

EUROZŁĄCZA

porady projektanta

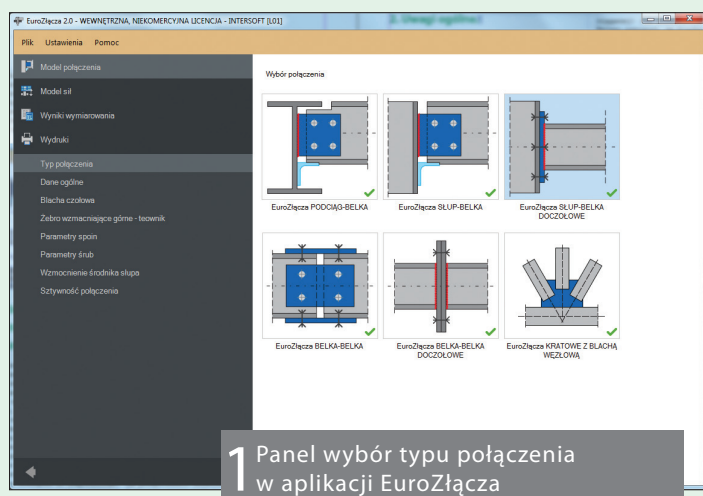
Część 1 - połączenia doczołowe

Wstęp	E02
Projekt styku stalowego typu SŁUP-BELKA DOCZOŁOWEGO w programie EUROZŁĄCZA	E02
1. Założenia wstępne	E02
2. Uwagi ogólne	E03
2.1 Dodatkowa transformacja sił	E03
2.2 Zmiana geometrii belki	E03
2.3 Wpływ kierunku zginania	E04
2.4 Współpraca z programem R3D3-Rama 3D / R2D2-Rama 2D	E04
2.5 Wymiarowanie na pełną nośność	E05
3. Połączenie doczołowe (śrubowe) SŁUP-BELKA	E05
3.1 Zginany pas słupa	E05
3.2 Zginana blacha czołowa	E06
3.3 Środek słupa rozciągany w kierunku poprzecznym	E07
3.4 Rozciągany środek belki	E07
3.5 Środek słupa ściskany w kierunku poprzecznym	E07
3.6 Ściskany pas belki skosu	E07
3.7 Środek belki ze skosem w strefie ściskanej	E08
3.8 Panel środka słupa	E08
3.9 Ścinanie śrub	E08
3.10 Spoiny	E09
4. Połączenie spawane SŁUP-BELKA	E09
5. Połączenie doczołowe (śrubowe) BELKA-BELKA	E09
6. Sztywność połączenia	E09
7. Wynik wymiarowania	E10

Wstęp

Niniejszy dokument ma na celu przybliżenie podstaw projektowania styków stalowych przy użyciu aplikacji EuroZłącza. Zawiera przydatne wskazówki praktyczne uzupełnione o opis teoretyczny powiązanych zagadnień. Skrypt ten poświęcony jest zagadnieniom ogólnym oraz omówieniu połączeń typu doczołowego, do których zaliczają się moduły słup-belka doczołowy oraz belka-belka doczołowy.

ych tematykę normach europejskich, inne natomiast opisane są niewystarczająco, stąd wystąpiła konieczność uzupełnienia braków w procedurze obliczeniowej. W takich sytuacjach wzoru do uzupełnienia luk szukano w propozycjach i wytycznych zawartych w poświęconych tematyce publikacjach, zarówno polskich, jak i europejskich.



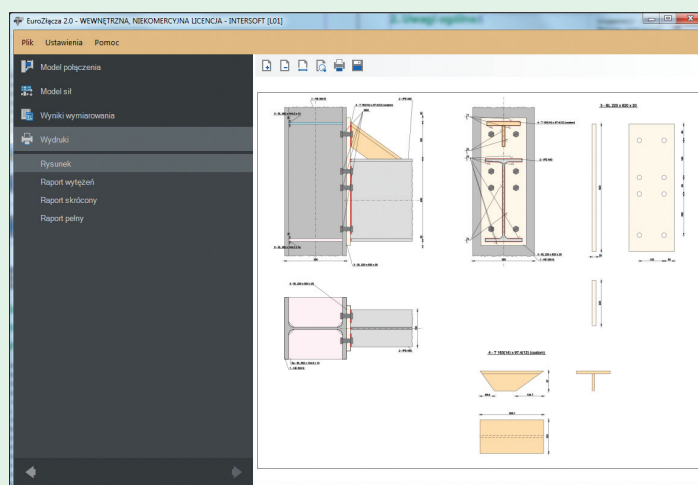
1. Założenia wstępne.

Moduł słup-belka doczołowy umożliwia wymiarowanie połączenia pracującego na zginanie w postaci styku belki dwuteowej (pracującej jako podciąg/rygiel) z pasem słupa dwuteowego. Połączenie to jest realizowane za pomocą blachy czołowej przyspawanej do czoła belki oraz połączonej z pasem słupa za pośrednictwem śrub rozmieszczonych w dwóch kolumnach, umiejscowionych symetrycznie względem środka belki.

Projekt styku stalowego typu słup-belka doczołowego w programie EuroZłącza

Przedstawiony poniżej sposób wymiarowania styku opiera się na wytycznych i zaleceniach Eurokodu. Celem przyswiecającym twórcom aplikacji było zapewnienie kompleksowego sposobu wymiarowania. Dzięki temu wynik działania programu jest możliwie kompletną bazą dla projektu konstrukcyjnego, którego projektant nie będzie musiał uzupełniać o rozległe dodatkowe obliczenia wykonywane we własnym zakresie.

W procedurze obliczeniowej zginanego połączenia doczołowego każda zmiana geometrii i konstrukcji przyjętego styku wymusza ponowne wykonanie procedury obliczeń. Dedykowane oprogramowanie umożliwia natomiast znaczne przyspieszenie procesu projektowego. Nie wszystkie zagadnienia niezbędne do kompleksowego przeprowadzenia wymiarowania są poruszone w opisują-



Wymiarowanie odbywa się dla połączenia jednostronnego. Wynika to w sposób oczywisty z sytuacji węzła bocznego (brak belki dochodzącej po przeciwnej stronie słupa). W przypadku węzła pośredniego (czyli dwóch belek dochodzących po obu stronach słupa) obliczenia należy przeprowadzić dwukrotnie – oddzielnie dla jednej i drugiej strony węzła.

2. Uwagi ogólne.

2.1 Dodatkowa transformacja sił

Siły pozyskiwane z obliczeń statycznych są siłami uogólnionymi wyliczonymi według teorii prętów traktowanych jako obiekty jednowymiarowe. W ten sposób pozyskane siły dla każdego z prętów rozpatrywanego węzła obowiązują dla punktu węzłowego, czyli punktu przecięcia się osi tak uproszczonych prętów trójwymiarowych. Jednak procedura wymiarowania połączenia wymaga na wejściu sił występujących w rzeczywistym miejscu styku. W przypadku połączenia doczołowego słup-belka jest to lico pasa słupa, a dla połączenia belka-belka jest ono wyznaczone przez powierzchnię styku blach czołowych.

Sprowadzenie przekazanych sił z punktu węzłowego do założonego punktu styku jest możliwe przy znajomości pełnej geometrii styku (parametrów geometrycznych belek, słupa, blachy czołowej oraz ich wzajemnej orientacji). Aplikacja EuroZłącza dokonuje takiej transformacji w sposób automatyczny.

2.2 Zmiana geometrii belki

Często najefektywniejszym sposobem zwiększenia nośności styku doczołowego z blachą czołową jest zwiększenie ramienia dźwigni. Osiągnięcie tego jest możliwe poprzez:

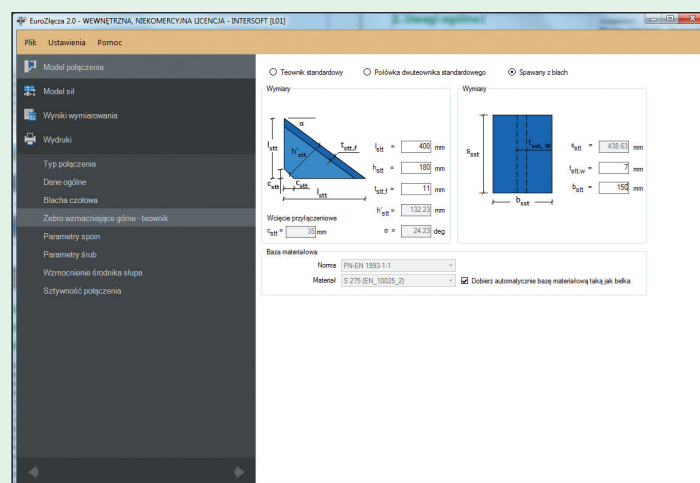
- możliwie duże oddalenie pierwszego szeregu śrub (najdalszego od pasa ściskanego belki) od środka ściskania (osi tegoż pasa belki);
- oraz (lub) zwiększenie wysokości przekroju.

Zwiększenie wysokości przekroju można zrealizować poprzez zmianę przekroju belki (wyższy przekrój na całej długości bądź przekrój zmienny zwiększający się w kierunku rozpatrywanego styku) lub poprzez rozbudowę przekroju o dodatkowe elementy w obszarze przyłączeniowym.

Przekrój zmienny nie jest bezpośrednio obsługiwany przez EuroZłącza, jednak w przybliżeniu może być on zrealizowany poprzez podanie parametrów belki dochodzącej równych takim parametrom, jakie występują na krańcu belki o zmiennym przekroju.

Rozbudowa czoła belki jest możliwa poprzez dodanie skosu teowego (po stronie rozciąganej i (lub) ściskanej), blachy usztywniającej (po stronie roz-

ciąganej) lub kombinacji tych dwóch elementów. Należy pamiętać, że blacha usztywniająca nie może być stosowana po stronie ściskanej przekroju (poniżej pasa belki stanowiącego środek ściskania) ze względu na niewystarczającą sztywność w obliczu pracy na ściskanie (zginanie). Jeżeli dana belka obliczana jest dla zestawu sił, w którym występują momenty o różnoimiennych znakach (czyli jest zginana w górę oraz w dół, zależnie od przyjętego obciążenia), wtedy zastosowanie blachy usztywniającej nie jest możliwe ani góra, ani dołem.



3 Panel definicji skosu teowego

Naprężenia występujące w blasze usztywniającej nie są badane. Istotna z punktu widzenia procedury obliczeniowej jest sama jej obecność (sprawdzanych jest jednak kilka warunków geometrycznych, które powinna spełniać).

Forma blachy przedstawiona na rysunku poglądowym jest zatem symboliczna (istotna jest tylko długość przylegania do pasa słupa) i nie powinna być ona interpretowana jako przeszkoda w wykonaniu frezowania jej narożników i innej, dopuszczalnej w praktyce, obróbki jej kształtu.

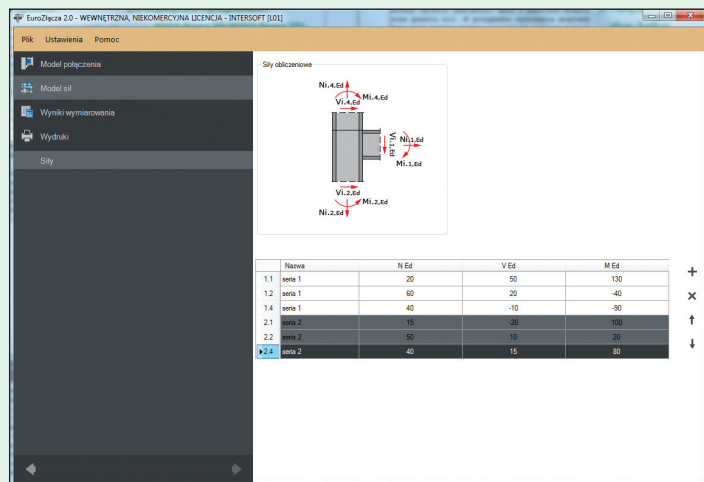
Skos wykonywany jest w formie trójkątnego wycinka z takiego samego kształtownika, z jakiego wykonywane są belki lub nawet z mocniejszego. W razie potrzeby zastosowania skosu wyższego niż da się pozyskać z rozcięcia bazowego dwuteownika, należy zastosować spawane blachy.

Długość skosu wynosi zwykle około 10% rozpiętości belki.

2.3 Wpływ kierunku zginania

Należy zauważyć, że kierunek zginania belki ma fundamentalne znaczenie w logice procedury normowej w kontekście wymiarowania połączenia doczołowego (śrubowego) z blachą czołową. Gdy złącze nie jest symetryczne, zwykle procedura wymiarowania przeprowadzana jest oddzielnie dla przypadku, gdzie środek ściskania znajduje się na wysokości pasa górnego i pasa dolnego.

Szeregi śrub są wtedy odwrotnie numerowane (numer każdego szeregu w procedurze nie jest jedynie etykietą, ale wskazuje na jego położenie w relacji z innymi szeregami). Śruby pracują na innym ramieniu dźwigni, a położenie szeregów jest inaczej klasyfikowane na potrzeby wyznaczania parametrów króćca teowego. O tym, która z tych sytuacji ma miejsce, decyduje jedynie znak momentu zginającego działający w płaszczyźnie połączenia (pomijamy tutaj przypadki czystego rozciągania, gdy moment zginający nie występuje bądź jest on zdominowany przez siłę rozciągającą).



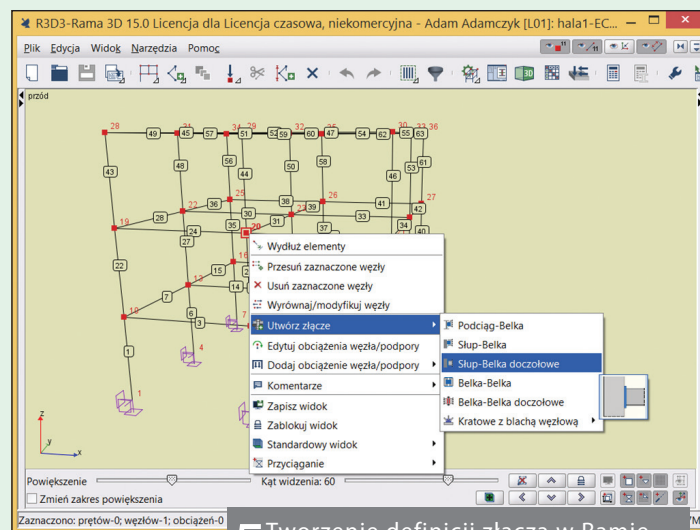
4 Panel edycji siły

EuroZłącza przeprowadzają poprawne obliczenia w każdej sytuacji, także wtedy, gdy przekazano zestaw sił zawierający trójki sił o różnoimennych momentach. Należy jednak pamiętać, że taka sytuacja projektowa wymaga podejścia uwzględniającego tę specyfikę. W sytuacjach skrajnych, gdy różnoimienne momenty mają wartości zbliżone co do modułu, najefektywniejszym projektem złącza może okazać się rozmieszczenie szeregów śrub symetrycznie względem osi poprzecznej blachy czołowej.

2.4 Współpraca z programem

R3D3-Rama 3D (R2D2-Rama 2D)

Aplikacja EuroZłącza może zostać uruchomiona w dwóch trybach – samodzielnym, gdzie sporządzenie całego modelu styku spoczywa na użytkowniku, lub we współpracy z programem R3D3-Rama 3D (R2D2-Rama 2D). Współpraca ta polega na przekazywaniu danych konkretnego złącza bezpośrednio pomiędzy aplikacjami, aby odciążyć użytkownika od konieczności ręcznego ich przepisywania.

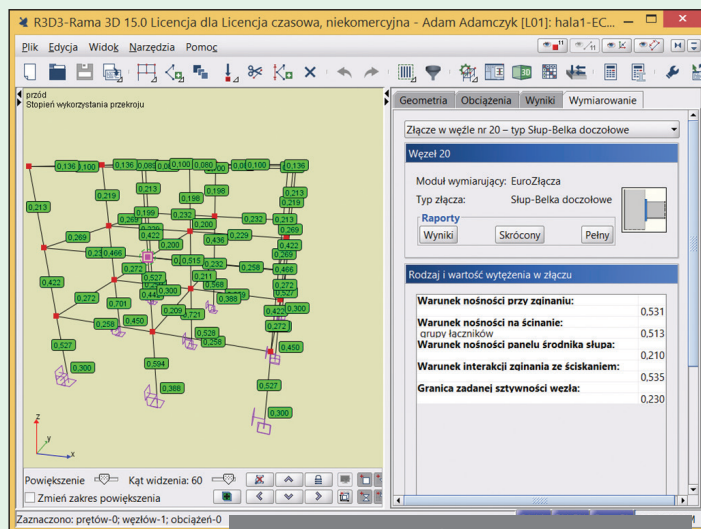


5 Tworzenie definicji złącza w Ramie

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że nie zwalnia to użytkownika od sprawdzenia formalnej poprawności i zgodności importu z zamierzeniami. Nadanie ról prętom uczestniczącym należy dokonać po stronie Ramy. Zaleca się również, aby w razie popełnienia omyłki na tym polu powrócić do Ramy i dokonać poprawki na tym etapie. Ręczna zamiana ról w aplikacji EuroZłącza może okazać się kłopotliwa, gdyż wiąże się m.in. z koniecznością przepisywania wartości wszystkich sił do odpowiednich pól formularza.

Podobnie jest w sytuacji, gdy użytkownik zechce zmienić moduł wymiarujący, np. na słup-belka montażowy. Zaleca się wtedy stworzenie nowej definicji złącza w Ramie oraz wywołanie programu EuroZłącza z jej poziomu. Ręczne przejście pomiędzy różnymi modułami z poziomu działającej aplikacji EuroZłącza nie skutkuje importem wcześniej stworzonego modelu styku do nowo wybranego modułu i jego adaptacja, gdyż program przechowuje wszystkie dane dla każdego modułu oddzielnie. W takim wypadku

należy ręcznie uaktualnić dane w panelach modelu oraz panelu sił. W przypadku wywołania poprzez Ramę dane nowego modelu połączenia w nowym module zostaną uzupełnione automatycznie o informacje na temat geometrii, użytych przekrojów oraz zestawu występujących w połączeniu sił.



6 Integracja wyników wymiarowania połączenia z interfejsem Ramy

Należy wspomnieć, że w programie EuroZłącza do wersji 1.2 włączanie import sił odbywał się w trybie zgodności co do modułu ich wartości, po stronie użytkownika występowała konieczność nadania odpowiedniego znakowania każdej trójce sił, aby były one zgodne z modelem wymaganym przez procedurę obliczeniową. W późniejszych wersjach wprowadzono kolejne mechanizmy automatyzacji, zdejmujące z użytkownika tę konieczność, jednak kontrola zgodności modelu z zamierzeniami projektanta jest nadal wskazana.

2.5 Wymiarowanie na pełną nośność

W aplikacji EuroZłącza istnieje możliwość przeprowadzenia wymiarowania dla pełnej nośności węzła. W razie wybrania tej opcji następuje zbudowanie zestawu sił opartych na obciążeniach równych poszczególnym nośnościom przekrojów prętów biorących udział w połączeniu. Następnie wymiarowanie jest przeprowadzane dla tego zestawu.

Należy jednak zdawać sobie sprawę z tego, że nie w każdej sytuacji takie wymiarowanie będzie możliwe do przeprowadzenia (w rozumieniu spełnienia wszystkich warunków normowych oraz obliczeniowych).

3. Połączenie doczołowe (śrubowe) słup-belka.

Można wyróżnić następujące elementy węzła (części podstawowe oraz inne), których nośność może okazać się krytyczna dla procesu wymiarowania połączenia doczołowego (śrubowego) z blachą czołową:

3.1 Zginany pas słupa

Element wyliczany dla każdego rozciąganego szeregu śrub.

Zwiększenie nośności elementu możliwe jest poprzez:

- zastosowanie pary żeber poprzecznych słupa (górnym i dolnym);
- zmianę parametrów słupa (grubszy pas, stal wyższej klasy, pewien ograniczony wpływ ma także grubość średnicy);
- zmianę rozkładu sił poprzez bardziej korzystne rozlokowanie śrub, zwiększenie ich liczby, zmianę ich rodzaju, odsunięcie poszczególnych szeregów od środka ściskania (zwiększenie ramienia dźwigni), przysunięcie kolumn śrub bliżej środka lub innego elementu poprzecznego usztywniającego pas.

Projekt: Projekt złącza - Złącze
 Autor: Jan Kowalski
 Data: 2015-12-10

Podsumowanie

Wartości poszczególnych sił podane w [kN]

Szereg nr	F _{1,0} (kN)	F _{1,0} (kN)	F _{1,0} (kN)	F _{1,0} (kN)	F _{1,0} (kN)
1	266.80	282.24	756.27	379.86	266.80
2	281.19	282.24	231.02	379.41	231.02
3	281.19	282.24	231.02	379.86	231.02
4	-	-	-	-	-

Szer.	F _{1,0}	V _{1,0} (kN)	F _{1,0} (kN)	F _{1,0} (kN)	F _{1,0} (kN)	Σx ¹ F _{1,0}	F _{1,0} (kN)	Σx ¹ F _{1,0}	F _{1,0} (kN)	Σx ¹ F _{1,0}	F _{1,0}
1	266.8	377.0 / 1.0	1134.0	441.4	-	602.9	-	-	-	-	266.8
2	231.0	377.0 / 1.0	1134.0	441.4	-	266.8	483.4	266.8	516.1	266.8	110.2
3	231.0	377.0 / 1.0	1134.0	441.4	-	497.8	721.3	377.0	-	-	0.0
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

8.1.2.6. Rozkład plastyczny sił w rozciąganych szeregach śrub

Nie zachodzi konieczność redukcji do rozkładu plastycznego sił w szeregach śrub. Redukcja przeprowadza się dla zginanych połączeń śrubowych kategorii E narazonych na oddziaływania udarowe bądź wibracyjne.

8.1.2.7. Wyznaczenie nośności M_{Rd}

Uwzględniane są te szeregi śrub, które znajdują się po rozciąganym stronie pasa ściskania belki/skosu (środek obrotu) oraz zostały wskazane przez użytkownika jako rozciągane.

$$M_{Rd} = \sum F_{1,0} \cdot h_1 - \sum F_{1,0} \cdot h_2 + \sum F_{1,0} \cdot h_3 + \sum F_{1,0} \cdot h_4 - 266.80 \cdot 434.65 + 110.17 \cdot 364.65 + 0.00 \cdot 244.65 = 156139.27 [\text{kNm}]$$

Szer.	F _{1,0}	h	F _{1,0} * h	Σ M _{Rd}
[-]	[kN]	[mm]	[kNm]	[kNm]
1	266.80	434.65	115964.62	115964.62
2	110.17	364.65	40174.65	156139.27

7 Fragment raportu z obliczeń

Pozytywny efekt zagęszczania śrub może być ograniczony przez inne parametry, np. ze względu na ich nośność rozpatrywana jest tylko część grup szeregów. Poza tym należy pamiętać, że usytuowanie śrub w połączeniu powinno być możliwe zgodne z rozkładem sił wewnętrznych w przekrojach elementów łączonych.

Stosowanie żeber poprzecznych jest często niezbędne, np. w węzłach narożnych ram portalowych i innych, gdzie występują duże momenty zginające. Jednak z punktu widzenia wykonawczego lepiej ich unikać w przypadku małych i średnich dwuteowników o cienkich ściankach ze względu na duży koszt wykonania oraz ryzyko uszkodzenia ścianek kształtownika.

3.2 Zginana blacha czołowa

Element wyliczany dla każdego rozciąganego szeregu śrub.

Zwiększenie nośności elementu możliwe jest poprzez:

- zmianę parametrów blachy (grubość, stal wyższej klasy, pewien ograniczony wpływ ma także grubość środka belki);
- zmiana rozkładu sił poprzez bardziej korzystne rozlokowanie śrub.

Z powodu możliwości rozbudowy przypołączeniowego przekroju dochodzącej belki nastąpiła konieczność rozszerzenia klasyfikacji szeregów śrub ze względu na długość efektywną pasa zastępczego króćca teowego (tablica 6.6 z normy PN-EN 1993 1-8) w sposób następujący:

Położenie szeregu śrub	Szereg śrub rozważany jako osobny		Szereg śrub rozważany jako część grupy szeregów śrub	
	Mechanizm kołowy $l_{eff, cp}$	Mechanizm niekołowy $l_{eff, nc}$	Mechanizm kołowy $l_{eff, cp}$	Mechanizm niekołowy $l_{eff, nc}$
Skrajny szereg śrub bezpośrednio poza skrajnym rozciąganym pasem belki (skosu)	$\min \left\{ \begin{array}{l} 2n m_x \\ n m_x + w \\ n m_x + 2e \end{array} \right.$	$\min \left\{ \begin{array}{l} 4m_x + 1,25e_x \\ e + 2m_x + 0,625e_x \\ 0,5b_p \\ 0,5w + 2m_x + 0,625e_x \end{array} \right.$	-	-
Skrajny szereg śrub bezpośrednio poza skrajnym rozciąganym pasem belki przy usztywnieniu z płaskownikiem (**)	$\min \left\{ \begin{array}{l} 2n m_x \\ n m_x + 2e \end{array} \right.$	$\min \left\{ \begin{array}{l} 4m_x + 1,25e_x \\ e + 2m_x + 0,625e_x \end{array} \right.$	-	-
Szereg śrub w pobliżu pasa belki (skosu)	$2n m$	$\min \left\{ \begin{array}{l} \alpha m \\ 4m + 1,25e \end{array} \right.$	$n m + p$	$\min \left\{ \begin{array}{l} 0,5p + \alpha m - (2m + 0,625e) \\ 2m + 0,625e + 0,5p \end{array} \right.$
Inny wewnętrzny szereg śrub (*)	$2n m$	$4m + 1,25e$	$2p$	p
Inny wewnętrzny szereg śrub (skrajny w grupie) (*)	$2n m$	$4m + 1,25e$	$n m + p$	$2m + 0,625e + 0,5p$
Inny skrajny zewnętrzny szereg śrub (***)	$\min \left\{ \begin{array}{l} 2n m \\ n m + 2e_x \end{array} \right.$	$\min \left\{ \begin{array}{l} 4m + 1,25e \\ 2m + 0,625e + e_x \end{array} \right.$	$\min \left\{ \begin{array}{l} n m + p \\ 2e_x + p \end{array} \right.$	$\min \left\{ \begin{array}{l} 2m + 0,625e + 0,5p \\ e_x + 0,5p \end{array} \right.$
Model 1:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ lecz $l_{eff,1} \leq l_{eff,cp}$		$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc}$ lecz $\sum l_{eff,1} \leq \sum l_{eff,cp}$	
Model 2:	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$		$\sum l_{eff,2} = \sum l_{eff,nc}$	

(*) - przydział do kategorii zależy od położenia szeregu w grupie szeregów

(**) - oddziaływanie usztywnienia płaskownikowego na szereg uznaje się za umożliwiające zaklasyfikowanie do danej grupy, jeżeli spełniony jest warunek:

$$m_s \leq \max \left\{ \begin{array}{l} d_0/2 \\ m_x \end{array} \right.$$

(***) - oddziaływanie usztywnienia płaskownikowego na szereg uznaje się za umożliwiające zaklasyfikowanie do danej grupy, jeżeli spełniony jest warunek:

$$m_s \leq \max \left\{ \begin{array}{l} d_0/2 \\ m \end{array} \right.$$

m_s - odległość od osi śruby do krańca usztywnienia płaskownikowego

Przyjęta grubość blachy czołowej powinna zależeć od średnicy zastosowanych śrub i wynosić 1,0 - 1,25 d. Wykonywana jest zazwyczaj ze stali S275 lub S235.

3.3 Środek słupa rozciągany w kierunku poprzecznym

Element wyliczany jest dla rozciąganych szeregów śrub.

Zwiększenie nośności elementu możliwe jest poprzez:

- zastosowanie nakładki bocznej środka słupa (jednostronnej lub dwustronnej);
- zastosowanie żeber poprzecznych słupa;
- zmianę parametrów słupa (średnika);
- zmianę rozkładu sił dzięki bardziej korzystnemu rozłokowaniu śrub.

3.4 Rozciągany środek belki

Element wyliczany jest dla rozciąganych szeregów śrub.

Zwiększenie nośności elementu możliwe jest poprzez:

- zmianę parametrów belki (średnika);
- zmianę rozkładu sił dzięki bardziej korzystnemu rozłokowaniu śrub.

3.5 Środek słupa ściskany w kierunku poprzecznym

Element wyliczany jest w pojedynczej składowej, w miejscu występowania środka ściskania.

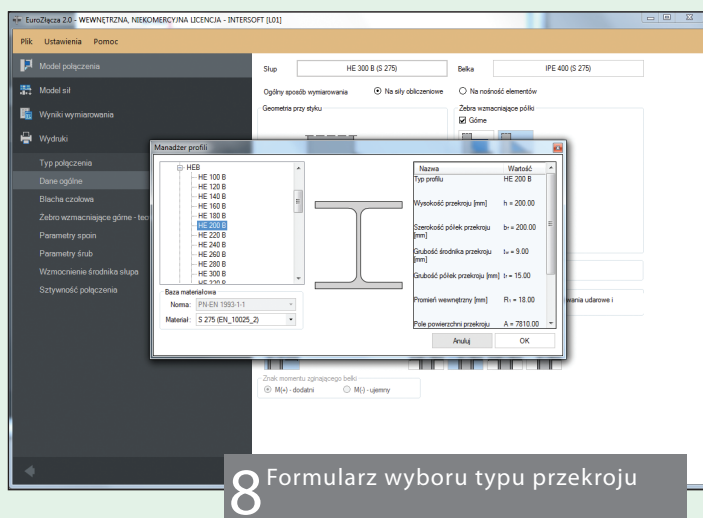
Zwiększenie nośności elementu możliwe jest poprzez:

- zastosowanie nakładki bocznej środka słupa (jednostronnej lub dwustronnej);
- zastosowanie żeber poprzecznych słupa;
- zmianę parametrów słupa (średnika).

3.6 Ściskany pas belki skosu

Element wyliczany jest w pojedynczej składowej, w miejscu występowania środka ściskania.

Zwiększenie nośności elementu możliwe jest poprzez:



8 Formularz wyboru typu przekroju

- zmianę parametrów belki (średnika),
- dodanie skosu teowego po stronie ściskanej z pasem o większej nośności.

Element ten według wytycznych normy można rozpatrywać jako pracujący wspólnie (na ściskanie) z sąsiadującym wycinkiem średnika. Ze względów bezpieczeństwa w procedurze obliczeniowej EuroZłącza postanowiono zaokrążyć to kryterium poprzez rozpatrywanie nośności na ściskanie jedynie pasa belki, bez uwzględniania rezerwy nośności wynikającej ze współpracy ze średnikiem.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że w znacznej części realnych przypadków projektowych ten element jest krytycznym dla całego wymiarowania rozpatrywanego typu styku. Dodanie skosu teowego po stronie ściskanej powoduje nie tylko zwiększenie ramienia dźwigni, ale daje też możliwość zastosowania bardziej wytrzymałego pasa pracującego jako ściskany (większa grubość i (lub) wyższa kategoria stali).

3.7 Środek belki ze skosem w strefie ściskanej

Element wyliczany jest w pojedynczej składowej, dla rozbudowanego przekroju przypięciowego belki, gdy zastosowano skos po stronie ściskanej. Zwiększenie nośności elementu możliwe jest poprzez:

- zmianę parametrów słupa (średnika);
- zmianę rozkładu sił dzięki bardziej korzystnemu rozlokowaniu śrub.

3.8 Panel średnika słupa

Element wyliczany jest w pojedynczej składowej, z uwzględnieniem geometrii i parametrów obciążenia całego węzła.

Zwiększenie nośności elementu możliwe jest poprzez:

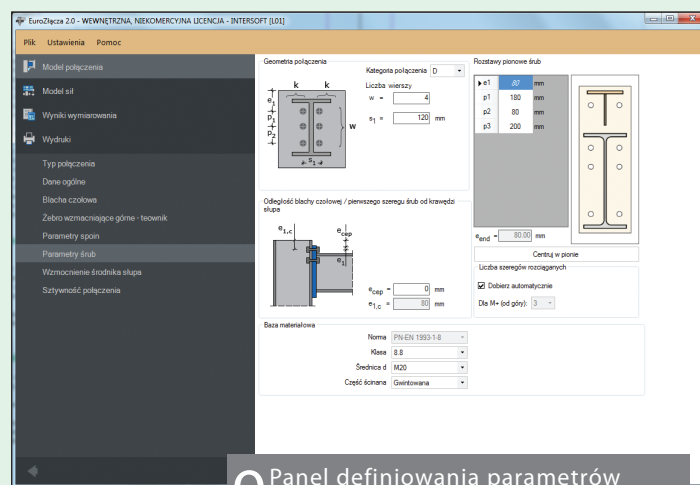
- zastosowanie żeber poprzecznych słupa;
- zmianę parametrów słupa (średnika);
- zmianę rozkładu sił dzięki bardziej korzystnemu rozlokowaniu śrub.

3.9 Ścinanie śrub

Zwiększenie średnicy zastosowanych śrub nie zawsze wpływa pozytywnie na nośność połączenia na ścinanie. Zwiększenie średnicy oznacza też zwiększenie otworów, a to z kolei może mieć negatywny wpływ na parametry określające nośność na docisk. W logice procedury normowej nośność na ścina-

nie jest drugorzędna względem nośności na zginanie w takim sensie, że szeregi śrub uwzględniane w wyznaczaniu nośności na ścinanie to te szeregi, które nie są uwzględniane w wyznaczaniu nośności na zginanie. Tak więc zmieniając liczbę szeregów, które mają być uwzględniane w wymiarowaniu styku na działanie zginania (czyli liczbę śrub rozciąganych), można też wpłynąć na wynik wymiarowania na ścinanie.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że taki ścisły podział niekoniecznie odpowiada rzeczywistej pracy konstrukcji, a uzyskane wyniki nośności na ścinanie uzyskuje się z dużą rezerwą względem hipotetycznego modelu numerycznego, gdzie występują szeregi śrub pracujące jednocześnie (w różnym zakresie) zarówno na ścinanie, jak i rozciąganie. Taka rezerwa nośności nie jest jednak obliczana i uwzględniana w wynikach wymiarowania EuroZłącza. Sytuacją szczególną jest tutaj przypadek złącza z pojedynczym szeregiem śrub. Aby umożliwić kompleksowe zwymiarowanie takiego styku w programie EuroZłącza śruby traktowane są jako podlegające ścinaniu z rozciąganiem.



9 Panel definiowania parametrów i rozmieszczenia śrub

Przeważnie stosuje się śruby M20 lub M24 klasy 8.8 lub 10.9. Rozstaw osiowy pomiędzy kolumnami przyjmuje się zazwyczaj w granicach 90 - 100 mm (wymuszana jest równość tej wartości dla każdego szeregu).

Dla szeregów sąsiadujących z żebrą poprzecznym usztywniającym środek słupa (lub gdy rozpatruje się sytuację od strony blachy czołowej - z pasem belki) rozstaw ten powinien być taki, aby śruby nie wychodziły poza obrys wyznaczony przez zewnętrzny zasięg tego elementu.

Zaleca się też, aby odległość osi śrub w szeregu (zlokalizowanych powyżej żebra poprzecznego słu-

pa) od lica ścianki żebra była zależna od średnicy śruby i mieściła się w zakresie 1,5 – 2,0 d. Dla szeregów skok pionowy to zazwyczaj 70 – 90 mm. W praktyce można stosować znaczący odstęp pomiędzy strefami śrub rozciąganych oraz ścinanych. Odstęp szeregów śrub pośrednich pomiędzy tymi strefami (stosowanych np. z przyczyn użytkowych) może być większy.

3.10 Spoiny

Według zapisów normy nie powinno dopuszczać się do sytuacji, w której nośność spoin byłaby decydująca dla nośności całego węzła zginanego. Dlatego też w EuroZłączach wymiarowanie spoin łączących pas rozciągany oraz środkik belki z blachą czołową odbywa się względem warunku ich pełnej nośności. Wymagane jest, aby obróbka końca pasa ściskanego zapewniała zaistnienie dopasowania dociskowego między pasem, a blachą czołową. Spoina dla tego elementu sprawdzana jest jedynie na warunek spoiny nominalnej.

Spoiny łączące ewentualne elementy rozbudowujące kraniec belki z jej pasami (skosy teowe, blachy usztywniające) nie są wymiarowane. Zakłada się, że spawy te powinny odpowiadać pełnej nośności dołączanych elementów.

4. Połączenie spawane słup-belka.

Połączenie słup-belka typu spawanego (bez udziału blachy czołowej), pod względem listy rozpatrywanych części podstawowych węzła, w znacznie mierze przypomina połączenie doczołowe śrubowe. Wpływ na ostateczną nośność mają:

1. Nośność środknika słupa na ścinanie (panel środknika słupa)
2. Nośność środknika słupa na ściskanie (w kierunku poprzecznym)
3. Nośność ściskanego pasa belki
4. Nośność środknika słupa na rozciąganie (w kierunku poprzecznym)
5. Nośność pasów słupa na zginanie

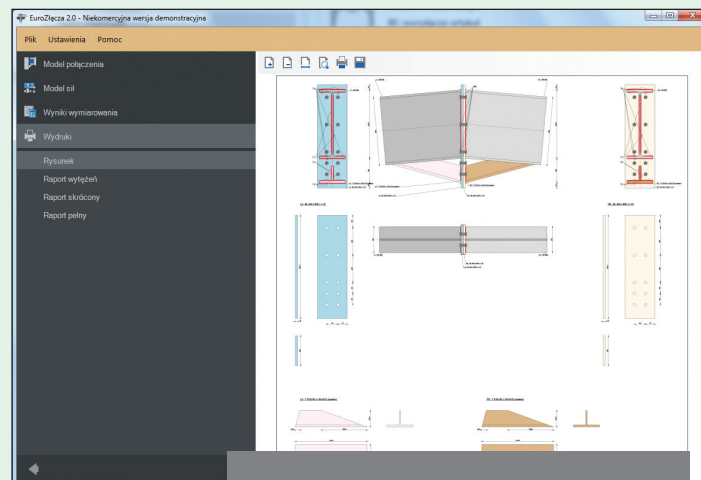
Elementy te są obliczane w sposób analogiczny jak ich odpowiedniki dla styku śrubowego, jednak z uwzględnieniem specyfiki odmiennego typu połączenia.

Znika także wymóg stosowania spoin o pełnej nośności. Wybór sposobu ich wymiarowania (nośność pełna lub na siły występujące w węźle) należy do użytkownika.

5. Połączenie doczołowe (śrubowe) belka-belka.

Dla tego typu węzła wymiarowanie przebiega analogicznie jak dla połączenia słup-belka, jednak z pominięciem elementów odpowiadających słupowi. Elementami wpływającymi na nośność są:

1. Zginana blacha czołowa.
2. Rozciągany środknik belki.
3. Ściskany pas belki (skosu).
4. Środnik belki ze skosem w strefie ściskanej.
5. Środnik belki ze skosem w strefie rozciąganej.
6. Ścinanie śrub.
7. Spoiny.



10 Widok na rysunek poglądowy zamodelowanego styku

Nowym ograniczeniem dla połączenia zginanego jest wymóg współosiowości pasów ściskanych obu belek (aplikacja dopuszcza przesunięcie w ramach pewnego marginesu).

Dla tego typu połączenia pojawia się nowy tryb obliczeń – dla ciągną. Jest ona możliwa do zastosowania jedynie dla zestawów sił, w których występuje czyste rozciąganie. Pewnej modyfikacji ulega wtedy procedura klasyfikacji szeregów śrub oraz pomijane są elementy obliczeniowe powiązane ze ściskaniem.

6. Sztywność połączenia.

Dla tego typu węzła norma wymaga wyznaczenia sztywności obrotowej połączenia. Wynik klasyfika-

E10 ZIELONE STRONY

cji węzła należy porównać z modelem statycznym konstrukcji, z którego pozyskano zestaw sił do przeprowadzenia wymiarowania styku, np. węzeł zaklasyfikowany jako sztywny powinien być też takowy w Ramie.

W rzeczywistych przypadkach projektowych największy wpływ na uzyskiwaną sztywność obrotową mają:

- wielkość ramienia dźwigni (im większa odległość pomiędzy pasem ściskającym, a pierwszym szeregiem śrub, tym większa sztywność);
- sztywność blachy węzłowej (im mniejsza grubość blachy, tym mniejsza sztywność);
- stosowanie żeber poprzecznych słupa.

7. Wynik wymiarowania.

Wynikiem działania procedury wymiarowania aplikacji EuroZłącza jest raport z obliczeń. Zawiera on dane wejściowe (rysunek poglądowy połączenia, opis użytych elementów, wypisane zestawy sił) oraz wyniki (lista sprawdzonych warunków geometrycznych, obliczeń oraz uzyskanych wytyżeń i sprawdzonych warunków obliczeniowych). Raport może być wydrukowany w formie pełnej, skróconej (obliczenia tylko dla sił, dla których dane wytyżenie przyjmuje największą wartość) oraz wypisania samych wartości warunków i wytyżeń w postaci listy. Listę wytyżeń oraz sprawdzonych warunków normowych można też podejrzeć w panelu "Wyniki wymiarowania".

11 Wyniki wymiarowania

Autor:
mgr inż. Adam Adamczyk

Piśmiennictwo i wykorzystane materiały

- [1] ACCESS STEEL, Przykład: Rama portalowa - połączenie okapowe
- [2] ACCESS STEEL, Informacje uzupełniające: Projektowanie doczołowych połączeń narożnych w ramach portalowych
- [3] Goczek J., Supeł Ł., Gajdzicki M.: Przykłady obliczeń konstrukcji stalowych
- [4] Kawecki W., Kawecki P., Klimek A., Łaguna K.: Uproszczona procedura projektowania sztywnych doczołowych połączeń sprężanych na podstawie PN-EN 1993-1-8
- [5] Budownictwo ogólne. Tom 5: Stalowe konstrukcje budynków, projektowanie według eurokodów z przykładami obliczeń
- [6] Kozłowski A.: Konstrukcje stalowe. Przykłady obliczeń wg PN-EM 1993-1. Część pierwsza: Wybrane elementy i połączenia