

Informacje uzupełniająca: Projektowanie doczołowych połączeń narożnych w ramach portalowych

Ten dokument dostarcza informacje na temat metod projektowania narożnych połączeń doczołowych rygla ze słupem. Zawiera on kilka uproszczeń pozwalających na ułatwiających wykonywanie obliczeń.

Spis treści

1.	Model obliczeniowy	2
2.	Oznaczenia	4
3.	Projektowanie spoin	5
4.	Nośność rozciąganych szeregów śrub	7
5.	Oszacowanie nośności strefy ściskanej	12
6.	Środek słupa ścinany	14
7.	Ściskany środek rygla	15
8.	Rozkład sił w szeregach śrub	15
9.	Uwzględnienie wpływu ścinania	19
10.	Zakres stosowania	20
11.	Podstawy	21
	Aneks A	22
	Protokół jakości	23
	Informacje ramowe	24

1. Model obliczeniowy

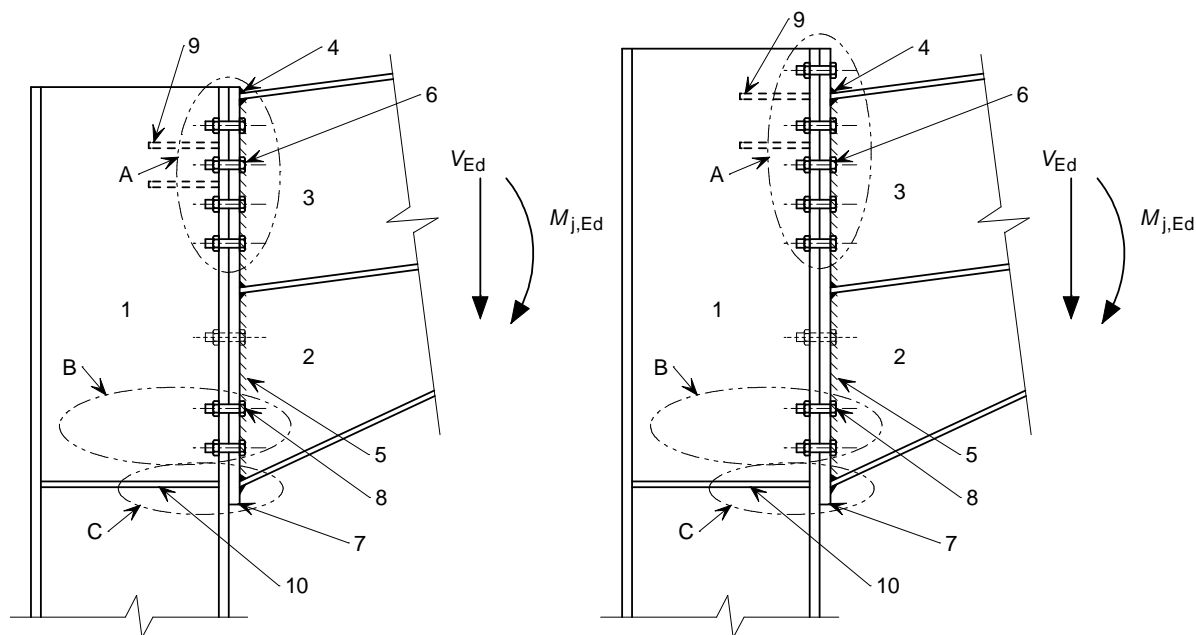
1.1 Sztywność

Zgodnie z to §5.2.2.1(1) EN 1993-1-8, połączenia ze względu na sztywność obrotową mogą być sklasyfikowane jako: sztywne, podatne (pół-sztywne) i nominalnie przegubowe przez porównanie sztywności początkowej z wartościami granicznymi. Kryteria klasyfikacji podano w §5.2.2.5 EN 1993-1-8. Sztywność początkową połączeń których elementy wykonano z kształtowników o przekroju dwuteowym można wyznaczyć zgodnie z §6.3.1 EN 1993-1-8.

1.2 Nośność

1.2.1 Model obliczeniowy

Nośność połączenia ze względu na zginanie $M_{j,Rd}$, i ścinanie $V_{j,Rd}$, zależy od poszczególnych składników połączenia: śrub, pasów i średnika słupa i rygla, nośności spoin łączących rygiel z blachą czołową (Rys 1.1. §6.1.3 i Tab. 6.1 EN 1993-1-8).



(a) Wpuszczona blacha czołowa

(b) Wystająca blacha czołowa

Oznaczenia:

- | | | | | |
|---------|----------------------------|----------------------|-------------------|--------------------------------|
| 1. Słup | 3. Rygiel | 5. Spoina pachwinowa | 7. Blacha czołowa | 9. Żebra w strefie rozciąganej |
| 2. Skos | 4. Spoina pachwinowa pasów | środnika | 8. Śruby ścinane | 10. Żebro w strefie ściskanej |
| | 6. Śruby | | | |

A. Strefa rozciągana

B. Strefa ścinana

C. Strefa ściskana

Rys 1.1 Narożne połączenie doczołowe rygla ze słupem

W niektórych krajach śruby znajdujące się w strefie rozciąganej i ściskanej traktowane są jak jedna grupa śrub, dlatego śruby dodatkowe (oznaczone * na Rys.1) mogą być wymagane ze względów konstrukcyjnych według Tab. 3.3 EN 1993-1-8. W innych krajach śruby te są traktowane jak należące do dwóch różnych grup i dodatkowe łączniki nie są potrzebne.

Zgodnie z [EN 1993-1-8 §6.2.7.2](#), gdy zidentyfikowano podstawowe komponenty (składniki) połączenia, a nośność połączenia może być wyznaczona według wzoru:

$$M_{j,Rd} = \sum_r h_r F_{tr,Rd}$$

gdzie:

$F_{tr,Rd}$ jest wytrzymałością na rozciąganie r-tego rzędu śrub,

h_r jest odległością od r-tego rzędu śrub do środka ściskania; można przyjąć że środek ściskania znajduje się w środku pasa ściskanego skosu wzmacniającego

r jest numerem rzędu śrub.

Nośność połączenia jest zachowana, gdy spełniony jest warunek:

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} \leq 1,0$$

Procedurę pozwalającą określić nośność połączenia przedstawiono w Tab. 1.1.

Tab. 1.1 **Procedura pozwalająca na określenie $F_{tr,Rd}$ i nośności połączenia**

Tok postępowania	
1. Wyznaczenie nośności na rozciąganie śrub znajdujących się w strefie rozciąganej	$F_{t,Rd(row)}$
2. Wyznaczenie nośności na ściskanie w strefie ściskanej	$F_{c,Rd}$
3. Wyznaczenie nośności na ścinanie środka słupa	$V_{wp,Rd}$
4. Wyznaczenie efektywnej nośności na rozciąganie każdego rzędu śrub	$F_{tr,Rd}$
5. Sprawdzenie nośności połączenia na zginanie	$M_{j,Rd} = \sum_r h_r F_{tr,Rd}$
6. Sprawdzenie nośności połączenia na ścinanie	$V_{Ed} \leq V_{Rd}$

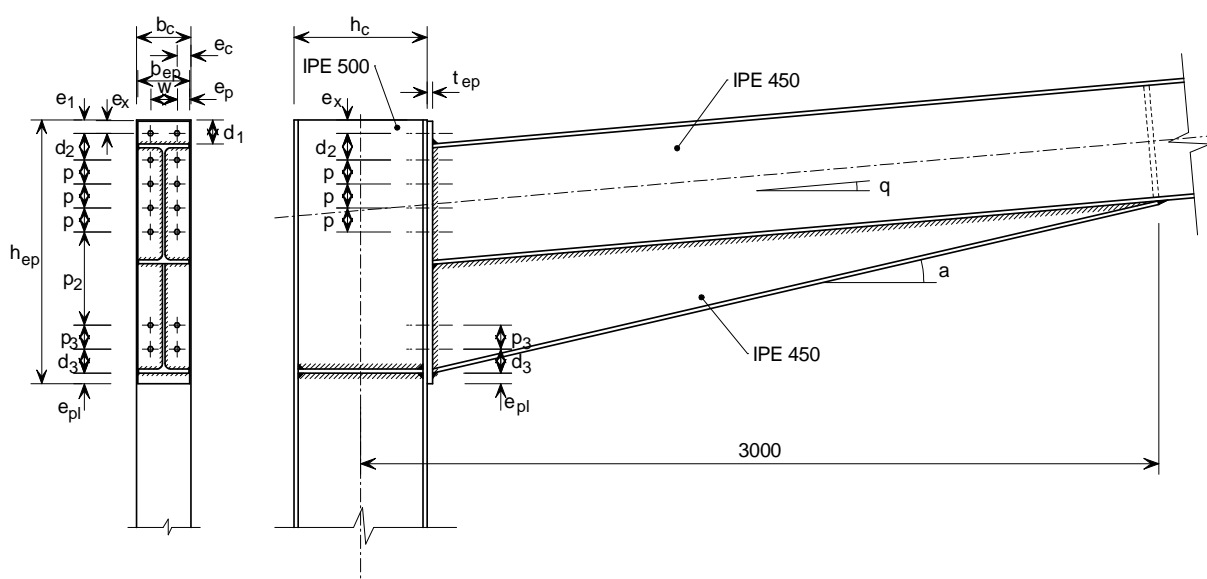
1.2.2 Uproszczenia

W tym NCCI w celu uproszczenia obliczeń przyjęto kilka założeń upraszczających, dających wyniki po stronie bezpiecznej:

- Stosując pełną procedurę obliczeniową, nośność połączenia powinna być wyznaczana biorąc pod uwagę poszczególne rzędy śrub jak i rozpatrując nośność grupy rzędów śrub (przyjmuje się wartość minimalną z powyższych). W przedstawionej procedurze przyjęto uproszczenie, że tylko poszczególne rzędy śrub będą brane pod uwagę.
- Długość efektywną T-stubów przyjmuje się jako wartość minimalną z długości efektywnych aby uniknąć superpozycji sąsiednich stref, co przedstawiono w Rozdziale 4.1 dokumentu.

- ❑ Bazując na §6.2.2(2) EN 1993-1-8 strefy rozciągana i ścinana w połączeniu traktowane są oddzielnie. Przyjęto, że śruby w strefie rozciąganej są jedynie rozciągane (nie są ścinane). Podobnie przyjęto, że śruby w strefie ścinanej podlegają ścinaniu (nie są rozciągane).
- ❑ W §4 of EN 1993-1-8 przedstawiono zasady projektowania spoin pachwinowych. Wymiarowanie spoin przeprowadza się zazwyczaj po sprawdzeniu nośności połączenia. Ten NCCI przedstawia proste zasady określania nośności spoin. Dotyczy to przypadku spoin projektowanych na pełną nośność pasa belki. Inne metody projektowania spoin podano w Aneksie A tego dokumentu.

2. Oznaczenia



Rys 2.1 Okapowe połączenie doczołowe rygla ze słupem: Oznaczenia

- a grubość spoiny pachwinowej;
- A_{fb} pole przekroju poprzecznego pasa rygla
- b_p szerokość blachy czołowej
- d_1 odległość od wierzchu rozciąganego pasa rygla do krawędzi blachy czołowej
- d_2 odległość pomiędzy pierwszym i drugim rzędem śrub znajdującego się po stronie rozciąganej połączenia
- d_3 odległość pomiędzy spodem pasa dolnego skosu i pierwszym rzędem śrub po stronie ściskanej połączenia
- e_1 pionowa odległość pomiędzy krawędzią słupa i pierwszym rzędem śrub po stronie rozciąganej połączenia
- e_c pozioma odległość pomiędzy krawędzią słupa i osią śrub
- e_p pozioma odległość pomiędzy krawędzią blachy czołowej i osią śrub
- e_{pl} odległość pomiędzy spodem pasa skosu i krawędzią blachy czołowej

e_x	pionowa odległość pomiędzy krawędzią blachy czołowej i pierwszym rzędem śrub po stronie ściskanej połączenia
f_{ub}	granica wytrzymałości stali śrub
$f_{u,b}$	granica wytrzymałości stali rygla
$f_{u,c}$	granica wytrzymałości stali słupa
$f_{u,h}$	granica wytrzymałości stali skosu
$f_{u,p}$	granica wytrzymałości stali blachy czołowej
$f_{y,b}$	granica plastyczności stali rygla
$f_{y,c}$	granica plastyczności stali słupa
$f_{y,h}$	granica plastyczności stali skosu
$f_{y,p}$	granica plastyczności stali blachy czołowej
h_c	wysokość słupa
h_p	wysokość blachy czołowej
m	odległość od osi śruby do środka, pomniejszona o 20% wymiaru spoiny rygla lub słupa
n_s	liczba śrub ścinanych
n_t	liczba szeregów śrub rozciąganych
p	odległość pomiędzy rzędami śrub w strefie rozciąganej połączenia
p_2	odległość pomiędzy ostatnim rzędem śrub w rozciąganej części połączenia a pierwszym rzędem śrub w strefie ścinanej
p_3	odległość pomiędzy rzędami śrub w strefie ścinanej połączenia
r	numer szeregu śrub; numeracja rozpoczyna się od szeregu śrub najbardziej odległego od środka strefy ściskanej
w	pozioma odległość osi śrub
t_{fb}	grubość pasa rygla
t_{fc}	grubość pasa słupa
t_p	grubość blachy czołowej
t_{wb}	grubość środka rygla
t_{wc}	grubość środka słupa

3. Projektowanie spoin

3.1 Spoiny rozciąganego pasa rygla do blachy czołowej

W przypadku łączenia blachy czołowej z rozciągającym pasem rygla stosuje się zazwyczaj spoiny o nośności pasa rygla. Jest to spełnione, gdy zachowany jest warunek:

$$a \geq t_{fb} \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) \left(\frac{\beta_w \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{2}} \right)$$

gdzie:

f_y granica plastyczności stali rygła

f_u nominalna granica wytrzymałości blachy czołowej lub rygła

β_w współczynnik korekcyjny [Tab. 4.1 EN 1993-1-8](#)

gdzie $\gamma_{M0} = 1,0$ i $\gamma_{M2} = 1,25$:

$a \geq 0,46 \cdot t_{fb}$ gdy belka wykonana ze stali klasy S235

$a \geq 0,48 \cdot t_{fb}$ gdy belka wykonana ze stali klasy S275

$a \geq 0,55 \cdot t_{fb}$ gdy belka wykonana ze stali klasy S355

Dodatkowe metody obliczeń zawarto w Aneksie A do niniejszego NCCI.

3.2 Spoiny środника rygła do blachy czołowej

Spoina pachwinowa łącząca rozciąganą część rygła z blachą czołową, powinna być zaprojektowana jako spoina o pełnej nośności. Zaleca się stosowanie takich spoin na całym środku. Grubość spoiny można wyznaczyć według wzoru:

$$a \geq t_{wb} \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) \left(\frac{\beta_w \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{2}} \right)$$

gdzie:

f_y granica plastyczności stali rygła

f_u nominalna granica wytrzymałości blachy czołowej lub rygła

β_w współczynnik korekcyjny [Tab. 4.1 EN 1993-1-8](#)

gdzie $\gamma_{M0} = 1,0$ i $\gamma_{M2} = 1,25$

$a \geq 0,46 \cdot t_{wb}$ gdy belka wykonana ze stali klasy S235

$a \geq 0,48 \cdot t_{wb}$ gdy belka wykonana ze stali klasy S275

$a \geq 0,55 \cdot t_{wb}$ gdy belka wykonana ze stali klasy S355

3.3 Spoiny ściskanego pasa rygła do blachy czołowej

Jeżeli pas ściskany ma prawidłowo obcięty koniec, następujące minimalne grubości spoin są zalecane:

- 5 mm w przypadku spoin pachwinowych lub
- 4 mm w przypadku spoin pachwinowych, gdy grubość pasa belki nie przekracza 12 mm.

W innych przypadkach, spoiny muszą być projektowane tak aby mogły przenieść całą siłę ściskającą przypadającą na pas skosu.

4. Nośność rozciąganych szeregów śrub

Uwaga: W normie EN 1993-1-8 symbol $F_{t,Rd}$ stosuje się zarówno do oznaczenia wytrzymałości na rozciąganie rzędu śrub jak i pojedynczej śruby. W tym dokumencie symbol $F_{t,Rd(row)}$ jest stosowany w przypadku oznaczania nośności szeregu śrub.

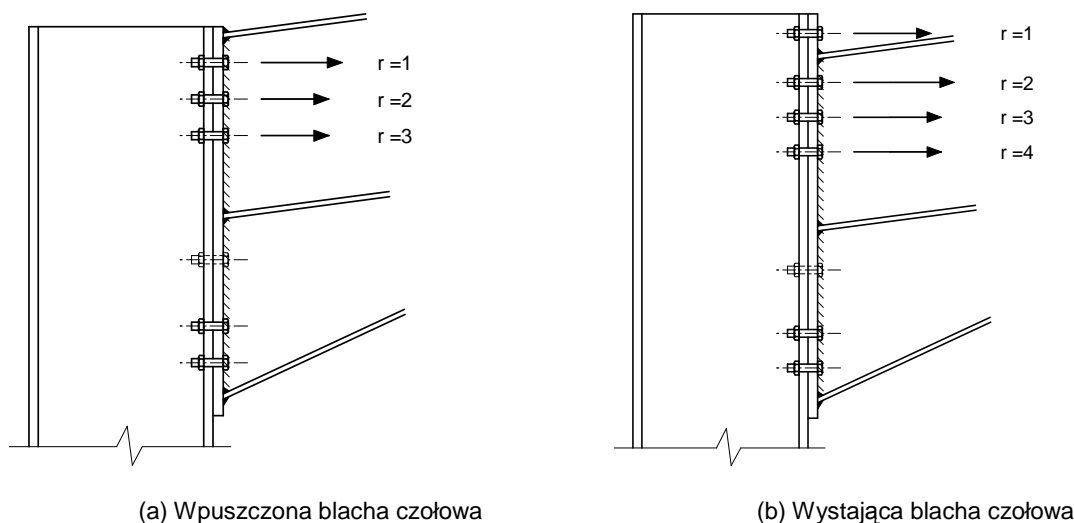
Dla każdego rzędu śrub, nośność na rozciąganie wyznacza się zgodnie z [EN 1993-1-8 §6.2.7.2](#) (6):

$$F_{t,Rd(row)} = \min(F_{t,fc,Rd}; F_{t,wc,Rd}; F_{t,ep,Rd}; F_{t,wb,Rd})$$

Tab. 4.1 Składniki połączenia wpływające na nośność szeregu śrub

Składnik		Nr Rozdziału
Pas słupa - zginany	$F_{t,fc,Rd}$	4.1
Środek słupa – rozciągany (w kierunku poprzecznym)	$F_{t,wc,Rd}$	4.2
Blacha czołowa - zginana	$F_{t,ep,Rd}$	4.3
Środek rygla - rozciągany	$F_{t,wb,Rd}$	4.4

Nośność każdego rzędu śrub na rozciąganie $F_{t,Rd(row)}$ powinna być wyznaczana w sposób sekwencyjny, zaczynając od rzędu śrub najbardziej odległego od środka strefy ściskanej (rzęd śrub nr 1), a następnie rząd nr 2 i tak aż do ostatniego rzędu śrub, położonego najbliżej środka strefy ściskanej (Rys. 4.1). Przyjmuje się, że środek strefy ściskanej jest linią przechodzącą przez środek pasa kształtownika z którego wykonany jest skos w połączeniu.



Rys 4.1 Numeracja rzędów śrub

W celu uproszczenia obliczeń przyjmuje się, że nośność każdego rzędu śrub na rozciąganie wyznacza się przy "niezachodzeniu" T-stubów reprezentujących kolejne rzędy na siebie.

To uproszczenie prowadzi do rezultatów, że przy założeniu, że długość efektywna T-stubów ℓ_{eff} jest odpowiednio określona, patrz [SX031](#).

Nośność efektywna na rozciąganie $F_{t,Rd}$ każdego rzędu śrub może być mniejsza niż nośność na rozciąganie $F_{t,Rd(\text{row})}$.

4.1 Zginany pas słupa

Nośność obliczeniowa i model zniszczenia zginanego, nieusztynwionego pasa słupa (razem ze śrubami) jest wyznaczana jako nośność ekwiwalentnych T-stubów.

$F_{t,fc,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$; biorąc pod uwagę siły podważające (efekt dźwigni) i związane z tym trzy modele zniszczenia (tab. 4.2) lub Tab. 6.2 EN 1993-1-8 §6.2.4:

Tab. 4.2 Nośność obliczeniowa i modele zniszczenia

Model zniszczenia		Nośność obliczeniowa
Model 1	Uplastycznienie pasa słupa	$F_{T,1,Rd} = \frac{4 M_{pl,1,Rd}}{m}$
Model 2	Zniszczenie śrub i uplastycznienie pasa słupa	$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n}$
Model 3	Zniszczenie śrub	$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd}$

gdzie:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \text{ jest nośnością na rozciąganie śrub.}$$

$$\sum F_{t,Rd} = 2F_{t,Rd} \quad \text{dla dwóch śrub w rzędzie}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_y / \gamma_{M0}$$

$$n = e_{min} \quad \text{ale} \quad n \leq 1,25m, \text{ patrz } \text{Rys. 6.2 EN 1993-1-8}$$

$\sum \ell_{eff}$ może być określone zgodnie z [Rys. 6.2](#), [Rys. 6.9](#) i [Tab. 6.4](#) (w przypadku słupów nieuźbrowanych) lub [Tab. 6.5](#) (w przypadku słupów uźbrowanych) of EN 1993-1-8.

Alternatywnie, uproszczone podejście przedstawione powyżej może być zastosowane

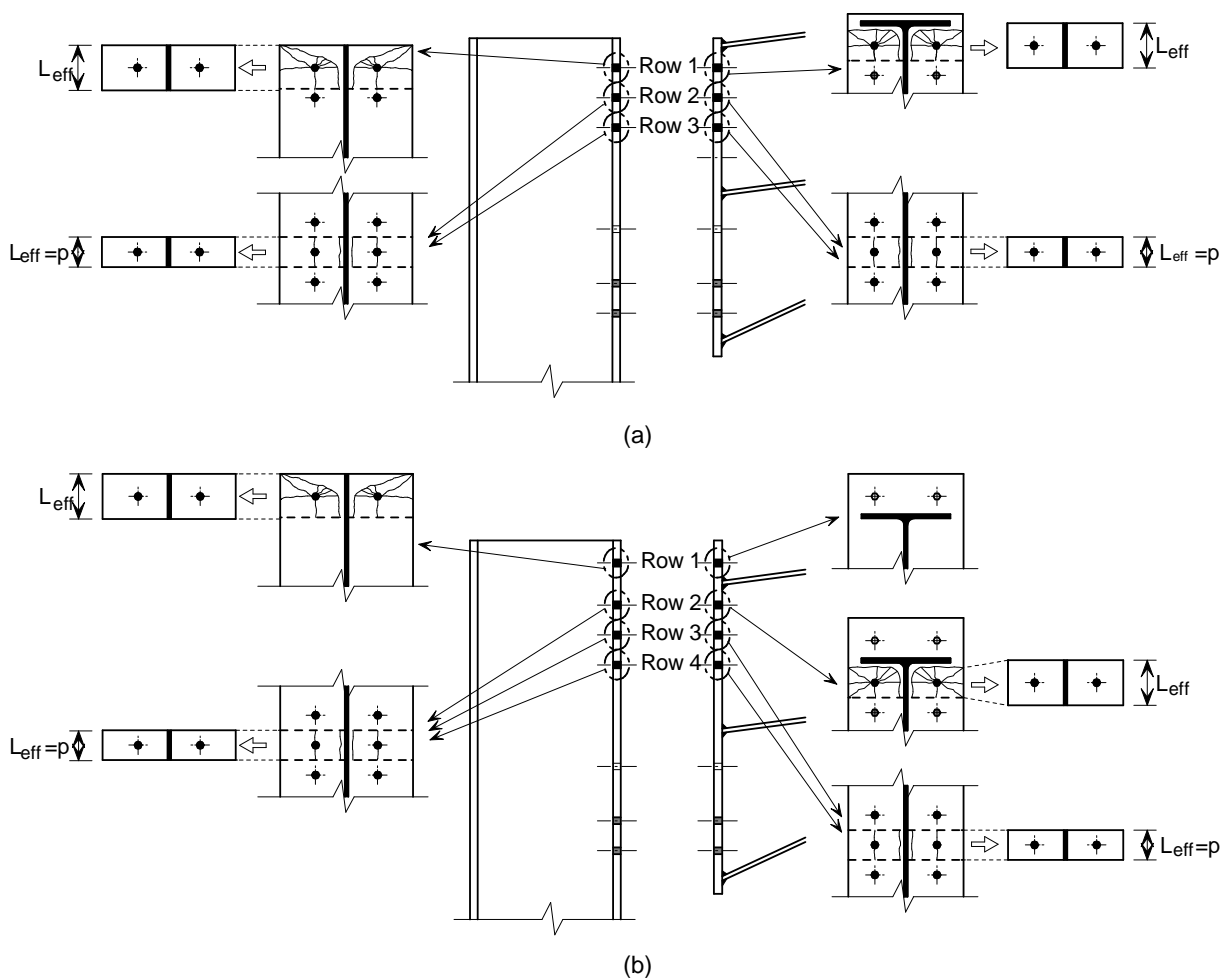
W przypadku pojedynczego szeregu śrub, można stosować następujące uproszczenia:

$$\sum \ell_{eff,1} = \sum \ell_{eff,2} = L_{eff} \quad \text{jak pokazano na Rys. 4.2}$$

$$\sum \ell_{eff,1} \text{ is } \quad \text{wynosi } \sum \ell_{eff} \text{ w przypadku modelu 1}$$

$$\sum \ell_{eff,2} \text{ is } \quad \text{wynosi } \sum \ell_{eff} \text{ w przypadku modelu 2}$$

Metoda ta bazuje na założeniu, że długość efektywna jest ograniczona przez maksymalną odległość pomiędzy szeregami śrub, co przedstawiono na Rys. 4.2 i Tab. 4.3.



Rys 4.2 Długość efektywna T-stubów (ba) wystająca blacha czołowa (a)wpuszczona blacha czołowa.

Tab. 4.3 Długość efektywna dla każdego rzędu śrub

Końcowy rząd śrub	Wewnętrzny rząd śrub	Końcowy rząd śrub znajdujący się obok żebra usztywniającego (słupy usztywnione) lub zewnętrzny rząd śrub przy pasie rozciąganym rygla	Wewnętrzny rząd śrub znajdujący się obok żebra usztywniającego (słupy usztywnione) lub poniżej rozciąganego pasa rygla
		$2\pi m$	$2\pi m$
		$\pi m + 2e_1$	αm
		$e_1 + \alpha m - (2m + 0,625e)$	$\pi m + p$
$2\pi m$		$2\pi m_x$	$0,5 + \alpha m - (2m + 0,625e)$
$\pi m + 2e_1$	$2\pi m$	$\pi m_x + 2w$	
$4m + 1,25e$	$4m + 1,25e$	$\pi m_x + 2e$	
$2m + 0,625e + 0,5p$	p	$4m_x + 1,25e_x$	
$e_1 + 0,5p$		$e + 2m_x + 0,625e_x$	
		$0,5b_p$	
		$0,5w + 2m_x + 0,625e_x$	

4.2 Środek słupa rozciągany w kierunku poprzecznym

Nośność środka słupa ze względu na rozciąganie w kierunku poprzecznym wyznacza się zgodnie z [EN 1993-1-8 §6.2.6.3](#) :

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

gdzie:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3(b_{\text{eff},c,wc} t_{wc} / A_{vc})^2}}$$

jest współczynnikiem redukcyjnym uwzględniającym wpływ ścinania środka słupa.

A_{vc} jest polem powierzchni czynnym przy ścinaniu, według [EN 1993-1-1 §6.2.6\(3\)](#). W przypadku profili dwuteowych pole to można w przybliżeniu wyznaczyć jako $h_w t_w$.

$$b_{\text{eff},t,wc} = l_{\text{eff}}, \text{ patrz Rozdział 4.1}$$

4.3 Zginana blacha czołowa

Nośność obliczeniową i model zniszczenia zginanej blachy czołowej (razem z rozciąganiem śrubami) wyznacza się według metod przedstawionych w Rozdziale 4.1 dotyczącym zginanego pasa słupa i przy wykorzystaniu [Tab. 6.6](#) zamiast [Tab. 6.4](#) EN 1993-1-8.

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

4.4 Rozciągany środek rygla

Nośność nieusztywnionego, rozciąganego środka rygla wyznacza się zgodnie z [EN 1993-1-8 §6.2.6.8](#) według wzoru:

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

gdzie:

$$b_{\text{eff},t,wb} = l_{\text{eff}}, \text{ patrz 4.1}$$

5. Oszacowanie nośności strefy ściskanej

Nośność obliczeniową strefy ściskanej wyznacza się według wzoru:

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

Dla $F_{c,wc,Rd}$ i $F_{c,fh,Rd}$ patrz Rozdział 5.1 i 5.2. Dodatkowo należy sprawdzić:

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

Ze względu na fakt, że skosy w ramach portalowych są dość długie, nośność strefy ściskanej powinna być rozważana jako suma nośności rozciąganych szeregów śrub:

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

Tab. 5.1 Składniki połączenia wpływające na nośność strefy ściskanej

Składnik		Rozdział
Ściskany środek słupa	$F_{c,wc,Rd}$	5.1
Ściskany pas i środek skosu	$F_{c,fh,Rd}$	5.2

5.1 Środek słupa ściskany w kierunku poprzecznym

5.1.1 Wymagania dla żeber w strefie ściskanej

Żebra usztywniające powinny być stosowane gdy środek słupa nie jest w stanie przenieść sił ściskających. Zabezpieczają one również środek słupa przed lokalnym wyboczeniem.

Żebra poprawiają także stateczność słupa, zwłaszcza jeżeli przegub plastyczny może powstać w tym miejscu.

W większości przypadków stosowanie żeber usztywniających w strefie ściskanej słupa jest wymagane.

5.1.2 Środek słupa z żebrzem usztywniającym

Nośność obliczeniową usztywnionego środka słupa obciążonego ściskaniem w kierunku poprzecznym w stosunku do osi słupa wyznacza się zgodnie z §9.1(3) EN 1993-1-5.

5.1.3 Środek słupa bez żebra usztywniającego

Nośność obliczeniową nieusztywnionego środka słupa w strefie ściskanej w kierunku poprzecznym w stosunku do osi słupa wyznacza się zgodnie z EN 1993-1-8, §6.2.6.2:

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

gdzie:

ω jest współczynnikiem redukcyjnym, patrz Rozdział 4.2

$b_{\text{eff},c,wc} = t_{fb} + 2\sqrt{2} a_p + 5(t_{fc} + s) + s_p$; jest efektywną szerokością ściskanego środka słupa.

a_p jest grubością spoiny pachwinowej.

s_p jest długością wyznaczoną przy uwzględnieniu kąta rozchodzenia się obciążenia (45°) ściskającego z pasa skosu (obciążenie przekazywane jest przez blachę czołową). Długość ta wynosi przynajmniej t_p , pod warunkiem, że długość blachy czołowej poniżej pasa jest wystarczająca.

ρ jest współczynnikiem redukcyjnym ze względu na wyboczenie środka:

$$\text{jeżeli } \bar{\lambda}_p \leq 0,72 \quad \text{to} \quad \rho = 1,0$$

$$\text{jeżeli } \bar{\lambda}_p > 0,72 \quad \text{to} \quad \rho = \frac{(\bar{\lambda}_p - 0,2)}{\bar{\lambda}_p^2}$$

gdzie

$$\bar{\lambda}_p = 0,932 \sqrt{\frac{b_{\text{eff},c,wc} d_{wc} f_{y,wc}}{E t_{wc}^2}} \quad \text{jest smukłością płytową środka}$$

w przypadku dwuteowych profili walcowanych: $d_{wc} = h_c - 2(t_{fc} + r_c)$

w przypadku dwuteowych profili spawanych: $d_{wc} = h_c - 2(t_{fc} + \sqrt{2}a_c)$

k_{wc} jest współczynnikiem redukcyjnym uwzględniającym wartość maksymalnych naprężeń ściskających $\sigma_{\text{com,Ed}}$ spowodowanych siłą osiową i momentem zginającym.

$$\text{gdy } \sigma_{\text{com,Ed}} \leq 0,7 f_{y,wc} \quad \text{to} \quad k_{wc} = 1,0$$

$$\text{gdy } \sigma_{\text{com,Ed}} > 0,7 f_{y,wc} \quad \text{to} \quad k_{wc} = 1,7 - \sigma_{\text{com,Ed}} / f_{y,wc}$$

W obliczeniach wstępnych można przyjąć wartość współczynnika $k_{wc} = 1,0$ lub $k_{wc} = 0,7$.

5.2 Ściskany pas i środek skosu

Nośność ściskanego pasa i środka skosu wyznacza się zgodnie z §6.2.6.7 EN 1993-1-8.

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

h jest wysokością (przy uwzględnieniu wysokości rygla i skosu)

$M_{c,Rd}$ jest nośnością obliczeniową ze względu na moment zginający przekroju poprzecznego (belki i skosu), jeżeli zachodzi potrzeba zredukowaną ze względu na uwzględnienie wpływu ścinania zgodnie z EN 1993-1-1 §6.2.5. $M_{c,Rd}$ może być wyznaczony przy pominięciu środkowego pasa rozpatrywanego przekroju.

t_{fb} jest grubością pasa skosu.

Jeżeli wysokość przekroju rygiel + skos przekracza 600 mm udział środka rygla w nośności na ściskanie powinien być zredukowany o 20%. Oznacza to, że jeżeli nośność pasa wynosi $t_{fb}b_{fb}f_{y,fb}$ wtedy:

$$F_{c,fb,Rd} \leq \frac{t_{fb}b_{fb}f_{y,fb}}{0,8}$$

6. Środek słupa ścinany

Jeżeli smukłość środka słupa spełnia warunek: $\frac{d}{t_w} \leq 69\epsilon$, nośność nieuzębrowanego środka słupa na ścinanie wyznacza się zgodnie z §6.2.6.1 EN 1993-1-8:

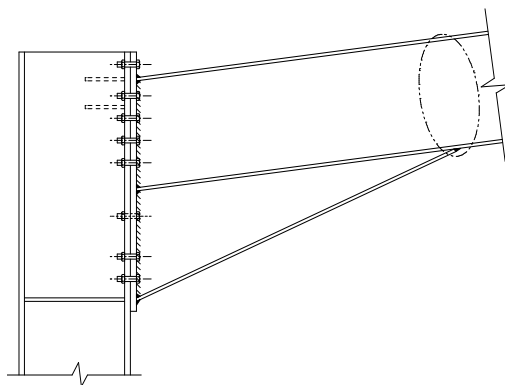
$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9f_{y,wc}A_{vc}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

gdzie

A_{vc} jest polem powierzchni czynnym przy ścinaniu EN 1993-1-1 §6.2.6(3) i Rozdział 4.2 NCCI.

7. Ściskany środek rygla

Nośność obliczeniowa i model zniszczenia ściskanego środka rygla od oddziaływania skosu, może być wyznaczona przy wykorzystaniu metod przedstawionych w Rozdziale 5.1 (jak dla środka słupa przy ściskaniu):



Rys 7.1 Model zniszczenia środka rygla obciążonego siłą ściskającą

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

Jeżeli nośność środka rygla jest niewystarczająca, zaleca się stosowanie żeber usztywniających.

8. Rozkład sił w szeregach śrub

Nośność każdego rzędu śrub $F_{t,Rd}$ (Rozdział 4) wyznacza się zaczynając obliczenia od rzędu górnego, a następnie przeprowadzając obliczenia dla rzędów niższych. Dopuszczalna siła w każdym szeregu wyznaczana jest na podstawie nośności składników. Szeregi śrub w pobliżu miejsc sztywniejszych np. pas belki lub żebro będą miały nośność większą.

Rozkład plastyczny

Dopuszcza się uwzględnienie plastycznego rozkładu sił w śrubach, ale jest to możliwe, przy dopuszczeniu do deformacji pasa słupa i blachy czołowej w połączeniu.

Dwa warunki muszą być spełnione przez efektywną nośność śrub na rozciąganie (Rys. 8.1(a) i 8.2(a)):

Zgodnie z [EN 1993-1-8 §6.2.7.2\(7\)](#) nośność środka słupa ze względu na ściskanie lub ścinanie musi być większa niż suma nośności śrub szeregów na rozciąganie:

$$1. \text{ Ściskanie: } \sum F_{t,Rd(row)} \leq \min(F_{c,wc,Rd}; F_{c,fb,Rd}; F_{c,wb,Rd})$$

$$2. \text{ Ścinany środek słupa: } \sum F_{t,Rd(row)} \leq \frac{V_{wp,Rd}}{\beta}$$

W rozdziale 5 i 6 przedstawiono metody obliczeń nośności środnika słupa na ściskanie i ścinanie.

$\beta = 1$ jest parametrem przyjętym zgodnie z [EN 1993-1-8 §5.3\(8\)](#)

Jeżeli przedstawione powyżej warunki nie są spełnione, konieczne modyfikacje przeprowadza się zgodnie z Rys. 8.1(b) i 8.2(b).

Granice trójkątnego rozkładu sił

Zgodnie z [§6.2.7.2\(9\)](#) EN 1993-1-8, nośność szeregu śrub nie powinna być większa niż 1,9 nośności śruby na rozciąganie:

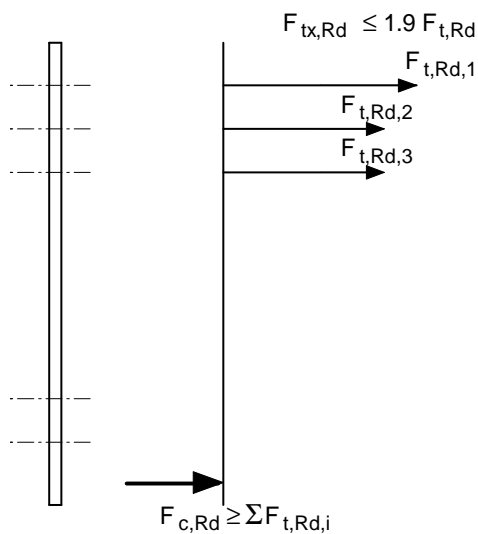
$$F_{tx,Rd} \leq 1,9F_{t,Rd}$$

gdzie

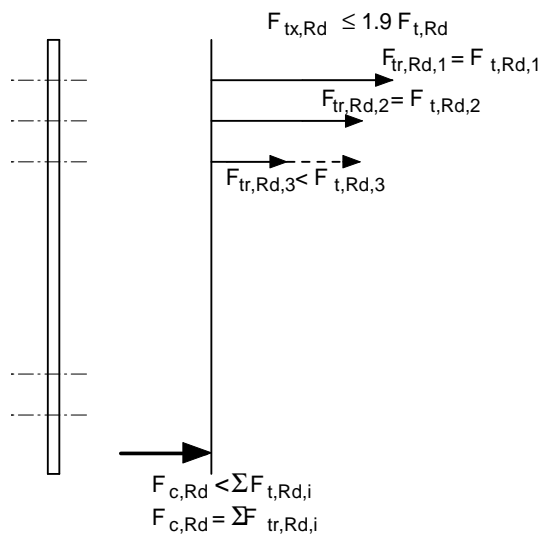
$F_{tx,Rd}$ jest nośnością na rozciąganie szeregu śrub numer x

x jest najbardziej oddalonym od środka strefy ściskanej rzędem śrub, którego nośność efektywna na rozciąganie jest 1,9 raza większa niż nośność śrub znajdujących się w niższych rzędach

Jeżeli nośność rzędu śrub jest uwarunkowana zerwaniem trzpieni śrub (3 model zniszczenia, $F_{t,Rd(row)} \geq 1,9F_{t,Rd}$), wtedy nie jest możliwy plastyczny rozkład sił w rzędach śrub. Z tego powodu, redukuje się nośność rzędów śrub, aby jej wartość nie przekraczała wartości wynikającej z rozkładu trójkątnego, dla rzędów znajdujących się poniżej (Rys. 8.1 i 8.2).



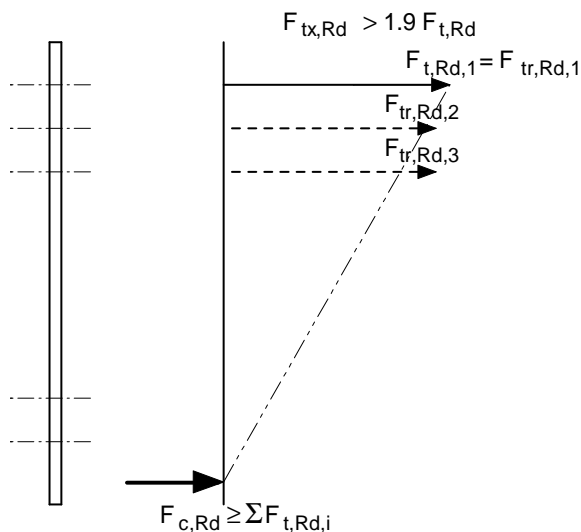
(a) Rozkład plastyczny



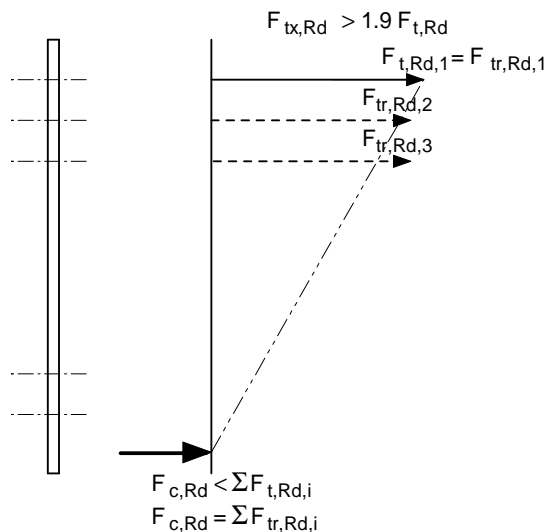
(b) Rozkład plastyczny zmodyfikowany

- Ponieważ $F_{c,Rd}$ i $V_{wp,Rd} \geq F_{t,Rd,i}$ nośność efektywna na rozciąganie ($F_{tr,Rd}$) jest bliska nośności obliczeniowej ($F_{t,Rd,i}$)

- Ponieważ $F_{c,Rd}$ i/lub $V_{wp,Rd} < F_{t,Rd,i}$ nośność efektywna na rozciąganie ($F_{tr,Rd}$) musi być zredukowana, począwszy od rzędu śrub znajdującego się najbliższej środka strefy ściskanej



(c) Rozkład trójkątny



(d) Rozkład trójkątny

- Ponieważ $F_{tx,Rd} > 1.9 F_{t,Rd}$ nośność efektywna na rozciąganie jest zredukowana:

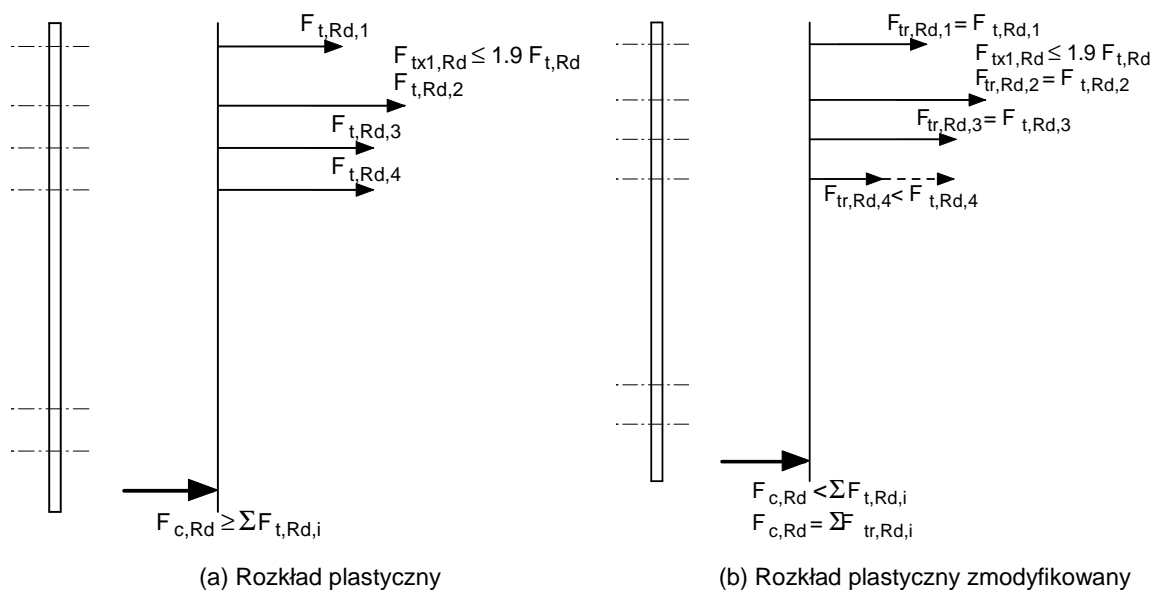
$$F_{tr,Rd} = F_{tx,Rd} \frac{h_T}{h_X}$$

- Ponieważ $F_{tx,Rd} > 1.9 F_{t,Rd}$ nośność efektywna na rozciąganie jest zredukowana:

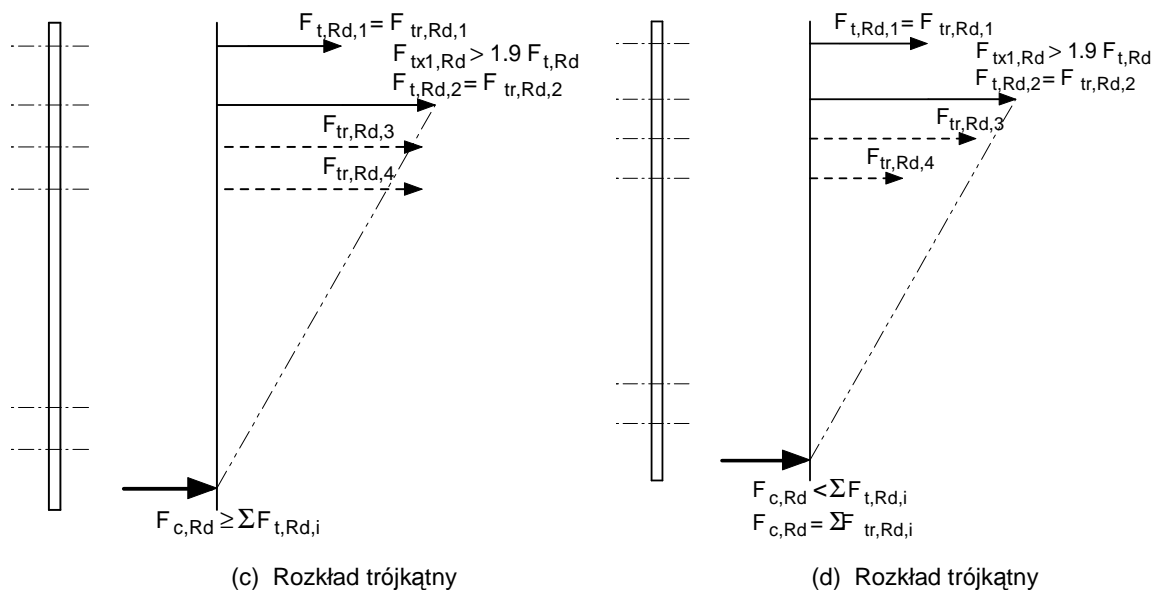
$$F_{tr,Rd} = F_{tx,Rd} \frac{h_T}{h_X}$$

- Ponieważ $F_{c,Rd}$ i/lub $V_{wp,Rd} < F_{t,Rd,i}$ nośność efektywna na rozciąganie ($F_{tr,Rd}$) jest zredukowana, począwszy od rzędu śrub znajdującego się najbliższej środka strefy ściskanej

Rys 8.1 Wpuszczona blacha czołowa – rozkład sił w szeregu śrub.



- Ponieważ $F_{c,Rd}$ i $V_{wp,Rd} \geq F_{t,Rd,i}$ nośność efektywna na rozciąganie ($F_{tr,Rd}$) jest bliska nośności obliczeniowej ($F_{t,Rd,i}$)
- Ponieważ $F_{c,Rd}$ i/lub $V_{wp,Rd} < F_{t,Rd,i}$ nośność efektywna na rozciąganie ($F_{tr,Rd}$) jest zredukowana, począwszy od rzędu śrub znajdującego się najbliżej środka strefy ściskanej



- Ponieważ $F_{tx,Rd} > 1,9 F_{t,Rd}$ nośność efektywna na rozciąganie jest zredukowana:
 - Ponieważ $F_{tx,Rd} > 1,9 F_{t,Rd}$ nośność efektywna na rozciąganie jest zredukowana:
- $$F_{tr,Rd} = F_{tx,Rd} \frac{h_r}{h_x}$$
- $$F_{tr,Rd} = F_{tx,Rd} \frac{h_r}{h_x}$$
- Ponieważ $F_{c,Rd}$ i/lub $V_{wp,Rd} < F_{t,Rd,i}$ nośność efektywna na rozciąganie ($F_{tr,Rd}$) jest zredukowana, począwszy od rzędu śrub znajdującego się najbliżej środka strefy ściskanej

Rys 8.2 Wystająca blacha czołowa – rozkład sił w rzędach śrub .

9. Uwzględnienie wpływu ścinania

Nośność obliczeniowa połączenia na ścinanie może być określona na podstawie nośności następujących składników:

$$V_{Rd} = n_s \min(F_{v,i,Rd}; F_{b,i,fc,Rd}; F_{b,i,ep,Rd}); \text{ Tab. 9.1}$$

gdzie

n_s jest liczbą śrub konieczną do przeniesienia sił ściskających, [EN 1993-1-8 §6.2.2\(2\)](#)

Tab. 9.1 Składniki połączenia uwzględniane przy określaniu nośności na ścinanie

Składnik		Rozdział
Nośność trzpienia śruby na ścinanie	$F_{v,Rd}$	9.1
Nośność ze względu na docisk trzpienia śruby do pasa słupa	$F_{b,c,Rd}$	9.2
Nośność ze względu na docisk trzpienia śruby do blachy czołowej	$F_{b,ep,Rd}$	9.3

9.1 Nośność trzpienia śruby na ścinanie

Nośność obliczeniową trzpienia śruby na ścinanie wyznacza się zgodnie z [EN 1993-1-8 §3.6](#):

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

gdzie:

A_s pole przekroju czynnego śruby

$\alpha_v = 0,6$ w przypadku śrub klasy 4.6, 5.6 i 8.8

$\alpha_v = 0,5$ w przypadku śrub klasy 4.8, 5.8, 6.8 i 10.9

9.2 Nośność ze względu na docisk trzpienia śruby do pasa słupa

Nośność obliczeniową ze względu na docisk trzpienia śruby do pasa słupa wyznacza się zgodnie z [Tab. 3.4 EN 1993-1-8](#).

$$F_{b,c,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$$

gdzie:

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right)$$

☐ kierunek działania obciążenia:

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} \quad \text{śruby zewnętrzne}; \quad \alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \quad \text{śruby wewnętrzne}$$

- kierunek prostopadły do działania obciążenia:

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) \quad \text{śruby zewnętrzne}$$

$$k_1 = \min\left(1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) \quad \text{śruby wewnętrzne}$$

9.3 Nośność ze względu na docisk trzpienia śruby do blachy czołowej

Nośność obliczeniową ze względu na docisk trzpienia śruby do blachy czołowej można wyznaczyć przy wykorzystaniu zasad podanych w Rozdziale 9.2:

$$F_{b,ep,Rd} = \frac{k_1 a_b f_u d t_p}{\gamma_{M2}}$$

10. Zakres stosowania

Stosowanie niniejszego dokumentu musi być zgodne z zasadami i zakresem zastosowania ujętym w EN 1993-1-8. Głównie z nich to:

- Skosy powinny być projektowane zgodnie z [EN 1993-1-8 §6.2.6.7\(2\)](#):
 - klasa stali, z której wykonywane są skosy, powinna być taka sama jak klasa stali z której wykonane są rygiel i słup;
 - wymiary pasa i grubość środnika skosu nie powinny być mniejsze niż odpowiadające im wymiary kształtowników z których wykonano rygiel;
 - kąt ścięcia skosu w stosunku do pasa rygla nie powinien być większy niż 45°;
 - długość sztywnego oparcia s_s powinna być przyjmowana jako równa grubości pasa skosu, równoległe do rygla.
- Zgodnie z [EN 1993-1-8 §6.2.6.7\(2\)](#), procedury przedstawione w tym dokumencie, pozwalające na wyznaczenie nośności połączenia na zginanie $M_{j,Rd}$, nie powinny być stosowane, jeżeli siła osiowa obciążająca połączenie przekracza 5% nośności plastycznej $N_{pl,Rd}$ przekroju poprzecznego rygla.
- Zgodnie z [EN 1993-1-8 §6.2.6.7\(3\)](#), jeżeli siła osiowa obciążająca połączenie przekracza 5% nośności plastycznej $N_{pl,Rd}$ przekroju poprzecznego rygla, to:

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} + \frac{N_{j,Ed}}{N_{j,Rd}} \leq 1,0$$

gdzie:

$M_{j,Rd}$ jest nośnością obliczeniową połączenia ze względu na moment zginający;

$N_{j,Rd}$ jest nośnością obliczeniową połączenia ze względu na siłę osiową.

11. Podstawy

Procedury obliczeniowe przedstawione w tym NCCI bazują na:

- (1) *EN 1993-1-8:2005 Eurocode 3: Design of Steel Structures – Part 1-8: Design of Joints. CEN.*
- (2) *EN 1993-1-1:2005 Eurocode 3: Design of Steel Structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. CEN.*
- (3) *ENV 1993-1-1:1992 and ENV 1993-1-1 AC:1992, Eurocode 3: Design of Steel Structures – Part 1-1: General rules and rules for Buildings. CEN.*
- (4) *Joints in Steel Construction – Moment Connections (P207). The Steel Construction Institute and The British Constructional Steelwork Association Ltd., 1995.*

Aneks A

Spoina łącząca rozciągany pas rygla z blachą czołową

1. Projektowanie spoiny ze względu na siłę rozciągającą w pasie rygla

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_{fb} f_y}{\gamma_{M0}}$$

2. Projektowanie spoiny ze względu na siłę rozciągającą przypadającą na trzy rozciągane rzędy śrub w blasze czołowej:

$$\sum F_{tr,Rd} = F_{t1,Rd} + F_{t2,Rd} + F_{t3,Rd}$$

Projektowanie spoiny ze względu na siłę rozciągającą przypadającą na dwa rozciągane rzędy śrub w wpuszczonej blasze czołowej:

$$\sum F_{tr,Rd} = F_{t1,Rd} + F_{t2,Rd}$$

Zgodnie z uproszczonymi metodami zawartymi w [§4.5.3 of EN 1993-1-8](#), nośność obliczeniowa spoiny na jednostkę długości, $F_{w,Rd}$ wynosi:

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} a$$

gdzie:

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

$F_{w,Ed}$ jest obliczeniową wartością siły na jednostkę długości, obciążającej spoinę;

$f_{vw,d}$ jest wytrzymałością obliczeniową spoiny na ścinanie: $f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}}$

β_w jest współczynnikiem określanym na podstawie [Tab. 4.1 EN 1993-1-8](#).

W celu wyznaczenia nośności obliczeniowej spoiny należy jej nośność na jednostkę długości przemnożyć przez długość wyznaczoną według wzoru:

$$b_{eff} = b - 2a$$

gdzie

b jest całkowitą długością spoiny

a jest grubością spoiny

Jeżeli grubość spoiny jest zbyt duża ($a \geq 12\text{mm}$) zaleca się stosować spoiny czołowe niepełne z nadlewem pachwinowym. Nośność obliczeniową spoiny czołowej należy wyznaczać zgodnie z [EN 1993-1-8 §4.7](#).

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Informacje uzupełniające: Projektowanie doczołowych połączeń narożnych w ramach portalowych		
Odniesienie(a)			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Jaime Grijalvo	LABEIN	
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Jose Antonio Chica	LABEIN	
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:			
1. UK	G W Owens	SCI	23/5/06
2. France	A Bureau	CTICM	23/5/06
3. Sweden	B Uppfeldt	SBI	23/5/06
4. Germany	C Müller	RWTH	23/5/06
5. Spain	J Chica	Labein	23/5/06
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	12/7/06
DOKUMENT TŁUMACZONY			
Tłumaczenie wykonane przez:		A. Wojnar, PRz	
Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:		A. Kozłowski, PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Informacje uzupełniające: Projektowanie doczołowych połączeń narożnych w ramach portalowych	
Seria		
Opis*	Ten dokument dostarcza informacje na temat metod projektowania narożnych połączeń doczołowych rygla ze słupem. Zawiera on kilka uproszczeń pozwalających na ułatwiających wykonywanie obliczeń.	
Poziom dostępu*	Ekspertyza	Praktyka
Identyfikator*	Nazwa pliku	C:\Documents and Settings\lawojnar\Moje dokumenty\2009\Access Steel\2009-04-08!_SN\041\SN041a-PL-EU.doc
Format	Microsoft Office Word; 24 Pages; 625kb;	
Kategoria*	Tytuł zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
Przedmiot*	Obszar zastosowania	Budynki jednokondygnacyjne
Daty	Data utworzenia	05/06/2006
	Data ostatniej modyfikacji	
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*	Polski	
Kontakt	Autor	Jaime Grijalvo, LBEIN
	Sprawdzony przez	Jose Antonio Chica, LBEIN
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
Słowa kluczowe*	Doczołowe połączenia narożne, skosy, nośność na zginanie, nośność na ścinanie, blacha czołowa, połączenie śrubowe rygla ze słupem, spoiny pachwinowe	
Zobacz też	Odniesienie do Eurocodu	EN 1993-1-1 : 2005, EN 1993-1-5 : 2005, EN 1993-1-8 : 2005
	Przykład(y) obliczeniowy	SX031
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	
Omówienie	Narodowa przydatność	Europa
Szczególne instrukcje		