

inż. Paweł Kowalski

**Projekt wielofunkcyjnej hali sportowej dla 9 tys.
widzów**

Promotor: prof. dr hab. inż. ALEKSANDER KOZŁOWSKI

ZAŁĄCZNIK 1
Wymiarowanie połączeń
elementów konstrukcji
w programie ARSA

Rzeszów 2022

Katedra Konstrukcji Budowlanych



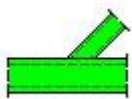
WYDZIAŁ
BUDOWNICTWA,
INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I ARCHITEKTURY
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Spis treści

1. Sprawdzenie nośności węzłów płatwi	5
1.1. Sprawdzenie nośności węzła podporowego A	5
1.2. Sprawdzenie nośności pozostałych węzłów	9
1.2.1. Węzeł G	9
1.2.2. Węzeł H	13
2. Sprawdzenie nośności węzłów dźwigara	19
2.1. Sprawdzenie nośności węzła B	19
2.2. Sprawdzenie nośności węzłów C i E	23
2.3. Sprawdzenie nośności węzła D	23
2.4. Sprawdzenie nośności węzła F	29
2.5. Połączenia montażowe dźwigara	34
2.5.1. Połączenie montażowe w pasie górnym	34
2.5.2. Połączenie montażowe w pasie dolnym	37
3. Sprawdzenie nośności połączeń konstrukcji wsporczej	43
3.1. Wymiarowanie połączenia A (podstawa słupa pionowego)	43
3.2. Wymiarowanie połączenia C, N i K (połączenie doczołowe rur)	50
3.2.1. Połączenie C	50
3.2.2. Połączenie N i K	55
3.3. Wymiarowanie połączenia I (podstawa słupa ukośnego)	55
3.4. Wymiarowanie połączenia G (połączenie słupa pionowego i słupa ukośnego)	63
3.5. Wymiarowanie połączeń B, D, E, J, L i M (połączenie rygli/zastrzałów ze	
słupem prostym/ ukośnym)	67
3.5.1. Połączenie L	67
3.5.2. Połączenie B, D, E, J i M	74

1. Sprawdzenie nośności węzłów płatwi

1.1. Sprawdzenie nośności węzła podporowego A



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Obliczenia połączenia węzła kratownicy

PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011

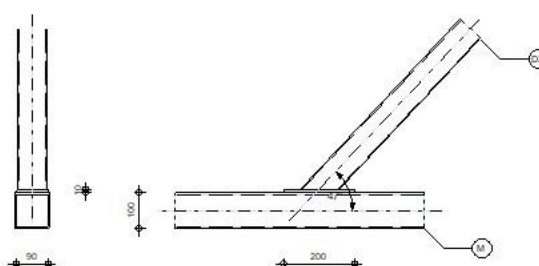
OK

Proporcja

0,93

D2 - RK 80x80x4

M - RK 100x100x5



OGÓLNE

Nr połączenia: 10

Nazwa połączenia: Węzeł kraty rurowej

Węzeł konstrukcji: 12

Pręty konstrukcji: 1, 13

GEOMETRIA

PRĘTY

		Pas	Krzyżulec 1	Krzyżulec 2	Słupek	
Nr pręta:		1		13		
Profil:		RK 100x100x5		RK 80x80x4		
	h	100		80		mm
	b _f	100		80		mm
	t _w	5		4		mm
	t _f	5		4		mm
	r	5		4		mm
Materiał:		S 355		S 355		
	f _y	355,00		355,00		MPa
	f _u	470,00		470,00		MPa

WZMOCNIENIE POZIOME

$b_{ph} = 90$ [mm] Szerokość
 $l_{ph} = 200$ [mm] Długość
 $t_{ph} = 10$ [mm] Grubość
Materiał: S 355
 $f_{yph} = 355,00$ [MPa] Wytrzymałość

SPOINY

$a_d = 6$ [mm] Grubość spoin skratowania
 $a_{st} = 5$ [mm] Grubość spoin wzmocnień

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 1: K1

PAS

$N_{01,Ed} = -104,19$ [kN] Siła osiowa
 $M_{01,Ed} = -5,65$ [kN*m] Moment zginający
 $N_{02,Ed} = 0,00$ [kN] Siła osiowa
 $M_{02,Ed} = -13,54$ [kN*m] Moment zginający

KRZYŻULEC 2

$N_2 = 142,98$ [kN] Siła osiowa
 $M_2 = -7,89$ [kN*m] Moment zginający

REZULTATY**WERYFIKACJA NOŚNOŚCI EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005**

$\gamma_{M5} = 1,00$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]

FORMY ZNISZCZENIA DLA POŁĄCZENIA O PASIE [Tablica 7.10] dla $N_{i,Rd}$ i [Tablica 7.14] dla
RHS $M_{i,Rd}$

PARAMETRY GEOMETRYCZNE

$\beta = 0,89$ Współczynnik zależny od geometrii prętów połączenia $\beta = b_2/b_{ph}$ [1.5 (6)]
 $\gamma = 5,00$ Współczynnik zależny od geometrii pasa $\gamma = b_0/(2*t_{ph})$ [1.5 (6)]
 $n = 0,68$ Współczynnik zależny od naprężeń w pasie $n_0 = \sigma_{0,Ed}/f_{y0}$

PARAMETRY GEOMETRYCZNE

$\beta = 0,89$	Współczynnik zależny od geometrii prętów połączenia	$\beta = b_2/b_{ph} [1.5 (6)]$
$k_n = 0,99$	Współczynnik zależny od naprężeń w pasie	$k_n = 1.3 - 0.4 \cdot n_0/\beta$

PRZEBICIE PASA**KRZYŻULEC 2**

$b_{e,p} = 80$ [mm]	Szerokość efektywna przy przebicciu	$b_{e,p} = (10 \cdot b_2)/(b_0/t_0)$
$N_{2,Rd} = 1071,52$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot t_{ph} / (\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)) \cdot [2 \cdot h_2 / \sin(\theta_2) + 2 \cdot b_{e,p}] / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ 142,98 < 1071,52$	zweryfikowano (0,13)

ZNISZCZENIE PRĘTA SKRATOWANIA**KRZYŻULEC 2**

$W_{pl,2} = 33,07$ [cm ³]	Wskaźnik plastyczny przekroju	
$b_{eff} = 50$ [mm]	Szerokość efektywna w połączeniu krzyżulca do pasa	$b_{eff} = [10/(b_0/t_0)] \cdot [(f_{y0} \cdot t_0)/(f_{y2} \cdot t_2)] \cdot b_2$
$N_{2,Rd} = 431,68$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{2,Rd} = f_{y2} \cdot t_2 \cdot (2 \cdot h_2 - 4 \cdot t_2 + 2 \cdot b_{eff}) / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ 142,98 < 431,68$	zweryfikowano (0,33)
$M_{2,Rd} = 8,50$ [kN*m]	Nośność na zginanie	$M_{2,Rd} = f_{y2} \cdot (W_{pl,2} - (1 - b_{eff}/b_2) \cdot b_2 \cdot (h_2 - t_2) \cdot t_2) / \gamma_{M5}$
$ M_2 \leq M_{2,Rd}$	$ -7,89 < 8,50$	zweryfikowano (0,93)

ZGNIECENIE BOKÓW PASA**KRZYŻULEC 2**

$M_{2,Rd} = 9,78$ [kN*m]	Nośność na zginanie	$M_{2,Rd} = 0.5 \cdot f_{y0} \cdot t_0 \cdot (h_2 + 5 \cdot t_0)^2 / \gamma_{M5}$
$ M_2 \leq M_{2,Rd}$	$ -7,89 < 9,78$	zweryfikowano (0,81)

NOŚNOŚĆ PASA

$V_{pl,Rd} = 204,96$ [kN]	Nośność plastyczna na ścinanie	$V_{pl,Rd} = (A_w \cdot f_{y0}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$
$ V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$	$ 0,00 < 204,96$	zweryfikowano (0,00)
$N_{0,Rd} = 663,85$ [kN]	Nośność pasa	$N_{0,Rd} = (A_0 \cdot f_{y0}) / \gamma_{M5}$
$ N_{01} \leq N_{0,Rd}$	$ -104,19 < 663,85$	zweryfikowano (0,16)

INTERPOLACJA**KRZYŻULEC 2****Zniszczenie przystykowe pasa**

$$N_{2,Rd(\beta=0.85)} = 1256,0 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność na rozciąganie} \quad N_{2,Rd(\beta=0.85)} = [(k_n \cdot f_{yp} \cdot t_{ph}^2) / (1-\beta) \cdot \sin(\theta_2)] \cdot [2 \cdot \beta / \sin(\theta_2) + 4 \cdot \sqrt{(1-\beta)}] / \gamma_{M5}$$

Wyboczenie boków pasa

$$f_b = 200 \text{ [MPa]} \quad \text{Wytrzymałość wyboczeniowa bocznej ścianki pasa} \quad f_b = \chi \cdot f_{y0}$$

$$N_{2,Rd(\beta=1.0)} = 370,35 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność na rozciąganie} \quad N_{2,Rd(\beta=1.0)} = [(k_n \cdot f_b \cdot t_0) / \sin(\theta_2)] \cdot [(2 \cdot h_2) / \sin(\theta_2) + 10 \cdot t_0] / \gamma_{M5}$$

Ścinanie pasa

$$A_v = 10,00 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{Pole ścinania pasa} \quad A_v = 2 \cdot h_0 \cdot t_0$$

$$N_{2,Rd} = 281,92 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność na rozciąganie} \quad N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)] / \gamma_{M5}$$

$$\text{Nośność końcowa:} \quad N_{2,Rd(INT)} = [(N_{2,Rd(\beta=0.85)} - \min[N_{2,Rd}, N_{2,Rd(\beta=1.0)}]) \cdot (1.0 - \beta)] / 0.15 + N_{2,Rd(\beta=1.0)}$$

$$N_{2,Rd(INT)} = 1003,47 \text{ [kN]} \quad \text{Nośność na rozciąganie}$$

$$|N_2| \leq N_{2,Rd(INT)} \quad |142,98| < 1003,47 \text{ zweryfikowano} \quad (0,14)$$

WERYFIKACJA SPOIN**KRZYŻULEC 2**

$$\beta_w = 0,88 \quad \text{Współczynnik korelacji} \quad [\text{Tablica 4.1}]$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{Częściowy współczynnik bezpieczeństwa} \quad [\text{Tablica 2.1}]$$

Spoina podłużna

$$\sigma_{\perp} = -174,70 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie normalne w spoinie}$$

$$\tau_{\perp} = -174,70 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie styczne prostopadłe}$$

$$\tau_{\parallel} = 74,34 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie styczne}$$

$$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2} \quad |-174,70| < 338,40 \text{ zweryfikowano} \quad (0,52)$$

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \quad 372,38 < 429,71 \text{ zweryfikowano} \quad (0,87)$$

Połączenie zgodne z normą

Proporcja 0,93

1.2. Sprawdzenie nośności pozostałych węzłów

1.2.1. Węzeł G



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Obliczenia połączenia węzła kratownicy

PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011

OK

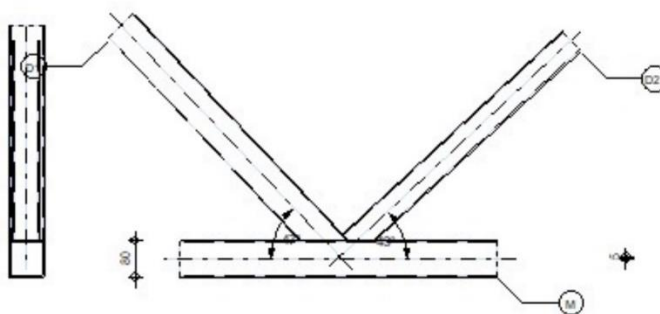
Proporcja

0,83

D1 - RK 80x80x4

D2 - RK 60x60x4

M - RK 80x80x4



OGÓLNE

Nr połączenia: 8

Nazwa połączenia: Węzeł kraty rurowej

Węzeł konstrukcji: 3

Pręty konstrukcji: 2, 4, 13

GEOMETRIA

PRĘTY

		Pas	Krzyżulec 1	Krzyżulec 2	Słupek	
Nr pręta:		2	13	4		
Profil:		RK 80x80x4	RK 80x80x4	RK 60x60x4		
	h	80	80	60		mm
	b _f	80	80	60		mm
	t _w	4	4	4		mm
	t _f	4	4	4		mm
	r	4	4	4		mm

MIMOŚRÓD $e_0 = -5$ [mm] Mimośród**ROZSTAWY** $g_2 = -28$ [mm] Rozstaw krzyżulca 2**SPOINY** $a_d = 5$ [mm] Grubość spoin skratowania**OBCIĄŻENIA**

Przypadek: 1: K1

PAS $N_{01,Ed} = 0,00$ [kN] Siła osiowa $M_{01,Ed} = 0,00$ [kN*m] Moment zginający $N_{02,Ed} = 206,36$ [kN] Siła osiowa $M_{02,Ed} = 1,28$ [kN*m] Moment zginający**KRZYŻULEC 1** $N_1 = 142,98$ [kN] Siła osiowa $M_1 = 2,35$ [kN*m] Moment zginający**KRZYŻULEC 2** $N_2 = -140,87$ [kN] Siła osiowa $M_2 = 1,07$ [kN*m] Moment zginający**REZULTATY****UWZGLĘDNI NIEOSIOWEGO POŁĄCZENIA PRĘTÓW W WĘZLE** $M_0 = 1,03$ [kN*m] Dodatkowy moment od mimośrodowego połączenia prętów $M_0 = (N_{02} - N_{01}) * e_0$ $\Sigma E_i J_i / L_i = 388839,3$ [kN*m] Całkowita sztywność układu $\Delta M_{01} = 0,16$ [kN*m] Dodatkowy moment w pasie $\Delta M_{02} = 0,16$ [kN*m] Dodatkowy moment w pasie $\Delta M_2 = 0,19$ [kN*m] Dodatkowy moment w krzyżulcu

REZULTATY

UWZGLĘDNI NIEOSIOWEGO POŁĄCZENIA PRĘTÓW W WĘZLE

$M_0 =$	1,03 [kN*m]	Dodatkowy moment od mimośrodowego połączenia prętów	$M_0 = (N_{02} - N_{01}) * e_0$
$\Delta M_1 =$	0,51 [kN*m]	Dodatkowy moment w krzyżulcu	

WERYFIKACJA NOŚNOŚCI EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005

$\gamma_{M5} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[Tablica 2.1]
-----------------	------	---------------------------------------	---------------

FORMY ZNISZCZENIA DLA POŁĄCZENIA O PA- SIE RHS	[Tablica 7.10] dla $N_{i,Rd}$ i [Tablica 7.14] dla $M_{i,Rd}$
---	---

PARAMETRY GEOMETRYCZNE

$\beta =$	0,88	Współczynnik zależny od geometrii prętów połączenia	$\beta = (b_2 + b_1) / (2 * b_0)$ [1.5 (6)]
$\gamma =$	10,00	Współczynnik zależny od geometrii pasa	$\gamma = b_0 / (2 * t_0)$ [1.5 (6)]

ZNISZCZENIE PRĘTA SKRATOWANIA

KRZYŻULEC 2

$\lambda_{ov} =$	32,14 [%]	Wartość nachodzenia prętów	
$b_{e,ov} =$	30 [mm]	Szerokość efektywna dla krzyżulca nachodzącego	$b_{e,ov} = [10 / (b_1 / t_1)] * [f_{y1} * t_1 / (f_{y2} * t_2)] * b_2$
$b_{eff} =$	30 [mm]	Szerokość efektywna w połączeniu krzyżulca do pasa	$b_{eff} = [10 / (b_0 / t_0)] * [f_{y0} * t_0 / (f_{y2} * t_2)] * b_2$
$N_{2,Rd} = 172,00$ [kN]		Nośność na ściskanie	$N_{2,Rd} = f_{y2} * t_2 * [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 * h_2 * (\lambda_{ov} / 50) - 4 * t_2] / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd} \quad -140,87 < 172,00$ zweryfikowano (0,82)			

KRZYŻULEC 1

$\lambda_{ov} =$	32,1 [%]	Wartość nachodzenia prętów	
$b_{e,ov} =$	30 [mm]	Szerokość efektywna dla krzyżulca nachodzącego	$b_{e,ov} = [10 / (b_1 / t_1)] * [f_{y1} * t_1 / (f_{y2} * t_2)] * b_2$
$b_{eff} =$	30 [mm]	Szerokość efektywna w połączeniu krzyżulca do pasa	$b_{eff} = [10 / (b_0 / t_0)] * [f_{y0} * t_0 / (f_{y2} * t_2)] * b_2$
$N_{1,Rd} = 172,00$ [kN]		Nośność na rozciąganie	$N_{1,Rd} = f_{y2} * t_2 * [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 * h_2 * (\lambda_{ov} / 50) - 4 * t_2] / \gamma_{M5}$
$ N_1 \leq N_{1,Rd} \quad 142,98 < 172,00$ zweryfikowano (0,83)			

ZGNIECENIE BOKÓW PASA**KRZYŻULEC 2**

$$M_{2,Rd} = 4,54 \text{ [kN*m]} \quad \text{Nośność na zginanie} \quad M_{2,Rd} = 0.5 \cdot f_{y0} \cdot t_0 \cdot (h_2 + 5 \cdot t_0)^2 / \gamma_{M5}$$

$$|M_2 + \Delta M_2| \leq M_{2,Rd} \quad |1,26| < 4,54 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,28)$$

KRZYŻULEC 1

$$M_{1,Rd} = 7,10 \text{ [kN*m]} \quad \text{Nośność na zginanie} \quad M_{1,Rd} = 0.5 \cdot f_{y0} \cdot t_0 \cdot (h_1 + 5 \cdot t_0)^2 / \gamma_{M5}$$

$$|M_1 + \Delta M_1| \leq M_{1,Rd} \quad |2,87| < 7,10 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,40)$$

WERYFIKACJA SPOIN**KRZYŻULEC 2**

$$\beta_w = 0,88 \quad \text{Współczynnik korelacji} \quad [\text{Tablica 4.1}]$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{Częściowy współczynnik bezpieczeństwa} \quad [\text{Tablica 2.1}]$$

Spoina podłużna

$$\sigma_{\perp} = -47,99 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie normalne w spoinie}$$

$$\tau_{\perp} = -47,99 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie styczne prostopadłe}$$

$$\tau_{\parallel} = -73,14 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie styczne}$$

$$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2} \quad |-47,99| < 338,40 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,14)$$

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \quad 158,93 < 429,71 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,37)$$

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$$\sigma_{\perp} = -82,08 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie normalne w spoinie}$$

$$\tau_{\perp} = -8,95 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie styczne prostopadłe}$$

$$\tau_{\parallel} = 0,00 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie styczne}$$

$$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2} \quad |-82,08| < 338,40 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,24)$$

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \quad 83,54 < 429,71 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,19)$$

Spoina poprzeczna zewnętrzna

$$\sigma_{\perp} = -63,95 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie normalne w spoinie}$$

$$\tau_{\perp} = -103,67 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie styczne prostopadłe}$$

$$\tau_{\parallel} = 0,00 \text{ [MPa]} \quad \text{Napężenie styczne}$$

$$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2} \quad |-63,95| < 338,40 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,19)$$

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \quad 190,61 < 429,71 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,44)$$

KRZYŻULEC 1

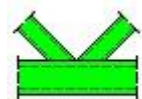
$$\beta_w = 0,88 \quad \text{Współczynnik korelacji} \quad [\text{Tablica 4.1}]$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{Częściowy współczynnik bezpieczeństwa} \quad [\text{Tablica 2.1}]$$

Spoina podłużna

 $\sigma_{\perp} = 48,99$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie $\tau_{\perp} = 48,99$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadle $\tau_{\parallel} = 65,43$ [MPa] Naprężenie styczne $|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ $|48,99| < 338,40$ **zweryfikowano** (0,14) $\sqrt{[\sigma_{\perp}]^2 + 3 \cdot [\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $149,81 < 429,71$ **zweryfikowano** (0,35)

Spoina poprzeczna zewnętrzna

 $\sigma_{\perp} = 23,56$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie $\tau_{\perp} = 81,40$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadle $\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Naprężenie styczne $|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ $|23,56| < 338,40$ **zweryfikowano** (0,07) $\sqrt{[\sigma_{\perp}]^2 + 3 \cdot [\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $142,95 < 429,71$ **zweryfikowano** (0,33)**Połączenie zgodne z normą** Proporcja 0,83

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

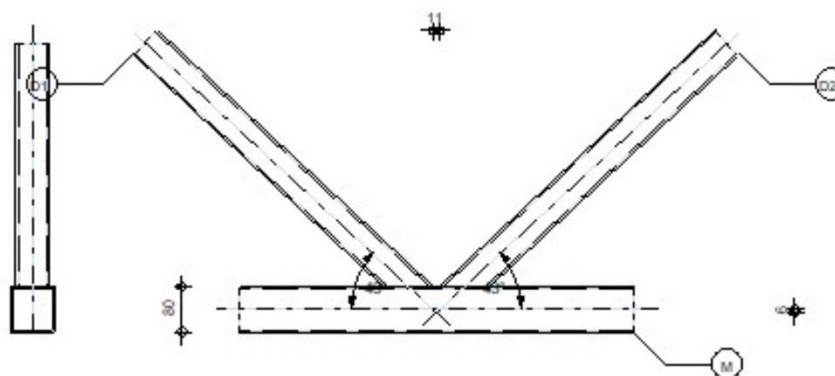
Obliczenia połączenia węzła kratownicy
 PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011

 Proporcja
0,72

D1 - RK 60x60x4

D2 - RK 60x60x4

M - RK 80x80x4

**OGÓLNE**

Nr połączenia: 5

Nazwa połączenia: Węzeł kraty rurowej

Nr połączenia: 5

Węzeł konstrukcji: 6

Pręty konstrukcji: 2, 6, 5

GEOMETRIA

PRĘTY

		Pas	Krzyżulec 1	Krzyżulec 2	Słupek	
Nr pręta:		2	5	6		
Profil:		RK 80x80x4	RK 60x60x4	RK 60x60x4		
	h	80	60	60		mm
	b_f	80	60	60		mm
	t_w	4	4	4		mm
	t_f	4	4	4		mm
	r	4	4	4		mm
Materiał:		S 355	S 355	S 355		
	f_y	355,00	355,00	355,00		MPa
	f_u	470,00	470,00	470,00		MPa
Kąt	θ	0,0	42,9	42,9		Deg
Długość	l	7760	1323	1323		mm

MIMOŚRÓD

 $e_0 = 6$ [mm] Mimośród

ROZSTAWY

 $g_2 = 11$ [mm] Rozstaw krzyżulca 2

SPOINY

 $a_d = 5$ [mm] Grubość spoin skratowania

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 1: K1

PAS

 $N_{01,Ed} = 206,36$ [kN] Siła osiowa $M_{01,Ed} = -1,17$ [kN*m] Moment zginający

$N_{02,Ed} = 300,44$ [kN] Siła osiowa

$M_{02,Ed} = -0,81$ [kN*m] Moment zginający

KRZYŻULEC 1

$N_1 = 62,90$ [kN] Siła osiowa

$M_1 = 0,03$ [kN*m] Moment zginający

KRZYŻULEC 2

$N_2 = -65,24$ [kN] Siła osiowa

$M_2 = -0,33$ [kN*m] Moment zginający

REZULTATY

UWZGLĘDNI NIEOSIOWEGO POŁĄCZENIA PRĘTÓW W WĘZLE

$M_0 = -0,56$ [kN*m] Dodatkowy moment od mimośrodowego połączenia prętów $M_0 = (N_{02} - N_{01}) * e_0$

$\Sigma E_i J_i / L_i = 267505,54$ [kN*m] Całkowita sztywność układu

$\Delta M_{01} = -0,13$ [kN*m] Dodatkowy moment w pasie

$\Delta M_{02} = -0,13$ [kN*m] Dodatkowy moment w pasie

$\Delta M_2 = -0,15$ [kN*m] Dodatkowy moment w krzyżulcu

$\Delta M_1 = -0,15$ [kN*m] Dodatkowy moment w krzyżulcu

WERYFIKACJA NOŚNOŚCI EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005

$\gamma_{M5} = 1,00$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]

FORMY ZNISZCZENIA DLA POŁĄCZENIA O PASIE [Tablica 7.10] dla $N_{i,Rd}$ i [Tablica 7.14] dla

RHS $M_{i,Rd}$

PARAMETRY GEOMETRYCZNE

$\beta = 0,75$ Współczynnik zależny od geometrii prętów połączenia $\beta = (b_2 + b_1) / (2 * b_0)$ [1.5 (6)]

$\gamma = 10,00$ Współczynnik zależny od geometrii pasa $\gamma = b_0 / (2 * t_0)$ [1.5 (6)]

$k_n = 1,00$ Współczynnik zależny od naprężeń w pasie $k_n = 1.0$

ZNISZCZENIE PRZYSTYKOWE PASA

KRZYŻULEC 2

$N_{2,Rd} = 176,27$ [kN]	Nośność na ściskanie	$N_{2,Rd} = 8.9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^{2 \cdot \sqrt{\gamma}} / \sin(\theta_2) \cdot \beta$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ -65,24 < 176,27$	zweryfikowano (0,37)
$M_{2,Rd} = 2,61$ [kN*m]	Nośność na zginanie	$M_{2,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^{2 \cdot h_2} \cdot [1/(2 \cdot \eta) + 2/\sqrt{1-\beta} + \eta/(1-\beta)] / \gamma_{M5}$
$ M_2 + \Delta M_2 \leq M_{2,Rd}$	$ -0,48 < 2,61$	zweryfikowano (0,18)
$N_2/N_{2,Rd} + (M_2 + \Delta M_2)/M_{2,Rd} \leq 1$	$0,55 < 1,00$	zweryfikowano (0,55)

KRZYŻULEC 1

$N_{1,Rd} = 176,27$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{1,Rd} = 8.9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^{2 \cdot \sqrt{\gamma}} / \sin(\theta_1) \cdot \beta$
$ N_1 \leq N_{1,Rd}$	$ 62,90 < 176,27$	zweryfikowano (0,36)
$M_{1,Rd} = 2,61$ [kN*m]	Nośność na zginanie	$M_{1,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^{2 \cdot h_1} \cdot [1/(2 \cdot \eta) + 2/\sqrt{1-\beta} + \eta/(1-\beta)] / \gamma_{M5}$
$ M_1 + \Delta M_1 \leq M_{1,Rd}$	$ -0,13 < 2,61$	zweryfikowano (0,05)
$N_1/N_{1,Rd} + (M_1 + \Delta M_1)/M_{1,Rd} \leq 1$	$0,41 < 1,00$	zweryfikowano (0,41)

PRZEBICIE PASA**KRZYŻULEC 2**

$b_{e,p} = 30$ [mm]	Szerokość efektywna przy przebicciu	$b_{e,p} = (10 \cdot b_2)/(b_0/t_0)$
$N_{2,Rd} = 321,14$ [kN]	Nośność na ściskanie	$N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot t_0 / (\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)) \cdot [2 \cdot h_2 / \sin(\theta_2) + b_2 + b_{e,p}] / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ -65,24 < 321,14$	zweryfikowano (0,20)

KRZYŻULEC 1

$b_{e,p} = 30$ [mm]	Szerokość efektywna przy przebicciu	$b_{e,p} = (10 \cdot b_1)/(b_0/t_0)$
$N_{1,Rd} = 321,14$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{1,Rd} = f_{y0} \cdot t_0 / (\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_1)) \cdot [2 \cdot h_1 / \sin(\theta_1) + b_1 + b_{e,p}] / \gamma_{M5}$
$ N_1 \leq N_{1,Rd}$	$ 62,90 < 321,14$	zweryfikowano (0,20)

ŚCIECIE PASA**KRZYŻULEC 2**

$A_v = 7,37$ [cm ²]	Pole ścinania pasa	$A_v = (2 \cdot h_0 + \alpha \cdot b_0) \cdot t_0$
$N_{2,Rd} = 221,96$ [kN]	Nośność na ściskanie	$N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)] / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ -65,24 < 221,96$	zweryfikowano (0,29)

KRZYŻULEC 1

$A_v = 7,37$ [cm ²]	Pole ścinania pasa	$A_v = (2 \cdot h_0 + \alpha \cdot b_0) \cdot t_0$
$N_{1,Rd} = 221,96$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{1,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_1)] / \gamma_{M5}$
$ N_1 \leq N_{1,Rd}$	$ 62,90 < 221,96$	zweryfikowano (0,28)

NOŚNOŚĆ PASA

$V_{pl,Rd} = 150,97$ [kN]	Nośność plastyczna na ścinanie	$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_{y0}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$
$ V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$	$ 44,38 < 150,97$	zweryfikowano (0,29)
$N_{0,Rd} = 414,45$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{0,Rd} = [(A_0 - A_v) \cdot f_{y0} + A_v \cdot f_{y0} \cdot \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2}] / \gamma_{M5}$
$ N_{02} \leq N_{0,Rd}$	$ 300,44 < 414,45$	zweryfikowano (0,72)

WERYFIKACJA SPOIN**KRZYŻULEC 2**

$\beta_w = 0,88$	Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\gamma_{M2} = 1,25$	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} = -21,17$ [MPa]	Napężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} = -21,17$ [MPa]	Napężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} = -32,27$ [MPa]	Napężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -21,17 < 338,40$	zweryfikowano (0,06)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$70,12 < 429,71$	zweryfikowano (0,16)

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$\sigma_{\perp} = -43,95$ [MPa]	Napężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} = -23,65$ [MPa]	Napężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa]	Napężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -43,95 < 338,40$	zweryfikowano (0,13)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$60,08 < 429,71$	zweryfikowano (0,14)

Spoina poprzeczna zewnętrzna

$\sigma_{\perp} = -8,51$ [MPa]	Napężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} = -38,01$ [MPa]	Napężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa]	Napężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -8,51 < 338,40$	zweryfikowano (0,03)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$66,38 < 429,71$	zweryfikowano (0,15)

KRZYŻULEC 1

$\beta_w = 0,88$	Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\gamma_{M2} = 1,25$	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} =$	20,41	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} =$	20,41	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} =$	31,11	[MPa]	Napężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 20,41 < 338,40$	zweryfikowano	(0,06)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$67,60 < 429,71$	zweryfikowano	(0,16)

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$\sigma_{\perp} =$	39,74	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} =$	16,11	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Napężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 39,74 < 338,40$	zweryfikowano	(0,12)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$48,55 < 429,71$	zweryfikowano	(0,11)

Spoina poprzeczna zewnętrzna

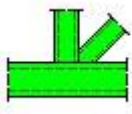
$\sigma_{\perp} =$	14,90	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} =$	39,27	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Napężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 14,90 < 338,40$	zweryfikowano	(0,04)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$69,63 < 429,71$	zweryfikowano	(0,16)

Połączenie zgodne z normą Proporcja 0,72

2. Sprawdzenie nośności węzłów dźwigara

2.1. Sprawdzenie nośności węzła B



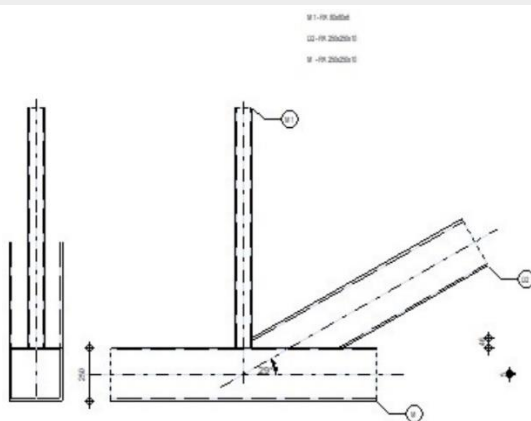
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Obliczenia połączenia węzła kratownicy

PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011



Proporcja
0,99



OGÓLNE

Nr połączenia: 124

Nazwa połączenia: Węzeł kraty rurowej

Węzeł konstrukcji: 54

Pręty konstrukcji: 91, 63, 62

GEOMETRIA

PRĘTY

		Pas	Krzyżulec 1	Krzyżulec 2	Słupek	
Nr pręta:		91		63	62	
Profil:		RK 250x250x10		RK 250x250x10	RK 80x80x6	
	h	250		250	80	mm
	b _f	250		250	80	mm
	t _w	10		10	6	mm
	t _f	10		10	6	mm
	r	10		10	6	mm
Materiał:		S 355		S 355	S 355	
	f _y	355,00		355,00	355,00	MPa

MIMOŚRÓD

$e_0 = -5$ [mm] Mimośród

ROZSTAWY

$g_2 = -82$ [mm] Rozstaw krzyżulca 2

SPOINY

$a_d = 12$ [mm] Grubość spoin skratowania

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 9: KOMB2 1*1.35+3*1.50

PAS

$N_{01,Ed} = -1003,56$ [kN] Siła osiowa

$M_{01,Ed} = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

$N_{02,Ed} = 0,00$ [kN] Siła osiowa

$M_{02,Ed} = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

KRZYŻULEC 2

$N_2 = -1133,28$ [kN] Siła osiowa

$M_2 = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

SŁUPEK

$N_3 = 551,97$ [kN] Siła osiowa

$M_3 = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

REZULTATY**UWZGLĘDNI NIEOSIOWEGO POŁĄCZENIA PRĘTÓW W WĘZLE**

$M_0 = 5,02$ [kN*m] Dodatkowy moment od mimośrodowego połączenia prętów $M_0 = (N_{02} - N_{01}) * e_0$

$\sum E_i J_i / L_i = 31530894,6$ [kN*m] Całkowita sztywność układu

$\Delta M_{01} = 1,94$ [kN*m] Dodatkowy moment w pasie

$\Delta M_{02} = 1,94$ [kN*m] Dodatkowy moment w pasie

$\Delta M_2 = 1,12$ [kN*m] Dodatkowy moment w krzyżulcu

UWZGLĘDNIENIE NIEOSIOWEGO POŁĄCZENIA PRĘTÓW W WĘZLE

$M_0 =$	5,02 [kN*m]	Dodatkowy moment od mimośrodowego połączenia prętów	$M_0 = (N_{02} - N_{01}) * e_0$
$\Delta M_3 =$	0,03 [kN*m]	Dodatkowy moment w krzyżulcu	

WERYFIKACJA NOŚNOŚCI EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005

$\gamma_{M5} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[Tablica 2.1]
-----------------	------	---------------------------------------	---------------

FORMY ZNISZCZENIA DLA POŁĄCZENIA O PASIE	[Tablica 7.12] dla $N_{i,Rd}$ i [Tablica 7.14] dla $M_{i,Rd}$
RHS	

PARAMETRY GEOMETRYCZNE

$\beta =$	0,66	Współczynnik zależny od geometrii prętów połączenia	$\beta = (b_2 + b_3) / (2 * b_0)$ [1.5 (6)]
$\gamma =$	12,50	Współczynnik zależny od geometrii pasa	$\gamma = b_0 / (2 * t_0)$ [1.5 (6)]

ZNISZCZENIE PRZYSTYKOWE PASA**KRZYŻULEC 2**

$M_{2,Rd} = 60,98$ [kN*m]	Nośność na zginanie	$M_{2,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_2 \cdot [1/(2 \cdot \eta) + 2 \cdot \sqrt{1 - \beta} + \eta/(1 - \beta)] / \gamma_{M5}$
$ M_2 + \Delta M_2 \leq M_{2,Rd}$	$ 1,12 < 60,98$	zweryfikowano (0,02)

SŁUPEK

$M_{3,Rd} = 16,85$ [kN*m]	Nośność na zginanie	$M_{3,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_3 \cdot [1/(2 \cdot \eta) + 2 \cdot \sqrt{1 - \beta} + \eta/(1 - \beta)] / \gamma_{M5}$
$ M_3 + \Delta M_3 \leq M_{3,Rd}$	$ 0,03 < 16,85$	zweryfikowano (0,00)

ZNISZCZENIE PRĘTA SKRATOWANIA**KRZYŻULEC 2**

$\lambda_{ov} =$	16,06 [%]	Wartość nachodzenia prętów	
$b_{e,ov} =$	112 [mm]	Szerokość efektywna dla krzyżulca nachodzącego	$b_{e,ov} = [10 / (b_3 / t_3)] * [f_{y3} * t_3 / (f_{y2} * t_2)] * b_2$
$b_{eff} =$	100 [mm]	Szerokość efektywna w połączeniu krzyżulca do pasa	$b_{eff} = [10 / (b_0 / t_0)] * [f_{y0} * t_0 / (f_{y2} * t_2)] * b_2$
$N_{2,Rd} = 1182,33$ [kN]	Nośność na ściskanie	$N_{2,Rd} = f_{y2} * t_2 * [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 * h_2 * (\lambda_{ov} / 50) - 4 * t_2] / \gamma_{M5}$	
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ -1133,28 < 1182,33$	zweryfikowano	(0,96)

SŁUPEK

$\lambda_{ov} = 16,06$ [%] Wartość nachodzenia prętów

$b_{e,ov} = 112$ [mm] Szerokość efektywna dla krzyżulca nachodzącego $b_{e,ov} = [10/(b_3/t_3)] * [f_{y3}*t_3/(f_{y2}*t_2)] * b_2$

$b_{eff} = 100$ [mm] Szerokość efektywna w połączeniu słupka do pasa $b_{eff} = [10/(b_0/t_0)] * [f_{y0}*t_0/(f_{y2}*t_2)] * b_2$

$N_{3,Rd} = 1182,33$ [kN] Nośność na rozciąganie $N_{3,Rd} = f_{y2}*t_2 * [b_{eff}+b_{e,ov} + 2*h_2 * (\lambda_{ov}/50) - 4*t_2] / \gamma_{M5}$

$|N_3| \leq N_{3,Rd}$ | 551,97 | < 1182,33 **zweryfikowano** (0,47)

WERYFIKACJA SPOIN**KRZYŻULEC 2**

$\beta_w = 0,88$ Współczynnik korelacji [Tablica 4.1]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} = -22,68$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie

$\tau_{\perp} = -22,68$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe

$\tau_{||} = -56,87$ [MPa] Naprężenie styczne

$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9*f_u/\gamma_{M2}$ | -22,68 | < 338,40 **zweryfikowano** (0,07)

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)]} \leq f_u/(\beta_w*\gamma_{M2})$ 108,44 < 429,71 **zweryfikowano** (0,25)

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$\sigma_{\perp} = -63,15$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie

$\tau_{\perp} = -16,58$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe

$\tau_{||} = 0,00$ [MPa] Naprężenie styczne

$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9*f_u/\gamma_{M2}$ | -63,15 | < 338,40 **zweryfikowano** (0,19)

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)]} \leq f_u/(\beta_w*\gamma_{M2})$ 69,38 < 429,71 **zweryfikowano** (0,16)

Spoina poprzeczna zewnętrzna

$\sigma_{\perp} = -16,58$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie

$\tau_{\perp} = -63,15$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe

$\tau_{||} = 0,00$ [MPa] Naprężenie styczne

$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9*f_u/\gamma_{M2}$ | -16,58 | < 338,40 **zweryfikowano** (0,05)

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)]} \leq f_u/(\beta_w*\gamma_{M2})$ 110,63 < 429,71 **zweryfikowano** (0,26)

SŁUPEK

$\beta_w = 0,88$ Współczynnik korelacji [Tablica 4.1]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} = 135,52$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie

$\tau_{\perp} = 135,52$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe

$\sigma_{\perp} =$	135,52 [MPa]	Napężenie normalne w spoinie		
$\tau_{II} =$	0,00 [MPa]	Napężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 135,52 < 338,40$	zweryfikowano	(0,40)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$271,05 < 429,71$	zweryfikowano	(0,63)	
Spoina poprzeczna zewnętrzna				
$\sigma_{\perp} =$	212,32 [MPa]	Napężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} =$	212,32 [MPa]	Napężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{II} =$	0,00 [MPa]	Napężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 212,32 < 338,40$	zweryfikowano	(0,63)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$424,64 < 429,71$	zweryfikowano	(0,99)	
Połączenie zgodne z normą			Proporcja 0,99	

2.2. Sprawdzenie nośności węzłów C i E

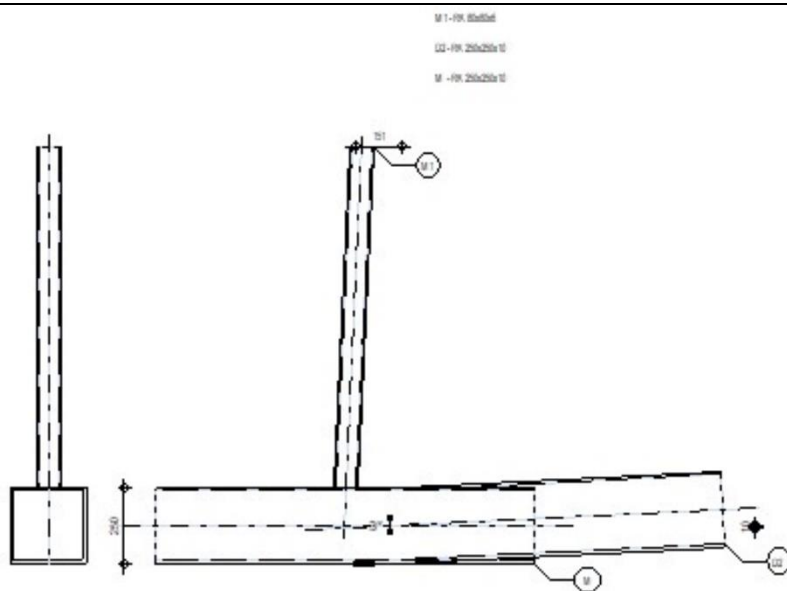
Przyjęto geometrie połączeń C i E taka samą jak połączenia B. Decydującym czynnikiem przy wymiarowaniu tych połączeń była nośność spoin. W Tabeli 2.1 przedstawiono wyężenie połączeń.

Tabela 2.1. Siły występujące w połączeniach

Lokalizacja połączenia	Siła N_{Ed} [kN]	Nośność połączenia [kN]	Wyężenie połączenia
B	424,64	429,71	0,99
C	158,62	429,71	0,37
E	346,68	429,71	0,95

2.3. Sprawdzenie nośności węzła D

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022 Obliczenia połączenia węzła kratownicy PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011	
		Proporcja 0,26



OGÓLNE

Nr połączenia: 119

Nazwa połączenia: Węzeł kraty rurowej

Węzeł konstrukcji: 17

Pręty konstrukcji: 39, 40, 13

GEOMETRIA

PRĘTY

		Pas	Krzyżulec 1	Krzyżulec 2	Słup	
Nr pręta:		39		40	13	
Profil:		RK 250x250x10		RK 250x250x10	RK 80x80x6	
	h	250		250	80	mm
	b _f	250		250	80	mm
	t _w	10		10	6	mm
	t _f	10		10	6	mm
	r	10		10	6	mm
Materiał:		S 355		S 355	S 355	
	f _y	355,00		355,00	355,00	MPa
	f _u	470,00		470,00	470,00	MPa
Kąt	θ	0,0		2,9	87,3	Deg
Długość	l	6136		3127	2000	mm

MIMOŚRÓD

$e_0 = 10$ [mm] Mimośród

ROZSTAWY

$g_2 = 151$ [mm] Rozstaw krzyżulca 2

SPOINY

$a_d = 5$ [mm] Grubość spoin skratowania

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 8: KOMB1 1*1.15+2*1.50

PAS

$N_{01,Ed} = -860,68$ [kN] Siła osiowa

$M_{01,Ed} = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

$N_{02,Ed} = 0,00$ [kN] Siła osiowa

$M_{02,Ed} = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

KRZYŻULEC 2

$N_2 = -921,32$ [kN] Siła osiowa

$M_2 = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

SŁUPEK

$N_3 = -39,81$ [kN] Siła osiowa

$M_3 = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

REZULTATY**UWZGLĘDNI NIEOSIOWEGO POŁĄCZENIA PRĘTÓW W WĘZLE**

$M_0 = -8,61$ [kN*m] Dodatkowy moment od mimośrodowego połączenia prętów $M_0 = (N_{02} - N_{01}) * e_0$

$\Sigma E_i J_i / L_i = 18639167,30$ [kN*m] Całkowita sztywność układu

$\Delta M_{01} = -2,86$ [kN*m] Dodatkowy moment w pasie

$\Delta M_{02} = -2,86$ [kN*m] Dodatkowy moment w pasie

$\Delta M_2 = -2,81$ [kN*m] Dodatkowy moment w krzyżulcu

$\Delta M_3 = -0,08$ [kN*m] Dodatkowy moment w krzyżulcu

WERYFIKACJA NOŚNOŚCI EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005

$\gamma_{M5} = 1,00$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]

FORMY ZNISZCZENIA DLA POŁĄCZENIA O PASIE [Tablica 7.12] dla $N_{i,Rd}$ i [Tablica 7.14] dla $M_{i,Rd}$
RHS

PARAMETRY GEOMETRYCZNE

$\beta = 0,66$ Współczynnik zależny od geometrii prętów połączenia $\beta = (b_2 + b_3) / (2 \cdot b_0)$ [1.5 (6)]
 $\gamma = 12,50$ Współczynnik zależny od geometrii pasa $\gamma = b_0 / (2 \cdot t_0)$ [1.5 (6)]
 $n = 0,26$ Współczynnik zależny od naprężeń w pasie $n_0 = \sigma_{0,Ed} / f_{y0}$
 $k_n = 1,00$ Współczynnik zależny od naprężeń w pasie $k_n = 1.0$

ZNISZCZENIE PRZYSTYKOWE

PASA 14371,6 [kN Nośność na ściska- $N_{2,Rd} = 8.9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^{2 \cdot \sqrt{\gamma}} / \sin(\theta_2)$
1] nie * β

KRZYŻULEC 2

$N_{2,Rd} =$

$|N_2| \leq N_{2,Rd}$ $|-921,32| < 14371,61$ **zweryfikowano** (0,06)

$M_{2,Rd} = 60,98$ [kN*m] Nośność na zginanie $M_{2,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^{2 \cdot h_2} \cdot [1 / (2 \cdot \eta) + 2 / \sqrt{1 - \beta}] + \eta / (1 - \beta)] / \gamma_{M5}$

$|M_2 + \Delta M_2| \leq M_{2,Rd}$ $|-2,81| < 60,98$ **zweryfikowano** (0,05)

$N_2 / N_{2,Rd} + (M_2 + \Delta M_2) / M_{2,Rd} \leq 1$ $0,11 < 1,00$ **zweryfikowano** (0,11)

SŁUPEK

$N_{3,Rd} = 738,07$ [kN] Nośność na ściskanie $N_{3,Rd} = 8.9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^{2 \cdot \sqrt{\gamma}} / \sin(\theta_3) \cdot \beta$

$|N_3| \leq N_{3,Rd}$ $|-39,81| < 738,07$ **zweryfikowano** (0,05)

$M_{3,Rd} = 16,85$ [kN*m] Nośność na zginanie $M_{3,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^{2 \cdot h_3} \cdot [1 / (2 \cdot \eta) + 2 / \sqrt{1 - \beta}] + \eta / (1 - \beta)] / \gamma_{M5}$

$|M_3 + \Delta M_3| \leq M_{3,Rd}$ $|-0,08| < 16,85$ **zweryfikowano** (0,00)

$N_3 / N_{3,Rd} + (M_3 + \Delta M_3) / M_{3,Rd} \leq 1$ $0,06 < 1,00$ **zweryfikowano** (0,06)

PRZEBICIE PASA**KRZYŻULEC 2**

$b_{e,p} = 100$ [mm] Szerokość efektywna przy przebiciu $b_{e,p} = (10 \cdot b_2) / (b_0 / t_0)$

$N_{2,Rd} = 403400,01$ [kN] Nośność na ściskanie $N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot t_0 / (\sqrt{3 \cdot \sin(\theta_2)}) \cdot [2 \cdot h_2 / \sin(\theta_2) + b_2 + b_{e,p}] / \gamma_{M5}$

$|N_2| \leq N_{2,Rd}$ $|-921,32| < 403400,01$ **zweryfikowano** (0,00)

SŁUPEK

$b_{e,p} = 32$ [mm] Szerokość efektywna przy przebiciu $b_{e,p} = (10 \cdot b_3) / (b_0 / t_0)$

$N_{3,Rd} = 558,46$ [kN]	Nośność na ściskanie	$N_{3,Rd} = f_{y0} \cdot t_0 / (\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_3)) \cdot [2 \cdot h_3 / \sin(\theta_3) + b_3 + b_{e,p}] / \gamma_{M5}$	
$ N_3 \leq N_{3,Rd}$	$ -39,81 < 558,46$	zweryfikowano	(0,07)

ŚCIECIE PASA

KRZYŻULEC 2

$A_v = 51,43$ [cm ²]	Pole ścinania pasa	$A_v = (2 \cdot h_0 + \alpha \cdot b_0) \cdot t_0$	
$N_{2,Rd} = 20546,95$ [kN]	Nośność na ściskanie	$N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)] / \gamma_{M5}$	
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ -921,32 < 20546,95$	zweryfikowano	(0,04)

SŁUPEK

$A_v = 51,43$ [cm ²]	Pole ścinania pasa	$A_v = (2 \cdot h_0 + \alpha \cdot b_0) \cdot t_0$	
$N_{3,Rd} = 1055,21$ [kN]	Nośność na ściskanie	$N_{3,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_3)] / \gamma_{M5}$	
$ N_3 \leq N_{3,Rd}$	$ -39,81 < 1055,21$	zweryfikowano	(0,04)

NOŚNOŚĆ PASA

$V_{pl,Rd} = 1054,05$ [kN]	Nośność plastyczna na ścinanie	$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_{y0}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
$ V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$	$ 47,26 < 1054,05$	zweryfikowano	(0,04)
$N_{0,Rd} = 3367,11$ [kN]	Nośność na ściskanie	$N_{0,Rd} = [(A_0 - A_v) \cdot f_{y0} + A_v \cdot f_{y0} \cdot \sqrt{1 - (V_{Ed} / V_{pl,Rd})^2}] / \gamma_{M5}$	
$ N_{01} \leq N_{0,Rd}$	$ -860,68 < 3367,11$	zweryfikowano	(0,26)

WERYFIKACJA SPOIN

KRZYŻULEC 2

$\beta_w = 0,88$	Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\gamma_{M2} = 1,25$	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} = -0,65$ [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} = -0,65$ [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{\parallel} = -17,96$ [MPa]	Naprężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -0,65 < 338,40$	zweryfikowano	(0,00)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$31,13 < 429,71$	zweryfikowano	(0,07)

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$\sigma_{\perp} = -17,98$ [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} = -0,46$ [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa]	Naprężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -17,98 < 338,40$	zweryfikowano	(0,05)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$17,99 < 429,71$	zweryfikowano	(0,04)

Spoina poprzeczna zewnętrzna

 $\sigma_{\perp} = -0,46$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie $\tau_{\perp} = -17,98$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe $\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Naprężenie styczne $|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ $|-0,46| < 338,40$ **zweryfikowano** (0,00) $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $31,14 < 429,71$ **zweryfikowano** (0,07)**SŁUPEK** $\beta_w = 0,88$ Współczynnik korelacji [Tablica 4.1] $\gamma_{M2} = 1,25$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]

Spoina podłużna

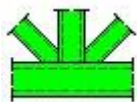
 $\sigma_{\perp} = -22,69$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie $\tau_{\perp} = -22,69$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe $\tau_{\parallel} = -1,55$ [MPa] Naprężenie styczne $|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ $|-22,69| < 338,40$ **zweryfikowano** (0,07) $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $45,45 < 429,71$ **zweryfikowano** (0,11)

Spoina poprzeczna wewnętrzna

 $\sigma_{\perp} = -37,52$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie $\tau_{\perp} = -37,07$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe $\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Naprężenie styczne $|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ $|-37,52| < 338,40$ **zweryfikowano** (0,11) $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $74,36 < 429,71$ **zweryfikowano** (0,17)**Połączenie zgodne z normą**

Proporcja 0,26

2.4. Sprawdzenie nośności węzła F



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

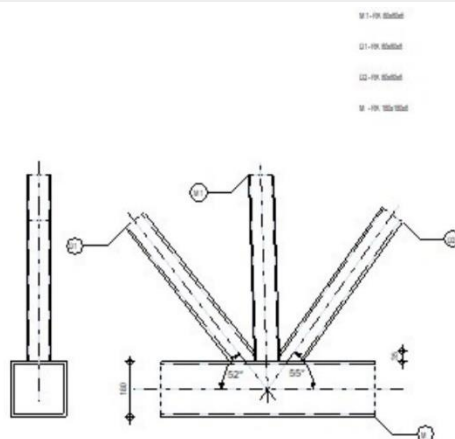
Obliczenia połączenia węzła kratownicy

PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011



Proporcja

0,53



OGÓLNE

Nr połączenia: 84
 Nazwa połączenia: Węzeł kraty rurowej
 Węzeł konstrukcji: 231
 Pręty konstrukcji: 116, 117, 118, 13

GEOMETRIA

PRĘTY

		Pas	Krzyżulec 1	Krzyżulec 2	Słup	
Nr pręta:		116	118	117	13	
Profil:		RK 180x180x8	RK 80x80x8	RK 80x80x8	RK 80x80x6	
	h	180	80	80	80	mm
	b _f	180	80	80	80	mm
	t _w	8	8	8	6	mm
	t _f	8	8	8	6	mm
	r	8	8	8	6	mm
Materiał:		S 355	S 355	S 355	S 355	
	f _y	355,00	355,00	355,00	355,00	MPa
	f _u	470,00	470,00	470,00	470,00	MPa

MIMOŚRÓD

$e_0 =$ 0 [mm] Mimośród

ROZSTAWY

$g_1 =$ -20 [mm] Rozstaw krzyżulca 1

$g_2 =$ -25 [mm] Rozstaw krzyżulca 2

SPOINY

$a_d =$ 5 [mm] Grubość spoin skratowania

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 8: KOMB1 1*1.15+2*1.50

PAS

$N_{01,Ed} =$ -898,27 [kN] Siła osiowa

$M_{01,Ed} =$ 0,00 [kN*m] Moment zginający

$N_{02,Ed} =$ -727,96 [kN] Siła osiowa

$M_{02,Ed} =$ 0,00 [kN*m] Moment zginający

KRZYŻULEC 1

$N_1 =$ 167,74 [kN] Siła osiowa

$M_1 =$ 0,00 [kN*m] Moment zginający

KRZYŻULEC 2

$N_2 =$ -115,78 [kN] Siła osiowa

$M_2 =$ 0,00 [kN*m] Moment zginający

SŁUPEK

$N_3 =$ -34,24 [kN] Siła osiowa

$M_3 =$ 0,00 [kN*m] Moment zginający

REZULTATY

WERYFIKACJA NOŚNOŚCI EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005

$\gamma_{M5} =$ 1,00 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa

[Tablica 2.1]

**FORMY ZNISZCZENIA DLA POŁĄCZENIA O PASIE
RHS**[Tablica 7.10] dla $N_{i,Rd}$ i [Tablica 7.14] dla $M_{i,Rd}$ **PARAMETRY GEOMETRYCZNE**

$\beta = 0,44$ Współczynnik zależny od geometrii prętów połączenia $\beta = (b_2 + b_1 + b_3) / (3 \cdot b_0)$ [1.5 (6)]

$\gamma = 11,25$ Współczynnik zależny od geometrii pasa $\gamma = b_0 / (2 \cdot t_0)$ [1.5 (6)]

ZNISZCZENIE PRZYSTYKOWE PASA**KRZYŻULEC 2**

$M_{2,Rd} = 7,38$ [kN*m] Nośność na zginanie $M_{2,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_2 \cdot [1/(2 \cdot \eta) + 2/\sqrt{1-\beta} + \eta/(1-\beta)] / \gamma_{M5}$

$|M_2| \leq M_{2,Rd}$ | 0,00 | < 7,38 **zweryfikowano** (0,00)

KRZYŻULEC 1

$M_{1,Rd} = 7,38$ [kN*m] Nośność na zginanie $M_{1,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_1 \cdot [1/(2 \cdot \eta) + 2/\sqrt{1-\beta} + \eta/(1-\beta)] / \gamma_{M5}$

$|M_1| \leq M_{1,Rd}$ | 0,00 | < 7,38 **zweryfikowano** (0,00)

SŁUPEK

$M_{3,Rd} = 7,38$ [kN*m] Nośność na zginanie $M_{3,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_3 \cdot [1/(2 \cdot \eta) + 2/\sqrt{1-\beta} + \eta/(1-\beta)] / \gamma_{M5}$

$|M_3| \leq M_{3,Rd}$ | 0,00 | < 7,38 **zweryfikowano** (0,00)

ZNISZCZENIE PRĘTA SKRATOWANIA**KRZYŻULEC 2**

$\lambda_{ov} = 25,5$ [%] Wartość nachodzenia prętów

$b_{e,0} = 45$ [mm] Szerokość efektywna dla krzyżulca nachodzącego $b_{e,ov} = [10/(b_3/t_3)] \cdot [f_{y3} \cdot t_3 / (f_{y2} \cdot t_2)] \cdot b_2$

$b_{eff} = 36$ [mm] Szerokość efektywna w połączeniu krzyżulca do pasa $b_{eff} = [10/(b_0/t_0)] \cdot [f_{y0} \cdot t_0 / (f_{y2} \cdot t_2)] \cdot b_2$

$N_{2,Rd} = 369,18$ [kN] Nośność na ściskanie $N_{2,Rd} = f_{y2} \cdot t_2 \cdot [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 \cdot h_2 \cdot (\lambda_{ov}/50) - 4 \cdot t_2] / \gamma_{M5}$

$|N_2| \leq N_{2,Rd}$ | -115,78 | < 369,18 **zweryfikowano** (0,31)

KRZYŻULEC 1

$\lambda_{ov} = 19,54$ [%] Wartość nachodzenia prętów

$b_{e,0} = 45$ [mm] Szerokość efektywna dla krzyżulca nachodzącego $b_{e,ov} = [10/(b_3/t_3)] \cdot [f_{y3} \cdot t_3 / (f_{y1} \cdot t_1)] \cdot b_1$

$b_{eff} = 36$ [mm] Szerokość efektywna w połączeniu krzyżulca do pasa $b_{eff} = [10/(b_0/t_0)] \cdot [f_{y0} \cdot t_0 / (f_{y1} \cdot t_1)] \cdot b_1$

$N_{1,Rd} = 315,47$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{1,Rd} = f_{y1} \cdot t_1 \cdot [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 \cdot h_1 \cdot (\lambda_{ov}/50) - 4 \cdot t_1] / \gamma_{M5}$
$ N_1 \leq N_{1,Rd}$	$ 167,74 < 315,47$	zweryfikowano (0,53)

SŁUPEK

$b_{eff} = 36$ [mm] Szerokość efektywna w połączeniu słupka do pasa $b_{eff} = [10/(b_0/t_0)] \cdot [f_{y0} \cdot t_0 / (f_{y1} \cdot t_1)] \cdot b_1$

$N_{3,Rd} = 315,47$ [kN] Nośność na ściskanie $N_{3,Rd} = f_{y1} \cdot t_1 \cdot [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 \cdot h_1 \cdot (\lambda_{ov}/50) - 4 \cdot t_1] / \gamma_{M5}$

$|N_3| \leq N_{3,Rd}$ $|-34,24| < 315,47$ zweryfikowano (0,11)

WERYFIKACJA SPOIN**KRZYŻULEC 2**

$\beta_w = 0,88$ Współczynnik korelacji [Tablica 4.1]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} = -38,23$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie

$\tau_{\perp} = -38,23$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe

$\tau_{\parallel} = -38,51$ [MPa] Naprężenie styczne

$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ $|-38,23| < 338,40$ zweryfikowano (0,11)

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $101,46 < 429,71$ zweryfikowano (0,24)

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$\sigma_{\perp} = -59,00$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie

$\tau_{\perp} = -30,41$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe

$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Naprężenie styczne

$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ $|-59,00| < 338,40$ zweryfikowano (0,17)

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $79,09 < 429,71$ zweryfikowano (0,18)

Spoina poprzeczna zewnętrzna

$\sigma_{\perp} = -30,41$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie

$\tau_{\perp} = -59,00$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe

$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Naprężenie styczne

$|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ $|-30,41| < 338,40$ zweryfikowano (0,09)

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $106,62 < 429,71$ zweryfikowano (0,25)

KRZYŻULEC 1

$\beta_w = 0,88$ Współczynnik korelacji [Tablica 4.1]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} = 49,46$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie

$\tau_{\perp} = 49,46$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe

$\sigma_{\perp} =$	49,46	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\parallel} =$	55,21	[MPa]	Napężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	49,46	< 338,40	zweryfikowano	(0,15)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	137,59	< 429,71	zweryfikowano	(0,32)	

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$\sigma_{\perp} =$	80,19	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} =$	38,86	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Napężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	80,19	< 338,40	zweryfikowano	(0,24)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	104,70	< 429,71	zweryfikowano	(0,24)	

Spoina poprzeczna zewnętrzna

$\sigma_{\perp} =$	38,86	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} =$	80,19	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Napężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	38,86	< 338,40	zweryfikowano	(0,11)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	144,23	< 429,71	zweryfikowano	(0,34)	

SŁUPEK

$\beta_w =$ 0,88 Współczynnik korelacji [Tablica 4.1]

$\gamma_{M2} =$ 1,25 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} =$	-19,53	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} =$	-19,53	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{\parallel} =$	0,85	[MPa]	Napężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	-19,53	< 338,40	zweryfikowano	(0,06)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	39,10	< 429,71	zweryfikowano	(0,09)	

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$\sigma_{\perp} =$	-31,99	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} =$	-32,23	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Napężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	-31,99	< 338,40	zweryfikowano	(0,09)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	64,34	< 429,71	zweryfikowano	(0,15)	

Połączenie zgodne z normą

Proporcja 0,53

2.5. Połączenia montażowe dźwigara

2.5.1. Połączenie montażowe w pasie górnym



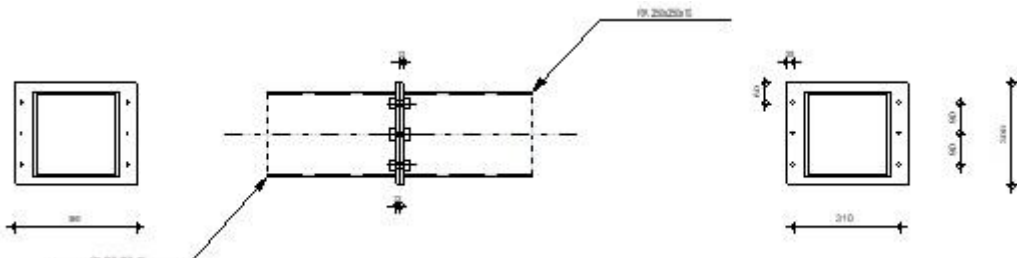
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Obliczanie połączenia doczołowego rur

PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011 + SN044a



Proporcja
0,93



OGÓLNE

Nr połączenia: 84

Nazwa połączenia: Ściąg rurowy, doczołowy

Węzeł konstrukcji: 231

Pręty konstrukcji: 116, 117

BELKA PRAWA

Profil: RK 250x250x10

$h_1 =$ 250 [mm] Wysokość przekroju belki

$b_1 =$ 250 [mm] Szerokość przekroju belki

$t_1 =$ 10 [mm] Grubość środnika przekroju belki

$A_1 =$ 94,90 [cm²] Pole przekroju belki

Materiał: S 355

$f_{y1} =$ 355,00 [MPa] Wytrzymałość

$f_{u1} =$ 470,00 [MPa] Wytrzymałość na rozciąganie

BELKA LEWA

Profil: RK 250x250x10

$h_2 =$ 250 [mm] Wysokość przekroju belki

$b_2 =$ 250 [mm] Szerokość przekroju belki

$t_2 =$ 10 [mm] Grubość środnika przekroju belki

$A_2 =$ 94,90 [cm²] Pole przekroju belki

Materiał:	S 355
$f_{y2} =$	355,00 [MPa] Wytrzymałość
$f_{u2} =$	470,00 [MPa] Wytrzymałość na rozciąganie

PŁYTA

$l_p =$	360 [mm]	Długość płyty
$h_p =$	300 [mm]	Wysokość płyty
$t_p =$	12 [mm]	Grubość płyty
Materiał:	S 355	
$f_{yp} =$	355,00 [MPa]	Wytrzymałość obliczeniowa
$f_{up} =$	470,00 [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie

ŚRUBY

Kategoria połączenia E

Klasa =	10.9	Klasa śruby
$d =$	16 [mm]	Średnica śruby
$d_0 =$	18 [mm]	Średnica otworu na śrubę
$A_s =$	1,57 [cm ²]	Powierzchnia przekroju czynnego śruby
$A_v =$	2,01 [cm ²]	Powierzchnia przekroju śruby
$f_{yb} =$	940,00 [MPa]	Granica wytrzymałości śruby
$f_{ub} =$	1040,00 [MPa]	Wytrzymałość śruby na rozciąganie
$n_H =$	2	Ilość kolumn śrub
$e_{2H} =$	25 [mm]	Odległość od pionowej krawędzi płyty
$p_2 =$	310 [mm]	Rozstaw poziomy
$n_V =$	3	Ilość rzędów śrub
$e_{1V} =$	60 [mm]	Odległość od poziomej krawędzi płyty
$p_1 =$	90 [mm]	Rozstaw pionowy

SPOINY

$a_w =$	8 [mm]
---------	--------

WSPÓŁCZYNNIKI MATERIAŁOWE

$\gamma_{M0} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M1} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M3} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 9: KOMB2 1*1.35+3*1.50

STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI $N_{Ed1} = -2141,62$ [kN] Siła osiowa $N_{Ed2} = -2141,62$ [kN] Siła osiowa**REZULTATY****STRONA PRAWA****PRZEKRÓJ** $N_{c,Rd} = 3368,95$ [kN] Nośność na ściskanie $N_{c,Rd} = A_i \cdot f_y$ $|N_{Ed}| \leq N_{c,Rd}$ $|-2141,62| < 3368,95$ **zweryfikowano** (0,64)**SPOINY****SPOINY PACHWINOWE ŁĄCZĄCE PŁYTĘ Z PRĘTEM** $A_w = 77,94$ [cm²] Pole powierzchni spoiny $A_w = 2 \cdot (h_1 + b_1 + r_1 \cdot (\pi - 4)) \cdot a_w$ $\sigma = -274,78$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie N_{Ed}/A_w $\sigma_{\perp} = -194,30$ [MPa] Naprężenie normalne prostopadłe w spoinie $\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2}$ $|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ $|-194,30| < 338,40$ **zweryfikowano** (0,57) $\tau_{\perp} = -194,30$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe $\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$ $\beta_w = 0,90$

Współczynnik korelacji

[Tablica 4.1]

 $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $388,60 < 417,78$ **zweryfikowano** (0,93)**STRONA LEWA****PRZEKRÓJ** $N_{c,Rd} = 3368,95$ [kN] Nośność na ściskanie $N_{c,Rd} = A_i \cdot f_y$ $|N_{Ed}| \leq N_{c,Rd}$ $|-2141,62| < 3368,95$ **zweryfikowano** (0,64)**Spoiny****SPOINY PACHWINOWE ŁĄCZĄCE PŁYTĘ Z PRĘTEM** $A_w = 77,94$ [cm²] Pole powierzchni spoiny $A_w = 2 \cdot (h_2 + b_2 + r_2 \cdot (\pi - 4)) \cdot a_w$ $\sigma = -274,78$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie N_{Ed}/A_w

SPOINY PACHWINOWE ŁĄCZĄCE PŁYTĘ Z PRĘTEM

$A_w =$	77,94 [cm ²]	Pole powierzchni spoiny	$A_w = 2 \cdot (h_2 + b_2 + r_2 \cdot (\pi - 4)) \cdot a_w$
$\sigma_{\perp} =$	-194,30 [MPa]	Naprężenie normalne prostopadłe w spoinie	$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2}$
$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -194,30 < 338,40$	zweryfikowano	(0,57)
$\tau_{\perp} =$	-194,30 [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe	$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$
$\beta_w =$	0,90	Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$388,60 < 417,78$	zweryfikowano	(0,93)

Połączenie zgodne z normą Proporcja 0,93

2.5.2. Połączenie montażowe w pasie dolnym



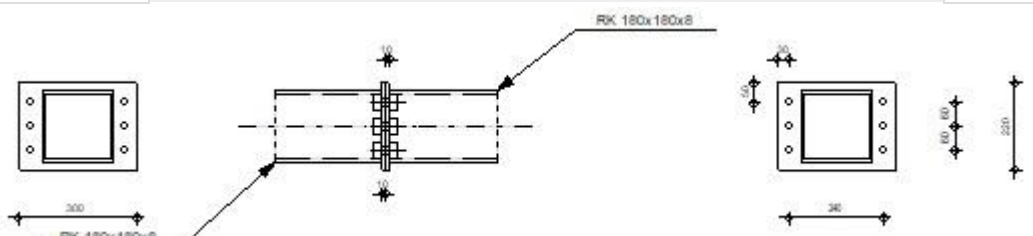
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Obliczanie połączenia doczołowego rur

PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011 + SN044a



Proporcja
0,76



OGÓLNE

Nr połączenia: 129

Nazwa połączenia: Ściąg rurowy, doczołowy

Węzeł konstrukcji: 232

Pręty konstrukcji: 118, 119

BELKA PRAWA

Profil: RK 180x180x8

$h_1 =$ 180 [mm] Wysokość przekroju belki

$b_1 =$ 180 [mm] Szerokość przekroju belki

$t_1 =$ 8 [mm] Grubość środnika przekroju belki

$A_1 =$ 54,40 [cm²] Pole przekroju belki

Materiał: S 355

$f_{y1} =$ 355,00 [MPa] Wytrzymałość

$f_{u1} =$ 470,00 [MPa] Wytrzymałość na rozciąganie

BELKA LEWA

Profil: RK 180x180x8

$h_2 =$	180	[mm]	Wysokość przekroju belki
$b_2 =$	180	[mm]	Szerokość przekroju belki
$t_2 =$	8	[mm]	Grubość środnika przekroju belki
$A_2 =$	54,40	[cm ²]	Pole przekroju belki
Materiał:	S 355		
$f_{y2} =$	355,00	[MPa]	Wytrzymałość
$f_{u2} =$	470,00	[MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie

PŁYTA

$l_p =$	300	[mm]	Długość płyty
$h_p =$	220	[mm]	Wysokość płyty
$t_p =$	10	[mm]	Grubość płyty
Materiał:	S 355		
$f_{yp} =$	355,00	[MPa]	Wytrzymałość obliczeniowa
$f_{up} =$	470,00	[MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie

ŚRUBY

Kategoria połączenia E

Klasa =	10.9		Klasa śruby
$d =$	20	[mm]	Średnica śruby
$d_0 =$	22	[mm]	Średnica otworu na śrubę
$A_s =$	2,45	[cm ²]	Powierzchnia przekroju czynnego śruby
$A_v =$	3,14	[cm ²]	Powierzchnia przekroju śruby
$f_{yb} =$	940,00	[MPa]	Granica wytrzymałości śruby
$f_{ub} =$	1040,00	[MPa]	Wytrzymałość śruby na rozciąganie
$n_H =$	2		Ilość kolumn śrub
$e_{2H} =$	30	[mm]	Odległość od pionowej krawędzi płyty
$p_2 =$	240	[mm]	Rozstaw poziomy
$n_V =$	3		Ilość rzędów śrub
$e_{1V} =$	50	[mm]	Odległość od poziomej krawędzi płyty
$p_1 =$	60	[mm]	Rozstaw pionowy

SPOINY

a_w	5	[mm]
-------	---	------

WSPÓŁCZYNNIKI MATERIAŁOWE

$\gamma_{M0} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M1} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M3} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 9: KOMB2 1*1.35+3*1.50

STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI

$N_{Ed1} =$	421,39 [kN]	Siła osiowa
$N_{Ed2} =$	421,39 [kN]	Siła osiowa

REZULTATY**STRONA PRAWA****KONTROLA POŁĄCZENIA ŚRUBOWEGO - KATEGORII E****ZNISZCZENIE ŚRUBY**

$F_{t,Rd} =$	183,4 [kN] 6]	Nośność pojedynczej śruby na rozciąganie	$F_{t,Rd} = 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$
$B_{p,Rd} =$	223,0 [kN] 8]	Nośność obliczeniowa przy przebiciu/ścinaniu łba śruby i na krętki	$B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_{up}) / \gamma_{M2}$

$N_{Ed} \leq n_b \cdot F_{t,Rd}$	421,39 < 1100,74	zweryfikowano	(0,38)
$N_{Ed} \leq n_b \cdot B_{p,Rd}$	421,39 < 1338,46	zweryfikowano	(0,31)

ZNISZCZENIE ŚRUBY PRZEZ UPLASTYCZNIE NIE BLACHY DOCZOŁOWEJ

Parametry obliczeń zgodnie z NCCI: SN044a

$e_2 =$	30 [mm]	Odległość od pionowej krawędzi płyty	$e_2 = e_{2H}$
$e_1 =$	30 [mm]	Odległość od pionowej krawędzi przekroju	$e_1 = 0.5 \cdot (I_p - b_i) - e_2$
$b' =$	28 [mm]	Współczynnik	$b' = e_1 - 0.5 \cdot d + t_i$
$\delta =$	0,63	Współczynnik	$\delta = 1 - d_0 / p_1$
$K =$	0,06 [cm ² /kN]	Współczynnik	$K = (4 \cdot b') / ((0.9 \cdot f_{yp} \cdot p_1) / \gamma_{M0})$
$e_{eff} =$	30 [mm]	Efektywna odległość	$e_{eff} = \min(e_2; 1.25 \cdot e_1)$

$e_2 =$	30	[mm]	Odległość od pionowej krawędzi płyty	$e_2 = e_{2H}$
$\alpha =$	9,03		Współczynnik	$\alpha = \max[0.0; (((K \cdot F_{t,Rd})/t_p^2) - 1) \cdot ((e_{eff} + 0.5 \cdot d)/(\delta \cdot (e_{eff} + e_1 + t_i)))]$
$P_f =$	70,2 3	[kN]	Obliczeniowa siła rozciągająca przypadająca na śrubę	$P_f = N_{Ed}/n_b$
$t_{min} =$	16	[mm]	Minimalna wymagana grubość blachy doczołowej	$t_{min} = \sqrt{[K \cdot P_f / (1 + \delta)]}$
$t_{max} =$	20	[mm]	Minimalna wymagana grubość blachy doczołowej	$t_{max} = \sqrt{[K \cdot P_f]}$
$N_{RdV} =$	551, 82	[kN]	Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu złącza	$N_{RdV} = t_p^2 \cdot (1 + \delta \cdot \alpha) \cdot n_b / (K \cdot \gamma_{M2})$
$N_{Rd} =$	551,82	[kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{Rd} = N_{RdV}$
$N_{Ed} \leq N_{Rd}$		421,39 < 551,82		zweryfikowano (0,76)

PRZEKRÓJ

$N_{t,Rd} =$	1931,20	[kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{t,Rd} = A_i \cdot f_y$
$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$		421,39 < 1931,20		zweryfikowano (0,22)

SPOINY**SPOINY PACHWINOWE ŁĄCZĄCE PŁYTĘ Z PRĘTEM**

$A_w =$	34,97	[cm ²]	Pole powierzchni spoiny	$A_w = 2 \cdot (h_1 + b_1 + r_1 \cdot (\pi - 4)) \cdot a_w$
$\sigma =$	120,50	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie	N_{Ed}/A_w
$\sigma_{\perp} =$	85,21	[MPa]	Napężenie normalne prostopadłe w spoinie	$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2}$
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$		85,21 < 338,40		zweryfikowano (0,25)
$\tau_{\perp} =$	85,21	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe	$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$
$\beta_w =$	0,90		Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$		170,41 < 417,78		zweryfikowano (0,41)

STRONA LEWA**KONTROLA POŁĄCZENIA ŚRUBOWEGO - KATEGORII E****ZNISZCZENIE ŚRUBY**

$F_{t,Rd} =$	183,46	[kN]	Nośność pojedynczej śruby na rozciąganie	$F_{t,Rd} = 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$
$B_{p,Rd} =$	223,08	[kN]	Nośność obliczeniowa przy przebicciu/ścinaniu łba śruby i nakrętki	$B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_{up}) / \gamma_{M2}$

$F_{t,Rd} = 183,46$ [kN]	Nośność pojedynczej śruby na rozciąganie	$F_{t,Rd} = 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$
$N_{Ed} \leq n_b \cdot F_{t,Rd}$	$421,39 < 1100,74$	zweryfikowano (0,38)
$N_{Ed} \leq n_b \cdot B_{p,Rd}$	$421,39 < 1338,46$	zweryfikowano (0,31)

ZNISZCZENIE ŚRUBY PRZESZCZĄDNIENIEM BLACHY DO CZŁOWEJ

Parametry obliczeń zgodnie z NCCI: SN044a

$e_2 = 30$ [mm]	Odległość od pionowej krawędzi płyty	$e_2 = e_{2H}$
$e_1 = 30$ [mm]	Odległość od pionowej krawędzi przekroju	$e_1 = 0.5 \cdot (l_p - b_i) - e_2$
$b' = 28$ [mm]	Współczynnik	$b' = e_1 - 0.5 \cdot d + t_i$
$\delta = 0,63$	Współczynnik	$\delta = 1 - d_0 / p_1$
$K = 0,06$ [cm ² /kN]	Współczynnik	$K = (4 \cdot b') / ((0.9 \cdot f_{yp} \cdot p_1) / \gamma_{M0})$
$e_{eff} = 30$ [mm]	Efektywna odległość	$e_{eff} = \min(e_2; 1.25 \cdot e_1)$
$\alpha = 9,03$	Współczynnik	$\alpha = \max[0.0; (((K \cdot F_{t,Rd}) / t_p^2) - 1) \cdot ((e_{eff} + 0.5 \cdot d) / (\delta \cdot (e_{eff} + e_1 + t_i)))]$
$P_f = 70,23$ [kN]	Obliczeniowa siła rozciągająca przypadająca na śrubę	$P_f = N_{Ed} / n_b$
$t_{min} = 16$ [mm]	Minimalna wymagana grubość blachy doczołowej	$t_{min} = \sqrt{[K \cdot P_f / (1 + \delta)]}$
$t_{max} = 20$ [mm]	Minimalna wymagana grubość blachy doczołowej	$t_{max} = \sqrt{[K \cdot P_f]}$
$N_{RdV} = 551,82$ [kN]	Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu złącza	$N_{RdV} = t_p^2 \cdot (1 + \delta \cdot \alpha) \cdot n_b / (K \cdot \gamma_{M2})$
$N_{Rd} = 551,82$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{Rd} = N_{RdV}$
$N_{Ed} \leq N_{Rd}$	$421,39 < 551,82$	zweryfikowano (0,76)

PRZEKRÓJ

$N_{t,Rd} = 1931,20$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{t,Rd} = A_l \cdot f_y$
$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$	$421,39 < 1931,20$	zweryfikowano (0,22)

SPOINY**SPOINY PACHWINOWE ŁĄCZĄCE PŁYTĘ Z PRĘTEM**

$A_w = 34,97$ [cm ²]	Pole powierzchni spoiny	$A_w = 2 \cdot (h_2 + b_2 + r_2 \cdot (\pi - 4)) \cdot a_w$
$\sigma = 120,50$ [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie	N_{Ed} / A_w
$\sigma_{\perp} = 85,21$ [MPa]	Naprężenie normalne prostopadłe w spoinie	$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2}$

Z1. 42

2 Sprawdzenie nośności węzłów dźwigara

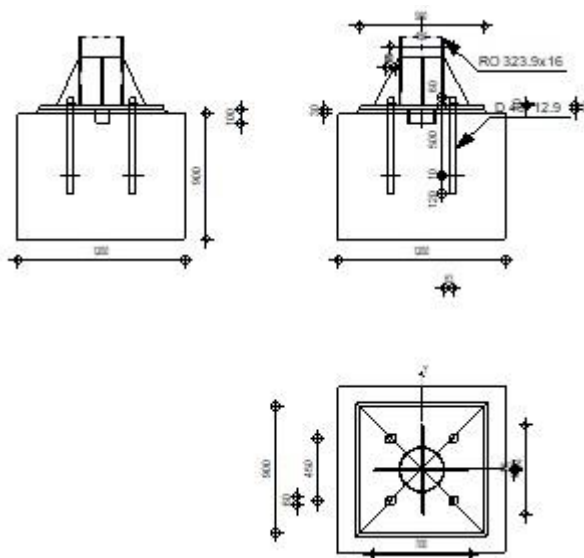
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 85,21 < 338,40$	zweryfikowano	(0,25)
$\tau_{\perp} = 85,21$ [MPa]	Napężenie styczne prostopadłe		$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$
$\beta_w = 0,90$	Współczynnik korelacji		[Tablica 4.1]
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$170,41 < 417,78$	zweryfikowano	(0,41)

Połączenie zgodne z normą Proporcja 0,76

3. Sprawdzenie nośności połączeń konstrukcji wsporczej

3.1. Wymiarowanie połączenia A (podstawa słupa pionowego)

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022 Obliczenia stóp słupów utwierdzonych Eurocode 3: PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011	OK Proporcja 0,99
---	---	--



OGÓLNE

Nr połączenia:	1
Nazwa połączenia:	Stopa zamocowana
Węzeł konstrukcji:	82
Pręty konstrukcji:	105

GEOMETRIA

SŁUP

Profil:	RO 323.9x16		
Nr pręta:	105		
$L_c =$	17,00	[m]	Długość słupa
$\alpha =$	0,0	[Deg]	Kąt nachylenia

$L_c =$	17,00	[m]	Długość słupa
$h_c =$	324	[mm]	Wysokość przekroju słupa
$b_{fc} =$	324	[mm]	Szerokość przekroju słupa
$t_{wc} =$	16	[mm]	Grubość środnika przekroju słupa
$t_{fc} =$	16	[mm]	Grubość półki przekroju słupa
$r_c =$	0	[mm]	Promień zaokrąglenia przekroju słupa
$A_c =$	155,00	[cm ²]	Pole przekroju słupa
$I_{yc} =$	18390,00	[cm ⁴]	Moment bezwładności przekroju słupa

Materiał: S 355

 $f_{yc} = 355,00$ [MPa] Wytrzymałość $f_{uc} = 470,00$ [MPa] Granica wytrzymałości materiału**PODSTAWA STOPY SŁUPA**

$l_{pd} =$	900	[mm]	Długość
$b_{pd} =$	900	[mm]	Szerokość
$t_{pd} =$	30	[mm]	Grubość

Materiał: S 355

 $f_{ypd} = 355,00$ [MPa] Wytrzymałość $f_{upd} = 470,00$ [MPa] Granica wytrzymałości materiału**ZAKOTWIENIE**

Płaszczyzna ścinania przechodzi przez NIEGWINTOWANĄ część śruby

Klasa =	12.9	Klasa kotew
$f_{yb} =$	1100,00	[MPa] Granica plastyczności materiału śruby
$f_{ub} =$	1220,00	[MPa] Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie
$d =$	48	[mm] Średnica śruby
$A_s =$	14,73	[cm ²] Powierzchnia przekroju czynnego śruby
$A_v =$	18,10	[cm ²] Powierzchnia przekroju śruby
$n_H =$	2	Ilość kolumn śrub
$n_V =$	2	Ilość rzędów śrub

Rozstaw poziomy $e_{Hi} = 450$ [mm]Rozstaw pionowy $e_{Vi} = 450$ [mm]**Wymiary kotew**

$L_1 =$	60	[mm]
$L_2 =$	500	[mm]
$L_3 =$	120	[mm]

Płytki oporowa

$l_p =$	140	[mm] Długość
$b_p =$	140	[mm] Szerokość

$l_p = 140$ [mm] Długość
 $t_p = 10$ [mm] Grubość
Materiał: S 235
 $f_y = 235,00$ [MPa] Wytrzymałość

Podkładka

$l_{wd} = 60$ [mm] Długość
 $b_{wd} = 60$ [mm] Szerokość
 $t_{wd} = 10$ [mm] Grubość

KLIN

Profil: IPE 200

$l_w = 100$ [mm] Długość
Materiał: S 355
 $f_{yw} = 355,00$ [MPa] Wytrzymałość

ŻEBRO

$l_s = 700$ [mm] Długość
 $w_s = 640$ [mm] Szerokość
 $h_s = 350$ [mm] Wysokość
 $t_s = 15$ [mm] Grubość

WSPÓŁCZYNNIKI MATERIAŁOWE

$\gamma_{M0} = 1,00$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa
 $\gamma_{M2} = 1,25$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa
 $\gamma_C = 1,50$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa

STOPA FUNDAMENTOWA

$L = 1200$ [mm] Długość stopy
 $B = 1200$ [mm] Szerokość stopy
 $H = 900$ [mm] Wysokość stopy

Beton

Klasa C20/25

$f_{ck} = 20,00$ [MPa] Wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie

Warstwa wyrównawcza

$t_g = 30$ [mm] Grubość warstwy wyrównawczej (podsypki)
 $f_{ck,g} = 12,00$ [MPa] Wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie
 $C_{f,d} = 0,30$ Wsp. tarcia między płytą podstawy a betonem

SPOINY

$a_p =$	12	[mm]	Płyta główna stopy słupa
$a_w =$	5	[mm]	Klin
$a_s =$	14	[mm]	Żebra

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 9: KOMB2 1*1.35+3*1.50

$N_{j,Ed} =$	1990,05	[kN]	Siła osiowa
$V_{j,Ed,y} =$	-6,17	[kN]	Siła ścinająca
$M_{j,Ed,z} =$	3,43	[kN*m]	Moment zginający

REZULTATY**STREFA ROZCIĄGANA****ZERWANIE ŚRUBY KOTWIĄCEJ**

$A_b =$	14,73	[cm ²]	Czynne pole powierzchni śruby	[Tablica 3.4]
$f_{ub} =$	1220,00	[MPa]	Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie	[Tablica 3.4]
$\beta =$	0,85		Współczynnik redukcyjny nośności śruby	[3.6.1.(3)]

$$F_{t,Rd,s1} = \beta \cdot 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_b / \gamma_{M2}$$

$F_{t,Rd,s1} =$	1099,80	[kN]	Nośność śruby na zerwanie	[Tablica 3.4]
-----------------	---------	------	---------------------------	---------------

$$F_{t,Rd,s} = F_{t,Rd,s1}$$

$F_{t,Rd,s} =$	1099,80	[kN]	Nośność śruby na zerwanie
----------------	---------	------	---------------------------

NOŚNOŚĆ KOTWI NA ROZCIĄGANIE

$$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,s}$$

$F_{t,Rd} =$	1099,80	[kN]	Nośność kotwi na rozciąganie
--------------	---------	------	------------------------------

ZGINANIE PŁYTY PODSTAWY**Zginanie momentem $M_{j,Ed,z}$**

$l_{eff,1} =$	450	[mm]	Długość efektywna pojedynczego rzędu śrub w trybie 1	[6.2.6.5]
$l_{eff,2} =$	450	[mm]	Długość efektywna pojedynczego rzędu śrub w trybie 2	[6.2.6.5]
$m =$	143	[mm]	Odległość śruby od krawędzi usztywniającej	[6.2.6.5]
$M_{pl,1,Rd} =$	35,94	[kN*m]	Nośność plastyczna płyty dla 1 postaci zniszczenia	[6.2.4]
$M_{pl,2,Rd} =$	35,94	[kN*m]	Nośność plastyczna płyty dla 2 postaci zniszczenia	[6.2.4]
$F_{T,1,Rd} =$	1007,73	[kN]	Nośność płyty dla 1 postaci zniszczenia	[6.2.4]
$F_{T,2,Rd} =$	1445,94	[kN]	Nośność płyty dla 2 postaci zniszczenia	[6.2.4]
$F_{T,3,Rd} =$	2199,60	[kN]	Nośność płyty dla 3 postaci zniszczenia	[6.2.4]
$F_{t,pl,Rd,z} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$				
$F_{t,pl,Rd,z} =$	1007,73	[kN]	Nośność płyty przy rozciąganiu	[6.2.4]

NOŚNOŚCI STOPY W STREFIE ROZCIĄGANIEJ

$N_{j,Rd} = 2015,47$ [kN] Nośność stopy przy rozciąganiu osiowym [6.2.8.3]

$$F_{T,Rd,z} = F_{t,pl,Rd,z}$$

$F_{T,Rd,z} = 1007,73$ [kN] Nośność stopy w strefie rozciąganej [6.2.8.3]

KONTROLA NOŚNOŚCI POŁĄCZENIA

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24) $0,99 < 1,00$ **zweryfikowano** (0,99)

$e_z = 2$ [mm] Mimośród siły osiowej [6.2.8.3]

$z_{c,z} = 167$ [mm] Ramię działania siły $F_{C,Rd,z}$ [6.2.8.1.(2)]

$z_{t,z} = 225$ [mm] Ramię działania siły $F_{T,Rd,z}$ [6.2.8.1.(3)]

$M_{j,Rd,z} = 3,45$ [kN*m] Nośność połączenia na zginanie [6.2.8.3]

$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ (6.23) $0,99 < 1,00$ **zweryfikowano** (0,99)

ŚCINANIE**DOCISK ŚRUBY KOTWIĄCEJ DO PŁYTY PODSTAWY**

Ścinanie siłą $V_{j,Ed,y}$

$\alpha_{d,y} = 1,50$ Wsp. położenia śrub w kierunku ścinania [Tablica 3.4]

$\alpha_{b,y} = 1,00$ Wsp. do obliczeń nośności $F_{1,vb,Rd}$ [Tablica 3.4]

$k_{1,y} = 2,50$ Wsp. położenia śrub prostopadłe do kierunku ścinania [Tablica 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \cdot \alpha_{b,y} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,y} = 1353,60$ [kN] Nośność śruby kotwiącej na docisk do płyty podstawy [6.2.2.(7)]

ŚCIECIE ŚRUBY KOTWIĄCEJ

$\alpha_b = 0,25$ Wsp. do obliczeń nośności $F_{2,vb,Rd}$ [6.2.2.(7)]

$A_{vb} = 18,10$ [cm²] Powierzchnia przekroju śruby [6.2.2.(7)]

$f_{ub} = 1220,00$ [MPa] Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie [6.2.2.(7)]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [6.2.2.(7)]

$$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_{vb} / \gamma_{M2}$$

$F_{2,vb,Rd} = 438,00$ [kN] Nośność śruby na ściecie - bez efektu dźwigni [6.2.2.(7)]

POŚLIZG STOPY

$C_{f,d} = 0,30$ Wsp. tarcia między płytą podstawy a betonem [6.2.2.(6)]

$N_{c,Ed} = 0,00$ [kN] Siła ściskająca [6.2.2.(6)]

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Ed}$$

$F_{f,Rd} = 0,00$ [kN] Nośność na poślizg [6.2.2.(6)]

DOCISK KLINA OPOROWEGO DO BETONU

$$F_{v,Rd,wg,y} = 1.4 \cdot l_w \cdot b_{wy} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

$F_{v,Rd,wg,y} = 373,33$ [kN] Nośność na docisk klina oporowego do betonu

KONTROLA ŚCINANIA

$$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}) + F_{v,Rd,wg,y} + F_{t,Rd}$$

$$V_{j,Rd,y} = 2125,33 \quad [\text{kN}] \quad \text{Nośność połączenia na ścinanie}$$

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0 \quad 0,00 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,00)$$

KONTROLA ŻEBER**Żebro równoległe do osi Z (przechodzące przez środek rury)**

$$M_1 = 31,61 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Moment zginający żebro}$$

$$Q_1 = 501,32 \quad [\text{kN}] \quad \text{Siła ścinająca żebro}$$

$$z_s = 46 \quad [\text{mm}] \quad \text{Położenie osi obojętnej (od podstawy płyty)}$$

$$I_s = 21429,08 \quad [\text{cm}^4] \quad \text{Moment bezwładności żebra}$$

$$\sigma_d = 2,35 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie normalne na styku żebra i płyty} \quad \text{EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]}$$

$$\sigma_g = 49,28 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie normalne w górnych włóknach} \quad \text{EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]}$$

$$\tau = 95,49 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie styczne w żebrze} \quad \text{EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]}$$

$$\sigma_z = 165,41 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie zastępcze na styku żebra i płyty} \quad \text{EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]}$$

$$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp} / \gamma_{M0}) \leq 1.0 \quad (6.1) \quad 0,47 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,47)$$

Żebro równoległe do osi Y (przechodzące przez środek rury)

$$M_1 = 63,22 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Moment zginający żebro}$$

$$Q_1 = 1002,64 \quad [\text{kN}] \quad \text{Siła ścinająca żebro}$$

$$z_s = 46 \quad [\text{mm}] \quad \text{Położenie osi obojętnej (od podstawy płyty)}$$

$$I_s = 21429,08 \quad [\text{cm}^4] \quad \text{Moment bezwładności żebra}$$

$$\sigma_d = 4,70 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie normalne na styku żebra i płyty} \quad \text{EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]}$$

$$\sigma_g = 98,55 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie normalne w górnych włóknach} \quad \text{EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]}$$

$$\tau = 190,98 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie styczne w żebrze} \quad \text{EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]}$$

$$\sigma_z = 330,82 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie zastępcze na styku żebra i płyty} \quad \text{EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]}$$

$$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp} / \gamma_{M0}) \leq 1.0 \quad (6.1) \quad 0,93 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,93)$$

SPOINY MIĘDZY SŁUPEM I PŁYTĄ PODSTAWY

$$\sigma_{\perp} = 27,56 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie normalne w spoinie} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\tau_{\perp} = 27,56 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie styczne prostopadłe} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\tau_{yII} = -0,22 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie styczne równoległe do } V_{j,Ed,y} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\tau_{zII} = 0,00 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Napężenie styczne równoległe do } V_{j,Ed,z} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\beta_w = 0,90 \quad \text{Współczynnik zależny od wytrzymałości} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,08 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,08)$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{\perp}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,13 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,13)$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,13 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,13)$$

SPOINY PIONOWE ŻEBER**Żebro równoległe do osi Z (przechodzące przez środek rury)**

$\sigma_{\perp} =$	0,00	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	0,00	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	25,58	[MPa]	Napężenie styczne równoległe	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	0,00	[MPa]	Sumaryczne napężenie zastępcze	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,90		Współczynnik zależny od wytrzymałości	[4.5.3.(7)]
$\max (\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,11 < 1,00$				
zweryfikowano				(0,11)

Żebro równoległe do osi Y (przechodzące przez środek rury)

$\sigma_{\perp} =$	0,00	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	0,00	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	51,16	[MPa]	Napężenie styczne równoległe	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	0,00	[MPa]	Sumaryczne napężenie zastępcze	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,90		Współczynnik zależny od wytrzymałości	[4.5.3.(7)]
$\max (\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,21 < 1,00$				
zweryfikowano				(0,21)

SPOINY POZIOME ŻEBER**Żebro równoległe do osi Z (przechodzące przez środek rury)**

$\sigma_{\perp} =$	67,32	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	67,32	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	69,55	[MPa]	Napężenie styczne równoległe	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	180,67	[MPa]	Sumaryczne napężenie zastępcze	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,90		Współczynnik zależny od wytrzymałości	[4.5.3.(7)]
$\max (\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,43 < 1,00$				
zweryfikowano				(0,43)

Żebro równoległe do osi Y (przechodzące przez środek rury)

$\sigma_{\perp} =$	160,21	[MPa]	Napężenie normalne w spoinie	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	160,21	[MPa]	Napężenie styczne prostopadłe	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\parallel} =$	139,55	[MPa]	Napężenie styczne równoległe	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	401,36	[MPa]	Sumaryczne napężenie zastępcze	[4.5.3.(7)]
$\beta_w =$	0,90		Współczynnik zależny od wytrzymałości	[4.5.3.(7)]
$\max (\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,96 < 1,00$				
zweryfikowano				(0,96)

SZTYWNOŚĆ POŁĄCZENIA**Zginanie momentem $M_{j,Ed,z}$**

$$k_{13,z} = E_c \sqrt{A_{c,z}} / (1.275 * E)$$

$$k_{13,z} = 41 \quad [\text{mm}] \quad \text{Wsp. sztywności ściskanego betonu}$$

[Tablica 6.11]

$l_{eff} = 450$ [mm]	Długość efektywna pojedynczego rzędu śrub w trybie 2	[6.2.6.5]
$m = 143$ [mm]	Odległość śruby od krawędzi usztywniającej	[6.2.6.5]
$k_{15,z} = 0.850 \cdot l_{eff} \cdot t_p^3 / (m^3)$		
$k_{15,z} = 4$ [mm]	Wsp. sztywności płyty podstawy przy rozciąganiu	[Tablica 6.11]
$L_b = 478$ [mm]	Długość efektywna śruby kotwiącej	[Tablica 6.11]
$k_{16,z} = 1.6 \cdot A_b / L_b$		
$k_{16,z} = 5$ [mm]	Wsp. sztywności kotwi na rozciąganie	[Tablica 6.11]
$\lambda_{0,z} = 2,04$	Smukłość słupa	[5.2.2.5.(2)]
$S_{j,ini,z} = 14902,01$ [kN*m]	Początkowa sztywność obrotowa	[6.3.1.(4)]
$S_{j,rig,z} = 68151,18$ [kN*m]	Sztywność połączenia sztywnego	[5.2.2.5]
$S_{j,ini,z} < S_{j,rig,z}$ PÓŁ-SZTYWNE		[5.2.2.5.(2)]

Połączenie zgodne z normą Proporcja 0,99

3.2. Wymiarowanie połączenia C, N i K (połączenie doczołowe rur)

3.2.1. Połączenie C

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022	
	Obliczanie połączenia doczołowego rur PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011 + SN044a	

OGÓLNE

Nr połączenia:	84
Nazwa połączenia:	Ściąg rurowy, doczołowy
Węzeł konstrukcji:	231
Pręty konstrukcji:	116, 117

BELKA PRAWA`

Profil: RO 323.9x16

$d_1 = 324$ [mm]	Wysokość przekroju belki
$t_1 = 16$ [mm]	Grubość środnika przekroju belki
$A_1 = 155,00$ [cm ²]	Pole przekroju belki
Materiał: S 355	
$f_{y1} = 355,00$ [MPa]	Wytrzymałość
$f_{u1} = 470,00$ [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie

BELKA LEWA

Profil:	RO 323.9x16		
$d_2 =$	324	[mm]	Wysokość przekroju belki
$t_2 =$	16	[mm]	Grubość środnika przekroju belki
$A_2 =$	155,00	[cm ²]	Pole przekroju belki
Materiał:	S 355		
$f_{y2} =$	355,00	[MPa]	Wytrzymałość
$f_{u2} =$	470,00	[MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie

PŁYTA

$d_p =$	500	[mm]	Długość płyty
$t_p =$	25	[mm]	Grubość płyty
Materiał:	S 355		
$f_{yp} =$	355,00	[MPa]	Wytrzymałość obliczeniowa
$f_{up} =$	470,00	[MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie

ŻEBRO

$l_s =$	95	[mm]	Długość żebra
$h_s =$	80	[mm]	Wysokość żebra
$t_s =$	15	[mm]	Grubość żebra
$C_{1s} =$	7	[mm]	Wycięcie
$C_{2s} =$	7	[mm]	Wycięcie

ŚRUBY

Kategoria połączenia D

Klasa =	12.9	Klasa śruby
$d =$	30	[mm] Średnica śruby
$d_0 =$	33	[mm] Średnica otworu na śrubę
$A_s =$	5,61	[cm ²] Powierzchnia przekroju czynnego śruby
$A_v =$	7,07	[cm ²] Powierzchnia przekroju śruby
$f_{yb} =$	1100,00	[MPa] Granica wytrzymałości śruby
$f_{ub} =$	1220,00	[MPa] Wytrzymałość śruby na rozciąganie
$n_b =$	8	Ilość kolumn śrub
$e_1 =$	48	[mm] Poziom pierwszej śruby
$p_1 =$	159	[mm] Rozstaw pionowy

SPOINY

$a_w =$	10	[mm]
$a_s =$	810	[mm]

WSPÓŁCZYNNIKI MATERIAŁOWE

$\gamma_{M0} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M1} =$	1,00	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]
$\gamma_{M3} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[2.2]

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 9: KOMB2 1*1.35+3*1.50

STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI

$N_{Ed1} =$	2014,87	[kN]	Siła osiowa
$N_{Ed2} =$	2014,87	[kN]	Siła osiowa

REZULTATY**STRONA PRAWA****KONTROLA POŁĄCZENIA ŚRUBOWEGO - KATEGORII D****ZNISZCZENIE ŚRUBY**

$F_{t,Rd} =$	492,78	[kN]	Nośność pojedynczej śruby na rozciąganie	$F_{t,Rd} = 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$
$B_{p,Rd}$	858,02	[kN]	Nośność obliczeniowa przy przebiciu/ścinaniu łba śruby i nakrętki	$B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_{up}) / \gamma_{M2}$
$=$				
$N_{Ed} \leq n_b \cdot F_{t,Rd}$	2014,87	<	3942,26	zweryfikowano (0,51)
$N_{Ed} \leq n_b \cdot B_{p,Rd}$	2014,87	<	6864,18	zweryfikowano (0,29)

Parametry obliczeń zgodnie z NCCI: SN044a

$e_1 =$	40	[mm]	Odległość	
$e_2 =$	48	[mm]	Odległość	
$e_{eff} =$	48	[mm]	Efektywna odległość	$e_{eff} = \min(e_2; 1.25 \cdot e_1)$
$r_1 =$	250	[mm]	Promień	$r_1 = 0.5 \cdot d_i + e_1 + e_{eff}$
$r_2 =$	202	[mm]	Promień	$r_2 = 0.5 \cdot d_i + e_1$
$r_3 =$	154	[mm]	Promień	$r_3 = 0.5 \cdot (d_i - t_i)$
$k_1 =$	0,27		Współczynnik	$k_1 = \ln(r_2/r_3)$
$k_3 =$	2,27		Współczynnik	$k_3 = k_1 + 2$
$f_3 =$	7,90		Współczynnik	$f_3 = (k_3 + \sqrt{[k_3^2 - 4 \cdot k_1]}) / (2 \cdot k_1)$

PEŁNE UPLASTYCZNIE NIE BLACHY DOCZOŁOWEJ

$F_{T1,Rd} = 2752,09$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$F_{T1,Rd} = (t_p^2 \cdot f_{yp} \cdot \pi \cdot f_3) / (2 \cdot \gamma_{M0})$
$N_{Ed} \leq F_{T1,Rd}$	$2014,87 < 2752,09$	zweryfikowano (0,73)

ZNISZCZENIE ŚRUBY PRZEZ UPLASTYCZNIE NIE BLACHY DOCZOŁOWEJ

$F_{T2,Rd} = 2686,62$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$F_{T2,Rd} = (n_b \cdot F_{tRd}) / (1 - 1/f_3 + 1/(f_3 \ln(r_1/r_2)))$
$N_{Ed} \leq F_{T2,Rd}$	$2014,87 < 2686,62$	zweryfikowano (0,75)

PRZEKRÓJ

$N_{t,Rd} = 5502,50$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{t,Rd} = A_t \cdot f_y$
$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$	$2014,87 < 5502,50$	zweryfikowano (0,37)

SPOINY**SPOINY PACHWINOWE ŁĄCZĄCE PŁYTĘ Z PRĘTEM I ŻEBRAMI**

$A_w = 10469,76$ [cm ²]	Pole powierzchni spoiny	$A_w = \pi \cdot d_1 \cdot a_w + h_s \cdot n_s \cdot 2 \cdot a_s$
$\sigma = 1,92$ [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie	N_{Ed}/A_w
$\sigma_{\perp} = 1,36$ [MPa]	Naprężenie normalne prostopadłe w spoinie	$\sigma_{\perp} = \sigma/\sqrt{2}$
$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u/\gamma_{M2}$	$ 1,36 < 338,40$	zweryfikowano (0,00)
$\tau_{\perp} = 1,36$ [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe	$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$
$\beta_w = 0,90$	Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2]} \leq f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$2,72 < 417,78$	zweryfikowano (0,01)

SPOINY PACHWINOWE ŁĄCZĄCE ŻEBRA Z PRĘTEM

$A_w = 12312,00$ [cm ²]	Pole powierzchni spoiny	$A_w = n_s \cdot l_s \cdot 2 \cdot a_s$
$\tau_{II} = 1,62$ [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe	$\tau_{II} = N_{Ed,s}/A_w$
$\beta_w = 0,90$	Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\sqrt{[3 \cdot \tau_{II}^2]} \leq f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$2,81 < 417,78$	zweryfikowano (0,01)

STRONA LEWA**KONTROLA POŁĄCZENIA ŚRUBOWEGO - KATEGORII D****ZNISZCZENIE ŚRUBY**

$F_{t,Rd} = 492,78$ [kN]	Nośność pojedynczej śruby na rozciąganie	$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s/\gamma_{M2}$
$B_{p,Rd} = 858,02$ [kN]	Nośność obliczeniowa przy przebiciu/ścinaniu łba śruby i nakrętki	$B_{p,Rd} = (0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_{up})/\gamma_{M2}$

$F_{t,Rd} = 492,78 \text{ [kN]}$ Nośność pojedynczej śruby na rozciąganie

 $F_{t,Rd} = 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$

$N_{Ed} \leq n_b \cdot F_{t,Rd}$	2014,87 < 3942,26	zweryfikowano	(0,51)
$N_{Ed} \leq n_b \cdot B_{p,Rd}$	2014,87 < 6864,18	zweryfikowano	(0,29)

Parametry obliczeń zgodnie z NCCI: SN044a

$e_1 =$	40	[mm]	Odległość	
$e_2 =$	48	[mm]	Odległość	
$e_{eff} =$	48	[mm]	Efektywna odległość	$e_{eff} = \min(e_2; 1.25 \cdot e_1)$
$r_1 =$	250	[mm]	Promień	$r_1 = 0.5 \cdot d_i + e_1 + e_{eff}$
$r_2 =$	202	[mm]	Promień	$r_2 = 0.5 \cdot d_i + e_1$
$r_3 =$	154	[mm]	Promień	$r_3 = 0.5 \cdot (d_i - t_i)$
$k_1 =$	0,27		Współczynnik	$k_1 = \ln(r_2/r_3)$
$k_3 =$	2,27		Współczynnik	$k_3 = k_1 + 2$
$f_3 =$	7,90		Współczynnik	$f_3 = (k_3 + \sqrt{[k_3^2 - 4 \cdot k_1]}) / (2 \cdot k_1)$

PEŁNE UPLASTYCZNIE NIE BLACHY DOCZOŁOWEJ
 $F_{T1,Rd} = 2752,09 \text{ [kN]}$ Nośność na rozciąganie

 $F_{T1,Rd} = (t_p^2 \cdot f_{yp} \cdot \pi \cdot f_3) / (2 \cdot \gamma_{M0})$

$N_{Ed} \leq F_{T1,Rd}$	2014,87 < 2752,09	zweryfikowano	(0,73)
-------------------------	-------------------	---------------	--------

ZNISZCZENIE ŚRUBY PRZEZ UPLASTYCZNIE NIE BLACHY DOCZOŁOWEJ
 $F_{T2,Rd} = 2686,62 \text{ [kN]}$ Nośność na rozciąganie

 $F_{T2,Rd} = (n_b \cdot F_{t,Rd}) / (1 - 1/f_3 + 1/(f_3 \cdot \ln(r_1/r_2)))$

$N_{Ed} \leq F_{T2,Rd}$	2014,87 < 2686,62	zweryfikowano	(0,75)
-------------------------	-------------------	---------------	--------

PRZEKRÓJ
 $N_{t,Rd} = 5502,50 \text{ [kN]}$ Nośność na rozciąganie

 $N_{t,Rd} = A_i \cdot f_y$

$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$	2014,87 < 5502,50	zweryfikowano	(0,37)
------------------------	-------------------	---------------	--------

SPOINY**SPOINY PACHWINOWE ŁĄCZĄCE PŁYTĘ Z PRĘTEM I ŻEBRAMI**
 $A_w = 10469,76 \text{ [cm}^2\text{]}$ Pole powierzchni spoiny

 $A_w = \pi \cdot d_2^2 \cdot a_w + h_s \cdot n_s \cdot 2 \cdot a_s$
 $\sigma = 1,92 \text{ [MPa]}$ Naprężenie normalne w spoinie

 N_{Ed}/A_w
 $\sigma_{\perp} = 1,36 \text{ [MPa]}$ Naprężenie normalne prostopadłe w spoinie

 $\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2}$

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_{u2}$	1,36 < 338,40	zweryfikowano	(0,00)
--	----------------	---------------	--------

 $\tau_{\perp} = 1,36 \text{ [MPa]}$ Naprężenie styczne prostopadłe

 $\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$
 $\beta_w = 0,90$ Współczynnik korelacji

[Tablica 4.1]

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	2,72 < 417,78	zweryfikowano	(0,01)
---	---------------	---------------	--------

SPOINY PACHWINOWE ŁĄCZĄCE ŻEBRA Z PRĘTEM $A_w = 12312,00$ [cm²] Pole powierzchni spoiny $A_w = n_s \cdot l_s \cdot 2 \cdot a_s$ $\tau_{II} = 1,62$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe $\tau_{II} = N_{Ed,s} / A_w$ $\beta_w = 0,90$ Współczynnik korelacji

[Tablica 4.1]

 $\sqrt{[3 \cdot \tau_{II}^2]} \leq f_{td} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ $2,81 < 417,78$

zweryfikowano

(0,01)

Połączenie zgodne z normą

Proporcja 0,75

3.2.2. Połączenie N i K

Przyjęto geometrie połączeń N i K taka samą jak połączenia C. W Tabeli 3.1 przedstawiono wyężenie połączeń.

Tabela 3.1. Siły występujące w połączeniach

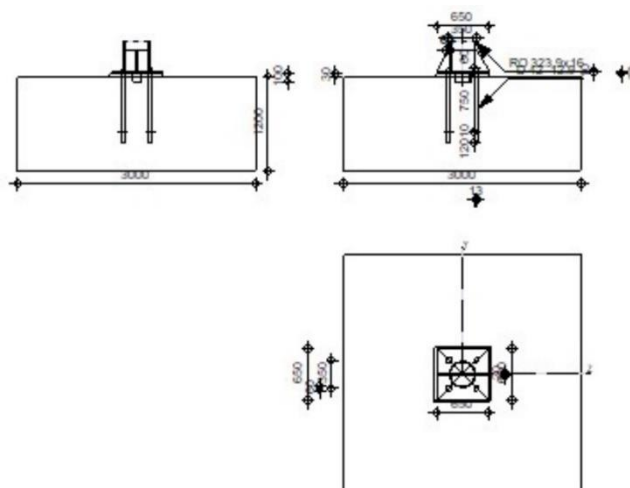
Lokalizacja połączenia	Siła N_{Ed} [kN]	Nośność połączenia [kN]	Wyężenie połączenia
C	2011,23	5502,50	0,75
N	-3348,22	5502,50	0,71
K	-3395,02	5502,50	0,64

3.3. Wymiarowanie połączenia I (podstawa słupa ukośnego)

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Obliczenia stóp słupów utwierdzonych

Eurocode 3: PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011 + CEB Design Guide: Design of fastenings in concrete


 Proporcja
0,85


Nr połączenia: 122
Nazwa połączenia: Stopa zamocowana
Węzeł konstrukcji: 72
Pręty konstrukcji: 84

GEOMETRIA

SŁUP

Profil: RO 323.9x16
Nr pręta: 84
 $L_c = 19,24$ [m] Długość słupa
 $\alpha = 117,9$ [Deg] Kąt nachylenia
 $h_c = 324$ [mm] Wysokość przekroju słupa
 $b_{fc} = 324$ [mm] Szerokość przekroju słupa
 $t_{wc} = 16$ [mm] Grubość środnika przekroju słupa
 $t_{fc} = 16$ [mm] Grubość półki przekroju słupa
 $r_c = 0$ [mm] Promień zaokrąglenia przekroju słupa
 $A_c = 155,00$ [cm²] Pole przekroju słupa
 $I_{yc} = 18390,00$ [cm⁴] Moment bezwładności przekroju słupa
Materiał: S 355
 $f_{yc} = 355,00$ [MPa] Wytrzymałość
 $f_{uc} = 470,00$ [MPa] Granica wytrzymałości materiału

PODSTAWA STOPY SŁUPA

$l_{pd} = 650$ [mm] Długość
 $b_{pd} = 650$ [mm] Szerokość
 $t_{pd} = 20$ [mm] Grubość
Materiał: S 355
 $f_{ypd} = 355,00$ [MPa] Wytrzymałość
 $f_{upd} = 470,00$ [MPa] Granica wytrzymałości materiału

ZAKOTWIENIE

Płaszczyzna ścinania przechodzi przez GWINTOWANĄ część śruby

Klasa = 12.9 Klasa kotew
 $f_{yb} = 1100,00$ [MPa] Granica plastyczności materiału śruby
 $f_{ub} = 1220,00$ [MPa] Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie
 $d = 42$ [mm] Średnica śruby
 $A_s = 11,20$ [cm²] Powierzchnia przekroju czynnego śruby
 $A_v = 13,85$ [cm²] Powierzchnia przekroju śruby

Płaszczyzna ścinania przechodzi przez GWINTOWANĄ część śruby

Klasa = 12.9 Klasa kotew

$n_H = 2$ Ilość kolumn śrub

$n_V = 2$ Ilość rzędów śrub

Rozstaw poziomy $e_{Hi} = 350$ [mm]

Rozstaw pionowy $e_{vI} = 350$ [mm]

Wymiary kotew

$$L_1 = 60 \text{ [mm]}$$
$$L_2 = 750 \text{ [mm]}$$
$$L_3 = 120 \text{ [mm]}$$

Płytki oporowa

$l_p =$ 100 [mm] Długość

$b_p = 100$ [mm] Szerokość

$t_p = 10$ [mm] Grubość

Material: S 355

$f_y = 355,00$ [MPa] Wytrzymałość

Podkładka

$$l_{wd} = 60 \text{ [mm]} \quad \text{Długość}$$

$b_{wd} = 60$ [mm] Szerokość

 $t_{wd} = 10 \text{ [mm]}$ Grubość

KLIN

Profil: IPE 200

$$l_w = 100 \text{ [mm]} \quad \text{Długość}$$

Material: S 355

$f_{yw} = 355,00$ [MPa] Wytrzymałość

ŽEBRO

 $l_s = 650 \text{ [mm]}$ Długość

$h_s =$ 280 [mm] Wysokość

$t_s =$ 20 [mm] Grubość

$d_1 =$ 20 [mm] Wycięcie

$d_2 =$ 20 [mm] Wycięcie

WSPÓŁCZYNNIKI MATERIAŁOWE

 $\gamma_{MO} = 1,00$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_{M2} = 1,25$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_C = 1,50$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa

STOPA FUNDAMENTOWA

L = 3000 [mm] Długość stopy
B = 3000 [mm] Szerokość stopy
H = 1200 [mm] Wysokość stopy

Beton

Klasa C45/55

$f_{ck} = 45,00$ [MPa] Wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie

Warstwa wyrównawcza

$t_g = 30$ [mm] Grubość warstwy wyrównawczej (podsypki)
 $f_{ck,g} = 12,00$ [MPa] Wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie
 $C_{f,d} = 0,30$ Wsp. tarcia między płytą podstawy a betonem

SPOINY

$a_p = 15$ [mm] Płyta główna stopy słupa
 $a_w = 4$ [mm] Klin
 $a_s = 15$ [mm] Żebra

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 9: KOMB2 1*1.35+3*1.50

$N_{j,Ed} = -3413,94$ [kN] Siła osiowa
 $V_{j,Ed,y} = 4,25$ [kN] Siła ścinająca
 $M_{j,Ed,z} = -20,34$ [kN*m] Moment zginający

REZULTATY**STREFA ŚCISKANA****ŚCISKANIE BETONU**

$f_{cd} = 30,00$ [MPa] Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie EN 1992-1:[3.1.6.(1)]
 $f_j = 56,92$ [MPa] Wytrzymałość obliczeniowa na docisk pod płytą podstawy [6.2.5.(7)]
 $c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3*f_j*\gamma_{M0}))}$
 $c = 29$ [mm] Dodatkowa szerokość docisku [6.2.5.(4)]
 $b_{eff} = 74$ [mm] Szerokość efektywna strefy docisku pod półką [6.2.5.(3)]
 $l_{eff} = 382$ [mm] Długość efektywna strefy docisku pod półką [6.2.5.(3)]
 $A_{c0} = 281,11$ [cm²] Powierzchnia kontaktu płyty podstawy z fundamentem EN 1992-1:[6.7.(3)]
 $A_{c1} = 2530,03$ [cm²] Maksymalne obliczeniowe pole rozkładu obciążenia EN 1992-1:[6.7.(3)]

$$F_{rd,u} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{(A_{c1}/A_{c0})} \leq 3 \cdot A_{c0} \cdot f_{cd}$$

$$F_{rd,u} = 2530,03 \quad [\text{kN}] \quad \text{Nośność betonu na docisk} \quad \text{EN 1992-1-1:[6.7.(3)]}$$

$$\beta_j = 0,67 \quad \text{Współczynnik redukcyjny przy ściskaniu} \quad [6.2.5.(7)]$$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot F_{rd,u} / (b_{eff} \cdot l_{eff})$$

$$f_{jd} = 60,00 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Wytrzymałość obliczeniowa na docisk} \quad [6.2.5.(7)]$$

$$A_{c,n} = 921,13 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Pole powierzchni docisku przy ściskaniu} \quad [6.2.8.2.(1)]$$

$$A_{c,z} = 356,32 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Pole powierzchni docisku przy zginaniu Mz} \quad [6.2.8.3.(1)]$$

$$F_{c,Rd,i} = A_{c,i} \cdot f_{jd}$$

$$F_{c,Rd,n} = 5526,76 \quad [\text{kN}] \quad \text{Nośność betonu na docisk przy ściskaniu} \quad [6.2.8.2.(1)]$$

$$F_{c,Rd,z} = 2137,90 \quad [\text{kN}] \quad \text{Nośność betonu na docisk przy zginaniu Mz} \quad [6.2.8.3.(1)]$$

PÓŁKA I ŚRODNIK SŁUPA PRZY ŚCISKANIU

$$CL = 1,00 \quad \text{Klasa przekroju} \quad \text{EN 1993-1-1:[5.5.2]}$$

$$W_{pl,z} = 1550,81 \quad [\text{cm}^3] \quad \text{Wskaźnik plastyczny przekroju} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]}$$

$$M_{c,Rd,z} = 550,54 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \quad \text{Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.5]}$$

$$h_{f,z} = 200 \quad [\text{mm}] \quad \text{Odległość między środkami ciężkości półek} \quad [6.2.6.7.(1)]$$

$$F_{c,fc,Rd,z} = M_{c,Rd,z} / h_{f,z}$$

$$F_{c,fc,Rd,z} = 2756,06 \quad [\text{kN}] \quad \text{Nośność ściskanej półki i środka} \quad [6.2.6.7.(1)]$$

NOŚNOŚCI STOPY W STREFIE ŚCISKANEJ

$$N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$$

$$N_{j,Rd} = 5526,76 \quad [\text{kN}] \quad \text{Nośność stopy przy ściskaniu osiowym} \quad [6.2.8.2.(1)]$$

$$F_{c,Rd,z} = \min(F_{c,Rd,z}, F_{c,fc,Rd,z})$$

$$F_{c,Rd,z} = 2137,90 \quad [\text{kN}] \quad \text{Nośność stopy w strefie ściskanej} \quad [6.2.8.3]$$

KONTROLA NOŚNOŚCI POŁĄCZENIA

$$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0 \quad (6.24) \quad 0,62 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,62)$$

$$e_z = 6 \quad [\text{mm}] \quad \text{Mimośród siły osiowej} \quad [6.2.8.3]$$

$$z_{c,z} = 100 \quad [\text{mm}] \quad \text{Ramię działania siły } F_{c,Rd,z} \quad [6.2.8.1.(2)]$$

$$z_{t,z} = 175 \quad [\text{mm}] \quad \text{Ramię działania siły } F_{t,Rd,z} \quad [6.2.8.1.(3)]$$

$$M_{j,Rd,z} = 24,04 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \quad \text{Nośność połączenia na zginanie} \quad [6.2.8.3]$$

$$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad (6.23) \quad 0,85 < 1,00 \quad \text{zweryfikowano} \quad (0,85)$$

ŚCINANIE

DOCISK ŚRUBY KOTWIĄCEJ DO PŁYTY PODSTAWY

Ścinanie siłą $V_{j,Ed,y}$

$$\alpha_{d,y} = 1,14 \quad \text{Wsp. położenia śrub w kierunku ścinania} \quad [\text{Tablica 3.4}]$$

$$\alpha_{b,y} = 1,00 \quad \text{Wsp. do obliczeń nośności } F_{1,vb,Rd} \quad [\text{Tablica 3.4}]$$

$$k_{1,y} = 2,50 \quad \text{Wsp. położenia śrub prostopadłe do kierunku ścinania} \quad [\text{Tablica 3.4}]$$

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \cdot \alpha_{b,y} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$$F_{1,vb,Rd,y} = 789,60 \quad [\text{kN}] \quad \text{Nośność śruby kotwiącej na docisk do płyty podstawy} \quad [6.2.2.(7)]$$

ŚCIECIE ŚRUBY KOTWIĄCEJ

$\alpha_b =$	0,25	Wsp. do obliczeń nośności $F_{2,vb,Rd}$	[6.2.2.(7)]
$A_{sb} =$	11,20 [cm ²]	Powierzchnia przekroju czynnego śruby	[6.2.2.(7)]
$f_{ub} =$	1220,00 [MPa]	Wytrzymałość materiału śruby na rozciąganie	[6.2.2.(7)]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[6.2.2.(7)]
$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_{sb} / \gamma_{M2}$			
$F_{2,vb,Rd} =$	271,09 [kN]	Nośność śruby na ściecie - bez efektu dźwigni	[6.2.2.(7)]
$\alpha_M =$	2,00	Wsp. zależny od zamocowania kotwi w fundamencie	CEB [9.3.2.2]
$M_{Rk,s} =$	12,00 [kN*m]	Nośność charakterystyczna kotwi na zginanie	CEB [9.3.2.2]
$l_{sm} =$	61 [mm]	Długość ramienia dźwigni	CEB [9.3.2.2]
$\gamma_{Ms} =$	1,20	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	CEB [3.2.3.2]
$F_{v,Rd,sm} = \alpha_M \cdot M_{Rk,s} / (l_{sm} \cdot \gamma_{Ms})$			
$F_{v,Rd,sm} =$	327,91 [kN]	Nośność śruby na ściecie - z efektem dźwigni	CEB [9.3.1]

WYWAŻANIE STOŻKA BETONU

$N_{Rk,c} =$	677,70 [kN]	Nośność obl. ze względu na wrywanie	CEB [9.2.4]
$k_3 =$	2,00	Wsp. zależny długości zakotwienia	CEB [9.3.3]
$\gamma_{Mc} =$	2,16	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	CEB [3.2.3.1]
$F_{v,Rd,cp} = k_3 \cdot N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$			
$F_{v,Rd,cp} =$	627,50 [kN]	Nośność betonu na wyważanie	CEB [9.3.1]

ZNISZCZENIE KRAWĘDZI BETONU**Ścinanie siłą $V_{j,Ed,y}$**

$V_{Rk,c,y}^0 =$	2179,26 [kN]	Nośność charakterystyczna kotwi	CEB [9.3.4.(a)]
$\psi_{A,V,y} =$	0,40	Wsp. zależny od rozstawu kotwi i odległości od krawędzi	CEB [9.3.4]
$\psi_{h,V,y} =$	1,18	Wsp. zależny od grubości fundamentu	CEB [9.3.4.(c)]
$\psi_{s,V,y} =$	0,90	Wsp. wpływu krawędzi równoległych do siły ścinającej	CEB [9.3.4.(d)]
$\psi_{ec,V,y} =$	1,00	Wsp. nierównomierności rozkładu siły ścinającej na kotwie	CEB [9.3.4.(e)]
$\psi_{\alpha,V,y} =$	1,00	Wsp. zależny od kąta działania siły ścinającej	CEB [9.3.4.(f)]
$\psi_{ucr,V,y} =$	1,00	Wsp. zależny od sposobu zbrojenia krawędzi fundamentu	CEB [9.3.4.(g)]
$\gamma_{Mc} =$	2,16	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	CEB [3.2.3.1]
$F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y}^0 \cdot \psi_{A,V,y} \cdot \psi_{h,V,y} \cdot \psi_{s,V,y} \cdot \psi_{ec,V,y} \cdot \psi_{\alpha,V,y} \cdot \psi_{ucr,V,y} / \gamma_{Mc}$			
$F_{v,Rd,c,y} =$	432,44 [kN]	Nośność betonu ze wzgl. na zniszczenie krawędzi	CEB [9.3.1]

POŚLIZG STOPY

$C_{f,d} =$	0,30	Wsp. tarcia między płytą podstawy a betonem	[6.2.2.(6)]
$N_{c,Ed} =$	3413,94 [kN]	Siła ściskająca	[6.2.2.(6)]
$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Ed}$			
$F_{f,Rd} =$	1024,18 [kN]	Nośność na poślizg	[6.2.2.(6)]

DOCISK KLINA OPOROWEGO DO BETONU

$$F_{v,Rd,wg,y} = 1.4 \cdot l_w \cdot b_{wy} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

$$F_{v,Rd,wg,y} = 840,00 \text{ [kN]} \text{ Nośność na docisk klina oporowego do betonu}$$

KONTROLA ŚCINANIA

$$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{v,Rd,wg,y} + F_{t,Rd}$$

$$V_{j,Rd,y} = 2948,56 \text{ [kN]} \text{ Nośność połączenia na ścinanie}$$

CEB [9.3.1]

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$$

$$0,00 < 1,00$$

zweryfikowano

$$(0,00)$$

KONTROLA ŻEBER

Żebro równoległe do osi Z (przechodzące przez środek rury)

$$M_1 = 52,41 \text{ [kN*m]} \text{ Moment zginający żebro}$$

$$Q_1 = 642,89 \text{ [kN]} \text{ Siła ścinająca żebro}$$

$$z_s = 55 \text{ [mm]} \text{ Położenie osi obojętnej (od podstawy płyty)}$$

$$I_s = 12508,45 \text{ [cm}^4\text{]} \text{ Moment bezwładności żebra}$$

$$\sigma_d = 14,73 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie normalne na styku żebra i płyty}$$

EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$$\sigma_g = 102,59 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie normalne w górnych włókach}$$

EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$$\tau = 114,80 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie styczne w żebrze}$$

EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$$\sigma_z = 199,39 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie zastępcze na styku żebra i płyty}$$

EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp} / \gamma_{M0}) \leq 1.0 \text{ (6.1)} \quad 0,56 < 1,00$$

zweryfikowano

$$(0,56)$$

SPOINY MIĘDZY SŁUPEM I PŁYTĄ PODSTAWY

$$\sigma_{\perp} = 53,82 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie normalne w spoinie}$$

[4.5.3.(7)]

$$\tau_{\perp} = 53,82 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie styczne prostopadłe}$$

[4.5.3.(7)]

$$\tau_{yII} = 0,42 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie styczne równoległe do } V_{j,Ed,y}$$

[4.5.3.(7)]

$$\tau_{zII} = 0,00 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie styczne równoległe do } V_{j,Ed,z}$$

[4.5.3.(7)]

$$\beta_w = 0,90 \text{ Współczynnik zależny od wytrzymałości}$$

[4.5.3.(7)]

$$\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0 \text{ (4.1)}$$

$$0,16 < 1,00$$

zweryfikowano

$$(0,16)$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0 \text{ (4.1)}$$

$$0,26 < 1,00$$

zweryfikowano

$$(0,26)$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0 \text{ (4.1)}$$

$$0,26 < 1,00$$

zweryfikowano

$$(0,26)$$

SPOINY PIONOWE ŻEBER

Żebro równoległe do osi Z (przechodzące przez środek rury)

$$\sigma_{\perp} = 0,00 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie normalne w spoinie}$$

[4.5.3.(7)]

$$\tau_{\perp} = 0,00 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie styczne prostopadłe}$$

[4.5.3.(7)]

$$\tau_{II} = 76,28 \text{ [MPa]} \text{ Naprężenie styczne równoległe}$$

[4.5.3.(7)]

$$\sigma_z = 0,00 \text{ [MPa]} \text{ Sumaryczne naprężenie zastępcze}$$

[4.5.3.(7)]

$\sigma_{\perp} =$	0,00	[MPa]	Naprężenie normalne w spoinie	[4.5.3.(7)]
$\beta_W =$	0,90		Współczynnik zależny od wytrzymałości	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_W * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) 0,32 < 1,00				
zweryfikowano				(0,32)

SPOINY POZIOME ŻEBER

Żebro równoległe do osi Z (przechodzące przez środek rury)

$\sigma_{\perp} =$	92,94	[MPa]	Naprężenie normalne w spoinie	[4.5.3.(7)]
$\tau_{\perp} =$	92,94	[MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe	[4.5.3.(7)]
$\tau_{II} =$	101,00	[MPa]	Naprężenie styczne równoległe	[4.5.3.(7)]
$\sigma_z =$	255,25	[MPa]	Sumaryczne naprężenie zastępcze	[4.5.3.(7)]
$\beta_W =$	0,90		Współczynnik zależny od wytrzymałości	[4.5.3.(7)]
$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_W * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) 0,61 < 1,00				
zweryfikowano				(0,61)

SZTYWNOŚĆ POŁĄCZENIA

Zginanie momentem $M_{j,Ed,z}$

$$k_{13,z} = E_c * \sqrt{(A_{c,z}) / (1.275 * E)}$$

$k_{13,z} =$	25	[mm]	Wsp. sztywności ściskanego betonu	[Tablica 6.11]
--------------	----	------	-----------------------------------	----------------

$l_{eff} =$	325	[mm]	Długość efektywna pojedynczego rzędu śrub w trybie 2	[6.2.6.5]
-------------	-----	------	--	-----------

$m =$	69	[mm]	Odległość śruby od krawędzi usztywniającej	[6.2.6.5]
-------	----	------	--	-----------

$$k_{15,z} = 0.850 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$$

$k_{15,z} =$	7	[mm]	Wsp. sztywności płyty podstawy przy rozciąganiu	[Tablica 6.11]
--------------	---	------	---	----------------

$L_b =$	417	[mm]	Długość efektywna śruby kotwiącej	[Tablica 6.11]
---------	-----	------	-----------------------------------	----------------

$$k_{16,z} = 1.6 * A_b / L_b$$

$k_{16,z} =$	4	[mm]	Wsp. sztywności kotwi na rozciąganie	[Tablica 6.11]
--------------	---	------	--------------------------------------	----------------

$\lambda_{0,z} =$	2,31		Smukłość słupa	[5.2.2.5.(2)]
-------------------	------	--	----------------	---------------

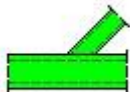
$S_{j,ini,z} =$	55879,56	[kN*m]	Początkowa sztywność obrotowa	[6.3.1.(4)]
-----------------	----------	--------	-------------------------------	-------------

$S_{j,rig,z} =$	60231,19	[kN*m]	Sztywność połączenia sztywnego	[5.2.2.5]
-----------------	----------	--------	--------------------------------	-----------

$S_{j,ini,z} < S_{j,rig,z}$	PÓŁ-SZTYWNE			[5.2.2.5.(2)]
-----------------------------	-------------	--	--	---------------

Połączenie zgodne z normą Proporcja 0,85

3.4. Wymiarowanie połączenia G (połączenie słupa pionowego i słupa ukośnego)



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Obliczenia połączenia węzła kratownicy

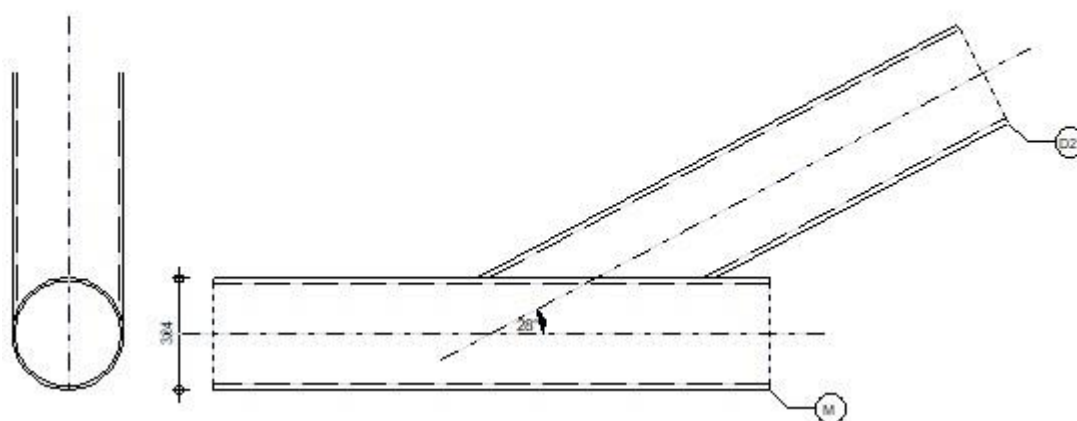
PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011



Proporcja
0,60

D2 - RO 323.9x16

M - RO 323.9x16



OGÓLNE

Nr połączenia: 128

Nazwa połączenia: Węzeł kraty rurowej

Węzeł konstrukcji: 20

Pręty konstrukcji: 104, 105

GEOMETRIA

PRĘTY

		Pas	Krzyżulec 1	Krzyżulec 2	Słupek	
Nr pręta:		104		105		
Profil:		RO 323.9x16		RO 323.9x16		
	h	324		324		mm
	b _f	324		324		mm
	t _w	16		16		mm
	t _f	16		16		mm
	r	0		0		mm

Nr połączenia: 128

Materiał:		S 355		S 355		
	f_y	355,00		355,00		MPa
	f_u	470,00		470,00		MPa
Kąt	θ	0,0		27,9		Deg
Długość	l	19235		17000		mm

SPOINY $a_d = 10$ [mm] Grubość spoin skratowania**OBCIĄŻENIA**

Przypadek: 9: KOMB2 1*1.35+3*1.50

PAS $N_{01,Ed} = 0,00$ [kN] Siła osiowa $M_{01,Ed} = 0,00$ [kN*m] Moment zginający $N_{02,Ed} = -3319,34$ [kN] Siła osiowa $M_{02,Ed} = 0,00$ [kN*m] Moment zginający**KRZYŻULEC 2** $N_2 = 1964,43$ [kN] Siła osiowa $M_2 = 0,00$ [kN*m] Moment zginający**REZULTATY****WERYFIKACJA NOŚNOŚCI EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005** $\gamma_{M5} = 1,00$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]**FORMY ZNISZCZENIA DLA POŁĄCZENIA O PASIE**[Tablica 7.2] dla $N_{i,Rd}$ i [Tablica 7.5] dla**CHS** $M_{i,Rd}$ **PARAMETRY GEOMETRYCZNE** $\beta = 1,00$ Współczynnik zależny od geometrii prętów połączenia $\beta = d_2/d_0$ [1.5 (6)] $\gamma = 10,12$ Współczynnik zależny od geometrii pasa $\gamma = b_0/(2*t_0)$ [1.5 (6)] $n_p = 0,60$ Współczynnik zależny od naprężeń w pasie $n_p = \sigma_{p,Ed}/f_{y0}$ $k_p = 0,71$ Współczynnik zależny od naprężeń w pasie $k_p = 1-0.3*n_p*(1+n_p)$

ZNISZCZENIE PRZYSTYKOWE PASA**KRZYŻULEC 2**

$N_{2,Rd} = 3723,91$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{2,Rd} = [\gamma^{0,2} \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 / \sin(\theta_2)] \cdot (2,8 + 14,2 \cdot \beta^2) / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ 1964,43 < 3723,91$	zweryfikowano (0,53)
$M_{2,Rd} = 689,10$ [kN*m]	Nośność na zginanie	$M_{2,Rd} = 4,85 \cdot [f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_2 / \sin(\theta_2)] \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \beta \cdot k_p / \gamma_{M5}$
$ M_2 \leq M_{2,Rd}$	$ 0,00 < 689,10$	zweryfikowano (0,00)
$N_2/N_{2,Rd} + (M_2/M_{2,Rd})^2 \leq 1$	$0,53 < 1,00$	zweryfikowano (0,53)

PRZEBICIE PASA**KRZYŻULEC 2**

$N_{2,Rd} = 11187,37$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{2,Rd} = f_{y0} / \sqrt{3} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_2^2 \cdot (1 + \sin(\theta_2)) / (2 \cdot \sin^2(\theta_2)) / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ 1964,43 < 11187,37$	zweryfikowano (0,18)
$M_{2,Rd} = 944,37$ [kN*m]	Nośność na zginanie	$M_{2,Rd} = [f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_2^2 / \sqrt{3}] \cdot [(1 + 3 \cdot \sin(\theta_2)) / (4 \cdot \sin^2(\theta_2))] / \gamma_{M5}$
$ M_2 \leq M_{2,Rd}$	$ 0,00 < 944,37$	zweryfikowano (0,00)
$N_2/N_{2,Rd} + (M_2/M_{2,Rd})^2 \leq 1$	$0,18 < 1,00$	zweryfikowano (0,18)

ŚCIECIE PASA**KRZYŻULEC 2**

$A_v = 98,68$ [cm ²]	Pole ścinania pasa	$A_v = 2 \cdot A_0 / \pi$
$N_{2,Rd} = 4322,53$ [kN]	Nośność na rozciąganie	$N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)] / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ 1964,43 < 4322,53$	zweryfikowano (0,45)

NOŚNOŚĆ PASA

$N_{0,Rd} = 5502,50$ [kN]	Nośność na ściskanie	$N_{0,Rd} = (A_0 \cdot f_{y0}) / \gamma_{M5}$
$ N_{02} \leq N_{0,Rd}$	$ -3319,34 < 5502,50$	zweryfikowano (0,60)

WERYFIKACJA SPOIN**KRZYŻULEC 2**

$\beta_w = 0,88$	Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\gamma_{M2} = 1,25$	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[Tablica 2.1]

Spoina podłużna $\sigma_{\perp} = 28,91$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie $\tau_{\perp} = 28,91$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe $\tau_{\parallel} = 77,22$ [MPa] Naprężenie styczne $|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ |28,91| < 338,40 **zweryfikowano** (0,09) $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ 145,71 < 429,71 **zweryfikowano** (0,34)**Spoina poprzeczna wewnętrzna** $\sigma_{\perp} = 84,80$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie $\tau_{\perp} = 21,06$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe $\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Naprężenie styczne $|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ |84,80| < 338,40 **zweryfikowano** (0,25) $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ 92,31 < 429,71 **zweryfikowano** (0,21)**Spoina poprzeczna zewnętrzna** $\sigma_{\perp} = 21,06$ [MPa] Naprężenie normalne w spoinie $\tau_{\perp} = 84,80$ [MPa] Naprężenie styczne prostopadłe $\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa] Naprężenie styczne $|\sigma_{\perp}| \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ |21,06| < 338,40 **zweryfikowano** (0,06) $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ 148,38 < 429,71 **zweryfikowano** (0,35)**Połączenie zgodne z normą**

Proporcja 0,60

3.5. Wymiarowanie połączeń B, D, E, J, L i M

(połączenie rygli/zastrzałów ze słupem prostym/ ukośnym).

3.5.1. Połączenie L



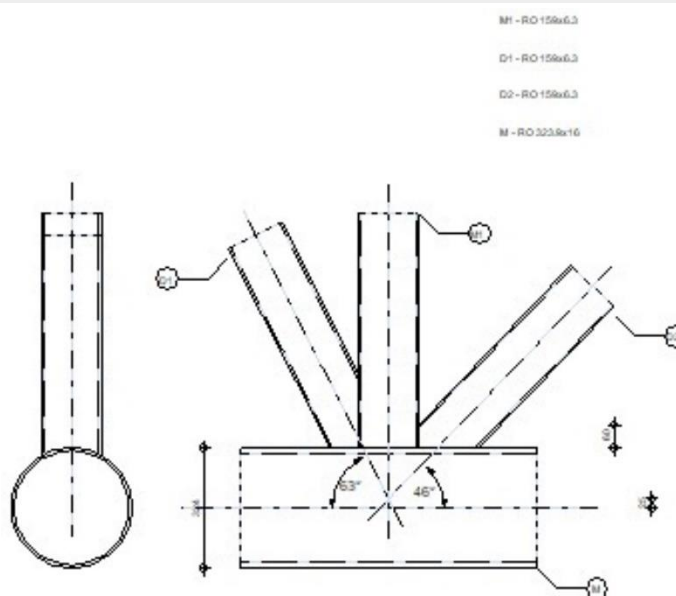
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Obliczenia połączenia węzła kratownicy

PN-EN 1993-1-8:2006/NA:2011



Proporcja
0,36



OGÓLNE

Nr połączenia: 5

Nazwa połączenia: Węzeł kraty rurowej

Węzeł konstrukcji: 84

Pręty konstrukcji: 105, 113, 112, 106

GEOMETRIA

PRĘTY

		Pas	Krzyżulec 1	Krzyżulec 2	Słupek	
Nr pręta:		105	112	113	106	
Profil:		RO 323.9x16	RO 159x6.3	RO 159x6.3	RO 159x6.3	
	h	324	159	159	159	mm
	b _f	324	159	159	159	mm

PRĘTY

		Pas	Krzyżulec 1	Krzyżulec 2	Słupek	
	t_w	16	6	6	6	mm
	t_f	16	6	6	6	mm
	r	0	0	0	0	mm
Materiał:		S 355	S 355	S 355	S 355	
	f_y	355,00	355,00	355,00	355,00	MPa
	f_u	470,00	470,00	470,00	470,00	MPa
Kąt	θ	0,0	63,2	46,1	90,0	Deg
Długość	l	17000	10085	6059	6591	mm

MIMOŚRÓD

$e_0 = -25$ [mm] Mimośród

ROZSTAWY

$g_1 = -99$ [mm] Rozstaw krzyżulca 1

$g_2 = -58$ [mm] Rozstaw krzyżulca 2

SPOINY

$a_d = 5$ [mm] Grubość spoin skratowania

OBCIĄŻENIA

Przypadek: 9: KOMB2 1*1.35+3*1.50

PAS

$N_{01,Ed} = 1996,27$ [kN] Siła osiowa

$M_{01,Ed} = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

$N_{02,Ed} = 2008,00$ [kN] Siła osiowa

$M_{02,Ed} = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

KRZYŻULEC 1

$N_1 = -9,60$ [kN] Siła osiowa

$M_1 = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

KRZYŻULEC 2

$N_2 = -18,69$ [kN] Siła osiowa
 $M_2 = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

SŁUPEK

$N_3 = 10,55$ [kN] Siła osiowa
 $M_3 = 0,00$ [kN*m] Moment zginający

REZULTATY**UWZGLĘDNI NIEOSIOWEGO POŁĄCZENIA PRĘTÓW W WĘZLE**

$M_0 = 0,29$ [kN*m] Dodatkowy moment od mimośrodowego połączenia prętów $M_0 = (N_{02} - N_{01}) * e_0$
 $\Sigma E_i J_i / L_i = 9857172,47$ [kN*m] Całkowita sztywność układu
 $\Delta M_{01} = 0,14$ [kN*m] Dodatkowy moment w pasie
 $\Delta M_{02} = 0,14$ [kN*m] Dodatkowy moment w pasie
 $\Delta M_2 = 0,01$ [kN*m] Dodatkowy moment w krzyżulcu
 $\Delta M_1 = 0,01$ [kN*m] Dodatkowy moment w krzyżulcu
 $\Delta M_3 = 0,01$ [kN*m] Dodatkowy moment w krzyżulcu

WERYFIKACJA NOŚNOŚCI EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005

$\gamma_{M5} = 1,00$ Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [Tablica 2.1]

FORMY ZNISZCZENIA DLA POŁĄCZENIA O PASIE CHS[Tablica 7.2] dla $N_{i,Rd}$ i [Tablica 7.5] dla $M_{i,Rd}$ **PARAMETRY GEOMETRYCZNE**

$\beta = 0,49$ Współczynnik zależny od geometrii prętów połączenia $\beta = (d_1 + d_2 + d_3) / (3 * d_0)$ [1.5 (6)]
 $\gamma = 10,12$ Współczynnik zależny od geometrii pasa $\gamma = b_0 / (2 * t_0)$ [1.5 (6)]
 $k_g = 2,19$ Współczynnik $k_g = \gamma^{0.2} * (1 + 0.024 * \gamma^{1.2}) / (\exp(0.5 * g_1 / t_0 - 1.33) + 1)$
 $k_p = 1,00$ Współczynnik zależny od naprężeń w pasie $k_p = 1.0$

ZNISZCZENIE PRZYSTYKOWE PASA**KRZYŻULEC 2**

$N_{2,Rd} = 1883,61$ [kN] Nośność na ściskanie	$N_{2,Rd} = [k_p \cdot k_g \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 / \sin(\theta_2)] \cdot (1.8 + 10.2 \cdot d_2 / d_0) / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ -18,69 < 1883,61$ zweryfikowano (0,01)
$M_{2,Rd} = 151,85$ [kN*m] Nośność na zginanie	$M_{2,Rd} = 4.85 \cdot [f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_2 / \sin(\theta_2)] \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \beta \cdot k_p / \gamma_{M5}$
$ M_2 + \Delta M_2 \leq M_{2,Rd}$	$ 0,01 < 151,85$ zweryfikowano (0,00)
$N_2 / N_{2,Rd} + ((M_2 + \Delta M_2) / M_{2,Rd})^2 \leq 1$	$0,01 < 1,00$ zweryfikowano (0,01)

KRZYŻULEC 1

$N_{1,Rd} = 1521,36$ [kN] Nośność na ściskanie	$N_{1,Rd} = [k_p \cdot k_g \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 / \sin(\theta_1)] \cdot (1.8 + 10.2 \cdot d_1 / d_0) / \gamma_{M5}$
$ N_1 \leq N_{1,Rd}$	$ -9,60 < 1521,36$ zweryfikowano (0,01)
$M_{1,Rd} = 122,64$ [kN*m] Nośność na zginanie	$M_{1,Rd} = 4.85 \cdot [f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_1 / \sin(\theta_1)] \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \beta \cdot k_p / \gamma_{M5}$
$ M_1 + \Delta M_1 \leq M_{1,Rd}$	$ 0,01 < 122,64$ zweryfikowano (0,00)
$N_1 / N_{1,Rd} + ((M_1 + \Delta M_1) / M_{1,Rd})^2 \leq 1$	$0,01 < 1,00$ zweryfikowano (0,01)

SŁUPEK

$N_{3,Rd} = 1357,71$ [kN] Nośność na rozciąganie	$N_{3,Rd} = [\sin(\theta_2) / \sin(\theta_3)] \cdot N_{2,Rd}$
$ N_3 \leq N_{3,Rd}$	$ 10,55 < 1357,71$ zweryfikowano (0,01)
$M_{3,Rd} = 109,45$ [kN*m] Nośność na zginanie	$M_{3,Rd} = 4.85 \cdot [f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_3 / \sin(\theta_3)] \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \beta \cdot k_p / \gamma_{M5}$
$ M_3 + \Delta M_3 \leq M_{3,Rd}$	$ 0,01 < 109,45$ zweryfikowano (0,00)
$N_3 / N_{3,Rd} + ((M_3 + \Delta M_3) / M_{3,Rd})^2 \leq 1$	$0,01 < 1,00$ zweryfikowano (0,01)

PRZEBICIE PASA**KRZYŻULEC 2**

$N_{2,Rd} = 2712,69$ [kN] Nośność na ściskanie	$N_{2,Rd} = f_{y0} / \sqrt{3} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot (1 + \sin(\theta_2)) / (2 \cdot \sin^2(\theta_2)) / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ -18,69 < 2712,69$ zweryfikowano (0,01)
$M_{2,Rd} = 126,16$ [kN*m] Nośność na zginanie	$M_{2,Rd} = [f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_2^2 / \sqrt{3}] \cdot [(1 + 3 \cdot \sin(\theta_2)) / (4 \cdot \sin^2(\theta_2))] / \gamma_{M5}$
$ M_2 + \Delta M_2 \leq M_{2,Rd}$	$ 0,01 < 126,16$ zweryfikowano (0,00)
$N_2 / N_{2,Rd} + ((M_2 + \Delta M_2) / M_{2,Rd})^2 \leq 1$	$0,01 < 1,00$ zweryfikowano (0,01)

KRZYŻULEC 1

$N_{1,Rd} = 1946,13$ [kN] Nośność na ściskanie	$N_{1,Rd} = f_{y0} / \sqrt{3} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot (1 + \sin(\theta_1)) / (2 \cdot \sin^2(\theta_1)) / \gamma_{M5}$
$ N_1 \leq N_{1,Rd}$	$ -9,60 < 1946,13$ zweryfikowano (0,00)

$M_{1,Rd} = 95,70$ [kN*m] Nośność na zginanie	$M_{1,Rd} = [f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_1^2 / \sqrt{3}] \cdot [(1+3 \cdot \sin(\theta_1)) / (4 \cdot \sin^2(\theta_1))] / \gamma_{M5}$
$ M_1 + \Delta M_1 \leq M_{1,Rd}$	$ 0,01 < 95,70$ zweryfikowano (0,00)
$N_1/N_{1,Rd} + ((M_1 + \Delta M_1)/M_{1,Rd})^2 \leq 1$	$0,00 < 1,00$ zweryfikowano (0,00)

SŁUPEK

$N_{3,Rd} = 1638,08$ [kN] Nośność na rozciąganie	$N_{3,Rd} = f_{y0} / \sqrt{3} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot (1 + \sin(\theta_3)) / (2 \cdot \sin^2(\theta_3)) / \gamma_{M5}$
$ N_3 \leq N_{3,Rd}$	$ 10,55 < 1638,08$ zweryfikowano (0,01)
$M_{3,Rd} = 82,91$ [kN*m] Nośność na zginanie	$M_{3,Rd} = [f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_3^2 / \sqrt{3}] \cdot [(1+3 \cdot \sin(\theta_3)) / (4 \cdot \sin^2(\theta_3))] / \gamma_{M5}$
$ M_3 + \Delta M_3 \leq M_{3,Rd}$	$ 0,01 < 82,91$ zweryfikowano (0,00)
$N_3/N_{3,Rd} + ((M_3 + \Delta M_3)/M_{3,Rd})^2 \leq 1$	$0,01 < 1,00$ zweryfikowano (0,01)

ŚCIECIE PASA**KRZYŻULEC 2**

$A_v = 98,68$ [cm ²] Pole ścinania pasa	$A_v = 2 \cdot A_0 / \pi$
$N_{2,Rd} = 2805,83$ [kN] Nośność na ściskanie	$N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot A_w / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)] / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ -18,69 < 2805,83$ zweryfikowano (0,01)

KRZYŻULEC 1

$A_v = 98,68$ [cm ²] Pole ścinania pasa	$A_v = 2 \cdot A_0 / \pi$
$N_{1,Rd} = 2266,22$ [kN] Nośność na ściskanie	$N_{1,Rd} = f_{y0} \cdot A_w / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_1)] / \gamma_{M5}$
$ N_1 \leq N_{1,Rd}$	$ -9,60 < 2266,22$ zweryfikowano (0,00)

SŁUPEK

$A_v = 98,68$ [cm ²] Pole ścinania pasa	$A_v = 2 \cdot A_0 / \pi$
$N_{3,Rd} = 2022,46$ [kN] Nośność na rozciąganie	$N_{3,Rd} = f_{y0} \cdot A_w / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_3)] / \gamma_{M5}$
$ N_3 \leq N_{3,Rd}$	$ 10,55 < 2022,46$ zweryfikowano (0,01)

NOŚNOŚĆ PASA

$V_{pl,Rd} = 2022,46$ [kN] Nośność plastyczna na ścinanie	$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_{y0}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$
$ V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$	$ 13,47 < 2022,46$ zweryfikowano (0,01)
$N_{0,Rd} = 5502,42$ [kN] Nośność na rozciąganie	$N_{0,Rd} = [(A_0 - A_v) \cdot f_{y0} + A_v \cdot f_{y0} \cdot \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2}] / \gamma_{M5}$
$ N_{02} \leq N_{0,Rd}$	$ 2008,00 < 5502,42$ zweryfikowano (0,36)

WERYFIKACJA SPOIN**KRZYŻULEC 2**

$\beta_w =$	0,88	Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} =$	-2,46 [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} =$	-2,46 [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} =$	-3,35 [MPa]	Naprężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -2,46 < 338,40$	zweryfikowano	(0,01)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$7,61 < 429,71$	zweryfikowano	(0,02)

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$\sigma_{\perp} =$	-4,45 [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} =$	-1,89 [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} =$	0,00 [MPa]	Naprężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -4,45 < 338,40$	zweryfikowano	(0,01)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$5,52 < 429,71$	zweryfikowano	(0,01)

Spoina poprzeczna zewnętrzna

$\sigma_{\perp} =$	-1,89 [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} =$	-4,45 [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} =$	0,00 [MPa]	Naprężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -1,89 < 338,40$	zweryfikowano	(0,01)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$7,93 < 429,71$	zweryfikowano	(0,02)

KRZYŻULEC 1

$\beta_w =$	0,88	Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} =$	-1,76 [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} =$	-1,76 [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} =$	-1,26 [MPa]	Naprężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -1,76 < 338,40$	zweryfikowano	(0,01)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$4,14 < 429,71$	zweryfikowano	(0,01)

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$\sigma_{\perp} =$	-2,37 [MPa]	Naprężenie normalne w spoinie
$\tau_{\perp} =$	-1,46 [MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe
$\tau_{\parallel} =$	0,00 [MPa]	Naprężenie styczne

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -2,37 < 338,40$	zweryfikowano	(0,01)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$3,47 < 429,71$	zweryfikowano	(0,01)

Spoina poprzeczna zewnętrzna

$\sigma_{\perp} =$	-1,46	[MPa]	Naprężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} =$	-2,37	[MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Naprężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -1,46 < 338,40$		zweryfikowano	(0,00)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$4,36 < 429,71$		zweryfikowano	(0,01)	

SŁUPEK

$\beta_w =$	0,88	Współczynnik korelacji	[Tablica 4.1]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa	[Tablica 2.1]

Spoina podłużna

$\sigma_{\perp} =$	2,29	[MPa]	Naprężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} =$	2,29	[MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Naprężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 2,29 < 338,40$		zweryfikowano	(0,01)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$4,59 < 429,71$		zweryfikowano	(0,01)	

Spoina poprzeczna wewnętrzna

$\sigma_{\perp} =$	2,29	[MPa]	Naprężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} =$	2,29	[MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Naprężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 2,29 < 338,40$		zweryfikowano	(0,01)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$4,59 < 429,71$		zweryfikowano	(0,01)	

Spoina poprzeczna zewnętrzna

$\sigma_{\perp} =$	2,29	[MPa]	Naprężenie normalne w spoinie		
$\tau_{\perp} =$	2,29	[MPa]	Naprężenie styczne prostopadłe		
$\tau_{\parallel} =$	0,00	[MPa]	Naprężenie styczne		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 2,29 < 338,40$		zweryfikowano	(0,01)	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$4,59 < 429,71$		zweryfikowano	(0,01)	

Połączenie zgodne z normą

Proporcja 0,36

3.5.2. Połączenie B, D, E, J i M

Przyjęto geometrie połączeń B, D, E, J i M taka samą jak połączenia L. W Tabeli 3.2 przedstawiono wyężenie połączeń.

Tabela 3.2. Siły występujące w połączeniach

Lokalizacja połączenia	Siła N_{Ed} [kN]	Nośność połączenia [kN]	Wyężenie połączenia
L	2008,00	5502,42	0,36
B	2007,93	5502,42	0,36
D	2016,15	5502,50	0,37
E	2022,88	5500,58	0,37
J	3401,26	5502,50	0,62
M	3324,07	5502,50	0,60