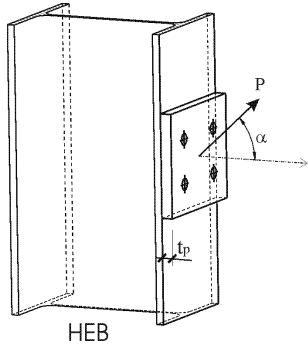


7. Zadatak

Odrediti potreban broj zavrtnjeva za vezu čelone ploče sa stubom.



$$P=250 \text{ kN}$$

$$\alpha=40^\circ$$

$$t_p=20 \text{ mm}$$

$$\text{HEB } 300$$

Veza se ostvaruje pomoću:

- neobrađenih zavrtnjeva klase čvrstoće

5.6

- obrađenih zavrtnjeva klase čvrstoće 5.6
- visokovrednih zavrtnjeva bez sile pritezanja klase čvrstoće 10.9
- visokovrednih zavrtnjeva sa punom silom pritezanja klase čvrstoće 12.9

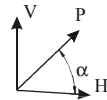
Osnovni materijal: Č0361

Slučaj opterećenja: I

Utjecaji na mestu veze:

$$P=120 \text{ kN} \Rightarrow H=P \cdot \cos(\alpha)=120 \cdot \cos(40^\circ)=91,5 \text{ kN}$$

$$V=P \cdot \sin(\alpha)=120 \cdot \sin(40^\circ)=77,1 \text{ kN}$$



Optimalni prečnik zavrtnja:

$$d_{opt} = \sqrt{5 \cdot t_{s,min}} - 0,2 = \sqrt{5 \cdot 1,9} - 0,2 = 2,88 \text{ cm}$$

$t_{s,min}$ – minimalna debljina spoljašnjih elemenata u spoju $t_{s,min} = \min(20 \text{ mm}, 19 \text{ mm})$

a) Neobrađeni zavrtnjevi klase čvrstoće 5.6

Osnovni materijal Č0361 (I sl.o.) \Rightarrow dopušten napon pritiska po omotaču rupe $s_{b,dop} = 27 \text{ kN/cm}^2$ ¹

Neobrađeni zavrtnjevi k.č. 5.6 \Rightarrow dopušten smičući napon za zavrtnjeve $t_{dop} = 14 \text{ kN/cm}^2$
dopušten napon zatezanja za zavrtnjeve $s_t = 13,7 \text{ kN/cm}^2$

Usvajaju se zavrtnjevi M24

Nosivost zavrtnjeva:²

$$F_v = m \cdot A_{v,1} \cdot t_{dop} = 1 \cdot \frac{P \cdot 2,4^2}{4} = 63,3 \text{ kN}$$

$$F_b = \min \sum t \cdot d \cdot s_{b,dop} = 1,9 \cdot 2,4 \cdot 27 = 123,1 \text{ kN}$$

$$F_{v,dop} = \min(F_v, F_b) = 63,3 \text{ kN}$$

$$F_{t,dop} = A_s \cdot s_t = 4,59 \cdot 13,7 = 62,9 \text{ kN} \quad (A_s \text{ . Ispitni presek }^3)$$

$$n_1 = \frac{V}{F_{v,dop}} = \frac{160,7}{63,3} = 2,54$$

$$n_2 = \frac{H}{F_{t,dop}} = \frac{191,5}{62,9} = 3,04$$

Usvajaju se 4 zavrtnja M24...5.6

Kontrola zavrtnjeva na:

Smicanje

$$V_1 = \frac{V}{4} = \frac{160,7}{4} = 40,2 \text{ kN} < F_{v,dop} = 63,3 \text{ kN}$$

Zatezanje

$$N_{t,1} = \frac{H}{4} = \frac{191,5}{4} = 47,9 \text{ kN} < F_{t,dop} = 62,9 \text{ kN}$$

Kombinovano naprezanje:

$$\left(\frac{V_1}{F_{v,dop}} \right)^2 + \left(\frac{N_{t,1}}{F_{t,dop}} \right)^2 = \left(\frac{40,2}{63,3} \right)^2 + \left(\frac{47,9}{62,9} \right)^2 = 0,98 < 1$$

b) Obradeni zavrtnjevi klase čvrstoće 5.6

Osnovni materijal Č0361 (I sl.o.) \Rightarrow dopušten napon pritiska po omotaču rupe $s_{b,dop} = 32 \text{ kN/cm}^2$

Obradeni zavrtnjevi k.č. 5.6 \Rightarrow dopušten smičući napon za zavrtnjeve $t_{dop} = 17,5 \text{ kN/cm}^2$

dopušten napon zatezanja za zavrtnjeve $s_t = 13,7 \text{ kN/cm}^2$

Usvajaju se zavrtnjevi M24

Nosivost zavrtnjeva:

$$F_v = m \cdot A_{v,1} \cdot t_{dop} = 1 \cdot \frac{P \cdot d_0^2}{4} \cdot t_{dop} = 1 \cdot \frac{P \cdot 2,5^2}{4} \cdot 17,5 = 85,9 \text{ kN}$$

$$F_b = \min \sum t \cdot d_0 \cdot s_{b,dop} = 1,9 \cdot 2,5 \cdot 32 = 152,0 \text{ kN}$$

$$F_{v,dop} = \min(F_v, F_b) = 85,9 \text{ kN}$$

¹ Čelične konstrukcije u građevinarstvu / str. 567

² Metalne konstrukcije 1 / str. 160

³ Metalne konstrukcije 1 / str. 162

$$F_{t,dop} = A_s \cdot S_z = 4,59 \cdot 13,7 = 62,9 \text{ kN}$$

$$n_1 = \frac{V}{F_{v,dop}} = \frac{160,7}{85,9} = 1,87$$

$$n_2 = \frac{H}{F_{t,dop}} = \frac{191,5}{62,9} = 3,04$$

Usvajaju se 4 zavrtnja M24...5.6

Kontrola zavrtnjeva na:

Smicanje

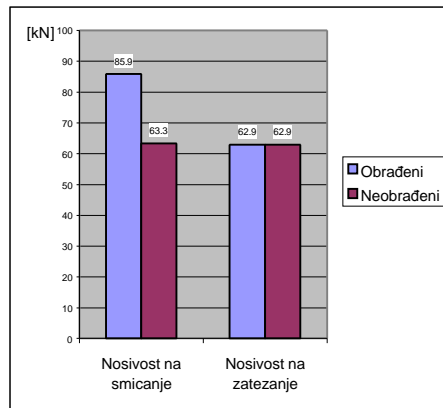
$$V_1 = \frac{V}{4} = \frac{160,7}{4} = 40,2 \text{ kN} < F_{v,dop} = 85,9 \text{ kN}$$

Zatezanje

$$N_{t,1} = \frac{H}{4} = \frac{191,5}{4} = 47,9 \text{ kN} < F_{t,dop} = 62,9 \text{ kN}$$

Kombinovano naprezanje

$$\left(\frac{V_1}{F_{v,dop}} \right)^2 + \left(\frac{N_{t,1}}{F_{t,dop}} \right)^2 = \left(\frac{40,2}{85,9} \right)^2 + \left(\frac{47,9}{62,9} \right)^2 = 0,80 < 1$$



c) Visokovredni zavrtnjevi klase čvrstoće 10.9 bez sile pritezanja

Osnovni materijal Č0361 (I sl.o.) \Rightarrow dopušten napon pritiska po omotaču rupe $S_{b,dop} = 28 \text{ kN/cm}^2$

Neupasovani zavrtnjevi k.č. 10.9⁴ \Rightarrow dopušten smičući napon za zavrtnjeve $t_{dop} = 24,0 \text{ kN/cm}^2$

dopušten napon zatezanja za zavrtnjeve $S_t = 36,0 \text{ kN/cm}^2$

Usvajaju se zavrtnjevi **M20**

Nosivost zavrtnjeva:

$$F_v = m \cdot A_{v,1} \cdot t_{dop} = 1 \cdot \frac{P \cdot 2,0^2}{4} 24,0 = 75,4 \text{ kN}$$

$$F_b = \min \sum t \cdot d \cdot S_{b,dop} = 1,9 \cdot 2,0 \cdot 28 = 106,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,dop} = \min(F_v, F_b) = 75,4 \text{ kN}$$

$$F_{t,dop} = A_s \cdot S_z = 2,45 \cdot 36,0 = 88,2 \text{ kN}$$

$$n_1 = \frac{V}{F_{v,dop}} = \frac{160,7}{75,4} = 2,13$$

$$n_2 = \frac{H}{F_{t,dop}} = \frac{191,5}{88,2} = 2,2$$

Usvajaju se 4 zavrtnja M20...10.9

Kontrola zavrtnjeva na:

Smicanje

$$V_1 = \frac{V}{4} = \frac{160,7}{4} = 40,2 \text{ kN} < F_{v,dop} = 75,4 \text{ kN}$$

Zatezanje

$$N_{t,1} = \frac{H}{4} = \frac{191,5}{4} = 47,9 \text{ kN} < F_{t,dop} = 88,2 \text{ kN}$$

Kombinovano naprezanje

$$\left(\frac{V_1}{F_{v,dop}} \right)^2 + \left(\frac{N_{t,1}}{F_{t,dop}} \right)^2 = \left(\frac{40,2}{75,4} \right)^2 + \left(\frac{47,9}{88,2} \right)^2 = 0,58 < 1$$

d) Visoko vredni zavrtnjevi klase čvrstoće 12.9 sa punom silom pritezanja

$f_{0,2} = 90 \text{ kN/cm}^2$ Konvencionalna vrednost za grnicu razvlačenja zavrtnja klase čvrstoće 10.9

Visoko vredni zavrtnj klase čvrstoće 12.9⁵ $\Rightarrow f_{0,2} = 1,2 \cdot 90 = 108 \text{ kN/cm}^2$

$n_1 = 0,7$ - Koeficijent redukcije kojim se omogućava da naprezanje u zavrtnju ostane u granicama elastičnosti

$n_2 = 1,25$ - Koeficijent sigurnosti

$m = 0,4$ - Koeficijent trenja

Usvajaju se 4 zavrtnja M20

$A_s = 2,45$ - Površina ispitnog preseka zavrtnja

Sila prednaprežanja u zavrtnju

$$F_p = n_1 \cdot f_{0,2} \cdot A_s = 0,7 \cdot 108 \cdot 2,45 = 185,2 \text{ kN}$$

Nosivost zavrtnjeva na zatezanje:

$$F_{t,dop} = n_3 \cdot F_p = 0,7 \cdot 185,2 = 129,7 \text{ kN}$$

Nosivost zavrtnjeva na proklizavanje:

$$N_t = \frac{H}{4} = \frac{191,5}{4} = 47,9 \text{ kN} - \text{sila zatezanja u jednom zavrtnju od spoljnog opterećenja}$$

$$F_{s,dop} = \frac{m \cdot (F_p - N_t)}{n_2} = \frac{0,4 \cdot (185,2 - 47,9)}{1,25} = 43,9 \text{ kN}$$

Kontrola zavrtnjeva na:

Smicanje

$$V_1 = \frac{V}{4} = \frac{160,7}{4} = 40,2 \text{ kN} < F_{s,dop} = 43,9 \text{ kN}$$

Zatezanje

$$N_{t,1} = \frac{H}{4} = \frac{191,5}{4} = 47,9 \text{ kN} < F_{t,dop} = 129,7 \text{ kN}$$

⁴ Čelične konstrukcije u građevinarstvu / str. 590-593

⁵ Čelične konstrukcije u građevinarstvu / str. 584-589