

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ



PŘÍLOHA 2.2

NÁVRH VÝZTUŽE A POSOUZENÍ MSÚ DESKY

Rozdělení zatížení - pole B-F

Vnitřní síly - SC1A

$$M_{Ed,y} = 476,91 \text{ kNm} - \text{žebro uprostřed desky - průřez ve středu}$$

$$M_{Ed,x} = 230,45 \text{ kNm} - \text{žebro uprostřed desky - průřez v poli B-E}$$

Návrh spodní výztuže ve směru y

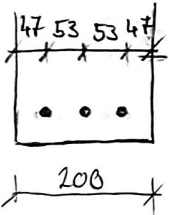
$$d_y = h_d - c_{\text{kon}} - \frac{\sigma}{2} = 930 - 27 - \frac{22}{2} = 892 \text{ mm}$$

$$\mu = \frac{M_{Ed,y}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{476,91 \cdot 10^6}{1060 \cdot 892^2 \cdot 23,3} = 0,024 \rightarrow \xi = 0,03 \quad \xi = 0,988$$

$$A_{s,\text{req}} = \frac{M_{Ed,y}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{476,91 \cdot 10^6}{0,988 \cdot 892 \cdot 435} = 1243,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = \max\left(0,26 \cdot \frac{f_{ctk}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y; 0,0013 \cdot b \cdot d_y\right) = \max\left(0,26 \cdot \frac{3,2}{560} \cdot 1060 \cdot 892; 0,0013 \cdot 1060 \cdot 892\right) = \max(1573,3; 1229,2) = 1573,3 \text{ mm}^2$$

$$S_{l,\text{min}} = \max(20; 1,2 \cdot \sigma; D_{\text{max}} + 5) = \max(20; 1,2 \cdot 28; 22 + 5) = \max(20; 33,6; 27) = 33,6 \text{ mm}$$



$$\boxed{\text{Návrh } 3 \text{ } \varnothing 28 \quad A_{s,\text{prov}} = 1847,6 \text{ mm}^2}$$

Posouzení

$$x = \frac{A_{s,\text{prov}} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1847,6 \cdot 435}{0,8 \cdot 1060 \cdot 23,3} = 40,7 \text{ mm}$$

$$z = d_y - 0,4x = 892 - 0,4 \cdot 40,7 = 866,7 \text{ mm}$$

$$M_{Rd,y} = A_{s,\text{prov}} \cdot f_{yd} \cdot z = 1847,6 \cdot 435 \cdot 866,7 = 696,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,y} = 696,3 \text{ kNm} > M_{Ed,y} = 476,9 \text{ kNm} \dots \text{vyhoví } 69\%$$

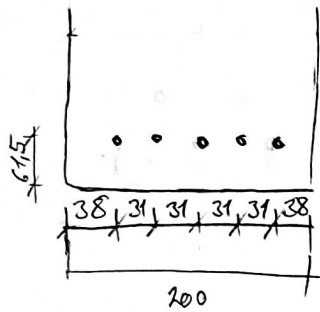
$$d_x = h_d - c_{nom} - a_y - \frac{a_y}{2} = 930 - 27 - 28 - \frac{22}{2} = 864 \text{ mm}$$

$$\mu = \frac{M_{Ed,x}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{230,45 \cdot 10^6}{1500 \cdot 864^2 \cdot 23,3} = 0,0088 \rightarrow \xi = 0,011 \rightarrow \xi = 0,996$$

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed,x}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{230,45 \cdot 10^6}{0,996 \cdot 864 \cdot 435} = 615,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \max\left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d\right) = \max\left(0,26 \cdot \frac{3,2}{500} \cdot 1500 \cdot 864; 0,0013 \cdot 1500 \cdot 864\right) = \max(2156,3; 1684,8) = 2156,3 \text{ mm}^2$$

$$s_{1,min} = \max(20; 1,2 \cdot a_x; D_{max} + 5) = \max(20; 1,2 \cdot 25; 22 + 5) = \max(20; 30; 27) = 30 \text{ mm}$$



Návrh 5 x 25 mm $A_{s,prov} = 2454 \text{ mm}^2$

Posouzení

skatečně

$$d_x = h_d - c_{nom} - a_y - \frac{a_y}{2} = 862,5 \text{ mm}$$

$$x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2454 \cdot 435}{0,8 \cdot 1500 \cdot 23,3} = 38,18 \text{ mm}$$

$$z = d_x - 0,4 \cdot x = 862,5 - 0,4 \cdot 38,18 = 847,2 \text{ mm}$$

$$M_{Rd,x} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 2454 \cdot 435 \cdot 862,5 = 920,7 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,x} = 920,7 \text{ kNm} > M_{Ed,x} = 230,45 \text{ kNm} \dots \text{ vyhoví } 25\%$$

Ověření smykové únosnosti ve směru y

$$V_{Ed,y} = 242,1 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd,c} = c_{te,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ctk})^{\frac{1}{3}} \cdot b_w \cdot d_y \geq V_{min} \cdot b_w \cdot d_y$$

$$c_{te,c} = \frac{0,18}{\sqrt{2}} = \frac{0,18}{1,41} = 0,12$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{1}{2}} \cdot f_{ctk}^{\frac{1}{2}} =$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_y}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{883}} = 1,47 < 2$$

$$= 0,035 \cdot 1,47^{\frac{1}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0,37$$

$$\rho_l = \frac{A_{s,prov}}{b_w \cdot d_y} = \frac{2454}{200 \cdot 883} = 0,01 < 0,02$$

$$V_{Rd,c} = 0,12 \cdot 1,47 \cdot (100 \cdot 0,01 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} \cdot 200 \cdot 883 = 101,9 \text{ kN} > 0,37 \cdot 200 \cdot 883 = 65,3 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 101,9 \text{ kN} < V_{Ed,y} = 242,1 \text{ kN} \Rightarrow \text{potřeba výztuže}$$

Nejmenší šířka tabule oblasti

$$b_w = b_z = 200 \text{ mm}$$

Únosnost tlač. diagonály

$$V_{Rd,max} = \nu \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z_y \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = 0,516 \cdot 23,3 \cdot 200 \cdot 866,7 \cdot \frac{1,35}{1 + 1,35^2} = 996 \text{ kN}$$

$$\nu = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ctk}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250}\right) = 0,516$$

$$\cot \theta = 1,35$$

$$V_{Rd,max} = 996 \text{ kN} > V_{Ed,y} = 287,5 \text{ kN} \dots \text{ vyhoví}$$

$$V_{Ed,1} = V_{Ed,y} - f_{td} \cdot 1060 \cdot \left(\frac{b_{sup}}{2} + d_y\right) = 287,5 - 16,4 \cdot 106 \cdot \left(\frac{0,300}{2} + 0,883\right) = 224,1 \text{ kN}$$

Jednostřížný žlábkový tvar s $A_{sw} = 113 \text{ mm}^2$

$$s_1 = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{V_{Ed,1}} \cdot \cot \theta \cdot z = \frac{113 \cdot 435}{224,1 \cdot 10^3} \cdot 1,35 \cdot 866,7 = 256,6 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(0,75 \cdot d_y; 400) = \min(0,75 \cdot 883; 400) = \min(662; 400) = 400$$

Návrh jednostřížný žlábkový tvar s $\varnothing 12$ à 250 mm

$$V_{Rd,s1} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s_1} \cdot \cot \theta \cdot z = \frac{113 \cdot 435}{250} \cdot 1,35 \cdot 866,7 = 230,1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s1} = 230,1 \text{ kN} > V_{Ed,1} = 224,1 \text{ kN} \dots \text{ vyhoví}$$

Stupeň vyztužení

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_1} = \frac{113}{200 \cdot 250} = 0,23\%$$

$$\rho_{min} = 0,095\% < \rho_{sw} = 0,23\% < \rho_{max} = 1,4\% \dots \text{ vyhoví}$$

Vzdálenost od podpory

$$\Delta l = z \cdot \cot \theta = 866,7 \cdot 1,35 = 1170 \text{ mm}$$

Konstrukční žlábkový tvar

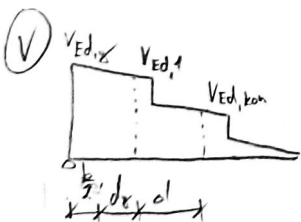
$$s_{kon} < s_{max} = 400 \text{ mm}$$

Návrh jednostřížný žlábkový tvar s $\varnothing 12$ à 400 mm

$$V_{Rd,kon} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s_{kon}} \cdot \cot \theta \cdot z = \frac{113 \cdot 435}{400} \cdot 1,35 \cdot 866,7 = 143,7 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,kon} = 80,7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,kon} = 143,7 \text{ kN} > V_{Ed,kon} = 80,7 \text{ kN} \dots \text{ vyhoví}$$



Hodnota $V_{Ed,kon}$ ve vzdálenosti l_{kon} od podpory

$$l_{kon} = \frac{l}{2} + d_y + \Delta l = \frac{300}{2} + 883 + 1170 = 2203 \text{ mm}$$

$$1170 = 2203 \text{ mm}$$

Ověření smykové únosnosti ve směru x

$$V_{Ed,x} = 130,75 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd,e} = c_{Rd,e} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_i \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b_w \cdot d_x \geq V_{min} \cdot b_w \cdot d_x$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_x}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{862}} = 1,48 < 2 \quad V_{min} = 0,035 \cdot 1,48^{\frac{3}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0,37$$

$$\rho_i = \frac{A_{s,prov}}{b_w \cdot d_x} = \frac{2454}{200 \cdot 862} = 0,014 < 0,02$$

$$V_{Rd,e} = 0,12 \cdot 1,48 \cdot (100 \cdot 0,014 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} \cdot 200 \cdot 862 = 112,0 \text{ kN} > 0,37 \cdot 200 \cdot 862 = 63,7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,e} = 112,0 \text{ kN} < V_{Ed,x} = 130,75 \text{ kN} \Rightarrow \text{potřeba smykové výztuže}$$

Únosnost tlač. diagonaly

$$V_{Rd,max} = V \cdot f_{td} \cdot b_w \cdot z \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = 0,516 \cdot 23,3 \cdot 200 \cdot 847,2 \cdot \frac{1,35}{1 + 1,35^2} = 974,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 974,4 \text{ kN} > V_{Ed,x} = 130,75 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,1} = V_{Ed,x} - f_{td} \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{b_{comp}}{2} + d_x \right) = 130,75 - 16,4 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{200}{2} + 0,862 \right) = 105,9 \text{ kN}$$

Jednostřížný třmínek $\varnothing 12$ $A_{sw} = 113 \text{ mm}^2$

$$s_1 = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{V_{Ed,1}} \cdot \cot \theta \cdot z = \frac{113 \cdot 435}{105,9 \cdot 10^3} \cdot 1,35 \cdot 847,2 = 530 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d_x, 400) = \min(0,75 \cdot 862, 400) = \min(646,5, 400) = 400 \text{ mm}$$

Návrh jednostřížný tř. $\varnothing 12$ a 400 mm

$$V_{Rd,s1} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s_1} \cdot \cot \theta \cdot z = \frac{113 \cdot 435}{400} \cdot 1,35 \cdot 847,2 = 140,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s1} = 140,5 \text{ kN} > V_{Ed,1} = 105,9 \text{ kN} \dots \text{vyhoví}$$

Návrh horní výztuže ve směru y

$$M_{Ed,y} = 153,93 \text{ kNm}$$

$$\mu = \frac{M_{Ed,y}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{153,93 \cdot 10^6}{200 \cdot 892^2 \cdot 23,3} = 0,0078 \rightarrow \xi = 0,53 \quad \xi = 0,979$$

$$a_{s,req} = \frac{M_{Ed,y}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{153,93 \cdot 10^6}{0,979 \cdot 892 \cdot 435} = 405,2 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} = 1573,3 \text{ mm}^2$$

Návrh $\varnothing 16$ à 130 mm $a_{s,prov} = 1608 \text{ mm}^2$

Posouzení

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1608 \cdot 435}{0,8 \cdot 200 \cdot 23,3} = 187,6 \text{ mm}$$

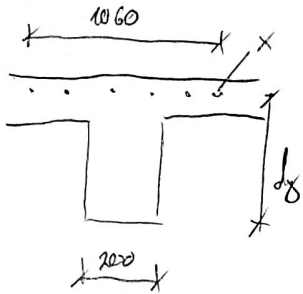
$$z = d_y - 0,4 \cdot x = 892 - 0,4 \cdot 187,6 = 816,95 \text{ mm}$$

$$M_{Rd,y} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 1608 \cdot 435 \cdot 816,95 = 571,4 \text{ kNm}$$

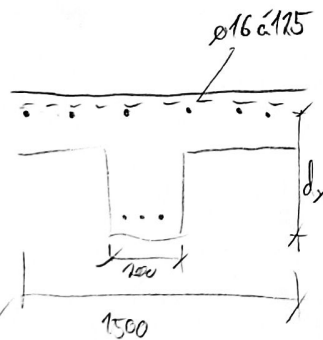
$$M_{Rd,y} = 571,4 \text{ kNm} > M_{Ed,y} = 153,93 \text{ kNm} \dots \text{ uhoví}$$

$$d_y = 892 \text{ mm}$$

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



$$d_x = 864 \text{ mm}$$



Návrh horní výztuže ve směru x

$$M_{Ed,x} = 133,14 \text{ kNm}$$

$$\mu = \frac{M_{Ed,x}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{133,14 \cdot 10^6}{100 \cdot 864^2 \cdot 23,3} = 0,038 \rightarrow \xi = 0,048 \Rightarrow \xi = 0,981$$

$$a_{s,req} = \frac{M_{Ed,x}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{133,14 \cdot 10^6}{0,981 \cdot 864 \cdot 435} = 361,1 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} = 2156,3 \text{ mm}^2$$

Návrh $\varnothing 20$ à 115 mm $a_{s,prov} = 2199 \text{ mm}^2$

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2199 \cdot 435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 23,3} = 256,6 \text{ mm}$$

$$z = d_x - 0,4 \cdot x = 864 - 0,4 \cdot 256,6 = 761,4 \text{ mm}$$

$$M_{Rd,x} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 2199 \cdot 435 \cdot 761,4 = 728 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,x} = 728 \text{ kNm} > M_{Ed,x} = 133,14 \text{ kNm} \dots \text{ uhoví}$$