



### Pas RP 150x100x4

Wysokość przekroju

$$h_0 := 150 \cdot \text{mm}$$

Szerokość przekroju

$$b_0 := 100 \cdot \text{mm}$$

Grubość ścianki

$$t_0 := 4 \cdot \text{mm}$$

$$f_{y0} := 235 \cdot \text{MPa}$$

Pole przekroju poprzecznego

$$A_0 := h_0 \cdot b_0 - (h_0 - 2 \cdot t_0) \cdot (b_0 - 2 \cdot t_0)$$

$$A_0 = 19.36 \text{ cm}^2$$

Wskaźnik sprężysty wytrzymałości przekroju

$$W_0 := \frac{h_0^2 \cdot b_0 + (h_0 - 2 \cdot t_0)^2 \cdot (b_0 - 2 \cdot t_0)}{6}$$

$$W_0 = 684.181 \text{ cm}^3$$

### Krzyżulec 2 RP 160x90x4.5

Wysokość przekroju

$$h_2 := 160 \cdot \text{mm}$$

Szerokość przekroju

$$b_2 := 90 \cdot \text{mm}$$

Grubość ścianki

$$t_2 := 4.5 \cdot \text{mm}$$

$$f_{y2} := 235 \cdot \text{MPa}$$

Kąt nachylenia krzyżulca

$$\theta_2 := 45 \cdot \text{deg}$$

Moduł Younga

$$E := 210 \cdot \text{GPa}$$

Współczynniki materiałowe

$$\gamma_{M5} := 1.0$$

## Siły

### Pas

Siła podłużna

$$N_{01Ed} := 100 \cdot \text{kN}$$

Siła poprzeczna

$$V_{01Ed} := 0 \cdot \text{kN}$$

Moment zginający

$$M_{01Ed} := 0 \cdot \text{kNm}$$

Siła podłużna

$$N_{02Ed} := 100 \cdot \text{kN}$$

Siła poprzeczna

$$V_{02Ed} := 0 \cdot \text{kN}$$

Moment zginający

$$M_{02Ed} := 0 \cdot \text{kNm}$$

## Krzyżulec 2

Siła podłużna

$$N_{2Ed} := -100 \text{ kN}$$

Moment zginający

$$M_{2Ed} := 0 \text{ kNm}$$

### Zniszczenie przystykowe pasa CHORD FACE FAILURE

#### Krzyżulec 2

$$\beta := \frac{b_2}{b_0}$$

$$\beta = 0.9$$

$$\gamma := \frac{b_0}{2 \cdot t_0}$$

$$\gamma = 12.5$$

$$\eta := \frac{h_2}{b_0}$$

$$\eta = 1.6$$

Maksymalne naprężenie ściskające w pasie przy węźle

$$\sigma_{0Ed} := \frac{N_{02Ed}}{A_0} + \frac{M_{01Ed}}{W_0}$$

$$\sigma_{0Ed} = 51.653 \text{ MPa}$$

$$n := \frac{\sigma_{0Ed}}{f_{y0} \cdot \gamma_{M5}}$$

$$n = 0.22$$

Współczynnik  $k_n$  --- **pręt ściskany**

$$k_n := 1.3 - \frac{0.4 \cdot n}{\beta}$$

$$k_n = 1.202$$

$$k_n := \min(1.0, k_n)$$

$$k_n = 1$$

Zgodnie z tablicą 7.11 i podpunktu 2 należy nośność obliczyć ze współczynnikiem  $\beta=0.85$

**Przyjmuję**

$$\beta := 0.85$$

Obliczeniowa nośność węzła, wyrażona jako siła podłużna w elemencie

$$N_{2Rd\beta_{085}} := \frac{k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{(1 - \beta) \cdot \sin(\theta_2)} \cdot \left( \frac{2 \cdot \eta}{\sin(\theta_2)} + 4 \cdot \sqrt{1 - \beta} \right) \cdot \gamma_{M5}$$

$$N_{2Rd\beta_{085}} = 215.345 \text{ kN}$$

$$\text{rat}N_{2Rd} := \left| \frac{N_{2Ed}}{N_{2Rd\beta_{085}}} \right|$$

$$\text{rat}N_{2Rd} = 0.464$$

Powrót do właściwej wartości  $\beta$

$$\beta := \frac{b_2}{b_0}$$

$$\beta = 0.9$$

Obliczeniowa nośność węzła, wyrażona jako moment wewnętrzny w elemencie

$$\beta > 0.85 = 1$$

**Sprawdzenie niepotrzebne**

### Przebicie pasa (PUNCHING SHEAR)

$$0.85 \leq \beta \leq \left( 1 - \frac{1}{\gamma} \right) = 1$$

**Wymagane sprawdzenie**

## Krzyżulec 2

$$b_{ep} := \frac{10 \cdot b_2}{\frac{b_0}{t_0}}$$

$$b_{ep} = 36 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność węzła, wyrażona jako siła podłużna w elemencie

$$N_{2Rd} := \frac{\frac{f_{y0} \cdot t_0}{\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)} \cdot \left( \frac{2 \cdot h_2}{\sin(\theta_2)} + 2 \cdot b_{ep} \right)}{\gamma_{M5}}$$

$$N_{2Rd} = 402.594 \text{ kN}$$

$$\text{rat}N_{2Rd} := \left| \frac{N_{2Ed}}{N_{2Rd}} \right|$$

$$\text{rat}N_{2Rd} = 0.248$$

## Zniszczenie pręta skratowania (BRACE FAILURE)

### Krzyżulec 2

$$b_{eff} := \frac{10}{\frac{b_0}{f_{y2} \cdot t_2}} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{t_0} \cdot b_2$$

$$b_{eff} = 32 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność węzła, wyrażona jako siła podłużna w elemencie

$$N_{2Rd} := \frac{f_{y2} \cdot t_2 \cdot (2 \cdot h_2 - 4 \cdot t_2 + 2 \cdot b_{eff})}{\gamma_{M5}}$$

$$N_{2Rd} = 387.045 \text{ kN}$$

$$\text{rat}N_{2Rd} := \left| \frac{N_{2Ed}}{N_{2Rd}} \right|$$

$$\text{rat}N_{2Rd} = 0.258$$

Wskaźnik plastyczny przekroju

$$W_{pl} := \frac{b_2 \cdot h_2^2}{4} - \frac{(b_2 - 2 \cdot t_2) \cdot (h_2 - 2 \cdot t_2)^2}{4}$$

$$W_{pl} = 114.28 \text{ cm}^3$$

Obliczeniowa nośność węzła, wyrażona jako moment wewnętrzny w elemencie

$$M_{2Rd} := \frac{f_{y2} \cdot \left[ W_{pl} - \left( 1 - \frac{b_{eff}}{b_2} \right) \cdot b_2 \cdot (h_2 - t_2) \cdot t_2 \right]}{\gamma_{M5}}$$

$$M_{2Rd} = 17.318 \text{ kNm}$$

$$\text{rat}M_{2Rd} := \left| \frac{M_{2Ed}}{M_{2Rd}} \right|$$

$$\text{rat}M_{2Rd} = 0$$

Interakcja siły podłużnej i momentu zginającego

$$\frac{|N_{2Ed}|}{N_{2Rd}} + \frac{|M_{2Ed}|}{M_{2Rd}} = 0.258$$

## Ścięcie pasa (CHORD SHEAR)

### Krzyżulec 2

Współczynnik  $\alpha$

$$\alpha := 0.0$$

$$A_v := 2 \cdot h_0 \cdot t_0$$

$$A_v = 1200 \text{ mm}^2$$

Obliczeniowa nośność węzła, wyrażona jako siła podłużna w elemencie

$$N_{2Rd} := \frac{f_{y0} \cdot A_v}{\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)}$$

$$N_{2Rd} = 230.252 \text{ kN}$$

$$\text{rat}N_{2Rd} := \left| \frac{N_{2Ed}}{N_{2Rd}} \right|$$

$$\text{rat}N_{2Rd} = 0.434$$

**Pas**

$$V_{pIRd} := \frac{A_v \cdot \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M5}}$$

$$V_{pIRd} = 162.813 \text{ kN}$$

**Siła obliczeniowa w pasie**

$$V_{Ed} := |N_{2Ed} \cdot \sin(\theta_2)|$$

$$V_{Ed} = 70.711 \text{ kN}$$

Obliczeniowa nośność węzła, wyrażona jako siła podłużna w elemencie

$$N_{02Rd} := \frac{(A_0 - A_v) \cdot f_{y0} + A_v \cdot f_{y0} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{V_{Ed}}{V_{pIRd}}\right)^2}}{\gamma_{M5}}$$

$$N_{02Rd} = 426.976 \text{ kN}$$

$$\text{rat}N_{02Rd} := \frac{|N_{01Ed}|}{N_{02Rd}}$$

$$\text{rat}N_{02Rd} = 0.234$$

## Wyboczenie boków pasa (CHORD SIDE WALL BUCKLING)

**Krzyżulec 2**

Parametr smukłości względnej

$$\lambda := \frac{3.46 \cdot \left(\frac{h_0}{t_0} - 2\right) \cdot \sqrt{\frac{1}{\sin(\theta_2)}}}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}}$$

$$\lambda = 1.555$$

Parametr imperfekcji

$$\alpha := 0.49$$

Parametr krzywej niestateczności

$$\Phi := 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2]$$

$$\Phi = 2.042$$

Współczynnik wyboczenia według odpowiedniej krzywej niestateczności

$$\chi := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = 0.297$$

Wytrzymałość wyboczeniowa bocznej ścianki dźwigara

$$f_b := \chi \cdot f_{y0}$$

$$f_b = 69.852 \text{ MPa}$$

Obliczeniowa nośność węzła, wyrażona jako siła podłużna w elemencie

$$N_{2Rd\beta_1} := \frac{f_b \cdot t_0 \cdot \left(\frac{2 \cdot h_2}{\sin(\theta_2)} + 10 \cdot t_0\right)}{\gamma_{M5}}$$

$$N_{2Rd\beta_1} = 194.627 \text{ kN}$$

$$\text{rat}N_{2Rd} := \left| \frac{N_{2Ed}}{N_{2Rd\beta_1}} \right|$$

$$\text{rat}N_{2Rd} = 0.514$$

## Interpolacja

Zgodnie z tablicą 7.11 i podpunktu 2 obliczeniową nośność węzła trzeba interpolować pomiędzy wartościami nośności z formy zniszczenia przystykowego pasa i wyboczenia boków pasa

**Zniszczenie przystykowe pasa**

$$N_{2Rd\beta_{085}} = 215.345 \text{ kN}$$

**Wyboczenie boków pasa**

$$N_{2Rd\beta_1} = 194.627 \text{ kN}$$

Obliczeniowa nośność węzła, wyrażona jako siła podłużna w elemencie

$$N_{2Rd} := \frac{(N_{2Rd\beta_1} - N_{2Rd\beta_{085}}) \cdot (\beta - 0.85)}{0.15} + N_{2Rd\beta_{085}}$$

$$N_{2Rd} = 208.439 \text{ kN}$$

$$\text{rat}N_{2Rd} := \left| \frac{N_{2Ed}}{N_{2Rd}} \right|$$

$$\text{rat}N_{2Rd} = 0.48$$