

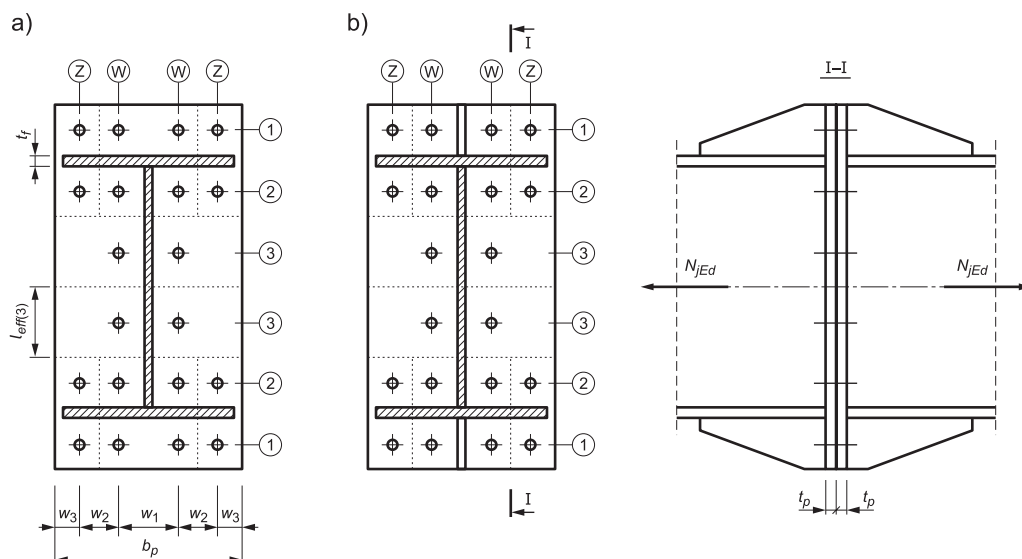
grupy szeregów śrub przyjmuje się wartość $\sum l_{eff}$ równą sumie długości efektywnej l_{eff} , określonej w odniesieniu do każdego właściwego szeregu śrub jako części grupy śrub.

Wystająca poza pas część blachy czołowej i jej część między pasami belki są modelowane jako blachy czołowe dwóch oddzielnych zastępczych króćców teowych. Do wystającej części blachy czołowej stosuje się e_x i m_x zamiast e oraz m .

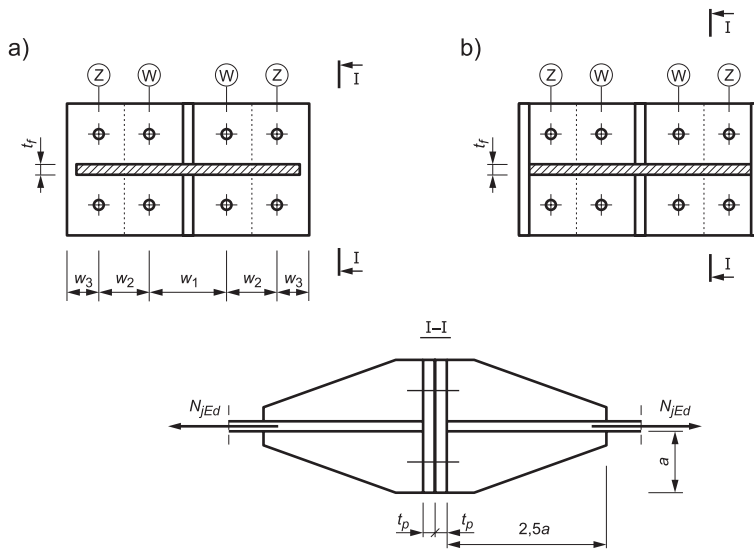
3.11.6 Projektowanie połączeń sztywnych uproszczoną metodą składnikową

Uproszczony sposób projektowania podany w [3.107], odnosi się do połączeń nominalnie sztywnych o pełnej lub niepełnej nośności spełniających warunki według PN-EN 1993-1-8/5.2.2.5 [1.25], lub też traktowanych jako sztywne w praktyce inżynierskiej. Te najczęściej stosowane połączenia mogą być projektowane według uproszczonej procedury obliczeniowej, przy założeniu odpowiednio grubych i usztywnionych blach czołowych. Nie ma przy tym potrzeby szczegółowego sprawdzania nośności wszystkich składników, co ma miejsce przy połączeniach podatnych i jest niezbędne w programach komputerowych. Jest jednak potrzebna znajomość rozkładu sił wewnętrznych i przestrzeganie następujących zasad kształtowania połączeń:

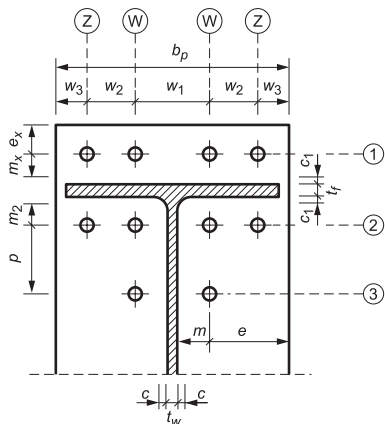
- Usytuowanie, liczbę, średnicę i klasę wytrzymałości śrub w strefie rozciąganej ustala się według rozdz. 3.11.1.
- Grubość blach czołowych t_p w połączeniach sztywnych sprężanych śrubami klasy 10.9 można przyjmować na podstawie katalogu [3.99] przy dwóch szeregach śrub przylegających do pasa rozciąganego $t_p = 1,0d$ – gdy w szeregu są dwie śruby oraz $t_p = 1,25d$ – gdy w szeregu są cztery śruby. W połączeniach w których śruby usytuowane są tylko między pasami grubość blach przyjmuje się $t_p = 1,5d$ przy dwóch i czterech śrubach w szeregu. W połączeniach na śruby klasy niższej niż 10.9, można przyjmować grubości blach czołowych t_p wyznaczone z wzoru (3.57), decydując się na obniżenie sztywności połączeń. W połączeniach obciążonych wielokrotnie zmiennie grubość blach czołowych przyjmuje się taką, aby w połączeniu nie występował efekt dźwigni. Najmniejszą grubość



Rys. 3.95 Schematy połączeń doczołowych prętów dwuteowych rozciąganych osiowo



Rys. 3.96 Schematy połączeń doczołowych ciągów z blach



Rys. 3.97 Oznaczenia odległości śrub w króćcu:
 a – grubość spoiny pachwinowej, r – promień wyokrąglenia

blachy czołowej zginanej jednokierunkowo w króćcu teowym można wyznaczyć wtedy na podstawie wzoru (3.59) przy $\omega=1,40$.

- Gatunek stali blach czołowych przyjmuje się taki sam jak w elementach łączonych.
- Złącza spawane blachy czołowej z pasem rozciągającym i środkiem projektuje się na pełną nośność przekroju. Grubość dwustronnych spoin pachwinowych spełniająca ten warunek wynosi $0,5t$ przyłączeniu stali S235 oraz $0,6t$ przyłączeniu stali S355 (gdzie t grubość pasa lub średnika). Na ogół nie stosuje się spoin pachwinowych grubszych niż 10 mm. Grubsze spoiny pachwinowe zastępuje się spoinami czołowymi, lub spoiny pachwinowe uzupełnia się spoinami czołowymi z niepełnym przetopem.

Schematy i oznaczenia usytuowania śrub w połączeniach doczołowych prętów rozciąganych osiowo z dwoma lub czterema śrubami w szeregu pokazano na rys. 3.95 i rys. 3.96.

Nośność szeregu dwóch śrub w połączeniu przyjmuje się jako wartość mniejszą z obliczeniowej nośności śrub na rozciąganie i nośności blachy czołowej na zginanie wyznaczonych z wzorów podanych w tabelicy 3.40 dla długości efektywnych określonych według tabelicy 3.42. Przykładowo modelem połączenia rozciąganego na 8 śrub z usztywnieniem blach czołowych dwoma żebrami według rys. 3.96a jest króciec krzyżowy „w” z blachą zgiętą dwukierunkowo i 2 króćce teowe „z” z blachami zgiętymi w jednym kierunku. Grubość blach czołowych przyjmuje się w tym przypadku $t_f = 1,25d$.

Tablica 3.42 Długości efektywne blachy czołowej l_{eff} ¹⁾

| Szereg śrub | Króciec | Numer szeregu | Króciec wewnętrzny (w) w styku na 4 lub na 2 śruby w szeregu ²⁾ | | Króciec teowy zewnętrzny (z) w styku na 4 śruby w szeregu |
|--------------------------|----------|---------------|--|---|---|
| | | | szeregi nr 1+2 lub nr 2 | szeregi śrub nr 1+2+3+i lub nr 2+3+i | |
| Na zewnątrz pasa (żebra) | teowy | 1 | 2 śruby w szeregu $0,5b_p \leq 5d$ 4 śruby w szeregu $0,25b_p \leq 5d$ | | $0,25b_p \leq 5d$ |
| | krzyżowy | | αm ³⁾ | | $0,5w_2 + w_3 \leq 5d$ |
| Od wewnątrz pasa (żebra) | krzyżowy | 2 | αm ³⁾ | $0,5p + \alpha m - (2m + 0,625e)$ ³⁾ | - |
| | teowy | | - | - | $0,5w_2 + w_3 \leq 5d$ |
| Przy żebrze pośrednim | krzyżowy | 3 | - | $0,5p + \alpha m - (2m + 0,625e)$ ³⁾ | - |
| Pomiędzy dwoma żebrami | dwuteowy | 2 lub i | - | $2\alpha m - 4m - 1,25e$ | - |
| Pośredni przy średniku | teowy | 3 lub i | - | p | - |
| Skrajny przy średniku | teowy | i | - | $0,5p + 2m + 0,625e$ | - |

¹⁾ przyjęto $e \geq 1,5d$, $2d \geq m \geq 1,3d$, $w_1 \geq 4d$, $w_2 \geq 2,5d$, $6d \geq p \geq 3d$, w króćcach teowych $l_{eff} \leq 5d$, przy braku brzeżu swobodnego $e = 1,25m$. W innych przypadkach należy sprawdzić warunki według tablicy 3.41,
²⁾ α według rys. 3.94,
³⁾ - gdy $m \leq 2d$, $n = \min(e, 1,25m)$, $e \geq 1,5d$ (w szeregu 2 śrub), oraz $e \geq 1,5d$, $w_2 \geq 2,5d$ (w szeregu 4 śrub) - można przyjmować $F_{T,Rd(w)} = 2F_{t,Rd}$ dla śrub klasy 10.9 i blach ze stali S235 o grubości $t_p \geq 1,25d$, lub blach ze stali S355 o grubości $t_p \geq d$.
- połączenie żebra pośredniego ze średnikiem powinno mieć nośność nie mniejszą niż wyznaczona dla długości $l_{eff} = \alpha m - (2m + 0,625e + 0,5p)$.
Oznaczenia pokazano na rys. 3.97.

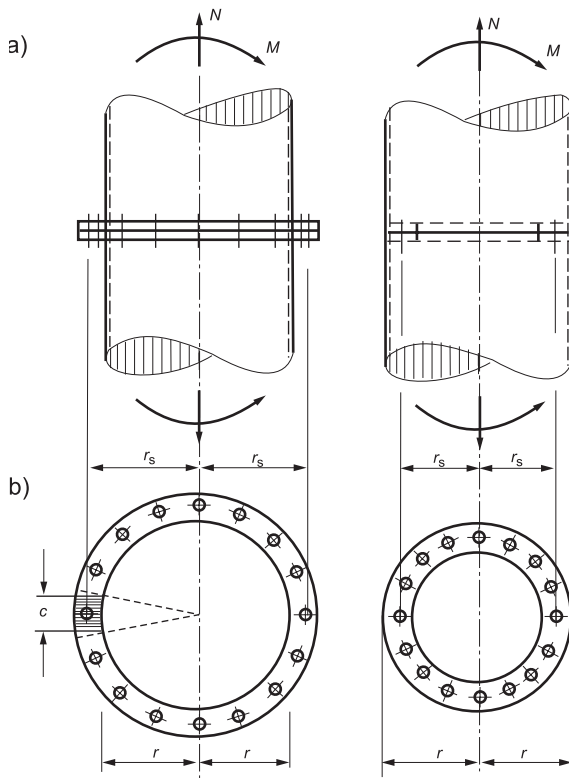
3

3.12 Połączenia kołnierzowe ścianek powłok w stanie liniowo-sprężystym

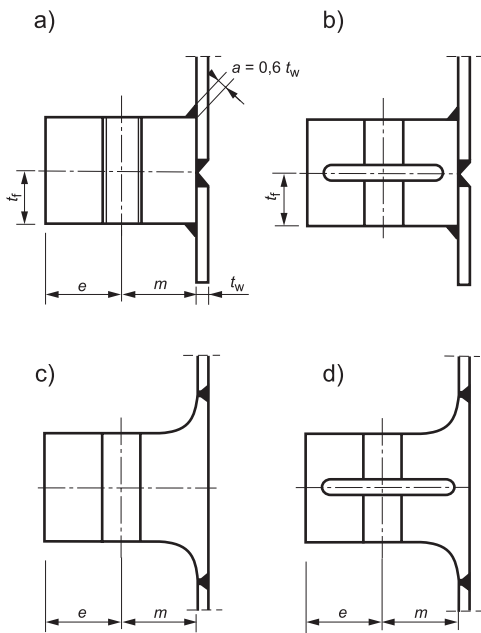
3.12.1 Informacje ogólne

Niniejsze informacje dotyczą połączeń kołnierzowych elementów o przekroju rurowym o małej krzywiznie, przy której sztywność giętna ścianki może być wyznaczana jako płytowa. W połączeniach kołnierzowych ścianek trzonów rurowych kominów wież i masztów wymagane jest zapewnienie wytrzymałości na zmęczenie oraz szczelności i bezpieczeństwa przed odkręcaniem się nakrętek śrub. Z tego powodu połączenia te są sprężane śrubami i obliczane w stanie liniowo sprężystym. W styku powinien być zapewniony docisk stali do stali. Połączenie oblicza się na największą wartość siły rozciągającej, jaka może wystąpić w powłoce. Najczęściej stosuje się połączenia kątowe z kołnierzami od strony zewnętrznej w kominach i od strony wewnętrznej w trzonach wież i masztów, pokazane na rys. 3.98.

Na rysunku 3.99 pokazano różne rodzaje kołnierzy i ich połączenia ze ścianką powłoki. Najkorzystniejszym sposobem połączenia ścianki powłoki z kołnierzem, zapobiegającym jego rozwarstwieniu, jest połączenie dwoma spoinami pachwinowymi (rys. 3.99a i b). Nośność tych spoin powinna umożliwiać osiągnięcie granicy plastyczności w ściance powłoki. Kołnierze ze stykiem profilowanym (rys. 3.99b i d) mają ustalone położenie stref docisku i siły efektu



Rys. 3.98 Kolnierzowe styki kątowe walcowych powłok zginanych lub rozciąganych



Rys. 3.99 Przykłady kolnierzy kątowych i ich połączeń z powłoką

dźwigni, co zapewnia im dobrą wytrzymałość zmęczeniową. Rozkład sił wewnętrznych w zginanych połączeniach kołnierзовych idealnych powłok rurowych jest zróżnicowany i nieli-niowy. Ze względu na potrzebną sztywność przyjmuje się małą szerokość kołnierzy $m \leq 1,5d$ i $e \geq 1,5d$.

W połączeniach rzeczywistych występują nieuchronne zaburzenia rozkładu sił, wywołane odchyłkami płaskości styków kołnierзовych i naprężeniami własnymi po spawaniu i po sprężeniu. Z tego powodu obliczeniowa ocena wyężenia ścianek powłoki może się różnić bardzo znacznie od stanu rzeczywistego, nawet przy zachowaniu dopuszczalnych tolerancji wykonania. Trzeba się zatem liczyć z możliwością lokalnego wystąpienia w ściance powłoki naprężeń nawet na poziomie granicy plastyczności.

3.12.2 Styk teowy w stanie liniowo-sprężystym

Stan graniczny nośności króćca teowego można określić jako jednoczesne osiągnięcie nośności sprężystej śrub i przekroju blachy kołnierza według wzoru (3.64). Długość efektywną kołnierza można przyjmować przez analogię do styku blachy czołowej ze średnikiem z tablicy 3.41 jak dla śrub wewnętrzznego szeregu. Wyznaczanie tej długości według sztywności płytowej ze wzoru $l_{eff} = 2m + d$ może być uzasadnione w przypadkach kołnierzy łączonych do wiotkich ścianek. Wartość współczynnika efektu dźwigni może być przyjmowana według wzorów (3.53) i (3.54) jak dla stanu sprężysto-plastycznego.

$$F_{p,Cd}(m - 0,5d) = \frac{l_{eff}^2 t_{r,min}^2 f_y}{6\gamma_{M0}}, \quad (3.64)$$

gdzie:

$F_{p,Cd}$ obliczeniowa wartość siły sprężenia według wzoru (3.11a),
 d średnica śruby.

Pozostałe oznaczenia jak we wzorze (3.53).

Nośność śrub w styku teowym sprawdza się z wzoru:

$$F_t = \frac{N_{wt}}{2\beta} = \frac{l_{eff} t_w \sigma_{wt,max}}{2\beta} \leq F_{t,Rd}, \quad (3.65)$$

gdzie:

t_w grubość ścianki,
 β współczynnik efektu dźwigni z wzoru (3.54),
 $\sigma_{wt,max}$ największe obliczeniowe naprężenia rozciągające w ściance.

3.12.3 Styk kątowy niesprężany

W styku kątowym siły w śrubach wyznacza się zwykle z pominięciem wpływu sztywności ścianki powłoki, ponieważ stosunek sztywności ścianki do sztywności blachy kołnierza jest bardzo mały i wpływ ten może zanikać w strefach występowania odchyłek płaskości kołnierza. W styku kątowym niesprężanym wartość siły w śrubie przy schemacie rozkładu sił, jak na rys. 3.83b, oblicza się ze wzoru:

$$\begin{aligned} N_{wt}(m_w + e) - F_t e &= 0, \\ F_t &= N_{wt} \frac{m_w + e}{e} \leq F_{t,Rd}, \\ N_{wt} &= l_{eff} t_w \sigma_{wt,max}, \end{aligned} \quad (3.66)$$