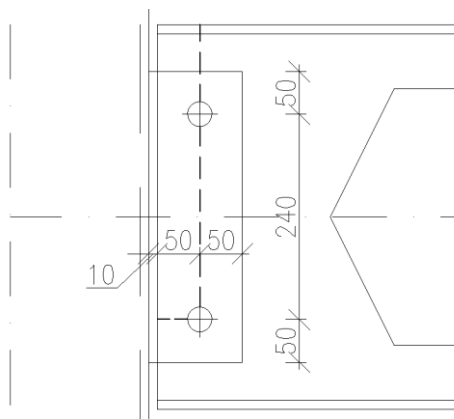
Posouzení svaru tedy

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{35,06^2 + 3 * 35,06^2 + 3 * 28,28^2} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$85,53 \text{ Mpa} \leq 453,333 \text{ Mpa}$$

VYHOVUJE



Únosnost průvlaku na vytržení skupiny šroubů

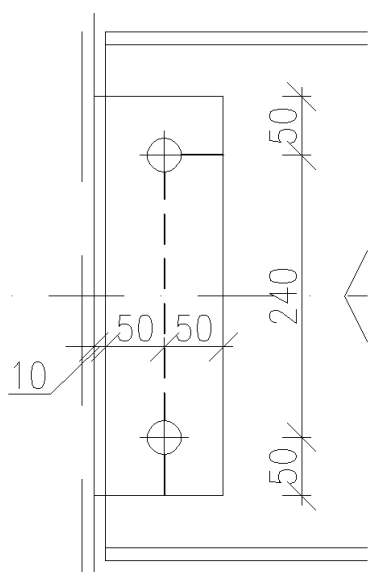
$$V_{\text{eff2,Rd}} = \frac{0,5 * A_{\text{nt}} * f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{\text{nv}} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 280 * 510}{1,25} + \frac{2094,5 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} =$$

$$V_{\text{eff2,Rd}} = 487,22 \text{ kN} \geq F_{\text{t,ed}} = 86,13 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$A_{\text{nt}} = 7,1 * \left(50 - \frac{30}{2}\right) = 280 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{nv}} = 7,1 * \left(105 - 30 + 240 - \frac{30}{2}\right) = 2094,5 \text{ mm}^2$$



Únosnost přípojného plechu na vytržení skupiny šroubů

$$V_{\text{eff2,Rd}} = \frac{0,5 * A_{\text{nt}} * f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{\text{nv}} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 280 * 510}{1,25} + \frac{1960 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} =$$

$$V_{\text{eff2,Rd}} = 458,84 \text{ kN} \geq F_{\text{t,ed}} = 86,13 \text{ kN}$$

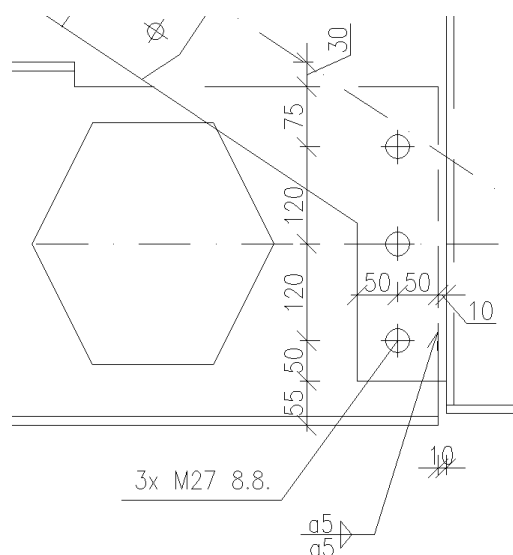
VYHOVUJE

$$A_{\text{nt}} = 8 * \left(50 - \frac{30}{2}\right) = 280 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{nv}} = 8 * \left(50 + 240 - 30 - \frac{30}{2}\right) = 1960 \text{ mm}^2$$

4. POSOUZENÍ SPOJE PRŮVLAK - SLOUP

Platí pouze pro přípoj sloup - průvlak E v místě sloupu A-5 a 6, ostatní spoje (především v místě ztužidel) se mohou lišit



4.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M27, 5.6.

Šroub se závitem v místě stříhu.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Průměr šroubu	d	27	mm
Průměr otvoru	d ₀	30	mm
střední průměr	d _m	44,15	mm
Plocha šroubu	A	573	mm ²
Plocha jádra šroubu	A _s	459	mm ²
Mez pevnosti	f _{ub}	500	MPa

4.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU

$$V_{ed} = 82,43 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 271,09 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{V_{ed}^2 + N_{ed}^2} = \sqrt{82,43^2 + 271,09^2} = 283,35 \text{ kN}$$

4.3. POSOUZENÍ

n....počet šroubů

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 459}{1,25} \cdot 3 = 330,48 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů ve stříhu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{283,35}{330,48} \leq 1,0$$

$$0,86 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{2,5 \cdot 0,56 \cdot 510 \cdot 27 \cdot 7,1}{1,25} \cdot 3 = 328,50 \text{ kN}$$

Rozteče šroubů jsou voleny dle doporučení uvedených v [14]

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 30 = 36 \Rightarrow \text{volím } 50 \text{ mm}$$

$$e_{2\min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 30 = 36 < e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 30 = 66 \Rightarrow \text{volím } 120 \text{ mm}$$

$$k_1 = \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \left(2,8 \cdot \frac{50}{30} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$a_b = \min. \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \left(0,56; \frac{500}{510} = 0,98; 1,0 \right) = 0,56$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{50}{3 \cdot 30} = 0,56$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{283,35}{328,50} \leq 1,0$$

$$0,86 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru přípojného plechu a sloupu

Vlivem excentricity vzniká ve svaru ohybový moment

$$M_{ed} = V_{ed} \cdot e = 82,43 \cdot 0,06 = 4,95 \text{ kNm}$$

výška svaru a: volím 4 mm

uvažovaná délka svaru pro napojení průvlaku: $l = 340 \text{ mm}$

$$\sigma_w = \frac{M_{ed}}{W_{el,w}} = \frac{M_{ed}}{\frac{a \cdot l^2}{6}} = \frac{4,95 \cdot 10^6}{\frac{2 \cdot 4 \cdot 340^2}{6}} = 32,12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} + \frac{N_{ed}}{a \cdot l} = \frac{32,12}{\sqrt{2}} + \frac{271,09 \cdot 10^3}{4 \cdot 340 \cdot 2} = 122,38 \text{ MPa}$$

Posouvající síla vyvoluje smykové napětí rovnoběžné s osou koutového svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{ed}}{a * l} = \frac{82,43 * 10^3}{2 * 4 * 340} = 30,31 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru tedy

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{122,38^2 + 3 * 122,38^2 + 3 * 30,31^2} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$250,32 \text{ Mpa} \leq 453,333 \text{ Mpa}$$

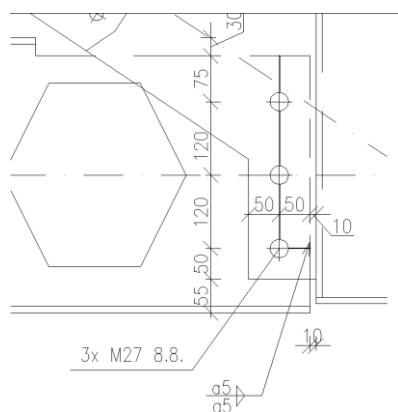
VYHOVUJE

Únosnost průvlaku na vytržení skupiny šroubů

$$V_{eff2,Rd} = \frac{0,5 * A_{nt} * f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 280 * 510}{1,25} + \frac{1881,5 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} =$$

$$V_{eff2,Rd} = 443,57 \text{ kN} \geq F_{t,ed} = 283,35 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

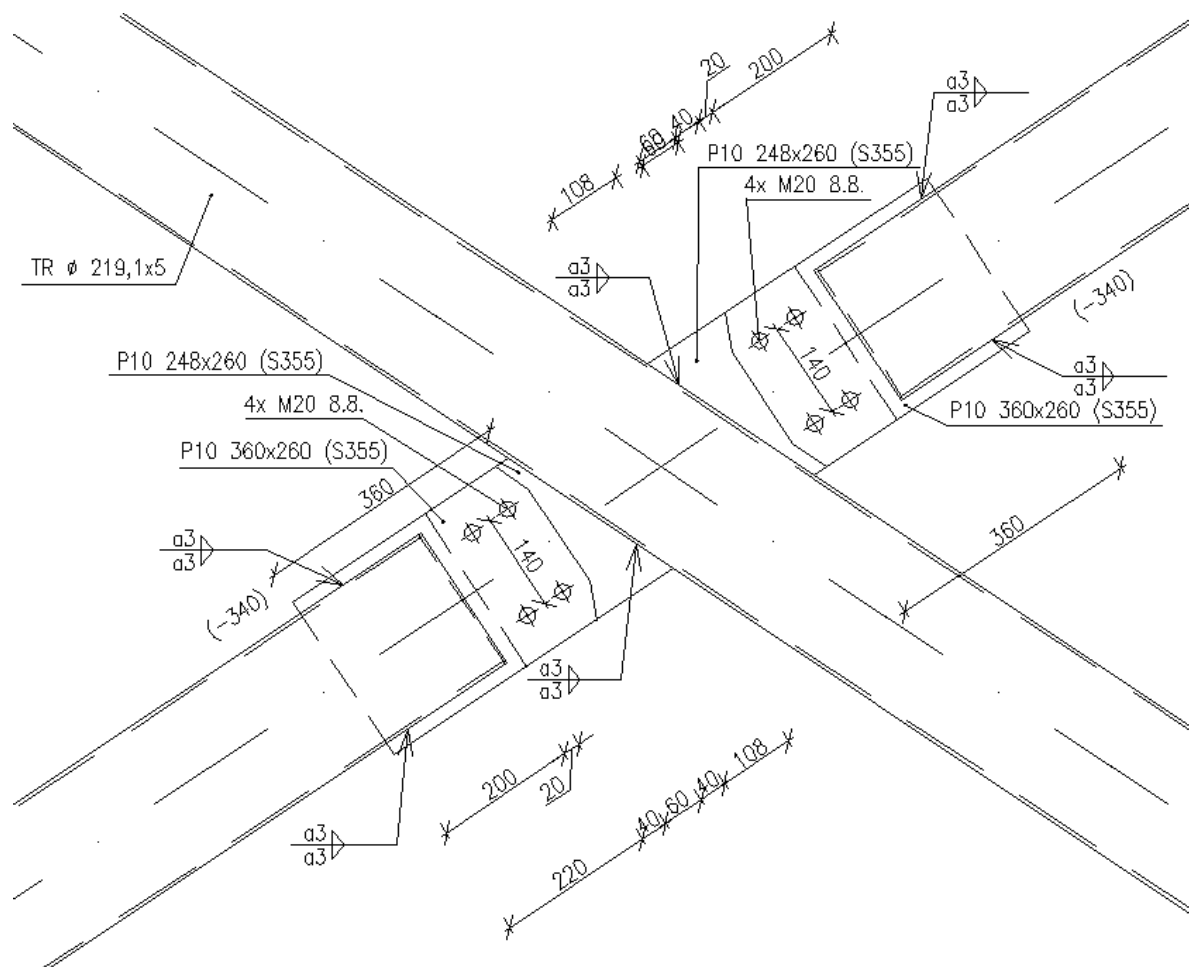


$$A_{nt} = 7,1 * \left(50 - \frac{30}{2}\right) = 280 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 7,1 * \left(75 - 30 + 240 - 30 - \frac{30}{2}\right) = 1881,5 \text{ mm}^2$$

5. POSOUZENÍ KŘÍŽENÍ ZTUŽIDEL

Platí pro křížení ztužidel nad přemostěním.



5.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M20, 8.8.

Šroub se závitem v místě stříhu.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Průměr šroubu	d	20	mm
Průměr otvoru	d_0	22	mm
střední průměr	d_m	32,3	mm
Plocha šroubu	A	314	mm ²
Plocha jádra šroubu	A_s	245	mm ²
Mez pevnosti	f_{ub}	800	MPa

5.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU

Maximální síly na prutu jsou vyvozeny kombinací KZ4

$$N_{ed,+} = 264,68 \text{ kN (tah)} = F_{v,Ed}$$

$$N_{ed,-} = 219,65 \text{ kN (tlak)}$$

5.3. POSOUZENÍ

n....počet šroubů

Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} \cdot 4 = 376,32 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů ve střihu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{264,68}{376,32} \leq 1,0$$

$$0,70 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na otlačení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{2,5 \cdot 0,61 \cdot 510 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} \cdot 4 = 497,76 \text{ kN}$$

$$e_{1min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \Rightarrow \text{volím } e_1 \text{ 40 mm}$$

$$e_{2min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 < \text{volím } e_2 = 60 \text{ mm}$$

$$p_{1min} = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \Rightarrow \text{volím } p_1 \text{ 60 mm}$$

$$p_{2min} = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 22 = 52,8 \Rightarrow \text{volím } p_2 \text{ 140 mm}$$

$$k_1 = \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \left(2,8 \cdot \frac{60}{22} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$a_b = \min. \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \left(0,61; \frac{800}{510} = 1,57; 1,0 \right) = 0,61$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{40}{3 \cdot 22} = 0,61$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{264,68}{497,76} \leq 1,0$$

$$0,53 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru přípojného plechu na průběžný prut ztužidla

Délka svaru: $l = 250 \text{ mm}$

Oboustraný koutový svar: $a = 3 \text{ mm}$

$$\alpha = 67^\circ$$

$$N_{ed\parallel} = N_{ed} * \sin(90 - \alpha) = 264,68 * \sin(90 - 67) = 103,42 \text{ kN}$$

$$N_{ed\perp} = N_{ed} * \cos(90 - \alpha) = 264,68 * \cos(90 - 67) = 243,64 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{ed\perp}}{a * l} = \frac{103,42 * 10^3}{2 * 3 * 250} = 68,94 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed\parallel}}{a * l} = \frac{243,64 * 10^3}{2 * 3 * 250} = 162,43 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{68,94^2 + 3 * 68,94^2 + 3 * 162,43^2} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$313,31 \text{ MPa} \leq 453,333 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

A současně

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$68,94 \leq \frac{0,9 * 510}{1,25} = 367,2 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení únosnosti průběžného prutu ztužidla - porušení povrchu pásu

$$N_{t,Rd} = 5 * k_p * f_{y0} * t_0^2 * \frac{(1 + 0,25 * \eta)}{\gamma_{M5}} =$$

$$= 5 * 0,95 * 460 * 0,9 * 5^2 * \frac{(1 + 0,25 * 52)}{1,0} = 688,275 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed\perp}}{N_{t,Rd}} = \frac{243,64}{688,275} = 0,35 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$k_p = 1 - 0,3 * n_p * (1 + n_p) = 1 - 0,3 * 0,158 * (1 + 0,158) = 0,95$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}}{f_{y0}} * \gamma_{M5} = \frac{65,37}{460 * 0,9} * 1,0 = 0,158$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{ed,-}}{A_a} = \frac{219,65 * 10^3}{3360} = 65,37 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{h}{d_0} = \frac{260}{5} = 52$$

Posouzení unosnosti svaru přípojného plechu na stužidlo

Délka svaru: $l = 200 \text{ mm}$

Oboustraný koutový svar: $a = 3 \text{ mm}$

$N_{ed} = 264,68 \text{ kN}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed}}{a \cdot l} = \frac{264,68 \cdot 10^3}{3 \cdot 4 \cdot 200} = 110,28 \text{ MPa}$$

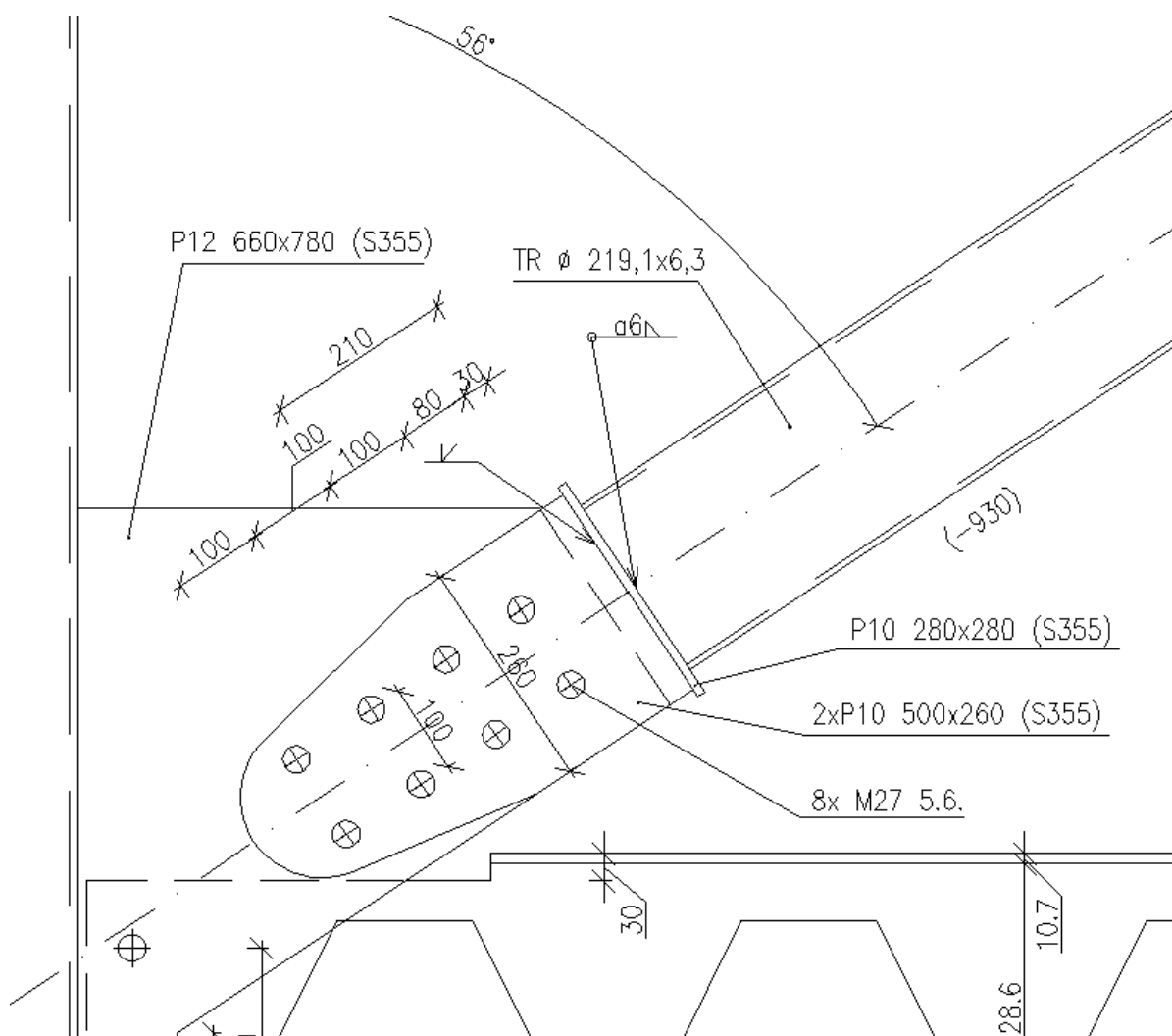
$$\sqrt{3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3 \cdot 110,28^2} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$191,01 \text{ MPa} \leq 453,333 \text{ MPa}$ VYHOVUJE

6. POSOUZENÍ NAPOJENÍ ZÁVĚSU NA SLOUP

Platí pro napojení závěsu na sloup 5 a 6 v 6. podlaží (nad přemostěním).



6.1. PARAMETRY PRŮŘEZU - ŠROUB M27, 5.6.

Šroub se závitem v místě stříhu.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Průměr šroubu	d	27	mm
Průměr otvoru	d ₀	30	mm
střední průměr	d _m	44,15	mm
Plocha šroubu	A	573	mm ²
Plocha jádra šroubu	A _s	459	mm ²
Mez pevnosti	f _{ub}	500	MPa

6.2. MAXIMÁLNÍ SÍLY NA PRUTU

Maximální síly na prutu jsou vyvozeny kombinací KZ2

$$N_{ed,+} = 1402,60 \text{ (tah)} = F_{v,Ed}$$

6.3. POSOUZENÍ

n....počet šroubů

m.... počet střížných rovin

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = m * \frac{\alpha_v * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} * n = 2 * \frac{0,6 * 500 * 459}{1,25} * 8 = 1762,56 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů ve stříhu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1402,60}{1762,56} \leq 1,0$$

$$0,79 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na otláčení

$$\begin{aligned} F_{b,Rd} &= \frac{k_1 * a_b * f_u * d * t}{\gamma_{M2}} * n_{u \text{ okraje}} + \frac{k_1 * a_b * f_u * d * t}{\gamma_{M2}} * n_{vnitřní} = \\ &= \frac{2,5 * 0,89 * 510 * 27 * 12}{1,25} * 4 + \frac{2,03 * 0,86 * 510 * 27 * 12}{1,25} * 4 = \\ &= 2099,63 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$e_{1\min} = 1,2 * d_0 = 1,2 * 27 = 32,4, \text{ volím } e_1 = 80 \text{ mm}$$

$$e_{2\min} = 1,2 * d_0 = 1,2 * 27 = 32,4, \text{ volím } e_2 = 80 \text{ mm}$$

$$p_{1\min} = 2,2 * d_0 = 2,2 * 27 = 59,4, \text{ volím } p_1 = 100 \text{ mm}$$

$$p_{2\min} = 2,4 * d_0 = 2,4 * 27 = 64,8, \text{ volím } p_2 = 100 \text{ mm}$$

Parametry pro šrouby u okraje

$$k_1 = \left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \left(2,8 * \frac{80}{30} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$a_b = \min. \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \left(0,89; \frac{500}{510} = 0,98; 1,0 \right) = 0,89$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{80}{3 * 30} = 0,89$$

Parametry pro vnitřní šrouby

$$k_1 = \left(1,4 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \left(1,4 * \frac{80}{30} - 1,7; 2,5 \right) = 2,03$$

$$a_b = \min. \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \left(0,86; \frac{500}{510} = 0,98; 1,0 \right) = 0,86$$

$$\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - 0,25 = \frac{100}{3 * 30} - 0,25 = 0,86$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1402,60}{2099,63} \leq 1,0$$

$$0,67 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru víčka

Koutový svar: $a = 6 \text{ mm}$

$$\sigma_M = \frac{N_{ed}}{a \cdot \pi \cdot d} = \frac{1402,6 \cdot 10^3}{6 \cdot \pi \cdot 219,1} = 319,61 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{319,61}{\sqrt{2}} = 225,99 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{225,99^2 + 3 \cdot 225,99^2} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$451,98 \text{ MPa} \leq 453,333 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

A současně

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$225,99 \leq \frac{0,9 \cdot 510}{1,25} = 367,2 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení oslabeného přípojného plechu na tah

Tloušťka plechu: $2 \cdot 10 \text{ mm}$

Plocha plechu:

$$A_{\text{net}} = 2 \cdot 10 \cdot (260 - 2 \cdot 20) = 4000 \text{ mm}^2$$

Únosnost plechu v tahu:

$$N_{Rd} = \sigma \cdot A_{\text{net}} = 355 \cdot 4000 = 1420,00 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1402,60}{1420,00} \leq 1,0$$

$$0,99 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

7. POSOUZENÍ SPOJE SPŘAŽENÉHO SLOUPU B-C

Platí pro sloup v ose A-7, v ostatních sloupech se daný přípoj může lišit.

Posouzení je orientační neboť norma neposkytuje dostatečný podklad pro přesné posouzení tohoto typu spoje. Pro přesnější řešení by se únosnost spoje musela stanovit zkouškami, případně modelací v pokročilejším programu, který by lépe uvažil příznivé účinky betonu (např. Ansys apod.).

7.1. MAXIMÁLNÍ SÍLY

Maximální síly v místě řešeného spoje jsou vyvozeny kombinací KZ2

$$N_{ed} = 3988,19 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{ed,y} = 4,59 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,z} = 40,54 \text{ kNm}$$

Výsledný návrhová ohybová moment tedy:

$$M_{ed} = \sqrt{M_{ed,y}^2 + M_{ed,z}^2} = \sqrt{4,59^2 + 40,54^2} = 40,8 \text{ kNm}$$

7.2. POSOUZENÍ

tloušťka styčnickového plechu $t = 26 \text{ mm}$

Ruční přibližný výpočet

Příspěvek ocelové trubky na celkovou únosnost sloupu:

poměr $\delta = 0,67$ - viz. výpočet únosnosti sloupu

$$\Rightarrow N_{ed,skut} = \delta * N_{ed} = 0,67 * 3988,19 = 2672,09 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed,skut}}{12} = \frac{2672,02}{12} = 222,67 \text{ kN}$$

Ohybový moment působící na styčnickový plech

$$M_{ed} = R_a * 0,0146 = 222,67 * 0,0146 = 3,25 \text{ kNm}$$

Přůřezový modul části styčnickového plechu

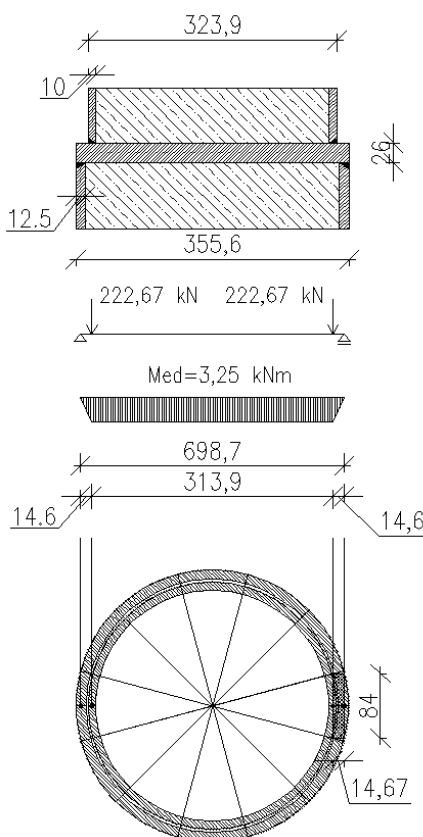
$$W = \frac{1}{6} * 0,084 * 0,026^2 = 9,464 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$M_{Rd} = W * f_y = 9,464 * 10^{-6} * 355 * 10^3 = 3,36 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{3,25}{3,36} \leq 1,0$$

$$0,97 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



Přesnější vápočet pomocí programu Idea Statika Connection

Pro zpřesnění výpočtu byl spoj posouzen programem Idea Statika Connection. Účinek normálové síly je vynásoben poměrem $\delta = 0,67$. Zbylá část zatížení bude přenesena betonem. Z tohoto důvodu je třeba uložit styčníkový plech na injektážní maltu tak, aby pod tímto pechem bylo zajištěno plné spolupůsobení s betonem spráženého sloupu. Styčníkový plech bude připojen při montáži tupým V swarem s plným provařením.

Prvek	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
TR 323,9x10	-2672,1	0,0	0,0	0,0	4,6	40,5

Plechy

Jméno	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [1e-4]	Status
TR 323,9x10	10,0	LE1	355,8	37,4	OK
TR 355,6x12,5	12,5	LE1	355,3	14,1	OK
Styčníkový plech	26,0	LE1	162,7	0,0	OK

Návrhová data

Materiál	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [1e-4]
S 355	355,0	500,0



8. POSOUZENÍ SPOJE SPŘAŽENÉHO SLOUPU C-D

Platí pro sloup v ose A-7, v ostatních sloupech se daný přípoj může lišit.

Posouzení je orientační neboť norma neposkytuje dostatečný podklad pro přesné posouzení tohoto typu spoje. Pro přesnější řešení by se únosnost spoje musela stanovit zkouškami, případně modelací v pokročilejším programu, který by lépe uvažil příznivé účinky betonu (např. Ansys apod.).

8.1. MAXIMÁLNÍ SÍLY

Maximální síly v místě řešeného spoje jsou vyvozeny kombinací KZ2

$$N_{ed} = 2393,52 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{ed,y} = 14,76 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,z} = 15,94 \text{ kNm}$$

Výsledný návrhová ohybová moment tedy:

$$M_{ed} = \sqrt{M_{ed,y}^2 + M_{ed,z}^2} = \sqrt{14,76^2 + 15,94^2} = 21,72 \text{ kNm}$$

8.2. POSOUZENÍ

tloušťka styčnickového plechu $t = 30 \text{ mm}$

Ruční přibližný výpočet

Příspěvek ocelové trubky na celkovou únosnost sloupu:

poměr $\delta = 0,63$ - viz. výpočet únosnosti sloupu

$$\Rightarrow N_{ed,skut} = \delta * N_{ed} = 0,63 * 2393,52 = 1507,92 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed,skut}}{12} = \frac{1507,92}{12} = 125,66 \text{ kN}$$

Ohybový moment působící na styčnickový plech

$$M_{ed} = R_a * 0,02545 = 125,66 * 0,02545 = 3,08 \text{ kNm}$$

Průřezový modul části styčnickového plechu

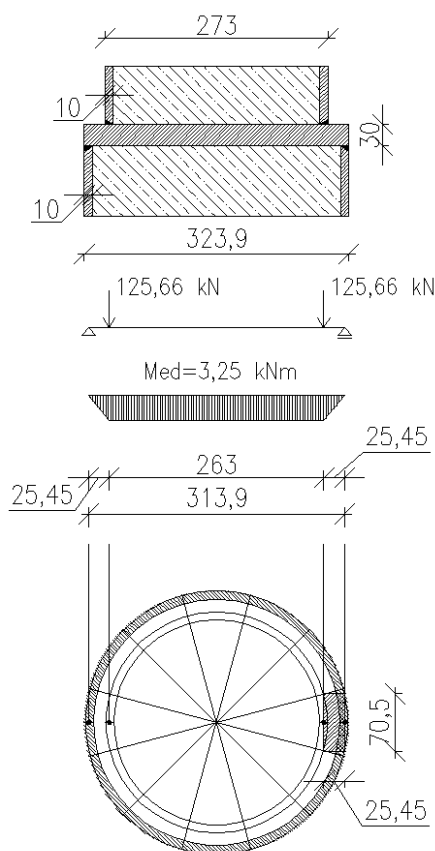
$$W = \frac{1}{6} * 0,0705 * 0,028^2 = 9,212 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$M_{Rd} = W * f_y = 9,212 * 10^{-6} * 355 * 10^3 = 3,27 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{3,08}{3,27} \leq 1,0$$

$$0,94 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



Přesnější vápočet pomocí programu Idea Statika Conection

Pro zpřesnění výpočtu byl spoj posouzen programem Idea Statika Conection. Účinek normálové síly je vynásoben poměrem $\delta = 0,67$. Zbylá část zatížení bude přenesena betonem. Z tohoto důvodu je třeba před uložit styčníkový plech na na injektážní maltu tak aby pod tímto pechem bylo zajištěno plné spolupůsobení s betonem spřaženého sloupu. Styčníkový plech bude připojen při montáži tupým V svarem s plným provařením.

Jméno	Prvek	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	TR273x10	-1507,9	0,0	0,0	0,0	14,8	15,9

Plech

Jméno	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [1e-4]	Status
TR273x10	20,0	LE1	355,0	2,1	OK
TR 323,9x10	10,0	LE1	355,0	0,7	OK
Styčníkový plech	28,0	LE1	152,6	0,0	OK

Návrhová data

Materiál	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [1e-4]
S 355	355,0	500,0



$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{2,5 \cdot 0,61 \cdot 510 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} \cdot 4 = 497,76 \text{ kN}$$

$$e_{1min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \Rightarrow \text{volím } e_1 \text{ 40 mm}$$

$$e_{2min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 < \text{volím } e_2 = 60 \text{ mm}$$

$$p_{1min} = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \Rightarrow \text{volím } p_1 \text{ 60 mm}$$

$$p_{2min} = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 22 = 52,8 \Rightarrow \text{volím } p_2 \text{ 140 mm}$$

$$k_1 = \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \left(2,8 \cdot \frac{60}{22} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$a_b = \min. \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \left(0,61; \frac{800}{510} = 1,57; 1,0 \right) = 0,61$$

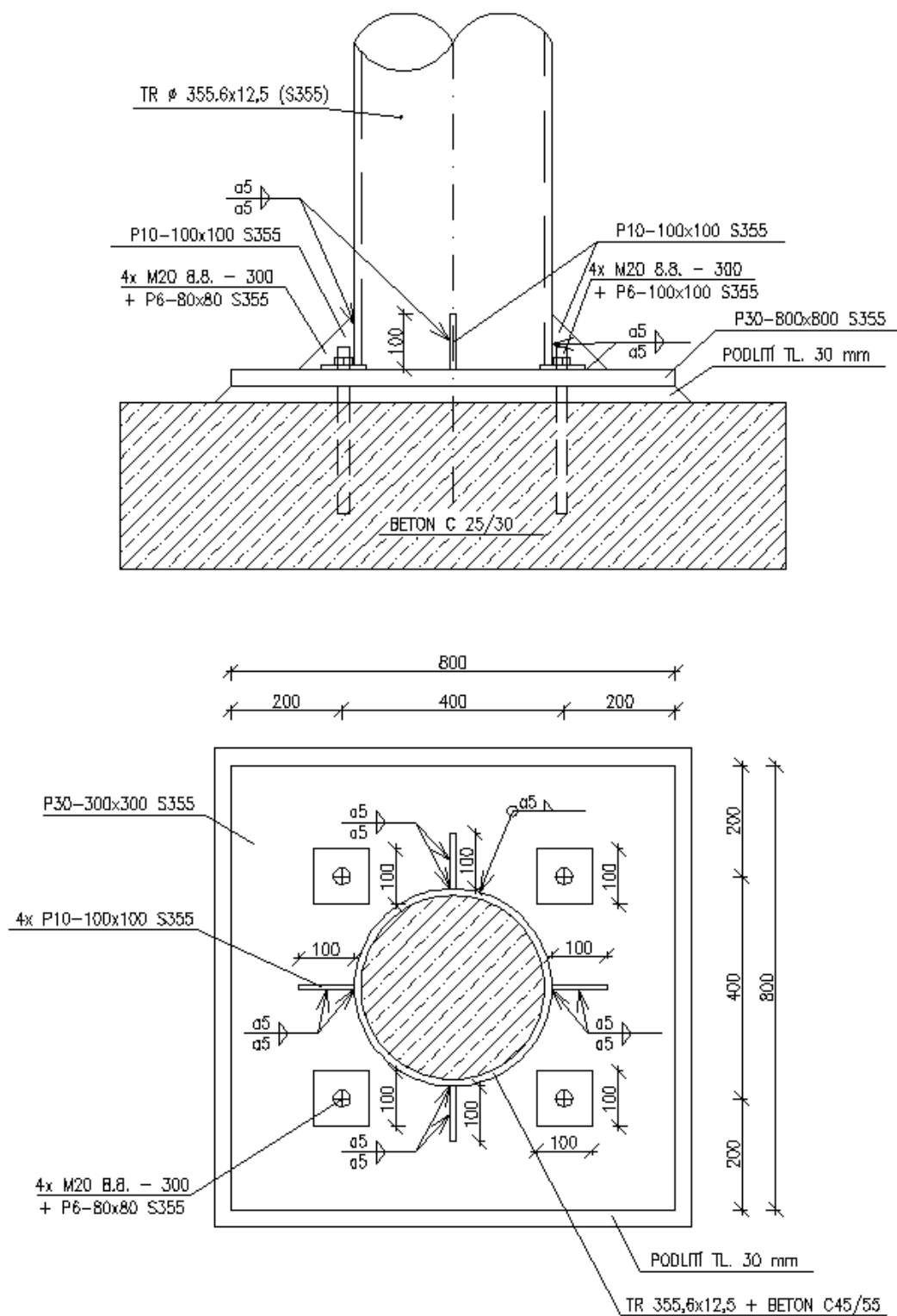
$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{40}{3 \cdot 22} = 0,61$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{264,68}{497,76} \leq 1,0$$

$$0,53 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJ}$$

9. POSOUZENÍ KOTVENÍ K1



Šrouby 4xM20 8.8. - šrouby jsou navrženy pouze konstrukčně

Beton C25/30

Patní plech tl. 30 mm, S 355 + výztuhy tl. 10 mm, S 355

9.1. MAXIMÁLNÍ SÍLY

ZATĚŽOVACÍ STAV	Rz [kN]	Rx [kN]	Ry [kN]
KZ3	4510,52	2,34	1,32
KZ5	1099,12	16,48	3,71
KZ4	1163,20	3,57	17,23

:

9.2. POSOUZENÍ

Posouzení patního plechu

Pevnost betonu v koncentrovaném tlaku:

$$f_{jd,d} = \frac{\beta_j * k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{\frac{2}{3} * 1,5 * 25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

$k_j = 1,5$... neznám přesný rozměr betonové patky

$$\beta_j = \frac{2}{3}$$

Funkční přesah patní desky:

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_y}{3 * \gamma_{M1} * f_{jd,d}}} = 0,03 * \sqrt{\frac{355}{3 * 1 * 16,67}} = 0,0799 \text{ m}$$

Efektivní plocha patní desky tedy:

$$A_{eff} = \frac{\pi * (355,6 + 79,9 * 2)^2}{4} + 4 * (79,9 * 2 + 10) * (79,9 + 20,1) = 276065,46 \text{ mm}^2$$

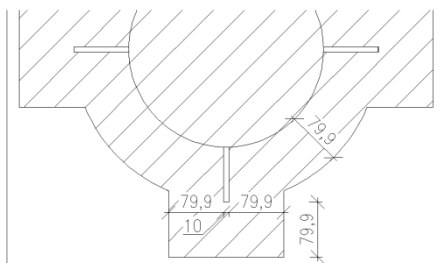
Návrhová únosnost patního plechu

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd,d} = 276065,46 * 16,67 = 4602,01 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{4510,52}{4602,01} \leq 1,0$$

$$0,98 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



Návrhová únosnost únosnost ve smyku - třením:

$$V_{Rd,t} = \eta * N_{ed} = 0,2 * 1163,20 = 232,64 \text{ kN}$$

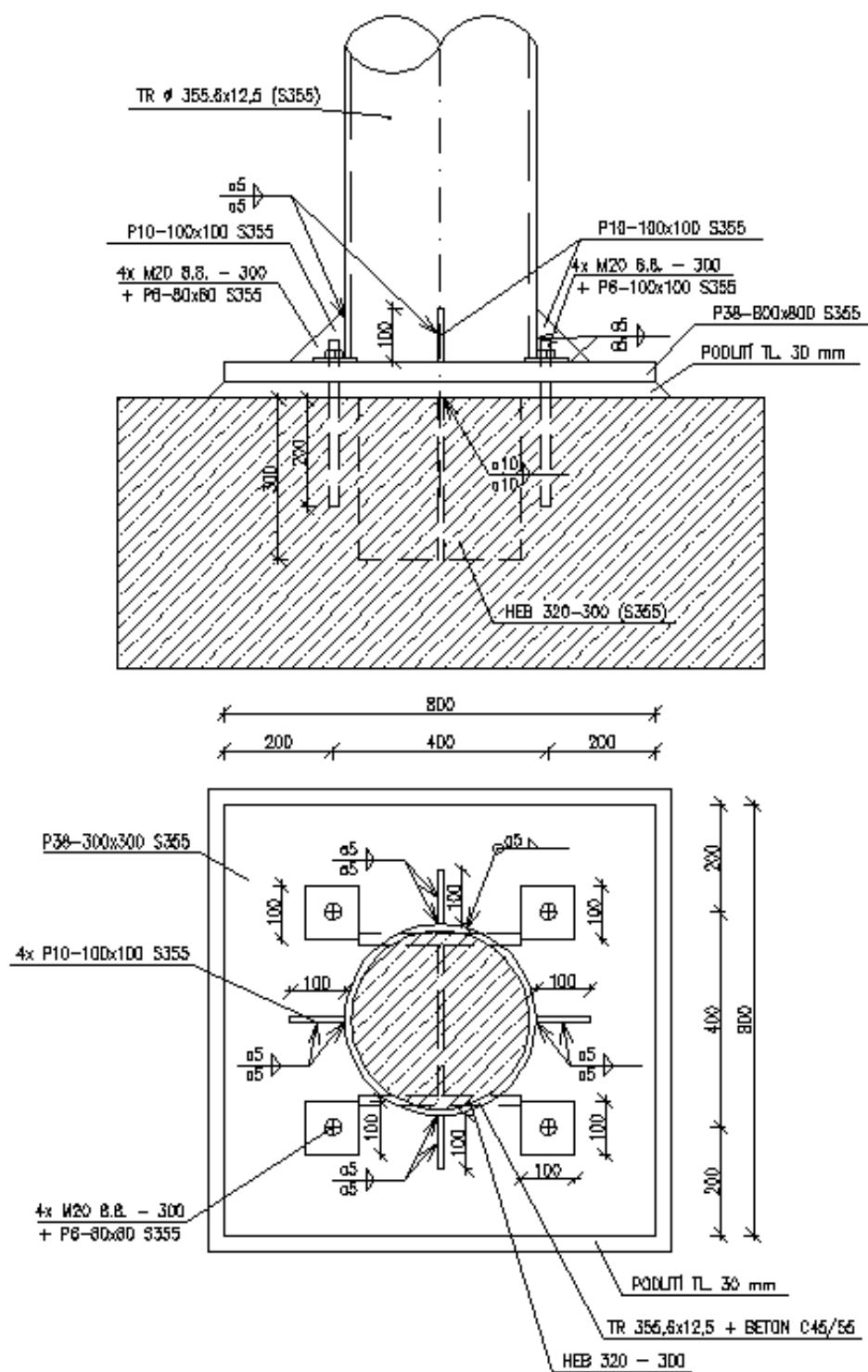
$$V_{ed} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{3,57^2 + 17,23^2} = 17,60 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,t}} \leq 1,0$$

$$\frac{17,60}{232,64} \leq 1,0$$

$$0,08 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

10. POSOUZENÍ KOTVENÍ K2



Šrouby 4xM20 8.8. - šrouby jsou navrženy pouze konstrukčně

Beton C25/30

Patní plech tl. 38 mm, S 355 + výztuhy tl. 10 mm, S 355

10.1. MAXIMÁLNÍ SÍLY

ZATĚŽOVACÍ STAV	Rz [kN]	Rx [kN]	Ry [kN]
KZ3	6432,10	3,03	7,28
KZ5	3140,08	16,43	1,58
KZ4	3338,67	8,03	17,44

10.2. POSOUZENÍ

Posouzení patního plechu

Pevnost betonu v koncentrovaném tlaku:

$$f_{jd,d} = \frac{\beta_j * k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{\frac{2}{3} * 1,5 * 25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

$k_j = 1,5$... neznám přesný rozměr betonové patky

$$\beta_j = \frac{2}{3}$$

Funkční přesah patní desky:

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_y}{3 * \gamma_{M1} * f_{jd,d}}} = 0,038 * \sqrt{\frac{355}{3 * 1 * 16,67}} = 101,2 \text{ mm}$$

Efektivní plocha patní desky tedy:

$$A_{eff} = \frac{\pi * (355,6 + 101,2 * 2)^2}{4} + 8 * (101,2 * 2 + 10) * (100) =$$
$$= 414464,71 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost patního plechu

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd,d} = 414464,71 * 16,67 = 6909,13 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{6432,10}{6909,13} \leq 1,0$$

$$0,93 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrhová únosnost únosnost ve smyku - třením:

$$V_{Rd,t} = \eta * N_{ed} = 0,2 * 1163,20 = 232,64 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{8,03^2 + 17,44^2} = 19,20 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,t}} \leq 1,0$$

$$\frac{19,20}{3338,67} \leq 1,0$$

$$0,01 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

11. POSOUZENÍ KOTVENÍ K3

Šrouby 4xM20 8.8. - šrouby jsou navrženy pouze konstrukčně

Beton C25/30

Patní plech tl. 38 mm, S 355 + výztuhy tl. 10 mm, S 355

11.1. MAXIMÁLNÍ SÍLY

ZATĚŽOVACÍ STAV	Rz [kN]	Rx [kN]	Ry [kN]
KZ4	6825,22	989,20	3,45
KZ5	- 4088,85	4,87	854,72
KZ5	6770,71	3,12	983,47

11.2. POSOUZENÍ

Posouzení patního plechu

Pevnost betonu v koncentrovaném tlaku: $f_{jd,d} = 16,67 \text{ MPa}$

Funkční přesah patní desky: $c = 101,2 \text{ m}$

Efektivní plocha patní desky tedy: $A_{\text{eff}} = 414464,71 \text{ mm}^2$

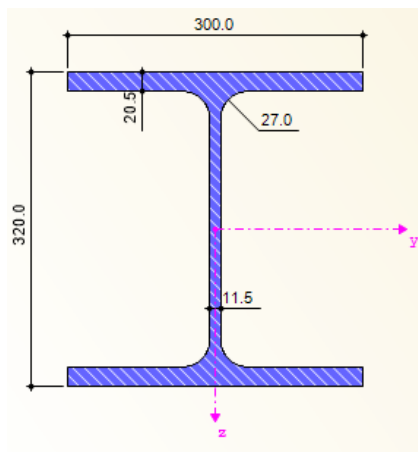
Návrhová únosnost patního plechu

$$N_{Rd} = A_{\text{eff}} * f_{jd,d} = 414464,71 * 16,67 = 6909,13 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{6825,22}{6909,13} \leq 1,0$$

$$0,99 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



Návrhová únosnost únosnost ve smyku - smyková zarážka:

Jako smyková zarážka je navržen profil HEB 320 dl. 300 mm.

Je uvažováno s výškou podlití 30 mm.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha stěny ve smyku ve směru osy x (z)	A_{vz}	5177	mm ²
Plocha stěny ve smyku ve směru osy y	A_{vy}	12300	mm ²
Plastický průřezový modul k ose x (z)	$W_{pl,z}$	939100	mm ³
Plastický průřezový modul k ose y	$W_{pl,y}$	2149000	mm ³

Smyk v ose x (z)

$$V_{pl,Rd,x} = \frac{A_{vx} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{5177 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} = 1061,07 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,t}} \leq 1,0$$

$$\frac{989,20}{1061,07} \leq 1,0$$

$$0,93 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyk v ose y

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{vy} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{12300 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} = 2521,00 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,t}} \leq 1,0$$

$$\frac{983,47}{2521,00} \leq 1,0$$

$$0,39 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost zarážky na ohyb v ose x (z)

$$M_{ed,x(z)} = 0,165 * 989,20 = 163,22 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,x} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{939100 * 10^{-6} * 355}{1,0} = 333,38 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed,x(z)}}{M_{Rd,x}} \leq 1,0$$

$$\frac{163,22}{333,38} \leq 1,0$$

$$0,49 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost zarážky na ohyb v ose y

$$M_{ed,y} = 0,165 * 983,47 = 162,27 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,x} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2149000 * 10^{-6} * 355}{1,0} = 762,90 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed,x(z)}}{M_{Rd,x}} \leq 1,0$$

$$\frac{162,27}{762,90} \leq 1,0$$

$$0,22 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného betonu ve směru V_x

$$\sigma_c = \frac{V_x}{A} = \frac{989,20 * 10^3}{300 * 270} = 12,21 \text{ MPa} \leq 16,67 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení tlačného betonu ve směru V_y

$$\sigma_c = \frac{V_y}{A} = \frac{983,47 * 10^3}{225 * 270} = 16,19 \text{ MPa} \leq 16,67 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení svaru smykové zarážky a patního plechu zatížení v ose x - svar stojiny

Oboustranný koutový svar: $a = 10 \text{ mm}$

$$I_{w,x} = \frac{1}{12} * 10 * 225^3 + 2 * (10 * 300 * 160^2 + 10 * 2 * 110 * 139,5^2) = 124,36 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{M_{ed,x(z)}}{I_{w,x} * \sqrt{2}} * z = \frac{163,22 * 10^6}{124,36 * 10^6 * \sqrt{2}} * 160 = 0,93 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{ed,x}}{a * l} = \frac{989,20 * 10^3}{2 * 10 * 225} = 219,82 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0,93^2 + 3 * 0,93^2 + 3 * 219,82^2} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$380,74 \text{ MPa} \leq 453,333 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

A současně

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$0,93 \leq \frac{0,9 * 510}{1,25} = 367,2 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru smykové zarážky a patního plechu zatížení v ose y - svar pásnice

$$I_{w,x} = 2 * \frac{1}{12} * 10 * 300^3 + 2 * (10 * 110 * 95^2) = 64,86 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{M_{ed,y}}{I_{w,x} * \sqrt{2}} * z = \frac{162,27 * 10^6}{64,86 * 10^6 * \sqrt{2}} * 75 = 1,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{ed,x}}{a * l} = \frac{983,47 * 10^3}{2 * 10 * 300 + 4 * 10 * 110} = 94,56 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{1,77^2 + 3 * 1,77^2 + 3 * 94,56^2} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$163,82 \text{ MPa} \leq 453,333 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

A současně

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}}$$

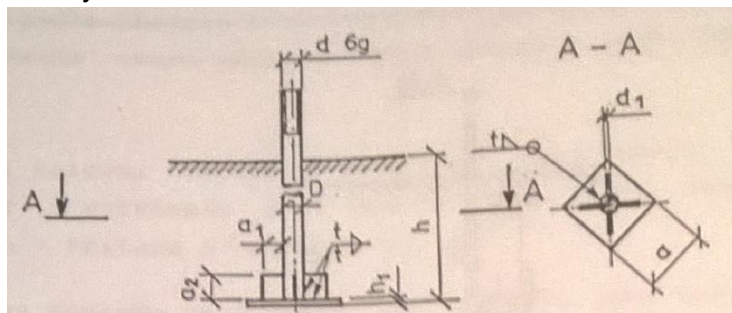
$$1,77 \leq \frac{0,9 * 510}{1,25} = 367,2 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

11.3. ÚNOSNOST KOTEVNÍCH ŠROUBŮ

Návrh je proveden dle [10] pro předem zabetonované šrouby s kotevní hlavou.

Beton C 25/30

Šrouby: 8x M72x4 S355



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Průměr dířku	D	80	mm
Únosnost	F	556	kN
Kotevní hlava šířka	a	230	mm
Tloušťka plechu kotevní hlavy	h ₁	25	mm
Šířka výztužného plechu	a ₁	90	mm
Výška výztužného plechu	a ₂	110	mm
Tloušťka výztužného plechu	t	8	mm

Určení minimální hĺoubky zabetonování pro beton C 25/30

$$h_{min} = \frac{0,2 * F}{\pi * D * R_{bz}} = \frac{0,2 * 556 * 10^3}{\pi * 80 * 1,2} = 368,7 \text{ mm}$$

=> volím $h = 500 \text{ mm}$

$$R_{bz} = 0,36 * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} = 0,36 * \frac{\sqrt{25}}{1,5} = 1,2 \text{ MPa}$$

Únosnost šroubu v tahu dle [6]

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 * f_{yd} * A_s}{\gamma_{M2}} * n = \frac{0,9 * 355 * 3318}{1,25} * 8 = 6784,65 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{4088,85}{6784,65} \leq 1,0$$

$0,60 \leq 1,0$ VYHOVUJE

Únosnost šroubu na protlačení přes podložku dle [6]

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 * \pi * d_m * f_u * t_p}{\gamma_{M2}} * 8$$

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 * \pi * 78,3 * 355 * 14}{1,25} * 8$$

$$B_{p,Rd} = 4676,62 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{4088,85}{4676,62} \leq 1,0$$

$0,87 \leq 1,0$ VYHOVUJE

Posouzení svaru patní desky a sloupu

výška svaru a: volím 12 mm

délka svaru včetně výztuhz pechu tl. 12mm: 4x dl. 100 mm

$$, \pi * 355,6 + 400 = 1517,15 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_{t,Ed}}{a \cdot l} = \frac{4088,85 \cdot 10^3}{12 \cdot 1517,15} = 224,59 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{510}{1,25} = 408 \text{ MPa}$$

$$224,59 \leq \frac{510}{1,25} = 408 \text{ MPa}$$

$$224,59 \text{ MPa} \leq 408 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{224,59^2 + 3 \cdot 224,59^2} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$449,18 \text{ Mpa} \leq 453,333 \text{ Mpa}$$

VYHOVUJE

Posouzení patní desky v tahu

Určení účinné délky

$$e = 120 \text{ mm}$$

$$m_x = 105 - 0,8 \cdot a \cdot \sqrt{2} = 105 - 0,8 \cdot 12 \cdot \sqrt{2} = 91,42 \text{ mm}$$

$$w = 216 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = \min:$$

$$2 \cdot \pi \cdot m_x = 2 \cdot \pi \cdot 91,42 = 574,40 \text{ mm}$$

$$\pi \cdot m_x + w = \pi \cdot 91,42 + 216 = 503,20 \text{ mm}$$

$$\pi \cdot m_x + 2 \cdot e = \pi \cdot 91,42 + 2 \cdot 120 = 527,20 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = \min:$$

$$4 * m_x + 1,25 * e_x = 4 * 91,42 + 1,25 * 120 = 515,68 \text{ mm}$$

$$e + 2 * m_x + 0,625 * e = 120 + 2 * 91,42 + 0,625 * 120 = 377,84 \text{ mm}$$

$$0,5 * w + 2 * m_x + 0,625 * e = 0,5 * 216 + 2 * 91,42 + 0,625 * 120 = \\ = \mathbf{301,14 \text{ mm}}$$

$$l_{eff,1} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} \leq l_{eff,cp}$$

$$301,14 \leq 503,20$$

VYHOVUJE

Možnost páčení

Páčící síly se u patní desky neuvažují

Návrhová únosnost pásnice náhradního T profilu v tahu

$$F_{T,Rd} = \min. (F_{t,1,Rd}; F_{t,2,Rd}; F_{t,3,Rd};)$$

$$F_{T,1-2,Rd} = n * \frac{M_{pl,1-2,Rd}}{m} = 8 * \frac{77,185}{0,09142} = 6754,32 \text{ kN}$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0,25 * \sum l_{eff,1-2} * t^2 * f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = \frac{0,25 * 2 * 301,14 * 38^2 * 355}{1,0} = 77,185 \text{ kNm}$$

$$F_{T,Rd} \geq F_{t,Ed}$$

$$6754,32 \geq 4088,85 \text{ kN}$$

VYHOVUJE