

## Węzeł nr 49 - Połączenie zakładkowe dwóch blach

---

### Informacje o węźle

Położenie: (x=9.000m, y=8.000m)

### Dane projektowe elementów

Blacha węzłowa:

Grubość blachy  $t_1$ : 10 mm  
Wysokość blachy  $h_1$ : 100 mm  
Klasa stali: S 235  
 $f_y$ : 235 MPa  
 $f_u$ : 360 MPa

Blacha elementu:

Grubość blachy  $t_2$ : 10 mm  
Długość zakładu blachy  $l_s$ : 120 mm  
Klasa stali: S 235  
 $f_y$ : 235 MPa  
 $f_u$ : 360 MPa

### Dane projektowe połączenia

#### Rodzaj połączenia

Połączenie śrubowe kategorii B

#### Śruby

Ilość śrub: 9  
Typ śrub: M10  
Klasa śrub: 8.8  
Ścinana część śruby: Niegwintowana

### Obliczenia połączenia

#### Najbardziej niekorzystna kombinacja obciążeń

Grupy obciążeń: +0, 1, +K2, +K3, +4, +K5, +K6

#### Siły obliczeniowe

$N = -152.79$  kN,  $V = -0.00$  kN,  $M = 0.00$  kN,

#### Siły charakterystyczne:

$N_{ser} = -119.45$  kN,  $V_{ser} = -0.00$  kN,  $M_{ser} = 0.00$  kN,

#### Siły w najbardziej wyętej śrubie

Odległości śruby od środka ciężkości układu śrub:

$$x_0 = 40 \text{ mm}, \quad z_0 = (-30) \text{ mm}, \quad r_0 = 50 \text{ mm},$$

Mimośrodek siły normalnej:

$$e_N = e_2 + z_0 - \frac{h_p}{2} = 20 + 30 - 100/2 = 0 \text{ mm},$$

Mimośrodek siły tnącej:

$$e_V = l_s - x_0 - e_1 = 120 - 40 - 20 = 60 \text{ mm},$$

Moment zginający w połączeniu:

$$M_0 = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot e_N + V_{Ed} \cdot e_V = 0 - 152.79 \cdot 0 + 0 \cdot 0.060 = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{0,ser} = M_{Ed,ser} + N_{Ed,ser} \cdot e_N + V_{Ed,ser} \cdot e_V = 0 - 119.45 \cdot 0 + 0 \cdot 0.060 = 0 \text{ kNm}$$

Siła w śrubie po kierunku osi Z-Z wywołana działaniem siły tnącej:

$$F_{V,z,Ed} = \frac{V_{Ed}}{m} = 0/9 = 0 \text{ kN}$$

$$F_{V,z,Ed,ser} = \frac{V_{Ed,ser}}{m} = 0/9 = 0 \text{ kN}$$

Siła w śrubie po kierunku osi X-X wywołana działaniem siły normalnej:

$$F_{N,x,Ed} = \frac{N_{Ed}}{m} = (-152.79)/9 = -16.98 \text{ kN}$$

$$F_{N,x,Ed,ser} = \frac{N_{Ed,ser}}{m} = (-119.45)/9 = -13.27 \text{ kN}$$

Siła w śrubie po kierunku osi Z-Z wywołana działaniem momentu zginającego:

$$F_{M0,z,Ed} = \frac{M_0}{\sum r_i^2} x_0 = 0/(15000) \cdot 40 = 0 \text{ kN}$$

$$F_{M0,z,Ed,ser} = \frac{M_{0,ser}}{\sum r_i^2} x_0 = 0/(15000) \cdot 40 = 0 \text{ kN}$$

Siła w śrubie po kierunku osi X-X wywołana działaniem momentu zginającego:

$$F_{M0,x,Ed} = -\frac{M_0}{\sum r_i^2} z_0 = -0/(15000) \cdot (-30) = 0 \text{ kN}$$

$$F_{M0,x,Ed,ser} = -\frac{M_{0,ser}}{\sum r_i^2} z_0 = -0/(15000) \cdot (-30) = 0 \text{ kN}$$

Całkowita siła w śrubie po kierunkach osi:

$$Z - Z: F_{z,Ed} = F_{M0,z,Ed} + F_{V,z,Ed} = 0 + 0 = 0 \text{ kN}$$

$$F_{z,Ed,ser} = F_{M0,z,Ed,ser} + F_{V,z,Ed,ser} = 0 + 0 \text{ kN} = 0 \text{ kN}$$

$$X - X: F_{x,Ed} = F_{M0,x,Ed} + F_{N,x,Ed} = 0 - 16.98 = -16.98 \text{ kN}$$

$$F_{x,Ed,ser} = F_{M0,x,Ed,ser} + F_{N,x,Ed,ser} = 0 - 13.27 = -13.27 \text{ kN}$$

Wypadkowa siła w śrubie:

$$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2} = \sqrt{(-16.98)^2 + (0)^2} = 16.98 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,ser} = \sqrt{F_{x,Ed,ser}^2 + F_{z,Ed,ser}^2} = \sqrt{(-13.27)^2 + (0)^2} = 13.27 \text{ kN}$$

### Nośność obliczeniowa śruby na ścinanie (56.3 %)

Pole przekroju czynne przy ścinaniu :

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \pi \cdot 10^2 / 4 = 78.5 \text{ mm}^2$$

Współczynnik:  $\alpha_v = 0.6$

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

Ilość płaszczyzn ścinania:  $n = 1$

Nośność na ścinanie łącznika:

$$F_{v,Rd} = \frac{n \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot 0.6 \cdot 0.800 \cdot 78.5 / 1.25 = 30.16 \text{ kN}$$

**Nośność obliczeniowa śruby na docisk po kierunku osi Z-Z (0.0 %)**

**Dla zakładki**

Współczynniki:

$$\alpha_{d,z} = \min\left(\frac{e_2}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(20/(3 \cdot 11); 30/(3 \cdot 11) - \frac{1}{4}\right) = 0.61$$

$$\alpha_{b,z} = \min\left(\alpha_{d,z}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min(0.61; 0.800/0.360; 1) = 0.61$$

$$k_{1,z} = \min\left(\frac{2.8e_1}{d_0} - 1.7; 2.5; \frac{1.4p_1}{d_0} - 1.7\right) = \min(2.8 \cdot 20/11 - 1.7; 2.5; 1.4 \cdot 40/11 - 1.7) = 2.50$$

Nośność na docisk do blachy zakładkowej:

$$F_{b,z,Rd} = \frac{nk_{1,z}\alpha_{b,z}f_u t_p d}{\gamma_{M2}} = (1 \cdot 2.50 \cdot 0.61 \cdot 0.360 \cdot 10 \cdot 10) / 1.25 = 43.64 \text{ kN}$$

**Dla blachy elementu**

Współczynniki:

$$\alpha_{d,z} = \min\left(\frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(30/(3 \cdot 11) - \frac{1}{4}\right) = 0.66$$

$$\alpha_{b,z} = \min\left(\alpha_{d,z}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min(0.66; 0.800/0.360; 1) = 0.66$$

$$k_{1,z} = \min\left(\frac{2.8e_1}{d_0} - 1.7; 2.5; \frac{1.4p_1}{d_0} - 1.7\right) = \min(2.8 \cdot 20/11 - 1.7; 2.5; 1.4 \cdot 40/11 - 1.7) = 2.50$$

Nośność na docisk do blachy elementu:

$$F_{b,z,Rd} = \frac{nk_{2,z}\alpha_{b,z}f_u t_p d}{\gamma_{M2}} = (1 \cdot 2.50 \cdot 0.66 \cdot 0.360 \cdot 10 \cdot 10) / 1.25 = 47.45 \text{ kN}$$

**Najmniejsza nośność na docisk**

Całkowita nośność na docisk:

$$F_{b,z,Rd} = \min(F_{b,z,Rd}^{lap}; F_{b,z,Rd}^{plate}) = \min(43.64; 47.45) = 43.64 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$F_{b,z,Rd} = 43.64 \text{ kN} \geq 0.00 \text{ kN} = F_{z,Ed}$$

**Nośność obliczeniowa śruby na docisk po kierunku osi X-X (45.9 %)**

**Dla zakładki**

Współczynniki:

$$\alpha_{d,x} = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(20/(3 \cdot 11); 40/(3 \cdot 11) - \frac{1}{4}\right) = 0.61$$

$$\alpha_{b,x} = \min\left(\alpha_{d,x}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min(0.61; 0.800/0.360, 1) = 0.61$$

$$k_{1,x} = \min\left(\frac{2.8e_2}{d_0} - 1.7; 2.5; \frac{1.4p_2}{d_0} - 1.7\right) = \min(2.8 \cdot 20/11 - 1.7; 2.5; 1.4 \cdot 30/11 - 1.7) = 2.12$$

Nośność na docisk do blachy zakładkowej:

$$F_{b,x,Rd} = \frac{nk_{1,x}\alpha_{b,x}f_u t_p d}{\gamma_{M2}} = (1 \cdot 2.12 \cdot 0.61 \cdot 0.360 \cdot 10 \cdot 10) / 1.25 = 36.97 \text{ kN}$$

### Dla blachy elementu

Współczynniki:

$$\alpha_{d,x} = \min\left(\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(40/(3 \cdot 11) - \frac{1}{4}\right) = 0.61$$

$$\alpha_{b,x} = \min\left(\alpha_{d,x}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min(0.61; 0.800/0.360; 1) = 0.61$$

$$k_{1,x} = \min\left(\frac{2.8e_2}{d_0} - 1.7; 2.5; \frac{1.4p_2}{d_0} - 1.7\right) = \min(2.8 \cdot 1/11 - 1.7; 2.5; 1.4 \cdot 30/11 - 1.7) = 2.12$$

Nośność na docisk do blachy elementu:

$$F_{b,x,Rd} = \frac{nk_{2,x}\alpha_{b,x}f_u t_p d}{\gamma_{M2}} = (1 \cdot 2.12 \cdot 0.61 \cdot 0.360 \cdot 10 \cdot 10) / 1.25 = 36.97 \text{ kN}$$

### Najmniejsza nośność na docisk

Całkowita nośność na docisk:

$$F_{b,x,Rd} = \min(F_{b,x,Rd}^{lap}; F_{b,x,Rd}^{plate}) = \min(36.97; 36.97) = 36.97 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$F_{b,x,Rd} = 36.97 \text{ kN} \geq 16.98 \text{ kN} = F_{x,Ed}$$

### Nośność na poślizg styku sprężonego (89.9 %)

Siła sprężająca:

$$F_{p,C} = 0.7 f_{ub} A_s = 0.7 \cdot 0.800 \cdot 58.0 = 32.48 \text{ kN}$$

Nośność na poślizg w stanie granicznym użyteczności:

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M3,ser}} F_{p,C} = (1.00 \cdot 1 \cdot 0.50) / 1.10 \cdot 32.48 = 14.76 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$F_{s,Rd,ser} = 14.76 \text{ kN} \geq 13.27 \text{ kN} = F_{Ed,ser}$$