

## Węzeł nr 2 - Połączenie doczołowe dwóch rur

### Informacje o węźle

Położenie: (x=6.600m, y=1.600m)

### Dane projektowe elementów

Blacha elementu:

Grubość blachy  $t_p$ : 12 mm

Wysokość blachy  $h_p$ : 100.0 mm

Długość blachy  $l_p$ : 180.0 mm

Wymiary łączonej rury: 80x80x5.0 mm

Klasa stali: S 235

$f_y$ : 235.0 MPa

$f_u$ : 360.0 MPa

### Dane projektowe połączenia

Rodzaj połączenia

Śruby

Liczba śrub: 4

Typ śrub: M10

Klasa śrub: 8.8

Ścinana część śruby: Niegwintowana

Wymiary [mm]: e1: 25.0 e2: 25.0 e3: 25.0 p1: 80.0 p2: 50.0

### Zerwanie śrub (50.5 %)

Komb:  $\min N (-0,-1,+2) \rightarrow N_{ed}=-67.5kN, V_{ed}=-22.5kN, M_{ed}=0.0kNm$

Warunek nośności śrub na zerwanie:

$$N_{Ed} = 67.50 kN < n \cdot F_{t,Rd} = n \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 4 \frac{0.9 \cdot 800 \cdot 58.00}{1.25} = 133.63 kN$$

Warunek nośności śrub ze względu na przeciągnięcie łba/nakrętki:

$$d_m = \frac{E+S}{2} = \frac{18.90+17.00}{2} = 17.95 mm$$

$$N_{Ed} = 67.50 kN < n \cdot B_{p,Rd} = n \frac{0.6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 4 \frac{0.6 \cdot \pi \cdot 17.95 \cdot 12 \cdot 360}{1.25} = 467.73 kN$$

### Ścinanie śrub (41.4 %)

Komb:  $\min T_y (-0,-1,+2,+K3) \rightarrow N_{ed}=-67.5kN, V_{ed}=-50.0kN, M_{ed}=0.0kNm$

Część ścinana: niegwintowana

Pole przekroju śruby przy ścinaniu :

$$A = 78.54 mm^2$$

Współczynnik:  $\alpha_v = 0.60$

Wytrzymałość łącznika:  $f_{ub} = 800 MPa$

Nośność na ścinanie śrub:

$$F_{v,Rd} = n \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = \frac{4 \cdot 0.60 \cdot 800 \cdot 78.54}{1.25} = 120.64 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$V_{Ed} = 50.00 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 120.64 \text{ kN}$$

### Docisk śrub (20.8 %)

Komb:  $\min T_y (-0, -1, +2, +K3) \rightarrow N_{ed} = -67.5 \text{ kN}, V_{ed} = -50.0 \text{ kN}, M_{ed} = 0.0 \text{ kNm}$

Współczynniki:

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) = \min \left( \frac{25.0}{3 \cdot 12}, \frac{800}{360}, 1 \right) = 0.69$$

$$k_1 = \min \left( \frac{2.8e_2}{d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) = \min \left( \frac{2.8 \cdot 25.0}{12}, \frac{800}{360}, 1 \right) = 2.50$$

$$F_{b,Rd} = n \frac{k_1 \alpha_b f_u t_p d}{\gamma_{M2}} = \frac{4 \cdot 2.50 \cdot 0.69 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 10}{1.25} = 240.00 \text{ kN}$$

Warunki nośności:

$$V_{Ed} = 50.00 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 240.00 \text{ kN}$$

### Uplastycznienie blachy (83.9 %)

Komb:  $\min N (-0, -1, +2) \rightarrow N_{ed} = -67.5 \text{ kN}, V_{ed} = -22.5 \text{ kN}, M_{ed} = 0.0 \text{ kNm}$

Zalecana grubość blachy czołowej:

$$\left( \frac{KP_f}{(1+\delta)} \right)^{0.5} \leq t_p \leq (KP_f)^{0.5}$$

$$b' = e_1 - \left( \frac{d}{2} \right) + t_1 = 25.0 - \left( \frac{10}{2} \right) + 5 = 25.00 \text{ mm}$$

$$\delta = 1 - \frac{d_0}{p_2} = 1 - 12/50.0 = 0.76$$

$$K = \frac{4b'}{\left( 0.9 \frac{f_{yp}}{\gamma_{M0}} p_2 \right)} = \frac{4 \cdot 25.00}{\left( 0.9 \cdot \frac{235}{1.00} \cdot 50.0 \right)} = 0.009 \frac{1}{\text{MPa}}$$

$$P_f = \frac{N_{1,Ed}}{n} = 67.50/4 = 16.88 \text{ kN}$$

$$\left( \frac{0.009 \cdot 16.88 \cdot 1e3}{(1+0.76)} \right)^{0.5} \leq 12 \leq (0.009 \cdot 16.88 \cdot 1e3)^{0.5} \Leftrightarrow 9.52 \text{ mm} \leq 12 \text{ mm} \leq 12.63 \text{ mm}$$

Warunek spełniony.

Sprawdzenie warunku bocznych odległości dla śrub:

$$e_2 < 1.25e_1 \rightarrow 25.0 < 31.2$$

Warunek spełniony.

Określenie parametru  $\alpha$  (przyjęto obciążenie równe nośności śruby na rozciąganie):

$$\alpha = \left[ \left( \frac{KF_{t,Rd}}{t_p^2} - 1 \right) \right] \left[ \frac{\left( e_2 + \frac{d}{2} \right)}{\delta(e_2 + e_1 + t_1)} \right]$$

$$\alpha = \left[ \left( \frac{0.009 \cdot 33.41}{12^2} - 1 \right) \right] \left[ \frac{\left( 25.0 + \frac{10}{2} \right)}{0.76 \cdot (25.0 + 25.0 + 5)} \right] = 0.86$$

Do dalszych obliczeń przyjęto:  $\alpha = 0.86$

Nośność blachy styku doczołowego:

$$N_{Rd} = \frac{t_p^2 (1 + \delta \alpha) n}{K \gamma_{M2}} = \frac{12^2 (1 + 0.76 \cdot 0.86) \cdot 4}{0.009 \cdot 1.25} 1e-3 = 80.46 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$N_{Ed} = 67.50 \text{ kN} < N_{Rd} = 80.46 \text{ kN}$$

### Nośność spoin (42.9 %)

Komb: min Ty (-0, -1, +2, +K3,) →  $N_{ed} = -67.5 \text{ kN}$ ,  $V_{ed} = -50.0 \text{ kN}$ ,  $M_{ed} = 0.0 \text{ kNm}$

Współczynnik  $\beta_w$ :  $\beta_w = 0.80$

Graniczne naprężenia prostopadłe:

$$\sigma_{\perp, lim.} = 0.9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0.9 \frac{360}{1.25} = 259.20 \text{ MPa}$$

Graniczne naprężenia wypadkowe:

$$\sigma_{lim.} = \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{0.80 \cdot 1.25} = 360.00 \text{ MPa}$$

Naprężenia normalne:

$$A_w = 2 \cdot a_w (h + b) = 2 \cdot 4.00 (80.00 + 80.00) = 1280 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{67500}{1280} = 52.73 \text{ MPa}$$

Naprężenia prostopadłe:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{52.73}{\sqrt{2}} = 37.29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 37.29 \text{ MPa} < 259.20 \text{ MPa}$$

Naprężenia równoległe:

$$A_v = 2 \cdot a_w \cdot h = 2 \cdot 4.00 \cdot 80.00 = 640 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{50000}{640} = 35.16 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{37.29^2 + 3(37.29^2 + 35.16^2)} = 96.28 \text{ MPa} < 360.00 \text{ MPa}$$