

Dane

**Element**

Grubość

$t_2 := 17 \cdot \text{mm}$

Wytrzymałość na rozciąganie

$f_{u2} := 360 \cdot \text{MPa}$

**Blacha**

Grubość

$t_p := 16 \cdot \text{mm}$

Wytrzymałość na rozciąganie

$f_{up} := 360 \cdot \text{MPa}$

**Śruby**

Średnica

$d := 20 \cdot \text{mm}$

Średnica otworów

$d_0 := 22 \cdot \text{mm}$

Granica plastyczności

$f_{yb} := 900 \cdot \text{MPa}$

Wytrzymałość na rozciąganie

$f_{ub} := 1000 \cdot \text{MPa}$

Pole śruby

$A := 0.25 \cdot \pi \cdot d^2$

$A = 314.159 \text{ mm}^2$

Płaszczyzna ścinania (niegwintowana)

$\alpha_v := 0.6$

Odległość pionowa od krawędzi blachy

$e_1 := 50 \cdot \text{mm}$

Odległość pozioma od krawędzi blachy

$e_2 := 60 \cdot \text{mm}$

Rozstaw pionowy

$p_1 := 70 \cdot \text{mm}$

Rozstaw poziomy

$p_2 := 120 \cdot \text{mm}$

Współczynnik materiałowy

$\gamma_{M2} := 1.25$

**Siły**

Siła poprzeczna

$$V_{Ed} := 80 \cdot \text{kN}$$

Mimośród siły

$$e_0 := 700 \cdot \text{mm}$$

**Rozwiązanie**

Siły działające na śruby

$$V_0 := V_{Ed}$$

$$V_0 = 80 \text{ kN}$$

$$M_0 := V_0 \cdot e_0$$

$$M_0 = 56 \text{ kNm}$$

Nośność śruby na ścinanie

$$F_{vRd} := \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{vRd} = 150.796 \text{ kN}$$

**Docisk śruby do elementu****Kierunek X**

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{11} := 1.4 \cdot \frac{p_1}{d_0} - 1.7$$

Śruba pośrednia

$$k_{11} = 2.755$$

$$k_{12} := 2.5$$

$$k_1 := \min(k_{11}, k_{12})$$

$$k_1 = 2.5$$

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_d := \frac{e_2}{3 \cdot d_0}$$

Śruba skrajna

$$\alpha_d = 0.909$$

$$\alpha_{b1} := \alpha_d$$

$$\alpha_{b1} = 0.909$$

$$\alpha_{b2} := \frac{p_2}{3 \cdot d_0} - 0.25$$

Śruba pośrednia

$$\alpha_{b2} = 1.568$$

$$\alpha_{b3} := \frac{f_{ub}}{f_{u2}}$$

$$\alpha_{b3} = 2.778$$

$$\alpha_{b4} := 1.0$$

$$\alpha_{b4} = 1$$

$$\alpha_b := \min(\alpha_{b1}, \alpha_{b2}, \alpha_{b3}, \alpha_{b4})$$

$$\alpha_b = 0.909$$

Nośność śruby na docisk

$$F_{bRd1x} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u2} \cdot d \cdot t_2}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{bRd1x} = 222.545 \text{ kN}$$

**Kierunek Z**

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{11} := 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7$$

Śruba skrajna

$$k_{11} = 5.936$$

$$k_{12} := 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7 \quad \text{Śruba pośrednia} \quad k_{12} = 5.936$$

$$k_{13} := 2.5 \quad k_{13} = 2.5$$

$$k_1 := \min(k_{11}, k_{12}, k_{13}) \quad k_1 = 2.5$$

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{b1} := \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0.25 \quad \text{Śruba pośrednia} \quad \alpha_{b1} = 0.811$$

$$\alpha_{b2} := \frac{f_{ub}}{f_{u2}} \quad \alpha_{b2} = 2.778$$

$$\alpha_{b3} := 1.0 \quad \alpha_{b3} = 1$$

$$\alpha_b := \min(\alpha_{b1}, \alpha_{b2}, \alpha_{b3}) \quad \alpha_b = 0.811$$

Nośność śruby na docisk

$$F_{bRd1z} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u2} \cdot d \cdot t_2}{\gamma_{M2}} \quad F_{bRd1z} = 198.436 \text{ kN}$$

### Docisk śruby do blachy

#### Kierunek X

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{11} := 2.8 \cdot \frac{e_1}{d_0} - 1.7 \quad \text{Śruba skrajna} \quad k_{11} = 4.664$$

$$k_{12} := 1.4 \cdot \frac{p_1}{d_0} - 1.7 \quad \text{Śruba pośrednia} \quad k_{12} = 2.755$$

$$k_{13} := 2.5 \quad k_1 = 2.5$$

$$k_1 := \min(k_{11}, k_{12}, k_{13}) \quad k_1 = 2.5$$

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_d := \frac{e_2}{3 \cdot d_0} \quad \text{Śruba skrajna} \quad \alpha_d = 0.909$$

$$\alpha_{b1} := \alpha_d \quad \alpha_{b1} = 0.909$$

$$\alpha_{b2} := \frac{p_2}{3 \cdot d_0} - 0.25 \quad \text{Śruba pośrednia} \quad \alpha_{b2} = 1.568$$

$$\alpha_{b3} := \frac{f_{ub}}{f_{up}} \quad \alpha_{b3} = 2.778$$

$$\alpha_{b4} := 1.0 \quad \alpha_{b4} = 1$$

$$\alpha_b := \min(\alpha_{b1}, \alpha_{b2}, \alpha_{b3}, \alpha_{b4}) \quad \alpha_b = 0.909$$

Nośność śruby na docisk

$$F_{bRd2x} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{bRd2x} = 209.455 \text{ kN}$$

### Kierunek Z

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{11} := 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7$$

Śruba skrajna

$$k_{11} = 5.936$$

$$k_{12} := 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7$$

Śruba pośrednia

$$k_{12} = 5.936$$

$$k_{13} := 2.5$$

$$k_{13} = 2.5$$

$$k_1 := \min(k_{11}, k_{12}, k_{13})$$

$$k_1 = 2.5$$

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_d := \frac{e_1}{3 \cdot d_0}$$

Śruba skrajna

$$\alpha_d = 0.758$$

$$\alpha_{b1} := \alpha_d$$

$$\alpha_{b1} = 0.758$$

$$\alpha_{b2} := \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0.25$$

Śruba pośrednia

$$\alpha_{b2} = 0.811$$

$$\alpha_{b3} := \frac{f_{ub}}{f_{up}}$$

$$\alpha_{b3} = 2.778$$

$$\alpha_{b4} := 1.0$$

$$\alpha_{b4} = 1$$

$$\alpha_b := \min(\alpha_{b1}, \alpha_{b2}, \alpha_{b3}, \alpha_{b4})$$

$$\alpha_b = 0.758$$

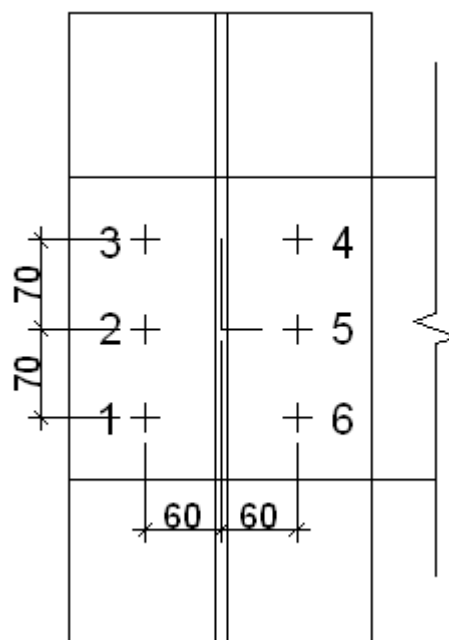
Nośność śruby na docisk

$$F_{bRd2z} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{bRd2z} = 174.545 \text{ kN}$$

Współrzędne poszczególnych śrub względem układu zaczepionego w środku ciężkości układu śrub

$x_1 := -60 \cdot \text{mm}$	$z_1 := -70 \cdot \text{mm}$
$x_2 := -60 \cdot \text{mm}$	$z_2 := 0 \cdot \text{mm}$
$x_3 := -60 \cdot \text{mm}$	$z_3 := 70 \cdot \text{mm}$
$x_4 := 60 \cdot \text{mm}$	$z_4 := 70 \cdot \text{mm}$
$x_5 := 60 \cdot \text{mm}$	$z_5 := 0 \cdot \text{mm}$
$x_6 := 60 \cdot \text{mm}$	$z_6 := -70 \cdot \text{mm}$



$$\Sigma x_i x_i + z_i z_i = 41200 \text{ mm}^2$$

$i := 1..6$

$$\Sigma x_i x_i + z_i z_i := \sum_i [(x_i)^2 + (z_i)^2]$$

Współrzędne śruby najbardziej wyężonej

$$x_{\max} := 60 \cdot \text{mm} \quad z_{\max} := 70 \cdot \text{mm}$$

### Kierunek X

Siła składowa w śrubie od wpływu momentu na kierunku X

$$F_{MxEd} := \frac{M_0 \cdot z_{\max}}{\sum_i [(x_i)^2 + (z_i)^2]}$$

$$F_{MxEd} = 95.146 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła na kierunku X

$$F_{xEd} := F_{MxEd}$$

$$F_{xEd} = 95.146 \text{ kN}$$

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$F_{xRd} := \min(F_{vRd}, F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$$

$$F_{xRd} = 150.796 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{xEd}}{F_{xRd}} = 0.631$$

### Kierunek Z

Siła składowa w śrubie od wpływu siły ścinającej

$$F_{vEd} := \frac{V_0}{6}$$

$$F_{vEd} = 13.333 \text{ kN}$$

Siła składowa w śrubie od wpływu momentu na kierunku Z

$$F_{MzEd} := \frac{M_0 \cdot x_{\max}}{\sum_i [(x_i)^2 + (z_i)^2]}$$

$$F_{MzEd} = 81.553 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła na kierunku Z

$$F_{zEd} := F_{vEd} + F_{MzEd}$$

$$F_{zEd} = 94.887 \text{ kN}$$

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$F_{zRd} := \min(F_{vRd}, F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$$

$$F_{zRd} = 150.796 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{zEd}}{F_{zRd}} = 0.629$$

Wypadkowa siła w najbardziej wyężonej śrubie

$$F_{Ed} := \sqrt{F_{xEd}^2 + F_{zEd}^2}$$

$$F_{Ed} = 134.373 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{vRd}} = 0.891$$