

Dokument Ref:	SX031a-PL-EU	Strona	1 z 36
Tytuł	Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe		
Dot. Eurokodu	EN 1993-1-8		
Wykonał	Edurne Núñez	Data	listopad 2005
Sprawdził	Abdul Malik	Data	listopad 2006



Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe

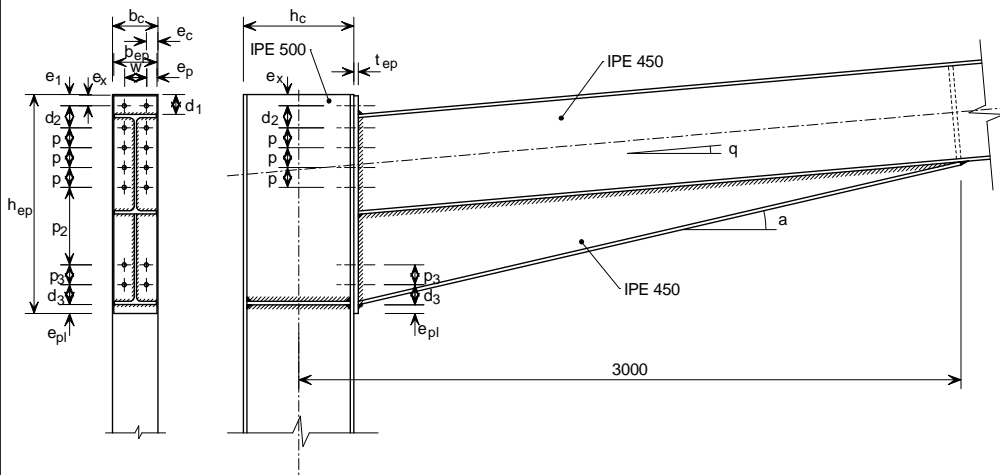
Przykład pokazuje sposób wyznaczania nośności przy zginaniu i ścinaniu połączenia okapowego ramy, uwzględniając także wymiarowanie spoin. Przy obliczeniu nośności przy zginaniu zastosowano metodę uproszczoną, będącą konserwatywnym oszacowaniem nośności. Metoda pomija wpływ szeregów śrub rozważanych jako grupa. Połączenie jest kategorii **D**: połączenie typu doczołowe, z zastosowaniem śrub niesprężonych.


Nośność węzła okapowego przenoszącego moment zginający

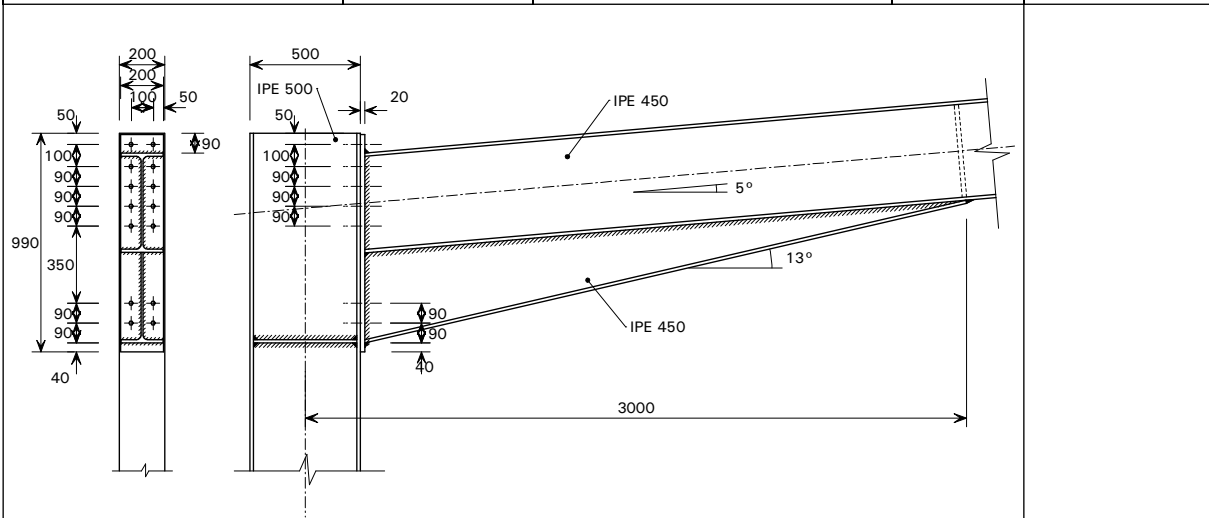
Tablica 1.1 Nośność węzła okapowego

Nośność	
Potencjalna nośność na rozciąganie rzędu śrub w strefie rozciąganej	$F_{t,Rd}$
Nośność przy ściskaniu	$F_{c,Rd}$
Nośność przy ścinaniu panelu środknika słupa	$V_{wp,Rd}$
Nośność przy zginaniu	$M_{j,Rd}$
Nośność przy ścinaniu siłą pionową	V_{Rd}

1 Połączenie okapowe – dane



ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	2 z 36	
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>			
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>			
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>	
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>	




Dane główne

Układ	Styk rygla do pasa słupa
Słup	IPE 500 S355
Belka (rygiel)	IPE 450 S355
Typ połączenia	Połączenie doczołowe ze śrubami niesprężonymi
	Kategoria D Połączenie dociskowe
Blacha czołowa	bl. 20 × 200 × 990, S355
Śruby	M24, kl. 8.8

Słup IPE 500, S355

Wysokość	h_c	= 500 mm
Szerokość	b_c	= 200 mm
Grubość środnika	t_{wc}	= 10,2 mm
Grubość pasa	t_{fc}	= 16,0 mm
Promień wyokrąglenia	r_c	= 21 mm
Pole przekroju poprzecznego	A_c	= 116 cm ²
Moment bezwładności	$I_{y,c}$	= 48200 cm ⁴
Wysokość płaskiej części środnika	$d_{c,c}$	= 426 mm
Granica plastyczności	$f_{y,c}$	= 355 N/mm ²
Granica wytrzymałości	$f_{u,c}$	= 510 N/mm ²

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	3 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Podpierana belka (rygiel) IPE 450, S355


Wysokość	h_b	= 450 mm
Szerokość	b_b	= 190 mm
Grubość środnika	t_{wb}	= 9,4 mm
Grubość pasa	t_{fb}	= 14,6 mm
Promień wyokrąglenia	r_b	= 21 mm
Pole przekroju poprzecznego	A_b	= 98,8 cm ²
Moment bezwładności	$I_{y,b}$	= 33740 cm ⁴
Wysokość płaskiej części środnika	$d_{c,b}$	= 378,8 mm
Wysokość w licach wewn. pasów	$h_{i,b}$	= 420,8 mm
Granica plastyczności	$f_{y,b}$	= 355 N/mm ²
Granica wytrzymałości	$f_{u,b}$	= 510 N/mm ²


Skos IPE 450, S355

Wysokość	h_h	= 450 mm
Szerokość	b_h	= 190 mm
Grubość środnika	t_{wh}	= 9,4 mm
Grubość pasa	t_{fh}	= 14,6 mm
Promień wyokrąglenia	r_h	= 21 mm
Granica plastyczności	$f_{y,h}$	= 355 N/mm ²
Granica wytrzymałości	$f_{u,h}$	= 510 N/mm ²

Błacha czołowa bl. 20 × 200 × 990, S355

Wysokość	h_p	= 990 mm
Szerokość	b_p	= 200 mm
Grubość	t_p	= 20 mm
Granica plastyczności	$f_{y,p}$	= 355 N/mm ²
Granica wytrzymałości	$f_{u,p}$	= 510 N/mm ²

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	4 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>
Liczba poziomych szeregów śrub rozciąganych	n_t	=	5	
Liczba szeregów śrub ścinanych	n_s	=	2	
Odległość od brzegu blachy czołowej do osi pierwszego szeregu śrub	e_x	=	50 mm	
Odległość od brzegu słupa do osi pierwszego szeregu śrub	e_1	=	50 mm	
Podziałka między śrubami w strefie rozciąganej	p	=	90 mm	
Podziałka między ostatnią śrubą rozciąganą a pierwszą ścinaną	p_2	=	90 mm	
Podziałka między śrubami w strefie ścinania	p_3	=	90 mm	
Odległość od lica belki do brzegu blachy czołowej	d_1	=	90 mm	
Podziałka między śrubami w wystającej części blachy czołowej a pierwszym wewnętrznym szeregiem śrub, poniżej pasa belki	d_2	=	100 mm	
Odległość pomiędzy osią ostatniego szeregu śrub ścinanych do dolnego lica pasa skosu	d_3	=	90 mm	
Odległość pomiędzy dolnym licem pasa ściskanego belki a brzegiem blachy czołowej	e_{pl}	=	40 mm	
Odległość od brzegu blachy czołowej do linii śrub w szeregu pionowym	e_p	=	50 mm	
j.w. lecz od brzegu pasa słupa	e_c	=	50 mm	
Rozstaw rzędów pionowych śrub	w	=	100 mm	
<u>Śruby M24, 8.8</u>				
Pole przekroju czynnego	A_s	=	353 mm ²	
Średnica nominalna śruby	d	=	24 mm	
Średnica otworu	d_0	=	26 mm	
Granica plastyczności	f_{yb}	=	640 N/mm ²	
Granica wytrzymałości	f_{ub}	=	800 N/mm ²	
<u>Współczynniki częściowe</u>				
γ_{M0}	=	1,0		
$\gamma_{M,1}$	=	1,0		
$\gamma_{M,2}$	=	1,25 (w przypadku ścinania w SGN)		
<u>Właściwości stali</u>				
Moduł sprężystości podłużnej	E	=	210000 N/mm ²	
				PN-EN 1993-1-1 §6.1 , uwaga 2B

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>5 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Siły obliczeniowe

$$M_{Ed} = 880 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 175 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 200 \text{ kN}$$

Dodatkowe dane geometryczne

$$m_{x,p} = (d_1 - e_x - 0,8\sqrt{2}a_{tf}) = (90 - 50 - 0,8 \times \sqrt{2} \times 8)$$

$$m_{x,p} = 30,95 \text{ mm}$$

$$m_{p1} = \frac{(w - t_{wb} - 2 \times 0,8\sqrt{2}a_w)}{2} = \frac{(100 - 9,4 - 2 \times 0,8 \times \sqrt{2} \times 6)}{2}$$

$$m_{p1} = 38,51 \text{ mm}$$

$$m_{p2} = d_2 - (d_1 - e_x) - \frac{t_{fb}}{\cos\left(\theta \frac{2\pi}{360}\right)} - 0,8\sqrt{2}a_{tf}$$

$$m_{p2} = 100 - (90 - 50) - \frac{14,6}{\cos\left(5 \frac{2\pi}{360}\right)} - 0,8 \times \sqrt{2} \times 8$$

$$m_{p2} = 36,29 \text{ mm}$$

$$m_{p3} = \frac{h_b}{\cos\left(\theta \frac{2\pi}{360}\right)} - 0,8\sqrt{2}a_w - [(e_x + d_2) - d_1] - 3p - \frac{t_{fb}}{\cos\left(\theta \frac{2\pi}{360}\right)}$$


$$m_{p3} = \frac{450}{\cos\left(5 \frac{2\pi}{360}\right)} - 0,8 \times \sqrt{2} \times 6 - [(50 + 100) - 90] - 3 \times 90 - \frac{14,6}{\cos\left(5 \frac{2\pi}{360}\right)}$$

$$m_{p3} = 100,27 \text{ mm}$$

$$m_{c1} = \frac{w - 0,8 \times 2r_c - t_{wc}}{2} = \frac{100 - 0,8 \times 2 \times 21 - 10,2}{2}$$

$$m_{c1} = 28,1 \text{ mm}$$

[PN-EN
1993-1-8
Rys 6.2](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	6 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Odległości końcowe

$$e_{\min} = \min(e_{c1}; e_p)$$

$$e_{\min} = 50 \text{ mm}$$

$$n_{p,c} = \min(e_{\min}; 1,25m_{c1})$$

$$n_{p,c} = 35,13 \text{ mm}$$

$$n_{p,ep} = \min(e_{\min}; 1,25m_{p1})$$

$$n_{p,ep} = 48,14 \text{ mm}$$

Pole przekroju czynnego słupa

$$\eta = 1,0$$

$$A_{vc} = \max[A_c - 2b_c t_{fc} + t_{fc}(t_{wc} + 2r_c); \eta h_{wc} t_{wc}]$$

$$A_{vc} = \max[11600 - 2 \times 200 \times 16 + 16 \times (10,2 + 2 \times 21); 1,0 \times 500 \times 10,2]$$

$$A_{v,c} = 6035,2 \text{ mm}^2$$

Nośność śrub na rozciąganie

$$k_2 = 0,9$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 353}{1,25} = 203 \text{ kN (dla jednej śruby)}$$

2 Spoiny

2.1 Spoina łącząca pas rozciągany do blachy czołowej

Stosownie do pierwszej opcji podanej w informacjach uzupełniających dotyczących połączeń okapowych, można zastosować uproszczoną formułę projektowania spoiny o pełnej nośności:

$$a_{tf} \geq 0,55t_{fb} = 0,55 \times 14,6 = 8,03$$


Zatem,

$$a_{tf} = 8 \text{ mm}$$

[PN-EN
1993-1-1
§6.2.6\(3\)](#)

[PN-EN
1993-1-8
Tablica 3.4.](#)

[SN041
Rozdział 3](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>7 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

2.2 Spoina łącząca środnik do blachy czołowej

Spoina o pełnej nośności może być zaprojektowana za pomocą następującej formuły:

$$a_w \geq 0,55t_{wb} = 0,55 \cdot 9,4 = 5,17 \text{ mm}$$

Zatem,

$$a_w = 6 \text{ mm}$$

2.3 Spoina łącząca pas ściskany

Zakładając, że przekazanie sił odbędzie się przez docisk, przyjęto spoinę o grubości nominalnej. Grubość pasa skosu wynosi 14.6 mm, zatem zastosowano spoinę o grubości 6 mm.

$$a_{cf} = 6 \text{ mm}$$

3 Nośności szeregu śrub przy rozciąganiu

3.1 Szereg 1

3.1.1 Słup

Długość efektywna

Długość efektywna króćca teowego może być określona jako najmniejsza z wartości obliczonych poniżej:

$$2\pi m_{c1} = 2\pi \times 28,1 = 176,56 \text{ mm}$$


$$4m_{c1} + 1,25e_x = 4 \times 28,1 + 1,25 \times 50 = 174,9 \text{ mm}$$

$$\pi m_{c1} + 0,5p = \pi \times 28,1 + 0,5 \times 90 = 133,28 \text{ mm}$$

$$2m_{c1} + 0,625e_c + 0,5p = 2 \times 28,1 + 0,625 \times 50 + 0,5 \times 90 = 132,45 \text{ mm}$$

$$e_x + \frac{d_2}{2} = 50 + \frac{100}{2} = 100 \text{ mm}$$

[SN041](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	8 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

$$l_{\text{eff},1,c} = \min \left(\begin{array}{l} 2\pi m_{c1}; 4m_{c1} + 1,25e_x; \pi m_{c1} + 0,5p; \\ 2m_{c1} + 0,625e_c + 0,5p; e_x + \frac{d_2}{2} \end{array} \right) = \min \left(\begin{array}{l} 176,56; 174,9; \\ 133,28; 132,45; 100 \end{array} \right)$$

$$l_{\text{eff},1,c} = 100 \text{ mm}$$

Pas słupa zginany wskutek oddziaływań poprzecznych

[SN041](#)

Model 1; Metoda 1

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd},\text{r},1,c} = \frac{0,25l_{\text{eff},1,c}t_{\text{fc}}^2 f_{y,c}}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{0,25 \times 100 \times 16^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd},\text{r},1,c} = 2,272 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd},\text{fc}} = \frac{4M_{\text{pl},1,\text{Rd},\text{r},1,c}}{m_{c1}} = \frac{4 \times 2,272 \times 10^6}{28,1}$$

$$\therefore F_{\text{T},1,\text{Rd},\text{fc}} = 393,42 \text{ kN}$$

Model 2

$$M_{\text{pl},2,\text{Rd},\text{r},1,c} = \frac{0,25l_{\text{eff},1,c}t_{\text{fc}}^2 f_{y,c}}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{0,25 \times 100 \times 16^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{\text{pl},2,\text{Rd},\text{r},1,c} = 2,272 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{\text{T},2,\text{Rd},\text{fc}} = \frac{2M_{\text{pl},2,\text{Rd},\text{r},1,c} + n_{\text{p},c} \sum F_{\text{t},\text{Rd}}}{m_{c1} + n_{\text{p},c}}$$


$$= \frac{2 \times 2,272 \times 10^6 + 35,13 \times 406,66 \times 10^3}{28,1 + 35,13}$$

$$\therefore F_{\text{T},2,\text{Rd},\text{fc}} = 297,8 \text{ kN}$$

Model 3

$$F_{\text{T},3,\text{Rd},\text{fc}} = \sum F_{\text{t},\text{Rd}}$$

$$F_{\text{T},3,\text{Rd},\text{fc}} = 2 \times 203 = 406 \text{ kN}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	9 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Zatem nośność pasa słupa zginanego wynosi

$$F_{T,Rd,fc} = \min(F_{T,1,Rd,fc}; F_{T,2,Rd,fc}; F_{T,3,Rd,fc}) = \min(323; 298; 406)$$

$$F_{T,Rd,fc} = 298 \text{ kN}$$

Środek słupa przy poprzecznym rozciąganiu

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega_{r1,c} \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,c}}{\gamma_{M0}}$$

Stosownie do geometrii połączenia

$$\beta = 1$$

A zatem,

$$\omega_{r1,c} = \omega_{1,r1,c}$$

$$b_{eff,t,wc} = l_{eff,1,c}$$

$$\omega_{1,r1,c} = \frac{1}{\sqrt{1+1,3\left(\frac{b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc}}{A_{vc}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+1,3\left(\frac{100 \times 10,2}{6035,2}\right)^2}}$$

$$\omega_{1,r1,c} = 0,98$$

$$\omega_{r1,c} = 0,98$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{0,98 \times 100 \times 10,2 \times 355}{1,0}$$

$$F_{t,wc,Rd} = 355 \text{ kN}$$

3.1.2 Belka


Długość efektywna

Długość efektywna króćca teowego może być określona jako najmniejsza z wartości obliczonych poniżej:

[PN-EN
1993-1-8
Tablica 5.4](#)

[PN-EN
1993-1-8
Tablica 6.3](#)

[PN-EN
1993-1-8
§6.2.6.3\(3\)](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>10 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

$$2\pi n_{x,p} = 2\pi \times 30,95 = 194,46 \text{ mm}$$

$$\pi n_{x,p} + w = \pi \times 30,95 + 100 = 197,23 \text{ mm}$$

$$\pi n_{x,p} + 2e_p = \pi \times 30,95 + 2 \times 50 = 197,23 \text{ mm}$$

$$4m_{x,p} + 1,25e_x = 4 \times 30,95 + 1,25 \times 50 = 186,3 \text{ mm}$$

$$e_p + 2m_{x,p} + 0,625e_x = 50 + 2 \times 30,95 + 0,625 \times 50 = 143,15 \text{ mm}$$

$$0,5b_p = 0,5 \times 200 = 100 \text{ mm}$$

$$0,5w + 2m_{x,p} + 0,625e_x = 0,5 \times 100 + 2 \times 30,95 + 0,625 \times 50 = 143,15 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},1,b} = \min \left(\begin{array}{l} 2\pi n_{x,p}; \quad \pi n_{x,p} + w; \quad \pi n_{x,p} + 2e_p; \quad 4m_{x,p} + 1,25e_x; \\ e_p + 2m_{x,p} + 0,625e_x; \quad 0,5b_p; \quad 0,5w + 2m_{x,p} + 0,625e_x \end{array} \right)$$

$$= \min(194,46; 197,23; 197,23; 186,3; 143,15; 100; 143,15)$$

$$l_{\text{eff},1,b} = 100 \text{ mm}$$

Blacha czołowa w strefie rozciągania

Model 1; Metoda 1

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd},r1,b} = \frac{0,25l_{\text{eff},1,b}t_p^2 f_{y,p}}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{0,25 \times 100 \times 20^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd},r1,b} = 3,55 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd},\text{ep}} = \frac{4M_{\text{pl},1,\text{Rd},r1,b}}{m_{p1}} = \frac{4 \times 3,55 \times 10^6}{38,51}$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd},\text{ep}} = 368,7 \text{ kN}$$


Model 2

$$M_{\text{pl},2,\text{Rd},r1,b} = \frac{0,25l_{\text{eff},1,b}t_p^2 f_{y,p}}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{0,25 \times 100 \times 20^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{\text{pl},2,\text{Rd},r1,b} = 3,55 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

[SN041](#)

[SN041](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>11 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

$$F_{T,2,Rd,ep} = \frac{2M_{p1,2,Rd,r1,b} + n_{p,ep} \sum F_{t,Rd}}{m_{p1} + n_{p,ep}}$$

$$= \frac{2 \times 3,55 \times 10^6 + 48,14 \times 406,66 \times 10^3}{38,51 + 48,14}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = 307,86 \text{ kN}$$

Model 3

$$F_{T,3,Rd,ep} = \sum F_{t,Rd}$$

$$F_{T,3,Rd,ep} = 2 \times 203 = 406 \text{ kN}$$

Zatem nośność blachy czołowej w strefie rozciągania wynosi:

$$F_{T,1,Rd,ep} = \min(F_{T,1,Rd,ep}; F_{T,2,Rd,ep}; F_{T,3,Rd,ep}) = \min(369; 308; 406)$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = 308 \text{ kN}$$


$$\therefore F_{t,Rd(row1)} = \min(298; 355; 308) = 298 \text{ kN}$$

3.2 Szereg 2

3.2.1 Słup

Długość efektywna

Długość efektywna może zostać określona jako najmniejsza z wartości obliczonych poniżej:

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>12 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

$$2\pi m_{c1} = 2\pi \times 28,1 = 176,56 \text{ mm}$$

$$4m_{c1} + 1,25e_c = 4 \times 28,1 + 1,25 \times 50 = 174,9 \text{ mm}$$

$$\pi m_{c1} + \frac{p}{2} = \pi \times 28,1 + \frac{90}{2} = 133,28 \text{ mm}$$

$$2m_{c1} + 0,625e_c + \frac{p}{2} = 2 \times 28,1 + 0,625 \times 50 + \frac{90}{2} = 132,45 \text{ mm}$$

$$\pi m_{c1} + \frac{d_2}{2} = \pi \times 28,1 + \frac{100}{2} = 138,28 \text{ mm}$$

$$2m_{c1} + 0,625e_c + \frac{d_2}{2} = 137,45 \text{ mm}$$

$$\frac{d_2}{2} + \frac{p}{2} = \frac{100}{2} + \frac{90}{2} = 95 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},2,c} = \min \left(\begin{array}{l} 2\pi m_{c1}; \quad 4m_{c1} + 1,25e_c; \quad \pi m_{c1} + \frac{p}{2}; \quad 2m_{c1} + 0,625e_c + \frac{p}{2}; \\ \pi m_{c1} + \frac{d_2}{2}; \quad 2m_{c1} + 0,625e_c + \frac{d_2}{2}; \quad \frac{d_2}{2} + \frac{p}{2} \end{array} \right)$$

$$= \min(176,56; \quad 174,9; \quad 133,28; \quad 132,45; \quad 138,28; \quad 137,45; \quad 95)$$

$$l_{\text{eff},2,c} = 95 \text{ mm}$$

Pas słupa zginany wskutek oddziaływań poprzecznych


Model 1; Metoda 1

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd},\text{r}2,\text{c}} = \frac{0,25l_{\text{eff},2,\text{c}}t_{\text{fc}}^2 f_{\text{y},\text{c}}}{\gamma_{\text{M}0}} = \frac{0,25 \times 95 \times 16^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd},\text{r}2,\text{c}} = 2,16 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd},\text{fc}} = \frac{4M_{\text{pl},1,\text{Rd},\text{r}2,\text{c}}}{m_{\text{c1}}} = \frac{4 \times 2,16 \times 10^6}{28,1}$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd},\text{fc}} = 307,5 \text{ kN}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>13 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Model 2

$$M_{pl,2,Rd,r2,c} = \frac{0,25l_{eff,2,c} t_{fc}^2 f_{y,c}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 95 \times 16^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,2,Rd,r2,c} = 2,16 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = \frac{2M_{pl,2,Rd,r2,c} + n_{p,c} \sum F_{t,Rd}}{m_{c1} + n_{p,c}}$$

$$= \frac{2 \times 2,16 \times 10^6 + 35,13 \times 406,66 \times 10^3}{28,1 + 35,13}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = 294,3 \text{ kN}$$

Model 3

$$F_{T,3,Rd,fc} = \sum F_{t,Rd}$$

$$F_{T,3,Rd,fc} = 2 \times 203 = 406 \text{ kN}$$

Zatem nośność pasa słupa wynosi:

$$F_{T,Rd,fc} = \min(F_{T,1,Rd,fc}; F_{T,2,Rd,fc}; F_{T,3,Rd,fc})$$

$$= \min(308; 294; 406)$$

$$F_{T,Rd,fc} = 294 \text{ kN}$$


Środek słupa przy poprzecznym rozciąganiu

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega_{r2,c} b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,c}}{\gamma_{M0}}$$

$$b_{eff,t,wc} = l_{eff,2,c}$$

$$\omega_{r2,c} = \omega_{r1,c} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(\frac{b_{eff,t,wc} t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(\frac{95 \times 10,2}{6035,2} \right)^2}}$$

$$\omega_{r2,c} = 0,98$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	14 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{0,98 \times 95 \times 10,2 \times 355}{1,0}$$

$$\therefore F_{t,wc,Rd} = 337 \text{ kN}$$

3.2.2 Belka

Długość efektywna

Długość efektywna może zostać określona jako najmniejsza z wartości obliczonych poniżej:

$$2\pi m_{p1} = 2\pi \times 38,51 = 241,98 \text{ mm}$$

$$\alpha_{r2,b} m_{p1}$$

α_{r2} zależy od $\lambda_{1,r2,b}$ oraz $\lambda_{2,r2,b}$, określonych jak podano niżej:

$$\lambda_{1,r2,b} = \frac{m_{p1}}{m_{p1} + e_p}$$

$$\lambda_{1,r2,b} = 0,44$$

$$\lambda_{2,r2,b} = \frac{m_{p2}}{m_{p1} + e_p}$$

$$\lambda_{2,r2,b} = 0,41$$

Zatem:

$$\alpha_{r2,b} = 6,3$$


$$\alpha_{r2,b} m_{p1} = 6,3 \times 38,51 = 242,61 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},2,b} = \min(2\pi m_{p1}; \alpha_{r2,b} m_{p1}) = \min(241,98; 242,61)$$

$$l_{\text{eff},2,b} = 241,98 \text{ mm}$$

[SN041](#)

[PN-EN
1993-1-8
Rys. 6.11](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>15 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Blacha czołowa w strefie rozciągania

Model 1; Metoda 1

$$M_{pl,1,Rd,r2,b} = \frac{0,25l_{eff,2,b}t_p^2 f_{y,p}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 241,98 \times 20^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,1,Rd,r2,b} = 8,6 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = \frac{4M_{pl,1,Rd,r2,b}}{m_{p1}} = \frac{4 \times 8,6 \times 10^6}{38,51}$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = 893,3 \text{ kN}$$

Model 2

$$M_{pl,2,Rd,r2,b} = \frac{0,25l_{eff,2,b}t_p^2 f_{y,p}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 241,98 \times 20^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,2,Rd,r2,b} = 8,6 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = \frac{2M_{pl,2,Rd,r2,b} + n_{p,ep} \Sigma F_{t,Rd}}{m_{p1} + n_{p,ep}}$$

$$= \frac{2 \times 8,6 \times 10^6 + 48,14 \times 406,66 \times 10^3}{38,51 + 48,14}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = 424,4 \text{ kN}$$

Model 3


$$F_{T,3,Rd,ep} = \Sigma F_{t,Rd}$$

$$F_{T,3,Rd,ep} = 2 \times 203 = 406 \text{ kN}$$

Zatem nośność blachy czołowej wynosi:

$$F_{T,Rd,ep} = \min(F_{T,1,Rd,ep}; F_{T,2,Rd,ep}; F_{T,3,Rd,ep}) = \min(893; 424; 406)$$

$$F_{T,Rd,ep} = 406 \text{ kN}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>16 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Środek belki (rygla) w strefie rozciągania

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,beam}}{\gamma_{M0}} = \frac{241,98 \times 9,4 \times 355}{1,0}$$

$$b_{eff,t,wb} = l_{eff,2,b}$$

$$F_{t,wb,Rd} = 807 \text{ kN}$$

$$\therefore F_{t,Rd(row2)} = \min(294; 337; 406; 807) = 294 \text{ kN}$$

3.3 Szereg 3

3.3.1 Słup

Długość efektywna

Długość efektywna może zostać określona jako najmniejsza z wartości obliczonych poniżej:

$$2\pi m_{c1} = 2\pi \times 28,1 = 176,56 \text{ mm}$$

$$4m_{c1} + 1,25e_c = 4 \times 28,1 + 1,25 \times 50 = 174,9 \text{ mm}$$

$$\pi m_{c1} + \frac{p}{2} = \pi \times 28,1 + \frac{90}{2} = 133,28 \text{ mm}$$

$$2m_{c1} + 0,625e_c + \frac{p}{2} = 2 \times 28,1 + 0,625 \times 50 + \frac{90}{2} = 132,45 \text{ mm}$$


$$p = 90 \text{ mm}$$

$$l_{eff,3,c} = \min\left(2\pi m_{c1}; 4m_{c1} + 1,25e_c; \pi m_{c1} + \frac{p}{2}; 2m_{c1} + 0,625e_c + \frac{p}{2}; p\right)$$

$$= \min(176,56; 174,9; 133,28; 132,45; 90)$$

$$l_{eff,3,c} = 90 \text{ mm}$$

[SN041](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>17 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Pas słupa zginany wskutek oddziaływań poprzecznych

Model 1; Metoda 1

$$M_{pl,1,Rd,r3,c} = \frac{0,25l_{eff,3,c} t_{fc}^2 f_{y,c}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 90 \times 16^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,1,Rd,r3,c} = 2,05 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,1,Rd,fc} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd,r3,c}}{m_{c1}} = \frac{4 \times 2,05 \times 10^6}{28,1}$$

$$F_{T,1,Rd,fc} = 291,8 \text{ kN}$$

Model 2

$$M_{pl,2,Rd,r3,c} = \frac{0,25l_{eff,3,c} t_{fc}^2 f_{y,c}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 90 \times 16^2 \times 355}{1,1}$$

$$M_{pl,2,Rd,r3,c} = 2,05 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = \frac{2M_{pl,2,Rd,r3,c} + n_{p,c} \sum F_{t,Rd}}{m_{c1} + n_{p,c}}$$

$$= \frac{2 \times 2,05 \times 10^6 + 35,13 \times 406,66 \times 10^3}{28,1 + 35,13}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = 290,8 \text{ kN}$$

Model 3

$$F_{T,3,Rd,fc} = \sum F_{t,Rd}$$


$$F_{T,3,Rd,fc} = 2 \times 203 = 406 \text{ kN}$$

Zatem nośność pasa słupa wynosi:

$$F_{T,Rd,fc} = \min(F_{T,1,Rd,fc}; F_{T,2,Rd,fc}; F_{T,3,Rd,fc})$$

$$= \min(292; 291; 406)$$

$$F_{T,Rd,fc} = 291 \text{ kN}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>18 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Środek słupa przy poprzecznym rozciąganiu

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega_{r3,c} b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,c}}{\gamma_{M0}}$$

$$b_{eff,t,wc} = l_{eff,3,c}$$

$$\omega_{r3,c} = \omega_{1,r3,c} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(\frac{b_{eff,t,wc} t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(\frac{90 \times 10,2}{6035,2} \right)^2}}$$

$$\omega_{r3,c} = 0,99$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{0,99 \times 90 \times 10,2 \times 355}{1,0}$$

$$F_{t,wc,Rd} = 323 \text{ kN}$$

3.3.2 Belka

Długość efektywna

Długość efektywna może zostać określona jako najmniejsza z wartości obliczonych poniżej:

$$2\pi m_{p1} = 2\pi \times 38,51 = 241,98 \text{ kN}$$

$$4m_{p1} + 1,25e_p = 4 \times 38,51 + 1,25 \times 50 = 216,55 \text{ kN}$$

$$l_{eff,3,b} = \min(2\pi m_{p1}; 4m_{p1} + 1,25e_p) = \min(241,98; 216,55)$$


$$l_{eff,3,b} = 216,55 \text{ mm}$$

Blacha czołowa w strefie rozciągania

Model 1; Metoda 1

$$M_{pl,1,Rd,r3,b} = \frac{0,25 l_{eff,3,b} t_p^2 f_{y,p}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 216,55 \times 20^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,1,Rd,r3,b} = 7,68 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	19 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

$$F_{T,1,Rd,ep} = \frac{4M_{pl,1,Rd,r3,b}}{m_{p1}} = \frac{4 \times 7,68 \times 10^6}{38,51}$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = 797,7 \text{ kN}$$

Model 2

$$M_{pl,2,Rd,r3,b} = \frac{0,25l_{eff,3,b}t_p^2 f_{y,p}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 216,55 \times 20^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,2,Rd,r3,b} = 7,68 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = \frac{2M_{p1,2,Rd,r3,b} + n_{p,ep} \sum F_{t,Rd}}{m_{p1} + n_{p,ep}}$$

$$= \frac{2 \times 7,68 \times 10^6 + 48,14 \times 406,66 \times 10^3}{38,51 + 48,14}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = 403,2 \text{ kN}$$

Model 3

$$F_{T,3,Rd,ep} = \sum F_{t,Rd}$$

$$F_{T,3,Rd,ep} = 2 \times 203 = 406 \text{ kN}$$

Nośność blachy czołowej wynosi:

$$F_{T,Rd,ep} = \min(F_{T,1,Rd,ep}; F_{T,2,Rd,ep}; F_{T,3,Rd,ep})$$

$$= \min(798; 403; 406)$$

$$F_{T,Rd,ep} = 403 \text{ kN}$$


Środek belki (rygla) w strefie rozciągania

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{b_{eff,t,wb} t_{bw} f_{y,beam}}{\gamma_{M0}} = \frac{216,55 \times 9,4 \times 355}{1,0}$$

$$b_{eff,t,wb} = l_{eff,3,b}$$

$$F_{t,wb,Rd} = 723 \text{ kN}$$

$$\therefore F_{t,Rd(row3)} = \min(291; 323; 403; 723) = 291 \text{ kN}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	20 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

3.4 Szereg 4

3.4.1 Słup

Długość efektywna

Długość efektywna może zostać określona jako najmniejsza z wartości obliczonych poniżej:

$$2\pi m_{c1} = 2\pi \times 28,1 = 176,56 \text{ mm}$$

$$4m_{c1} + 1,25e_c = 4 \times 28,1 + 1,25 \times 50 = 174,9 \text{ mm}$$

$$\pi m_{c1} + \frac{p}{2} = \pi \times 28,1 + \frac{90}{2} = 133,28 \text{ mm}$$

$$2m_{c1} + 0,625e_c + \frac{p}{2} = 2 \times 28,1 + 0,625 \times 50 + \frac{90}{2} = 132,45 \text{ mm}$$

$$p = 90 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},4,c} = \min\left(2\pi m_{c1}; 4m_{c1} + 1,25e_c; \pi m_{c1} + \frac{p}{2}; 2m_{c1} + 0,625e_c + \frac{p}{2}; p\right)$$

$$= \min(176,56; 174,9; 133,28; 132,45; 90)$$

$$l_{\text{eff},4,c} = 90 \text{ mm}$$

Pas słupa zginany wskutek oddziaływań poprzecznych

Model 1; Metoda 1


$$M_{\text{pl},1,\text{Rd},\text{r4},\text{c}} = \frac{0,25l_{\text{eff},4,c} t_{\text{fc}}^2 f_{\text{y},\text{c}}}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{0,25 \times 90 \times 16^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd},\text{r4},\text{c}} = 2,05 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd},\text{fc}} = \frac{4 \cdot M_{\text{pl},1,\text{Rd},\text{r4},\text{c}}}{m_{c1}} = \frac{4 \times 2,05 \times 10^6}{28,1}$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd},\text{fc}} = 291,8 \text{ kN}$$

[SN041](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>21 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Model 2

$$M_{pl,2,Rd,r4,c} = \frac{0,25l_{eff,4,c} t_{fc}^2 f_{yc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 90 \times 16^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,2,Rd,r4,c} = 2,05 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = \frac{2M_{pl,2,Rd,r4,c} + n_{p,c} \sum F_{t,Rd}}{m_{c1} + n_{p,c}}$$

$$= \frac{2 \times 2,05 \times 10^6 + 35,13 \times 406,66 \times 10^3}{28,1 + 35,13}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = 290,8 \text{ kN}$$

Model 3

$$F_{T,3,Rd,fc} = \sum F_{t,Rd}$$

$$F_{T,3,Rd,fc} = 2 \times 203 = 406 \text{ kN}$$

Zatem nośność pasa słupa wynosi:

$$F_{T,Rd,fc} = \min(F_{T,1,Rd,fc}; F_{T,2,Rd,fc}; F_{T,3,Rd,fc})$$

$$= \min(292; 291; 406)$$

$$F_{T,Rd,fc} = 291 \text{ kN}$$

Środek słupa przy poprzecznym rozciąganiu

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega_{r4,c} b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,c}}{\gamma_{M0}}$$


$$b_{eff,t,wc} = l_{eff,4,c}$$

$$\omega_{r4,c} = \omega_{1,r4,c} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(\frac{b_{eff,t,wc} t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(\frac{90 \times 10,2}{6035,2} \right)^2}}$$

$$\omega_{r4,c} = 0,99$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{0,99 \times 90 \times 10,2 \times 355}{1,0}$$

$$F_{t,wc,Rd} = 323 \text{ kN}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	22 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

3.4.2 Belka

Długość efektywna

Długość efektywna może zostać określona jako najmniejsza z wartości obliczonych poniżej:

$$2\pi m_{p1} = 2\pi \times 38,51 = 241,98 \text{ kN}$$

$$4m_{p1} + 1,25e_p = 4 \times 38,51 + 1,25 \times 50 = 216,55 \text{ kN}$$

$$l_{\text{eff},4,b} = \min(2\pi m_{p1}; 4m_{p1} + 1,25e_p) = \min(241,98; 216,55)$$

$$l_{\text{eff},4,b} = 216,55 \text{ mm}$$

Blacha czołowa w strefie rozciągania

Model 1; Metoda 1

$$M_{pl,1,Rd,r4,b} = \frac{0,25l_{\text{eff},4,b} t_p^2 f_{y,p}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 216,55 \times 20^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,1,Rd,r4,b} = 7,68 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = \frac{4M_{pl,1,Rd,r4,b}}{m_{p1}} = \frac{4 \times 7,68 \times 10^6}{38,51}$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = 797,7 \text{ kN}$$

Model 2

$$M_{pl,2,Rd,r4,b} = \frac{0,25l_{\text{eff},4,b} t_p^2 f_{y,p}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 216,55 \times 20^2 \times 355}{1,0}$$


$$M_{pl,2,Rd,r4,b} = 7,68 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = \frac{2M_{pl,2,Rd,r4,b} + n_{p,ep} \sum F_{t,Rd}}{m_{p1} + n_{p,ep}}$$

$$= \frac{2 \times 7,68 \times 10^6 + 48,14 \times 406,66 \times 10^3}{38,51 + 48,14}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = 403,2 \text{ kN}$$

[SN041](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	23 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Model 3

$$F_{T,3,Rd,ep} = \sum F_{t,Rd}$$

$$F_{T,3,Rd,ep} = 2 \times 203 = 406 \text{ kN}$$

Nośność blachy czołowej wynosi:

$$F_{T,Rd,ep} = \min(F_{T,1,Rd,ep}; F_{T,2,Rd,ep}; F_{T,3,Rd,ep})$$

$$= \min(798; 403; 406)$$

$$F_{T,Rd,ep} = 403 \text{ kN}$$

Środek belki (rygla) w strefie rozciągania

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{b_{\text{eff},t,wb} t_{wb} f_{y,beam}}{\gamma_{M0}} = \frac{216,55 \times 9,4 \times 355}{1,0}$$

$$b_{\text{eff},t,wb} = l_{\text{eff},4,b}$$

$$F_{t,wb,Rd} = 723 \text{ kN}$$

$$\therefore F_{t,Rd(\text{row4})} = \min(291; 323; 403; 723) = 291 \text{ kN}$$

3.5 Szereg 5

3.5.1 Słup

$$2\pi m_{c1} = 2\pi \times 28,1 = 176,56 \text{ mm}$$

$$4m_{c1} + 1,25e_c = 4 \times 28,10 + 1,25 \times 50 = 174,9 \text{ mm}$$

$$\pi m_{c1} + \frac{p}{2} = \pi \times 28,1 + \frac{90}{2} = 133,28 \text{ mm}$$

$$2m_{c1} + 0,625e_c + \frac{p}{2} = 2 \times 28,1 + 0,625 \times 50 + \frac{90}{2} = 132,45 \text{ mm}$$


$$\frac{p_2}{2} + \frac{p}{2} = \frac{350}{2} + \frac{90}{2} = 220 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},5,c} = \min\left(2\pi m_{c1}; 4m_{c1} + 1,25e_c; \pi m_{c1} + \frac{p}{2}; 2m_{c1} + 0,625e_c + \frac{p}{2}; \frac{p_2}{2} + \frac{p}{2}\right)$$

$$= \min(176,56; 174,9; 133,28; 132,45; 220)$$

$$l_{\text{eff},5,c} = 132,45 \text{ mm}$$

[SN041](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	24 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Pas słupa zginany wskutek oddziaływań poprzecznych

Model 1; Metoda 1

$$M_{pl,1,Rd,r5,c} = \frac{0,25l_{eff,5,c} t_{fc}^2 f_{y,c}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 132,45 \times 16^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,1,Rd,r5,c} = 3 \times 10^6 \text{ kN}$$

$$F_{T,1,Rd,fc} = \frac{4M_{pl,1,Rd,r5,c}}{m_{c1}} = \frac{4 \times 3 \times 10^6}{28,1}$$

$$F_{T,1,Rd,fc} = 427 \text{ kN}$$

Model 2

$$M_{pl,2,Rd,r5,c} = \frac{0,25l_{eff,5,c} t_{fc}^2 f_{y,c}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 132,45 \times 16^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,2,Rd,r5,c} = 3 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = \frac{2M_{pl,2,Rd,r5,b} + n_{p,c} \sum F_{t,Rd}}{m_{c1} + n_{p,c}}$$

$$= \frac{2 \times 3 \times 10^6 + 35,13 \times 406,66 \times 10^3}{28,1 + 35,13}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = 320,8 \text{ kN}$$

Model 3

$$F_{T,3,Rd,fc} = \sum F_{t,Rd}$$


$$F_{T,3,Rd,fc} = 2 \times 203 = 406 \text{ kN}$$

Zatem nośność pasa słupa wynosi:

$$F_{T,Rd,fc} = \min(F_{T,1,Rd,fc}; F_{T,2,Rd,fc}; F_{T,3,Rd,fc})$$

$$= \min(427; 321; 406)$$

$$F_{T,Rd,fc} = 321 \text{ kN}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	25 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Nośność ostatniego szeregu nie może być większa od nośności szeregu poprzedniego, więc $F_{t,Rd,fc}$ jest ograniczone do wartości nośności szeregu 4.

Zatem:

$$F_{t,Rd,fc} = 291 \text{ kN}$$

Środek słupa przy poprzecznym rozciąganiu

$$F_{T,wc,Rd} = \frac{\omega_{r5,c} b_{\text{eff},t,wc} t_{wc} f_{y,c}}{\gamma_{M0}}$$

$$b_{\text{eff},t,wc} = l_{\text{eff},5,c}$$

Stosownie do kształtu połączenia

$$\beta = 1$$

Więc,

$$\begin{aligned} \omega_{r5,c} &= \omega_{1,r5,c} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(\frac{b_{\text{eff},t,wc} \cdot t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(\frac{132,45 \times 10,2}{6035,2} \right)^2}} \end{aligned}$$

$$\omega_{r5,c} = 0,97$$

$$F_{T,wc,Rd} = \frac{0,97 \times 132,45 \times 10,2 \times 355}{1,0}$$


$$F_{T,wc,Rd} = 465 \text{ kN}$$

3.5.2 Belka

Długość efektywna

Długość efektywna może zostać określona jako najmniejsza z wartości obliczonych poniżej::

[SN041](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	26 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

$$2\pi m_{p1} = 2\pi \times 38,51 = 241,98 \text{ mm}$$

$$4m_{p1} + 1,25e_p = 4 \times 38,51 + 1,25 \times 50 = 216,55 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},5,b} = \min(2\pi m_{p1}; 4m_{p1} + 1,25e_p) = \min(241,98; 216,55)$$

$$l_{\text{eff},5,b} = 216,55 \text{ mm}$$

Blacha czołowa w strefie rozciągania

Model 1; Metoda 1

$$M_{pl,1,Rd,r5,b} = \frac{0,25l_{\text{eff},5,b} t_p^2 f_{y,p}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 216,55 \times 20^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,1,Rd,r5,b} = 7,68 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = \frac{4M_{pl,1,Rd,r5,b}}{m_{p1}} = \frac{4 \times 7,68 \times 10^6}{38,51}$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = 797,7 \text{ kN}$$

Model 2

$$M_{pl,2,Rd,r5,b} = \frac{0,25l_{\text{eff},5,b} t_p^2 f_{y,p}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 216,55 \times 20^2 \times 355}{1,0}$$

$$M_{pl,2,Rd,r5,b} = 7,68 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = \frac{2M_{pl,2,Rd,r5,b} + n_{p,ep} \sum F_{t,Rd}}{m_{p1} + n_{p,ep}}$$


$$= \frac{2 \times 7,68 \times 10^6 + 48,14 \times 406,66 \times 10^3}{38,51 + 48,14}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = 403,2 \text{ kN}$$

Model 3

$$F_{T,3,Rd,ep} = \sum F_{t,Rd}$$

$$F_{T,3,Rd,ep} = 2 \times 203 = 406 \text{ kN}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>27 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Zatem nośność blachy czołowej wynosi:

$$F_{T,Rd,ep} = \min(F_{T,1,Rd,ep}; F_{t,2,Rd,ep}; F_{t,3,Rd,ep}) = \min(798; 403; 406)$$

$$F_{t,Rd,ep} = 403 \text{ kN}$$

Środek belki (rygla) w strefie rozciągania

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{b_{\text{eff},t,wb} t_{wb} f_{y,beam}}{\gamma_{M0}}$$

$$b_{\text{eff},t,wb} = l_{\text{eff},5,b}$$

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{216,55 \times 9,4 \times 355}{1,0} = 723 \text{ kN}$$

W ostatnim szeregu nośność jest ograniczona do nośności szeregu poprzedniego. Zatem:

$$F_{t,wb,Rd} = 291 \text{ kN}$$

$$\therefore F_{t,Rd(\text{row}5)} = \min(291; 465; 403; 723) = 291 \text{ kN}$$

Podsumowanie:

$$F_{t,Rd(\text{row}1)} = 298 \text{ kN}$$


$$F_{t,Rd(\text{row}2)} = 294 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd(\text{row}3)} = 291 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd(\text{row}4)} = 291 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd(\text{row}5)} = 291 \text{ kN}$$

$$\sum F_{t,Rd(\text{row})} = 1465 \text{ kN}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>28 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

4 Ocena nośności strefy ściskanej

Musi być spełniony następujący warunek:

$$F_{c,Ed} \leq F_{c,Rd}$$

Efektywna obliczeniowa nośność na rozciąganie jest sumą nośności wszystkich szeregów śrub:

$$F_{c,Ed} = \sum F_{t,Rd(row)} = 1465 \text{ kN}$$

Obliczeniowa nośność strefy ściskanej jest mniejszą z obliczeniowej nośności środnika słupa przy poprzecznym ściskaniu i obliczeniowej nośności pasa i środnika skosu:

$$F_{c,Rd} = \min(F_{c,wc,Rd}; F_{c,fg,Rd})$$

4.1 Środnik słupa przy poprzecznym ściskaniu

$$F_{c,wc,Rd} = \min\left(\frac{\omega_c k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}; \frac{\omega_c k_{wc} \rho_c b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M1}}\right)$$

[SN041](#)

Stosownie do kształtu złącza

$$\beta = 1$$

zatem:

$$\omega_c = \omega_{1,c} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(\frac{b_{eff,c,wc} t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}}$$

Gdzie:


$$b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2\sqrt{2}a_{cf} + 5(t_{fc} + r_c) + s_{p,c}$$

Gdzie:

$$s_{p,c} = \sqrt{2}t_p = \sqrt{2} \times 20 = 28,28 \text{ mm}$$

$$\therefore b_{eff,c,wc} = 14,6 + 2\sqrt{2} \times 6 + 5(16 + 21) + 28,28 = 244,85 \text{ mm}$$

$$\therefore \omega_c = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left(\frac{244,85 \times 10,2}{6035,2} \right)^2}} = 0,9$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	29 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Przyjęto konserwatywnie:

$$k_{wc} = 0,7$$

$$\therefore \frac{\omega_c k_{wc} b_{\text{eff,c,wc}} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,9 \times 0,7 \times 244,85 \times 10,2 \times 355}{1,0} = 558,6 \text{ kN}$$

$$\rho_c = \frac{(\lambda_{p,c} - 0,2)}{\lambda_{p,c}^2}$$

Gdzie:

$$\lambda_{p,c} = 0,932 \sqrt{\frac{b_{\text{eff,c,wc}} d_c f_{y,c}}{E t_{wc}^2}} = 0,932 \sqrt{\frac{244,85 \times 426 \times 355}{210000 \times 10,2^2}}$$

$$\lambda_{p,c} = 1,21$$

$$\rho_c = \frac{(1,21 - 0,2)}{1,21^2}$$

$$\rho_c = 0,69$$

$$\frac{\omega_c k_{wc} \rho_c b_{\text{eff,c,wc}} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,9 \times 0,7 \times 0,69 \times 244,85 \times 10,2 \times 355}{1,0} = 385,4 \text{ kN}$$

$$\therefore F_{c,wc,Rd} = \min(559; 385) = 385 \text{ kN}$$

$$F_{c,wc,Rd} = 385 \text{ kN} \leq 1465 \text{ kN} = F_{c,Ed}$$


Nośność środnika słupa przy poprzecznym ściskaniu jest bardzo nieduża w porównaniu do nośności strefy rozciąganej, zastosowano więc żebro poprzeczne.

Obliczeniowa nośność żebra poprzecznego na ściskanie jest obliczona według zasad podanych w §9.1(3) normy PN-EN 1993-1-5.

$$\therefore F_{c,wcs,Rd} = 1966 \text{ kN} \geq 1465 \text{ kN} = F_{c,Ed}$$

Zatem nośność strefy ściskanej z żebrami usztywniającymi jest spełniona.

[PN-EN 1993-1-5 §9.1\(3\)](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	30 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

4.2 Pas i łożysko skosu w strefie ściskania

$$F_{c, fh, Rd} = \frac{M_{c, Rd}}{(h - t_{fh})}$$

Gdzie:

$$M_{c, Rd} = W_{el, y} \frac{f_{y, h}}{\gamma_{M0}}$$

Obliczony sprężysty wskaźnik wytrzymałości przekroju:

$$W_{el, y} = 3373,68 \text{ cm}^3$$

$$\therefore M_{c, Rd} = 3373,68 \times 10^3 \frac{355}{1,0} = 1198 \text{ kNm}$$

Wysokość dołączanej belki z uwzględnieniem skosu h :

$$h = 845,4 \text{ mm}$$

$$\therefore F_{c, fh, Rd} = \frac{1198}{(845,4 - 14,6)} = 1442 \text{ kN}$$

Udział łożyska w obliczeniowej nośności nie może przekraczać 20%, więc nośność pasa skosu wynosi:

$$F_{c, fh, max} \leq \frac{1}{0,8} b_h t_{fh} \frac{f_{y, h}}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{0,8} 190 \times 14,6 \frac{355}{1,0} = 1230,9 \text{ kN}$$

Zatem nośność skosu na ściskanie jest mniejszą z powyższych dwu wartości:

$$\therefore F_{c, fh, Rd} = 1231 \text{ kN}$$


$$\therefore F_{c, Rd} = \min(1966; 1231) = 1231 \text{ kN} < 1465 \text{ kN} = F_{c, Ed}$$

Ponieważ warunek $F_{c, Ed} \leq F_{c, Rd}$ nie jest spełniony, obliczeniowe nośności szeregów śrub na rozciąganie wymagają redukcji. Dokonano tego w rozdziale 7.

[SN041](#)

[SN041](#)

[EN 1993-1-8](#)
[§6.2.6.7\(1\)](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>31 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

5 Panel środka słupa przy ścinaniu

$$\varepsilon_c = \sqrt{\frac{235}{f_{y,c}}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$\frac{d_c}{t_{wc}} = \frac{426}{10,2} = 41,76$$

$$69\varepsilon_c = 69 \times 0,81 = 56,14$$

$$\frac{d_c}{t_{wc}} = 41,76 \leq 56,14 = 69\varepsilon_c$$

Zatem nośność panelu środka słupa przy ścinaniu wynosi:

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9f_{y,wc}A_{vc}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} = \frac{0,9 \times 355 \times 6035,2}{\sqrt{3} \times 1,0} = 1113,3 \text{ kN}$$

Aby uniknąć sytuacji, w której nośność panelu środka jest decydująca o nośności, zastosowano wzmocnienie dodatkowymi nakładkami. Nośność panelu środka po wzmocnieniu wynosi:

$$V_{wp,Rd,mod} = \frac{0,9f_{y,wc}A_{vc,mod}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

Nowe pole przekroju czynnego przy ścinaniu:

$$A_{vc,mod} = A_{vc} + b_s t_{wc}$$

Gdzie

$$b_s = \min(40\varepsilon t_s; \quad h_c - 2r_c - 2t_s - 2t_{fc})$$

W przypadku blach nakładek o grubości 10 mm:


$$40\varepsilon t_s = 40 \times \sqrt{\frac{235}{355}} \times 10 = 325,45 \text{ mm}$$

$$h_c - 2r_c - 2t_s - 2t_{fc} = 500 - 2 \times 21 - 2 \times 10 - 2 \times 16 = 406 \text{ mm}$$

$$b_s = \min(325,45; \quad 406) = 325,45 \text{ mm}$$

[PN-EN
1993-1-8
§6.2.6.1](#)

[SN041
Rozdział9.](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	32 z 36	
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>			
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>			
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>	
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>	

$$A_{vc,mod} = 6035,2 + 325,45 \times 10,2 = 9354,75 \text{ mm}^2$$

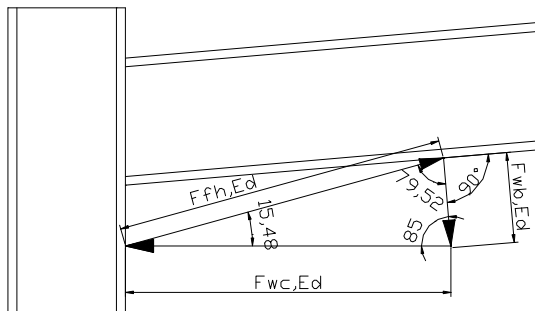
$$\therefore V_{wp,Rd,mod} = \frac{0,9 f_{y,wc} A_{vc,mod}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \times 355 \times 9354,75}{\sqrt{3} \times 1,0} = 1726 \text{ kN}$$

6 Środek belki (rygla) w strefie ściskania

$$F_{c,wb,Rd} = \min \left(\frac{\omega_b k_{w,b} b_{eff,cw,b} t_{wb} f_{y,beam}}{\gamma_{M0}}; \frac{\omega_b \rho_c k_{w,b} b_{eff,cw,b} t_{wb} f_{y,beam}}{\gamma_{M1}} \right)$$

Procedura wyznaczenia nośności środka belki przy ściskaniu jest taka sama jak środka słupa bez żeber usztywniających. Zamieszczenie szczegółowych rachunków ponięto.


Siła działająca na środek belki może zostać wyznaczona przez rozkład obciążenia przekazywanego przez pas skosu:



$$F_{wb,Ed} = 283 \text{ kN}$$

$$F_{c,wb,Rd} = 323 \text{ kN} > 283 \text{ kN} = F_{wb,Ed}$$

Nośność środka belki jest większa od działającej siły. Jeśli warunek nie byłby spełniony, należałoby usztywnić środek belki żebrem poprzecznym.

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	33 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

7 Rozkład sił w szeregach śrub

Pierwszy z warunków jaki musi zostać spełniony, wynikający z nośności strefy ściskanej, to:

$$F_{c,Ed} \leq F_{c,Rd}$$

$$F_{c,Ed} = \sum F_{t,Rd(row)} = F_{t,Rd,1} + F_{t,Rd,2} + F_{t,Rd,3} + F_{t,Rd,4} + F_{t,Rd,5}$$

$$= 298 + 294 + 291 + 291 + 291 = 1465 \text{ kN}$$

$$F_{c,Rd} = \min(F_{c,wc,Rd}; F_{c,fn,Rd}) = 1231 \text{ kN}$$

∴ Ponieważ $F_{c,Ed} > F_{c,Rd}$

Zatem zredukowano nośność ostatniego szeregu śrub:

$$F_{t1,Rd} = 298 \text{ kN}$$

$$F_{t2,Rd} = 294 \text{ kN}$$

$$F_{t3,Rd} = 291 \text{ kN}$$

$$F_{t4,Rd} = 291 \text{ kN}$$

$$F_{t5,Rd} = 57 \text{ kN}$$

$$\sum F_{tr,Rd} = 1231 \text{ kN}$$

Drugi z warunków jaki musi być spełniony, wynikający z nośności panelu środkowego, to:


$$\sum F_{t,Rd(row)} \leq \frac{V_{wp,Rd,mod}}{\beta}$$

W tym przypadku $\beta = 1$

$$\sum F_{t,Rd(row)} = 1231 < 1726 = \frac{V_{wp,Rd,mod}}{\beta}$$

Zatem warunek jest spełniony i nie trzeba redukować obliczeniowej nośności rozciąganych szeregów śrub.

[SN041](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	34 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

Efektywna obliczeniowa nośność strefy rozciąganej jednego szeregu powinna spełniać także warunek:

$$F_{t,x,Rd} \leq 1,9F_{t,Rd}$$

$$1,9F_{t,Rd} = 1,9 \times 203 = 386 \text{ kN}$$

Rozpatrując najgorszy z możliwych przypadków:

$$F_{t1,Rd} = 298 < 386 \text{ kN}$$

Zatem warunek jest spełniony i wyznaczone nośności poszczególnych szeregów śrub mogą zostać użyte do wyznaczenia nośności przy zginaniu.

8 Obliczeniowa nośność przy zginaniu

$$\begin{aligned} M_{j,Rd} &= F_{t1,Rd}h_1 + F_{t2,Rd}h_2 + F_{t3,Rd}h_3 + F_{t4,Rd}h_4 + F_{t5,Rd}h_5 \\ &= 298 \times 892,7 + 294 \times 792,7 + 291 \times 702,7 + 291 \times 612,7 + 57 \times 522,7 \\ &= 912 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{j,Rd} = 912 \text{ kNm} > 880 \text{ kNm} = M_{Ed}$$

Nośność przy zginaniu jest większa od działającego momentu, zatem warunek nośności jest spełniony.

9 Wyznaczenie nośności przy ścinaniu

9.1 Śruby przy ścinaniu

Nośność na ścinanie jednej śruby:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

W przypadku śrub kl. 8.8:


$$\alpha_v = 0,6$$

$$\therefore F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 800 \times 353}{1,25} = 136 \text{ kN}$$

9.2 Śruby przy docisku do pasa słupa

Nośność na docisk jednej śruby do pasa słupa wynosi:

[PN-EN
1993-1-8
Tablica 3.4.](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	35 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

$$F_{b,i,Rd} = \frac{k_{1,c} \alpha_{b,c} f_{u,c} d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$$

Gdzie:

$$k_{1,c} = \min\left(2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7; \quad 1,4 \frac{w}{d_0} - 1,7; \quad 2,5\right)$$

$$2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7 = 2,8 \times \frac{50}{26} - 1,7 = 3,68$$

$$1,4 \frac{w}{d_0} - 1,7 = 1,4 \times \frac{100}{26} - 1,7 = 3,68$$

$$\therefore k_1 = \min(3,68; \quad 3,68; \quad 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_{b,c} = \min\left(\alpha_{d,c}; \quad \frac{f_{ub}}{f_{u,c}}; \quad 1,0\right)$$

$$\alpha_{d,c} = \min\left(\frac{e_{1,bc}}{3d_0}; \quad \frac{p}{3d_0} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\frac{e_{1,bc}}{3d_0} = \frac{130}{3 \times 26} = 1,66$$

$$\frac{p}{3d_0} - \frac{1}{4} = \frac{90}{3 \times 26} - \frac{1}{4} = 0,9$$


$$\alpha_{d,c} = \min(1,66; \quad 0,9) = 0,9$$

$$\frac{f_{ub}}{f_{u,c}} = \frac{800}{510} = 1,57$$

$$\alpha_{b,c} = \min(0,9; \quad 1,57; \quad 1,0) = 0,9$$

$$F_{b,i,Rd} = \frac{2,5 \times 0,9 \times 510 \times 24 \times 16}{1,25}$$

$$\therefore \boxed{F_{b,i,Rd} = 353 \text{ kN}}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	36 z 36
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

9.3 Śruby przy docisku do blachy czołowej

Nośność na docisk jednej śruby do blachy czołowej wynosi:

$$F_{b,i,p,Rd} = \frac{k_{1,p} \alpha_{b,p} f_{u,p} d_t p}{\gamma_{M2}}$$

Gdzie:

$$k_{1,p} = \min\left(2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7; \quad 1,4 \frac{w}{d_0} - 1,7; \quad 2,5\right)$$

$$2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7 = 2,8 \times \frac{50}{26} - 1,7 = 3,68$$

$$1,4 \frac{w}{d_0} - 1,7 = 1,4 \times \frac{100}{26} - 1,7 = 3,68$$

$$\therefore k_{1,p} = \min(3,68; \quad 3,68; \quad 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_{b,p} = \min\left(\alpha_{d,p}; \quad \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; \quad 1,0\right)$$

$$\alpha_{d,p} = \min\left(\frac{e_{1,bp}}{3d_0}; \quad \frac{p}{3d_0} - \frac{1}{4}\right)$$


$$\frac{e_{1,bp}}{3d_0} = \frac{130}{3 \times 26} = 1,66$$

$$\frac{p}{3d_0} - \frac{1}{4} = \frac{90}{3 \times 26} - \frac{1}{4} = 0,9$$

$$\alpha_{d,p} = \min(1,66; \quad 0,9) = 0,9$$

$$\frac{f_{ub}}{f_{u,p}} = \frac{800}{510} = 1,57$$

$$\alpha_{b,p} = \min(0,9; \quad 1,57; \quad 1,0) = 0,9$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX031a-PL-EU</i>	Strona	<i>37 z 36</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-8</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Núñez</i>	Data	<i>listopad 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>listopad 2006</i>

$$F_{b,i,p,Rd} = \frac{2,5 \times 0,9 \times 510 \times 24 \times 20}{1,25}$$

$$\therefore F_{b,i,p,Rd} = 441 \text{ kN}$$

Miarodajna nośność przy ścinaniu jest najmniejszą z trzech wartości obliczonych powyżej, tj. $\min(136; 353; 441) = 136 \text{ kN}$.

Liczba śrub niezbędna do zapewnienia nośności na pionową siłę poprzeczną:

$$\frac{V_{Ed}}{136} = \frac{200}{136} = 1,47, \text{ tj. Wystarczy dwie śruby}$$

Zatem wystarcza jeden szereg śrub. Obliczeniowa nośność przy ścinaniu całego połączenia:

$$2 \times 136 = 272 \text{ kN}$$

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe		
Odniesienie			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Imię i nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Eduarne Núñez	SCI	
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Abdul Malik	SCI	
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Zawartość techniczna zaaprobowana przez:			
1. Wielka Brytania	G W Owens	SCI	23/5/06
2. Francja	A Bureau	CTICM	23/5/06
3. Szwecja	B Uppfeldt	SBI	23/5/06
4. Niemcy	C Müller	RWTH	23/5/06
5. Hiszpania	J Chica	Labein	23/5/06
Zasób zatwierdzony przez Koordynatora Technicznego	G W Owens	SCI	11/9/06
TŁUMACZENIE DOKUMENTU			
Tłumaczenie wykonał i sprawdził:		L. Ślęczka, PRz	
Tłumaczenie zatwierdzone przez:	B. Stankiewicz	PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe	
Seria		
Opis*	Przykład pokazuje sposób wyznaczania nośności przy zginaniu i ścinaniu połączenia okapowego ramy, uwzględniając także wymiarowanie spoin. Przy obliczeniu nośności przy zginaniu zastosowano metodę uproszczoną, będącą konserwatywnym oszacowaniem nośności. Metoda pomija wpływ szeregów śrub rozważanych jako grupa. Połączenie jest kategorii D połączenie doczołowe , z zastosowaniem śrub niesprężonych.	
Poziom dostępu*	Umiejętności specjalistyczne	Specjalista
Identyfikator*	Nazwa pliku	P:\CMP\CMP554\Deliverables\Worked examples\T2706 - 22.05.06.doc
Format		Microsoft Office Word; 41 stron; 1193kb;
Kategoria*	Typ zasobu	Przykład obliczeniowy
	Punkt widzenia	Inżynier
Temat*	Obszar stosowania	Budynki przemysłowe
Daty	Data utworzenia	22/05/2006
	Data ostatniej modyfikacji	
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*		Polski
Kontakt	Autor	Eduarne Núñez, SCI
	Sprawdził	Abdul Malik, SCI
	Zatwierdził	
	Redaktor	
	Ostatnia modyfikacja	
Słowa kluczowe*	Połączenie przenoszące moment, okap, spoiny, rzędy śrub	
Zobacz też	Odniesienie do Eurokodu	EN 1993-1-1 : 2005; EN 1993-1-8 : 2005
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	Inne	SN041
Sprawozdanie	Przydatność krajowa	EU
Instrukcje szczególne		