

# **KONSTRUKCJE STALOWE W EUROPIE**

**Wielokondygnacyjne  
konstrukcje stalowe  
Część 5: Projektowanie połączeń**



**Wielokondygnacyjne  
konstrukcje stalowe  
Część 5: Projektowanie połączeń**



## PRZEDMOWA

Niniejsza publikacja stanowi piątą część przewodnika projektanta *Wielokondygnacyjne konstrukcje stalowe*.

Przewodnik *Wielokondygnacyjne konstrukcje stalowe* składa się z 10 następujących rozdziałów:

- Część 1: Poradnik architekta
- Część 2: Projekt koncepcyjny
- Część 3: Oddziaływania
- Część 4: Projekt wykonawczy
- Część 5: Projektowanie połączeń
- Część 6: Inżynieria pożarowa
- Część 7: Wzorcową specyfikacja konstrukcji
- Część 8: Opis kalkulatora do obliczania nośności elementów konstrukcyjnych
- Część 9: Opis kalkulatora do obliczania nośności połączeń prostych
- Część 10: Wskazówki dla twórców oprogramowania do projektowania belek zespolonych

*Wielokondygnacyjne konstrukcje stalowe* to jeden z dwóch przewodników projektanta. Drugi przewodnik projektanta nosi tytuł *Jednokondygnacyjne konstrukcje stalowe*.

Obydwa przewodniki projektanta powstały w ramach europejskiego programu „Wspieranie rozwoju rynku kształtowników na potrzeby hal przemysłowych i niskich budynków (SECHALO) RFS2-CT-2008-0030”.

Przewodniki projektanta zostały opracowane pod kierownictwem firm ArcelorMittal, Peiner Träger oraz Corus. Treść techniczna została przygotowana przez ośrodki badawcze CTICM oraz SCI współpracujące w ramach joint venture Steel Alliance.



## Spis treści

	Nr strony
PRZEDMOWA	III
STRESZCZENIE	VII
1 WPROWADZENIE	1
1.1 Informacje o niniejszym przewodniku projektanta	1
1.2 Funkcjonowanie połączenia	2
1.3 Połączenia znormalizowane	3
1.4 Nośność przy ciągnięciu	3
1.5 Wytyczne projektowe w niniejszej publikacji	4
1.6 Symbole	5
2 BLACHA DOCZOŁOWA O NIEPEŁNEJ WYSOKOŚCI	6
2.1 Zalecane szczegóły	6
2.2 Kontrole ścinania pionowego	7
2.3 Kontrole ciągnięcia	13
2.4 Przykład praktyczny — Blacha doczołowa o niepełnej wysokości	16
3 BLACHA PRZYKŁADKI ŚRODNICA	23
3.1 Zalecane szczegóły	23
3.2 Kontrole ścinania pionowego	24
3.3 Kontrole ciągnięcia	35
3.4 Przykład praktyczny: Blacha przykładki środnika	40
4 PODWÓJNE ŁĄCZNIKI KĄTOWE ŚRODNICA	53
4.1 Zalecane szczegóły	53
4.2 Kontrole ścinania pionowego	54
4.3 Kontrole ciągnięcia	65
4.4 Przykład praktyczny: Łączniki kątowe środnika	70
5 STYKI SŁUPÓW (TYPU DOCISKOWEGO)	85
5.1 Zalecane szczegóły	85
5.2 Kontrole rozciągania	88
5.3 Kontrola ścinania poziomego	93
5.4 Kontrole ciągnięcia pionowego	94
5.5 Przykład praktyczny — Styk słupa	95
6 PODSTAWY SŁUPÓW	104
6.1 Wymiary blachy podstawy	104
6.2 Obliczenie wartości wielkości $c$	105
6.3 Grubość blachy podstawy	106
6.4 Spoiny blachy podstawy	107
6.5 Przykład praktyczny — Podstawa słupa	108
ZAŁĄCZNIK A WYTRZYMAŁOŚĆ NA ZWICHRZENIE	111
LITERATURA	112





## STRESZCZENIE

W niniejszym przewodniku projektanta opisano procedury projektowania połączeń prostych w budynkach wielokondygnacyjnych zgodnie z wymaganiami Eurokodów.

W przewodniku omówiono różne typy połączeń:

- typu belka-belka i belka-słup,
  - podatna blacha doczołowa o niepełnej wysokości,
  - blacha przykładki środnika,
  - podwójne łączniki kątowe środnika,
- styki słupów,
- podstawy słupów.

Każda procedura projektowa została zilustrowana przykładem praktycznym, w którym wykorzystano zalecane wartości podane w Eurokodach.



# 1 WPROWADZENIE

## 1.1 Informacje o niniejszym przewodniku projektanta

W tym przewodniku technicznym opisano procedury projektowania połączeń prostych (nominalnie przegubowych) w stężonych budynkach wielokondygnacyjnych konstruowanych zgodnie z wymaganiami Eurokodów.

Podano procedury projektowania następujących typów połączeń:

- typu belka-belka i belka-słup,
  - podatne blachy doczołowe o niepełnej wysokości (nazywane również blachami czołowymi),
  - blachy przykładki środnika,
  - podwójne łączniki kątowe środnika,
- styki słupów,
- podstawy słupów.

Procedury projektowe rozpoczynają się od zalecanych zasad ustalania szczegółów (geometria połączenia) wymaganych do zapewnienia zachowania plastycznego, po których następują kontrole każdego etapu przeniesienia obciążenia przez całe połączenie, łącznie ze spoinami, blachami, śrubami i środnikami lub pasami, w zależności od sytuacji.

Choć Eurokody definiują ujednolicone zasady obliczeń konstrukcyjnych w Europie, to jednak kwestie bezpieczeństwa konstrukcji pozostają w zakresie odpowiedzialności każdego kraju. Z tego powodu istnieją pewne parametry, tak zwane parametry wyznaczone lokalnie (NDP, National Determined Parameters), które każdy kraj może ustalić samodzielnie. Parametry te są wymienione w Załącznikach krajowych do Eurokodów. Jednakże w Eurokodach znajdują się zalecane wartości każdego parametru NDP. Podczas projektowania konstrukcji należy pobrać wartość NDP z załącznika tego kraju, w którym konstrukcja ma zostać wybudowana.

W zamieszczonych w niniejszej publikacji przykładach praktycznych przyjęto wartości podane w Eurokodach.

Uzupełnieniem tej publikacji jest utworzone na bazie arkusza kalkulacyjnego narzędzie wyposażone w parametry NDP określone dla różnych krajów. W arkuszu kalkulacyjnym uwzględniono wszystkie typy połączeń omówionych w tej publikacji. Z arkusza można korzystać w różnych językach.

## 1.2 Funkcjonowanie połączenia

W przypadku prostych konstrukcji normalną praktyką jest projektowanie belek swobodnie podpartych oraz słupów ściskanych osiowo z (tam gdzie jest to właściwe) nominalnym momentem wywieranym przez połączenia końców belek. Aby zapewnić właściwe zachowanie się konstrukcji, należy zaprojektować połączenia „proste” (nominalnie przegubowe) zgodnie z definicją podaną w normie EN 1993-1-8, § 5.1.1<sup>[1]</sup>. Można założyć, że tego rodzaju połączenia nie przenoszą momentów zginających. Innymi słowy, połączenia charakteryzują się wystarczającą zdolnością do obrotu i plastycznością.

Połączenia nominalnie przegubowe mają następujące właściwości:

1. Zgodnie z założeniem przenoszą tylko reakcję obliczeniową przy ścinaniu między elementami konstrukcyjnymi.
2. Posiadają zdolność przyjmowania wynikowego obrotu.
3. Zapewniają kierunkowe utwierdzenie zakładanych w projekcie elementów konstrukcyjnych.
4. Są wystarczająco wytrzymałe, aby spełnić wymogi odporności konstrukcji na zniszczenie.

W normie EN 1993-1-8<sup>[1]</sup> podano dwie metody klasyfikacji połączeń: sztywność i wytrzymałość.

- Klasyfikacja według sztywności: początkowa sztywność skręcania połączenia, obliczona zgodnie z rozdziałem 6.3.1 normy EN 1993-1-8, jest porównywana z wartościami granicznymi klasyfikacji podanymi w rozdziale 5.2 tej normy.
- Klasyfikacja według wytrzymałości: zaklasyfikowanie połączenia jako przegubowego wymaga spełnienia dwóch poniższych warunków:
  - nośność przy zginaniu połączenia nie przekracza 25% nośności przy zginaniu wymaganej w przypadku połączenia o pełnej wytrzymałości,
  - połączenie może przyjąć obrót wynikający z obciążeń obliczeniowych.

Połączenia można też klasyfikować na podstawie danych eksperymentalnych, praktyki nabytej podczas wcześniejszych zadowalających realizacji w podobnych przypadkach lub na podstawie obliczeń opartych na wynikach testów.

Zasadniczo wymagania dotyczące funkcjonowania połączeń nominalnie przegubowych są spełniane w przypadku połączeń, w których wykorzystywane są stosunkowo cienkie blachy w połączeniu ze spoinami o pełnej wytrzymałości. Praktyka i testy dowiodły, że zastosowanie blach doczołowych o grubości 8–10 mm, blach przykładów średnica i kątowników wykonanych ze stali S275 ze śrubami M20 klasy 8.8 prowadzi do uzyskania połączeń funkcjonujących jak nominalne przeguby sworzniowe. Jeżeli szczegóły komponentów połączenia różnią się od tych zalecanych parametrów, połączenie należy sklasyfikować zgodnie z normą EN 1993-1-8.

## 1.3 Połączenia znormalizowane

W typowej stężonej wielokondygnacyjnej konstrukcji masa połączeń może stanowić mniej niż 5% masy konstrukcji, ale ich koszt może przekraczać 30% kosztów całkowitych. Zatem efektywne połączenia charakteryzują się najmniejszym wkładem pracy wykonywanej podczas ustalania szczegółów, produkcji i montażu, jednak niekonieczne są najlżejsze.

Korzystanie ze znormalizowanych połączeń, w których elementy złączne, śruby, spoiny i geometria są w pełni zdefiniowane, wiąże się z poniższymi korzyściami:

- krótszy czas nabywania, przechowywania i obsługi;
- większa dostępność i redukcja kosztów materiałowych;
- krótszy czas produkcji, przekładający się na szybsze zakończenie montażu;
- lepsze zrozumienie ich funkcjonowania przez wszystkie podmioty w branży;
- mniejsza liczba błędów.

W niniejszej publikacji zalecane są połączenia znormalizowane przynoszące powyższe korzyści. Zestawienie typowych komponentów wykorzystywanych w tym przewodniku jest następujące:

- stal S275 na takie elementy jak blachy doczołowe i łączniki;
- śruby M20 klasy 8.8 z pełnym gwintem, o długości 60 mm;
- otwory 22 mm przebite lub wywiercone;
- spoiny pachwinowe o szerokości 6 mm lub 8 mm;
- odległość między górną częścią belki a pierwszym rzędem śrub równa 90 mm;
- pionowy odstęp między śrubami (skok) równy 70 mm;
- poziomy odstęp między śrubami (rozstaw) równy 90 lub 140 mm;
- górna część blachy doczołowej o niepełnej wysokości, łącznika lub blachy przykładki środnika znajduje się 50 mm poniżej górnej części pasa belki.

## 1.4 Nośność przy ciągnienu

Wymóg odpowiedniej nośności przy ciągnienu ma na celu zabezpieczenie konstrukcji przed nieproporcjonalnym zniszczeniem. Wytyczne dotyczące obliczeniowej siły ciągnienu, która musi zostać przeniesiona przez połączenie, zostały podane w załączniku A normy EN 1991-1-7<sup>[2]</sup>.

W normie EN 1993-1-8 nie ma żadnych wskazówek dotyczących obliczania nośności połączeń przy ciągnienu. W innych wiarygodnych źródłach<sup>[3]</sup> zaleca się, aby wytrzymałość na rozciąganie ( $f_u$ ) wykorzystać do obliczania nośności przy ciągnienu, a współczynnik częściowy dla ciągnienu  $\gamma_{Mu}$  należy przyjąć jako 1,10. Ta wartość dotyczy nośności obliczeniowej wszystkich komponentów połączenia: spoin, śrub, blach i belek.

## 1.5 Wytyczne projektowe w niniejszej publikacji

W tej publikacji zaprezentowano kontrole projektowe uzupełnione w każdym przypadku liczbowym przykładem praktycznym. Wytyczne obejmują:

- podatne blachy doczołowe o niepełnej wysokości,
- blachy przykładki środnika,
- podwójne łączniki kątowe środnika,
- styki słupów,
- podstawy słupów.

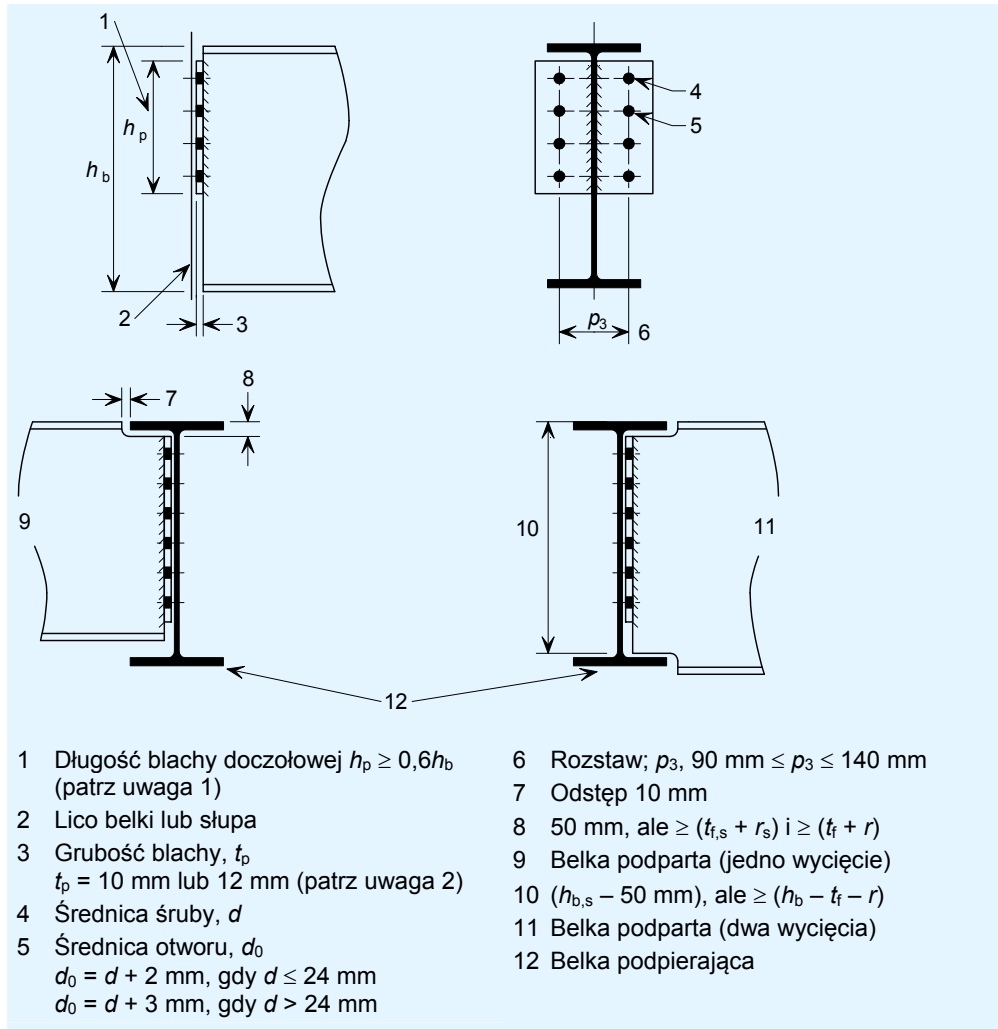
W przypadku wszystkich przykładów praktycznych nagłówki rozdziałów odpowiadają nagłówkom procedur projektowych poprzedzających każdy przykład.

## 1.6 Symbole

$a$	grubość spoiny pachwinowej
$b$	szerokość belki podpartej
$d$	średnica śruby
$d_0$	średnica otworu
$f_{y,b}$	granica plastyczności belki podpartej
$f_{u,b}$	wytrzymałość na rozciąganie belki podpartej
$f_{y,p}$	granica plastyczności blachy (doczołowej, przykładki środnika, nakładki pasa, podstawy)
$f_{u,p}$	wytrzymałość na rozciąganie blachy (doczołowej, przykładki środnika, nakładki pasa, podstawy)
$f_{y,ac}$	granica plastyczności łączników kątowych
$f_{u,ac}$	wytrzymałość na rozciąganie łączników kątowych
$f_{ub}$	wytrzymałość na rozciąganie śruby
$h_b$	wysokość belki podpartej
$h_p$	wysokość blachy (doczołowej, przykładki środnika, nakładki pasa)
$h_{ac}$	wysokość łączników kątowych
$n_b$	całkowita liczba śrub po stronie belki podpartej
$n_s$	całkowita liczba śrub po stronie belki podpierającej
$n_1$	liczba poziomych rzędów śrub
$n_2$	liczba pionowych rzędów śrub
$t_f$	grubość pasa belki podpartej
$t_w$	grubość środnika belki podpartej
$t_p$	grubość blachy (doczołowej, przykładki środnika, nakładki pasa, podstawy)
$t_{ac}$	grubość łączników kątowych
$s$	szerokość spoiny pachwinowej
$\gamma_{M0}$	współczynnik częściowy nośności przekroju poprzecznego ( $\gamma_{M0} = 1,0$ zgodnie z zaleceniem podanym w normie EN 1993-1-1)
$\gamma_{M1}$	współczynnik częściowy nośności elementów konstrukcyjnych ze względu na niestateczność oszacowaną poprzez kontrole elementów ( $\gamma_{M1} = 1,0$ zgodnie z zaleceniem podanym w normie EN 1993-1-1)

## 2 BLACHA DOCZOŁOWA O NIEPEŁNEJ WYSOKOŚCI

### 2.1 Zalecane szczegóły



$h_b$  wysokość belki podpartej

$h_{b,s}$  wysokość belki podpierającej (w stosownych przypadkach)

$t_f$  grubość pasa belki podpartej

$t_{f,s}$  grubość pasa belki podpierającej (w stosownych przypadkach)

$r$  promień zaokrąglenia między pasem a środkiem w belce podpartej

$r_s$  promień zaokrąglenia między pasem a środkiem w belce podpierającej (w stosownych przypadkach)

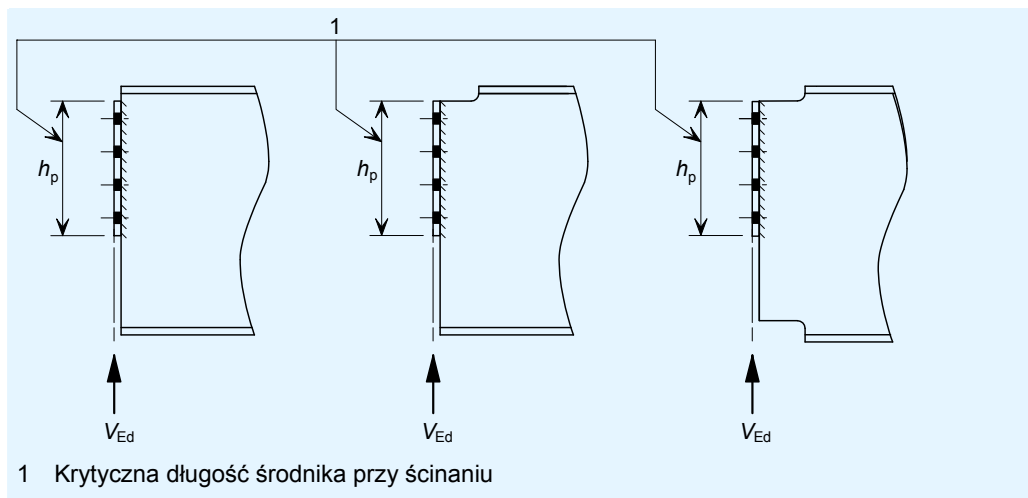


Uwagi:

1. Blacha doczołowa jest zasadniczo umieszczana blisko górnego pasa belki, aby zapewnić wystarczające utwierdzenie pozycyjne. Zwykle przyjmuje się blachę o długości co najmniej  $0,6h_b$ , aby uzyskać nominalne utwierdzenie skrętne.
2. Mimo, że spełnienie wymagań obliczeniowych przy  $t_p < 8$  mm może być teoretycznie możliwe, to w praktyce nie zaleca się takiego rozwiązania z uwagi na możliwość wystąpienia odkształceń podczas produkcji i uszkodzenia w czasie transportu.

## 2.2 Kontrole ścinania pionowego

### 2.2.1 Nośność środka belki przy ścinaniu



Nośność środka belki przy ścinaniu przy blasze doczołowej

Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$

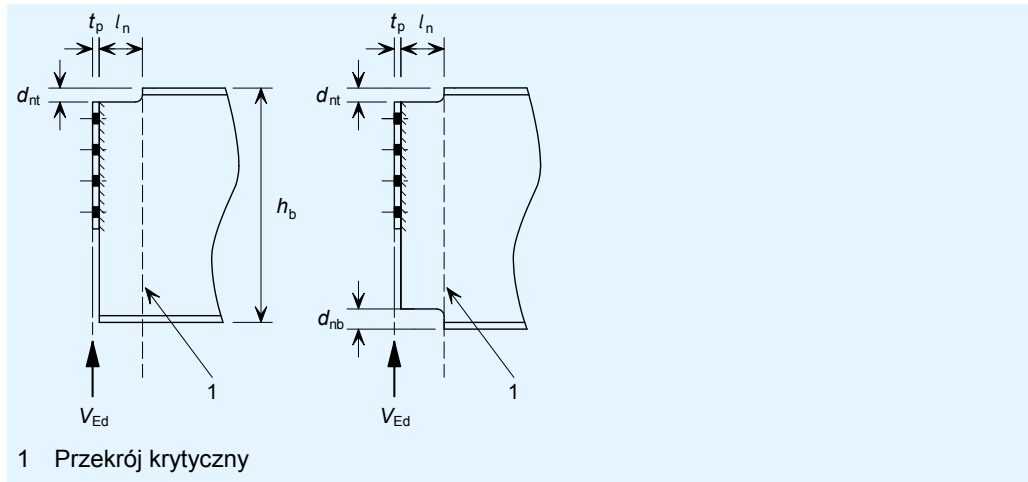
$V_{c,Rd}$  jest obliczeniową nośnością przy ścinaniu belki podpartej połączonej z blachą doczołową.

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_{y,b} / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} \quad [\text{EN 1993-1-1, §6.2.6(1)}]$$

gdzie:

$A_v$  jest pole przekroju przy ścinaniu,  $A_v = h_p t_w$  [Pozycja źródłowa nr 8]

## 2.2.2 Nośność przy zginaniu w wycięciu



$$V_{Ed} \times (t_p + l_n) \leq M_{v,N,Rd} \text{ lub } M_{v,DN,Rd}$$

$M_{v,N,Rd}$  nośność przy zginaniu belki podpartej z jednym wycięciem w miejscu wycięcia i w obecności sił ścinających.

$M_{v,DN,Rd}$  nośność przy zginaniu belki podpartej z dwoma wycięciami w miejscu wycięcia i w obecności sił ścinających.

### 2.2.2.1 Belka z jednym wycięciem:

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{pl,N,Rd}$ )

$$M_{v,N,Rd} = \frac{f_{y,b} W_{el,N,y}}{\gamma_{M0}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} > 0,5 V_{pl,N,Rd}$ )

$$M_{v,N,Rd} = \frac{f_{y,b} W_{el,N,y}}{\gamma_{M0}} \left[ 1 - \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,N,Rd}} - 1 \right)^2 \right] \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

### 2.2.2.2 Belka z dwoma wycięciami:

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{pl,DN,Rd}$ )

$$M_{v,DN,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{6 \gamma_{M0}} (h_b - d_{nt} - d_{nb})^2 \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} > 0,5 V_{pl,DN,Rd}$ )

$$M_{v,DN,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{6 \gamma_{M0}} (h_b - d_{nt} - d_{nb})^2 \left[ 1 - \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,DN,Rd}} - 1 \right)^2 \right] \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

$V_{pl,N,Rd}$  jest nośnością przy ścinaniu w wycięciu w belkach z jednym wycięciem

$$V_{pl,N,Rd} = \frac{A_{v,N} f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$A_{v,N} = A_{Tee} - b t_f + (t_w + 2r) \frac{t_f}{2}$$

$A_{Tee}$  jest polem przekroju teownika

$V_{pl,DN,Rd}$  jest nośnością przy ścinaniu w wycięciu w belkach z dwoma wycięciami

$$V_{pl,DN,Rd} = \frac{A_{v,DN} f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$A_{v,DN} = t_w (h_b - d_{nt} - d_{nb})$$

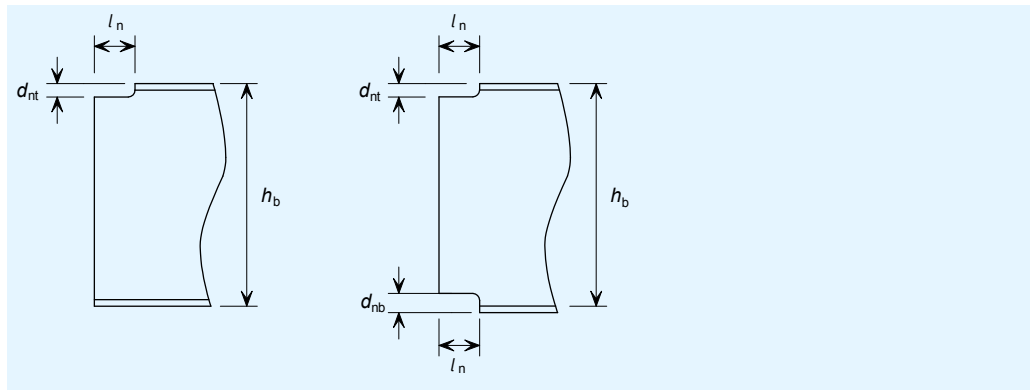
gdzie:

$W_{el,N,y}$  jest wskaźnikiem wytrzymałości przekroju w wycięciu

$d_{nt}$  jest głębokością górnego wycięcia

$d_{nb}$  jest głębokością dolnego wycięcia

### 2.2.3 Stateczność miejscowa belki z wycięciem/wycięciami



Gdy belka jest utwierdzona w celu uniknięcia zwichrzenia, nie trzeba brać pod uwagę stateczności wycięcia, jeśli są spełnione poniższe warunki:

**Warunek podstawowy, wycięcie w jednym pasie:**<sup>[5][6]</sup>

$$d_{nt} \leq h_b / 2$$

oraz:

$$l_n \leq h_b$$

dla  $h_b / t_w \leq 54,3$  (stal S275)

$$l_n \leq \frac{160000 h_b}{(h_b / t_w)^3}$$

dla  $h_b / t_w > 54,3$  (stal S275)

$$l_n \leq h_b$$

dla  $h_b / t_w \leq 48,0$  (stal S355)

$$l_n \leq \frac{110000 h_b}{(h_b / t_w)^3}$$

dla  $h_b / t_w > 48,0$  (stal S355)

**Warunek podstawowy, wycięcia w obu pasach:<sup>[7]</sup>**

$$\max (d_{nb}, d_{nb}) \leq h_b / 5 \text{ i:}$$

$$l_n \leq h_b \quad \text{dla} \quad h_b / t_w \leq 54,3 \quad (\text{stal S275})$$

$$l_n \leq \frac{160000 h_b}{(h_b / t_w)^3} \quad \text{dla} \quad h_b / t_w > 54,3 \quad (\text{stal S275})$$

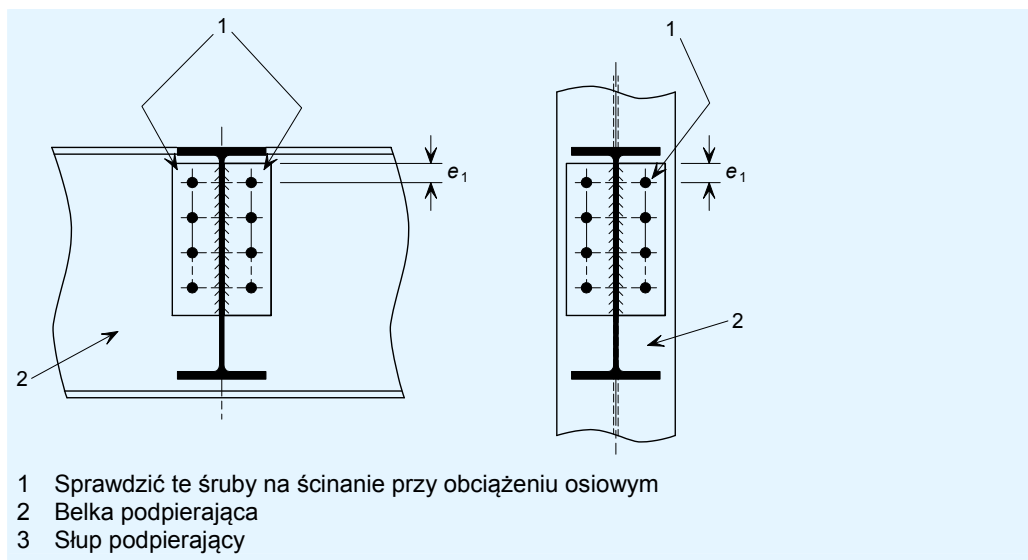
$$l_n \leq h_b \quad \text{dla} \quad h_b / t_w \leq 48,0 \quad (\text{stal S355})$$

$$l_n \leq \frac{110000 h_b}{(h_b / t_w)^3} \quad \text{dla} \quad h_b / t_w > 48,0 \quad (\text{stal S355})$$

Jeżeli długość wycięcia  $l_n$  przekracza te wartości graniczne, należy zastosować odpowiednie usztywnienie lub należy sprawdzić wycięcie pod kątem zgodności z informacjami podanymi w pozycjach źródłowych 5, 6 i 7.

W przypadku elementów wykonanych ze stali S235 i S460 należy zapoznać się z pozycjami źródłowymi 5, 6 i 7.

## 2.2.4 Nośność grupy śrub



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq F_{Rd}$

$F_{Rd}$  jest nośnością grupy śrub [EN 1993-1-8, §3.7(1)]

Jeżeli  $(F_{b,Rd})_{\max} \leq F_{v,Rd}$  to  $F_{Rd} = \sum F_{b,Rd}$

Jeżeli  $(F_{b,Rd})_{\min} \leq F_{v,Rd} \leq (F_{b,Rd})_{\max}$  to  $F_{Rd} = n_s (F_{b,Rd})_{\min}$

Jeżeli  $F_{v,Rd} < (F_{b,Rd})_{\min}$  to  $F_{Rd} = 0,8 n_s F_{v,Rd}$

#### 2.2.4.1 Nośność śrub przy ścinaniu

$F_{v,Rd}$  jest nośnością jednej śruby przy ścinaniu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} \quad [\text{EN 1993-1-8, Tabela 3.4}]$$

gdzie:

$$\alpha_v = 0,6 \text{ dla śrub klas 4.6 i 8.8} \\ = 0,5 \text{ dla śrub klasy 10.9}$$

$A$  jest polem przekroju śruby, w której występują naprężenia rozciągające,  $A_s$

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności śrub

#### 2.2.4.2 Nośność przy docisku

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d_t p}{\gamma_{M2}} \quad [\text{EN 1993-1-8, Tabela 3.4}]$$

gdzie:

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym blachy przy docisku

– Dla śrub końcowych (równoległe do kierunku przenoszenia obciążenia)

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0 \right)$$

– Dla śrub wewnętrznych (równoległe do kierunku przenoszenia obciążenia)

$$\alpha_b = \min \left( \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0 \right)$$

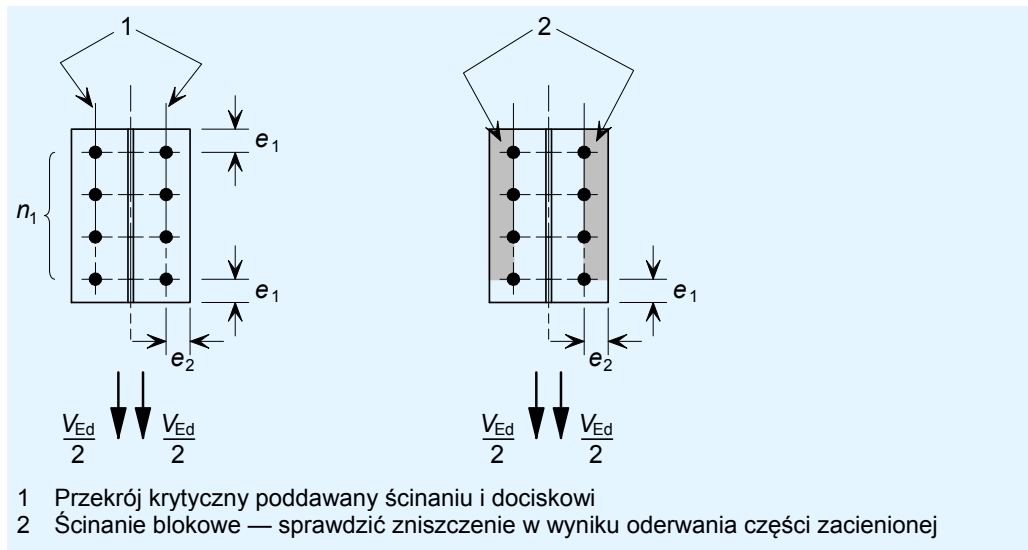
– Dla śrub skrajnych (prostopadle do kierunku przenoszenia obciążenia)

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

– Dla śrub wewnętrznych (prostopadle do kierunku przenoszenia obciążenia)

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

### 2.2.5 Nośność blachy doczołowej przy ścinaniu



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd,min}$ .

$$V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})$$

gdzie:

$V_{Rd,g}$  jest nośnością przekroju brutto przy ścinaniu

$V_{Rd,n}$  jest nośnością przekroju netto przy ścinaniu

$V_{Rd,b}$  jest nośnością na rozerwanie blokowe

#### 2.2.5.1 Nośność przekroju brutto przy ścinaniu

$$V_{Rd,g} = 2 \times \frac{h_p t_p}{1,27} \frac{f_{y,p}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

Uwaga: we współczynniku 1,27 uwzględniono redukcję nośności przy ścinaniu spowodowaną nominalnym zginaniem płaskim wytwarzającym naprężenie w śrubach<sup>[9]</sup>.

#### 2.2.5.2 Nośność przekroju netto przy ścinaniu

$$V_{Rd,n} = 2 \times A_{v,net} \frac{f_{u,p}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

$$A_{v,net} = t_p (h_p - n_1 d_0)$$

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności przekrojów netto

#### 2.2.5.3 Nośność na rozerwanie blokowe

$$V_{Rd,b} = 2 \left( \frac{f_{u,p} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,p} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \right) \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

Ale jeżeli  $h_p < 1,36 p_3$  i  $n_1 > 1$ , wówczas:

$$V_{Rd,b} = 2 \left( \frac{0,5 f_{u,p} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,p} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \right)$$

$$A_{nt} = t_p (e_2 - 0,5 d_0)$$

$$A_{nv} = t_p (h_p - e_1 - (n_1 - 0,5) d_0)$$

gdzie:

$p_3$  jest rozstawem (odległością w poziomie między środkami śrub)

### 2.2.6 Nośność spoiny

Zalecane są symetryczne spoiny pachwinowe o pełnej wytrzymałości.

Aby spoina miała pełną wytrzymałość, w każdym przypadku jej grubość musi spełniać poniższą zależność<sup>[8]</sup>:

$a \geq 0,46 t_w$  dla belki podpartej ze stali S235

$a \geq 0,48 t_w$  dla belki podpartej ze stali S275

$a \geq 0,55 t_w$  dla belki podpartej ze stali S355

$a \geq 0,74 t_w$  dla belki podpartej ze stali S460

gdzie:

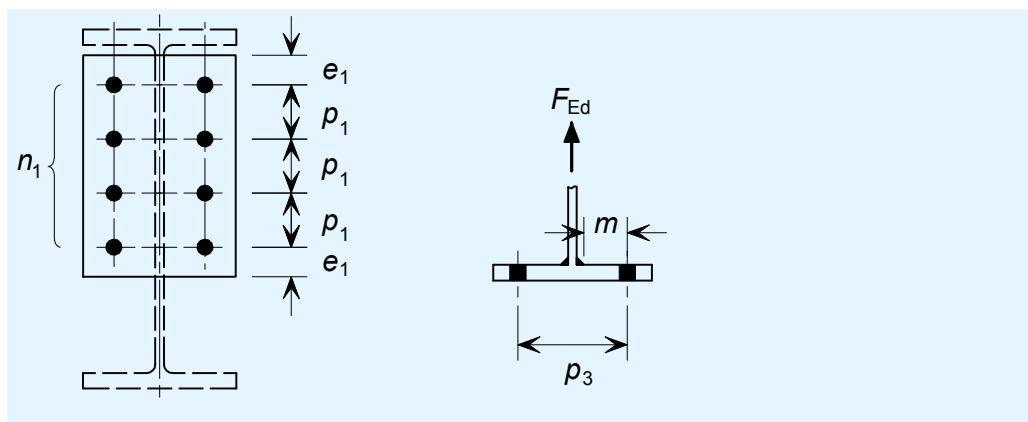
$a$  jest efektywną grubością spoiny

Szerokość spoiny jest definiowana następująco:  $s = a \sqrt{2}$

## 2.3 Kontrole ciągnięcia

W normie EN 1993-1-8 nie ma współczynnika częściowego do kontroli odporności konstrukcji na zniszczenie. W niniejszej publikacji wykorzystano współczynnik  $\gamma_{Mu}$ . Zalecana wartość współczynnika  $\gamma_{Mu}$  wynosi 1,1.

### 2.3.1 Nośność blachy doczołowej przy zginaniu



W przypadku blach doczołowych poddawanych zginaniu mogą wystąpić trzy modele zniszczenia:

Model 1: całkowite uplastycznienie pasa

Model 2: zniszczenie śrub z uplastycznieniem pasa

Model 3: zniszczenie śrub

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq \min(F_{Rd,u,1}; F_{Rd,u,2}; F_{Rd,u,3})$

Model 1 (całkowite uplastycznienie blachy doczołowej)

$$F_{Rd,u,1} = \frac{(8n - 2e_w)M_{pl,1,Rd,u}}{2mn - e_w(m + n)} \quad [EN 1993-1-8, Tabela 6.2]$$

Model 2 (zniszczenie śrub z uplastycznieniem blachy doczołowej)

$$F_{Rd,u,2} = \frac{2M_{pl,2,Rd,u} + n\Sigma F_{t,Rd,u}}{m + n} \quad [EN 1993-1-8, Tabela 6.2]$$

Model 3 (zniszczenie śrub)

$$F_{Rd,u,3} = \Sigma F_{t,Rd,u} \quad [EN 1993-1-8, Tabela 6.2]$$

$$F_{t,Rd,u} = \frac{k_2 f_{ub} A}{\gamma_{Mu}}$$

gdzie:

$$M_{pl,1,Rd,u} = \frac{0,25\Sigma l_{eff} t_p^2 f_{u,p}}{\gamma_{Mu}}$$

$$M_{pl,2,Rd,u} = M_{pl,1,Rd,u}$$

$$m = \frac{p_3 - t_w - 2 \times 0,8 \times a \sqrt{2}}{2}$$

$$n = e_{min} \text{ ale } n \leq 1,25m \quad \text{gdzie } e_{min} = e_2$$

$$e_w = \frac{d_w}{4}$$

$d_w$  jest średnicą podkładki

$$k_2 = 0,63 \text{ dla śrub z łbem wpuszczanym} \\ = 0,9 \text{ w innych przypadkach}$$

$A$  jest polem przekroju śruby, w której występują naprężenia rozciągające,  $A_s$

$\Sigma l_{eff}$  jest efektywną długością przegubu plastycznego

$$\Sigma l_{eff} = 2e_{1A} + (n_1 - 1)p_{1A}$$

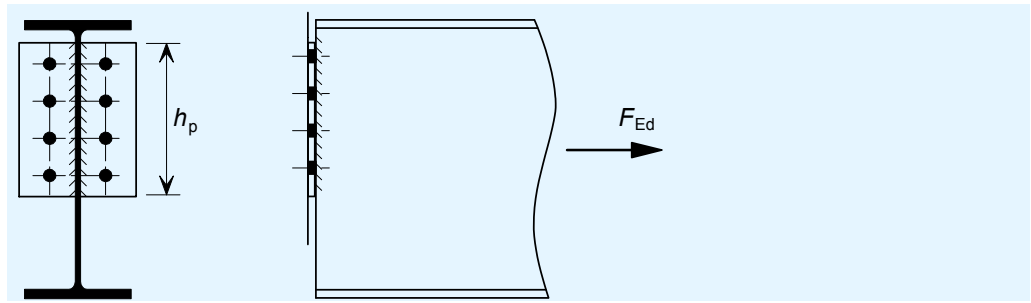
$$e_{1A} = e_1 \text{ ale } \leq 0,5(p_3 - t_w - 2a\sqrt{2}) + \frac{d_0}{2}$$

$$p_{1A} = p_1 \text{ ale } \leq p_3 - t_w - 2a\sqrt{2} + d_0$$

Szerokość spoiny jest definiowana następująco:  $s = a\sqrt{2}$



### 2.3.2 Nośność środника belki



Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

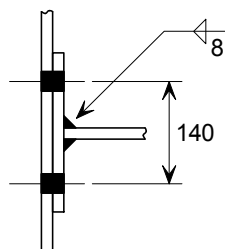
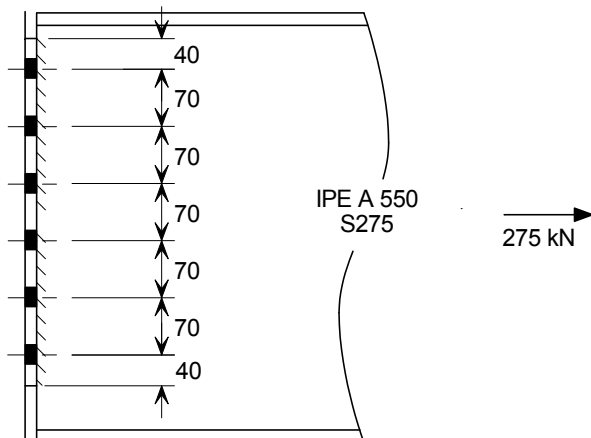
$$F_{Rd} = \frac{t_w h_p f_{u,b}}{\gamma_{Mu}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

### 2.3.3 Nośność spoiny

Wymiary spoiny określone dla ścinania są wystarczające dla nośności przy ciągnięciu, ponieważ spoina ma pełną wytrzymałość.

## 2. Blacha doczołowa o niepełnej wysokości

### Szczegóły i dane



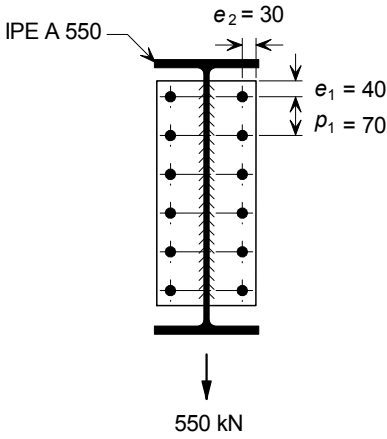
Belka: IPE A 550 S275

Podatna blacha doczołowa o niepełnej wysokości:  $430 \times 200 \times 12$ , S275

Śruby: M20 8.8

Spoiny: pachwinowa 8 mm (grubość spoiny  $a = 5,6$  mm)

Tytuł	2.4 Przykład praktyczny — Blacha doczołowa o niepełnej wysokości	2 z 7
<p><b>Podsumowanie kompletnych kontroli obliczeniowych</b></p> <p><b>Siły obliczeniowe</b></p> <p><math>V_{Ed} = 550 \text{ kN}</math></p> <p><math>F_{Ed} = 275 \text{ kN}</math> (siła rozciągająca)</p> <p><b>Nośności przy ścinaniu</b></p> <p>Nośność środka belki przy ścinaniu 614 kN</p> <p>Nośność przy zginaniu w wycięciu ND.</p> <p>Stateczność miejscowa belki z wycięciem/wycięciami ND.</p> <p>Nośność grupy śrub 902 kN</p> <p>Nośność blachy doczołowej 1182 kN</p> <p>Nośność spoiny OK</p> <p><b>Nośności przy ciągnięciu</b></p> <p>Nośność blachy doczołowej przy zginaniu 493 kN</p> <p>Nośność środka belki przy rozciąganiu 1513 kN</p> <p>Nośność spoiny OK</p> <p><b>2.1. Zalecane szczegóły</b></p> <p>Blacha doczołowa: 200×12 mm</p> <p>Wysokość blachy: <math>h_p = 430 \text{ mm} &gt; 0,6h_b</math>, OK</p> <p>Śruby: M20 klasy 8.8; rozstaw 140 mm</p> <p><b>2.2. Kontrole ścinania pionowego</b></p> <p><b>2.2.1. Nośność środka belki przy ścinaniu</b></p> <div data-bbox="191 1422 510 1803"> </div> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{c,Rd}</math></p> <p>Nośność środka belki przy ścinaniu, <math>V_{c,Rd} = \frac{A_v f_{y,b} / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}}</math></p>		
		<p>Jeśli nie podano inaczej, wszystkie odnośniki dotyczą normy EN 1993-1-8</p> <p>EN 1993-1-1 § 6.2.6(1)</p>

Tytuł	2.4 Przykład praktyczny — Blacha doczołowa o niepełnej wysokości	3 z 7
<p>Pole przekroju środka belki poddawane ścinaniu,  <math>A_v = 430 \times 9 = 3870 \text{ mm}^2</math></p> <p>Nośność środka belki przy ścinaniu,  <math display="block">V_{pl,Rd} = \frac{3870 \times 275 / \sqrt{3}}{1,0} \times 10^{-3} = 614 \text{ kN}</math></p> <p><math>V_{Ed} = 550 \text{ kN} \leq 614 \text{ kN}</math>, OK</p> <p><b>2.2.2. Nośność przy zginaniu w wycięciu</b></p> <p>Nie dotyczy (brak wycięcia)</p> <p><b>2.2.3. Stateczność miejscowa belki z wycięciem/wycięciami</b></p> <p>Nie dotyczy (brak wycięcia)</p> <p><b>2.2.4. Nośność grupy śrub</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> <p>Nośność obliczeniowa grupy śrub, <math>F_{Rd}</math>:</p> <p>jeżeli <math>(F_{b,Rd})_{\max} \leq F_{v,Rd}</math> to <math>F_{Rd} = \Sigma F_{b,Rd}</math></p> <p>jeżeli <math>(F_{b,Rd})_{\min} \leq F_{v,Rd} &lt; (F_{b,Rd})_{\max}</math> to <math>F_{Rd} = n_s (F_{b,Rd})_{\min}</math></p> <p>jeżeli <math>F_{v,Rd} &lt; (F_{b,Rd})_{\min}</math> to <math>F_{Rd} = 0,8 n_s F_{v,Rd}</math></p> <p><b>2.2.4.1. Nośność śrub przy ścinaniu</b></p> <p>Nośność jednej śruby przy ścinaniu, <math>F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}</math></p> <p>W przypadku śrub M20 klasy 8.8 <math>F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 800 \times 245}{1,25} \times 10^{-3} = 94 \text{ kN}</math></p>		
		§ 3.7
		Tabela 3.4

**2.2.4.2. Nośność przy docisku**

$$\text{Nośność przy docisku, } F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d t_p}{\gamma_{M2}}$$

$$\begin{aligned} \text{Dla śrub skrajnych, } k_1 &= \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) \\ &= \min\left(2,8 \times \frac{30}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(2,12; 2,5) = 2,12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dla śrub końcowych, } \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right) \\ &= \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{800}{430}; 1,0\right) = \min(0,61; 1,86; 1,0) = 0,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dla śrub wewnętrznych, } \alpha_b &= \min\left(\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right) \\ &= \min\left(\frac{70}{3 \times 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{430}; 1,0\right) = \min(0,81; 1,86; 1,0) = 0,81 \end{aligned}$$

Śruby końcowe,

$$F_{b,Rd,end} = (F_{b,Rd})_{\min} = \frac{2,12 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 12}{1,25} \times 10^{-3} = 107 \text{ kN}$$

Śruby wewnętrzne,

$$F_{b,Rd,inner} = (F_{b,Rd})_{\max} = \frac{2,12 \times 0,81 \times 430 \times 20 \times 12}{1,25} \times 10^{-3} = 142 \text{ kN}$$

94 kN < 107 kN a zatem  $F_{v,Rd} < (F_{b,Rd})_{\min}$ 

$$F_{Rd} = 0,8 n_s (F_{v,Rd})_{\min} = 0,8 \times 12 \times 94 = 902 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 550 \text{ kN} \leq 902 \text{ kN}, \quad \text{OK}$$

**2.2.5. Nośność blachy doczołowej przy ścinaniu**Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd,min}$ 

$$V_{Rd,min} = (V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})$$

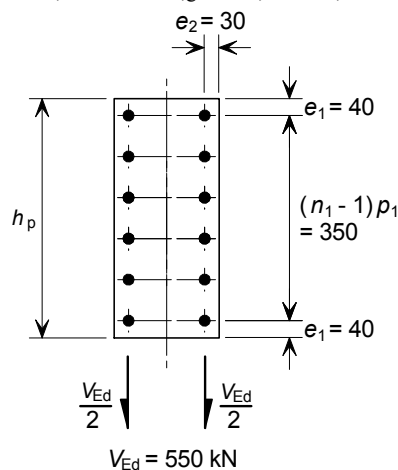


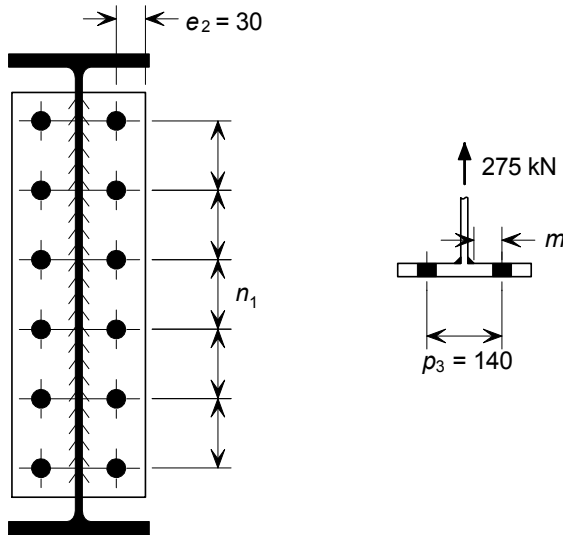
Tabela 3.4

Tytuł	2.4 Przykład praktyczny — Blacha doczołowa o niepełnej wysokości	5 z 7
<p><b>2.2.5.1. Nośność przekroju brutto przy ścinaniu</b></p> $V_{Rd,g} = \frac{2h_p t_p}{1,27} \frac{f_{y,p}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} = \frac{2 \times 430 \times 12 \times 275}{1,27 \times \sqrt{3} \times 1,0} \times 10^{-3} = 1290 \text{ kN}$ <p><b>2.2.5.2. Nośność przekroju netto przy ścinaniu</b></p> $V_{Rd,n} = 2 \times A_{v,net} \frac{f_{u,p}}{\sqrt{3}\gamma_{M2}}$ <p>Pole przekroju netto, <math>A_{v,net} = 12(430 - 6 \times 22) = 3576 \text{ mm}^2</math></p> $V_{Rd,n} = 2 \times 3576 \times \frac{430}{\sqrt{3} \times 1,25} \times 10^{-3} = 1420 \text{ kN}$ <p><b>2.2.5.3. Nośność na rozerwanie blokowe</b></p> <p><math>h_p = 430</math> i <math>1,36 p_3 = 1,36 \times 140 = 190 \text{ mm}</math></p> <p>Ponieważ <math>h_p &gt; 1,36 p_3</math> więc</p> $V_{Rd,b} = 2 \times \left( \frac{f_{u,p} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,p} A_{nv}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \right)$ <p>Pole przekroju netto poddawane rozciąganiu, <math>A_{nt} = t_p (e_2 - 0,5 d_0)</math></p> $= 12(30 - 0,5 \times 22) = 228 \text{ mm}^2$ <p>Pole przekroju netto poddawane ścinaniu,</p> $A_{nv} = t_p (h_p - e_1 - (n_1 - 0,5) d_0)$ $= 12(430 - 40 - (6 - 0,5) 22) = 3228 \text{ mm}^2$ $V_{Rd,b} = 2 \times \left( \frac{430 \times 228}{1,25} + \frac{275 \times 3228}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 1182 \text{ kN}$ <p><math>V_{Rd,min} = \min(1290; 1420; 1182) = 1182 \text{ kN}</math></p> <p><math>V_{Ed} = 550 \text{ kN} \leq 1182 \text{ kN}, \quad \text{OK}</math></p> <p><b>2.2.6. Nośność spoiny</b></p> <p>Belka ze stali S275</p> <p>Warunek podstawowy: <math>a \geq 0,48 t_w</math></p> <p><math>0,48 t_p = 0,48 \times 9 = 4,32 \text{ mm}</math></p> <p><math>a = 5,7 \text{ mm} \geq 0,48 t_w \quad \text{OK}</math></p>		<p>Poz. źr. nr (8)</p> <p>Poz. źr. nr (8)</p> <p>Poz. źr. nr (8)</p> <p>Poz. źr. nr (8)</p>

## 2.3. Kontrole ciągnięcia

### 2.3.1. Nośność blachy doczołowej przy zginaniu

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq \min(F_{Rd,u,1}, F_{Rd,u,2}, F_{Rd,u,3})$



Model 1:

$$F_{Rd,u,1} = \frac{(8n - 2e_w)M_{pl,1,Rd,u}}{2mn - e_w(m + n)}$$

$$\Sigma l_{eff} = 2e_{1A} + (n_1 - 1)p_{1A}$$

$$e_{1A} = e_1 \text{ ale } \leq 0,5(p_3 - t_w - 2a\sqrt{2}) + \frac{d_0}{2}$$

$$0,5(140 - 9 - 2 \times 5,6\sqrt{2}) + \frac{22}{2} = 69 \text{ mm}$$

$$\therefore e_{1A} = 40$$

$$p_{1A} = p_1 \text{ ale } \leq p_3 - t_w - 2a\sqrt{2} + d_0$$

$$p_3 - t_w - 2a\sqrt{2} + d_0 = 140 - 9 - 2 \times 5,6\sqrt{2} + 22 = 137 \text{ mm}$$

$$\therefore p_{1A} = 70$$

$$\Sigma l_{eff} = 2e_{1A} + (n_1 - 1)p_{1A} = 2 \times 40 + (6 - 1)70 = 430 \text{ mm}$$

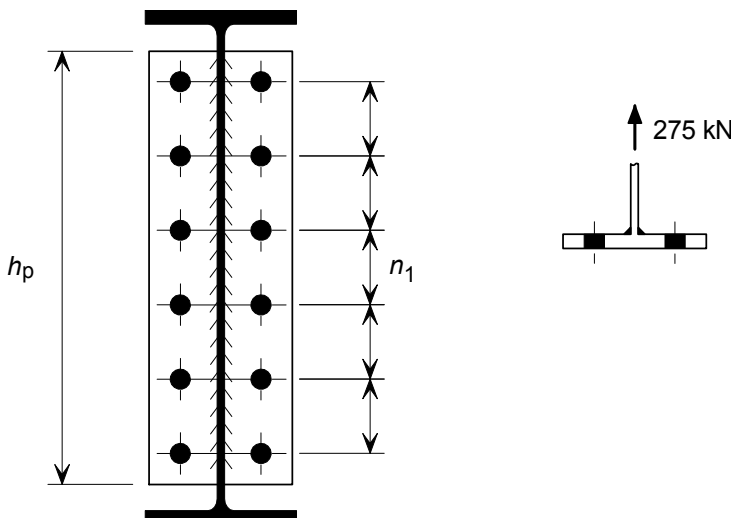
$$M_{pl,1,Rd,u} = \frac{0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_{u,p}}{\gamma_{Mu}} = \frac{0,25 \times 430 \times 12^2 \times 430}{1,1} \times 10^{-6} = 6,05 \text{ kNm}$$

$$m = \frac{p_3 - t_w - 2 \times 0,8 \times a\sqrt{2}}{2} = \frac{140 - 9 - 2 \times 0,8 \times 5,6 \times \sqrt{2}}{2} = 59 \text{ mm}$$

$$e_w = \frac{d_w}{4} = \frac{37}{4} = 9,25 \text{ mm}$$

$$n = \min(e_2; 1,25m) = \min(30; 76) = 30 \text{ mm}$$

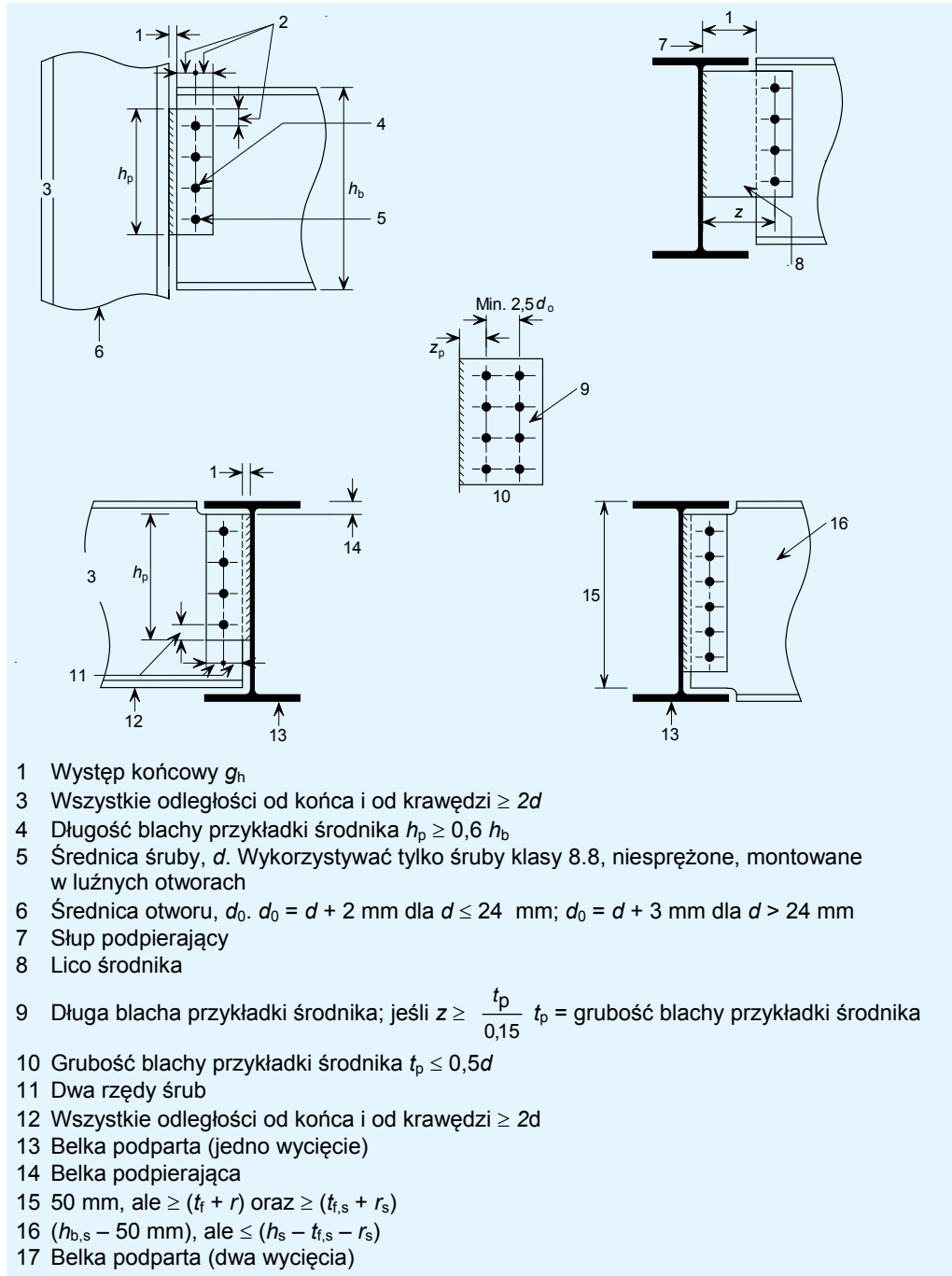
Tabela 6.2

Tytuł	<b>2.4 Przykład praktyczny — Blacha doczołowa o niepełnej wysokości</b>	7 z 7
$F_{Rd,u,1} = \frac{(8 \times 30 - 2 \times 9,25) 6,05 \times 10^3}{2 \times 59 \times 30 - 9,25(59 + 30)} = 493 \text{ kN}$ <p>Model 2:</p> $F_{Rd,u,2} = \frac{2M_{pl,2,Rd,u} + n \Sigma F_{t,Rd,u}}{m + n}$ $M_{pl,2,Rd,u} = M_{pl,1,Rd,u} = 6,05 \text{ kNm}$ $F_{t,Rd,u} = \frac{k_2 f_{ub} A}{\gamma_{Mu}} = \frac{0,9 \times 800 \times 245}{1,1} \times 10^{-3} = 160 \text{ kN}$ $F_{Rd,u,2} = \frac{2 \times 6,05 \times 10^3 + 30 \times 12 \times 160}{59 + 30} = 793 \text{ kN}$ <p>Model 3:</p> $F_{Rd,u,3} = \Sigma F_{t,Rd,u} = 12 \times 160 = 1920 \text{ kN}$ $\min(F_{Rd,u,1}, F_{Rd,u,2}, F_{Rd,u,3}) = \min(493; 793; 1920) = 493 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 275 \text{ kN} \leq 493 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>2.3.2. Nośność środника belki</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p>  $F_{Rd} = \frac{t_w h_p f_{u,b}}{\gamma_{Mu}} = \frac{9 \times 430 \times 430}{1,1} \times 10^{-3} = 1513 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 275 \text{ kN} \leq 1513 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>2.3.3. Nośność spoiny</b></p> <p>Wymiary spoiny określone dla ścinania są wystarczające dla nośności przy ciągnięciu, ponieważ spoina ma pełną wytrzymałość.</p>		<p>Tabela 6.2</p> <p>Tabela 6.2</p> <p>Poz. źr. nr (8)</p>



### 3 BLACHA PRZYKŁADKI ŚRODNIKA

#### 3.1 Zalecane szczegóły

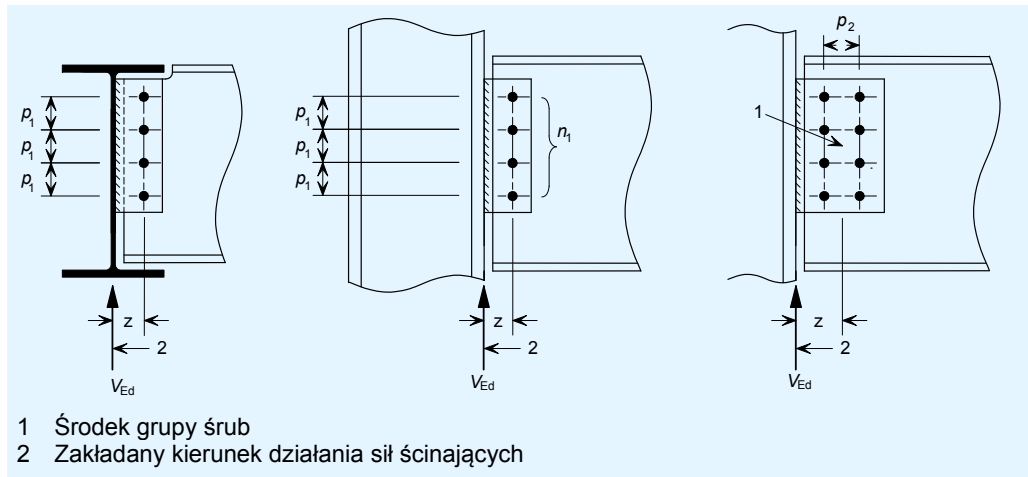


- $h_b$  wysokość belki podpartej
- $h_{b,s}$  wysokość belki podpierającej (w stosownych przypadkach)
- $t_f$  grubość pasa belki podpartej
- $t_{f,s}$  grubość pasa belki podpierającej (w stosownych przypadkach)
- $r$  promień zaokrąglenia między pasem a środnikiem w belce podpartej
- $r_s$  promień zaokrąglenia między pasem a środnikiem w belce podpierającej (w stosownych przypadkach)

## 3.2 Kontrole ścinania pionowego

### 3.2.1 Nośność grupy śrub

#### 3.2.1.1 Nośność śrub przy ścinaniu



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

$$V_{Rd} = \frac{n_b F_{v,Rd}}{\sqrt{(1 + \alpha n_b)^2 + (\beta n_b)^2}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 3}]$$

$F_{v,Rd}$  jest nośnością jednej śruby przy ścinaniu

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

gdzie:

$A$  jest polem przekroju śruby, w której występują naprężenia rozciągające,  $A_s$

$\alpha_v = 0,6$  dla śrub klas 4.6 i 8.8  
 $= 0,5$  dla śrub klasy 10.9

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności śrub

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub ( $n_2 = 1$ )

$$\alpha = 0 \text{ i } \beta = \frac{6z}{n_1(n_1 + 1)p_1}$$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub ( $n_2 = 2$ )

$$\alpha = \frac{zp_2}{2I} \text{ i } \beta = \frac{zp_1}{2I}(n_1 - 1)$$

$$I = \frac{n_1}{2} p_2^2 + \frac{1}{6} n_1 (n_1^2 - 1) p_1^2$$

$z$  jest odległością poprzeczną od lica elementu podpierającego do środka grupy śrub

### 3.2.1.2 Nośność śrub blachy przykładki środnika przy docisku

Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

$$V_{Rd} = \frac{n_b}{\sqrt{\left(\frac{1 + \alpha n_b}{F_{b,ver,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{\beta n_b}{F_{b,hor,Rd}}\right)^2}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 3}]$$

$$\text{Nośność jednej śruby przy docisku wynosi } F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d_t p}{\gamma_{M2}}$$

Nośność jednej śruby blachy przykładki środnika przy docisku pionowym wynosi:

$$F_{b,ver,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d_t p}{\gamma_{M2}}$$

Nośność jednej śruby blachy przykładki środnika przy docisku poziomym wynosi:

$$F_{b,hor,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d_t p}{\gamma_{M2}}$$

$\alpha$  i  $\beta$  zdefiniowano wcześniej

Dla  $F_{b,ver,Rd}$ :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right)$$

Dla  $F_{b,hor,Rd}$ :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_2}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right)$$

### 3.2.1.3 Nośność śrub środnika belki przy docisku

Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

$$V_{Rd} = \frac{n_b}{\sqrt{\left(\frac{1 + \alpha n_b}{F_{b,ver,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{\beta n_b}{F_{b,hor,Rd}}\right)^2}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 3}]$$

$$F_{b,ver,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d_t w}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{b,hor,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d_t w}{\gamma_{M2}}$$

$\alpha$  i  $\beta$  zdefiniowano wcześniej

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym średnika belki przy docisku

Dla  $F_{b,ver,Rd}$ :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_{2,b}}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

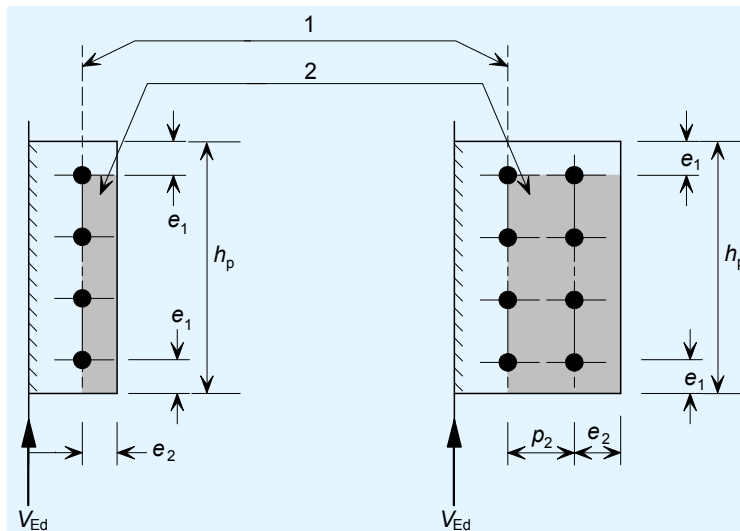
$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_{1,b}}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0\right)$$

Dla  $F_{b,hor,Rd}$ :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_{1,b}}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_{2,b}}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0\right)$$

### 3.2.2 Nośność blachy przykładki średnika przy ścinaniu



1 Przekrój krytyczny poddawany ścinaniu i zginaniu

2 Ścinanie blokowe — sprawdzić zniszczenie w wyniku oderwania części zacienionej

Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd,min}$

$$V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})$$

### 3.2.2.1 Nośność przekroju brutto przy ścinaniu

$$V_{Rd,g} = \frac{h_p t_p}{1,27} \frac{f_{y,p}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

Uwaga: We współczynniku 1,27 uwzględniono redukcję nośności przy ścinaniu spowodowaną nominalnym zginaniem płaskim wytwarzającym naprężenie w śrubach<sup>9</sup>.

### 3.2.2.2 Nośność przekroju netto przy ścinaniu

$$V_{Rd,n} = A_{v,net} \frac{f_{u,p}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

$$A_{v,net} = t_p (h_p - n_1 d_0)$$

### 3.2.2.3 Nośność na rozerwanie blokowe

$$V_{Rd,b} = \frac{0,5 f_{u,p} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,p} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

gdzie:

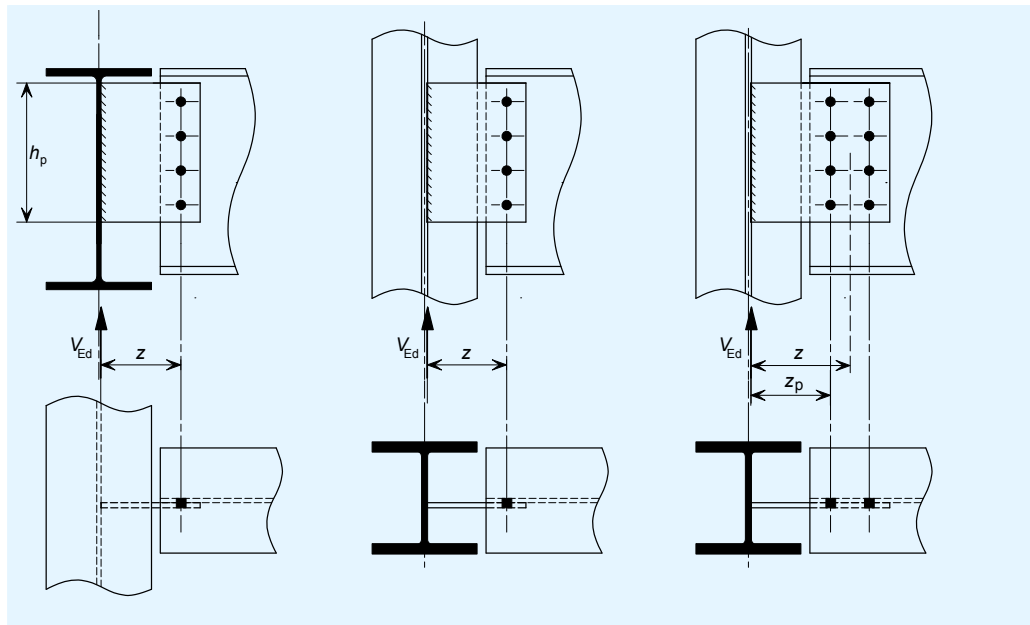
W przypadku jednego pionowego rzędu śrub,  $A_{nt} = t_p (e_2 - 0,5 d_0)$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub,  $A_{nt} = t_p \left( e_2 + p_2 - \frac{3}{2} d_0 \right)$

$$A_{nv} = t_p (h_p - e_1 - (n_1 - 0,5) d_0)$$

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności przekrojów netto

### 3.2.3 Nośność blachy przykładki środknika przy zginaniu



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

Jeżeli  $h_p \geq 2,73 \times z$  to  $V_{Rd} = \infty$

[Pozycja źródłowa 8]

W przeciwnym razie  $V_{Rd} = \frac{W_{el,p}}{z} \frac{f_{y,p}}{\gamma_{M0}}$

gdzie:

$$W_{el,p} = \frac{t_p h_p^2}{6}$$

### 3.2.4 Nośność blachy przykładki środnika przy wyboczeniu

Zwichrzenie blachy przykładki środnika<sup>8</sup>.

Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

Jeżeli  $z > \frac{t_p}{0,15}$  to  $V_{Rd} = \min \left( \frac{W_{el,p}}{z} \frac{f_{p,LT}}{0,6\gamma_{M1}}; \frac{W_{el,p}}{z} \frac{f_{y,p}}{\gamma_{M0}} \right)$

W przeciwnym razie  $V_{Rd} = \frac{W_{el,p}}{z} \frac{f_{y,p}}{\gamma_{M0}}$

gdzie:

$$W_{el,p} = \frac{t_p h_p^2}{6}$$

$f_{p,LT}$  jest wytrzymałością blachy na zwichrzenie uzyskaną z tabeli 17 normy BS 5950-1<sup>[10]</sup> (patrz Załącznik A) i opartą na wielkości  $\lambda_{LT}$  w następujący sposób:

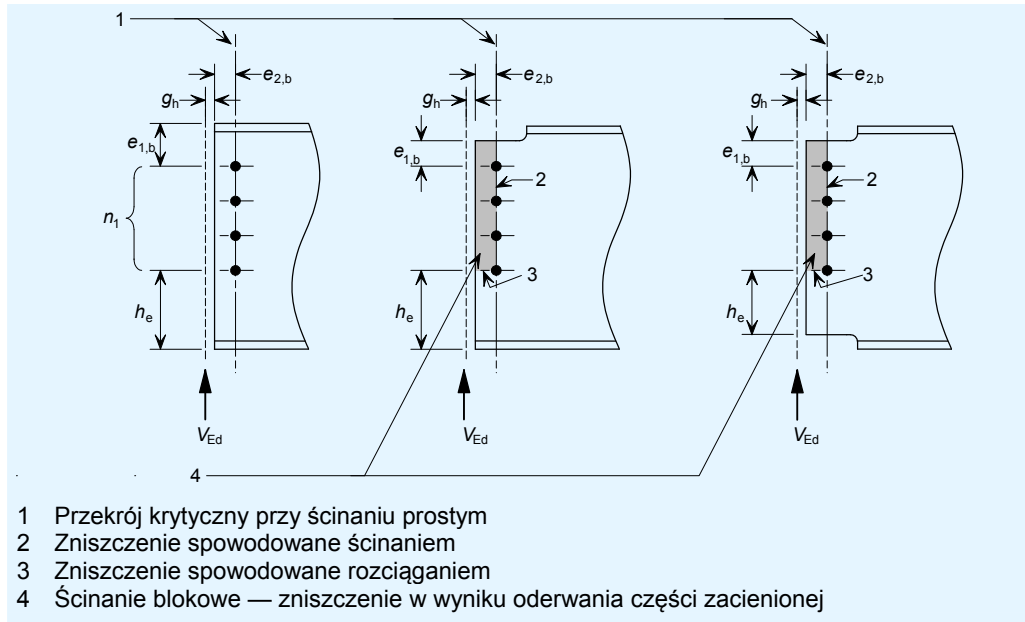
$$\lambda_{LT} = 2,8 \left( \frac{z_p h_p}{1,5 t_p^2} \right)^{1/2}$$

$z$  jest ramieniem dźwigni

$z_p$  jest odległością poziomą od podpierającego środnika lub pasa do pierwszego pionowego rzędu śrub

### 3.2.5 Nośność środnika belki przy ścinaniu

#### 3.2.5.1 Nośność na ścinanie i rozerwanie blokowe



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd,min}$

$$V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})$$

#### Nośność przekroju brutto przy ścinaniu

$$V_{Rd,g} = A_{v,wb} \frac{f_{y,b}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

gdzie:

$$A_{v,wb} = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f \text{ ale } \geq \eta h_w t_w \quad \text{dla belki bez wycięcia}$$

$$A_{v,wb} = A_{Tee} - bt_f + (t_w + 2r)t_f/2 \quad \text{dla belki z jednym wycięciem}$$

$$A_{v,wb} = t_w (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 + h_e) \quad \text{dla belki z dwoma wycięciami}$$

$\eta$  jest współczynnikiem pochodzącym z normy EN 1993-1-5 (można zachowawczo przyjąć wartość 1,0. W Załączniku krajowym może być podana inna wartość)

$A_{Tee}$  jest polem przekroju teownika

$d_{nt}$  jest głębokością górnego wycięcia

$d_{nb}$  jest głębokością dolnego wycięcia

#### Nośność przekroju netto przy ścinaniu

$$V_{Rd,n} = A_{v,wb,net} \frac{f_{u,b}}{\sqrt{3}\gamma_{M2}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

gdzie:

$$A_{v,wb,net} = A_{v,wb} - n_1 d_0 t_w$$

### Nośność na rozerwanie blokowe

$$V_{Rd,b} = \frac{0,5 f_{u,b} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,b} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

gdzie:

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub,  $A_{nt} = t_w (e_{2,b} - 0,5 d_0)$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub,  $A_{nt} = t_w \left( e_{2,b} + p_2 - \frac{3}{2} d_0 \right)$

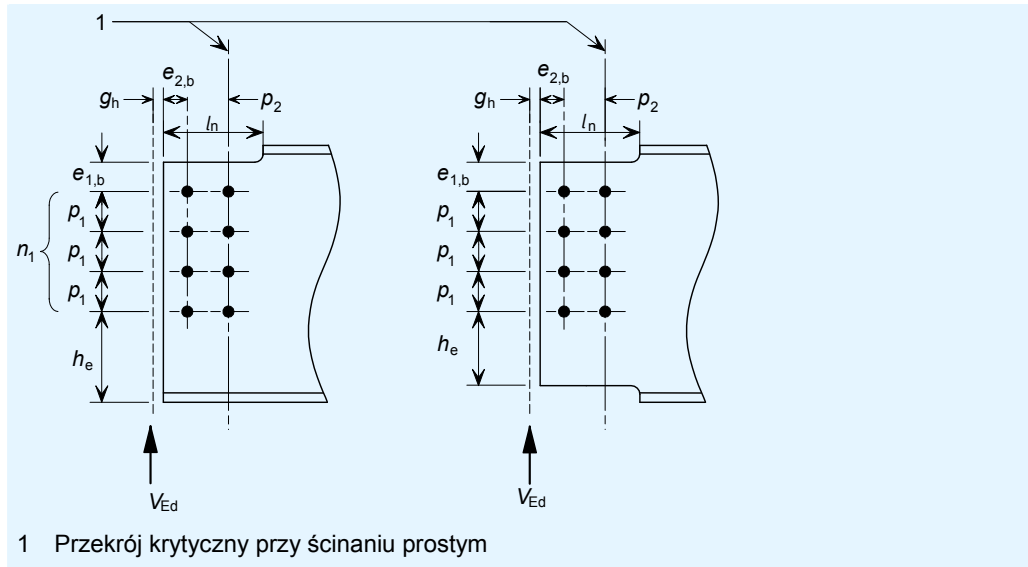
W przypadku belki z wycięciem/wycięciami

$$A_{nv} = t_w (e_{1,b} + (n_1 - 1) p_1 - (n_1 - 0,5) d_0)$$

W przypadku belki bez wycięcia  $A_{nv} = t_w (e_{1,b} + (n_1 - 1) p_1 - (n_1 - 1) d_0)$

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności przekrojów netto.

### 3.2.5.2 Interakcja ścinania i zginania w drugim rzędzie śrub, jeśli długość wycięcia $l_n > (e_{2,b} + p_2)$



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} (g_h + e_{2,b} + p_2) \leq M_{c,Rd}$

$M_{c,Rd}$  jest nośnością przy zginaniu belki z wycięciem/wycięciami w miejscu połączenia w obecności sił ścinających.

#### Belka z jednym wycięciem

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{pl,N,Rd}$ )

$$M_{c,Rd} = \frac{f_{y,b} W_{el,N}}{\gamma_{M0}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} > 0,5 V_{pl,N,Rd}$ )

$$M_{c,Rd} = \frac{f_{y,b} W_{el,N}}{\gamma_{M0}} \left[ 1 - \left( \frac{2 V_{Ed}}{V_{pl,N,Rd}} - 1 \right)^2 \right] \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$



$$V_{pl,N,Rd} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,b})$$

$W_{el,N}$  jest wskaźnikiem wytrzymałości przekroju brutto teownika w wycięciu

### Belka z dwoma wycięciami

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{pl,DN,Rd}$ )

$$M_{c,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{6 \gamma_{M0}} (e_1 + (n_1 - 1) p_1 + h_e)^2 \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

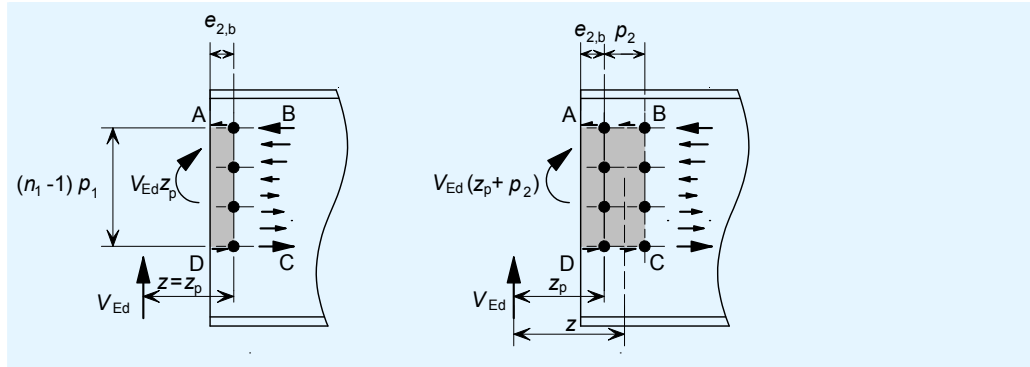
Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} > 0,5 V_{pl,DN,Rd}$ )

$$M_{c,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{6 \gamma_{M0}} [e_1 + (n_1 - 1) p_1 + h_e]^2 \left[ 1 - \left( \frac{2 V_{Ed}}{V_{pl,DN,Rd}} - 1 \right)^2 \right] \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

$$V_{pl,DN,Rd} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,b})$$

$h_e$  jest odległością między dolnym rzędem śrub a dolną częścią przekroju.

### 3.2.5.3 Interakcja ścinania i zginania w belce bez wycięcia



W przypadku krótkich blach przykładki środnika (tj.  $z \leq t_p/0,15$ ) nośność środnika nie wymaga kontroli<sup>[4]</sup>.

W przypadku długich blach przykładki środnika (tj.  $z > t_p/0,15$ ) trzeba upewnić się, że fragment oznaczony na rysunku ABCD może przenieść moment  $V_{Ed} z_p$  przy jednym rzędzie śrub lub moment  $V_{Ed}(z_p + p_2)$  przy dwóch rzędach śrub (na odcinkach AB i CD występuje ścinanie, a na odcinku BC — zginanie).

Warunek podstawowy:

#### W przypadku jednego pionowego rzędu śrub ( $n_2 = 1$ )

$$V_{Ed} z_p \leq M_{c,BC,Rd} + F_{pl,AB,Rd} (n_1 - 1) p_1 \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

#### W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub ( $n_2 = 2$ )

$$V_{Ed} (z_p + p_2/2) \leq M_{c,BC,Rd} + F_{pl,AB,Rd} (n_1 - 1) p_1 \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

$M_{c,BC,Rd}$  jest nośnością środnika belki przy zginaniu na odcinku BC

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{BC,Ed} \leq 0,5 F_{pl,BC,Rd}$ )

$$M_{c,BC,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{6 \gamma_{M0}} [(n_1 - 1) p_1]^2$$

Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{BC,Ed} > 0,5F_{pl,BC,Rd}$ )

$$M_{c,BC,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{4\gamma_{M0}} [(n_1 - 1)p_1]^2 \left[ 1 - \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{Rd,min}} - 1 \right)^2 \right]$$

$F_{pl,AB,Rd}$  jest nośnością środnika belki przy ścinaniu na odcinku AB

$F_{pl,BC,Rd}$  jest nośnością środnika belki przy ścinaniu na odcinku BC

gdzie:

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub ( $n_2 = 1$ ):

$$F_{pl,AB,Rd} = \min \left( \frac{e_{2,b} t_w f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}; \frac{(e_{2,b} - d_0/2) t_w f_{u,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}} \right)$$

$$F_{pl,BC,Rd} = \min \left( \frac{(n_1 - 1) p_1 t_w f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}; \frac{[(n_1 - 1) p_1 - (n_1 - 1) d_0] t_w f_{u,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}} \right)$$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub ( $n_2 = 2$ ):

$$F_{pl,AB,Rd} = \min \left( \frac{(e_{2,b} + p_2) t_w f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}; \frac{(e_{2,b} + p_2 - 3d_0/2) t_w f_{u,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}} \right)$$

$$F_{pl,BC,Rd} = \min \left( \frac{(n_1 - 1) p_1 t_w f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}; \frac{[(n_1 - 1) p_1 - (n_1 - 1) d_0] t_w f_{u,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}} \right)$$

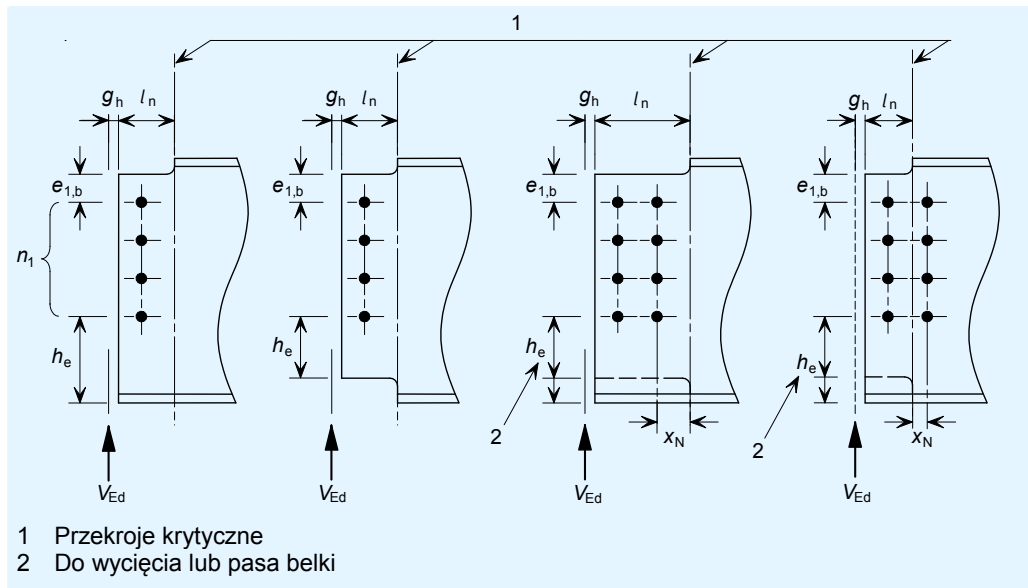
$V_{BC,Ed}$  jest siłą ścinającą na odcinku BC środnika belki  
 $= V_{Ed} - (V_{Rd,min} - F_{pl,BC,Rd})$ , ale  $\geq 0$

$$V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n})$$

$z$  jest odległością poprzeczną od lica elementu podpierającego do środka grupy śrub.

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności przekrojów netto.

### 3.2.6 Nośność przy zginaniu w wycięciu



#### 3.2.6.1 W przypadku jednego lub dwóch rzędów śrub, jeśli $x_N \geq 2d$ :

$$V_{Ed} (g_h + l_n) \leq M_{v,N,Rd} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

$M_{v,N,Rd}$  jest nośnością belki przy zginaniu w miejscu wycięcia w obecności sił ścinających

##### **Belka z jednym wycięciem:**

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{pl,N,Rd}$ )

$$M_{v,N,Rd} = \frac{f_{y,b} W_{el,N}}{\gamma_{M0}}$$

Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} > 0,5 V_{pl,N,Rd}$ )

$$M_{v,N,Rd} = \frac{f_{y,b} W_{el,N}}{\gamma_{M0}} \left[ 1 - \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,N,Rd}} - 1 \right)^2 \right]$$

##### **Belka z dwoma wycięciami:**

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{pl,DN,Rd}$ )

$$M_{v,DN,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{6 \gamma_{M0}} (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 + h_e)^2$$

Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} > 0,5 V_{pl,DN,Rd}$ )

$$M_{v,DN,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{4 \gamma_{M0}} (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 + h_e)^2 \left[ 1 - \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,DN,Rd}} - 1 \right)^2 \right]$$

#### 3.2.6.2 W przypadku dwóch rzędów śrub, jeśli $x_N < 2d$ :

$$\max (V_{Ed} (g_h + l_n); V_{Ed} (g_h + e_{2,b} + p_2)) \leq M_{v,N,Rd} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

$$M_{v,N,Rd} = M_{c,Rd} \quad \text{z poprzedniej kontroli}$$

gdzie:

$W_{el,N}$  jest wskaźnikiem wytrzymałości przekroju brutto teownika w wycięciu

$V_{pl,N,Rd}$  jest nośnością przy ścinaniu w wycięciu w przypadku belek z jednym wycięciem

$$= \frac{A_{v,N} f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$A_{v,N} = A_{Tee} - b t_f + (t_w + 2r) \frac{t_f}{2}$$

$V_{pl,DN,Rd}$  jest nośnością przy ścinaniu w wycięciu w przypadku belek z dwoma wycięciami

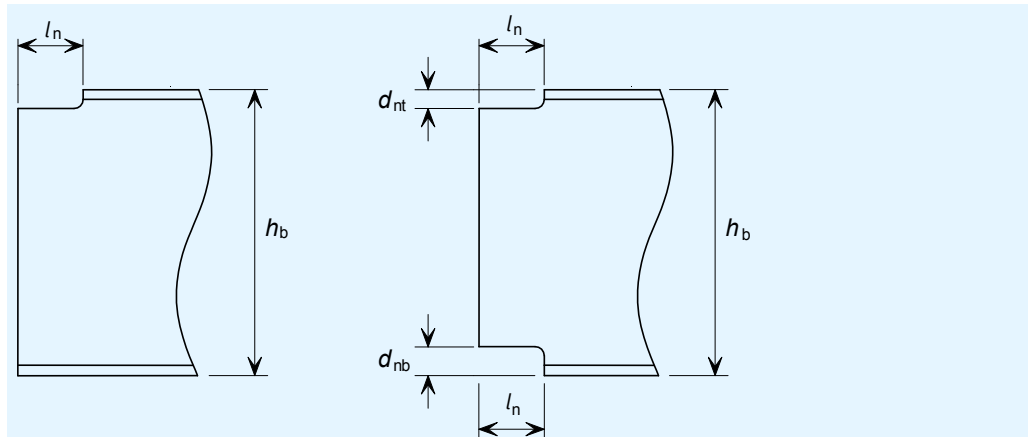
$$= \frac{A_{v,DN} f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$A_{v,DN} = t_w (e_{1,b} + (n_1 - 1) p_1 + h_e)$$

$h_e$  jest odległością między dolnym rzędem śrub a dolną częścią przekroju

$A_{Tee}$  jest polem przekroju teownika

### 3.2.7 Stateczność miejscowa belki z wycięciem/wycięciami



Gdy belka jest utwierdzona w celu uniknięcia zwichrzenia, nie trzeba brać pod uwagę stateczności wycięcia, jeśli są spełnione poniższe warunki:

**Warunek podstawowy, wycięcie w jednym pasie:**<sup>[5],[6]</sup>

$$d_{nt} \leq h_b / 2$$

oraz:

$$l_n \leq h_b$$

$$\text{dla } h_b / t_w \leq 54,3 \quad (\text{stal S275})$$

$$l_n \leq \frac{160000 h_b}{(h_b / t_w)^3}$$

$$\text{dla } h_b / t_w > 54,3 \quad (\text{stal S275})$$

$$l_n \leq h_b$$

$$\text{dla } h_b / t_w \leq 48,0 \quad (\text{stal S355})$$

$$l_n \leq \frac{110000 h_b}{(h_b / t_w)^3}$$

$$\text{dla } h_b / t_w > 48,0 \quad (\text{stal S355})$$

**Warunek podstawowy, wycięcia w obu pasach:<sup>[7]</sup>**

$$\max (d_{nb}, d_{nb}) \leq h_b / 5 \text{ oraz:}$$

$$l_n \leq h_b \quad \text{dla} \quad h_b / t_w \leq 54,3 \quad (\text{stal S275})$$

$$l_n \leq \frac{160000 h_b}{(h_b / t_w)^3} \quad \text{dla} \quad h_b / t_w > 54,3 \quad (\text{stal S275})$$

$$l_n \leq h_b \quad \text{dla} \quad h_b / t_w \leq 48,0 \quad (\text{stal S355})$$

$$l_n \leq \frac{110000 h_b}{(h_b / t_w)^3} \quad \text{dla} \quad h_b / t_w > 48,0 \quad (\text{stal S355})$$

Jeżeli długość wycięcia  $l_n$  przekracza te wartości graniczne, należy zastosować odpowiednie usztywnienie lub należy sprawdzić wycięcie pod kątem zgodności z informacjami podanymi w pozycjach źródłowych 5, 6 i 7.

W przypadku elementów konstrukcyjnych wykonanych ze stali S235 i S460 należy zapoznać się z pozycjami źródłowymi 5, 6 i 7.

### 3.2.8 Nośność spoiny

Zalecane są symetryczne spoiny pachwinowe o pełnej wytrzymałości.

Aby spoina miała pełną wytrzymałość, w każdym przypadku jej grubość musi spełniać poniższą zależność<sup>8</sup>:

$$a \geq 0,46t_p \quad \text{dla blachy przykładki środnika ze stali S235}$$

$$a \geq 0,48t_p \quad \text{dla blachy przykładki środnika ze stali S275}$$

$$a \geq 0,55t_p \quad \text{dla blachy przykładki środnika ze stali S355}$$

$$a \geq 0,75t_p \quad \text{dla blachy przykładki środnika ze stali S460}$$

gdzie:

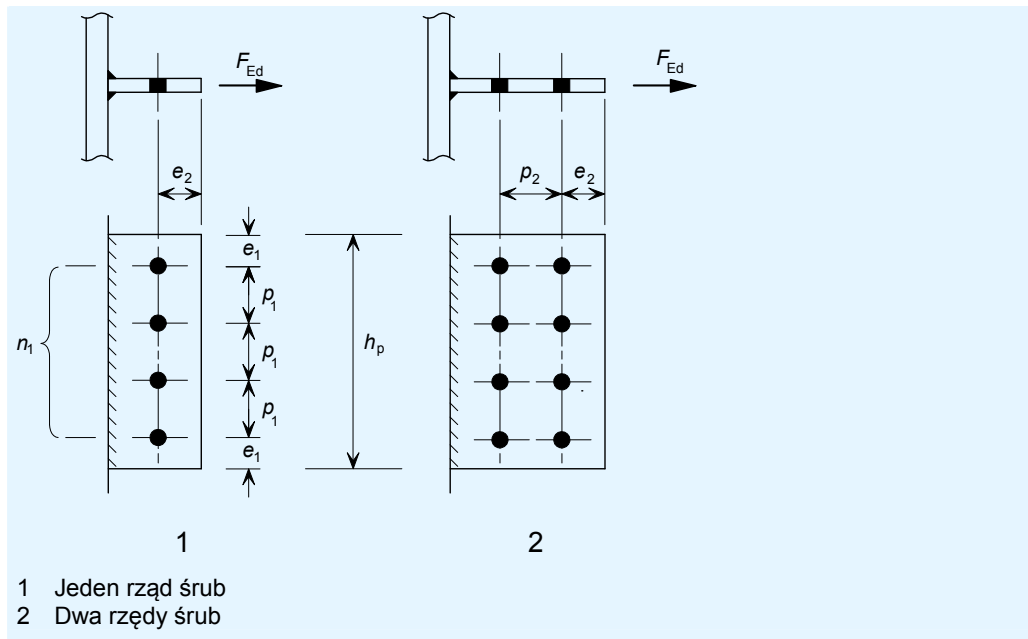
$a$  jest grubością spoiny

Szerokość spoiny jest definiowana następująco:  $s = a\sqrt{2}$

## 3.3 Kontrole ciągnięcia

W normie EN 1993-1-8 nie ma współczynnika częściowego do kontroli odporności konstrukcji na zniszczenie. W niniejszej publikacji wykorzystano współczynnik  $\gamma_{Mu}$ . Zalecana wartość współczynnika  $\gamma_{Mu}$  wynosi 1,1.

### 3.3.1 Nośność blachy przykładki środnika i grupy śrub



#### 3.3.1.1 Nośność śrub przy ścinaniu

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

$$F_{Rd} = n_b F_{v,u}$$

[Pozycja źródłowa nr 8]

$$F_{v,u} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{Mu}}$$

gdzie:

$$\alpha_v = 0,6 \text{ dla śrub klas 4.6 i 8.8}$$

$$= 0,5 \text{ dla śrub klasy 10.9}$$

$A$  jest polem przekroju śruby, na którym rozłożone są naprężenia rozciągające,  $A_s$

#### 3.3.1.2 Nośność śrub blachy przykładki środnika przy docisku

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

$$F_{Rd} = n_b F_{b,hor,u,Rd}$$

$$F_{b,hor,u,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d t_p}{\gamma_{Mu}}$$

[Pozycja źródłowa nr 8]

gdzie:

$$k_1 = \min \left( 2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_2}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0 \right)$$

### 3.3.1.3 Nośność blachy przykładki środnika przy rozciąganiu

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

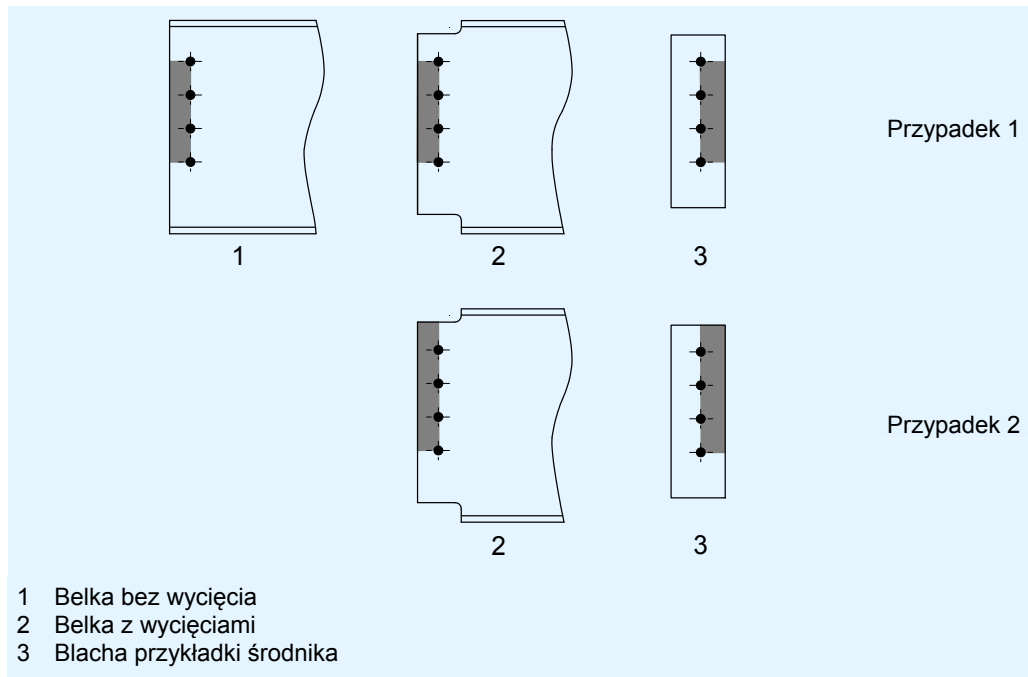
$$F_{Rd} = \min(F_{Rd,n}; F_{Rd,b})$$

#### Nośność przekroju netto przy rozciąganiu

$$F_{Rd,n} = 0,9 A_{net} \frac{f_{u,p}}{\gamma_{Mu}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

$$A_{net} = t_p (h_p - d_0 n_1)$$

#### Nośność na rozerwanie blokowe



$$F_{Rd,b} = \frac{f_{u,p} A_{nt}}{\gamma_{Mu}} + \frac{f_{y,p} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 8}]$$

Przypadek 1:

$$A_{nt} = t_p ((n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 1)d_0)$$

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub:  $A_{nv} = 2t_p (e_2 - 0,5d_0)$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub:  $A_{nv} = 2t_p \left( e_2 + p_2 - \frac{3}{2}d_0 \right)$

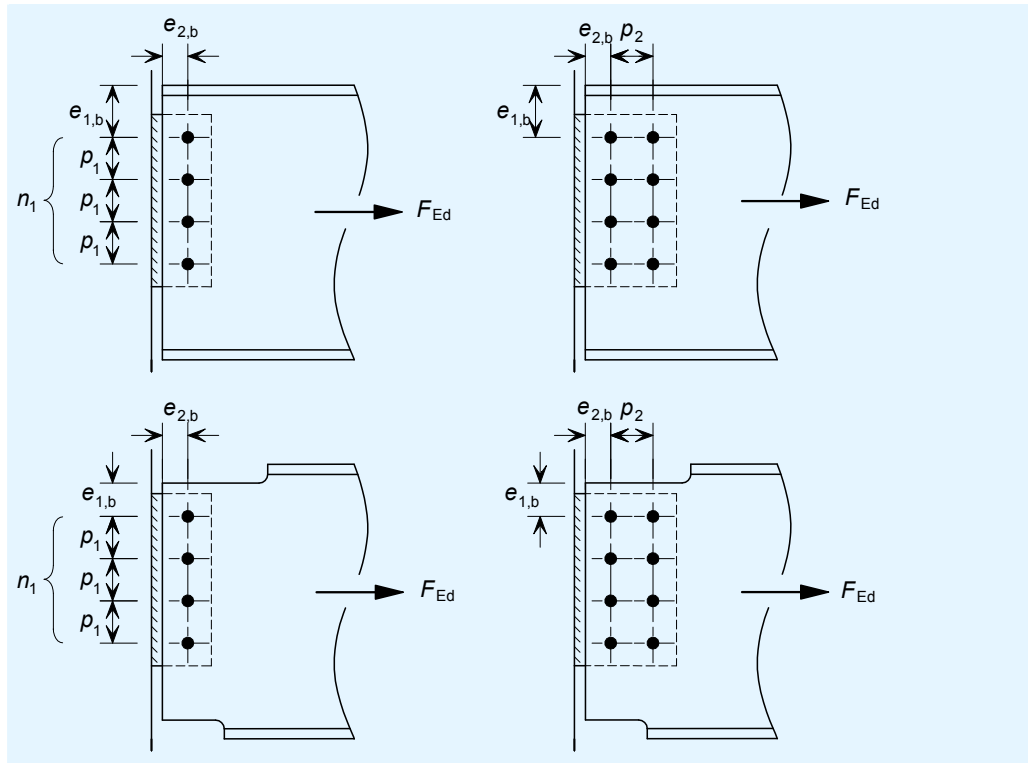
Przypadek 2:

$$A_{nt} = t_p (e_1 + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0)$$

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub,  $A_{nv} = t_p (e_2 - 0,5d_0)$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub,  $A_{nv} = t_p \left( e_2 + p_2 - \frac{3}{2}d_0 \right)$

### 3.3.2 Nośność środника belki



#### 3.3.2.1 Nośność śrub środnika belki przy docisku

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

$$F_{Rd} = n_b F_{b,hor,u,Rd}$$

$$F_{b,hor,u,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d_t w}{\gamma_{Mu}}$$

gdzie:

$$k_1 = \left( 2,8 \frac{e_{1,b}}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$\alpha_b = \left( \frac{e_{2,b}}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0 \right)$$

$$\alpha_v = 0,6 \text{ dla śrub klas 4.6 i 8.8}$$

$$= 0,5 \text{ dla śrub klasy 10.9}$$

#### 3.3.2.2 Nośność środnika belki przy rozciąganiu

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

$$F_{Rd} = \min(F_{Rd,n}; F_{Rd,b})$$



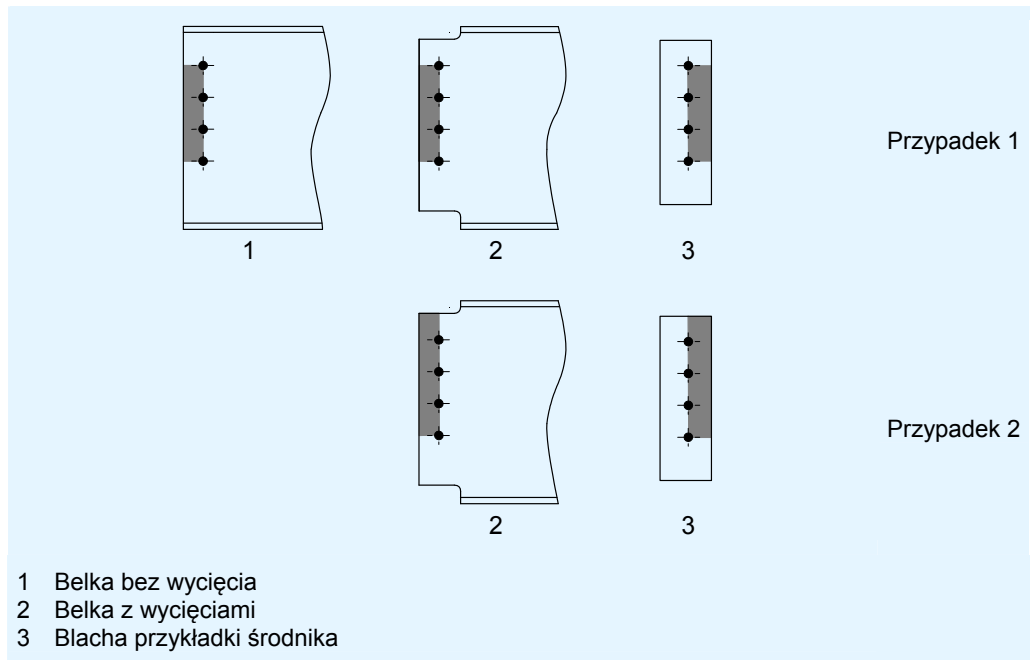
### Nośność przekroju netto przy rozciąganiu

$$F_{Rd,n} = 0,9 A_{net,wb} \frac{f_{u,b}}{\gamma_{Mu}}$$

$$A_{net} = t_w h_{wb} - d_0 n_1 t_w$$

$h_{wb}$  można przyjąć jako wysokość blachy przykładki środnika (zachowawczo)

### Nośność na rozerwanie blokowe



$$F_{Rd,b} = \frac{f_{u,b} A_{nt}}{\gamma_{Mu}} + \frac{f_{y,b} A_{nv} / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}}$$

Przypadek 1:

$$A_{nt} = t_w ((n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 1)d_0)$$

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub,  $A_{nv} = 2t_w (e_{2,b} - 0,5d_0)$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub,  $A_{nv} = 2t_w \left( e_{2,b} + p_2 - \frac{3}{2}d_0 \right)$

Przypadek 2 (tylko belka z wycięciami):

$$A_{nt} = t_w (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0)$$

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub,  $A_{nv} = t_w (e_{2,b} - 0,5d_0)$

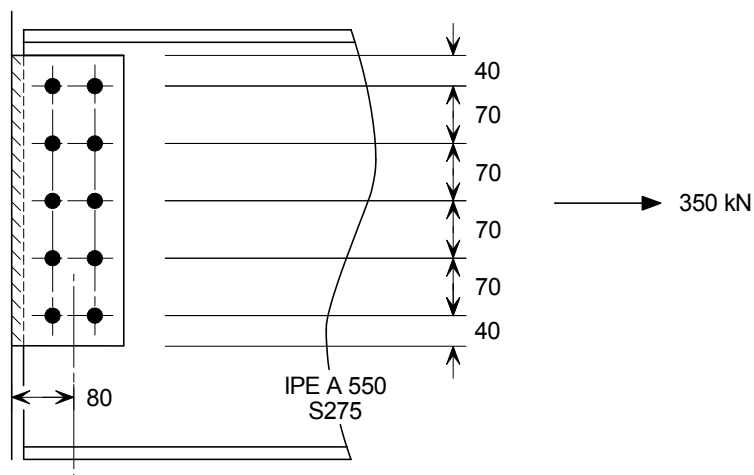
W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub,  $A_{nv} = t_w \left( e_{2,b} + p_2 - \frac{3}{2}d_0 \right)$

### 3.3.3 Nośność spoiny

Wymiary spoiny określone dla ścinania są wystarczające dla nośności przy ciągnięciu, ponieważ spoina ma pełną wytrzymałość.

## 3. Blacha przykładki środnika

### Szczegóły i dane



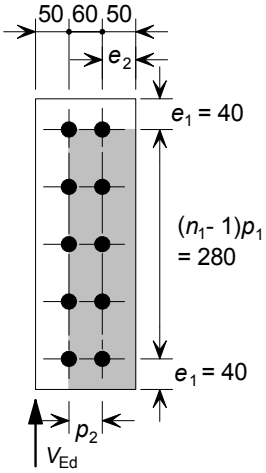
Belka: IPE A 550 S275

Blacha przykładki środnika:  $360 \times 160 \times 10$  S275

Śruby: M20 8.8

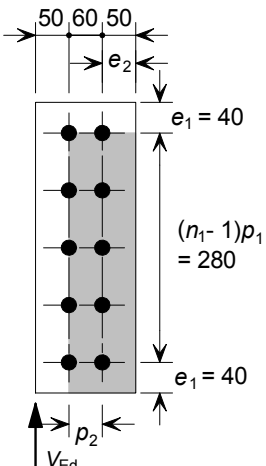
Spoiny: pachwinowa 8 mm (grubość spoiny  $a = 5,6$  mm)

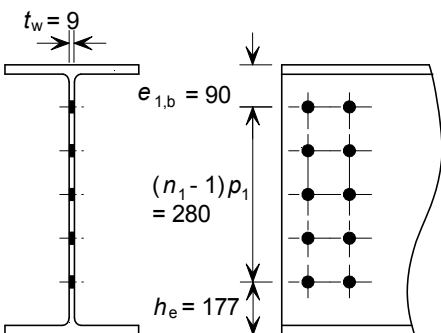
Tytuł	3.4    Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	2    z    13
<div>Podsumowanie kompletnych kontroli obliczeniowych</div> <div>Sily obliczeniowe</div> <div><math>V_{Ed} = 350 \text{ kN}</math></div> <div><math>F_{Ed} = 350 \text{ kN}</math>    (siła rozciągająca)</div> <div>Nośności przy ścinaniu</div> <div>Nośność grupy śrub</div> <div><div>Nośność śrub przy ścinaniu</div><div>584 kN</div></div> <div><div>Nośność śrub blachy przykładki środnika przy docisku</div><div>605 kN</div></div> <div><div>Nośność śrub środnika belki przy docisku</div><div>624 kN</div></div> <div><div>Nośność blachy przykładki środnika przy ścinaniu</div><div>450 kN</div></div> <div><div>Nośność blachy przykładki środnika przy zginaniu</div><div>∞</div></div> <div><div>Nośność blachy przykładki środnika przy wyboczeniu</div><div>743 kN</div></div> <div><div>Nośność środnika belki przy ścinaniu</div><div></div></div> <div><div>Nośność na ścinanie i rozerwanie blokowe</div><div>545 kN</div></div> <div><div>Interakcja ścinania i zginania w drugim rzędzie śrub</div><div>ND.</div></div> <div><div>Interakcja ścinania i zginania w belce bez wycięcia</div><div>66 kNm</div></div> <div><div>Nośność przy zginaniu w wycięciu</div><div>ND.</div></div> <div><div>Stateczność miejscowa belki z wycięciem/wycięciami</div><div>ND.</div></div> <div><div>Nośność spoiny</div><div>OK</div></div> <div>Nośności przy ciągnięciu</div> <div>Nośność blachy przykładki środnika i grupy śrub</div> <div><div>Nośność śrub przy ścinaniu</div><div>1070 kN</div></div> <div><div>Nośność śrub blachy przykładki środnika przy docisku</div><div>1290 kN</div></div> <div><div>Nośność blachy przykładki środnika przy rozciąganiu</div><div>880 kN</div></div> <div><div>Nośność środnika belki</div><div></div></div> <div><div>Nośność śrub środnika belki przy docisku</div><div>1070 kN</div></div> <div><div>Nośność środnika belki przy rozciąganiu</div><div>792 kN</div></div> <div><div>Nośność spoiny</div><div>OK</div></div>		

Tytuł	3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	3 z 13
<p><b>3.1. Zalecane szczegóły</b></p> <p>Grubość blachy przykładki środnika: <math>t_p = 10 \text{ mm} \leq 0,5d</math></p> <p>Wysokość blachy przykładki środnika: <math>h_p = 360 \text{ mm} &gt; 0,6h_b</math></p> <p><b>3.2. Kontrole ścinania pionowego</b></p> <p><b>3.2.1. Nośność grupy śrub</b></p> <p><b>3.2.1.1. Nośność śrub przy ścinaniu</b></p>  <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{Rd}</math></p> $V_{Rd} = \frac{n_b F_{v,Rd}}{\sqrt{(1 + \alpha n_b)^2 + (\beta n_b)^2}}$ $F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <p>W przypadku śrub M20 klasy 8.8 <math>F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 800 \times 245}{1,25} \times 10^{-3} = 94 \text{ kN}</math></p> <p>W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub (tj. <math>n_2 = 2</math> i <math>n_1 = 5</math>):</p> $\alpha = \frac{zp_2}{2I}$ $I = \frac{n_1}{2} p_2^2 + \frac{1}{6} n_1 (n_1^2 - 1) p_1^2 = \frac{5}{2} 60^2 + \frac{1}{6} 5 (5^2 - 1) 70^2 = 107\,000 \text{ mm}^2$ $\alpha = \frac{80 \times 60}{2 \times 107\,000} = 0,022$ <p>Oraz <math>\beta = \frac{zp_1}{2I} (n_1 - 1) = \frac{80 \times 70}{2 \times 107\,000} (5 - 1) = 0,105</math></p> <p>A zatem <math>V_{Rd} = \frac{10 \times 94}{\sqrt{(1 + 0,022 \times 10)^2 + (0,105 \times 10)^2}} = 584 \text{ kN}</math></p> <p><math>V_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 584 \text{ kN}, \quad \text{OK}</math></p>		<p>Jeśli nie podano inaczej, wszystkie odnośniki dotyczą normy EN 1993-1-8</p> <p>Poz. źr. nr (3)</p> <p>Tabela 3.4</p>

Tytuł	3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	4 z 13
<p><b>3.2.1.2. Nośność śrub blachy przykładki środnika przy docisku</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{Rd}</math></p> $V_{Rd} = \frac{n_b}{\sqrt{\left(\frac{1 + \alpha n_b}{F_{b,ver,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{\beta n_b}{F_{b,hor,Rd}}\right)^2}}$ <p><math>\alpha = 0,022</math> i <math>\beta = 0,105</math>, jak powyżej</p> <p>Nośność jednej śruby przy docisku pionowym wynosi <math>F_{b,ver,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d_t p}{\gamma_{M2}}</math></p> $k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$ $= \min\left(2,8 \frac{50}{22} - 1,7; 1,4 \frac{60}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(4,67; 2,12; 2,5) = 2,12$ $\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right) = \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{70}{3 \times 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{430}; 1,0\right)$ $= \min(0,61; 0,81; 1,86; 1,0) = 0,61$ $F_{b,ver,Rd} = \frac{2,12 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 10}{1,25} \times 10^{-3} = 89 \text{ kN}$ <p>Nośność jednej śruby przy docisku poziomym wynosi <math>F_{b,hor,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d_t p}{\gamma_{M2}}</math></p> $k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$ $= \min\left(2,8 \frac{40}{22} - 1,7; 1,4 \frac{70}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(3,39; 2,75; 2,5) = 2,5$ $\alpha_b = \min\left(\frac{e_2}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right)$ $= \min\left(\frac{50}{3 \times 22}; \frac{60}{3 \times 22} - 0,25; \frac{800}{430}; 1,0\right) = \min(0,75; 0,66; 1,0) = 0,66$ $F_{b,hor,Rd} = \frac{2,5 \times 0,66 \times 430 \times 20 \times 10}{1,25} \times 10^{-3} = 114 \text{ kN}$ $V_{Rd} = \frac{10}{\sqrt{\left(\frac{1 + 0,022 \times 10}{89}\right)^2 + \left(\frac{0,105 \times 10}{114}\right)^2}} = 605 \text{ kN}$ <p><math>V_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 605 \text{ kN}</math>, OK</p>		<p>Poz. źr. nr [3]</p> <p>Tabela 3.4</p> <p>Tabela 3.4</p>

Tytuł	3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	5 z 13
<p><b>3.2.1.3. Nośność śrub środnika belki przy docisku</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{Rd}</math></p> $V_{Rd} = \frac{n_b}{\sqrt{\left(\frac{1 + \alpha n_b}{F_{b,ver,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{\beta n_b}{F_{b,hor,Rd}}\right)^2}}$ <p><math>\alpha = 0,022</math> i <math>\beta = 0,105</math>, jak powyżej</p> <p>Nośność jednej śruby przy docisku pionowym wynosi <math>F_{b,ver,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d_t w}{\gamma_{M2}}</math></p> $k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$ $= \min\left(2,8 \frac{40}{22} - 1,7; 1,4 \frac{60}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(3,39; 2,12; 2,5) = 2,12$ $\alpha_b = \min\left(\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0\right) = \min\left(\frac{70}{3 \times 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{430}; 1,0\right)$ $= \min(0,81; 1,86; 1,0) = 0,81$ $F_{b,ver,Rd} = \frac{2,12 \times 0,81 \times 430 \times 20 \times 9}{1,25} \times 10^{-3} = 106 \text{ kN}$ <p>Nośność jednej śruby przy docisku poziomym wynosi <math>F_{b,hor,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d_t w}{\gamma_{M2}}</math></p> $k_1 = \min\left(1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(1,4 \frac{70}{22} - 1,7; 2,5\right)$ $= \min(2,75; 2,5) = 2,5$ $\alpha_b = \min\left(\frac{e_{2,b}}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0\right) = \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{60}{3 \times 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{430}; 1,0\right)$ $= \min(0,61; 0,81; 1,86; 1,0) = 0,61$ $F_{b,hor,Rd} = \frac{2,5 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 9}{1,25} \times 10^{-3} = 94 \text{ kN}$ $V_{Rd} = \frac{10}{\sqrt{\left(\frac{1 + 0,022 \times 10}{106}\right)^2 + \left(\frac{0,105 \times 10}{94}\right)^2}} = 624 \text{ kN}$ <p><math>V_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 624 \text{ kN}, \quad \text{OK}</math></p>		<p>Poz. źr. nr (3]</p> <p>Tabela 3.4</p> <p>Tabela 3.4</p>

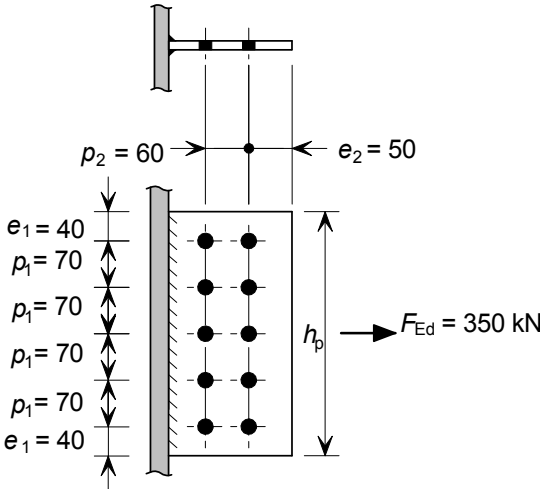
Tytuł	3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	6 z 13
<p><b>3.2.2. Nośność blachy przykładki środnika przy ścinaniu</b></p>  <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{Rd,min}</math></p> <p><math>V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})</math></p> <p><b>3.2.2.1. Nośność przekroju brutto przy ścinaniu</b></p> $V_{Rd,g} = \frac{h_p t_p}{1,27} \frac{f_{y,p}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{360 \times 10 \times 275}{1,27 \times \sqrt{3} \times 1,0} \times 10^{-3} = 450 \text{ kN}$ <p>Poz. źr. nr [8]</p> <p><b>3.2.2.2. Nośność przekroju netto przy ścinaniu</b></p> $V_{Rd,n} = A_{v,net} \frac{f_{u,p}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}}$ <p>Poz. źr. nr [8]</p> <p>Pole przekroju netto, <math>A_{v,net} = t_p (h_p - n d_0) = 10 (360 - 5 \times 22) = 2500 \text{ mm}^2</math></p> $V_{Rd} = 2500 \times \frac{430}{\sqrt{3} \times 1,25} \times 10^{-3} = 497 \text{ kN}$ <p><b>3.2.2.3. Nośność na rozerwanie blokowe</b></p> $V_{Rd,b} = \left( \frac{0,5 f_{u,p} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,p} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \right) \times 10^{-3}$ <p>Poz. źr. nr [8]</p> <p>Pole przekroju netto poddawane rozciąganiu, <math>A_{nt} = t_p (p_2 + e_2 - 1,5 d_0)</math>  <math>= 10 (60 + 50 - 1,5 \times 22) = 770 \text{ mm}^2</math></p> <p>Pole przekroju netto poddawane ścinaniu, <math>A_{nt} = t_p (h_p - e_1 - (n_1 - 0,5) d_0)</math>  <math>= 10 (360 - 40 - (5 - 0,5) 22) = 2210 \text{ mm}^2</math></p> $V_{Rd,b} = \frac{0,5 \times 430 \times 770}{1,25} + \frac{275 \times 2210}{\sqrt{3} \times 1,0} = 483 \text{ kN}$ <p><math>V_{Rd,min} = \min(450; 497; 483) = 450 \text{ kN}</math></p> <p><math>V_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 450 \text{ kN}, \quad \text{OK}</math></p>		

Tytuł	3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	7 z 13
<p><b>3.2.3. Nośność blachy przykładki środnika przy zginaniu</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{Rd}</math></p> $2,73 \times z = 2,73 \times 80 = 218 \text{ mm}$ $h_p = 360 \text{ mm} > 218 \text{ mm}$ <p>Wówczas <math>V_{Rd} = \infty</math></p> $V_{Ed} \leq V_{Rd}, \quad \text{OK}$ <p><b>3.2.4. Nośność blachy przykładki środnika przy wyboczeniu</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{Rd}</math></p> $t_p/0,15 = \frac{10}{0,15} = 67 \text{ mm}$ $z = 80 \text{ mm} > 67 \text{ mm}$ $V_{Rd} = \min\left(\frac{W_{el,p}}{z} \frac{f_{p,LT}}{0,6\gamma_{M1}}; \frac{W_{el,p}}{z} \frac{f_{y,p}}{\gamma_{M0}}\right)$ $W_{el,p} = \frac{t_p h_p^2}{6} = \frac{10 \times 360^2}{6} = 216000 \text{ mm}^3$ $z_p = 80 \text{ mm}$ $\lambda_{LT} = 2,8 \left( \frac{z_p h_p}{1,5 t_p^2} \right)^{1/2} = 2,8 \left( \frac{50 \times 360}{1,5 \times 10^2} \right)^{1/2} = 31$ <p><math>f_{p,LT}</math> jest uzyskane poprzez interpolację z Załącznika A.</p> $f_{p,LT} = 274 \text{ N/mm}^2$ $V_{Rd} = \min\left(\frac{216000}{80} \frac{274}{0,6 \times 1,0} \times 10^{-3}; \frac{216000}{80} \frac{275}{1,0} \times 10^{-3}\right)$ $= \min(1233; 743) = 743 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 743 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>3.2.5. Nośność środnika belki przy ścinaniu</b></p> <p><b>3.2.5.1. Nośność na ścinanie i rozerwanie blokowe</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{Rd,min}</math></p> $V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})$ 		<p>Poz. źr. nr [8]</p> <p>Poz. źr. nr [8]</p> <p><math>f_{p,LT}</math> z normy BS5950-1, Tabela 17 (patrz Załącznik A)</p>

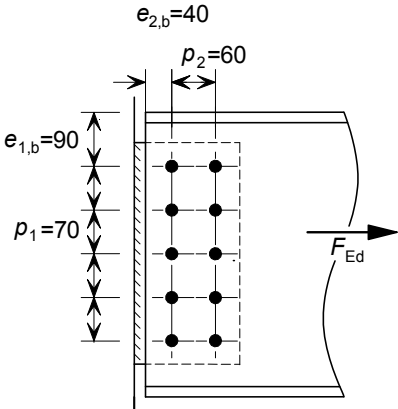


Tytuł	<b>3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika</b>	<b>8 z 13</b>
<p><b>Nośność przekroju brutto przy ścinaniu</b></p> $V_{Rd,g} = A_{v,wb} \frac{f_{y,b}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$ <p>Pole przekroju środnika belki poddawane ścinaniu,</p> $A_{v,wb} = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$ $= 11700 - 2 \times 210 \times 15,7 + (9 + 2 \times 24)15,7 = 6001 \text{ mm}^2$ $\eta h_w t_w = 1,0 \times 515,6 \times 9 = 4640 \text{ mm}^2$ $V_{Rd,g} = \frac{6001 \times 275}{\sqrt{3} \times 1,0} \times 10^{-3} = 953 \text{ kN}$ <p><b>Nośność przekroju netto przy ścinaniu</b></p> $V_{Rd,n} = A_{v,wb,net} \frac{f_{u,b}}{\sqrt{3}\gamma_{M2}}$ <p>Pole przekroju netto, <math>A_{v,wb,net} = A - n_1 d_0 t_w = 6001 - 5 \times 22 \times 9 = 5011 \text{ mm}^2</math></p> $V_{Rd,n} = 5011 \times \frac{430}{\sqrt{3} \times 1,25} \times 10^{-3} = 995 \text{ kN}$ <p><b>Nośność na rozerwanie blokowe</b></p> $V_{Rd,b} = \frac{0,5 f_{u,b} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,b} A_{nv}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$ <p>Pole przekroju netto poddawane rozciąganiu, <math>A_{nt} = t_p(p_2 + e_{2,b} - 1,5d_0)</math></p> $= 9(60 + 40 - 1,5 \times 22) = 603 \text{ mm}^2$ <p>Pole przekroju netto poddawane ścinaniu, <math>A_{nv}</math></p> $= t_p(e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0)$ $= 9(90 + (5 - 1)70 - (5 - 1)22)$ $= 2538 \text{ mm}^2$ $V_{Rd,b} = \left( \frac{0,5 \times 430 \times 603}{1,25} + \frac{275 \times 2538}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 507 \text{ kN}$ $V_{Rd,min} = \min(953; 995; 507) = 507 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 507 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>3.2.5.2. Interakcja ścinania i zginania w drugim rzędzie śrub</b></p> <p>Nie dotyczy</p>		<p>Poz. źr. nr [8]</p> <p>Poz. źr. nr [8]</p> <p>Poz. źr. nr [8]</p>

Tytuł	3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	9 z 13
<p><b>3.2.5.3. Interakcja ścinania i zginania w belce bez wycięcia</b></p> <p>Interakcja ścinania i zginania w środniku belki</p> $\frac{t_p}{0,15} = \frac{10}{0,15} = 67 \text{ mm}$ $z = 80 \text{ mm} > 67 \text{ mm}$ <p>Z tego powodu trzeba wykonać tę kontrolę.</p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} (z + p_2/2) \leq M_{cBC,Rd} + F_{pl,AB,Rd} (n_1 - 1) p_1</math></p> $F_{pl,BC,Rd} = \min\left(\frac{(n_1 - 1)p_1 t_w f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}; \frac{[(n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 1)d_0] t_w f_{u,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}}\right)$ $F_{pl,BC,Rd} = \min\left(\frac{(5 - 1)70 \times 9 \times 275}{\sqrt{3} \times 1,0} \times 10^{-3}; \frac{[(5 - 1)70 - (5 - 1)22]9 \times 430}{\sqrt{3} \times 1,25} \times 10^{-3}\right)$ $= \min(400; 343) = 343 \text{ kN}$ <p><math>V_{BC,Ed}</math> jest siłą ścinającą na odcinku BC środnika belki</p> $V_{BC,Ed} = V_{Ed} - (V_{Rd,min} - F_{pl,BC,Rd}) \text{ ale } \geq 0$ $V_{BC,Ed} = 350 - (953 - 343) = -260 \text{ kN}$ <p>Dlatego <math>V_{BC,Ed} = 0 \text{ kN}</math></p> <p>Ponieważ <math>V_{BC,Ed} \leq 0,5F_{pl,BC,Rd}</math> to <math>M_{c,BC,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{6\gamma_{M0}} [(n_1 - 1)p_1]^2</math></p> $M_{c,BC,Rd} = \frac{275 \times 9}{6 \times 1,0} ((5 - 1)70)^2 \times 10^{-6} = 32 \text{ kNm}$ $F_{pl,AB,Rd} = \min\left(\frac{(e_{2,b} + p_2) t_w f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}; \frac{(e_{2,b} + p_2 - 3d_0/2) t_w f_{u,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}}\right)$ $= \min\left(\frac{(40 + 60)9 \times 275}{\sqrt{3} \times 1,0} \times 10^{-3}; \frac{(40 + 60 - 3 \times 22/2)9 \times 430}{\sqrt{3} \times 1,25} \times 10^{-3}\right)$ $= \min(143; 120) = 120 \text{ kN}$ $M_{cBC,Rd} + F_{pl,AB,Rd} (n_1 - 1) p_1 = 32 + 120(5 - 1)70 \times 10^{-3} = 66 \text{ kNm}$ $V_{Ed} (z + p_2/2) = 350(80 + 60/2) \times 10^{-3} = 38 \text{ kNm}$ <p>Dlatego <math>V_{Ed} (z + p_2/2) \leq M_{cBC,Rd} + F_{pl,AB,Rd} (n_1 - 1) p_1</math> OK</p> <p><b>3.2.6. Nośność przy zginaniu w wycięciu</b></p> <p>Nie dotyczy</p>		Poz. źr. nr [4]

Tytuł	3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	10 z 13
<p><b>3.2.7. Stateczność miejscowa belki z wycięciem/wycięciami</b></p> <p>Nie dotyczy</p> <p><b>3.2.8. Nośność spoiny</b></p> <p>Blacha przykładki środnika ze stali S275</p> <p>Warunek podstawowy: <math>a \geq 0,48t_p</math></p> <p><math>0,48t_p = 0,48 \times 10 = 4,8 \text{ mm}</math></p> <p><math>a = 5,7 \text{ mm} \geq 0,48t_p \quad \text{OK}</math></p> <p><b>3.3. Kontrole ciągnięcia</b></p> <p><b>3.3.1. Nośność blachy przykładki środnika i grupy śrub</b></p>  <p><b>3.3.1.1. Nośność śrub przy ścinaniu</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> <p><math>F_{Rd} = n_b F_{v,u}</math></p> <p><math>F_{v,u} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{Mu}} = \frac{0,6 \times 800 \times 245}{1,1} \times 10^{-3} = 107 \text{ kN}</math></p> <p><math>F_{Rd} = 10 \times 107 = 1070 \text{ kN}</math></p> <p><math>F_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 1070 \text{ kN} \quad \text{OK}</math></p> <p><b>3.3.1.2. Nośność śrub blachy przykładki środnika przy docisku</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> <p><math>F_{Rd} = n_b F_{b,hor,u,Rd}</math></p> <p><math>F_{b,hor,u,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d t_p}{\gamma_{Mu}}</math></p>		
		Poz. źr. nr [8]
		Poz. źr. nr [8]
		Poz. źr. nr [8]

Tytuł	3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	11 z 13
$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$ $= \min\left(2,8 \frac{40}{22} - 1,7; 1,4 \frac{70}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(3,39; 2,75; 2,5) = 2,5$ $\alpha_b = \min\left(\frac{e_2}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right) = \min\left(\frac{50}{3 \times 22}; \frac{60}{3 \times 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{430}; 1,0\right)$ $= \min(0,75; 0,66; 1,86; 1,0) = 0,66$ $F_{b,hor,u,Rd} = \frac{2,5 \times 0,66 \times 430 \times 20 \times 10}{1,1} \times 10^{-3} = 129 \text{ kN}$ $F_{Rd} = 10 \times 129 = 1290 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 1290 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>3.3.1.3. Nośność blachy przykładki środnika przy rozciąganiu</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> $F_{Rd} = \min(F_{Rd,b}; F_{Rd,n})$ <p><b>Nośność przekroju netto przy rozciąganiu</b></p> $F_{Rd,n} = 0,9 A_{net} \frac{f_{u,p}}{\gamma_{Mu}}$ $A_{net} = t_p (h_p - d_0 n_1) = 10(360 - 22 \times 5) = 2500 \text{ mm}^2$ $F_{Rd,n} = 0,9 \times 2500 \frac{430}{1,1} \times 10^{-3} = 880 \text{ kN}$ <p><b>Nośność na rozerwanie blokowe</b></p> <p>Przypadek 1</p> $F_{Rd,b} = \frac{f_{u,p} A_{nt}}{\gamma_{Mu}} + \frac{f_{y,p} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$ $A_{nt} = t_p [(n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 1)d_0] = 10[(5 - 1) \times 70 - (5 - 1)22] = 1920 \text{ mm}^2$ $A_{nv} = 2t_p \left(e_2 + p_2 - \frac{3}{2}d_0\right) = 2 \times 10 \left(50 + 60 - \frac{3}{2} \times 22\right) = 1540 \text{ mm}^2$ $F_{Rd,b} = \left(\frac{430 \times 1920}{1,1} + \frac{275 \times 1540}{\sqrt{3} \times 1,0}\right) \times 10^{-3} = 995 \text{ kN}$ <p>Przypadek 2</p> $A_{nt} = t_p (e_1 + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0)$ $A_{nt} = 10(40 + (5 - 1) \times 70 - (5 - 0,5) \times 22) = 2210 \text{ mm}^2$		
		Poz. źr. nr [8]
		Poz. źr. nr [8]

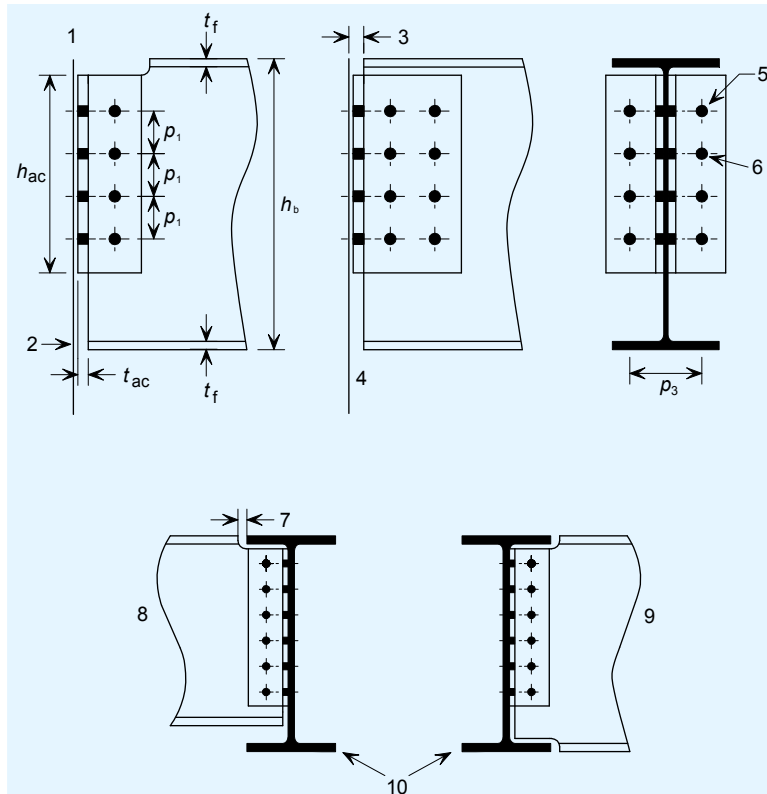
Tytuł	3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	12 z 13
$A_{nv} = t_p \left( e_2 + p_2 - \frac{3}{2} d_0 \right) = 10 \left( 50 + 60 - \frac{3}{2} \times 22 \right) = 770 \text{ mm}^2$ $F_{Rd,b} = \left( \frac{430 \times 2210}{1,1} + \frac{275 \times 770}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 986 \text{ kN}$ $F_{Rd} = \min(880; 995; 986) = 880 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 880 \text{ kN}, \quad \text{OK}$		
<b>3.3.2. Nośność środnika belki</b>		
		
<b>3.3.2.1. Nośność śrub środnika belki przy docisku</b>		
Warunek podstawowy: $F_{Ed} \leq F_{Rd}$		
$F_{Rd} = n_b F_{b,hor,u,Rd}$ $F_{b,hor,u,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d t_w}{\gamma_{Mu}}$		
$k_1 = \min \left( 2,8 \frac{e_{1,b}}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$ $= \min \left( 2,8 \frac{90}{22} - 1,7; 1,4 \frac{70}{22} - 1,7; 2,5 \right) = \min(9,8; 2,75; 2,5) = 2,5$		
$\alpha_b = \min \left( \frac{e_{2,b}}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0 \right) = \min \left( \frac{40}{3 \times 22}; \frac{60}{3 \times 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{430}; 1,0 \right)$ $= \min(0,61; 0,66; 1,86; 1,0) = 0,61$		
$F_{b,hor,u,Rd} = \frac{2,5 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 9}{1,1} \times 10^{-3} = 107 \text{ kN}$		
$F_{Rd} = 10 \times 107 = 1070 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 1070 \text{ kN} \quad \text{OK}$		

Tytuł	3.4 Przykład praktyczny — Blacha przykładki środnika	13 z 13
<p><b>3.3.2.2. Nośność środnika belki przy rozciąganiu</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> $F_{Rd} = \min(F_{Rd,b}; F_{Rd,n})$ <p><b>Nośność przekroju netto przy rozciąganiu</b></p> $F_{Rd,n} = 0,9 A_{net,wb} \frac{f_{u,b}}{\gamma_{Mu}}$ $A_{net,wb} = t_w h_{wb} - d_0 n_1 t_w = 9 \times 360 - 22 \times 5 \times 9 = 2250 \text{ mm}^2$ $F_{Rd,n} = 0,9 \times 2250 \frac{430}{1,1} \times 10^{-3} = 792 \text{ kN}$ <p><b>Nośność na rozerwanie blokowe</b></p> $F_{Rd,b} = \frac{f_{u,b} A_{nt}}{\gamma_{Mu}} + \frac{f_{y,b} A_{nv} / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}}$ $A_{nt} = t_w [(n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 1)d_0] = 9[(5 - 1) \times 70 - (5 - 1)22] = 1728 \text{ mm}^2$ $A_{nv} = 2t_w \left( e_{2,b} + p_2 - \frac{3}{2} d_0 \right) = 2 \times 9 \left( 40 + 60 - \frac{3}{2} \times 22 \right) = 1206 \text{ mm}^2$ $F_{Rd,b} = \left( \frac{430 \times 1728}{1,1} + \frac{275 \times 1206}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 867 \text{ kN}$ <p>(Przypadek 2 dotyczy wyłącznie belek z wycięciami).</p> $F_{Rd} = \min(792; 867) = 792 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 792 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>3.3.3. Nośność spoiny</b></p> <p>Wymiary spoiny określone dla ścinania są wystarczające dla nośności przy ciągnięciu, ponieważ spoina ma pełną wytrzymałość.</p>		

## 4 PODWÓJNE ŁĄCZNIKI KĄTOWE ŚRODNIKA

Jeśli nie podano inaczej, poniższe zasady projektowania zostały opracowane na podstawie zasad ustalonych dla blach doczołowych o niepełnej wysokości i dla blach przykładki środnika, pochodzących z pozycji źródłowej nr 8.

### 4.1 Zalecane szczegóły



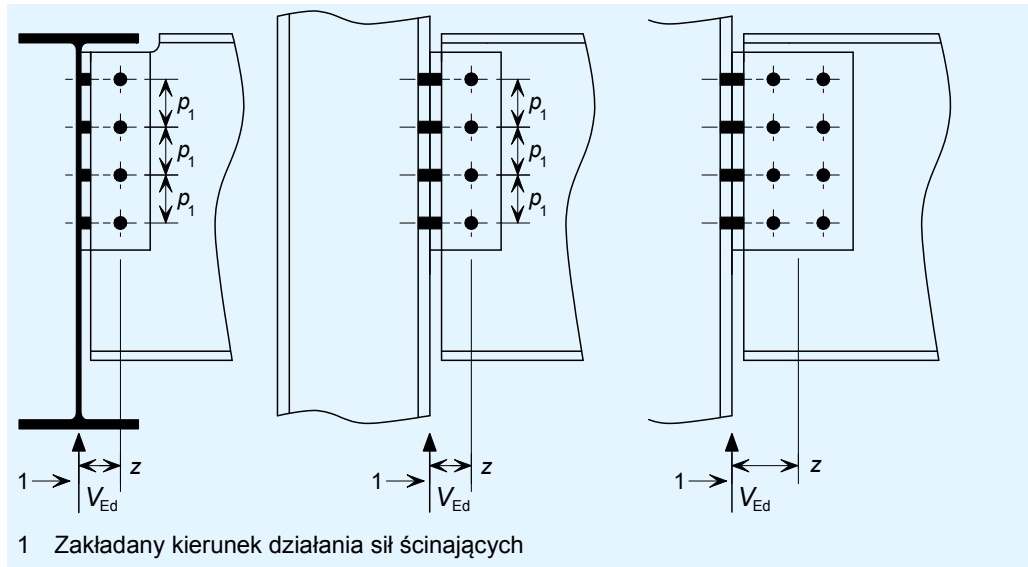
- 1 Długość łącznika  $h_{ac} \geq 0,6h_b$
- 2 Lico belki lub słupa
- 3 Występ końcowy  $g_n$ , około 10 mm
- 4 Dwa rzędy śrub
- 5 Średnica śruby,  $d$
- 6 Średnica otworu,  $d_0$ .  $d_0 = d + 2$  mm dla  $d \leq 24$  mm;  $d_0 = d + 3$  mm dla  $d > 24$  mm
- 7 Odstęp 10 mm
- 8 Belka podparta (jedno wycięcie)
- 9 Belka podparta (dwa wycięcia)
- 10 Belka podpierająca

## 4.2 Kontrole ścinania pionowego

### 4.2.1 Nośność grupy śrub

#### 4.2.1.1 Strona belki podpartej

##### Nośność śrub przy ścinaniu



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

$$V_{Rd} = 2 \times \frac{n_b F_{v,Rd}}{\sqrt{(1 + \alpha n_b)^2 + (\beta n_b)^2}}$$

$F_{v,Rd}$  jest nośnością jednej śruby przy ścinaniu

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

gdzie:

$A$  jest polem przekroju śruby, w której występują naprężenia rozciągające,  $A_s$

$\alpha_v$  = 0,6 dla śrub klas 4.6 i 8.8  
= 0,5 dla śrub klasy 10.9

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności śrub

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub ( $n_2 = 1$ )

$$\alpha = 0 \text{ i } \beta = \frac{6z}{n_1(n_1 + 1)p_1}$$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub ( $n_2 = 2$ )

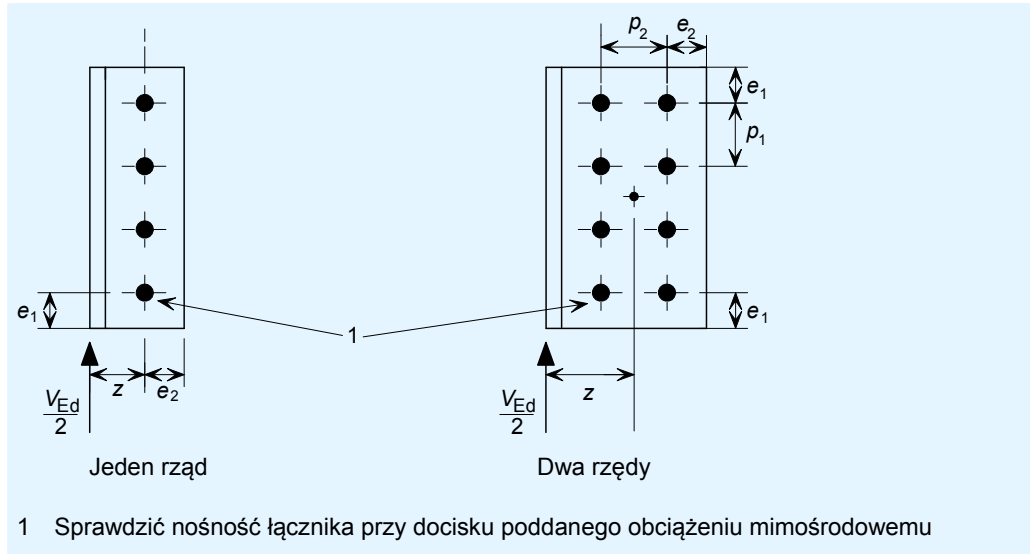
$$\alpha = \frac{zp_2}{2I} \text{ i } \beta = \frac{zp_1}{2I}(n_1 - 1)$$

$$I = \frac{n_1}{2} p_2^2 + \frac{1}{6} n_1 (n_1^2 - 1) p_1^2$$

$z$  jest odległością poprzeczną od lica elementu podpierającego do środka grupy śrub



**Nośność śrub łączników kątowych przy docisku**



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

$$V_{Rd} = 2 \times \frac{n_b}{\sqrt{\left(\frac{1 + \alpha n_b}{F_{b,ver,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{\beta n_b}{F_{b,hor,Rd}}\right)^2}}$$

Nośność jednej śruby przy docisku wynosi  $F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}}$

Nośność jednej śruby łącznika kątowego przy docisku pionowym wynosi:

$$F_{b,ver,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d_{ac}}{\gamma_{M2}}$$

Nośność jednej śruby łącznika kątowego przy docisku poziomym wynosi:

$$F_{b,hor,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d_{ac}}{\gamma_{M2}}$$

$\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma_{M2}$  zdefiniowano wcześniej.

Dla  $F_{b,ver,Rd}$ :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

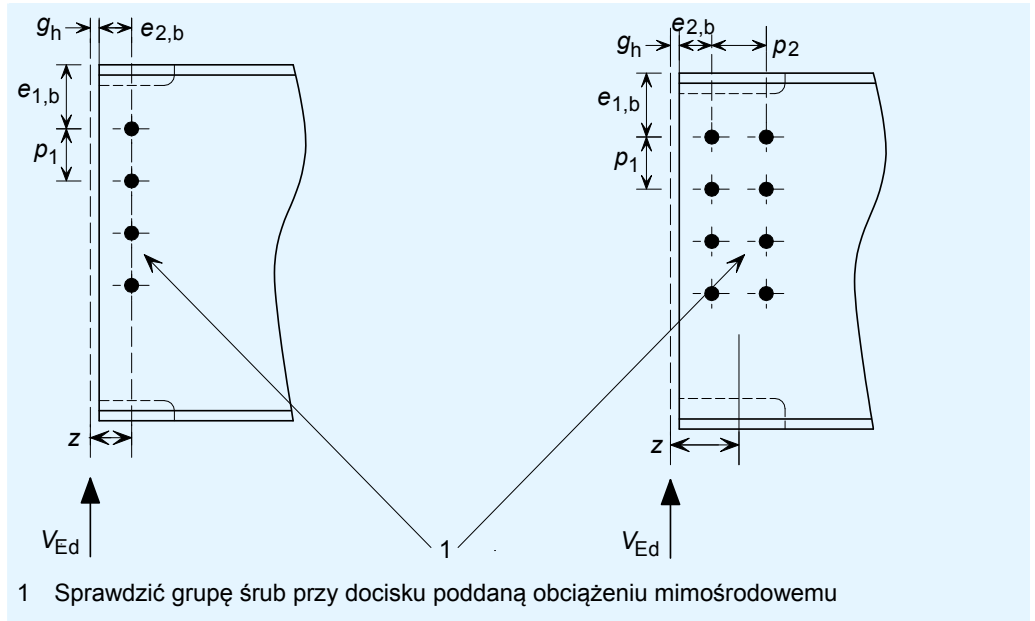
$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,ac}}; 1,0\right)$$

Dla  $F_{b,hor,Rd}$ :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_2}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - 1,4; \frac{f_{ub}}{f_{u,ac}}; 1,0\right)$$

**Nośność śrub środника belki przy docisku**



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

$$V_{Rd} = \frac{n_b}{\sqrt{\left(\frac{1 + \alpha n_b}{F_{b,ver,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{\beta n_b}{F_{b,hor,Rd}}\right)^2}}$$

$$F_{b,ver,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d_t w}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{b,hor,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d_t w}{\gamma_{M2}}$$

$\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma_{M2}$  zdefiniowano wcześniej

Dla  $F_{b,ver,Rd}$ ,

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_{2,b}}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_{1,b}}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0\right)$$

Dla  $F_{b,hor,Rd}$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_{1,b}}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_{2,b}}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0\right)$$

#### 4.2.1.2 Strona belki podpierającej

Warunek podstawowy:

$$V_{Ed} \leq F_{Rd}$$

$F_{Rd}$  jest nośnością grupy śrub [EN 1993-1-8, §3.7(1)]

Jeżeli  $(F_{b,Rd})_{\max} \leq F_{v,Rd}$  to  $F_{Rd} = \sum F_{b,Rd}$

Jeżeli  $(F_{b,Rd})_{\min} \leq F_{v,Rd} \leq (F_{b,Rd})_{\max}$  to  $F_{Rd} = n_s(F_{b,Rd})_{\min}$

Jeżeli  $F_{v,Rd} \leq (F_{b,Rd})_{\min}$  to  $F_{Rd} = 0,8n_sF_{v,Rd}$

#### Nośność śrub przy ścinaniu

$F_{v,Rd}$  jest nośnością jednej śruby przy ścinaniu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} \quad [\text{EN 1993-1-8, Tabela 3.4}]$$

gdzie:

$\alpha_v = 0,6$  dla śrub klas 4.6 i 8.8

$= 0,5$  dla śrub klasy 10.9

$A$  jest polem przekroju śruby, w której występują naprężenia rozciągające,  $A_s$

#### Nośność śrub łączników kątowych przy docisku

$F_{b,Rd}$  jest nośnością jednej śruby przy docisku

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d t_{ac}}{\gamma_{M2}} \quad [\text{EN 1993-1-8, Tabela 3.4}]$$

gdzie:

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym blach przy docisku

– Dla śrub końcowych (równolegle do kierunku przenoszenia obciążenia)

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,ac}}; 1,0 \right)$$

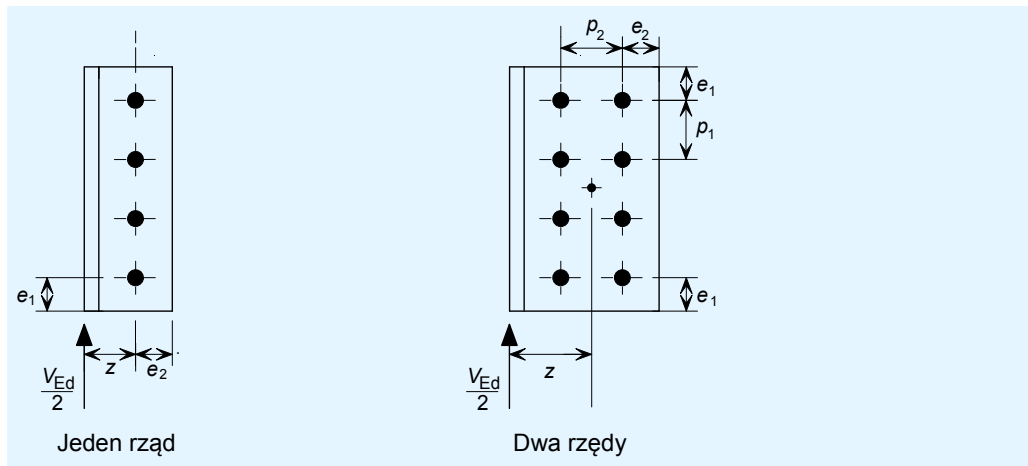
– Dla śrub wewnętrznych (równolegle do kierunku przenoszenia obciążenia)

$$\alpha_b = \min \left( \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,ac}}; 1,0 \right)$$

– Dla śrub skrajnych (prostopadle do kierunku przenoszenia obciążenia)

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

## 4.2.2 Nośność łączników kątowych przy ścinaniu



### 4.2.2.1 Strona belki podpartej

Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd,min}$

$$V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})$$

#### Nośność przekroju brutto przy ścinaniu

$$V_{Rd,g} = 2 \times \frac{h_{ac} t_{ac}}{1,27} \frac{f_{y,ac}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Uwaga: We współczynniku 1,27 uwzględniono redukcję nośności przy ścinaniu spowodowaną nominalnym zginaniem płaskim wytwarzającym napężenie w śrubach.<sup>[9]</sup>

#### Nośność przekroju netto przy ścinaniu

$$V_{Rd,n} = 2 \times A_{v,net} \frac{f_{u,ac}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}}$$

$$A_{v,net} = t_{ac} (h_{ac} - n_1 d_0)$$

#### Nośność na rozerwanie blokowe

$$V_{Rd,b} = 2 \left( \frac{0,5 f_{u,ac} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,ac} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \right)$$

$$A_{nv} = t_{ac} (h_{ac} - e_1 - (n_1 - 0,5) d_0)$$

W przypadku jednego rzędu śrub:

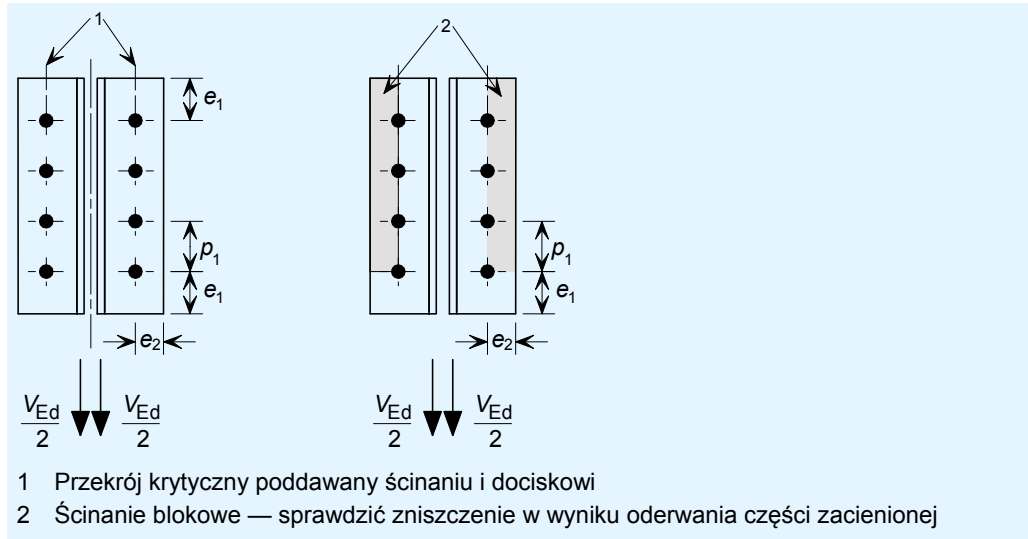
$$A_{nt} = t_{ac} (e_2 - 0,5 d_0)$$

W przypadku dwóch rzędów śrub:

$$A_{nt} = t_{ac} (e_2 + p_2 - 1,5 d_0)$$

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności przekrojów netto.

#### 4.2.2.2 Strona belki podpierającej



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd,min}$

$$V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})$$

##### Nośność przekroju brutto przy ścinaniu

$$V_{Rd,g} = 2 \times \frac{h_{ac} t_{ac}}{1,27} \frac{f_{y,ac}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Uwaga: we współczynniku 1,27 uwzględniono redukcję nośności przy ścinaniu spowodowaną nominalnym zginaniem płaskim wytwarzającym naprężenie w śrubach<sup>[9]</sup>.

##### Nośność przekroju netto przy ścinaniu

$$V_{Rd,n} = 2 \times A_{v,net} \frac{f_{u,ac}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}}$$

$$A_{v,net} = t_{ac} (h_{ac} - n_1 d_0)$$

##### Nośność na rozerwanie blokowe

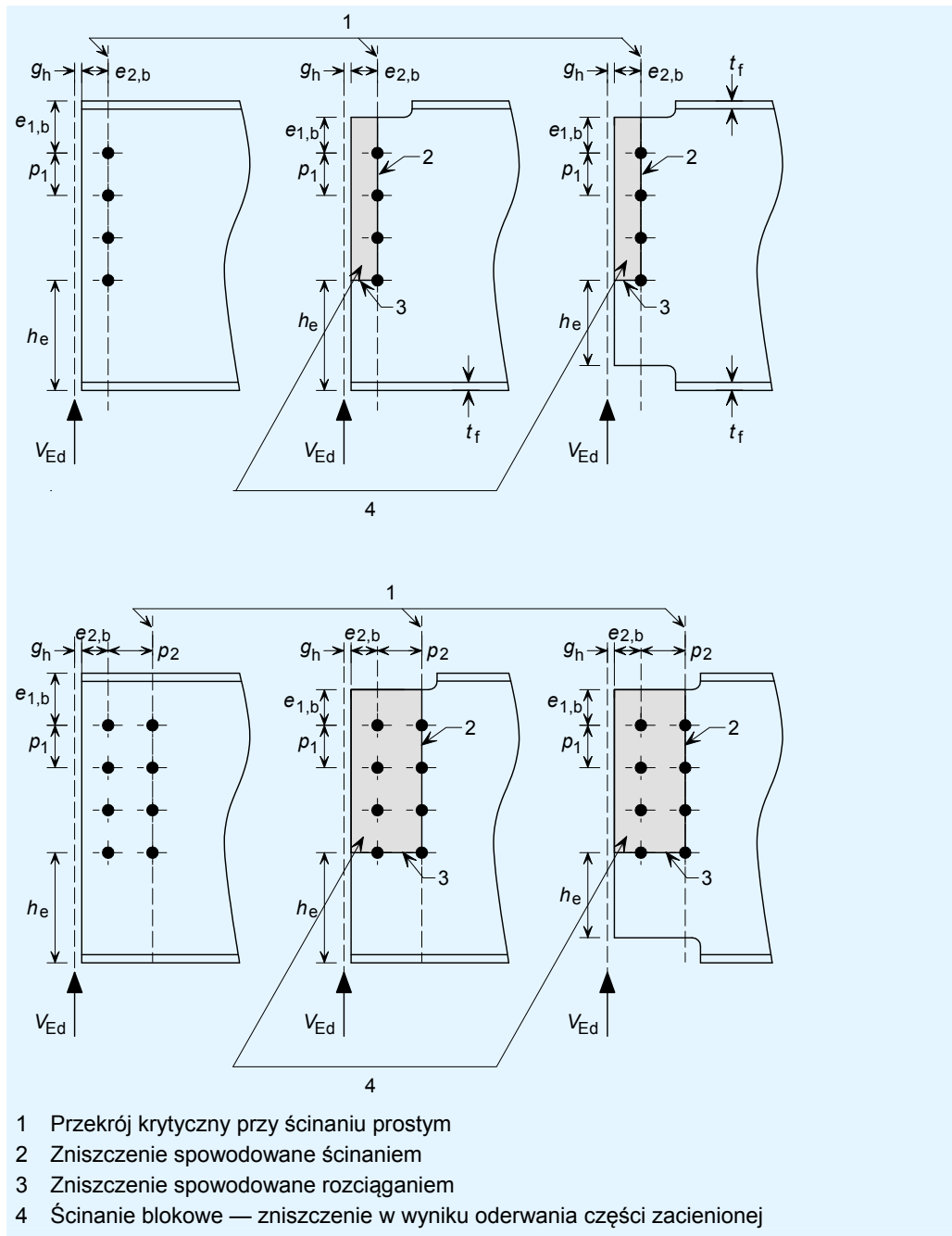
$$V_{Rd,b} = 2 \left( \frac{0,5 f_{u,ac} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,ac} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \right)$$

$$A_{nt} = t_{ac} (e_2 - 0,5 d_0)$$

$$A_{nv} = t_{ac} (h_{ac} - e_1 - (n_1 - 0,5) d_0)$$

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności przekrojów netto.

### 4.2.3 Nośność środka belki przy ścinaniu



#### 4.2.3.1 Nośność na ścinanie i rozerwanie blokowe

Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd,min}$

$$V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})$$

##### Nośność przekroju brutto przy ścinaniu

$$V_{Rd,g} = A_{v,wb} \frac{f_{y,b}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

$$A_{v,wb} = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f \quad \text{ale } \geq \eta h_w t_w \quad \text{dla belki bez wycięcia}$$

$$A_{v,wb} = A_{Tee} - bt_f + (t_w + 2r)t_f/2 \quad \text{dla belki z jednym wycięciem}$$

$$A_{v,wb} = t_w (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 + h_e) \quad \text{dla belki z dwoma wycięciami}$$

$\eta$  jest współczynnikiem pochodzącym z normy EN 1993-1-5  
(jego wartość może być zachowawczo przyjęta jako 1,0)

$A_{Tee}$  jest polem przekroju teownika

#### Nośność przekroju netto przy ścinaniu

$$V_{Rd,n} = A_{v,wb,net} \frac{f_{u,b}}{\sqrt{3}\gamma_{M2}}$$

$$A_{v,wb,net} = A_{v,wb} - n_1 d_0 t_w$$

#### Nośność na rozerwanie blokowe

$$V_{Rd,b} = \frac{0,5 f_{u,b} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,b} A_{nv}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

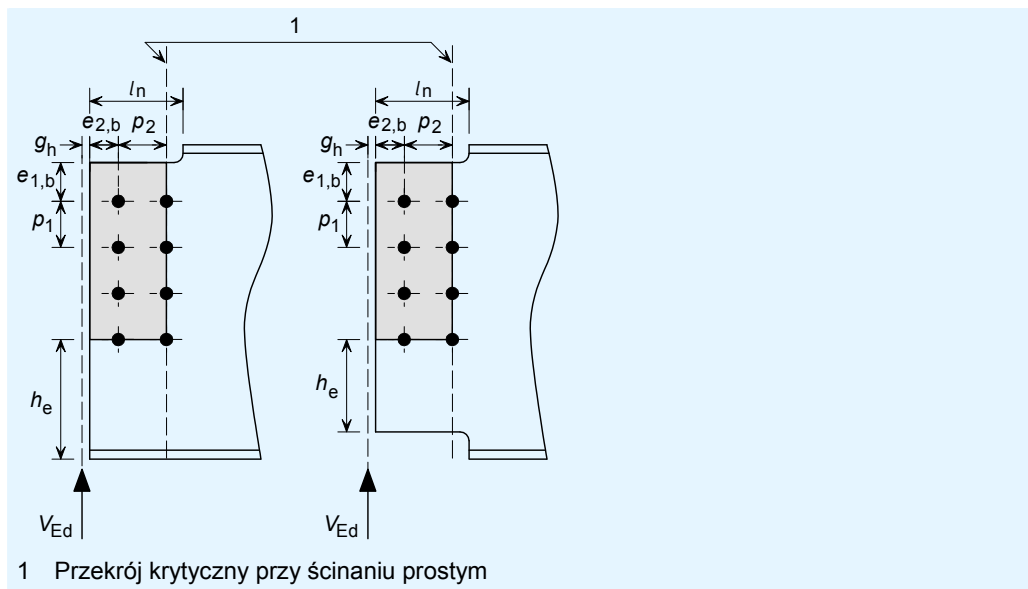
W przypadku jednego pionowego rzędu śrub,  $A_{nt} = t_w (e_{2,b} - 0,5 d_0)$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub,  $A_{nt} = t_w \left( e_{2,b} + p_2 - \frac{3}{2} d_0 \right)$

$$A_{nv} = t_w (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0)$$

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności przekrojów netto.

#### 4.2.3.2 Interakcja ścinania i zginania w drugim rzędzie śrub, jeśli długość wycięcia $l_n > (e_{2,b} + p_2)$



Warunek podstawowy:  $V_{Ed} (g_h + e_{2,b} + p_2) \leq M_{c,Rd}$  [Pozycja źródłowa nr 4]

$M_{c,Rd}$  jest nośnością przy zginaniu belki z wycięciem/wycięciami w miejscu połączenia w obecności sił ścinających.

**Belka z jednym wycięciem:**

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} \leq 0,5V_{pl,N,Rd}$ )

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

Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} > 0,5V_{pl,N,Rd}$ )

$$M_{c,Rd} = \frac{f_{y,b} W_{el,N}}{\gamma_{M0}} \left[ 1 - \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,N,Rd}} - 1 \right)^2 \right]$$

$$V_{pl,N,Rd} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,b})$$

$W_{el,N}$  jest wskaźnikiem wytrzymałości przekroju brutto teownika w wycięciu

**Belka z dwoma wycięciami:**

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} \leq 0,5V_{pl,DN,Rd}$ )

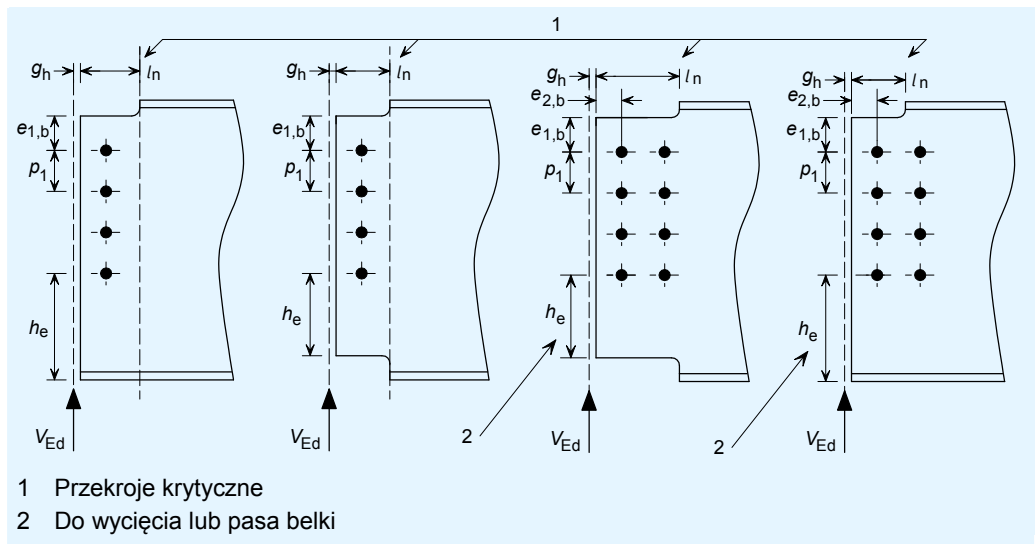
$$M_{c,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{6 \gamma_{M0}} (e_1 + (n_1 - 1)p_1 + h_e)^2$$

Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} > 0,5V_{pl,DN,Rd}$ )

$$M_{c,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{6 \gamma_{M0}} (e_1 + (n_1 - 1)p_1 + h_e)^2 \left[ 1 - \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,DN,Rd}} - 1 \right)^2 \right]$$

$$V_{pl,DN,Rd} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,b})$$

**4.2.4 Nośność przy zginaniu w wycięciu**



Interakcja ścinania i zginania w wycięciu.

**4.2.4.1 W przypadku jednego lub dwóch rzędów śrub, jeśli  $x_N \geq 2d$ :**

$$V_{Ed} (g_h + l_n) \leq M_{v,N,Rd} \quad [\text{Pozycja źródłowa nr 4}]$$

$M_{v,N,Rd}$  jest nośnością belki przy zginaniu w miejscu wycięcia w obecności sił ścinających



### Belka z jednym wycięciem

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} \leq 0,5V_{pl,N,Rd}$ )

$$M_{v,N,Rd} = \frac{f_{y,b} W_{el,N}}{\gamma_{M0}}$$

Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} > 0,5V_{pl,N,Rd}$ )

$$M_{v,N,Rd} = \frac{f_{y,b} W_{el,N}}{\gamma_{M0}} \left[ 1 - \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,N,Rd}} - 1 \right)^2 \right]$$

### Belka z dwoma wycięciami:

Niskie wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} \leq 0,5V_{pl,DN,Rd}$ )

$$M_{v,DN,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{6 \gamma_{M0}} (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 + h_e)^2$$

Duże wartości sił ścinających (tj.  $V_{Ed} > 0,5V_{pl,DN,Rd}$ )

$$M_{v,DN,Rd} = \frac{f_{y,b} t_w}{4 \gamma_{M0}} (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 + h_e)^2 \left[ 1 - \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,DN,Rd}} - 1 \right)^2 \right]$$

#### 4.2.4.2 W przypadku dwóch rzędów śrub, jeśli $x_N < 2d$ :

$\max(V_{Ed}(g_h + l_n); V_{Ed}(g_h + e_{2,b} + p_2)) \leq M_{v,N,Rd}$  [Pozycja źródłowa nr 4]

$M_{v,N,Rd} = M_{c,Rd}$  z poprzedniej kontroli

gdzie:

$W_{el,N}$  jest wskaźnikiem wytrzymałości przekroju brutto teownika w wycięciu

$V_{pl,N,Rd}$  jest nośnością przy ścinaniu w wycięciu w przypadku belek z jednym wycięciem

$$= \frac{A_{v,N} f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$A_{v,N} = A_{Tee} - b t_f + (t_w + 2r) \frac{t_f}{2}$$

$V_{pl,DN,Rd}$  jest nośnością przy ścinaniu w wycięciu w przypadku belek z dwoma wycięciami

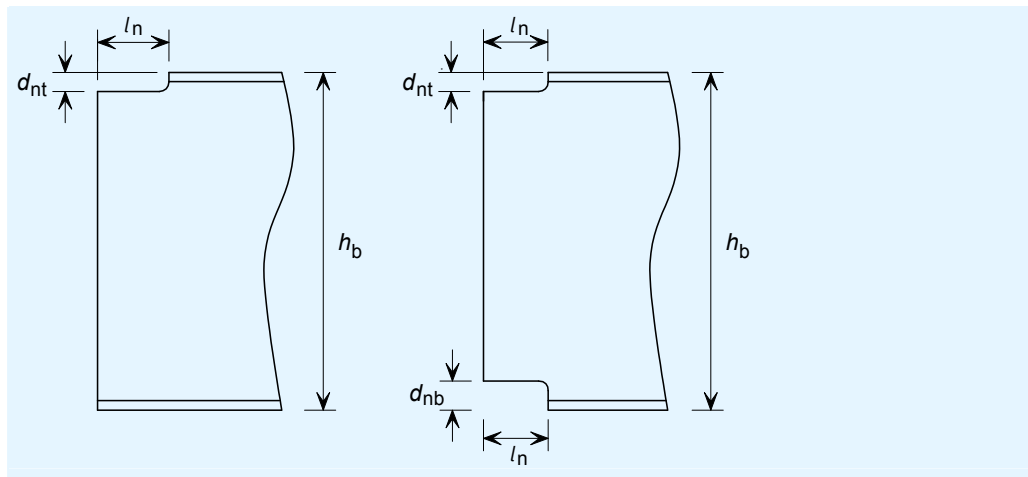
$$= \frac{A_{v,DN} f_{y,b}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$A_{v,DN} = t_w (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 + h_e)$$

gdzie:

$A_{Tee}$  jest polem przekroju teownika

#### 4.2.5 Stateczność miejscowa belki z wycięciem/wycięciami



Gdy belka jest utwierdzona w celu uniknięcia zwichrzenia, nie trzeba brać pod uwagę stateczności wycięcia, jeśli są spełnione poniższe warunki:

**Warunek podstawowy, wycięcie w jednym pasie:** <sup>[5],[6]</sup>

$$d_{nt} \leq h_b / 2 \quad \text{oraz:}$$

$$l_n \leq h_b \quad \text{dla} \quad h_b / t_w \leq 54,3 \quad (\text{stal S275})$$

$$l_n \leq \frac{160000 h_b}{(h_b / t_w)^3} \quad \text{dla} \quad h_b / t_w > 54,3 \quad (\text{stal S275})$$

$$l_n \leq h_b \quad \text{dla} \quad h_b / t_w \leq 48,0 \quad (\text{stal S355})$$

$$l_n \leq \frac{110000 h_b}{(h_b / t_w)^3} \quad \text{dla} \quad h_b / t_w > 48,0 \quad (\text{stal S355})$$

**Warunek podstawowy, wycięcia w obu pasach:** <sup>[7]</sup>

$$\max (d_{nt}; d_{nb}) \leq h_b / 5 \quad \text{oraz:}$$

$$l_n \leq h_b \quad \text{dla} \quad h_b / t_w \leq 54,3 \quad (\text{stal S275})$$

$$l_n \leq \frac{160000 h_b}{(h_b / t_w)^3} \quad \text{dla} \quad h_b / t_w > 54,3 \quad (\text{stal S275})$$

$$l_n \leq h_b \quad \text{dla} \quad h_b / t_w \leq 48,0 \quad (\text{stal S355})$$

$$l_n \leq \frac{110000 h_b}{(h_b / t_w)^3} \quad \text{dla} \quad h_b / t_w > 48,0 \quad (\text{stal S355})$$

Jeżeli długość wycięcia  $l_n$  przekracza te wartości graniczne, należy zastosować odpowiednie usztywnienie lub należy sprawdzić wycięcie pod kątem zgodności z informacjami podanymi w pozycjach źródłowych 5, 6 i 7.

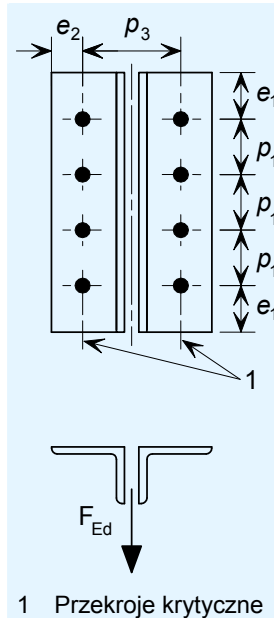
W przypadku elementów wykonanych ze stali S235 i S460 należy zapoznać się z pozycjami źródłowymi 5, 6 i 7.

## 4.3 Kontrole ciągnięcia

W normie EN 1993-1-8 nie ma współczynnika częściowego do kontroli odporności konstrukcji na zniszczenie. W niniejszej publikacji wykorzystano współczynnik  $\gamma_{Mu}$ . Zalecana wartość współczynnika  $\gamma_{Mu}$  wynosi 1,1.

### 4.3.1 Nośność łączników kątowych i grupy śrub

#### 4.3.1.1 Nośność łączników kątowych przy zginaniu



W przypadku łączników kątowych poddawanych zginaniu mogą wystąpić trzy modele zniszczenia:

Model 1: całkowite uplastycznienie blachy

Model 2: zniszczenie śrub z uplastycznieniem blachy

Model 3: zniszczenie śrub

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

$$F_{Rd} = \min(F_{Rd,u,1}, F_{Rd,u,2}, F_{Rd,u,3})$$

Model 1 (całkowite uplastycznienie łączników kątowych)

$$F_{Rd,u,1} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd,u}}{2mn - e_w(m + n)} \quad [\text{EN 1993-1-8, Tabela 6.2}]$$

Model 2 (zniszczenie śrub z uplastycznieniem łączników kątowych)

$$F_{Rd,u,2} = \frac{2M_{pl,2,Rd,u} + n\Sigma F_{t,Rd,u}}{m + n} \quad [\text{EN 1993-1-8, Tabela 6.2}]$$

Model 3 (zniszczenie śrub)

$$F_{Rd,u,3} = \Sigma F_{t,Rd,u} \quad [\text{EN 1993-1-8, Tabela 6.2}]$$

$$F_{t,Rd,u} = \frac{k_2 f_{ub} A}{\gamma_{Mu}}$$

gdzie:

$$M_{pl,1,Rd,u} = \frac{0,25 \Sigma l_{eff} t_{ac}^2 f_{u,ac}}{\gamma_{Mu}}$$

$$M_{pl,2,Rd,u} = M_{pl,1,Rd,u}$$

$$m = \frac{p_3 - t_w - 2t_{ac} - 2 \times 0,8 \times r}{2}$$

$$n = e_{min} \text{ ale } n \leq 1,25m \text{ gdzie } e_{min} = e_2$$

$$e_w = \frac{d_w}{4}$$

$d_w$  jest średnicą podkładki

$$k_2 = 0,63 \text{ dla śrub z łbem wpuszczanym}$$

$$= 0,9 \text{ w innych przypadkach}$$

$A$  jest polem przekroju śruby, w której występują naprężenia rozciągające,  $A_s$

$\Sigma l_{eff}$  jest efektywną długością przegubu plastycznego

$$\Sigma l_{eff} = 2e_{1A} + (n_1 - 1)p_{1A}$$

$$e_{1A} = e_1 \text{ ale } \leq 0,5(p_3 - t_w - 2r) + \frac{d_0}{2}$$

$$p_{1A} = p_1 \text{ ale } \leq p_3 - t_w - 2r + d_0$$

#### 4.3.1.2 Nośność śrub przy ścinaniu

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

$$F_{Rd} = 2n_b F_{v,u}$$

$$F_{v,u} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{Mu}}$$

gdzie:

$$\alpha_v = 0,6 \text{ dla śrub klas 4.6 i 8.8}$$

$$= 0,5 \text{ dla śrub klasy 10.9}$$

$A$  jest polem przekroju śruby, w której występują naprężenia rozciągające,  $A_s$

#### 4.3.1.3 Nośność śrub łączników kątowych przy docisku

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

$$F_{Rd} = 2n_b F_{b,hor,u,Rd}$$

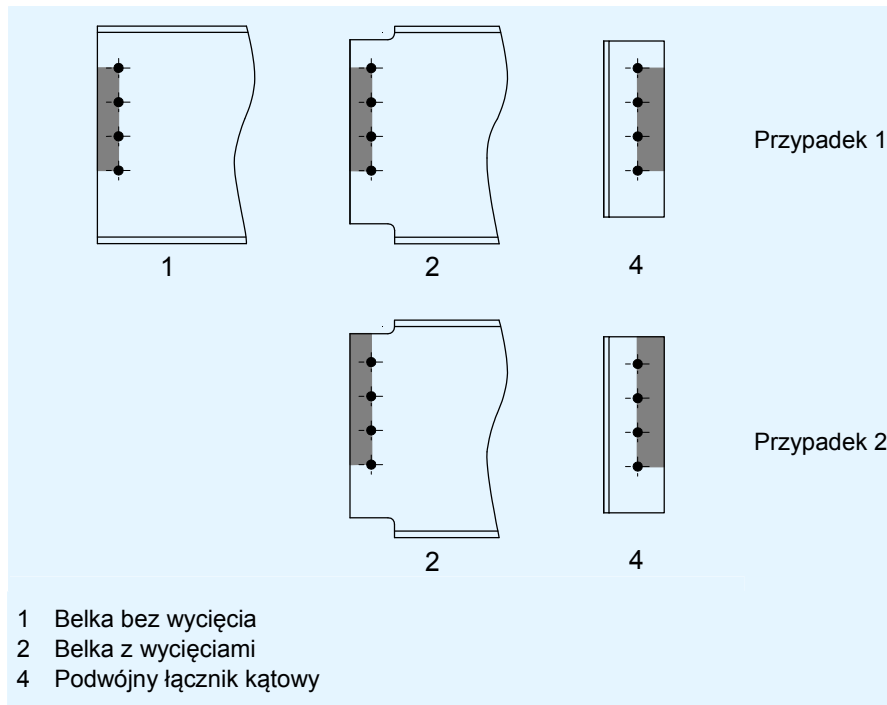
$$F_{b,hor,u,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d t_{ac}}{\gamma_{Mu}}$$

gdzie:

$$k_1 = \min \left( 2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_2}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,ac}}; 1,0 \right)$$

#### 4.3.1.4 Nośność na rozerwanie blokowe



Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd,b}$

$$F_{Rd,b} = \frac{f_{u,ac} A_{nt}}{\gamma_{Mu}} + \frac{f_{y,ac} A_{nv}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

Przypadek 1:

$$A_{nt} = 2t_{ac}[(n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 1)d_0]$$

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub:  $A_{nv} = 4t_{ac}(e_2 - 0,5d_0)$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub:  $A_{nv} = 4t_{ac}\left(e_2 + p_2 - \frac{3}{2}d_0\right)$

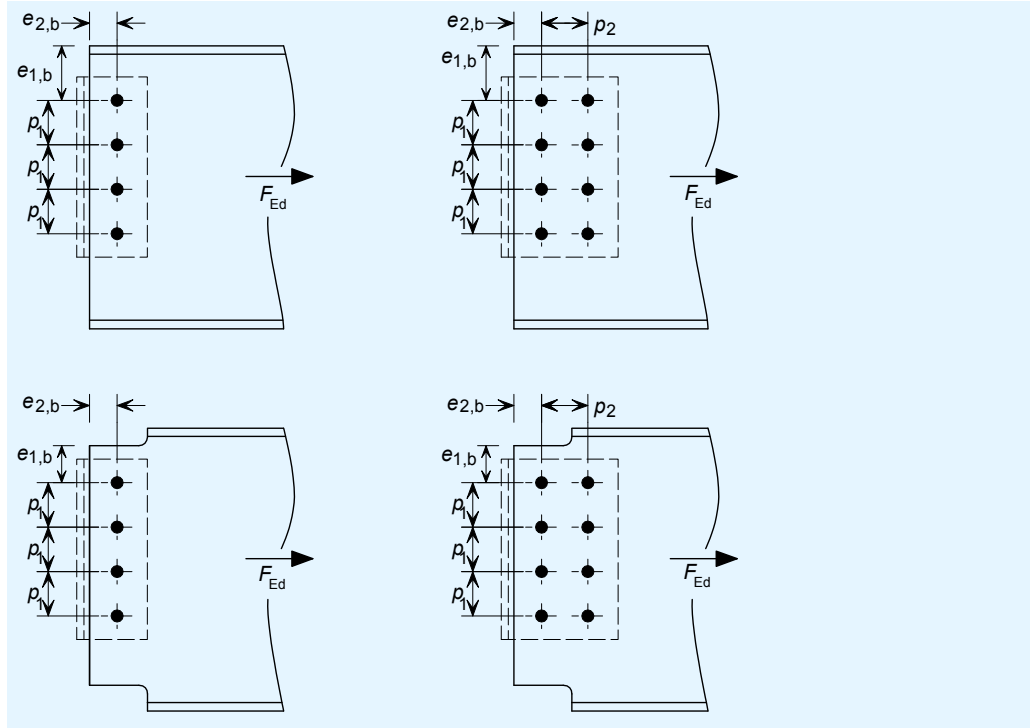
Przypadek 2:

$$A_{nt} = 2t_{ac}[e_1 + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0]$$

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub:  $A_{nv} = 2t_{ac}(e_2 - 0,5d_0)$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub:  $A_{nv} = 2t_{ac}\left(e_2 + p_2 - \frac{3}{2}d_0\right)$

#### 4.3.2 Nośność środника belki



##### 4.3.2.1 Nośność śrub środnika belki przy docisku

Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

$$F_{Rd} = n_b F_{b,hor,u,Rd}$$

$$F_{b,hor,u,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d_{t_{w,b}}}{\gamma_{Mu}}$$

gdzie:

$$k_1 = \left( 2,8 \frac{e_{1,b}}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$\alpha_b = \left( \frac{e_{2,b}}{3d_0}; \frac{p_2}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0 \right)$$

$$\alpha_v = 0,6 \text{ dla śrub klas 4.6 i 8.8}$$

$$= 0,5 \text{ dla śrub klasy 10.9}$$

##### 4.3.2.2 Nośność środnika belki przy rozciąganiu

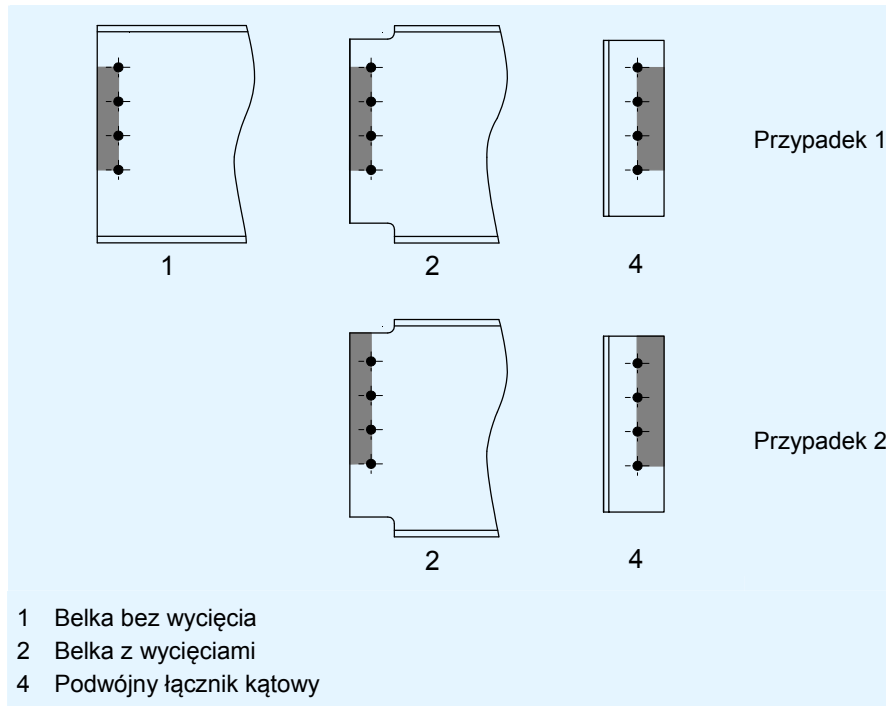
Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd,n}$

$$F_{Rd,n} = 0,9 A_{net,wb} \frac{f_{u,b}}{\gamma_{Mu}}$$

gdzie:

$$A_{net,wb} = t_w h_{ac} - d_0 n_1 t_w$$

#### 4.3.2.3 Nośność na rozerwanie blokowe



Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd,b}$

$$F_{Rd,b} = \frac{f_{u,b} A_{nt}}{\gamma_{Mu}} + \frac{f_{y,b} A_{nv}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

Przypadek 1:

$$A_{nt} = t_w ((n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 1)d_0)$$

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub,  $A_{nv} = 2t_w (e_{2,b} - 0,5d_0)$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub,  $A_{nv} = 2t_w \left( e_{2,b} + p_2 - \frac{3}{2}d_0 \right)$

Przypadek 2 (tylko belki z wycięciami):

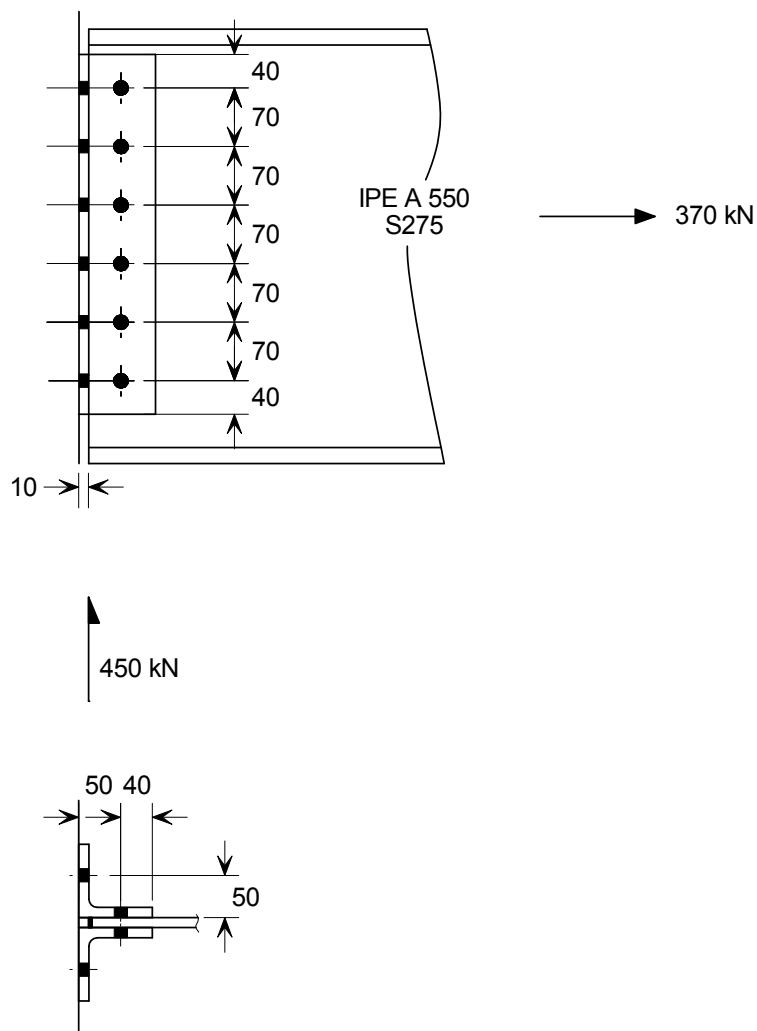
$$A_{nt} = t_w (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0)$$

W przypadku jednego pionowego rzędu śrub,  $A_{nv} = t_w (e_{2,b} - 0,5d_0)$

W przypadku dwóch pionowych rzędów śrub,  $A_{nv} = t_w \left( e_{2,b} + p_2 - \frac{3}{2}d_0 \right)$

### 4. Łączniki kątowe środnika

#### Szczegóły i dane



Belka: IPE A 550 S275

Łączniki kątowe: 2/90 × 90 × 10, S275

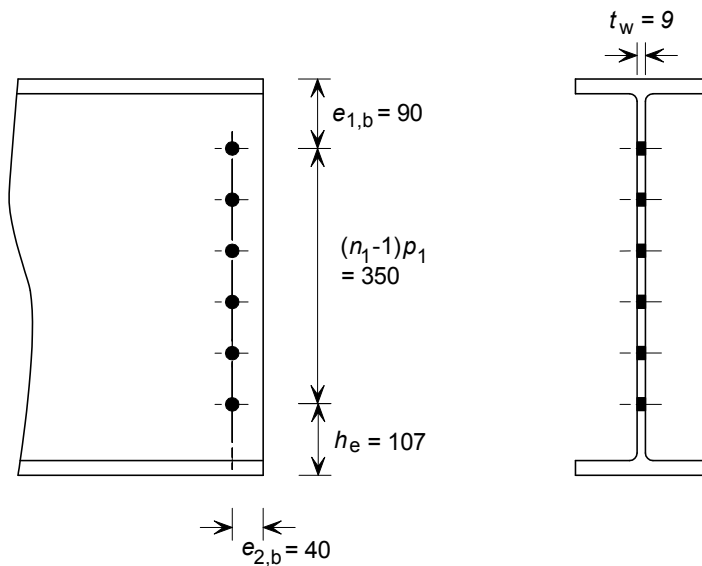
Śruby: M20 8.8



Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	2 z 15
<b>Podsumowanie kompletnych kontroli obliczeniowych</b>		
<b>Sily obliczeniowe</b>		
$V_{Ed} = 450 \text{ kN}$		
$F_{Ed} = 370 \text{ kN}$ (siła rozciągająca)		
<b>Nośności przy ścinaniu</b>		
Nośność grupy śrub		
Strona belki podpartej		
Nośność śrub przy ścinaniu	962 kN	
Nośność śrub łączników kątowych przy docisku	1075 kN	
Nośność śrub środnika belki przy docisku	583 kN	
Strona belki podpierającej		
Nośność	902 kN	
Nośność łączników kątowych przy ścinaniu		
Strona belki podpartej		
Nośność przy ścinaniu	954 kN	
Strona belki podpierającej		
Nośność przy ścinaniu	954 kN	
Nośność środnika belki przy ścinaniu		
Nośność na ścinanie i rozerwanie blokowe		
Nośność przy ścinaniu	501 kN	
Interakcja ścinania i zginania w drugim rzędzie śrub		
	ND.	
Nośność przy zginaniu w wycięciu	ND.	
Stateczność miejscowa belki z wycięciem/wycięciami	ND.	
<b>Nośności przy ciągnięciu</b>		
Nośność łączników kątowych i grupy śrub		
Nośność łączników kątowych przy zginaniu	696 kN	
Nośność śrub przy ścinaniu	1284 kN	
Nośność śrub łączników kątowych przy docisku	1428 kN	
Nośność na rozerwanie blokowe	2060 kN	
Nośność środnika belki		
Nośność śrub środnika belki przy docisku	642 kN	
Nośność środnika belki przy rozciąganiu	944 kN	
Nośność na rozerwanie blokowe	927 kN	

Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	3 z 15
<p><b>4.1. Zalecane szczegóły</b></p> <p>Łączniki            grubość: 10 mm</p> <p>Długość, <math>h_{ac} = 430 \text{ mm} &gt; 0,6h_b</math>,    OK</p> <p><b>4.2. Kontrole ścinania pionowego</b></p> <p><b>4.2.1. Nośność grupy śrub</b></p> <p><b>4.2.1.1. Strona belki podpartej</b></p> <p><b>Nośność śrub przy ścinaniu</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{Rd}</math></p> $V_{Rd} = 2 \times \frac{n_b F_{v,Rd}}{\sqrt{(1 + \alpha n_b)^2 + (\beta n_b)^2}}$ $F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <p>W przypadku śrub M20 klasy 8.8 <math>F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 800 \times 245}{1,25} \times 10^{-3} = 94 \text{ kN}</math></p> <p>W przypadku jednego pionowego rzędu śrub (tj. <math>n_2 = 1</math> i <math>n_1 = 6</math>), <math>\alpha = 0</math></p> $\beta = \frac{6z}{n_1(n_1 + 1)p_1} = \frac{6 \times 50}{6(6 + 1)70} = 0,102$ <p>A zatem <math>V_{Rd} = 2 \times \frac{6 \times 94}{\sqrt{(1 + 0 \times 6)^2 + (0,102 \times 6)^2}} = 962 \text{ kN}</math></p> <p><math>V_{Ed} = 450 \text{ kN} \leq 962 \text{ kN}</math>, OK</p> <p><b>Nośność śrub łączników kątowych przy docisku</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{b,Rd}</math></p> $V_{b,Rd} = 2 \times \frac{n_b}{\sqrt{\left(\frac{1 + \alpha n_b}{F_{b,ver,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{\beta n_b}{F_{b,hor,Rd}}\right)^2}}$ <p><math>\alpha = 0</math> i <math>\beta = 0,102</math>, jak powyżej</p> <p>Nośność jednej śruby przy docisku pionowym, <math>F_{b,ver,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d_{ac}}{\gamma_{M2}}</math></p> $k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{40}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(3,39; 2,5)$ <p><math>= 2,5</math></p>		<p>Jeśli nie podano inaczej, wszystkie odnośniki dotyczą normy EN 1993-1-8</p>

Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	4 z 15
$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,ac}}; 1,0\right)$ $= \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{70}{3 \times 22} - 0,25; \frac{800}{430}; 1,0\right) = \min(0,61; 0,81; 1,86; 1,0)$ $\alpha_b = 0,61$ $F_{b,ver,Rd} = \frac{2,5 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 10}{1,25} \times 10^{-3} = 105 \text{ kN}$ <p>Nośność jednej śruby przy docisku poziomym, <math>F_{b,hor,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d_{ac}}{\gamma_{M2}}</math></p> $k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$ $= \min\left(2,8 \frac{40}{22} - 1,7; 1,4 \frac{70}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(3,39; 2,75; 2,5) = 2,5$ $\alpha_b = \min\left(\frac{e_2}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,ac}}; 1,0\right) = \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{800}{430}; 1,0\right)$ $= \min(0,61; 1,86; 1,0) = 0,61$ $F_{b,hor,Rd} = \frac{2,5 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 10}{1,25} \times 10^{-3} = 105 \text{ kN}$ $V_{Rd} = 2 \times \frac{6}{\sqrt{\left(\frac{1+0 \times 6}{105}\right)^2 + \left(\frac{0,102 \times 6}{105}\right)^2}} = 1075 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 450 \text{ kN} \leq 1075 \text{ kN}, \quad \text{OK}$		

**Nośność śrub środnika belki przy docisku**

Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

$$V_{Rd} = \frac{n_b}{\sqrt{\left(\frac{1 + \alpha n_b}{F_{b,ver,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{\beta n_b}{F_{b,hor,Rd}}\right)^2}}$$

$\alpha = 0$  i  $\beta = 0,102$ , jak powyżej

Nośność jednej śruby przy docisku pionowym wynosi

$$F_{b,ver,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d t_w}{\gamma_{M2}}$$

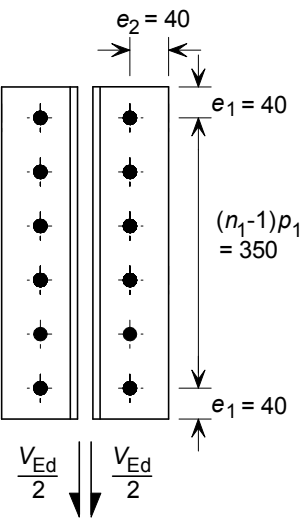
$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_{2,b}}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{40}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(3,4; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_{1,b}}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0\right) = \min\left(\frac{90}{3 \times 22}; \frac{70}{3 \times 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{430}; 1,0\right) = \min(1,36; 0,81; 1,86; 1,0) = 0,81$$

$$F_{b,ver,Rd} = \frac{2,5 \times 0,81 \times 430 \times 20 \times 9}{1,25} \times 10^{-3} = 125 \text{ kN}$$

Nośność jednej śruby przy docisku poziomym,

$$F_{b,hor,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d t_w}{\gamma_{M2}}$$

Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	6 z 15
$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_{1,b}}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$ $= \min\left(2,8 \frac{90}{22} - 1,7; 1,4 \frac{70}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(9,75; 2,75; 2,5) = 2,5$ $\alpha_b = \min\left(\frac{e_{2,b}}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0\right) = \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{800}{430}; 1,0\right)$ $= \min(0,61; 1,86; 1,0) = 0,61$ $F_{b,hor,Rd} = \frac{2,5 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 9}{1,25} \times 10^{-3} = 94 \text{ kN}$ $V_{Rd} = \frac{6}{\sqrt{\left(\frac{1+0 \times 6}{125}\right)^2 + \left(\frac{0,102 \times 6}{94}\right)^2}} = 583 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 450 \text{ kN} \leq 583 \text{ kN, OK}$ <p><b>4.2.1.2. Strona belki podpierającej</b></p>  <p><math>V_{Ed} = 450 \text{ kN}</math></p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> <p>Nośność obliczeniowa grupy śrub, <math>F_{Rd}</math>:</p> <p>Jeżeli <math>(F_{b,Rd})_{\max} \leq F_{v,Rd}</math> to <math>F_{Rd} = \Sigma F_{b,Rd}</math></p> <p>Jeżeli <math>(F_{b,Rd})_{\min} \leq F_{v,Rd} &lt; (F_{b,Rd})_{\max}</math> to <math>F_{Rd} = n_s (F_{b,Rd})_{\min}</math></p> <p>Jeżeli <math>F_{v,Rd} &lt; (F_{b,Rd})_{\min}</math> to <math>F_{Rd} = 0,8 n_s F_{v,Rd}</math></p> <p><b>Nośność śrub przy ścinaniu</b></p> <p>Nośność jednej śruby przy ścinaniu, <math>F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}</math></p>		

Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	7 z 15
<p>W przypadku śrub M20 klasy 8.8 <math>F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 800 \times 245}{1,25} \times 10^{-3} = 94 \text{ kN}</math></p> <p><b>Nośność śrub łączników kątowych przy docisku</b></p> $V_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d t_{ac}}{\gamma_{M2}}$ <p>Dla śrub skrajnych, <math>k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5) = \min(2,8 \times \frac{40}{22} - 1,7; 2,5)</math></p> $= \min(3,39; 2,5) = 2,5$ <p>Dla śrub końcowych, <math>\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,ac}}; 1,0) = \min(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{800}{430}; 1,0)</math></p> $= \min(0,61; 1,86; 1,0) = 0,61$ <p>Dla śrub wewnętrznych, <math>\alpha_b = \min(\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,ac}}; 1,0)</math></p> $= \min(\frac{70}{3 \times 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{430}; 1,0) = \min(0,81; 1,86; 1,0)$ $= 0,81$ <p>Śruby końcowe, <math>F_{b,Rd,end} = (F_{b,Rd})_{\min} = \frac{2,5 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 10}{1,25} \times 10^{-3}</math></p> $= 105 \text{ kN}$ <p>Śruby wewnętrzne, <math>F_{b,Rd,inner} = (F_{b,Rd})_{\max} = \frac{2,5 \times 0,81 \times 430 \times 20 \times 10}{1,25} \times 10^{-3}</math></p> $= 139 \text{ kN}$ <p><math>94 \text{ kN} &lt; 105 \text{ kN}</math> więc <math>F_{v,Rd} &lt; (F_{b,Rd})_{\min}</math></p> <p><math>F_{Rd} = 0,8 n_s F_{v,Rd} = 0,8 \times 12 \times 94 = 902 \text{ kN}</math></p> <p><math>V_{Ed} = 550 \text{ kN} \leq 902 \text{ kN}</math>, OK</p> <p><b>4.2.2. Nośność łączników kątowych przy ścinaniu</b></p> <p><b>4.2.2.1. Strona belki podpartej</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq V_{Rd,min}</math></p> <p><math>V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})</math></p> <p><b>Nośność przekroju brutto przy ścinaniu</b></p> $V_{Rd,g} = 2 \times \frac{h_{ac} t_{ac}}{1,27} \frac{f_{y,ac}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = 2 \times \frac{430 \times 10 \times 275}{1,27 \times \sqrt{3} \times 1,0} \times 10^{-3} = 1076 \text{ kN}$		

**Nośność przekroju netto przy ścinaniu**

$$V_{Rd,n} = 2 \times A_{v,net} \frac{f_{u,ac}}{\sqrt{3}\gamma_{M2}}$$

$$\text{Pole przekroju netto, } A_{v,net} = t_{ac} (h_{ac} - n_1 d_0) = 10(430 - 6 \times 22) = 2980 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd,n} = 2 \times 2980 \times \frac{430}{\sqrt{3} \times 1,25} \times 10^{-3} = 1184 \text{ kN}$$

**Nośność na rozerwanie blokowe**

$$V_{Rd,b} = 2 \left( \frac{0,5 f_{u,ac} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,ac} A_{nv}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \right)$$

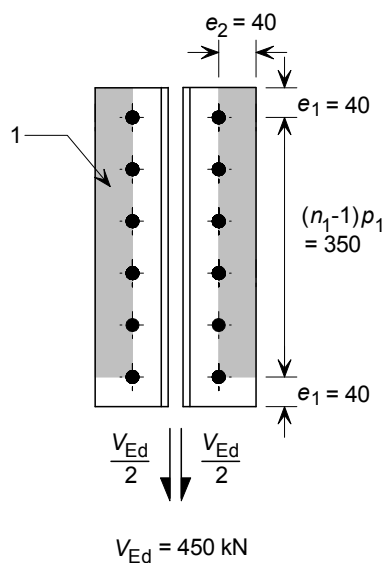
$$\begin{aligned} \text{Pole przekroju netto poddawane rozciąganiu, } A_{nt} &= t_{ac} (e_2 - 0,5 d_0) \\ &= 10(40 - 0,5 \times 22) = 290 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pole przekroju netto poddawane ścinaniu,} \\ A_{nv} &= t_{ac} (h_{ac} - e_1 - (n_1 - 0,5) d_0) \\ &= 10(430 - 40 - (6 - 0,5) 22) = 2690 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{Rd,b} = 2 \left( \frac{0,5 \times 430 \times 290}{1,25} + \frac{275 \times 2690}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 954 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,min} = 954 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 450 \text{ kN} \leq 954 \text{ kN}, \quad \text{OK}$$

**4.2.2.2. Strona belki podpierającej**

1 Zniszczenie spowodowane ścinaniem blokowym

Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd,min}$

$$V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})$$

**Nośność przekroju brutto przy ścinaniu**

$$V_{Rd,g} = 2 \times \frac{h_{ac} t_{ac}}{1,27} \frac{f_{y,ac}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = 2 \times \frac{430 \times 10 \times 275}{1,27 \times \sqrt{3} \times 1,0} \times 10^{-3} = 1076 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju netto przy ścinaniu**

$$V_{Rd,n} = 2 \times A_{v,net} \frac{f_{u,ac}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}}$$

$$\text{Pole przekroju netto, } A_{v,net} = t_{ac} (h_{ac} - n_1 d_0) = 10(430 - 6 \times 22) = 2980 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd,n} = 2 \times 2980 \times \frac{430}{\sqrt{3} \times 1,25} \times 10^{-3} = 1184 \text{ kN}$$

**Nośność na rozerwanie blokowe**

$$V_{Rd,b} = 2 \left( \frac{0,5 f_{u,ac} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,ac} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Pole przekroju netto poddawane rozciąganiu, } A_{nt} &= t_{ac} (e_2 - 0,5 d_0) \\ &= 10(40 - 0,5 \times 22) = 290 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

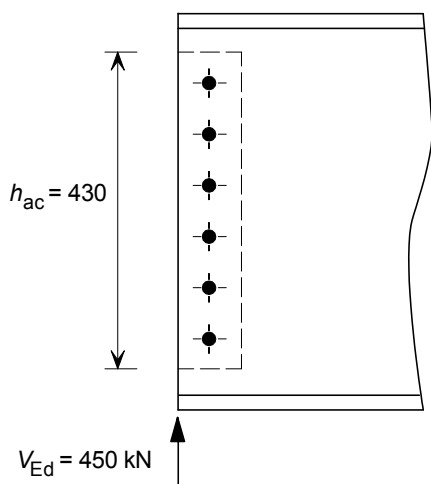
Pole przekroju netto poddawane ścinaniu,

$$\begin{aligned} A_{nv} &= t_{ac} (h_{ac} - e_1 - (n_1 - 0,5) d_0) \\ &= 10(430 - 40 - (6 - 0,5) 22) = 2690 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{Rd,b} = 2 \left( \frac{0,5 \times 430 \times 290}{1,25} + \frac{275 \times 2690}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 954 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,min} = 954 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 450 \text{ kN} \leq 954 \text{ kN}, \quad \text{OK}$$

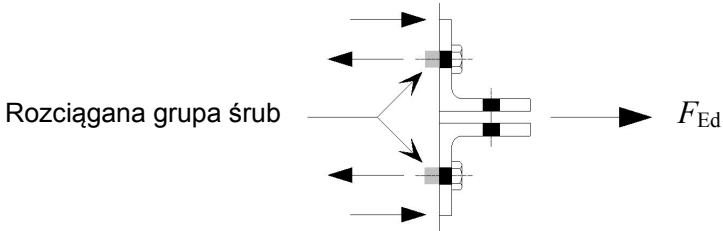
**4.2.3. Nośność środnika belki przy ścinaniu****4.2.3.1. Nośność na ścinanie i rozerwanie blokowe**

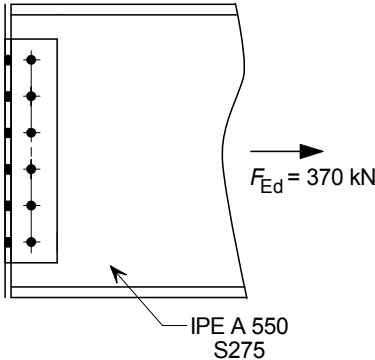
Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq V_{Rd,min}$

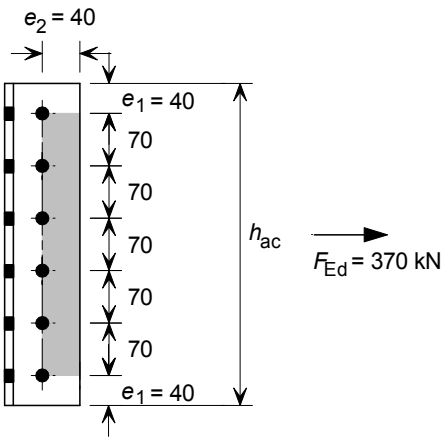
$$V_{Rd,min} = \min(V_{Rd,g}; V_{Rd,n}; V_{Rd,b})$$

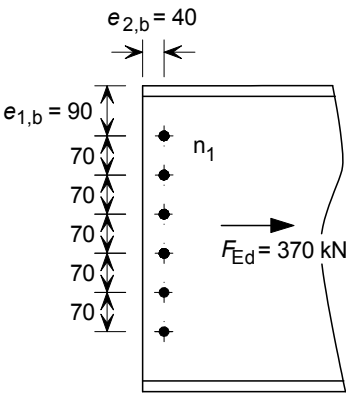


Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	10 z 15
<p><b>Nośność przekroju brutto przy ścinaniu</b></p> $V_{Rd,g} = A_{v,wb} \frac{f_{y,b}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$ <p>Pole przekroju środnika belki poddawane ścinaniu,</p> $A_{v,wb} = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 11700 - 2 \times 210 \times 15,7 + (9 + 2 \times 24)15,7$ $A_{v,wb} = 6001 \text{ mm}^2$ $\eta h_w t_w = 1,0 \times 515,6 \times 9 = 4640 \text{ mm}^2$ $V_{Rd,g} = \frac{6001 \times 275}{\sqrt{3} \times 1,0} \times 10^{-3} = 953 \text{ kN}$ <p><b>Nośność przekroju netto przy ścinaniu</b></p> $V_{Rd,n} = A_{v,wb,net} \frac{f_{u,b}}{\sqrt{3}\gamma_{M2}}$ <p>Pole przekroju netto, <math>A_{v,wb,net} = A_{v,wb} - n_1 d_0 t_w = 6001 - 6 \times 22 \times 9 = 4813 \text{ mm}^2</math></p> $V_{Rd,n} = 4813 \times \frac{430}{\sqrt{3} \times 1,25} \times 10^{-3} = 956 \text{ kN}$ <p><b>Nośność na rozerwanie blokowe</b></p> $V_{Rd,b} = \left( \frac{0,5 f_{u,b} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,b} A_{nv}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \right)$ <p>Pole przekroju netto poddawane rozciąganiu,</p> $A_{nt} = t_w (e_{2,b} - 0,5d_0)$ $= 9(40 - 0,5 \times 22) = 261 \text{ mm}^2$ <p>Pole przekroju netto poddawane ścinaniu,</p> $A_{nv} = t_w (e_{1,b} + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0)$ $= 9(90 + (6 - 1)70 - (6 - 0,5)22)$ $= 2871 \text{ mm}^2$ $V_{Rd,b} = \left( \frac{0,5 \times 430 \times 261}{1,25} + \frac{275 \times 2871}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 501 \text{ kN}$ $V_{Rd,min} = \min(953; 956; 501) = 501 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 450 \text{ kN} \leq 501 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>4.2.3.2. Interakcja ścinania i zginania w drugim rzędzie śrub</b></p> <p>Nie dotyczy z uwagi na brak wycięcia</p>		

Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	11 z 15
<p><b>4.2.4. Nośność przy zginaniu w wycięciu</b></p> <p>Nie dotyczy z uwagi na brak wycięcia</p> <p><b>4.2.5. Stateczność miejscowa belki z wycięciem/wycięciami</b></p> <p>Nie dotyczy z uwagi na brak wycięcia</p> <p><b>4.3. Kontrole ciągnięcia</b></p> <p><b>4.3.1. Nośność łączników kątowych i grupy śrub</b></p> <p><b>4.3.1.1. Nośność łączników kątowych przy zginaniu</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> <div style="text-align: center;">  </div> $F_{Rd} = \min(F_{Rd,u,1}, F_{Rd,u,2}, F_{Rd,u,3})$ <p>Nośność przy ciągnięciu w przypadku modelu 1, <math>F_{Rd,u,1}</math> wyraża się zależnością:</p> $F_{Rd,u,1} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd,u}}{2mn - e_w(m + n)}$ $\Sigma l_{eff} = 2e_{1A} + (n_1 - 1)p_{1A}$ $e_{1A} = e_1 \text{ ale } \leq 0,5(p_3 - t_w - 2r) + \frac{d_0}{2}$ $0,5(109 - 9 - 2 \times 11) + \frac{22}{2} = 50 \text{ mm}$ $\therefore e_{1A} = 40 \text{ mm}$ $p_{1A} = p_1 \text{ ale } \leq p_3 - t_w - 2r + d_0$ $p_3 - t_w - 2r + d_0 = 109 - 9 - 2 \times 11 + 22 = 100 \text{ mm}$ $\therefore p_{1A} = 70 \text{ mm}$ $\Sigma l_{eff} = 2e_{1A} + (n_1 - 1)p_{1A} = 2 \times 40 + (6 - 1)70 = 430 \text{ mm}$ $M_{pl,1,Rd,u} = \frac{0,25 \Sigma l_{eff,1} t_f^2 f_{u,ac}}{\gamma_{Mu}} = \frac{0,25 \times 430 \times 10^2 \times 430}{1,1} \times 10^{-6} = 4,2 \text{ kNm}$ $m = \frac{p_3 - t_w - 2t_{ac} - 2 \times 0,8 \times r}{2} = \frac{109 - 9 - 2 \times 10 - 2 \times 0,8 \times 11}{2} = 31 \text{ mm}$ $e_w = \frac{d_w}{4} = \frac{37}{4} = 9,25 \text{ mm}$		

Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	12 z 15
<p> <math>n = \min(e_2; 1,25m) = \min(40; 39) = 39 \text{ mm}</math>  <math>F_{Rd,u,1} = \frac{(8 \times 39 - 2 \times 9,25) 4,2 \times 10^3}{2 \times 31 \times 39 - 9,25(31 + 39)} = 696 \text{ kN}</math>          Nośność przy ciągnięciu w przypadku modelu 2, <math>F_{Rd,u,2}</math> wyraża się zależnością:  <math display="block">F_{Rd,u,2} = \frac{2 M_{pl,2,Rd,u} + n \Sigma F_{t,Rd,u}}{m + n}</math>  <math>M_{pl,2,Rd,u} = M_{pl,1,Rd,u} = 4,20 \text{ kNm}</math>  <math display="block">F_{t,Rd,u} = \frac{k_2 f_{ub} A}{\gamma_{Mu}} = \frac{0,9 \times 800 \times 245}{1,1} \times 10^{-3} = 160 \text{ kN}</math>  <math display="block">F_{Rd,u,2} = \frac{2 \times 4,2 \times 10^3 + 39 \times 12 \times 160}{31 + 39} = 1190 \text{ kN}</math>          Nośność przy ciągnięciu w przypadku modelu 3, <math>F_{Rd,u,3}</math> wyraża się zależnością:  <math>F_{Rd,u,3} = \Sigma F_{t,Rd,u} = 12 \times 160 = 1920 \text{ kN}</math>  <math>F_{Rd} = \min(F_{Rd,u,1}, F_{Rd,u,2}, F_{Rd,u,3})</math>  <math>F_{Rd} = \min(696, 1190, 1920) = 696 \text{ kN}</math>  <math>F_{Ed} = 370 \text{ kN} \leq 696 \text{ kN}, \quad \text{OK}</math> </p> <p><b>4.3.1.2. Nośność śrub przy ścinaniu</b></p>  <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> $F_{Rd} = 2n_b F_{v,u}$ $F_{v,u} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{Mu}} = \frac{0,6 \times 800 \times 245}{1,1} \times 10^{-3} = 107 \text{ kN}$ $F_{Rd} = 2 \times 6 \times 107 = 1284 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 370 \text{ kN} \leq 1284 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>4.3.1.3. Nośność śrub łączników kątowych przy docisku</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> $F_{Rd} = 2n_b F_{b,hor,u,Rd}$		

Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	13 z 15
$F_{b,hor,u,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d_{ac}}{\gamma_{Mu}}$ $k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_1}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$ $= \min\left(2,8 \frac{40}{22} - 1,7; 1,4 \frac{70}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(3,39; 2,75; 2,5) = 2,5$ $\alpha_b = \min\left(\frac{e_2}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,ac}}; 1,0\right) = \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{800}{430}; 1,0\right)$ $= \min(0,61; 1,86; 1,0) = 0,61$ $F_{b,hor,u,Rd} = \frac{2,5 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 10}{1,1} \times 10^{-3} = 119 \text{ kN}$ $F_{Rd} = 2 \times 6 \times 119 = 1428 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 350 \text{ kN} \leq 1428 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>4.3.1.4. Nośność na rozerwanie blokowe</b></p>  <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd,b}</math></p> $F_{Rd,b} = \frac{f_{u,ac} A_{nt}}{\gamma_{Mu}} + \frac{f_{y,ac} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$ <p><b>Przypadek 1</b></p> $A_{nt} = 2t_{ac} [(n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 1)d_0] = 2 \times 10 \times [(6 - 1) \times 70 - (6 - 1) \times 22]$ $= 4800 \text{ mm}^2$ $A_{nv} = 4t_{ac} (e_2 - 0,5d_0) = 4 \times 10 (40 - 0,5 \times 22) = 1160 \text{ mm}^2$ $F_{Rd,b} = \left( \frac{430 \times 4800}{1,1} + \frac{275 \times 1160}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 2060 \text{ kN}$		

Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	14 z 15
<p><b>Przypadek 2</b></p> $A_{nt} = 2t_{ac}[e_1 + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0]$ $A_{nt} = 2 \times 10 \times [40 + (6 - 1) \times 70 - (6 - 0,5) \times 22] = 5380 \text{ mm}^2$ $A_{nv} = 2t_{ac}(e_2 - 0,5d_0) = 2 \times 10 \times (40 - 0,5 \times 22) = 580 \text{ mm}^2$ $F_{Rd,b} = \left( \frac{430 \times 5380}{1,1} + \frac{275 \times 580}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 2195 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 370 \text{ kN} \leq 2060 \text{ i } 2195 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>4.3.2. Nośność środnika belki</b></p> <p><b>4.3.2.1. Nośność śrub środnika belki przy docisku</b></p>  <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> $F_{Rd} = n_b F_{b,hor,u,Rd}$ $F_{b,hor,u,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b} d t_w}{\gamma_{Mu}}$ $k_1 = \min \left( 1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left( 1,4 \frac{70}{22} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$ $\alpha_b = \min \left( \frac{e_{2,b}}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b}}; 1,0 \right) = \min \left( \frac{40}{3 \times 22}; \frac{800}{430}; 1,0 \right) = 0,61$ $F_{b,hor,u,Rd} = \frac{2,5 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 9}{1,1} \times 10^{-3} = 107 \text{ kN}$ $F_{Rd} = 6 \times 107 = 642 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 370 \text{ kN} \leq 642 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>4.3.2.2. Nośność środnika belki przy rozciąganiu</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd,n}</math></p> $F_{Rd,n} = 0,9 A_{net,wb} \frac{f_{u,b}}{\gamma_{Mu}}$ $A_{net,wb} = t_w h_{ac} - d_0 n_1 t_w = 9 \times 430 - 22 \times 6 \times 9 = 2682 \text{ mm}^2$		

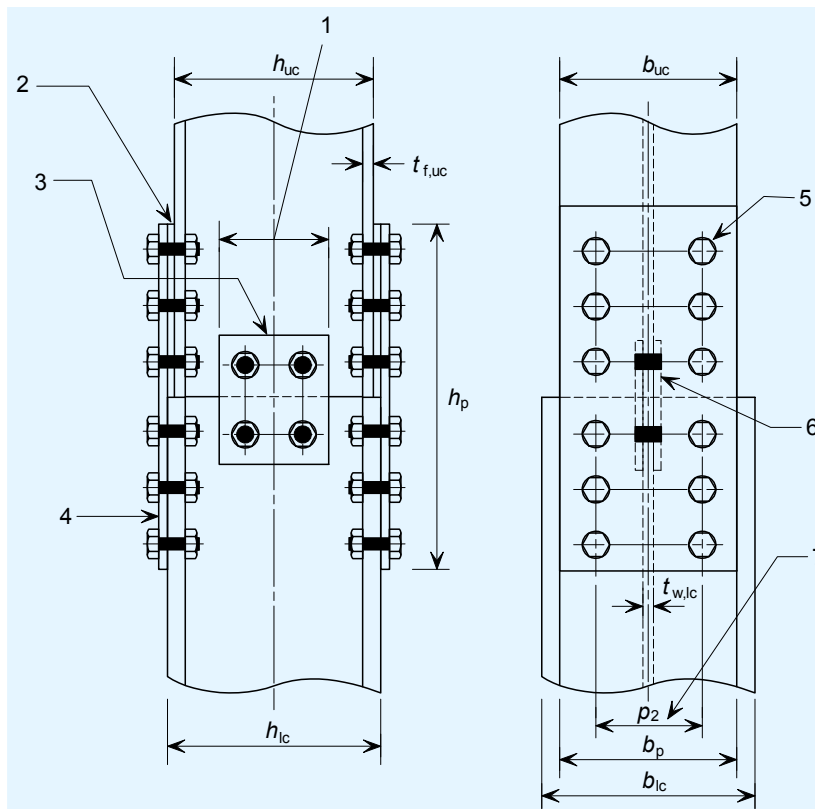
Tytuł	4.4 Przykład praktyczny — Łączniki kątowe środnika	15 z 15
$F_{Rd,n} = 0,9 \times 2682 \frac{430}{1,1} \times 10^{-3} = 944 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 370 \text{ kN} \leq 944 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p><b>4.3.2.3. Nośność na rozerwanie blokowe</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd,b}</math></p> $F_{Rd,b} = \frac{f_{u,b} A_{nt}}{\gamma_{Mu}} + \frac{f_{y,b} A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$ <p>Przypadek 1</p> $A_{nt} = t_w [(n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 1)d_0] = 9[(6 - 1) \times 70 - (6 - 1)22]$ $= 2160 \text{ mm}^2$ $A_{nv} = 2t_w (e_{2,b} - 0,5d_0) = 2 \times 9(40 - 0,5 \times 22) = 522 \text{ mm}^2$ $F_{Rd,b} = \left( \frac{430 \times 2160}{1,1} + \frac{275 \times 522}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 927 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 370 \leq 927 \text{ kN}, \quad \text{OK}$ <p>(Przypadek 2 dotyczy wyłącznie belek z wycięciami).</p>		

## 5 STYKI SŁUPÓW (TYPU DOCISKOWEGO)

Styki słupów projektuje się przy założeniu, że muszą one wytrzymać ścisnienie osiowe oraz — tam gdzie jest to właściwe — nominalny moment wywierany przez połączenie z belkami.

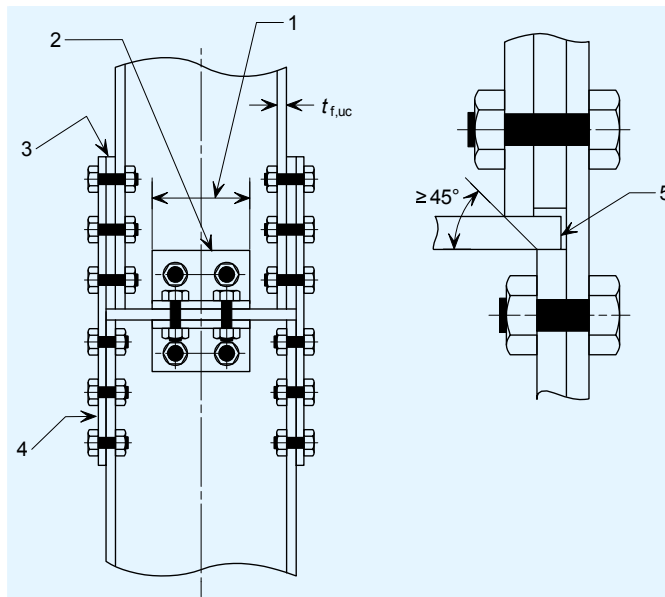
W stykach typu dociskowego obciążenie osiowe jest przenoszane bezpośrednio przez końce słupów (w razie potrzeby — w przypadku zmiany rozmiaru seryjnego słupów — rozdzielone blachą rozdzielającą), a nie przez blachy styków. Dzięki blachom styk ma wystarczającą sztywność i nośność przy ciągnięciu.

### 5.1 Zalecane szczegóły



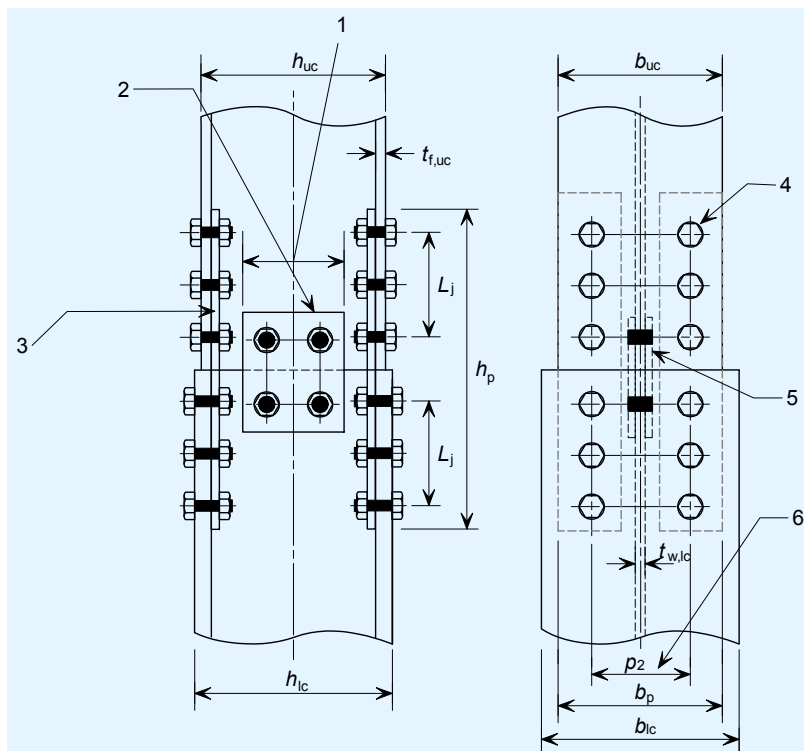
- 1 Szerokość nakładki środnika  $\geq 0,5h_{uc}$
- 2 Grubość przekładki wielowarstwowej  $t_{pa}$
- 3 Nakładka środnika z co najmniej 4 śrubami M20 klasy 8.8 — patrz Uwagi  
W przypadku nakładek zakładanych z dwóch stron grubość  $\geq t_{w,uc}/2$   
W przypadku nakładki zakładanej z jednej strony grubość  $\geq t_{w,uc}$
- 4 Nakładka pasa. Wysokość:  $h_p \geq 2b_{uc}$  i 225 mm; szerokość:  $b_p \geq b_{uc}$ ;  
grubość:  $t_p \geq t_{f,uc}/2$  i 10 mm
- 5 Śruby (normalnie niesprężone, montowane w luźnych otworach) — patrz Uwagi
- 6 W razie potrzeby założone przekładki
- 7 Szeroki rozstaw śrub w celu uzyskania sztywności połączenia

**Końce słupów przenoszące bezpośrednio docisk**



- 1 Długość łącznika  $> 0,5h_{uc}$
- 2 Łączniki kątowe środknika z co najmniej 2 śrubami M20 klasy 8.8 z każdej strony
- 3 Grubość przekładki wielowarstwowej  $t_{pa}$
- 4 Nakładka pasa jak powyżej
- 5 Grubość blachy rozdzielającej powinna wynosić co najmniej  $[(h_{lc} - 2t_{f,lc}) - (h_{uc} - 2t_{f,lc})]/$

### Bezpośredni docisk przenoszony na blachę rozdzielającą



- 1 Szerokość nakładki środnika  $\geq 0,5h_{uc}$
- 2 Nakładka środnika z co najmniej 4 śrubami M20 klasy 8.8
- 3 Nakładka pasa. Wysokość:  $h_p \geq 2b_{uc}$  i 450 mm; szerokość:  $b_p \geq (b_{uc} - t_{w,lc} - 2r_{lc})/2$ ;  
grubość:  $t_p \geq t_{f,uc}/2$  i 10 mm, ( $r_{lc}$  = promień zaokrąglenia między pasem a środnikiem)
- 4 Śruby (normalnie niesprężone, montowane w luźnych otworach) — patrz Uwagi
- 5 W razie potrzeby założone przekładki
- 6 Szeroki rozstaw śrub w celu uzyskania sztywności połączenia

### Wewnętrzne nakładki pasa



Uwagi:

1. Rozstaw śrub i odległości od krawędzi muszą być zgodne z zaleceniami podanymi w normie EN 1993-1-8:2005.
2. Grubość nakładki pasa powinna być równa co najmniej najmniejszej wartości z następujących: 10,  $t_{f,uc}/2$  i  $p_1/14$ .
3. Grubość, o której mowa w uwadze nr 2, jest w większości przypadków wystarczająca do przeniesienia co najmniej 25% maksymalnej siły ściskającej występującej w słupie, zgodnie z wymogami normy EN 1993-1-8 [§6.2.7.1(14)].
4. Styki słupów należy umieszczać w przybliżeniu 600 mm nad poziomem belki stropowej. Zaleca się też zamontowanie co najmniej czterech śrub. W stężonej konstrukcji słupy z takimi stykami zachowują się zadowalająco, nawet jeśli w rzeczywistości połączenie zachowuje się jak przegub sworzniowy. W rzeczywistości typowe dociskowe styki słupów, opisane w niniejszym przewodniku, zapewniają znaczącą sztywność w obu osiach, choć mniejszą od pełnej sztywności.
5. Zgodnie z powszechną praktyką szerokość nakładki pasa nie powinna być większa od szerokości pasa dolnego słupa. Jeżeli jednak szerokość nakładki pasa jest węższa od szerokości pasa górnego słupa, wówczas należy sprawdzić zgodność odległości od krawędzi i od końców z zaleceniami Eurokodu (EN 1993-1-8, Tabela 3.3).

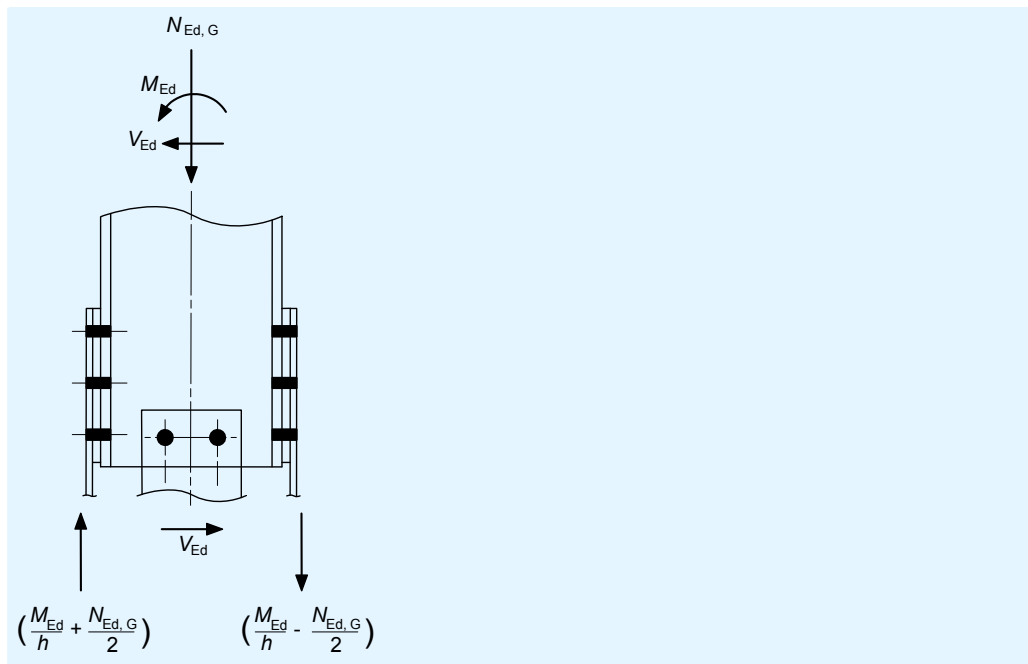
W przypadku występowania znacznego rozciągania netto należy przestrzegać poniższych uwag:

6. Średnica śrub musi być równa co najmniej 75% grubości przekładki  $t_{pa}$  <sup>[11]</sup>.
7. Przekładka nie powinna składać się z więcej niż czterech warstw <sup>[11]</sup>.
8. Dopuszczalna jest tylko jedna zmiana rozmiaru seryjnego słupa w styku.
9. Jeżeli mają zostać założone wewnętrzne i zewnętrzne nakładki pasa, ich wielkość powinna być zbliżona do wielkości podanych na rysunkach, a łączna grubość tych nakładek musi wynosić co najmniej  $t_{f,uc}/2$ . Wszystkie nakładki powinny mieć grubość równą co najmniej 10 mm.

## 5.2 Kontrole rozciągania

### 5.2.1 Rozciąganie netto

#### 5.2.1.1 Skutki rozciągania netto



Poniżej przedstawiono procedurę kontroli istnienia rozciągania netto spowodowanego obciążeniem osiowym i momentem zginającym<sup>[4]</sup>:

Jeśli  $M_{Ed} \leq \frac{N_{Ed,G} h}{2}$ , to rozciąganie netto nie występuje i podczas doboru szczegółowych parametrów styku należy uwzględnić jedynie przenoszenie ściskania osiowego poprzez bezpośredni docisk.

Jeśli  $M_{Ed} > \frac{N_{Ed,G} h}{2}$ , to rozciąganie netto występuje i nakładki pasa oraz ich elementy złączne powinny zostać sprawdzone pod kątem wytrzymałości na siłę rozciągającą  $F_{Ed}$ .

$$F_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{h} - \frac{N_{Ed,G}}{2}$$

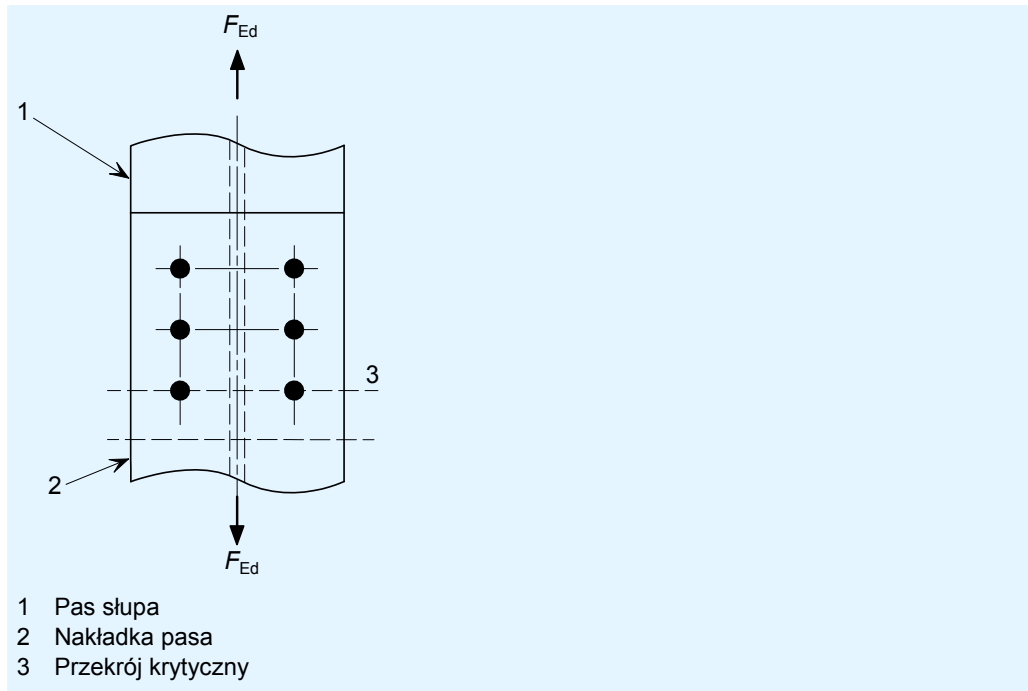
$M_{Ed}$  jest momentem nominalnym powstałym w wyniku działania stałych i zmiennych obciążeń obliczeniowych (tj. momentem obliczeniowym w słupie) na poziomie stropu znajdującego się bezpośrednio poniżej styku.

$N_{Ed,G}$  jest osiową siłą ściskającą powstałą wyłącznie w wyniku działania obliczeniowych obciążeń stałych.

$h$  jest zachowawczo przyjętą całkowitą wysokością mniejszego słupa (w przypadku zewnętrznych nakładek pasa) lub odległością między liniami środkowymi nakładek pasa (w przypadku wewnętrznych nakładek pasa).

Jeśli rozciąganie netto wywołuje większe naprężenie w pasie górnego słupa niż 10% wytrzymałości obliczeniowej tego słupa, należy wykorzystywać śruby sprężone.

### 5.2.1.2 Nośność nakładki pasa przy rozciąganiu



Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq N_{t,Rd}$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}; N_{bt,Rd})$$

#### Nośność przekroju brutto przy rozciąganiu

$N_{pl,Rd}$  jest nośnością plastyczną przekroju brutto przy rozciąganiu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_{fp} f_{y,p}}{\gamma_{M0}} \quad [\text{EN 1993-1-1, §6.2.3(2)}]$$

gdzie:

$A_{fp}$  jest polem przekroju brutto nakładki (nakładek) pasa założonej na jeden pas

#### Nośność przekroju netto przy rozciąganiu

$N_{u,Rd}$  jest nośnością pola przekroju netto przy rozciąganiu

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{fp,net} f_{u,p}}{\gamma_{M2}} \quad [\text{EN 1993-1-1, §6.2.3(2)}]$$

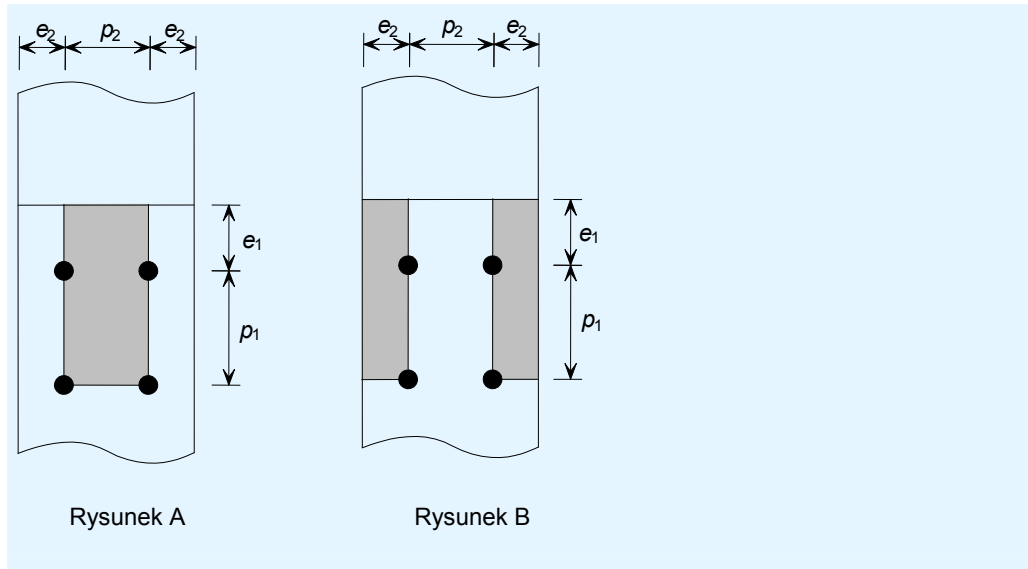
gdzie:

$A_{fp,net}$  jest polem przekroju netto nakładki (nakładek) pasa założonej na jeden pas

$$A_{fp,net} = A_{fp} - n_2 d_0 t_p$$

### Nośność na rozerwanie blokowe

$N_{bt,Rd}$  jest nośnością na rozerwanie blokowe



W przypadku grupy śrub obciążonych osiowo:  $N_{bt,Rd} = V_{eff,1,Rd}$

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{f_{u,p} A_{fp,nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,p} A_{fp,nv}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \quad [EN 1993-1-8, §3.10.2(2)]$$

W przypadku grupy śrub obciążonych mimośrodowo:  $N_{bt,Rd} = V_{eff,2,Rd}$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 f_{u,p} A_{fp,nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_{y,p} A_{fp,nv}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \quad [EN 1993-1-8, §3.10.2(3)]$$

gdzie:

$f_{y,uc}$  jest granicą plastyczności górnego słupa

$f_{u,uc}$  jest wytrzymałością górnego słupa na rozciąganie

$A_{fp,nv}$  jest polem przekroju netto nakładki pasa poddawanej ścinaniu

$$A_{fp,nv} = 2t_p (e_1 + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0)$$

$A_{fp,nt}$  jest polem przekroju netto nakładki pasa poddawanej rozciąganiu

Jeżeli  $p_2 \leq 2e_2$   $A_{fp,nt} = t_p (p_2 - d_0)$  (Rysunek A)

Jeżeli  $p_2 > 2e_2$   $A_{fp,nt} = t_p (2e_2 - d_0)$  (Rysunek B)

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności przekrojów netto

### Kontrola znaczącego rozciągania netto:

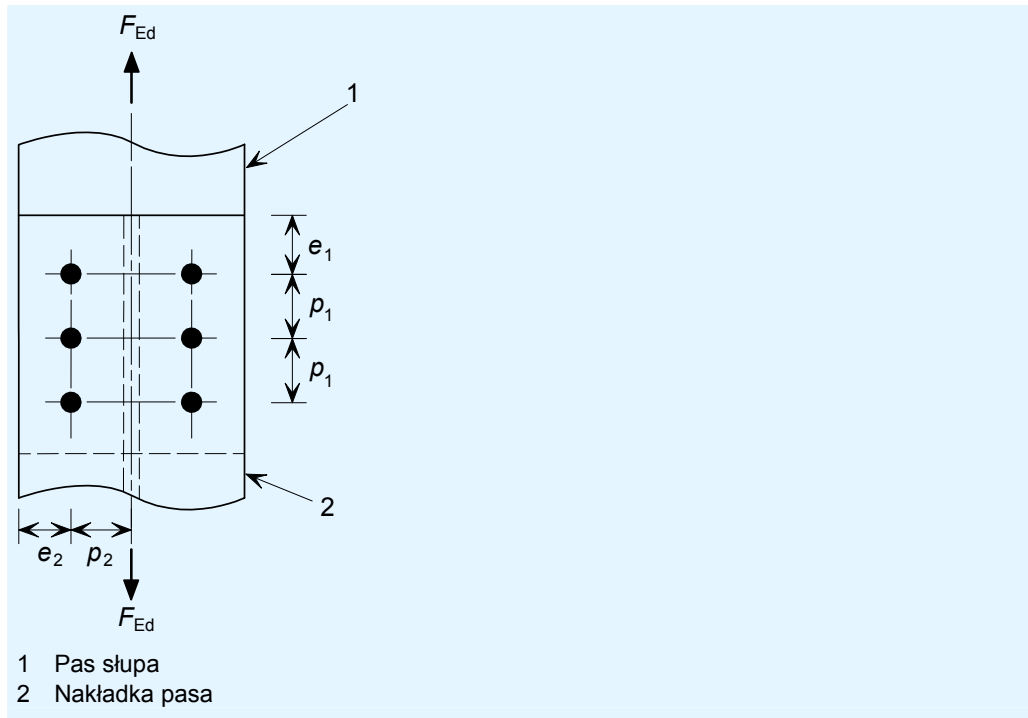
Jeśli  $\frac{F_{Ed}}{t_{f,uc} b_{f,uc} f_{y,uc}} > 0,1$  wówczas konieczne jest wykorzystanie śrub sprężonych<sup>[4]</sup>.

gdzie:

$t_{f,uc}$  jest grubością pasa górnego słupa

$b_{f,uc}$  jest szerokością pasa górnego słupa

### 5.2.1.3 Nośność grupy śrub



Warunek podstawowy:  $F_{Ed} \leq F_{Rd}$

$F_{Rd,fp}$  jest nośnością obliczeniową grupy śrub [EN 1993-1-8, §3.7(1)]

$$F_{Rd} = \Sigma F_{b,Rd} \quad \text{jeśli } (F_{b,Rd})_{\max} \leq F_{v,Rd}$$

$$F_{Rd} = n_{fp}(F_{b,Rd})_{\min} \quad \text{jeśli } (F_{b,Rd})_{\min} \leq F_{v,Rd} \leq (F_{b,Rd})_{\max}$$

$$F_{Rd} = n_{fp}F_{v,Rd} \quad \text{jeśli } F_{v,Rd} \leq (F_{b,Rd})_{\min}$$

$n_{fp}$  jest liczbą śrub między nakładką pasa a górnym słupem

### Nośność śrub przy ścinaniu

$F_{v,Rd}$  jest nośnością jednej śruby przy ścinaniu

$$F_{v,Rd} = \beta_p \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} \quad [\text{EN 1993-1-8, Tabela 3.4}]$$

gdzie:

$$\alpha_v = 0,6 \text{ dla śrub klas 4.6 i 8.8; } = 0,5 \text{ dla śrub klasy 10.9}$$

$A$  jest polem przekroju śruby, w której występują naprężenia rozciągające,  $A_s$

$$\beta_p = 1,0 \quad \text{jeśli } t_{pa} \leq d/3 \quad [\text{EN 1993-1-8, §3.6.1(12)}]$$

$$= \frac{9d}{8d + 3t_{pa}} \quad \text{jeśli } t_{pa} > d/3$$

$t_{pa}$  jest całkowitą grubością przekładki

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym nośności śrub

### Kontrola długiego połączenia:

$L_j$  jest długością połączenia pochodzącą z normy EN1993-1-8<sup>[1]</sup>, § 3.8

Jeśli  $L_j > 15d$ , obliczeniowa nośność przy ścinaniu  $F_{v,Rd}$  powinna zostać zredukowana przez pomnożenie jej przez współczynnik redukcyjny  $\beta_{Lf}$ .

$$\beta_{Lf} = 1 - \frac{L_j - 15d}{200d}$$

### Nośność przy docisku

$F_{b,Rd}$  jest nośnością jednej śruby przy docisku

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d t_p}{\gamma_{M2}} \quad [\text{EN 1993-1-8, Tabela 3.4}]$$

Uwaga: Jeżeli grubość pasa słupa jest mniejsza od grubości nakładek pasa, wówczas trzeba również sprawdzić nośność pasa słupa przy docisku.

Śruby końcowe:

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1, 0 \right)$$

Śruby wewnętrzne:

$$\alpha_b = \min \left( \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1, 0 \right)$$

Śruby skrajne:

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

Śruby wewnętrzne:

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

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym blachy przy docisku

**Nośność śrub sprężonych:**

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

W przypadku połączeń projektowanych jako bezpośrednie pod działaniem obciążeń obliczeniowych.

$F_{s,Rd}$  jest obliczeniową nośnością na poślizg

$$= \frac{k_s n_{fs} \mu}{\gamma_{M3}} F_{p,C} \quad [\text{EN 1993-1-8, §3.9.1(1)}]$$

gdzie:

$k_s = 1,0$  w przypadku elementów złącznych montowanych w standardowych luźnych otworach  
(Tabela 3.6 normy EN1993-1-8)<sup>[1]</sup>

$n_{fs}$  jest liczbą powierzchni ciernych

$\mu$  jest współczynnikiem poślizgu (Tabela 18 normy EN1090-2<sup>[12]</sup>)

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s \quad [\text{EN 1993-1-8, §3.6.1(2)}]$$

$A_s$  jest polem przekroju śruby, w której występują naprężenia rozciągające

$\gamma_{M3}$  jest współczynnikiem częściowym nośności na poślizg w stanie granicznym nośności

### 5.3 Kontrola ścinania poziomego

W przypadku styku typu dociskowego zakłada się, że jakiekolwiek poziome siły ścinające  $V_{Ed}$  są neutralizowane przez tarcie działające na powierzchni przylegania styku<sup>[4]</sup>.

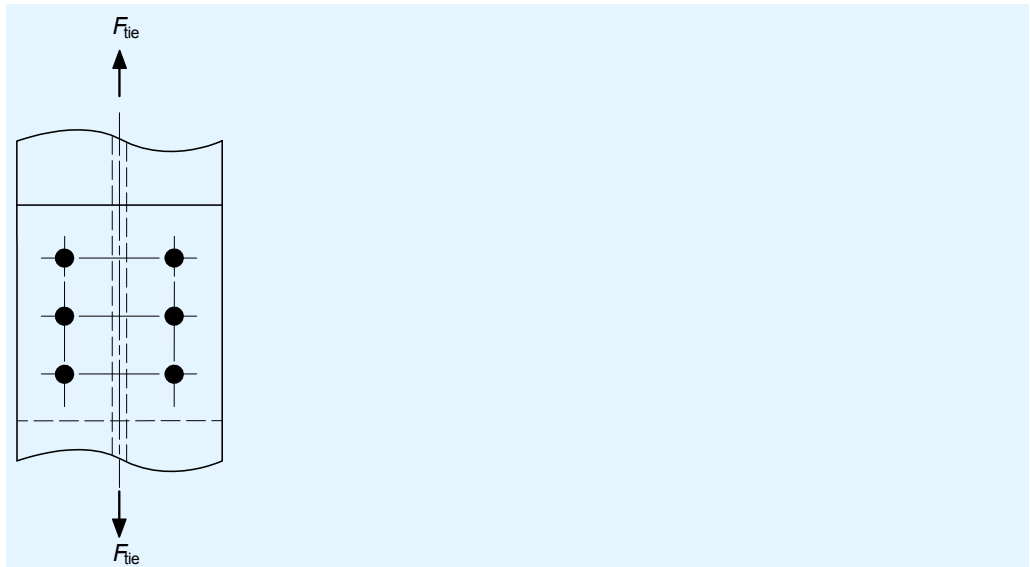
Warunek podstawowy:  $V_{Ed} \leq$  nośność powierzchni przylegania styku na ścinanie.

Współczynnik tarcia  $\mu_f$  dla stalowych powierzchni przylegania zależy od stanu powierzchni stali i od jakichkolwiek nałożonych powłok.

Można zachowawczo założyć, że w przypadku stali z nieobrobioną powierzchnią pokrytą zgorzeliną walcowniczą współczynnik tarcia  $\mu_f$  wynosi 0,2.

Nośność powierzchni przylegania styku przy ścinaniu = obciążenie pionowe  $\times$  współczynnik tarcia

## 5.4 Kontrole ciągnięcia pionowego



Jeżeli jest konieczne zachowanie zgodności z wymaganiami odporności konstrukcji na zniszczenie, wówczas należy przeprowadzić kontrole 4.2.1.2 i 4.2.1.3<sup>[4]</sup> przy wykorzystaniu zależności:

$$F_{Ed} = \frac{F_{tie}}{2}$$

Granice plastyczności należy zastąpić granicą wytrzymałości.

Również częściowe współczynniki bezpieczeństwa ( $\gamma_{M0}$ ,  $\gamma_{M2}$ ) należy zastąpić współczynnikiem częściowym nośności przy ciągnięciu. ( $\gamma_{Mu} = 1,1$ ).

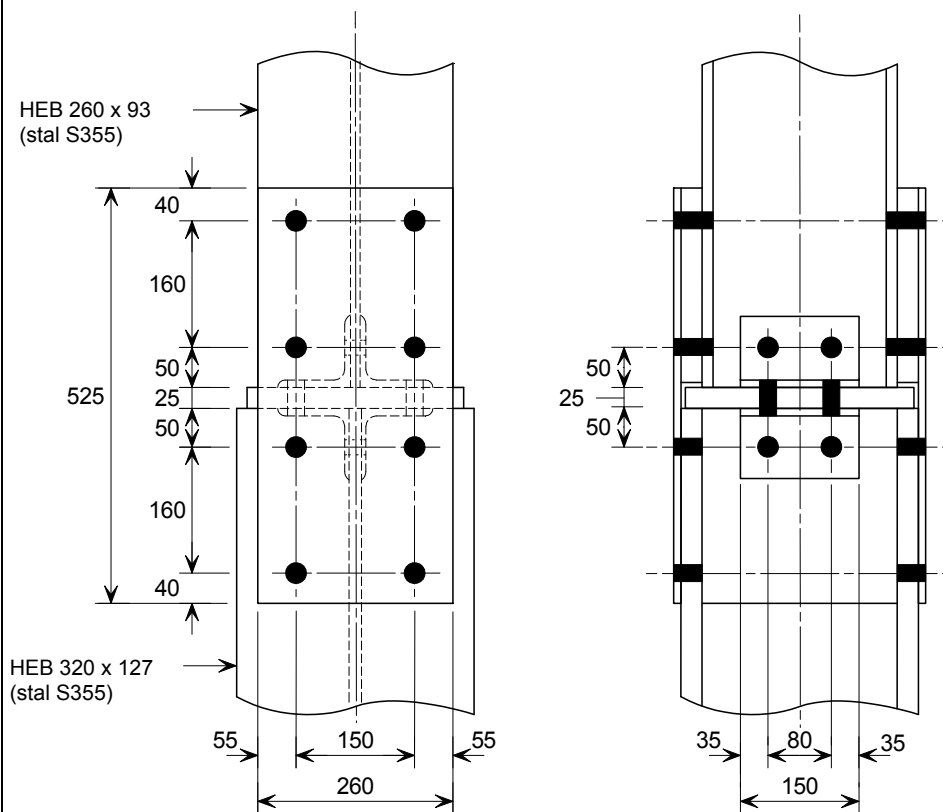
Uwaga:

1. Kontrole odporności konstrukcji na zniszczenie są oparte na zachowawczym założeniu, że siłę rozciągającą przeciwstawiają się dwie nakładki pasa.
5.  $F_{tie}$  jest siłą rozciągającą określoną w normie EN1991-1-7, § A.6.



### 5. Styk słupa

#### Szczegóły i dane



Nakładki pasa:  $2/260 \times 12 \times 525$

Przekładki pasa:  $2/260 \times 30 \times 240$

Łączniki:  $4/90$  kątowniki  $\times 90 \times 8$  o długości  $\times 150$

Przekładki przy środku:  $2/85 \times 2 \times 150$

Blacha rozdzielająca:  $265 \times 25 \times 310$

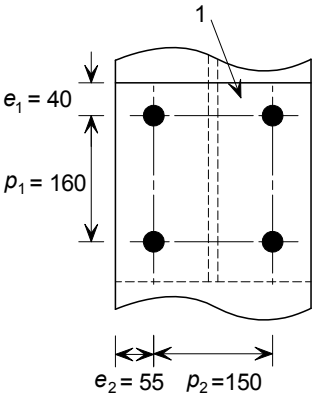
Śruby: M20 8.8

Materiał elementów łącznych: stal S275

Tytuł	5.4    Przykład praktyczny — Styk słupa	2   z   9
<div>Podsumowanie kompletnych kontroli obliczeniowych</div> <div>Siły obliczeniowe</div> <div><div><div><math>N_{Ed,G}</math></div><div>= 760 kN</div></div><div><math>N_{Ed,Q}</math></div><div>= 870 kN</div></div> <div><div><math>M_{Ed}</math></div><div>= 110 kNm</div><div>(względem osi yy słupa)</div></div> <div><math>V_{Ed}</math></div> <div>= 60 kN</div> <div>Nośności przy rozciąganiu</div> <div>Rozciąganie netto</div> <div><div>Nośność nakładki pasa przy rozciąganiu</div><div>802 kN</div></div> <div><div>Nośność grupy śrub</div><div>272 kN</div></div> <div>Nośność przy poziomym ścinaniu</div> <div>161 kN</div> <div>Nośności przy ciągnięciu</div> <div><div>Nośność nakładki pasa przy rozciąganiu</div><div>912 kN</div></div> <div><div>Nośność grupy śrub</div><div>308 kN</div></div>		<div>Jeśli nie podano inaczej, wszystkie odnośniki dotyczą normy EN 1993-1-8</div>
<div>5.1.    Zalecane szczegóły</div> <div>Zewnętrzne nakładki pasa</div> <div>Wysokość,</div> <div><div><math>h_p \geq 2b_{uc}</math></div><div>i 450 mm</div></div> <div>Szerokość,</div> <div><div><math>b_p \geq b_{uc}</math></div><div>= 260 mm</div><div>Powiedzmy 260 mm, OK</div></div> <div>Maksymalny pionowy rozstaw śrub, <math>p_1 = 14t_p</math>, czyli grubość minimalna wynosi <math>p_1 / 14</math></div> <div>Grubość, <math>t_p</math></div> <div><div><div><math>\geq \frac{t_{f,uc}}{2}</math></div><div>i 10 mm</div><div>i <math>\frac{p_1}{14}</math></div></div><div><div><math>= \frac{17,5}{2}</math></div><div>i 10 mm</div><div>i <math>\frac{160}{14}</math></div></div><div><div><math>= 8,75</math></div><div>mm i 10 mm</div><div>i 11,4 mm</div></div></div> <div>Powiedzmy 12 mm, OK</div> <div>Przekładki, <math>t_{pa}</math></div> <div><div><math>= \frac{h_{lc} - h_{uc}}{2}</math></div><div><math>= \frac{320 - 260}{2}</math></div><div>= 30 mm</div></div> <div>Powiedzmy 30 mm, OK</div>		

Tytuł	<b>5.4 Przykład praktyczny — Styk słupa</b>	<b>3 z 9</b>
<p>Blacha rozdzielająca</p> <p>Grubość <math>\geq \frac{[(h_{lc} - 2t_{f,lc}) - (h_{uc} - 2t_{f,uc})]}{2}</math>  <math>= \frac{[(320 - 2 \times 20,5) - (260 - 2 \times 17,5)]}{2} = 27 \text{ mm}</math></p> <p>Powiedzmy 25 mm, OK</p> <p>Łączniki środnika</p> <p>Użyć kątowników 90×90×8, aby zmieścić śruby M20 przeprowadzone przez przylegające ramiona w przecinających się kierunkach.</p> <p>Długość <math>\geq 0,5h_{uc} = 0,5 \times 260 = 130 \text{ mm}</math>  Powiedzmy 150 mm, OK</p> <p>Przekładki, <math>t_{pa} = \frac{t_{w,lc} - t_{w,uc}}{2} = \frac{11,5 - 10}{2} = 0,8 \text{ mm}</math>  Powiedzmy 2 mm, OK</p> <p><b>5.2. Kontrole ścinania pionowego</b></p> <p><b>5.2.1. Rozciąganie netto</b></p> <p><b>5.2.1.1. Skutki rozciągania netto</b></p> <p>Warunek podstawowy dla braku rozciągania netto: <math>M_{Ed} \leq \frac{N_{Ed,G} \times h}{2}</math></p> <p><math>\frac{N_{Ed,G} \times h}{2} = \frac{760 \times 260}{2} \times 10^{-3} = 99 \text{ kNm}</math></p> <p><math>M_{Ed} = 110 \text{ kNm} &gt; 99 \text{ kNm}</math></p> <p>Rozciąganie netto występuje, w związku z czym nakładki pasa oraz ich elementy złączne muszą zostać sprawdzone pod kątem wytrzymałości na siłę rozciągającą <math>F_{Ed}</math>.</p> <p><math>F_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{h} - \frac{N_{Ed,G}}{2} = \frac{110}{260 \times 10^{-3}} - \frac{760}{2} = 43 \text{ kN}</math></p> <p><b>5.2.1.2. Nośność nakładki pasa przy rozciąganiu</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq N_{t,Rd}</math></p> <p>Gdzie <math>N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}; N_{bt,Rd})</math></p> <p><b>Nośność przekroju brutto przy rozciąganiu</b></p> <p><math>N_{pl,Rd} = \frac{A_{fp} f_{y,p}}{\gamma_{M0}}</math></p> <p>Pole przekroju brutto, <math>A_{fp} = 260 \times 12 = 3120 \text{ mm}^2</math></p> <p><math>N_{pl,Rd} = \frac{3120 \times 275}{1,0} \times 10^{-3} = 858 \text{ kN}</math></p>		
		EN 1993-1-1 § 6.2.3(2)

Tytuł	5.4 Przykład praktyczny — Styk słupa	4 z 9
<p><b>Nośność przekroju netto przy rozciąganiu</b></p> $N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{fp,net} f_{u,p}}{\gamma_{M2}}$ <p>Pole przekroju netto, <math>A_{fp,net} = 260 \times 12 - 2 \times 22 \times 12 = 2592 \text{ mm}^2</math></p> $N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times 2592 \times 430}{1,25} \times 10^{-3} = 802 \text{ kN}$ <p>A zatem <math>N_{u,Rd} = 802 \text{ kN}</math></p> <p><b>Nośność na rozerwanie blokowe</b></p> <p>W przypadku grupy śrub obciążonych osiowo: <math>N_{bt,Rd} = V_{eff,1,Rd}</math></p> $2e_2 = 2 \times 55 = 110 \text{ mm}$ $p_2 = 150 \leq 2e_2$ <p>Stąd</p> $A_{fp,nt} = t_p (2e_2 - d_0) = 12 (2 \times 55 - 22) = 1056 \text{ mm}^2$ $A_{fp,nv} = 2t_p (e_1 + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0)$ $= 2 \times 12 (40 + (2 - 1) \times 160 - (2 - 0,5) \times 22) = 4008 \text{ mm}^2$ $V_{eff,1,Rd} = \left( \frac{430 \times 1056}{1,25} + \frac{275 \times 4008}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 1000 \text{ kN}$ $N_{bt,Rd} = 1000 \text{ kN}$ $N_{t,Rd} = \min(858; 802; 1000) = 802 \text{ kN}$ $F_{Ed} = 43 \text{ kN} \leq 802 \text{ kN}, \text{ OK}$ <p><b>Kontrola przydatności zwykłych śrub.</b></p> <p>(Oparcie tych obliczeń na polu przekroju brutto pasa jest wystarczająco dokładne).</p> $\frac{F_{Ed}}{t_{f,uc} b_{f,uc} f_{y,uc}} = \frac{43 \times 10^3}{12,5 \times 260 \times 355} = 0,04 < 0,1$ <p>W pasie słupa nie ma znaczącego rozciągania netto i zastosowanie zwykłych śrub montowanych w luźnych otworach jest zadowalające.</p>		<p>EN 1993-1-1 § 6.2.3(2)</p> <p>§ 3.10.2(3)</p> <p>Poz. źr. nr [4]</p>

Tytuł	5.4 Przykład praktyczny — Styk słupa	5 z 9
<p><b>5.2.1.3. Nośność grupy śrub</b></p>  <p>1 Nakładka pasa</p> <p>Nośność nakładki pasa przy ścinaniu i zginaniu</p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{Ed} \leq F_{Rd}</math></p> <p>Nośność obliczeniowa grupy śrub, <math>F_{Rd,fp}</math>:</p> $F_{Rd} = \sum F_{b,Rd} \quad \text{jeśli } (F_{b,Rd})_{\max} \leq F_{v,Rd}$ $F_{Rd} = n_{fp} (F_{b,Rd})_{\min} \quad \text{jeśli } (F_{b,Rd})_{\min} \leq F_{v,Rd} < (F_{b,Rd})_{\max}$ $F_{Rd} = n_{fp} F_{v,Rd} \quad \text{jeśli } F_{v,Rd} < (F_{b,Rd})_{\min}$ <p><b>Nośność śrub przy ścinaniu</b></p> <p>Nośność jednej śruby przy ścinaniu, <math>F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}</math></p> <p>Jeśli <math>L_j &gt; 15d</math>, konieczne jest wprowadzenie współczynnika uwzględniającego efekt długiego połączenia.</p> <p><math>15d = 15 \times 20 = 300 \text{ mm}</math></p> <p><math>L_j = 160 \text{ mm}, &lt; 15d</math></p> <p>Dlatego nie ma efektu długiego połączenia.</p> <p>Całkowita grubość przekładki przy pasie, <math>t_{pa} = 30 \text{ mm} &gt; \frac{d}{3} = 6,7 \text{ mm}</math></p> <p>Dlatego <math>F_{v,Rd}</math> trzeba pomnożyć przez współczynnik redukcyjny <math>\beta_p</math>.</p> $\beta_p = \frac{9d}{8d + 3t_{pa}} = \frac{9 \times 20}{8 \times 20 + 3 \times 30} = 0,72$ <p>W przypadku śrub M20 klasy 8.8 <math>F_{v,Rd} = 0,72 \times \frac{0,6 \times 800 \times 245}{1,25} \times 10^{-3} = 68 \text{ kN}</math></p>		
		§ 3.7
		Tabela 3.4
		§ 3.8

Tytuł	5.4 Przykład praktyczny — Styk słupa	6 z 9
<p><b>Nośność przy docisku</b></p> <p>Nośność przy docisku, <math>F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d_t p}{\gamma_{M2}}</math></p> <p>Śruby skrajne, <math>k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)</math>  <math>= \min\left(2,8 \frac{55}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(5,3; 2,5) = 2,5</math></p> <p>Śruby końcowe <math>\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right)</math>  <math>= \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{800}{430}; 1,0\right)</math>  <math>= \min(0,61; 1,86; 1,0) = 0,61</math></p> <p>Śruby wewnętrzne, <math>\alpha_b = \min\left(\frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right)</math>  <math>= \min\left(\frac{160}{3 \times 22} - 0,25; \frac{800}{430}; 1,0\right)</math>  <math>= \min(2,17; 1,86; 1,0) = 1,0</math></p> <p>Śruby końcowe, <math>F_{b,Rd,end} = (F_{b,Rd})_{\min}</math>  <math>= \frac{2,5 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 12}{1,25} \times 10^{-3} = 126 \text{ kN}</math></p> <p>Śruby wewnętrzne, <math>F_{b,Rd,inner} = (F_{b,Rd})_{\max}</math>  <math>= \frac{2,5 \times 1,0 \times 430 \times 20 \times 12}{1,25} \times 10^{-3} = 206 \text{ kN}</math></p> <p>A zatem <math>F_{v,Rd} &lt; (F_{b,Rd})_{\min}</math></p> <p><math>F_{Rd} = n_{fp} \times F_{v,Rd} = 4 \times 68 = 272 \text{ kN}</math></p> <p><math>F_{Ed} = 43 \text{ kN} \leq 272 \text{ kN}, \text{ OK}</math></p> <p><b>5.2.2. Kontrola ścinania poziomego</b></p> <p>W przypadku styku typu dociskowego zakłada się, że jakiekolwiek poziome siły ścinające <math>V_{Ed}</math> są neutralizowane przez tarcie działające na powierzchni przylegania styku.</p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq</math> nośność powierzchni przylegania styku na ścinanie</p> <p>Obciążenie pionowe ze współistniejącym ścinaniem</p> $\frac{M_{Ed}}{h} + \frac{N_{Ed,G}}{2} = \frac{110 \times 10^3}{260} + \frac{760}{2} = 803 \text{ kN}$ <p>Odporność powierzchni przylegania styku na ścinanie: <math>803 \times 0,2 = 161 \text{ kN}</math></p> <p><math>V_{Ed} = 60 \text{ kN} \leq 161 \text{ kN}, \text{ OK}</math></p>	<p>Tabela 3.4</p> <p>Poz. źr. nr [4]</p>	

Tytuł	5.4 Przykład praktyczny — Styk słupa	7 z 9
<p><b>5.3. Odporność konstrukcji na zniszczenie</b></p> <p><b>5.3.1. Siła ciągnięcia</b></p> <p>Trzeba przeprowadzić kontrole 4.2.1.2 i 4.2.1.3 przy wykorzystaniu zależności:</p> $F_{Ed} = \frac{F_{tie}}{2}$ $F_{tie} = 2 \times F_{Ed} = 2 \times 43 = 86 \text{ kN}$ <p><b>5.3.2. Nośność nakładki pasa przy rozciąganiu</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{tie} \leq N_{t,Rd}</math></p> <p>Gdzie <math>N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}; N_{bt,Rd})</math></p> <p><b>5.3.2.1. Nośność pola przekroju brutto przy rozciąganiu</b></p> $N_{pl,Rd} = \frac{A_{fp} f_{u,p}}{\gamma_{Mu}}$ <p>Pole przekroju brutto, <math>A_{fp} = 260 \times 12 = 3120 \text{ mm}^2</math></p> $N_{pl,Rd} = \frac{3120 \times 430}{1,1} \times 10^{-3} = 1220 \text{ kN}$ <p><b>5.3.2.2. Nośność pola przekroju netto przy rozciąganiu</b></p> $N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{fp,net} f_{u,p}}{\gamma_{Mu}}$ <p>Pole przekroju netto, <math>A_{fp,net} = 260 \times 12 - 2 \times 22 \times 12 = 2592 \text{ mm}^2</math></p> $N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times 2592 \times 430}{1,1} \times 10^{-3} = 912 \text{ kN}$ <p>A zatem <math>N_{u,Rd} = 912 \text{ kN}</math></p> <p><b>5.3.2.3. Nośność na rozerwanie blokowe</b></p> <p>W przypadku grupy śrub obciążonych osiowo: <math>N_{bt,Rd} = V_{eff,1,Rd}</math></p> $2e_2 = 2 \times 55 = 110 \text{ mm}$ $p_2 = 150 \leq 2e_2$ <p>Stąd</p> $A_{fp,nt} = t_p (2e_2 - d_0) = 12 (2 \times 55 - 22) = 1056 \text{ mm}^2$ $A_{fp,nv} = 2t_p (e_1 + (n_1 - 1)p_1 - (n_1 - 0,5)d_0)$ $= 2 \times 12 [40 + (2 - 1) \times 160 - (2 - 0,5) \times 22] = 4008 \text{ mm}^2$ $V_{eff,1,Rd} = \left( \frac{430 \times 1056}{1,1} + \frac{275 \times 4008}{\sqrt{3} \times 1,0} \right) \times 10^{-3} = 1049 \text{ kN}$ $N_{bt,Rd} = 1049 \text{ kN}$		<p>EN 1993-1-1 § 6.2.3(2)</p> <p>EN 1993-1-1 § 6.2.3(2)</p> <p>Tabela 3.4</p>

Tytuł	5.4    Przykład praktyczny — Styk słupa	8    z    9
<p> <math>N_{t,Rd} = \min(1220; 912; 1049) = 802 \text{ kN}</math>  <math>F_{tie} = 86 \text{ kN} \leq 912 \text{ kN}, \text{ OK}</math> </p> <p><b>5.3.2.4. Nośność grupy śrub</b></p> <p>Nośność nakładki pasa przy ścinaniu i zginaniu</p> <p>Warunek podstawowy: <math>F_{tie} \leq F_{Rd}</math></p> <p>Nośność obliczeniowa grupy śrub, <math>F_{Rd,fp}</math>:</p> $F_{Rd} = \Sigma F_{b,Rd} \quad \text{jeśli } (F_{b,Rd})_{\max} \leq F_{v,Rd}$ $F_{Rd} = n_{fp} (F_{b,Rd})_{\min} \quad \text{jeśli } (F_{b,Rd})_{\min} \leq F_{v,Rd} < (F_{b,Rd})_{\max}$ $F_{Rd} = n_{fp} F_{v,Rd} \quad \text{jeśli } F_{v,Rd} < (F_{b,Rd})_{\min}$ <p><b>Nośność śrub przy ścinaniu</b></p> <p>Nośność jednej śruby przy ścinaniu, <math>F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{Mu}}</math></p> <p>Jeśli <math>L_j &gt; 15d</math>, konieczne jest wprowadzenie współczynnika uwzględniającego efekt długiego połączenia.</p> $15d = 15 \times 20 = 300 \text{ mm}$ $L_j = 160 \text{ mm}, < 15d$ <p>Dlatego nie ma efektu długiego połączenia.</p> <p>Całkowita grubość przekładki przy pasie, <math>t_{pa} = 30 \text{ mm} &gt; \frac{d}{3} = 6,7 \text{ mm}</math></p> <p>Dlatego <math>F_{v,Rd}</math> trzeba pomnożyć przez współczynnik redukcyjny <math>\beta_p</math>.</p> $\beta_p = \frac{9d}{8d + 3t_{pa}} = \frac{9 \times 20}{8 \times 20 + 3 \times 30} = 0,72$ <p>W przypadku śrub M20 klasy 8.8 <math>F_{v,Rd} = 0,72 \times \frac{0,6 \times 800 \times 245}{1,1} \times 10^{-3} = 77 \text{ kN}</math></p> <p><b>Nośność przy docisku</b></p> <p>Nośność przy docisku, <math>F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d t_p}{\gamma_{Mu}}</math></p> <p>Śruby skrajne, <math>k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{55}{22} - 1,7; 2,5\right)</math></p> $= \min(5,3; 2,5) = 2,5$ <p>Śruby końcowe <math>\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right) = \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{800}{430}; 1,0\right)</math></p> $= \min(0,61; 1,86; 1,0) = 0,61$		<p>§ 3.7</p> <p>Tabela 3.4</p> <p>Tabela 3.4</p>

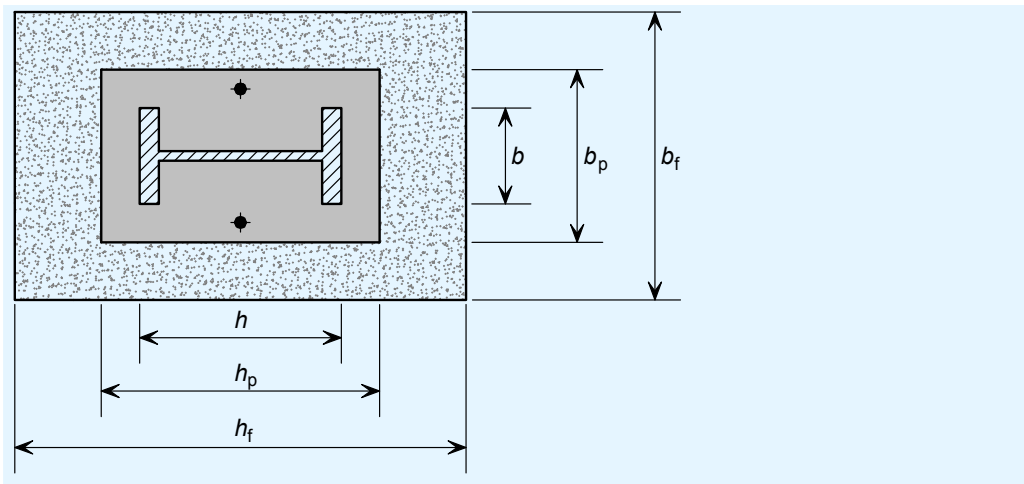


Tytuł	<b>5.4    Przykład praktyczny — Styk słupa</b>	<b>9    z    9</b>
<p>Śruby wewnętrzne, <math>\alpha_b = \min\left(\frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right)</math></p> $= \min\left(\frac{160}{3 \times 22} - 0,25; \frac{800}{430}; 1,0\right)$ $= \min(2,17; 1,86; 1,0) = 1,0$ <p>Śruby końcowe, <math>F_{b,Rd,end} = (F_{b,Rd})_{\min}</math></p> $= \frac{2,5 \times 0,61 \times 430 \times 20 \times 12}{1,1} \times 10^{-3} = 143 \text{ kN}$ <p>Śruby wewnętrzne, <math>F_{b,Rd,inner} = (F_{b,Rd})_{\max} = \frac{2,5 \times 1,0 \times 430 \times 20 \times 12}{1,1} \times 10^{-3}</math></p> $= 235 \text{ kN}$ <p>A zatem <math>F_{v,Rd} &lt; (F_{b,Rd})_{\min}</math></p> $F_{Rd} = n_{fp} \times F_{v,Rd} = 4 \times 77 = 308 \text{ kN}$ $F_{tie} = 86 \text{ kN} \leq 308 \text{ kN}, \quad \text{OK}$		

## 6 PODSTAWY SŁUPÓW

Niniejsza metoda projektowania ma zastosowanie do zamocowanych podstaw słupów wykonanych z dwuteowników przenoszących osiową siłę ściskającą oraz siłę ścinającą (tj. do podstaw słupów nominalnie przegubowych). Prostokątna blacha podstawy jest przyspawana do (wykonanego z kształownika) słupa w położeniu symetrycznym w taki sposób, że jej krawędzie wystają poza pas słupa ze wszystkich stron.

### 6.1 Wymiary blachy podstawy



Warunek podstawowy:  $A_p \geq A_{req}$

[Pozycja źródłowa nr 4]

$A_p$  = pole powierzchni blachy podstawy

=  $h_p b_p$  w przypadku blach prostokątnych

$A_{req}$  = wymagane pole powierzchni blachy podstawy

$$= \frac{F_{Ed}}{f_{jd}}$$

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \alpha f_{cd}$$

gdzie:

$$\alpha = \min \left[ \left( 1 + \frac{d_f}{\max(h_p, b_p)} \right), \left( 1 + 2 \frac{e_h}{h_p} \right), \left( 1 + 2 \frac{e_b}{b_p} \right), 3 \right]$$

[Pozycja źródłowa nr 3]

Jeżeli niektóre wymiary są nieznane, wartość  $\alpha = 1,5$  jest zazwyczaj właściwa.

$h_p$  jest długością blachy podstawy

$b_p$  jest szerokością blachy podstawy



- Jeśli  $2c > h - 2t_f$ , wówczas występuje nakładanie się stref naprężeń.

A zatem wartość  $c$  dla kształtowników I (dwuteownik) i H (dwuteownik szerokostopowy) można obliczyć z zależności:

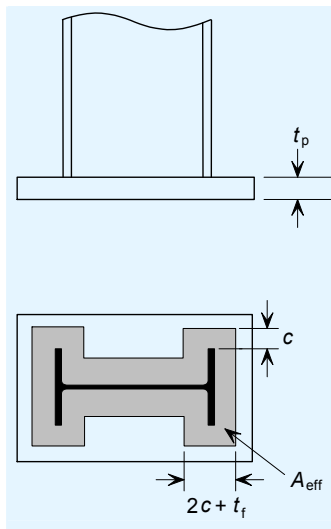
$$A_{\text{eff}} \approx 4c^2 + 2(h + b)c + h \times b$$

Aby efektywne pole powierzchni pasowało do blachy podstawy, muszą być spełnione zależności:

$$h + 2c < h_p$$

$$b + 2c < b_p$$

### 6.3 Grubość blachy podstawy



Warunek podstawowy:  $t_p \geq t_{p,\min}$

$$t_{p,\min} = c \sqrt{\frac{3 f_{jd} \gamma_{M0}}{f_{yp}}}$$

[Pozycja źródłowa nr 3]

gdzie:

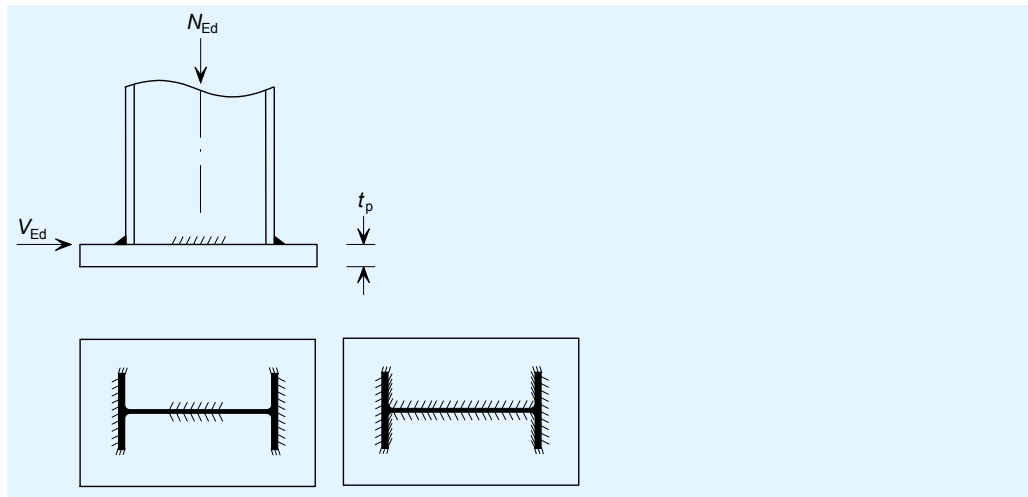
$f_{yp}$  jest granicą plastyczności blachy podstawy

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \alpha f_{cd}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$\alpha$ ,  $\alpha_{cc}$ ,  $\gamma_c$ ,  $f_{ck}$  i  $c$  zdefiniowano wcześniej.

## 6.4 Spoiny blachy podstawy



Warunek podstawowy:

Ścinanie:  $V_{Ed} \leq F_{w,Rd} \times \ell_{weld, shear}$

[Pozycja źródłowa nr 4]

Obciążenie osiowe:

Ta kontrola jest konieczna tylko wtedy, gdy powierzchnie kontaktu słupa i blachy podstawy nie są mocno dociśnięte. Aby uzyskać więcej informacji, patrz pozycja źródłowa<sup>[4]</sup>.

$$F_{Ed} \leq F_{w,Rd} \times \ell_{weld, axial}$$

gdzie:

$F_{w,Rd}$  jest nośnością spoiny pachwinowej na jednostkę długości  $= f_{vw,d} \times a$

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad [\text{EN 1993-1-8, §4.5.3.3(3)}]$$

$f_u$  jest wytrzymałością na rozciąganie słabszego połączonego elementu

$\beta_w = 0,8$  dla stali S235

$= 0,85$  dla stali S275

$= 0,9$  dla stali S355

$= 1,0$  dla stali S460

$a$  jest grubością spoiny

$\ell_{weld, shear}$  jest całkowitą efektywną długością spoin w kierunku ścinania

$\ell_{weld, shear} = 2(l - 2s)$  (dla kształtowników IPE, HE, HD)

$l$  jest długością spoiny w kierunku ścinania

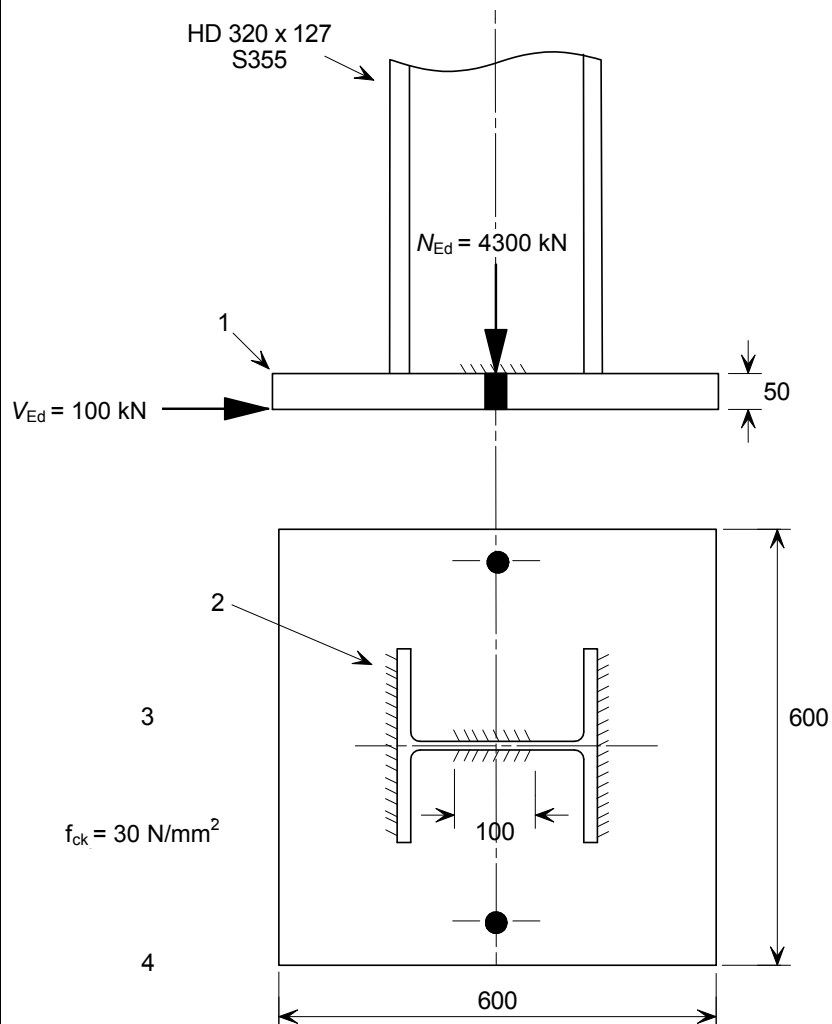
$\ell_{weld, axial}$  jest całkowitą efektywną długością spoin przy pasie słupa dla kształtowników walcowanych

$\gamma_{M2}$  jest współczynnikiem częściowym spoin określonym w normie EN 1993-1-8

Szerokość spoiny jest definiowana następująco:  $s = a\sqrt{2}$

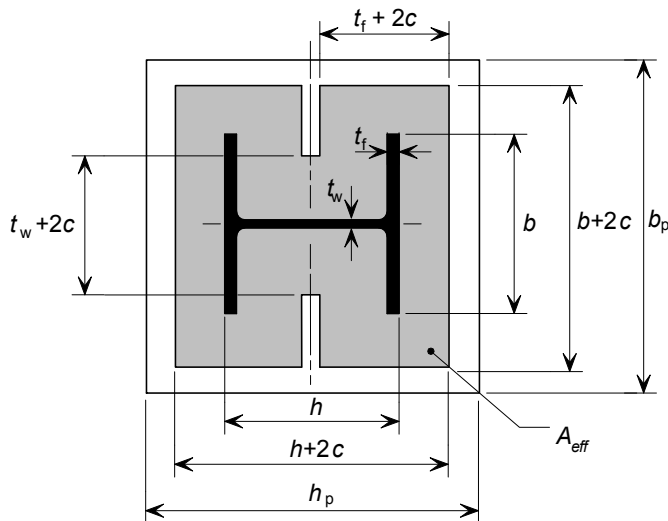
## 6. Podstawa słupa

### Szczegóły i dane



- 1 Blacha podstawy o wymiarach  $600 \times 600 \times 50$  ze stali S275
- 2 spoiny pachwinowe 8 mm
- 3 Śruby mocujące M24 klasy 4.6
- 4 Powierzchnie kontaktu słupa i blachy podstawy są dociskane bezpośrednio

Jeśli nie podano  
inaczej, wszystkie  
odnośniki dotyczą  
normy  
EN 1993-1-8

Tytuł	6.5 Przykład praktyczny — Podstawa słupa	2 z 3
<p><b>6.1. Wymiary blachy podstawy</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>A_p \geq A_{req}</math></p> <p>Pole powierzchni blachy podstawy: <math>A_p = h_p \times b_p = 600 \times 600 = 360\,000\text{ mm}^2</math></p> <p>Wytrzymałość obliczeniowa betonu: <math>f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \times \frac{30}{1,5} = 20\text{ N/mm}^2</math></p> <p>Wymagane pole powierzchni: <math>A_{req} = \frac{N_{Ed}}{f_{jd}} = \frac{4300 \times 10^3}{\frac{2}{3} \times 1,5 \times 20} = 215\,000\text{ mm}^2</math></p> <p><math>A_p = 360\,000\text{ mm}^2 &gt; 215\,000\text{ mm}^2</math> OK</p> <p><b>6.2. Obliczenie wartości wielkości c</b></p>  <p>Warunek podstawowy: <math>A_{eff} = A_{req}</math></p> <p>W celu obliczenia efektywnego pola powierzchni należy najpierw założyć, że nie ma zakładki.</p> <p><math>A_{eff} \approx 4c^2 + Per_{col}c + A_{col}</math></p> <p>Obwód słupa <math>Per_{col} = 1771\text{ mm}</math></p> <p>Pole przekroju poprzecznego słupa <math>A_{col} = 16\,130\text{ mm}^2</math></p> <p><math>A_{eff} \approx 4c^2 + 1771c + 16130 = 215000 = A_{req}</math></p> <p><math>\therefore c = 93\text{ mm}</math></p> <p>Aby była pewność, że nie ma zakładki, wartość c musi być mniejsza niż połowa odległości między pasami:</p> $\frac{h - 2t_f}{2} = \frac{320 - 2 \times 20,5}{2} = 139,5\text{ mm} > 93\text{ mm}$ <p>Dlatego założenie, że nie ma zakładki, jest prawidłowe.</p>		<p>Poz. źr. nr [3]</p> <p><math>f_{cd}</math> z normy EN 1992-1-1, §3.1.6(1)</p> <p><math>\alpha_{cc}</math> z normy EN 1992-1-1 §3.1.6(1)</p> <p><math>\gamma_c</math> z normy EN 1992-1-1 Tabela 2.1N</p>

Tytuł	<b>6.5 Przykład praktyczny — Podstawa słupa</b>	<b>3 z 3</b>
<p>Sprawdzenie, czy efektywne pole powierzchni pasuje do blachy podstawy:</p> $h + 2c = 320 + 2 \times 93 = 506 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$ $b + 2c = 300 + 2 \times 93 = 486 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$ <p>Zatem obliczona wartość <math>c</math> jest prawidłowa (w przeciwnym razie ponownie obliczyć wartość <math>c</math>).</p> <p><b>6.3. Grubość blachy podstawy</b></p> $t_{p,\min} = c \sqrt{\frac{3 f_{jd} \gamma_{M0}}{f_{y,p}}}$ $f_{jd} = \frac{2}{3} \alpha f_{cd} = \frac{2}{3} \times 1,5 \times 20 = 20 \text{ N/mm}^2$ <p>Granica plastyczności blachy 50 mm: <math>f_{y,p} = 255 \text{ N/mm}^2</math></p> $t_{p,\min} = 93 \sqrt{\frac{3 \times 20 \times 1,0}{255}} = 45 \text{ mm}$ $t_p = 50 \text{ mm} > 45 \text{ mm} \quad \text{OK}$ <p><b>6.4. Spoiny blachy podstawy (nośność spoiny słup-podstawa na ścinanie)</b></p> <p>Warunek podstawowy: <math>V_{Ed} \leq F_{w,Rd} \times l_{\text{eff, shear}}</math></p> <p>Wytrzymałość blachy 50 mm na rozciąganie, <math>f_{u,p} = 410 \text{ N/mm}^2</math></p> $F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times a = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}} \times a = \frac{410 / \sqrt{3}}{0,85 \times 1,25} \times 0,7 \times 8 = 1248 \text{ N/mm}$ $l_{\text{eff, shear}} = 2(l - 2s) = 2(100 - 2 \times 8) = 168 \text{ mm}$ $F_{w,Rd} \times l_{\text{eff, shear}} = 1248 \times 168 \times 10^{-3} = 210 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 100 \text{ kN} \leq 210 \text{ kN} \quad \text{OK}$		<p>Poz. źr. nr (3)</p> <p>Poz. źr. nr [4]</p> <p><math>F_{w,Rd}</math> Z § 4.5.3.3(3)</p>



## ZAŁĄCZNIK A Wytrzymałość na zwichrzenie

Wartości wytrzymałości na zwichrzenie pochodzące z tabeli 17 normy BS 5950-1<sup>[10]</sup>

Wytrzymałość na zwichrzenie (N/mm <sup>2</sup> )										
$\lambda_{LT}$	Gatunek stali									
	S275					S355				
	235	245	255	265	275	315	325	335	345	355
25	235	245	255	265	275	315	325	335	345	355
30	235	245	255	265	275	315	325	335	345	355
35	235	245	255	265	272	300	307	314	321	328
40	224	231	237	244	250	276	282	288	295	301
45	206	212	218	224	230	253	259	265	270	276
50	190	196	201	207	212	233	238	243	248	253
55	175	180	185	190	195	214	219	223	227	232
60	162	167	171	176	180	197	201	205	209	212
65	150	154	158	162	166	183	188	194	199	204
70	139	142	146	150	155	177	182	187	192	196
75	130	135	140	145	151	170	175	179	184	188
80	126	131	136	141	146	163	168	172	176	179
85	122	127	131	136	140	156	160	164	167	171
90	118	123	127	131	135	149	152	156	159	162
95	114	118	122	125	129	142	144	146	148	150
100	110	113	117	120	123	132	134	136	137	139
105	106	109	112	115	117	123	125	126	128	129
110	101	104	106	107	109	115	116	117	119	120
115	96	97	99	101	102	107	108	109	110	111
120	90	91	93	94	96	100	101	102	103	104
125	85	86	87	89	90	94	95	96	96	97
130	80	81	82	83	84	88	89	90	90	91
135	75	76	77	78	79	83	83	84	85	85
140	71	72	73	74	75	78	78	79	80	80
145	67	68	69	70	71	73	74	74	75	75
150	64	64	65	66	67	69	70	70	71	71
155	60	61	62	62	63	65	66	66	67	67
160	57	58	59	59	60	62	62	63	63	63
165	54	55	56	56	57	59	59	59	60	60
170	52	52	53	53	54	56	56	56	57	57
175	49	50	50	51	51	53	53	53	54	54
180	47	47	48	48	49	50	51	51	51	51
185	45	45	46	46	46	48	48	48	49	49
190	43	43	44	44	44	46	46	46	46	47
195	41	41	42	42	42	43	44	44	44	44
200	39	39	40	40	40	42	42	42	42	42
210	36	36	37	37	37	38	38	38	39	39
220	33	33	34	34	34	35	35	35	35	36
230	31	31	31	31	31	32	32	33	33	33
240	28	29	29	29	29	30	30	30	30	30
250	26	27	27	27	27	28	28	28	28	28

## LITERATURA

- 1 EN 1993-1-8:2005: Eurokod 3 Projektowanie konstrukcji stalowych. Projektowanie węzłów
- 2 EN 1991-1-7: 2006: Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wyjątkowe.
- 3 Szczegółowe europejskie przewodniki projektanta po Eurokodach. (<http://www.access-steel.com>)
- 4 Joints in steel construction: Simple connections  
Steel Construction Institute, 2002
- 5 CHENG, J. J. R. i YURA, J. A.  
Journal of the Structural Division, ASCE, październik 1986  
Local web buckling of coped beams
- 6 CHENG, J. J. R., YURA, J. A. and JOHNSON. C. P.  
Department of Civil Engineering, University of Texas at Austin  
Design and behaviour of coped beams  
PMFSEL Report No. 841, lipiec 1984
- 7 JARRETT, N. D.  
Tests on beam/column web side plate connections  
BRE Client Report CR 54/90  
Building Research Establishment, Watford, wrzesień 1990.
- 8 JASPART, J.-P., DEMONCEAU, J.-F., RENKIN, S., and GUILLAUME, M. L.  
European recommendation for the design of simple joints in steel structures  
Publication n°126, First edition,  
ECCS, 2009
- 9 RENKIN, S.  
Development of a European process for the design of simple structural joint in steel frames (język francuski): Praca dyplomowa,  
University of Liege, czerwiec 2003.
- 10 BS 5950-1:2000 Structural use of steelwork in building. Code of practice for design. Rolled and welded sections  
BSI, 2000
- 11 YURA, J. A., HANSEN, M. A. and FRANK, K. H.  
Bolted splice connections with undeveloped fillers  
Journal of the Structural Division  
ASCE, grudzień 1982
- 12 EN 1090-2:2008: Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Wymagania techniczne dotyczące wykonania konstrukcji stalowych.
- 13 EN 1992-1-1:2004: Eurokod 2 Projektowanie konstrukcji betonowych. Reguły ogólne i reguły dla budynków

### Schematy blokowe

Schematy blokowe dla blachy doczołowej, blachy przykładki środnika i podstaw słupa dostępne są w witrynie internetowej Access Steel (<http://www.access-steel.com>).

Numery referencyjne dokumentów poświęconych tym typom połączeń są następujące:

Blacha doczołowa o niepełnej wysokości	SF008a
Blacha przykładki środnika	SF009a
Podstawy słupów	SF010a