

EuroZłącza

Podręcznik użytkownika dla programu EuroZłącza

2016-02-14

1 Spis Treści

Spis Treści

1	SPIS TREŚCI.....	2
2	WSTĘP	11
3	RAPORT Z OBLICZENIAMI.....	14
4	PANELE GŁÓWNE PROGRAMU.....	17
4.1	MODEL POŁĄCZENIA	18
4.2	MODEL SIŁ	19
4.2.1	Dodawanie kombinacji sił.....	20
4.2.2	Usuwanie kombinacji sił.....	20
4.2.3	Współpraca z programem Rama 3D/2D	20
4.3	WYNIKI WYMIAROWANIA.....	20
4.3.1	Komunikaty wyniki w oknie głównym.....	21
4.4	WYDRUKI.....	22
4.4.1	Rysunek	23
4.4.2	Raport wytyżeń	23
4.4.3	Raport skrócony	23
4.4.4	Raport pełny.....	24
4.5	ZAPISYWANIE (ODCZYTYWANIE) DANYCH	24
4.5.1	Zapis danych	24
4.5.2	Odczyt danych	24
5	POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE	25
5.1	TYP POŁĄCZENIA.....	27
5.2	DANE OGÓLNE.....	27
5.2.1	Słup	28
5.2.2	Belka	28
5.2.3	Globalne parametry połączenia.....	29
5.2.4	Geometria przy styku.....	29
5.2.5	Sposób łączenia.....	29
5.2.6	Rodzaj węzła.....	29
5.2.7	Żebra wzmacniające półki	30
5.2.8	Ogólny sposób wymiarowania.....	30
5.2.9	Typ połączenia.....	31
5.3	BLACHA CZOŁOWA.....	31
5.3.1	Blacha czołowa – Wymiary	32
5.3.2	Blacha czołowa –Baza materiałowa	32
5.4	ŻEBRO WZMACNIAJĄCE GÓRNE (DOLNE) – BLACHA	32
5.4.1	Blacha żebra – Wymiary	33
5.4.2	Blacha żebra – Baza materiałowa	33
5.5	ŻEBRO WZMACNIAJĄCE GÓRNE (DOLNE)-TEOWNIK.....	33

Spis Treści

5.5.1	Żebro – Wymiary	33
5.5.2	Żebro – Rodzaj.....	35
5.6	PARAMETRY SPOIN	35
5.6.1	Belka	35
5.6.2	Rodzaj spoiny	36
5.6.3	Sposób wymiarowania spoin	36
5.6.4	Blacha wzmacniająca żebra górna (dolna).....	36
5.6.5	Żebro wzmacniające górne (dolne).....	36
5.7	PARAMETRY ŚRUB.....	37
5.7.1	Kategoria połączenia.....	37
5.7.2	Geometria połączenia	37
5.7.3	Baza materiałowa.....	38
5.7.4	Liczba szeregów rozciąganych	38
5.7.5	Odległość blachy czołowej oraz pierwszego szeregu śrub o krawędzi słupa.....	39
5.8	WZMOCNIENIA ŚRODNICA SŁUPA	39
5.8.1	Brak	39
5.8.2	Zdwojone żebra poprzeczne	39
5.8.2.1	Parametry żeber usztywniających poprzecznych	39
5.8.2.2	Baza materiałowa	40
5.8.3	Nakładki środnika	40
5.8.3.1	Parametry nakładki środnika słupa – Wymiary	40
5.8.3.2	Parametry nakładki środnika słupa – Rodzaj spoiny	41
5.8.3.3	Parametry nakładki środnika słupa – Baza materiałowa	41
5.9	SZTYWNOŚĆ POŁĄCZENIA	41
5.9.1	Klasyfikacja węzła ze względu na sztywność.....	41
5.9.2	Parametry sztywności	41
6	POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA PODCIĄG-BELKA.....	43
6.1	TYP POŁĄCZENIA.....	46
6.2	DANE OGÓLNE.....	46
6.2.1	Podciąg	47
6.2.2	Belka	47
6.2.3	Globalne parametry połączenia.....	48
6.2.4	Elementy łączące	48
6.2.5	Geometria przy styku.....	48
6.2.6	Ogólny sposób wymiarowania.....	51
6.2.7	Wycięcia przykońcowe	51
6.3	PARAMETRY PRZYKŁADKI.....	51
6.3.1	Typ elementu	52
6.3.2	Parametry przykładki –Wymiary	52

Spis Treści

6.3.3	Parametry przykładki – Położenie	52
6.3.4	Parametry przykładki – Baza materiałowa	52
6.4	POŁĄCZENIE BELKA-BLACHA (PRZYKŁADKA)	52
6.4.1	Typ połączenia – Spawane.....	52
6.4.2	Typ połączenia – śrubowe	53
6.4.2.1	Geometria połączenia	54
6.4.2.2	Baza materiałowa	54
6.5	POŁĄCZENIE PODCIĄG-BLACHA (PRZYKŁADKA).....	54
6.5.1	Rodzaj spoiny – Pachwinowa	54
6.5.2	Rodzaj spoiny – Czołowa	55
6.6	PARAMETRY UŻEBROWANIA PODCIĄGU	56
6.6.1	Baza materiałowa.....	57
6.7	POŁĄCZENIE BELKA-BLACHA (ŻEBRO)	57
6.7.1	Typ połączenia – Spawane.....	57
6.7.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	58
6.7.2.1	Geometria połączenia	58
6.7.2.2	Baza materiałowa	59
7	POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA SŁUP-BELKA	60
7.1	TYP POŁĄCZENIA.....	62
7.2	DANE WEJŚCIOWE	63
7.2.1	Słup	63
7.2.2	Belka	64
7.2.3	Globalne parametry połączenia.....	64
7.2.4	Sposób łączenia.....	64
7.2.5	Rodzaj węzła.....	65
7.2.6	Ogólny sposób wymiarowania.....	65
7.2.7	Geometria przy styku.....	66
7.2.8	Symetria	66
7.2.9	Elementy łączące	66
7.3	PARAMETRY PRZYKŁADKI.....	69
7.3.1	Typ elementu	69
7.3.2	Parametry przykładki – Wymiary	69
7.3.3	Parametry przykładki – Położenie	69
7.3.4	Parametry przykładki – Baza materiałowa	70
7.4	POŁĄCZENIE BELKA-BLACHA (PRZYKŁADKA)	70
7.4.1	Typ połączenia – Spawane.....	70
7.4.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	71
7.4.2.1	Parametry ogólne.....	72
7.4.2.2	Geometria połączenia	72
7.4.2.3	Baza materiałowa	72

Spis Treści

7.5	POŁĄCZENIE SŁUP-BLACHA (PRZYKŁADKA)	73
7.5.1	Rodzaj spoiny – Pachwinowa	73
7.5.2	Rodzaj spoiny – Czołowa	73
7.6	PARAMETRY NAKŁADKI	74
7.6.1	Baza materiałowa.....	75
7.7	POŁĄCZENIE BELKA-BLACHA	75
7.7.1	Typ połączenia – Spawane.....	76
7.7.2	Typ połączenia-Śrubowe	77
7.7.2.1	Parametry ogólne.....	77
7.7.2.2	Geometria połączenia	77
7.7.2.3	Baza materiałowa	78
7.8	POŁĄCZENIE SŁUP-BLACHA	78
7.8.1	Rodzaj spoiny – Pachwinowa	78
7.8.2	Rodzaj spoiny – Czołowa	79
7.9	STOLIK MONTAŻOWY	79
7.9.1	Przekrój stolika montażowego.....	80
7.9.2	Typ połączenia – Śrubowy.....	81
7.9.3	Typ połączenia – Spawany	82
7.10	WZMOCNIENIE ŚRODNIA SŁUPA	83
7.10.1	Parametry żeber poprzecznych słupa – Wymiary	83
7.10.2	Parametry żeber poprzecznych słupa – Baza materiałowa	83
8	POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA BELKA-BELKA.....	84
8.1	TYP POŁĄCZENIA.....	85
8.2	DANE WEJŚCIOWE	86
8.2.1	Belka lewa	86
8.2.2	Belka prawa	87
8.2.3	Globalne parametry połączenia.....	87
8.2.4	Ogólny sposób wymiarowania.....	87
8.2.5	Geometria przy styku.....	88
8.2.6	Symetria.....	90
8.2.7	Elementy łączące	90
8.3	PARAMETRY PRZYKŁADKI.....	91
8.3.1	Typ elementu	91
8.3.2	Parametry przykładki – Wymiary.....	91
8.3.3	Parametry przykładki – Położenie	91
8.3.4	Parametry przykładki – Baza materiałowa	92
8.4	POŁĄCZENIE BELKA-PRZYKŁADKA.....	92
8.4.1	Typ połączenia – Spawane.....	92
8.4.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	93
8.4.2.1	Parametry ogólne.....	93

Spis Treści

8.4.2.2	Geometria połączenia	93
8.4.2.3	Baza materiałowa	94
8.5	PARAMETRY NAKŁADKI	94
8.5.1	Baza materiałowa.....	95
8.6	POŁĄCZENIE BELKA-NAKŁADKA	95
8.6.1	Typ połączenia – Spawane.....	95
8.6.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	96
8.6.2.1	Parametry ogólne.....	97
8.6.2.2	Geometria połączenia	97
8.6.2.3	Baza materiałowa	97
9	POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA BELKA-BELKA DOCZOŁOWE.....	98
9.1	TYP POŁĄCZENIA.....	99
9.2	DANE OGÓLNE.....	100
9.2.1	Ogólny sposób wymiarowania.....	100
9.2.2	Znak momentu zginającego	100
9.2.3	Globalne parametry połączenia.....	101
9.2.4	Symetria	101
9.2.5	Cięgno.....	101
9.3	BELKA.....	101
9.3.1	Przekrój.....	102
9.3.2	Geometria przy styku.....	103
9.3.3	Wzajemna orientacja belek	103
9.3.4	Żebra wzmacniające półki	104
9.4	BLACHA CZOŁOWA.....	104
9.4.1	Blacha czołowa – Wymiary	104
9.4.2	Blacha czołowa – Baza materiałowa	105
9.5	ŻEBRO WZMACNIAJĄCE GÓRNE (DOLNE) – BLACHA	105
9.5.1	Blacha żebra – Wymiary.....	105
9.5.2	Blacha żebra – Baza materiałowa	106
9.6	SKOS TEOWY GÓRNY (DOLNY)	106
9.6.1	Skos teowy – sposób wytworzenia	106
9.6.2	Wymiary	106
9.7	PARAMETRY SPOIN	108
9.7.1	Belka.....	108
9.7.2	Rodzaj spoiny	108
9.7.3	Blacha wzmacniająca żebra górna (dolna).....	109
9.7.4	Żebro wzmacniające górne (dolne).....	109
9.8	PARAMETRY ŚRUB.....	109
9.8.1	Kategoria połączenia.....	110
9.8.2	Geometria połączenia	110

Spis Treści

9.8.3	Baza materiałowa.....	111
9.8.4	Liczba szeregów rozciąganych	111
9.9	SZTYWNOŚĆ POŁĄCZENIA	111
9.9.1	Klasyfikacja węzła ze względu na sztywność.....	111
9.9.2	Parametry sztywności	111
10	POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ	113
10.1	TYP POŁĄCZENIA.....	115
10.2	DANE OGÓLNE.....	115
10.2.1	Pas kratowy.....	116
10.2.2	Globalne parametry połączenia.....	116
10.2.3	Rodzaj węzła.....	116
10.2.4	Ogólny sposób wymiarowania.....	117
10.2.5	Znak siły normalnej w pasie kratowym	117
10.2.6	Przesunięcie punktu węzłowego	117
10.2.7	Położenie węzła	118
10.3	BLACHA WĘZŁOWA: PRZEKRÓJ.....	119
10.3.1	Wymiary	119
10.3.2	Ustawienie prętów skratowania	119
10.3.3	Baza materiałowa.....	119
10.4	BLACHA WĘZŁOWA: POŁĄCZENIE.....	120
10.4.1	Rodzaj spoiny	120
10.4.2	Parametry spoiny	120
10.5	PRĘTY SKRATOWANIA	121
10.5.1	Typ przekroju.....	122
10.5.2	Mnożność przekroju	122
10.5.3	Orientacja przekroju	123
10.5.4	Geometria przy styku.....	123
10.6	PRĘTY SKRATOWANIA – POŁĄCZENIE PRZYLEGAJĄCE.....	124
10.6.1	Połączenie śrubowe.....	124
10.6.1.1	Parametry ogólne.....	124
10.6.1.2	Geometria połączenia	125
10.6.1.3	Baza materiałowa	125
10.6.2	Połączenie spawane	125
10.7	PRĘTY SKRATOWANIA – POŁĄCZENIE TEOWE	126
ZAŁĄCZNIKI.....		128
	RAPORT PRZYKŁADOWY: POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE.....	128
	RAPORT PRZYKŁADOWY: POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA PODCIĄG-BELKA	148
	RAPORT PRZYKŁADOWY: POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA SŁUP-BELKA	160
	RAPORT PRZYKŁADOWY: POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA BELKA-BELKA	172

Spis Treści

RAPORT PRZYKŁADOWY: POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA BELKA-BELKA DOCZOŁOWE	187
RAPORT PRZYKŁADOWY: POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ.....	203

Spis Treści

Wydawca

ArCADiasoft Chudzik sp. j.
ul. Sienkiewicza 85/87
90-057 Łódź
www.arcadiasoft.pl

Prawa autorskie

Zwracamy Państwu uwagę na to, że stosowane w podręczniku określenia software'owe i hardware'owe oraz nazwy markowe danych firm są prawnie chronione.

Program komputerowy oraz podręcznik użytkownika zostały opracowane z najwyższą starannością i przy zachowaniu wszelkich możliwych środków kontrolnych.

Pomimo tego nie można całkowicie wykluczyć wystąpienia błędów.

Pragniemy w związku z tym zwrócić uwagę na to, że nie możemy udzielić gwarancji, jak również ponosić prawnej odpowiedzialności za wynikłe stąd skutki.

Za podanie nam ewentualnych błędów będziemy wdzięczni.

2 Wstęp

Wstęp

EuroZłącza to program do wymiarowania płaskich połączeń stalowych Eurokodu zgodnie z normą **PN-EN 1993-1-8:2006**.

W drugiej wersji programu wymiarowane są następujące typy połączeń stalowych:

- Połączenie EuroZłącza **PODCIĄG-BELKA** wzmacniane uźebrowaniem, spawane lub na śruby, wymiarowane na zadany zestaw sił poprzecznych z uwzględnieniem momentu lub na nośność elementów łączonych.
- Połączenie EuroZłącza **SŁUP-BELKA** z przykładkami, nakładkami oraz ewentualnym uźebrowaniem środnika słupa, spawane lub na śruby, wymiarowane na zadany zestaw sił poprzecznych z uwzględnieniem momentu lub na nośność elementów łączonych.
- Połączenie EuroZłącza **SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE** uźebrowane, spawane lub na śruby, wymiarowane na zadany zestaw sił poprzecznych z uwzględnieniem momentu lub na nośność elementów łączonych.
- Połączenie EuroZłącza **BELKA-BELKA** z nakładkami i przykładkami, spawane lub na śruby, wymiarowane na zadany zestaw sił poprzecznych z uwzględnieniem momentu lub na nośność elementów łączonych.
- Połączenie EuroZłącza **BELKA-BELKA DOCZOŁOWE** uźebrowane, na śruby, wymiarowane na zadany zestaw sił poprzecznych z uwzględnieniem momentu lub na nośność elementów łączonych.
- Połączenie EuroZłącza **KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ**, spawane lub na śruby, wymiarowane na zadany zestaw sił poprzecznych z uwzględnieniem momentu lub na nośność elementów łączonych.

Program działa samodzielnie lub jako moduł wymiarujący połączenia stalowe w programie **R3D3-Rama 3D i R2D2-Rama 2D**.

W trybie współpracy z programem **R3D3/R2D2** do programu **EuroZłącza** przekazywane są zestawy sił wewnętrznych, a skrócone wyniki wymiarowania prezentowane są w modelu programu statycznego. Zapamiętywany jest też model utworzonego połączenia w programie **R3D3/R2D2**.

Raporty z wymiarowania w formacie RTF mogą być tworzone w trzech różnych stopniach szczegółowości z możliwością definiowania ich zakresu przez użytkownika.

Program tworzy zaawansowany, dynamiczny szkic projektowanego modelu połączenia.

W niniejszym dokumencie opisano podstawowe cechy interfejsu użytkownika aplikacji **EuroZłącza** wraz z uwagami użytkowymi.

Wstęp

Aplikację należy traktować jako pomoc przy obliczaniu sytuacji typowych, które zostały opisane w normie, a sposób weryfikacji nośności wprost z niej wynika. Konfiguracja połączenia, której sposób weryfikacji nośności nie został opisany w normie ani nie wynika wprost z poniższej instrukcji obsługi lub z logiki obliczeń przedstawionych w raporcie z obliczeń, może skutkować niepoprawnymi wynikami. Aplikacja wykrywa i informuje użytkownika o większości najczęściej spotykanych tego typu sytuacji, jednak pełna weryfikacja poprawności dopuszczalności modelu (konfiguracja modelu) leży po stronie użytkownika.

Program komputerowy oraz podręcznik użytkownika zostały opracowane z najwyższą starannością i przy zachowaniu wszelkich możliwych środków kontrolnych. Pomimo tego nie można całkowicie wykluczyć wystąpienia błędów. Pragniemy w związku z tym zwrócić uwagę na to, że nie możemy udzielić gwarancji, jak również ponosić prawnej odpowiedzialności za wynikłe stąd skutki. Za podanie nam ewentualnych błędów będziemy wdzięczni.

3 Raport z obliczeniami

Raport z obliczeniami

Wynikowych raportów obliczeniowych nie należy rozpatrywać w oderwaniu od przedmiotowych norm budowlanych oraz sposobu modelowania danych w aplikacji. Użytkownik nie jest zwolniony z weryfikacji poprawności modelu oraz obliczeń (przeprowadzanych przez aplikację) pod względem poprawności formalnej oraz zgodności ze sztuką projektowo-budowlaną. Do użytkownika należy decyzja co do zastosowania wygenerowanych obliczeń w toku wymiarowania konstrukcji, w tym m. in. uwzględniania poszczególnych wskazanych przez program wytyżeń lub konieczność sprawdzenia innych, niezawartych w raporcie z obliczeń.

Raport z obliczeń generowany jest z poziomu panelu **Wydruki**.

Strukturę raportu wyznaczają jego kolejne sekcje:

Rysunek złącza (geometria modelu)

Rysunek ma naturę pogładową, nie należy traktować go jako konstrukcyjnego. W przypadku, gdy jest on mało czytelny, można pobrać go w większym rozmiarze z poziomu panelu **Wydruki**, sekcja **Rysunek**.

Obciążenia

Lista z zestawami sił podanymi w panelu **Model sił**.

Dane geometryczne elementów złącza

Opis konfiguracji modelu w dziedzinie zastosowanych w połączeniu elementów (przekroje, wymiary itp.) oraz w dziedzinie parametrów występujących w nim połączeń (parametry połączeń śrubowych, grubości spoin itp.).

Sprawdzenie warunków geometrycznych złącza

Wyświetlenie sprawdzanych przez aplikację warunków normowych i geometrycznych zamodelowanego połączenia. Warunki spełnione oznaczone są kolorem zielonym, natomiast niespełnione kolorem czerwonym.

W przypadku wybrania opcji konfiguracyjnej **sprawdzenie warunków geometrycznych złącza (tylko niespełnione)** w tym rozdziale wyświetlane są warunki niespełnione.

Lista maksymalnych wytyżeń

Wyświetlenie nazw wytyżeń wraz z ich maksymalną wartością oraz numerem kombinacji sił, dla których ta wartość maksymalna występuje.

Obliczenia szczegółowe

Raport z obliczeniami

Obliczenia te podzielone są na części:

– Obliczenia wstępne

Przebieg obliczeń niezależnych od sił (wspólnych dla wszystkich kombinacji sił).

– Obliczenia dla kolejnych serii sił

Obliczenia dla kolejnych kombinacji sił (podanych w panelu **Model sił**). Wykorzystywane są w nich wyniki obliczeń wstępnych.

W przypadku wybrania opcji konfiguracyjnej **Obliczeń szczegółowych dla najgorszych sprawdzeń** w tym rozdziale obliczenia generowane są wyłącznie dla kombinacji sił, dla której dane wyłączenie osiągnęło największą wartość.

Zależnie od modułu na końcu dokumentu może znajdować się zestawienie wyłączeń według pewnych przyjętych kryteriów.

Raport można wygenerować w jednej z trzech postaci: pełnej (**Raport pełny**), skróconej (**Raport skrócony**) bądź zawierający jedynie wyniki (**Raport wyłączeń**), za pomocą odpowiedniego wyboru w panelu **Wydruki**.

Domyślne listy sekcji, które mają być zawarte w raportach danego typu można edytować w oknie **Opcje** (menu **Ustawienia** → **Opcje**).

	Pełny	Skrócony	Wyłączenia
Rysunek złącza	☒	☒	☒
Obciążenia	☒	☒	☒
Dane geometryczne elementów złącza	☒	☒	☐
Sprawdzenia warunków geometrycznych złącza (wszystkie)	☒	☒	☐
Sprawdzenia warunków geometrycznych złącza (tylko niespełnione)	☐	☐	☒
Lista maksymalnych wyłączeń	☒	☒	☒
Obliczenia szczegółowe dla wszystkich sprawdzeń	☒	☐	☐
Obliczenia szczegółowe dla najgorszych sprawdzeń	☐	☒	☐

Anuluj OK

4 Panele główne programu

Panele główne programu

Okno główne programu składa się z czterech podstawowych, kolejnych paneli głównych dostępnych w lewym górnym narożniku okna lub za pomocą dolnych strzałek umieszczonych pod listą paneli. Są to kolejno:

- Model połączenia,
- Model sił,
- Wyniki wymiarowania,
- Wydruki.

Przed przystąpieniem do tworzenia modelu połączenia można sprawdzić ustawienia normowe zamieszczone w oknie **Normy** (dostępnym z menu **Ustawienia**→**Normy**).

W oknie **Normy** użytkownik wpisuje *współczynniki materiałowe* wykorzystywane do obliczeń nośności połączeń. Obliczenia zostaną przeprowadzone zgodnie z normą PN-EN 1993-1-8:2006.

Współczynniki podane są domyślnie, ale użytkownik może je dowolnie zmieniać.

The screenshot shows the 'Normy' dialog box with the following content:

Współczynniki materiałowe	
Nośność elementów i przekrojów	Nośność na poślizg
$Y_{M0} = 1.00$	Stan graniczny nośności (kategoria C):
$Y_{M1} = 1.00$	$Y_{M3} = 1.25$
Nośność śrub, spoin, blach na docisk	Stan graniczny użytkowalności (kategoria B):
$Y_{M2} = 1.25$	$Y_{M3,ser} = 1.10$
Nośność węzłów kratownic z kształtowników rurowych	Siły sprężania śrub wysokiej wytrzymałości
$Y_{M5} = 1.00$	$Y_{M7} = 1.10$

Buttons: Anuluj, OK

4.1 Model połączenia

W rozwijalnym panelu **Model połączenia** wybieramy opcję **Typ połączenia** i wówczas w oknie po prawej stronie wyświetlone zostaną szkice dostępnych w programie typów modeli połączeń. Po wybraniu jednego z nich rozwijalna lista **Model połączenia** uzupełniona zostanie o kolejne opcje dostępne dla danego typu połączenia.

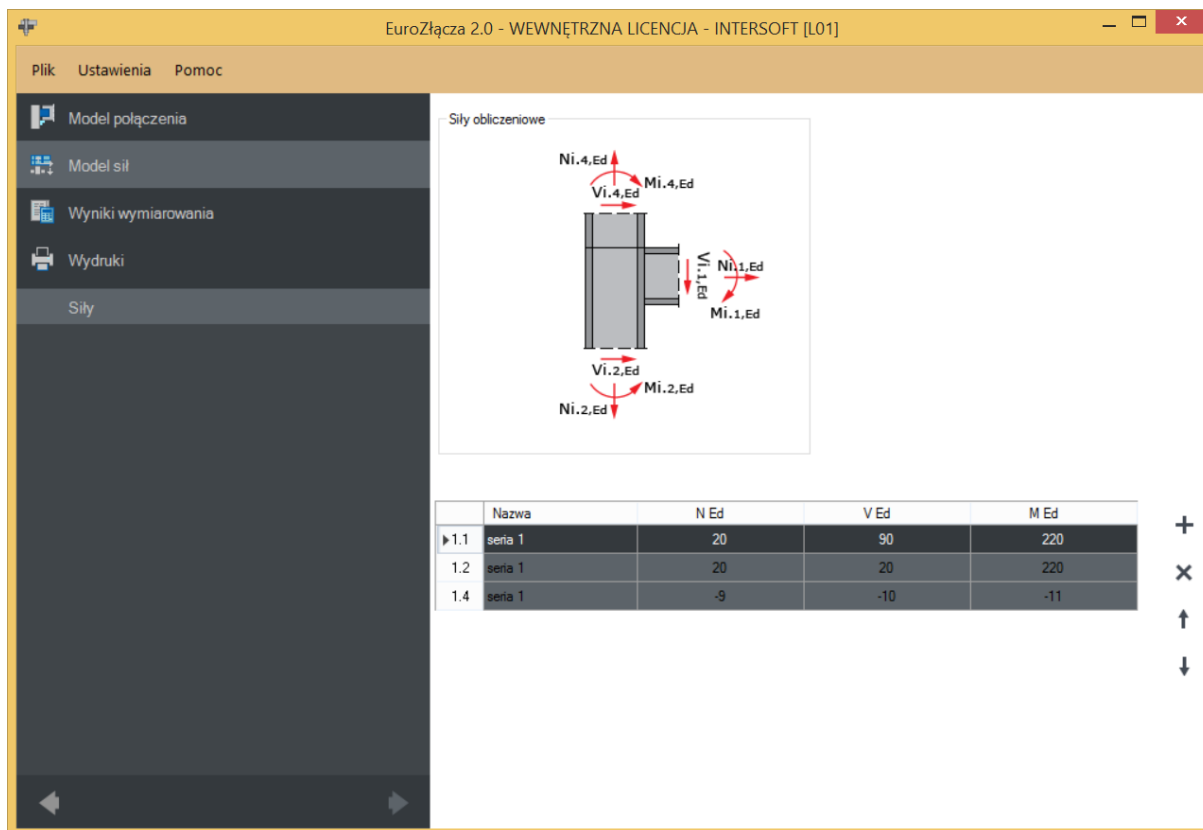
Panele główne programu

UWAGA: Analiza poprawności większości warunków geometrycznych (np. nachodzenie na siebie kolumn (szeregów) śrub) jest przeprowadzana dopiero na etapie obliczeń!

4.2 Model sił

W panelu **Model sił** użytkownik wpisuje dowolną kombinację sił obliczeniowych, dla których program przeprowadzi obliczenia nośności połączenia. Każda kombinacja sił (liczby rzeczywiste) składa się z pól: nazwy kombinacji sił, siły podłużnej (N_{Ed}), siły poprzecznej (V_{Ed}), momentu zginającego (M_{Ed}) działającego na połączenie. W razie potrzeby może to być też siła poprzeczna z płaszczyzny ($V_{op,Ed}$) oraz moment zginający z płaszczyzny ($M_{op,Ed}$).

Jeżeli konfiguracja wybranego modelu tego wymaga, włączona zostanie także opcja podawania sił charakterystycznych.



UWAGA: Znakowanie przekazywanych sił (dodatnie lub ujemne) dla każdego pręta musi odpowiadać ich zwrotom.

Na przykładzie belki prawej z powyższego przypadku:

- Dodatnia wartość siły $M_{i,1,Ed}$ odpowiada sytuacji, gdy moment ten rozciąga górne włókna przekroju belki prawej. Analogicznie wartość ujemna oznacza rozciąganie włókien dolnych.

Panele główne programu

- Dodatnia wartość siły $N_{i,1,Ed}$ odpowiada sytuacji, gdy pręt ten (belka prawa) jest rozciągany. Analogicznie wartość ujemna oznacza ściskanie.

4.2.1 Dodawanie kombinacji sił

Aby stworzyć nową kombinację sił, należy skorzystać z przycisku „dodaj kombinację” (+), a następnie w polu **Nazwa** zbioru sił wpisać jej nazwę oraz w polach siły normalnej N_{Ed} , siły poprzecznej V_{Ed} i momentu zginającego M_{Ed} podać wartości tych sił. Zależnie od wybranego typu połączenia na odpowiedni zestaw sił w ramach danej kombinacji wchodzi 1, 2, 3 lub 4 wiersze definiujące po trzy siły wewnętrzne i odpowiadające ilości prętów schodzących się w danym węźle dla danego typu połączenia.

4.2.2 Usuwanie kombinacji sił

Aby usunąć kombinację sił, należy wybrać odpowiedni numer wiersza, następnie użyć opcji „usuń kombinację” (-). Przy usuwaniu wybranej kombinacji usuwany jest cały zestaw wierszy definiujących siły wewnętrzne we wszystkich prętach dla danego typu połączenia.

4.2.3 Współpraca z programem Rama 3D/2D

UWAGA: W przypadku przekazywania sił poprzez współpracę aplikacji EuroZłącza [do wersji 1.2 włącznie] z programem Rama 3D/2D [do wersji 14.0 włącznie] import sił odbywał się w trybie zgodności co do modułu ich wartości, a po stronie użytkownika występowała konieczność nadania odpowiedniego znakowania każdej trójce sił, aby były one zgodne z modelem wymaganym przez procedurę obliczeniową. W późniejszych wersjach obu programów wprowadzono mechanizmy automatyzacji, mocniej wspomagający w tej konieczności użytkownika, jednak kontrola zgodności modelu z zamierzeniami projektanta jest nadal wymagana.

Podane w formularzy siły traktowane są jako pozyskane z modelu prętowego statyki, czyli występujące w miejscu przecięcia się osi prętów. W niektórych modułach siły te są transformowane, dla danego modelu połączenia, do sił występujących w rzeczywistym miejscu styku. Na bazie tak przetransformowanych sił wykonuje się procedurę wymiarowania.

4.3 Wyniki wymiarowania

Po poprawnym wprowadzeniu danych połączenia i ewentualnej dodatkowej ich kontroli na rysunku należy przełączyć panel główny na **Wyniki wymiarowania**, aby przeprowadzić obliczenia

Panele główne programu

4.3.1 Komunikaty wyniki w oknie głównym

W oknie głównym przedstawione są obliczenia warunków geometrycznych i normowych dla:

- śrub,
- spoin,
- wymiarów połączenia.

Przy każdym sprawdzanym warunku geometrycznym lub normowym po prawej stronie okna **Wyniki wymiarowania** umieszczone są poglądowe rysunki (nieodzwierciedlające aktualnej konfiguracji połączenia) sygnalizujące rodzaj lub miejsce występowania błędu.

Warunki oznaczone kolorem czerwonym nie spełniają założeń normowych lub geometrycznych.

UWAGA: Nie wszystkie sprawdzane warunki są twardymi ograniczeniami normowymi. Niektóre, specjalnie oznaczone, są sugestiami twórców aplikacji bądź odnoszą się do sugestii występujących w literaturze przedmiotowej.

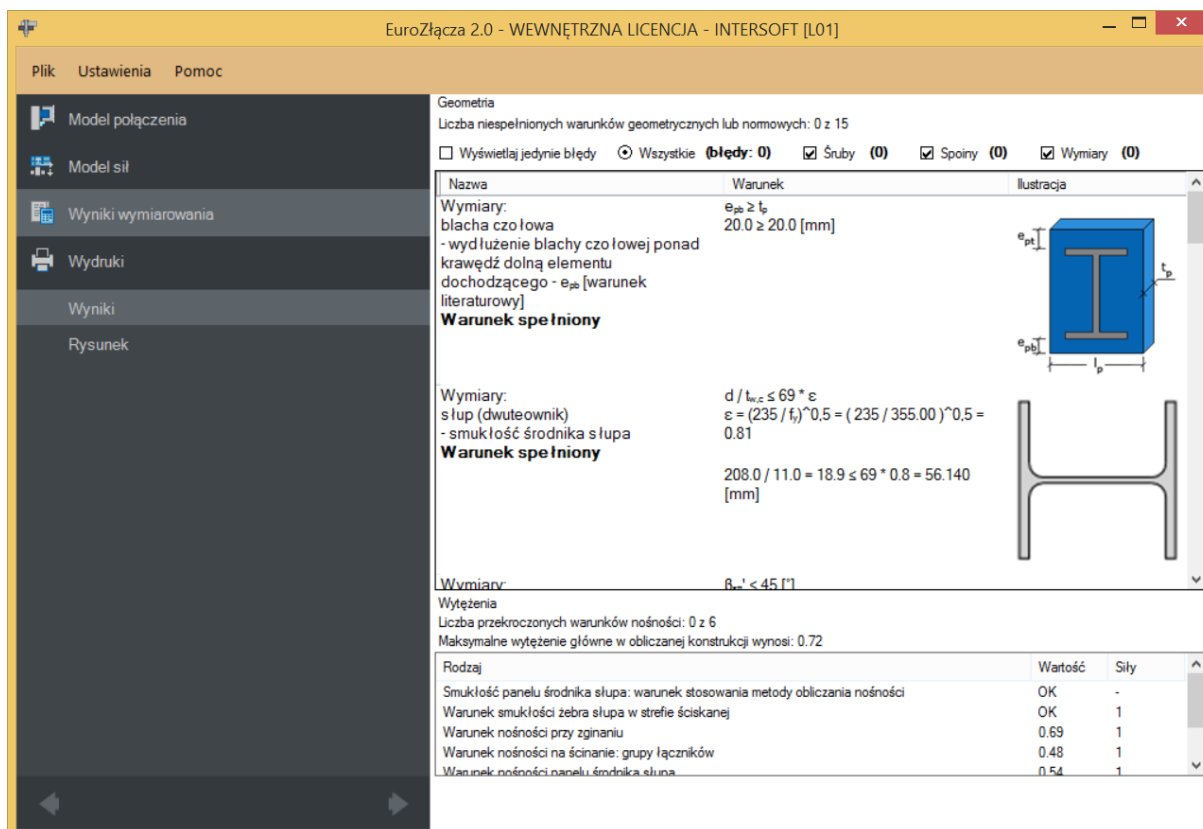
Użytkownik ma kontrolę nad wyświetlanymi w oknie błędami w wynikach, które może w każdej chwili uaktywnić i wyświetlić dla warunków geometrycznych i normowych, osobno dla: śrub, spoin i wymiarów połączenia.

W oknie przedstawione są również maksymalne wyężenia wynikające z obliczeń dla danego połączenia.

Po wyświetleniu wyników wymiarowania w głównym oknie programu pojawią się także komunikaty określające:

- liczbę niespełnionych warunków geometrycznych i normowych,
- liczbę przekroczonych warunków nośności,
- maksymalne wyężenie w obliczanym połączeniu.

Panele główne programu



4.4 Wydruki

Na panel **Wydruki** składają się cztery opcje: **Rysunek**, **Raport wyciężeń**, **Raport skrócony** i **Raport pełny**.



Aby wygenerować rysunek zamodelowanego połączenia w formacie PNG w wysokiej rozdzielczości, należy wybrać zakładkę **Rysunek** w panelu **Wydruki**, a następnie zapisać go na dysku w formacie PNG za pomocą przycisku zamieszczonego w górnej części okna.

4.4.2 Raport wyteżeń

Aby wygenerować raport w wersji zawierającej jedynie wynikowe podsumowanie projektu w postaci wytyżeń, należy użyć opcji generowania raportu z podpanelu **Raport wytyżeń**. Raport z przeprowadzonych obliczeń zostanie wygenerowany w formacie RTF lub PDF, zależnie od wyboru użytkownika w górnym pasku narzędzi zamieszczonym w tym oknie.

4.4.3 Raport skrócony

Aby wygenerować raport w wersji skróconej, należy użyć opcji generowania raportu z podpanelu **Raport skrócony**. Raport z przeprowadzonych obliczeń zostanie wygenerowany

Panele główne programu

w formacie RTF lub PDF, zależnie od wyboru użytkownika w górnym pasku narzędzi zamieszczonym w tym oknie.

4.4.4 Raport pełny

Aby wygenerować raport w wersji pełnej, należy użyć opcji generowania raportu z podpanelu **Raport pełny**. Raport z przeprowadzonych obliczeń zostanie wygenerowany w formacie RTF lub PDF, zależnie od wyboru użytkownika w górnym pasku narzędzi zamieszczonym w tym oknie.

4.5 Zapisywanie (odczytywanie) danych

4.5.1 Zapis danych

Aby zapisać dane, należy użyć opcji menu górnego **Plik – Zapisz** lub **Zapisz jako**. Pliki z danymi połączenia zapisywane są z rozszerzeniem *.ezp (**EuroZłącza** projekt).

4.5.2 Odczyt danych

Aby odczytać dane, należy użyć opcji menu górnego **Plik – Otwórz**.

5 Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

Algorytm dotyczy połączenia EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE, w którym oba główne elementy połączone są za pośrednictwem blachy czołowej bądź za pomocą spawu bezpośredniego. Połączenie jest jednostronne (dla jednej belki dochodzącej z jednej strony słupa), z możliwymi konfiguracjami:

Ogólnie:

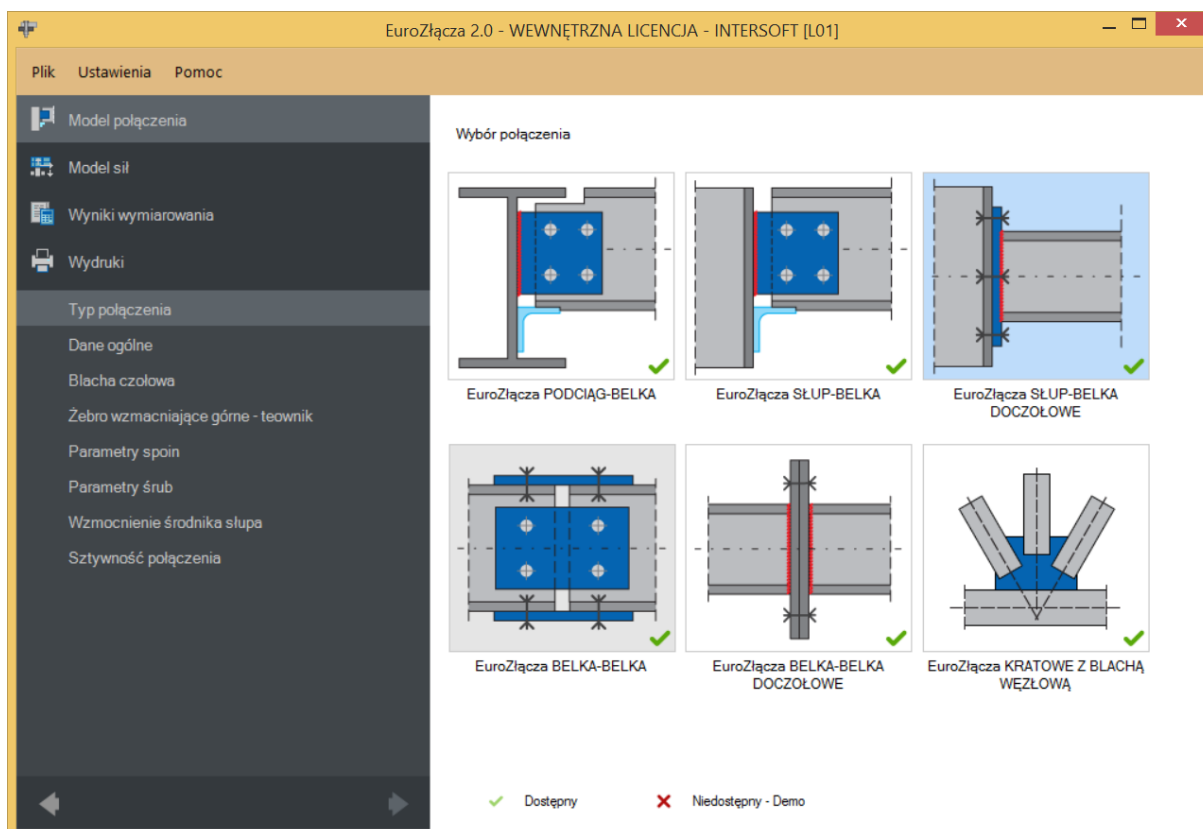
- dopuszczalne przekroje dla belki oraz słupa obejmują dwuteowniki,
- belka dochodząca do półki słupa,
- belka dochodząca do słupa pod kątem innym niż prosty,
- istnieje możliwość zastosowania usztywnienia środnika słupa dodatkowymi żebrami: poprzecznym górnym (na przedłużeniu półki górnej belki), poprzecznym dolnym (na przedłużeniu półki dolnej belki) lub nakładką płaską.

Żebra wzmacniające półki belki dolne i (lub) górne, w postaci:

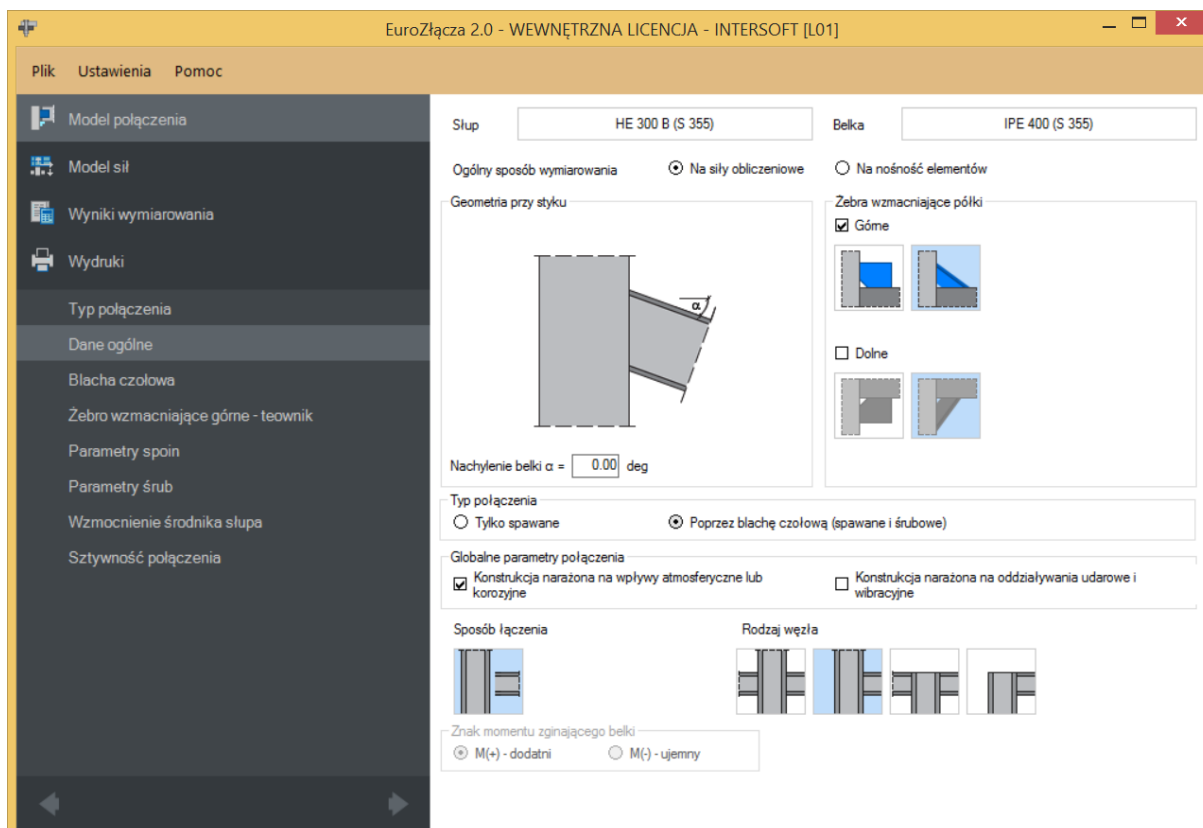
- skosów teownikowych (zamodelowanych jako teownik standardowy, połówka dwuteownika standardowego bądź blacha) lub płaskowników,
- połączenie blacha czołowa-żebro może być realizowane poprzez spoinę pachwinową bądź czołową,
- w razie zastosowania żeber teownikowych istnieje możliwość zastosowania usztywnienia środnika słupa dodatkowymi żebrami: górnym (na przedłużeniu półki żebra teownikowego górnego) oraz dolnym (na przedłużeniu półki żebra teownikowego dolnego).

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

5.1 Typ połączenia



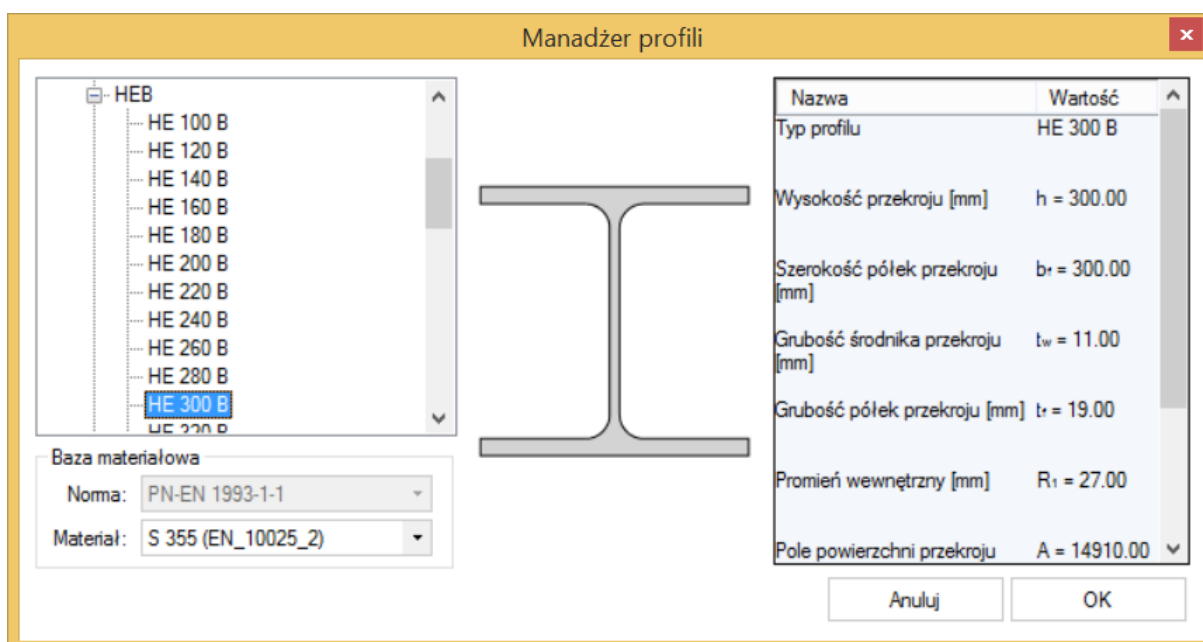
5.2 Dane ogólne



Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

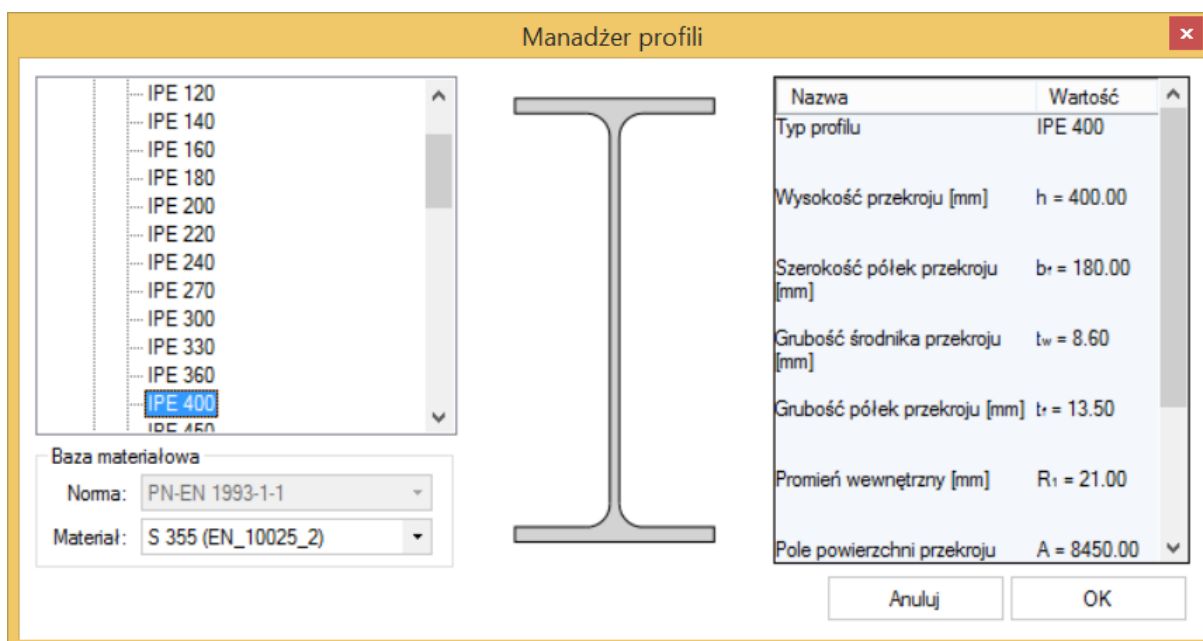
5.2.1 Słup

W opcji **Słup** znajduje się **Menadżer profili**, z którego należy wybrać odpowiedni profil słupa oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.



5.2.2 Belka

W opcji **Belka** znajduje się **Menadżer profili**, z którego należy wybrać odpowiedni profil belki oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.



5.2.3 Globalne parametry połączenia

Użytkownik może zaznaczyć następujące opcje:

Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne,

Konstrukcja narażona na oddziaływania udarowe i wibracyjne.

Po ustawieniu odpowiedniego znacznika parametr ten zostanie uwzględniony w obliczeniach.

5.2.4 Geometria przy styku

Użytkownik podaje kąt nachylenia belki względem słupa. Kąt podawany jest w stopniach. Pochylenie belki nie powinno mieć dużej wartości.

UWAGA (dotyczy aplikacji w wersji do 1.2): W połączeniu typu spawanego dla belki dochodzącej pod kątem innym niż prostym, może w niektórych sytuacjach nastąpić konieczność dodatkowego sprawdzenia poprawności wyliczeń nośności kładu spoin.

5.2.5 Sposób łączenia

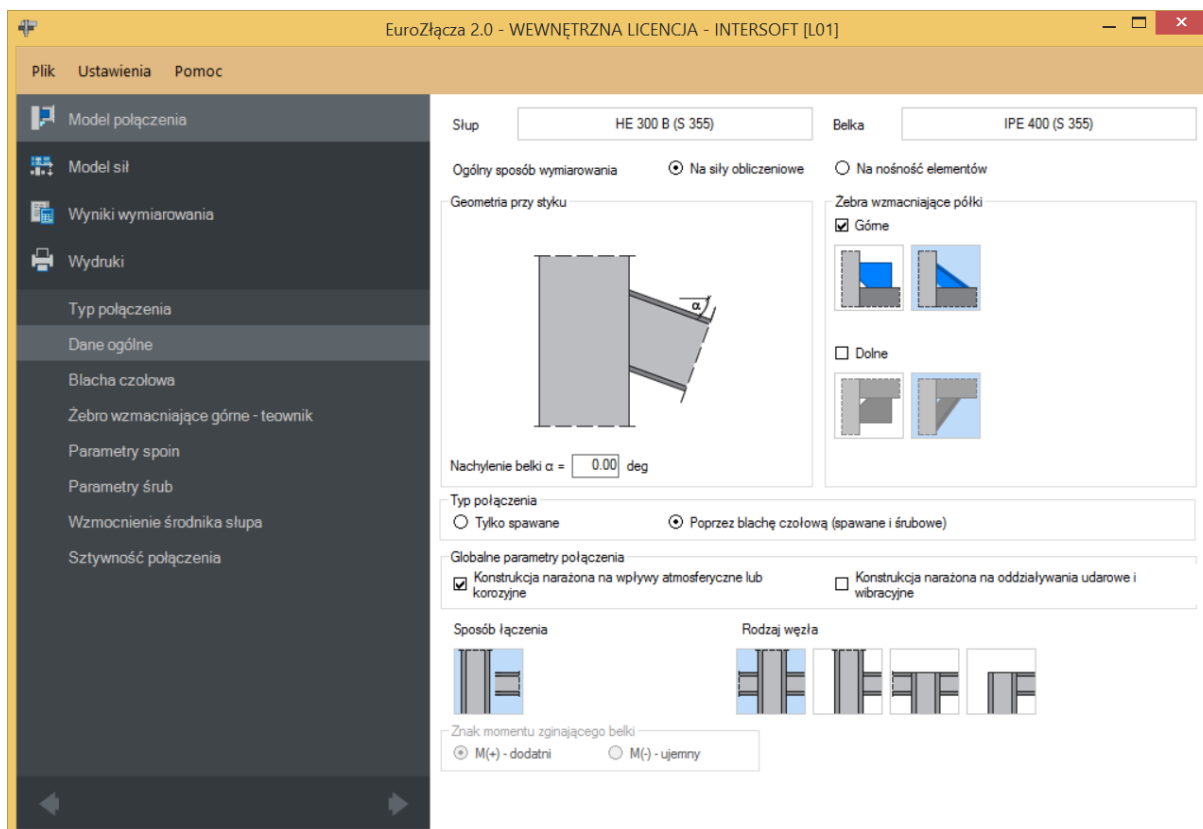
Aplikacja umożliwia przeprowadzenie analizy połączenia jedynie w konfiguracji belki dochodzącej do półki słupa.

5.2.6 Rodzaj węzła

W polu należy wybrać odpowiedni rodzaj węzła dla połączenia doczołowego belki ze słupem.

UWAGA: W celu dokonania wymiarowania węzła środkowego (dwustronnego) dla obu stron połączenia, należy sekwencyjnie wykonać model dla połączenia dla belki prawej oraz oddzielnie (w osobnym projekcie) dla połączenia dla belki lewej, traktując belkę obliczaną jako belkę główną (w przyjętej konwencji – umieszczoną po prawej stronie rysunku poglądowego).

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE



5.2.7 Żebra wzmacniające półki

Aby zastosować żebra wzmacniające półki, należy zaznaczyć pole **Górne (Dolne)** oraz wybrać typ żebra.

UWAGA: Użycie usztywnienia w postaci żebra z płaskownika jest możliwe tylko po stronie rozciąganej połączenia, tzn. wszystkie podane w panelu siły momenty zginające dla żebra górnego belki prawej muszą być nieujemne.

UWAGA (dotyczy aplikacji w wersji do 1.2): W połączeniu typu spawanego może w niektórych sytuacjach nastąpić konieczność dodatkowego ręcznego sprawdzenia nośności nieuzębrowanego słupa na poprzeczne ściskanie w sytuacjach, gdy krytyczna dla całego połączenia nie jest nośność ściskanego pasa belki.

5.2.8 Ogólny sposób wymiarowania

Użytkownik wybiera sposób wymiarowania nośności połączenia:

- Na siły obliczeniowe,
- Na nośność elementów.

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

UWAGA: Prawidłowe zaprojektowanie połączenia *Na nośność elementów* dochodzących wymaga dużego doświadczenia zarówno zawodowego, jak i w obsłudze programu, a w niektórych konfiguracjach modelu może być niemożliwe.

W przypadku wybrania obliczeń *Na nośność elementów* siły podane w panelu **Model sił** są ignorowane.

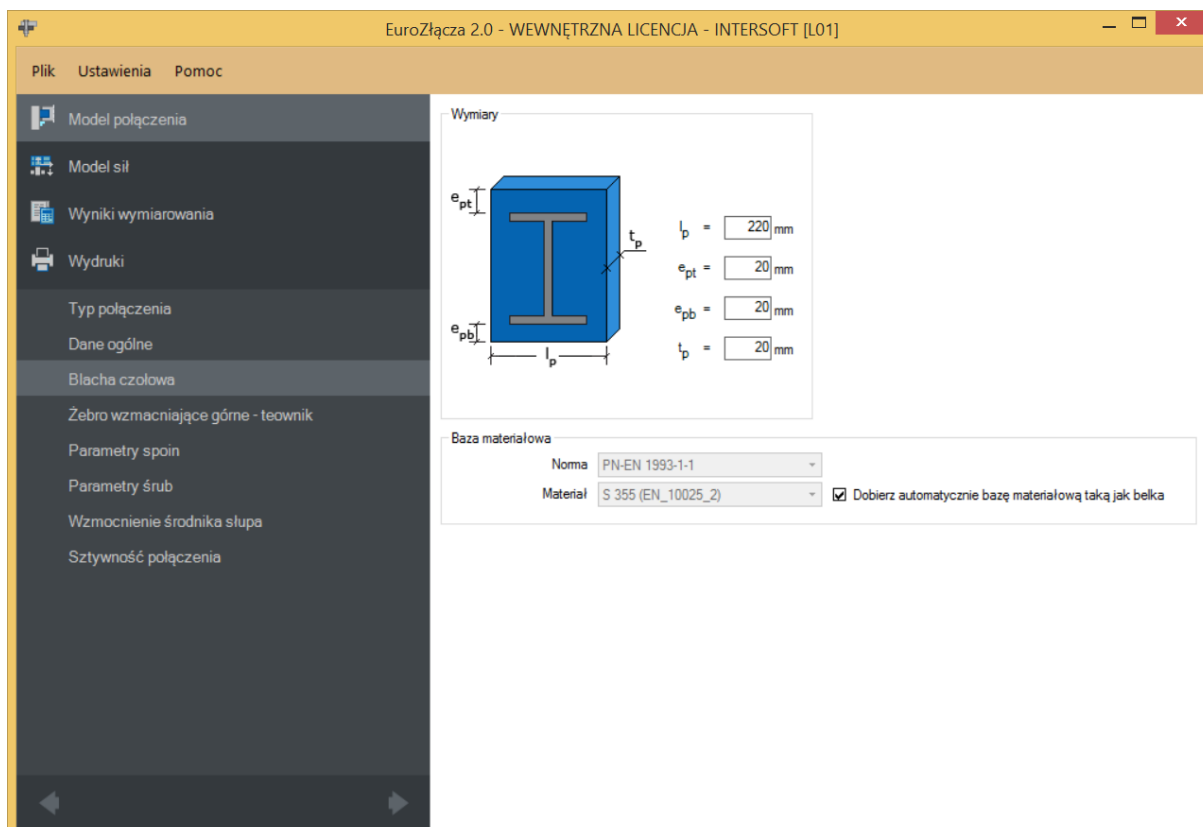
5.2.9 Typ połączenia

Użytkownik wybiera typ połączenia:

- **Tylko spawane** – oznacza to, że belka jest przyspawana bezpośrednio do słupa,
- **Poprzez blachę czołową (spawane i śrubowe)** – oznacza to, że belka jest przyspawana do blachy czołowej, a blacha czołowa jest połączona ze słupem na śruby.

5.3 Blacha czołowa

Zakładka główna **Blacha czołowa** pojawi się w przypadku, gdy użytkownik w zakładce **Dane wejściowe – Typ połączenia** wybierze pole **Poprzez blachę czołową (spawane i śrubowe)**.



5.3.1 Blacha czołowa – Wymiary

W panelu **Wymiary** należy podać parametry blachy czołowej zgodnie z rysunkiem umieszczonym w tym polu, gdzie:

l_p – szerokość blachy czołowej [mm],

e_{pt} – odległość od krawędzi górnej blachy czołowej do krawędzi górnej pasa górnego belki [mm],

e_{pb} – odległość od krawędzi dolnej blachy czołowej do krawędzi dolnej pasa dolnego belki [mm],

t_p – grubość blachy czołowej [mm].

5.3.2 Blacha czołowa –Baza materiałowa

W polu **Baza materiałowa** należy podać rodzaj stali. Po kliknięciu opcji **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belka** do blachy czołowej zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla belki.

5.4 Żebro wzmacniające górne (dolne) – blacha

Zakładka **Żebro wzmacniające górne (dolne) – blacha** pojawi się po wyborze odpowiedniej ikony w zakładce **Dane wejściowe – Żebra wzmacniające półki górne (dolne)**.

The screenshot shows the 'EuroZłącza 2.0 - WEWNĘTRZNA LICENCJA - INTERSOFT [L01]' window. The left sidebar contains a menu with options like 'Model połączenia', 'Model sil', 'Wyniki wymiarowania', 'Wydruki', 'Typ połączenia', 'Dane ogólne', 'Blacha czołowa', 'Żebro wzmacniające górne - blacha', 'Parametry spoin', 'Parametry śrub', 'Wzmocnienie środka słupa', and 'Sztywność połączenia'. The main area is titled 'Wymiary' and features a 3D model of a blue plate. Dimensions are indicated with arrows and labels: l_{stp} for width, h_{stp} for height, t_{stp} for thickness, c_{stp} for corner radius, and w_{ciecie} for cutout width. To the right of the model are input fields for these dimensions, with values 300 mm, 150 mm, 10 mm, 50 mm, and 50 mm respectively. Below the model is the 'Baza materiałowa' section, which includes dropdown menus for 'Norma' (set to PN-EN 1993-1-1) and 'Materiał' (set to S 355 (EN_10025_2)). A checkbox labeled 'Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belka' is checked.

5.4.1 Blacha żebra – Wymiary

W polu **Wymiary** należy podać wymiary żebra zgodnie z rysunkiem umieszczonym w polu **Wymiary**, gdzie:

l_{stp} – szerokość blachy [mm],

h_{stp} – wysokość blachy [mm],

t_{stp} – grubość blachy [mm],

c_{stp} – wcięcie przypięciowe [mm] (wyliczane automatycznie na bazie wymagań normy PN-B-06200).

5.4.2 Blacha żebra – Baza materiałowa

Po kliknięciu **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belka** do żebra wzmacniającego górnego (dolnego) zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla belki.

5.5 Żebro wzmacniające górne (dolne)-teownik

Zakładka **Żebro wzmacniające górne (dolne)-teownik** pojawi się po wyborze odpowiedniej ikony w zakładce **Dane wejściowe – Żebra wzmacniające półki górne (dolne)**.

5.5.1 Żebro – Wymiary

Skos wzmacniający teowy można skonstruować na bazie teownika tablicowego, dwuteownika tablicowego lub blachownicy teowej.

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

W polu **Wymiary** należy podać wymiary żebra zgodnie z rysunkiem umieszczonym w polu **Wymiary** (możliwość wpisania odpowiednich wymiarów uzależniona jest od rodzaju wzmocnienia), gdzie:

l_{sbt} – szerokość teownika liczona na rzucie poziomym [mm],

h_{sbt} – wysokość teownika liczona na rzucie pionowym [mm],

$t_{sbt,f}$ – grubość pasa górnego teownika [mm],

s_{sbt} – długość teownika liczona na rzucie z góry [mm],

$t_{sbt,w}$ – grubość środnika teownika [mm],

b_{sbt} – szerokość teownika liczona na rzucie z góry [mm],

c_{sbt} – wcięcie przypołączeniowe [mm] (wyliczane automatycznie na bazie wymagań normy **PN-B-06200**),

α – wyznaczony automatycznie kąt nachylenia teownika względem normalnej do belki, liczony w stopniach dziesiętnych [°].

h'_{sbt} – automatycznie wyznaczona rzeczywista wysokość teownika [mm].

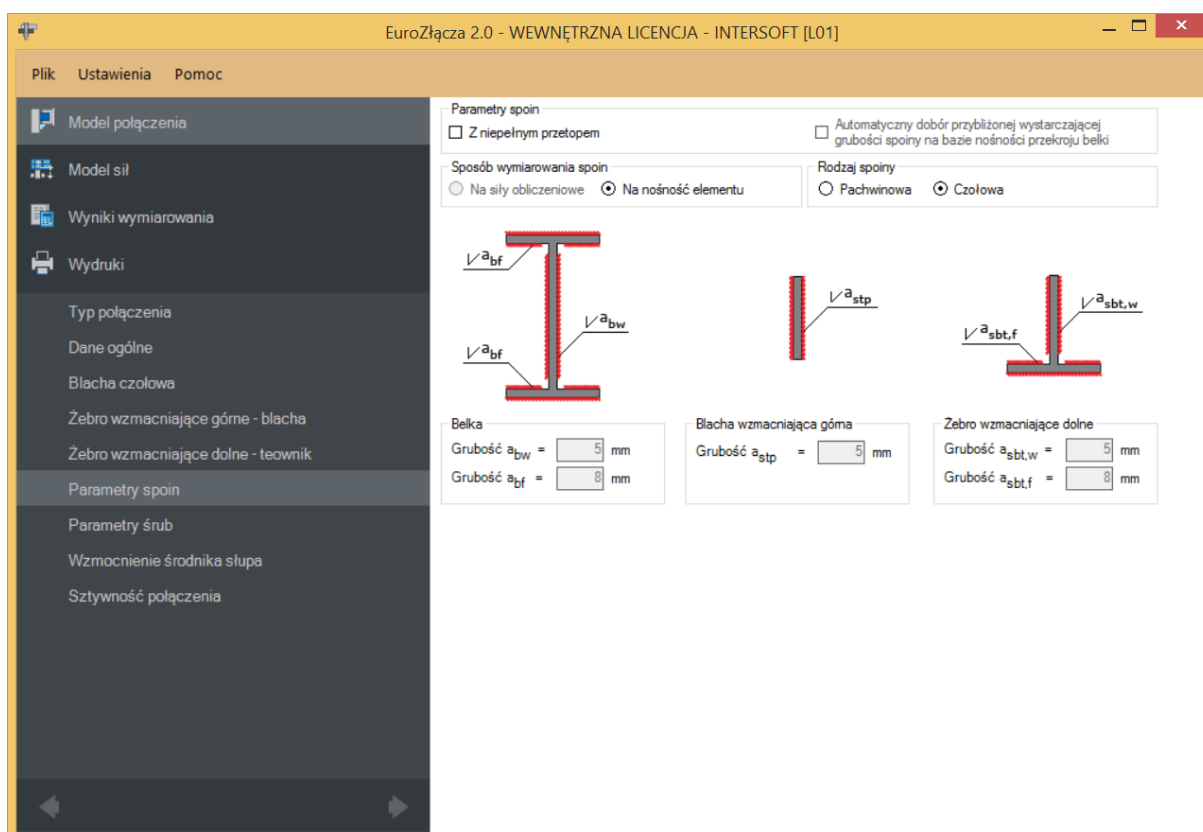
5.5.2 Żebro – Rodzaj

W polu **Żebro – Rodzaj** należy wybrać rodzaj żebra wzmacniającego górnego (dolnego):

- **Teownik standardowy** (wybór teownika z katalogu),
- **Półowka dwuteownika standardowego** (wybór półowki dwuteownika z katalogu),
- Spawany z blach.

W opcji **Dwuteownik (standardowy)** i **Teownik** dostępny jest **Menadżer profili**, z którego należy wybrać odpowiedni profil żebra wzmacniającego oraz wybrać rodzaj stali.

5.6 Parametry spoin



W panelu **Parametry spoin** użytkownik może wybrać automatyczny dobór przybliżonej i wystarczającej grubości spoiny na bazie nośności elementów przekroju belki. Po wybraniu automatycznego doboru grubości spoiny sekcja **Belka** zostaje dezaktywowana i wypełniona wyliczoną wartością.

5.6.1 Belka

W polu **Belka** należy podać grubości spoin:

a_{bw} – grubość spoiny łączącej środnik belki ze słupem (lub blachą czołową) [mm],

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

a_{tf} – grubość spoiny łączącej pasy belki ze słupem (lub blachą czołową) [mm].

5.6.2 Rodzaj spoiny

W polu **Rodzaj spoiny** należy podać rodzaj spoiny łączącej belkę ze słupem lub blachą czołową:

- **Pachwinowa** – w przypadku wyboru spoiny pachwinowej możliwy jest automatyczny dobór przybliżonej wartości grubości spoiny na bazie nośności przekroju belki,
- **Czołowa** – w przypadku wyboru spoiny czołowej możliwy jest wybór spoiny z niepełnym przetopem; spoina czołowa z pełnym przetopem przyjmuje grubość dochodzącej blachy.

5.6.3 Sposób wymiarowania spoin

W sekcji **Sposób wymiarowania spoin** moduł automatycznie zaznacza pole **Na nośność elementu**, jeżeli w zakładce **Dane wejściowe** wybrano globalny sposób wymiarowania nośności **Na nośność elementu** (opcja dotyczy jedynie połączenia typu spawanego).

W przypadku globalnego wymiarowania **Na siły obliczeniowe** (dla połączenia typu spawanego) istnieje możliwość indywidualnego sprawdzania nośności spawów dla procedury takiej jak dla wymiarowania **Na nośność elementów**. Wynika to z ograniczeń normowych, która dla pewnych konfiguracji modelu wymaga właśnie takiego podejścia do obliczania spawów. Pozostałe części podstawowe węzła mogą być wtedy nadal obliczane **Na siły obliczeniowe**.

5.6.4 Blacha wzmacniająca żebra górna (dolna)

W polu należy podać zgodnie z rysunkiem (opcja pojawia się w zależności od wyboru typu wzmocnienia):

a_{stp} – grubość spoiny łączącej blachę wzmacniającą żebra górną (dolną) z belką i słupem [mm].

5.6.5 Żebro wzmacniające górne (dolne)

W polu należy podać zgodnie z rysunkiem (opcja pojawia się w zależności od wyboru typu wzmocnienia):

$a_{sbt,w}$ – grubość spoiny łączącej środek żebra górnego (dolnego) z belką i słupem [mm],

$a_{sbt,f}$ – grubość spoiny łączącej półkę żebra górnego (dolnego) z belką i słupem [mm].

5.7 Parametry śrub

Zakładka pojawia się w przypadku wyboru w zakładce **Dane wejściowe** opcji **Poprzez blachę czołową (spawane i śrubowe)**.

The screenshot shows the 'EuroZłącza 2.0 - WEWNĘTRZNA LICENCJA - INTERSOFT [L01]' window. The left sidebar contains the following menu items: Model połączenia, Model sil, Wyniki wymiarowania, Wydruki, Typ połączenia, Dane ogólne, Blacha czołowa, Zebro wzmacniające górne - teownik, Parametry spoin, **Parametry śrub** (selected), Wzmocnienie środka słupa, and Sztywność połączenia. The main workspace is divided into three sections: 'Geometria połączenia' with a diagram of a beam-column joint and input fields for 'Kategoria połączenia' (D), 'Liczba wierszy' (w = 4), and 's₁' (120 mm); 'Odległość blachy czołowej / pierwszego szeregu śrub od krawędzi słupa' with a diagram and input fields for 'e_{cep}' (0 mm) and 'e_{1,c}' (80 mm); and 'Baza materiałowa' with dropdowns for 'Norma' (PN-EN 1993-1-8), 'Klasa' (8.8), 'Średnica d' (M20), and 'Część ścinana' (Gwintowana). The right-hand panel, titled 'Rozstawy pionowe śrub', contains a table of vertical spacings: e1 (80 mm), p1 (180 mm), p2 (80 mm), and p3 (200 mm). Below the table are checkboxes for 'Centruj w pionie' and 'Liczba szeregów rozciąganych' (3), and a checkbox for 'Dobierz automatycznie'.

5.7.1 Kategoria połączenia

Zgodnie z zasadami modelowania połączenia według normy **PN-EN 1993:1-8:2006**, należy wybrać jedną z kategorii połączenia doczołowego: **D** lub **E**.

UWAGA: Dla konstrukcji narażonej na oddziaływanie udarowe i wibracyjne automatycznie wybierana jest kategoria połączenia **E** bez możliwości jej zmiany.

5.7.2 Geometria połączenia

W polu **Liczba wierszy** należy wpisać liczbę wierszy śrub użytych w połączeniu belka-słup typu doczołowego. Po wybraniu odpowiedniej liczby wierszy pojawi się automatycznie lista, w której należy wpisać odległości między wierszami śrub:

e₁ – dla pierwszej śruby – liczone od krawędzi górnej blachy do osi pierwszego wiersza śrub [mm],

p₁ – dla każdej kolejnej śruby – liczone w pionie od osi (wiersza) śruby poprzedniej do osi (wiersza) śruby kolejnej [mm].

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

s_1 – odległość między kolumnami śrub, liczona w poziomie.

Opcja **Centruj w pionie** pozwala na wycentrowania szeregów śrub (nadanie tej samej wartości p_1 każdemu szeregowi).

Dla połączenia kategorii **E** należy także wybrać z listy rozwijalnej (lub podać ręcznie):

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

UWAGA: Po stronie zewnętrznej rozciąganego pasa belki (skosu) nie powinien znajdować się więcej niż jeden (rozciągany) szereg śrub. W przypadku użycia po tej stronie blachy wzmacniającej można zastosować większą liczbę szeregów, jednak wszystkie one powinny się znajdować poniżej zewnętrznej krawędzi blachy. Należy przez to rozumieć także spełnienie warunku minimalnego zagłębienia szeregu śrub poniżej tej krawędzi.

UWAGA (dotyczy aplikacji w wersji 1.0): W przypadku zastosowania szeregu śrub po stronie zewnętrznej rozciąganego pasa skosu teowego lub szeregu śrub po stronie zewnętrznej rozciąganego pasa belki bez użycia dodatkowego usztywnienia po stronie rozciąganej - rozstaw śrub s_1 nie powinien być większy od dwukrotności odległości tegoż szeregu od lica pasa rozciąganego."

5.7.3 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

- **Klasę** użytych śrub,
- **Średnicę** użytych śrub d ,
- czy część ścinana śruby jest **Gwintowana**, czy **Nienagwintowana**.

5.7.4 Liczba szeregów rozciąganych

Należy wybrać ilość szeregów śrub rozciąganych.

Po wstawieniu znacznika **Dobierz automatycznie** algorytm dobierze szeregi śrub rozciąganych.

UWAGA (dotyczy aplikacji w wersji 1.0): Użytkownik powinien dokonać sprawdzenia wyników działania aplikacji w zakresie finalnej nośności połączenia na ścinanie. W niektórych sytuacjach może dojść do niepoprawnego uznania za wartość krytyczną wartości nośności śrub na docisk (wartość niepoprawna), zamiast wartości nośności śrub na ścięcie (wartość poprawna). Może to doprowadzić do przeszacowania nośności połączenia

5.7.5 Odległość blachy czołowej oraz pierwszego szeregu śrub o krawędzi słupa

e_{cep} – oznacza odległość od krawędzi górnej słupa ostatniej kondygnacji do krawędzi górnej blachy czołowej,

$e_{1,c}$ – suma odległości $e_{cep} + e_1$.

5.8 Wzmocnienia środnika słupa

5.8.1 Brak

Wybór opcji **Brak** oznacza brak wzmocnienia środnika słupa dodatkowymi żebrami lub nakładkami.

5.8.2 Zdwojone żebra poprzeczne

5.8.2.1 Parametry żeber usztywniających poprzecznych

EuroZłącza 2.0 - WEWNĘTRZNA LICENCJA - INTERSOFT [L01]

Plik Ustawienia Pomoc

Model połączenia

Model sił

Wyniki wymiarowania

Wydruki

Typ połączenia

Dane ogólne

Blacha czołowa

Żebro wmacniające górne - teownik

Parametry spoin

Parametry śrub

Wzmocnienie środnika słupa

Sztywność połączenia

Typ wzmocnienia ☐ Brak ☒ Zdwojone żebra poprzeczne ☐ Nakładka środnika słupa

Parametry żeber usztywniających poprzecznych

☒ Zastosuj wzmocnienia dla pasów skrajnych

$t_{sstc} = 10$ mm ☒ Wzmocnienie górne (zebro górne)

$t_{sbtc} = 14$ mm ☐ Wzmocnienie górne (półka belki)

$t_{sbbc} = 14$ mm ☒ Wzmocnienie dolne (półka belki)

$t_{ssbc} = 12$ mm ☐ Wzmocnienie dolne (zebro dolne)

Baza materiałowa

Norma

Materiał ☒ Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak słup

Żebra zostaną zastosowane w słupie na przedłużeniu skrajnych pasów dochodzących półek belki lub skosów teowych.

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

Po wyborze **Zastosuj wzmocnienia dla pasów skrajnych** należy podać odpowiednie grubości (dla aktywnych elementów) w sekcji **Parametry żeber usztywniających poprzecznych**:

t_{sstc} – grubość wzmocnienia górnego (na przedłużeniu półki teowego skosu górnego) [mm],

t_{sbtc} – grubość wzmocnienia górnego (na przedłużeniu górnej półki belki) [mm],

t_{sbbc} – grubość wzmocnienia górnego (na przedłużeniu dolnej półki belki) [mm],

t_{ssbc} – grubość wzmocnienia dolnego (na przedłużeniu półki teowego skosu dolnego) [mm].

5.8.2.2 Baza materiałowa

W tej sekcji należy podać rodzaj stali użytej dla żeber usztywniających poprzecznych słupa.

Po zaznaczeniu opcji **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak słup** do żeber usztywniających poprzecznych zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla słupa.

5.8.3 Nakładki środka

5.8.3.1 Parametry nakładki środka słupa – Wymiary

The screenshot displays the 'EuroZłącza 2.0 - WEWNĘTRZNA LICENCJA - INTERSOFT [L01]' window. The left sidebar contains a menu with items: 'Model połączenia', 'Model sił', 'Wyniki wymiarowania', 'Wydruki', 'Typ połączenia', 'Dane ogólne', 'Blacha czołowa', 'Zebro wzmacniające górne - teownik', 'Parametry spoin', 'Parametry śrub', 'Wzmocnienie środka słupa', and 'Sztywność połączenia'. The main panel is titled 'Parametry nakładki środka' and includes a diagram of a column cross-section with dimensions l_{sf} , h_{sf} , and t_{sf} . The 'Typ wzmocnienia' section has three radio buttons: 'Brak', 'Zdwojone żebra poprzeczne', and 'Nakładka środka słupa' (selected). The 'Rodzaj spoiny' section has two radio buttons: 'Pachwinowa' (selected) and 'Czołowa'. The 'Grubość spoiny a_s ' is set to 10 mm. The 'Baza materiałowa' section shows 'Norma' as 'PN-EN 1993-1-1' and 'Material' as 'S 355 (EN_10025_2)'. A checkbox 'Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak słup' is checked.

Należy podać zgodnie z rysunkiem umieszczonym w sekcji **Parametry nakładki środka**:

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

l_{sf} – długość nakładki [mm],

h_{sf} – wysokość nakładki [mm],

t_{sf} – grubość nakładki [mm].

Należy określić, czy nakładka jest jedno-, czy dwustronna.

5.8.3.2 Parametry nakładki środника słupa – Rodzaj spoiny

W sekcji **Rodzaj spoiny** należy określić rodzaj spoiny oraz jej grubość dla połączenia nakładki wzmacniającej środnik słupa z tym słupem:

- Pachwinowa,
- Czołowa.

a_s – grubość spoiny łączącej nakładki środnika słupa z środnikiem tego słupa [mm].

5.8.3.3 Parametry nakładki środnika słupa – Baza materiałowa

W sekcji tej należy podać rodzaj stali użyty dla nakładki wzmacniającej środnik słupa.

Po zaznaczeniu opcji **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak słup** do nakładki wzmacniającej środnik słupa zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla słupa.

5.9 Sztywność połączenia

5.9.1 Klasyfikacja węzła ze względu na sztywność

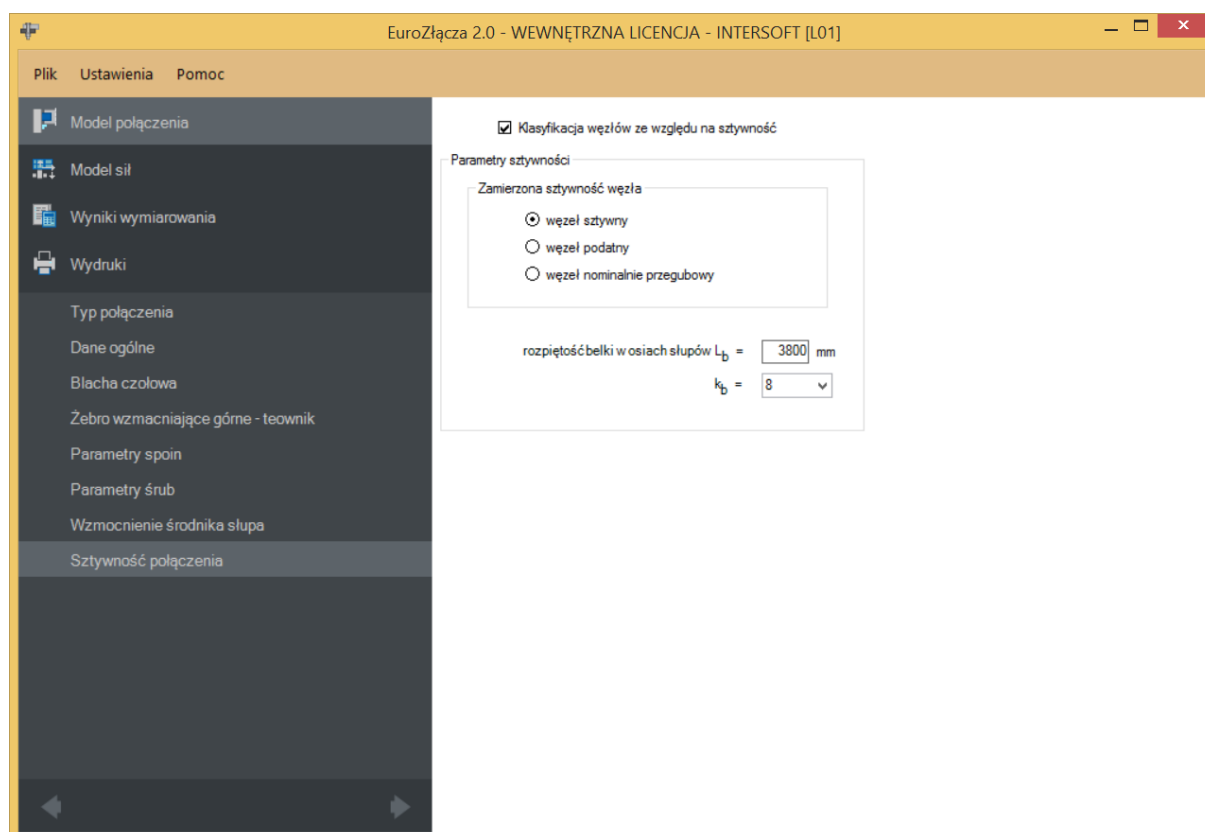
Wybranie tej opcji skutkuje przeprowadzeniem procedury wyznaczania sztywności połączenia.

5.9.2 Parametry sztywności

Parametr **Zamierzona sztywność węzła** określa jeden z trzech wariantów:

- **Węzeł sztywny** – wskazuje, że wynikiem klasyfikacji węzła ze względu na sztywności powinien być węzeł sztywny,
- **Węzeł podatny** – wskazuje, że wynikiem klasyfikacji węzła ze względu na sztywności powinien być węzeł podatny,
- **Węzeł nominalnie przegubowy** – wskazuje, że wynikiem klasyfikacji węzła ze względu na sztywności powinien być węzeł nominalnie przegubowy,

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE



Należy podać parametry niezbędne do wyznaczenia sztywności i dokonania klasyfikacji:

L_b –rozpiętość belki w osiach słupów [mm],

k_b –parametr powiązany z ogólną sztywnością konstrukcji.

6 Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

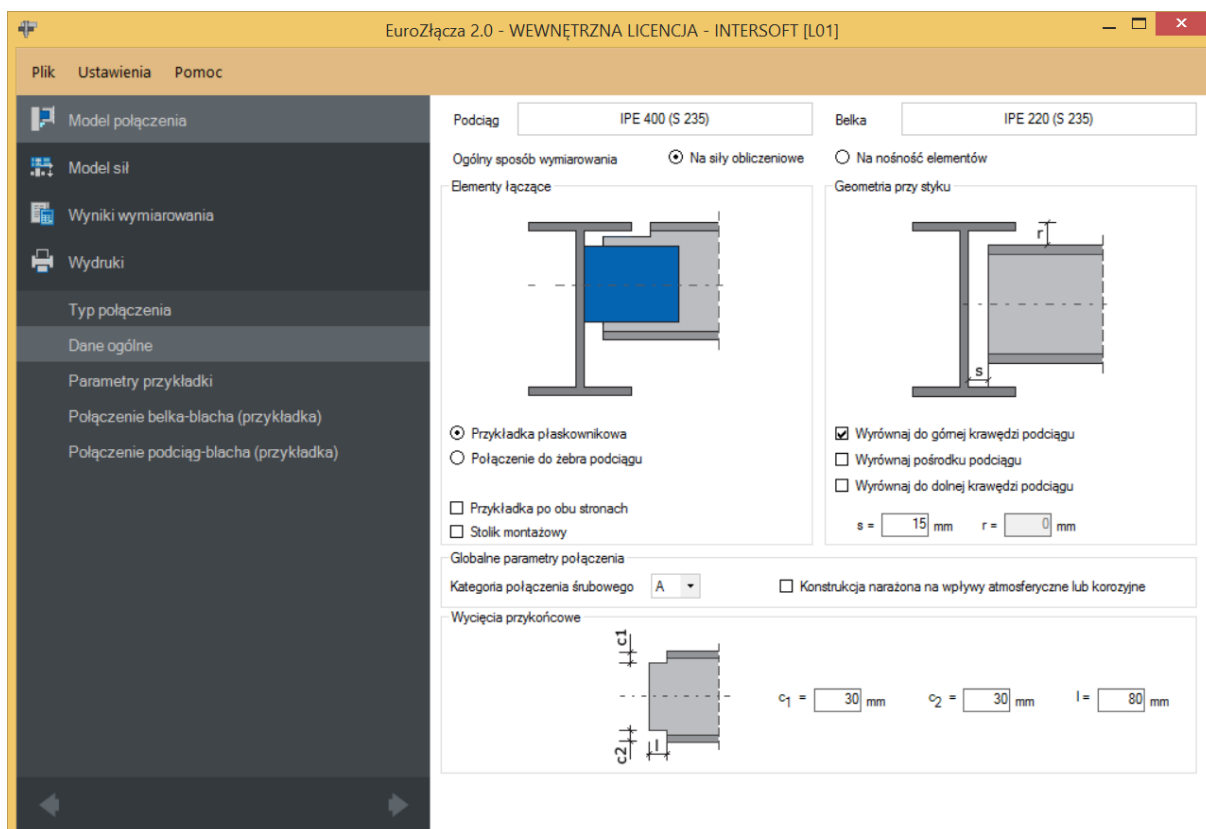
Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

Algorytm dotyczy połączenia EuroZłącza PODCIĄG-BELKA, w którym oba główne elementy połączone są za pośrednictwem przykładek środnika lub żebra podciagu. Połączenie jest jednostronne (dla jednej belki dochodzącej z jednej strony podciagu), z możliwymi konfiguracjami:

a) Ogólnie:

- dopuszczalne przekroje dla belki oraz podciagu obejmują dwuteowniki,
- siły V oraz M obciążające belkę dwuteownika w silniejszych osiach jej przekroju (orientacja pionowa),
- połączenie wykonane za pomocą przykładek środnika lub bezpośrednio do żebra podciagu,
- belka dochodząca do środnika podciagu,
- belka z wycięciami półki lub półek pod pasy podciagu.

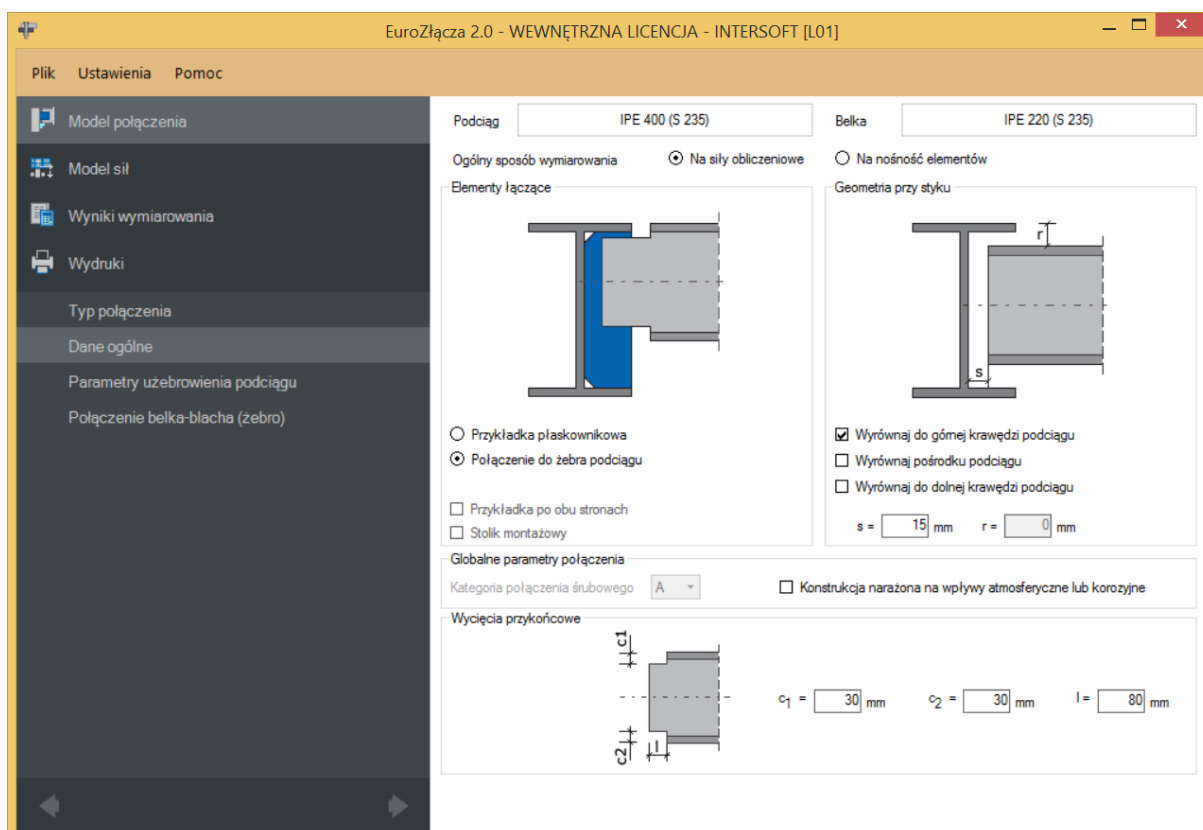
b) Przykładki:



- użycie przykładek (w formie płaskowników),
- przykładki połączone są ze środnikiem belki oraz środnikiem podciagu,
- przykładki mogą występować pojedynczo (po jednej stronie środnika belki) lub podwójnie (po obu stronach środnika belki),

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

- w przypadku zastosowania dwóch przykładek są one symetryczne względem środka belki,
 - połączenie belka-przykładka może być realizowane poprzez spoinę pachwinową bądź poprzez śruby,
 - połączenie podciąg-przykładka może być realizowane dla płaskownika poprzez spoinę czołową lub pachwinową (spoina tylko po zewnętrznej stronie blachy bądź po zewnętrznej oraz wewnętrznej).
- c) Żebra podciagu:



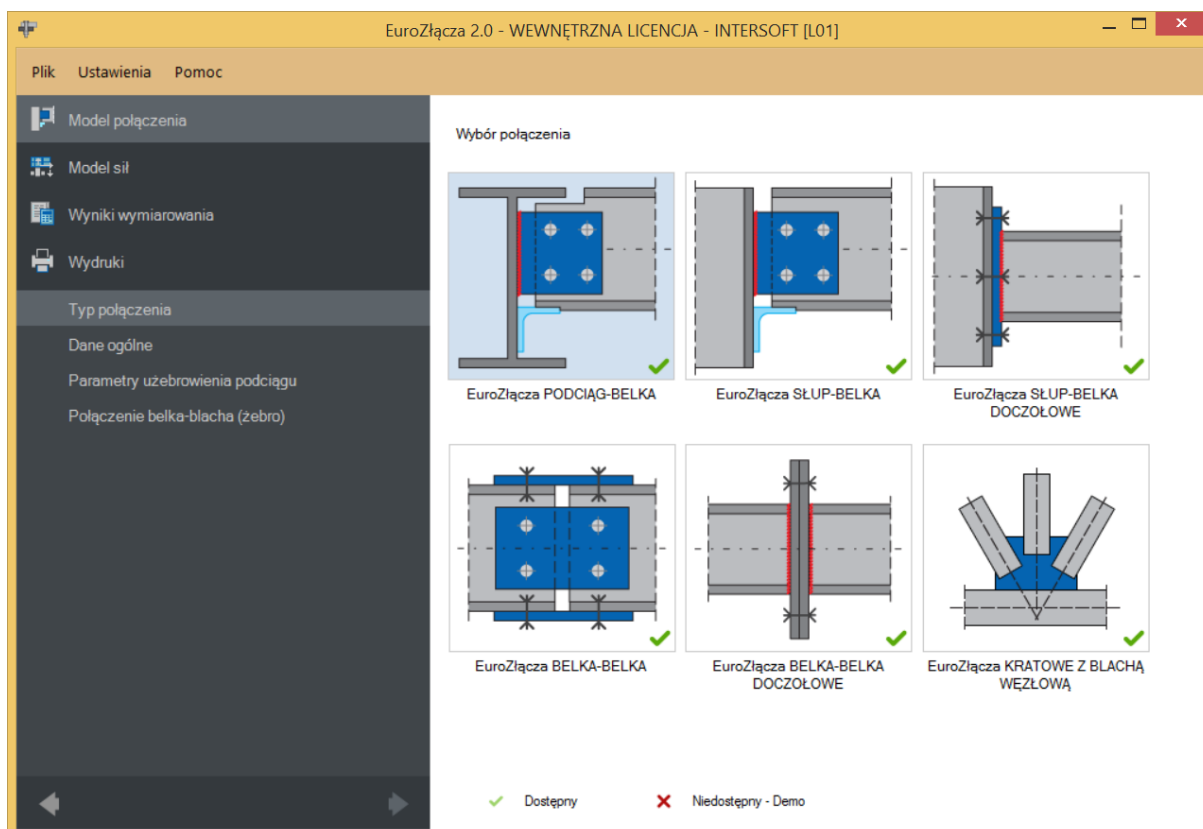
- połączenie belka-żebro może być realizowane poprzez spoinę pachwinową bądź poprzez śruby,
- połączenie podciąg-żebro nie jest sprawdzane,
- połączenie belka-żebro może być realizowane na spoiny bądź śruby.

d) Stolik montażowy:

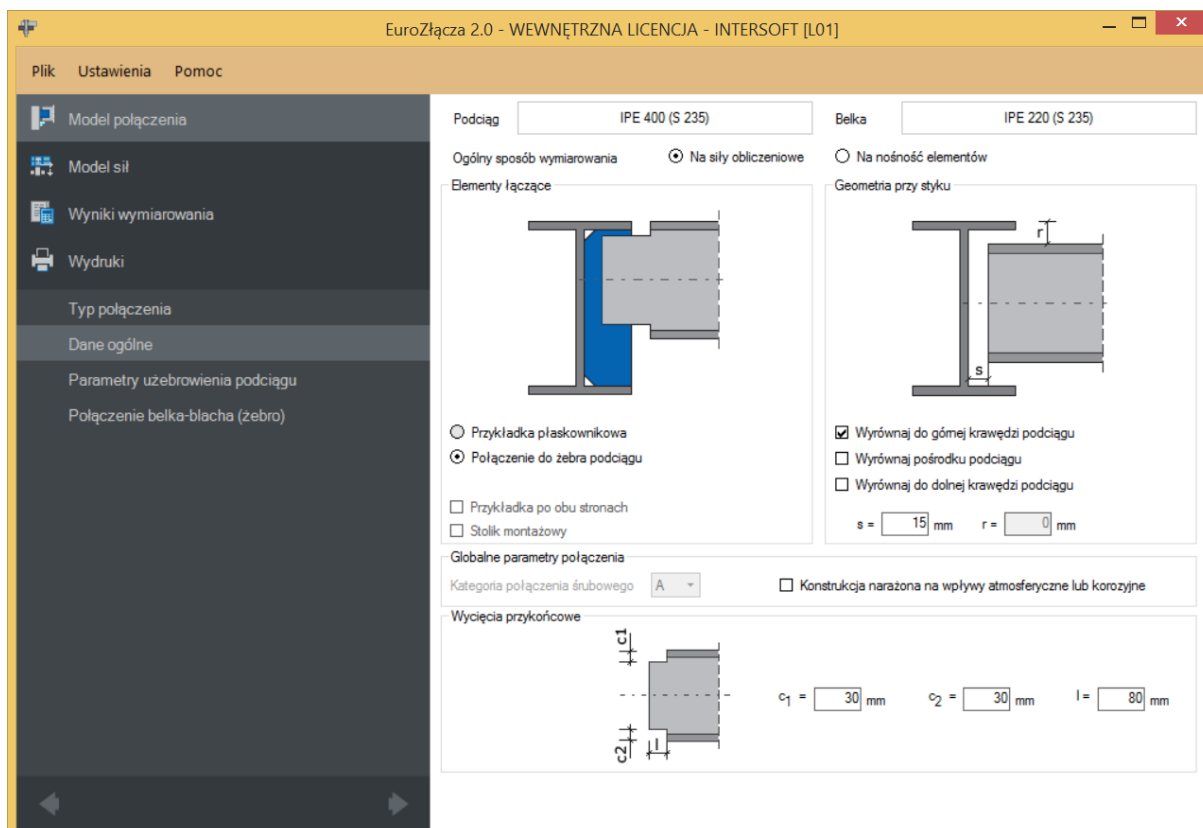
- użycie stolika montażowego nie jest możliwe w przypadku użycia połączenia do żebra podciagu,
- parametry stolika montażowego podawane są jako konstrukcyjne – jest on umieszczany na rysunku, ale nie podlega obliczeniom ani weryfikacji.

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

6.1 Typ połączenia



6.2 Dane ogólne



Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

6.2.1 Podciąg

W opcji **Podciąg** znajduje się **Menadżer profili**, w którym należy wybrać odpowiedni profil podciągu oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.

Manadżer profili

Lista profili:

- ... IPE 120
- ... IPE 140
- ... IPE 160
- ... IPE 180
- ... IPE 200
- ... IPE 220
- ... IPE 240
- ... IPE 270
- ... IPE 300
- ... IPE 330
- ... IPE 360
- IPE 400**
- ... IPE 450

Baza materiałowa

Norma: PN-EN 1993-1-1

Material: S 235 (EN_10025_2)



Nazwa	Wartość
Typ profilu	IPE 400
Wysokość przekroju [mm]	h = 400.00
Szerokość póltek przekroju [mm]	b _r = 180.00
Grubość środnika przekroju [mm]	t _w = 8.60
Grubość póltek przekroju [mm]	t _r = 13.50
Promień wewnętrzny [mm]	R ₁ = 21.00
Pole powierzchni przekroju	A = 8450.00

Anuluj OK

6.2.2 Belka

W opcji **Belka** znajduje się **Menadżer profili**, w którym należy wybrać odpowiedni profil belki oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.

Manadżer profili

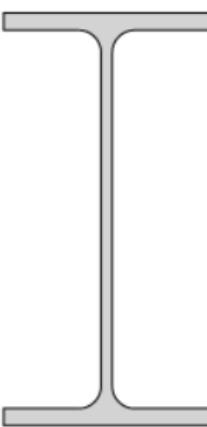
Lista profili:

- ... IPE 80
- ... IPE 100
- ... IPE 120
- ... IPE 140
- ... IPE 160
- ... IPE 180
- ... IPE 200
- IPE 220**
- ... IPE 240
- ... IPE 270
- ... IPE 300
- ... IPE 330

Baza materiałowa

Norma: PN-EN 1993-1-1

Material: S 235 (EN_10025_2)



Nazwa	Wartość
Typ profilu	IPE 220
Wysokość przekroju [mm]	h = 220.00
Szerokość póltek przekroju [mm]	b _r = 110.00
Grubość środnika przekroju [mm]	t _w = 5.90
Grubość póltek przekroju [mm]	t _r = 9.20
Promień wewnętrzny [mm]	R ₁ = 12.00
Pole powierzchni przekroju	A = 3340.00

Anuluj OK

6.2.3 Globalne parametry połączenia

W przypadku połączenia belki do podciągu za pomocą przykładki lub żebra na śruby zgodnie z zasadami modelowania połączenia należy wybrać **Kategorię połączenia śrubowego**:

- **A**,
- **B** (należy dodatkowo podać siły charakterystyczne w panelu **Model sił**),
- **C**.

Opcja ta jest dostępna tylko wówczas, gdy dla połączenia belka-błacha lub belka-zebro ustawiono wcześniej **Typ połączenia: śrubowy**.

W przypadku zaznaczenia opcji **Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne** aplikacja uwzględni ten parametr w obliczeniach.

6.2.4 Elementy łączące

W sekcji można wybrać następujące opcje:

- **Przykładka po obu stronach** – oznacza, że w styku są dwie przykładki; odznaczenie tej opcji oznacza, że w styku jest jedna przykładka,
- **Stolik montażowy** – w połączeniu zastosowany jest stół montażowy w formie kątownika (przyjęty konstrukcyjnie – nie wpływa na obliczenia),
- rodzaj połączenia belki z podciągiem: Przykładka płaskownikowa lub Połączenie do żebra podciągu.

UWAGA: W przypadku wybrania konfiguracji modelu z użyciem przykładki środka belki procedura obliczeniowa nie zawiera sprawdzenia sztywności środka podciągu w kierunku bocznym. Na potrzeby obliczeń sprawdza się jedynie przybliżone warunki, po spełnieniu których zakłada się, że siły poprzeczne są przenoszone poprzez podciąg.

Warunki te opierają się na założeniu przybliżonym i nie można ich traktować jako założenia definitywnego. Dlatego w przypadku konstruowania styku z wykorzystaniem przykładki środka belki zaleca się zastosowanie dodatkowego usztywnienia środka podciągu (np. belka dochodząca z drugiej strony podciągu, zebró środka podciągu na przedłużeniu belki lub innego rodzaju stężenie).

6.2.5 Geometria przy styku

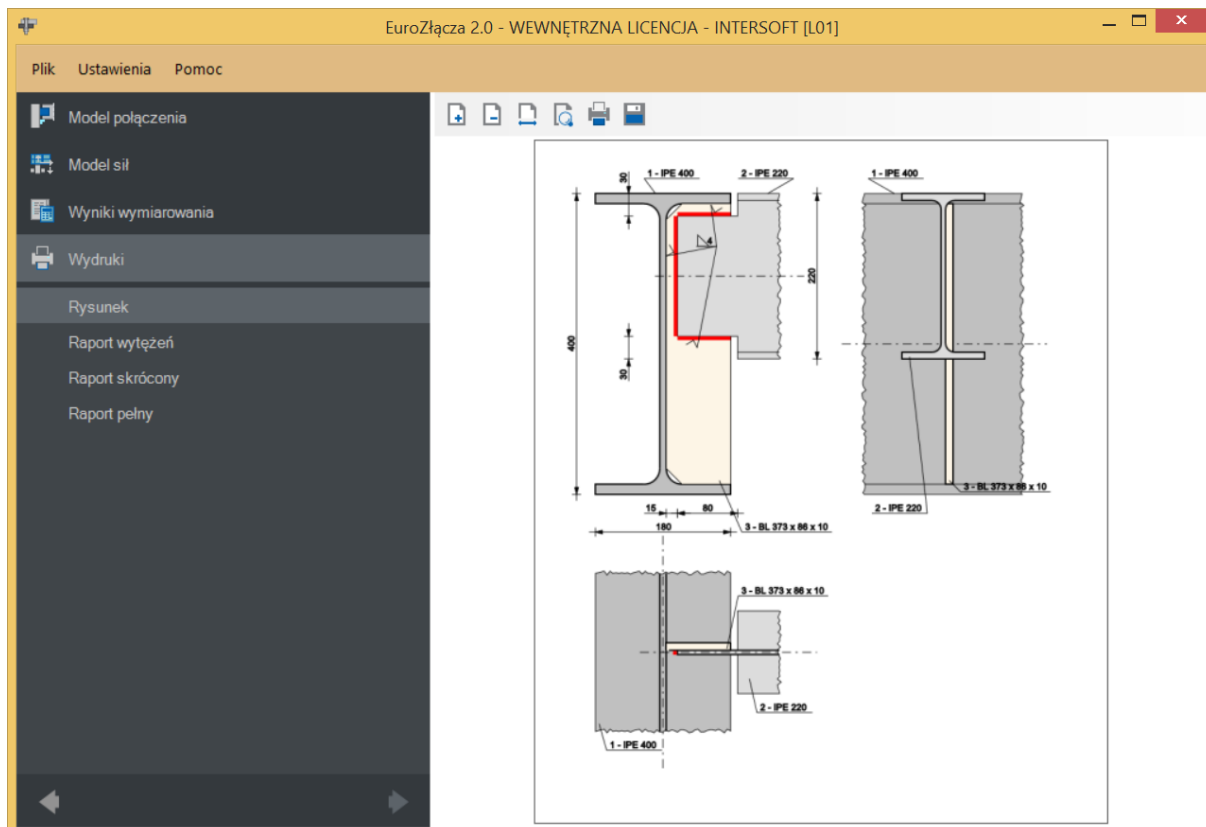
s –odsunięcie pomiędzy krawędzią środka podciągu a krawędzią czoła belki [mm],

r –odsunięcie pomiędzy krawędzią zewnętrzną pasa górnego belki a krawędzią zewnętrzną pasa górnego podciągu [mm],

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

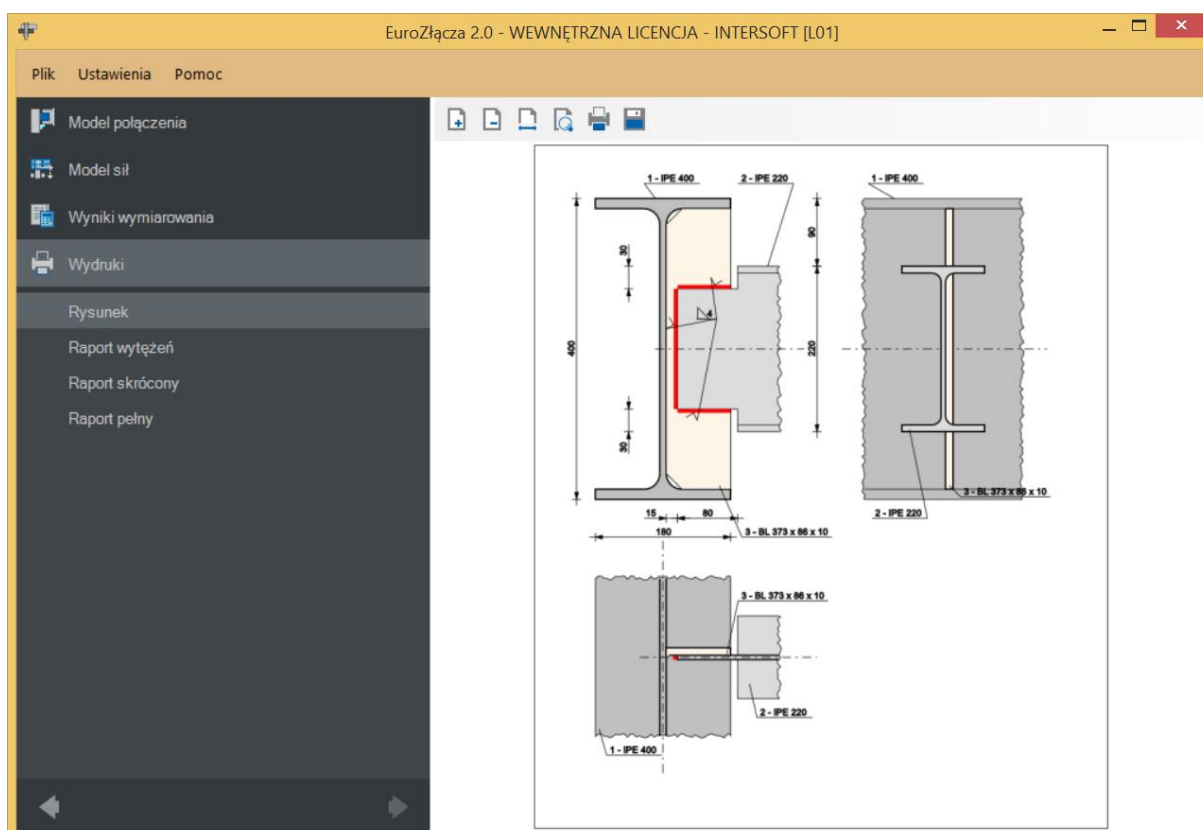
Dostępne są także opcje:

- a) **Wyrównaj do górnej krawędzi podciągu** – oznacza, że krawędź zewnętrzna pasa górnego belki jest na identycznym poziomie co górna krawędź pasa górnego podciągu,

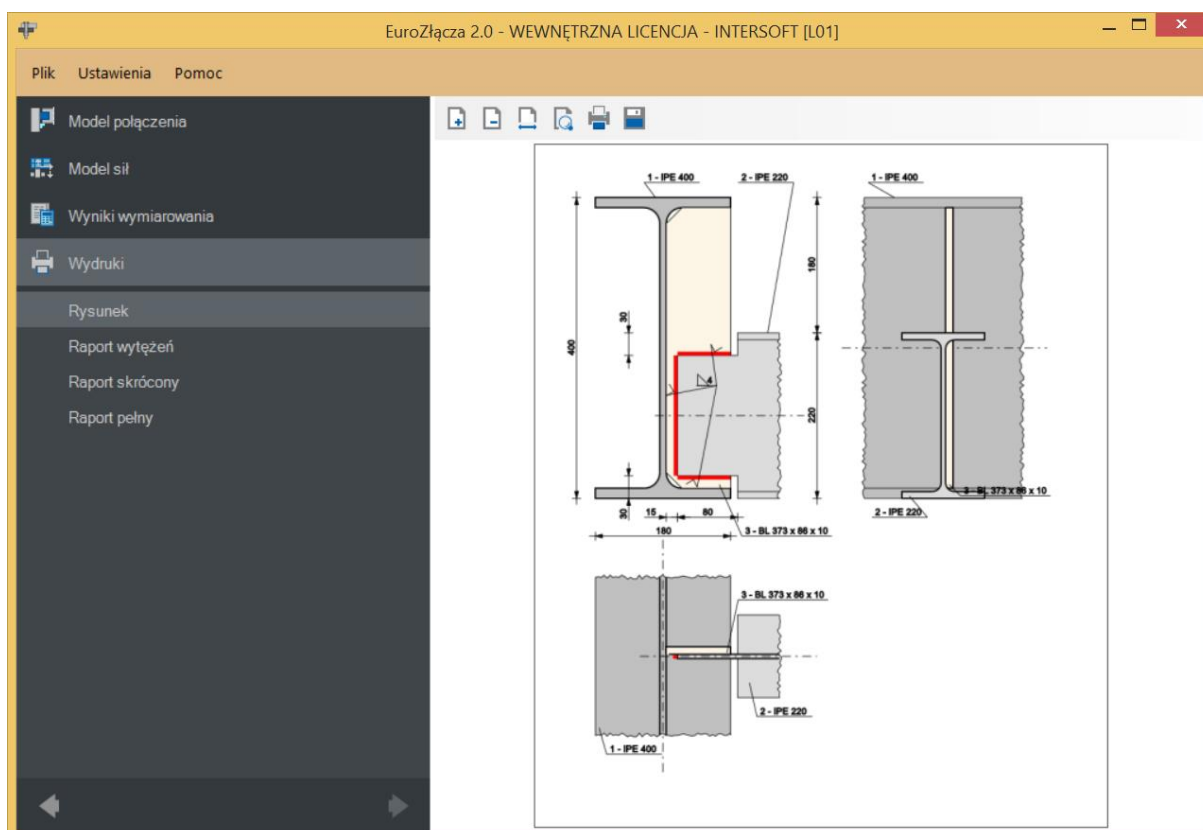


Wyrównaj pośrodku podciągu – oznacza, że oś belki pokrywa się z osią podciągu,

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA



Wyrównaj do dolnej krawędzi podciagu – oznacza, że krawędź dolna pasa dolnego belki jest na identycznym poziomie co dolna krawędź pasa dolnego podciagu.



6.2.6 Ogólny sposób wymiarowania

Użytkownik wybiera sposób wymiarowania nośności połączenia:

- Na siły obliczeniowe,
- Na nośność elementów.

UWAGA: Prawidłowe zaprojektowanie połączenia **Na nośność elementów** dochodzących wymaga dużego doświadczenia zarówno zawodowego, jak i w obsłudze programu, a w niektórych konfiguracjach modelu może być niemożliwe.

W przypadku wybrania obliczeń **Na nośność elementów** siły podane w panelu **Model sił** są ignorowane.

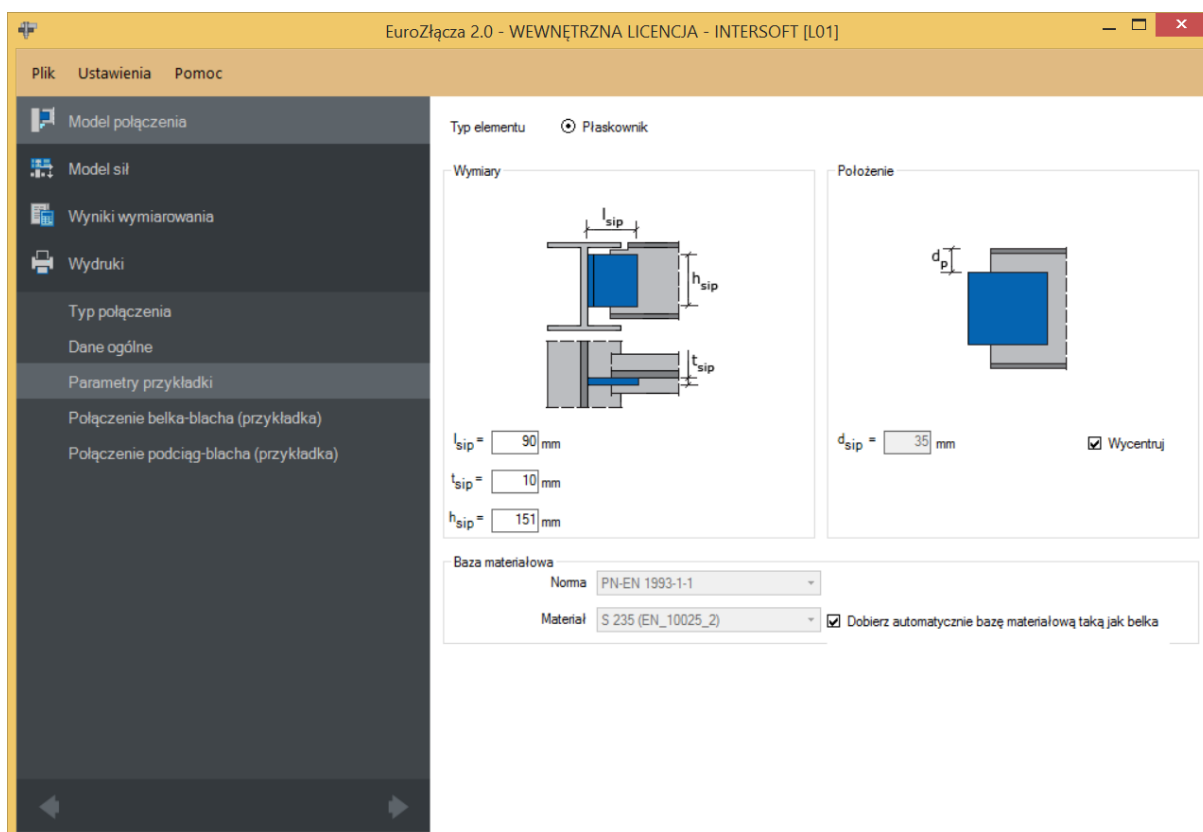
6.2.7 Wycięcia przykońcowe

c_1 – wycięcie belki od krawędzi pasa górnego w pionie [mm],

c_2 – wycięcie belki od krawędzi pasa dolnego w pionie [mm],

l – długość wycięć od krawędzi czołowej środka belki w poziomie [mm].

6.3 Parametry przykładki



Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

6.3.1 Typ elementu

Możliwy do wykorzystania element łączący to płaskownik.

6.3.2 Parametry przykładki –Wymiary

Należy podać wymiary przykładki, gdzie:

l_{sip} – szerokość blachy przykładki [mm],

h_{sip} – wysokość blachy przykładki [mm],

t_{sip} – grubość blachy przykładki [mm].

W przypadku wyboru przykładki po obu stronach wymiary przykładki są identyczne dla obu przykładek.

6.3.3 Parametry przykładki – Położenie

d_{sip} – odległość krawędzi górnej przykładki do krawędzi górnej pasa belki [mm].

Opcja **Wycentruj** centruje położenie przykładki względem osi belki dochodzącej do podciągu.

6.3.4 Parametry przykładki – Baza materiałowa

W polu **Baza materiałowa** należy podać rodzaj zastosowanej stali. Po wybraniu opcji **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belkę** do przykładki zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla belki.

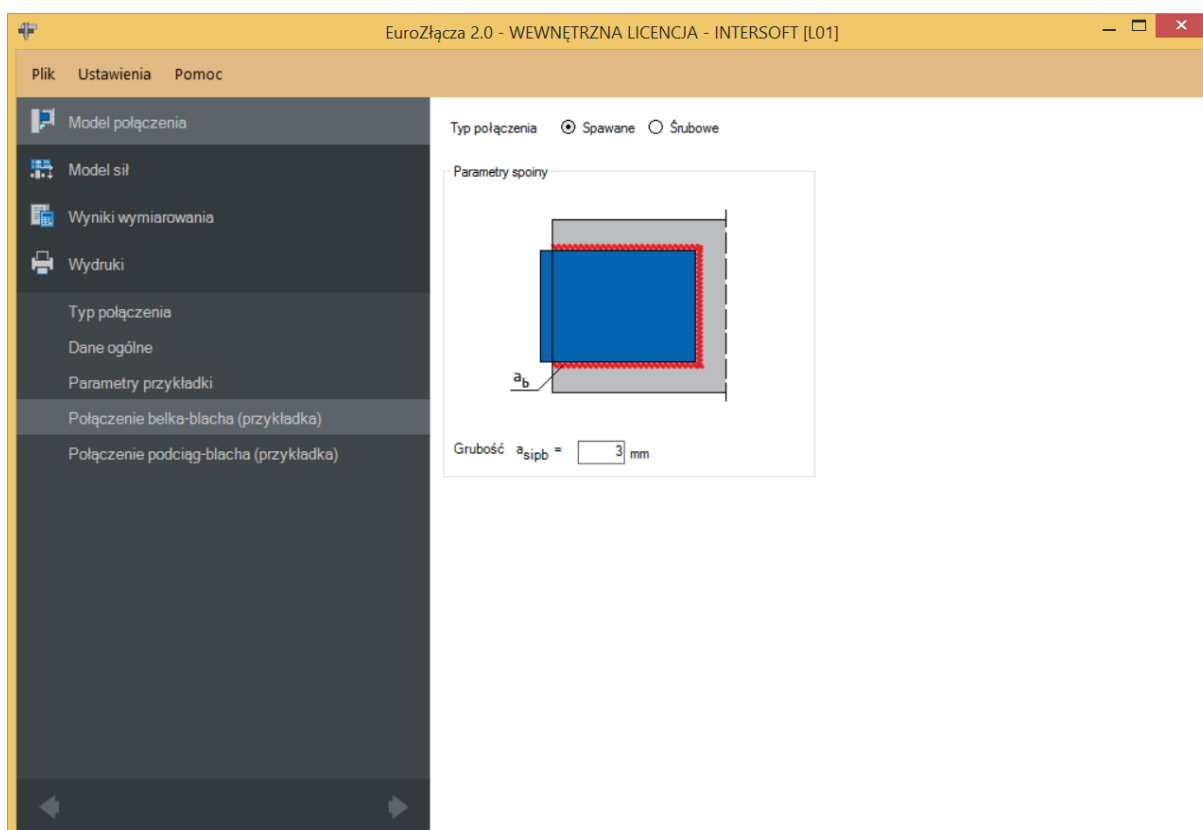
6.4 Połączenie belka-blacha (przykładka)

Zakładka pojawi się w przypadku wyboru połączenia podciąg-belka typu płaskownikowego.

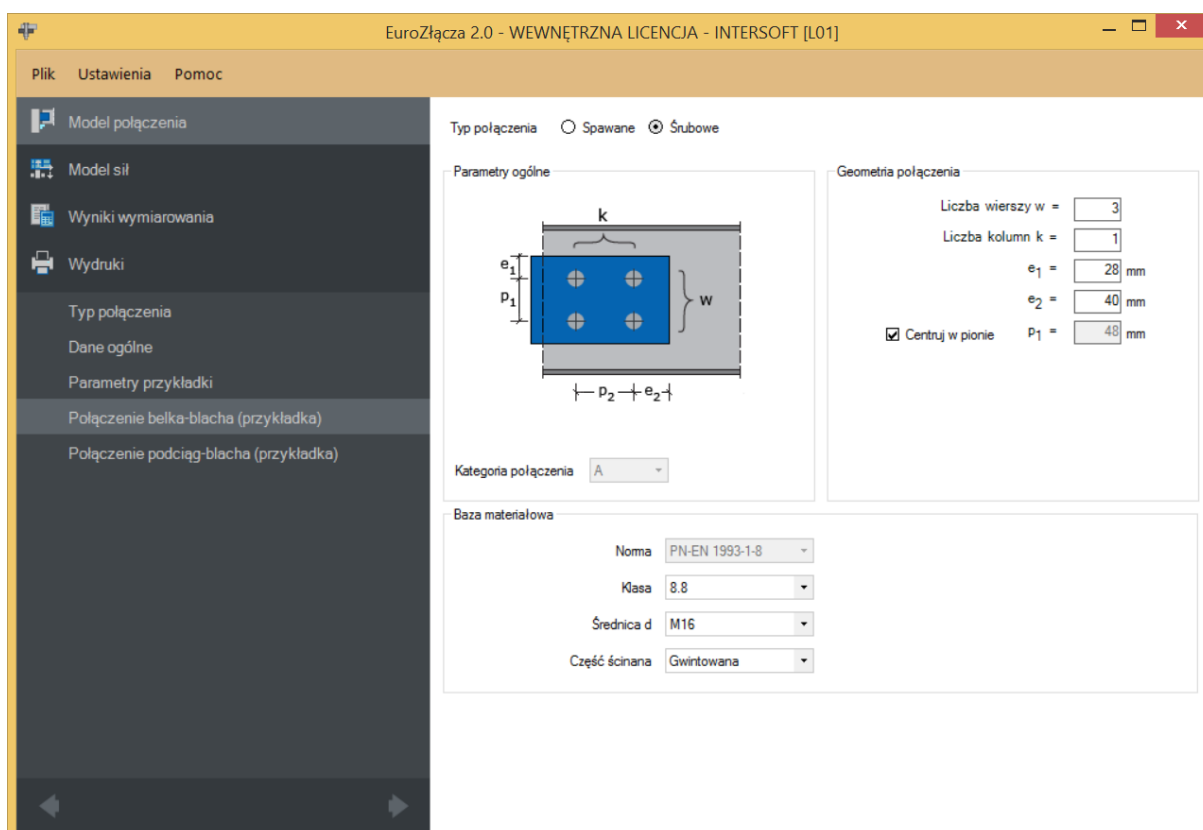
6.4.1 Typ połączenia – Spawane

a_{sipb} – grubość spoiny łączącej płaskownik przykładki do belki [mm].

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA



6.4.2 Typ połączenia – śrubowe



Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

6.4.2.1 Geometria połączenia

w – oznacza liczbę wierszy śrub,

k – oznacza liczbę kolumn śrub,

e_1 – odległość w pionie od osi śruby umieszczonej w pierwszym wierszu do krawędzi górnej płaskownika przykładki [mm],

e_2 – odległość w poziomie od osi śruby umieszczonej w ostatniej kolumnie do krawędzi bocznej płaskownika przykładki [mm],

p_1 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w pionie [mm],

p_2 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w poziomie [mm],

Centruj w pionie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w pionie są takie same,

Centruj w poziomie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w poziomie są takie same.

Dla połączenia śrubowego kategorii **B** lub **C** należy także wybrać z listy rozwijalnej (lub podać ręcznie):

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

UWAGA: Jeżeli dla konfiguracji połączenia wybrane zostanie połączenie śrubowe na pojedynczą śrubę (jeden wiersz i jedna kolumna), zostanie ono uznane za przegubowe. W takim wypadku odpowiadający moment w panelu **Model sił** powinien być równy zeru. W przeciwnym razie obliczenia zostaną zablokowane.

6.4.2.2 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

- **Klasę** użytych śrub,
- **Średnicę** użytych śrub d ,
- czy część ścinana śruby jest **Gwintowana**, czy **Nienagwintowana**.

6.5 Połączenie podciąg-blacha (przykładka)

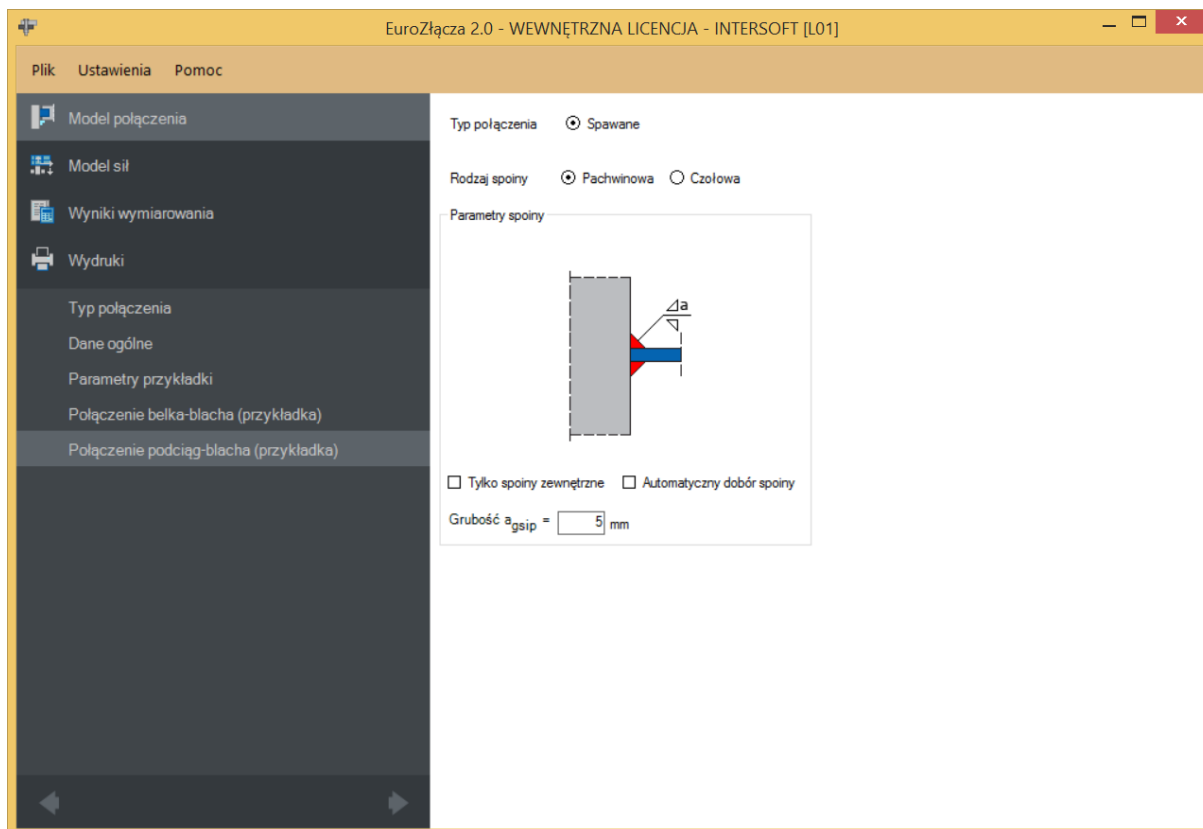
6.5.1 Rodzaj spoiny – Pachwinowa

Tylko spoiny zewnętrzne – oznacza, że płaskownik jest przyspawany do podciagu pojedynczą spoiną wykonaną po zewnętrznej krawędzi płaskownika (dla pojedynczej przykładki) lub parą spoin, po jednej dla każdej przykładki (dla przykładki podwójnej).

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

Odznaczenie tego pola spowoduje, że płaskownik będzie przyspawany parą spoin wykonanych po obu krawędziach płaskownika lub płaskowników.

UWAGA: Wykonanie spoiny czołowej pełnej typu K może być niemożliwe z punktu widzenia technologicznego ze względu na brak wystarczającego odstępu pomiędzy przykładkami. Użytkownik może obejść problem poprzez umieszczenie na rysunku konstrukcyjnym projektowanego węzła spoiny typu V.



Automatyczny dobór spoiny – grubość spoiny pachwinowej [mm] obliczona na pełną nośność blachy zostanie automatycznie wyznaczona i umieszczona w polu a_{gsip} .

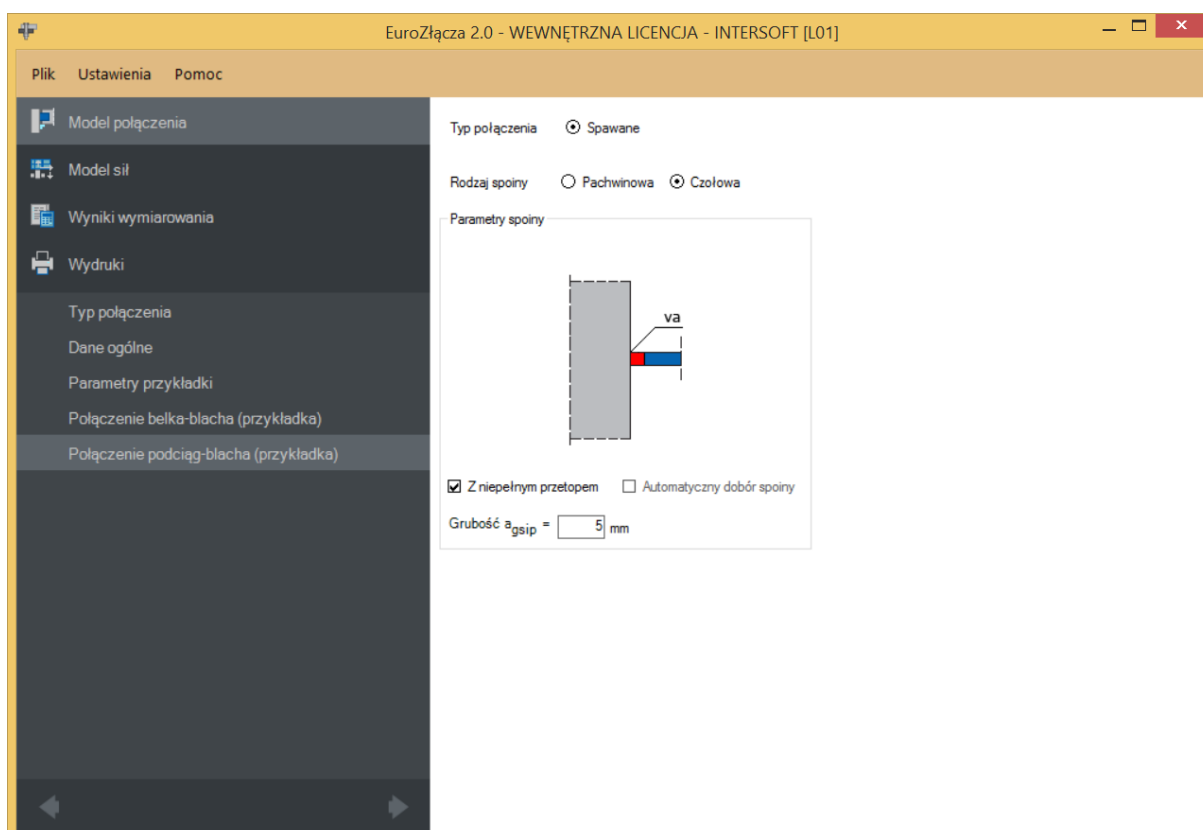
6.5.2 Rodzaj spoiny – Czołowa

a_{gsip} – grubość spoiny czołowej [mm].

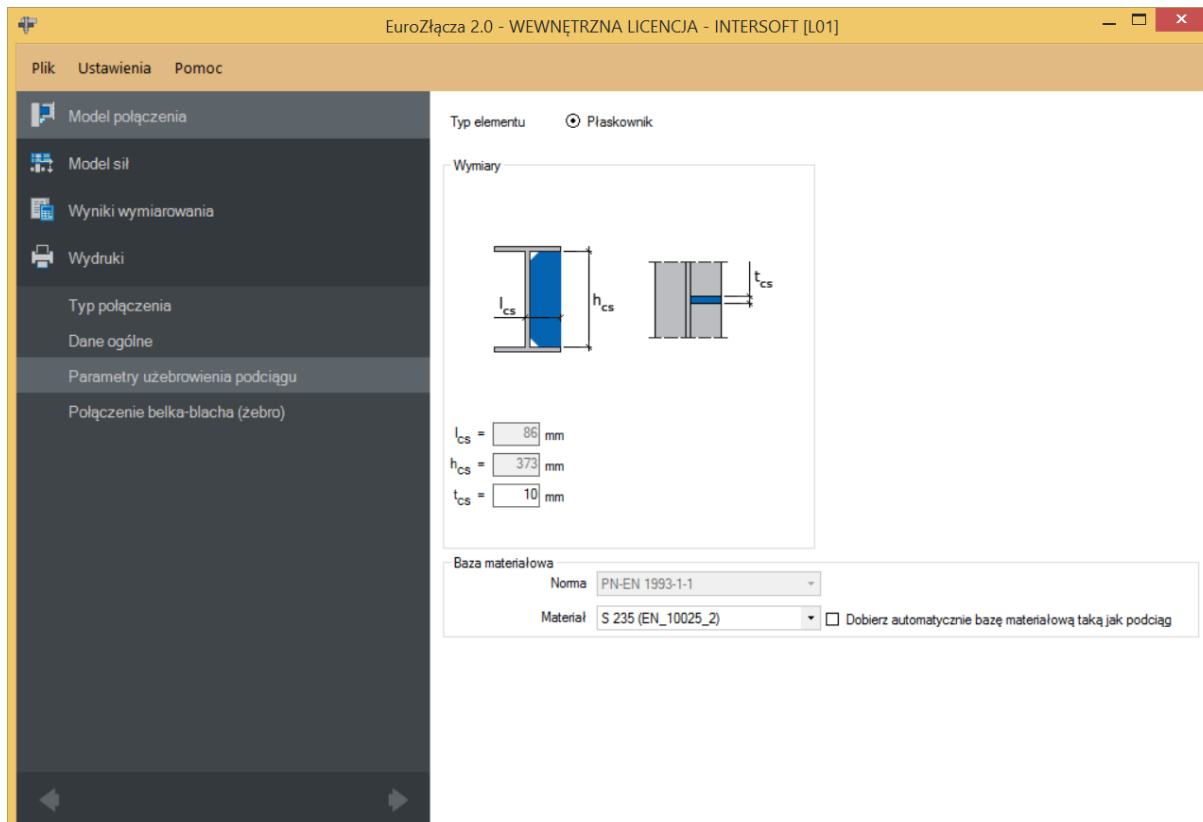
W przypadku wyboru spoiny z niepełnym przetopem należy podać grubość spoiny czołowej.

Automatyczny dobór spoiny – grubość spoiny czołowej [mm] obliczona na pełną nośność blachy zostanie automatycznie wyznaczona i umieszczona w polu a_{gsip} .

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA



6.6 Parametry uźebrowania podciagu



Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

Zakładka pojawi się w przypadku wyboru dla złącza podciąg-belka **Połączenia do żebra podciagu** w panelu **Dane wejściowe**.

l_{cs} – szerokość żebra ustalona automatycznie przez algorytm: wyznaczona od krawędzi środka podciagu do krawędzi półki podciagu, liczona w poziomie,

h_{cs} – wysokość żebra ustalona automatycznie przez algorytm: wysokość środka podciagu pomniejszona o grubości półek podciagu,

t_{cs} – grubość żebra [mm].

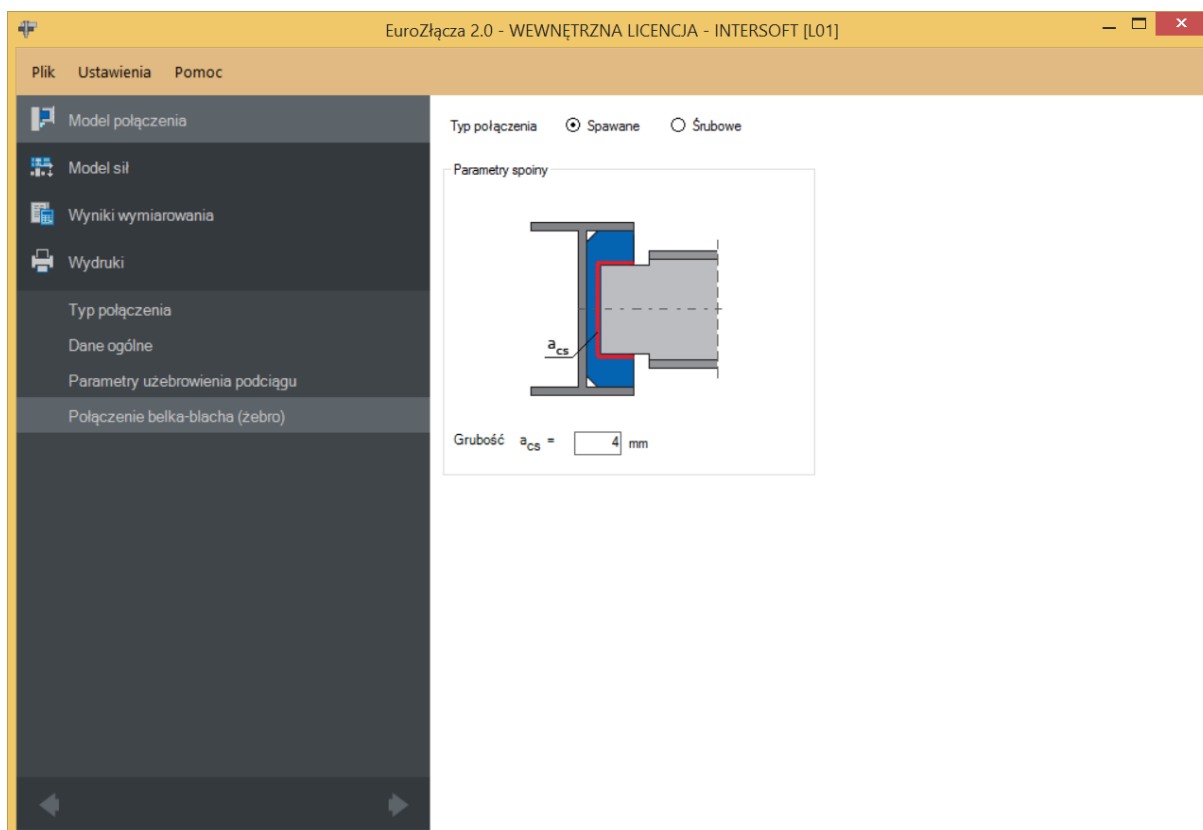
6.6.1 Baza materiałowa

W sekcji **Baza materiałowa** należy podać rodzaj stali. Po wybraniu opcji **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak podciąg** do żebra zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla podciagu.

6.7 Połączenie belka-blacha (żebro)

6.7.1 Typ połączenia – Spawane

a_{cs} – grubość spoiny łączącej belkę do żebra podciagu [mm].



6.7.2 Typ połączenia – Śrubowe

6.7.2.1 Geometria połączenia

w – oznacza liczbę wierszy śrub,

k – oznacza liczbę kolumn śrub,

e_1 – odległość w pionie od osi śruby umieszczonej w pierwszym wierszu do krawędzi górnej dochodzącej belki, uwzględniająca podane wcięcia belki [mm],

e_2 – odległość w poziomie od osi śruby umieszczonej w ostatniej kolumnie do krawędzi bocznej zewnętrznej żebra usztywniającego podciagu [mm],

p_1 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w pionie [mm],

p_2 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w poziomie [mm],

Centruj w pionie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w pionie są takie same,

Centruj w poziomie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w poziomie są takie same.

Dla połączenia śrubowego kategorii **B** lub **C** należy także wybrać z listy rozwijalnej (lub podać ręcznie):

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

UWAGA: Jeżeli dla konfiguracji połączenia wybrane zostanie połączenie śrubowe na pojedynczą śrubę (jeden wiersz i jedna kolumna), zostanie ono uznane za przegubowe. W takim wypadku odpowiadający moment w panelu **Model sił** powinien być równy zeru. W przeciwnym razie obliczenia zostaną zablokowane.

6.7.2.2 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

- **Klasę** użytych śrub,
- **Średnicę** użytych śrub **d**,
- czy część ścinana śruby jest **Gwintowana**, czy **Nienagwintowana**.

7 Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

Algorytm dotyczy połączenia słup-belka (rygiel), w którym oba główne elementy połączone są za pośrednictwem przykładek środnika oraz ew. nakładek półek belek. Połączenie jest jednostronne (dla jednej belki dochodzącej z jednej strony słupa), z możliwymi konfiguracjami:

a) Ogólnie:

- dopuszczalne przekroje dla belki oraz słupa obejmują dwuteowniki,
- siły V oraz M obciążające belkę dwuteownika w silniejszych osiach jej przekroju (orientacja pionowa),
- połączenie wykonane za pomocą przykładek środnika oraz ew. nakładek pasów górnych i dolnych,
- belka dochodząca do półki słupa,
- belka dochodząca do słupa pod kątem innym niż prosty.

b) Przykładki:

- użycie przykładek (w formie płaskowników),
- przykładki połączone są z półką słupa,
- przykładki mogą występować pojedynczo (po jednej stronie środnika belki) lub podwójnie (po obu stronach środnika belki),
- w przypadku zastosowania dwóch przykładek są one symetryczne względem środnika belki,
- połączenie belka-przykładka może być realizowane poprzez spoinę pachwinową bądź poprzez śruby,
- połączenie słup-przykładka może być realizowane dla płaskownika poprzez spoinę czołową lub pachwinową (spoina tylko po zewnętrznej stronie blachy bądź po zewnętrznej oraz wewnętrznej).

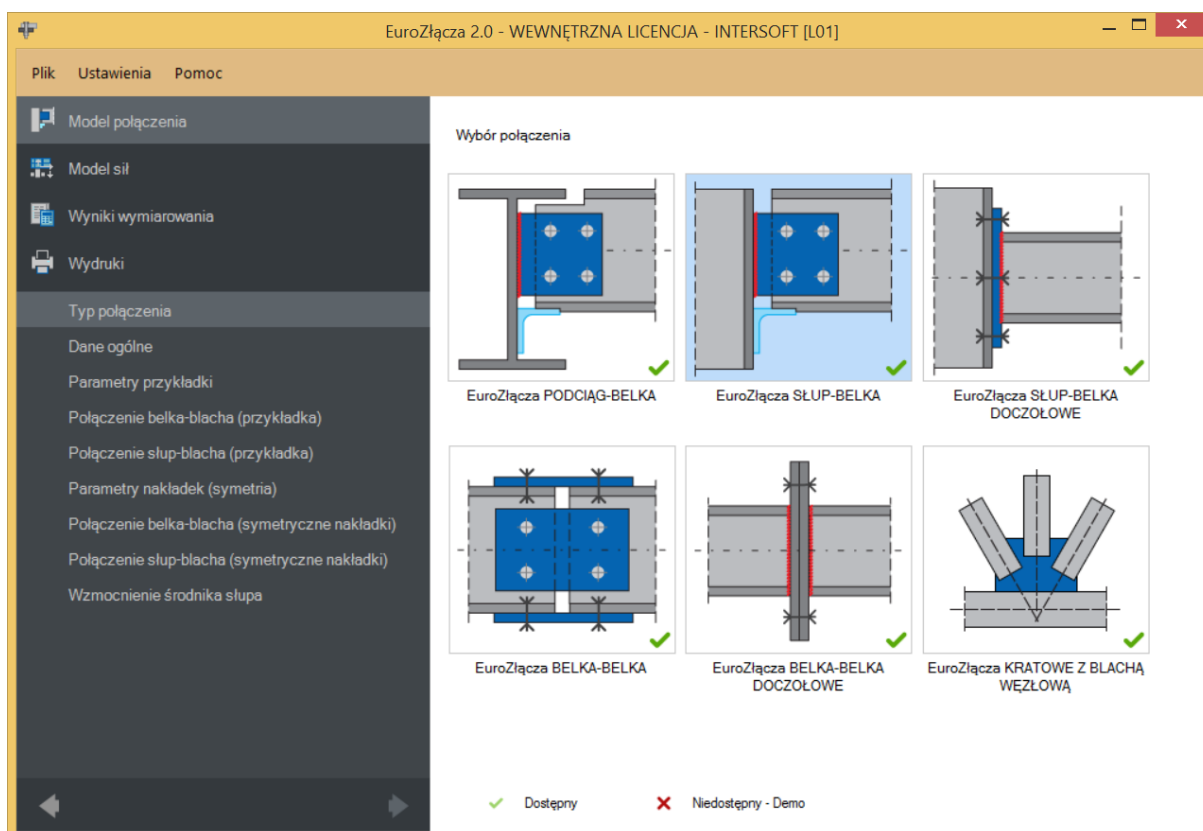
c) Nakładki:

- użycie nakładek (w formie płaskowników),
- połączenie za pomocą nakładek obejmuje występowanie jednocześnie nakładki górnej oraz dolnej i nie może wystąpić samodzielnie, bez obecności przykładki (przykładek),
- połączenie belka-nakładka może być realizowane poprzez spoinę pachwinową bądź poprzez śruby,
- połączenie słup-nakładka może być realizowane dla płaskownika poprzez spoinę czołową lub pachwinową (spoina tylko po zewnętrznej stronie blachy bądź po zewnętrznej oraz wewnętrznej),

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

- w razie użycia nakładek istnieje możliwość zastosowania usztywnienia środnika słupa żebrami: górnym (na przedłużeniu nakładki górnej) oraz dolnym (na przedłużeniu nakładki dolnej).
- d) Stolik montażowy:
- parametry stolika montażowego podawane są jako konstrukcyjne – jest on umieszczany na rysunku, ale nie podlega obliczeniom ani weryfikacji,
 - użycie stolika montażowego wyklucza możliwość użycia nakładek, i odwrotnie.

7.1 Typ połączenia



Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

7.2 Dane wejściowe

7.2.1 Słup

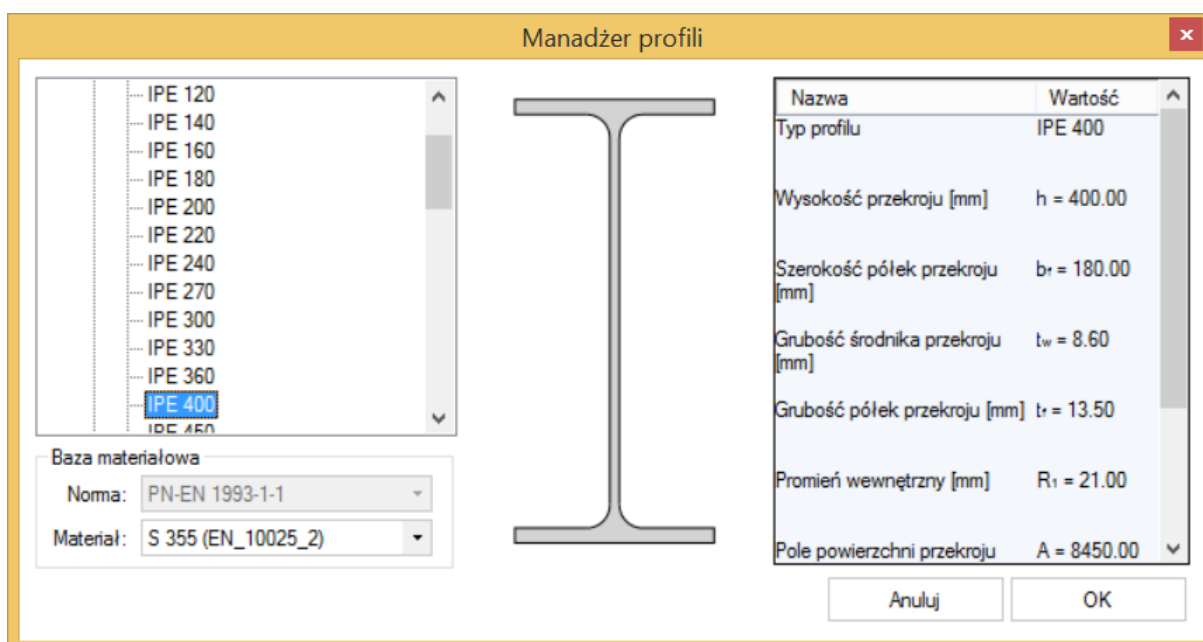
W opcji **Słup** znajduje się **Menadżer profili**, w którym należy wybrać odpowiedni profil słupa oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.

Nazwa	Wartość
Typ profilu	HE 300 B
Wysokość przekroju [mm]	$h = 300.00$
Szerokość półek przekroju [mm]	$b_f = 300.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_w = 11.00$
Grubość półek przekroju [mm]	$t_f = 19.00$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_1 = 27.00$
Pole powierzchni przekroju	$A = 14910.00$

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

7.2.2 Belka

W opcji **Belka** znajduje się **Menadżer profili**, w którym należy wybrać odpowiedni profil belki oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.



7.2.3 Globalne parametry połączenia

Zgodnie z zasadami modelowania połączenia, jeśli dla połączenia belka-błacha przykładki lub belka-błacha nakładki wybrano połączenie na śruby, wówczas należy wybrać **Kategorię połączenia śrubowego**:

- A,
- B (należy dodatkowo podać siły charakterystyczne w panelu **Modelu sił**),
- C.

W przypadku gdy połączenia belka-błacha przykładki i belka-błacha nakładki realizowane są jako spawane, opcja powyższa nie jest dostępna.

W przypadku zaznaczenia opcji **Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne** aplikacja uwzględni ten parametr w obliczeniach.

7.2.4 Sposób łączenia

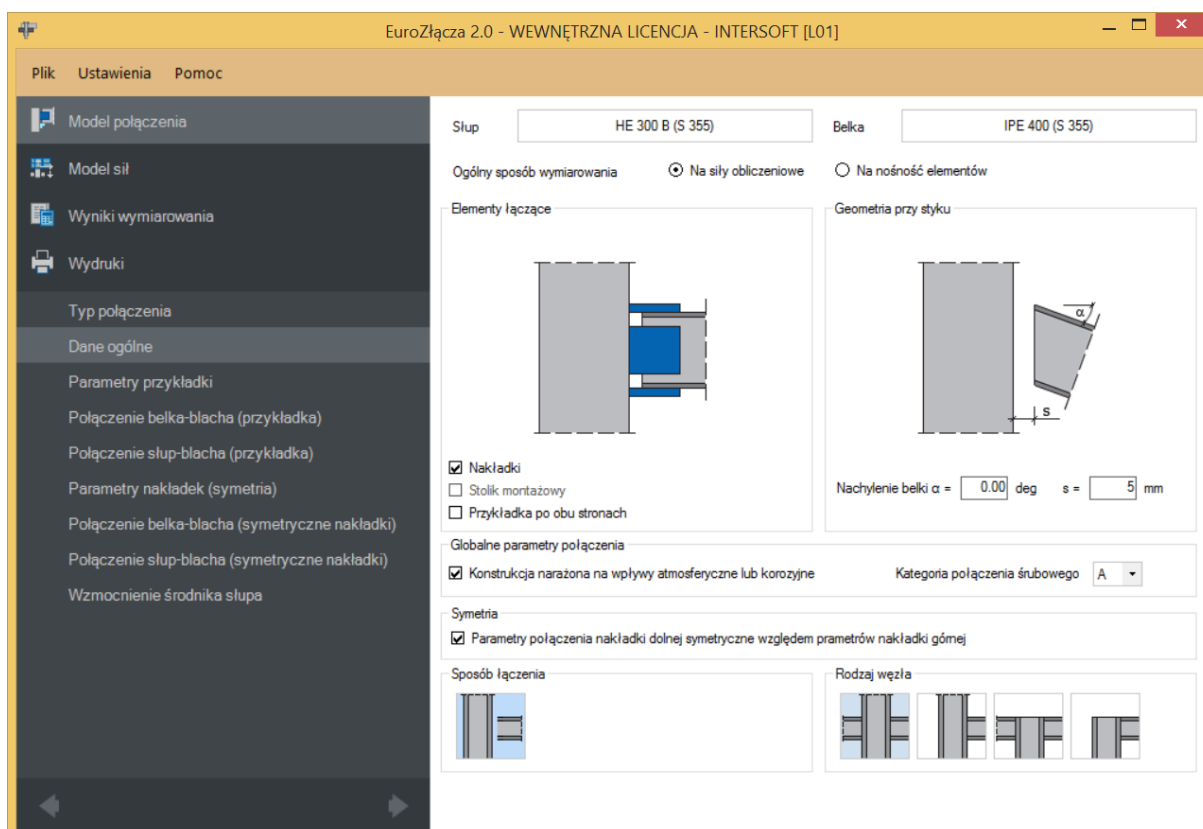
Aplikacja umożliwia jedynie przeprowadzenie analizy połączenia belki dochodzącej do półki słupa.

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

7.2.5 Rodzaj węzła

W sekcji należy wybrać odpowiedni rodzaj węzła dla połączenia montażowego belki ze słupem.

UWAGA: Aby dokonać wymiarowania węzła środkowego (dwustronnego) dla obu stron połączenia, należy sekwencyjnie wykonać model dla połączenia dla belki prawej oraz oddzielnie (w oddzielnym projekcie) dla połączenia dla belki lewej, traktując belkę obliczaną jako belkę główną (w przyjętej konwencji – umieszczoną po prawej stronie rysunku poglądowego).



7.2.6 Ogólny sposób wymiarowania

Użytkownik wybiera sposób wymiarowania nośności połączenia:

- Na siły obliczeniowe,
- Na nośność elementów.

UWAGA: Prawidłowe zaprojektowanie połączenia *Na nośność elementów* dochodzących wymaga dużego doświadczenia zarówno zawodowego, jak i w obsłudze programu, a w niektórych konfiguracjach modelu może być niemożliwe.

W przypadku wybrania obliczeń *Na nośność elementów* siły podane w panelu **Model sił** są ignorowane.

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

7.2.7 Geometria przy styku

Użytkownik podaje kąt nachylenia belki względem słupa. Kąt podawany jest w stopniach. Obliczenia są prawidłowe dla małych wartości kąta pochylenia belki.

7.2.8 Symetria

Po wstawieniu znacznika *Parametry połączenia nakładki dolnej symetryczne względem nakładki górnej* wszystkie zadane przez użytkownika parametry dla nakładki górnej są automatycznie przypisane do nakładki dolnej, przy jednoczesnym braku możliwości zmiany parametrów dla nakładki dolnej.

Po wstawieniu znacznika w sekcji **Symetria** użytkownik podaje parametry dla nakładek symetrycznych w następujących panelach wyświetlonych po lewej stronie okna:

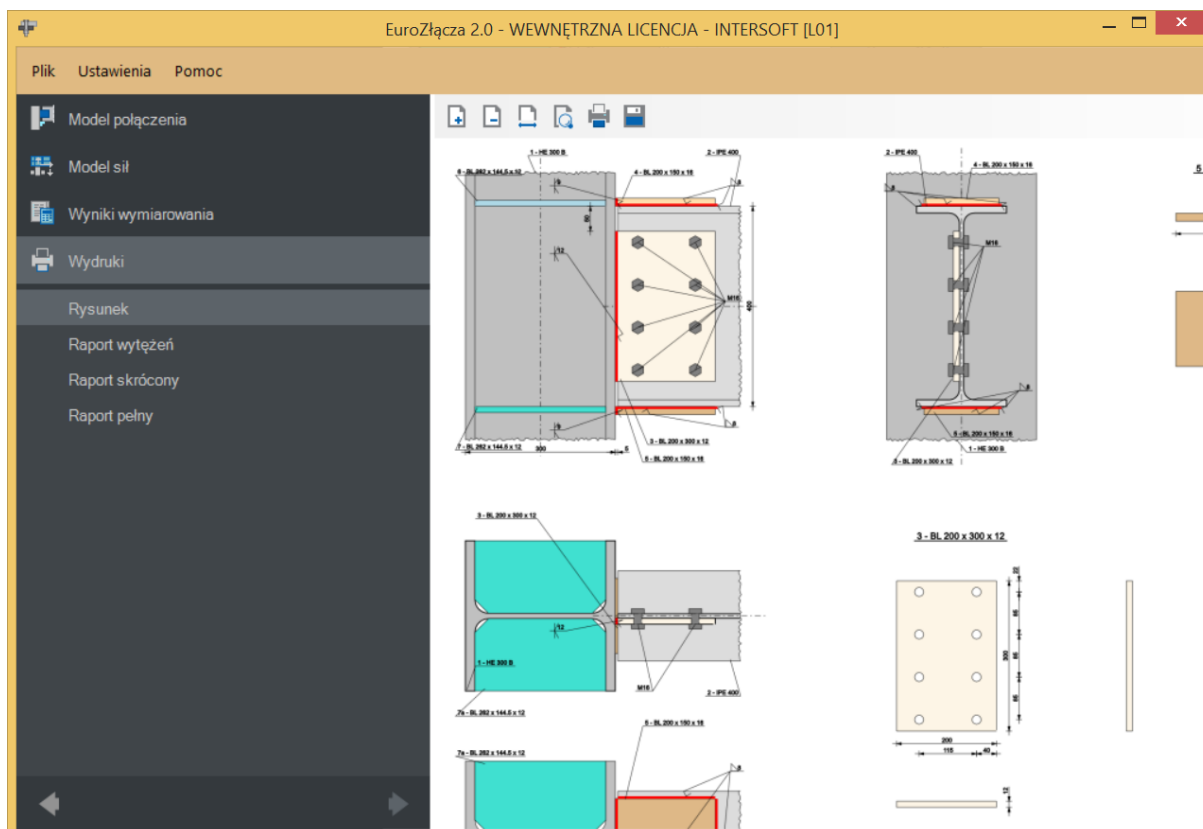
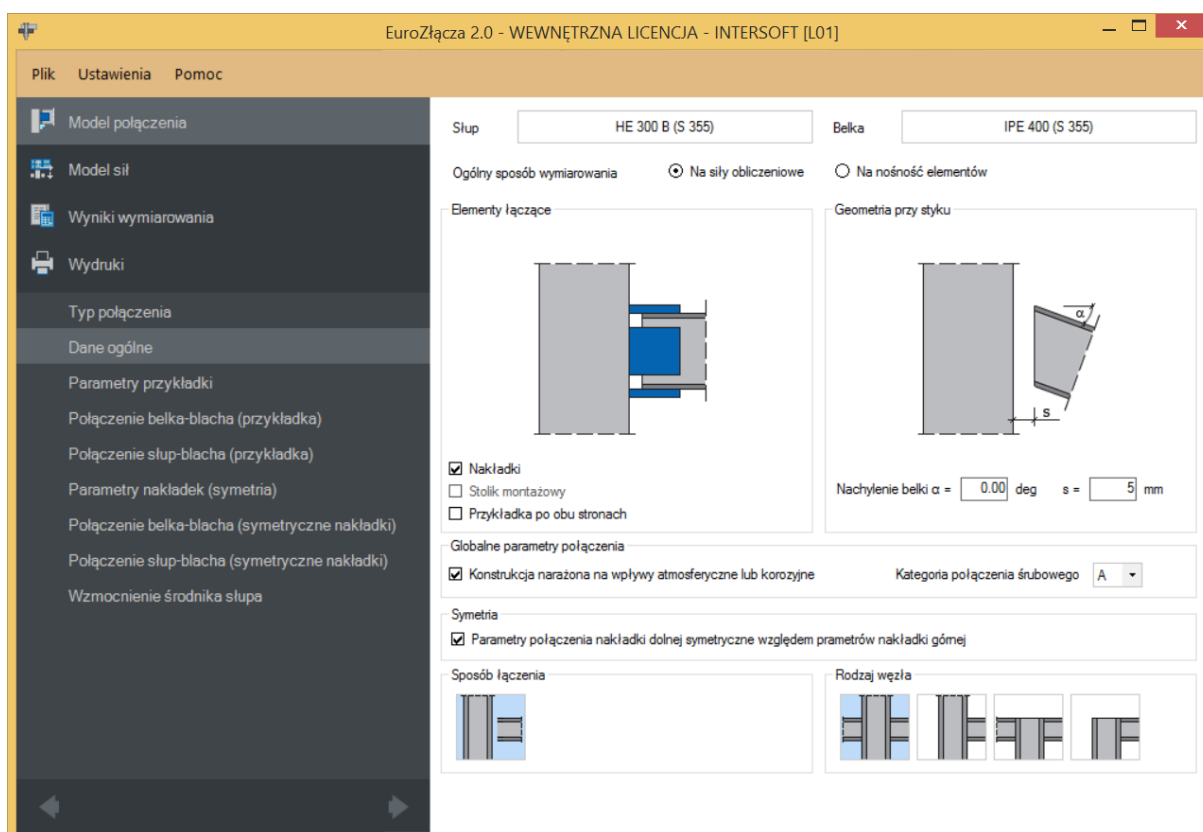
- Parametry nakładek (symetria),
- Połączenia belka-blacha (symetryczne nakładki),
- Połączenia słup-blacha (symetryczne nakładki).

Brak wstawienia znacznika w sekcji **Symetria** oznacza, że należy zadać parametry dla nakładki dolnej i górnej niezależnie.

7.2.9 Elementy łączące

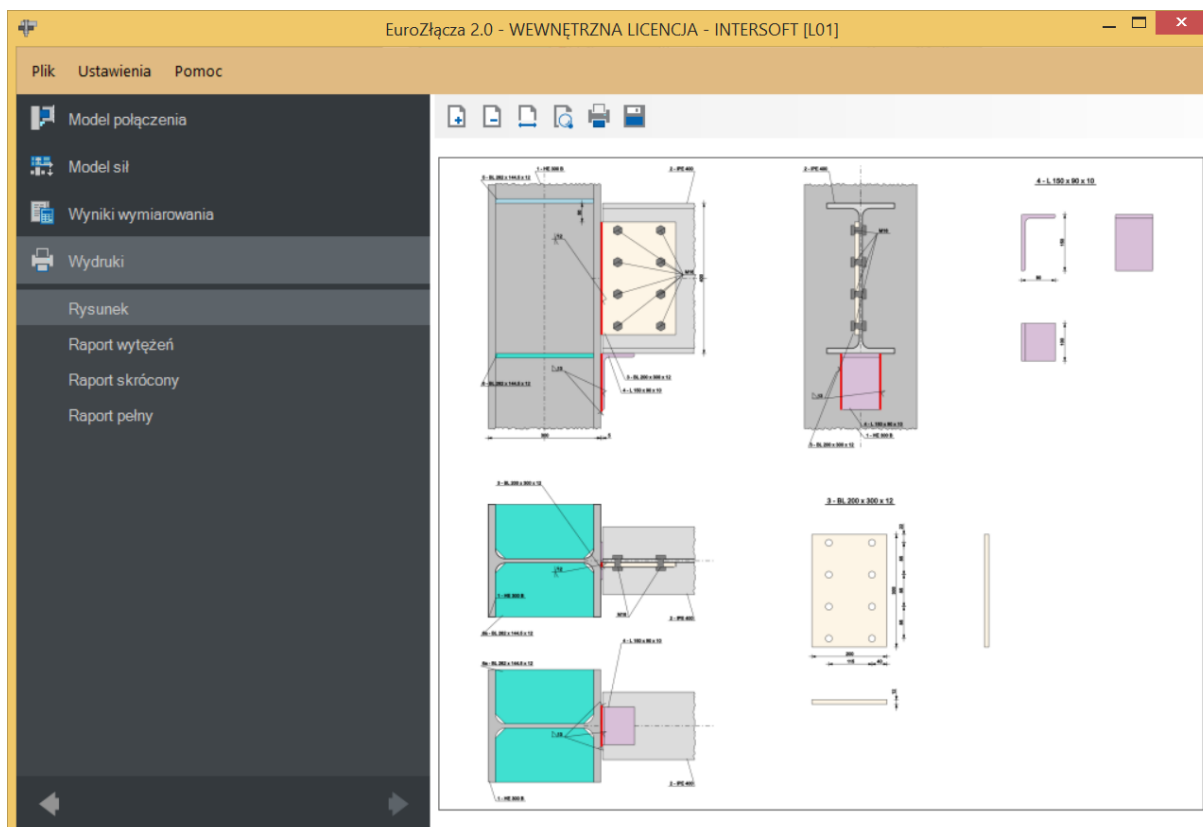
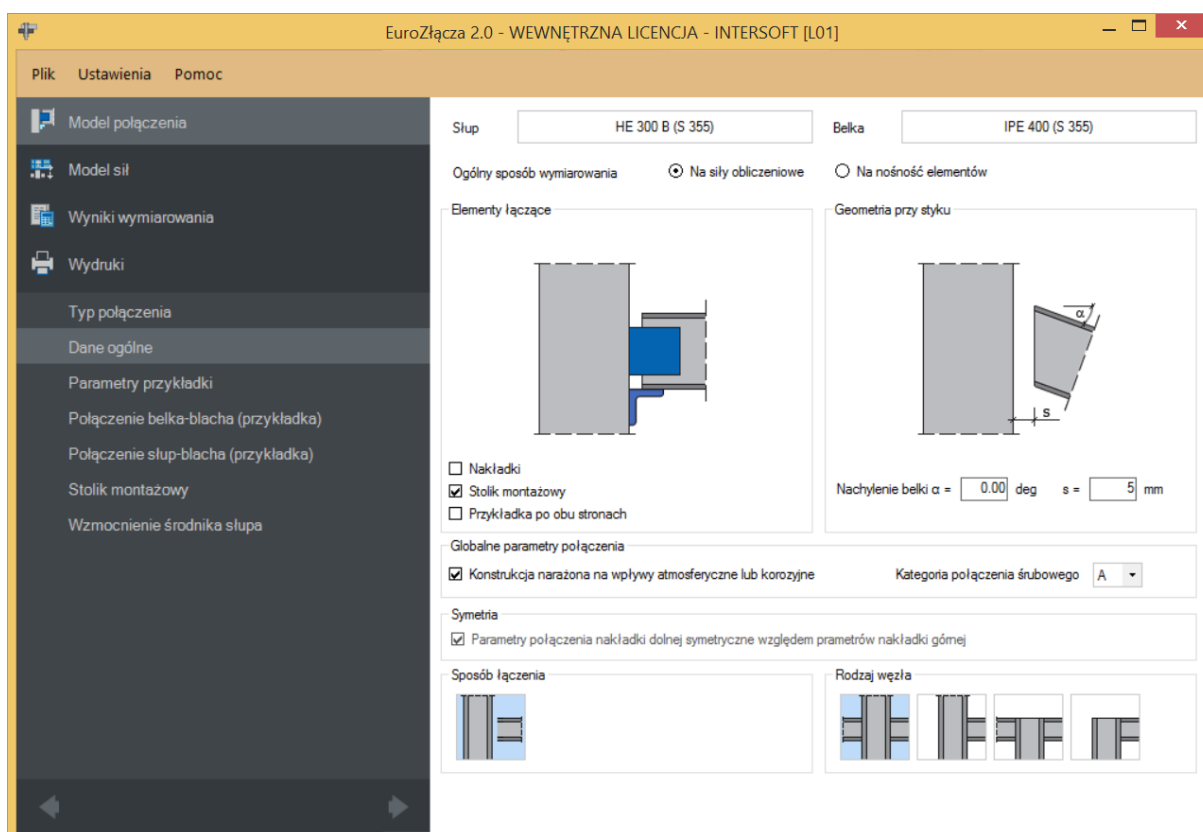
Nakładki – w połączeniu zastosowano nakładkę górną i dolną,

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



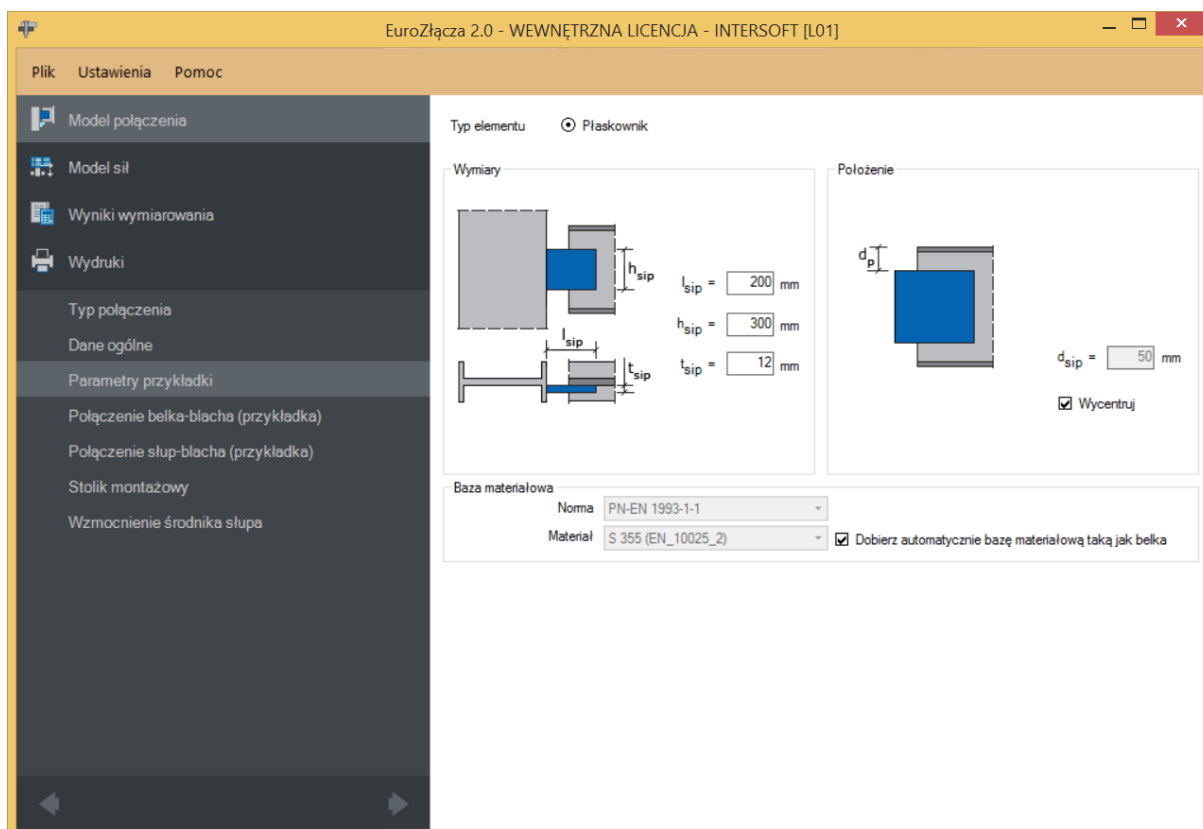
Stolik montażowy – w połączeniu zastosowano stolik montażowy,

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



Przykładka po obu stronach – zastosowano przykładkę po obu stronach środnika dochodzącej belki (dwie przykładki).

7.3 Parametry przykładki



7.3.1 Typ elementu

Możliwy do wykorzystania element łączący to płaskownik.

7.3.2 Parametry przykładki – Wymiary

Należy podać wymiary przykładki zgodnie z rysunkiem umieszczonym w sekcji **Wymiary**, gdzie:

l_{sip} – szerokość przykładki [mm],

h_{sip} – wysokość przykładki [mm],

t_{sip} – grubość przykładki [mm].

7.3.3 Parametry przykładki – Położenie

d_{sip} – odległość krawędzi górnej przykładki od krawędzi górnej pasa górnego belki [mm].

Wycentruj – powoduje wycentrowanie przykładki względem osi symetrii belki.

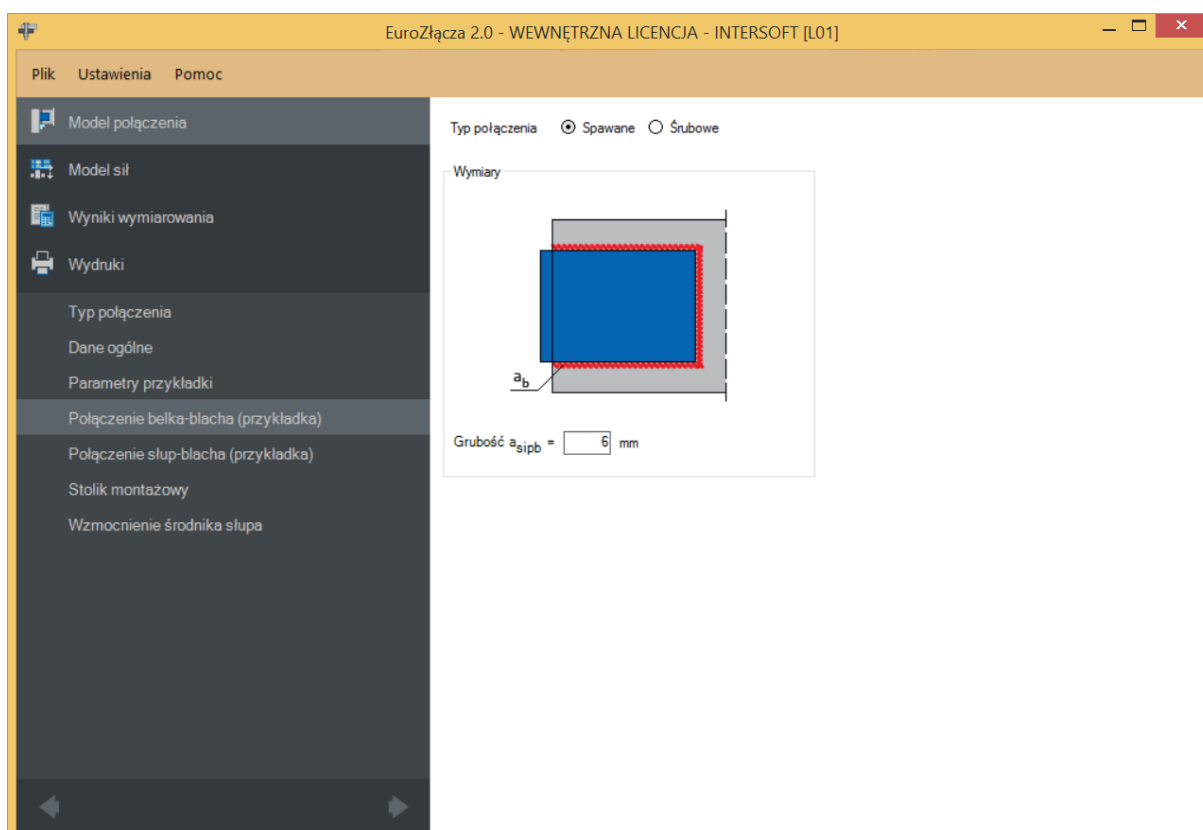


7.4 Połączenie belka-błacha (przykładka)

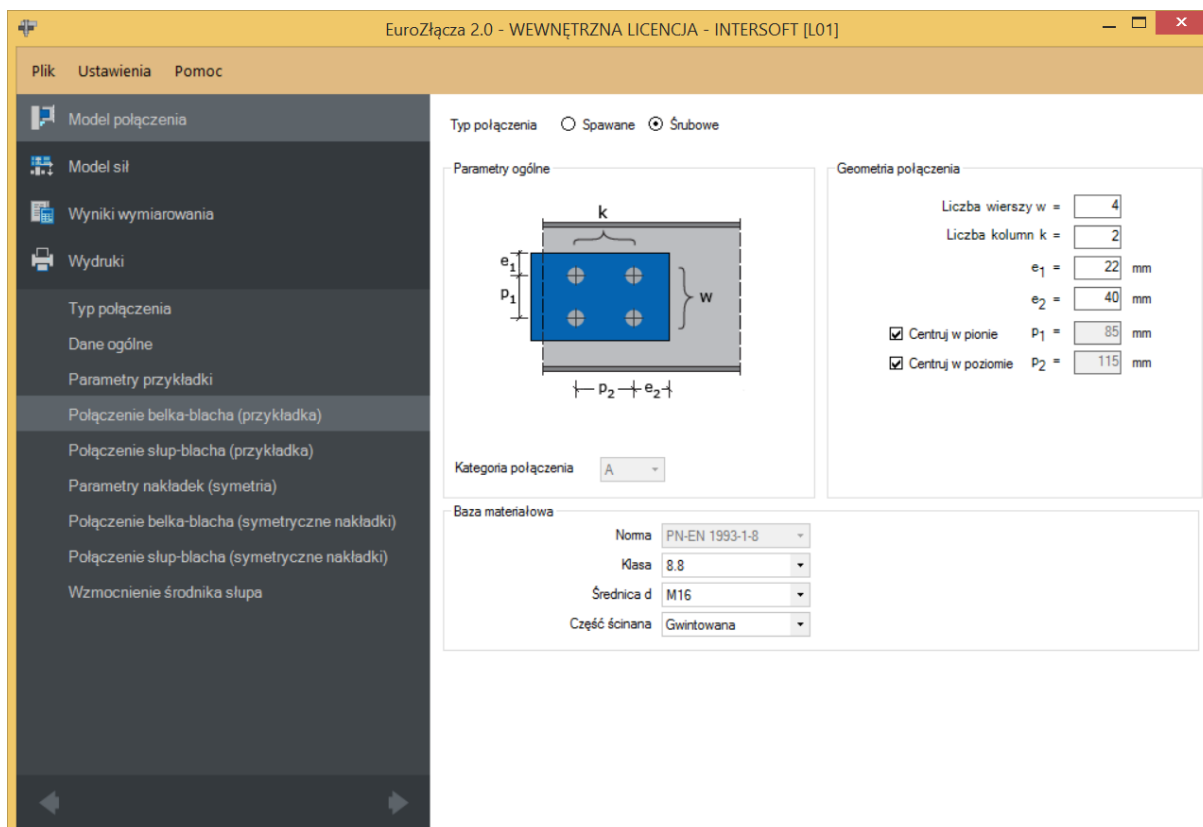
7.4.1 Typ połączenia – Spawane

a_{snpb} – grubość spoiny łączącej przykładkę ze środkiem belki [mm].

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



7.4.2 Typ połączenia – Śrubowe



7.4.2.1 Parametry ogólne

Wyświetlana jest **Kategoria połączenia** śrubowego określona w panelu **Dane wejściowe**.

7.4.2.2 Geometria połączenia

w – oznacza liczbę wierszy śrub,

k – oznacza liczbę kolumn śrub,

e_1 – odległość w pionie od osi śruby umieszczonej w pierwszym wierszu do krawędzi górnej płaskownika [mm],

e_2 – odległość w poziomie od osi śruby umieszczonej w ostatniej kolumnie do krawędzi bocznej płaskownika [mm],

p_1 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w pionie [mm],

p_2 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w poziomie [mm],

Centruj w pionie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w pionie są takie same,

Centruj w poziomie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w poziomie są takie same.

Dla połączenia śrubowego kategorii **B** lub **C** należy także wybrać z listy rozwijalnej (lub podać ręcznie):

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

UWAGA: Jeżeli dla konfiguracji połączenia bez nakładek (połączenie jedynie na przykładki) wybrane zostanie połączenie śrubowe na pojedynczą śrubę (jeden wiersz i jedna kolumna), zostanie ono uznane za przegubowe. W takim wypadku odpowiadający moment na zakładce **Model sił** powinien być równy zeru. W przeciwnym razie obliczenia zostaną zablokowane.

Ograniczenie to nie występuje dla konfiguracji modelu z użyciem nakładek.

7.4.2.3 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

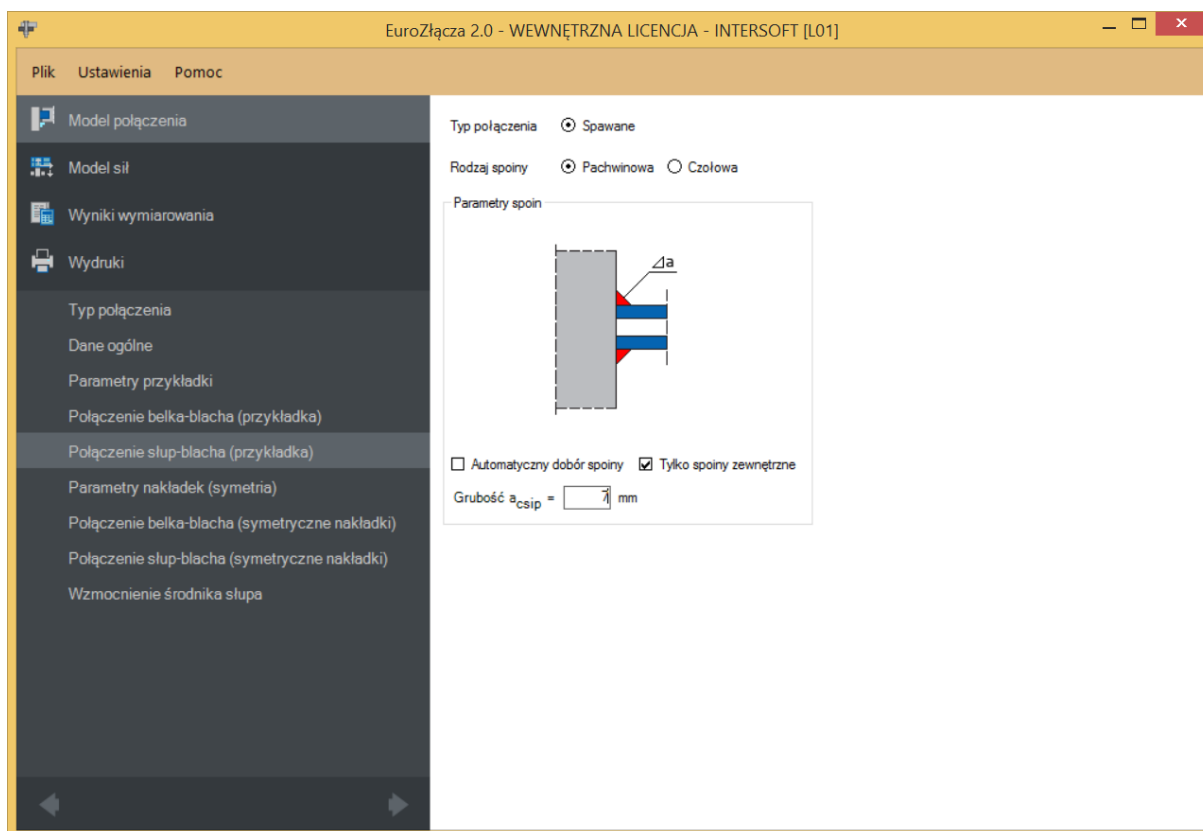
- **Klasę** użytych śrub,
- **Średnicę** użytych śrub d ,
- czy część ścinana śruby jest **Gwintowana**, czy **Nienagwintowana**.

7.5 Połączenie słup-błacha (przykładka)

7.5.1 Rodzaj spoiny – Pachwinowa

Tylko spoiny zewnętrzne – oznacza, że spoina jest prowadzona jedynie po zewnętrznej krawędzi przykładki(ek), licząc od strony środka belki. Odznaczenie tego pola spowoduje, że spoiny prowadzone są po obu stronach połączenia teowego przykładki do słupa.

Sytuacja jest analogiczna w przypadku zastosowania dwóch przykładek. Jednak wtedy należy pamiętać o tym, że technologiczne wykonanie spoiny dwustronnej może być uniemożliwione z powodu braku wystarczającego miejsca do wykonania linii spawu.



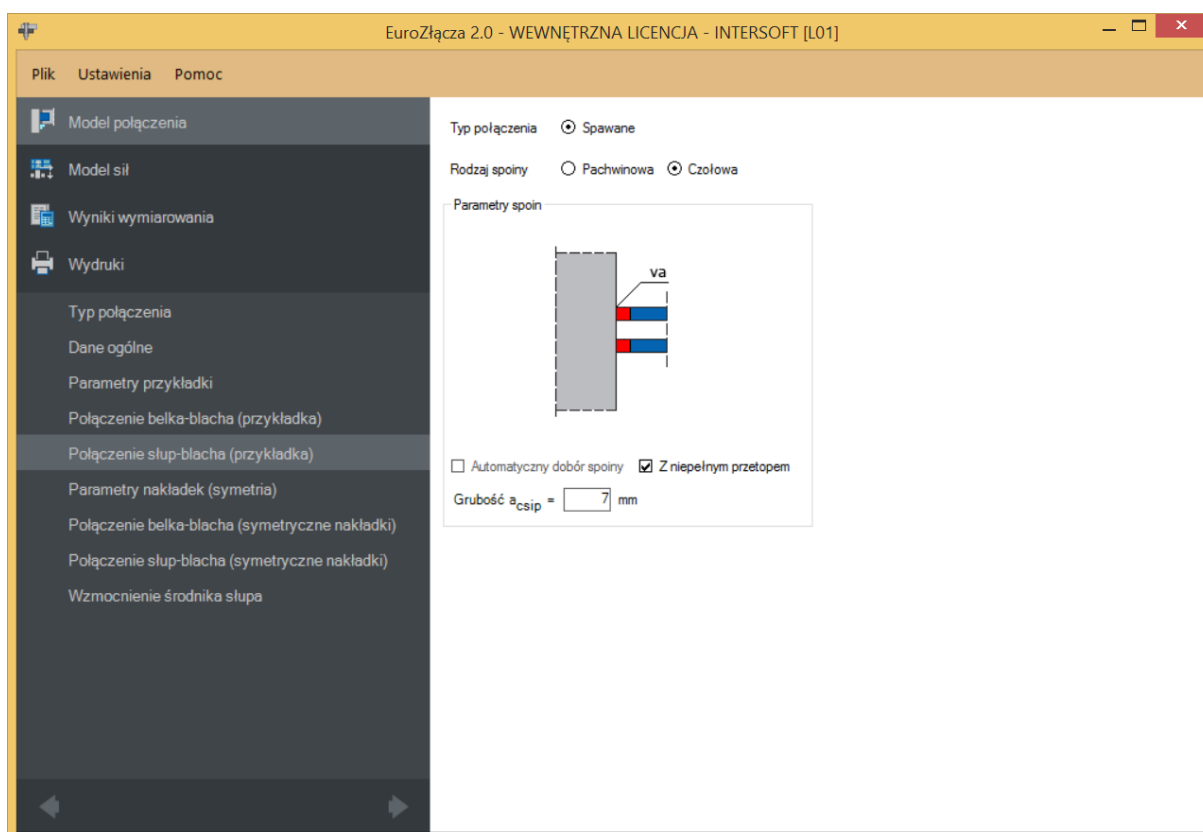
Automatyczny dobór spoiny – algorytm określa przybliżoną wystarczającą grubość spoiny pachwinowej.

7.5.2 Rodzaj spoiny – Czołowa

Należy podać:

a_{csip} – grubość spoiny czołowej [mm].

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



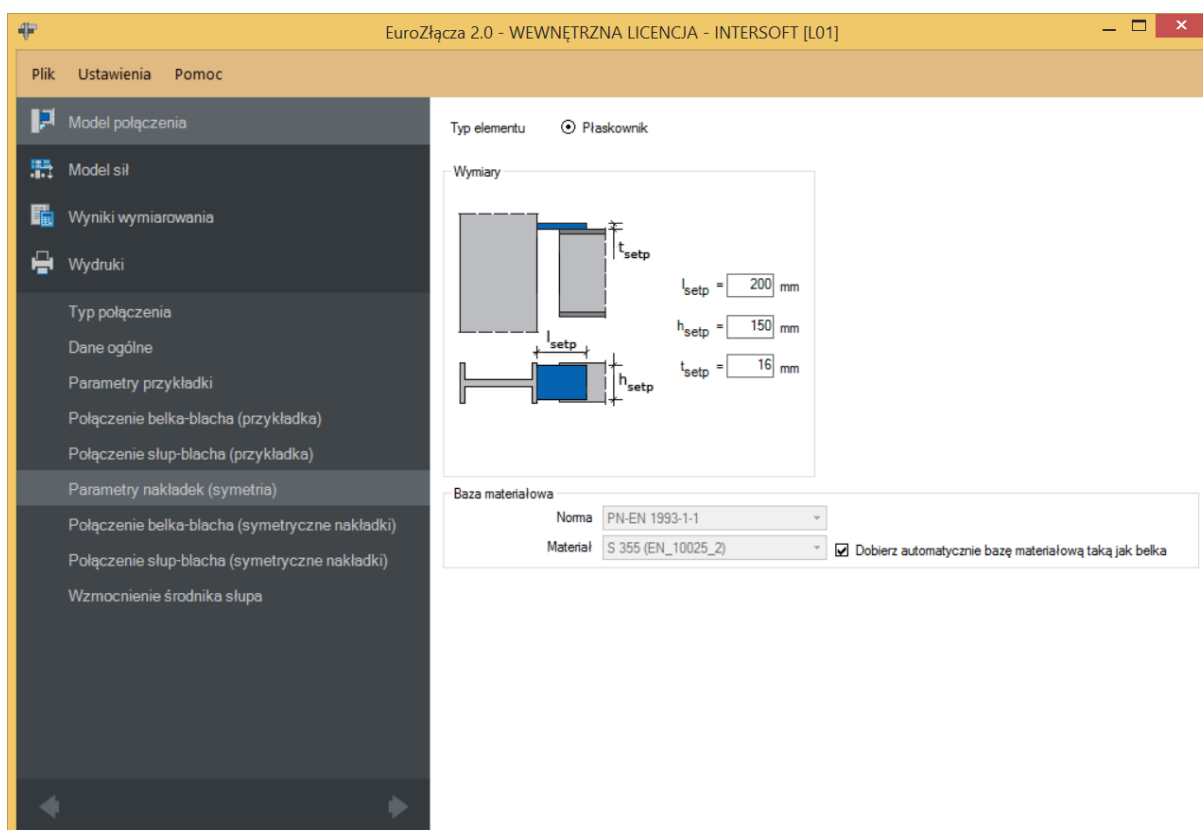
UWAGA: Wykonanie spoiny czołowej pełnej typu K może być niemożliwe z punktu widzenia technologicznego ze względu na brak wystarczającego odstępu pomiędzy przykładkami. Użytkownik może obejść problem poprzez umieszczenie na rysunku konstrukcyjnym projektowanego węzła spoiny typu V.

7.6 Parametry nakładki

Panele powiązane z opisem parametrów nakładki zostaną przedstawione na przykładzie nakładki symetrycznej, wynikającej z zaznaczenia opcji **Parametry połączenia nakładki dolnej symetryczne względem parametrów nakładki górnej**. W przypadku braku symetrii parametry są podawane dla górnej i dolnej nakładki niezależnie w oddzielnych zestawach formularzy.

Opcja pojawia się w przypadku wstawienia znacznika **Nakładki** w panelu **Dane wejściowe**.

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



Należy podać wymiary nakładki, gdzie:

l_{setp} – długość nakładki [mm],

h_{setp} – szerokość nakładki [mm],

t_{setp} – grubość nakładki [mm].

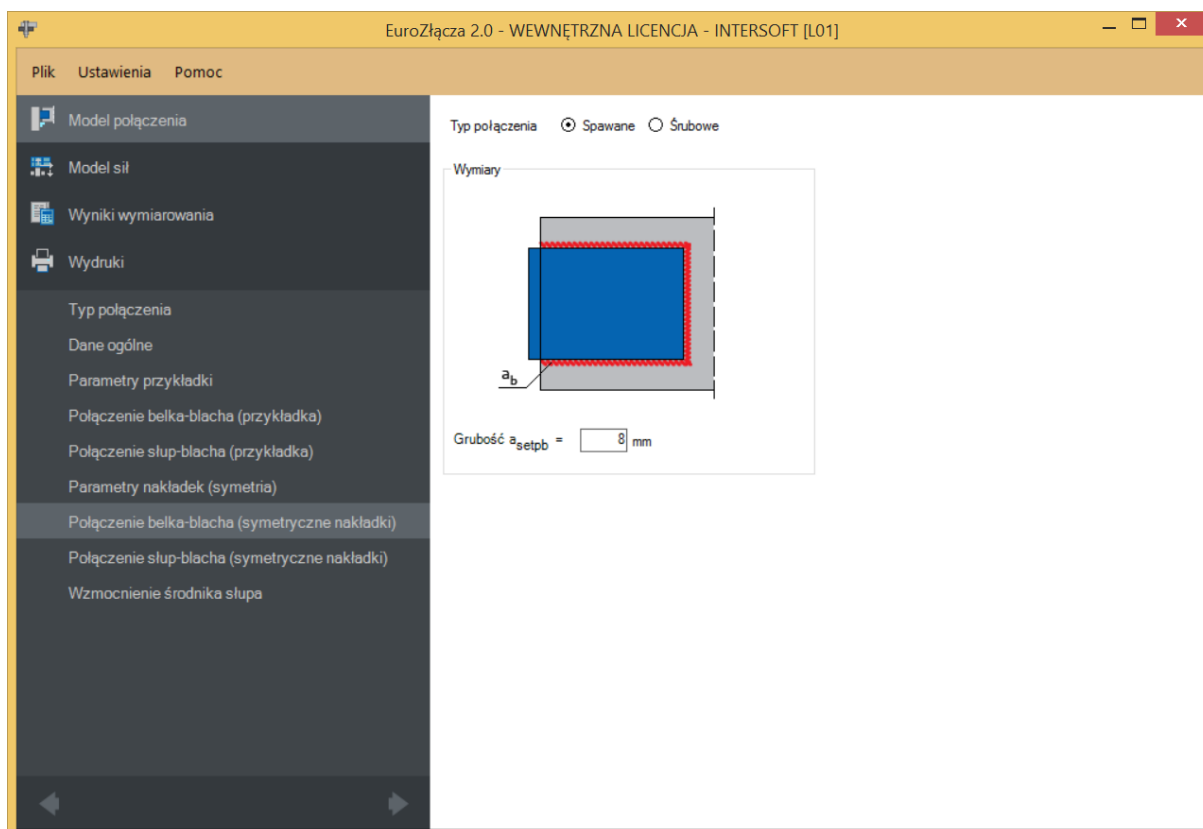
7.6.1 Baza materiałowa

W sekcji **Baza materiałowa** należy podać rodzaj stali. Po wstawieniu znacznika **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belka** do nakładki zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla belki.

7.7 Połączenie belka-błacha

Opcja pojawia się w przypadku wstawienia znacznika **Nakładki** w panelu **Dane wejściowe**.

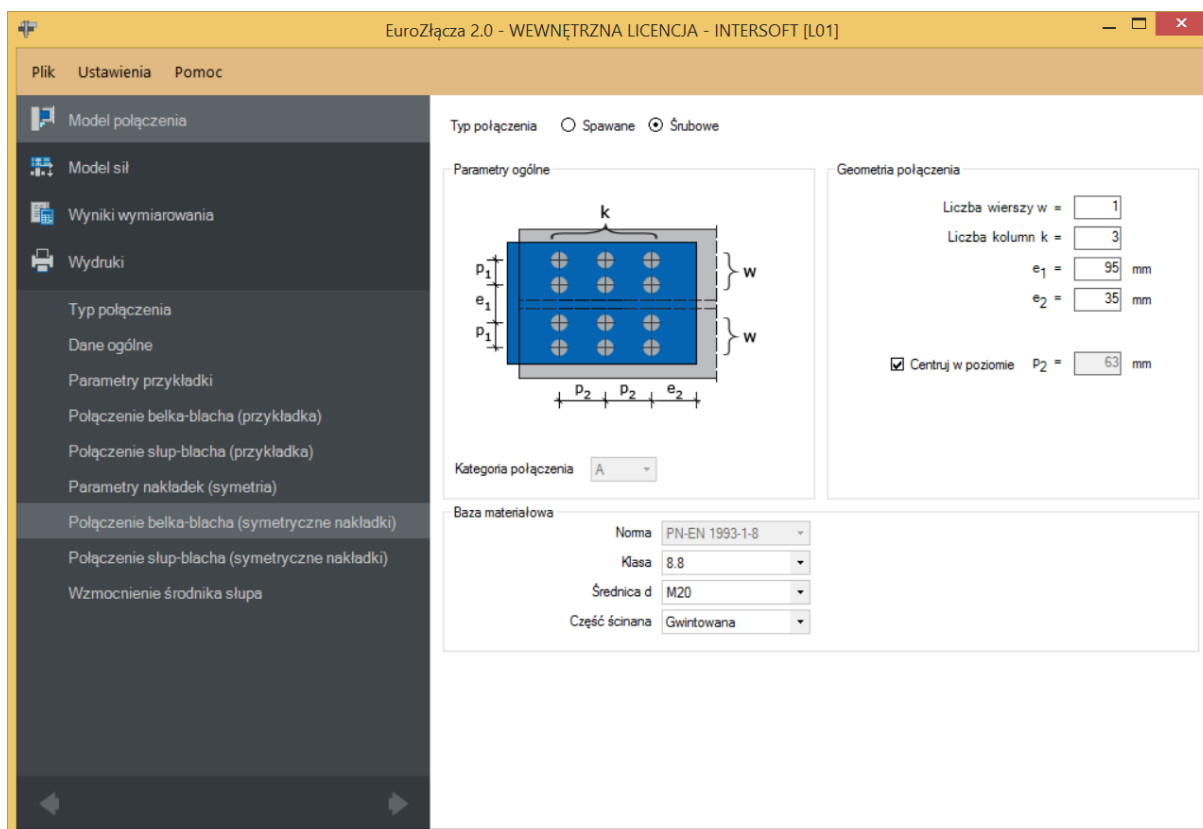
7.7.1 Typ połączenia – Spawane



Należy podać grubość spoiny łączącej nakładkę z półką belki:

a_{setpb} — grubość spoiny łączącej nakładkę z półką belki [mm].

7.7.2 Typ połączenia-Śrubowe



7.7.2.1 Parametry ogólne

Wyświetlana jest **Kategoria połączenia** śrubowego określona w panelu **Dane wejściowe**.

7.7.2.2 Geometria połączenia

w – oznacza liczbę wierszy śrub znajdujących się po jednej stronie osi podłużnej belki,

k – oznacza liczbę kolumn śrub,

e_1 – rozstaw osiowy pomiędzy wewnętrznymi wierszami śrub po przeciwnych stronach środka belki [mm],

e_2 – odległość w poziomie od osi śruby umieszczonej w ostatniej kolumnie do krawędzi bocznej nakładki górnej [mm],

p_1 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w pionie [mm],

p_2 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w poziomie [mm],

Centruj w pionie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w pionie są takie same,

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

Centruj w poziomie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w poziomie są takie same.

Dla połączenia śrubowego kategorii B lub C należy także wybrać z listy rozwijalnej (lub podać ręcznie):

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

7.7.2.3 Baza materiałowa

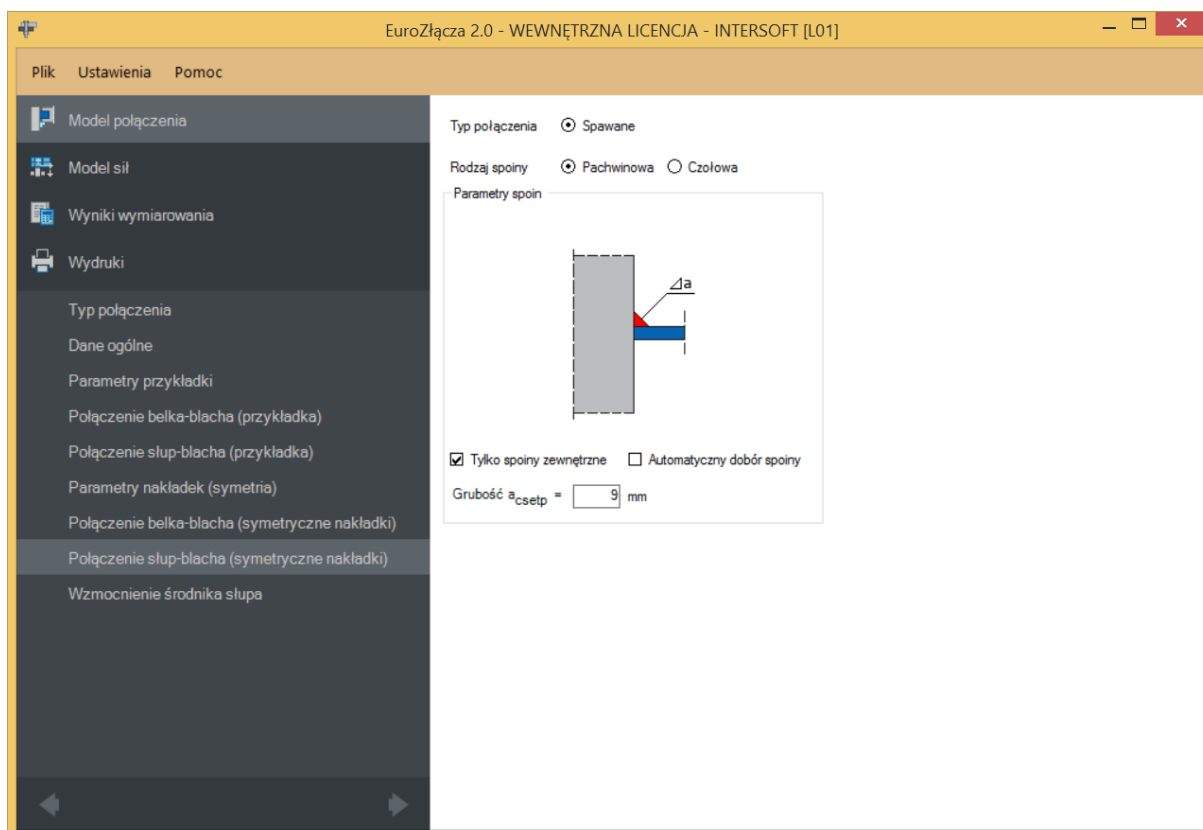
Należy wybrać z listy rozwijalnej:

- **Klasę** użytych śrub,
- **Średnicę** użytych śrub d ,
- czy część ścinana śruby jest **Gwintowana**, czy **Nienagwintowana**.

7.8 Połączenie słup-błacha

Opcja pojawia się w przypadku wstawienia znacznika **Nakładki** w panelu **Dane wejściowe**.

7.8.1 Rodzaj spoiny – Pachwinowa

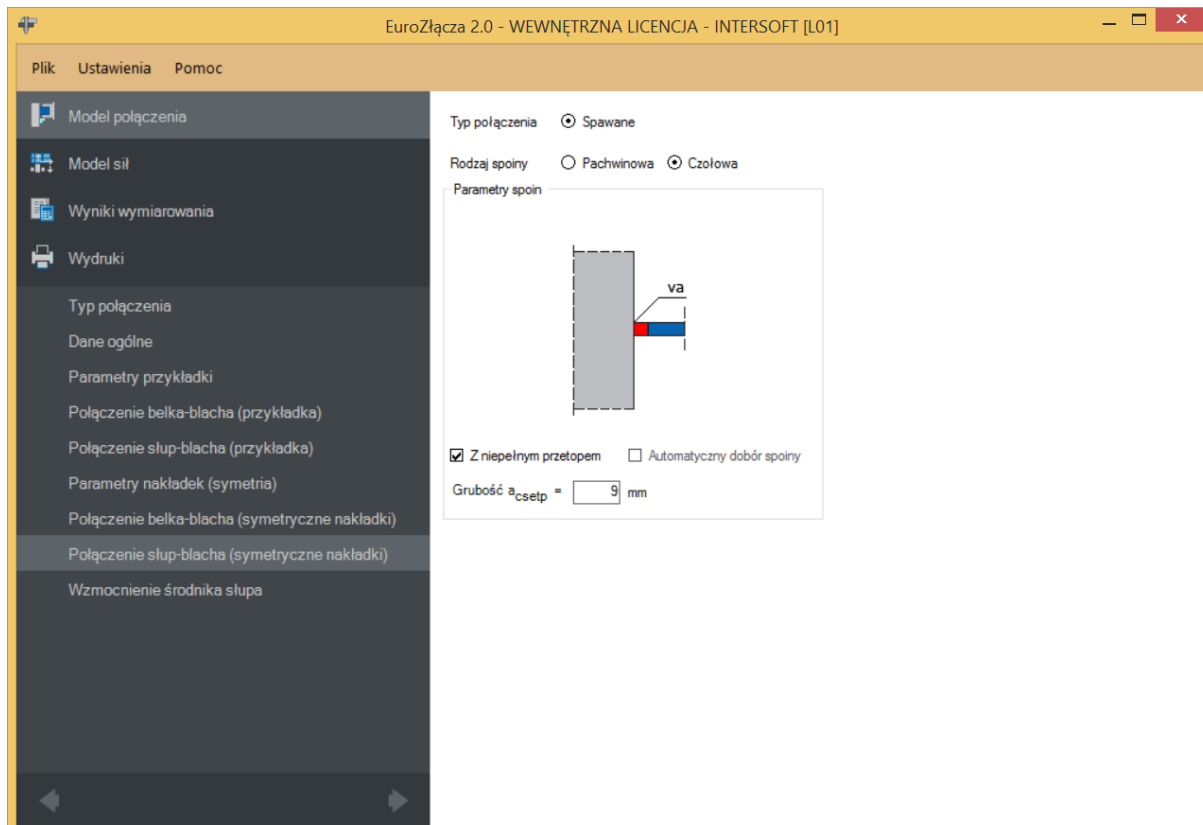


Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

Tylko spoiny zewnętrzne – oznacza, że nakładka jest przyspawana na jedną spoinę pachwinową do słupa po zewnętrznej krawędzi. Odznaczenie tego pola spowoduje, że nakładka przyspawana będzie na dwie spoiny pachwinowe do słupa po zewnętrznej i wewnętrznej stronie.

Automatyczny dobór spoiny – algorytm określi grubość spoiny pachwinowej.

7.8.2 Rodzaj spoiny – Czołowa

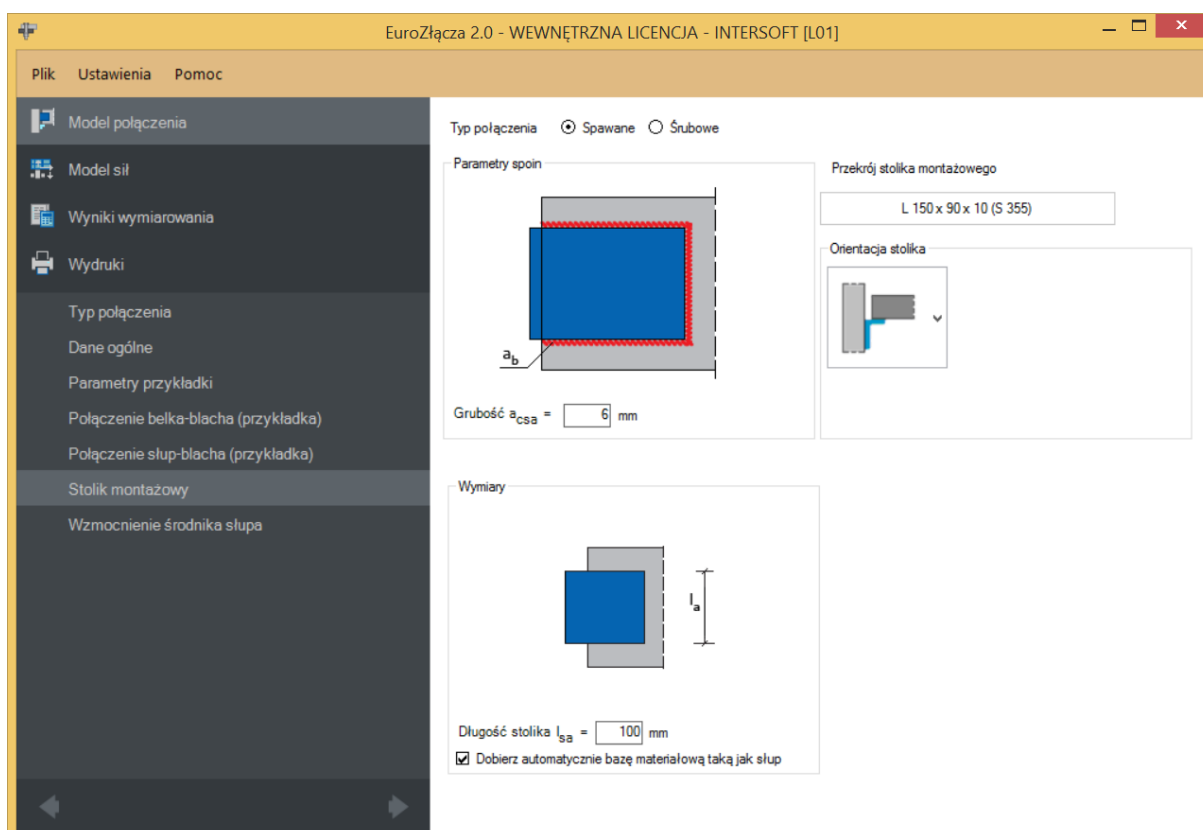


a_{csetp} – grubość spoiny czołowej [mm].

7.9 Stolik montażowy

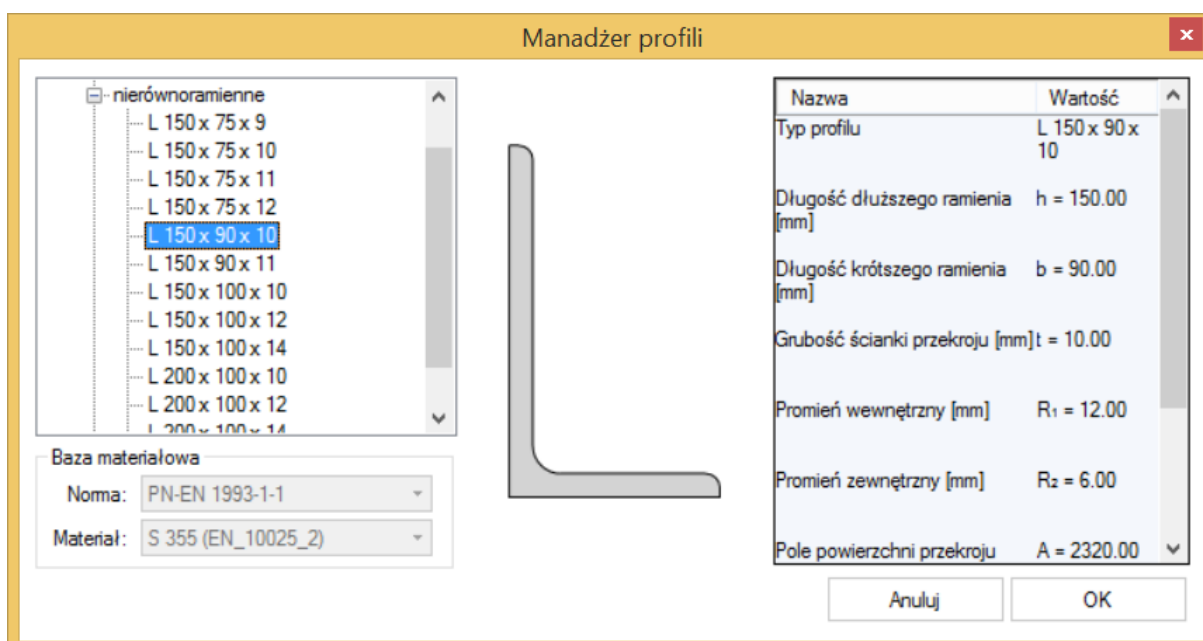
Opcja pojawia się w przypadku wstawienia znacznika **Stolik montażowy** w panelu **Dane wejściowe**.

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



7.9.1 Przekrój stolika montażowego

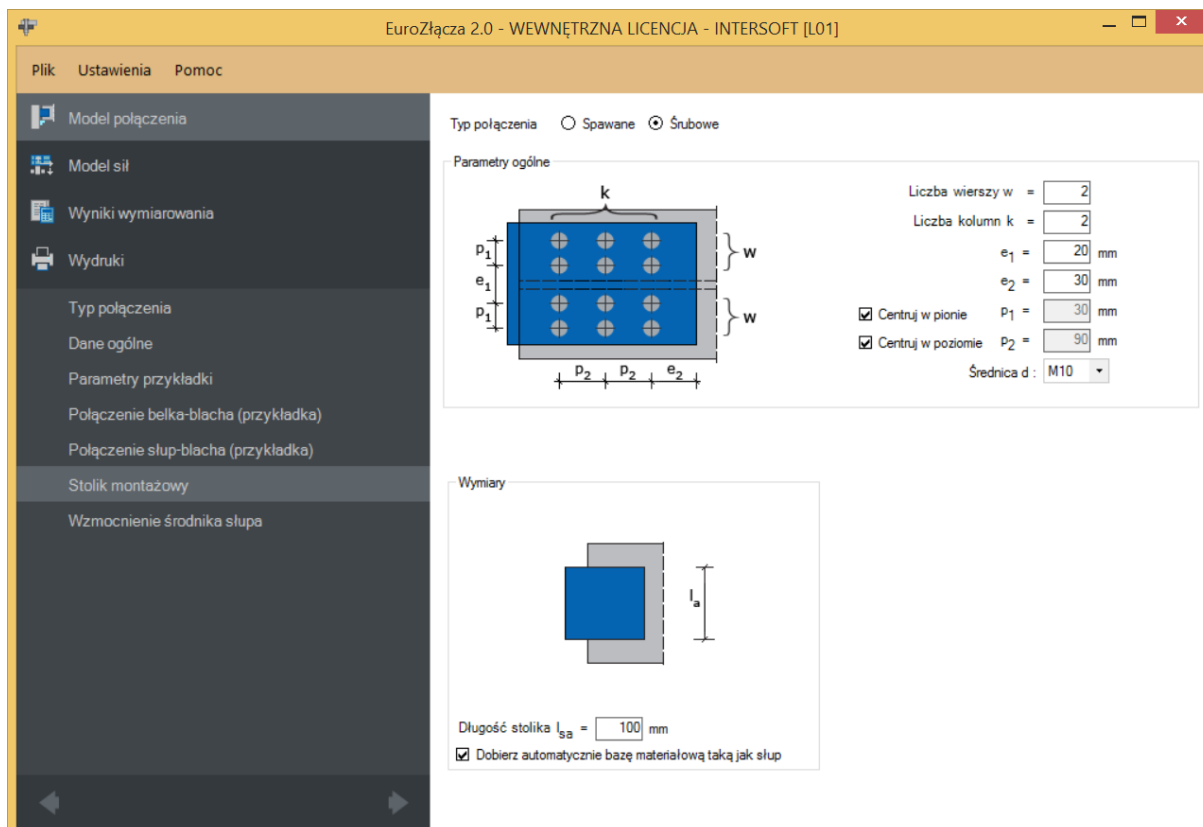
W opcji **Przekrój stolika montażowego** znajduje się **Menadżer profili**, w którym należy wybrać odpowiedni profil stolika montażowego (kątownik) oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.



Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

l_{sa} – długość stolika montażowego liczona wzdłuż pól słupek [mm].

7.9.2 Typ połączenia – Śrubowy



Połączenie dotyczy mocowania stolika montażowego do pasa słupa.

Należy podać:

w – oznacza liczbę wierszy śrub znajdujących się po jednej stronie osi podłużnej słupa,

k – oznacza liczbę kolumn śrub,

e_1 – rozstaw osiowy pomiędzy wewnętrznymi wierszami śrub po przeciwnych stronach średnicy słupa [mm],

e_2 – odległość w poziomie od osi śruby umieszczonej w ostatniej kolumnie do krawędzi bocznej kątownika (stolika) [mm],

p_1 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w pionie [mm],

p_2 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w poziomie [mm],

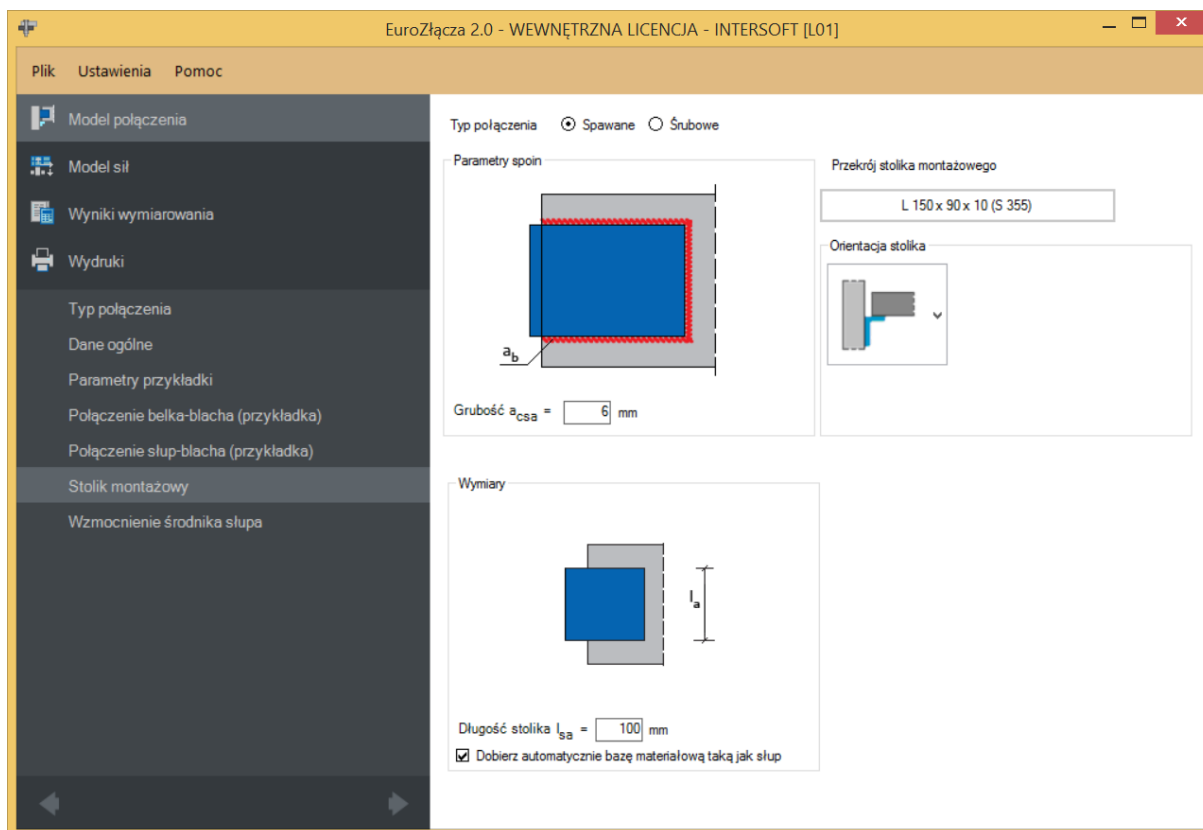
Centruj w pionie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w pionie są takie same,

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

Centruj w poziomie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w poziomie są takie same,

d – średnica śrub.

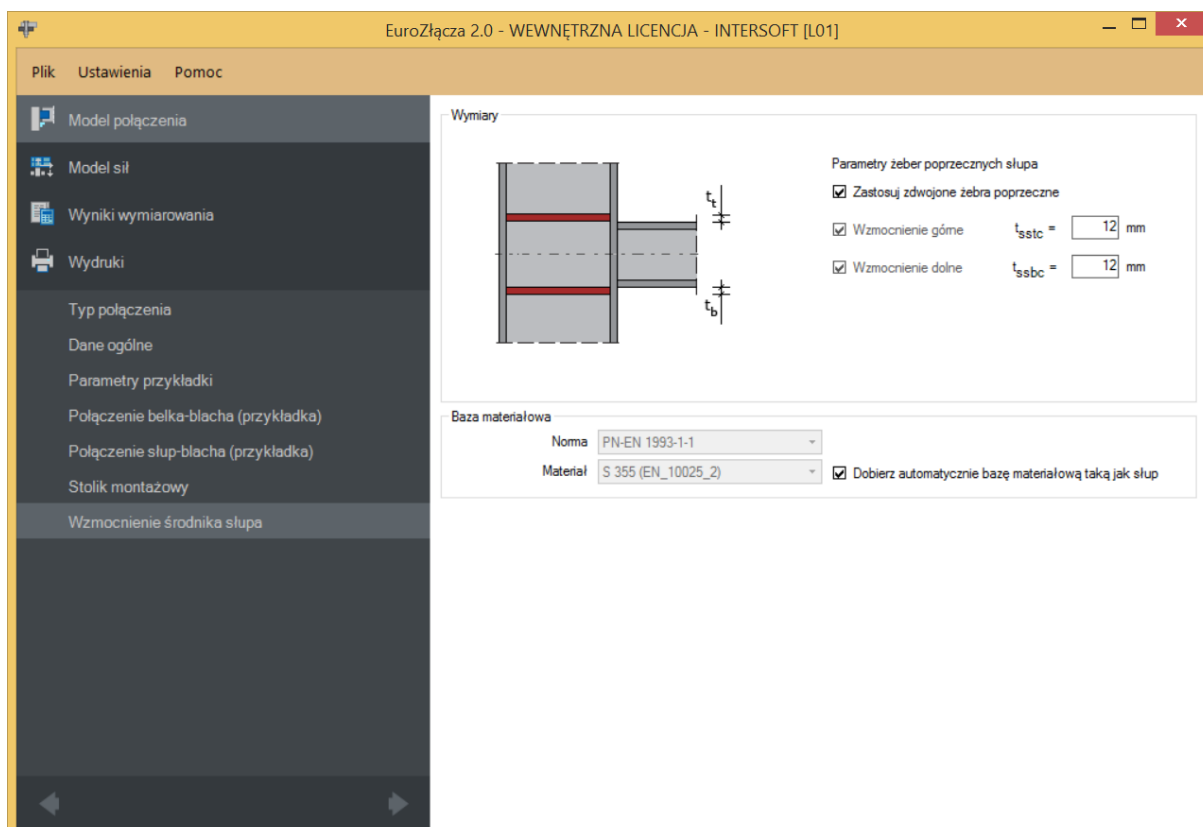
7.9.3 Typ połączenia – Spawany



Należy podać:

a_{csa} – grubość spoiny łączącej stół montażowy ze słupem [mm].

7.10 Wzmocnienie środnika słupa



7.10.1 Parametry żeber poprzecznych słupa – Wymiary

Należy podać:

t_{sstc} – grubość żebra górnego (na poziomie pasa górnego belki) [mm],

t_{ssbc} – grubość żebra dolnego (na poziomie pasa dolnego belki) [mm].

7.10.2 Parametry żeber poprzecznych słupa – Baza materiałowa

Po zaznaczeniu opcji **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak słup** do żeber usztywniających poprzecznych zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla słupa.

8 Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

Algorytm dotyczy połączenia EuroZłącza BELKA-BELKA, w którym oba główne elementy połączone są za pośrednictwem przykładek środnika oraz ewentualnych nakładek półek belek. Połączenie obejmuje możliwość konfiguracji:

a) Ogólnie:

- dopuszczalne przekroje dla belek obejmują dwuteowniki dochodzące do siebie w tej samej orientacji osi głównych, równoległe,
- siły V oraz M obciążające belki dwuteowników w silniejszych osiach ich przekrojów,
- belki połączone są za pomocą przykładek środnika (pojedyncza lub podwójna) oraz ewentualnych nakładek pasów górnych i dolnych.

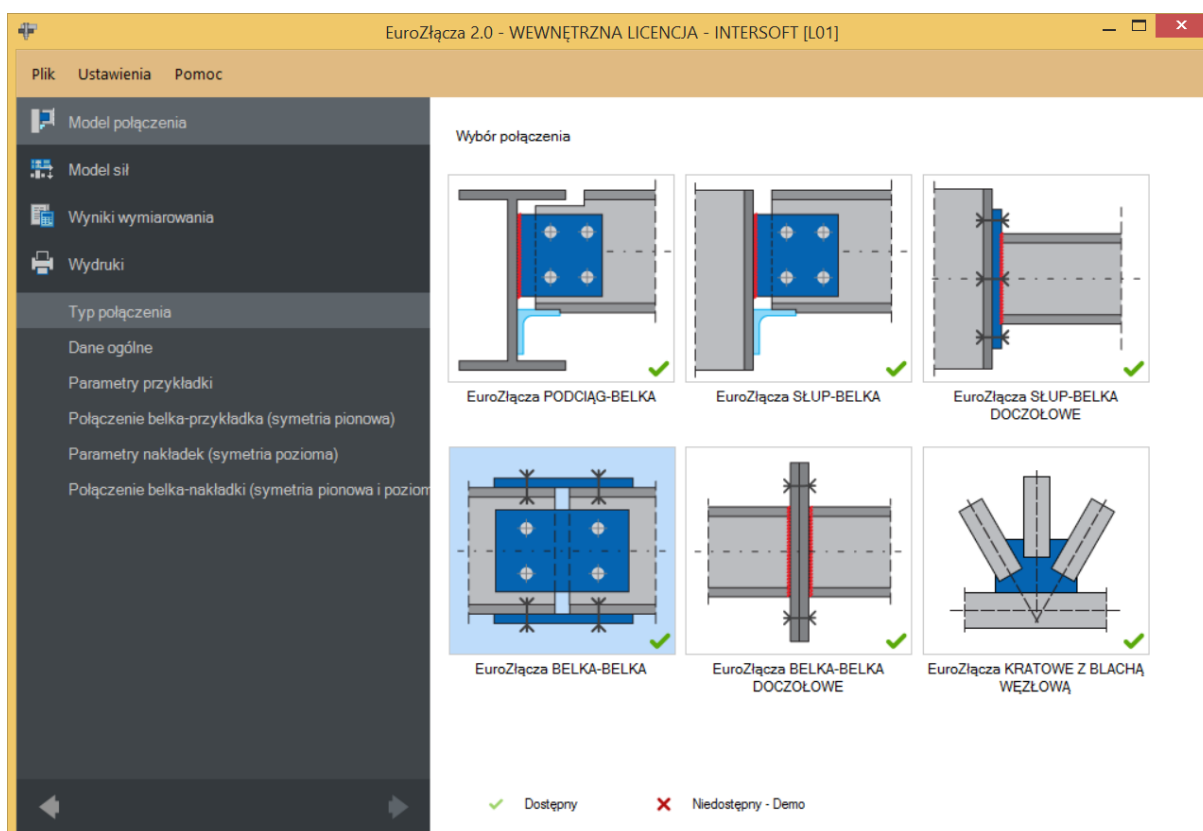
b) Przykładki:

- przykładki oraz nakładki w formie płaskowników dołączone są odpowiednio do środników i półek belek poprzez połączenie zakładkowe śrubowe lub spawane.

c) Nakładki:

- użycie nakładek jest możliwe tylko w przypadku, gdy obie łączone belki mają równą wysokość.

8.1 Typ połączenia



Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

8.2 Dane wejściowe

EuroZłącza 2.0 - WEWNĘTRZNA LICENCJA - INTERSOFT [L01]

Plik Ustawienia Pomoc

Model połączenia

Model sił

Wyniki wymiarowania

Wydruki

Typ połączenia

Dane ogólne

Parametry przykładowe

Połączenie belka-przykładka (symetria pionowa)

Parametry nakładek (symetria pozioma)

Połączenie belka-nakładki (symetria pionowa i pozioma)

Belka lewa IPE 550 (S 235)

Belka prawa IPE 550 (S 235)

Ogólny sposób wymiarowania ☒ Na sily obliczeniowe ☐ Na nośność elementów

Elementy łączące

Geometria przy styku

☒ Nakładki

☒ Przykładka po obu stronach

☐ Wyrównaj do górnej krawędzi belki prawej

☒ Centruj belki osiowo

☐ Wyrównaj do dolnej krawędzi belki prawej

s = 5 mm r = 0 mm

Globalne parametry połączenia

☐ Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne

Kategoria połączenia śrubowego A

Symetria

☒ Parametry połączenia belki lewej symetryczne względem prametrów belki prawej

☒ Parametry połączenia nakładki dolnej symetryczne względem prametrów nakładki górnej

8.2.1 Belka lewa

W opcji **Belka lewa** znajduje się **Menadżer profili**, w którym należy wybrać odpowiedni profil belki lewej oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.

Manadżer profili

IPE 180

IPE 200

IPE 220

IPE 240

IPE 270

IPE 300

IPE 330

IPE 360

IPE 400

IPE 450

IPE 500

IPE 550

IPE 600

Baza materiałowa

Norma: PN-EN 1993-1-1

Material: S 235 (EN_10025_2)

Nazwa Wartość

Typ profilu IPE 550

Wysokość przekroju [mm] h = 550.00

Szerokość półek przekroju [mm] b_f = 210.00

Grubość środnika przekroju [mm] t_w = 11.00

Grubość półek przekroju [mm] t_f = 17.00

Promień wewnętrzny [mm] R₁ = 24.00

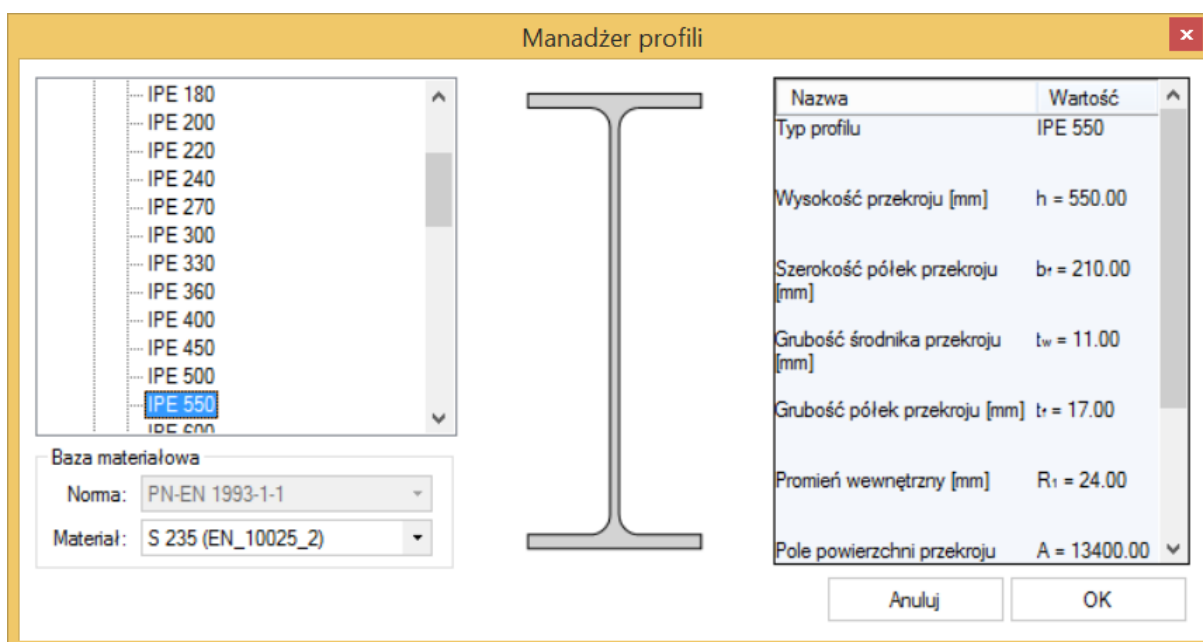
Pole powierzchni przekroju A = 13400.00

Anuluj OK

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

8.2.2 Belka prawa

W opcji **Belka prawa** znajduje się **Menadżer profili**, w którym należy wybrać odpowiedni profil belki prawej oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.



8.2.3 Globalne parametry połączenia

Zgodnie z zasadami modelowania połączenia, jeśli dla połączenia belka-błacha przykładki lub belka-błacha nakładki wybrano połączenie na śruby, wówczas należy wybrać **Kategorię połączenia śrubowego**:

- A,
- B (należy dodatkowo podać siły charakterystyczne w panelu **Modelu sił**),
- C.

W przypadku gdy połączenia belka-błacha przykładki i belka-błacha nakładki realizowane są jako spawane, opcja powyższa nie jest dostępna.

W przypadku zaznaczenia opcji **Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczny lub korozyjne** aplikacja uwzględni ten parametr w obliczeniach.

8.2.4 Ogólny sposób wymiarowania

Użytkownik wybiera sposób wymiarowania nośności połączenia:

- Na siły obliczeniowe,
- Na nośność elementów.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

UWAGA: Prawidłowe zaprojektowanie połączenia *Na nośność elementów* dochodzących wymaga dużego doświadczenia zarówno zawodowego, jak i w obsłudze programu, a w niektórych konfiguracjach modelu może być niemożliwe.

W przypadku wybrania obliczeń *Na nośność elementów* siły podane w panelu **Model sił** są ignorowane.

8.2.5 Geometria przy styku

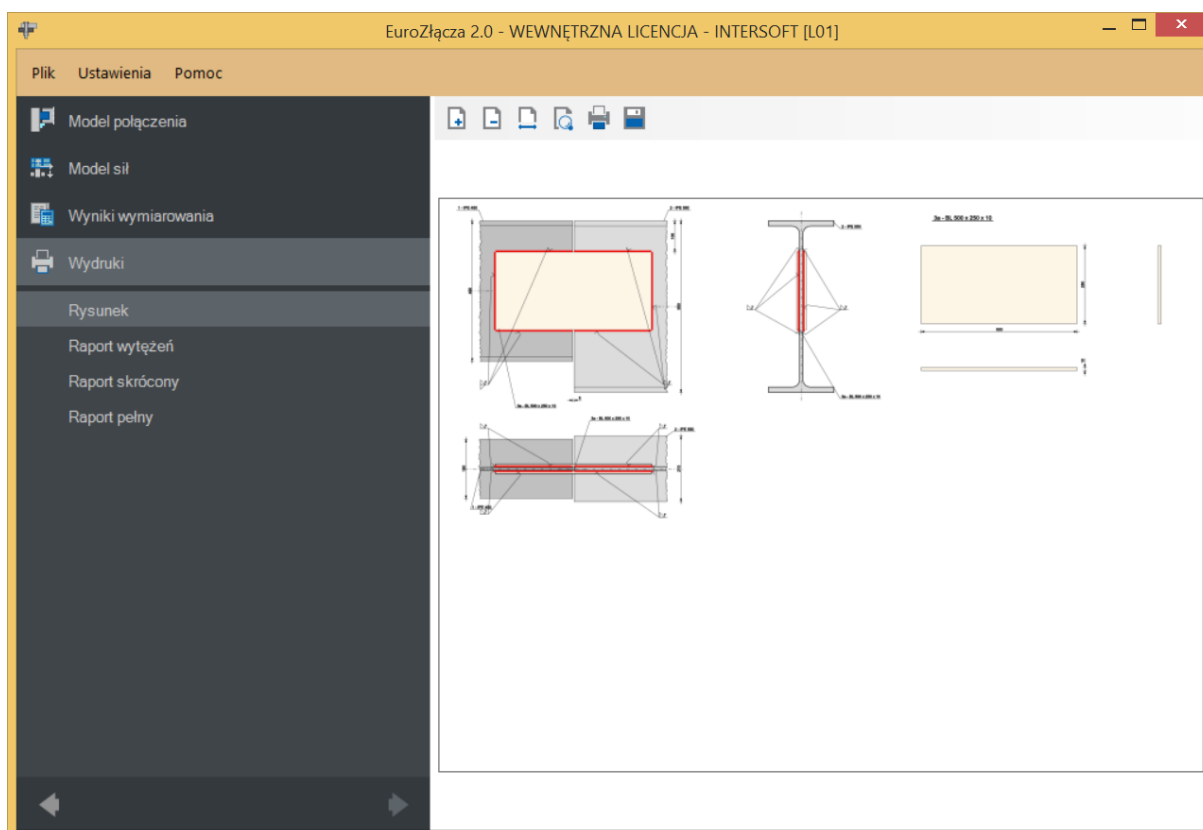
Użytkownik podaje:

r – odsunięcie pomiędzy krawędzią pasa górnego belki prawej do krawędzi pasa górnego belki lewej [mm],

s – odsunięcie pomiędzy belkami [mm].

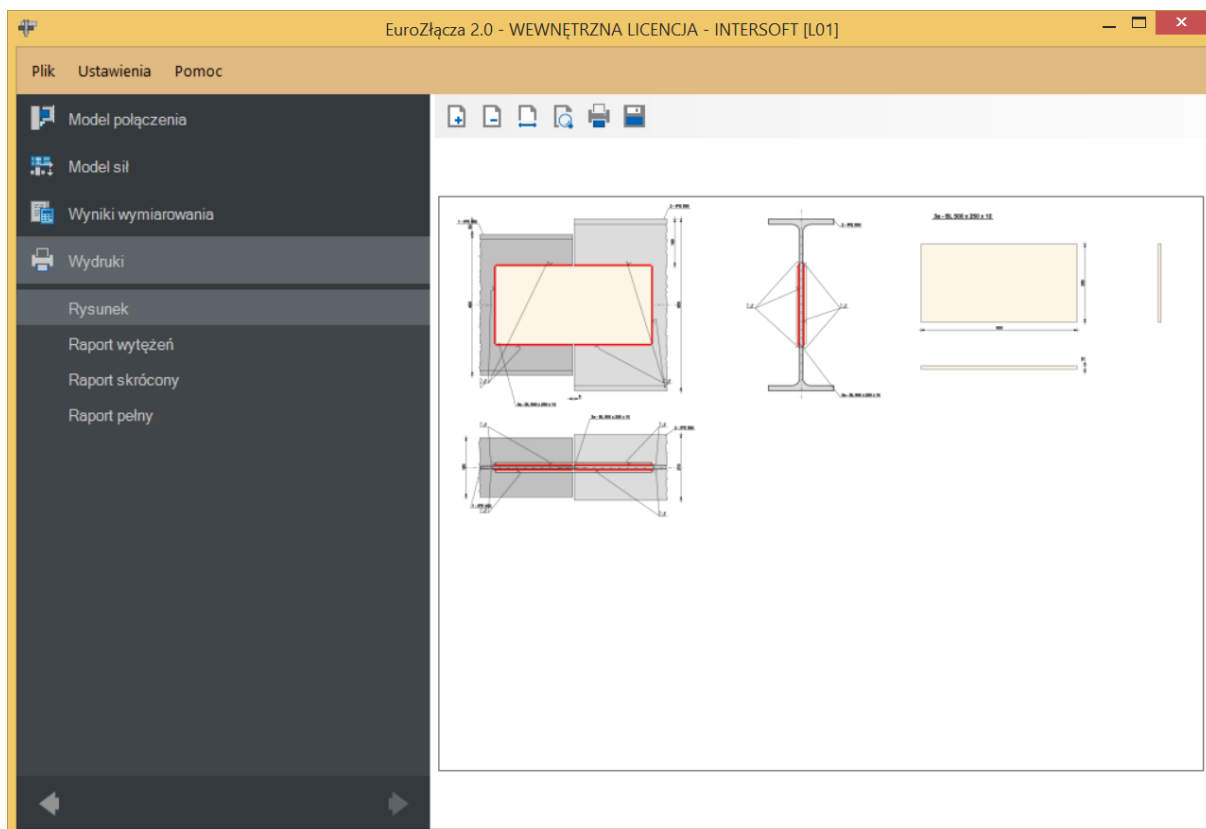
Dodatkowe opcje:

- **Wyrównaj do górnej krawędzi belki prawej** – obie belki zostaną wyrównane względem pasa górnego belki prawej.

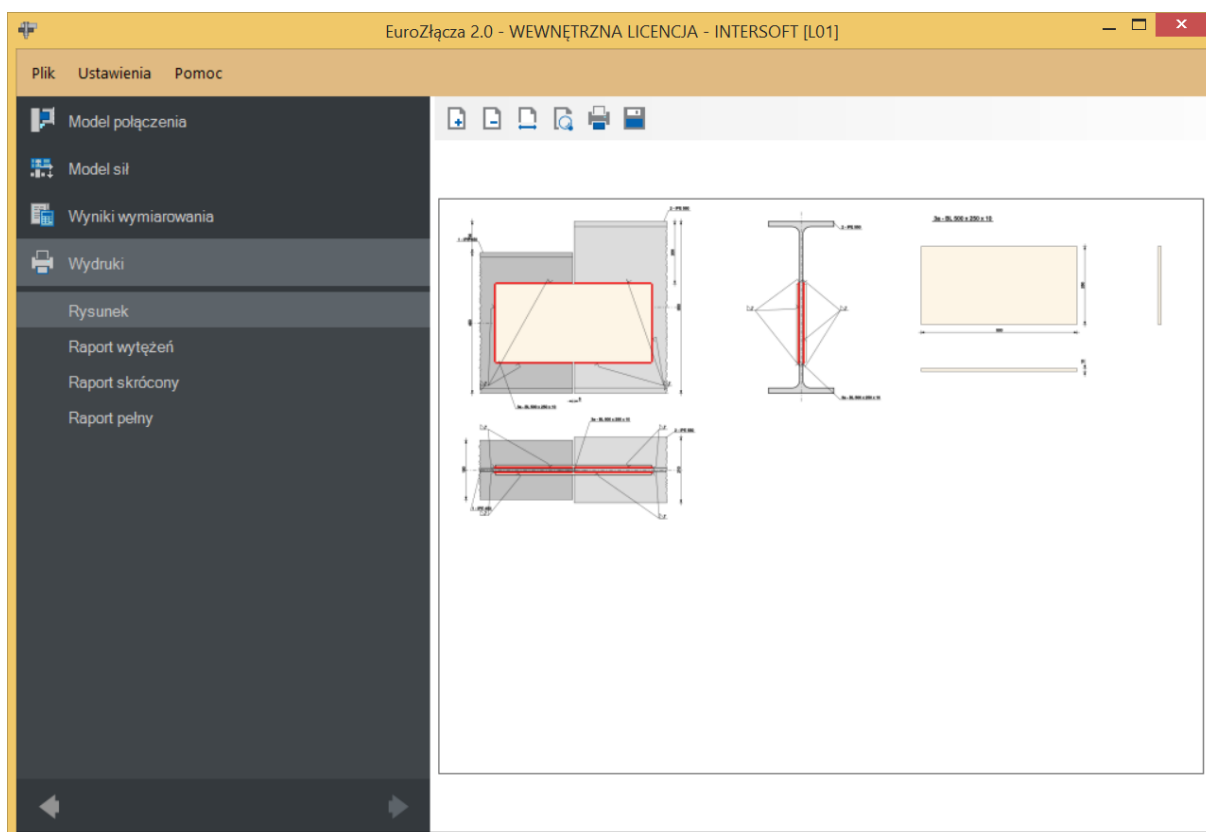


- **Centruj belki osiowo** – belki zostaną wycelowane względem silniejszej osi.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA



- **Wyrównaj do dolnej krawędzi belki prawej** – belki zostaną wyrównane względem krawędzi pasa dolnego belki prawej.



Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

8.2.6 Symetria

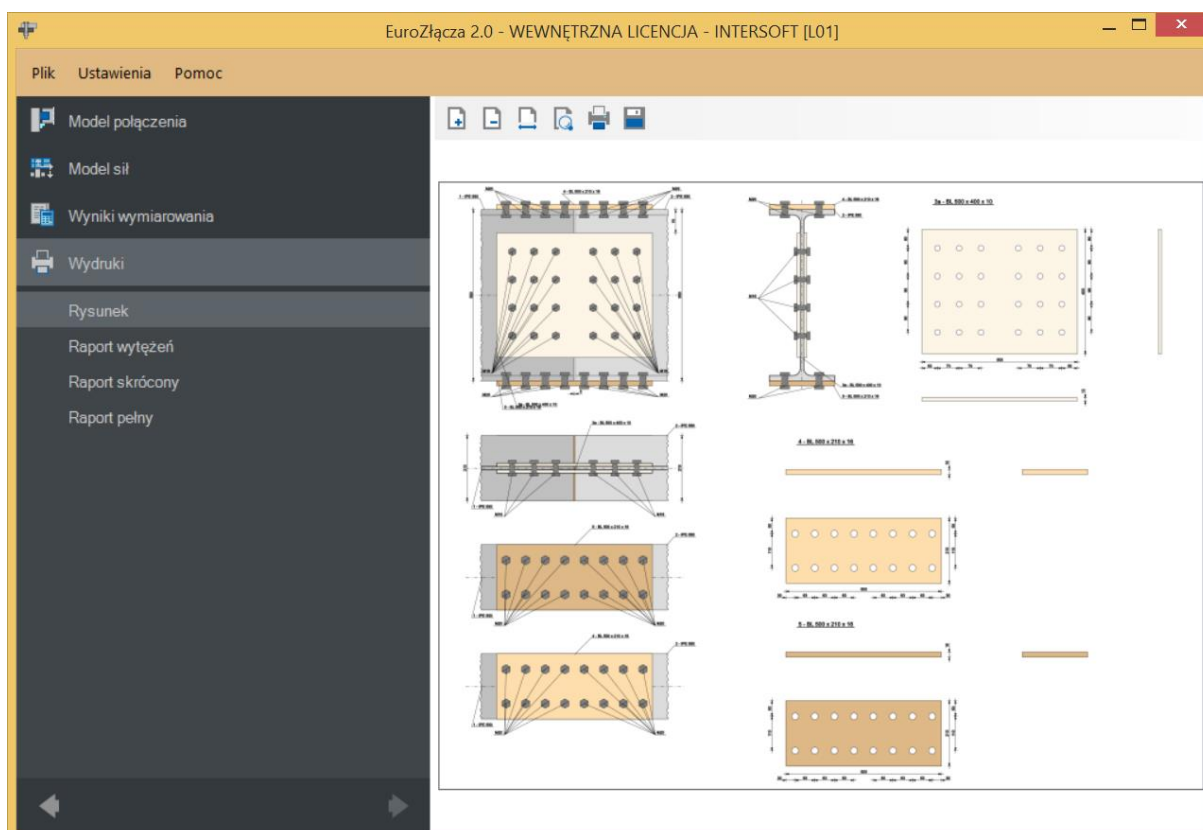
W przypadku wstawienia znacznika **Parametry połączenia belki lewej symetryczne względem parametrów belki prawej** wszystkie zadane przez użytkownika parametry dla belki prawej są automatycznie przypisane do belki lewej, przy jednoczesnym braku możliwości dodatkowej edycji parametrów dla belki lewej.

W przypadku wstawienia znacznika **Parametry połączenia nakładki dolnej symetryczne względem parametrów nakładki górnej** wszystkie zadane przez użytkownika parametry dla nakładki górnej są automatycznie przypisane do nakładki dolnej, przy jednoczesnym braku możliwości dodatkowej edycji parametrów dla nakładki dolnej.

Powyższe opcje można z sobą łączyć.

8.2.7 Elementy łączące

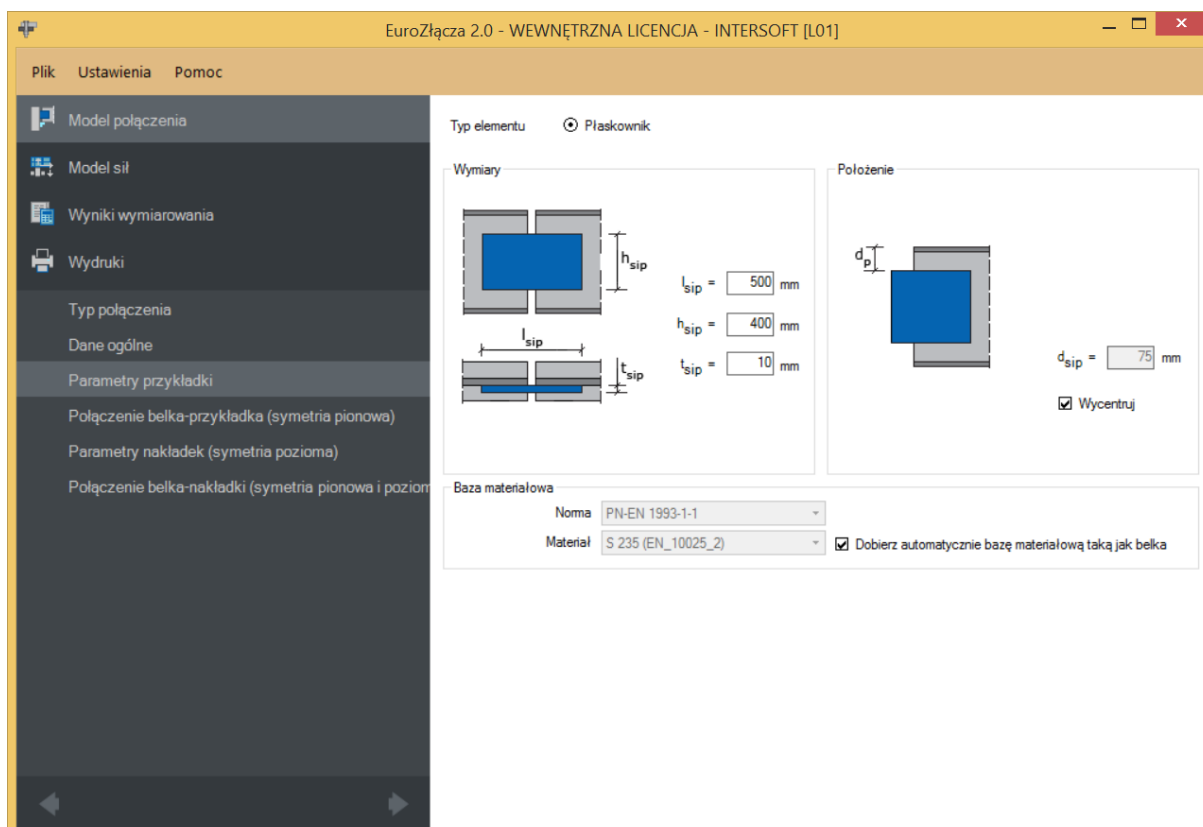
Nakładki – w połączeniu stosuje się nakładkę górną i dolną – opcja dostępna tylko w przypadku dwóch profili o takiej samej wysokości,



Przykładka po obu stronach – zastosowano przykładkę po obu stronach środka belki (dwie przykładki).

Jeżeli różnica grubości pomiędzy środnikami obu belek jest duża, należy użyć podkładek dystansujących (nieuwzględnionych na rysunku).

8.3 Parametry przykładki



8.3.1 Typ elementu

Możliwy do wykorzystania element łączący to płaskownik.

8.3.2 Parametry przykładki – Wymiary

Należy podać wymiary przykładki zgodnie z rysunkiem umieszczonym w sekcji **Wymiary**, gdzie:

l_{sip} – szerokość przykładki [mm],

h_{sip} – wysokość przykładki [mm],

t_{sip} – grubość przykładki [mm].

8.3.3 Parametry przykładki – Położenie

d_{sip} – odległość krawędzi górnej przykładki od krawędzi górnej pasa górnego belki [mm].

Wycentruj – funkcja powoduje wycentrowanie przykładki względem osi symetrii belki lewej.

8.3.4 Parametry przykładki – Baza materiałowa

W sekcji **Baza materiałowa** należy podać rodzaj stali. Po wstawieniu znacznika **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belka** do przykładki zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla belki.

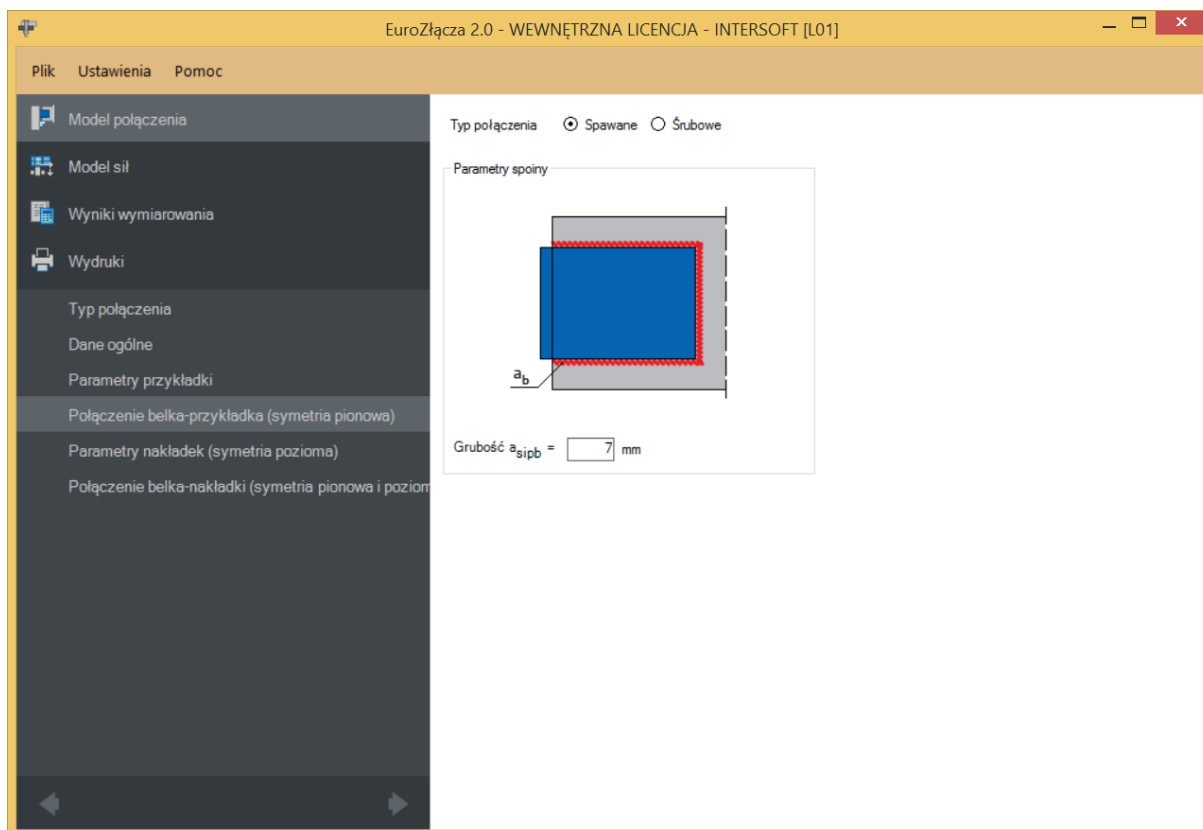
8.4 Połączenie belka-przykładka

Panele powiązane z opisem parametrów połączenia przykładki zostaną przedstawione na przykładzie parametrów symetrycznych, wynikającej z zaznaczenia opcji **Parametry połączenia belki lewej symetryczne względem parametrów belki prawej**. W przypadku braku symetrii parametry są podawane dla połączenia z belką prawą i połączenia z belką lewą niezależnie w oddzielnych zestawach formularzy.

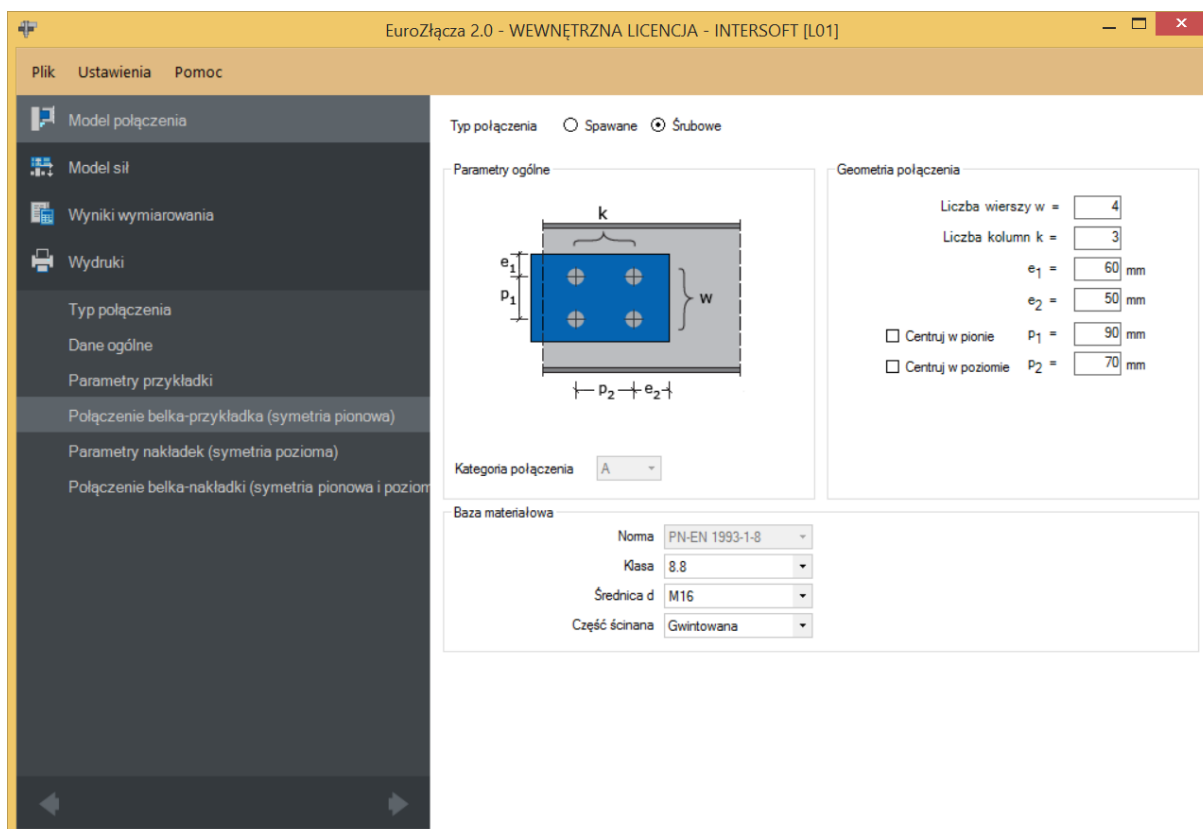
8.4.1 Typ połączenia – Spawane

Należy podać grubość spoiny łączącej przykładkę ze środkiem belki:

a_{sipb} – grubość spoiny łączącej przykładkę ze środkiem belki[mm].



8.4.2 Typ połączenia – Śrubowe



8.4.2.1 Parametry ogólne

Wyświetlana jest **Kategoria połączenia śrubowego** określona w panelu **Dane wejściowe**.

8.4.2.2 Geometria połączenia

w – oznacza liczbę wierszy śrub,

k – oznacza liczbę kolumn śrub,

e_1 – odległość w pionie od osi śruby umieszczonej w pierwszym wierszu do krawędzi górnej płaskownika przykładki [mm],

e_2 – odległość w poziomie od osi śruby umieszczonej w ostatniej kolumnie do krawędzi bocznej płaskownika przykładki [mm],

p_1 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w pionie [mm],

p_2 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w poziomie [mm],

Centruj w pionie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w pionie są takie same,

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

Centruj w poziomie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w poziomie są takie same.

Dla połączenia śrubowego kategorii **B** lub **C** należy także wybrać z listy rozwijalnej (lub podać ręcznie):

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

UWAGA: Jeżeli dla konfiguracji połączenia bez nakładek (połączenie jedynie na przykładki) wybrane zostanie połączenie śrubowe na pojedynczą śrubę (jeden wiersz i jedna kolumna), zostanie ono uznane za przegubowe. W takim wypadku odpowiadający moment w panelu **Model sił** powinien być równy zeru. W przeciwnym razie obliczenia zostaną zablokowane.

8.4.2.3 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

- **Klasę** użytych śrub,
- **Średnicę** użytych śrub **d**,
- czy część ścinana śruby jest **Gwintowana**, czy **Nienagwintowana**.

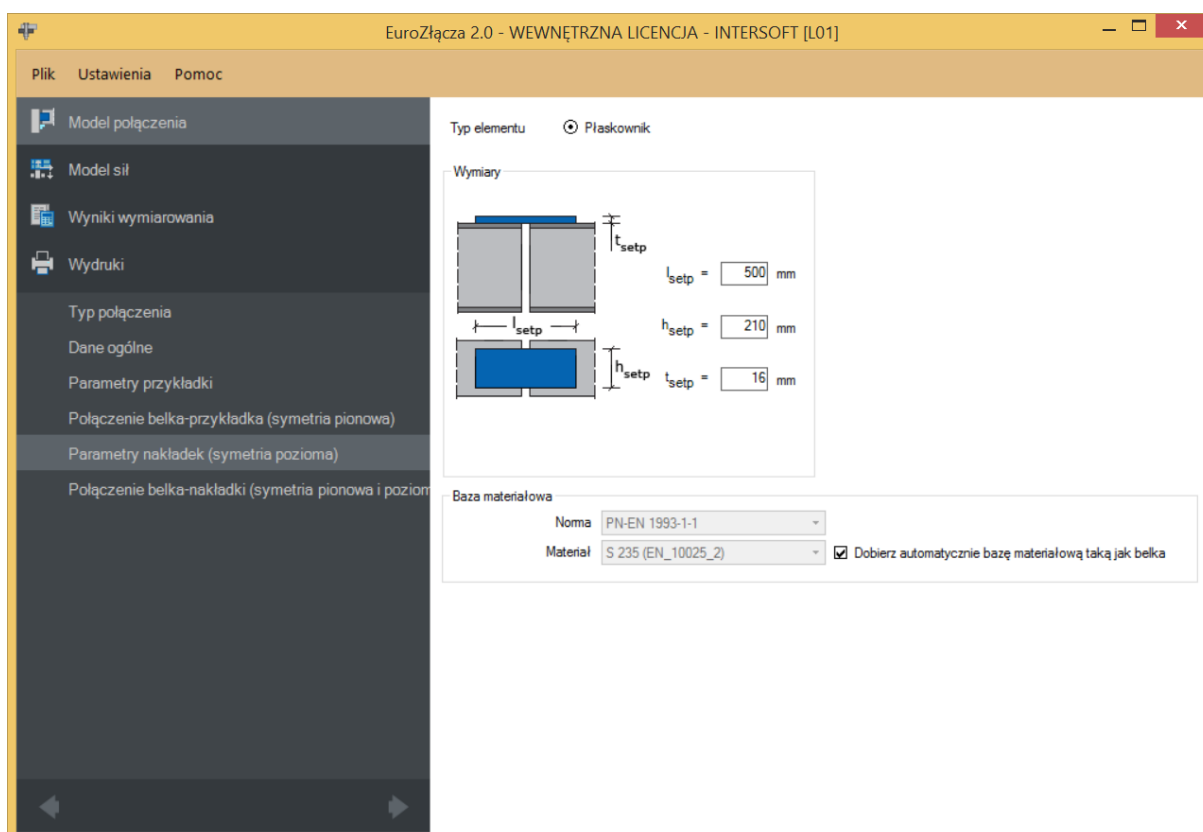
8.5 Parametry nakładki

Panele powiązane z opisem parametrów nakładki zostaną przedstawione na przykładzie nakładki symetrycznej (symetria pozioma), wynikającej z zaznaczenia opcji **Parametry połączenia nakładki dolnej symetryczne względem parametrów nakładki górnej**. W przypadku braku symetrii parametry są podawane dla górnej i dolnej nakładki niezależnie w oddzielnych zestawach formularzy.

Powyższy rodzaj symetrii jest w poniższej instrukcji łączony z symetrią pionową, czyli dotyczącą parametrów połączenia nakładki do belki lewej i prawej, która jest stosowana w przypadku zaznaczenia opcji **Parametry połączenia belki lewej symetryczne względem parametrów belki prawej**.

Opcja pojawi się w przypadku wstawienia znacznika **Nakładki** w panelu **Dane wejściowe**.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA



Należy podać wymiary nakładki, gdzie:

l_{setp} – długość nakładki [mm],

h_{setp} – szerokość nakładki [mm],

t_{setp} – grubość nakładki [mm].

8.5.1 Baza materiałowa

W sekcji **Baza materiałowa** należy podać rodzaj stali. Po wstawieniu znacznika **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belka** do nakładki zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla belki.

8.6 Połączenie belka-nakładka

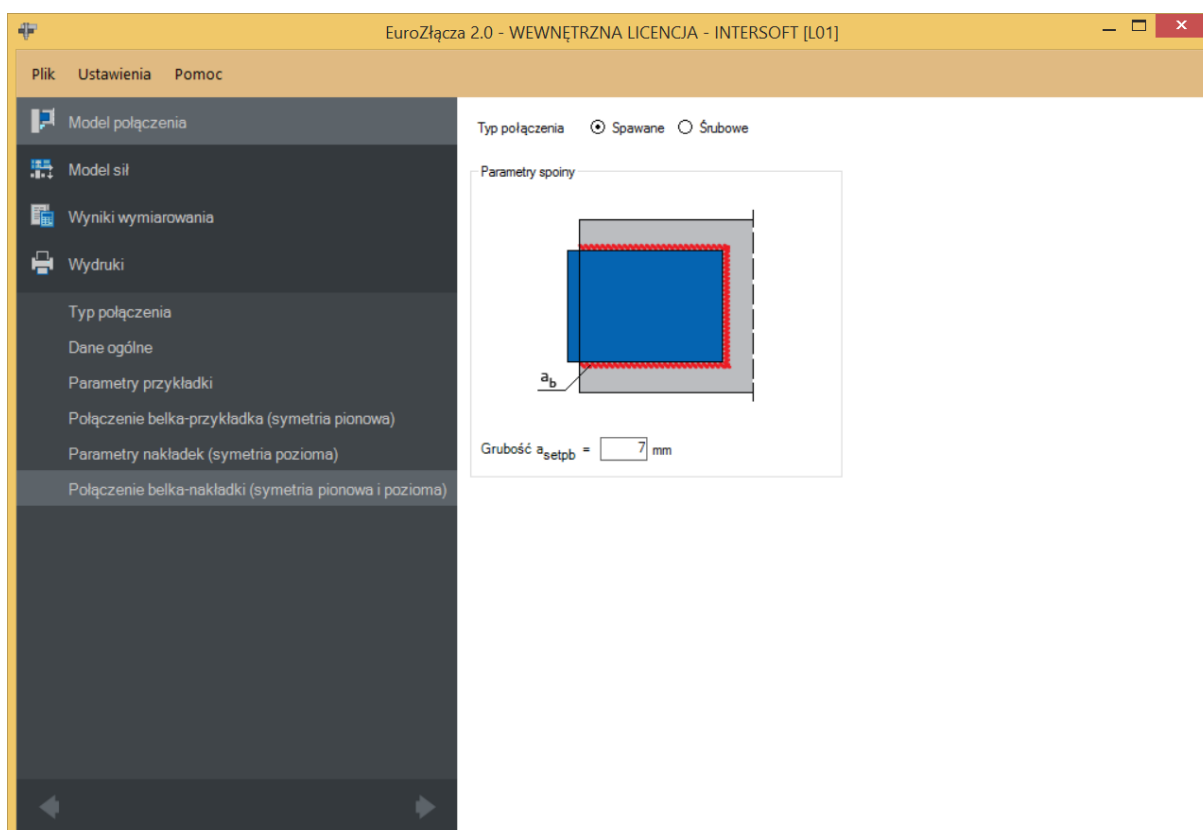
Opcja pojawi się w przypadku wstawienia znacznika **Nakładki** w panelu **Dane wejściowe**.

8.6.1 Typ połączenia – Spawane

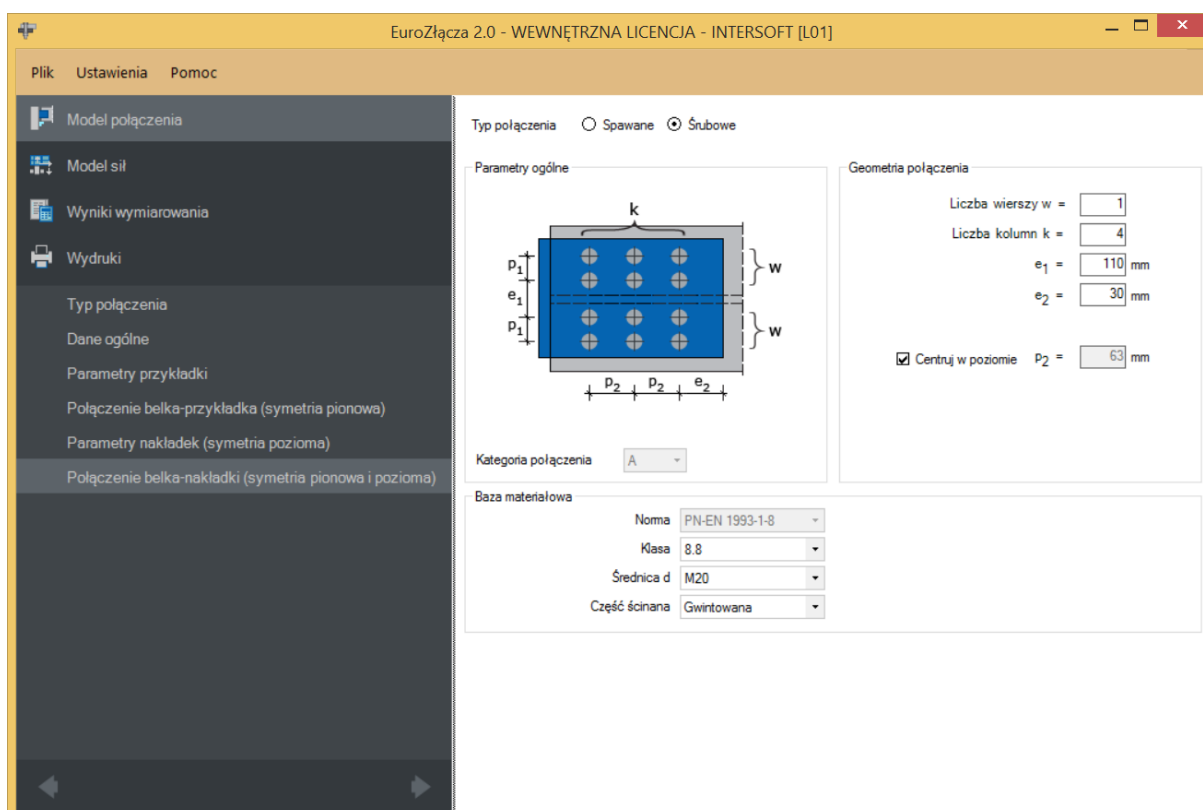
Należy podać grubość spoiny łączącej nakładkę z półką belki.

a_{setpb} – grubość spoiny łączącej nakładkę z półką belki [mm].

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA



8.6.2 Typ połączenia – Śrubowe



8.6.2.1 Parametry ogólne

Wyświetlana jest **Kategoria połączenia śrubowego** określona w panelu **Dane wejściowe**.

8.6.2.2 Geometria połączenia

w – oznacza liczbę wierszy śrub znajdujących się po jednej stronie osi podłużnej belki,

k – oznacza liczbę kolumn śrub,

e_1 – rozstaw osiowy pomiędzy wewnętrznymi wierszami śrub po przeciwnych stronach środka belki [mm],

e_2 – odległość w poziomie od osi śruby umieszczonej w ostatniej kolumnie do krawędzi bocznej nakładki górnej [mm],

p_1 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w pionie [mm],

p_2 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w poziomie [mm],

Centruj w pionie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w pionie są takie same,

Centruj w poziomie – odległości pomiędzy osiami śrub liczone w poziomie są takie same.

Dla połączenia śrubowego kategorii **B** lub **C** należy także wybrać z listy rozwijalnej (lub podać ręcznie):

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

8.6.2.3 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

- **Klasę** użytych śrub,
- **Średnicę** użytych śrub d ,
- czy część ścinana śruby jest **Gwintowana**, czy **Nienagwintowana**.

9 Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA DOCZOŁOWE

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA DOCZOŁOWE

Algorytm dotyczy połączenia typu EuroZłącza BELKA-BELKA DOCZOŁOWE, w którym dwa dwuteowniki pracujące jako belki (rygle, podciąg) połączone są za pośrednictwem własnych blach czołowych. Możliwe konfiguracje obejmują:

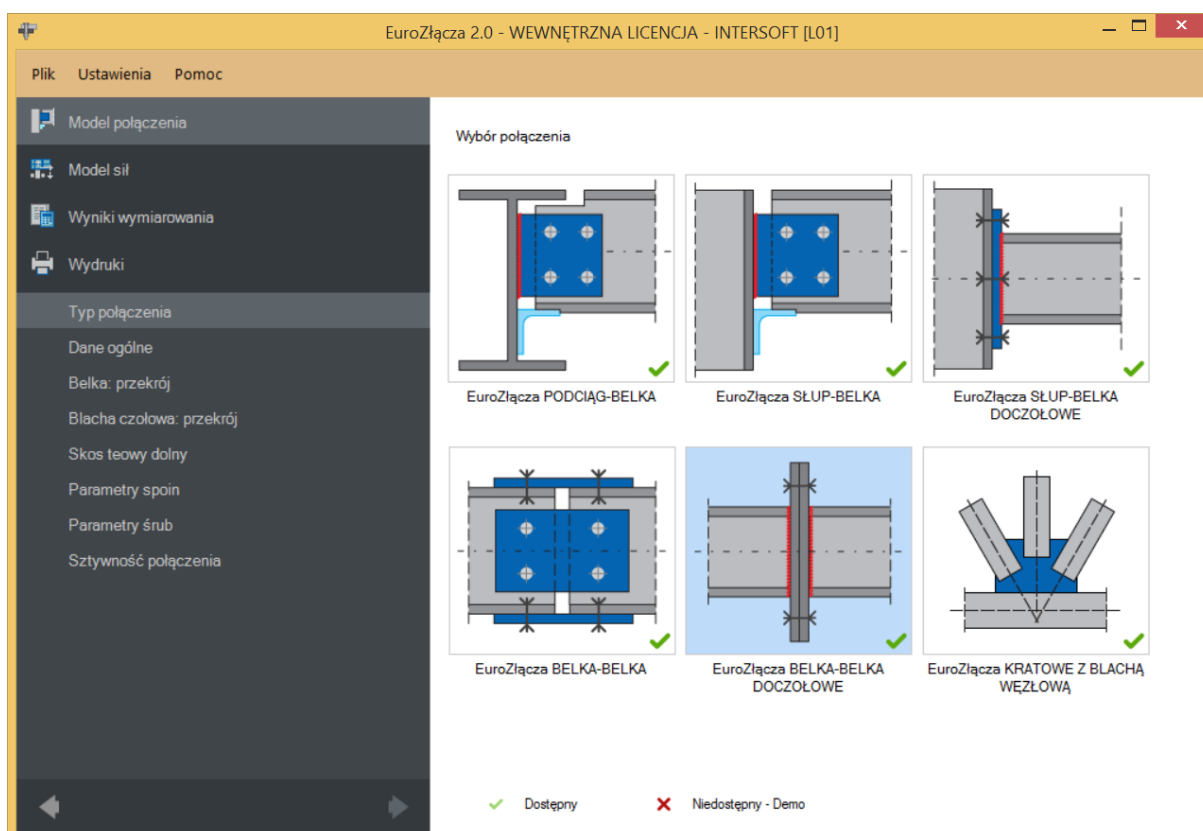
a) Ogólnie:

- dopuszczalne przekroje dla belek obejmują dwuteowniki,
- orientacja przekroju belki dwuteownika jest pionowa (półki przekroju jako elementy podlegające ścisnaniu/rozciąganiu w wyniku działania na przekrój momentu zginającego),
- dopuszczalne jest dochodzenie do siebie belek pod kątem nieznacznie odbiegającym od 180° .

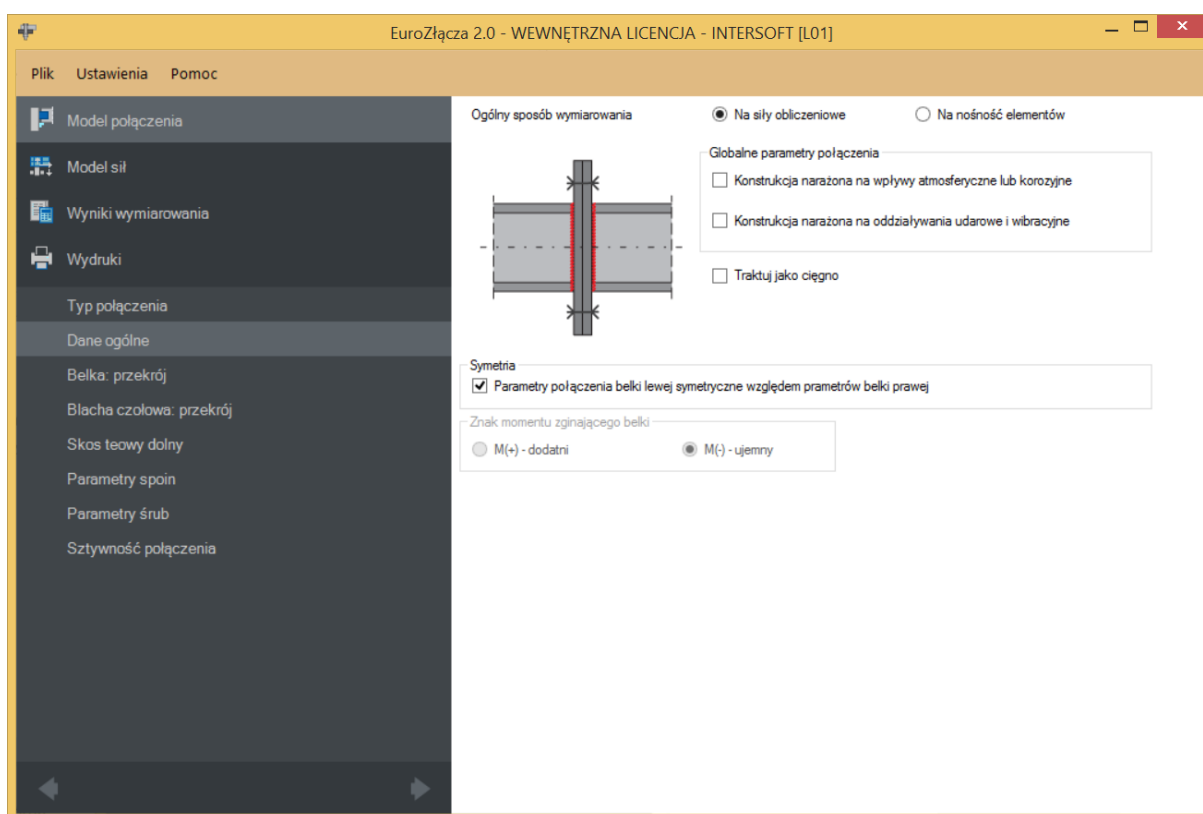
b) Żebra wzmacniające półki belek dolne i (lub) górne, w postaci:

- skosów teownikowych (zamodelowanych jako teownik standardowy, połówka dwuteownika standardowego bądź spawanych) lub płaskowników,
- połączenie blacha czołowa-żebro może być realizowane poprzez spoinę pachwinową bądź czołową.

9.1 Typ połączenia



9.2 Dane ogólne



9.2.1 Ogólny sposób wymiarowania

Użytkownik wybiera sposób wymiarowania nośności połączenia:

- Na siły obliczeniowe,
- Na nośność elementów.

UWAGA: Prawidłowe zaprojektowanie połączenia *Na nośność elementów* dochodzących wymaga dużego doświadczenia zarówno zawodowego, jak i w obsłudze programu, a w niektórych konfiguracjach modelu może być niemożliwe.

W przypadku wybrania obliczeń *Na nośność elementów* siły podane w panelu *Model sił* są ignorowane.

9.2.2 Znak momentu zginającego

Aktywne w przypadku wybrania obliczeń na nośność elementów. Możliwe są:

- $M(+)$ - dodatni,
- $M(-)$ - ujemny.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA DOCZOŁOWE

Konieczność wybrania kierunku zginania wynika z logiki procedury wymiarowania połączenia doczołowego, gdzie kierunek ten ma znaczenie. W przypadku wybrania wymiarowania na siły obliczeniowej kierunek zginania jest wyznaczany na podstawie wartości podanych sił obliczeniowych.

UWAGA: Jeżeli połączenie może być obciążone momentem o przeciwnym znaku – wtedy w przypadku wybrania wymiarowania na nośność elementów wymiarowanie należy przeprowadzić dla każdego ze znaków oddzielnie.

9.2.3 Globalne parametry połączenia

Użytkownik może zaznaczyć następujące opcje:

- Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne,
- Konstrukcja narażona na oddziaływania udarowe i wibracyjne.

Po wstawieniu odpowiedniego znacznika parametr ten zostanie uwzględniony w obliczeniach.

9.2.4 Symetria

Zaznaczenie opcji *Parametry połączenia belki lewej symetryczne względem parametrów belki prawej* powoduje, że wszystkie zadane przez użytkownika parametry dla belki prawej są automatycznie przypisane także do belki lewej, przy jednoczesnej redukcji formularza tylko do jednej belki.

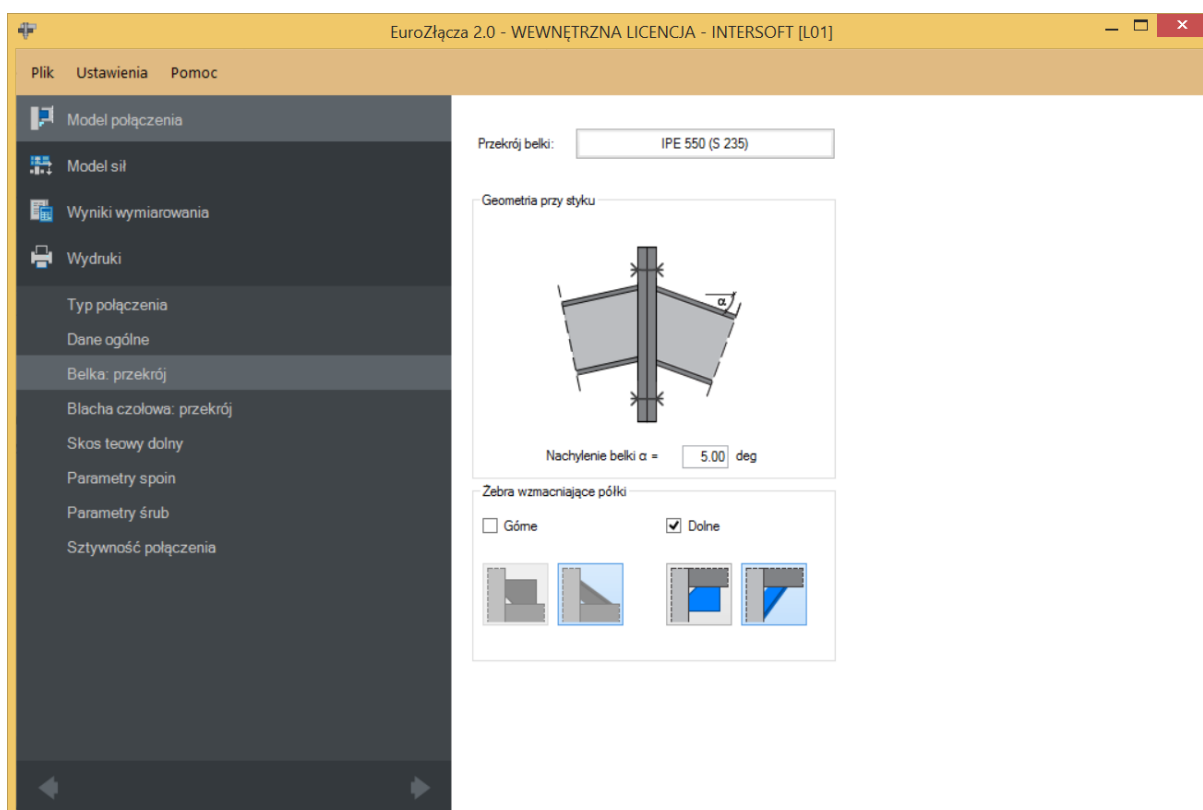
9.2.5 Ciężno

W przypadku wybrania opcji *Traktuj jako ciężno* obliczenia zostaną wykonane z pominięciem wpływu momentów zginających (inna procedura obliczeniowa).

9.3 Belka

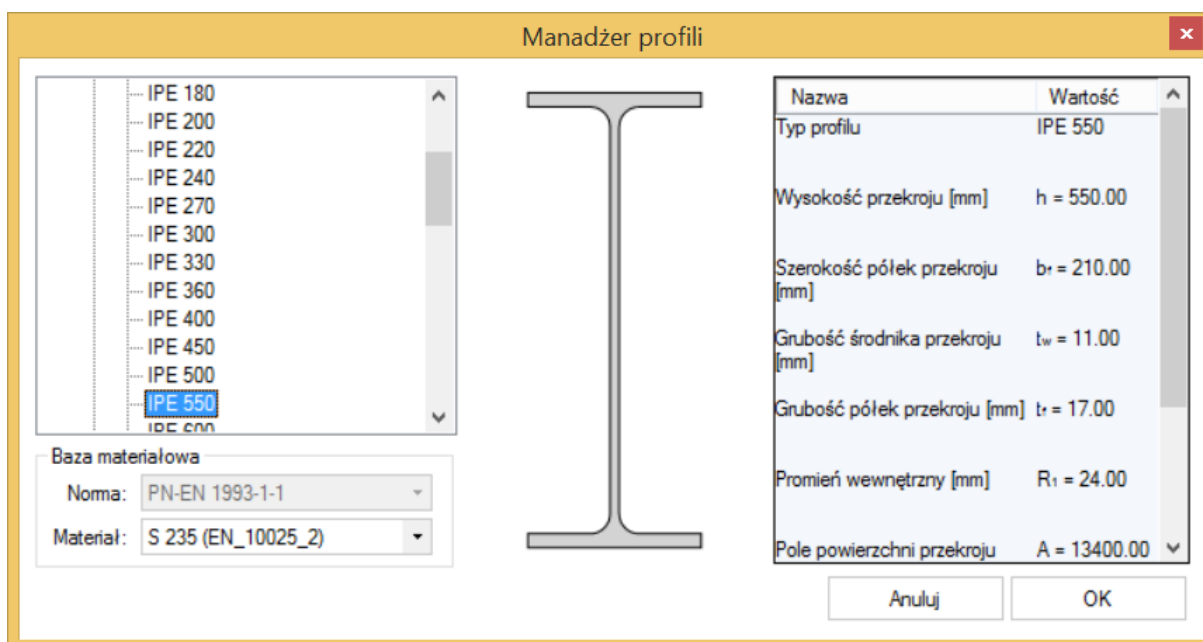
Panele powiązane z opisem parametrów belki zostaną przedstawione na przykładzie belki symetrycznej, wynikającej z zaznaczenia opcji *Parametry połączenia belki lewej symetryczne względem parametrów belki prawej*. W przypadku braku symetrii parametry są podawane dla prawej i lewej belki niezależnie w oddzielnych formularzach.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA DOCZOŁOWE



9.3.1 Przekrój

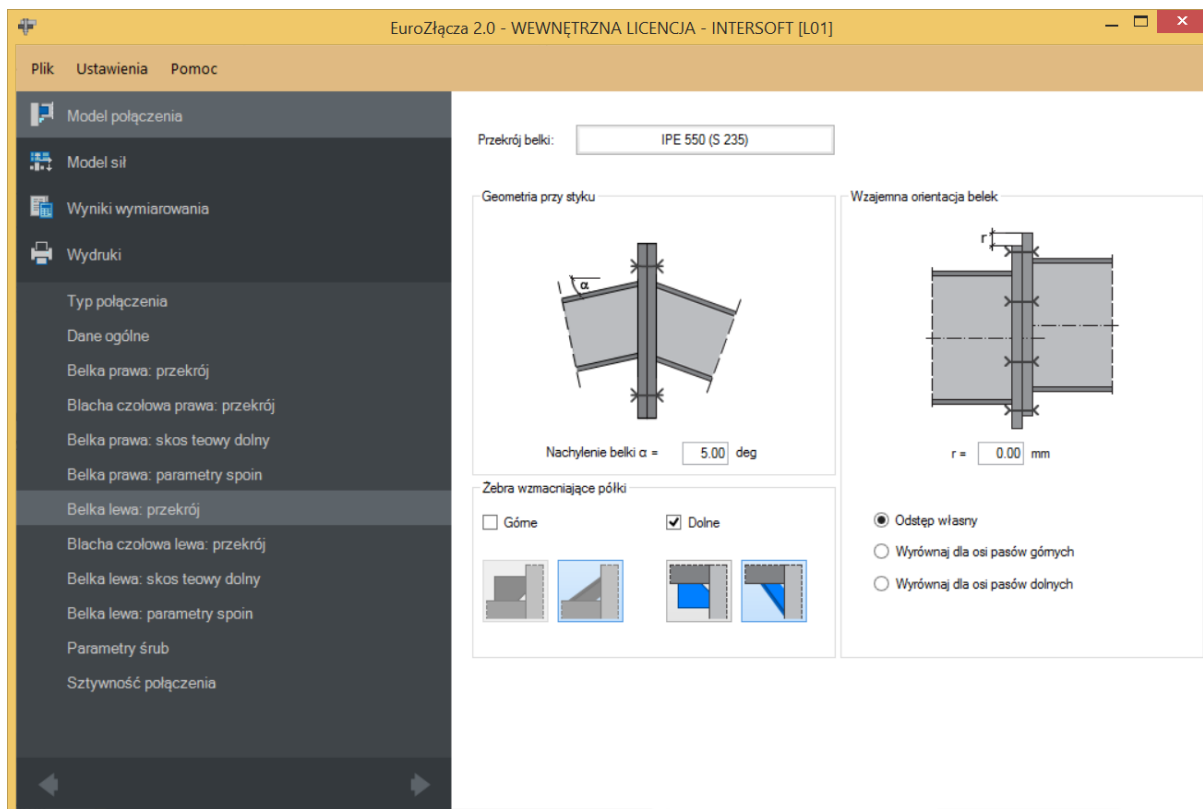
Po kliknięciu w kontrolkę **Belka** ukaże się *Menadżer profili*, za pomocą którego należy wybrać odpowiedni profil belki oraz rodzaj stali.



9.3.2 Geometria przy styku

Użytkownik podaje kąt nachylenia belki względem płaszczyzny blachy czołowej. Kąt podawany jest w stopniach. Pochylenie belki nie powinno mieć dużej wartości.

9.3.3 Wzajemna orientacja belek



Użytkownik wskazuje zamierzoną wartość przesunięcia pomiędzy górnymi krawędziami blach czołowych. Wartość tą podaje się w formularzu danych powiązanych z belką lewą dla sytuacji, gdy nie wybrano symetrii belek. Jeżeli symetria została wybrana – wartość ta jest zerowana i niemożliwa do edycji.

Wymagane jest, aby parametr r przyjmował wartość taką, aby ściskane pasy obu belek znajdowały się na tej samej wysokości (ze względu na sytuacje praktyczne dopuszcza się przesunięcie ich osi o niedużą wartość).

Użytkownik może wybrać jeden z automatycznych sposobów wyliczania wartości r :

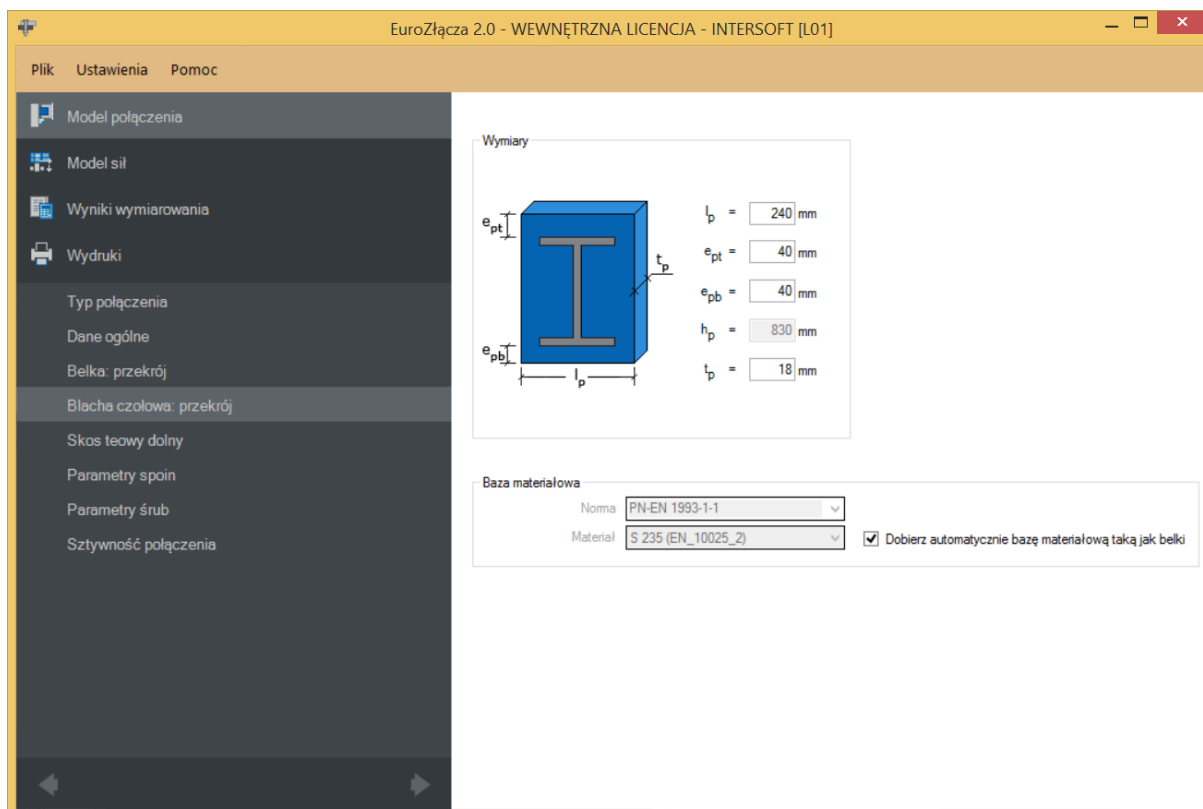
- Odstęp własny (brak automatyzacji wyliczenia),
- Wyrównaj do osi pasów górnych,
- Wyrównaj do osi pasów dolnych.

9.3.4 Żebra wzmacniające półki

Aby zastosować żebra wzmacniające półki, należy zaznaczyć pole **Górne** (i/lub **Dolne**) oraz wybrać typ żebra.

UWAGA: Użycie usztywnienia w postaci żebra z płaskownika jest możliwe tylko po stronie rozciąganej połączenia, tzn. wszystkie podane w panelu siły momenty zginające dla żebra górnego belki prawej muszą być nieujemne.

9.4 Blacha czołowa



9.4.1 Blacha czołowa – Wymiary

W panelu **Wymiary** należy podać parametry blachy czołowej zgodnie z rysunkiem poglądowym, gdzie:

l_p – szerokość blachy czołowej [mm],

e_{pt} – odległość od krawędzi górnej blachy czołowej do krawędzi górnej pasa górnego belki [mm],

e_{pb} – odległość od krawędzi dolnej blachy czołowej do krawędzi dolnej pasa dolnego belki [mm],

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA DOCZOŁOWE

h_p – wysokość blachy czołowej (wartość nieedytowalna, wyliczana automatycznie i podawana informacyjnie) [mm],

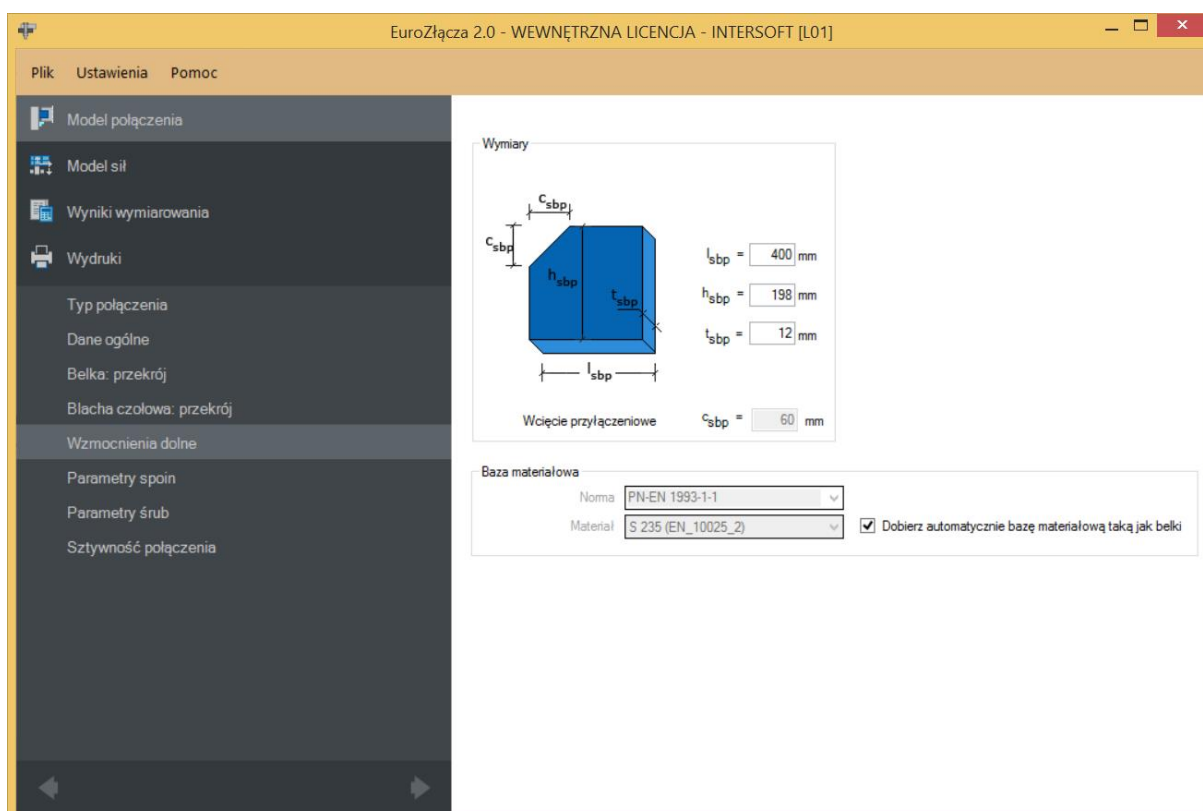
t_p – grubość blachy czołowej [mm].

9.4.2 Blacha czołowa – Baza materiałowa

W polu **Baza materiałowa** należy podać rodzaj stali. Wybranie opcji **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belka** spowoduje przypisanie do blachy czołowej rodzaju stali odpowiadającego temu użytemu dla powiązanej belki.

9.5 Żebro wzmacniające górne (dolne) – blacha

Zakładka **Wzmocnienie górne (dolne)** pojawi się po wyborze odpowiedniej ikony w zakładce **Belka: przekrój**.



9.5.1 Blacha żebra – Wymiary

W polu **Wymiary** należy podać wymiary żebra zgodnie z rysunkiem umieszczonym w polu **Wymiary**, gdzie:

l_{stp} – szerokość blachy [mm],

h_{stp} – wysokość blachy [mm],

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA DOCZOŁOWE

t_{stp} – grubość blachy [mm],

c_{stp} – wcięcie przypięciowe [mm] (wyliczane automatycznie na bazie wymagań normy PN-B-06200).

9.5.2 Blacha żebra – Baza materiałowa

W polu **Baza materiałowa** należy podać rodzaj stali. Wybranie opcji **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belka** spowoduje przypisanie do blachy czołowej rodzaju stali odpowiadającego temu użytemu dla powiązanej belki.

9.6 Skos teowy górny (dolny)

Aby zastosować żebra wzmacniające półki, należy zaznaczyć pole **Górne (Dolne)** oraz wybrać typ żebra.

9.6.1 Skos teowy – sposób wytworzenia

Należy wybrać typ teownika, z którego wykonany jest skos:

- **Teownik standardowy** (wybór teownika z katalogu),
- **Półwórka dwuteownika standardowego** (wybór półwórki dwuteownika z katalogu),
- Spawany z blach.

W opcji **Dwuteownik (standardowy)** i **Teownik** dostępny jest **Menadżer profili**, z którego należy wybrać odpowiedni profil żebra wzmacniającego oraz wybrać rodzaj stali.

Wybranie opcji **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belka** spowoduje przypisanie rodzaju stali odpowiadającego temu użytemu dla powiązanej belki.

9.6.2 Wymiary

Skos wzmacniający teowy można skonstruować na bazie teownika tablicowego, dwuteownika tablicowego lub blachownicy teowej.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA DOCZOŁOWE

W polu **Wymiary** należy podać wymiary żebra zgodnie z opisem na rysunkach (możliwość wpisania odpowiednich wymiarów uzależniona jest od rodzaju wzmocnienia), gdzie:

l_{stt} – szerokość teownika liczona na rzucie poziomym [mm],

h_{stt} – wysokość teownika liczona na rzucie pionowym [mm],

$t_{stt,f}$ – grubość pasa górnego teownika [mm],

h'_{stt} – automatycznie wyznaczona wysokość przekroju teownika [mm],

α – wyznaczony automatycznie kąt nachylenia teownika względem normalnej do belki, liczony w stopniach dziesiętnych [°],

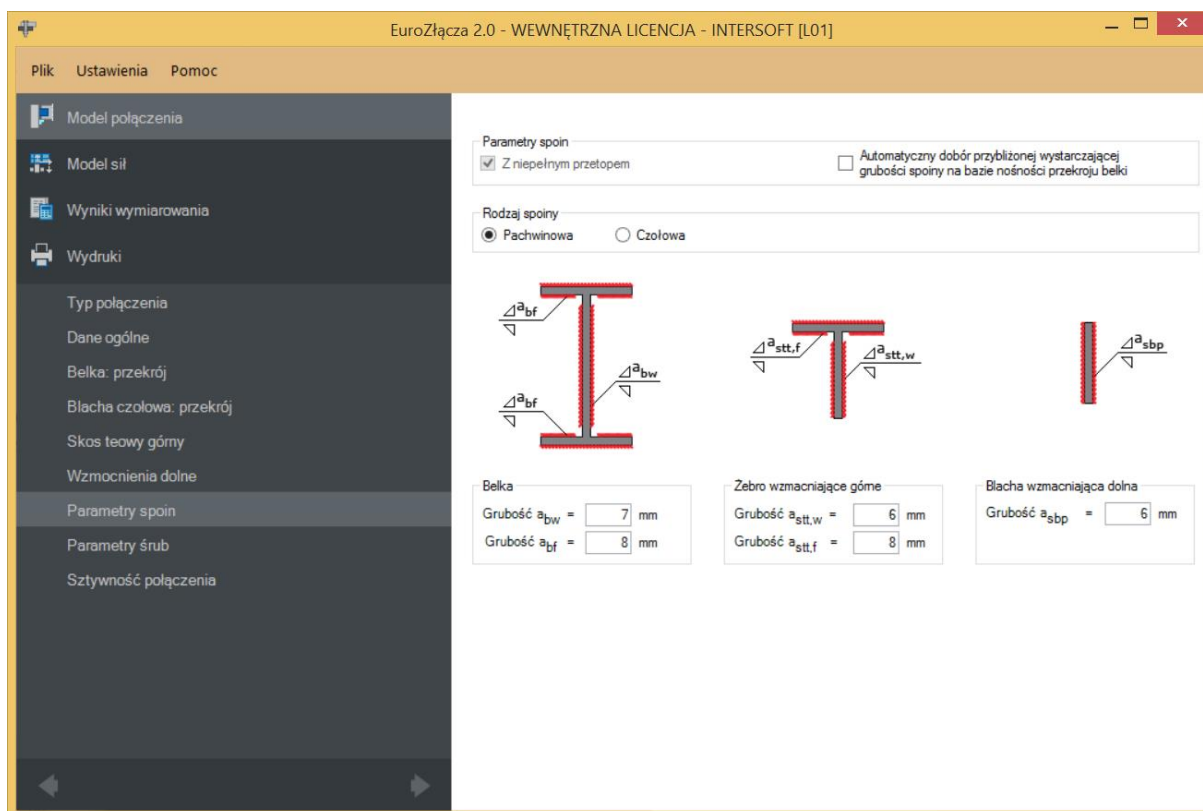
c_{stt} – wcięcie przypięciowe [mm] (wyliczane automatycznie na bazie wymagań normy **PN-B-06200**),

s_{stt} – długość teownika liczona na rzucie z góry [mm],

$t_{stt,w}$ – grubość środnika teownika [mm],

b_{stt} – szerokość teownika liczona na rzucie z góry [mm].

9.7 Parametry spoin



W panelu **Parametry spoin** użytkownik może wybrać automatyczny dobór przybliżonej wystarczającej grubości spoiny na bazie nośności elementów przekroju belki. Po wybraniu automatycznego doboru grubości spoiny kontrolki grubości poszczególnych spoin zostają dezaktywowane i wypełnione wyliczonymi wartościami.

9.7.1 Belka

W polu **Belka** należy podać grubości spoin:

a_{bw} – grubość spoiny łączącej środek belki z blachą czołową [mm],

a_{tf} – grubość spoiny łączącej pasy belki z blachą czołową [mm].

9.7.2 Rodzaj spoiny

W polu **Rodzaj spoiny** należy podać rodzaj spoiny łączącej belkę z blachą czołową:

- **Pachwinowa** – w przypadku wyboru spoiny pachwinowej możliwy jest automatyczny dobór przybliżonej wartości grubości spoiny na bazie nośności przekroju belki,

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA DOCZOŁOWE

- **Czołowa** – w przypadku wyboru spoiny czołowej możliwy jest wybór spoiny z niepełnym przetopem; spoina czołowa z pełnym przetopem przyjmuje grubość dochodzącej ścianki belki.

9.7.3 Blacha wzmacniająca żebra górna (dolna)

W polu należy podać zgodnie z rysunkiem (opcja pojawia się w zależności od wyboru typu wzmocnienia):

a_{sbp} – grubość spoiny łączącej blachę wzmacniającą żebra górną (dolną) z blachą czołową [mm].

9.7.4 Żebro wzmacniające górne (dolne)

W polu należy podać zgodnie z rysunkiem (opcja pojawia się w zależności od wyboru typu wzmocnienia):

$a_{stt,w}$ – grubość spoiny łączącej środnik żebra górnego (dolnego) z blachą czołową [mm],

$a_{stt,f}$ – grubość spoiny łączącej półkę żebra górnego (dolnego) z blachą czołową [mm].

9.8 Parametry śrub

EuroZłącza 2.0 - WEWNĘTRZNA LICENCJA - INTERSOFT [L01]

Ustawienia Pomoc

Model połączenia

Model sił

Wyniki wymiarowania

Wydruki

Typ połączenia

Dane ogólne

Belka: przekrój

Blacha czołowa: przekrój

Skos teowy górny

Wzmocnienia dolne

Parametry spoin

Parametry śrub

Sztywność połączenia

Baza materiałowa

Norma: PN-EN 1993-1-8

Klasa: 8.8

Średnica d: M20

Część ścinana: Gwintowana

Liczba szeregów rozciąganych

☒ Dobierz automatycznie

Dla M- (od dołu): 5

Geometria połączenia

Kategoria połączenia: E

Liczba wierszy

w = 6

s₁ = 90 mm

Współczynnik tarcia

μ = 0.50

Współczynnik rodzaju otworów

k_s = 1.00

Blacha czołowa lewa

Blacha czołowa prawa

Rozstawy pionowe śrub

e1	100	mm
p1	80	mm
p2	220	mm
p3	220	mm
p4	220	mm
p5	80	mm

e_{1,L} = 100 mm

e_{end,L} = 108.10 mm

e_{end,R} = 108.10 mm

Centruj w pionie

9.8.1 Kategoria połączenia

Zgodnie z zasadami modelowania połączenia według normy **PN-EN 1993:1-8:2006**, należy wybrać jedną z kategorii połączenia doczołowego: **D** lub **E**.

UWAGA: Dla konstrukcji narażonej na oddziaływanie udarowe i wibracyjne automatycznie wybierana jest kategoria połączenia **E** bez możliwości jej zmiany.

9.8.2 Geometria połączenia

W polu **Liczba wierszy** należy wpisać liczbę wierszy śrub użytych w połączeniu. Po wybraniu odpowiedniej liczby wierszy pojawi się automatycznie lista, w której należy wpisać odległości między wierszami śrub:

s_1 – rozstaw między kolumnami śrub, liczona w poziomie,

e_1 – dla pierwszej śruby – liczone od krawędzi górnej blachy prawej do osi pierwszego wiersza śrub [mm],

$e_{1,L}$ – automatycznie wyznaczona odległość pierwszego szeregu śrub od górnej krawędzi blachy czołowej lewej [mm],

$e_{end,R}$ – automatycznie wyznaczona odległość ostatniego szeregu śrub od dolnej krawędzi blachy czołowej prawej [mm],

$e_{end,L}$ – automatycznie wyznaczona odległość ostatniego szeregu śrub od dolnej krawędzi blachy czołowej lewej [mm],

p_i – dla każdej kolejnej śruby – liczone w pionie od osi (wiersza) śruby poprzedniej do osi (wiersza) śruby kolejnej [mm].

Opcja **Centruj w pionie** pozwala na wycentrowania szeregów śrub (nadanie tej samej wartości p_1 każdemu szeregowi).

Dla połączenia kategorii **E** należy także wybrać z listy rozwijalnej (lub podać ręcznie):

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

UWAGA: Po stronie zewnętrznej rozciąganego pasa belki (skosu) nie powinien znajdować się więcej niż jeden (rozciągany) szereg śrub. W przypadku użycia po tej stronie blachy wzmacniającej można zastosować większą liczbę szeregów, jednak wszystkie one powinny się znajdować poniżej zewnętrznej krawędzi blachy. Należy przez to rozumieć także spełnienie warunku minimalnego zagłębienia szeregu śrub poniżej tej krawędzi.

9.8.3 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

- **Klasę** użytych śrub,
- **Średnicę** użytych śrub **d**,
- część ścinaną śruby jako **Gwintowaną** lub **Nienagwintowaną**.

9.8.4 Liczba szeregów rozciąganych

Należy wybrać ilość szeregów śrub rozciąganych, oddzielnie dla każdej klasy znaku momentu zginającego (czyli szeregi liczone od góry lub od dołu) działającego na belkę [występującego w podanym zestawie sił obliczeniowych].

Po wstawieniu znacznika **Dobierz automatycznie** ich liczba zostanie dobrana automatycznie (zawsze poprzez zarezerwowanie jedynie ostatniego szeregu do przenoszenia ścinania).

9.9 Sztywność połączenia

9.9.1 Klasyfikacja węzła ze względu na sztywność

Wybranie tej opcji skutkuje przeprowadzeniem procedury wyznaczania sztywności połączenia.

9.9.2 Parametry sztywności

Parametr **Zamierzona sztywność węzła** dopuszcza jeden z trzech wariantów:

- **Węzeł sztywny** – wskazuje, że wynikiem klasyfikacji węzła ze względu na sztywności powinien być węzeł sztywny,
- **Węzeł podatny** – wskazuje, że wynikiem klasyfikacji węzła ze względu na sztywności powinien być węzeł podatny,
- **Węzeł nominalnie przegubowy** – wskazuje, że wynikiem klasyfikacji węzła ze względu na sztywności powinien być węzeł nominalnie przegubowy.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA DOCZOŁOWE

Należy podać parametry niezbędne do wyznaczenia sztywności i dokonania klasyfikacji:

$L_{b,R}$ – długość belki prawej [mm],

$L_{b,L}$ – długość belki lewej [mm],

k_b – parametr powiązany z ogólną sztywnością konstrukcji.

10 Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ

Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ

Algorytm dotyczy wymiarowanie konstrukcji węzła kratownicy z użyciem blachy węzłowej. Możliwe konfiguracje obejmują:

a) Ogólnie:

- obliczenia można przeprowadzić dla węzłów typu T i Y oraz K, N i KT,
- jeżeli w węźle zbiegają się więcej niż dwa pręty skratowania (węzły KT) - ich osie winny zbiegać się w jednym punkcie.

b) Blacha węzłowa:

- blacha węzłowa o dowolnych wymiarach prostokątnych,
- połączona wzdłużnie z pasem kratowym za pomocą spoiny [teowej].

c) Pas kratowy:

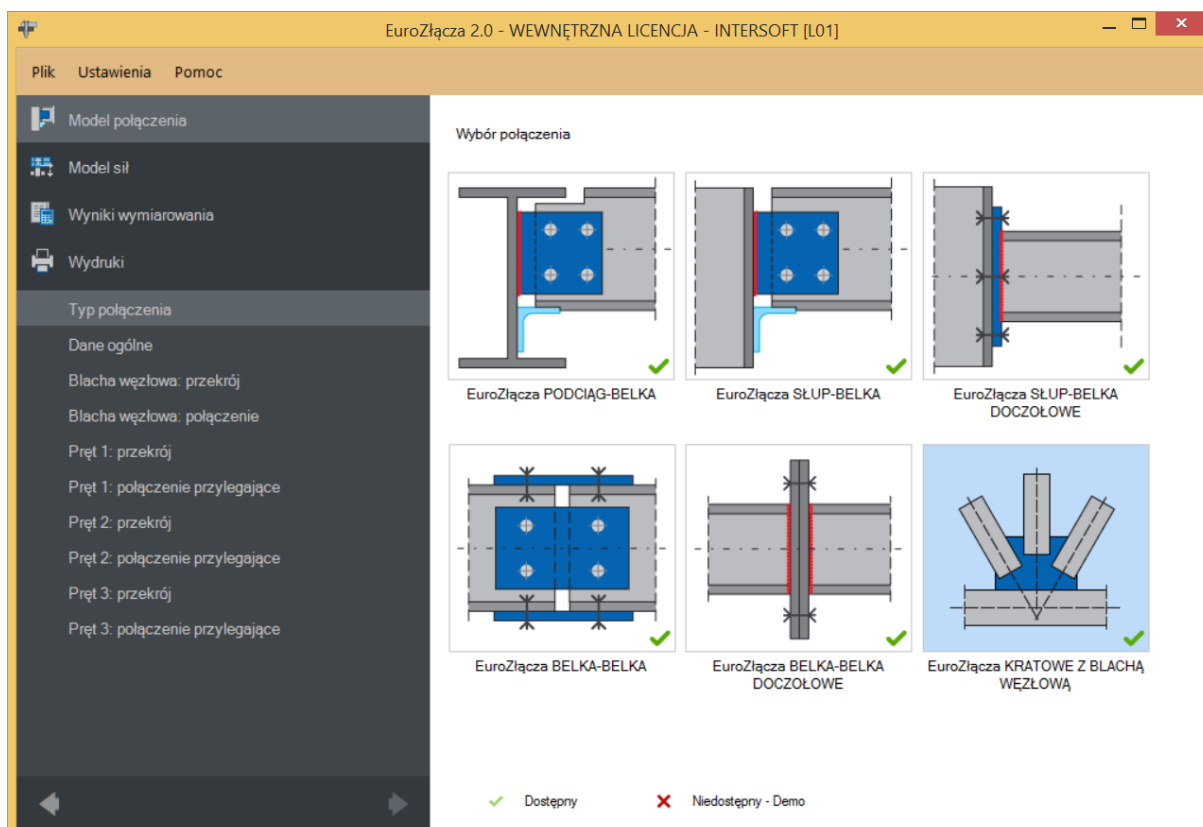
- dopuszczalne przekroje dla pasów kratowych obejmują: dwuteowniki,
- orientacja przekroju pasa z dwuteownika jest pionowa (blacha węzłowa połączona z pasem, w płaszczyźnie wyznaczone przez oś środka dwuteownika).

d) Pręty skratowania:

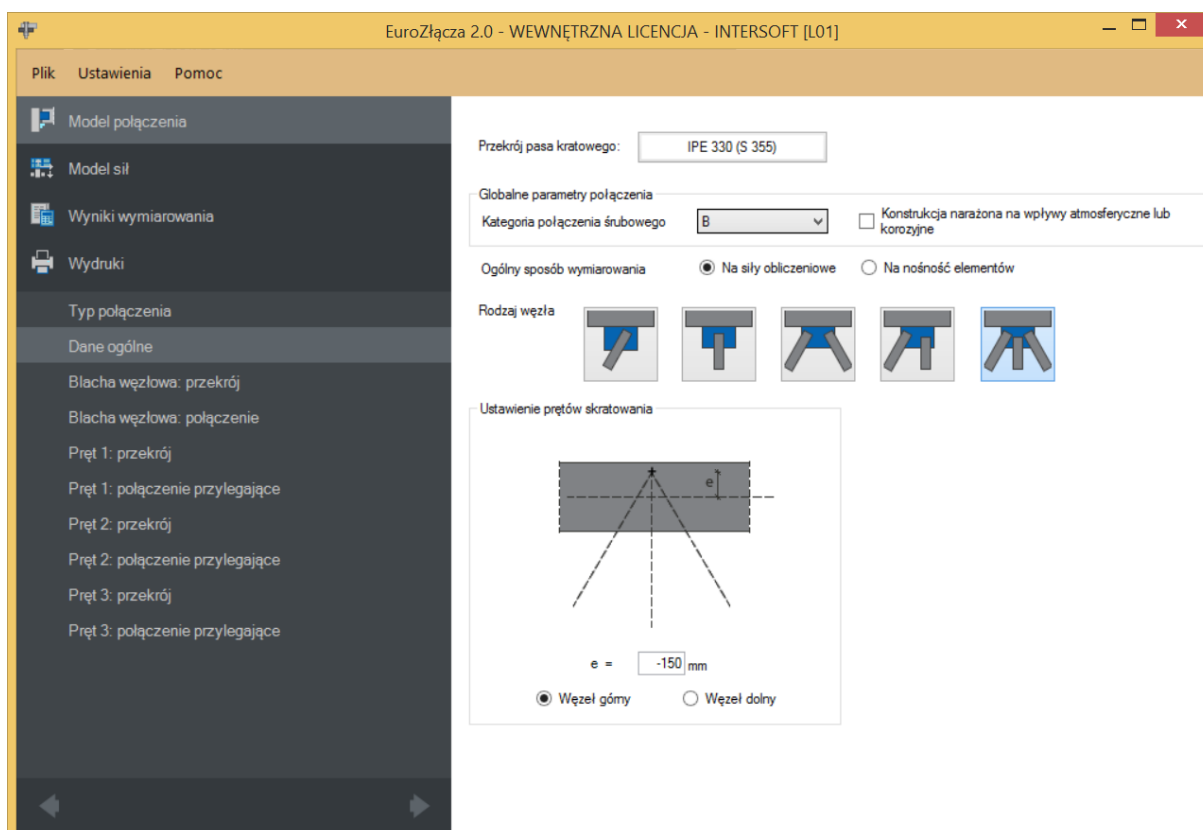
- dopuszczalne przekroje dla słupków i krzyżulców obejmują: rury kwadratowe bądź prostokątne, kątowniki, ceowniki,
- dopuszczalna konfiguracja dla rur kwadratowych bądź prostokątnych obejmuje: styk z blachą poprzez ścianki łączone teowo wzdłuż symetrycznego rozcięcia przekroju pręta, połączenie z blachą spawane,
- dopuszczalna konfiguracja dla kątowników obejmuje: stosowanie prętów zdwojonych (symetria przekrojów), połączenie z blachą spawane lub śrubowe, styk z blachą wzdłuż ramienia kątownika,
- dopuszczalna konfiguracja dla ceowników obejmuje: stosowanie prętów zdwojonych (symetria przekrojów), styk z blachą wzdłuż środka ceownika, połączenie z blachą spawane lub śrubowe.

Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ

10.1 Typ połączenia



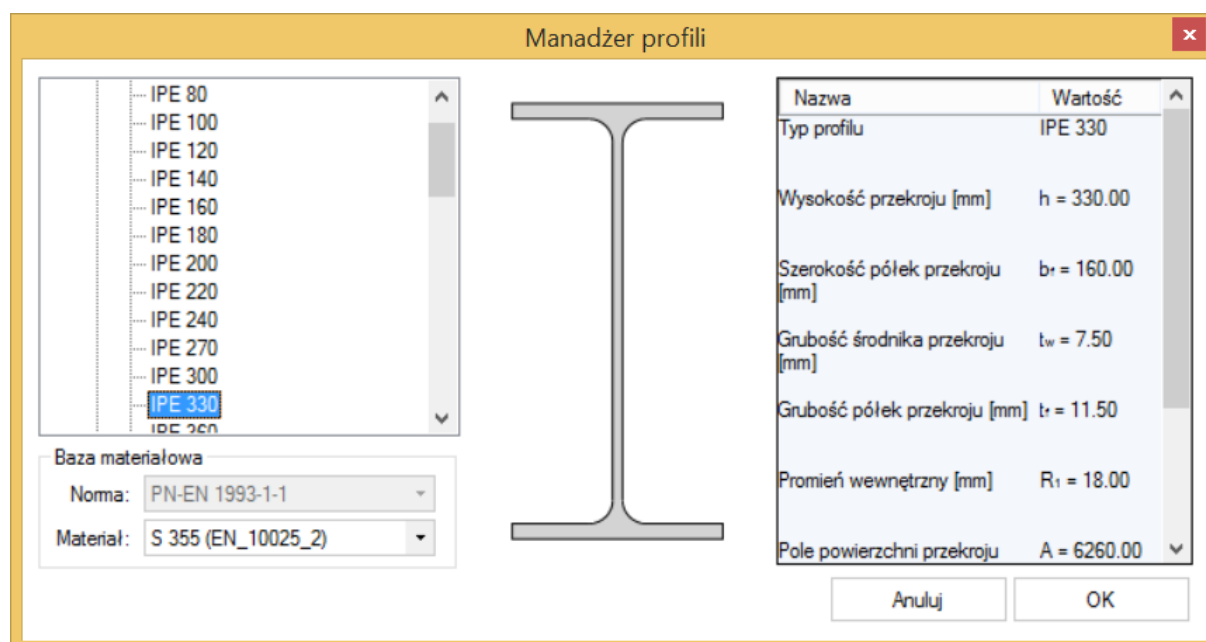
10.2 Dane ogólne



Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ

10.2.1 Pas kratowy

Przekrój pasa kratowego wskazywany jest za pomocą **Menadżera profili**, w którym należy wybrać odpowiedni profil słupa oraz rodzaj stali.



10.2.2 Globalne parametry połączenia

Zgodnie z zasadami modelowania połączenia, jeśli dla któregoś połączenia składowe w modelu wybrano połączenie śrubowe, wówczas należy wybrać **Kategorię połączenia śrubowego** (ta sama kategoria będzie obowiązywać dla wszystkich połączeń składowych typu śrubowego w ramach liczonego węzła):

- A,
- B (należy dodatkowo podać siły charakterystyczne w panelu **Modelu sił**),
- C.

W przypadku, gdy wszystkie połączenia składowe realizowane są jako spawane, opcja powyższa nie jest dostępna.

W przypadku zaznaczenia opcji **Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne** aplikacja uwzględni ten parametr w obliczeniach.

10.2.3 Rodzaj węzła

W sekcji należy wybrać typ węzła, dla którego zostanie zbudowany model.

- Y,
- T,

Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ

- K,
- N,
- KT.

UWAGA: Aby dokonać wymiarowania węzła typu X, należy sekwencyjnie wykonać dwa oddzielne modele węzła typu Y/T (dla pręta górnego i dolnego) i przeprowadzić dla nich oddzielne procedury wymiarowania.

10.2.4 Ogólny sposób wymiarowania

Użytkownik wybiera sposób wymiarowania nośności połączenia:

- Na siły obliczeniowe,
- Na nośność elementów.

UWAGA: Prawidłowe zaprojektowanie połączenia *Na nośność elementów* dochodzących wymaga dużego doświadczenia zarówno zawodowego, jak i w obsłudze programu, a w niektórych konfiguracjach modelu może być niemożliwe.

W przypadku wybrania obliczeń *Na nośność elementów* siły podane w panelu *Model sił* są ignorowane.

10.2.5 Znak siły normalnej w pasie kratowym

Aktywne w przypadku wybrania obliczeń na nośność elementów. Możliwe są:

- N(+) - rozciąganie,
- M(-) - ściskanie.

Zestaw sił obliczeniowych do wymiarowania na nośność zostanie zbudowany z użyciem wybranego typu siły osiowej dla pasa kratowego. Zmienne może być natomiast znakowanie sił normalnych w poszczególnych prętach skratowania.

10.2.6 Przesunięcie punktu węzłowego

Wartość *e*(mimośród) oznacza odsunięcie punktu węzłowego względem osi pasa kratowego. Wartość ta może być istotna dla rozkładu sił we wszystkich prętach uczestniczących w węźle.

Odsunięcie skierowane w stronę prętów skratowania oznaczone jest znakiem ujemnym wartości *e*. Odsunięcie w kierunku przeciwnym jest z kolei powiązane ze znakiem dodatnim.

Wartość zerowa oznacza brak odsunięcia (punkt węzłowy prętów skratowania leżący na osi pasa skratowania).

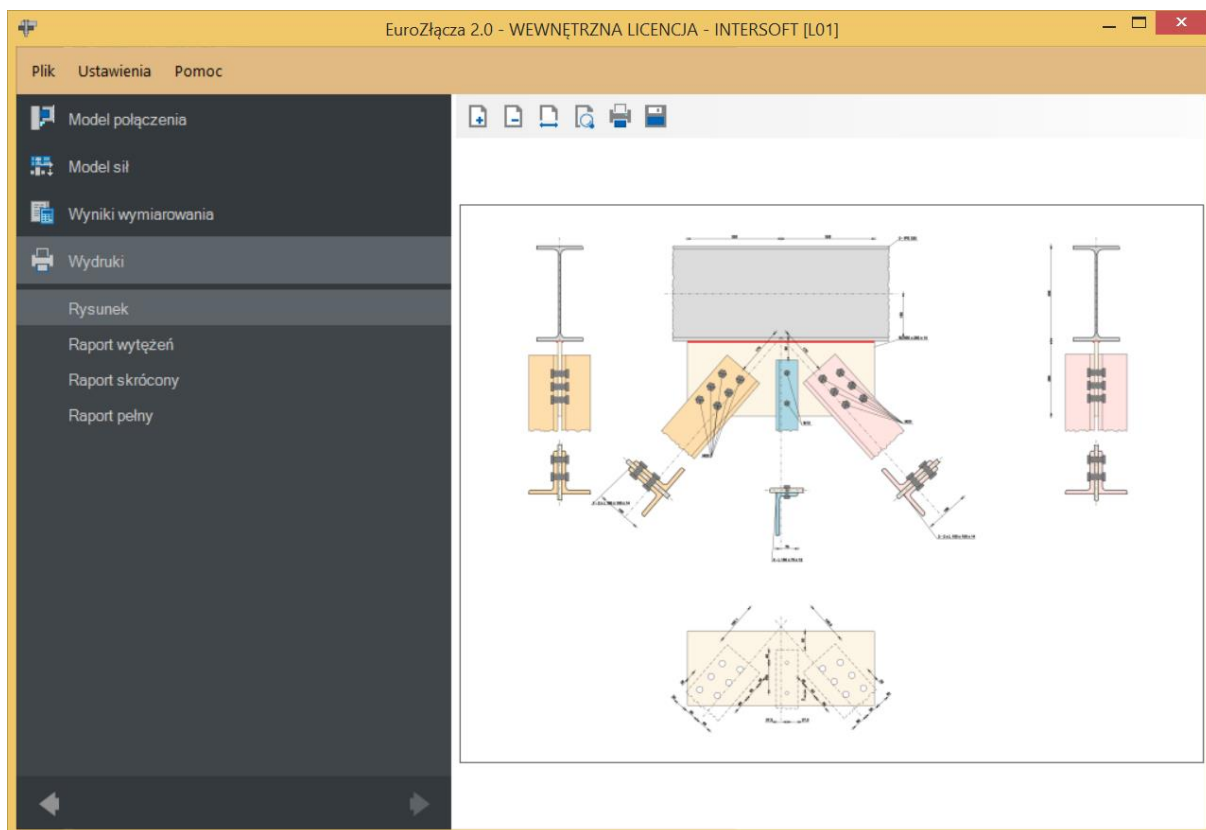
Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ

10.2.7 Położenie węzła

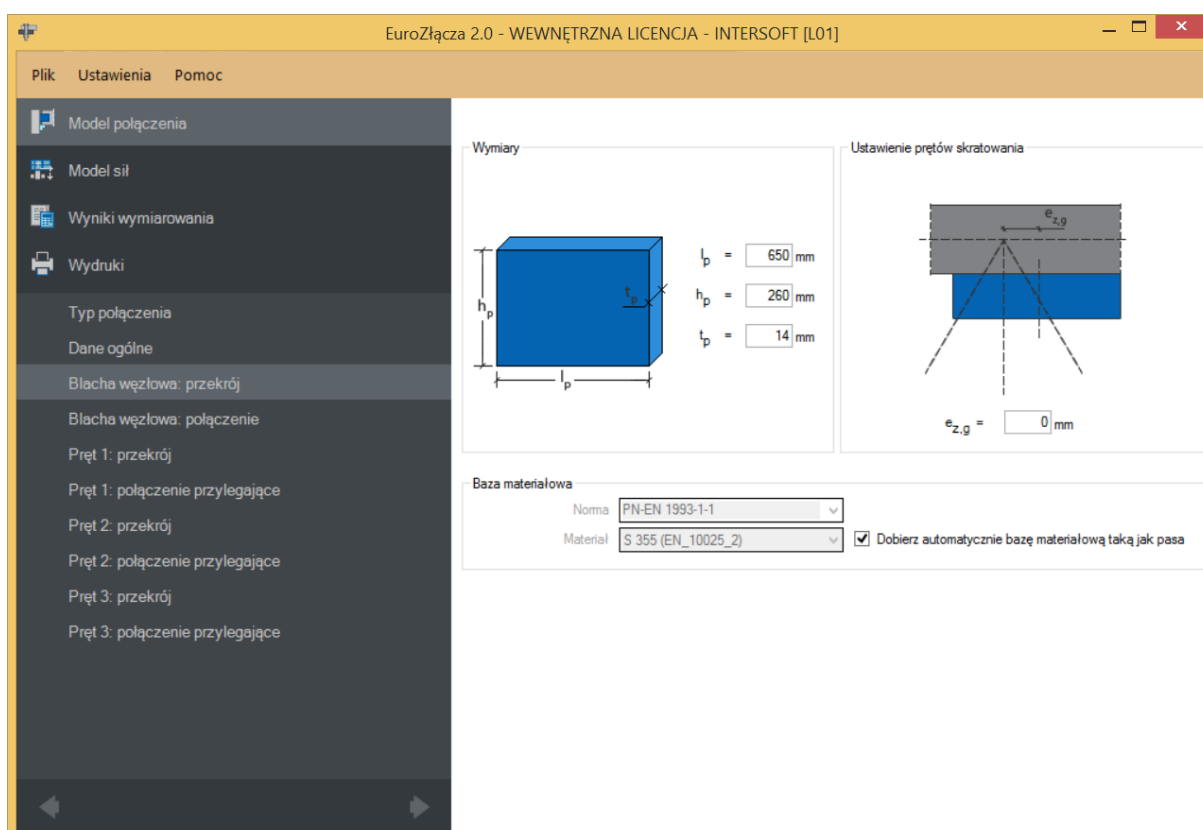
Węzeł może przyjmować jedno z następujących położeń (orientacji):

- Węzeł górny,
- Węzeł dolny.

Wybrana opcja nie ma znaczenia dla obliczeń, jest ona jedynie wykorzystywany przy tworzenia rysunku poglądowego.



10.3 Blacha węzłowa: przekrój



10.3.1 Wymiary

Należy podać wymiary blachy zgodnie z rysunkiem poglądowym, gdzie:

l_p – szerokość blachy [mm],

h_p – wysokość blachy [mm],

t_p – grubość blachy [mm].

10.3.2 Ustawienie prętów skratowania

$e_{z,g}$ – przesunięcie (horyzontalne) punktu węzłowego prętów skratowania od pionowej osi symetrii blachy węzłowej [mm].

10.3.3 Baza materiałowa

W sekcji **Baza materiałowa** należy podać rodzaj stali. Po wstawieniu znacznika **Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak pasa kratowego** do blachy węzłowej zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla przekroju pasa kratowego.

10.4 Blacha węzłowa: połączenie

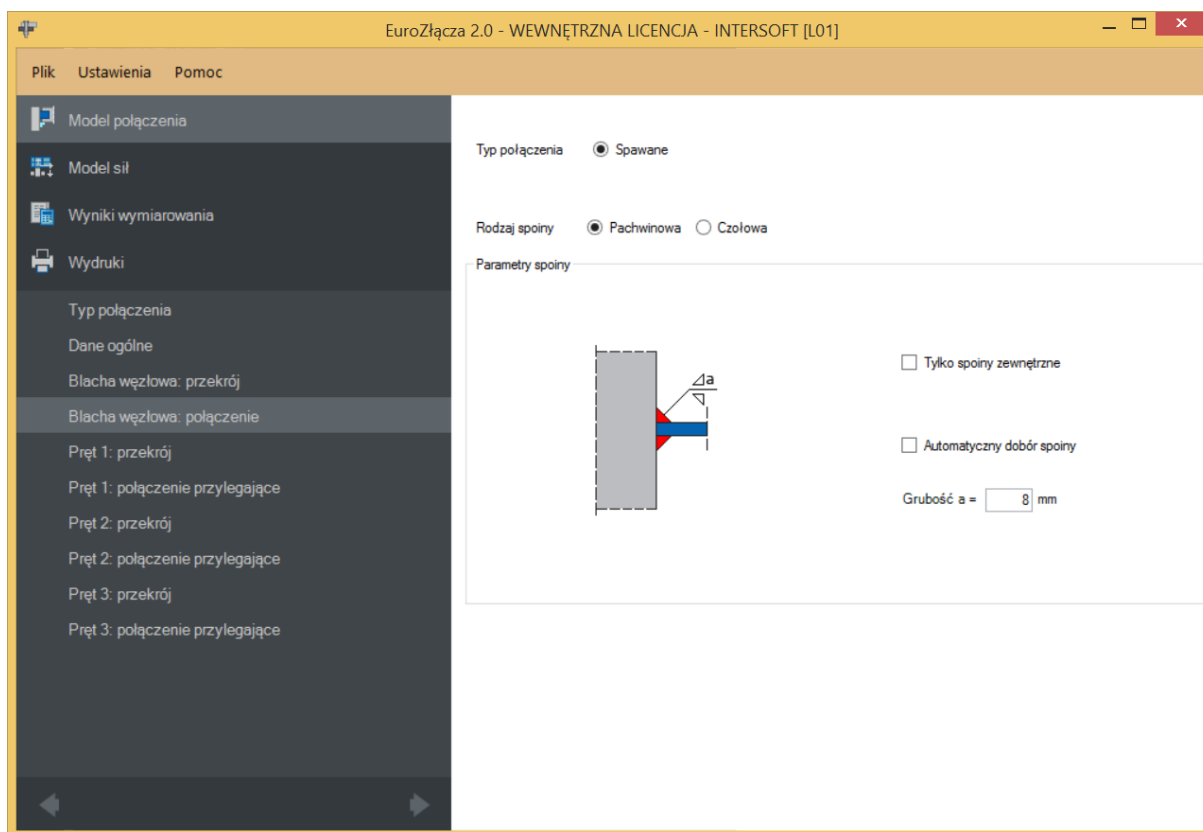
10.4.1 Rodzaj spoiny

Należy wskazać rodzaj spoiny w połączeniu teowym krawędzi blachy węzłowej z półką pasa kratowego:

- Pachwinowa,
- Czołowa.

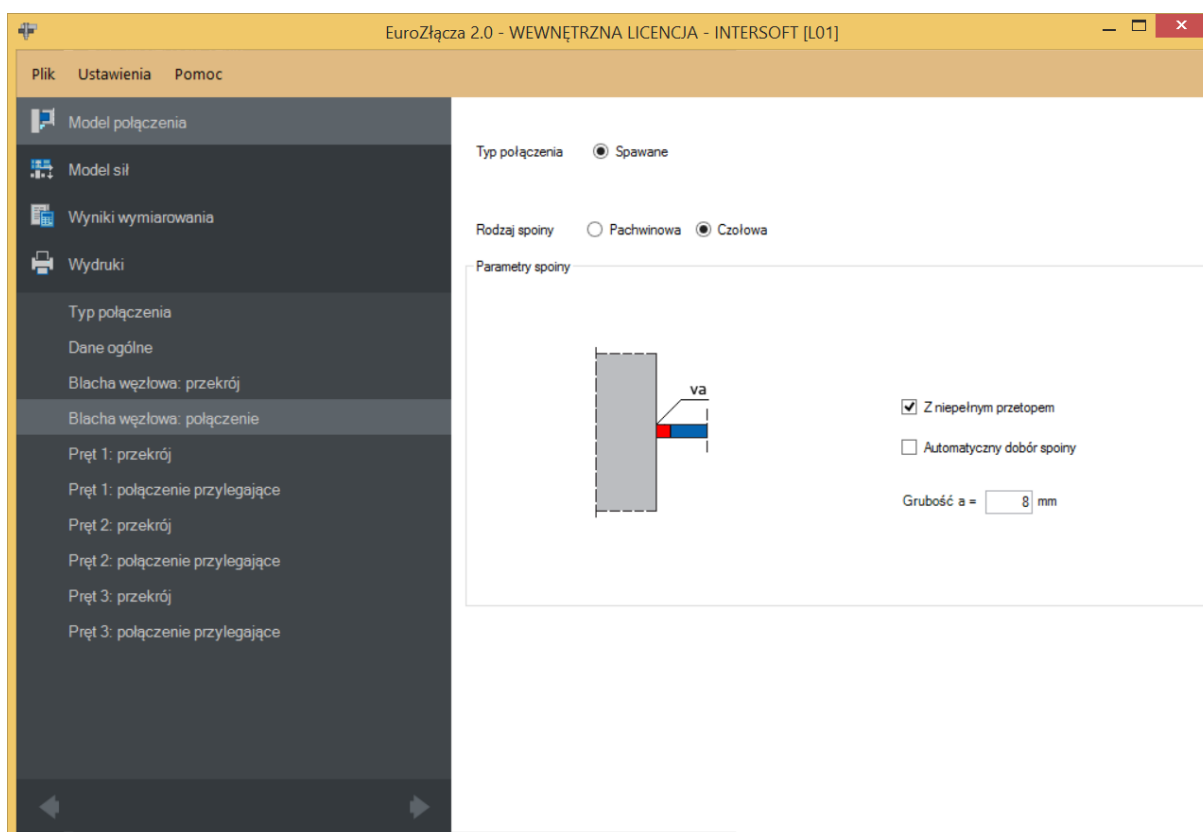
10.4.2 Parametry spoiny

Tylko spoiny zewnętrzne – dotyczy spoiny pachwinowej; oznacza, że spoina jest prowadzona jedynie wzdłuż jednej krawędzi blachy węzłowej. Odznaczenie tego pola spowoduje, że spoiny prowadzone są po obu stronach połączenia teowego blachy do półki pasa kratowego.



Z niepełnym przetopem – dotyczy spoiny czołowej; użytkownik wskazuje rodzaj spoiny czołowej.

Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ



Automatyczny dobór spoiny – algorytm określa przybliżoną wystarczającą grubość spoiny pachwinowej oraz spoiny czołowej z niepełnym przetopem.

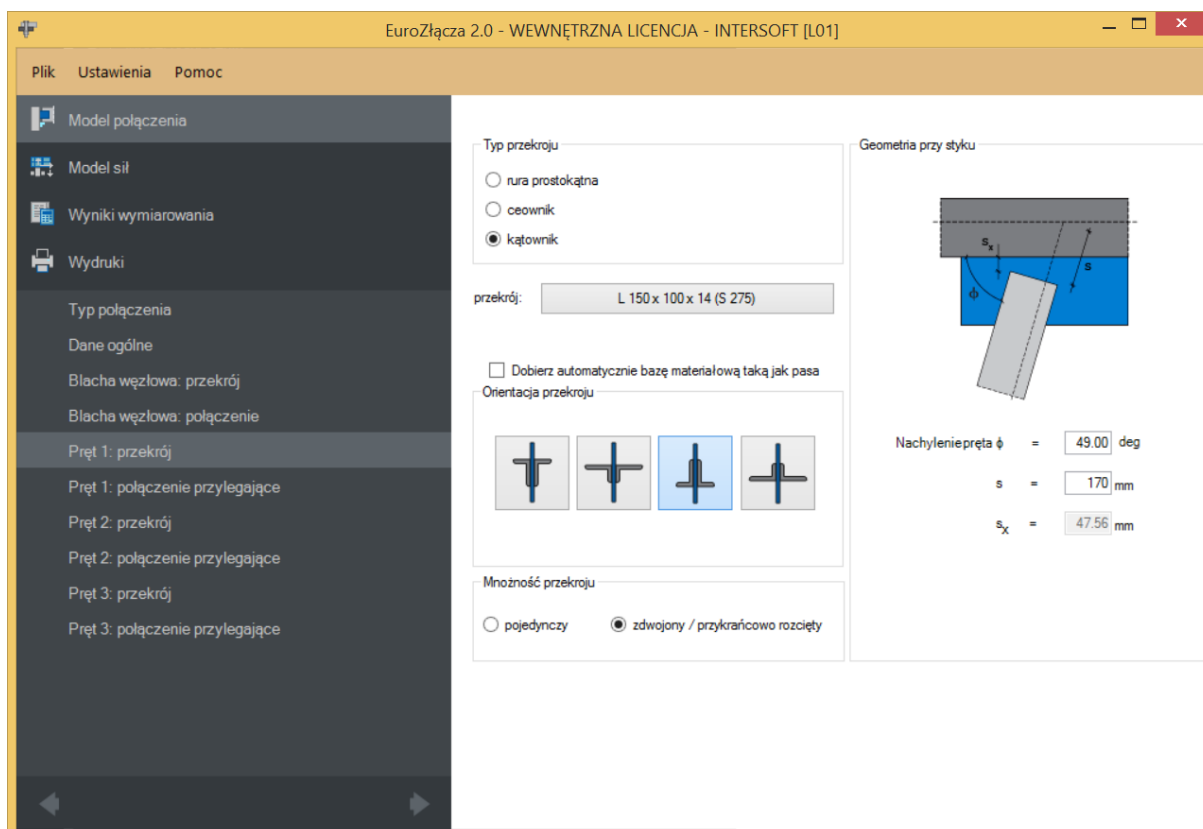
a – grubość spoiny [mm].

Grubość spoiny dobierana jest automatycznie dla spoiny czołowej pełnej (ustawiana na równą grubości blachy węzłowej) oraz przez użytkownika dla spoiny czołowej z niepełnym przetopem lub spoiny pachwinowej.

10.5 Pręty skratowania

Panele powiązane z opisem parametrów prętów skratowania tworzone są oddzielnie dla każdego pręta skratowania. Może ich być: jeden (dla węzłów Y, T), dwa (węzły K, N) lub trzy (węzły KT). Niżej omówiony zostanie pojedynczy zestaw formularzy, gdyż są one powtarzalne.

10.5.1 Typ przekroju



Pręt skratowania może być wykonany z jednego z następujących typów przekrojów:

- rura prostokątna (lub kwadratowa),
- ceownik,
- kątownik.

Po dokonaniu wyboru przebudowana zostanie baza dostępnych przekrojów, z której należy wskazać wybrany rodzaj sekcji.

10.5.2 Mnożność przekroju

Określa występowanie bądź brak przekroju złożonego. Dostępne opcje obejmują:

- pojedynczy,
- zdwojony / przykrawcowo rozcięty.

W razie wybrania mnożności pojedynczej jako finalny przekrój przyjmowany jest ten wskazany w polu **przekrój**.

Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ

W przypadku wybrania mnożności zdwojonej przekrój ten jest traktowany jako bazowy. Finalny przekrój zdwojony powstaje poprzez lustrzane odbicie przekroju bazowego wskazanego w polu **przekrój**.

Opcja **przykrawcowo rozcięty** jest domyślna (jedyna dostępna) dla profili zamkniętych.

10.5.3 Orientacja przekroju

Parametr określa orientację wybranego przekroju pręta skratowania z uwzględnieniem jego kształtu. Lista możliwych opcji zmienia się wraz ze zmianą **Typu przekroju** oraz **Mnożności przekroju**.

10.5.4 Geometria przy styku

s – odległość krańca pręta skratowania od punktu węzłowego prętów, liczona w osi pręta [mm],

s_x – odległość w rzucie pomiędzy ścianką półki pasa kratowego a najbliższą krawędzią pręta skratowania [mm],

Nachylenie pręta ϕ – kąt nachylenia pręta skratowania względem pasa kratowego [deg].

UWAGA: Rola każdego pręta (pręt 1, ew. pręt 2, ew. pręt 3) niesie ze sobą konsekwencje geometryczne dla poprawności modelu węzła, ich oznaczenie (numer porządkowy) nie pełni wyłącznie roli etykiety. Informuje on względem którego z prętów logicznych pasa kratowego (01 lub 02) należy podać nachylenie ϕ . Należy przestrzegać następujących reguł:

- pręt skratowania nr 1 – nachylenie ϕ liczone względem pasa kratowego nr 01,
- pręt skratowania nr 2 – nachylenie ϕ liczone względem pasa kratowego nr 02,
- pręt skratowania nr 3 – nachylenie ϕ liczone względem pasa kratowego nr 01.

UWAGA: Zaleca się, aby w węźle N jako słupek (pręt o nachyleniu względem pasa ϕ równym 90 stopni lub niewiele mniej) modelować pręt skratowania nr 2.

W takim ujęciu krzyżulcem jest pręt skratowania nr 1, a więc na rysunku poglądowym jest on widoczny jako dochodzący do węzła od lewej strony. Jeżeli w modelu statyki w programie **R3D3/R2D2** krzyżulec dochodzi od prawej strony - można zastosować następującą technikę myślową ułatwiającą stworzenie modelu: należy na węzeł myślowo spojrzeć od drugiej strony (od tyłu) i zamodelować połączenie uwzględniając występującą symetrię pionową węzła i wynikającą z niej specyfikę oraz pamiętając o ograniczeniach co do możliwych wartości nachylenia ϕ .

UWAGA: Gdy w dalszej części dokumentu występuje sformułowanie „nad [osią] pręta skratowania” należy przez to rozumieć umiejscowienie po stronie kontynuacji narastania kąta

Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ

nachylenia (czyli po stronie przeciwnej niż znajduje się półka pasa kratowego, względem którego liczone jest to nachylenie).

UWAGA: W przypadku węzłów K, N i KT – należy zwrócić szczególną uwagę na sprawdzenie poprawności obliczeń jeżeli wartość **nachylenia pręta ϕ** dla pręta 1 lub pręta 2 wynosi więcej niż 90 stopni [przy spełnieniu wszystkich pozostałych ograniczeń co do ich wartości]. Procedura obliczeniowa nie jest przeznaczona dla takich sytuacji i może prowadzić do nie w pełni poprawnych wyników.

10.6 Pręty skratowania – połączenie przylegające

Połączenie przylegające pomiędzy prętem skratowania a blachą czołową występuje, gdy ścianka pręta przylega powierzchniowo do boku blachy węzłowej, np. dla kątowników lub ceownika przylegającego środkiem.

- Spawane,
- Śrubowe.

10.6.1 Połączenie śrubowe

10.6.1.1 Parametry ogólne

Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ

Informacyjnie wyświetlana jest **Kategoria połączenia** śrubowego, która wybierana jest w panelu **Dane ogólne**.

10.6.1.2 Geometria połączenia

w – oznacza liczbę wierszy śrub (narasta w kierunku wzdłużnym pręta),

k – oznacza liczbę kolumn śrub (narasta w kierunku poprzecznym pręta),

e_1 – odległość osiowa pomiędzy krawędzią poprzeczną (krańcową) pręta a pierwszym szeregiem śrub [mm],

e_2 – odległość osiowa pomiędzy krawędzią podłużną zlokalizowaną powyżej osi pręta a pierwszą kolumną śrub [mm],

p_1 – rozstaw wzdłużny śrub (pomiędzy wierszami) [mm],

p_2 – rozstaw poprzeczny śrub (pomiędzy kolumnami) [mm],

Centruj wzdłużnie – odległość wzdłużna pomiędzy osiami śrub p_1 ustawiane jest z taką wartością, aby najmniejsza odległość wzdłużna pomiędzy śrubami ostatnim wierszem oraz wartość e_1 były takie same,

Centruj w poprzek – odległość poprzeczna pomiędzy osiami śrub p_2 ustawiane jest z taką wartością, aby e_2 było równe odległości osiowa pomiędzy krawędzią podłużną zlokalizowaną poniżej osi pręta a ostatnią kolumną śrub.

Dla połączenia śrubowego kategorii B i lub C należy także wybrać z listy rozwijalnej (lub podać ręcznie):

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

10.6.1.3 Baza materiałowa

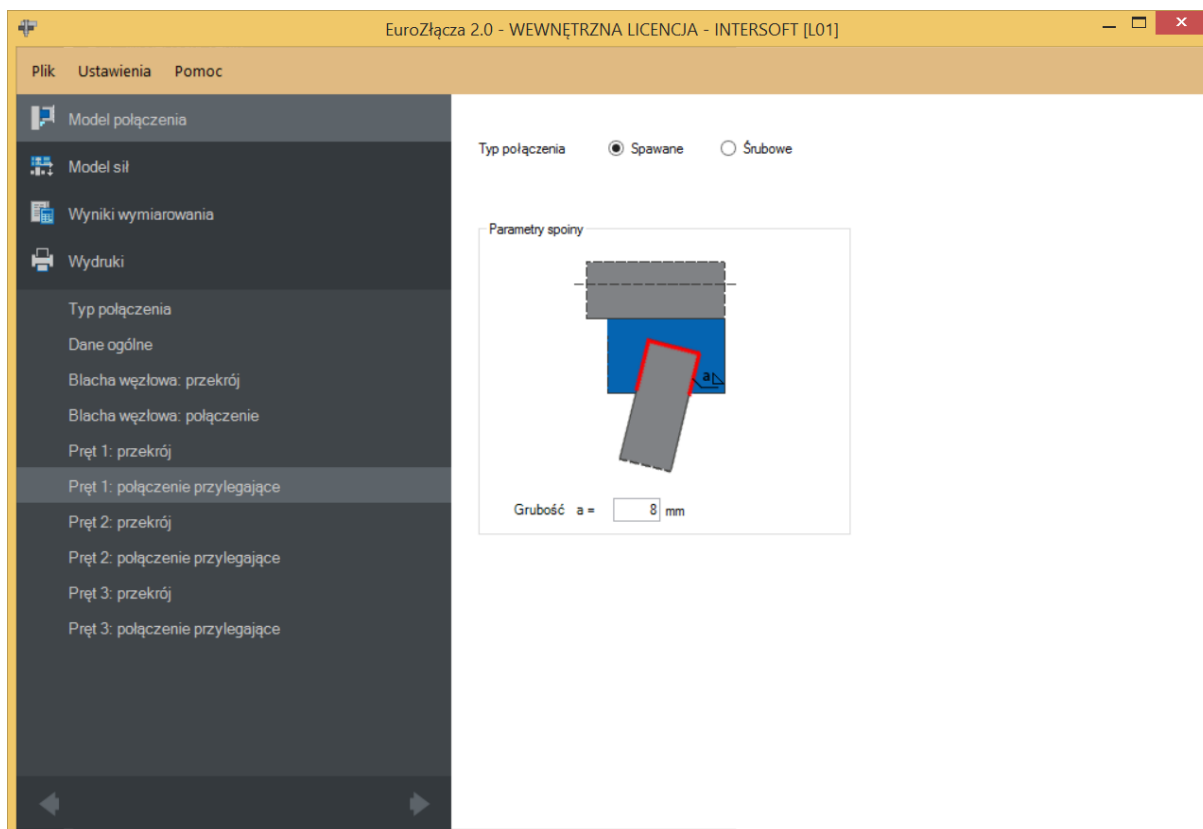
Należy wybrać z listy rozwijalnej:

- **Klasę** użytych śrub,
- **Średnicę** użytych śrub d ,
- czy część ścinana śruby jest **Gwintowana**, czy **Nienagwintowana**.

10.6.2 Połączenie spawane

Należy podać grubość spoiny obwodowej łączącej pręt skratowania z blachą węzłową.

Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ



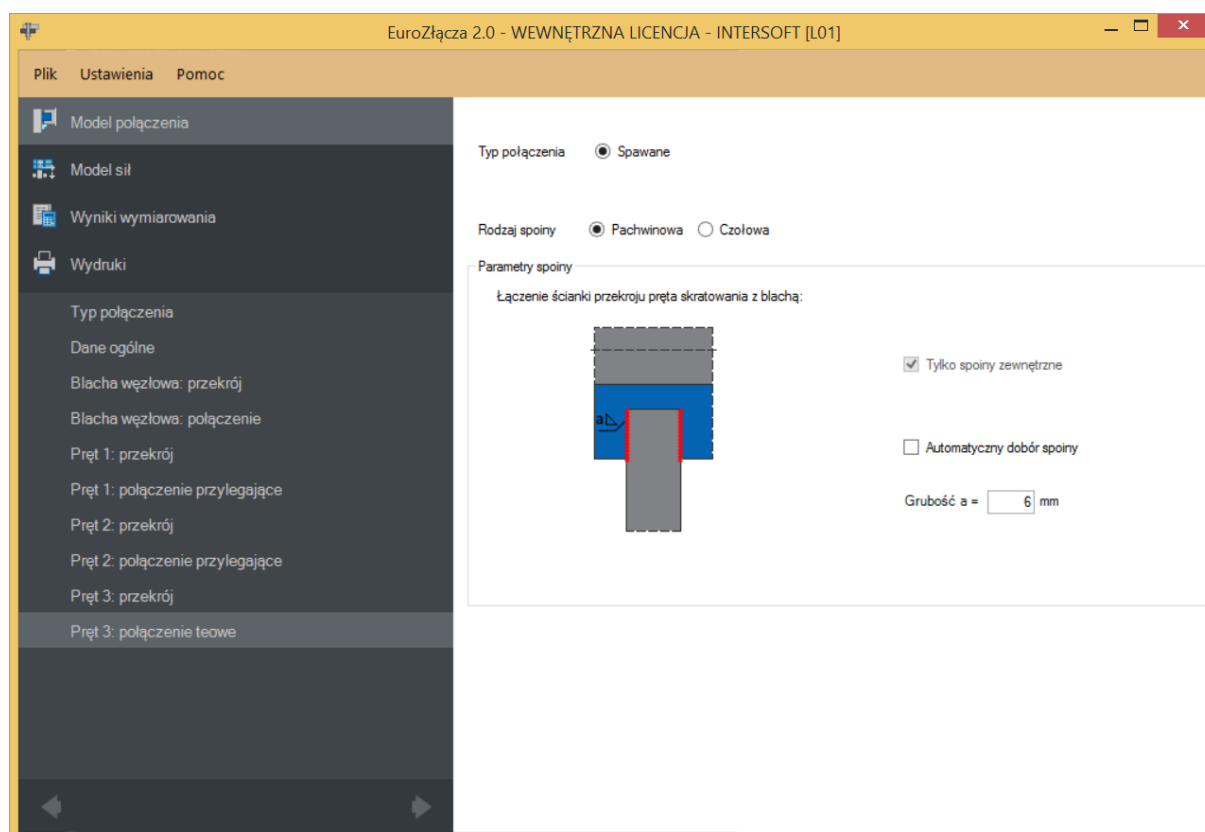
a – grubość spoiny [mm].

10.7 Pręty skratowania – połączenie teowe

Połączenie teowe pomiędzy prętem skratowania a blachą czołową występuje, gdy ścianka pręta dochodzi prostokątnie do powierzchni blachy węzłowej, np. dla ceownika stykającego się z blachą półkami lub rury kwadratowej bądź prostokątnej przykranćowo rozciętej. Taki styk realizuje się poprzez spoinę pachwinową lub czołową.

Formularz przyjmuje formę analogiczną jak dla połączenia blachy węzłowej z półką pasa kratowego.

Połączenie EuroZłącza KRATOWE Z BLACHĄ WĘZŁOWĄ



Załączniki

Raport przykładowy: połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

Raport z obliczania połączenia elementów konstrukcji stalowych wg PN-EN 1993-1-8

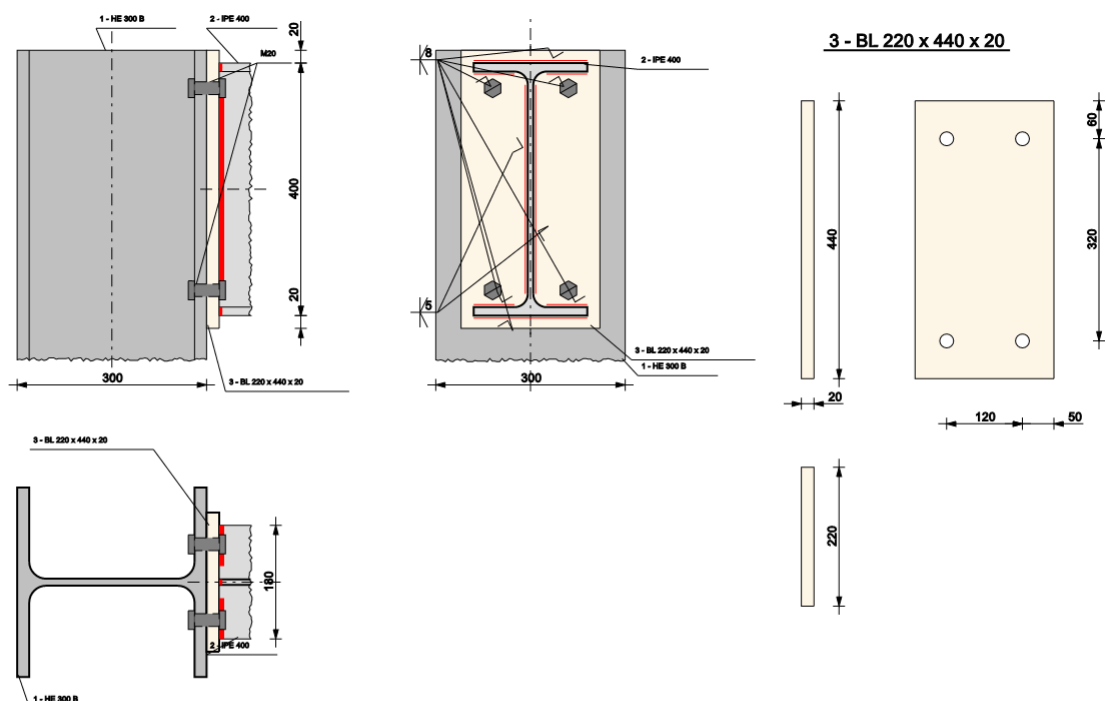
Rodzaj połączenia: połączenia słup-belka (doczołowe)

Tytuł: Projekt złącza

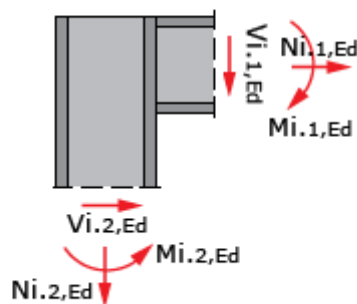
Podtytuł: Złącze

Typ raportu: pełny

1. Geometria modelu (rysunek poglądowy)



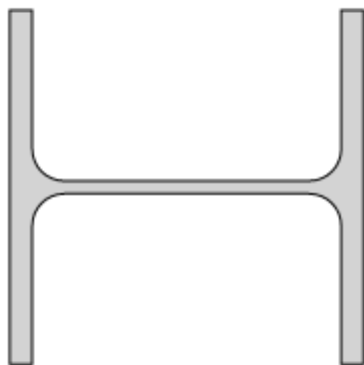
2. Obciążenia



Nr	Seria	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1.1	seria 1	20.00	90.00	90.00
1.2	seria 1	20.00	20.00	90.00

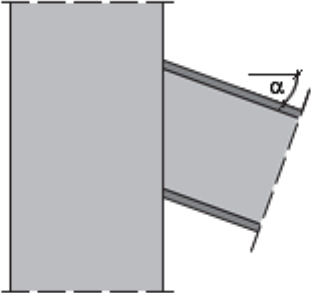
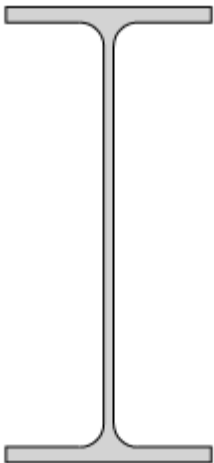
3. Geometria

Słup



Typ profilu	HE 300 B
Wysokość przekroju [mm]	$h_c = 300.00$
Szerokość półek przekroju [mm]	$b_{fc} = 300.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wc} = 11.00$
Grubość półek przekroju [mm]	$t_{fc} = 19.00$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1c} = 27.00$
Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_c = 14910.00$
Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yc} = 8563.00$
Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zc} = 25170.00$
Stal	S 355
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yc} = 355.00$

Załączniki

		Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{uc} = 510.00$
		ε	0.81
Belka			
		Orientacja względem słupa Kąt obrotu [°]	do półki $\alpha = 0.00$
		Typ profilu	IPE 400
		Wysokość przekroju [mm]	$h_b = 400.00$
		Szerokość półek przekroju [mm]	$b_{fb} = 180.00$
		Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wb} = 8.60$
		Grubość półek przekroju [mm]	$t_{fb} = 13.50$
		Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1b} = 21.00$
		Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_b = 8450.00$
		Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yb} = 23130.00$
		Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zb} = 1318.00$
		Stal	S 355
		Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 355.00$
		Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 510.00$
		ε	0.81
Blacha czołowa			
		Typ profilu	BL 220 x 440 x 20
		Wysokość [mm]	$h_p = 440.00$
		Długość [mm]	$l_p = 220.00$
		Grubość [mm]	$t_p = 20.00$

Załączniki

	Stal	S 355
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{yp} = 355.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{up} = 510.00$
	ϵ	0.81

4. Parametry połączenia

4.1. Konfiguracja ogólna węzła

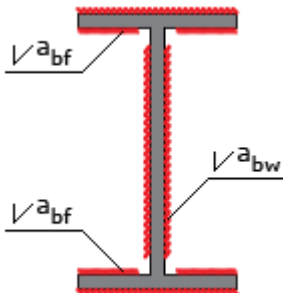
	Typ węzła	szczytowy jednostronny
---	-----------	------------------------

4.2. Spawanego

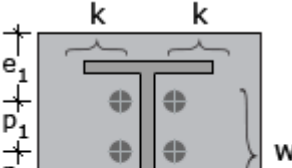
Typ połączenia spawanego

Rodzaj	czołowa
Przetop	pełen
Sposób wymiarowania	na nośność elementów

Spoiny blacha czołowa - belka

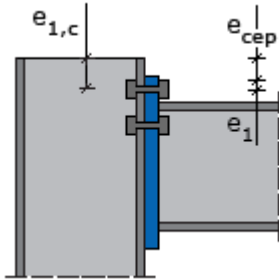
	Grubość spoiny środnika [mm]	$a_{b,w} = 5.00$
	Grubość spoiny półek [mm]	$a_{b,f} = 8.00$

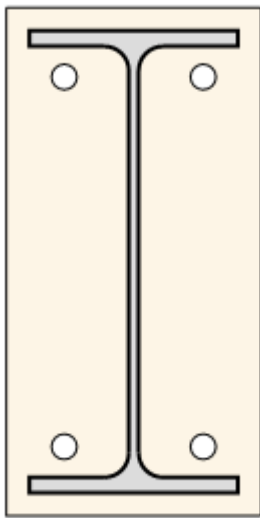
4.3. Śrubowego

	Klasa śruby	8.8
	Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne	nie
	Konstrukcja narażona na oddziaływania uderzeniowe i	nie

Załączniki

	wibracyjne	
	Płaszczyzna części ścinanej śruby	Gwintowana
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 640.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 800.00$
	Średnica śruby [mm]	$d = 20.00$
	Średnica otworu na śruby [mm]	$d_0 = 22.00$
	Pole powierzchni śruby [cm ²]	$A = 3.14$
	Pole powierzchni czynnej śruby [cm ²]	$A_S = 2.45$
	Liczba wierszy śrub (w)	2
	Odległość s_1 [mm]	$s_1 = 120.00$
	Liczba zadeklarowanych szeregów śrub rozciąganych dla $M^{(+)}$	1

	Odległość krawędzi blachy czołowej od krawędzi górnej słupa [mm]	$e_{cep} = 0.00$
--	--	------------------

		
--	---	--

Załączniki

Wiersz	Kolumn łącznie	e ₁ / p _i [mm]
1	2 x 1	60.00
2	2 x 1	320.00

5. Sprawdzenie warunków normowych

Liczba niespełnionych warunków geometrycznych lub normowych: 0 z 12

5.1. słup (dwuteownik) (wymiary)

smukłość środka słupa

$$d/t_{w,c} \leq 69 \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355.00} = 0.81$$

$$208.0/11.0 = 18.9 \leq 69 \cdot 0.8 = 56.140 [mm]$$

Warunek spełniony

5.2. blacha czołowa (wymiary)

wydłużenie blachy czołowej ponad krawędź górną elementu dochodzącego - e_{pt}
[warunek literaturowy]

$$e_{pt} \geq t_p$$

$$20.0 \geq 20.0 [mm]$$

Warunek spełniony

5.3. blacha czołowa (wymiary)

wydłużenie blachy czołowej ponad krawędź dolną elementu dochodzącego - e_{pb}
[warunek literaturowy]

$$e_{pb} \geq t_p$$

$$20.0 \geq 20.0 [mm]$$

Warunek spełniony

5.4. Połączenie słup-blacha czołowa (płaskownik) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu e_{11,ep} (blacha czołowa)

Załączniki

$$e_{11,ep} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$60.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.5. Połączenie słup-błacha czołowa (płaskownik) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{12,ep}$ (błacha czołowa)

$$e_{12,ep} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$e_{12,ep} = 440.0 - (60.0 + 320.0)$$

$$60.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.6. Połączenie słup-błacha czołowa (płaskownik) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,ep}$ (błacha czołowa)

$$e_{2,ep} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$e_{2,ep} = 220.0/2 - 120.0/2 = 50.0$$

$$50.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.7. Połączenie słup-błacha czołowa (płaskownik) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $s_{1,ep}$ (błacha czołowa)

$$s_{1,ep} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$s_{1,ep} = 120.0$$

$$120.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

5.8. Połączenie słup-błacha czołowa (płaskownik) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{i,ep,max}$ (błacha czołowa)

$$p_{i,ep,max} \geq 2.4 \cdot d_0$$

Załączniki

$$p_{i,ep,max} = 320.0$$

$$320.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

5.9. Połączenie słup-błacha czołowa (płaskownik) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{1,c}$ (słup)

$$e_{1,c} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$60.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.10. Połączenie słup-błacha czołowa (płaskownik) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,c}$ (słup)

$$e_{2,c} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$e_{2,c} = 300.0/2 - 120.0/2 = 90.0$$

$$90.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.11. Połączenie słup-błacha czołowa (płaskownik) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $s_{1,c}$ (słup)

$$s_{1,c} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$s_{1,c} = 120.0$$

$$120.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

5.12. Połączenie słup-błacha czołowa (płaskownik) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{i,c,max}$ (słup)

$$p_{i,c,max} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$p_{i,c,max} = 320.0$$

Załączniki

$$320.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony**6. Lista maksymalnych wytyżeń**

Liczba przekroczonych warunków nośności: 0 z 5

Maksymalne wytyżenie główne w obliczanej konstrukcji wynosi: 0.84

Sprawdzany element	War.	Siła
Smukłość panelu środknika słupa: warunek stosowania metody obliczania nośności	OK	-
Warunek nośności przy zginaniu	0.77	1
Warunek nośności na ścinanie: grupy łączników	0.48	1
Warunek nośności panelu środknika słupa	0.26	1
Warunek interakcji zginania ze ściskaniem	0.84	1

7. Obliczenia wstępne**7.1.1. Obliczenia wspólne****7.1.1.1. Spoiny do blachy czołowej**

Spoiny dla elementów rozciąganych wymiarowane są na nośność tych elementów. Jeżeli dla różnych zestawów sił dany pas jest rozciągany oraz ściskany - spoina jest obliczana jak dla pasa rozciąganego.

rozciągany pas górny belki

Bez konieczności przeprowadzania dodatkowych obliczeń - nośność spoiny zależy od nośności elementu łączonego.

Warunek minimalnej obliczeniowej grubości spoiny Warunek spełniony

ściskany pas dolny belki

Bez konieczności przeprowadzania dodatkowych obliczeń - nośność spoiny zależy od nośności elementu łączonego.

Warunek minimalnej obliczeniowej grubości spoiny Warunek spełniony

rozciągany środknik belki

Bez konieczności przeprowadzania dodatkowych obliczeń - nośność spoiny zależy od nośności elementu łączonego.

Załączniki

Warunek minimalnej obliczeniowej grubości spoiny Warunek spełniony

7.1.2. Obliczenia dla M(+) (środek obrotu w pasie dolnym belki/skosu)

7.1.2.1. Nośność rozciąganych szeregów śrub - zginany pas słupa (szeregi rozpatrywane indywidualnie)

Kolejne szeregi śrub numerowane są od 1, począwszy od szeregu najbardziej oddalonego od ściskanego pasu belki/skosu.

Ogólne

Szereg nr	e_1	m	e	m_2	λ_1	λ_2	α	n
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[mm]
1	60.00	32.90	90.00	-	-	-	-	41.12
2	-	-	-	-	-	-	-	-

Szereg nr 1

typ: Skrajny szereg śrub

$$l_{\text{eff},cp,I} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 32.90 = 206.72 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},cp,II} = \pi \cdot m + 2 \cdot e_1 = \pi \cdot 32.90 + 2 \cdot 60.00 = 223.36 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},cp} = \min(l_{\text{eff},cp,I}, l_{\text{eff},cp,II}) = \min(206.72; 223.36) = 206.72 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},nc,I} = 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 4 \cdot 32.90 + 1.25 \cdot 90.00 = 244.10 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},nc,II} = 2 \cdot m + 0.625 \cdot e + e_1 = 2 \cdot 32.90 + 0.625 \cdot 90.00 + 60.00 = 182.05 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},nc} = \min(l_{\text{eff},nc,I}, l_{\text{eff},nc,II}) = \min(244.10; 182.05) = 182.05 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},1,fc,(I)} = \min(l_{\text{eff},nc}, l_{\text{eff},cp}) = \min(182.05; 206.72) = 182.05 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},2,fc,(I)} = l_{\text{eff},nc} = 182.05 [\text{mm}]$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{\text{eff},1} \cdot t_f^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 182.05 \cdot 19.00^2 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 5832.65 [\text{kNm}]$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{\text{eff},2} \cdot t_f^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 182.05 \cdot 19.00^2 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 5832.65 [\text{kNm}]$$

$$F_{t,1,fc,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 5832.65}{32.90} = 709.14 [\text{kN}]$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.90 \cdot 800.00 \cdot 10^{-3} \cdot 245.00}{1.25} = 141.12 [\text{kN}]$$

$$F_{t,2,fc,Rd} = \frac{(2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd})}{(m + n)} = \frac{(2 \cdot 5832.65 + 41.12 \cdot 2 \cdot 141.12)}{(32.90 + 41.12)} = 314.39 [\text{kN}]$$

Załączniki

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{fe} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot 33.52 \cdot 19.00 \cdot 510.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 489.73 [kN]$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 141.12 = 282.24 [kN]$$

$$\Sigma B_{p,Rd} = 2 \cdot 489.73 = 979.45 [kN]$$

$$F_{T,3,fe,Rd} = \min(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd}) = \min(282.24; 979.45) = 282.24 [kN]$$

$$F_{t,fe,Rd(1)} = \min(F_{T,1,fe,Rd}; F_{T,2,fe,Rd}; F_{T,3,fe,Rd}) = \min(709.14; 314.39; 282.24) = 282.24 [kN]$$

Szereg nr 2

typ: Wewnętrzny szereg śrub

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

7.1.2.2. Nośność rozciąganych szeregów śrub - zginany pas słupa (grupy szeregów)

Grupy szeregów śrub dla zginanego pasa słupa nie występują.

7.1.2.3. Nośność rozciąganych szeregów śrub - zginana blacha czołowa (szeregi rozpatrywane indywidualnie)

Kolejne szeregi śrub numerowane są od 1, począwszy od szeregu najbardziej oddalonego od ściskanego pasu belki/skosu.

Ogólne

Szereg	b _p	w	e _x	m _x	m	e	m ₂	λ ₁	λ ₂	α	n	n _x
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[mm]
1	-	-	-	-	55.70	50.00	26.50	0.53	0.25	6.43	50.00	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Szereg nr 1

typ: Szereg śrub w pobliżu pasa belki/skosu

$$l_{eff,op} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 55.70 = 349.97 [mm]$$

$$l_{eff,nc,I} = \alpha \cdot m = 6.43 \cdot 55.70 = 358.18 [mm]$$

$$l_{eff,nc,II} = 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 4 \cdot 55.70 + 1.25 \cdot 50.00 = 285.30 [mm]$$

$$l_{eff,nc} = \min(l_{eff,nc,I}; l_{eff,nc,II}) = \min(358.18; 285.30) = 285.30 [mm]$$

$$l_{eff,1,ep} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,op}) = \min(285.30; 349.97) = 285.30 [mm]$$

$$l_{eff,2,ep} = l_{eff,nc} = 285.30 [mm]$$

$$M_{pl1,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{eff,1}^2 \cdot t_{ep}^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 285.30^2 \cdot 20.00^2 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 10128.15 [kNm]$$

Załączniki

$$M_{pl2,Rd} = \frac{0,25 \cdot l_{eff2} \cdot t_{ep}^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 285,30 \cdot 20,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 10128,15 [kNmm]$$

$$F_{T1,ep,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 10128,15}{55,70} = 727,34 [kN]$$

$$F_{t,Rd} = 141,12 [kN]$$

$$F_{T2,ep,Rd} = \frac{(2 \cdot M_{pl2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd})}{(m + n)} = \frac{(2 \cdot 10128,15 + 50,00 \cdot 2 \cdot 141,12)}{(55,70 + 50,00)} = 325,15 [kN]$$

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{ep} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 33,52 \cdot 20,00 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 515,50 [kN]$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 141,12 = 282,24 [kN]$$

$$\Sigma B_{p,Rd} = 2 \cdot 515,50 = 1031,00 [kN]$$

$$F_{T3,ep,Rd} = \min(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd}) = \min(282,24; 1031,00) = 282,24 [kN]$$

$$F_{t,ep,Rd(1)} = \min(F_{T1,ep,Rd}; F_{T2,ep,Rd}; F_{T3,ep,Rd}) = \min(727,34; 325,15; 282,24) = 282,24 [kN]$$

Szereg nr 2

typ: Szereg śrub w pobliżu pasa belki/skosu

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

7.1.2.4. Nośność rozciąganych szeregów śrub - zginana blacha czołowa (grupy szeregów)

Grupy szeregów śrub dla zginanej blachy czołowej nie występują.

7.1.2.5. Nośność rozciąganych szeregów śrub - środek słupa rozciągany w kierunku poprzecznym (szeregi rozpatrywane indywidualnie)

Kolejne szeregi śrub numerowane są od 1, począwszy od szeregu najbardziej oddalonego od ściskanego pasa belki/skosu.

Ogólne

$$t_{w,eff} = t_{wc} = 11,00 [mm]$$

$$A_{v,y0,c,1} = A_c - 2 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc} + t_{fc} \cdot (t_{wc} + 2 \cdot R_{lc}) = 14910,00 - 2 \cdot 300,00 \cdot 19,00 + 19,00 \cdot (11,00 + 2 \cdot 27,00) = 4745,00 [mm^2]$$

$$A_{v,y0,c,2} = \eta \cdot h_{wc} \cdot t_{wc} = 1,2 \cdot 262,00 \cdot 11,00 = 3458,40 [mm^2]$$

$$A_{v,y0,c} = \max(A_{v,y0,c,1}; A_{v,y0,c,2}) = \max(4745,00; 3458,40) = 4745,00 [mm^2]$$

Szereg nr 1

$$b_{eff,t_{wc},(1)} = \min(l_{eff1,fc,(1)}; l_{eff2,fc,(1)}) = \min(182,05; 182,05) = 182,05 [mm]$$

Szereg nr 2

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

7.1.2.6. Nośność rozciąganych szeregów śrub - środnik słupa rozciągany w kierunku poprzecznym (grupy szeregów)

Grupy szeregów śrub dla środnika słupa rozciąganego w kierunku poprzecznym nie występują.

7.1.2.7. Nośność rozciąganych szeregów śrub - środnik belki/skosu rozciągany w kierunku podłużnym (szeregi rozpatrywane indywidualnie)

Kolejne szeregi śrub numerowane są od 1, począwszy od szeregu najbardziej oddalonego od ściskanego pasu belki/skosu.

Szereg nr 1

$$b_{\text{eff},t,wb,(1)} = \min \left(l_{\text{eff},1,ep,(1)}; l_{\text{eff},2,ep,(1)} \right) = \min (285.30; 285.30) = 285.30 [\text{mm}]$$

$$F_{t,wb,Rd(1)} = \frac{b_{\text{eff},t,wb,(1)} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb}}{\gamma_{M0}} = \frac{285.30 \cdot 8.60 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 871.02 [\text{kN}]$$

Szereg nr 2

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

7.1.2.8. Nośność rozciąganych szeregów śrub - środnik belki/skosu rozciągany w kierunku podłużnym (grupy szeregów)

Grupy szeregów śrub dla środnika belki/skosu rozciąganego w kierunku poprzecznym nie występują.

7.1.2.9. Środnik słupa ściskany w kierunku poprzecznym

$$t_{w,\text{eff}} = t_{wc} = 11.00 [\text{mm}]$$

$$s_p = \min \left(t_p + c; 2 \cdot t_p \right) = \min (20.00 + 20.00; 2 \cdot 20.00) = 40.00 [\text{mm}]$$

$$b_{\text{eff},c,wc} = t_{fb} + 5 \cdot (t_{fb} + r_o) + s_p = 13.50 + 5 \cdot (19.00 + 27.00) + 40.00 = 283.50 [\text{mm}]$$

$$\tilde{\lambda}_p = 0.932 \cdot \sqrt{\frac{b_{\text{eff},c,wc} \cdot d_{wc} \cdot f_{y,wc}}{E \cdot t_{w,\text{eff}}^2}} = 0.932 \cdot \sqrt{\frac{283.50 \cdot 208.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{(210.00 \cdot 11.00^2)}} = 0.85$$

$$\tilde{\lambda}_p = 0.85 > 0.72$$

$$\rho_o = \frac{(\tilde{\lambda}_p - 0.2)}{\tilde{\lambda}_p^2} = \frac{(0.85 - 0.2)}{0.85^2} = 0.90$$

Załączniki

7.1.2.10. Ściskany pas belki / skosu

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{t_{fb} \cdot b_{fb} \cdot f_{y,fb}}{\gamma_{M0}} = \frac{13.50 \cdot 180.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 862.65 [kN]$$

7.1.2.11. Panel środknika słupa

$$\varepsilon_c = \sqrt{\frac{235/f_{yc}}{}} = \sqrt{\frac{235/355.00}}{}} = 0.81$$

$$\frac{d_{wc}}{t_{wc}} = \frac{208.00}{11.00} = 18.91 \leq 69\varepsilon_c = 69 \cdot 0.81 = 56.14$$

Smukłość panelu środknika słupa: warunek stosowania metody obliczania nośności
Warunek spełniony

$$V_{wp,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{y,wc} \cdot A_{vc}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.9 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3} \cdot 4745.00}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} = 875.28 [kN]$$

Rodzaj połączenia - połączenie śrubowe z blachą czołową i jednym szeregiem śrub rozciąganych.

$$z = 353.25 [mm]$$

7.1.2.12. Nośność ścinanych szeregów śrub

Kolejne szeregi śrub numerowane są od 1, począwszy od szeregu najbardziej oddalonego od ściskanego pasu belki/skosu.

Ogólne

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800.00 \cdot 10^{-3} \cdot 245.00}{1.25} = 94.08 [kN]$$

Szereg nr 1

typ (rozpatrywany od strony blachy czołowej): Szereg śrub nie jest rozpatrywany jako ścinany

typ (rozpatrywany od strony pasa słupa): Szereg śrub nie jest rozpatrywany jako ścinany

Szereg nr 2

typ (rozpatrywany od strony blachy czołowej): Skrajny ścinany szereg śrub oddzielony od krawędzi blachy czołowej pasem belki/skosu

Załączniki

$$k_{1,2,ep,I} = \frac{1,4 \cdot s_1}{d_0} - 1,7 = \frac{1,4 \cdot 120,00}{22,00} - 1,7 = 5,94$$

$$k_{1,2,ep,II} = \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 = \frac{2,8 \cdot 50,00}{22,00} - 1,7 = 4,66$$

$$k_{1,2,ep,III} = 2,50$$

$$k_{1,2,ep} = \min(k_{1,2,ep,I}, k_{1,2,ep,II}, k_{1,2,ep,III}) = \min(5,94; 4,66; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{d,2,ep,I} = \frac{e_1}{(3 \cdot d_0)} = \frac{60,00}{(3 \cdot 22,00)} = 0,91 = 0,91$$

$$\alpha_{d,2,ep,II} = \frac{P_i}{(3 \cdot d_0)} - 0,25 = \frac{320,00}{(3 \cdot 22,00)} - 0,25 = 4,60 = 4,60$$

$$\alpha_{d,2,ep} = \min(\alpha_{d,2,ep,I}, \alpha_{d,2,ep,II}) = \min(0,91; 4,60) = 0,91$$

$$\alpha_{b,2,ep,I} = \alpha_{d,2,ep} = 0,91$$

$$\alpha_{b,2,ep,II} = \frac{f_{ub}}{f_{u,ep}} = \frac{800,00}{510,00} = 1,57$$

$$\alpha_{b,2,ep,III} = 1,00$$

$$\alpha_{b,2,ep} = \min(\alpha_{b,2,ep,I}, \alpha_{b,2,ep,II}, \alpha_{b,2,ep,III}) = \min(0,91; 1,57; 1,00) = 0,91$$

$$F_{b,2,ep,Rd} = \frac{k_{1,2,ep} \cdot \alpha_{b,2,ep} \cdot f_{u,ep} \cdot d \cdot t_{ep}}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 0,91 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 20,00 \cdot 20,00}{1,25} = 370,91 [kN]$$

typ (rozpatrywany od strony pasa słupa): Pośredni ścinany szereg śrub

$$k_{1,2,fe,I} = \frac{1,4 \cdot s_1}{d_0} - 1,7 = \frac{1,4 \cdot 120,00}{22,00} - 1,7 = 5,94$$

$$k_{1,2,fe,II} = 2,50$$

$$k_{1,2,fe} = \min(k_{1,2,fe,I}, k_{1,2,fe,II}) = \min(5,94; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{d,2,fe} = \frac{P_i}{(3 \cdot d_0)} - 0,25 = 4,60$$

$$\alpha_{b,2,fe,I} = \alpha_{d,2,fe} = 4,60$$

$$\alpha_{b,2,fe,II} = \frac{f_{ub}}{f_{u,fe}} = \frac{800,00}{510,00} = 1,57$$

$$\alpha_{b,2,fe,III} = 1,00$$

$$\alpha_{b,2,fe} = \min(\alpha_{b,2,fe,I}, \alpha_{b,2,fe,II}, \alpha_{b,2,fe,III}) = \min(4,60; 1,57; 1,00) = 1,00$$

$$F_{b,2,fe,Rd} = \frac{k_{1,2,fe} \cdot \alpha_{b,2,fe} \cdot f_{u,fe} \cdot d \cdot t_{fe}}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 1,00 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 20,00 \cdot 19,00}{1,25} = 387,60 [kN]$$

Zestawienie

Załączniki

Szer.	k_i	$F_{v,Rd}$	$F_{b,i,ep,Rd}$	$F_{b,i,fc,Rd}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]
1	2	-	-	-
2	2	94.08	370.91	387.60

7.1.2.13. Nośność grupy łączników na ścinanie

Kolejne szeregi śrub numerowane są od 1, począwszy od szeregu najbardziej oddalonego od ściskanego pasu belki/skosu.

Szer.	k_i	$F_{v,Rd}$	$F_{b,i,ep,Rd}$	$F_{b,i,fc,Rd}$	$F_{b,i,Rd}$	$F_{v,Rd} \geq F_{b,i,Rd}$	$F_{V,i,Rd}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
1	2	-	-	-	-	-	-
2	2	94.08	370.91	387.60	370.91	nie	94.08

$$F_{b,i,Rd} = \min \left(F_{b,i,ep,Rd}, F_{b,i,fc,Rd} \right)$$

Występują poprawne szeregi ścinane, dla których śrub NIE jest spełniony warunek

$$F_{v,Rd} \geq F_{b,i,Rd}$$

$$F_{gr,b,Rd} = n_v \cdot \min \left(F_{V,i,Rd} \right) = 2 \cdot 94.08 = 188.16 \text{ [kN]}$$

8. Obliczenia dla kolejnych serii sił

8.1. Zestaw sił nr 1

8.1.1. Transformacja zestawu sił do układu globalnego

8.1.1.1. Transformacja dla belki prawej

$$e_0 = \frac{h_e}{2} = \frac{300.00}{2} = 150.00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = -e_0 \cdot \sin(0.00^\circ) = -150.00 \cdot 0.000 = 0.00 \text{ [mm]}$$

$$N'_{Ed} = \cos(0.00^\circ) \cdot N_{Ed} - \sin(0.00^\circ) \cdot V_{Ed} = 1.0000 \cdot 20.00 - 0.0000 \cdot 90.00 = 20.00 \text{ [kN]}$$

$$V'_{Ed} = \cos(0.00^\circ) \cdot V_{Ed} + \sin(0.00^\circ) \cdot N_{Ed} = 1.0000 \cdot 90.00 + 0.0000 \cdot 20.00 = 90.00 \text{ [kN]}$$

$$M'_{Ed} = M_{Ed} + e_N \cdot N'_{Ed} - e_0 \cdot V'_{Ed} = 90.00 + 0.000 \cdot 20.00 - 0.150 \cdot 90.00 = 76.50 \text{ [kNm]}$$

W dalszych obliczeniach wykorzystywane są siły sprowadzone do układu globalnego: $N_{Ed} = N'_{Ed}$, $V_{Ed} = V'_{Ed}$ oraz $M_{Ed} = M'_{Ed}$.

8.1.1.2. Zestawienie

Załączniki

Element	Seria	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
belka prawa	seria 1	20.00	90.00	76.50
słup dolny	seria 1	20.00	20.00	90.00
belka lewa	seria 1	0.00	0.00	0.00
słup górny	seria 1	0.00	0.00	0.00

8.1.2. Obliczenia dla M(+) (środek obrotu w pasie dolnym belki/skosu)

8.1.2.1. Nośność rozciąganych szeregów śrub - środnik słupa rozciągany w kierunku poprzecznym (szeregi rozpatrywane indywidualnie)

Ogólne (dla zestawu sił)

$$\beta = 1$$

Szereg nr 1

$$\omega_1 = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{b_{eff,t,wc}(l) \cdot t_{w,eff}}{A_{vc}} \right)^2 \right)^{-0.5} = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{182.05 \cdot 11.00}{4745.00} \right)^2 \right)^{-0.5} = 0.90$$

$$\omega = \omega_1 = 0.90$$

$$F_{t,wc,Rd(l)} = \frac{\omega \cdot b_{eff,t,wc}(l) \cdot t_{w,eff} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.90 \cdot 182.05 \cdot 11.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 640.60 [kN]$$

Szereg nr 2

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

8.1.2.2. Nośność rozciąganych szeregów śrub - środnik słupa rozciągany w kierunku poprzecznym (grupy szeregów)

8.1.2.3. Środnik słupa ściskany w kierunku poprzecznym

$$\sigma_{com,Ed,2} = \frac{d_{wc} \cdot \left| \frac{M_{i2,Ed}}{(2 \cdot I_{c,y})} \right|}{A_c} = \frac{N_{i2,Ed}}{A_c} = \left(\frac{208.00 \cdot \left| \frac{90000.00}{(2 \cdot 251700000.00)} \right|}{14910.00} \right) \cdot 10^3 = 35.85 [MPa]$$

$$\sigma_{com,Ed,4} = \frac{d_{wc} \cdot \left| \frac{M_{i4,Ed}}{(2 \cdot I_{c,y})} \right|}{A_c} = \frac{N_{i4,Ed}}{A_c} = \left(\frac{208.00 \cdot \left| \frac{0.00}{(2 \cdot 251700000.00)} \right|}{14910.00} \right) \cdot 10^3 = 0.00 [MPa]$$

$$\sigma_{com,Ed} = \max(\sigma_{com,Ed,2}; \sigma_{com,Ed,4}) = \max(35.85; 0.00) = 35.85 [MPa]$$

$$\sigma_{com,Ed} = 35.85 \leq 0.7 \cdot f_{y,wc} = 0.7 \cdot 355.00 = 248.5000 [MPa]$$

$$k_{wc} = 1.0$$

Załączniki

$$\omega_1 = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{b_{eff,c,wc} \cdot t_{w,eff}}{A_{vc}} \right)^2 \right)^{-0.5} = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{283.50 \cdot 11.00}{4745.00} \right)^2 \right)^{-0.5} = 0.80$$

$$\omega = \omega_1 = 0.80$$

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{w,eff} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.80 \cdot 1.00 \cdot 283.50 \cdot 11.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 885.93 [kN]$$

$$F_{c,wc,Rd,max} = \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho_c \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{w,eff} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M1}} = \frac{0.80 \cdot 1.00 \cdot 0.90 \cdot 283.50 \cdot 11.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 799.68 [kN]$$

$$F_{c,wc,Rd} = 885.93 \leq F_{c,wc,Rd,max} = 799.68 [kN]$$

$$F_{c,wc,Rd} = 799.68 [kN]$$

8.1.2.4. Panel środknika słupa

$$V_{wp,Ed} = \frac{\left| \frac{M_{bR,Ed} - M_{bL,Ed}}{z} \right| + \left| \frac{V_{cB,Ed} - V_{cT,Ed}}{2} \right|}{353.25} = \frac{\left| \frac{76500.00 - 0.00}{2} \right| + \left| \frac{20.00 - 0.00}{2} \right|}{353.25} = 226.56 [kN]$$

8.1.2.5. Potencjalna nośność na rozciąganie szeregów śrub Ft,Rd(r)

Szereg nr 1

$$F_{t,Rd(1)} = \min \left(F_{t,fc,Rd(1)}; F_{t,ep,Rd(1)}; F_{t,wc,Rd(1)}; F_{t,wb,Rd(1)} \right)$$

$$F_{t,Rd(1)} = \min \left(282.24; 282.24; 640.60; 871.02 \right) = 282.24 [kN]$$

$$F_{t1,Rd} = \min \left(F_{t,Rd(1)}; V/\beta; F_{c,wc,Rd}; F_{c,fb,Rd} \right)$$

$$F_{t1,Rd} = \min \left(282.24; 875.28/1.00; 799.68; 862.65 \right) = 282.24 [kN]$$

Szereg nr 2

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

Podsumowanie

Wartości poszczególnych sił podane w [kN].

Szereg nr	$F_{t,fc,Rd(r)}$	$F_{t,ep,Rd(r)}$	$F_{t,wc,Rd(r)}$	$F_{t,wb,Rd(r)}$	$F_{t,Rd(r)}$
1	282.24	282.24	640.60	871.02	282.24
2	-	-	-	-	-

Szer.	$F_{t,Rd(r)}$	$V_{wp,Rd}/\beta$	$F_{c,wc,Rd}$	$F_{c,fb,Rd}$	$F_{c,hb,Rd}$	$F_{tt,hb,Rd}$	$\sum_{i=1}^{r-1} F_{t,Rd(i)}$	$F_{t,fc/wc, Rd(k-r,g)}$	$\sum_{i=1}^{k-r-1} F_{ti,Rd}$	$F_{t,ep/wb, Rd(l-r,g)}$	$\sum_{i=1}^{r-1} F_{ti,Rd}$	$F_{tr,Rd}$
1	282.2	875.3 / 1.0	799.7	862.6	-	-	-	-	-	-	-	282.2
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Załączniki

8.1.2.6. Rozkład plastyczny sił w rozciąganych szeregach śrub

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

8.1.2.7. Wyznaczanie nośności $M_{j,Rd}$

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

$$M_{j,Rd} = \sum F_{tr,Rd} \cdot h_r = F_{t1,Rd} \cdot h_1 = 282.24 \cdot 353.25 = 99701.28 \text{ [kNmm]}$$

Szer.	$F_{tr,Rd}$	h_r	$F_{tr,Rd} \cdot h_r$	$\sum_r M_{j,Rd,row}$
[-]	[kN]	[mm]	[kNmm]	[kNmm]
1	282.24	353.25	99701.28	99701.28
2	-	-	-	-

8.1.2.8. Interakcja zginania z siłą podłużną

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_b \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{8450.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 2999.75 \text{ [kN]}$$

$$N_{Ed} = |20.00| \leq 5\% N_{pl,Rd} = 0.05 \cdot 2999.75 = 149.99 \text{ [kN]}$$

Nie zachodzi konieczność sprawdzenia warunku interakcji zginania z siłą podłużną.

$$\sum F_{tr,Rd} = F_{t1,Rd} = 282.24 = 282.24 \text{ [kN]}$$

$$N_{j,Rd}^* = \min(N_{pl,Rd}, \sum F_{tr,Rd}) = \min(2999.75; 282.24) = 282.24 \text{ [kN]}$$

$$N_{j,Rd} = N_{j,Rd}^* = 282.24 \text{ [kN]}$$

8.1.2.9. Sprawdzanie warunków nośności

Warunek nośności przy zginaniu

$$|M_{Ed}| / M_{j,Rd} = |76500.00| / 99701.28 = 0.77 \leq 1.0 \text{ Warunek spełniony}$$

Warunki nośności przy ścinaniu siłą pionową

Załączniki

$$|V_{Ed}| / F_{gr,b,Rd} = |90.00| / 188.16 = 0.48 \leq 1.0 \text{ Warunek spełniony}$$

Warunek nośności panelu środknika słupa

$$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} = 226.56 / 875.28 = 0.26 \leq 1.0 \text{ Warunek spełniony}$$

Warunek interakcji zginania z siłą podłużną

$$|M_{Ed}| / M_{j,Rd} + |N_{j,Ed}| / N_{j,Rd} = |76500.00| / 99701.28 + |20.00| / 282.24 = 0.84 \leq 1.0$$

Warunek spełniony

8.1.3. Warunki nośności - podsumowanie

Zestaw sił nr	Model	$ M_{j,Ed} / M_{Rd}$	$ V_{Ed} / F_{gr,b,Rd}$	$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd}$	interakcja M-N
1	M ⁽⁺⁾	0.77	0.48	0.26	0.84

Raport przykładowy: Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

Raport z obliczania połączenia elementów konstrukcji stalowych wg PN-EN 1993-1-8

Rodzaj połączenia: połączenia podciąg-belka (montażowe)

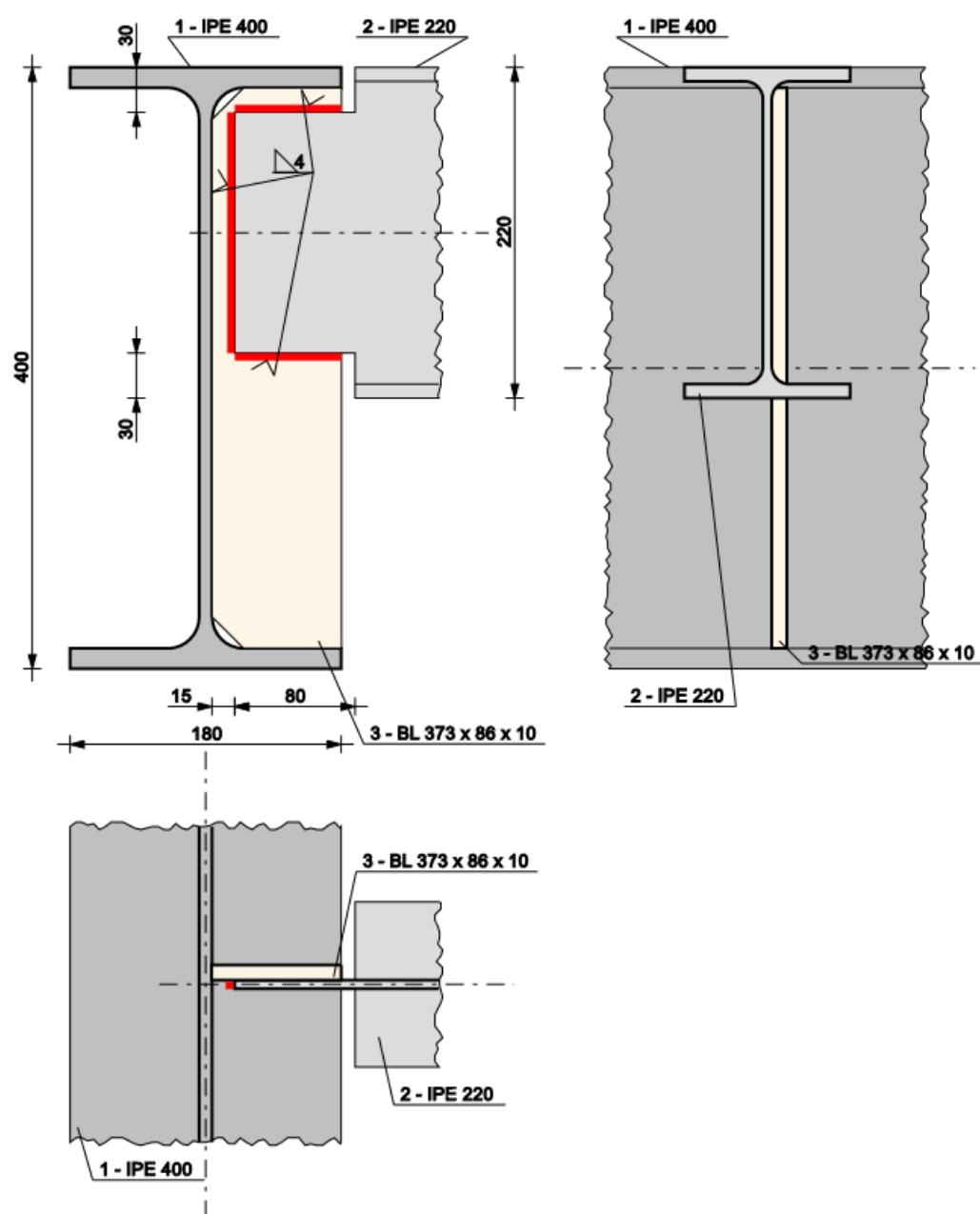
Tytuł: Projekt złącza

Podtytuł: Złącze

Typ raportu: pełny

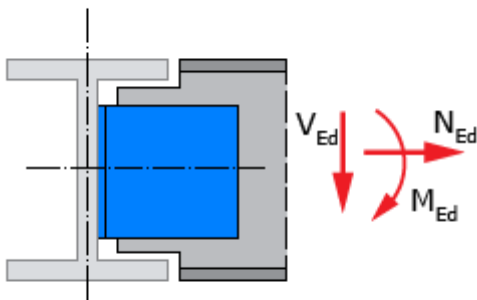
1. Geometria modelu (rysunek poglądowy)

Załączniki



2. Obciążenia

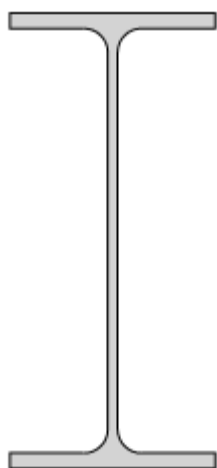
Załączniki



Nr	Seria	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1.1	seria 1	5.00	45.00	0.00

3. Geometria

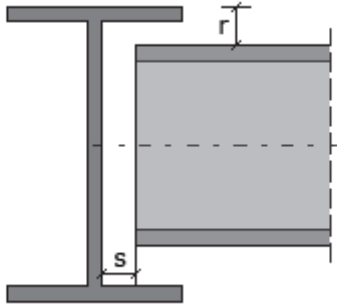
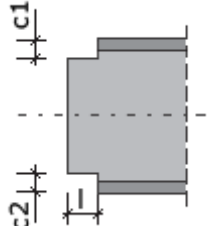
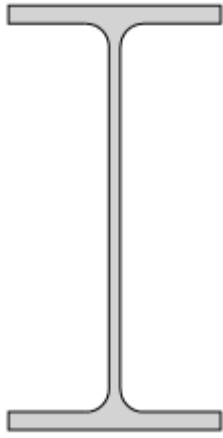
Podciąg



Typ profilu	IPE 400
Wysokość przekroju [mm]	$h_g = 400.00$
Szerokość pól przekroju [mm]	$b_{fg} = 180.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wg} = 8.60$
Grubość pól przekroju [mm]	$t_{fg} = 13.50$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1g} = 21.00$
Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_g = 8450.00$
Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yg} = 23130.00$
Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zg} = 1318.00$
Stal	S 235
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yg} = 235.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ug} = 360.00$
ϵ	1.00

Belka

Załączniki

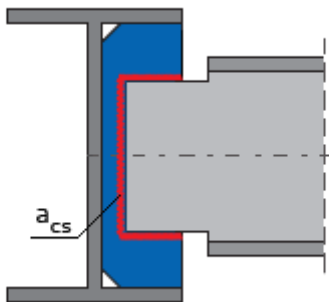
	Orientacja względem podciągu Odsunięcie poziome od środka podciągu [mm] Odsunięcie pionowe od górnej krawędzi podciągu [mm]	do środka $s = 15.00$ $r = 0.00$
	Wcięcie poziome [mm] Wcięcie pionowe górne [mm] Wcięcie pionowe dolne [mm]	$l = 80.00$ $c_1 = 30.00$ $c_2 = 30.00$
	Typ profilu Wysokość przekroju [mm] Szerokość pól przekroju [mm] Grubość środka przekroju [mm] Grubość pól przekroju [mm] Promień wewnętrzny [mm] Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²] Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴] Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴] Stal Granica plastyczności [MPa] Wytrzymałość na rozciąganie [MPa] ϵ	IPE 220 $h_b = 220.00$ $b_{fb} = 110.00$ $t_{wb} = 5.90$ $t_{fb} = 9.20$ $R_{1b} = 12.00$ $A_b = 3340.00$ $I_{yb} = 2772.00$ $I_{zb} = 204.90$ S 235 $f_{yb} = 235.00$ $f_{ub} = 360.00$ 1.00
Żebro środka podciągu		
	Typ profilu Wysokość [mm] Długość [mm]	BL 86 x 373 x 10 $h_{cs} = 373.00$ $l_{cs} = 86.00$

Załączniki

	Grubość [mm]	$t_{cs} = 10.00$
	Stal	S 235
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{ycs} = 235.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ucs} = 360.00$
	ϵ	1.00

4. Parametry połączenia

- połączenie belka-żebro (blacha): spawane

	Rodzaj	pachwinowa
	Grubość spoiny [mm]	$a = 4.00$

5. Sprawdzenie warunków normowych

Liczba niespełnionych warunków geometrycznych lub normowych: 0 z 2

5.1. Połączenie belka-żebro (blacha) (spoiny)

grubość spoiny pachwinowej a_{cs}

$$a_{cs} \geq \max \left(0.2 \cdot t, 3.0 \text{ mm} \right)$$

$$a_{cs} \leq \min \left(0.7 \cdot t, 16.0 \text{ mm} \right)$$

$$t_{\min} = \min \left(10.0, 5.9 \right) = 5.9 \text{ [mm]} \quad]$$

$$t_{\max} = \max \left(10.0, 5.9 \right) = 10.0 \text{ [mm]} \quad]$$

$$4.0 \geq \max \left(0.2 \cdot 10.0, 3.0 \text{ mm} \right) = 3.0 \text{ [mm]} \quad]$$

$$4.0 \leq \min \left(0.7 \cdot 5.9, 16.0 \text{ mm} \right) = 4.1 \text{ [mm]} \quad]$$

Warunek spełniony

5.2. Połączenie belka-żebro (blacha) (spoiny)

długość spoiny pachwinowej $l_{\text{eff},cs}$

Załączniki

$$l_{eff,cs} \geq \max \left(6 \cdot a, 30.0mm \right)$$

$$l_{eff,cs,min} = \min \left(63.0, 152.0 \right) = 63.0 [mm]$$

$$63.0 \geq \max \left(6 \cdot 4.0, 30.0mm \right) = 30.0 [mm]$$

Warunek spełniony

6. Lista maksymalnych wyężeń

Liczba przekroczonych warunków nośności: 0 z 7

Maksymalne wyężenie główne w obliczanej konstrukcji wynosi: 0.76

Sprawdzany element	War.	Siła
Połączenie żebro-belka (spawane): Punkt 1, naprężenie zastępcze	0.14	1
Połączenie żebro-belka (spawane): Punkt 1, naprężenie prost.	0.03	1
Połączenie żebro-belka (spawane): Punkt 2, naprężenie zastępcze	0.34	1
Połączenie żebro-belka (spawane): Punkt 2, naprężenie prost.	0.05	1
Nośność przekroju osłabionego belki na ścinanie	0.39	1
Nośność przekroju osłabionego belki na zginanie (kraniec belki)	0.15	1
Nośność przekroju osłabionego belki na zginanie (koniec wcięcia)	0.76	1

7. Obliczenia wstępne

7.1. Połączenie żebro-belka (spawane)

$$h_{w,cut} = h_b - c_1 - c_2 = 220.00 - 30.00 - 30.00 = 160.00 [mm]$$

$$l_{s,N} = l_{cs} - s_{cs} - 2 \cdot a_z = 86.00 - 15.00 - 2 \cdot 4.00 = 63.00 [mm]$$

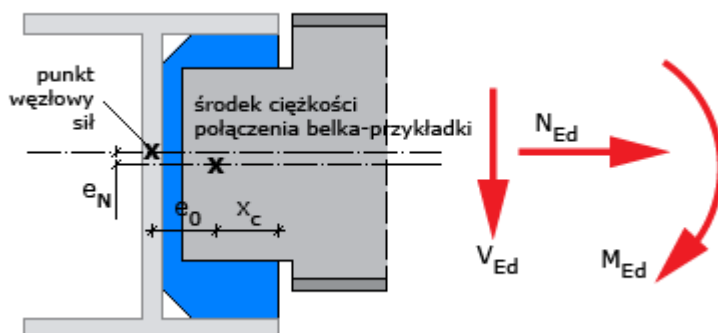
$$l_{s,V} = h_{w,cut} - 2 \cdot a_z = 160.00 - 2 \cdot 4.00 = 152.00 [mm]$$

$$A_{s,N} = 2 \cdot l_{s,N} \cdot a_z = 2 \cdot 63.00 \cdot 4.00 = 504.00 [mm^2]$$

$$A_{s,V} = l_{s,V} \cdot a_z = 152.00 \cdot 4.00 = 608.00 [mm^2]$$

$$A_s = A_{s,N} + A_{s,V} = 504.00 + 608.00 = 1112.00 [mm^2]$$

Załączniki



Mimośrody działania sił

$$S_{s,z} = \left(l_{cs} - s_b + 0.5 \cdot a_z \right) \cdot A_{s,V} + 0.5 \cdot \left(l_{cs} - s_b \right) \cdot A_{s,N} = \left(86.00 - 15.00 + 0.5 \cdot 4.00 \right) \cdot 608.00 + 0.5 \cdot \left(86.00 - 15.00 \right) \cdot 504.00 = 62276.00 [\text{mm}^3]$$

$$x_c = \frac{S_{s,z}}{A_s} = \frac{62276.00}{1112.00} = 56.00 [\text{mm}]$$

$$e_0 = \frac{t_{wg}}{2} + l_{cs} - x_c = \frac{8.60}{2} + 86.00 - 56.00 = 34.30 [\text{mm}]$$

$$e_N = \frac{h_b}{2} - c_1 - \frac{h_{w,out}}{2} = \frac{220.00}{2} - 30.00 - \frac{160.00}{2} = 0.00 [\text{mm}]$$

7.1.1. Parametry ogólne połączenia spawanego

7.1.1.1. Połączenie żebro-belka (spawane)

$$J_{s,x0} = \frac{a_z^3 \cdot l_{s,V}}{12} + a_z \cdot l_{s,V} \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{l_{s,N} \cdot a_z^3}{12} + l_{s,N} \cdot a_z \cdot \left(\frac{h_{w,out} + a_z}{2} \right)^2 \right)$$

$$J_{s,x0} = \frac{4.00 \cdot 152.00^3}{12} + 4.00 \cdot 152.00 \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{63.00 \cdot 4.00^3}{12} + 63.00 \cdot 4.00 \cdot \left(\frac{160.00 + 4.00}{2} \right)^2 \right) =$$

$$4560170.67 [\text{mm}^4]$$

$$J_{s,z0} = \frac{l_{s,V} \cdot a_z^3}{12} + l_{s,V} \cdot a_z \cdot \left(x_c + \frac{a_z}{2} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{a_z^3 \cdot l_{s,N}}{12} + a_z \cdot l_{s,N} \cdot \left(\frac{l_{cs} - s_{cs}}{2} - x_c \right)^2 \right)$$

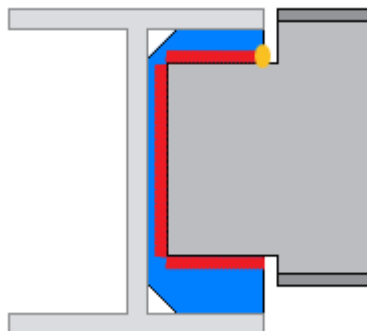
$$J_{s,z0} = \frac{152.00 \cdot 4.00^3}{12} + 152.00 \cdot 4.00 \cdot \left(56.00 + \frac{4.00}{2} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{4.00 \cdot 63.00^3}{12} + 4.00 \cdot 63.00 \cdot \left(\frac{86.00 - 15.00}{2} - 56.00 \right)^2 \right)$$

$$= 2424954.71 [\text{mm}^4]$$

$$J_{s0} = J_{s,x0} + J_{s,z0} = 4560170.67 + 2424954.71 = 6985125.38 [\text{mm}^4]$$

Punkt 1

Załączniki



Punkt 1 kładu spoin

$$x_1 = x_c - a_z = 56.00 - 4.00 = 52.00 [mm]$$

$$z_1 = \frac{(h_{w, cut} + a_z)}{2} = \frac{(160.00 + 4.00)}{2} = 82.00 [mm]$$

$$L_{j,1} = 2 \cdot l_{s,N} = 2 \cdot 63.00 = 126.00 [mm]$$

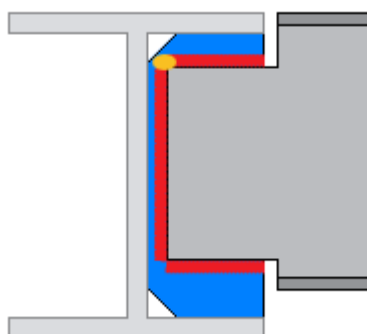
$$L_{j,1} = 126.00 < 150 \cdot a_z = 150 \cdot 4.00 = 600.00 [mm]$$

$$\beta_{Lw,1} = 1.00$$

$$\sigma_{sast,1,max} = \frac{(\beta_{Lw,1} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{(0.80 \cdot 1.25)} = 0.3600 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,1,max} = \frac{(\beta_{Lw,1} \cdot 0.9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(1.00 \cdot 0.9 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{1.25} = 0.2592 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Punkt 2



Punkt 2 kładu spoin

$$x_2 = x_c - \left(l_{cs} - s_{cs} + \frac{a_z}{2} \right) = 56.00 - \left(86.00 - 15.00 + \frac{4.00}{2} \right) = -17.00 [mm]$$

$$z_2 = \frac{l_{s,V}}{2} = \frac{152.00}{2} = 76.00 [mm]$$

$$L_{j,2} = h_{w, cut} = 152.00 = 152.00 [mm]$$

$$L_{j,2} = 152.00 < 150 \cdot a_z = 150 \cdot 4.00 = 600.00 [mm]$$

Załączniki

$$\beta_{Lw,2} = 1.00$$

$$\sigma_{zast,2,max} = \frac{(\beta_{Lw,2} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{(0.80 \cdot 1.25)} = 0.3600 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,2,max} = \frac{(\beta_{Lw,2} \cdot 0.9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(1.00 \cdot 0.9 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{1.25} = 0.2592 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

7.1.2. Nośność belki osłabionej wycięciami

$$A_{b,n} = (h_b - c_1 - c_2) \cdot t_{wb} = (220.00 - 30.00 - 30.00) \cdot 5.90 = 944.00 [mm]$$

$$W_{el,n} = \frac{t_{wb} \cdot (h_b - c_1 - c_2)^2}{6} = \frac{5.90 \cdot (220.00 - 30.00 - 30.00)^2}{6} = 25173.33 [mm^3]$$

$$A_{vb,n} = 0.9 \cdot A_{b,n} = 0.9 \cdot 944.00 = 849.60 [mm]$$

$$V_{b,n,pl,Rd} = \frac{A_{vb,n} \cdot f_{yb}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{849.60 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} = 115.27 [kN]$$

$$e_{0,end} = \frac{t_{wg}}{2} + s_b = \frac{8.60}{2} + 15.00 = 19.30 [mm]$$

$$e_{0,cut} = \frac{t_{wg}}{2} + s_b + l = \frac{8.60}{2} + 15.00 + 80.00 = 99.30 [mm]$$

7.1.3. Nośność podciągu na siły podłużne

Nie przeprowadza się sprawdzenia nośności podciągu, ponieważ takie połączenia nie muszą być wymiarowane na działanie siły podłużnej równoległej do jego osi. Wymagania co do przejścia takich sił, spełnione są wówczas przez zapewnienie ciągłości zbrojenia podłużnego płyt stropowych i przez przekazanie sił równoległych do osi podciągu, przez sąsiednie belki drugorzędne bezpośrednio na słup.

8. Obliczenia dla kolejnych serii sił

8.1. Zestaw sił nr 1

8.1.1. Bazowe wartości sił w zestawie sił.

Element	Seria	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
belka	seria 1	5.00	45.00	0.00

8.1.2. Rozdział sił

8.1.2.1. Połączenie żebro-belka (spawane)

Załączniki

$$N_0 = N_{Ed} = 5.00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$V_0 = V_{Ed} = 45.00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$M_0 = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_0 = 0.00 \cdot 10^3 - 5.00 \cdot 0.00 - 45.00 \cdot 34.30 = -1543.34 \left[\frac{kNmm}{mm^2} \right]$$

8.1.3. Siły działające na poszczególne elementy połączenia

8.1.3.1. Połączenie żebro-belka (spawane)

$$N_z = a \cdot N_0 = 1.0 \cdot 5.00 = 5.00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$V_z = a \cdot V_0 = 1.0 \cdot 45.00 = 45.00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$M_z = a \cdot M_0 = 1.0 \cdot -1543.34 = -1543.34 \left[\frac{kNmm}{mm^2} \right]$$

8.1.4. Warunki nośności połączenia spawanego

8.1.4.1. Połączenie żebro-belka (spawane)

Punkt 1

$$\tau_{N1} = \frac{N_z}{A_{sN}} = \frac{5.00}{504.00} = 0.0099 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V1} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx1} = \frac{M_z \cdot z_1}{J_{s0}} = \frac{(-1543.34) \cdot 82.00}{6985125.38} = -0.0181 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{My1} = \frac{M_z \cdot x_1}{J_{s0}} = \frac{(-1543.34) \cdot 52.00}{6985125.38} = -0.0115 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{R1} = \left| \tau_{N1} \right| + \left| \tau_{Mx1} \right| = \left| 0.01 \right| + \left| -0.02 \right| = 0.0280 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp 1} = \frac{\left(\left| \tau_{V1} + \tau_{My1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 + -0.01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0081 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp 1} = \frac{\left(\left| \tau_{V1} + \tau_{Mx1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 + -0.01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0081 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast1} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp 1}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp 1}^2 + \tau_{R1}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.01^2 + 3 \cdot \left(0.01^2 + 0.03^2 \right) \right)} = 0.0512 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast1}}{\sigma_{zast1,max}} = \frac{0.0512}{0.3600} = 0.14$$

$$\frac{\sigma_{\perp 1}}{\sigma_{\perp 1,max}} = \frac{0.0081}{0.2592} = 0.03$$

Punkt 2

$$\tau_{N2} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Załączniki

$$\tau_{V,2} = \frac{V_z}{A_{s,V}} = \frac{45.00}{608.00} = 0.0740 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx,2} = \frac{M_z \cdot z_2}{J_{s0}} = \frac{(-1543.34) \cdot 76.00}{6985125.38} = -0.0168 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{My,2} = \frac{M_z \cdot x_2}{J_{s0}} = \frac{(-1543.34) \cdot -17.00}{6985125.38} = 0.0038 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell,2} = \left| \tau_{V,2} - \tau_{Mx,2} \right| = \left| 0.07 - 0.00 \right| = 0.0703 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,2} = \frac{\left(\left| \tau_{N,2} \right| + \left| \tau_{Mx,2} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 \right| + \left| -0.02 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0119 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp,2} = \frac{\left(\left| \tau_{N,2} \right| + \left| \tau_{Mx,2} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 \right| + \left| -0.02 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0119 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\text{zast},2} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp,2}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp,2}^2 + \tau_{\ell,2}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.01^2 + 3 \cdot \left(0.01^2 + 0.07^2 \right) \right)} = 0.1240 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{\text{zast},2}}{\sigma_{\text{zast},2,\text{max}}} = \frac{0.1240}{0.3600} = 0.34$$

$$\frac{\sigma_{\perp,2}}{\sigma_{\perp,2,\text{max}}} = \frac{0.0119}{0.2592} = 0.05$$

8.1.5. Nośność belki osłabionej wycięciami

$$\frac{\left| V_{Ed} \right|}{V_{b,n,pl,Rd}} = \frac{\left| 45.00 \right|}{115.27} = 0.39 \leq 1.0$$

$$V_{Ed} = 45.00 \leq 0.5 \cdot V_{b,n,pl,Rd} = 0.5 \cdot 115.27 = 57.64 \left[kN \right]$$

$$M_{b,n,pl,Rd} = \frac{W_{el,n} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{25173.33 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 5915.73 \left[kNmm \right]$$

$$M_{b,n,0,end} = M_{Ed} - V_{Ed} \cdot e_0 = 0.00 \cdot 10^3 - 45.00 \cdot 19.30 = -868.50 \left[kNmm \right]$$

$$\frac{\left| M_{b,n,0,end} \right|}{M_{b,n,pl,Rd}} = \frac{\left| (-868.50) \right|}{5915.73} = 0.15 \leq 1.0$$

$$M_{b,n,0,cut} = M_{Ed} - V_{Ed} \cdot e_0 = 0.00 \cdot 10^3 - 45.00 \cdot 99.30 = -4468.50 \left[kNmm \right]$$

$$\frac{\left| M_{b,n,0,cut} \right|}{M_{b,n,pl,Rd}} = \frac{\left| (-4468.50) \right|}{5915.73} = 0.76 \leq 1.0$$

9. Podsumowanie wyteżeń

Załączniki

Kolejne kolumny w poniższych tabelach wytyżeń odpowiadając poszczególnym elementom połączenia:

- 2: Połączenie żebro-belka (spawane)

Zestaw sił nr 1

Wartości poszczególnych wytyżeń dla połączeń typu spawanego.

wytyżenie	2
$\sigma_{zast,1} / \sigma_{zast,1,max}$	0.14
$\sigma_{prost,1} / \sigma_{prost,1,max}$	0.03
$\sigma_{zast,2} / \sigma_{zast,2,max}$	0.34
$\sigma_{prost,2} / \sigma_{prost,2,max}$	0.05

Zestawienie maksymalnych wytyżeń

Wartości największych wytyżeń dla poszczególnych połączeń.

Siły	2
1	0.34

Raport przykładowy: Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

Raport z obliczania połączenia elementów konstrukcji stalowych wg PN-EN 1993-1-8

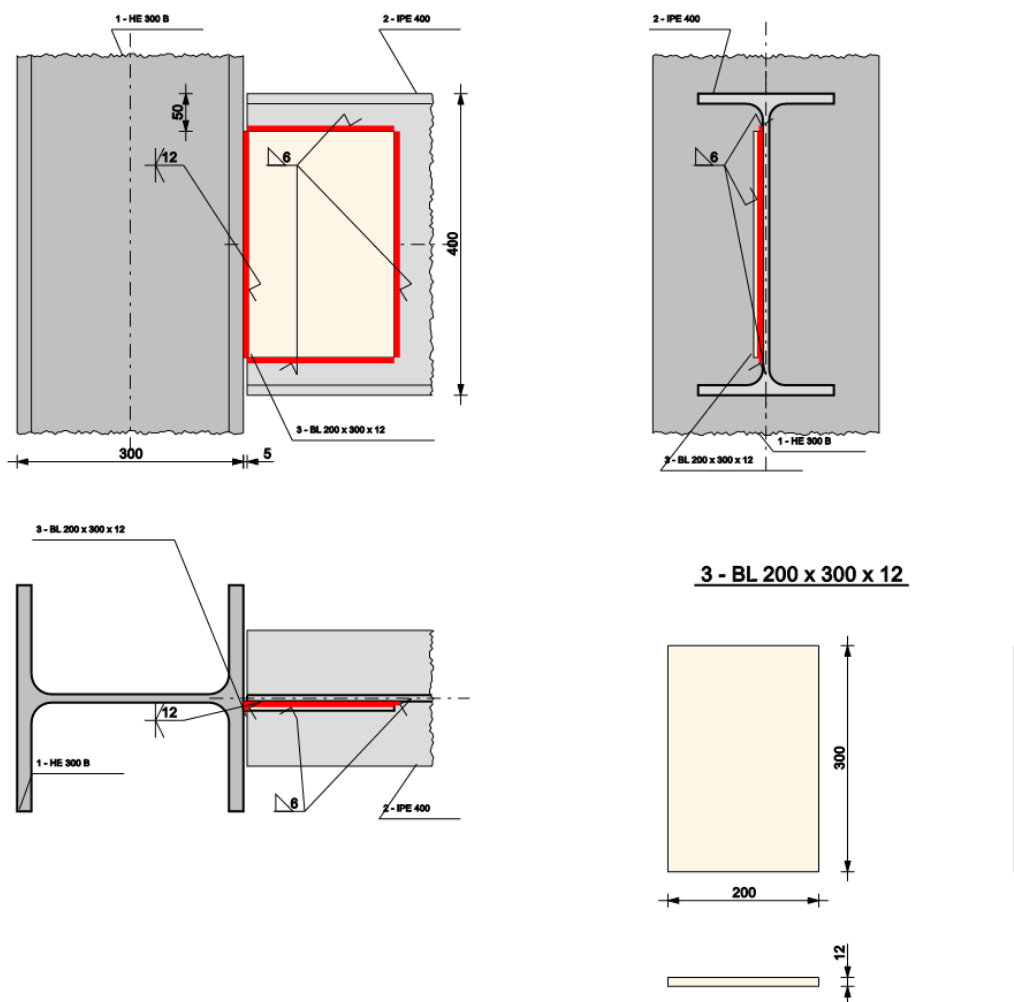
Rodzaj połączenia: połączenia słup-belka (montażowe)

Tytuł: Projekt złącza

Podtytuł: Złącze

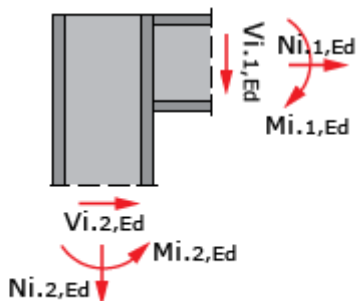
Typ raportu: pełny

1. Geometria modelu (rysunek poglądowy)



2. Obciążenia

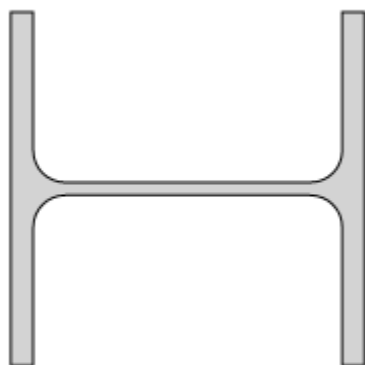
Załączniki



Nr	Seria	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1.1	seria 1	20.00	-60.00	40.00
1.2	seria 1	60.00	-20.00	40.00

3. Geometria

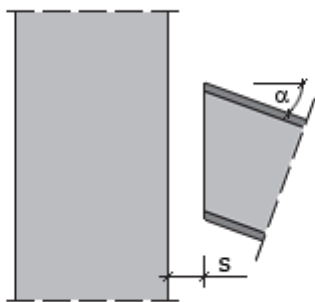
Słup



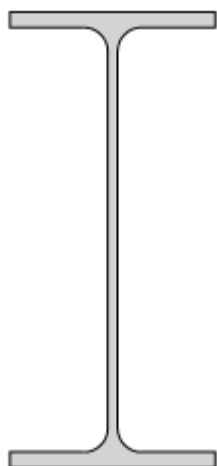
Typ profilu	HE 300 B
Wysokość przekroju [mm]	$h_c = 300.00$
Szerokość pól przekroju [mm]	$b_{fc} = 300.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wc} = 11.00$
Grubość pól przekroju [mm]	$t_{fc} = 19.00$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1c} = 27.00$
Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_c = 14910.00$
Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yc} = 8563.00$
Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zc} = 25170.00$
Stal	S 355
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yc} = 355.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{uc} = 510.00$
ϵ	0.81

Załączniki

Belka

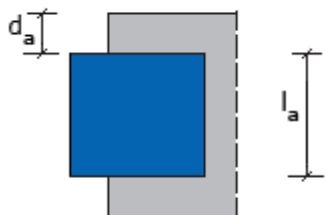


Orientacja względem słupa	do półki
Odsunięcie od słupa [mm]	$s = 5.00$
Kąt obrotu [stopni]	$\alpha = 0.00$



Typ profilu	IPE 400
Wysokość przekroju [mm]	$h_b = 400.00$
Szerokość pólki przekroju [mm]	$b_{fb} = 180.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wb} = 8.60$
Grubość pólki przekroju [mm]	$t_{fb} = 13.50$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1b} = 21.00$
Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_b = 8450.00$
Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yb} = 23130.00$
Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zb} = 1318.00$
Stal	S 355
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 355.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 510.00$
ϵ	0.81

Przykładka



Rodzaj	jednostronna
Wysokość elementu [mm]	$l_{si} = 300.00$
Odsunięcie elementu od górnej krawędzi belki [mm]	$d_{si} = 50.00$

Załączniki

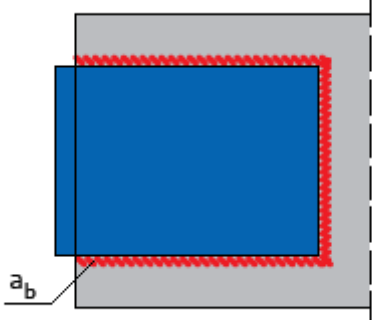
	Typ profilu	BL 200 x 300 x 12
	Wysokość [mm]	$h_{si} = 300.00$
	Długość [mm]	$l_{si} = 200.00$
	Grubość [mm]	$t_{si} = 12.00$
	Stal	S 355
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{ysi} = 355.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{usi} = 510.00$
	ϵ	0.81

4. Parametry połączenia

konfiguracja ogólna węzła

	Typ węzła	szczytowy jednostronny
---	-----------	------------------------

- połączenie belka-przykładka (blacha): spawane

	Rodzaj	pachwinowa
	Grubość spoiny [mm]	$a = 6.00$

- połączenie słup-przykładka (blacha): spawane

	Rodzaj	czołowa
	Przetop	pełen

Załączniki

5. Sprawdzenie warunków normowych

Liczba niespełnionych warunków geometrycznych lub normowych: 0 z 2

5.1. Połączenie belka-przykładka (blacha) (spoiny)

grubość spoiny pachwinowej a_{sip}

$$a_{sip} \geq \max \left(0,2 \cdot t, 3,0 \text{ mm} \right)$$

$$a_{sip} \leq \min \left(0,7 \cdot t, 16,0 \text{ mm} \right)$$

$$t_{min} = \min \left(12,0, 8,6 \right) = 8,6 \text{ [mm]} \quad \text{---}$$

$$t_{max} = \max \left(12,0, 8,6 \right) = 12,0 \text{ [mm]} \quad \text{---}$$

$$6,0 \geq \max \left(0,2 \cdot 12,0, 3,0 \text{ mm} \right) = 3,0 \text{ [mm]} \quad \text{---}$$

$$6,0 \leq \min \left(0,7 \cdot 8,6, 16,0 \text{ mm} \right) = 6,0 \text{ [mm]} \quad \text{---}$$

Warunek spełniony

5.2. Połączenie belka-przykładka (blacha) (spoiny)

długość spoiny pachwinowej $l_{eff,sip}$

$$l_{eff,sip} \geq \max \left(6 \cdot a, 30,0 \text{ mm} \right)$$

$$l_{eff,sip,min} = \min \left(183,0, 288,0 \right) = 183,0 \text{ [mm]} \quad \text{---}$$

$$183,0 \geq \max \left(6 \cdot 6,0, 30,0 \text{ mm} \right) = 36,0 \text{ [mm]} \quad \text{---}$$

Warunek spełniony

6. Lista maksymalnych wyężeń

Liczba przekroczonych warunków nośności: 0 z 5

Maksymalne wyężenie główne w obliczanej konstrukcji wynosi: 0.85

Sprawdzany element	War.	Siła
Połączenie przykładka-belka (spawane): Punkt 1, naprężenie zastępcze	0.56	1
Połączenie przykładka-belka (spawane): Punkt 1, naprężenie prost.	0.19	1
Połączenie przykładka-belka (spawane): Punkt 2, naprężenie zastępcze	0.33	1
Połączenie przykładka-belka (spawane): Punkt 2, naprężenie prost.	0.20	1
Połączenie przykładka-słup (spawane): nośność przekroju elementu	0.85	1

7. Obliczenia wstępne

7.1.1. Parametry geometryczne ogólne

7.1.1.1. Połączenie przykładka-belka (spawane)

$$l_{s,N} = l_{sip} - s_{sip} - 2 \cdot a_p = 200.00 - 5.00 - 2 \cdot 6.00 = 183.00 [mm]$$

$$l_{s,V} = h_{sip} - 2 \cdot a_p = 300.00 - 2 \cdot 6.00 = 288.00 [mm]$$

$$A_{s,N} = 2 \cdot l_{s,N} \cdot a_p = 2 \cdot 183.00 \cdot 6.00 = 2196.00 [mm^2]$$

$$A_{s,V} = l_{s,V} \cdot a_p = 288.00 \cdot 6.00 = 1728.00 [mm^2]$$

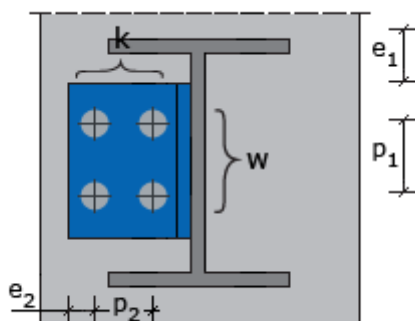
$$A_s = A_{s,N} + A_{s,V} = 2196.00 + 1728.00 = 3924.00 [mm^2]$$

$$A_b = 8450.00 [mm^2]$$

$$A_{bw} = h_{bw} \cdot t_{bw} = 373.00 \cdot 8.60 = 3207.80 [mm^2]$$

$$A_{bfg} = b_{bfg} \cdot t_{bfg} = 180.00 \cdot 13.50 = 2430.00 [mm^2]$$

$$A_{bfd} = b_{bfd} \cdot t_{bfd} = 180.00 \cdot 13.50 = 2430.00 [mm^2]$$



Mimośrodność działania sił

$$S_{s,z} = -0.5 \cdot a_p \cdot A_{s,V} + 0.5 \cdot (l_{sip} - s_{sip}) \cdot A_{s,N} = -0.5 \cdot 6.00 \cdot 1728.00 + 0.5 \cdot (200.00 - 5.00) \cdot 2196.00 = 208926.00 [mm^3]$$

$$x_c = \frac{S_{s,z}}{A_s} = \frac{208926.00}{3924.00} = 53.24 [mm]$$

$$e_o = \frac{h_c}{2} + l_{sip} - x_c = \frac{300.00}{2} + 200.00 - 53.24 = 296.76 [mm]$$

$$e_N = \frac{h_b}{2} - d_{sip} - \frac{h_p}{2} = \frac{400.00}{2} - 50.00 - \frac{300.00}{2} = 0.00 [mm]$$

7.1.1.2. Połączenie przykładka-słup (spawane)

Załączniki

$$l_s = h_{sp} - 2 \cdot a_{ep} = 300.00 - 2 \cdot 12.00 = 276.00 [mm]$$

$$A_s = 2 \cdot l_s \cdot a_{ep} = 2 \cdot 276.00 \cdot 12.00 = 6624.00 [mm^2]$$

$$e_o = \frac{h_e}{2} = \frac{300.00}{2} = 150.00 [mm]$$

$$e_N = \frac{h_b}{2} - d_{sp} - \frac{h_p}{2} = \frac{0.00}{2} - 50.00 - \frac{300.00}{2} = -200.00 [mm]$$

7.1.2. Parametry ogólne połączenia spawanego

7.1.2.1. Połączenie przykładka-belka (spawane)

$$J_{s,x0} = \frac{a_p \cdot l_{sV}^3}{12} + a_p \cdot l_{sV} \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{l_{sN} \cdot a_p^3}{12} + l_{sN} \cdot a_p \cdot \left(\frac{h_{sp} + a_p}{2} \right)^2 \right)$$

$$J_{s,x0} = \frac{6.00 \cdot 288.00^3}{12} + 6.00 \cdot 288.00 \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{183.00 \cdot 6.00^3}{12} + 183.00 \cdot 6.00 \cdot \left(\frac{300.00 + 6.00}{2} \right)^2 \right) =$$

$$63356688.00 [mm^4]$$

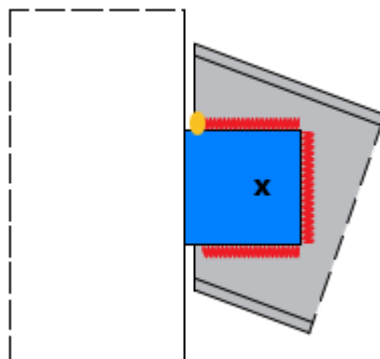
$$J_{s,x0} = \frac{l_{sV} \cdot a_p^3}{12} + l_{sV} \cdot a_p \cdot \left(x_c + \frac{a_p}{2} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{a_p \cdot l_{sN}^3}{12} + a_p \cdot l_{sN} \cdot \left(\frac{l_{sp} - s_{sp}}{2} - x_c \right)^2 \right)$$

$$J_{s,x0} = \frac{288.00 \cdot 6.00^3}{12} + 288.00 \cdot 6.00 \cdot \left(53.24 + \frac{6.00}{2} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{6.00 \cdot 183.00^3}{12} + 6.00 \cdot 183.00 \cdot \left(\frac{200.00 - 5.00}{2} - 53.24 \right)^2 \right)$$

$$= 15901076.06 [mm^4]$$

$$J_{s0} = J_{s,x0} + J_{s,x0} = 63356688.00 + 15901076.06 = 79257764.06 [mm^4]$$

Punkt 1



Punkt 1 kładu spoin

$$x_I = x_c - \left(l_{sp} - s_{sp} - a_p \right) = 53.24 - (200.00 - 5.00 - 6.00) = -135.76 [mm]$$

Załączniki

$$z_1 = \frac{(h_{sp} + a_p)}{2} = \frac{(300.00 + 6.00)}{2} = 153.00 [mm]$$

$$L_{j,1} = 2 \cdot l_{s,N} = 2 \cdot 183.00 = 366.00 [mm]$$

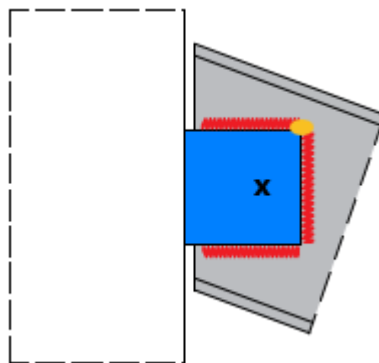
$$L_{j,1} = 366.00 < 150 \cdot a_p = 150 \cdot 6.00 = 900.00 [mm]$$

$$\beta_{Lw,1} = 1.00$$

$$\sigma_{zast,1,max} = \frac{(\beta_{Lw,1} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1.00 \cdot 510.00 \cdot 10^{-3})}{(0.90 \cdot 1.25)} = 0.4533 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,1,max} = \frac{(\beta_{Lw,1} \cdot 0.9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(1.00 \cdot 0.9 \cdot 510.00 \cdot 10^{-3})}{1.25} = 0.3672 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Punkt 2



Punkt 2 kładu spoin

$$x_2 = x_c + \frac{a}{2} = 53.24 + \frac{6.00}{2} = 56.24 [mm]$$

$$z_2 = \frac{l_{s,V}}{2} = \frac{288.00}{2} = 144.00 [mm]$$

$$L_{j,2} = h_{sp} = 288.00 = 288.00 [mm]$$

$$L_{j,2} = 288.00 < 150 \cdot a_p = 150 \cdot 6.00 = 900.00 [mm]$$

$$\beta_{Lw,2} = 1.00$$

$$\sigma_{zast,2,max} = \frac{(\beta_{Lw,2} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1.00 \cdot 510.00 \cdot 10^{-3})}{(0.90 \cdot 1.25)} = 0.4533 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,2,max} = \frac{(\beta_{Lw,2} \cdot 0.9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(1.00 \cdot 0.9 \cdot 510.00 \cdot 10^{-3})}{1.25} = 0.3672 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

7.1.2.2. Połączenie przykładka-słup (spawane)

Zakłada się nośność spoiny czołowej równą nośności elementu łączącego (przykładka).

Nośność przekroju elementu łączącego

Załączniki

$$W_p = \frac{t_{sip} \cdot h_{sip}^2}{6} = \frac{12.00 \cdot 300.00^2}{6} = 180000.00 [mm^3]$$

8. Obliczenia dla kolejnych serii sił

8.1. Zestaw sił nr 1

8.1.1. Bazowe wartości sił w zestawie sił.

Element	Seria	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
belka prawa	seria 1	20.00	-60.00	40.00
słup dolny	seria 1	60.00	-20.00	40.00
belka lewa	seria 1	-9.00	-10.00	-11.00
słup górny	seria 1	-9.00	-10.00	-11.00

8.1.2. Rozdział sił

8.1.2.1. Połączenie przykładka-belka (spawane)

$$N_0 = N_{Ed} = 20.00 [kN]$$

$$V_0 = V_{Ed} = -60.00 [kN]$$

$$M_0 = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_0 = 40.00 \cdot 10^3 - 20.00 \cdot 0.00 - (-60.00) \cdot 296.76 = 57805.41 [kNmm]$$

8.1.2.2. Połączenie przykładka-słup (spawane)

$$N_0 = N_{Ed} = 20.00 [kN]$$

$$V_0 = V_{Ed} = -60.00 [kN]$$

$$M_0 = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_0 = 40.00 \cdot 10^3 - 20.00 \cdot (-200.00) - (-60.00) \cdot 150.00 = 53000.00 [kNmm]$$

8.1.3. Siły działające na poszczególne elementy połączenia

8.1.3.1. Połączenie przykładka-belka (spawane)

$$N_p = \alpha \cdot N_0 = 1.0 \cdot 20.00 = 20.00 [kN]$$

$$V_p = \alpha \cdot V_0 = 1.0 \cdot -60.00 = -60.00 [kN]$$

$$M_p = \alpha \cdot M_0 = 1.0 \cdot 57805.41 = 57805.41 [kNmm]$$

8.1.3.2. Połączenie przykładka-słup (spawane)

$$N_p = \alpha \cdot N_0 = 1.0 \cdot 20.00 = 20.00 [kN]$$

Załączniki

$$V_p = a \cdot V_0 = 1.0 \cdot -60.00 = -60.00 \left[\frac{kN}{mm} \right]$$

$$M_p = a \cdot M_0 = 1.0 \cdot 53000.00 = 53000.00 \left[\frac{kNm}{mm} \right]$$

8.1.4. Warunki nośności połączenia spawanego

8.1.4.1. Połączenie przykładka-belka (spawane)

Punkt 1

$$\tau_{N1} = \frac{N_p}{A_{sN}} = \frac{20.00}{2196.00} = 0.0091 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V1} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx1} = \frac{M_p \cdot z_1}{J_{s0}} = \frac{57805.41 \cdot 153.00}{79257764.06} = 0.1116 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{My1} = \frac{M_p \cdot x_1}{J_{s0}} = \frac{57805.41 \cdot -135.76}{79257764.06} = -0.0990 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell1} = \left| \tau_{N1} \right| + \left| \tau_{Mx1} \right| = \left| 0.01 \right| + \left| 0.11 \right| = 0.1207 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp1} = \frac{\left(\left| \tau_{V1} - \tau_{My1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 - -0.10 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0700 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp1} = \frac{\left(\left| \tau_{V1} - \tau_{Mx1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 - -0.10 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0700 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\text{max}1} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp1}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp1}^2 + \tau_{\ell1}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.07^2 + 3 \cdot \left(0.07^2 + 0.12^2 \right) \right)} = 0.2516 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{\text{max}1}}{\sigma_{\text{max}1,\text{max}}} = \frac{0.2516}{0.4533} = 0.56$$

$$\frac{\sigma_{\perp1}}{\sigma_{\perp1,\text{max}}} = \frac{0.0700}{0.3672} = 0.19$$

Punkt 2

$$\tau_{N2} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V2} = \frac{V_p}{A_{sV}} = \frac{(-60.00)}{1728.00} = -0.0347 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx2} = \frac{M_p \cdot z_2}{J_{s0}} = \frac{57805.41 \cdot 144.00}{79257764.06} = 0.1050 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{My2} = \frac{M_p \cdot x_2}{J_{s0}} = \frac{57805.41 \cdot 56.24}{79257764.06} = 0.0410 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell2} = \left| \tau_{V2} + \tau_{My2} \right| = \left| -0.03 + 0.04 \right| = 0.0063 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Załączniki

$$\sigma_{\perp 2} = \frac{\left(\frac{\tau_{N2}}{\sqrt{2}} + \frac{\tau_{Mx,2}}{\sqrt{2}} \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\frac{0.00}{\sqrt{2}} + \frac{0.11}{\sqrt{2}} \right)}{\sqrt{2}} = 0.0743 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp 2} = \frac{\left(\frac{\tau_{N2}}{\sqrt{2}} + \frac{\tau_{Mx,2}}{\sqrt{2}} \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\frac{0.00}{\sqrt{2}} + \frac{0.11}{\sqrt{2}} \right)}{\sqrt{2}} = 0.0743 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast,2} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp 2}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp 2}^2 + \tau_{\parallel 2}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.07^2 + 3 \cdot \left(0.07^2 + 0.01^2 \right) \right)} = 0.1489 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast,2}}{\sigma_{zast,2,max}} = \frac{0.1489}{0.4533} = 0.33$$

$$\frac{\sigma_{\perp 2}}{\sigma_{\perp 2,max}} = \frac{0.0743}{0.3672} = 0.20$$

8.1.4.2. Połączenie przykładka-słup (spawane)

Nośność przekroju elementu łączącego

$$\sigma_{max} = \frac{\left| \frac{N_p}{A_p} \right| + \left| \frac{M_p}{W_p} \right|}{\frac{20.00}{3600.00} + \frac{53000.00}{180000.00}} = 0.3000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau = \frac{\left| \frac{V_p}{A_p} \right|}{\frac{(-60.00)}{3600.00}} = 0.0167 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast} = \sqrt{\left(\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau^2 \right)} = \sqrt{\left(0.3000^2 + 3 \cdot 0.0167^2 \right)} = 0.3014 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{0.3014 \cdot 1.00}{\left(355.00 \cdot 10^{-3} \right)} = 0.85$$

 $\sigma_{zast} \cdot \gamma_{M0} / f_y = 0.3014 \cdot 1.00 / (355.00 \cdot 10^{-3}) = 0.85$ Warunek spełniony

9. Podsumowanie wyteżeń

Kolejne kolumny w poniższych tabelach wyteżeń odpowiadając poszczególnym elementom połączenia:

- 1: Połączenie przykładka-belka (spawane)
- 3: Połączenie przykładka-słup (spawane)

Zestaw sił nr 1

Wartości poszczególnych wyteżeń dla połączeń typu spawanego.

wyteżenie	1	3
$\sigma_{zast,1} / \sigma_{zast,1,max}$	0.56	-
$\sigma_{prost,1} / \sigma_{prost,1,max}$	0.19	-
$\sigma_{zast,2} / \sigma_{zast,2,max}$	0.33	-
$\sigma_{prost,2} / \sigma_{prost,2,max}$	0.20	-
$\sigma_{zast,l} / \sigma_{zast,l,max}$	-	-
$\sigma_{prost,l} / \sigma_{prost,l,max}$	-	-
nośność przekroju elementu łączącego	-	0.85
Smukłość żebra	-	-

Załączniki

Zestawienie maksymalnych wytrzymałości

Wartości największych wytrzymałości dla poszczególnych połączeń.

Sily	1	3
1	0.56	0.85

Raport przykładowy: Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

Raport z obliczania połączenia elementów konstrukcji stalowych wg PN-EN 1993-1-8

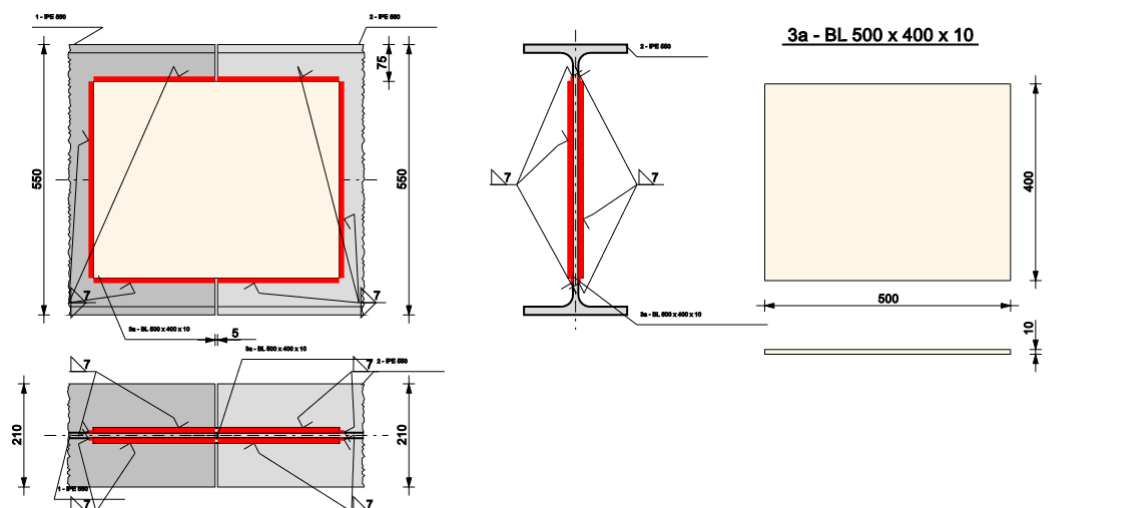
Rodzaj połączenia: połączenia belka-belka (montażowe)

Tytuł: Projekt złącza

Podtytuł: Złącze

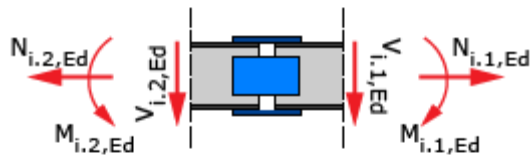
Typ raportu: pełny

1. Geometria modelu (rysunek poglądowy)



2. Obciążenia

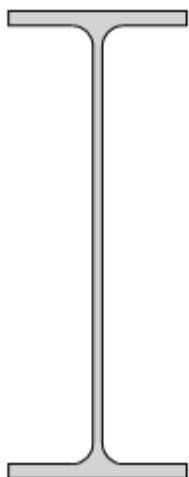
Załączniki



Nr	Seria	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1.1		50.00	20.00	250.00
1.2		50.00	-20.00	250.00

3. Geometria

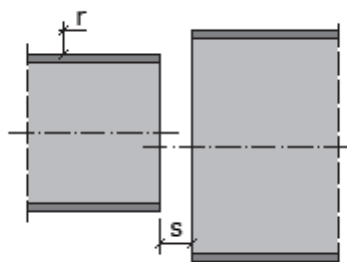
Belka prawa



Typ profilu	IPE 550
Wysokość przekroju [mm]	$h_{b(R)} = 550.00$
Szerokość półek przekroju [mm]	$b_{fb(R)} = 210.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wb(R)} = 11.00$
Grubość półek przekroju [mm]	$t_{fb(R)} = 17.00$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1b(R)} = 24.00$
Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_{b(R)} = 13400.00$
Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yb(R)} = 67120.00$
Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zb(R)} = 2668.00$
Stal	S 235
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb(R)} = 235.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub(R)} = 360.00$
ϵ	1.00

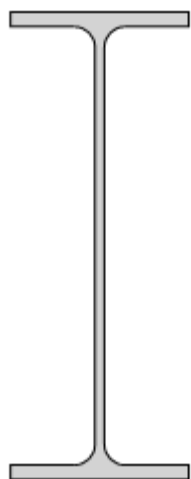
Załączniki

Belka lewa



Odsunięcie poziome od belki prawej [mm] $s = 5.00$

Odsunięcie pionowe od górnej krawędzi belki prawej [mm] $r = 0.00$



Typ profilu IPE 550

Wysokość przekroju [mm] $h_{b(L)} = 550.00$

Szerokość pólki przekroju [mm] $b_{fb(L)} = 210.00$

Grubość środnika przekroju [mm] $t_{wb(L)} = 11.00$

Grubość pólki przekroju [mm] $t_{fb(L)} = 17.00$

Promień wewnętrzny [mm] $R_{1b(L)} = 24.00$

Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm²] $A_{b(L)} = 13400.00$

Moment bezwładności względem osi y-y [cm⁴] $I_{yb(L)} = 67120.00$

Moment bezwładności względem osi z-z [cm⁴] $I_{zb(L)} = 2668.00$

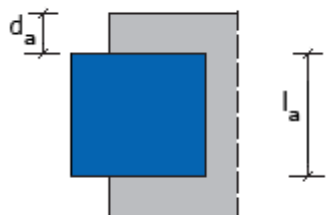
Stal S 235

Granica plastyczności [MPa] $f_{yb(L)} = 235.00$

Wytrzymałość na rozciąganie [MPa] $f_{ub(L)} = 360.00$

ϵ 1.00

Przykładka



Rodzaj dwustronna

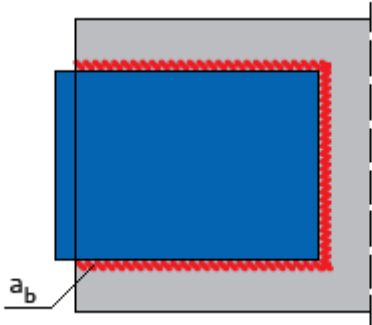
Odsunięcie elementu od górnej krawędzi belki prawej [mm] $d_{si} = 75.00$

Załączniki

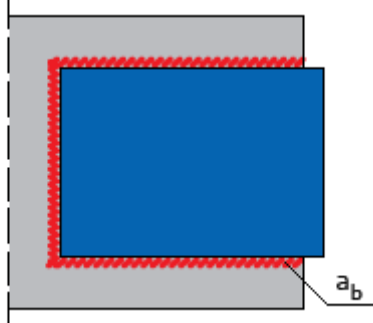
	Typ profilu	BL 500 x 400 x 10
	Wysokość [mm]	$h_{si} = 400.00$
	Długość [mm]	$l_{si} = 500.00$
	Grubość [mm]	$t_{si} = 10.00$
	Stal	S 235
Granica plastyczności [MPa]		$f_{ysi} = 235.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]		$f_{usi} = 360.00$
ϵ		1.00

4. Parametry połączenia

- połączenie belka prawa-przykładka (blacha): spawane

	Rodzaj	pachwinowa
	Grubość spoiny [mm]	$a = 7.00$

- połączenie belka lewa-przykładka (blacha): spawane

	Rodzaj	pachwinowa
	Grubość spoiny [mm]	$a = 7.00$

5. Sprawdzenie warunków normowych

Załączniki

Liczba niespełnionych warunków geometrycznych lub normowych: 0 z 4

5.1. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (spoiny)

grubość spoiny pachwinowej $a_{\text{sip,R}}$

$$a_{\text{sip,R}} \geq \max \left(0.2 \cdot t, 3.0 \text{ mm} \right)$$

$$a_{\text{sip,R}} \leq \min \left(0.7 \cdot t, 16.0 \text{ mm} \right)$$

$$t_{\min} = \min \left(10.0, 11.0 \right) = 10.0 [\text{mm}]$$

$$t_{\max} = \max \left(10.0, 11.0 \right) = 11.0 [\text{mm}]$$

$$7.0 \geq \max \left(0.2 \cdot 11.0, 3.0 \text{ mm} \right) = 3.0 [\text{mm}]$$

$$7.0 \leq \min \left(0.7 \cdot 10.0, 16.0 \text{ mm} \right) = 7.0 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.2. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (spoiny)

długość spoiny pachwinowej $l_{\text{eff,sip,R}}$

$$l_{\text{eff,sip,R}} \geq \max \left(6 \cdot a, 30.0 \text{ mm} \right)$$

$$l_{\text{eff,sip,R,min}} = \min \left(233.5, 386.0 \right) = 233.5 [\text{mm}]$$

$$233.5 \geq \max \left(6 \cdot 7.0, 30.0 \text{ mm} \right) = 42.0 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.3. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (spoiny)

grubość spoiny pachwinowej $a_{\text{sip,L}}$

$$a_{\text{sip,L}} \geq \max \left(0.2 \cdot t, 3.0 \text{ mm} \right)$$

$$a_{\text{sip,L}} \leq \min \left(0.7 \cdot t, 16.0 \text{ mm} \right)$$

$$t_{\min} = \min \left(10.0, 11.0 \right) = 10.0 [\text{mm}]$$

$$t_{\max} = \max \left(10.0, 11.0 \right) = 11.0 [\text{mm}]$$

$$7.0 \geq \max \left(0.2 \cdot 11.0, 3.0 \text{ mm} \right) = 3.0 [\text{mm}]$$

$$7.0 \leq \min \left(0.7 \cdot 10.0, 16.0 \text{ mm} \right) = 7.0 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.4. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (spoiny)

długość spoiny pachwinowej $l_{\text{eff,sip,L}}$

Załączniki

$$l_{\text{eff}, \text{sup}, L} \geq \max \left(6 \cdot a, 30.0 \text{ mm} \right)$$

$$l_{\text{eff}, \text{sup}, L, \min} = \min \left(233.5, 386.0 \right) = 233.5 [\text{mm}]$$

$$233.5 \geq \max \left(6 \cdot 7.0, 30.0 \text{ mm} \right) = 42.0 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony**6. Lista maksymalnych wyężeń**

Liczba przekroczonych warunków nośności: 0 z 8

Maksymalne wyężenie główne w obliczanej konstrukcji wynosi: 0.76

Sprawdzany element	War.	Siła
Połączenie przykładka-belka prawa (spawane): Punkt 1, naprężenie zastępcze	0.74	1
Połączenie przykładka-belka prawa (spawane): Punkt 1, naprężenie prost.	0.28	1
Połączenie przykładka-belka prawa (spawane): Punkt 2, naprężenie zastępcze	0.50	1
Połączenie przykładka-belka prawa (spawane): Punkt 2, naprężenie prost.	0.31	1
Połączenie przykładka-belka lewa (spawane): Punkt 1, naprężenie zastępcze	0.76	1
Połączenie przykładka-belka lewa (spawane): Punkt 1, naprężenie prost.	0.29	1
Połączenie przykładka-belka lewa (spawane): Punkt 2, naprężenie zastępcze	0.50	1
Połączenie przykładka-belka lewa (spawane): Punkt 2, naprężenie prost.	0.32	1

7. Obliczenia wstępne**7.1.1. Parametry geometryczne ogólne****7.1.1.1. Połączenie przykładka-belka prawa (spawane)**

$$l_{s,N} = l_{\text{sup}, R} - s_{\text{sup}, R} - 2 \cdot a_{\text{sup}, R} = 250.00 - 2.50 - 2 \cdot 7.00 = 233.50 [\text{mm}]$$

$$l_{s,V} = h_{\text{sup}, R} - 2 \cdot a_{\text{sup}, R} = 400.00 - 2 \cdot 7.00 = 386.00 [\text{mm}]$$

$$A_{s,N} = 2 \cdot l_{s,N} \cdot a_{\text{sup}, R} = 2 \cdot 233.50 \cdot 7.00 = 3269.00 [\text{mm}^2]$$

$$A_{s,V} = l_{s,V} \cdot a_{\text{sup}, R} = 386.00 \cdot 7.00 = 2702.00 [\text{mm}^2]$$

$$A_s = A_{s,N} + A_{s,V} = 3269.00 + 2702.00 = 5971.00 [\text{mm}^2]$$

$$t_{b(L)w} - t_{b(R)w} = 11.00 - 11.00 = 0.00 \leq 2.00 [\text{mm}]$$

Nie zakłada się konieczności użycia podkładki dystansującej.

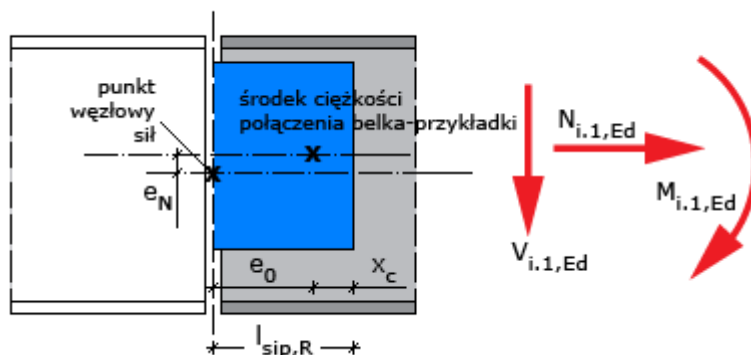
$$A_{b(R)} = 13400.00 [\text{mm}^2]$$

$$A_{b(R)w} = h_{b(R)w} \cdot t_{b(R)w} = 516.00 \cdot 11.00 = 5676.00 [\text{mm}^2]$$

Załączniki

$$A_{b(R)f_g} = b_{b(R)f_g} \cdot t_{b(R)f_g} = 210.00 \cdot 17.00 = 3570.00 [\text{mm}^2]$$

$$A_{b(R)f_d} = b_{b(R)f_d} \cdot t_{b(R)f_d} = 210.00 \cdot 17.00 = 3570.00 [\text{mm}^2]$$



Mimośrody działania sił

$$S_{s,z} = -0.5 \cdot a_{sip,R} \cdot A_{s,V} + 0.5 \cdot (l_{sip,R} - s_{sip,R}) \cdot A_{s,N} = -0.5 \cdot 7.00 \cdot 2702.00 + 0.5 \cdot (250.00 - 2.50) \cdot 3269.00 = 395081.75 [\text{mm}^3]$$

$$x_c = \frac{S_{s,z}}{A_s} = \frac{395081.75}{5971.00} = 66.17 [\text{mm}]$$

$$e_0 = l_{sip,R} - x_c = 250.00 - 66.17 = 183.83 [\text{mm}]$$

$$e_N = \frac{h_{b,R}}{2} - d_{sip,R} - \frac{h_p}{2} = \frac{550.00}{2} - 75.00 - \frac{400.00}{2} = 0.00 [\text{mm}]$$

7.1.1.2. Połączenie przykładka-belka lewa (spawane)

$$l_{s,N} = l_{sip,L} - s_{sip,L} - 2 \cdot a_{sip,L} = 250.00 - 2.50 - 2 \cdot 7.00 = 233.50 [\text{mm}]$$

$$l_{s,V} = h_{sip,L} - 2 \cdot a_{sip,L} = 400.00 - 2 \cdot 7.00 = 386.00 [\text{mm}]$$

$$A_{s,N} = 2 \cdot l_{s,N} \cdot a_{sip,L} = 2 \cdot 233.50 \cdot 7.00 = 3269.00 [\text{mm}^2]$$

$$A_{s,V} = l_{s,V} \cdot a_{sip,L} = 386.00 \cdot 7.00 = 2702.00 [\text{mm}^2]$$

$$A_s = A_{s,N} + A_{s,V} = 3269.00 + 2702.00 = 5971.00 [\text{mm}^2]$$

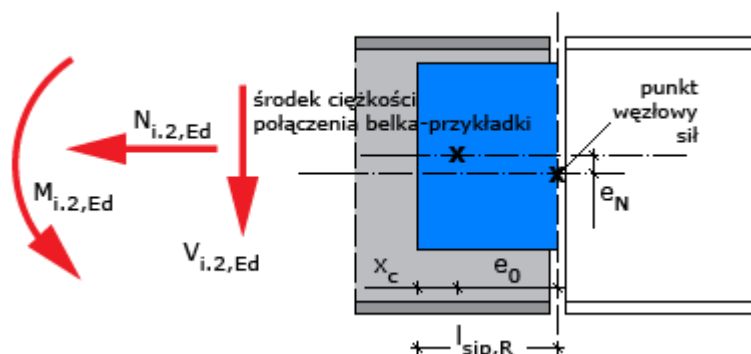
$$A_{b(L)} = 13400.00 [\text{mm}^2]$$

$$A_{b(L)w} = h_{b(L)w} \cdot t_{b(L)w} = 516.00 \cdot 11.00 = 5676.00 [\text{mm}^2]$$

$$A_{b(L)f_g} = b_{b(L)f_g} \cdot t_{b(L)f_g} = 210.00 \cdot 17.00 = 3570.00 [\text{mm}^2]$$

$$A_{b(L)f_d} = b_{b(L)f_d} \cdot t_{b(L)f_d} = 210.00 \cdot 17.00 = 3570.00 [\text{mm}^2]$$

Załączniki



Mimośrody działania sił

$$S_{s,z} = -0.5 \cdot a_{sip,L} \cdot A_{s,V} + 0.5 \cdot (l_{sip,L} - s_{sip,L}) \cdot A_{s,N} = -0.5 \cdot 7.00 \cdot 2702.00 + 0.5 \cdot (250.00 - 2.50) \cdot 3269.00 = 395081.75 [\text{mm}^3]$$

$$x_c = \frac{S_{s,z}}{A_s} = \frac{395081.75}{5971.00} = 66.17 [\text{mm}]$$

$$e_0 = l_{sip,L} - x_c = 250.00 - 66.17 = 183.83 [\text{mm}]$$

$$e_N = \frac{h_{b,L}}{2} - d_{sip,L} \cdot \frac{h_p}{2} = \frac{550.00}{2} - 75.00 \cdot \frac{400.00}{2} = 0.00 [\text{mm}]$$

7.1.2. Parametry ogólne połączenia spawanego

7.1.2.1. Połączenie przykładka-belka prawa (spawane)

$$J_{s,x0} = \frac{a_{sip,R} \cdot l_{s,V}^3}{12} + a_{sip,R} \cdot l_{s,V} \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{l_{s,N} \cdot a_{sip,R}^3}{12} + l_{s,N} \cdot a_{sip,R} \cdot \left(\frac{h_{sip,R} + a_{sip,R}}{2} \right)^2 \right)$$

$$J_{s,x0} = \frac{7.00 \cdot 386.00^3}{12} + 7.00 \cdot 386.00 \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{233.50 \cdot 7.00^3}{12} + 233.50 \cdot 7.00 \cdot \left(\frac{400.00 + 7.00}{2} \right)^2 \right) =$$

$$168938926.33 [\text{mm}^4]$$

$$J_{s,x0} = \frac{l_{s,V} \cdot a_{sip,R}^3}{12} + l_{s,V} \cdot a_{sip,R} \cdot \left(x_c + \frac{a_{sip,R}}{2} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{a_{sip,R} \cdot l_{s,N}^3}{12} + a_{sip,R} \cdot l_{s,N} \cdot \left(\frac{l_{sip,R} - s_{sip,R}}{2} - x_c \right)^2 \right)$$

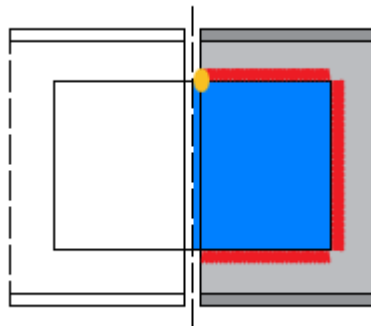
$$J_{s,x0} = \frac{386.00 \cdot 7.00^3}{12} + 386.00 \cdot 7.00 \cdot \left(66.17 + \frac{7.00}{2} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{7.00 \cdot 233.50^3}{12} + 7.00 \cdot 233.50 \cdot \left(\frac{250.00 - 2.50}{2} - 66.17 \right)^2 \right)$$

$$= 38817291.53 [\text{mm}^4]$$

$$J_{s0} = J_{s,x0} + J_{s,x0} = 168938926.33 + 38817291.53 = 207756217.86 [\text{mm}^4]$$

Punkt 1

Załączniki



Punkt 1 kładu spoin

$$x_1 = x_c - (l_{sip,R} - s_{sip,R} - a_{sip,R}) = 66.17 - (250.00 - 2.50 - 7.00) = -174.33 [mm]$$

$$z_1 = \frac{(h_{sip,R} + a_{sip,R})}{2} = \frac{(400.00 + 7.00)}{2} = 203.50 [mm]$$

$$L_{j,1} = 2 \cdot l_{s,N} = 2 \cdot 233.50 = 467.00 [mm]$$

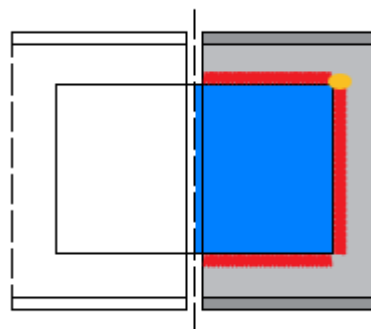
$$L_{j,1} = 467.00 < 150 \cdot a_{sip,R} = 150 \cdot 7.00 = 1050.00 [mm]$$

$$\beta_{Lw,1} = 1.00$$

$$\sigma_{\text{zast},1,\max} = \frac{(\beta_{Lw,1} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{(0.80 \cdot 1.25)} = 0.3600 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,1,\max} = \frac{(\beta_{Lw,1} \cdot 0.9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(1.00 \cdot 0.9 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{1.25} = 0.2592 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Punkt 2



Punkt 2 kładu spoin

$$x_2 = x_c + \frac{a_{sip,R}}{2} = 66.17 + \frac{7.00}{2} = 69.67 [mm]$$

$$z_2 = \frac{l_{s,V}}{2} = \frac{386.00}{2} = 193.00 [mm]$$

$$L_{j,2} = h_{sip,R} = 386.00 = 386.00 [mm]$$

Załączniki

$$L_{j,2} = 386,00 < 150 \cdot a_{\text{sp},R} = 150 \cdot 7,00 = 1050,00 [\text{mm}]$$

$$\beta_{Lw,2} = 1,00$$

$$\sigma_{\text{zast},2,\text{max}} = \frac{(\beta_{Lw,2} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1,00 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3})}{(0,80 \cdot 1,25)} = 0,3600 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,2,\text{max}} = \frac{(\beta_{Lw,2} \cdot 0,9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(1,00 \cdot 0,9 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3})}{1,25} = 0,2592 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

7.1.2.2. Połączenie przykładka-belka lewa (spawane)

$$J_{s,x0} = \frac{a_{\text{sp},L} \cdot l_{s,V}^3}{12} + a_{\text{sp},L} \cdot l_{s,V} \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{l_{s,N} \cdot a_{\text{sp},L}^3}{12} + l_{s,N} \cdot a_{\text{sp},L} \cdot \left(\frac{h_{\text{sp},L} + a_{\text{sp},L}}{2} \right)^2 \right)$$

$$J_{s,x0} = \frac{7,00 \cdot 386,00^3}{12} + 7,00 \cdot 386,00 \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{233,50 \cdot 7,00^3}{12} + 233,50 \cdot 7,00 \cdot \left(\frac{400,00 + 7,00}{2} \right)^2 \right) =$$

$$168938926,33 [\text{mm}^4]$$

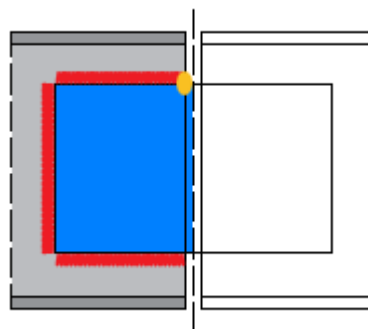
$$J_{s,x0} = \frac{l_{s,V} \cdot a_{\text{sp},L}^3}{12} + l_{s,V} \cdot a_{\text{sp},L} \cdot \left(x_c + \frac{a_{\text{sp},L}}{2} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{a_{\text{sp},L} \cdot l_{s,N}^3}{12} + a_{\text{sp},L} \cdot l_{s,N} \cdot \left(\frac{l_{\text{sp},L} - a_{\text{sp},L}}{2} - x_c \right)^2 \right)$$

$$J_{s,x0} = \frac{386,00 \cdot 7,00^3}{12} + 386,00 \cdot 7,00 \cdot \left(66,17 + \frac{7,00}{2} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{7,00 \cdot 233,50^3}{12} + 7,00 \cdot 233,50 \cdot \left(\frac{250,00 - 2,50}{2} - 66,17 \right)^2 \right)$$

$$= 38817291,53 [\text{mm}^4]$$

$$J_{s0} = J_{s,x0} + J_{s,y0} = 168938926,33 + 38817291,53 = 207756217,86 [\text{mm}^4]$$

Punkt 1



Punkt 1 kładu spoin

$$x_1 = x_c - \left(l_{\text{sp},L} - a_{\text{sp},L} - a_{\text{sp},L} \right) = 66,17 - (250,00 - 2,50 - 7,00) = -174,33 [\text{mm}]$$

$$z_1 = \frac{\left(\frac{h_{\text{sp},L} + a_{\text{sp},L}}{2} \right)}{2} = \frac{(400,00 + 7,00)}{2} = 203,50 [\text{mm}]$$

Załączniki

$$L_{j,1} = 2 \cdot l_{s,N} = 2 \cdot 233.50 = 467.00 [mm]$$

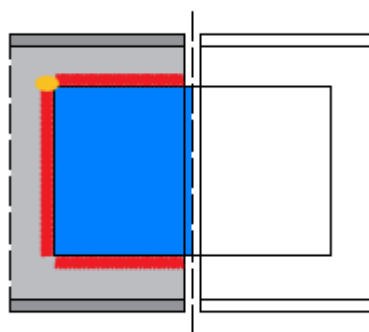
$$L_{j,1} = 467.00 < 150 \cdot a_{sip,L} = 150 \cdot 7.00 = 1050.00 [mm]$$

$$\beta_{Lw,1} = 1.00$$

$$\sigma_{zast,1,max} = \frac{(\beta_{Lw,1} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{(0.80 \cdot 1.25)} = 0.3600 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,1,max} = \frac{(\beta_{Lw,1} \cdot 0.9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(1.00 \cdot 0.9 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{1.25} = 0.2592 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Punkt 2



Punkt 2 kładu spoin

$$x_2 = x_c + \frac{a_{sip,L}}{2} = 66.17 + \frac{7.00}{2} = 69.67 [mm]$$

$$z_2 = \frac{l_{s,V}}{2} = \frac{386.00}{2} = 193.00 [mm]$$

$$L_{j,2} = h_{sip,L} = 386.00 = 386.00 [mm]$$

$$L_{j,2} = 386.00 < 150 \cdot a_{sip,L} = 150 \cdot 7.00 = 1050.00 [mm]$$

$$\beta_{Lw,2} = 1.00$$

$$\sigma_{zast,2,max} = \frac{(\beta_{Lw,2} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{(0.80 \cdot 1.25)} = 0.3600 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,2,max} = \frac{(\beta_{Lw,2} \cdot 0.9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(1.00 \cdot 0.9 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{1.25} = 0.2592 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

8. Obliczenia dla kolejnych serii sił

8.1. Zestaw sił nr 1

8.1.1. Bazowe wartości sił w zestawie sił.

	Element	Seria	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
	belka prawa		50.00	20.00	250.00

Załączniki

belka lewa		50.00	-20.00	250.00
------------	--	-------	--------	--------

8.1.2. Rozdział sił

8.1.2.1. Połączenie przykładka-belka prawa (spawane)

$$N_0 = N_{Ed} = 50.00 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = V_{Ed} = 20.00 \text{ [kN]}$$

$$M_0 = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_0 = 250.00 \cdot 10^3 - 50.00 \cdot 0.00 - 20.00 \cdot 183.83 = 246323.34 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.2. Połączenie przykładka-belka lewa (spawane)

$$N_0 = N_{Ed} = 50.00 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = V_{Ed} = -20.00 \text{ [kN]}$$

$$M_0 = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_0 = 250.00 \cdot 10^3 - 50.00 \cdot 0.00 - (-20.00) \cdot 183.83 = 253676.66 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3. Rozdział sił

8.1.3.1. Połączenie przykładka-belka prawa (spawane)

$$N_p = a \cdot N_0 = 0.5 \cdot 50.00 = 25.00 \text{ [kN]}$$

$$V_p = a \cdot V_0 = 0.5 \cdot 20.00 = 10.00 \text{ [kN]}$$

$$M_p = a \cdot M_0 = 0.5 \cdot 246323.34 = 123161.67 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.2. Połączenie przykładka-belka lewa (spawane)

$$N_p = a \cdot N_0 = 0.5 \cdot 50.00 = 25.00 \text{ [kN]}$$

$$V_p = a \cdot V_0 = 0.5 \cdot (-20.00) = -10.00 \text{ [kN]}$$

$$M_p = a \cdot M_0 = 0.5 \cdot 253676.66 = 126838.33 \text{ [kNmm]}$$

8.1.4. Warunki nośności połączenia spawanego

8.1.4.1. Połączenie przykładka-belka prawa (spawane)

Punkt 1

$$\tau_{N,1} = \frac{N_p}{A_{s,N}} = \frac{25.00}{3269.00} = 0.0076 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau_{V,1} = 0.0000 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

Załączniki

$$\tau_{Mx,1} = \frac{M_p \cdot z_1}{J_{s0}} = \frac{123161.67 \cdot 203.50}{207756217.86} = 0.1206 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx,1} = \frac{M_p \cdot x_1}{J_{s0}} = \frac{123161.67 \cdot -174.33}{207756217.86} = -0.1033 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell 1} = \left| \tau_{N1} \right| + \left| \tau_{Mx,1} \right| = \left| 0.01 \right| + \left| 0.12 \right| = 0.1283 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp 1} = \frac{\left(\left| \tau_{V1} - \tau_{Mx,1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 - -0.10 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0731 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp 1} = \frac{\left(\left| \tau_{V1} - \tau_{Mx,1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 - -0.10 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0731 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast,1} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp 1}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp 1}^2 + \tau_{\ell 1}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.07^2 + 3 \cdot \left(0.07^2 + 0.13^2 \right) \right)} = 0.2660 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast,1}}{\sigma_{zast,1,max}} = \frac{0.2660}{0.3600} = 0.74$$

$$\frac{\sigma_{\perp 1}}{\sigma_{\perp 1,max}} = \frac{0.0731}{0.2592} = 0.28$$

Punkt 2

$$\tau_{N2} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V2} = \frac{V_p}{A_{s,V}} = \frac{10.00}{2702.00} = 0.0037 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx,2} = \frac{M_p \cdot z_2}{J_{s0}} = \frac{123161.67 \cdot 193.00}{207756217.86} = 0.1144 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx,2} = \frac{M_p \cdot x_2}{J_{s0}} = \frac{123161.67 \cdot 69.67}{207756217.86} = 0.0413 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell 2} = \left| \tau_{V2} + \tau_{Mx,2} \right| = \left| 0.00 + 0.04 \right| = 0.0450 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp 2} = \frac{\left(\left| \tau_{N2} \right| + \left| \tau_{Mx,2} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 \right| + \left| 0.11 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0809 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp 2} = \frac{\left(\left| \tau_{N2} \right| + \left| \tau_{Mx,2} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 \right| + \left| 0.11 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0809 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast,2} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp 2}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp 2}^2 + \tau_{\ell 2}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.08^2 + 3 \cdot \left(0.08^2 + 0.05^2 \right) \right)} = 0.1796 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast,2}}{\sigma_{zast,2,max}} = \frac{0.1796}{0.3600} = 0.50$$

$$\frac{\sigma_{\perp 2}}{\sigma_{\perp 2,max}} = \frac{0.0809}{0.2592} = 0.31$$

8.1.4.2. Połączenie przykładka-belka lewa (spawane)

Załączniki

Punkt 1

$$\tau_{N1} = \frac{N_p}{A_{sN}} = \frac{25.00}{3269.00} = 0.0076 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V1} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx1} = \frac{M_p \cdot z_1}{J_{s0}} = \frac{126838.33 \cdot 203.50}{207756217.86} = 0.1242 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{My1} = \frac{M_p \cdot x_1}{J_{s0}} = \frac{126838.33 \cdot -174.33}{207756217.86} = -0.1064 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell 1} = \left| \tau_{N1} \right| + \left| \tau_{Mx1} \right| = \left| 0.01 \right| + \left| 0.12 \right| = 0.1319 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp 1} = \frac{\left(\left| \tau_{V1} - \tau_{My1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 - -0.11 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0753 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp 1} = \frac{\left(\left| \tau_{V1} - \tau_{Mx1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 - -0.11 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0753 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\text{rast}1} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp 1}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp 1}^2 + \tau_{\ell 1}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.08^2 + 3 \cdot \left(0.08^2 + 0.13^2 \right) \right)} = 0.2736 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{\text{rast}1}}{\sigma_{\text{rast}1, \max}} = \frac{0.2736}{0.3600} = 0.76$$

$$\frac{\sigma_{\perp 1}}{\sigma_{\perp 1, \max}} = \frac{0.0753}{0.2592} = 0.29$$

Punkt 2

$$\tau_{N2} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V2} = \frac{V_p}{A_{sV}} = \frac{(-10.00)}{2702.00} = -0.0037 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx2} = \frac{M_p \cdot z_2}{J_{s0}} = \frac{126838.33 \cdot 193.00}{207756217.86} = 0.1178 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{My2} = \frac{M_p \cdot x_2}{J_{s0}} = \frac{126838.33 \cdot 69.67}{207756217.86} = 0.0425 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell 2} = \left| \tau_{V2} + \tau_{My2} \right| = \left| 0.00 + 0.04 \right| = 0.0388 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp 2} = \frac{\left(\left| \tau_{N2} \right| + \left| \tau_{Mx2} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 \right| + \left| 0.12 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0833 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp 2} = \frac{\left(\left| \tau_{N2} \right| + \left| \tau_{Mx2} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 \right| + \left| 0.12 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0833 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\text{rast}2} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp 2}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp 2}^2 + \tau_{\ell 2}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.08^2 + 3 \cdot \left(0.08^2 + 0.04^2 \right) \right)} = 0.1797 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Załączniki

$$\frac{\sigma_{zast,2}}{\sigma_{zast,2,max}} = \frac{0.1797}{0.3600} = 0.50$$

$$\frac{\sigma_{\perp,2}}{\sigma_{\perp,2,max}} = \frac{0.0833}{0.2592} = 0.32$$

9. Podsumowanie wyteżeń

Kolejne kolumny w poniższych tabelach wyteżeń odpowiadając poszczególnym elementom połączenia:

- 1: Połączenie przykładka-belka prawa (spawane)
- 3: Połączenie przykładka-belka lewa (spawane)

Zestaw sił nr 1

Wartości poszczególnych wyteżeń dla połączeń typu spawanego.

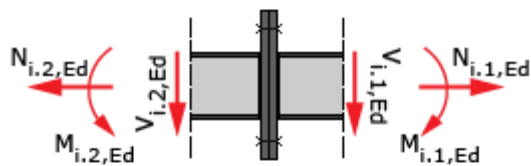
wyteżenie	1	3
$\sigma_{zast,1} / \sigma_{zast,1,max}$	0.74	0.76
$\sigma_{prost,1} / \sigma_{prost,1,max}$	0.28	0.29
$\sigma_{zast,2} / \sigma_{zast,2,max}$	0.50	0.50
$\sigma_{prost,2} / \sigma_{prost,2,max}$	0.31	0.32

Zestawienie maksymalnych wyteżeń

Wartości największych wyteżeń dla poszczególnych połączeń.

Siły	1	3
1	0.74	0.76

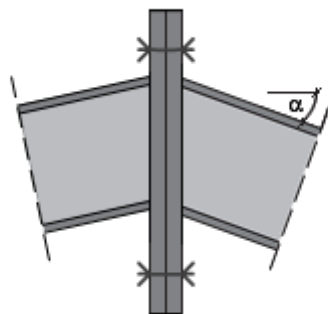
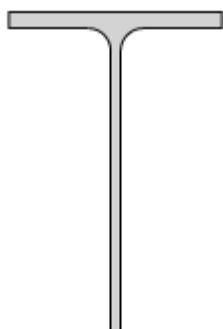
Załączniki



Nr	Seria	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1.1	aaa	65.00	-12.00	-50.00
1.2	aaa	65.00	12.00	-50.00

3. Geometria

Belka

Kąt obrotu [°] $\alpha = 5.00$ 

Typ profilu	IPE 360
Wysokość przekroju [mm]	$h_b = 360.00$
Szerokość pólki przekroju [mm]	$b_{fb} = 170.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wb} = 8.00$
Grubość pólki przekroju [mm]	$t_{fb} = 12.70$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1b} = 18.00$
Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_b = 7270.00$

Załączniki

	Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yb} = 16270.00$
	Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zb} = 1043.00$
	Stal	S 275
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 275.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 430.00$
	ϵ	0.92

Blacha czołowa

	Typ profilu	BL 240 x 441.4 x 18
	Wysokość [mm]	$h_p = 441.38$
	Długość [mm]	$l_p = 240.00$
	Grubość [mm]	$t_p = 18.00$
	Stal	S 275
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{yp} = 275.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{up} = 430.00$
	ϵ	0.92

4. Parametry połączenia

4.1. Konfiguracja ogólna węzła

4.2. Spawanego

Typ połączenia spawanego

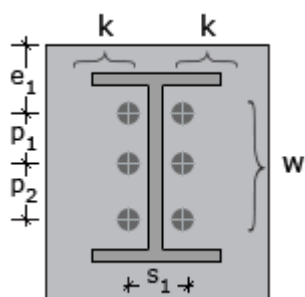
Rodzaj	pachwinowa
--------	------------

Spoiny blacha czołowa - belka

	Grubość spoiny środknika [mm]	$a_{b,w} = 4.00$
	Grubość spoiny półek [mm]	$a_{b,f} = 7.00$

Załączniki

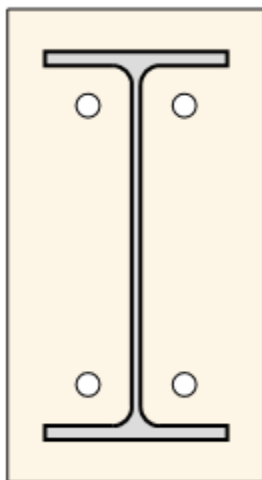
4.3. Śrubowego



Klasa śruby	8.8
Konstrukcja narażona na wpływ atmosferyczne lub korozyjne	nie
Konstrukcja narażona na oddziaływania uderowe i wibracyjne	nie
Płaszczyzna części ścinanej śruby	Gwintowana
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 640.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 800.00$
Średnica śruby [mm]	$d = 20.00$
Średnica otworu na śruby [mm]	$d_0 = 22.00$
Pole powierzchni śruby [cm ²]	$A = 3.14$
Pole powierzchni czynnej śruby [cm ²]	$A_s = 2.45$
Liczba wierszy śrub (w)	2
Odległość s_1 [mm]	$s_1 = 90.00$
Liczba zadeklarowanych szeregów śrub rozciąganych dla $M^{(-)}$	1

Blacha czołowa

Załączniki



Wiersz	Kolumn łącznie	e_1 / p_i [mm]
1	2 x 1	90.00
2	2 x 1	260.00
-	-	$e_{12} = 91.38$

5. Sprawdzenie warunków normowych

Liczba niespełnionych warunków geometrycznych lub normowych: 0 z 12

5.1. blacha czołowa (wymiar)

wydłużenie blachy czołowej ponad krawędź górną elementu dochodzącego - e_{pt}
[warunek literaturowy]

$$e_{pt} \geq t_p + \frac{a_f}{\cos(45^\circ - 0.5 \cdot \alpha)}$$

$$40.0 \geq 18.0 + \frac{7.0}{\cos(45^\circ - 0.5 \cdot -5.0)} = 28.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.2. blacha czołowa (wymiar)

wydłużenie blachy czołowej ponad krawędź dolną elementu dochodzącego - e_{pb}
[warunek literaturowy]

Załączniki

$$e_{pb} \geq t_p + \frac{a_f}{\cos(45^\circ - 0.5 \cdot \alpha)}$$

$$40.0 \geq 18.0 + \frac{7.0}{\cos(45^\circ - 0.5 \cdot 5.0)} = 27.5 [mm]$$

Warunek spełniony

5.3. Połączenie blacha czołowa-blacha czołowa (płaskownik) (śruby)

klasa śrub

Dla połączenia kategorii B/C/E należy stosować śruby kategorii 8.8 lub 10.9.

Warunek spełniony

5.4. Połączenie blacha czołowa-blacha czołowa (płaskownik) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{11,p}$ (blacha czołowa)

$$e_{11,p} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$90.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.5. Połączenie blacha czołowa-blacha czołowa (płaskownik) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{12,p}$ (blacha czołowa)

$$e_{12,p} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$e_{12,p} = 441.4 - (90.0 + 260.0)$$

$$91.4 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.6. Połączenie blacha czołowa-blacha czołowa (płaskownik) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,p}$ (blacha czołowa)

$$e_{2,p} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$e_{2,p} = 240.0/2 - 90.0/2 = 75.0$$

Załączniki

$$75.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.7. Połączenie blacha czołowa-blacha czołowa (płaskownik) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $s_{1,p}$ (blacha czołowa)

$$s_{1,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$s_{1,p} = 90.0$$

$$90.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

5.8. Połączenie blacha czołowa-blacha czołowa (płaskownik) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{i,p,max}$ (blacha czołowa)

$$p_{i,p,max} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$p_{i,p,max} = 260.0$$

$$260.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

5.9. Połączenie blacha czołowa-belka (dwuteownik) (spoiny)

grubość spoiny pachwinowej a_{bw} [warunek literaturowy]

$$a_{bw} \geq \max \left(0.48 \cdot t, 3.0mm \right)$$

$$a_{bw} \leq \min \left(0.7 \cdot t, 16.0mm \right)$$

$$t_{min} = \min \left(8.0, 18.0 \right) = 8.0 [mm]$$

$$t_{max} = \max \left(8.0, 18.0 \right) = 18.0 [mm]$$

$$4.0 \geq \max \left(0.48 \cdot 8.0, 3.0mm \right) = 3.8 [mm]$$

$$4.0 \leq \min \left(0.7 \cdot 8.0, 16.0mm \right) = 5.6 [mm]$$

Warunek spełniony

5.10. Połączenie blacha czołowa-belka (dwuteownik) (spoiny)

długość spoiny pachwinowej $l_{eff,bw}$

Załączniki

$$l_{eff,bw} \geq \max \left(6 \cdot a, 30.0mm \right)$$

$$l_{eff,bw} = 299.7 - 2 \cdot 4.0 = 291.7 [mm]$$

$$291.7 \geq \max \left(6 \cdot 4.0, 30.0mm \right) = 30.0 [mm]$$

Warunek spełniony

5.11. Połączenie blacha czołowa-belka (dwuteownik) (spoiny)

grubość spoiny pachwinowej a_{bf} [warunek literaturowy]

$$a_{bf} \geq \max \left(0.48 \cdot t, 3.0mm \right)$$

$$a_{bf} \leq \min \left(0.7 \cdot t, 16.0mm \right)$$

$$t_{min} = \min \left(12.7, 18.0 \right) = 12.7 [mm]$$

$$t_{max} = \max \left(12.7, 18.0 \right) = 18.0 [mm]$$

$$7.0 \geq \max \left(0.48 \cdot 12.7, 3.0mm \right) = 6.1 [mm]$$

$$7.0 \leq \min \left(0.7 \cdot 12.7, 16.0mm \right) = 8.9 [mm]$$

Warunek spełniony

5.12. Połączenie blacha czołowa-belka (dwuteownik) (spoiny)

długość spoiny pachwinowej $l_{eff,bf}$

$$l_{eff,bf} \geq \max \left(6 \cdot a, 30.0mm \right)$$

$$l_{eff,bf,min} = \min \left(170.0 - 2 \cdot 7.0, 63.0 - 2 \cdot 7.0 \right) = 49.0 [mm]$$

$$49.0 \geq \max \left(6 \cdot 7.0, 30.0mm \right) = 42.0 [mm]$$

Warunek spełniony

6. Lista maksymalnych wyężeń

Liczba przekroczonych warunków nośności: 0 z 10

Maksymalne wyężenie główne w obliczanej konstrukcji wynosi: 0.96

Sprawdzany element	War.	Siła
Warunek nośności przy zginaniu	0.58	1
Warunek nośności na ścinanie: grupy łączników	0.09	1
Warunek interakcji zginania ze ściskaniem (strona prawa)	0.82	1
Warunek nośności spoin do blachy czołowej: ściskany pas górny belki (strona prawa)	0.86	-
Warunek nośności spoin do blachy czołowej: rozciągany pas dolny belki (strona prawa)	0.87	-

Załączniki

Warunek nośności spoin do blachy czołowej: rozciągany środek belki (strona prawa)	0.96	-
Warunek interakcji zginania ze ściskaniem (strona lewa)	0.81	1
Warunek nośności spoin do blachy czołowej: ściskany pas górny belki (strona lewa)	0.86	-
Warunek nośności spoin do blachy czołowej: rozciągany pas dolny belki (strona lewa)	0.87	-
Warunek nośności spoin do blachy czołowej: rozciągany środek belki (strona lewa)	0.96	-

7. Obliczenia wstępne

7.1.1. Obliczenia wspólne

7.1.1.1. Spoiny do blachy czołowej

Spoiny dla elementów rozciąganych wymiarowane są na nośność tych elementów. Jeżeli dla różnych zestawów sił dany pas jest rozciągany oraz ściskany - spoina jest obliczana jak dla pasa rozciąganego.

ściskany pas górny belki

Zakłada się dopasowanie dociskowe pomiędzy pasem ściskany a blachą czołową, co warunkuje zastosowanie spoiny nominalnej.

$$t_{b,f} = 12.70 \geq 12 [mm]$$

$$a_{b,f} = 7.00 \geq a_{b,f,min} = 6.00 [mm]$$

Warunek minimalnej obliczeniowej grubości spoiny Warunek spełniony

rozciągany pas dolny belki

$$a_{b,f,min} = t_{b,f} \cdot \frac{(\sqrt{2} \cdot \beta_{w,min} \cdot f_{y,b,f} \cdot \gamma_{M2})}{(2 \cdot \gamma_{M0} \cdot f_{u,min})} = 12.70 \cdot \frac{(\sqrt{2} \cdot 0.85 \cdot 275.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1.25)}{(2 \cdot 1.00 \cdot 430.00 \cdot 10^{-3})} = 6.10 [kN]$$

$$a_{b,f} = 7.00 \geq a_{b,f,min} = 6.10 [mm]$$

Warunek minimalnej obliczeniowej grubości spoiny Warunek spełniony

rozciągany środek belki

$$a_{b,w,min} = t_{b,w} \cdot \frac{(\sqrt{2} \cdot \beta_{w,min} \cdot f_{y,b,w} \cdot \gamma_{M2})}{(2 \cdot \gamma_{M0} \cdot f_{u,min})} = 8.00 \cdot \frac{(\sqrt{2} \cdot 0.85 \cdot 275.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1.25)}{(2 \cdot 1.00 \cdot 430.00 \cdot 10^{-3})} = 3.84 [kN]$$

$$a_{b,w} = 4.00 \geq a_{b,w,min} = 3.84 [mm]$$

Warunek minimalnej obliczeniowej grubości spoiny Warunek spełniony

7.1.2. Obliczenia dla M(-) (środek obrotu w pasie górnym belki/skosu)

Załączniki

7.1.2.1. Nośność rozciąganych szeregów śrub - zginana blacha czołowa (szeregi rozpatrywane indywidualnie)

Kolejne szeregi śrub numerowane są od 1, począwszy od szeregu najbardziej oddalonego od ściskanego pasu belki/skosu.

Ogólne

Szereg	b _p	w	e _x	m _x	m	e	m ₂	λ ₁	λ ₂	α	n	n _x
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[mm]
1	-	-	-	-	36.47	75.00	30.71	0.33	0.28	7.82	45.59	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Szereg nr 1

typ: Szereg śrub w pobliżu pasa belki/skosu

$$l_{\text{eff},op} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 36.47 = 229.18 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},no,I} = \alpha \cdot m = 7.82 \cdot 36.47 = 285.05 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},no,II} = 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 4 \cdot 36.47 + 1.25 \cdot 75.00 = 239.65 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},no} = \min(l_{\text{eff},no,I}, l_{\text{eff},no,II}) = \min(285.05; 239.65) = 239.65 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},1,ep} = \min(l_{\text{eff},no}, l_{\text{eff},op}) = \min(239.65; 229.18) = 229.18 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},2,ep} = l_{\text{eff},no} = 239.65 [\text{mm}]$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{\text{eff},1} \cdot t_{ep}^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 229.18 \cdot 18.00^2 \cdot 275.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 5104.90 [\text{kNmm}]$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{\text{eff},2} \cdot t_{ep}^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 239.65 \cdot 18.00^2 \cdot 275.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 5338.16 [\text{kNmm}]$$

$$F_{T,1,ep,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 5104.90}{36.47} = 559.83 [\text{kN}]$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.90 \cdot 800.00 \cdot 10^{-3} \cdot 245.00}{1.25} = 141.12 [\text{kN}]$$

$$F_{T,2,ep,Rd} = \frac{(2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd})}{(m + n)} = \frac{(2 \cdot 5338.16 + 45.59 \cdot 2 \cdot 141.12)}{(36.47 + 45.59)} = 286.89 [\text{kN}]$$

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{ep} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot 33.52 \cdot 18.00 \cdot 430.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 391.18 [\text{kN}]$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 141.12 = 282.24 [\text{kN}]$$

$$\Sigma B_{p,Rd} = 2 \cdot 391.18 = 782.35 [\text{kN}]$$

$$F_{T,3,ep,Rd} = \min(\Sigma F_{t,Rd}, \Sigma B_{p,Rd}) = \min(282.24; 782.35) = 282.24 [\text{kN}]$$

$$F_{t,ep,Rd(1)} = \min(F_{T,1,ep,Rd}, F_{T,2,ep,Rd}, F_{T,3,ep,Rd}) = \min(559.83; 286.89; 282.24) = 282.24 [\text{kN}]$$

Załączniki

Szereg nr 2

typ: Szereg śrub w pobliżu pasa belki/skosu

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

7.1.2.2. Nośność rozciąganych szeregów śrub - zginana blacha czołowa (grupy szeregów)

Grupy szeregów śrub dla zginanej blachy czołowej nie występują.

7.1.2.3. Nośność rozciąganych szeregów śrub - średnik belki/skosu rozciągany w kierunku podłużnym (szeregi rozpatrywane indywidualnie)

Kolejne szeregi śrub numerowane są od 1, począwszy od szeregu najbardziej oddalonego od ściskanego pasu belki/skosu.

Szereg nr 1

$$b_{\text{eff},t,wb,(1)} = \min \left(l_{\text{eff},1,ep,(1)}, l_{\text{eff},2,ep,(1)} \right) = \min (229,18 ; 239,65) = 229,18 [mm]$$

$$F_{t,wb,Rd(1)} = \frac{b_{\text{eff},t,wb,(1)} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb}}{\gamma_{M0}} = \frac{229,18 \cdot 8,00 \cdot 275,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 504,19 [kN]$$

Szereg nr 2

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

7.1.2.4. Nośność rozciąganych szeregów śrub - średnik belki/skosu rozciągany w kierunku podłużnym (grupy szeregów)

Grupy szeregów śrub dla średnika belki/skosu rozciąganego w kierunku poprzecznym nie występują.

7.1.2.5. Ściskany pas belki / skosu

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{t_{fb} \cdot b_{fb} \cdot f_{y,fb}}{\gamma_{M0}} = \frac{12,70 \cdot 170,00 \cdot 275,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 593,72 [kN]$$

7.1.2.6. Nośność ścinanych szeregów śrub

Kolejne szeregi śrub numerowane są od 1, począwszy od szeregu najbardziej oddalonego od ściskanego pasu belki/skosu.

Załączniki

Ogólne

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800,00 \cdot 10^{-3} \cdot 245,00}{1,25} = 94,08 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 1

typ: Szereg śrub nie jest rozpatrywany jako ścinany

Szereg nr 2

typ: Skrajny ścinany szereg śrub oddzielony od krańca blachy czołowej pasem belki/skosu

$$k_{1,2,ep,I} = \frac{1,4 \cdot s_1}{d_0} - 1,7 = \frac{1,4 \cdot 90,00}{22,00} - 1,7 = 4,03$$

$$k_{1,2,ep,II} = \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 = \frac{2,8 \cdot 75,00}{22,00} - 1,7 = 7,85$$

$$k_{1,2,ep,III} = 2,50$$

$$k_{1,2,ep} = \min(k_{1,2,ep,I}, k_{1,2,ep,II}, k_{1,2,ep,III}) = \min(4,03; 7,85; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{d,2,ep,I} = \frac{e_1}{(3 \cdot d_0)} = \frac{90,00}{(3 \cdot 22,00)} = 1,36 = 1,36$$

$$\alpha_{d,2,ep,II} = \frac{p_i}{(3 \cdot d_0)} - 0,25 = \frac{260,00}{(3 \cdot 22,00)} - 0,25 = 3,69 = 3,69$$

$$\alpha_{d,2,ep} = \min(\alpha_{d,2,ep,I}, \alpha_{d,2,ep,II}) = \min(1,36; 3,69) = 1,36$$

$$\alpha_{b,2,ep,I} = \alpha_{d,2,ep} = 1,36$$

$$\alpha_{b,2,ep,II} = \frac{f_{ub}}{f_{u,ep}} = \frac{800,00}{430,00} = 1,86$$

$$\alpha_{b,2,ep,III} = 1,00$$

$$\alpha_{b,2,ep} = \min(\alpha_{b,2,ep,I}, \alpha_{b,2,ep,II}, \alpha_{b,2,ep,III}) = \min(1,36; 1,86; 1,00) = 1,00$$

$$F_{b,2,ep,Rd} = \frac{k_{1,2,ep} \cdot \alpha_{b,2,ep} \cdot f_{u,ep} \cdot d \cdot t_{ep}}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 1,00 \cdot 430,00 \cdot 10^{-3} \cdot 20,00 \cdot 18,00}{1,25} = 309,60 \text{ [kN]}$$

Zestawienie

Szer. [-]	k _i [-]	F _{v,Rd} [kN]	F _{b,i,ep,Rd} [kN]
1	2	-	-
2	2	94.08	309.60

Załączniki

7.1.2.7. Nośność grupy łączników na ścinanie

Kolejne szeregi śrub numerowane są od 1, począwszy od szeregu najbardziej oddalonego od ściskanego pasu belki/skosu.

Szer.	k_i	$F_{v,Rd}$	$F_{b,i,ep,Rd,R}$	$F_{b,i,ep,Rd,L}$	$F_{b,i,Rd}$	$F_{v,Rd} \geq F_{b,i,Rd}$	$F_{V,i,Rd}$
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
1	2	-	-	-	-	-	-
2	2	94.08	309.60	309.60	309.60	nie	94.08

$$F_{b,i,Rd} = \min \left(F_{b,i,ep,Rd,R}; F_{b,i,ep,Rd,L} \right)$$

Występują poprawne szeregi ścinane, dla których śrub NIE jest spełniony warunek

$$F_{v,Rd} \geq F_{b,i,Rd}$$

$$F_{gr,b,Rd} = n_v \cdot \min \left(F_{V,i,Rd} \right) = 2 \cdot 94.08 = 188.16 \text{ [kN]}$$

8. Obliczenia dla kolejnych serii sił

8.1. Zestaw sił nr 1

8.1.1. Transformacja zestawu sił do układu globalnego

8.1.1.1. Transformacja dla belki prawej

$$N'_{Ed} = \cos(5.00^\circ) \cdot N_{Ed} - \sin(5.00^\circ) \cdot V_{Ed} = 0.9962 \cdot 65.00 - 0.0872 \cdot -12.00 = 65.80 \text{ [kN]}$$

$$V'_{Ed} = \cos(5.00^\circ) \cdot V_{Ed} + \sin(5.00^\circ) \cdot N_{Ed} = 0.9962 \cdot -12.00 + 0.0872 \cdot 65.00 = -6.29 \text{ [kN]}$$

$$M'_{Ed} = M_{Ed} = -50.00 \text{ [kNm]}$$

8.1.1.2. Transformacja dla belki lewej

$$N'_{Ed} = \cos(5.00^\circ) \cdot N_{Ed} - \sin(5.00^\circ) \cdot V_{Ed} = 0.9962 \cdot 65.00 - 0.0872 \cdot 12.00 = 63.71 \text{ [kN]}$$

$$V'_{Ed} = \cos(5.00^\circ) \cdot V_{Ed} + \sin(5.00^\circ) \cdot N_{Ed} = 0.9962 \cdot 12.00 + 0.0872 \cdot 65.00 = 17.62 \text{ [kN]}$$

$$M'_{Ed} = M_{Ed} = -50.00 \text{ [kNm]}$$

W dalszych obliczeniach wykorzystywane są siły sprowadzone do układu globalnego: $N_{Ed} = N'_{Ed}$, $V_{Ed} = V'_{Ed}$ oraz $M_{Ed} = M'_{Ed}$.

8.1.1.3. Zestawienie

Element	Seria	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
belka prawa	aaa	65.80	-6.29	-50.00
belka lewa	aaa	63.71	17.62	-50.00

8.1.2. Obliczenia dla M(-) (środek obrotu w pasie górnym belki/skosu) (strona prawa)

8.1.2.1. Interakcja zginania z siłą podłużną

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_b \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{7270.00 \cdot 275.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 1999.25 [kN]$$

$$N_{Ed} = |65.80| \leq 5\% N_{pl,Rd} = 0.05 \cdot 1999.25 = 99.96 [kN]$$

Nie zachodzi konieczność sprawdzenia warunku interakcji zginania z siłą podłużną.

$$\Sigma F_{tr,Rd} = F_{t1,Rd} = 282.24 = 282.24 [kN]$$

$$N_{j,Rd}^* = \min(N_{pl,Rd}; \Sigma F_{tr,Rd}) = \min(1999.25; 282.24) = 282.24 [kN]$$

$$N_{j,Rd} = N_{j,Rd}^* = 282.24 [kN]$$

8.1.3. Obliczenia dla M(-) (środek obrotu w pasie górnym belki/skosu) (strona lewa)

8.1.3.1. Interakcja zginania z siłą podłużną

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_b \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{7270.00 \cdot 275.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 1999.25 [kN]$$

$$N_{Ed} = |63.71| \leq 5\% N_{pl,Rd} = 0.05 \cdot 1999.25 = 99.96 [kN]$$

Nie zachodzi konieczność sprawdzenia warunku interakcji zginania z siłą podłużną.

$$\Sigma F_{tr,Rd} = F_{t1,Rd} = 282.24 = 282.24 [kN]$$

$$N_{j,Rd}^* = \min(N_{pl,Rd}; \Sigma F_{tr,Rd}) = \min(1999.25; 282.24) = 282.24 [kN]$$

$$N_{j,Rd} = N_{j,Rd}^* = 282.24 [kN]$$

8.1.4. Obliczenia dla M(-) (środek obrotu w pasie górnym belki/skosu) (łącznie)

8.1.4.1. Potencjalna nośność na rozciąganie szeregów śrub Ft,Rd(r)

Szereg nr 1

$$F_{t,Rd(1)} = \min(F_{t,ep,Rd(1),R}; F_{t,ep,Rd(1),L}; F_{t,wb,Rd(1),R}; F_{t,wb,Rd(1),L})$$

$$F_{t,Rd(1)} = \min(282.24; 282.24; 504.19; 504.19) = 282.24 [kN]$$

$$F_{t1,Rd} = \min(F_{t,Rd(1)}; F_{o,fb,Rd,R}; F_{o,fb,Rd,L})$$

$$F_{t1,Rd} = \min(282.24; 593.72; 593.72) = 282.24 [kN]$$

Szereg nr 2

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

Załączniki

Podsumowanie

Wartości poszczególnych sił podane w [kN].

Szereg nr	$F_{t,ep,Rd(r),R}$	$F_{t,ep,Rd(r),L}$	$F_{t,wb,Rd(r),R}$	$F_{t,wb,Rd(r),L}$	$F_{t,Rd(r)}$
1	282.24	282.24	504.19	504.19	282.24
2	-	-	-	-	-

Szer.	$F_{t,Rd(r)}$	$F_{c,fb,Rd,R}$	$F_{c,fb,Rd,L}$	$F_{c,hb,Rd,R}$	$F_{c,hb,Rd,L}$	$F_{tt,hb,Rd,R}$	$F_{tt,hb,Rd,L}$	$\sum_{r=1} F_{t,Rd(i)}$	$F_{t,ep/wb,Rd(k-r,g),R}$	$\sum_{k=1} F_{ti,Rd}$	$F_{t,ep/wb,Rd(l-r,g),L}$	$\sum_{l=1} F_{ti,Rd}$	$F_{tr,Rd}$
1	282.2	593.7	593.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	282.2
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

8.1.4.2. Rozkład plastyczny sił w rozciąganych szeregach śrub

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

8.1.4.3. Wyznaczanie nośności $M_{j,Rd}$

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

$$M_{j,Rd} = \sum F_{tr,Rd} \cdot h_r = F_{t1,Rd} \cdot h_1 = 282.24 \cdot 303.63 = 85695.33 \text{ [kNmm]}$$

Szer.	$F_{tr,Rd}$	h_r	$F_{tr,Rd} \cdot h_r$	$\sum_r M_{j,Rd,row}$
[-]	[kN]	[mm]	[kNmm]	[kNmm]
1	282.24	303.63	85695.33	85695.33
2	-	-	-	-

8.1.4.4. Sprawdzanie warunków nośności

Warunek nośności przy zginaniu

$$|M_{j,Ed}| = \max \left(|M_{j,Ed,R}| ; |M_{j,Ed,L}| \right) = \min \left(|(-50000.00)| ; |(-50000.00)| \right) = 50000.00 \text{ [kNmm]}$$

$$|M_{Ed}| / |M_{j,Rd}| = |50000.00| / 85695.33 = 0.58 \leq 1.0 \text{ Warunek spełniony}$$

Załączniki

Warunki nośności przy ścinaniu siłą pionową

$$\left| V_{Ed} \right| = \max \left(\left| V_{Ed,R} \right| ; \left| V_{Ed,L} \right| \right) = \max \left(\left| (-6.29) \right| ; \left| 17.62 \right| \right) = 17.62 \left[kNmm \right]$$

$$\left| V_{Ed} \right| / F_{gr,b,Rd} = \left| 17.62 \right| / 188.16 = 0.09 \leq 1.0 \text{ Warunek spełniony}$$

Warunek interakcji zginania z siłą podłużną (strona prawa)

$$\left| M_{j,Ed} \right| / M_{j,Rd} + \left| N_{j,Ed} \right| / N_{j,Rd} = \left| 50000.00 \right| / 85695.33 + \left| 65.80 \right| / 282.24 = 0.82 \leq 1.0$$

Warunek spełniony

Warunek interakcji zginania z siłą podłużną (strona lewa)

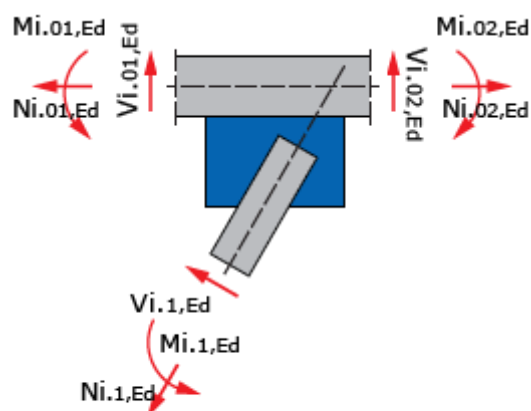
$$\left| M_{j,Ed} \right| / M_{j,Rd} + \left| N_{j,Ed} \right| / N_{j,Rd} = \left| 50000.00 \right| / 85695.33 + \left| 63.71 \right| / 282.24 = 0.81 \leq 1.0$$

Warunek spełniony

8.1.5. Warunki nośności - podsumowanie

Zestaw sił nr	Model	$\left M_{j,Ed} \right / M_{Rd}$	$\left V_{Ed} \right / F_{gr,b,Rd}$	interakcja M-N (R)	interakcja M-N (L)
1	M ⁽⁻⁾	0.58	0.09	0.82	0.81

2. Obciążenia



Nr	Seria	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1.01		-100.00	0.00	0.00
1.02		-100.00	0.00	0.00
1.1		-300.00	0.00	0.00

3. Geometria

Konfiguracja ogólna węzła

	Rodzaj węzła	Y
	Przesunięcie punktu węzłowego (w pionie) [mm]	$e = 0.00$

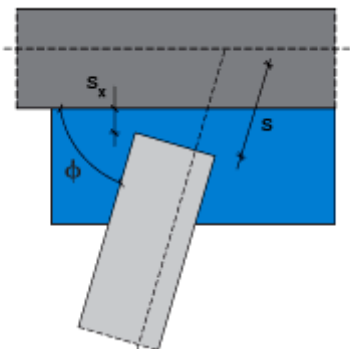
Pas kratowy

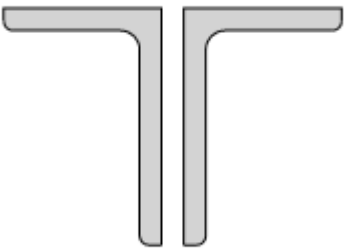
	Typ profilu	IPE 330
	Wysokość przekroju [mm]	$h_{ch0} = 330.00$

Załączniki

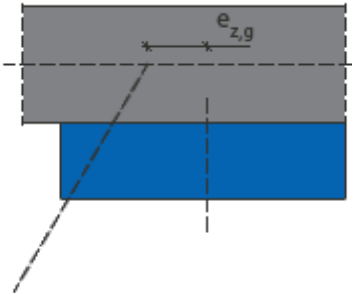
	Szerokość pólki przekroju [mm]	$b_{f,ch0} = 160.00$
	Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{w,ch0} = 7.50$
	Grubość pólki przekroju [mm]	$t_{f,ch0} = 11.50$
	Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1,ch0} = 18.00$
	Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_{ch0} = 6260.00$
	Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{y,ch0} = 11770.00$
	Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{z,ch0} = 788.10$
	Stal	S 355
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{y,ch0} = 355.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{u,ch0} = 510.00$
	ϵ	0.81

Pręt skratowania nr 1

	Odsunięcie od punktu węzłowego [mm]	$s = 270.00$
	Odsunięcie krawędzi od ścianki pasa kratowego [mm]	$s_x = 54.45$
	Kąt nachylenia pręta [°]	$\phi = 70.00$
	Odległość od osi do wewnętrznej krawędzi pręta [mm]	$c = 100.20$

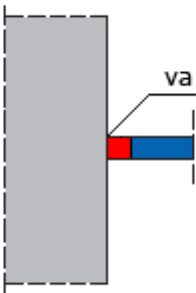
	Typ profilu	2 x L 150 x 100 x 14
	dane profilu podstawowego:	
	Typ profilu	L 150 x 100 x 14
	Długość dłuższego ramienia [mm]	$h_{b1(single)} = 150.00$
	Długość krótszego ramienia [mm]	$b_{b1(single)} = 100.00$
	Grubość ścianki przekroju [mm]	$t_{b1(single)} = 14.00$
	Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1,b1(single)} = 12.00$
	Promień zewnętrzny [mm]	$R_{2,b1(single)} = 6.00$
	Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_{b1(single)} = 3320.00$
	Moment bezwładności względem	$I_{y,b1(single)} = 744.40$

Załączniki

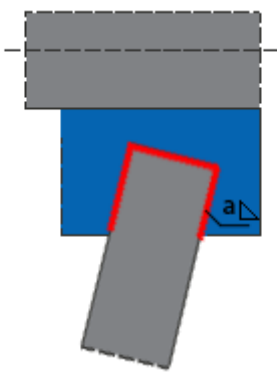
	osi y-y [cm ⁴]	
	Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{z,b1(single)} = 264.90$
	odstęp [mm]	$t_p = 14.00$
	Pole powierzchni przekroju poprzecznego (profil zdwojony) [mm ²]	$A_{b1} = 6640.00$
	Moment bezwładności względem osi y-y (profil zdwojony) [cm ⁴]	$I_{y,b1} = 1488.80$
	Moment bezwładności względem osi z-z (profil zdwojony) [cm ⁴]	$I_{z,b1} = 1209.74$
	Stal	S 275
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{y,b1} = 275.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{u,b1} = 430.00$
	ϵ	0.92
Blacha węłowa		
	Presunięcie blachy względem punktu węłowego [mm]	$e_{z,g} = -170.00$
	Typ profilu	BL 350 x 300 x 14
	Wysokość [mm]	$h_{gp} = 300.00$
	Długość [mm]	$l_{gp} = 350.00$
	Grubość [mm]	$t_{gp} = 14.00$
	Stal	S 355
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{ygp} = 355.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ugp} = 510.00$
	ϵ	0.81

4. Parametry połączenia

- połączenie pas kratowy-błacha węzłowa (blacha): spawane

	Rodzaj	czołowa
	Przetop	pełen

- połączenie pręt skratowania nr 1-błacha węzłowa (blacha): spawane

	Rodzaj	pachwinowa
	Grubość spoiny [mm]	a = 8.00

5. Sprawdzenie warunków normowych

Liczba niespełnionych warunków geometrycznych lub normowych: 0 z 2

5.1. Połączenie pręt skratowania nr 1-błacha węzłowa (blacha) (spoiny)

grubość spoiny pachwinowej a_p

$$a_p \geq \max \left(0.2 \cdot t, 3.0 \text{ mm} \right)$$

$$a_p \leq \min \left(0.7 \cdot t, 16.0 \text{ mm} \right)$$

$$t_{\min} = \min \left(14.0, 14.0 \right) = 14.0 [\text{mm}]$$

$$t_{\max} = \max \left(14.0, 14.0 \right) = 14.0 [\text{mm}]$$

$$8.0 \geq \max \left(0.2 \cdot 14.0, 3.0 \text{ mm} \right) = 3.0 [\text{mm}]$$

Załączniki

$$8.0 \leq \min(0.7 \cdot 14.0, 16.0 \text{ mm}) = 9.8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.2. Połączenie pręt skratowania nr 1-błacha węzłowa (blacha) (spoiny)

długość spoiny pachwinowej $l_{\text{eff},p}$

$$l_{\text{eff},p} \geq \max(6 \cdot a, 30.0 \text{ mm})$$

$$l_{\text{eff},p,\min} = \min(190.7, 245.3, 134.0) = 134.0 [\text{mm}]$$

$$134.0 \geq \max(6 \cdot 8.0, 30.0 \text{ mm}) = 48.0 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

6. Lista maksymalnych wyężeń

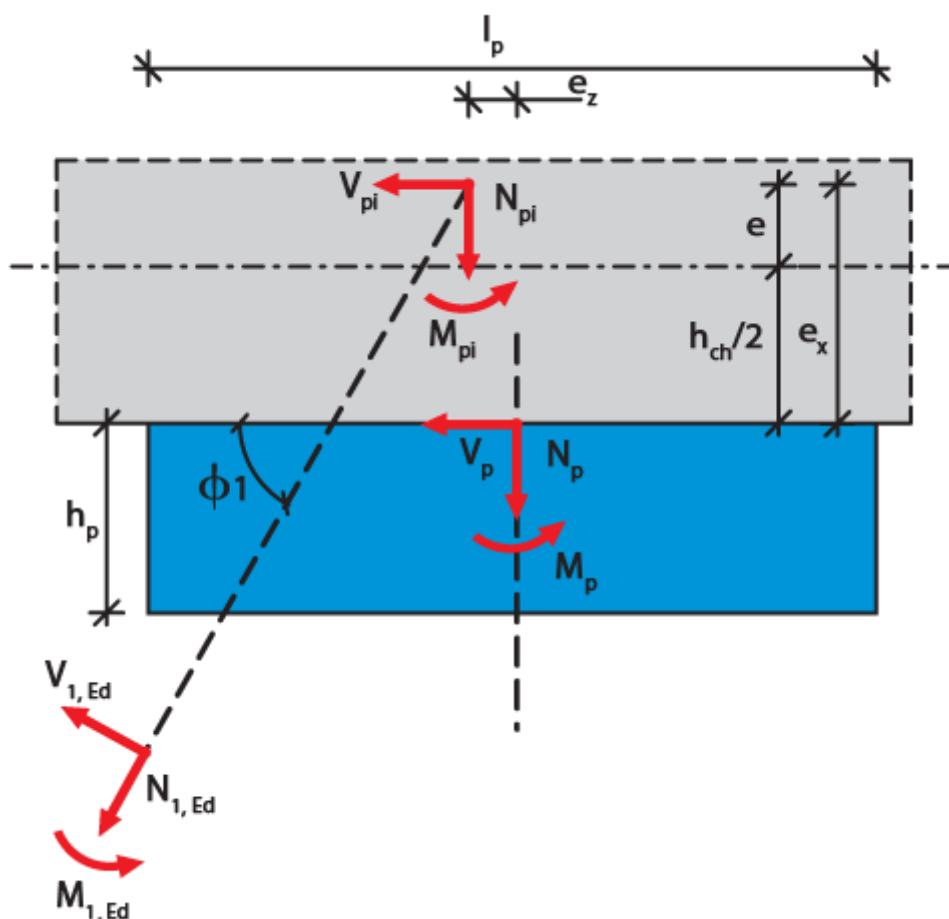
Liczba przekroczonych warunków nośności: 0 z 19

Maksymalne wyężenie główne w obliczanej konstrukcji wynosi: 0.84

Sprawdzany element	War.	Siła
ściananie przekroju blachy węzłowej w płaszczyźnie x	0.10	1
ściananie przekroju blachy węzłowej w płaszczyźnie z	0.33	1
nośność osiowa przekroju blachy węzłowej w płaszczyźnie x	0.16	1
nośność osiowa przekroju blachy węzłowej w płaszczyźnie z	0.07	1
złożony stan naprężeń blachy węzłowej	0.84	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt 1, naprężenie zastępcze	0.22	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt 1, naprężenie prost.	0.05	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt 2, naprężenie zastępcze	0.22	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt 2, naprężenie prost.	0.06	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt 3, naprężenie zastępcze	0.16	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt 3, naprężenie prost.	0.05	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt 4, naprężenie zastępcze	0.16	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt 4, naprężenie prost.	0.09	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt A, naprężenie zastępcze	0.05	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt A, naprężenie prost.	0.05	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt B, naprężenie zastępcze	0.05	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): Punkt B, naprężenie prost.	0.04	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): nośność przekroju poprzecznego miarodajnego blachy węzłowej	0.32	1
Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane): nośność przekroju miarodajnego blachy węzłowej na wyboczenie	0.23	1

7.1.1. Parametry geometryczne ogólne

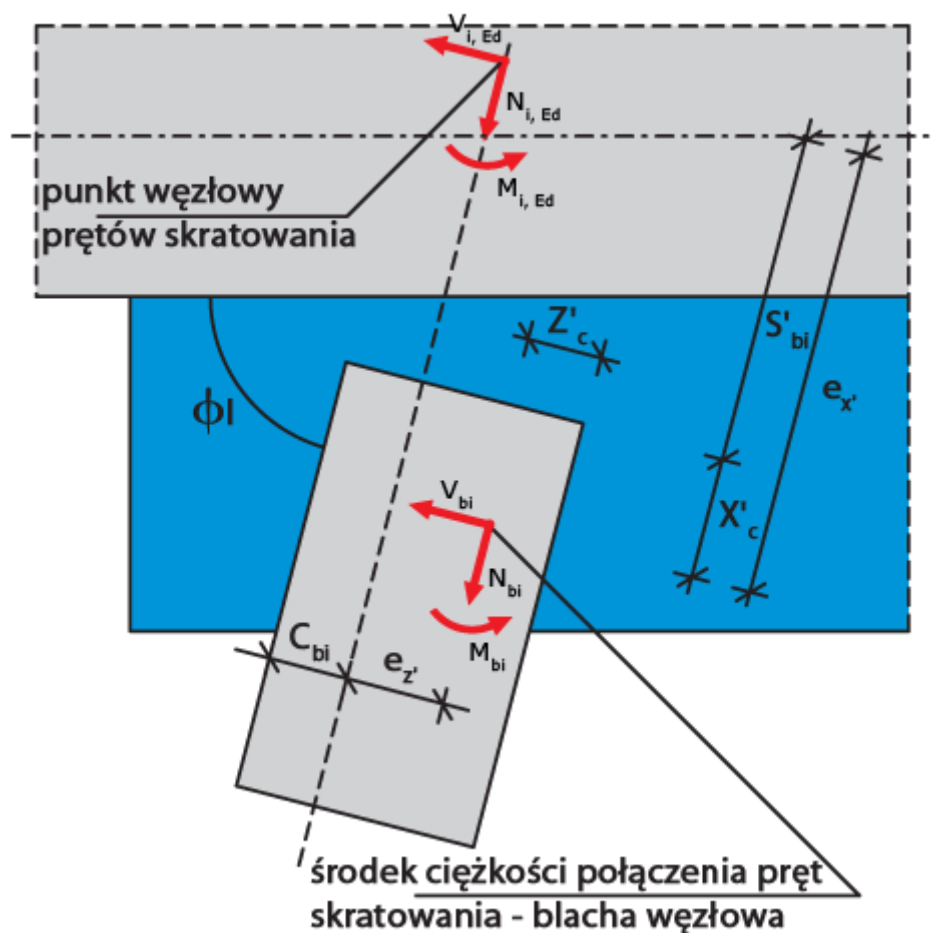
7.1.1.1. Połączenie blacha węzłowa-pas kratowy (spawane)



Mimośrodzy działania sił

$$e_z = -170.00 [\text{mm}]$$

7.1.1.2. Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane)



Mimośrodki działania sił

$$l_{sNtop} = l_{b1Ntop} - 2 \cdot a_p = 206.72 - 2 \cdot 8.00 = 190.72 [mm]$$

$$l_{sNbottom} = l_{b1Nbottom} - 2 \cdot a_p = 261.31 - 2 \cdot 8.00 = 245.31 [mm]$$

$$l_{sV} = h_{b1} - 2 \cdot a_p = 150.00 - 2 \cdot 8.00 = 134.00 [mm]$$

$$A_{sNtop} = l_{sNtop} \cdot a_p = 190.72 \cdot 8.00 = 1525.74 [mm^2]$$

$$A_{sNbottom} = l_{sNbottom} \cdot a_p = 245.31 \cdot 8.00 = 1962.50 [mm^2]$$

$$A_{sN} = A_{sNtop} + A_{sNbottom} = 1525.74 + 1962.50 = 3488.24 [mm^2]$$

$$A_{sV} = l_{sV} \cdot a_p = 134.00 \cdot 8.00 = 1072.00 [mm^2]$$

$$A_s = A_{sN} + A_{sV} = 3488.24 + 1072.00 = 4560.24 [mm^2]$$

$$S_{sx} = -0.5 \cdot a_p \cdot A_{sV} + 0.5 \cdot l_{b1Ntop} \cdot A_{sNtop} + 0.5 \cdot l_{b1Nbottom} \cdot A_{sNbottom}$$

$$S_{sx} = -0.5 \cdot 8.00 \cdot 1072.00 + 0.5 \cdot 206.72 \cdot 1525.74 + 0.5 \cdot 261.31 \cdot 1962.50 = 409822.55 [mm^3]$$

$$x_c' = \frac{S_{sx}}{A_s} = \frac{409822.55}{4560.24} = 89.87 [mm]$$

$$S_{sx'} = -0.5 \cdot a_p \cdot A_{sNtop} + 0.5 \cdot h_{b1} \cdot A_{sV} + \left(h_{b1} + 0.5 \cdot a_p \right) \cdot A_{sNbottom}$$

$$S_{sx'} = -0.5 \cdot 8.00 \cdot 1525.74 + 0.5 \cdot 150.00 \cdot 1072.00 + \left(150.00 + 0.5 \cdot 8.00 \right) \cdot 1962.50 = 376522.04 [mm^3]$$

Załączniki

$$z'_c = \frac{S_{s,x'}}{A_s} = \frac{376522.04}{4560.24} = 82.57 [mm]$$

$$e_{x'} = s_{b1} + x'_c = 270.00 + 89.87 = 359.87 [mm]$$

$$e_{x'} = \left(h_{b1} - c_{b1} \right) - z'_c = (150.00 - 100.20) - 82.57 = -32.77 [mm]$$

7.1.2. Parametry ogólne połączenia spawanego

7.1.2.1. Połączenie blacha węzłowa-pas kratowy (spawane)

Zakłada się nośność spoiny czołowej równą nośności elementu łączącego (blacha węzłowa).

7.1.2.2. Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane)

$$J_{s,x',Ntop} = \frac{l_{s,Ntop} \cdot a_p^3}{12} + A_{s,Ntop} \cdot \left(z'_c + 0.5 \cdot a_p \right)^2$$

$$J_{s,x',Ntop} = \frac{190.72 \cdot 8.00^3}{12} + 1525.74 \cdot \left(82.57 + 0.5 \cdot 8.00 \right)^2 = 11441594.56 [mm^4]$$

$$J_{s,x',Nbottom} = \frac{l_{s,Nbottom} \cdot a_p^3}{12} + A_{s,Nbottom} \cdot \left(h_{b1} - z'_c + 0.5 \cdot a_p \right)^2$$

$$J_{s,x',Nbottom} = \frac{245.31 \cdot 8.00^3}{12} + 1962.50 \cdot \left(150.00 - 82.57 + 0.5 \cdot 8.00 \right)^2 = 10024642.37 [mm^4]$$

$$J_{s,x',V} = \frac{a_p \cdot l_{s,V}^3}{12} + A_{s,V} \cdot \left(z'_c - 0.5 \cdot h_{b1} \right)^2$$

$$J_{s,x',V} = \frac{8.00 \cdot 134.00^3}{12} + 1072.00 \cdot \left(82.57 - 0.5 \cdot 150.00 \right)^2 = 1665441.11 [mm^4]$$

$$J_{s,x'} = J_{s,x',Ntop} + J_{s,x',Nbottom} + J_{s,x',V} = 11441594.56 + 10024642.37 + 1665441.11 = 23131678.04 [mm^4]$$

$$J_{s,x',Ntop} = a_p \cdot \frac{l_{s,Ntop}^3}{12} + A_{s,Ntop} \cdot \left(x'_c - 0.5 \cdot l_{b1,Ntop} \right)^2$$

$$J_{s,x',Ntop} = \frac{8.00 \cdot 190.72^3}{12} + 1525.74 \cdot \left(89.87 - 0.5 \cdot 206.72 \right)^2 = 4902268.84 [mm^4]$$

$$J_{s,x',Nbottom} = a_p \cdot \frac{l_{s,Nbottom}^3}{12} + A_{s,Nbottom} \cdot \left(x'_c - 0.5 \cdot l_{b1,Nbottom} \right)^2$$

$$J_{s,x',Nbottom} = \frac{8.00 \cdot 245.31^3}{12} + 1962.50 \cdot \left(89.87 - 0.5 \cdot 261.31 \right)^2 = 13106501.14 [mm^4]$$

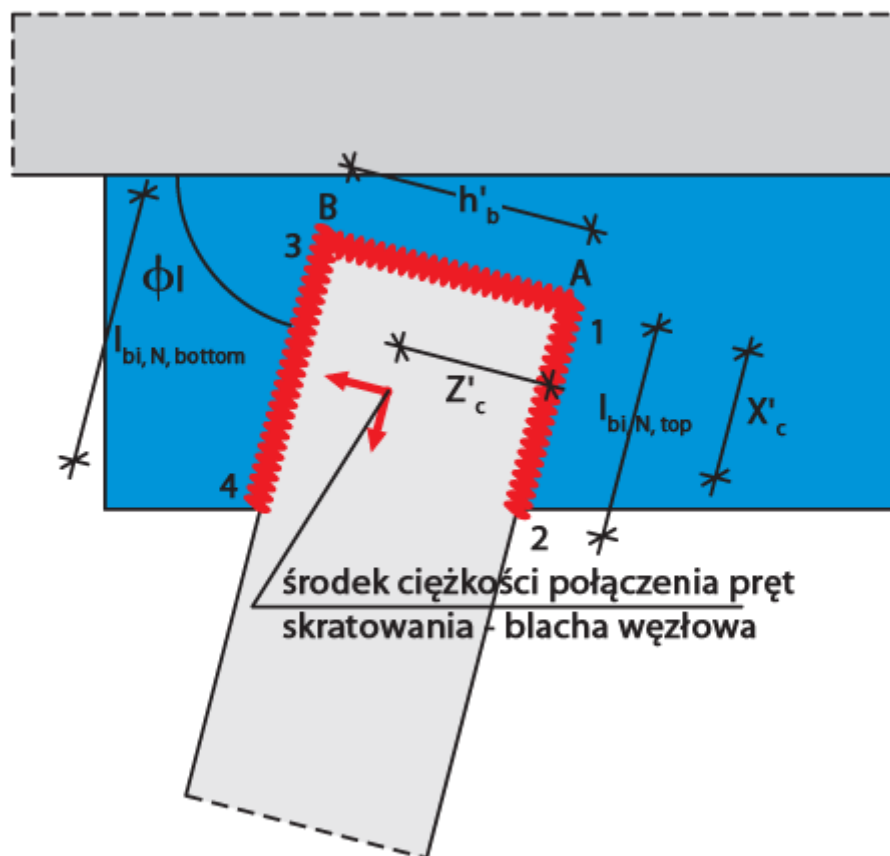
$$J_{s,x',V} = \frac{l_{s,V} \cdot a_p^3}{12} + A_{s,V} \cdot \left(x'_c + 0.5 \cdot a_p \right)^2$$

Załączniki

$$J_{s,x',V} = \frac{134.00 \cdot 8.00^3}{12} + 1072.00 \cdot (89.87 + 0.5 \cdot 8.00)^2 = 9451471.59 [mm^4]$$

$$J_{s,x'} = J_{s,x',Ntop} + J_{s,x',Nbottom} + J_{s,x',V} = 4902268.84 + 13106501.14 + 9451471.59 = 27460241.57 [mm^4]$$

$$J_{s0} = J_{s,x'} + J_{s,y'} = 23131678.04 + 27460241.57 = 50591919.60 [mm^4]$$



Punkty istotne układu spoin

Punkty 1-4 - obliczenia wspólne

$$L_{j,1-4} = l_{bi,Ntop} + l_{bi,Nbottom} = 206.72 + 261.31 = 468.03 [mm]$$

$$L_{j,1-4} = 468.03 < 150 \cdot a_p = 150 \cdot 8.00 = 1200.00 [mm]$$

$$\beta_{Lw,1-4} = 1.00$$

$$\sigma_{zast,1-4,max} = \frac{(\beta_{Lw,1-4} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1.00 \cdot 430.00 \cdot 10^{-3})}{(0.85 \cdot 1.25)} = 0.4047 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,1-4,max} = \frac{(\beta_{Lw,1-4} \cdot 0.9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(0.40 \cdot 0.9 \cdot 430.00 \cdot 10^{-3})}{1.25} = 0.1253 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Załączniki

Punkt 1

$$x'_1 = -x'_c = -89.87 [mm]$$

$$z'_1 = -z'_c - 0.5 \cdot a_p = -82.57 - 0.5 \cdot 8.00 = -86.57 [mm]$$

Punkt 2

$$x'_2 = l_{b1, Ntop} - x'_c = 206.72 - 89.87 = 116.85 [mm]$$

$$z'_2 = z'_1 = -86.57 [mm]$$

Punkt 3

$$x'_3 = x'_1 = -89.87 [mm]$$

$$z'_3 = h_{b1} - z'_c + 0.5 \cdot a_p = 150.00 - 82.57 + 0.5 \cdot 8.00 = 71.43 [mm]$$

Punkt 4

$$x'_4 = l_{b1, Nbottom} - x'_c = 261.31 - 89.87 = 171.44 [mm]$$

$$z'_4 = z'_3 = 71.43 [mm]$$

Punkty I-II - obliczenia wspólne

$$L_{i, I-II} = h_{b1} = 150.00 [mm]$$

$$L_{i, I-II} = 150.00 < 150 \cdot a_p = 150 \cdot 8.00 = 1200.00 [mm]$$

$$\beta_{Lw, I-II} = 1.00$$

$$\sigma_{\text{zast, I-II, max}} = \frac{(\beta_{Lw, I-II} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1.00 \cdot 430.00 \cdot 10^{-3})}{(0.85 \cdot 1.25)} = 0.4047 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp, I-II, max} = \frac{(\beta_{Lw, I-II} \cdot 0.9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(0.40 \cdot 0.9 \cdot 430.00 \cdot 10^{-3})}{1.25} = 0.1253 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Punkt A

$$x'_A = -x'_c - 0.5 \cdot a_p = -89.87 - 0.5 \cdot 8.00 = -93.87 [mm]$$

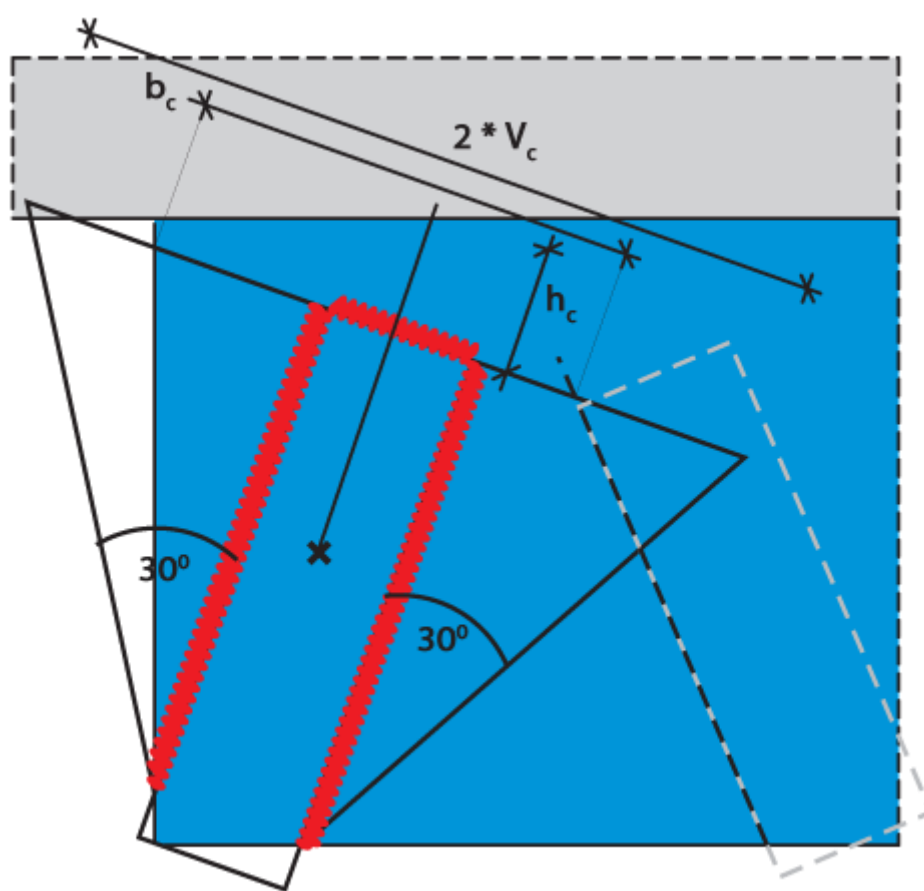
$$z'_A = -z'_c = -82.57 [mm]$$

Punkt B

$$x'_B = x'_A = -93.87 [mm]$$

$$z'_B = h_{b1} - z'_c = 150.00 - 82.57 = 67.43 [mm]$$

Nośność lokalna blachy w połączeniach z prętami skratowania



Rysunek schematyczny ogólny parametrów zasięgu przekroju miarodajnego

Do wyznaczenia przekroju miarodajnego brutto dla części blachy węzłowej powiązanej z danym prętem przyjmuje się rozpraszanie siły osiowej w zakresie 30.0° od krawędzi zewnętrznych przyjętego typu połączenia.

długość współpracująca $l_{r,\parallel}$ dla połączenia spawanego wyznacza się jako równą najkrótszej długości spoiny podłużnej:

$$l_{r,\parallel} = \min(l_{r,\parallel top}, l_{r,\parallel bottom}) = \min(206.72; 261.31) = 206.72 [mm]$$

zasięg boczny przekroju miarodajnego:

$$l'_{r,\perp top} = \tan(30^\circ) \cdot l_{r,\parallel} = 0.5774 \cdot 206.72 = 119.35 [mm]$$

zasięg boczny przekroju miarodajnego $l'_{r,prost,top}$ ulega redukcji ze względu na kolizję z krawędzią blachy węzłowej lub obrysem sąsiedniego pręta skratowania (połączenie spawane) albo prostą trasowania śrub (połączenie śrubowe):

$$l_{r,\perp top} = 53.79 [mm]$$

$$l_{r,\perp bottom} = \tan(30^\circ) \cdot l_{r,\parallel} = 0.5774 \cdot 206.72 = 119.35 [mm]$$

$$b_{lr} = h_{bl} + l_{r,\perp top} + l_{r,\perp bottom} = 150.00 + 53.79 + 119.35 = 323.14 [mm]$$

$$A_{lr} = b_{lr} \cdot t_p = 323.14 \cdot 14.00 = 4523.97 [mm^2]$$

Załączniki

$$J_{br,x'} = \frac{t_p \cdot b_{br}^3}{12} = \frac{14,00 \cdot 323,14^3}{12} = 39366130,59 [mm^4]$$

położenie skrajnego włókna przekroju miarodajnego wyznacza się dla niezredukowanego zasięgu bocznego przekroju miarodajnego:

$$v_{br} = \frac{(h_{b1})}{2} + \max(l'_{br,\perp,top}; l'_{br,\perp,bottom}) = \frac{150,00}{2} + \max(119,35; 119,35) = 194,35 [mm]$$

Nośność na lokalne wyboczenie

$$J_{br,y'} = \frac{b_{br} \cdot t_p^3}{12} = \frac{323,14 \cdot 14,00^3}{12} = 73891,56 [mm^4]$$

wysokość wykrojonego pręta miarodajnego ustala się w osi ś. c. połączenia:

$$h_{br} = 85,24 [mm]$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{br,y'}}{(4 \cdot h_{br}^2)} = \frac{3,14^2 \cdot 210,00 \cdot 73891,56}{(4 \cdot 85,24^2)} = 5269,64 [kN]$$

$$\tilde{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{A_{br} \cdot f/N_{cr}}{10^3} \right)} = \sqrt{\left(\frac{4523,97 \cdot 355,00}{10^3 \cdot 5269,64} \right)} = 0,552$$

parametr imperfekcji α wg krzywej wyboczenia c:

$$\alpha = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\tilde{\lambda} - 0,2) + \tilde{\lambda}^2 \right) = 0,5 \cdot \left(1 + 0,49 \cdot (0,552 - 0,2) + 0,552^2 \right) = 0,739$$

$$X = \frac{1}{\left(\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \tilde{\lambda}^2} \right)} = \frac{1}{\left(0,739 + \sqrt{0,739^2 - 0,552^2} \right)} = 0,813$$

$$N_{br,c,Rd} = \frac{X \cdot A_{br} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,813 \cdot 4523,97 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 1306,37$$

7.1.3. Nośność przekroju blachy węzłowej

7.1.3.1. Ścinanie blachy węzłowej

w płaszczyźnie x:

$$A_{v,x} = t_p \cdot l_p = 14,00 \cdot 350,00 = 4900,00 [mm^2]$$

$$V_{p(s),pl,Rd,x} = \frac{A_{v,x} \cdot f_y}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{4900,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{(\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 1004,30 [kN]$$

w płaszczyźnie z:

$$A_{v,z} = t_p \cdot h_p = 14,00 \cdot 300,00 = 4200,00 [mm^2]$$

$$V_{p(s),pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{4200,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{(\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 860,83 [kN]$$

7.1.3.2. Nośność osiowa blachy węzłowej

Załączniki

w płaszczyźnie x:

$$A_{n,x} = A_{v,x} = 4900,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$N_{p(t),pl,Rd,x} = \frac{A_{n,x} \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{4900,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 1739,50 \text{ [kN]}$$

w płaszczyźnie z:

$$A_{n,z} = A_{v,z} = 4200,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$N_{p(t),pl,Rd,z} = \frac{A_{n,z} \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{4200,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 1491,00 \text{ [kN]}$$

7.1.4. Złożony stan naprężeń blachy węzłowej

$$W_p = \frac{t_p \cdot l_p^2}{6} = \frac{14,00 \cdot 350,00^2}{6} = 285833,33 \text{ [mm}^3\text{]}$$

8. Obliczenia dla kolejnych serii sił

8.1. Zestaw sił nr 1

8.1.1. Rozdział sił

8.1.1.1. Połączenie blacha węzłowa-pas kratowy (spawane)

Transformacja sił do układu współrzędnych blachy węzłowej: pręt skratowania nr 1

$$N_{Op1,xz} = N_{l,Ed} \cdot \sin(70,00^\circ) - V_{l,Ed} \cdot \cos(70,00^\circ) = -281,91 \text{ [kN]}$$

$$V_{Op1,xz} = N_{l,Ed} \cdot \cos(70,00^\circ) + V_{l,Ed} \cdot \sin(70,00^\circ) = -102,61 \text{ [kN]}$$

$$M_{Op1,xz} = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

Siły działające na środek ciężkości układu spoin

$$N_{Op} = N_{Op1,xz} = -281,91 \text{ [kN]}$$

$$V_{Op} = V_{Op1,xz} = -102,61 \text{ [kN]}$$

$$M_{Op} = M_{Op1,xz} - N_{Op} \cdot e_z + V_{Op} \cdot e_x$$

$$M_{Op} = 0,00 - 281,91 \cdot -170,00 + -102,61 \cdot 165,00 = -64854,32 \text{ [kNmm]}$$

8.1.1.2. Dla przekroju blachy węzłowej

Załączniki

$$V_{Op(s),x} = |V_{Op1,x}|$$

$$V_{Op(s),x} = |-102.61| = 102.61 [kN]$$

$$V_{Op(s),z} = |N_{Op1,x}| = |-281.91| = 281.91 [kN]$$

$$N_{Op(t),x} = V_{Op(s),z} = 281.91 [kN]$$

$$N_{Op(t),z} = |V_{Op1,x}| = |-102.61| = 102.61 [kN]$$

8.1.1.3. Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane)

$$N_{Ob1} = N_{Ed} = -300.00 [kN]$$

$$V_{Ob1} = V_{Ed} = 0.00 [kN]$$

$$M_{Ob1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot e_z' + V_{Ed} \cdot e_x' = 0.00 \cdot 10^3 + -300.00 \cdot -32.77 + 0.00 \cdot 359.87 = 9829.91 [kNmm]$$

8.1.2. Siły działające na poszczególne elementy połączenia

8.1.2.1. Połączenie blacha węzłowa-pas kratowy (spawane)

$$N_p = 1.0 \cdot N_{Op} = 1.0 \cdot -281.91 = -281.91 [kN]$$

$$V_p = 1.0 \cdot V_{Op} = 1.0 \cdot -102.61 = -102.61 [kN]$$

$$M_p = 1.0 \cdot M_{Op} = 1.0 \cdot -64854.32 = -64854.32 [kN]$$

8.1.2.2. Dla przekroju blachy węzłowej

$$V_{p(s),x} = 1.0 \cdot V_{Op(s),x} = 1.0 \cdot 102.61 = 102.61 [kN]$$

$$V_{p(s),z} = 1.0 \cdot V_{Op(s),z} = 1.0 \cdot 281.91 = 281.91 [kN]$$

$$N_{p(t),x} = 1.0 \cdot N_{Op(t),x} = 1.0 \cdot 281.91 = 281.91 [kN]$$

$$N_{p(t),z} = 1.0 \cdot N_{Op(t),z} = 1.0 \cdot 102.61 = 102.61 [kN]$$

8.1.2.3. Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane)

$$N_{b1} = 0.5 \cdot N_{Ob1} = 0.5 \cdot -300.00 = -150.00 [kN]$$

$$V_{b1} = 0.5 \cdot V_{Ob1} = 0.5 \cdot 0.00 = 0.00 [kN]$$

$$M_{b1} = 0.5 \cdot M_{Ob1} = 0.5 \cdot 9829.91 = 4914.95 [kN]$$

$$N_p = 1.0 \cdot N_{Ob1} = 1.0 \cdot -300.00 = -300.00 [kN]$$

$$V_p = 1.0 \cdot V_{Ob1} = 1.0 \cdot 0.00 = 0.00 [kN]$$

$$M_p = 1.0 \cdot M_{Ob1} = 1.0 \cdot 9829.91 = 9829.91 [kN]$$

8.1.3. Warunki nośności połączenia spawanego

Załączniki

8.1.3.1. Połączenie blacha węzłowa-pas kratowy (spawane)

Brak wyteżeń przyjmujących swoje maksymalne wartości dla tego zestawu sił.

8.1.3.2. Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane)

Punkt 1

$$\tau_{N1} = \frac{N_{b1}}{A_{sN}} = \frac{(-150.00)}{3488.24} = -0.0430 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V1} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx'1} = \frac{M_{b1} \cdot z'_1}{J_{s0}} = \frac{4914.95 \cdot -86.57}{50591919.60} = -0.0084 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{My'1} = \frac{-M_{b1} \cdot x'_1}{J_{s0}} = \frac{(-4914.95) \cdot -89.87}{50591919.60} = 0.0087 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell1} = \left| \tau_{N1} + \tau_{Mx'1} \right| = -0.04 + -0.01 = 0.0514 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp1} = \frac{\left(\left| \tau_{V1} + \tau_{My'1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 + 0.01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0062 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp1} = \frac{\left(\left| \tau_{V1} + \tau_{Mx'1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 + 0.01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0062 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast1} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp1}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp1}^2 + \tau_{\ell1}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.01^2 + 3 \cdot \left(0.01^2 + 0.05^2 \right) \right)} = 0.0899 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast1}}{\sigma_{zast1,max}} = \frac{0.0899}{0.4047} = 0.22$$

$$\frac{\sigma_{\perp1}}{\sigma_{\perp1,max}} = \frac{0.0062}{0.1253} = 0.05$$

Punkt 2

$$\tau_{N2} = \frac{N_{b1}}{A_{sN}} = \frac{(-150.00)}{3488.24} = -0.0430 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V2} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx'2} = \frac{M_{b1} \cdot z'_2}{J_{s0}} = \frac{4914.95 \cdot -86.57}{50591919.60} = -0.0084 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{My'2} = \frac{-M_{b1} \cdot x'_2}{J_{s0}} = \frac{(-4914.95) \cdot 116.85}{50591919.60} = -0.0114 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell2} = \left| \tau_{N2} + \tau_{Mx'2} \right| = -0.04 + -0.01 = 0.0514 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Załączniki

$$\sigma_{\perp 2} = \frac{\left(\left| \tau_{V,2} + \tau_{Mx',2} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 + -0.01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0080 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp 2} = \frac{\left(\left| \tau_{V,2} + \tau_{Mx',2} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 + -0.01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0080 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast,2} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp 2}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp 2}^2 + \tau_{\ell 2}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.01^2 + 3 \cdot \left(0.01^2 + 0.05^2 \right) \right)} = 0.0905 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast,2}}{\sigma_{zast,2,max}} = \frac{0.0905}{0.4047} = 0.22$$

$$\frac{\sigma_{\perp 2}}{\sigma_{\perp 2,max}} = \frac{0.0080}{0.1253} = 0.06$$

Punkt 3

$$\tau_{N3} = \frac{N_{b1}}{A_{s,N}} = \frac{(-150.00)}{3488.24} = -0.0430 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V,3} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx',3} = \frac{M_{b1} \cdot z'_3}{J_{s0}} = \frac{4914.95 \cdot 71.43}{50591919.60} = 0.0069 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx',3} = \frac{-M_{b1} \cdot x'_3}{J_{s0}} = \frac{(-4914.95) \cdot -89.87}{50591919.60} = 0.0087 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell 3} = \left| \tau_{N3} + \tau_{Mx',3} \right| = -0.04 + 0.01 = 0.0361 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp 3} = \frac{\left(\left| \tau_{V,3} + \tau_{Mx',3} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 + 0.01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0062 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp 3} = \frac{\left(\left| \tau_{V,3} + \tau_{Mx',3} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 + 0.01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0062 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast,3} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp 3}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp 3}^2 + \tau_{\ell 3}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.01^2 + 3 \cdot \left(0.01^2 + 0.04^2 \right) \right)} = 0.0637 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast,3}}{\sigma_{zast,3,max}} = \frac{0.0637}{0.4047} = 0.16$$

$$\frac{\sigma_{\perp 3}}{\sigma_{\perp 3,max}} = \frac{0.0062}{0.1253} = 0.05$$

Punkt 4

$$\tau_{N4} = \frac{N_{b1}}{A_{s,N}} = \frac{(-150.00)}{3488.24} = -0.0430 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V,4} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx',4} = \frac{M_{b1} \cdot z'_4}{J_{s0}} = \frac{4914.95 \cdot 71.43}{50591919.60} = 0.0069 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Załączniki

$$\tau_{Mx',4} = \frac{-M_{b1}}{J_{s0}} \cdot x'_{4} = \frac{(-4914,95) \cdot 171,44}{50591919,60} = -0,0167 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell 4} = \left| \tau_{V,4} + \tau_{Mx',4} \right| = -0,04 + 0,01 = 0,0361 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp 4} = \frac{\left(\left| \tau_{V,4} + \tau_{Mx',4} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0,00 + -0,02 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0,0118 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp 4} = \frac{\left(\left| \tau_{V,4} + \tau_{Mx',4} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0,00 + -0,02 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0,0118 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast,4} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp 4}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp 4}^2 + \tau_{\ell 4}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0,01^2 + 3 \cdot \left(0,01^2 + 0,04^2 \right) \right)} = 0,0668 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast,4}}{\sigma_{zast,4,max}} = \frac{0,0668}{0,4047} = 0,16$$

$$\frac{\sigma_{\perp 4}}{\sigma_{\perp 4,max}} = \frac{0,0118}{0,1253} = 0,09$$

Punkt A

$$\tau_{NA} = 0,0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{V,A} = \frac{V_{b1}}{A_{s,V}} = \frac{0,00}{1072,00} = 0,0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx',A} = \frac{M_{b1} \cdot z'_A}{J_{s0}} = \frac{4914,95 \cdot -82,57}{50591919,60} = -0,0080 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx',A} = \frac{-M_{b1}}{J_{s0}} \cdot x'_A = \frac{(-4914,95) \cdot -93,87}{50591919,60} = 0,0091 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell A} = \left| \tau_{V,A} + \tau_{Mx',A} \right| = \left| 0,00 + 0,01 \right| = 0,0091 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp A} = \frac{\left(\left| \tau_{NA} + \tau_{Mx',A} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0,00 + -0,01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0,0057 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp A} = \frac{\left(\left| \tau_{NA} + \tau_{Mx',A} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0,00 + -0,01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0,0057 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast,A} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp A}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp A}^2 + \tau_{\ell A}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0,01^2 + 3 \cdot \left(0,01^2 + 0,01^2 \right) \right)} = 0,0194 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast,A}}{\sigma_{zast,A,max}} = \frac{0,0194}{0,4047} = 0,05$$

$$\frac{\sigma_{\perp A}}{\sigma_{\perp A,max}} = \frac{0,0057}{0,1253} = 0,05$$

Punkt B

$$\tau_{NB} = 0,0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

Załączniki

$$\tau_{V,B} = \frac{V_{bI}}{A_{sV}} = \frac{0.00}{1072.00} = 0.0000 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{Mx',B} = \frac{M_{bI} \cdot z'_B}{J_{s0}} = \frac{4914.95 \cdot 67.43}{50591919.60} = 0.0066 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{My',B} = \frac{-M_{bI} \cdot x'_B}{J_{s0}} = \frac{(-4914.95) \cdot -93.87}{50591919.60} = 0.0091 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\ell,B} = \left| \tau_{V,B} + \tau_{Mx',B} \right| = \left| 0.00 + 0.01 \right| = 0.0091 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\perp,B} = \frac{\left(\left| \tau_{NB} + \tau_{Mx',B} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 + 0.01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0046 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{\perp,B} = \frac{\left(\left| \tau_{NB} + \tau_{Mx',B} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0.00 + 0.01 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0.0046 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast,B} = \sqrt{\left(\sigma_{\perp,B}^2 + 3 \cdot \left(\tau_{\perp,B}^2 + \tau_{\ell,B}^2 \right) \right)} = \sqrt{\left(0.00^2 + 3 \cdot \left(0.00^2 + 0.01^2 \right) \right)} = 0.0183 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast,B}}{\sigma_{zast,B,max}} = \frac{0.0183}{0.4047} = 0.05$$

$$\frac{\sigma_{\perp,B}}{\sigma_{\perp,B,max}} = \frac{0.0046}{0.1253} = 0.04$$

Nośność lokalna blachy w połączeniach z prętami skratowania**Przekrój poprzeczny miarodajny**

$$\sigma_{lr,x'} = \frac{\left| N_p \right|}{A_{br}} + \frac{\left| M_p \right| \cdot v_{br}}{J_{br,x'}} = \frac{\left| (-300.00) \right|}{4523.97} + \frac{9829.91 \cdot 194.35}{39366130.59} = 0.1148 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{lr,x'} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{0.1148 \cdot 1.00}{\left(355.00 \cdot 10^{-3} \right)} = 0.32$$

$$\sigma_{lr,x'} \cdot \gamma_{M0} / f_y = 0.1148 \cdot 1.00 / (355.00 \cdot 10^{-3}) = 0.32 \text{ Warunek spełniony}$$

Nośność na lokalne wyboczenie

$$\frac{\left| N_p \right|}{N_{br,c,Rd}} = \frac{\left| (-300.00) \right|}{1306.37} = 0.23$$

$$\left| N_p \right| / N_{br,c,Rd} = \left| -300.00 \right| / 1306.37 = 0.23 \text{ Warunek spełniony}$$

8.1.4. Nośność przekroju blachy węzłowej**8.1.4.1. Ścinanie blachy węzłowej**

w płaszczyźnie x:

Załączniki

$$\frac{V_{p(s),x}}{V_{p(s),pl,Rd,x}} = \frac{102.61}{1004.30} = 0.10$$

$$V_{p(s),x} / V_{p(s),pl,Rd,x} = 102.61 / 1004.30 = 0.10 \text{ Warunek spełniony}$$

w płaszczyźnie z:

$$\frac{V_{p(s),z}}{V_{p(s),pl,Rd,z}} = \frac{281.91}{860.83} = 0.33$$

$$V_{p(s),z} / V_{p(s),pl,Rd,z} = 281.91 / 860.83 = 0.33 \text{ Warunek spełniony}$$

8.1.4.2. Nośność osiowa blachy węzłowej

w płaszczyźnie x:

$$\frac{N_{p(t),x}}{N_{p(t),pl,Rd,x}} = \frac{281.91}{1739.50} = 0.16$$

$$N_{p(t),x} / N_{p(t),pl,Rd,x} = 281.91 / 1739.50 = 0.16 \text{ Warunek spełniony}$$

w płaszczyźnie z:

$$\frac{N_{p(t),z}}{N_{p(t),pl,Rd,z}} = \frac{102.61}{1491.00} = 0.07$$

$$N_{p(t),z} / N_{p(t),pl,Rd,z} = 102.61 / 1491.00 = 0.07 \text{ Warunek spełniony}$$

8.1.5. Złożony stan naprężeń blachy węzłowej

$$\sigma_{max} = \frac{|N_p|}{A_p} + \frac{|M_p|}{W_p} = \frac{|(-281.91)|}{4200.00} + \frac{|(-64854.32)|}{285833.33} = 0.2940 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\tau = \frac{|V_p|}{A_p} = \frac{|(-102.61)|}{4200.00} = 0.0244 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{0.2940^2 + 3 \cdot 0.0244^2} = 0.2970 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{0.2970 \cdot 1.00}{(355.00 \cdot 10^{-3})} = 0.84$$

$$\sigma_{zast} \cdot \gamma_{M0} / f_y = 0.2970 \cdot 1.00 / (355.00 \cdot 10^{-3}) = 0.84 \text{ Warunek spełniony}$$

9. Podsumowanie wytyżeń

Kolejne kolumny w poniższych tabelach wytyżeń odpowiadając poszczególnym elementom połączenia:

- 1: Połączenie blacha węzłowa-pas kratowy (spawane)
- 2: Połączenie blacha węzłowa-pręt skratowania nr 1 (spawane)

Załączniki

Zestaw sił nr 1

Wartości poszczególnych wytyżeń dla połączeń typu spawanego.

wytyżenie	1	2
$\sigma_{zast,1} / \sigma_{zast,1,max}$	-	0.22
$\sigma_{prost,1} / \sigma_{prost,1,max}$	-	0.05
$\sigma_{zast,2} / \sigma_{zast,2,max}$	-	0.22
$\sigma_{prost,2} / \sigma_{prost,2,max}$	-	0.06
$\sigma_{zast,3} / \sigma_{zast,3,max}$	-	0.16
$\sigma_{prost,3} / \sigma_{prost,3,max}$	-	0.05
$\sigma_{zast,4} / \sigma_{zast,4,max}$	-	0.16
$\sigma_{prost,4} / \sigma_{prost,4,max}$	-	0.09
$\sigma_{zast,A} / \sigma_{zast,A,max}$	-	0.05
$\sigma_{prost,A} / \sigma_{prost,A,max}$	-	0.05
$\sigma_{zast,B} / \sigma_{zast,B,max}$	-	0.05
$\sigma_{prost,B} / \sigma_{prost,B,max}$	-	0.04
$\sigma_{zast,l} / \sigma_{zast,l,max}$	-	-
$\sigma_{prost,l} / \sigma_{prost,l,max}$	-	-
przekrój poprzeczny miarodajny	-	0.32
wyboczenie pręta wykrojonego blachy	-	0.23
$V_{p(s),x} / V_{p(s),pl,Rd,x}$	0.10	-
$V_{p(s),z} / V_{p(s),pl,Rd,z}$	0.33	-
$N_{p(t),x} / N_{p(t),pl,Rd,x}$	0.16	-
$N_{p(t),z} / N_{p(t),pl,Rd,z}$	0.07	-
złożony stan naprężeń blachy węzłowej	0.84	-

Zestawienie maksymalnych wytyżeń

Wartości największych wytyżeń dla poszczególnych połączeń.

Siły	1	2
1	0.84	0.22

Załączniki