

EuroZłącza

Podręcznik użytkownika dla programu
EuroZłącza

2015-02-06

1 Spis Treści

Spis Treści

1	SPIS TREŚCI.....	2
2	WSTĘP.....	10
3	RAPORT Z OBLICZENIAMI.....	12
4	PANELE GŁÓWNE PROGRAMU.....	15
4.1	MODEL POŁĄCZENIA	16
4.2	MODEL SIŁ	16
4.2.1	Dodawanie kombinacji sił.....	17
4.2.2	Usuwanie kombinacji sił.....	17
4.3	WYNIKI WYMIAROWANIA.....	18
4.3.1	Komunikaty i wyniki w oknie głównym.....	18
4.4	WYDRUKI.....	19
4.4.1	Rysunek	20
4.4.2	Raport wyteżeń	20
4.4.3	Raport skrócony.....	20
4.4.4	Raport pełny.....	20
4.5	ZAPISYWANIE (ODCZYTYWANIE) DANYCH	20
4.5.1	Zapis danych.....	20
4.5.2	Odczyt danych	20
5	POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE	21
5.1	TYP POŁĄCZENIA.....	22
5.2	DANE WEJŚCIOWE	23
5.2.1	Słup.....	24
5.2.2	Belka.....	24
5.2.3	Globalne parametry połączenia.....	24
5.2.4	Geometria przy styku.....	24
5.2.5	Sposób łączenia.....	25
5.2.6	Rodzaj węzła.....	25
5.2.7	Żebra wzmacniające półki	25
5.2.8	Ogólny sposób wymiarowania.....	26
5.2.9	Typ połączenia.....	26
5.3	BLACHA CZOŁOWA.....	27
5.3.1	Blacha czołowa – Wymiary	27
5.3.2	Blacha czołowa – Baza materiałowa	28
5.4	ŻEBRO WZMACNIAJĄCE GÓRNE (DOLNE) – BLACHA	28
5.4.1	Blacha żebra – Wymiary.....	28
5.4.2	Blacha żebra – Baza materiałowa	29
5.5	ŻEBRO WZMACNIAJĄCE GÓRNE (DOLNE)-TEOWNIK.....	29
5.5.1	Żebro – Wymiary.....	29

Spis Treści

5.5.2	Żebro – Rodzaj.....	30
5.6	PARAMETRY SPOIN	31
5.6.1	Belka	31
5.6.2	Rodzaj spoiny	31
5.6.3	Sposób wymiarowania spoin	32
5.6.4	Blacha wzmacniająca żebra górna (dolna).....	32
5.6.5	Żebro wzmacniające górne (dolne).....	32
5.7	PARAMETRY ŚRUB.....	32
5.7.1	Kategoria połączenia.....	33
5.7.2	Geometria połączenia	33
5.7.3	Baza materiałowa.....	34
5.7.4	Liczba szeregów rozciąganych	34
5.7.5	Odległość blachy czołowej oraz pierwszego szeregu śrub o krawędzi słupa.....	34
5.8	WZMOCNIENIA ŚRODNIA SŁUPA	35
5.8.1	Brak	35
5.8.2	Zdwojone żebra poprzeczne	35
5.8.2.1	Parametry żeber usztywniających poprzecznych	35
5.8.2.2	Baza materiałowa	36
5.8.3	Nakładki środnika	36
5.8.3.1	Parametry nakładki środnika słupa – Wymiary	36
5.8.3.2	Parametry nakładki środnika słupa – Rodzaj spoiny	36
5.8.3.3	Parametry nakładki środnika słupa – Baza materiałowa	37
5.9	ZASTOSOWANIA NIESTANDARDOWE.....	37
6	POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA PODCIĄG-BELKA.....	38
6.1	TYP POŁĄCZENIA.....	40
6.2	DANE WEJŚCIOWE	41
6.2.1	Podciąg	42
6.2.2	Belka.....	42
6.2.3	Globalne parametry połączenia.....	42
6.2.4	Elementy łączące	43
6.2.5	Geometria przy styku.....	44
6.2.6	Ogólny sposób wymiarowania.....	46
6.2.7	Wycięcia przykońcowe.....	46
6.3	PARAMETRY PRZYKŁADKI.....	47
6.3.1	Typ elementu	47
6.3.2	Parametry przykładki – Wymiary	47
6.3.3	Parametry przykładki – Położenie	47
6.3.4	Parametry przykładki – Baza materiałowa	48
6.4	POŁĄCZENIE BELKA-BLACHA (PRZYKŁADKA)	48

Spis Treści

6.4.1	Typ połączenia – Spawane.....	48
6.4.2	Typ połączenia – śrubowe	49
6.4.2.1	Geometria połączenia	49
6.4.2.2	Baza materiałowa	50
6.5	POŁĄCZENIE PODCIĄG-BLACHA (PRZYKŁADKA).....	50
6.5.1	Rodzaj spoiny – Pachwinowa	50
6.5.2	Rodzaj spoiny – Czołowa	51
6.6	PARAMETRY UŻEBROWANIA PODCIĄGU	52
6.6.1	Baza materiałowa.....	53
6.7	POŁĄCZENIE BELKA-BLACHA (ŻEBRO)	53
6.7.1	Typ połączenia – Spawane.....	53
6.7.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	54
6.7.2.1	Geometria połączenia	54
6.7.2.2	Baza materiałowa	55
7	POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA SŁUP-BELKA	56
7.1	TYP POŁĄCZENIA.....	58
7.2	DANE WEJŚCIOWE	59
7.2.1	Słup.....	59
7.2.2	Belka.....	59
7.2.3	Globalne parametry połączenia.....	60
7.2.4	Sposób łączenia.....	60
7.2.5	Rodzaj węzła.....	60
7.2.6	Ogólny sposób wymiarowania.....	61
7.2.7	Geometria przy styku.....	61
7.2.8	Symetria.....	61
7.2.9	Elementy łączące	62
7.3	PARAMETRY PRZYKŁADKI.....	65
7.3.1	Typ elementu	65
7.3.2	Parametry przykładki – Wymiary	65
7.3.3	Parametry przykładki – Położenie	65
7.3.4	Parametry przykładki – Baza materiałowa	66
7.4	POŁĄCZENIE BELKA-BLACHA (PRZYKŁADKA)	66
7.4.1	Typ połączenia – Spawane.....	66
7.4.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	67
7.4.2.1	Parametry ogólne.....	68
7.4.2.2	Geometria połączenia	68
7.4.2.3	Baza materiałowa	68
7.5	POŁĄCZENIE SŁUP-BLACHA (PRZYKŁADKA)	69
7.5.1	Rodzaj spoiny – Pachwinowa	69
7.5.2	Rodzaj spoiny – Czołowa	69

Spis Treści

7.6	PARAMETRY NAKŁADKI GÓRNEJ	70
7.6.1	Baza materiałowa.....	71
7.7	POŁĄCZENIE BELKA-BLACHA (NAKŁADKA GÓRNA).....	71
7.7.1	Typ połączenia – Spawane.....	72
7.7.2	Typ połączenia - Śrubowe	73
7.7.2.1	Parametry ogólne.....	73
7.7.2.2	Geometria połączenia	73
7.7.2.3	Baza materiałowa	74
7.8	POŁĄCZENIE ŚLUP-BLACHA (NAKŁADKA GÓRNA)	74
7.8.1	Rodzaj spoiny – Pachwinowa	74
7.8.2	Rodzaj spoiny – Czołowa	75
7.9	PARAMETRY NAKŁADKI DOLNEJ.....	75
7.9.1	Baza materiałowa.....	76
7.10	POŁĄCZENIE BELKA-BLACHA (NAKŁADKA DOLNA).....	76
7.10.1	Typ połączenia – Spawane.....	76
7.10.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	78
7.10.2.1	Parametry ogólne.....	78
7.10.2.2	Geometria połączenia	78
7.10.2.3	Baza materiałowa	79
7.11	POŁĄCZENIE ŚLUP-BLACHA (NAKŁADKA DOLNA).....	79
7.11.1	Rodzaj spoiny – Pachwinowa	79
7.11.2	Rodzaj spoiny – Czołowa	81
7.12	STOLIK MONTAŻOWY	81
7.12.1	Przekrój stolika montażowego	82
7.12.2	Typ połączenia – Śrubowy.....	83
7.12.3	Typ połączenia – Spawany	84
7.13	WZMOCNIENIE ŚRODNIA ŚLUPA	85
7.13.1	Parametry żeber poprzecznych słupa – Wymiary	85
7.13.2	Parametry żeber poprzecznych słupa – Baza materiałowa	85
8	POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA BELKA-BELKA.....	86
8.1	TYP POŁĄCZENIA.....	87
8.2	DANE WEJŚCIOWE	88
8.2.1	Belka lewa	89
8.2.2	Belka prawa	89
8.2.3	Globalne parametry połączenia.....	89
8.2.4	Ogólny sposób wymiarowania.....	90
8.2.5	Geometria przy styku.....	90
8.2.6	Symetria.....	92
8.2.7	Elementy łączące	93

Spis Treści

8.3	PARAMETRY PRZYKŁADKI.....	95
8.3.1	Typ elementu	95
8.3.2	Parametry przykładki – Wymiary	95
8.3.3	Parametry przykładki – Położenie	95
8.3.4	Parametry przykładki – Baza materiałowa	96
8.4	POŁĄCZENIE BELKA PRAWA-PRZYKŁADKA	96
8.4.1	Typ połączenia – Spawane.....	96
8.4.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	97
8.4.2.1	Parametry ogólne.....	98
8.4.2.2	Geometria połączenia	98
8.4.2.3	Baza materiałowa	98
8.5	POŁĄCZENIE BELKA LEWA-PRZYKŁADKA.....	99
8.5.1	Typ połączenia – Spawane.....	99
8.5.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	100
8.5.2.1	Parametry ogólne.....	100
8.5.2.2	Geometria połączenia	100
8.5.2.3	Baza materiałowa	101
8.6	PARAMETRY NAKŁADKI GÓRNEJ	101
8.6.1	Baza materiałowa.....	102
8.7	POŁĄCZENIE BELKA PRAWA-NAKŁADKA GÓRNA.....	102
8.7.1	Typ połączenia – Spawane.....	102
8.7.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	103
8.7.2.1	Parametry ogólne.....	104
8.7.2.2	Geometria połączenia	104
8.7.2.3	Baza materiałowa	104
8.8	POŁĄCZENIE BELKA LEWA-NAKŁADKA GÓRNA	104
8.8.1	Typ połączenia – Spawane.....	104
8.8.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	106
8.8.2.1	Parametry ogólne.....	106
8.8.2.2	Geometria połączenia	106
8.8.2.3	Baza materiałowa	107
8.9	PARAMETRY NAKŁADKI DOLNEJ.....	107
8.9.1	Baza materiałowa.....	108
8.10	POŁĄCZENIE BELKA PRAWA-NAKŁADKA DOLNA	108
8.10.1	Typ połączenia – Spawane.....	108
8.10.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	109
8.10.2.1	Parametry ogólne.....	109
8.10.2.2	Geometria połączenia	109
8.10.2.3	Baza materiałowa	110
8.11	POŁĄCZENIE BELKA LEWA-NAKŁADKA DOLNA	110

Spis Treści

8.11.1	Typ połączenia – Spawane.....	110
8.11.2	Typ połączenia – Śrubowe.....	111
8.11.2.1	Parametry ogólne.....	111
8.11.2.2	Geometria połączenia	111
8.11.2.3	Baza materiałowa	112
8.12	ZASTOSOWANIA NIESTANDARDOWE.....	112
ZAŁĄCZNIKI.....		113
RAPORT PRZYKŁADOWY: POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE		113
RAPORT PRZYKŁADOWY: POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA PODCIĄG-BELKA		146
RAPORT PRZYKŁADOWY: POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA SŁUP-BELKA		174
RAPORT PRZYKŁADOWY: POŁĄCZENIE EUROZŁĄCZA BELKA-BELKA		225

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 pierwszej wersji programu wymiarowane są następujące typy połączeń stalowych:

- Połączenie EuroZłącza **PODCIĄG-BELKA** wzmocnione 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 środka 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.

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.

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.

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 zgodności ze sztuką projektowo-budowlaną.

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

Strukturę raportu wyznaczają jego kolejne sekcje:

- a) 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**.

- b) Obciążenia

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

- c) 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.).

- d) 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.

- e) Lista maksymalnych wytyżeń

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

- f) Obliczenia szczegółowe

Obliczenia te podzielone są na części:

– Obliczenia wstępne

Raport z obliczeniami

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

– Obliczenia dla kolejnych serii sił

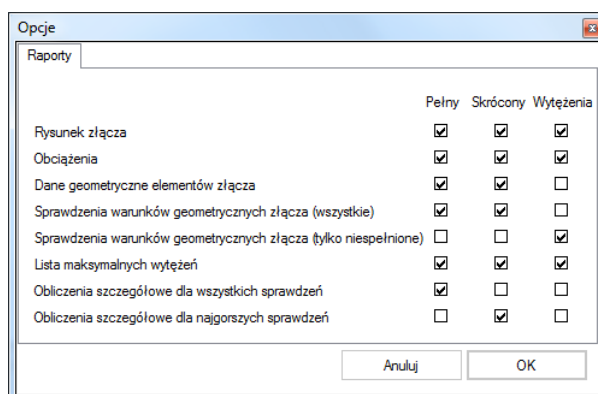
Obliczenia dla kolejnych kombinacji sił (podanych w panelu **Model sił**). Wykorzystywane są w nich wyniki obliczeń wstępnych.

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**).



The screenshot shows a dialog box titled "Opcje" with a "Raporty" tab. It contains a table of options for generating reports, with columns for "Pełny", "Skrócony", and "Wyłączenia".

	Pełny	Skrócony	Wyłączenia
Rysunek złącza	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Obciążenia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dane geometryczne elementów złącza	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sprawdzenia warunków geometrycznych złącza (wszystkie)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sprawdzenia warunków geometrycznych złącza (tylko niespełnione)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lista maksymalnych wyłączeń	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Obliczenia szczegółowe dla wszystkich sprawdzeń	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obliczenia szczegółowe dla najgorszych sprawdzeń	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Buttons: 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.

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	
Y _{M5} = 1.00	

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.

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

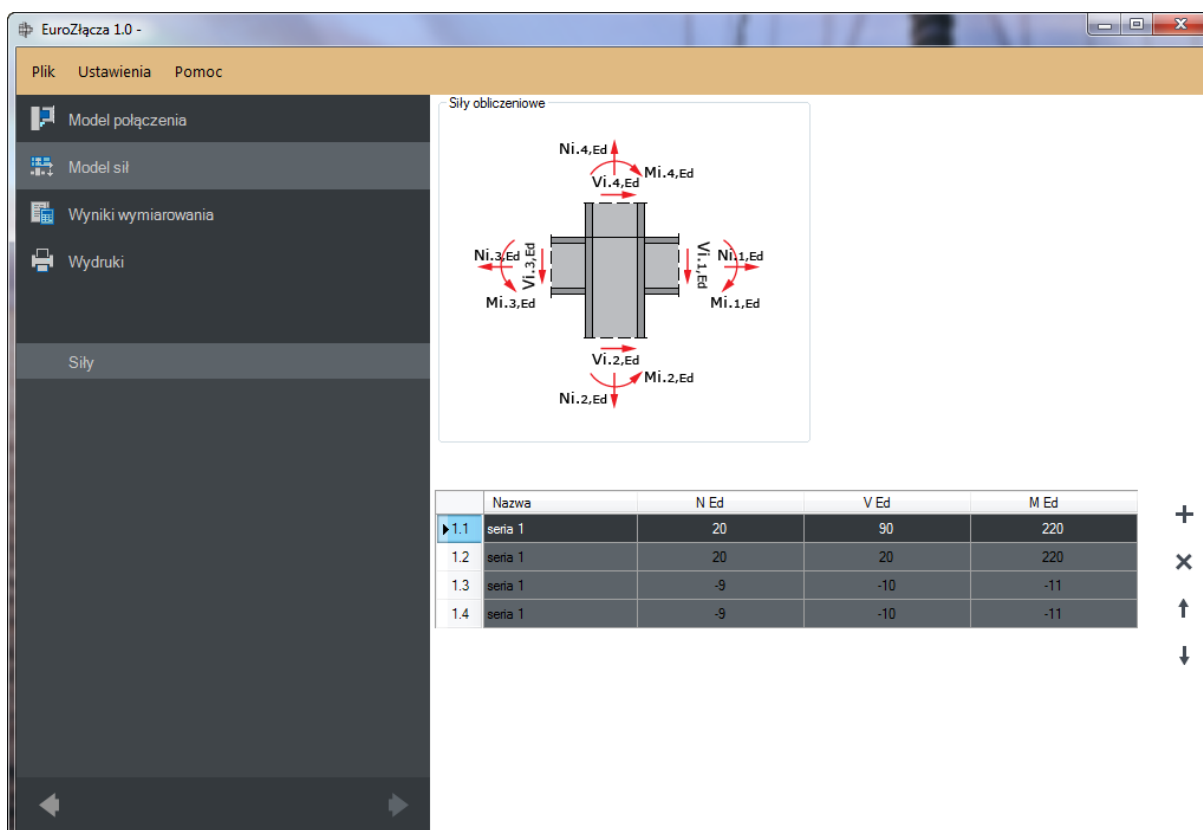
4.2 Model sił

W panelu *Model sił* użytkownik wpisuje dowolną kombinację sił obliczeniowych, dla których program przeprowadzi obliczenia nośności połączenia. Każda kombinacja sił (liczby

Panele główne programu

rzeczywiste) składa się z pól: nazwy kombinacji sił, siły podłużnej (N_{Ed}), siły poprzecznej (V_{Ed}), momentu zginającego (M_{Ed}) działającego na połączenie.

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



	Nazwa	N Ed	V Ed	M Ed
▶1.1	seria 1	20	90	220
1.2	seria 1	20	20	220
1.3	seria 1	-9	-10	-11
1.4	seria 1	-9	-10	-11

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.

Panele główne programu

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

4.3.1 Komunikaty i 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.

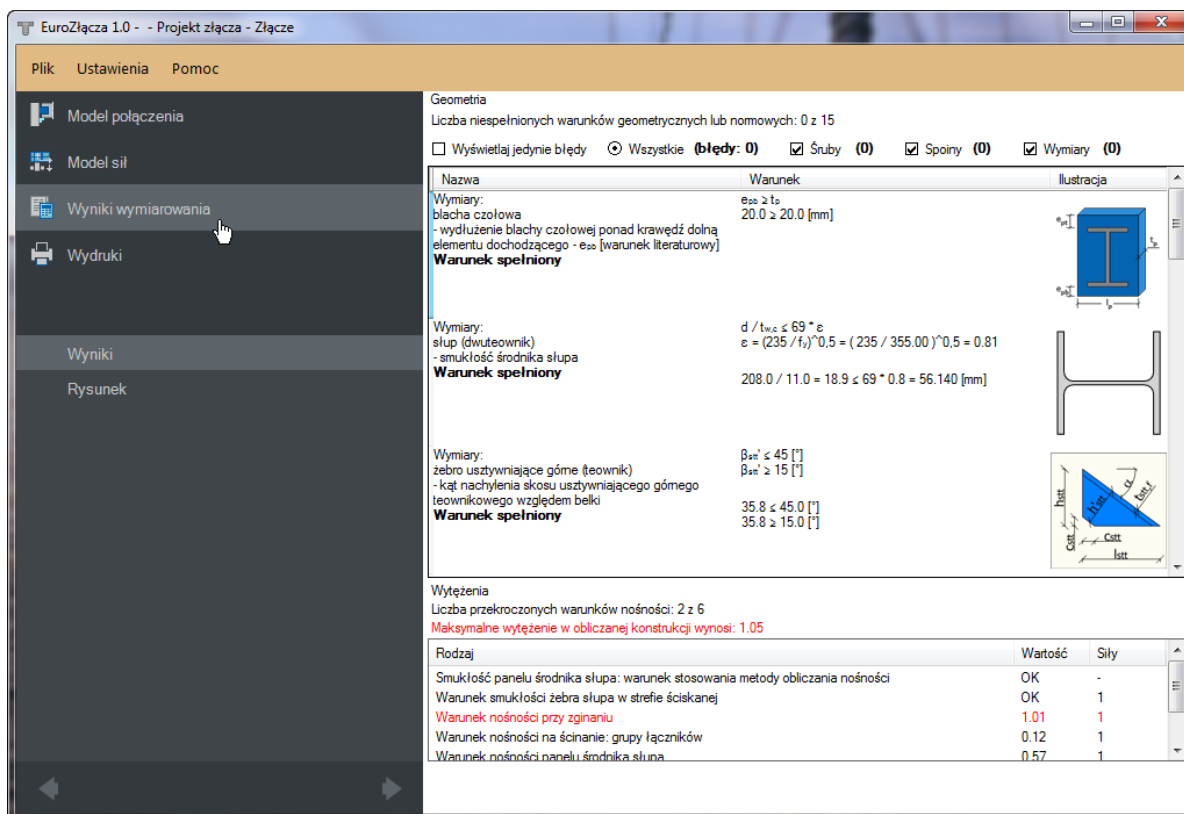
Użytkownik ma kontrolę nad wyświetlanymi w oknie błędami w wynikach, które może w każdej chwili uaktywnić i wyświetlić dla warunków geometrycznych i normowych, osobno dla: śrub, spoin i wymiarów połączenia.

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:

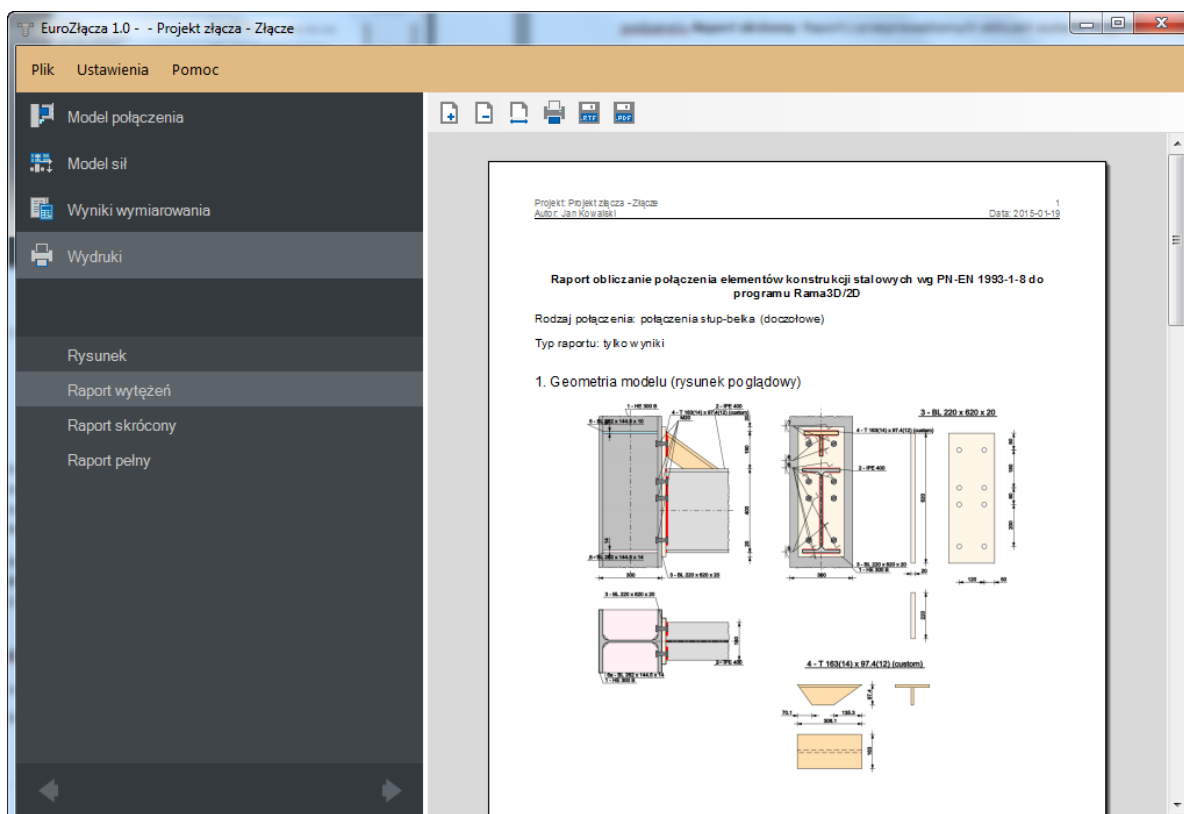
- liczbę niespełnionych warunków geometrycznych i normowych,
- liczbę przekroczonych warunków nośności,
- maksymalne wyężenie w obliczanym połączeniu.

Panele główne programu



4.4 Wydruki

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



Panele główne programu

4.4.1 Rysunek

Po wprowadzeniu wszystkich niezbędnych danych, a przed wykonaniem obliczeń można sprawdzić zamodelowany węzeł poprzez użycie zakładki **Rysunek** dostępnej w panelu **Wydruki**. Wówczas wygenerowany zostanie rysunek poglądowy (niekonstrukcyjny) odzwierciedlający konfigurację modelu zgodną z danymi określonymi przez użytkownika.

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 wyteżeń, należy użyć opcji generowania raportu z podpanelu **Raport wyteżeń**. 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 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:

a) 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.

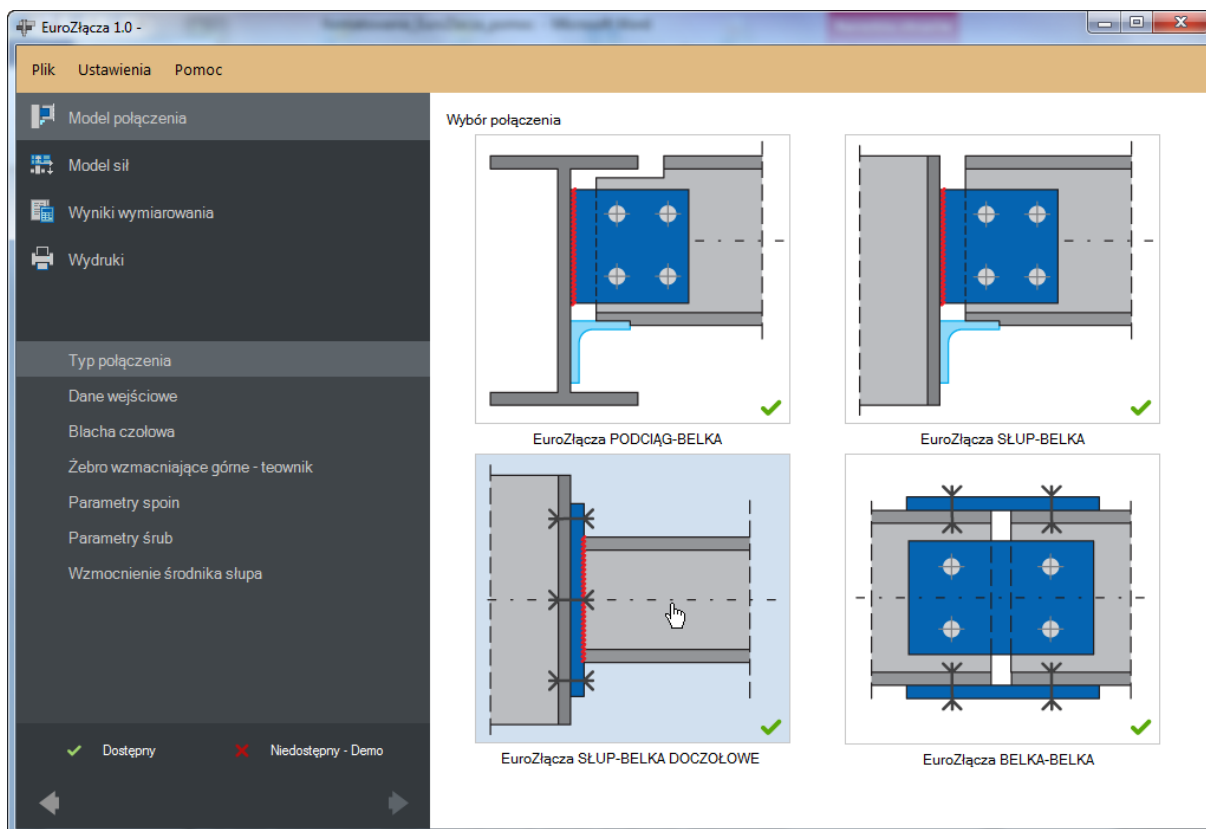
b) Żebra wzmacniające półki belki dolne i (lub) górne, w postaci:

- 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).

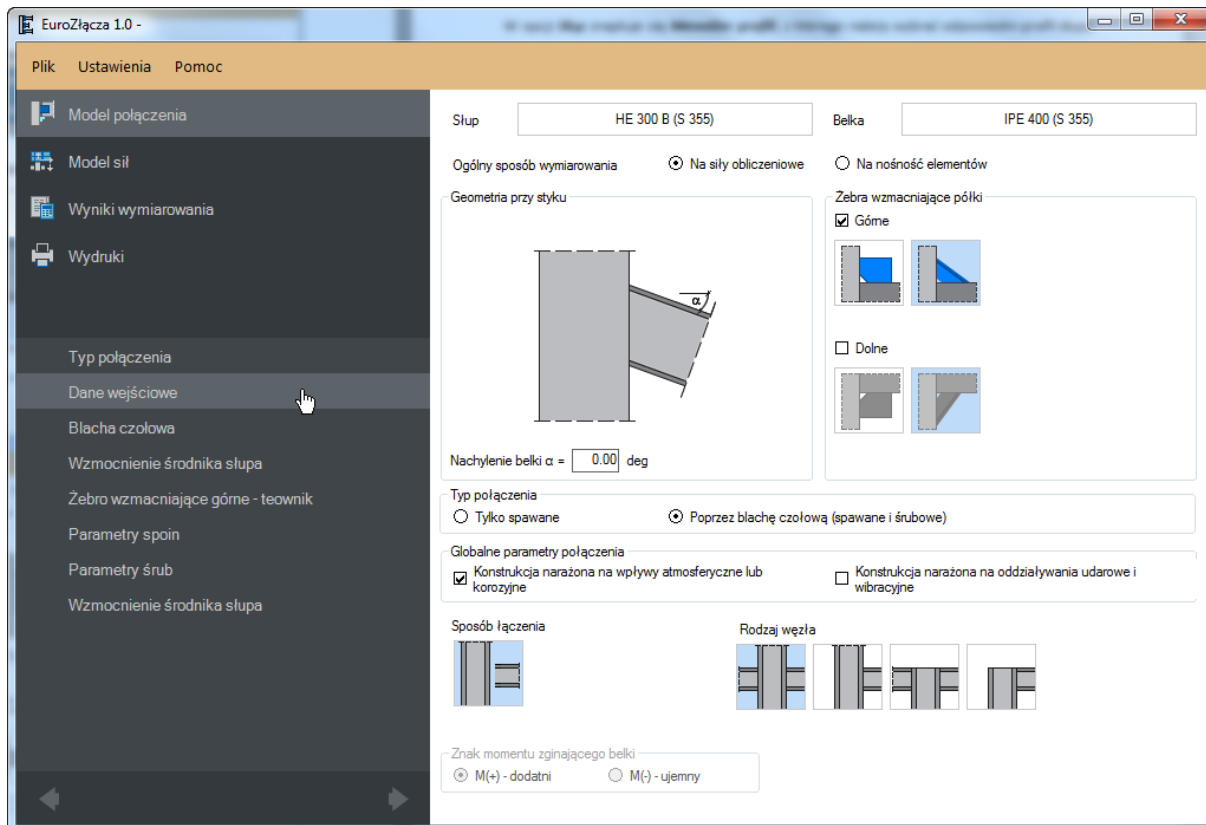
5.1 Typ połączenia

Przy wyborze *Typu połączenia* pojawia się poglądowy (nieilustrujący aktualnej konfiguracji połączenia) rysunek jednej z możliwych konfiguracji połączenia słup-belka typu doczołowego, którego wybór określa typ liczonego modelu połączenia.

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

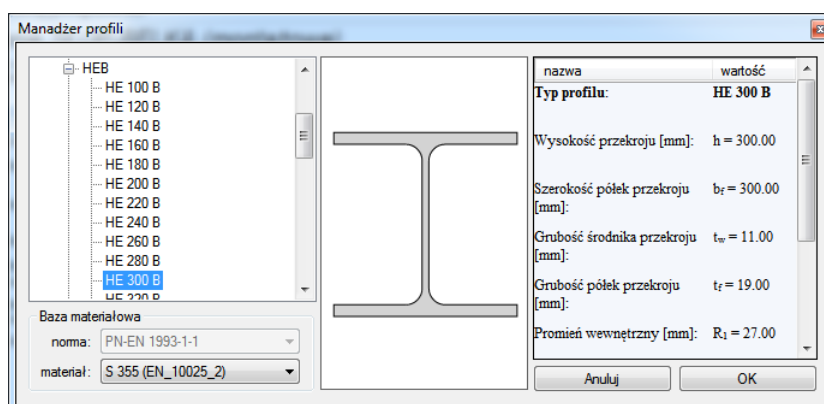


5.2 Dane wejściowe



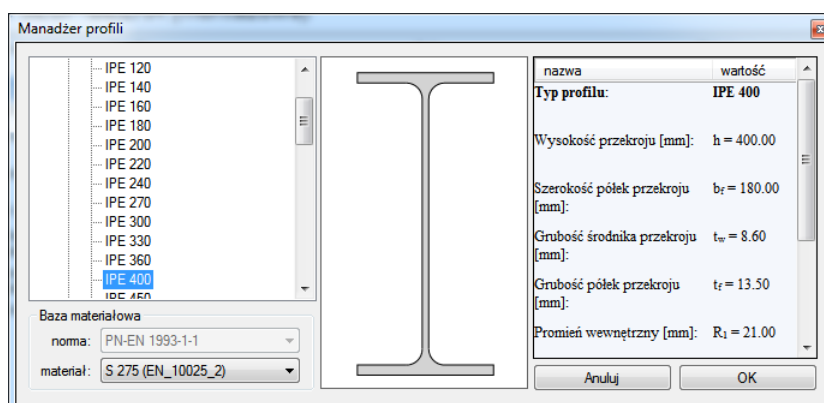
5.2.1 Słup

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 wstawieniu 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 przekraczać 15 stopni.

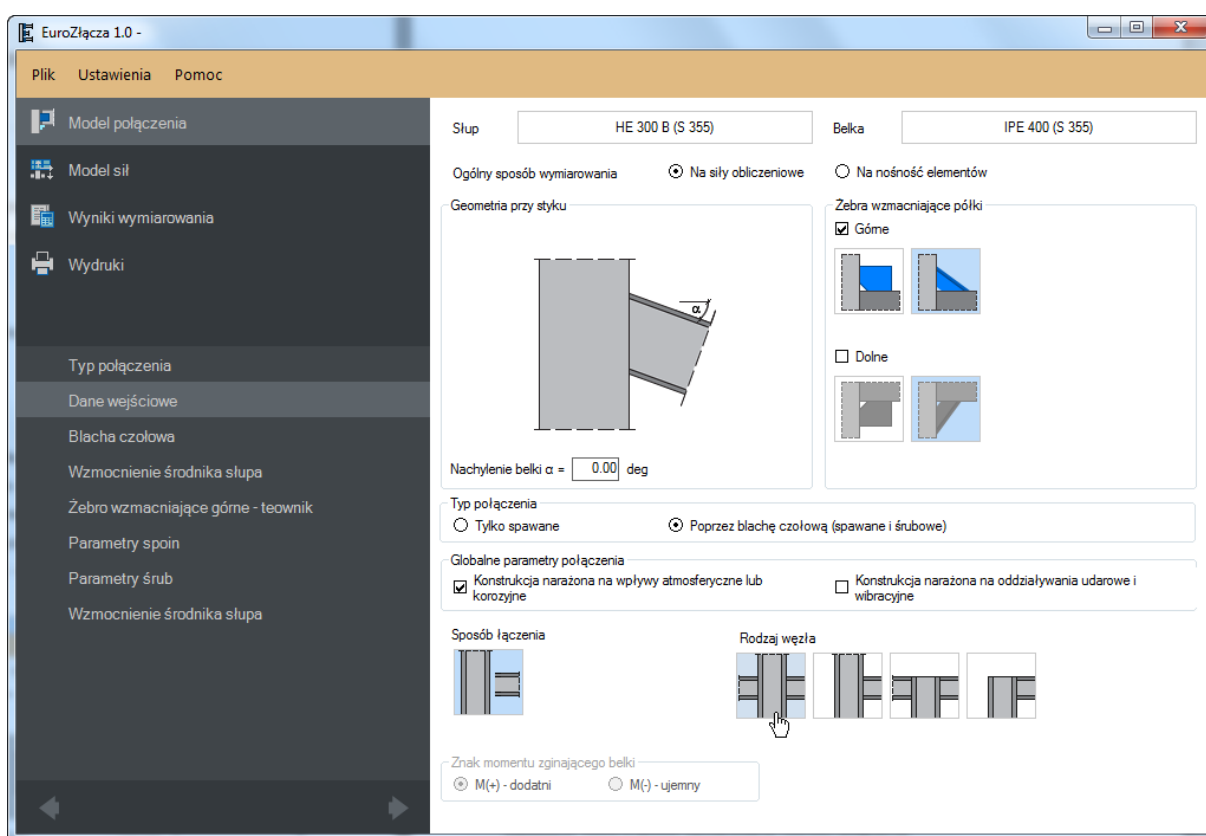
5.2.5 Sposób łączenia

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

5.2.6 Rodzaj węzła

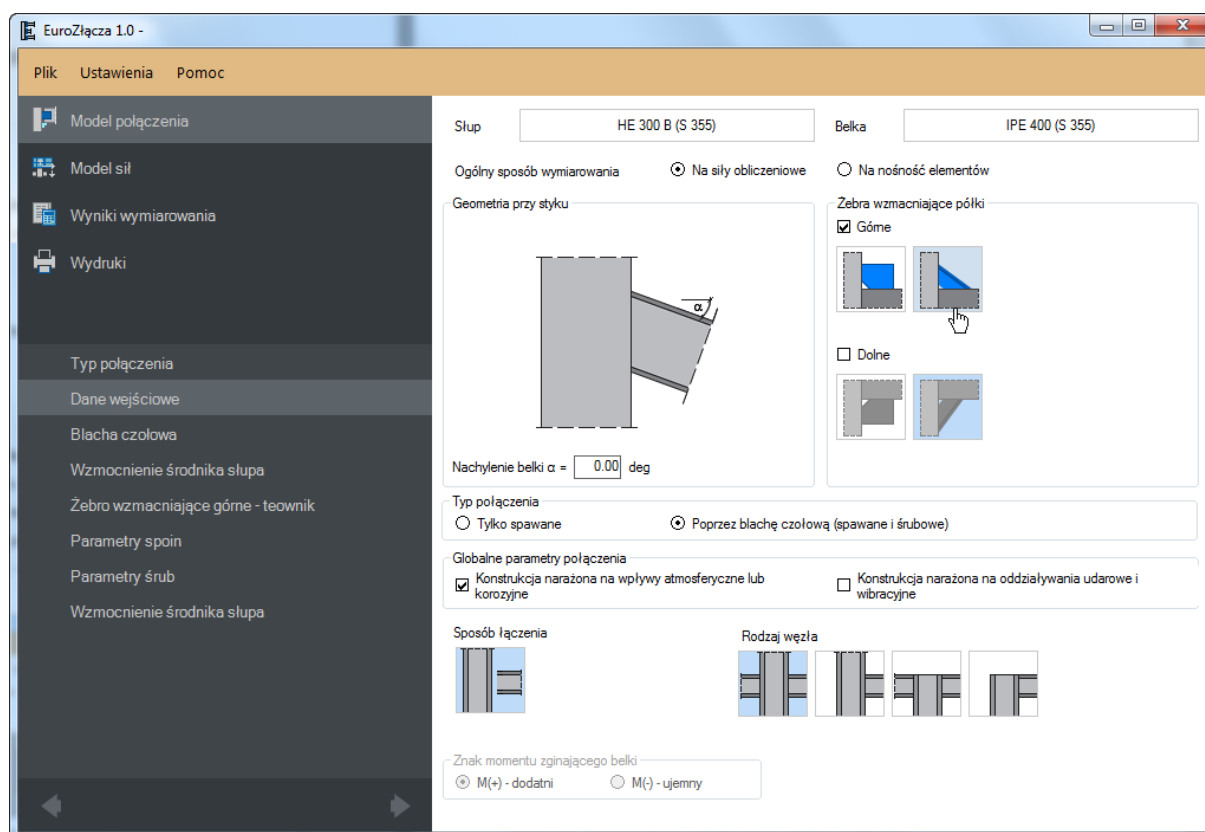
W polu należy wybrać odpowiedni rodzaj węzła dla połączenia doczołowego belki ze słupem.

UWAGA: Aby dokonać 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).



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.

5.2.8 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.

5.2.9 Typ połączenia

Użytkownik wybiera typ połączenia:

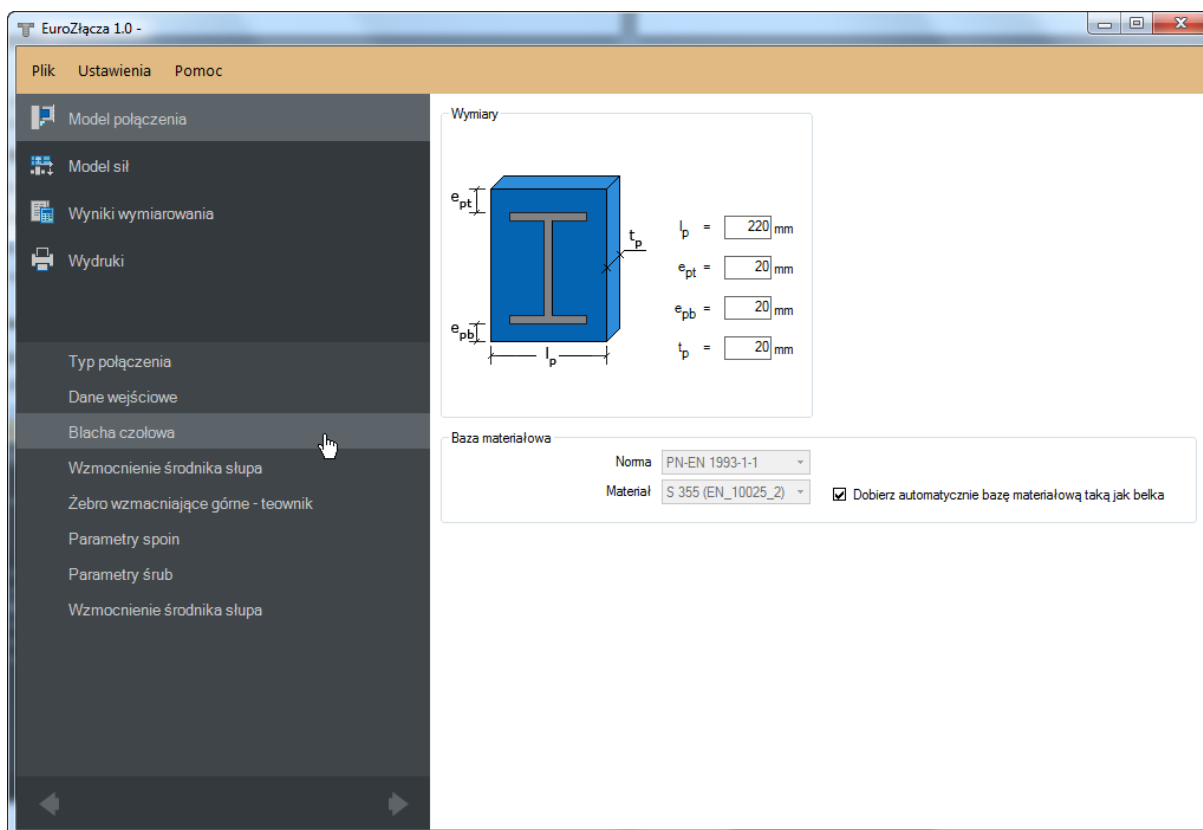
- *Tylko spawane* – oznacza to, że belka jest przyspawana bezpośrednio do słupa,

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

- **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],

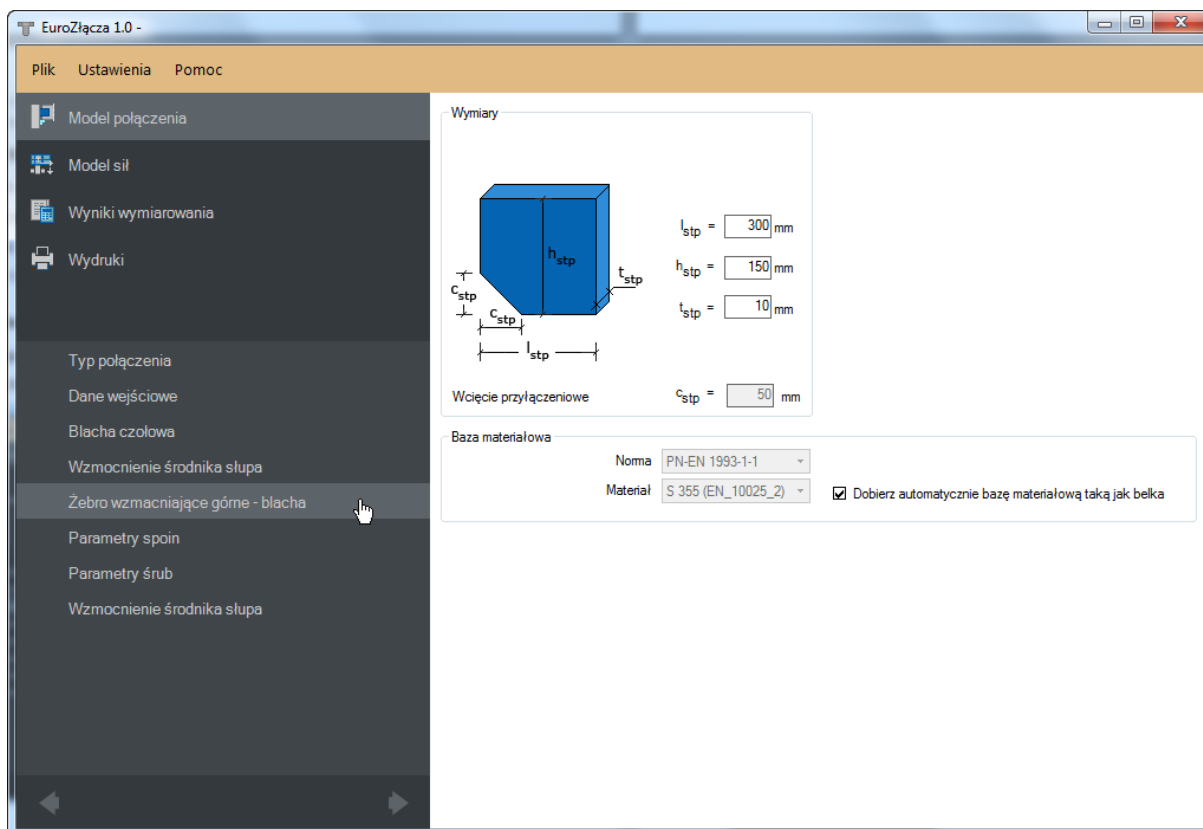
t_p – grubość blachy czołowej [mm].

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)**.



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 przypołączeniowe [mm] (wyliczane automatycznie na bazie wymagań normy **PN-B-06200**).

5.4.2 Blacha żebra – Baza materiałowa

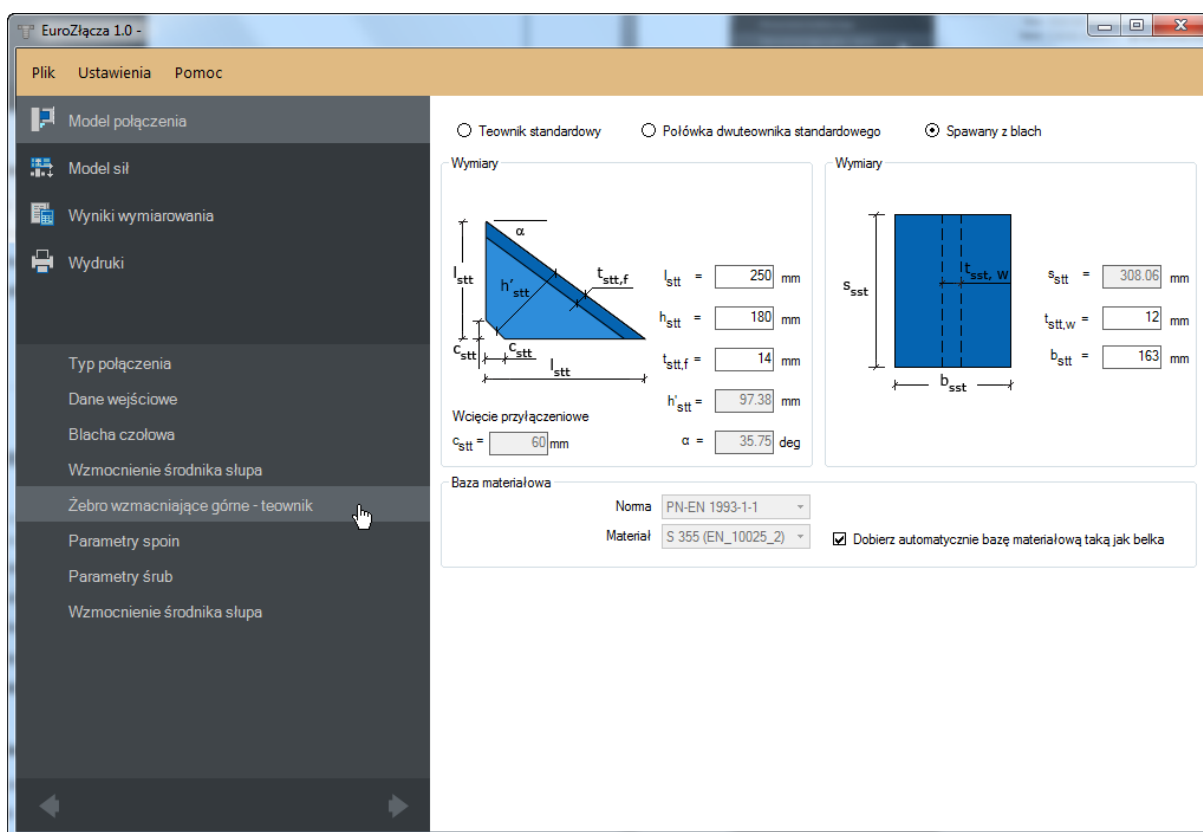
Po kliknięciu *Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belka* do żebra wzmacniającego górnego (dolnego) zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla belki.

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.



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],

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

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].

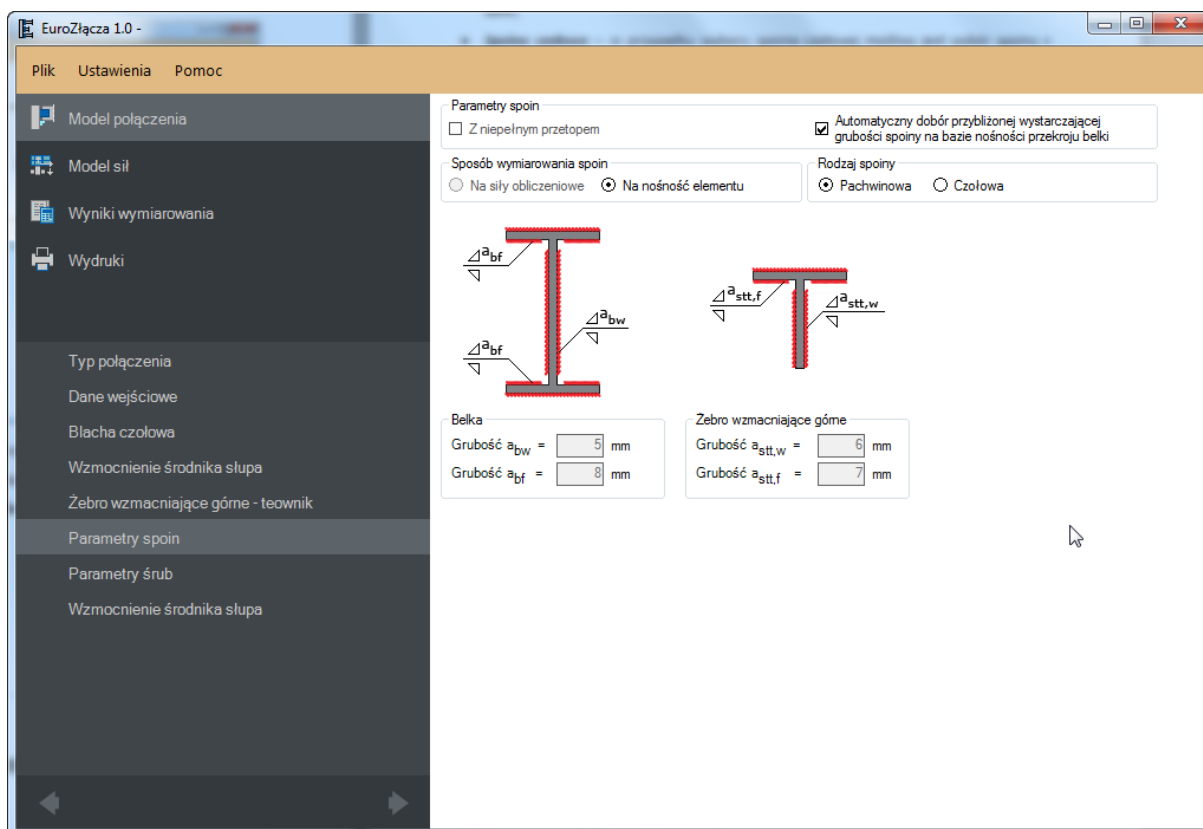
5.5.2 Żebro – Rodzaj

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],

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,

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

- **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)

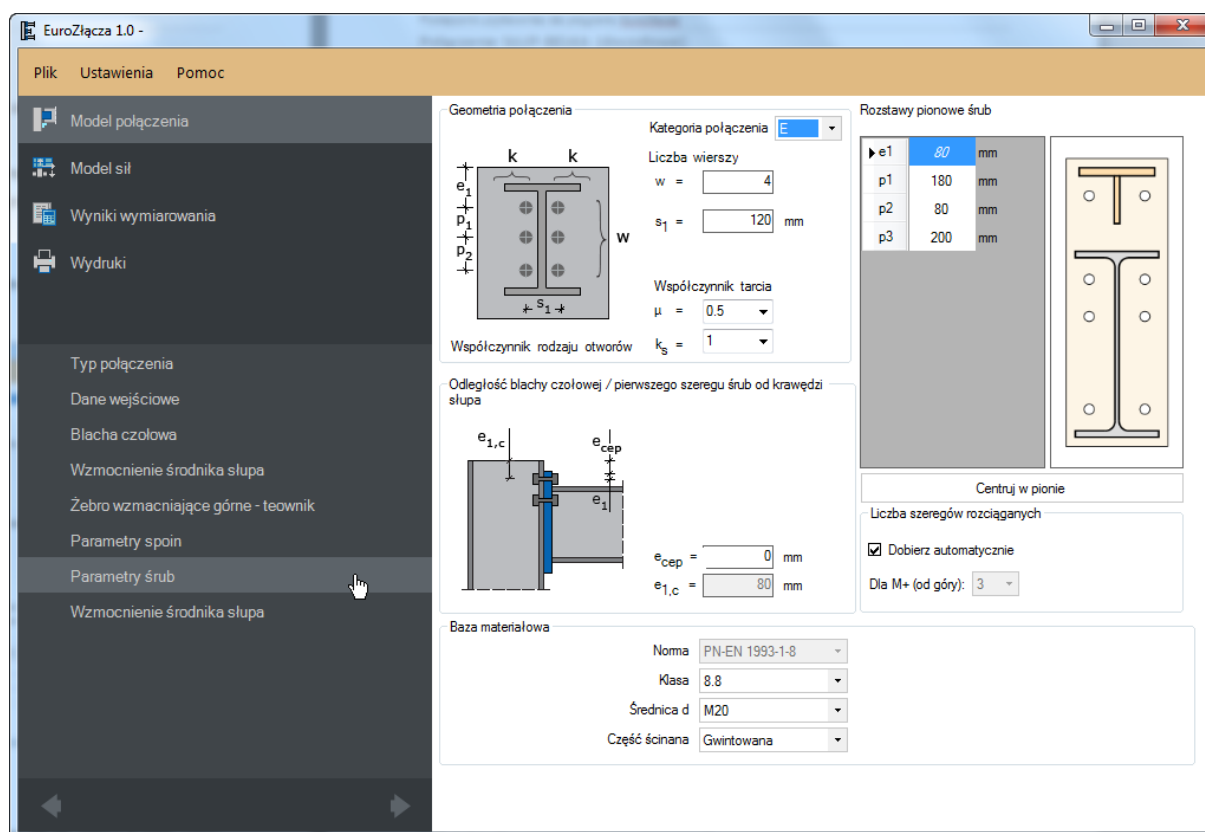
W polu należy podać zgodnie z rysunkiem (opcja pojawia się w zależności od wyboru typu wzmocnienia):

$a_{sbt,w}$ – grubość spoiny łączącej środnik 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)**.



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:

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

p_1 – dla każdej kolejnej śruby – liczone w pionie od osi (wiersza) śruby poprzedniej do osi (wiersza) śruby kolejnej [mm].

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).

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

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.

UWAGA: 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: 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 $e_{cep} + e_1$.

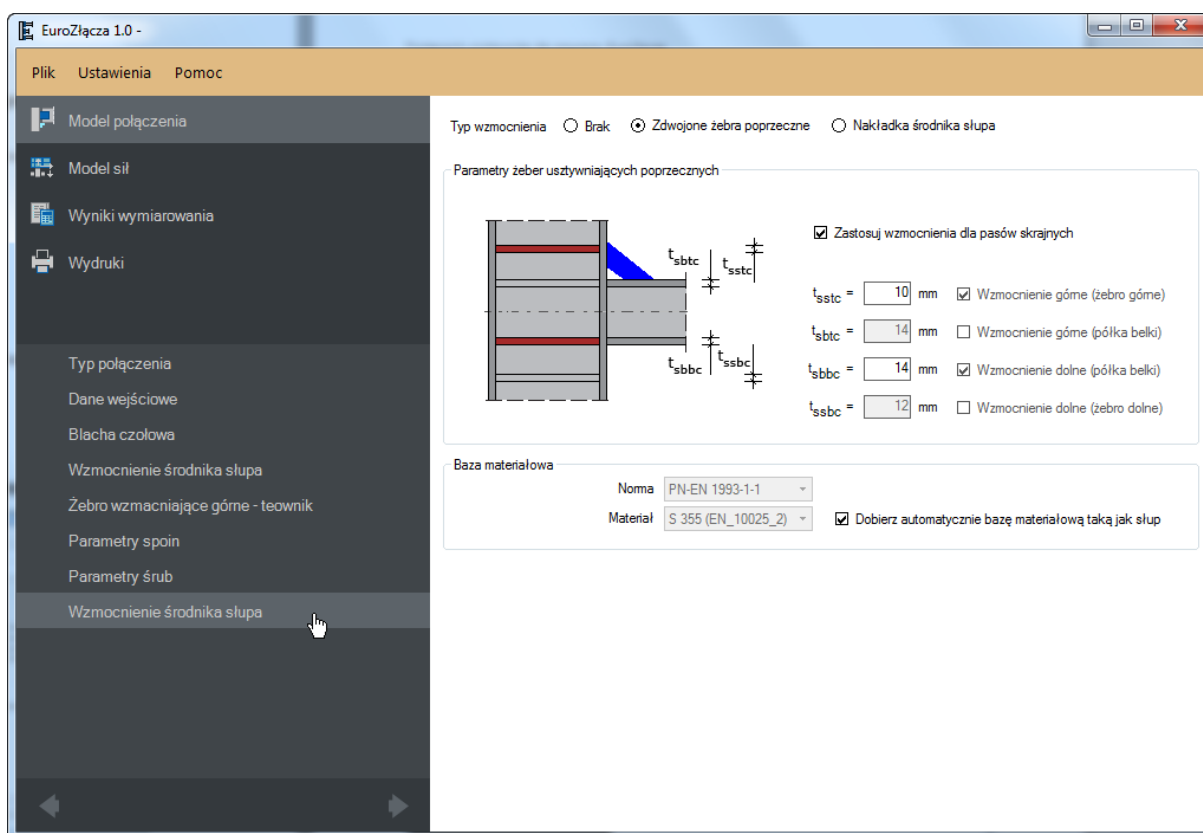
5.8 Wzmocnienia środника słupa

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



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

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].

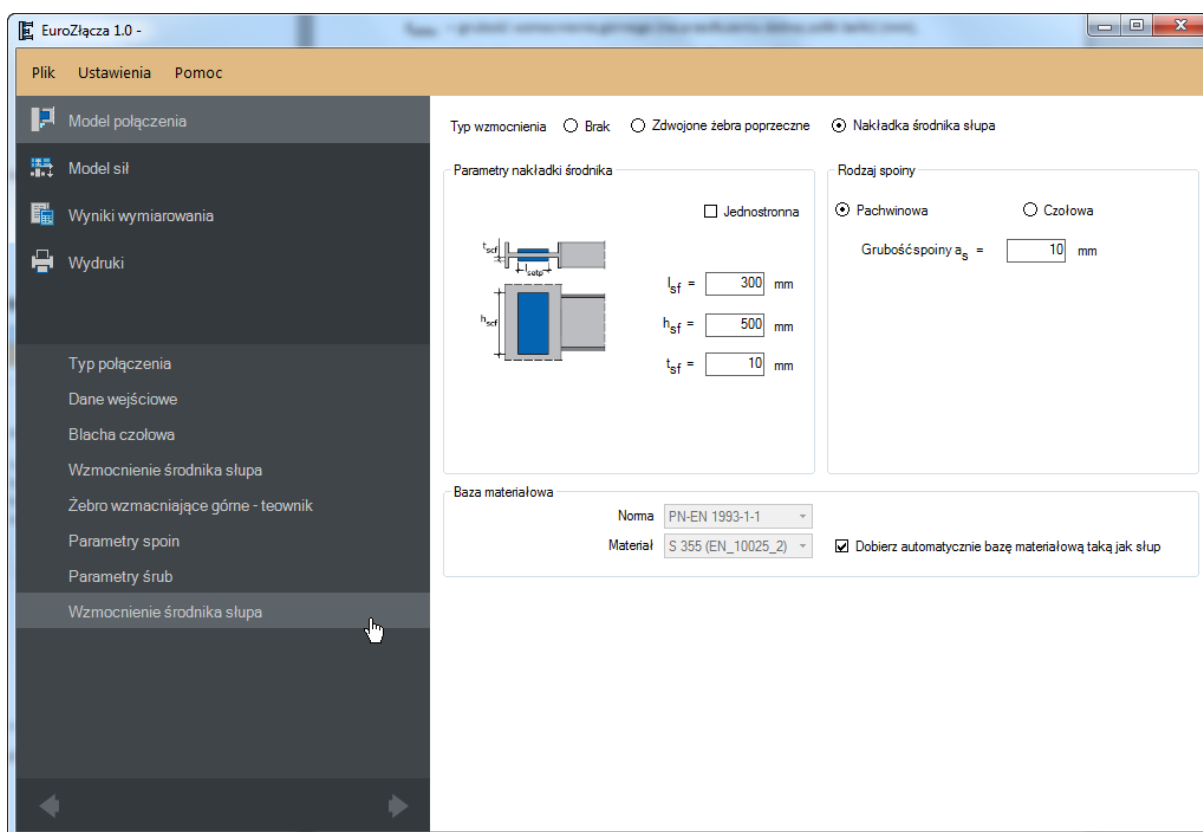
5.8.2.2 Baza materiałowa

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 środника

5.8.3.1 Parametry nakładki środnika słupa – Wymiary



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

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 środnika słupa – Rodzaj spoiny

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

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].

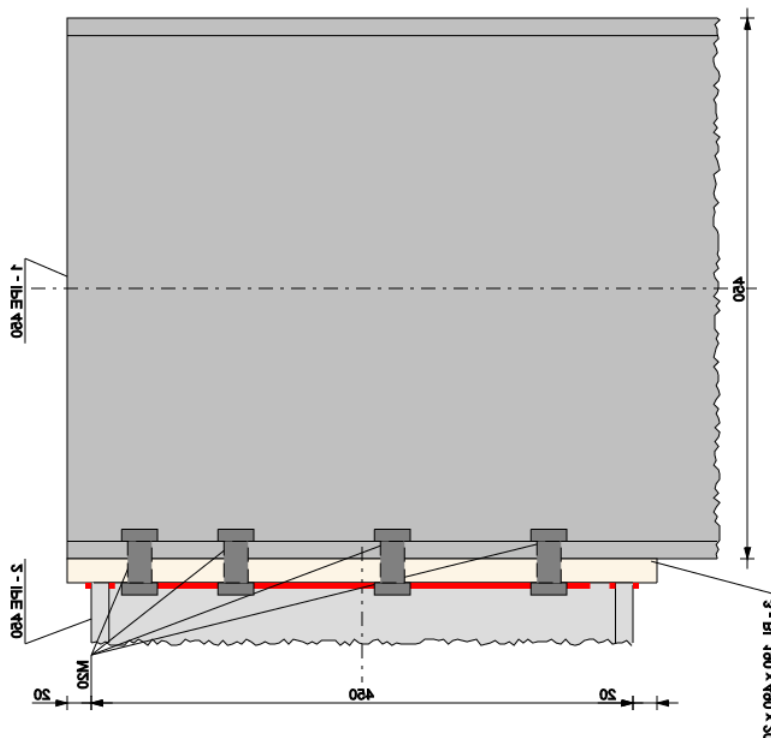
5.8.3.3 Parametry nakładki środnika słupa – Baza materiałowa

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 Zastosowania niestandardowe

Możliwym niestandardowym zastosowaniem modułu jest obliczanie styku belki opartej na szczycie słupa. Należy wtedy traktować element „słup” jako opieraną belkę, a element „belka” jako słup podtrzymujący. Sytuację taką ilustruje rysunek poniżej:



UWAGA: Rysunek przedstawia standardową konfigurację modelu (z domyślnymi rolami prętów) i został obrócony o 90° w lewo jedynie w celu zilustrowania wyżej opisaney koncepcji. Nie jest on możliwy do uzyskania w aplikacji w takiej przekręconey formie.

6 Połączenie EuroZłącza PODCIĄG- BELKA

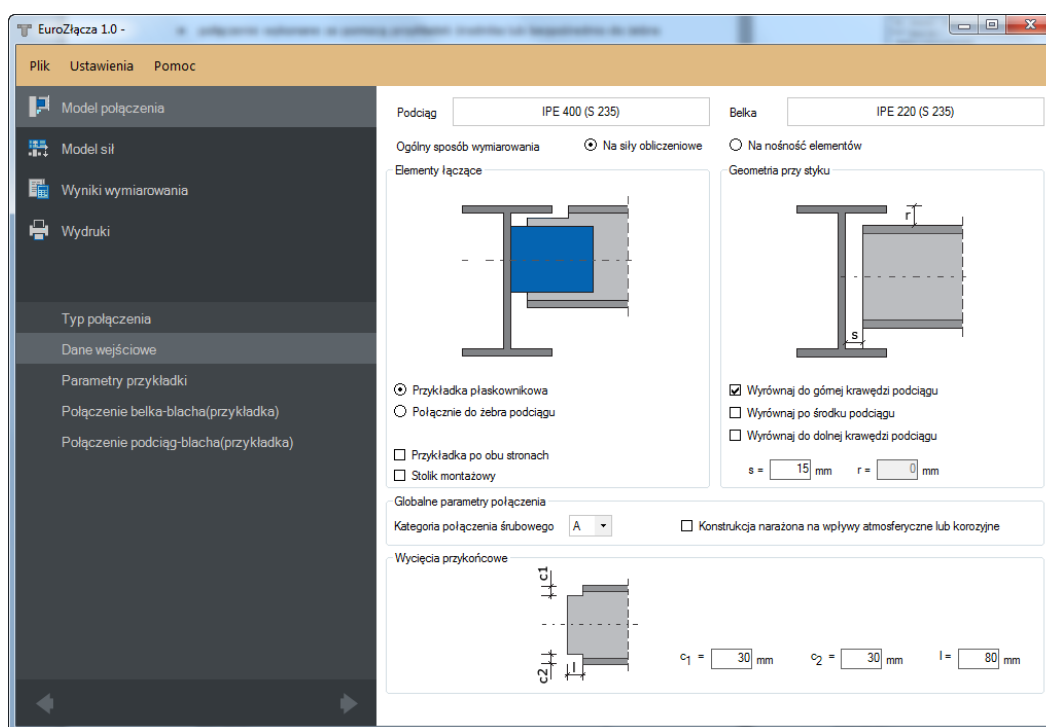
Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

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

a) Ogólnie:

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

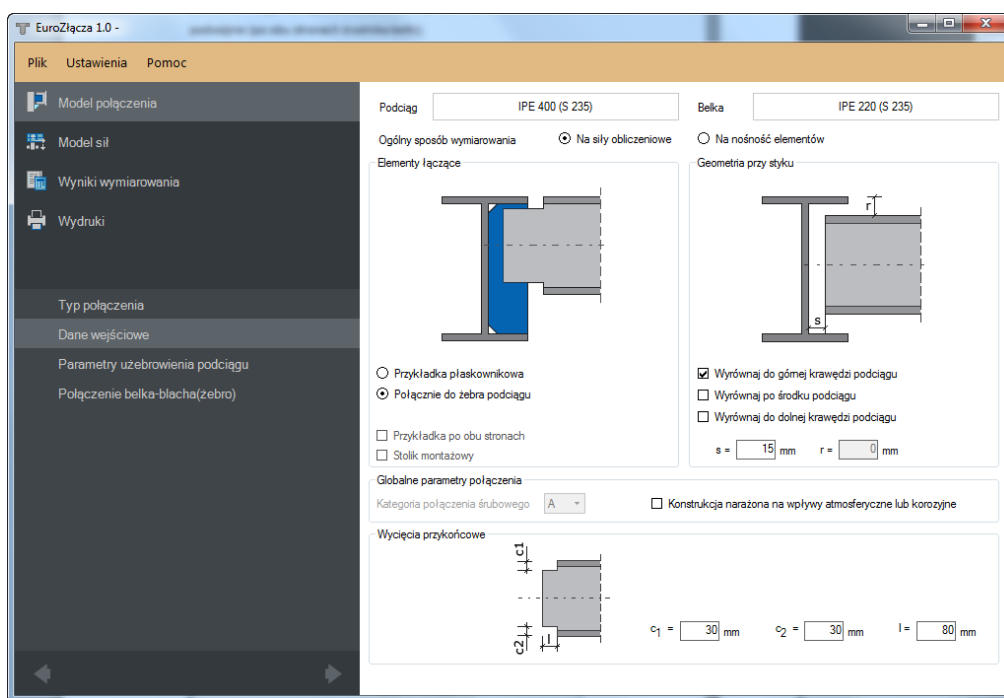
b) Przykładki:



- użycie przykładek (w formie płaskowników),
- przykładki połączone są ze środkiem belki oraz środkiem podciągu,
- przykładki mogą występować pojedynczo (po jednej stronie środka belki) lub podwójnie (po obu stronach środka belki),
- w przypadku zastosowania dwóch przykładek są one symetryczne względem środka belki,

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

- 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:

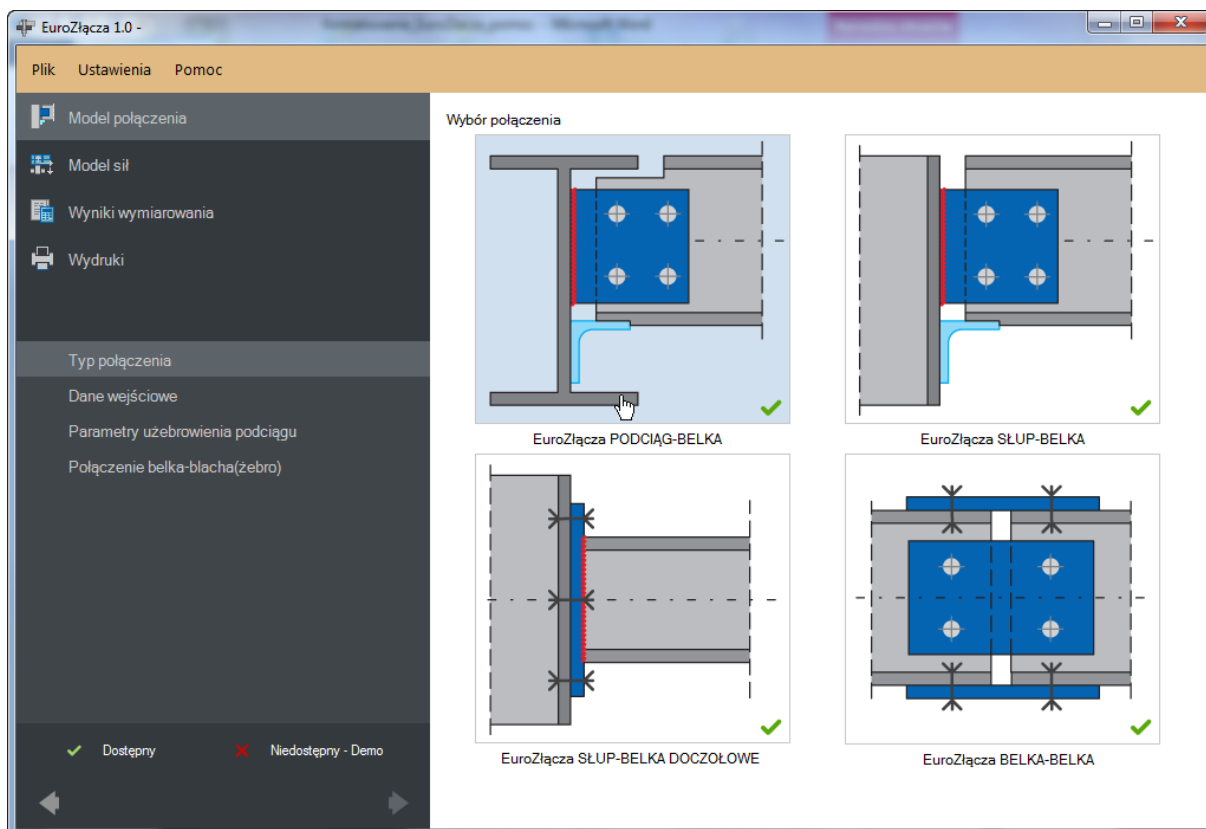


- połączenie belka-żebro może być realizowane poprzez spoinę pachwinową bądź poprzez śruby,
 - połączenie podciąg-żebro nie jest sprawdzane,
 - połączenie belka-żebro może być realizowane na spoiny bądź śruby.
- d) Stolik montażowy:
- użycie stolika montażowego nie jest możliwe w przypadku użycia połączenia do żebra podciagu,
 - parametry stolika montażowego podawane są jako konstrukcyjne – jest on umieszczany na rysunku, ale nie podlega obliczeniom ani weryfikacji.

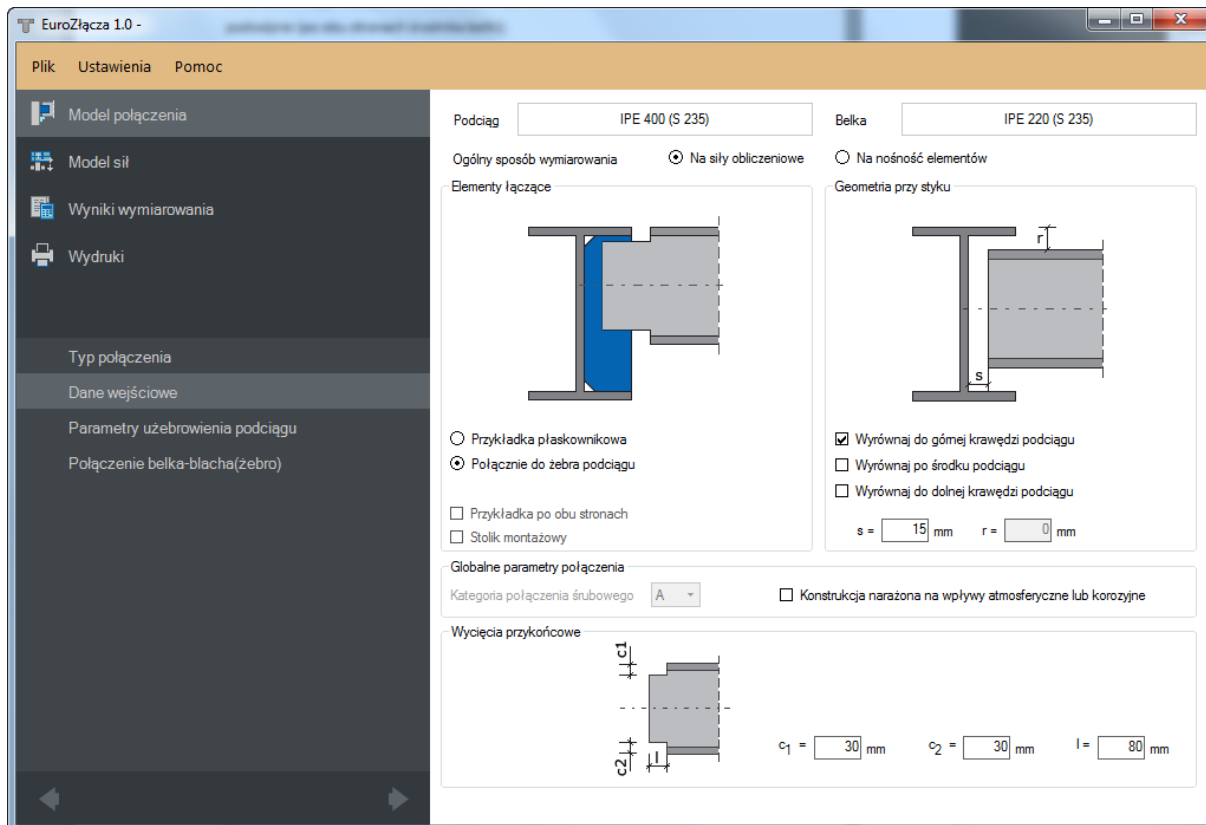
6.1 Typ połączenia

Przy wyborze **Typu połączenia** pojawia się poglądowy (nieilustrujący aktualnej konfiguracji połączenia) rysunek jednej z możliwych konfiguracji połączenia podciąg-belka typu montażowego, którego wybór określa typ liczonego modelu połączenia.

Podręcznik użytkownika dla programu EuroZłącza
Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

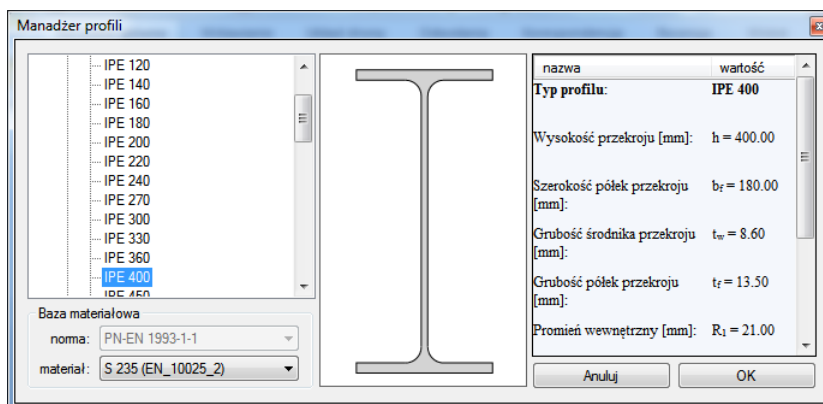


6.2 Dane wejściowe



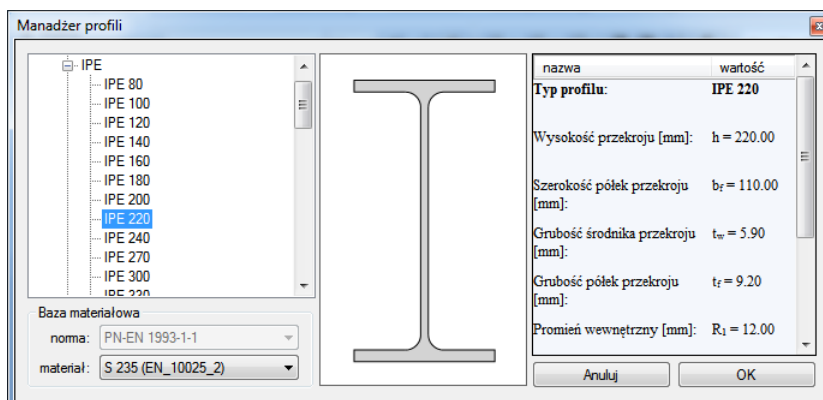
6.2.1 Podciąg

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



6.2.2 Belka

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

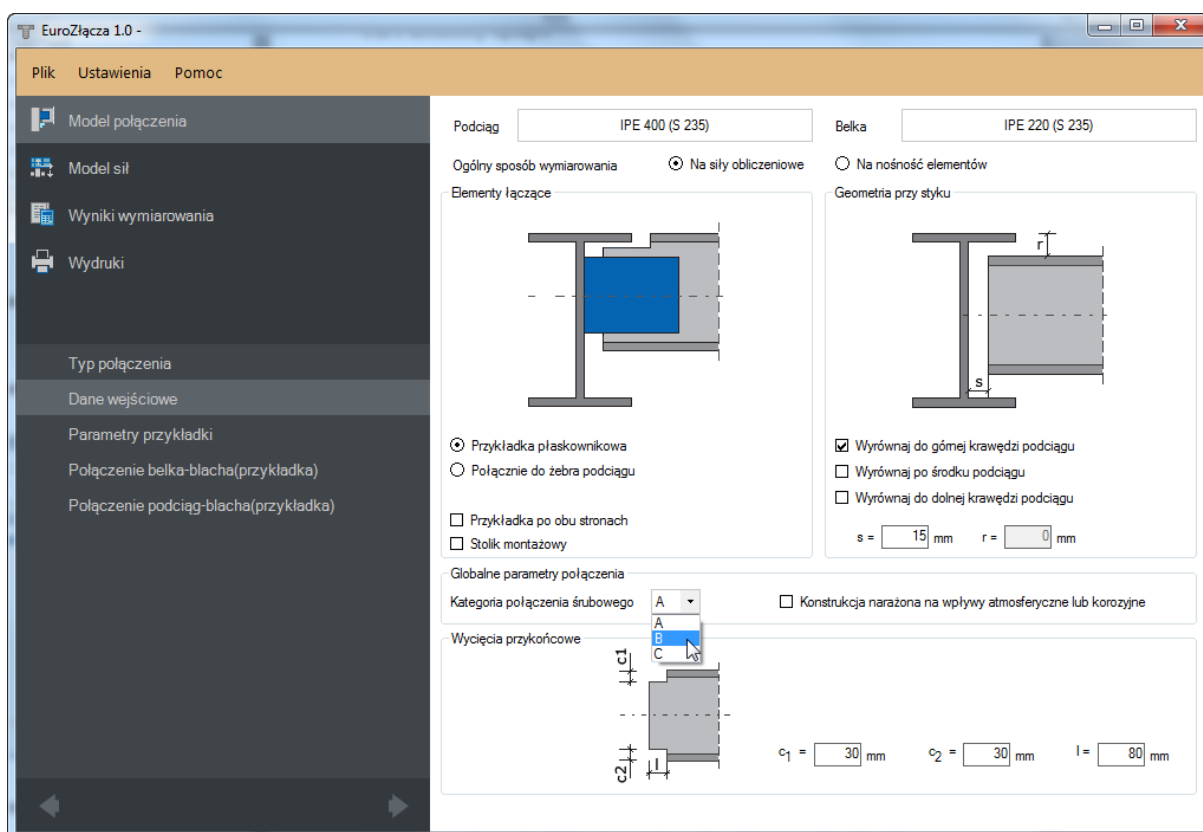


6.2.3 Globalne parametry połączenia

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-żebro ustawiono wcześniej *Typ połączenia: śrubowy*.

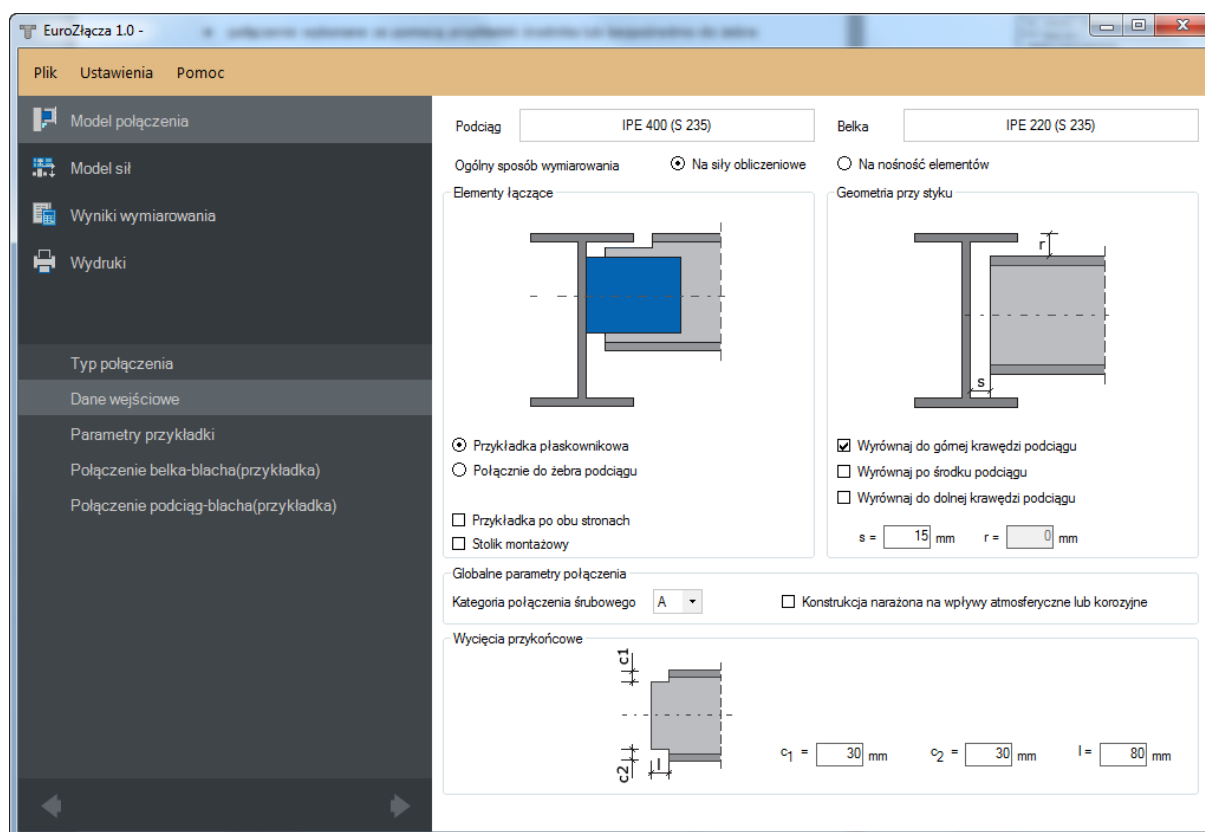


W przypadku zaznaczenia opcji **Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne** aplikacja uwzględni ten parametr w obliczeniach.

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 stolik montażowy w formie kątownika (przyjęty konstrukcyjnie – nie wpływa na obliczenia),
- rodzaj połączenia belki z podciągiem: Przykładka płaskownikowa lub Połączenie do zebra podciągu.



UWAGA: W przypadku wybrania konfiguracji modelu z użyciem przykładki środka belki procedura obliczeniowa nie zawiera sprawdzenia sztywności środka podciagu 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 podciagu (np. belka dochodząca z drugiej strony podciagu, żebro środka podciagu na przedłużeniu belki lub innego rodzaju stężenie).

6.2.5 Geometria przy styku

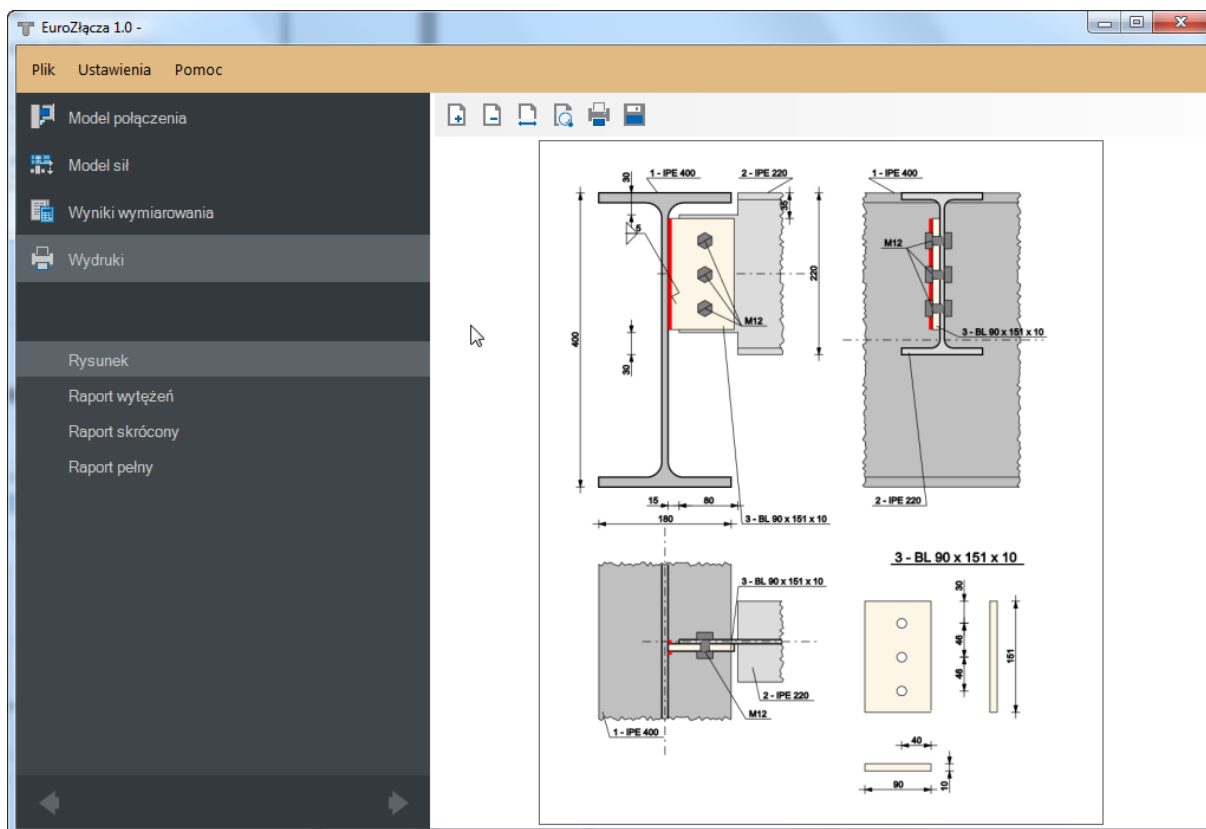
s – odsunięcie pomiędzy krawędzią środka podciagu a krawędzią czoła belki [mm],

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

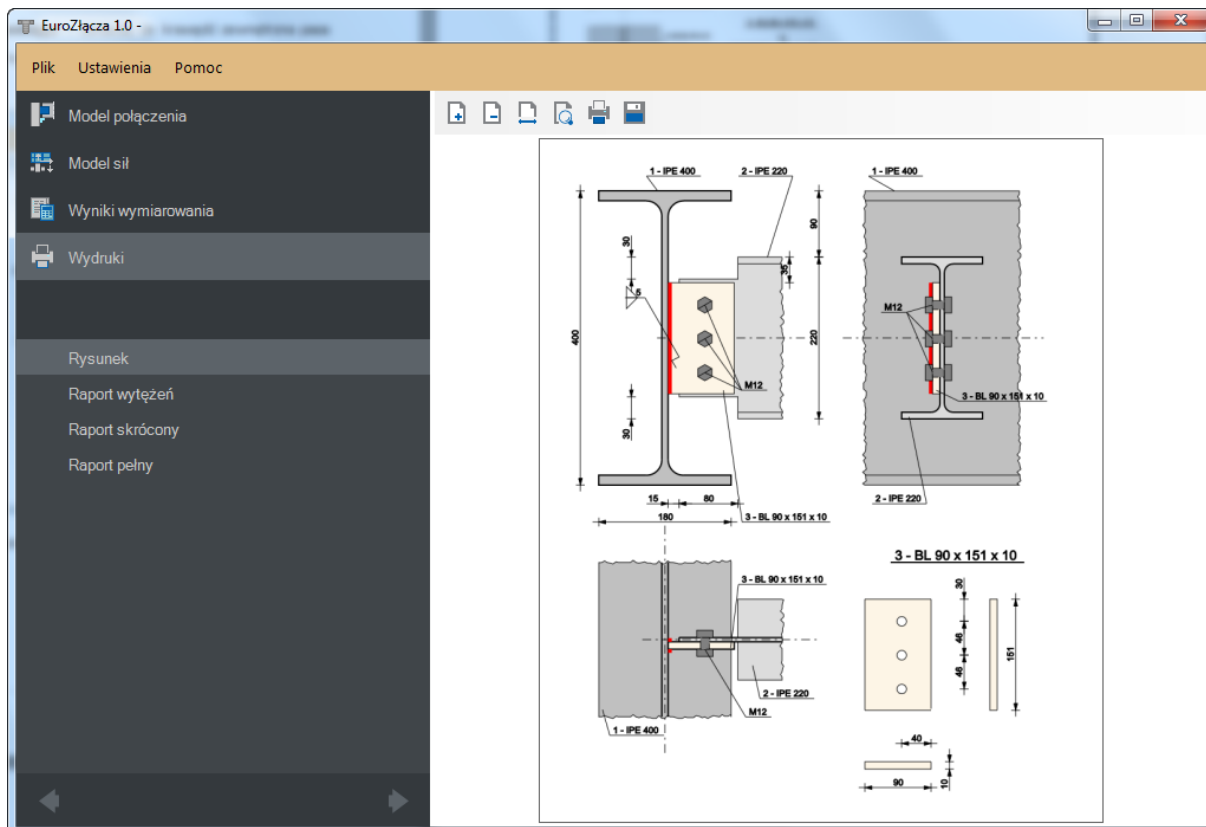
Dostępne są także opcje:

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

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

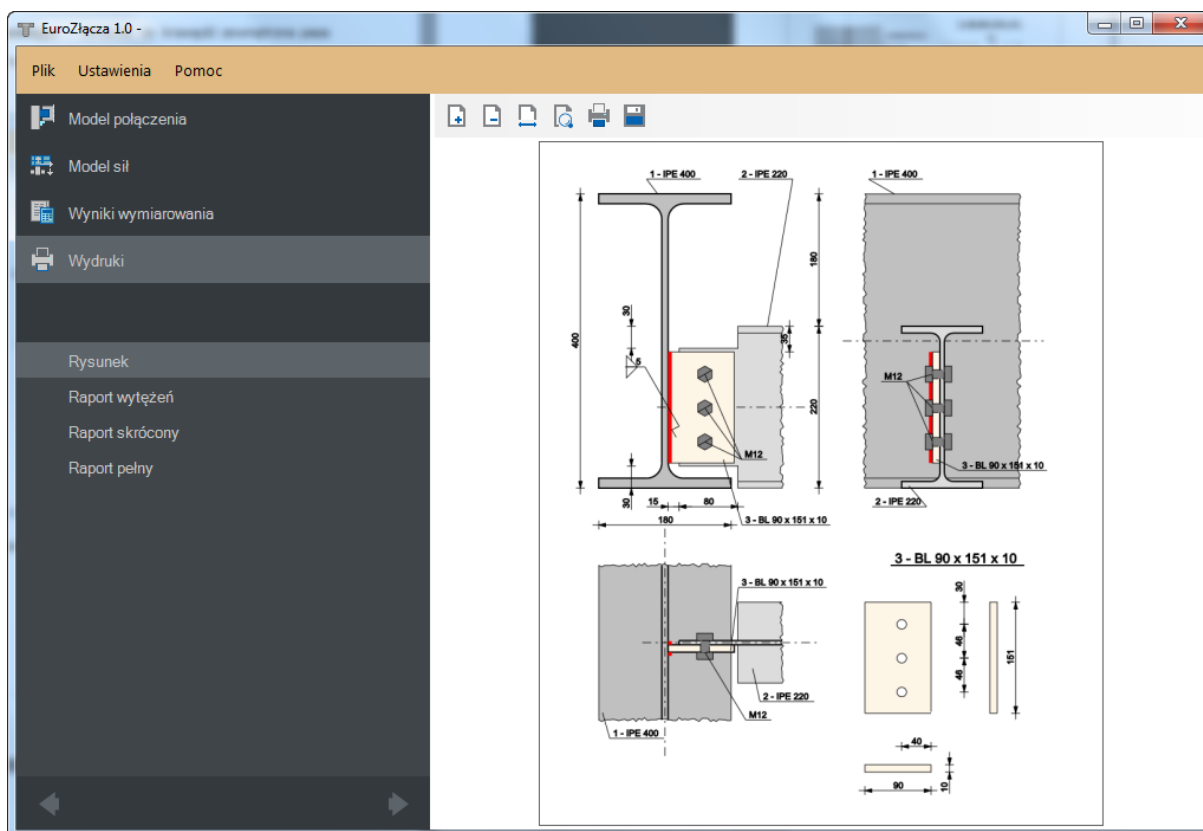


c) **Wyrównaj pośrodku podciągu** – oznacza, że oś belki pokrywa się z osią podciągu,



Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

- d) **Wyrównaj do dolnej krawędzi podciągu** – oznacza, że krawędź dolna pasa dolnego belki jest na identycznym poziomie co dolna krawędź pasa dolnego podciągu.



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

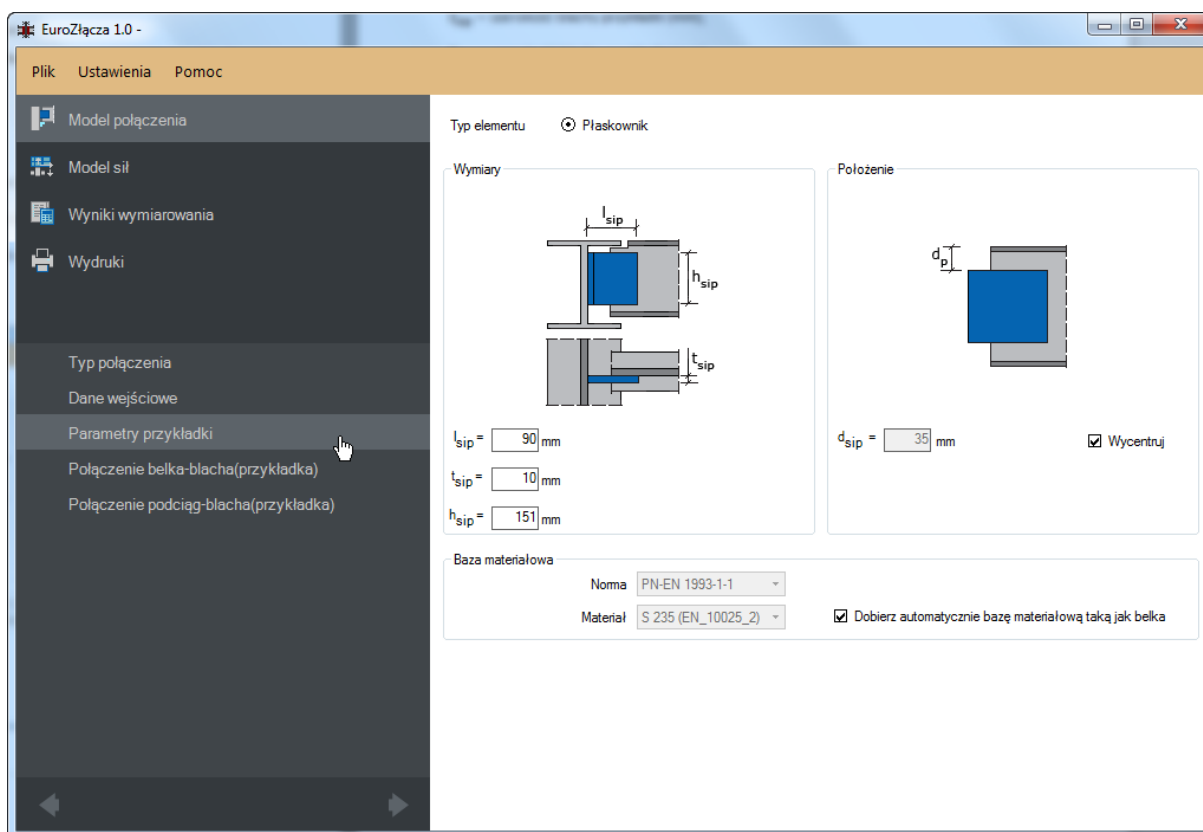
c_1 – wycięcie belki od krawędzi pasa górnego w pionie [mm],

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

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

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

6.3 Parametry przykładki



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].

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

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

6.3.4 Parametry przykładki – Baza materiałowa

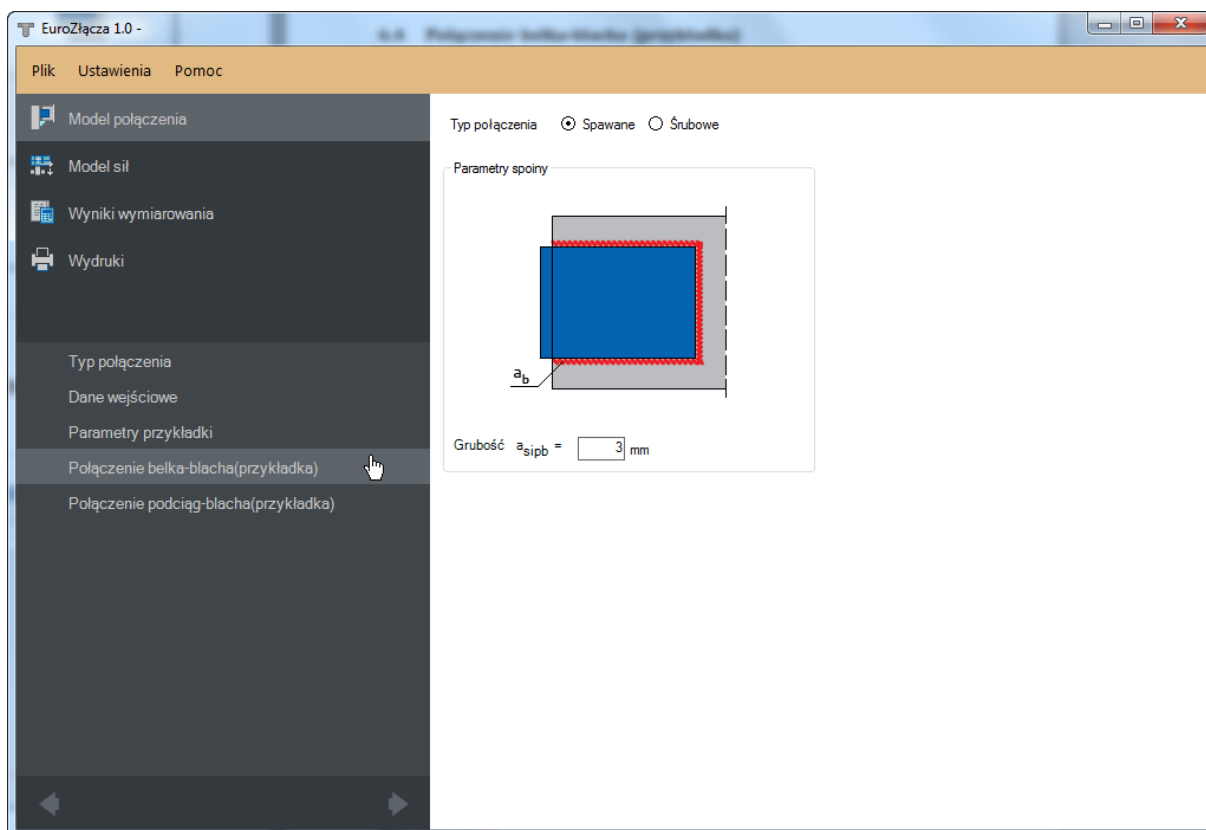
W polu *Baza materiałowa* należy podać rodzaj zastosowanej stali. Po wybraniu opcji *Dobierz automatycznie bazę materiałową taką jak belkę* do przykładki zostanie przypisany rodzaj stali odpowiadający rodzajowi stali użytej dla belki.

6.4 Połączenie belka-błacha (przykładka)

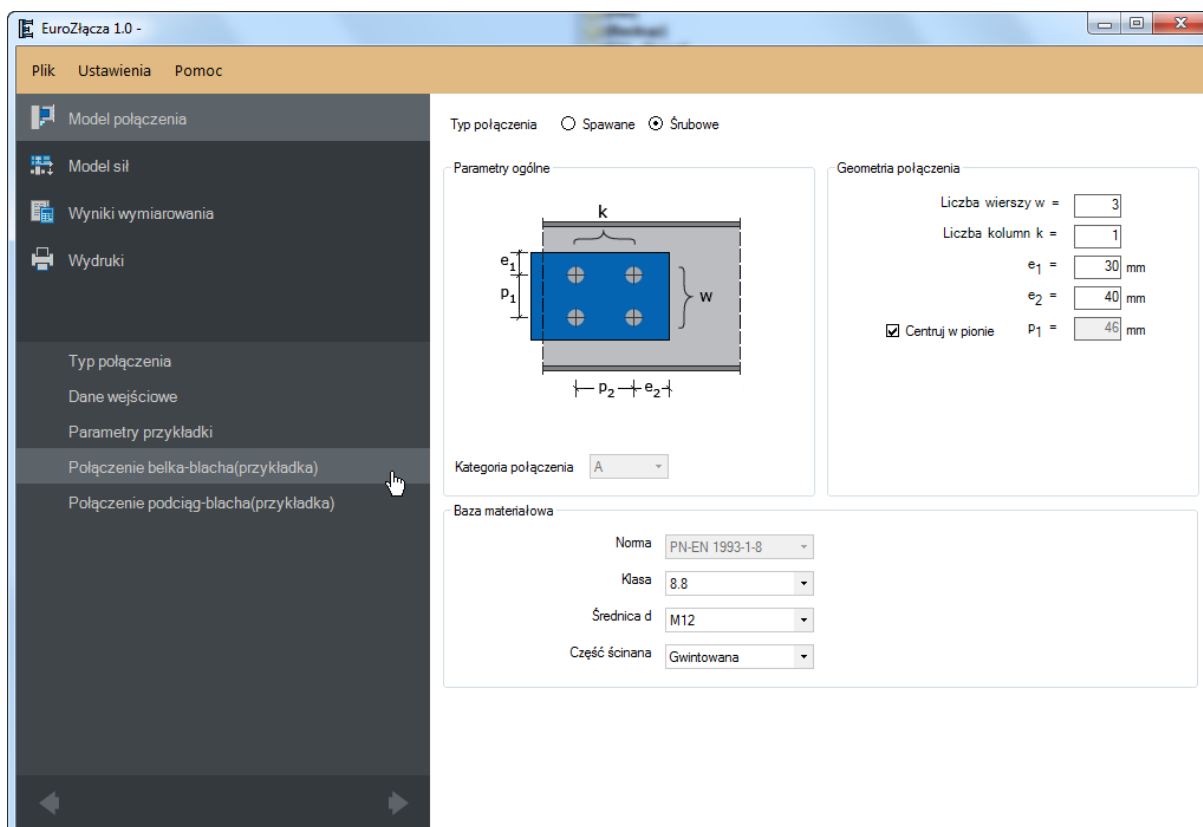
Zakładka pojawi się w przypadku wyboru połączenia podciąg-belka typu płaskownikowego.

6.4.1 Typ połączenia – Spawane

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



6.4.2 Typ połączenia – śrubowe



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 [-],

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

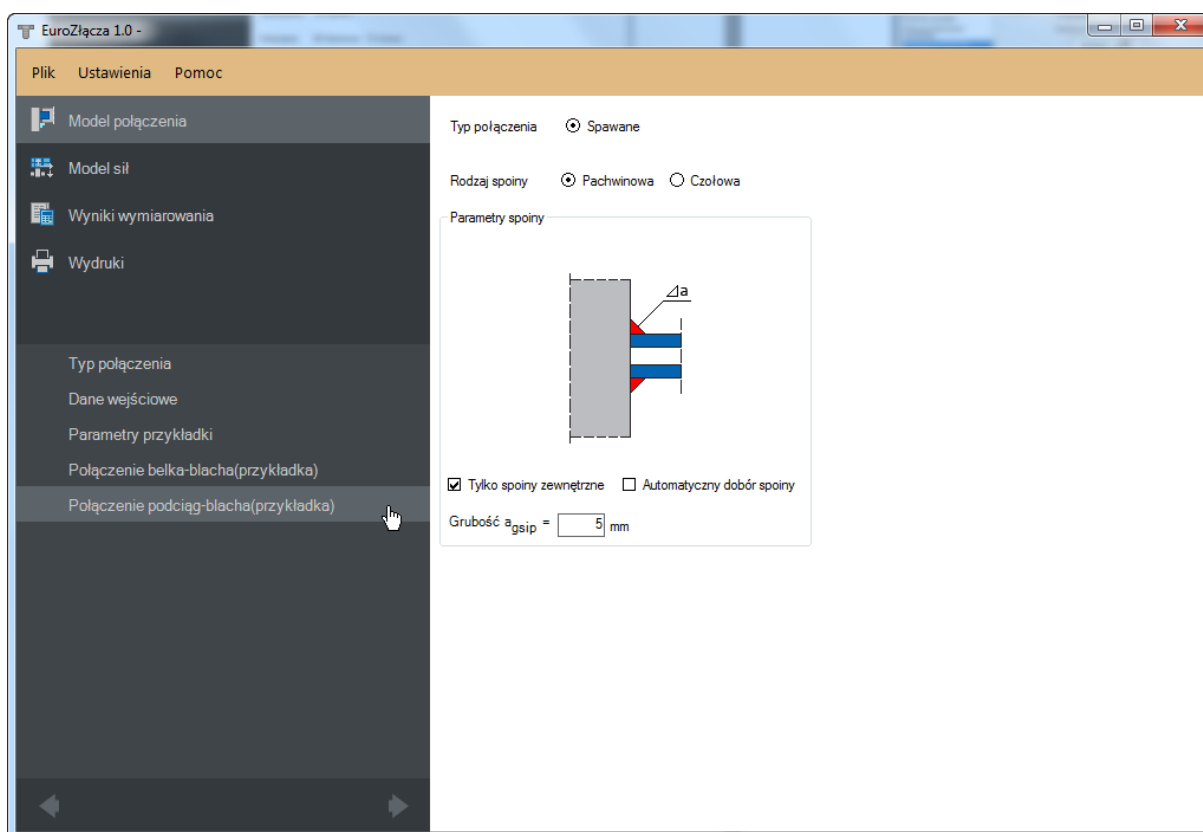
UWAGA: Jeżeli dla konfiguracji połączenia wybrane zostanie połączenie śrubowe na pojedynczą śrubę (jeden wiersz i jedna kolumna), zostanie ono uznane za przegubowe. W takim wypadku odpowiadający moment w panelu **Model sił** powinien być równy zeru. W przeciwnym razie obliczenia zostaną zablokowane.

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-błacha (przykładka)



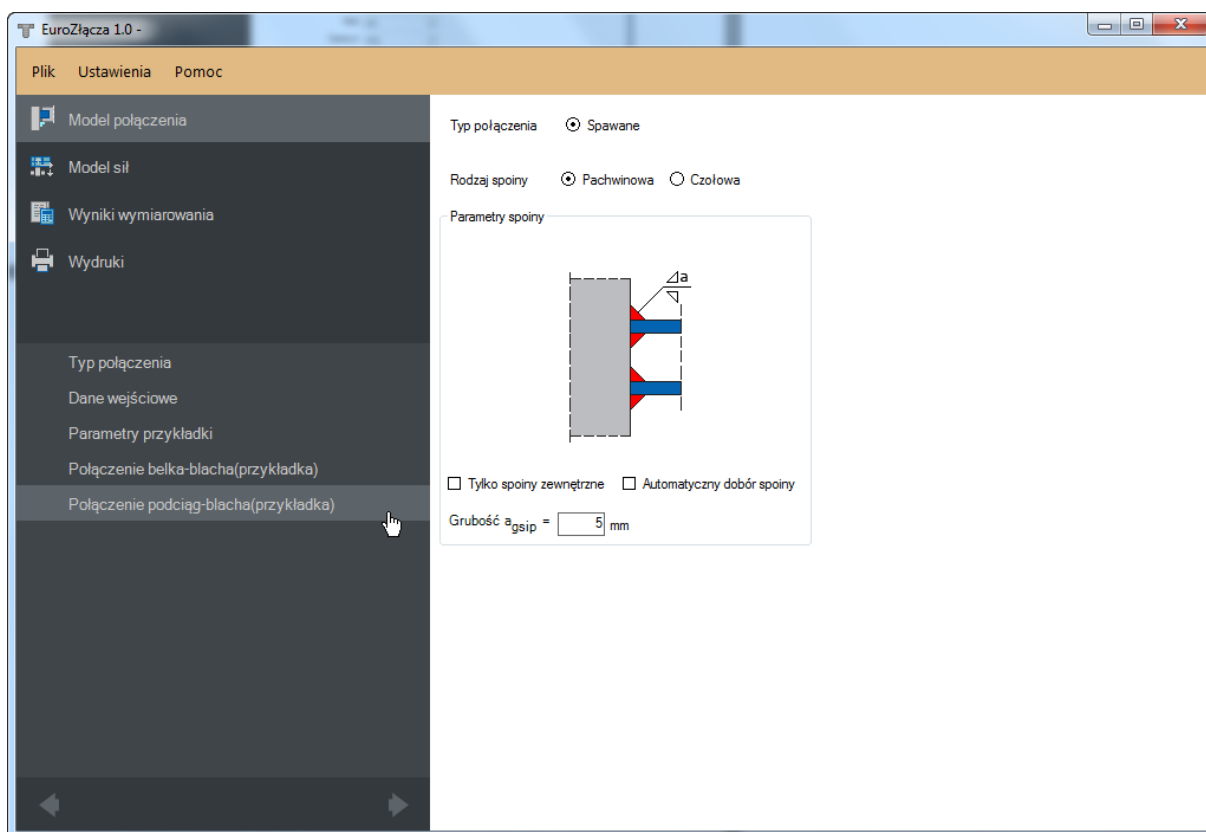
6.5.1 Rodzaj spoiny – Pachwinowa

Tylko spoiny zewnętrzne – oznacza, że płaskownik jest przyspawany do podciągu 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

Odnaczenie 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 odstępów 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} .

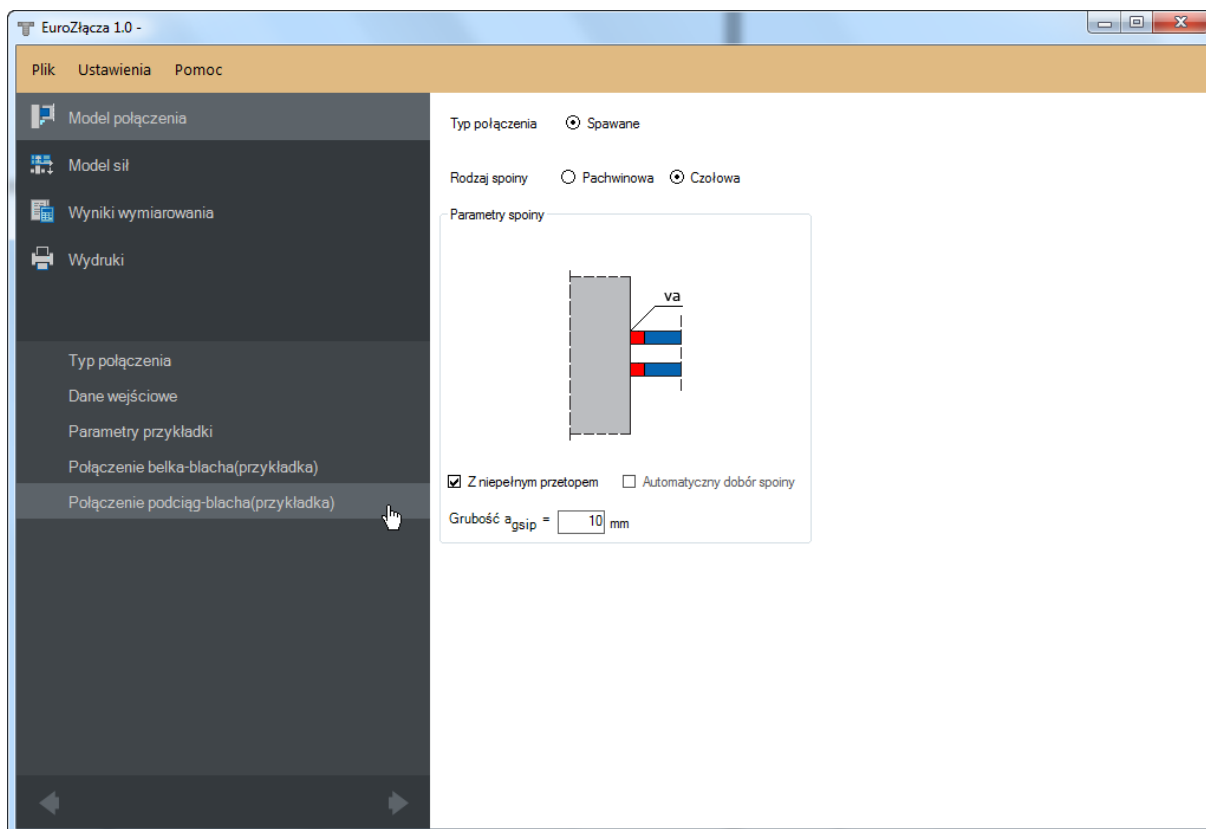
6.5.2 Rodzaj spoiny – Czołowa

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

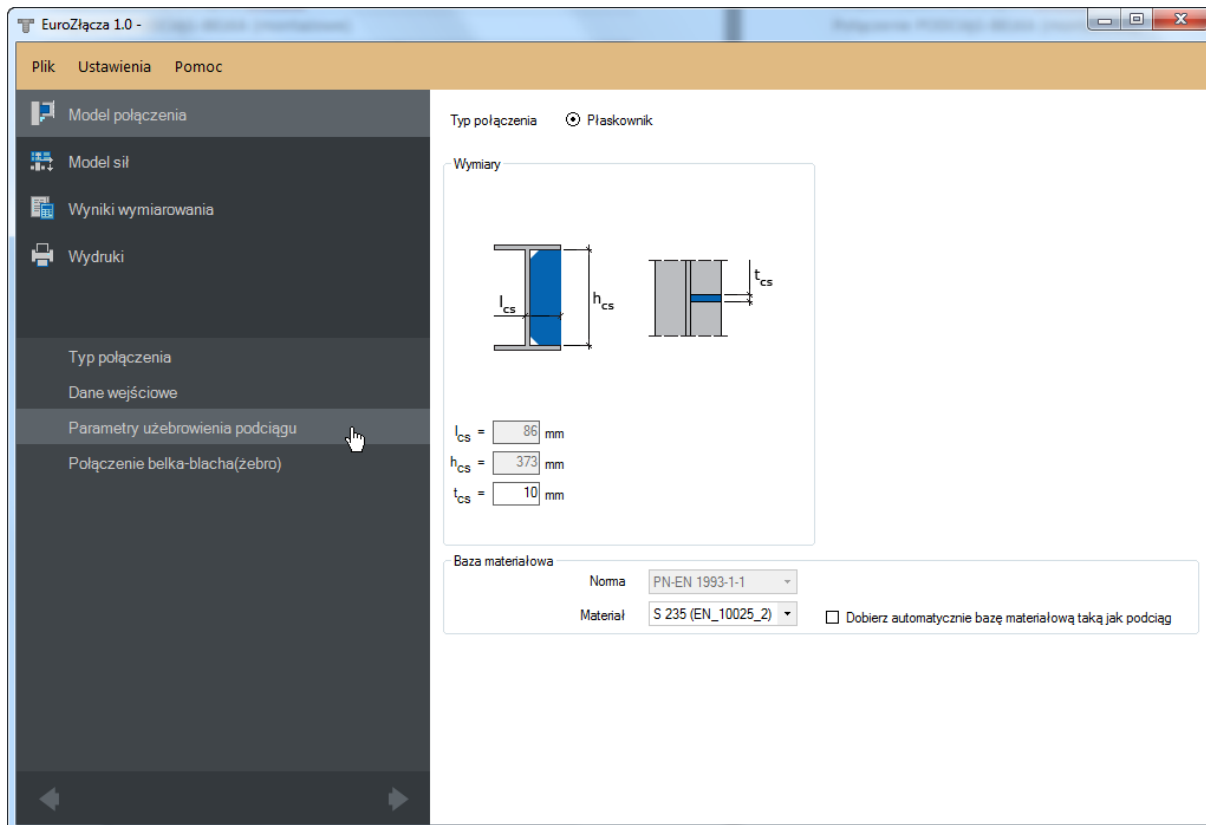
W przypadku wyboru spoiny z niepełnym przetopem należy podać grubość spoiny czołowej.

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

Podręcznik użytkownika dla programu EuroZłącza
Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA



6.6 Parametry uźebrowania podciągu



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].

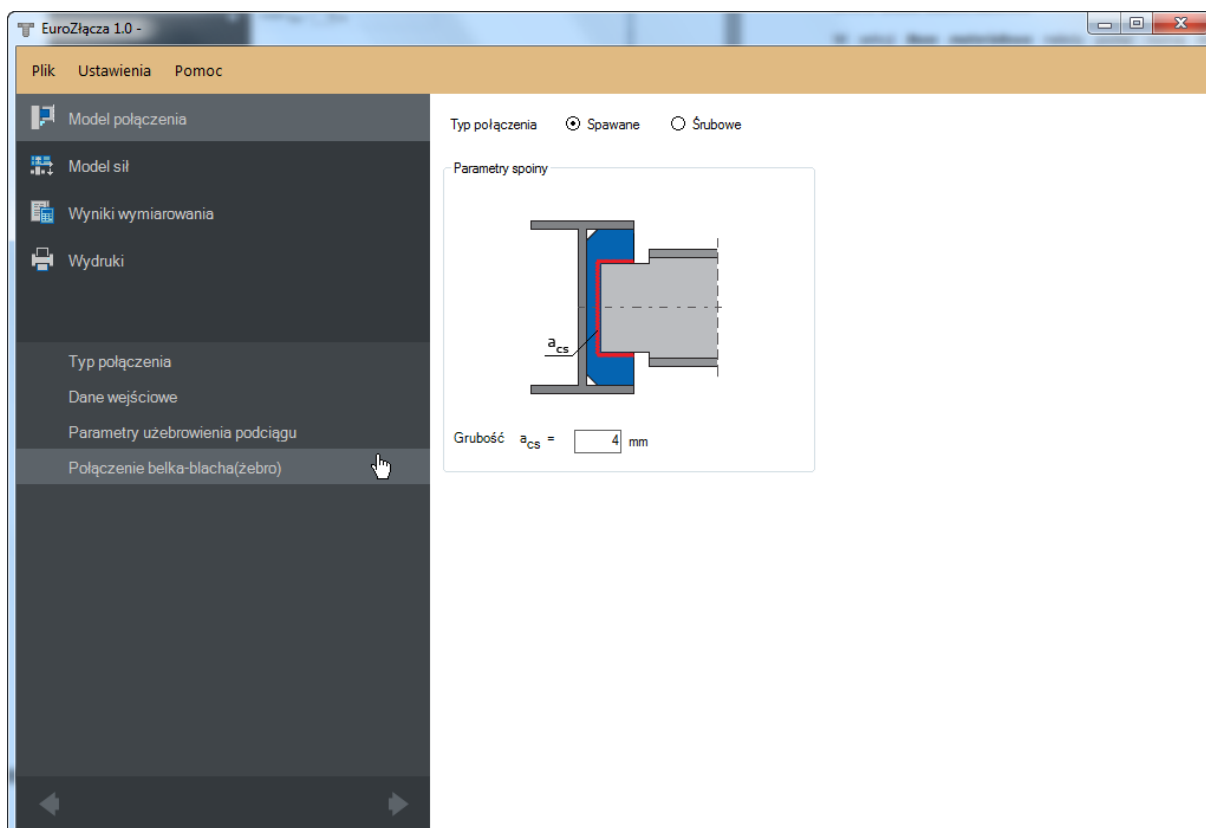
6.6.1 Baza materiałowa

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.

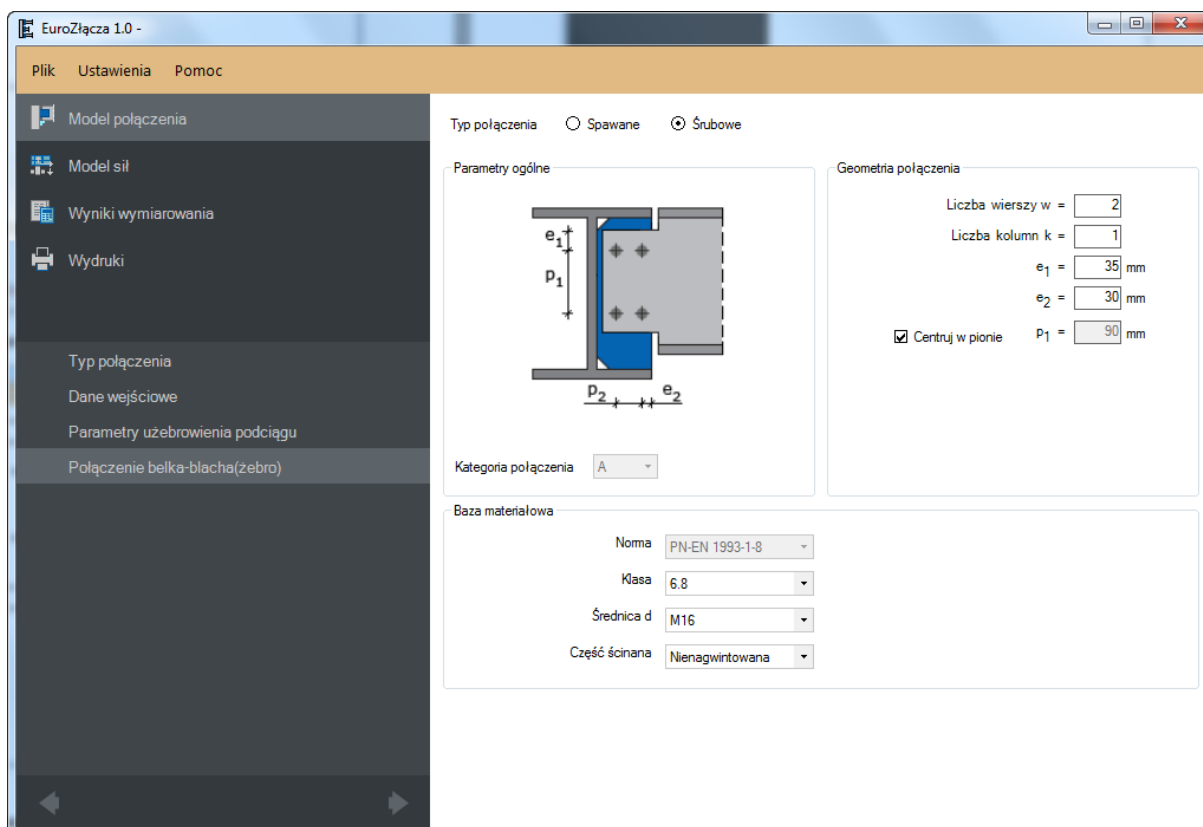
6.7 Połączenie belka-błacha (żebro)

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 podciągu [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 [-],

Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

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 sil** powinien być równy zero. 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 środника 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:

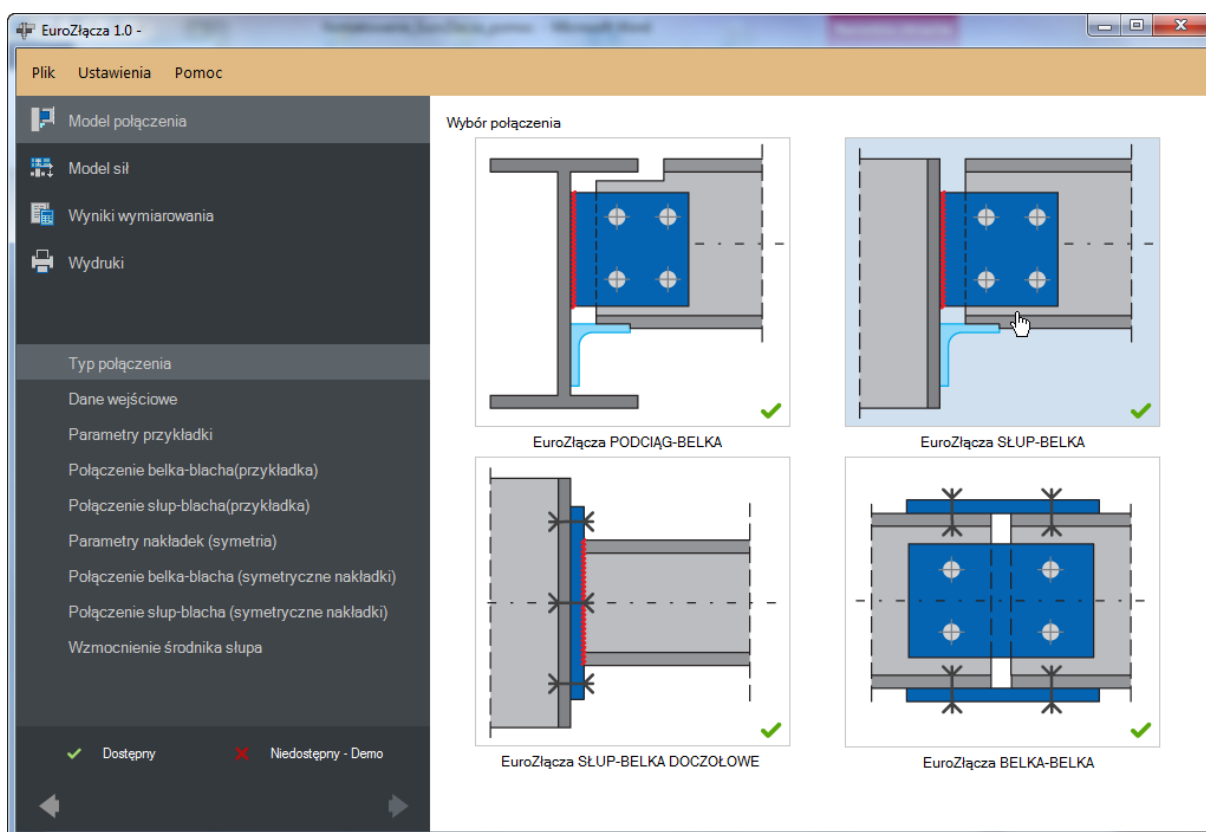
- użycie nakładek (w formie płaskowników),
- połączenie za pomocą nakładek obejmuje występowanie jednocześnie nakładki górnej oraz dolnej i nie może wystąpić samodzielnie, bez obecności przyładki (przyładek),
- połączenie belka-nakładka może być realizowane poprzez spoinę pachwinową bądź poprzez śruby,
- 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

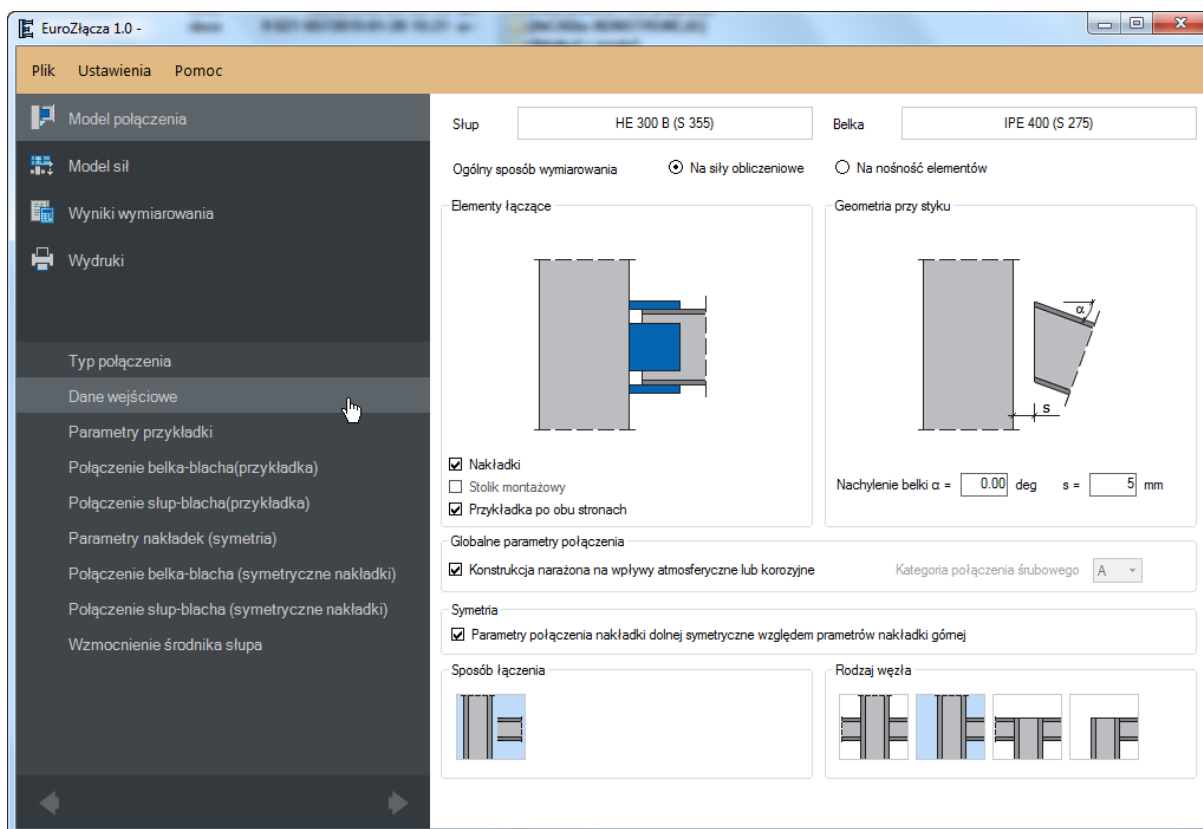
- w razie użycia nakładek istnieje możliwość zastosowania usztywnienia środnika słupa żebrami: górnym (na przedłużeniu nakładki górnej) oraz dolnym (na przedłużeniu nakładki dolnej).
- d) Stolik montażowy:
- parametry stolika montażowego podawane są jako konstrukcyjne – jest on umieszczany na rysunku,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

7.1 Typ połączenia

Przy wyborze **Typu połączenia** pojawia się poglądowy (nieilustrujący aktualnej konfiguracji połączenia) rysunek jednej z możliwych konfiguracji połączenia słup-belka typu montażowego, którego wybór określa typ liczonego modelu połączenia.

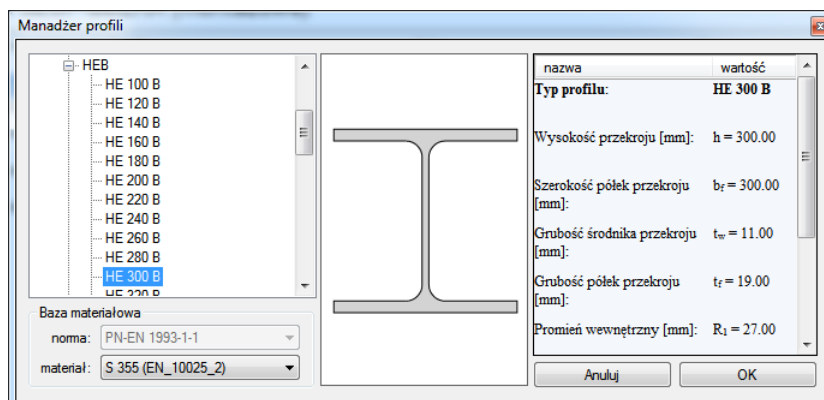


7.2 Dane wejściowe



7.2.1 Słup

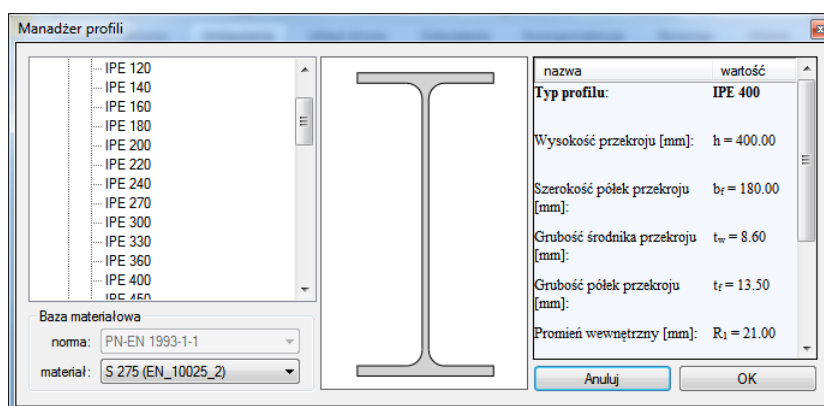
W opcji **Słup** znajduje się *Menadżer profili*, w którym należy wybrać odpowiedni profil słupa oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.



7.2.2 Belka

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

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



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.

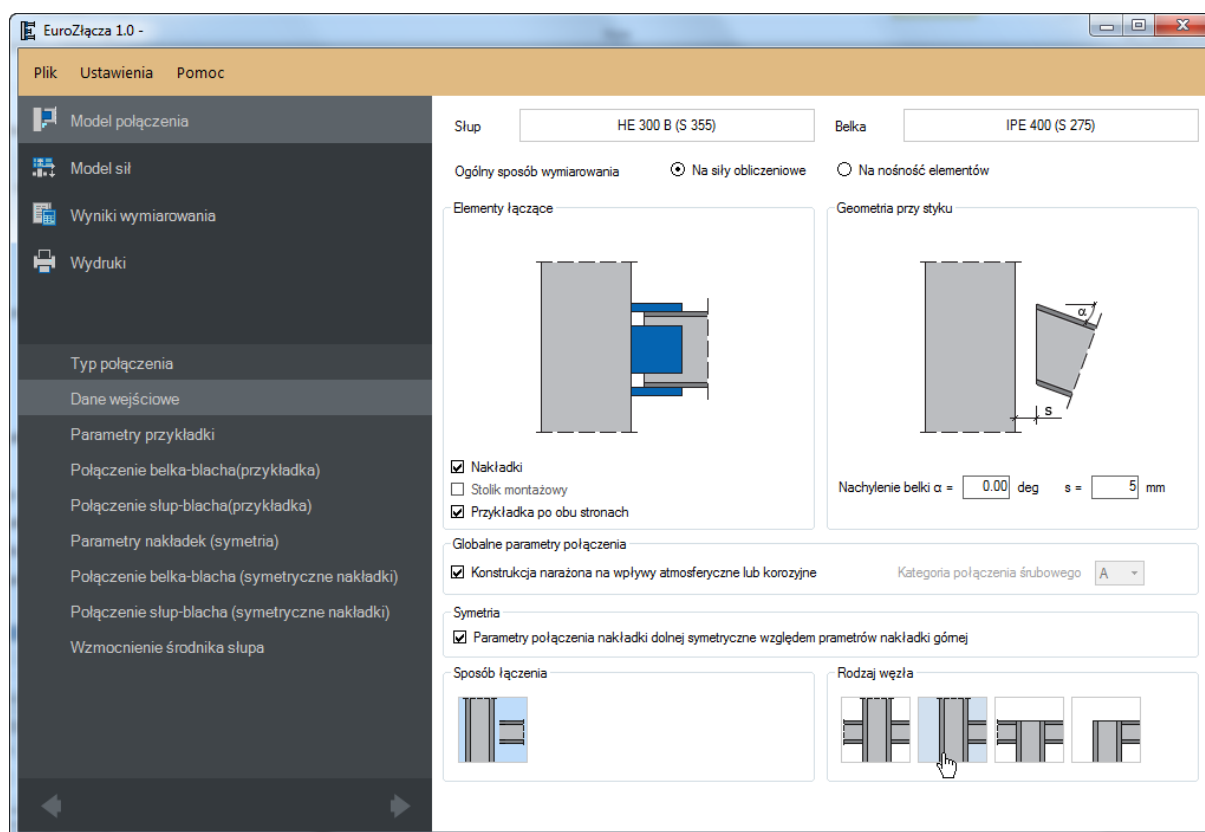
7.2.4 Sposób łączenia

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

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.

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

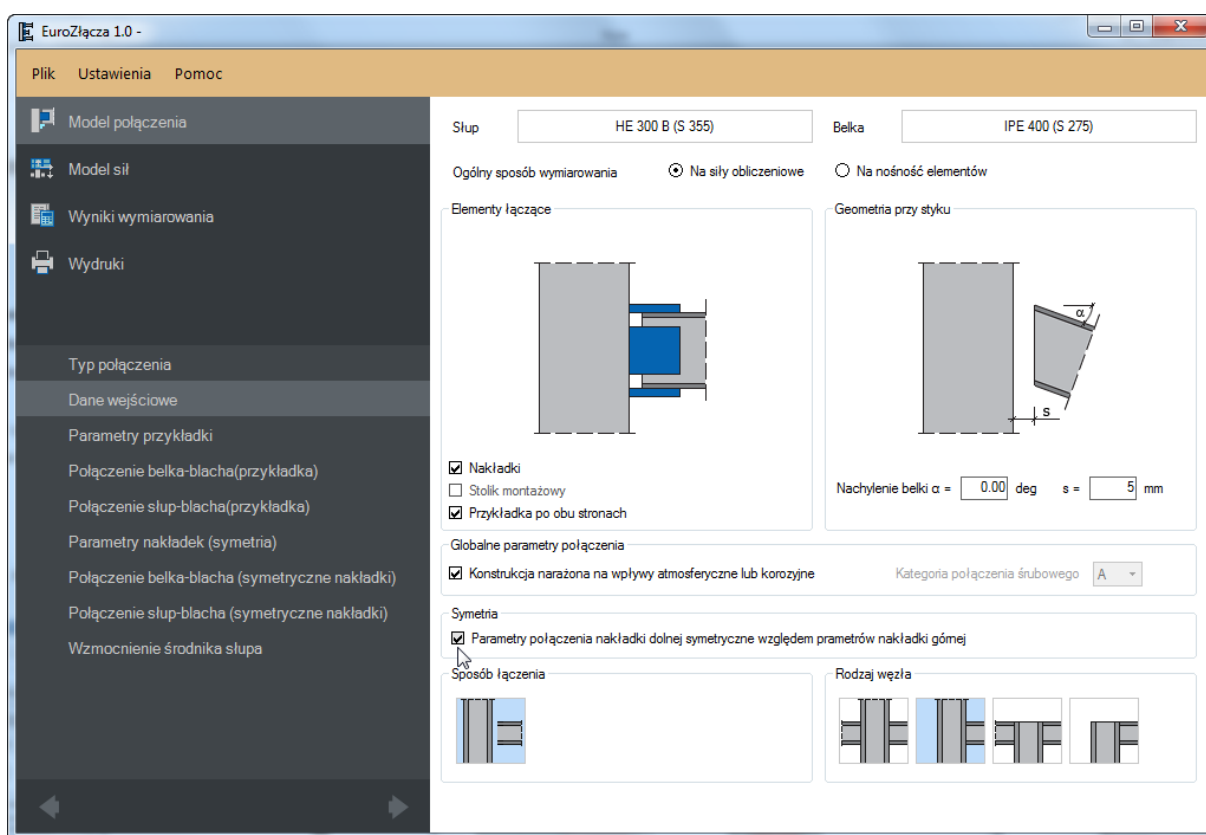
Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

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-błacha (symetryczne nakładki),
- Połączenia słup-błacha (symetryczne nakładki).

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

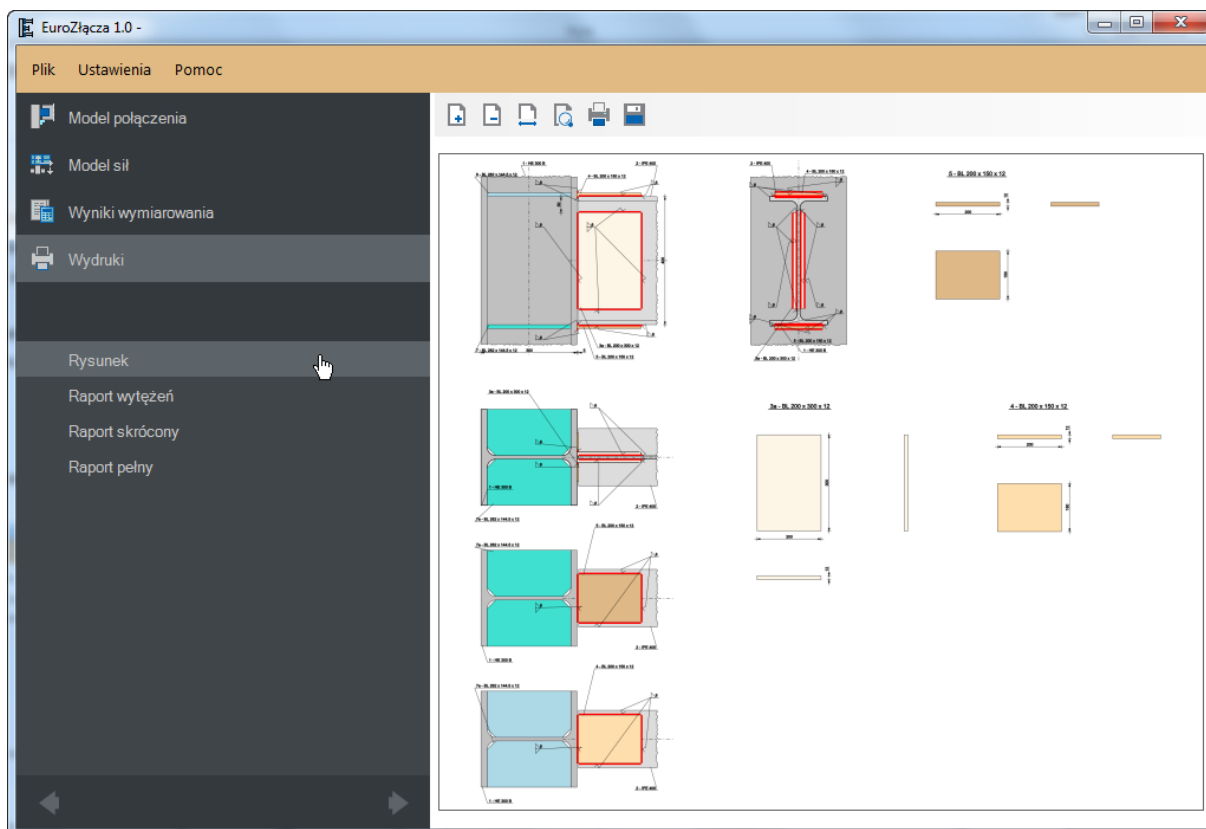
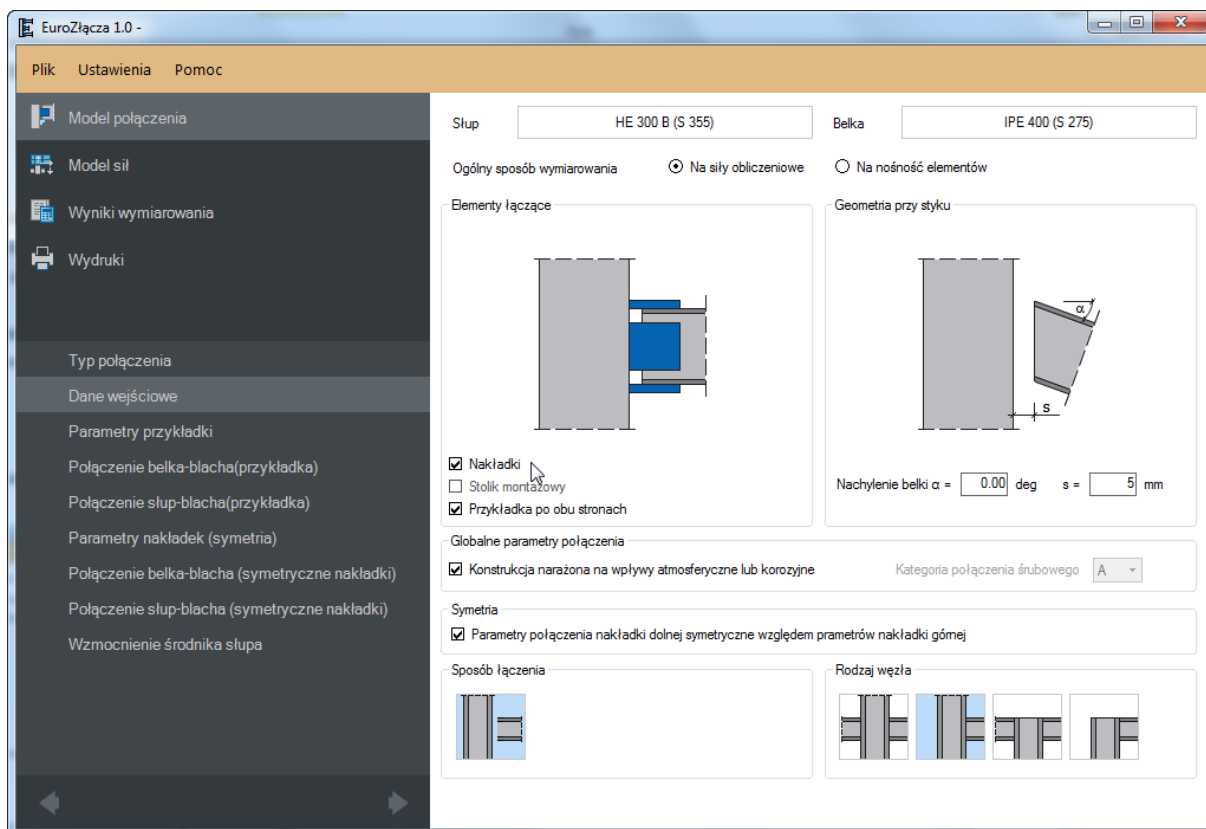


7.2.9 Elementy łączące

Nakładki – w połączeniu zastosowano nakładkę górną i dolną,

Podręcznik użytkownika dla programu EuroZłącza

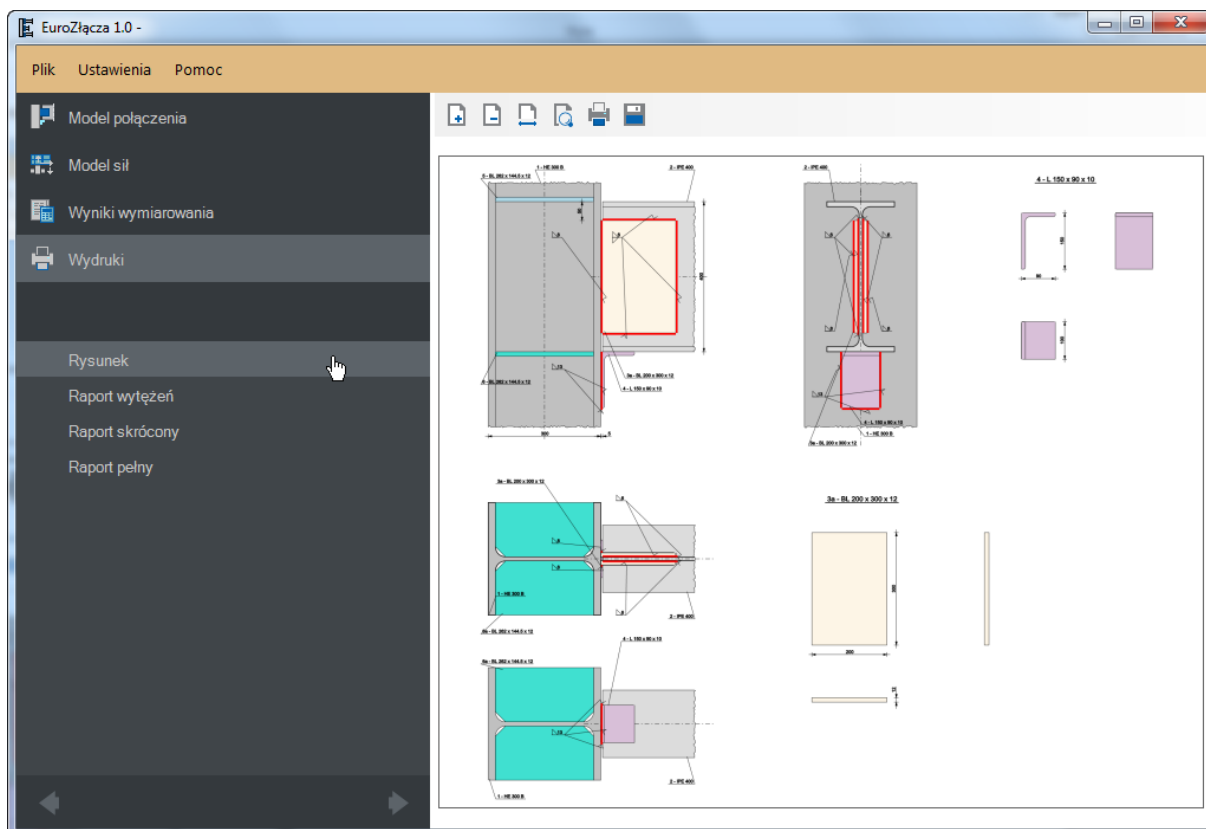
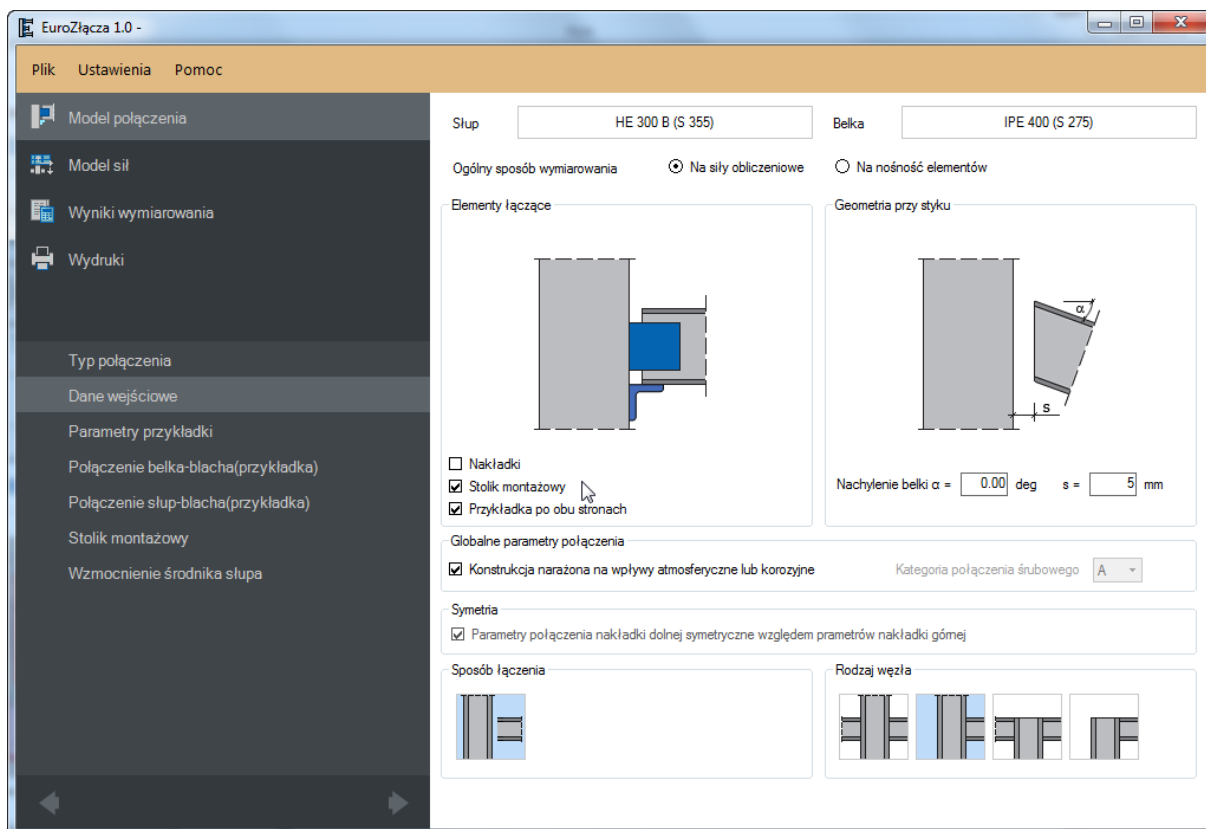
Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



Stolik montażowy – w połączeniu zastosowano stół montażowy,

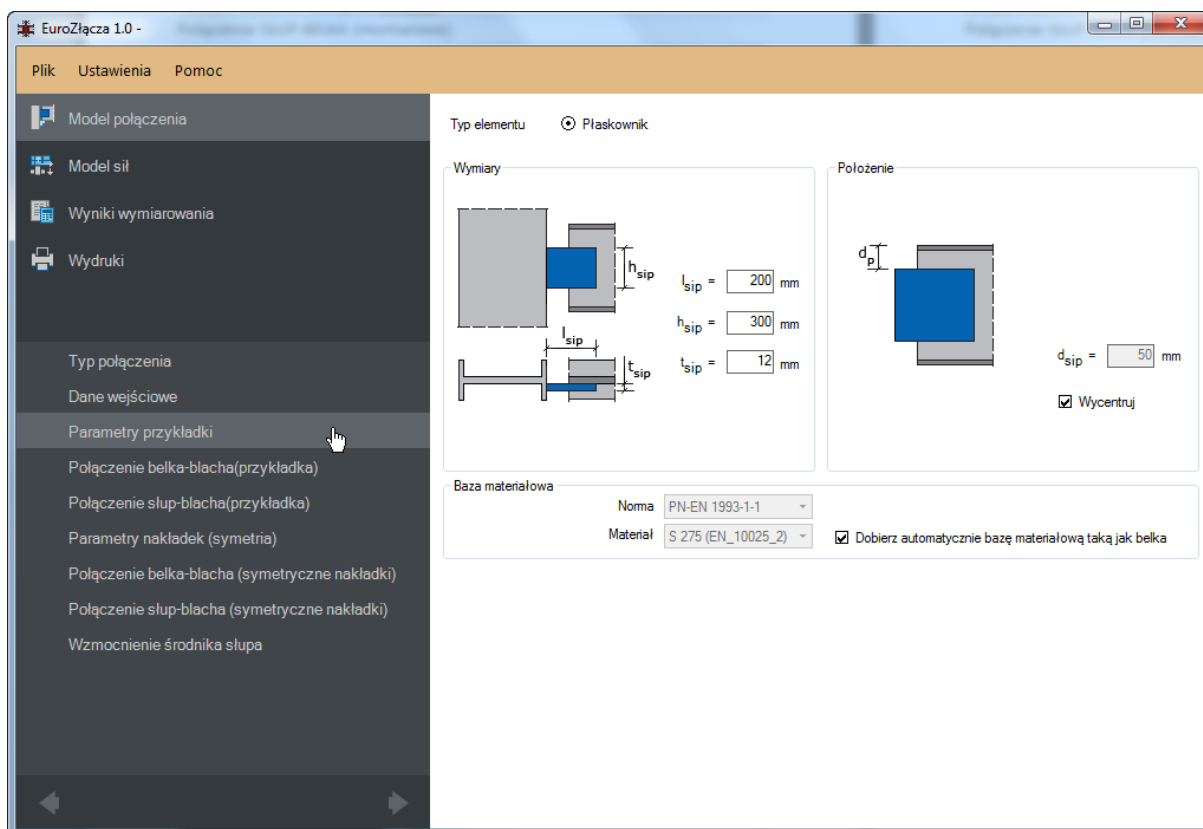
Podręcznik użytkownika dla programu EuroZłącza

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



Przykładka po obu stronach – zastosowano przykładkę po obu stronach środka 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].

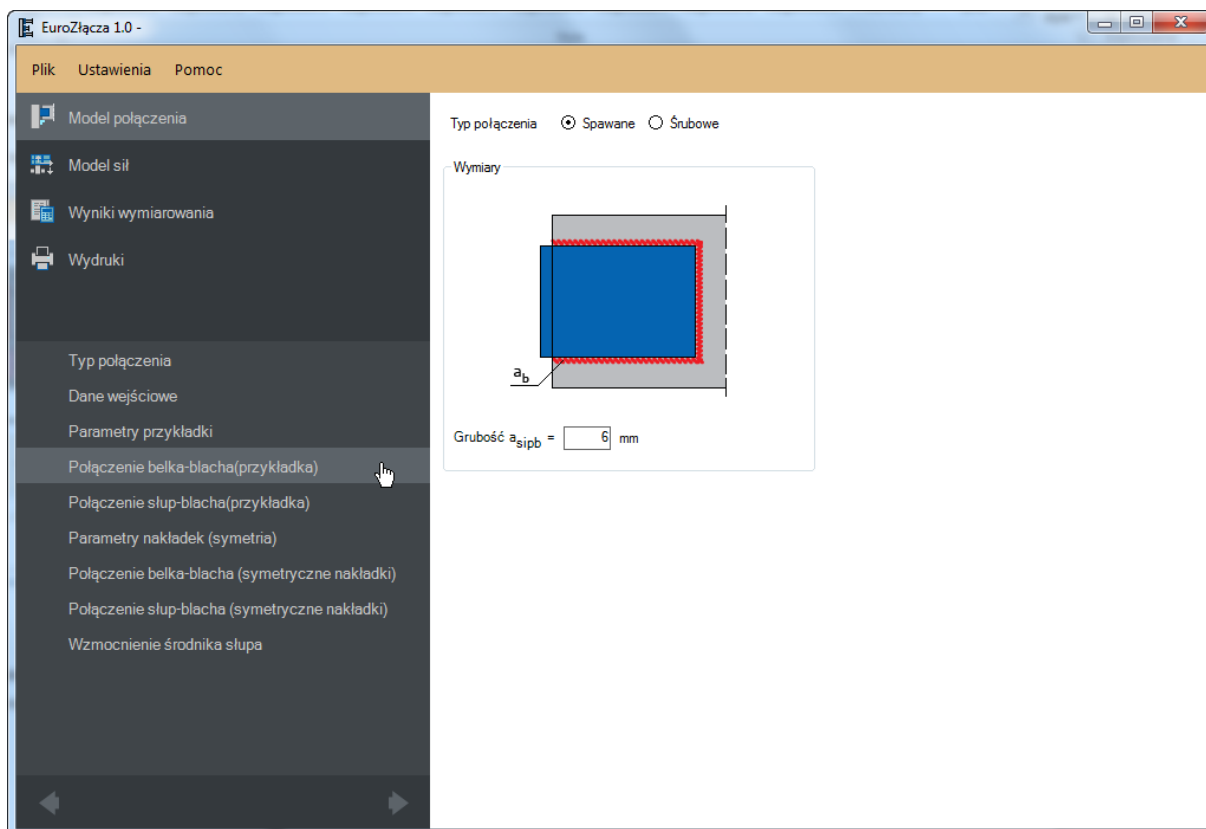
7.3.3 Parametry przykładki – Położenie

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

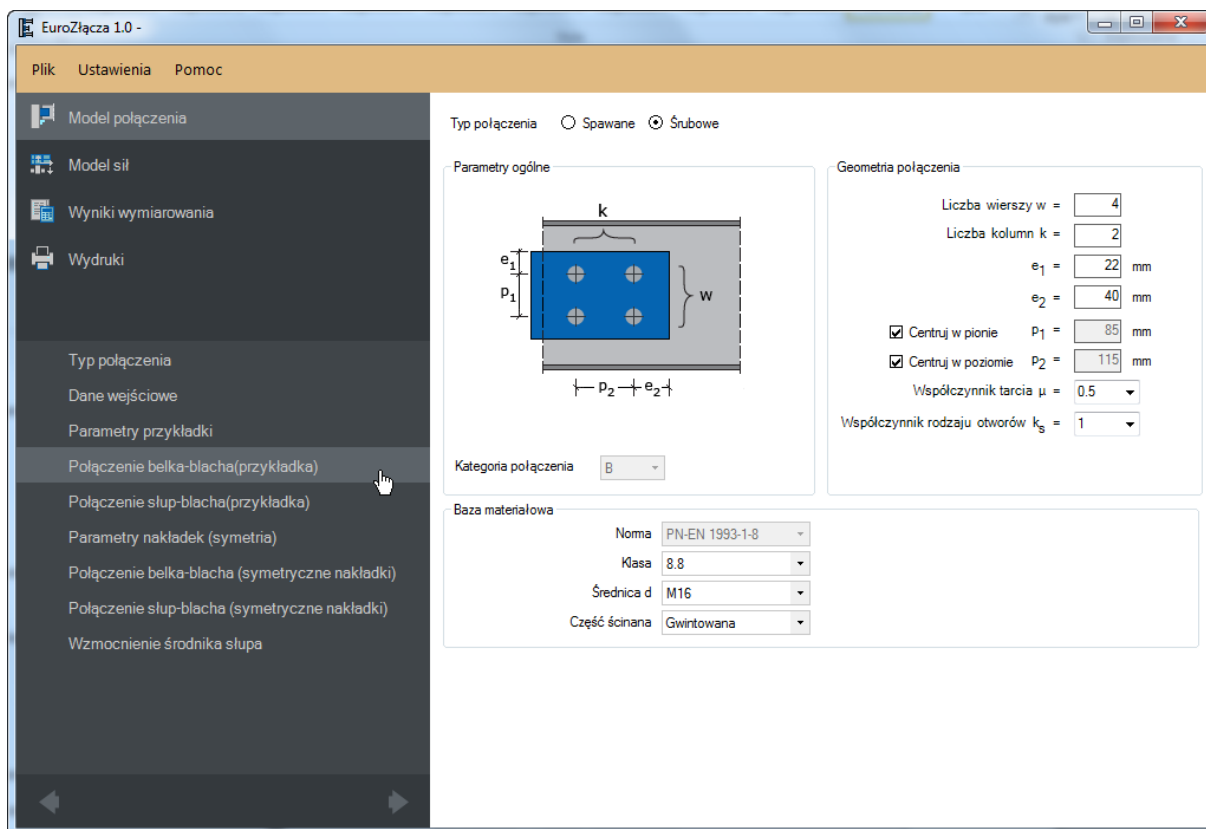
Wycentruj – powoduje wycentrowanie przykładki względem osi symetrii belki.

Podręcznik użytkownika dla programu EuroZłącza

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**.

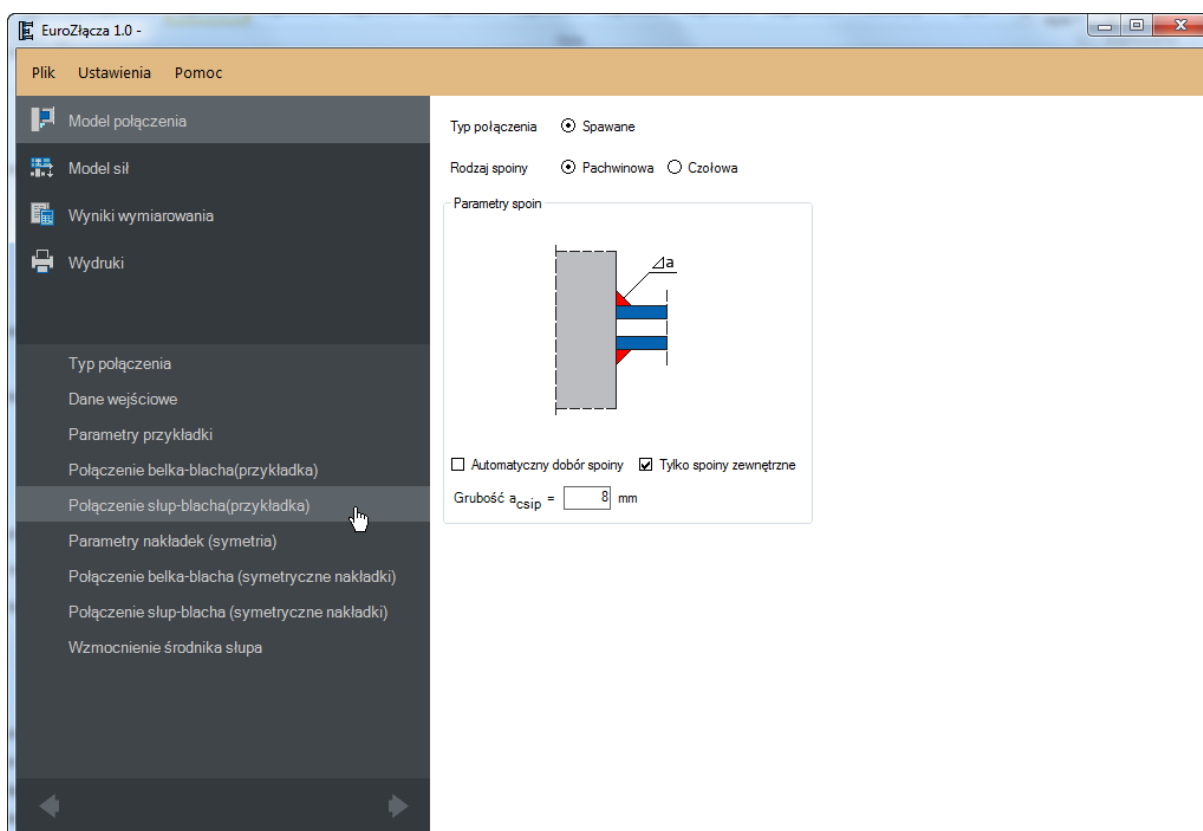
7.5 Połączenie słup-błacha (przykładka)

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 takiej spoiny może być niemożliwe z powodu braku wystarczającego miejsca do wykonania linii spawu.

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.



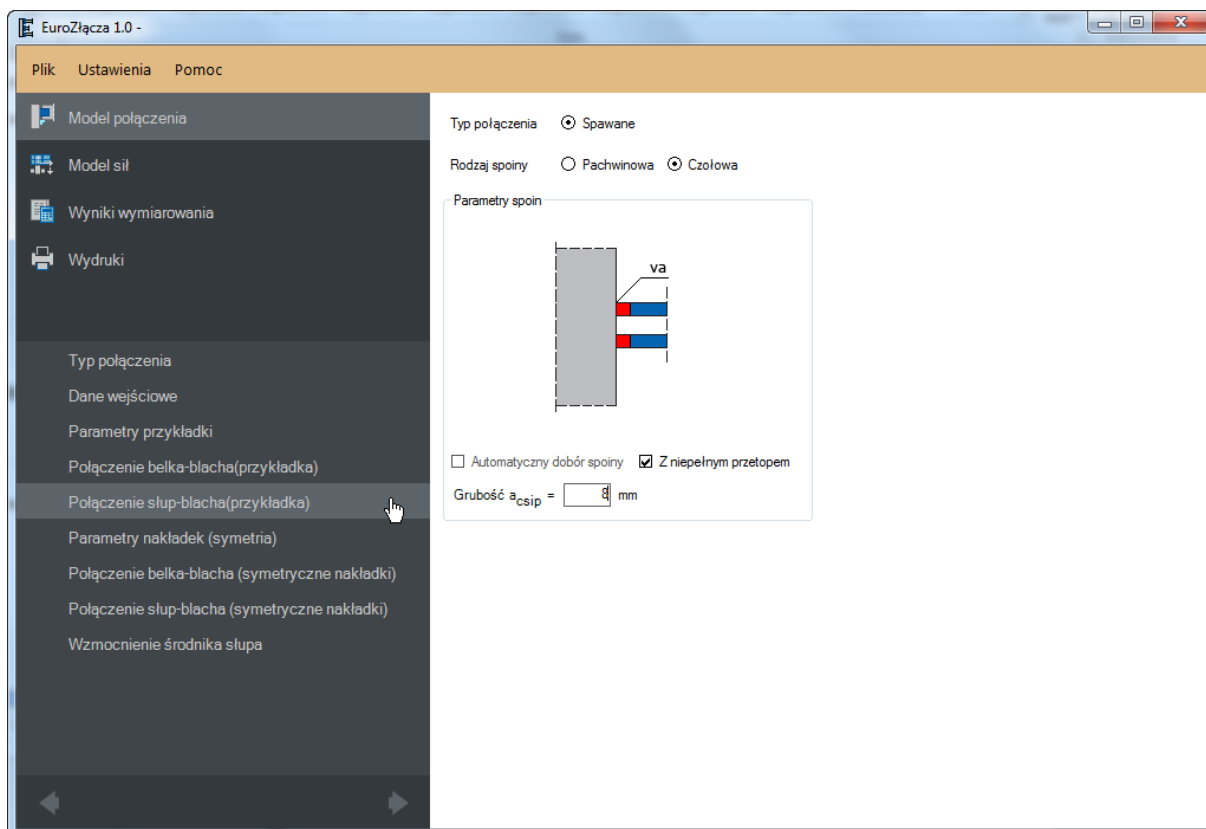
Automatyczny dobór spoiny – algorytm określa przybliżoną wystarczającą grubość spoiny pachwinowej.

7.5.2 Rodzaj spoiny – Czołowa

Należy podać:

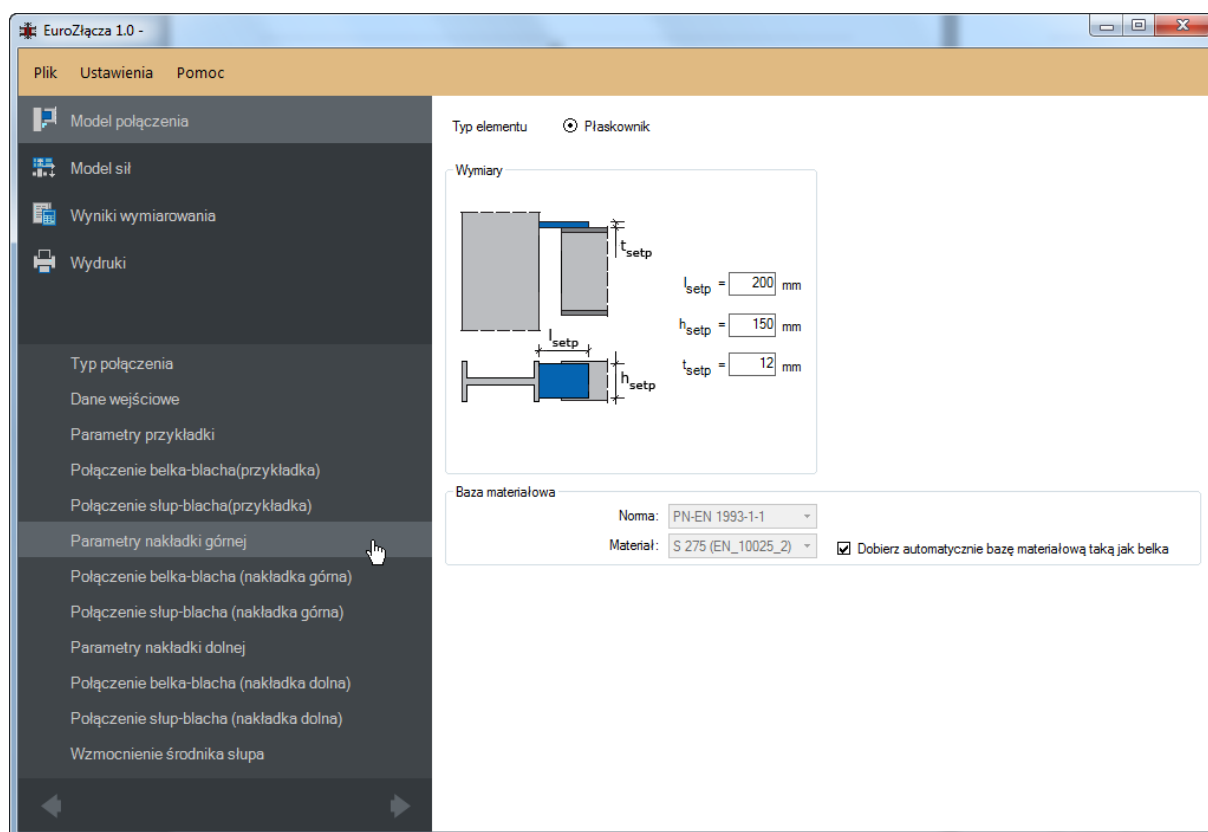
Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

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



7.6 Parametry nakładki górnej

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



Należy podać wymiary nakładki górnej, gdzie:

l_{setp} – długość nakładki górnej [mm],

h_{setp} – szerokość nakładki górnej [mm],

t_{setp} – grubość nakładki górnej [mm].

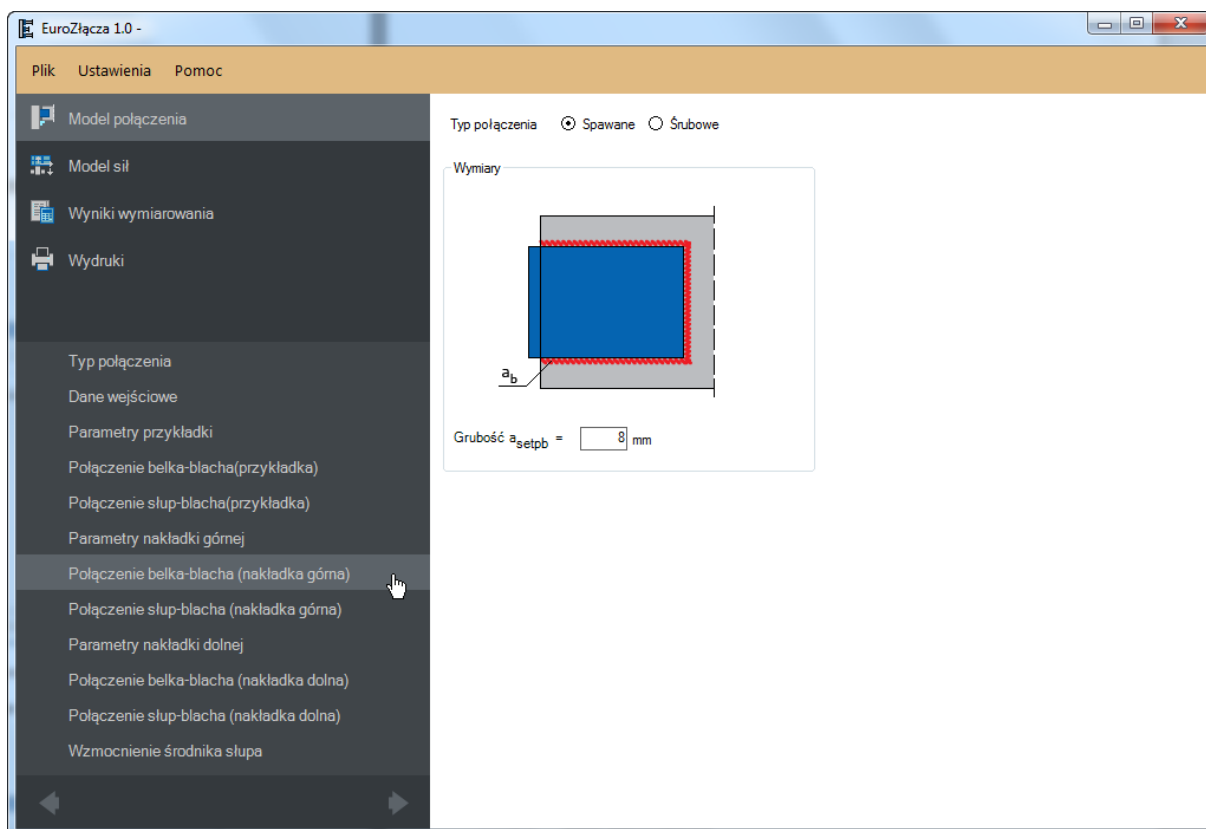
7.6.1 Baza materiałowa

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

7.7 Połączenie belka-błacha (nakładka górna)

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

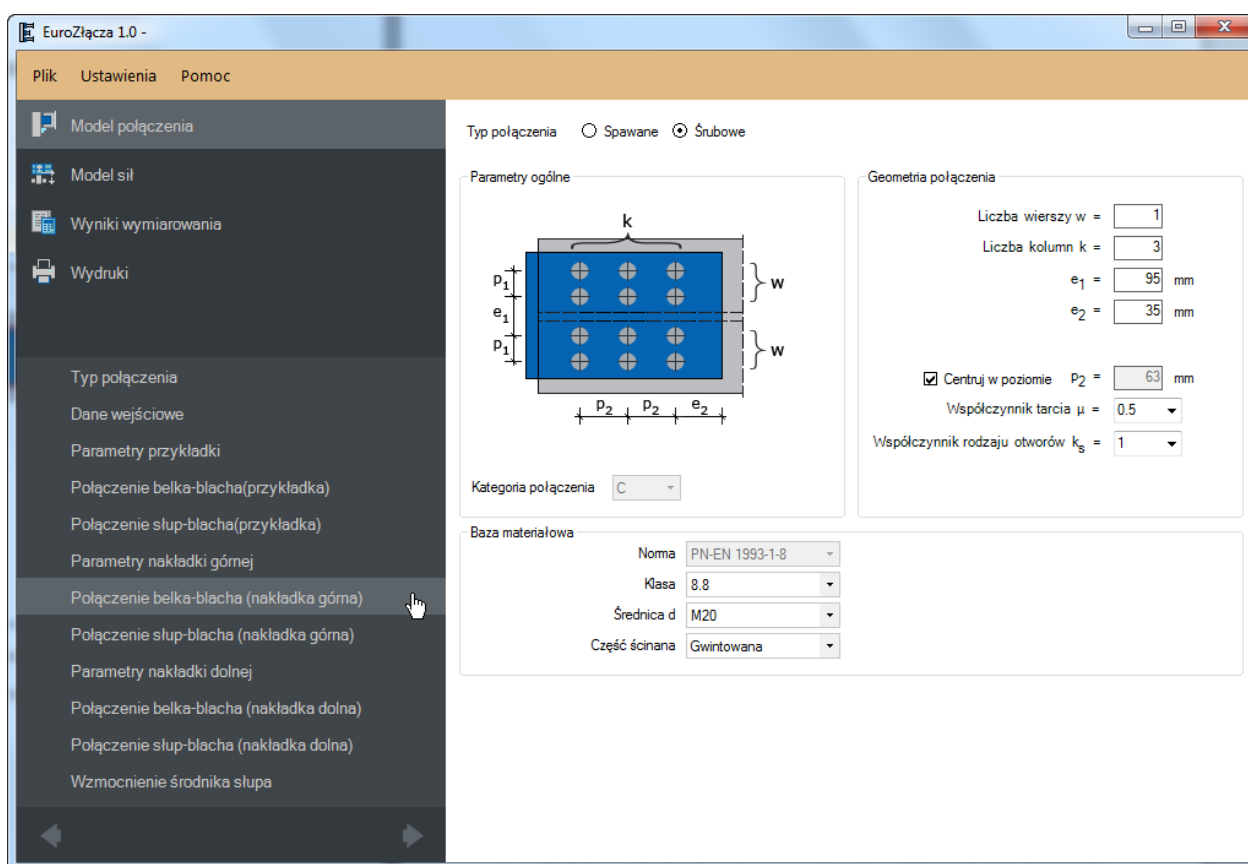
7.7.1 Typ połączenia – Spawane



Należy podać grubość spoiny łączącej nakładkę górną z półką górną belki:

a_{setpb} – grubość spoiny łączącej nakładkę górną z półką górną 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 średnika 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 i 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

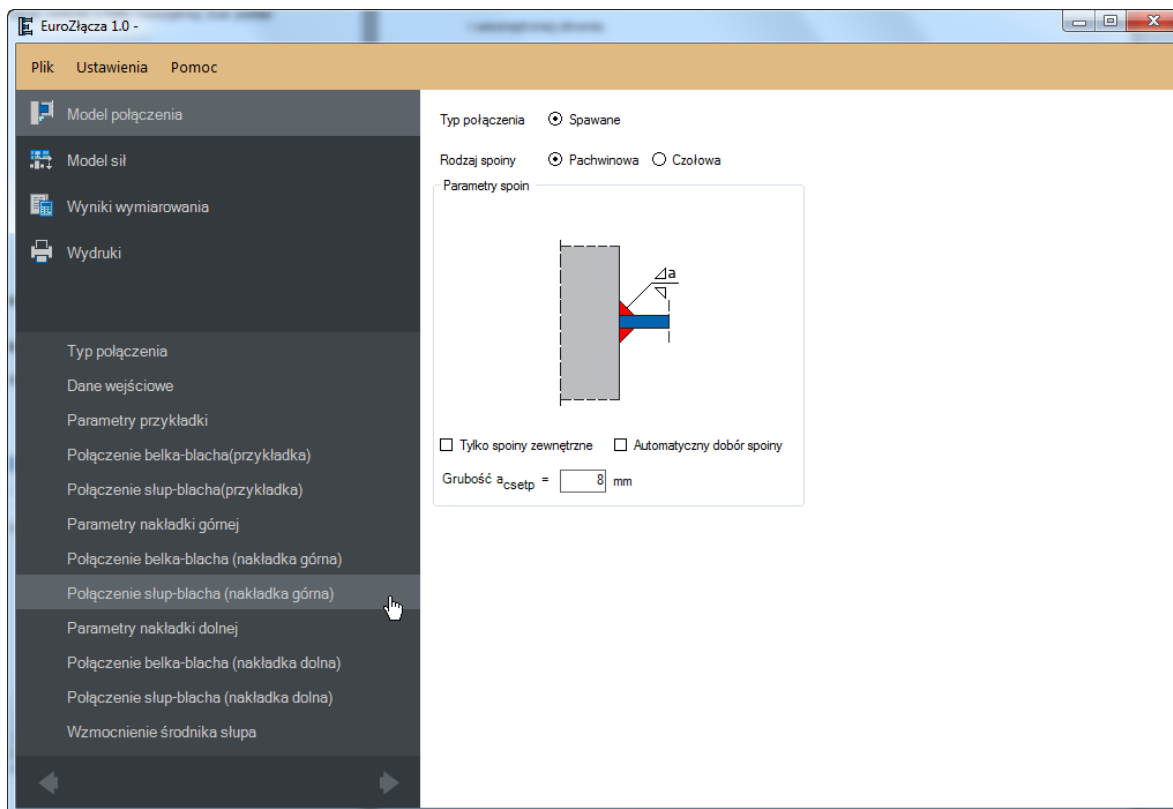
Należy wybrać z listy rozwijalnej:

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

7.8 Połączenie słup-błacha (nakładka górna)

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

7.8.1 Rodzaj spoiny – Pachwinowa

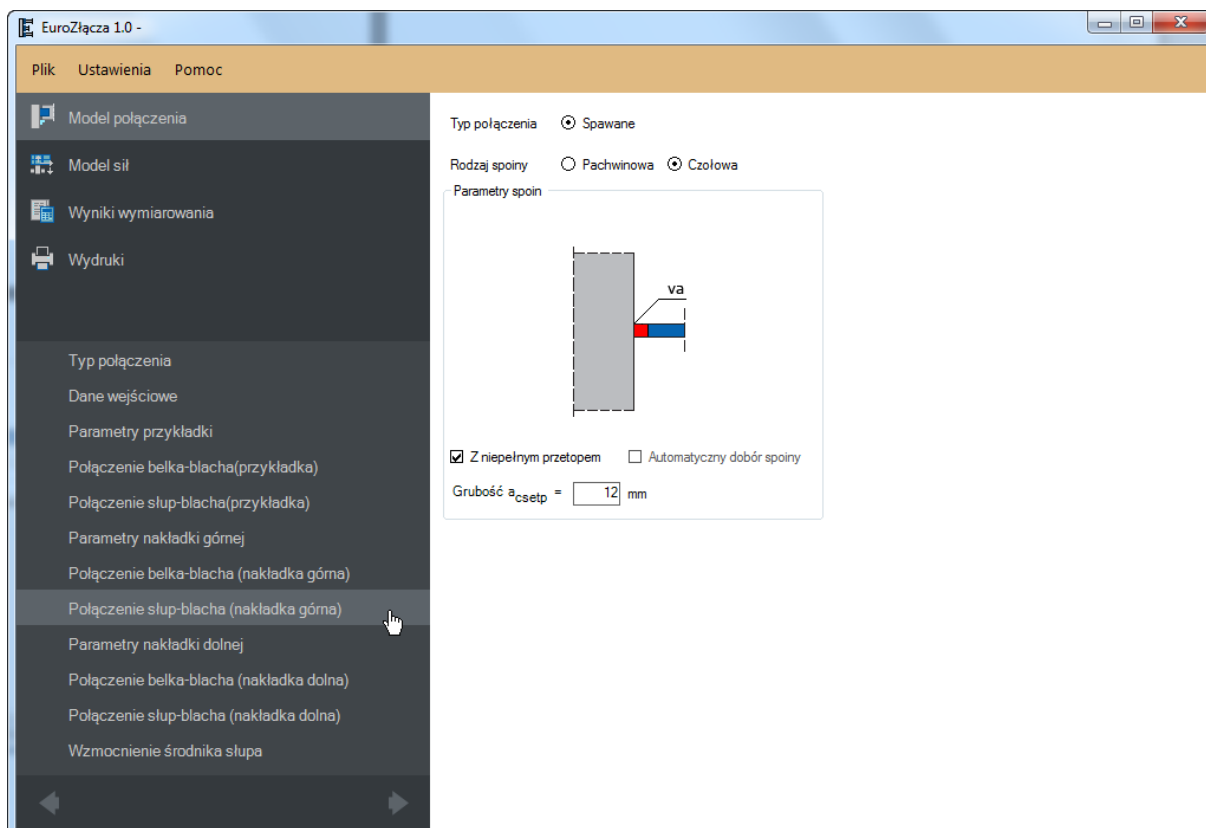


Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

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

Automatyczny dobór spoiny – algorytm określi grubość spoiny pachwinowej.

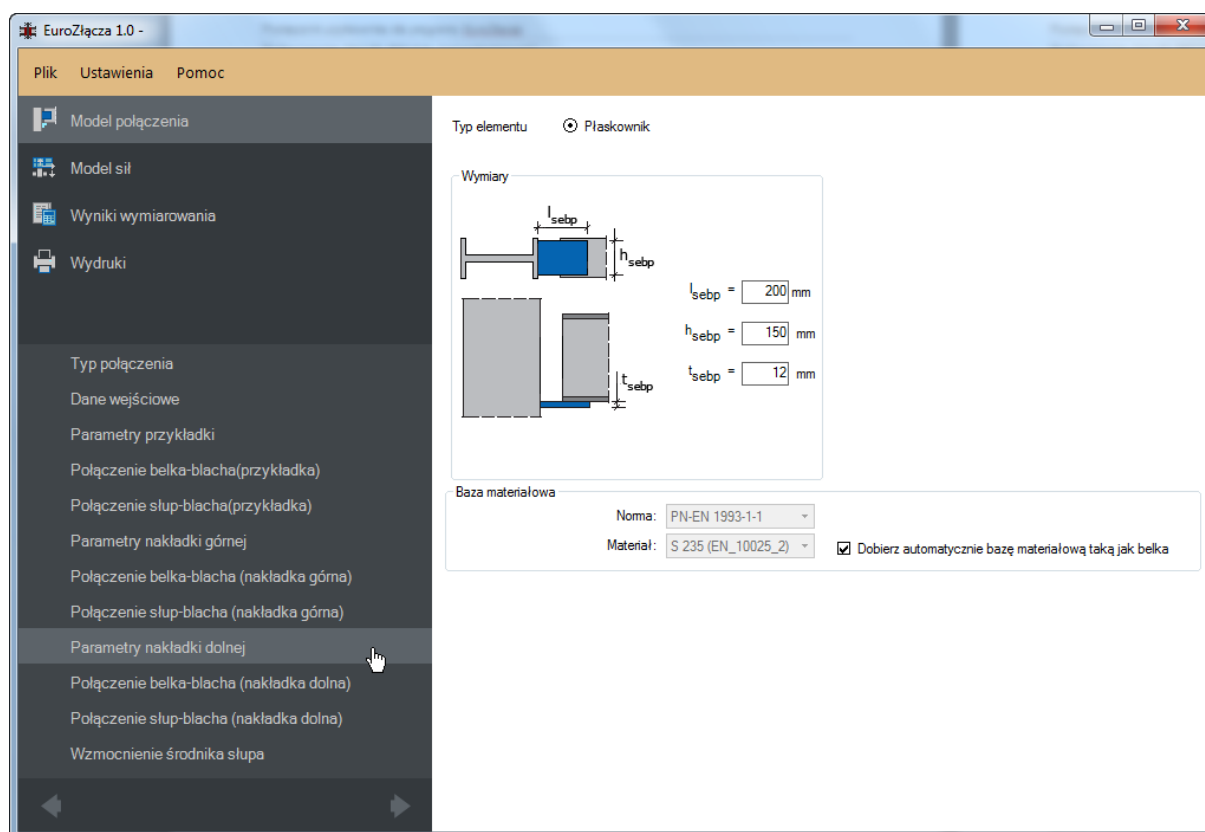
7.8.2 Rodzaj spoiny – Czołowa



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

7.9 Parametry nakładki dolnej

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



Należy podać wymiary nakładki dolnej, gdzie:

l_{sebp} – długość nakładki dolnej [mm],

h_{sebp} – szerokość nakładki dolnej [mm],

t_{sebp} – grubość nakładki dolnej [mm].

7.9.1 Baza materiałowa

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

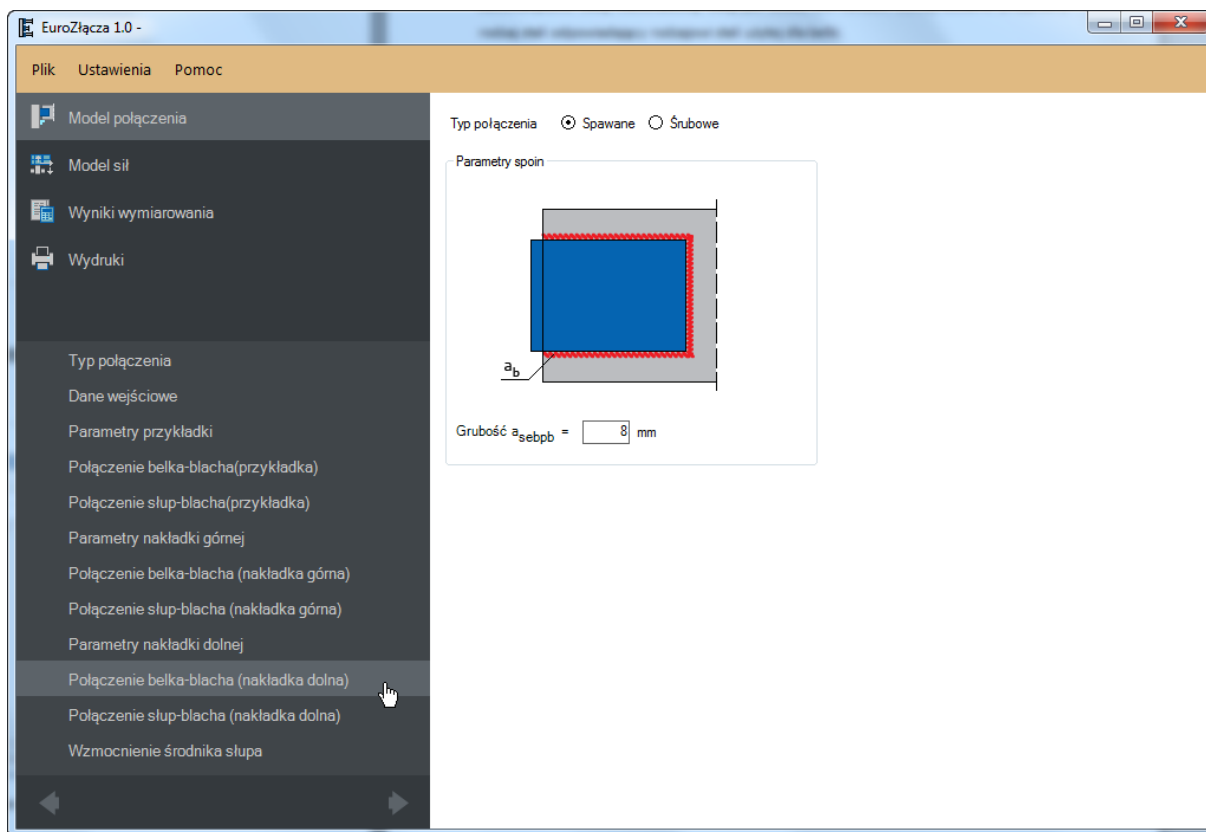
7.10 Połączenie belka-błacha (nakładka dolna)

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

7.10.1 Typ połączenia – Spawane

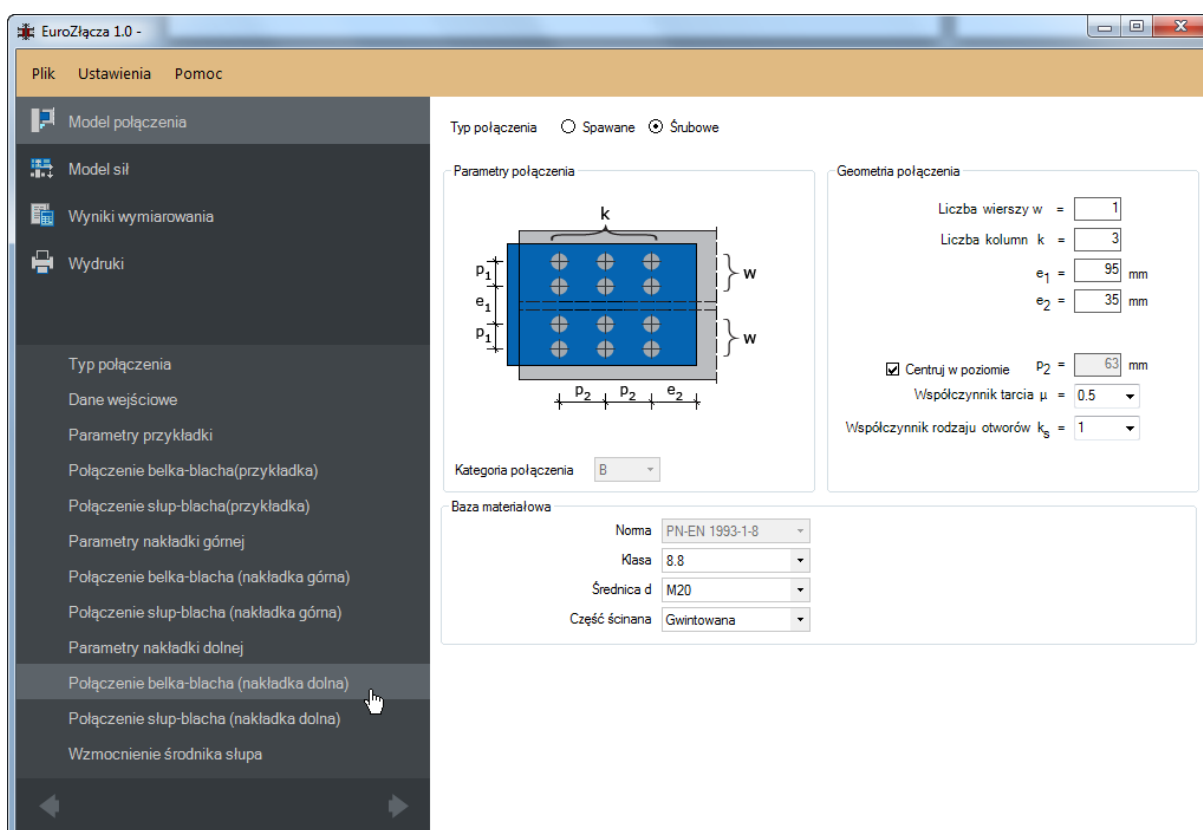
Należy podać grubość spoiny łączącej nakładkę dolną z dolną półką belki.

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



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

7.10.2 Typ połączenia – Śrubowe



7.10.2.1 Parametry ogólne

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

7.10.2.2 Geometria połączenia

Należy podać:

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 [-].

7.10.2.3 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

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

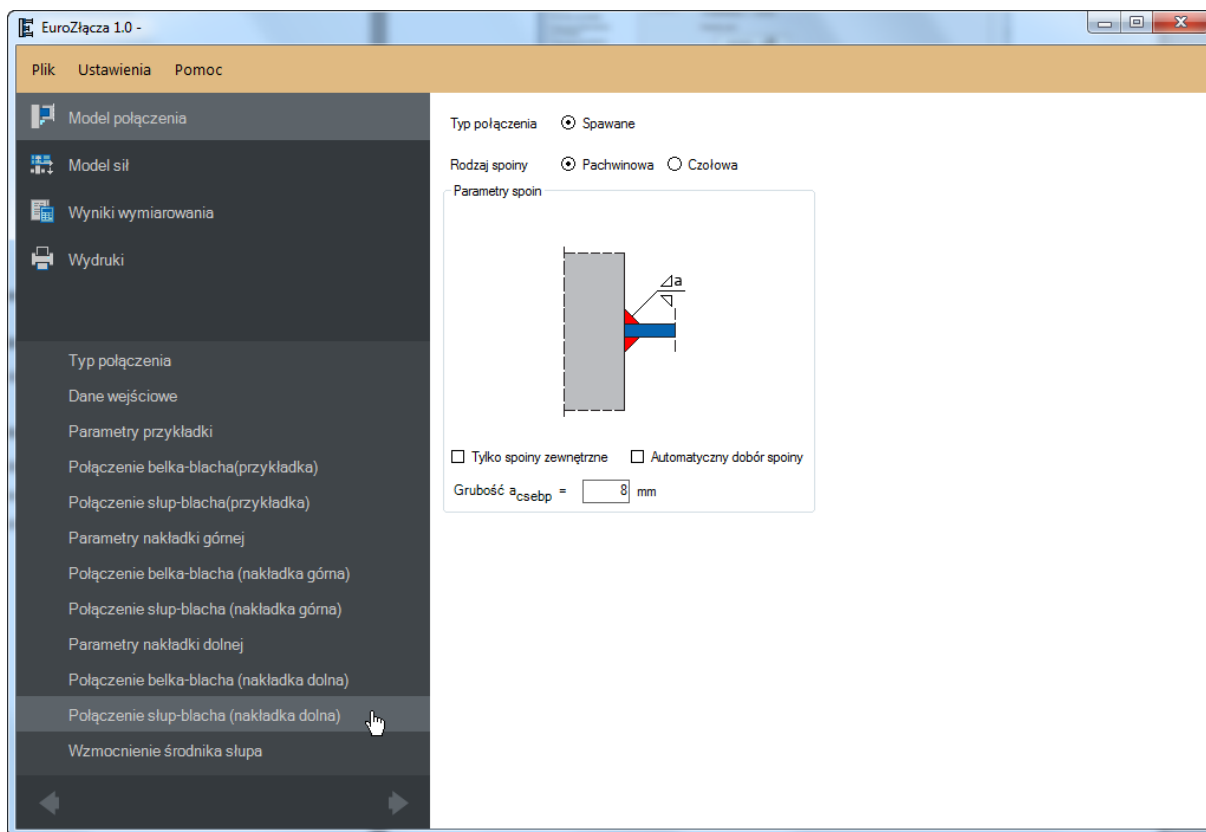
7.11 Połączenie słup-błacha (nakładka dolna)

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

7.11.1 Rodzaj spoiny – Pachwinowa

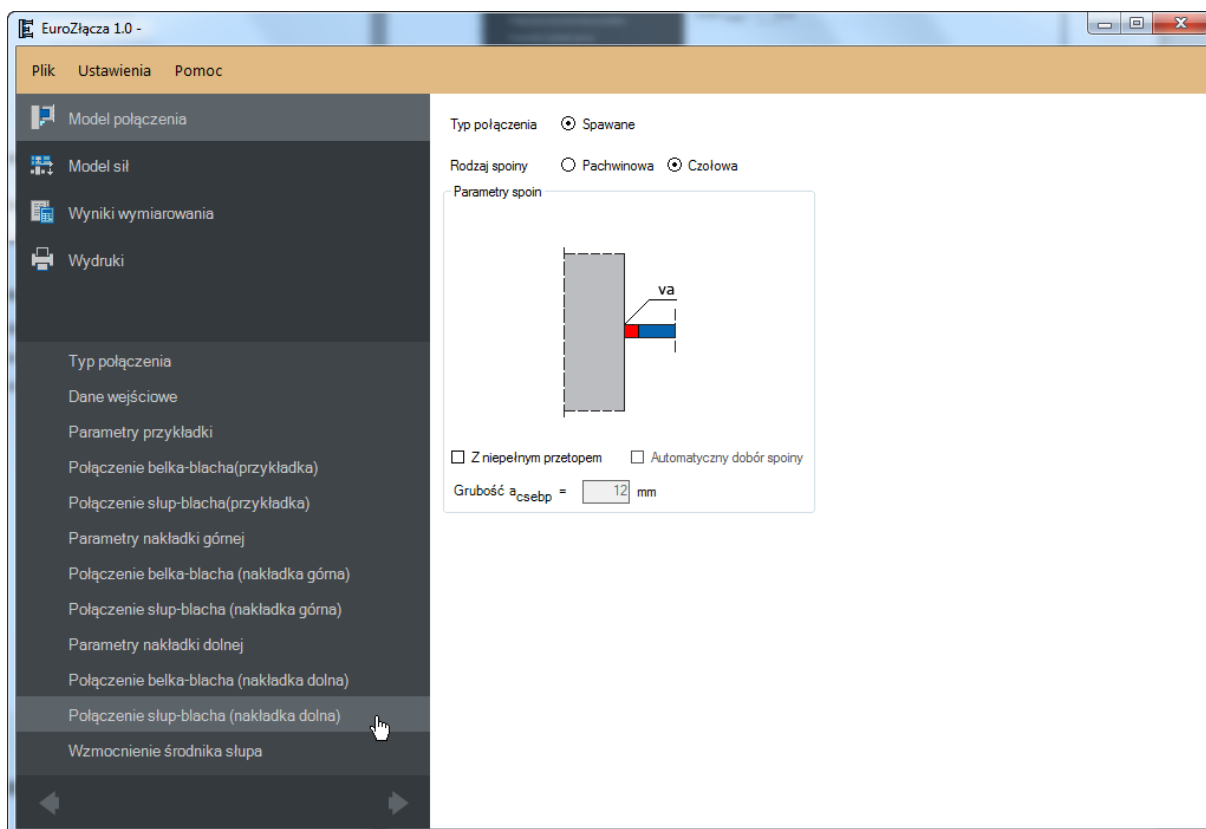
Tylko spoiny zewnętrzne – oznacza, że nakładka dolna przyspawana jest na jedną spoinę pachwinową do słupa po zewnętrznej krawędzi. Odznaczenie tego pola spowoduje, że nakładka dolna przyspawana będzie na dwie spoiny pachwinowe do słupa po zewnętrznej i wewnętrznej stronie.

Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA



Automatyczny dobór spoiny – algorytm określa grubość spoiny pachwinowej.

7.11.2 Rodzaj spoiny – Czołowa

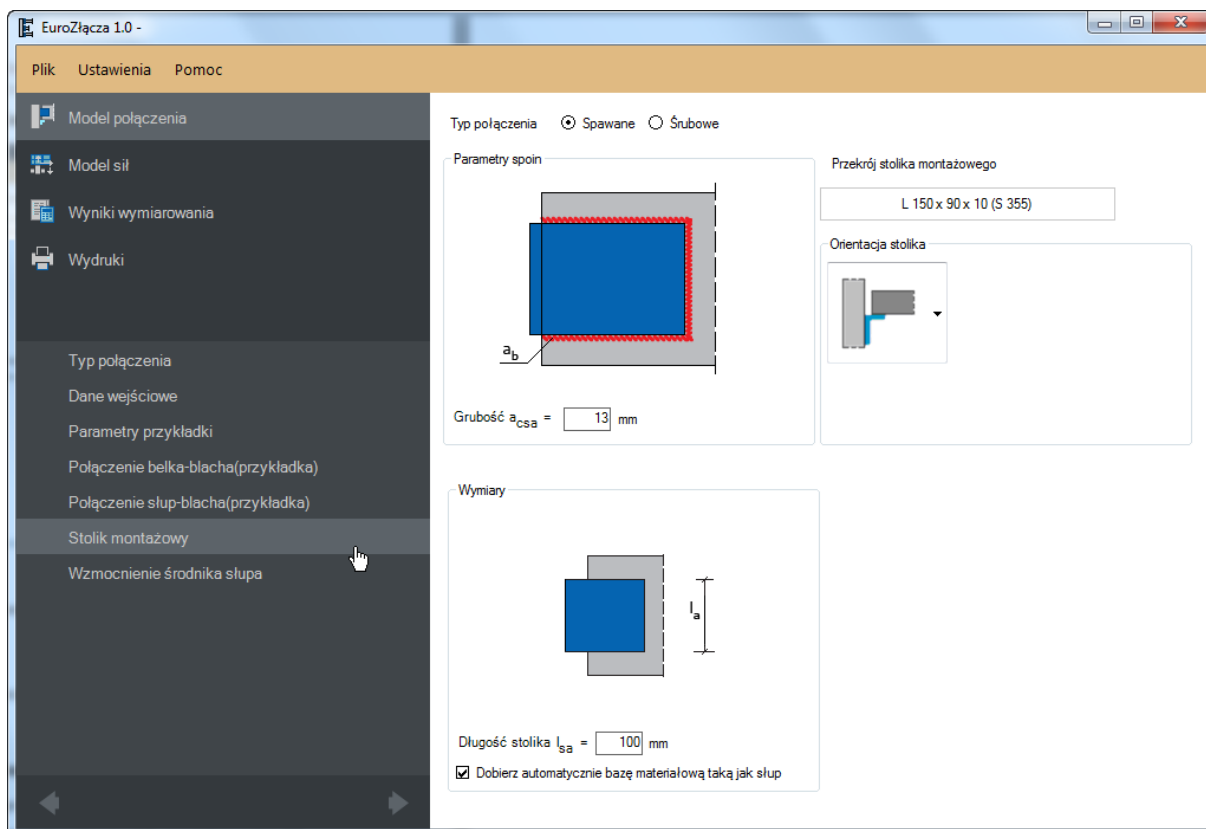


Należy podać:

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

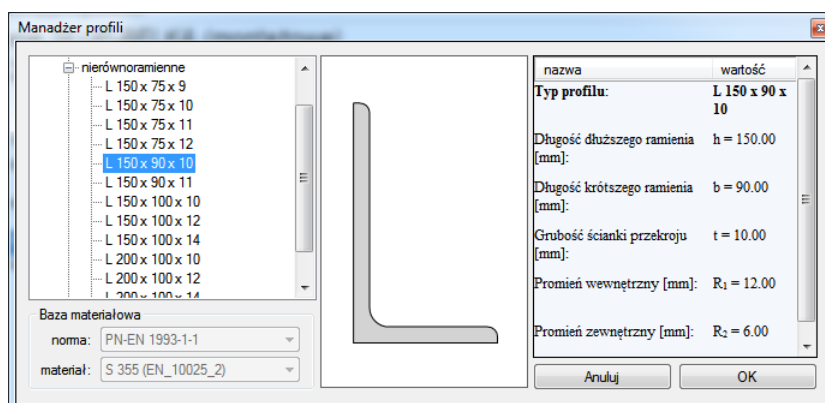
7.12 Stolik montażowy

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



7.12.1 Przekrój stolika montażowego

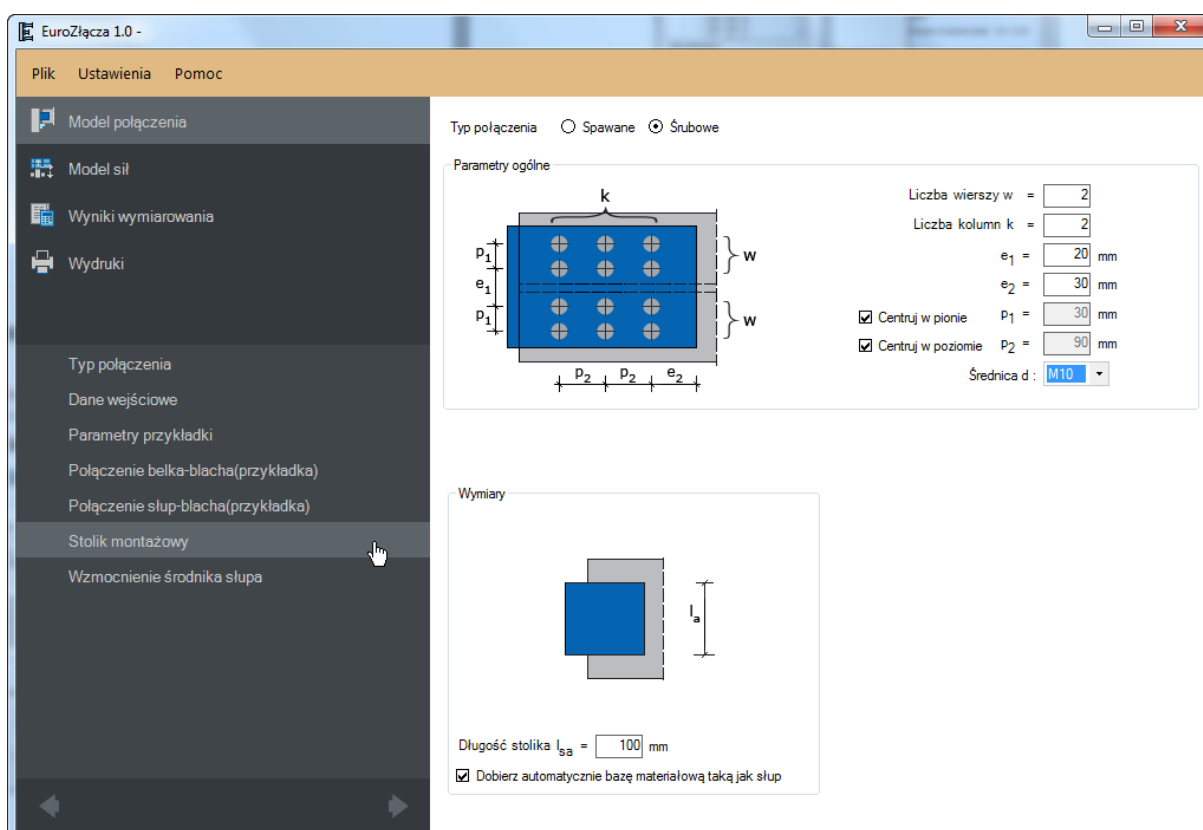
W opcji **Przekrój stolika montażowego** znajduje się **Menadżer profili**, w którym należy wybrać odpowiedni profil stolika montażowego (kątownik) oraz z listy rozwijalnej rodzaj stali.



Wymiary:

l_{sa} – długość stolika montażowego liczona wzdłuż pólki słupa [mm].

7.12.2 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 średnika 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],

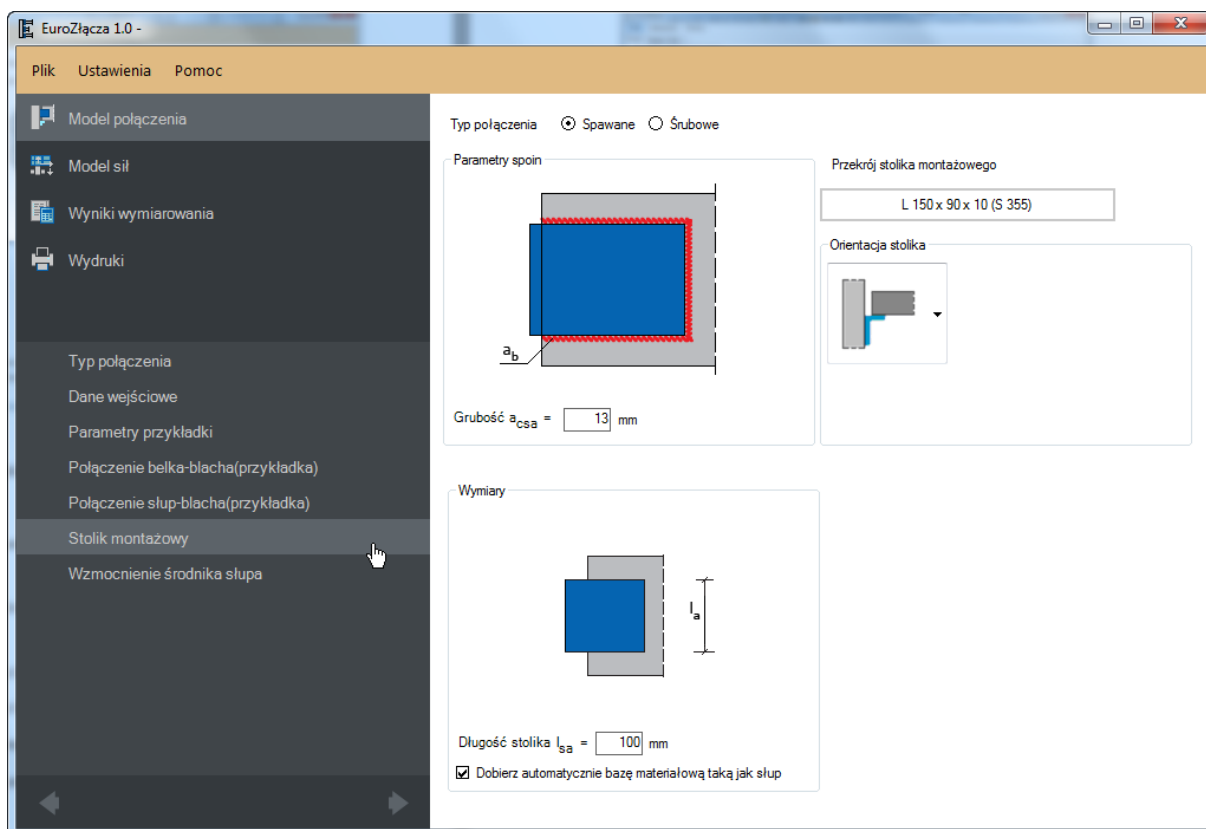
p_2 – odległość pomiędzy osiami śrub liczona w poziomie [mm],

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

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

d – średnica śrub.

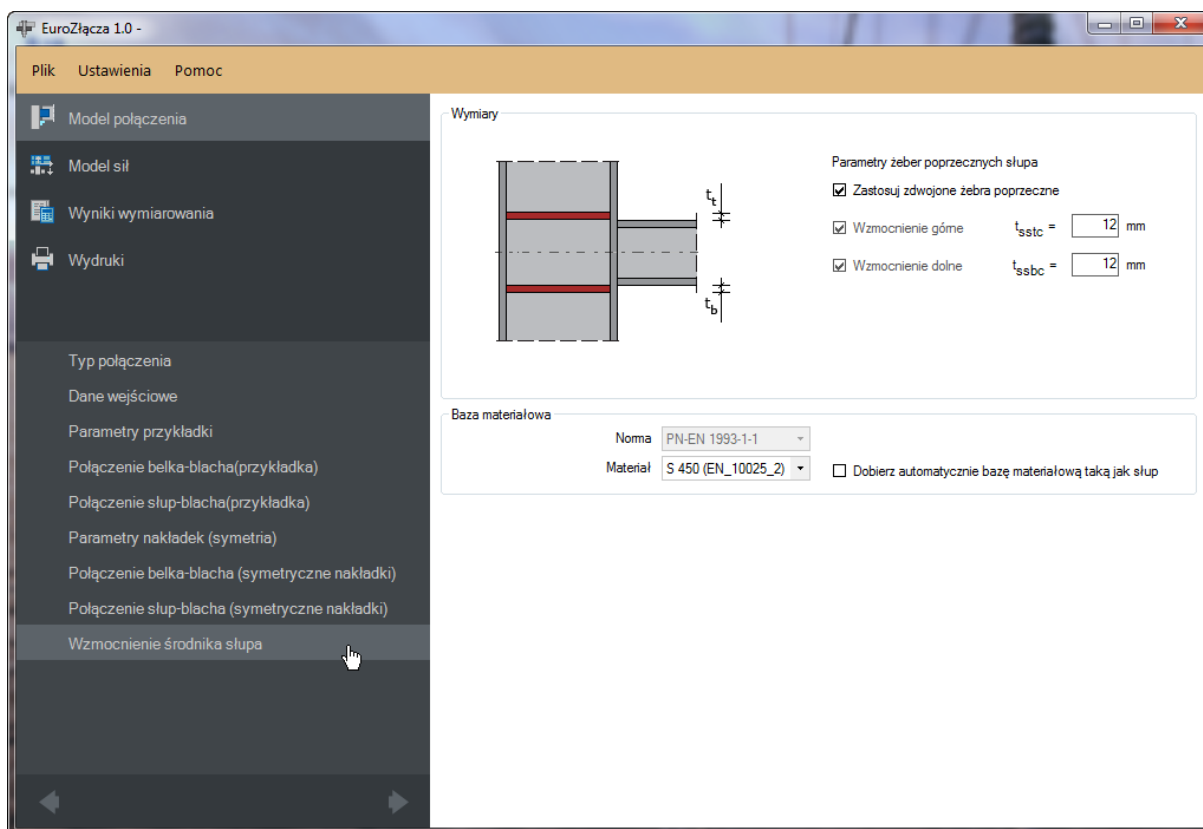
7.12.3 Typ połączenia – Spawany



Należy podać:

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

7.13 Wzmocnienie środka słupa



7.13.1 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].

7.13.2 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:

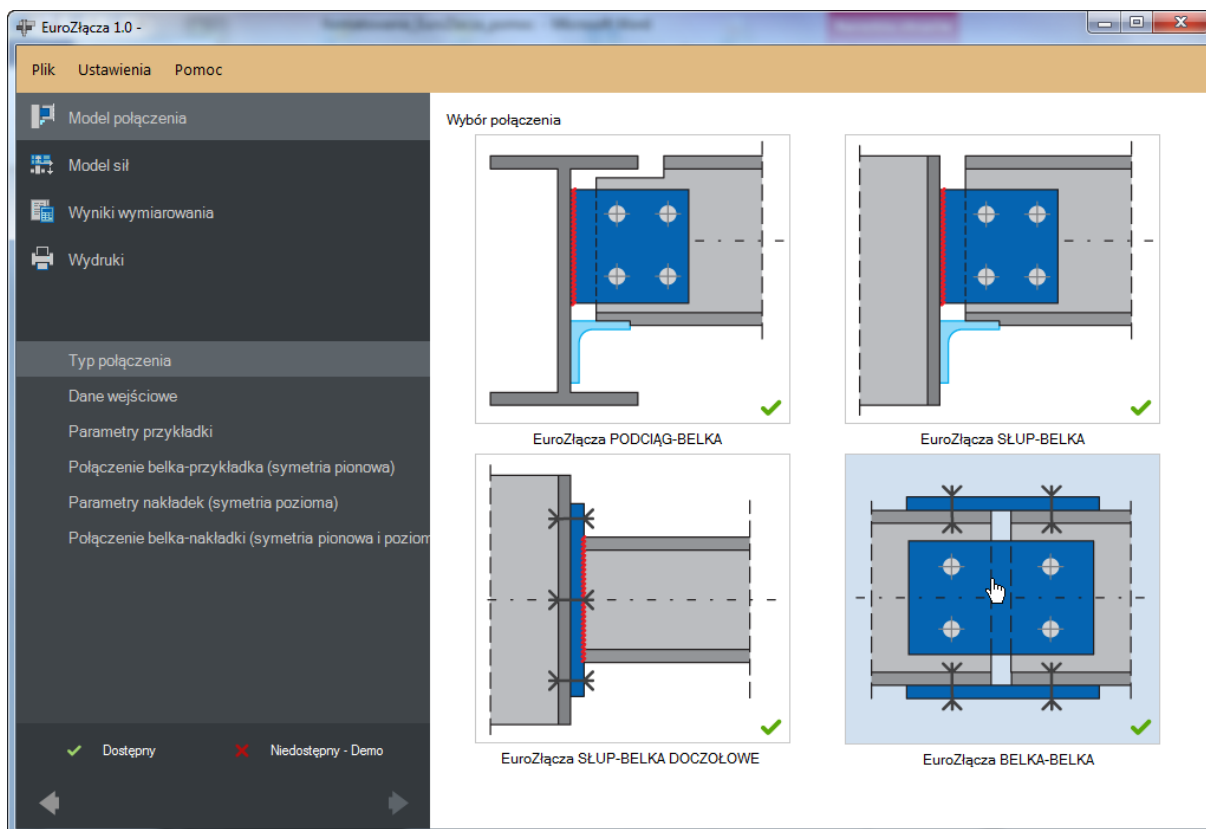
- użycie nakładek jest możliwe tylko w przypadku, gdy obie łączone belki mają równą wysokość.

8.1 Typ połączenia

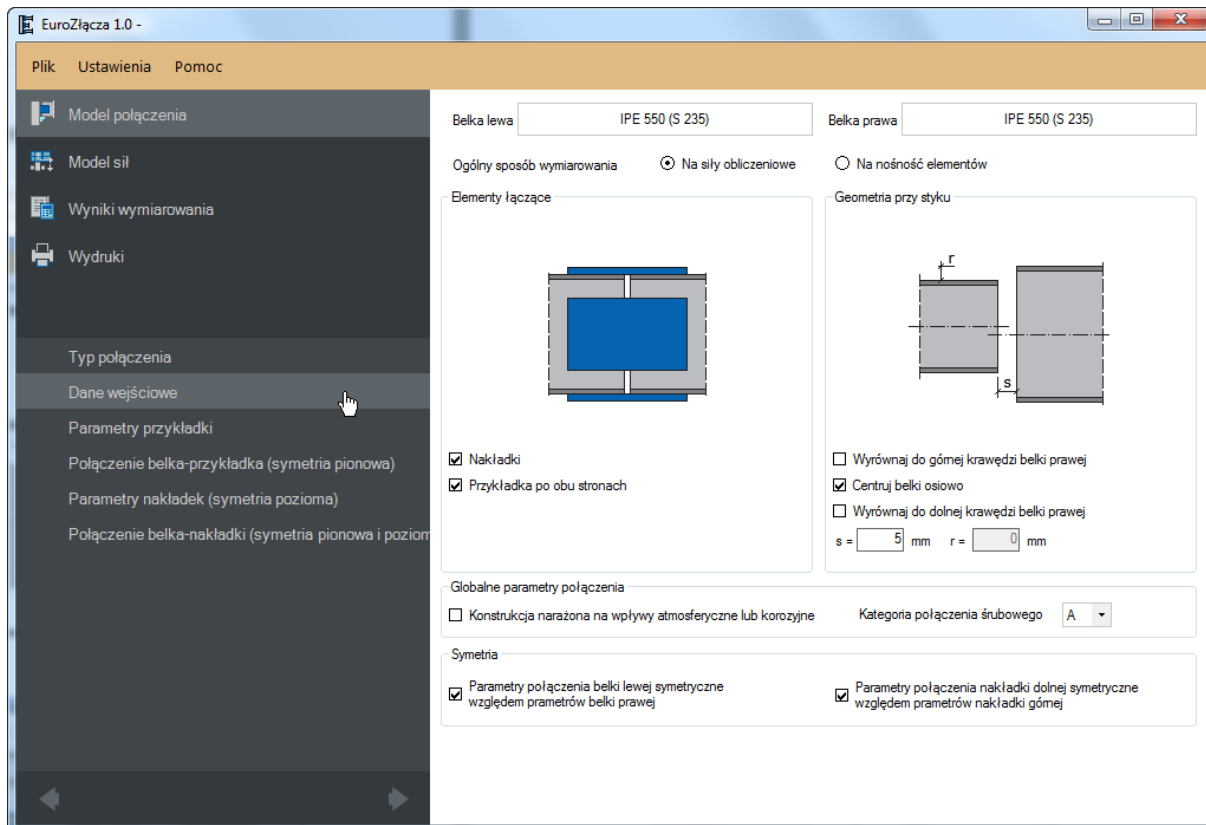
W panelu *Typ połączenia* dostępny jest poglądowy (nieilustrujący aktualnej konfiguracji połączenia) rysunek jednej z możliwych konfiguracji połączenia belka-belka typu montażowego, którego wybór określa typ liczonego modelu połączenia.

Podręcznik użytkownika dla programu EuroZłącza

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA



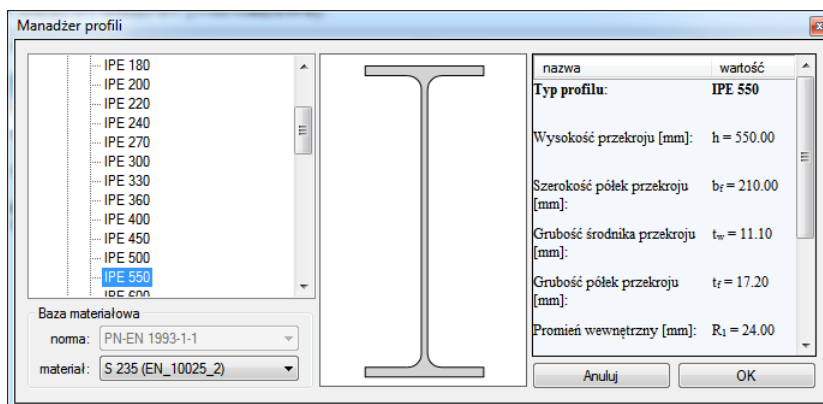
8.2 Dane wejściowe



Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

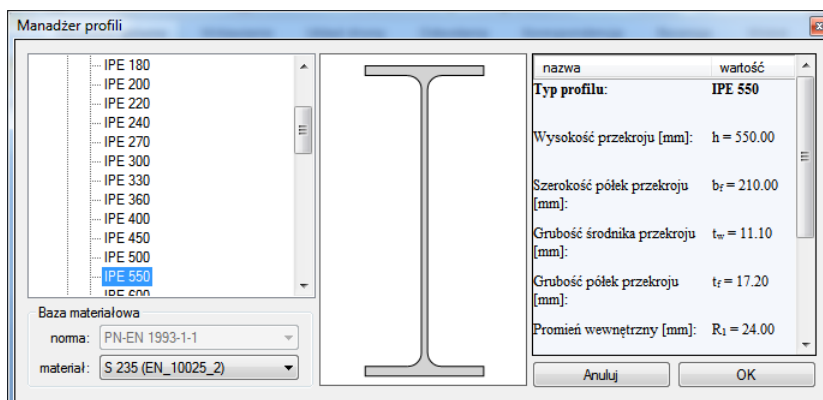
8.2.1 Belka lewa

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



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.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

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.

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:

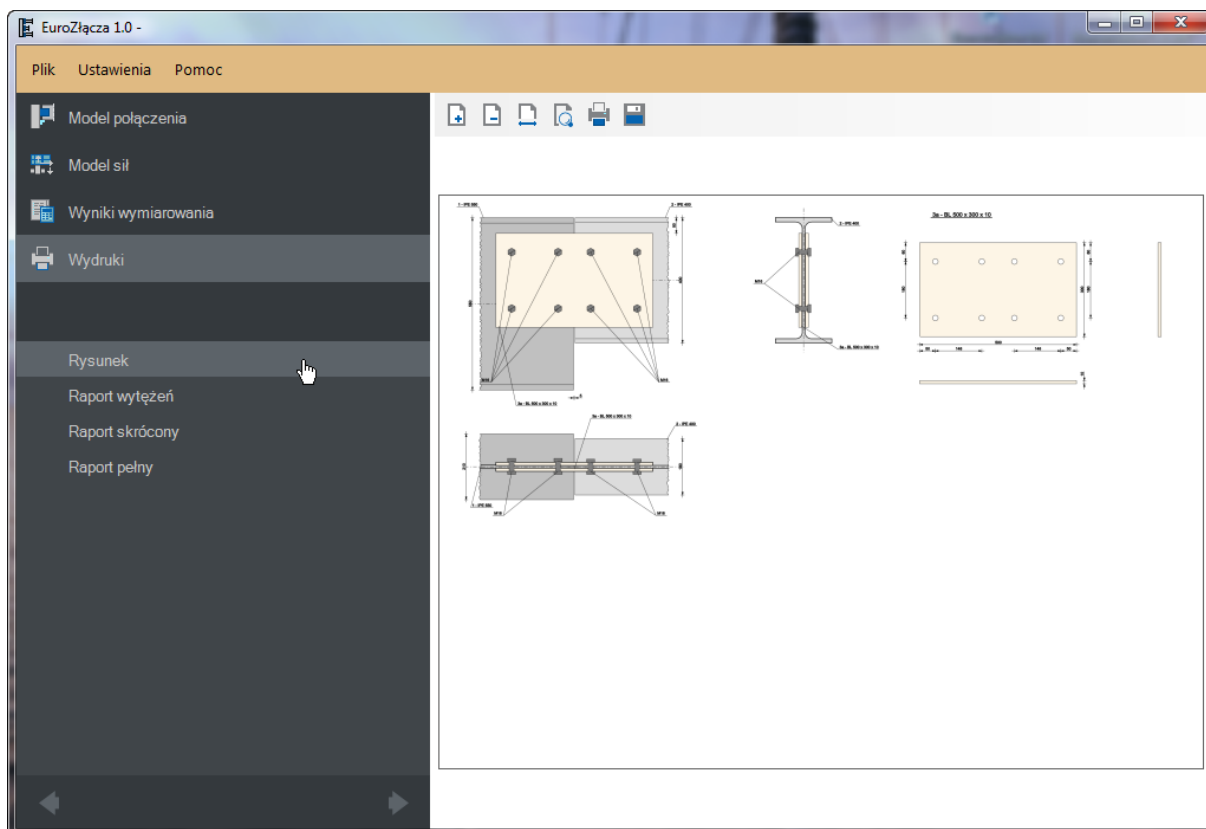
r – odsunięcie pomiędzy krawędzią pasa górnego belki prawej do krawędzi pasa górnego belki lewej [mm],

s – odsunięcie pomiędzy belkami [mm].

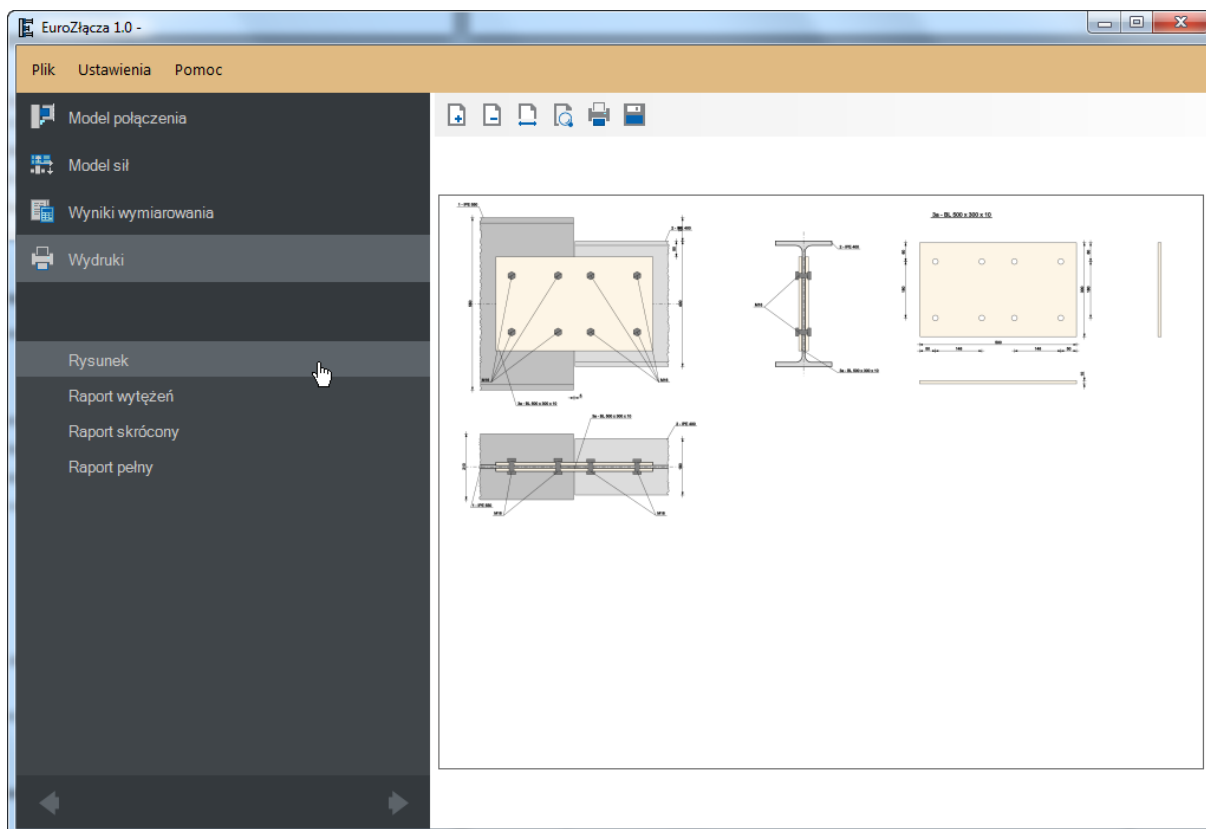
Dodatkowe opcje:

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

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

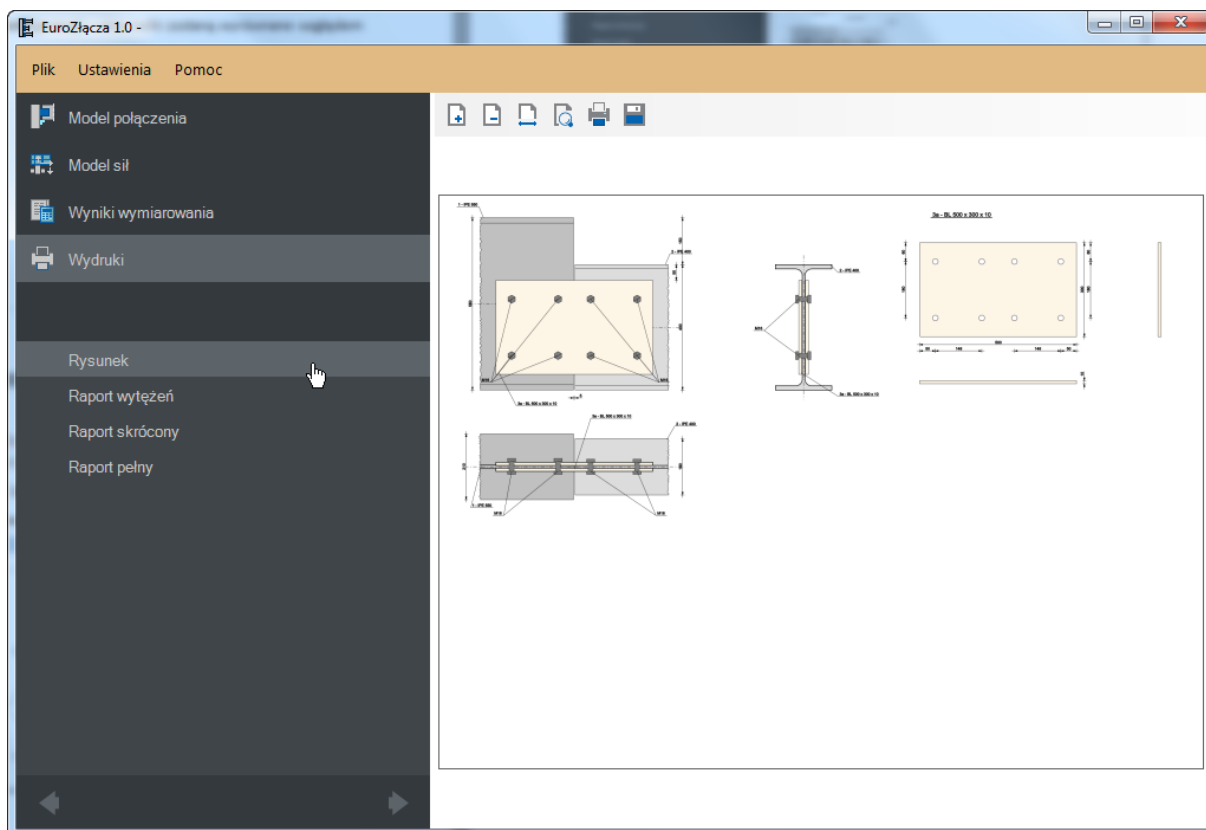


- **Centruj belki osiowo** – belki zostaną wycentrowane względem silniejszej osi.



Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

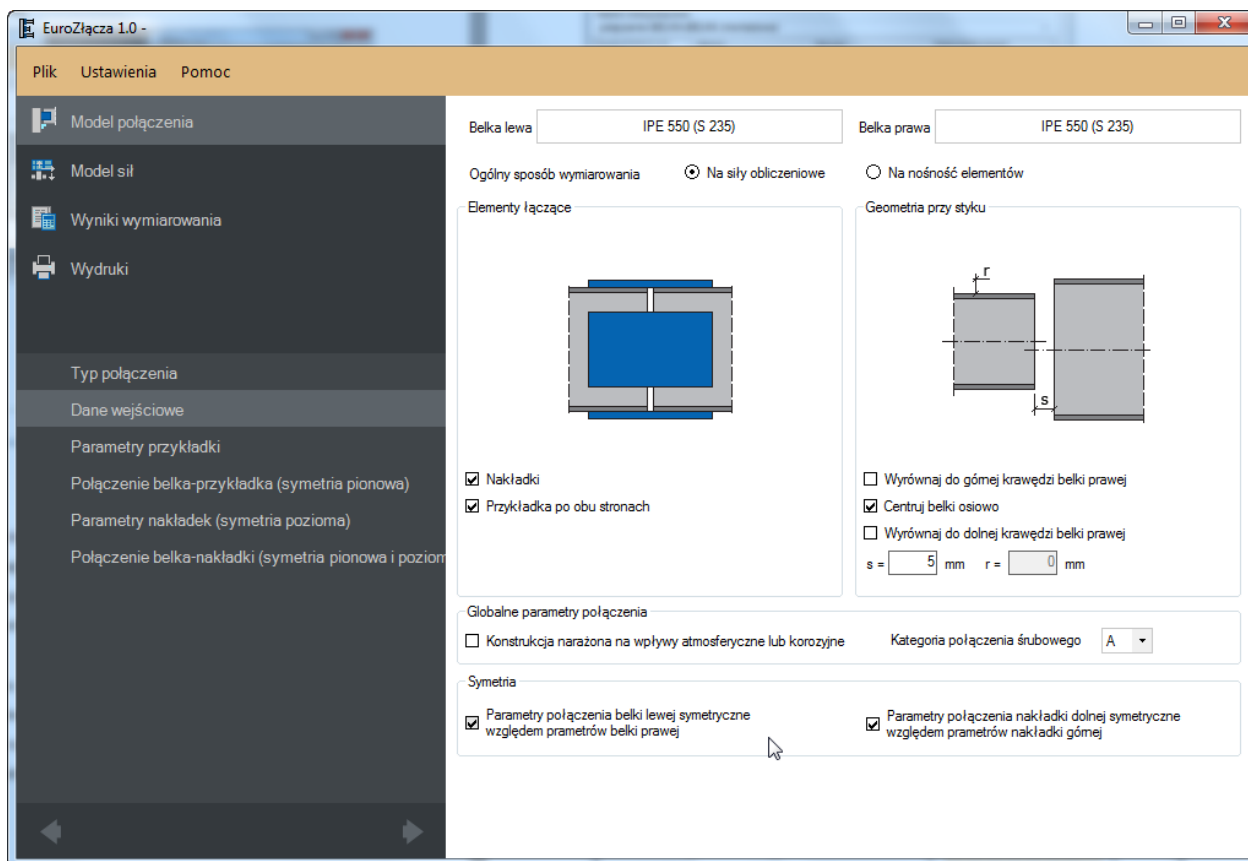
- **Wyrównaj do dolnej krawędzi belki prawej** – belki zostaną wyrównane względem krawędzi pasa dolnego belki prawej.



8.2.6 Symetria

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

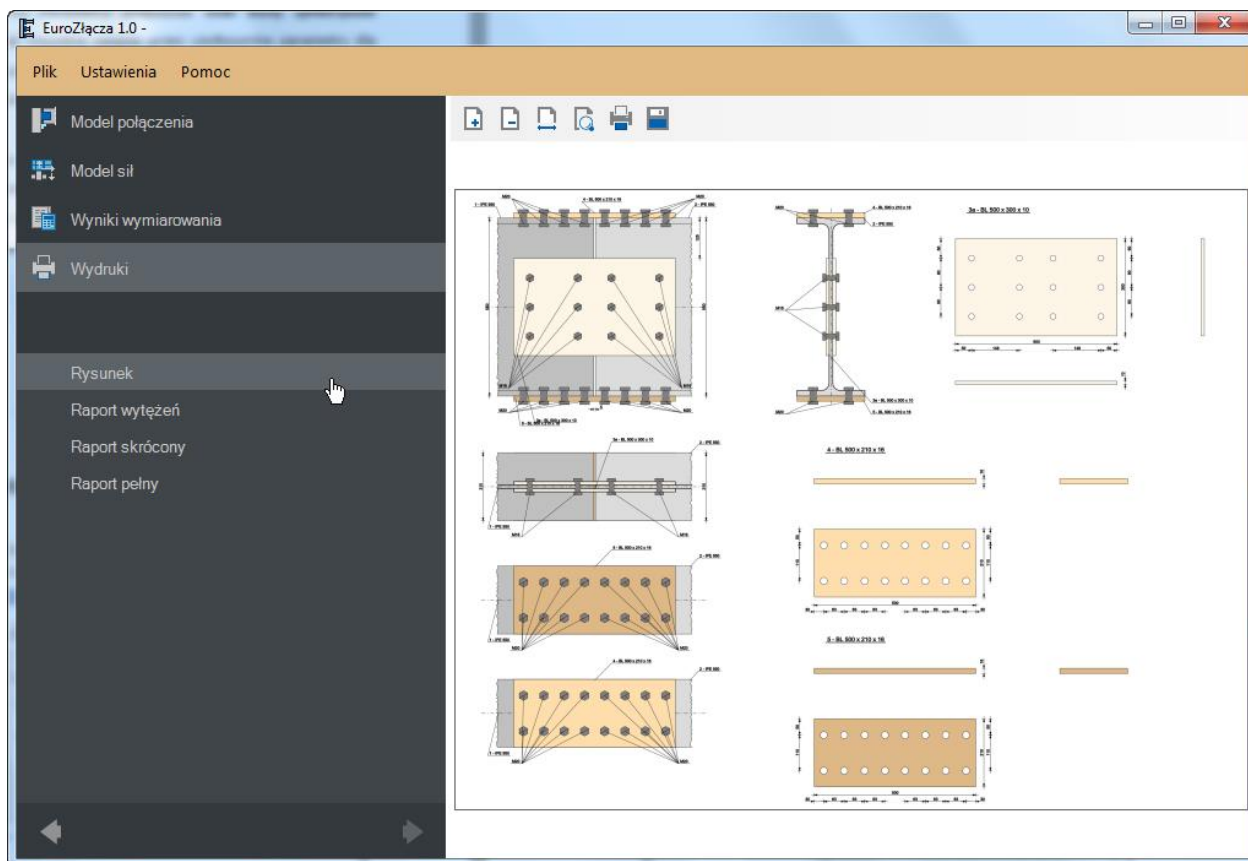
W przypadku wstawienia znacznika **Parametry połączenia nakładki dolnej symetryczne względem parametrów nakładki górnej** wszystkie zadane przez użytkownika parametry dla nakładki górnej są automatycznie przypisane do nakładki dolnej, przy jednoczesnym braku możliwości dodatkowej edycji parametrów dla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



8.2.7 Elementy łączące

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

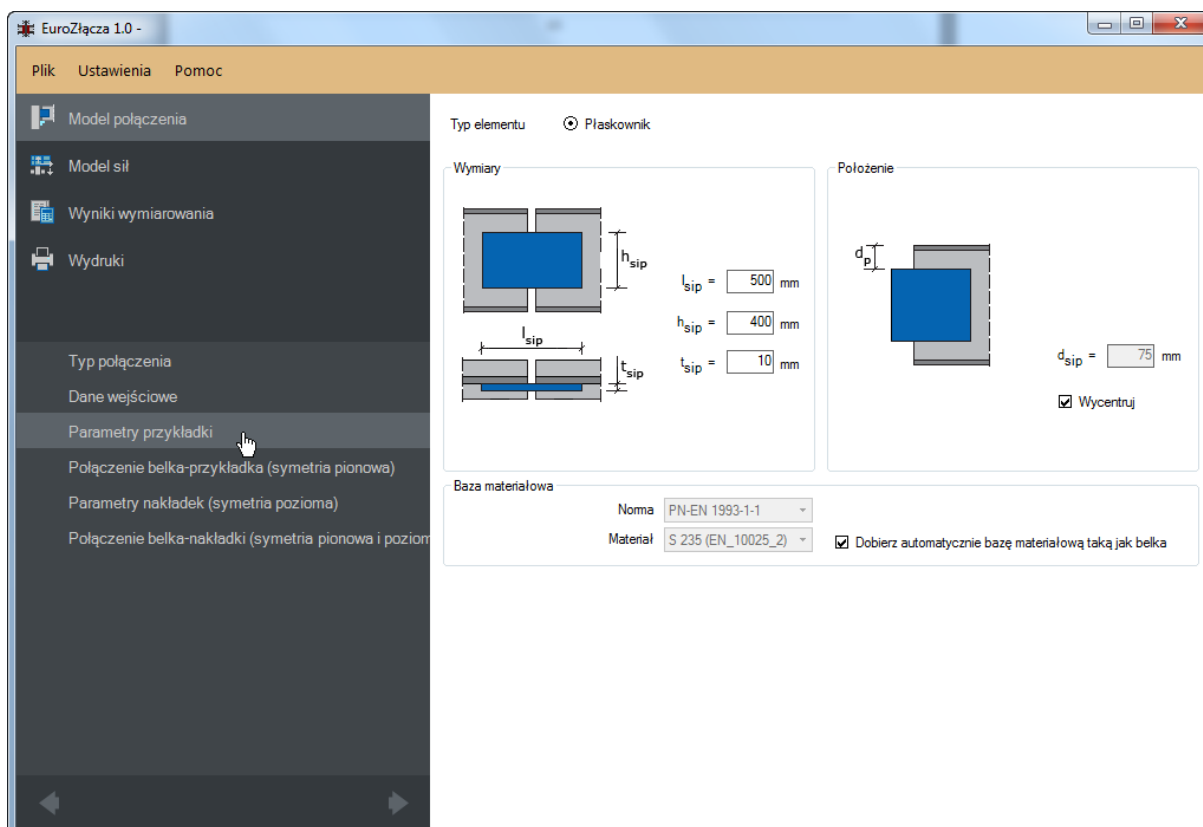
Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA



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

Jeżeli różnica grubości pomiędzy środkami 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],

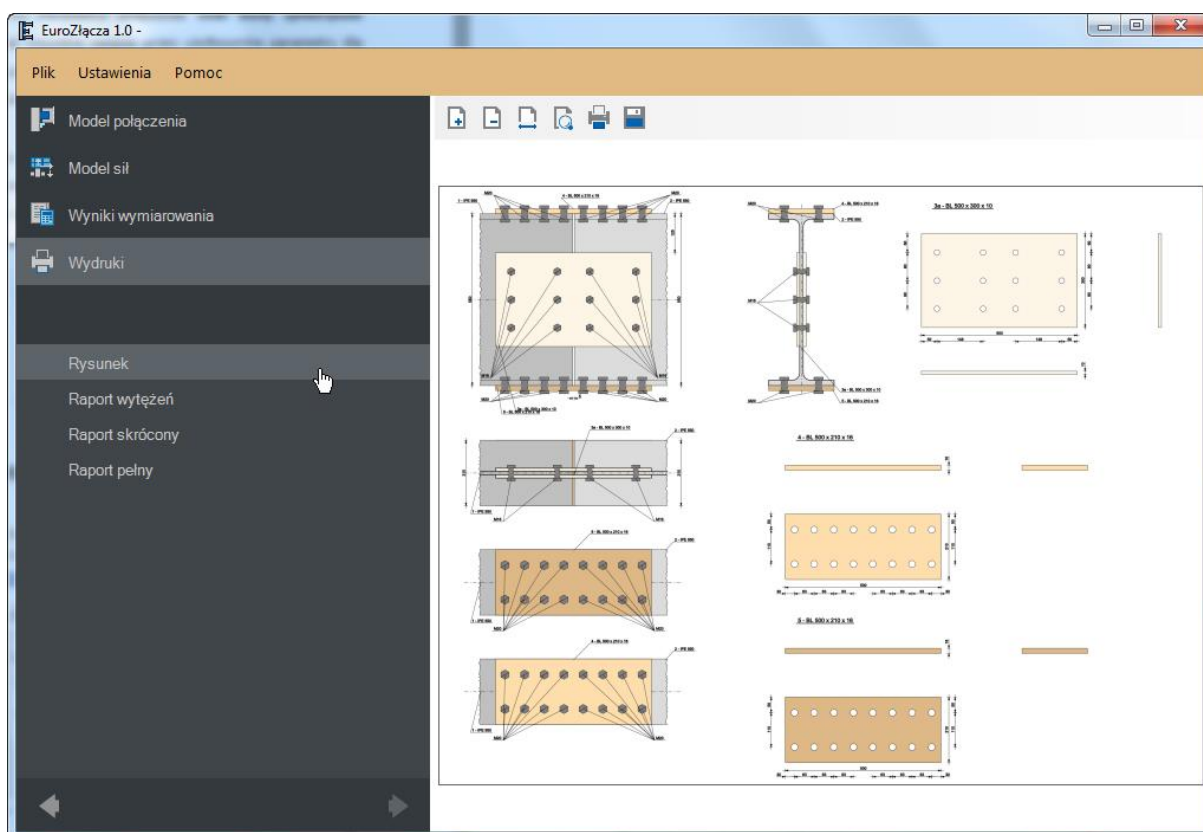
h_{sip} – wysokość przykładki [mm],

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 prawa-przykładka

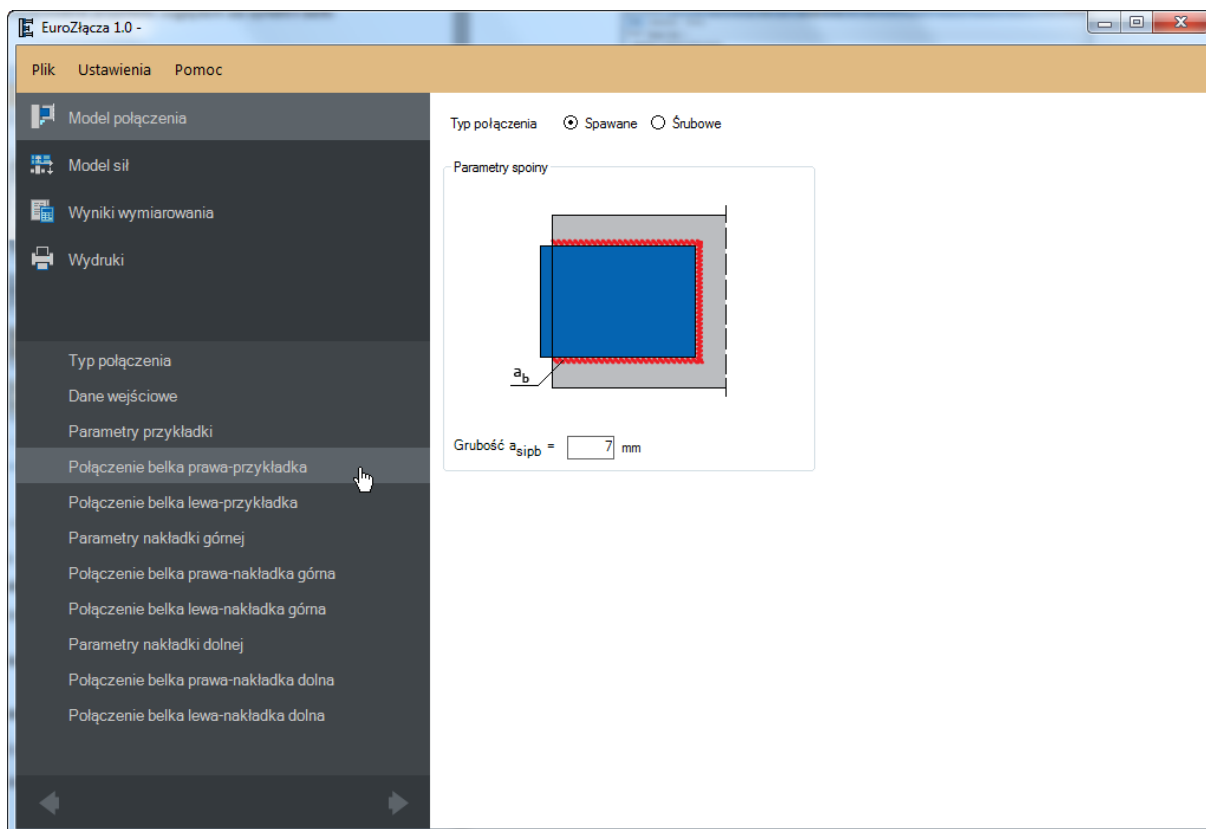
8.4.1 Typ połączenia – Spawane

Należy podać grubość spoiny łączącej przykładkę ze środkiem belki prawej:

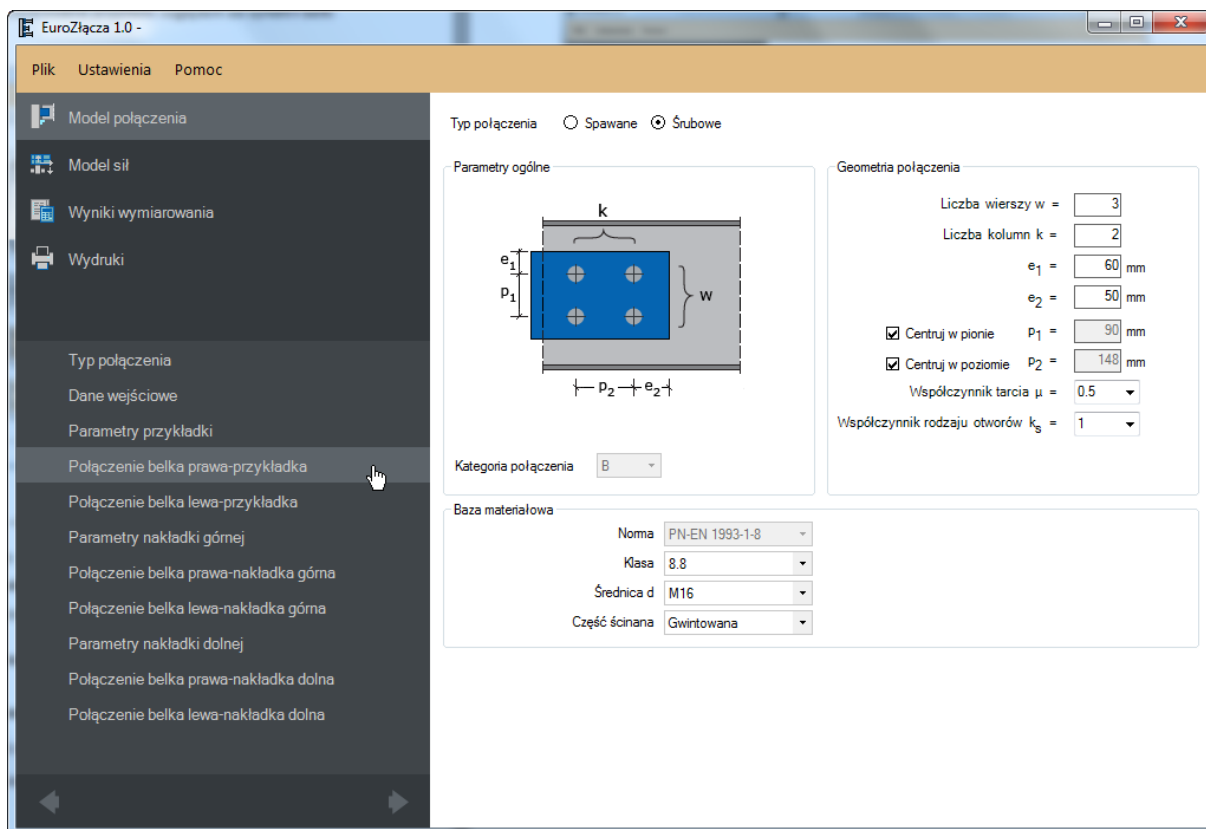
a_{sipb} – grubość spoiny łączącej przykładkę ze środkiem belki prawej [mm].

Podręcznik użytkownika dla programu EuroZłącza

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA



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,

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:

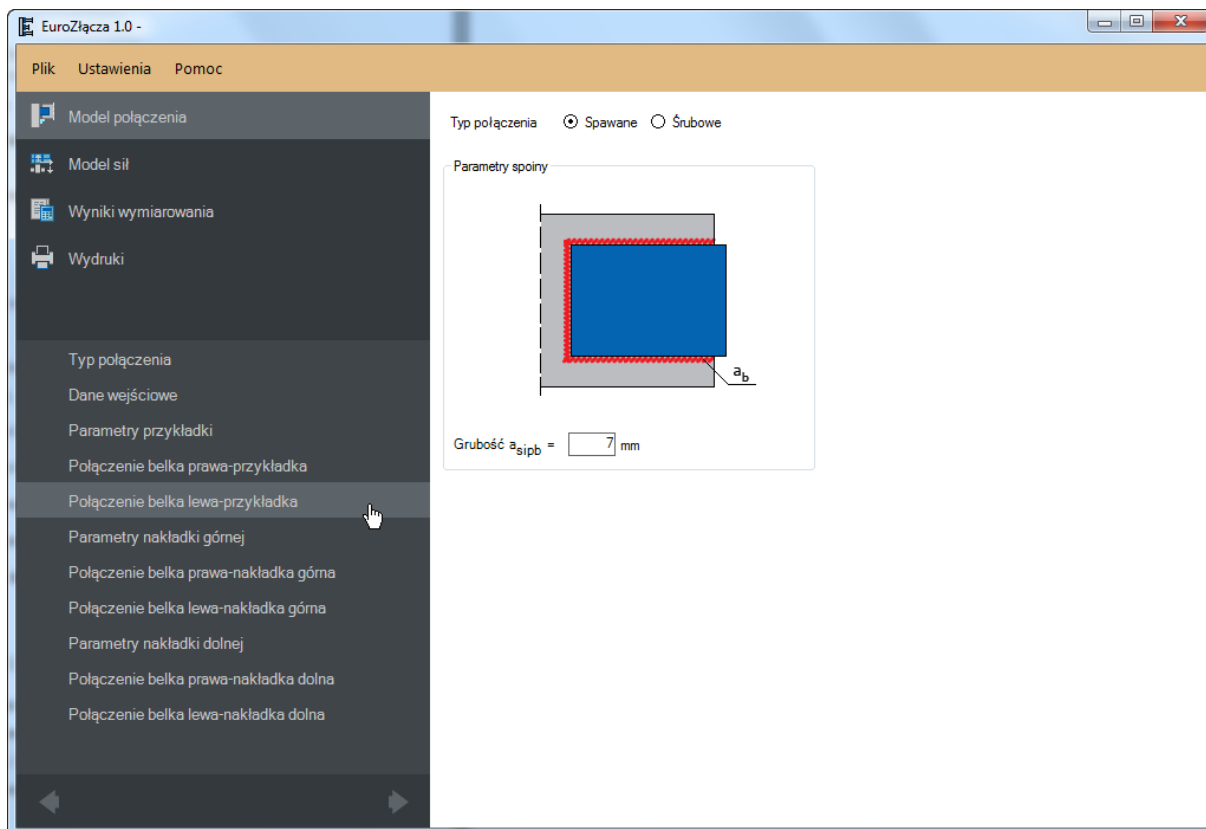
- *Klasę* użytych śrub,
- *Średnicę* użytych śrub d ,
- czy część ścinana śruby jest *Gwintowana*, czy *Nienagwintowana*.

8.5 Połączenie belka lewa-przykładka

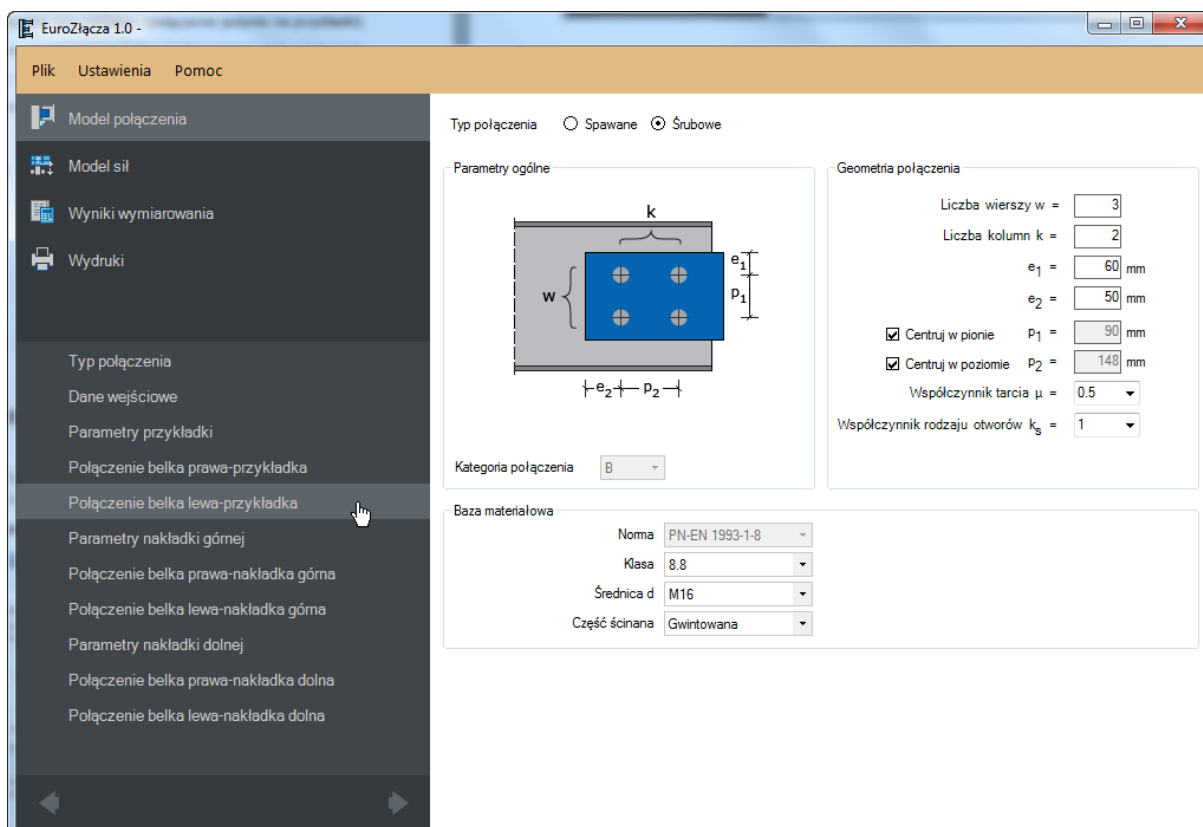
8.5.1 Typ połączenia – Spawane

Należy podać grubość spoiny łączącej przykładkę ze średnicą belki lewej:

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



8.5.2 Typ połączenia – Śrubowe



8.5.2.1 Parametry ogólne

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

8.5.2.2 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,

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

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

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.

W przypadku gdy przegub będzie występował w konfiguracji połączenia dla obu belek, obliczenia zostaną zablokowane niezależnie od wartości sił.

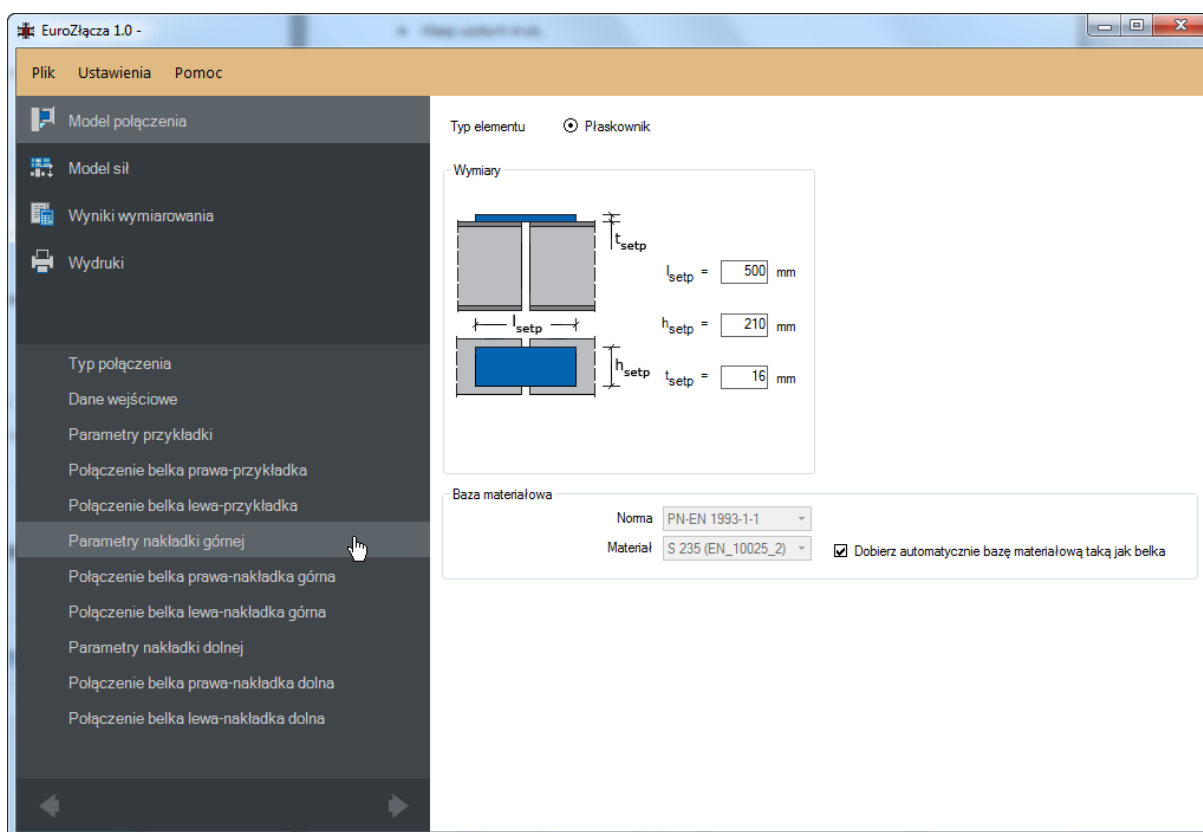
8.5.2.3 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

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

8.6 Parametry nakładki górnej

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



Należy podać wymiary nakładki górnej, gdzie:

l_{setp} – długość nakładki górnej [mm],

h_{setp} – szerokość nakładki górnej [mm],

t_{setp} – grubość nakładki górnej [mm].

8.6.1 Baza materiałowa

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

8.7 Połączenie belka prawa-nakładka górna

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

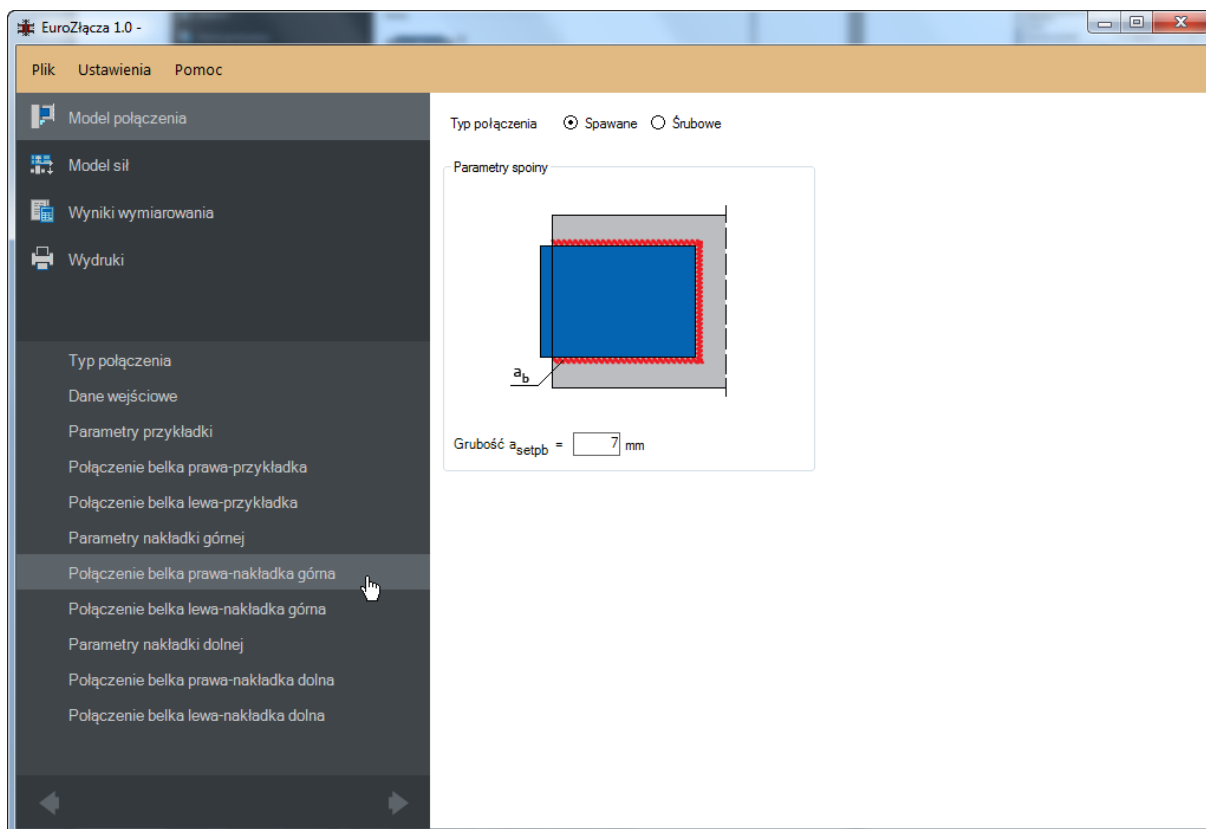
8.7.1 Typ połączenia – Spawane

Należy podać grubość spoiny łączącej nakładkę górną z półką górną belki.

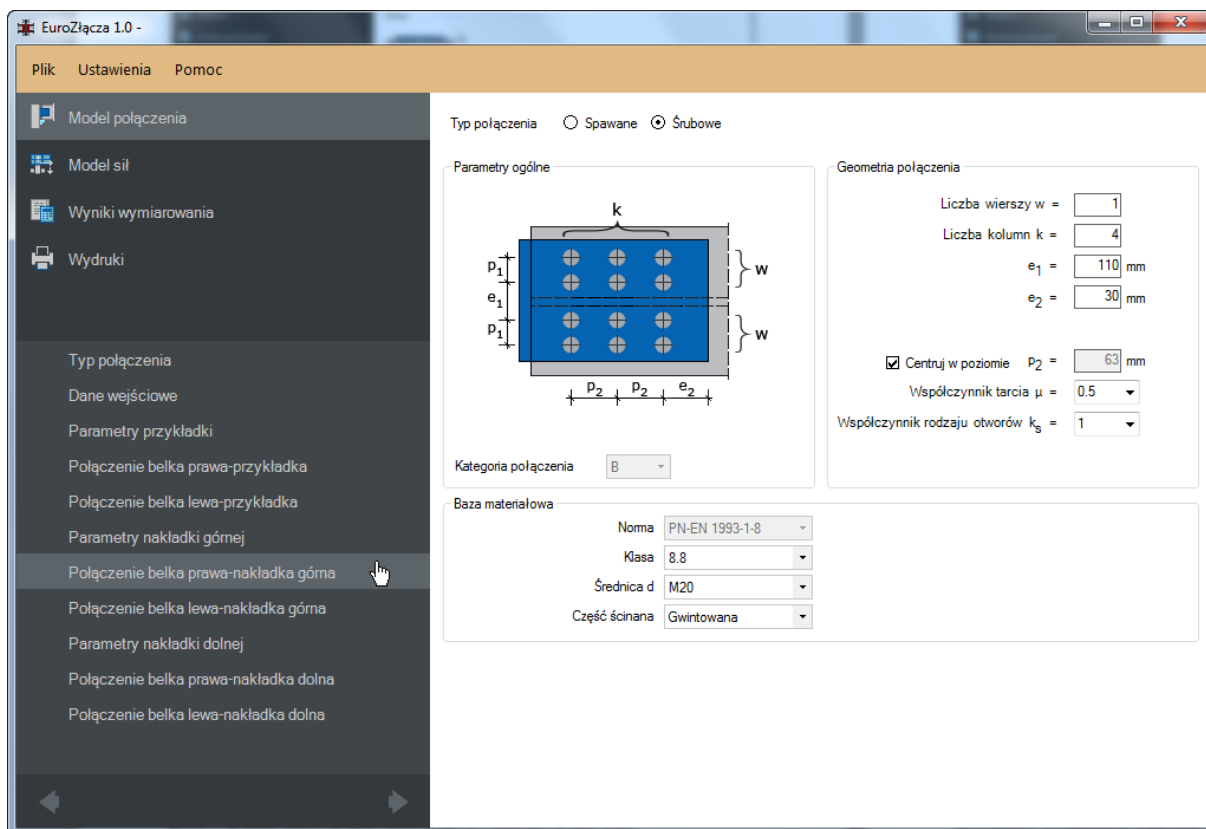
a_{setpb} – grubość spoiny łączącej nakładkę górną z półką górną belki [mm].

Podręcznik użytkownika dla programu EuroZłącza

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA



8.7.2 Typ połączenia – Śrubowe



8.7.2.1 Parametry ogólne

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

8.7.2.2 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 średnicy 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 [-].

8.7.2.3 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

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

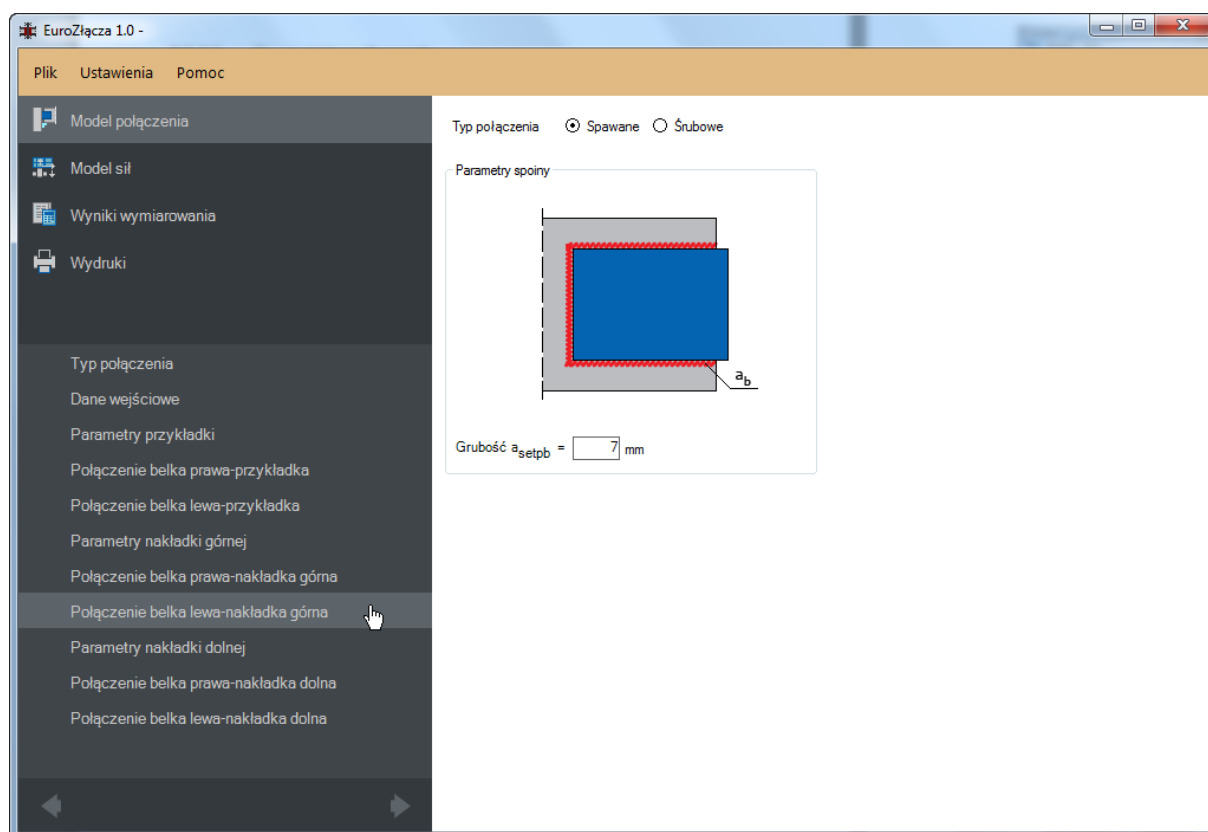
8.8 Połączenie belka lewa-nakładka górna

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

8.8.1 Typ połączenia – Spawane

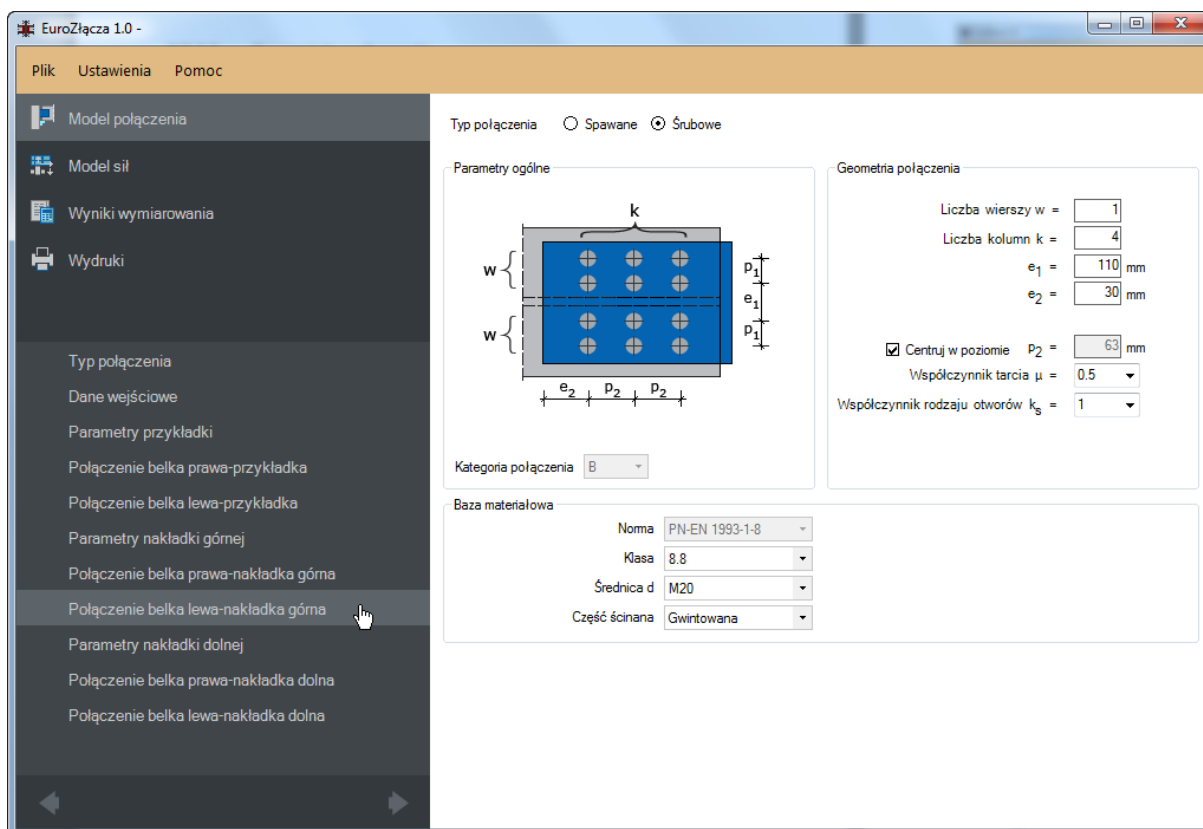
Należy podać grubość spoiny łączącej nakładkę górną z pasem górnym belki.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA



a_{setpb} – grubość spoiny łączącej nakładkę górną z pasem górnym belki [mm].

8.8.2 Typ połączenia – Śrubowe



8.8.2.1 Parametry ogólne

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

8.8.2.2 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 średnicy 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.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

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

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

8.8.2.3 Baza materiałowa

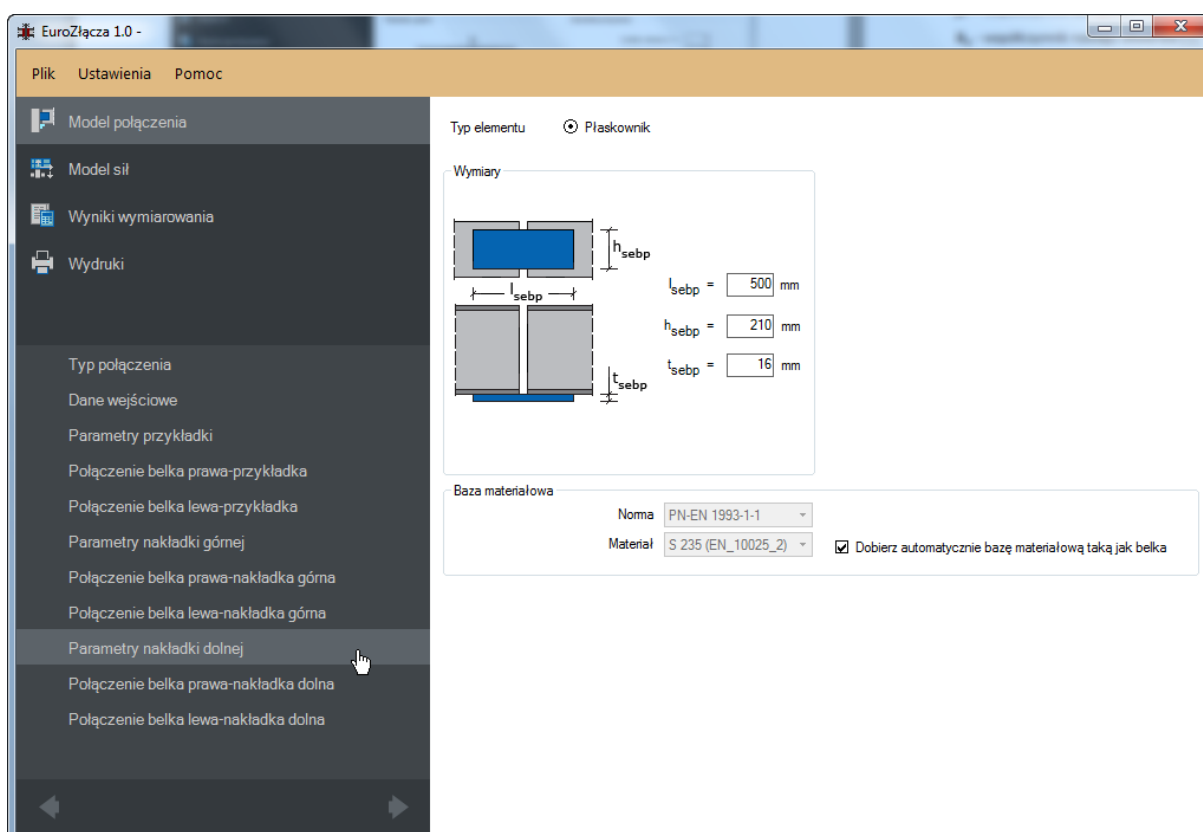
Należy wybrać z listy rozwijalnej:

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

8.9 Parametry nakładki dolnej

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

Należy podać wymiary nakładki dolnej, gdzie:



l_{sebp} – długość nakładki dolnej [mm],

h_{sebp} – szerokość nakładki dolnej [mm],

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

t_{sebp} – grubość nakładki dolnej [mm].

8.9.1 Baza materiałowa

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

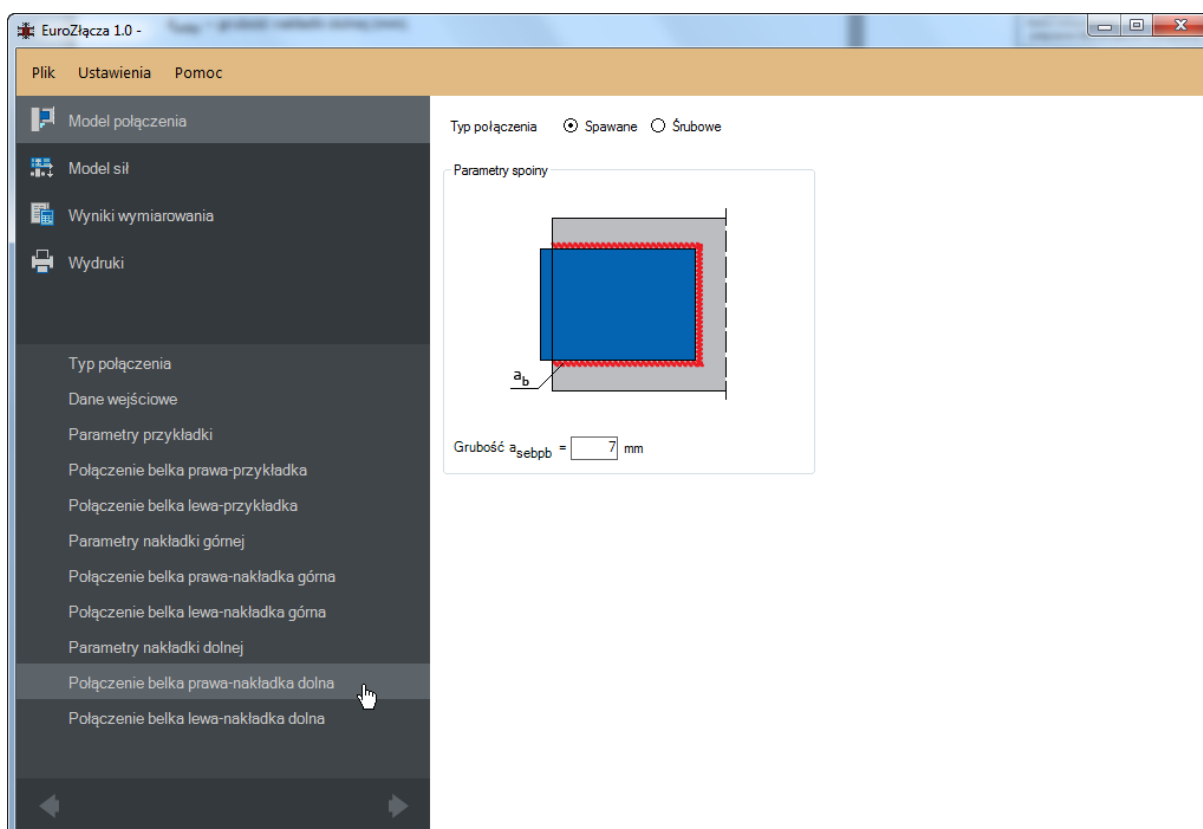
8.10 Połączenie belka prawa-nakładka dolna

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

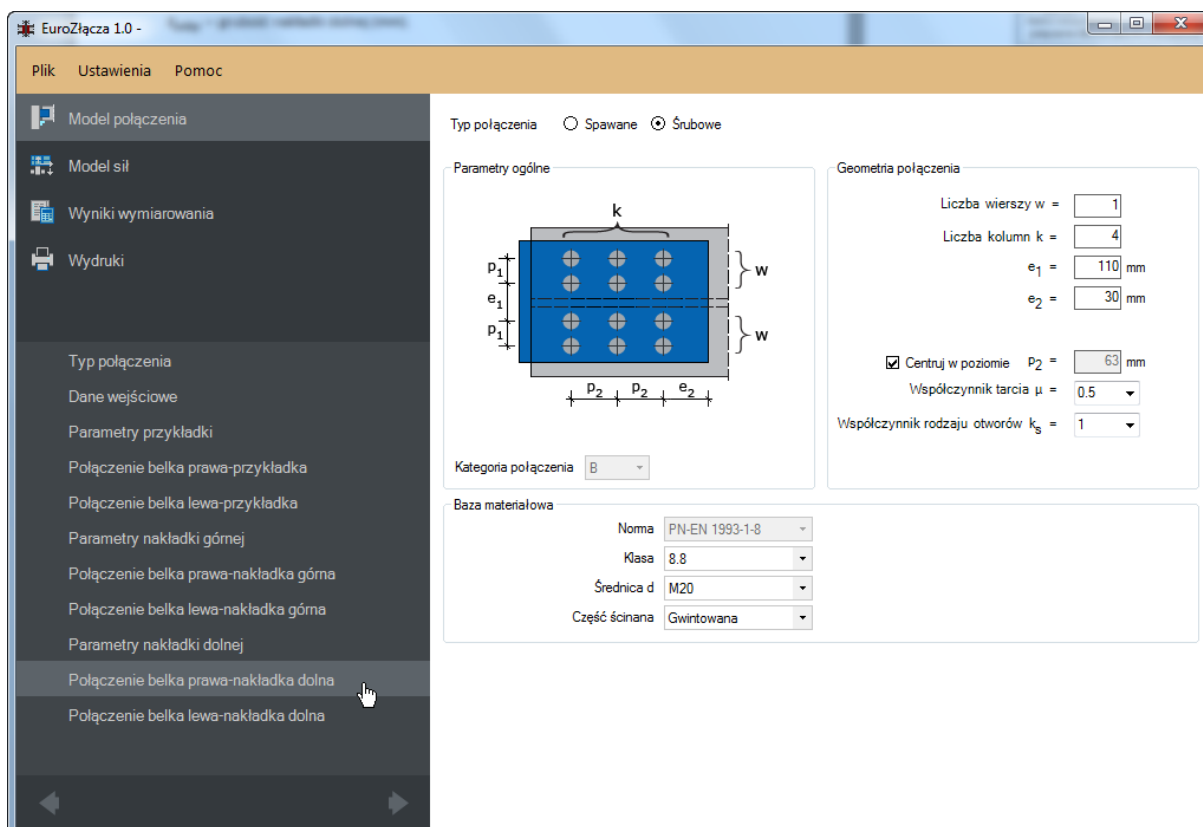
8.10.1 Typ połączenia – Spawane

Należy podać grubość spoiny łączącej nakładkę dolną z półką dolną belki:

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



8.10.2 Typ połączenia – Śrubowe



8.10.2.1 Parametry ogólne

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

8.10.2.2 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 średnicy belki [mm],

e_2 – odległość w poziomie od osi śruby umieszczonej w ostatniej kolumnie do krawędzi bocznej nakładki dolnej [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.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

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

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

8.10.2.3 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

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

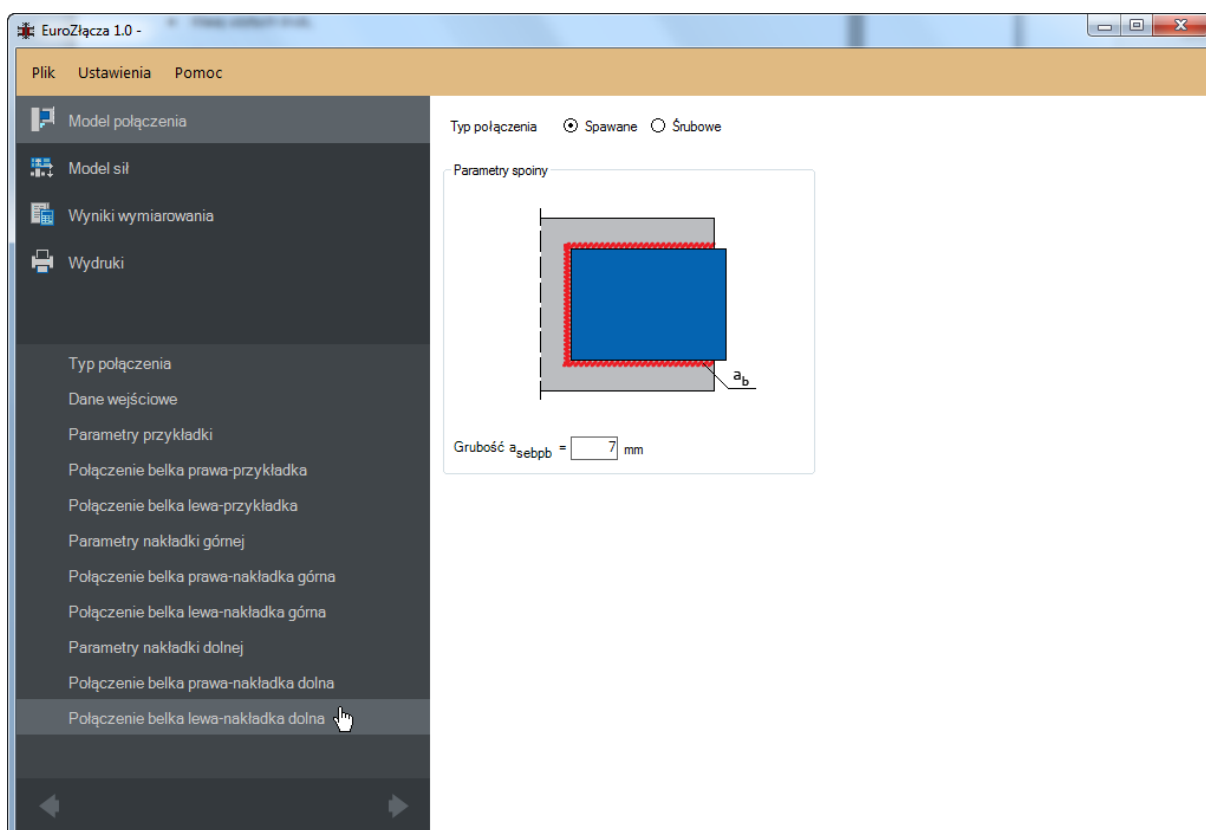
8.11 Połączenie belka lewa-nakładka dolna

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

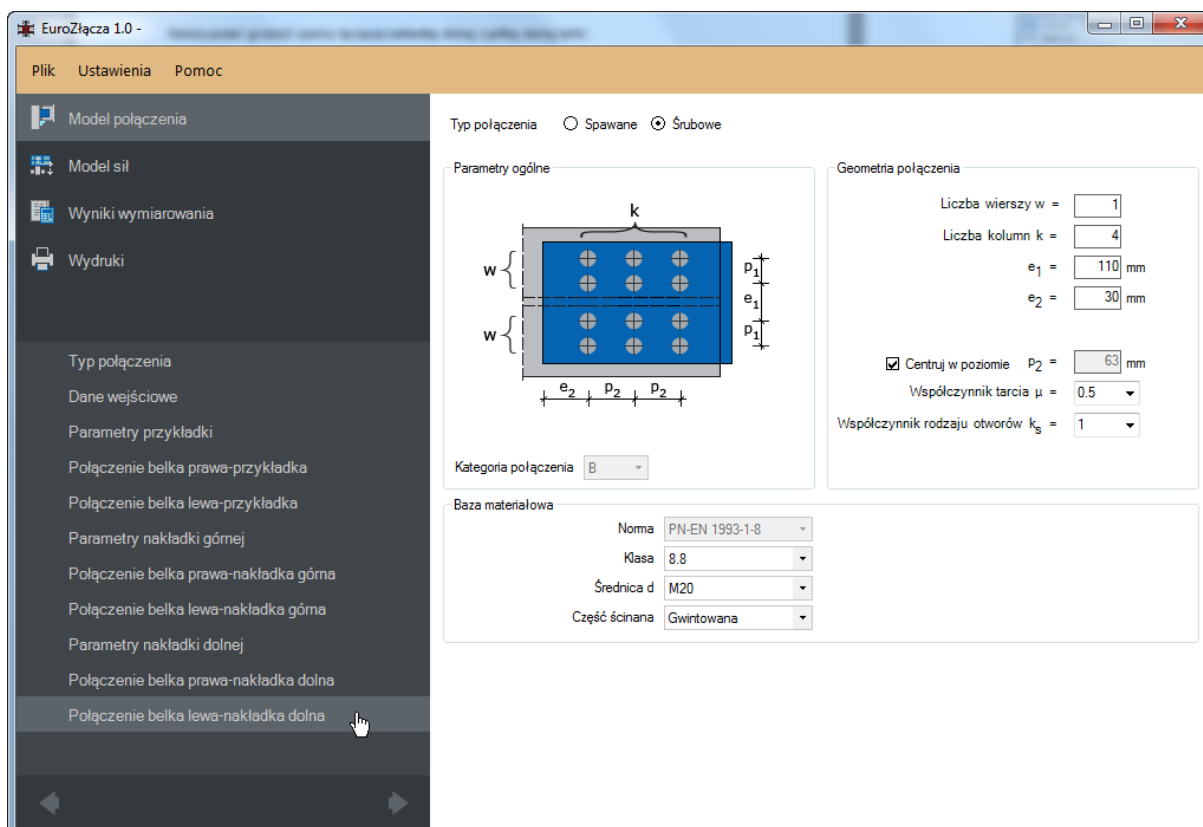
8.11.1 Typ połączenia – Spawane

Należy podać grubość spoiny łączącej nakładkę dolną z półką dolną belki:

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



8.11.2 Typ połączenia – Śrubowe



8.11.2.1 Parametry ogólne

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

8.11.2.2 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 średnicy belki [mm],

e_2 – odległość w poziomie od osi śruby umieszczonej w ostatniej do krawędzi bocznej nakładki dolnej [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.

Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

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

μ – współczynnik tarcia [-],

k_s – współczynnik rodzaju otworów [-].

8.11.2.3 Baza materiałowa

Należy wybrać z listy rozwijalnej:

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

8.12 Zastosowania niestandardowe

Niestandardowym możliwym zastosowaniem modułu jest obliczanie połączeń zakładkowych styków słupów w obiektach wielokondygnacyjnych. Należy wtedy występujące w module belki traktować jako łączone słupy.

Załączniki

Raport przykładowy: połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA DOCZOŁOWE

Raport obliczanie połączenia elementów konstrukcji stalowych wg PN-EN 1993-1-8 do programu Rama3D/2D

Rodzaj połączenia: połączenia słup-belka (doczołowe)

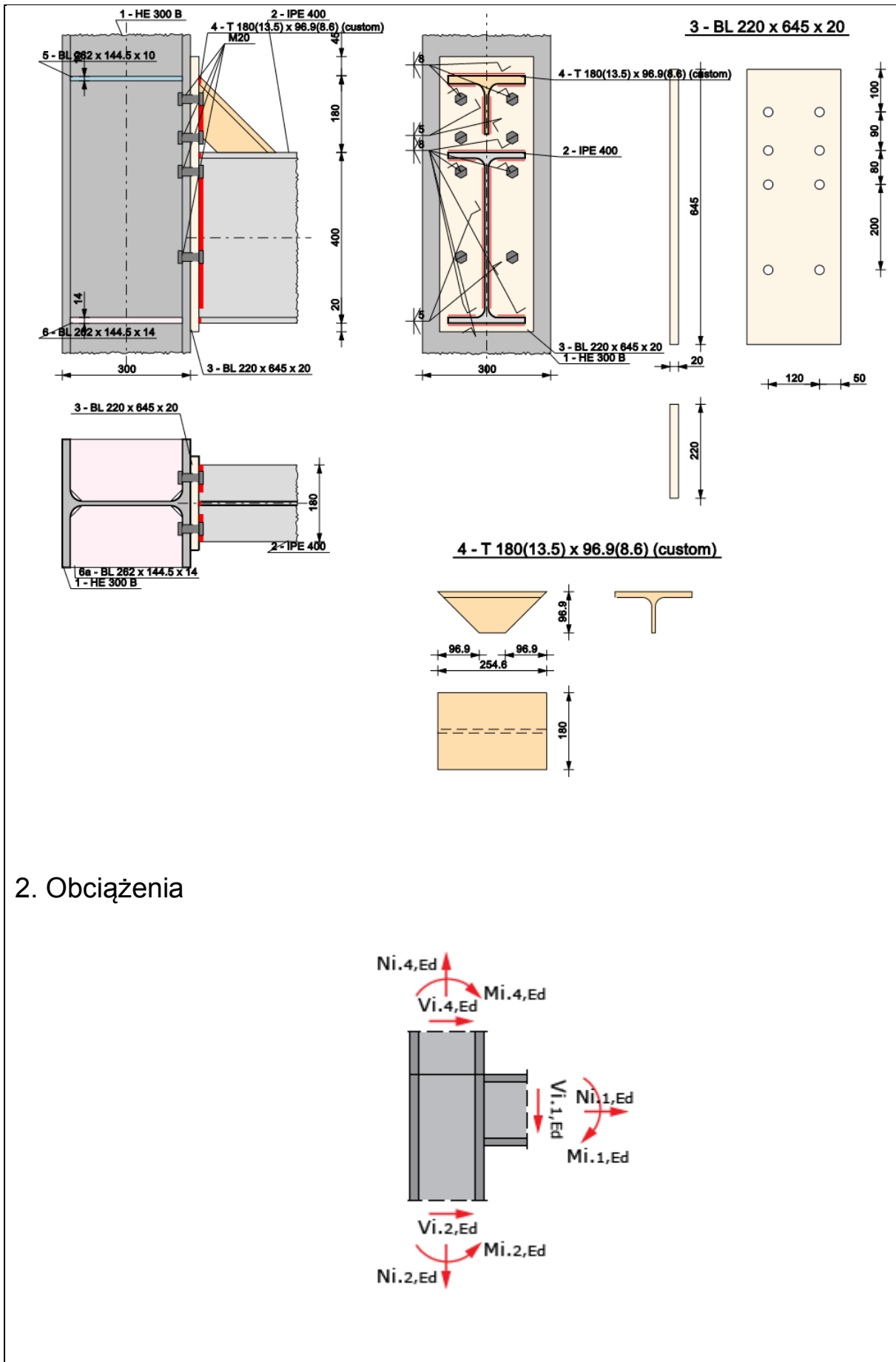
Tytuł: Złącze Słup-Belka doczołowe

Podtytuł: Złącze w węźle nr 14 – typ Słup-Belka doczołowe

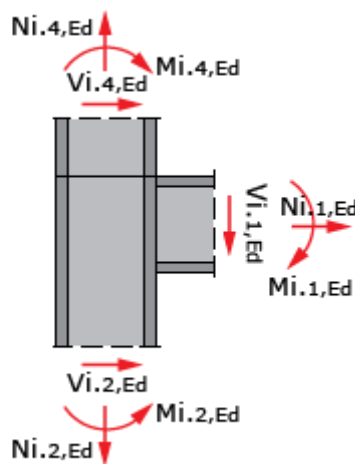
Typ raportu: pełny

1. Geometria modelu (rysunek poglądowy)

Załączniki



2. Obciążenia

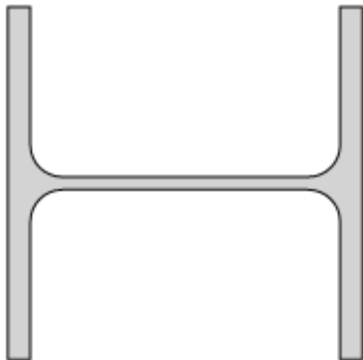


Załączniki

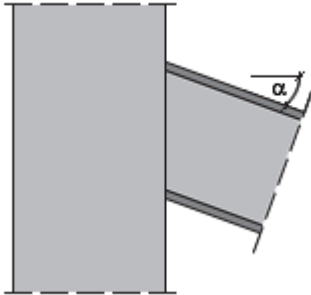
Nr	Seria	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1.1	seria 1	20.00	80.00	180.00
1.2	seria 1	20.00	20.00	220.00
1.3	seria 1	-9.00	-10.00	-11.00
1.4	seria 1	-9.00	-10.00	-11.00

3. Geometria

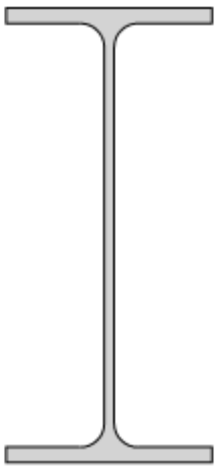
Słup

	Typ profilu	HE 300 B
	Wysokość przekroju [mm]	$h_c = 300.00$
	Szerokość pólki przekroju [mm]	$b_{fc} = 300.00$
	Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wc} = 11.00$
	Grubość pólki 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]	$I_{yc} = 25170.00$
	Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zc} = 8563.00$
	Stal	S 355
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yc} = 355.00$	
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{uc} = 510.00$	


Belka

	Orientacja względem słupa	do pólki
	Kąt obrotu [°]	$\alpha = 0.00$

Załączniki

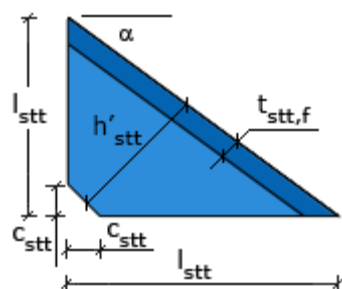
	Typ profilu	IPE 400
	Wysokość przekroju [mm]	$h_b = 400.00$
	Szerokość pólki przekroju [mm]	$b_{fb} = 180.00$
	Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wb} = 8.60$
	Grubość pólki przekroju [mm]	$t_{fb} = 13.50$
	Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1b} = 21.00$
	Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_b = 8450.00$
	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]	$f_{ub} = 510.00$	

Błacha czołowa

	Typ profilu	BL 220 x 645 x 20
	Wysokość [mm]	$h_p = 645.00$
	Długość [mm]	$l_p = 220.00$
	Grubość [mm]	$t_p = 20.00$
	Stal	S 355
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{yp} = 355.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{up} = 510.00$	

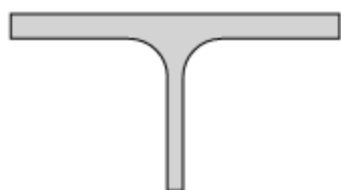
Załączniki

Żebro usztywniające górne



Rodzaj przekroju bazowego	połówka dwuteownika
Profil bazowy	IPE 400
Długość [mm]	$S_{stt} = 254.56$
Nachylenie względem słupa [°]	$\alpha_{stt} = 45.00$

Nachylenie względem belki [°]	$\beta_{stt} = 45.00$
-------------------------------	-----------------------



Typ profilu	T 180(13.5) x 96.9(8.6) (custom)
Wysokość przekroju [mm]	$h_{stt} = 96.90$
Szerokość półek przekroju [mm]	$b_{fstt} = 180.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wstt} = 8.60$
Grubość półek przekroju [mm]	$t_{fstt} = 13.50$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1stt} = 21.00$
Stal	S 355
Granica plastyczności [MPa]	$f_{ystt} = 355.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ustt} = 510.00$

Żebro poprzeczne słupa górne



Położenie	na przedłużeniu skosu teownego górnego
Typ profilu	BL 85.7 x 373 x 10
Wysokość [mm]	$h_{sstc} = 373.00$
Długość [mm]	$l_{sstc} = 85.70$
Grubość [mm]	$t_{sstc} = 10.00$
Stal	S 355
Granica plastyczności [MPa]	$f_{ysstc} = 355.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{usstc} = 510.00$

Załączniki

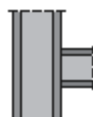
Żebro poprzeczne słupa dolne



Położenie	na przedłużeniu pasa dolnego belki
Typ profilu	BL 85.7 x 373 x 14
Wysokość [mm]	$h_{sbbc} = 373.00$
Długość [mm]	$l_{sbbc} = 85.70$
Grubość [mm]	$t_{sbbc} = 14.00$
Stal	S 355
Granica plastyczności [MPa]	$f_{ysbbc} = 355.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{usbbc} = 510.00$

4. Parametry połączenia

4.1. Konfiguracja ogólna węzła



Typ węzła	pośredni jednostronny
-----------	-----------------------

4.2. Spawanego

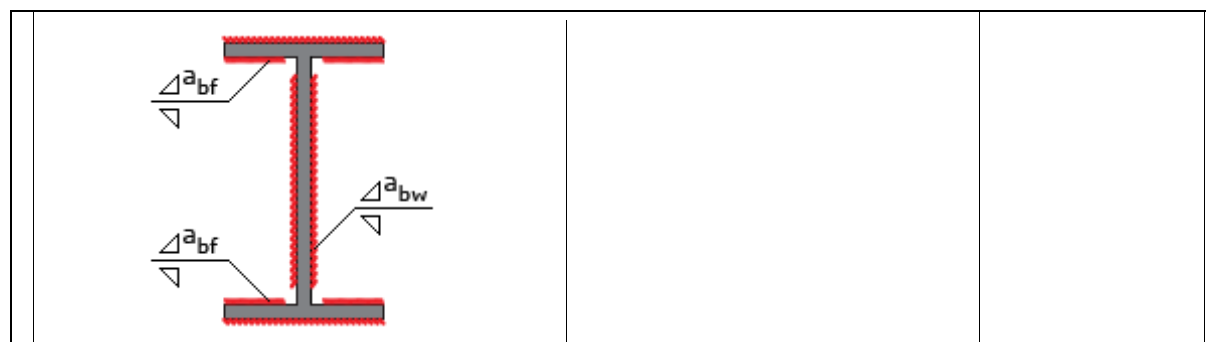
Typ połączenia spawanego

Rodzaj	czołowa
Przetop	pełen
Sposób wymiarowania	na nośność elementów

Spoiny blacha czołowa - belka

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

Załączniki



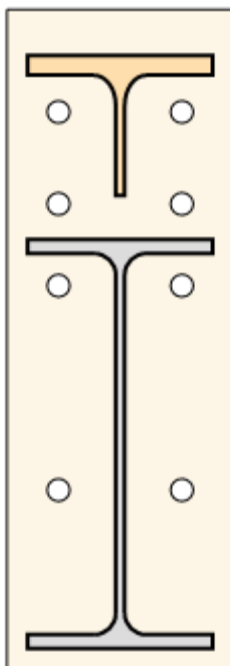
Spoiny blacha czołowa - żebro usztywniające górne

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

4.3. Śrubowego

	Klasa śruby	4.6
	Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne	tak
	Konstrukcja narażona na oddziaływania udarowe i wibracyjne	nie
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 240.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 400.00$
	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)	4	
Odległość s_1 [mm]	$s_1 = 120.00$	
Liczba zadeklarowanych szeregów śrub rozciąganych dla $M^{(+)}$	3	

Załączniki



Wiersz	Kolumn łącznie	e_i / p_i [mm]
1	2 x 1	100.00
2	2 x 1	90.00
3	2 x 1	80.00
4	2 x 1	200.00

5. Sprawdzenie warunków normowych

Liczba niespełnionych warunków geometrycznych lub normowych: 0 z 15

5.1. słup (dwuteownik) (wymiary)

smukłość środka słupa

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

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{235}{f_y} \right)} = \sqrt{\left(\frac{235}{355.00} \right)} = 0.81$$

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

Warunek spełniony

5.2. żebro usztywniające górne (teownik) (wymiary)

kąt nachylenia skosu usztywniającego górnego teownikowego względem belki

$$\beta' \leq 45 [^\circ]$$

Załączniki

$$\beta' \geq 15 [^\circ]$$

$$45.0 \leq 45.0 [^\circ]$$

$$45.0 \geq 15.0 [^\circ]$$

Warunek spełniony

5.3. blacha czołowa (wymiary)

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

$$e_{pt} \geq t_p$$

$$45.0 \geq 20.0 [mm]$$

Warunek spełniony

5.4. 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

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

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

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

$$100.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

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

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

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

$$e_{12,ep} = 645.0 - (100.0 + 90.0 + 80.0 + 200.0)$$

$$175.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.7. 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

5.8. 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

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

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

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

$$p_{i,ep,max} = 200.0$$

$$200.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

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

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

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

$$p_{i,ep,min} = 80.0$$

$$80.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

Załączniki

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

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

$$e_{1,c} \leq 4 \cdot t_c + 40,0 \text{ mm}$$

$$e_{1,c} \geq 1,2 \cdot d_0$$

$$100,0 \leq 4 \cdot 19,0 + 40,0 = 116,0 [\text{mm}]$$

$$100,0 \geq 1,2 \cdot 22 = 26,4 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

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

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

$$e_{2,c} \leq 4 \cdot t_c + 40,0 \text{ mm}$$

$$e_{2,c} \geq 1,2 \cdot d_0$$

$$e_{2,c} = 300,0/2 - 120,0/2 = 90,0$$

$$90,0 \leq 4 \cdot 19,0 + 40,0 = 116,0 [\text{mm}]$$

$$90,0 \geq 1,2 \cdot 22 = 26,4 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

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

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

$$s_{1,c} \leq \min \left(14 \cdot t, 200,0 \text{ mm} \right)$$

$$s_{1,c} \geq 2,4 \cdot d_0$$

$$s_{1,c} = 120,0$$

$$120,0 \leq \min \left(14 \cdot 19,0, 200,0 \right) = 200,0 [\text{mm}]$$

$$120,0 \geq 2,4 \cdot 22 = 52,8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

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

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

$$p_{i,c,max} \leq \min \left(14 \cdot t, 200,0 \text{ mm} \right)$$

Załączniki

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

$$p_{i,c,max} = 200.0$$

$$200.0 \leq \min(14 \cdot 19.0, 200.0) = 200.0 [mm]$$

$$200.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

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

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

$$p_{i,c,min} \leq \min(14 \cdot t, 200.0mm)$$

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

$$p_{i,c,min} = 80.0$$

$$80.0 \leq \min(14 \cdot 19.0, 200.0) = 200.0 [mm]$$

$$80.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

6. Lista maksymalnych wyłączeń

Liczba przekroczonych warunków nośności: 0 z 6

Maksymalne wyłączenie w obliczanej konstrukcji wynosi: 0.97

Sprawdzany element	War.	Siła
Smukłość panelu średnika słupa: warunek stosowania metody obliczania nośności	OK	-
Warunek smukłości żebra słupa w strefie ściskanej	OK	1
Warunek nośności przy zginaniu	0.92	1
Warunek nośności na ścinanie: grupy łączników	0.13	1
Warunek nośności panelu średnika słupa	0.40	1
Warunek interakcji zginania ze ściskaniem	0.97	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

Załączniki

jest obliczana jak dla pasa rozciąganego.

rozciągany pas skosu górnego

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

Warunek minimalnej obliczeniowej grubości spoiny Warunek spełniony

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 środek skosu górnego

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

Warunek minimalnej obliczeniowej grubości spoiny Warunek spełniony

rozciągany środek belki

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

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	-	32.90	90.00	38.05	0.27	0.31	8.00	41.12
2	-	32.90	90.00	-	-	-	-	41.12

Załączniki

3	-	32.90	90.00	-	-	-	-	41.12
4	-	-	-	-	-	-	-	-

Szereg nr 1

typ: Szereg śrub w pobliżu żebra

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

$$l_{\text{eff},nc,I} = \alpha \cdot m = 8.00 \cdot 32.90 = 263.20 [\text{mm}]$$

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

$$l_{\text{eff},nc} = \min(l_{\text{eff},nc,I}; l_{\text{eff},nc,II}) = \min(263.20; 244.10) = 244.10 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},1,fc,(1)} = \min(l_{\text{eff},nc}; l_{\text{eff},op}) = \min(244.10; 206.72) = 206.72 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},2,fc,(1)} = l_{\text{eff},nc} = 244.10 [\text{mm}]$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{\text{eff},1} \cdot t_f^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 206.72 \cdot 19.00^2 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 6622.95 [\text{kNmm}]$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{\text{eff},2} \cdot t_f^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 244.10 \cdot 19.00^2 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 7820.66 [\text{kNmm}]$$

$$F_{T,1,fc,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 6622.95}{32.90} = 805.22 [\text{kN}]$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.90 \cdot 400.00 \cdot 10^{-3} \cdot 245.00}{1.25} = 70.56 [\text{kN}]$$

$$F_{T,2,fc,Rd} = \frac{(2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd})}{(m + n)} = \frac{(2 \cdot 7820.66 + 41.12 \cdot 2 \cdot 70.56)}{(32.90 + 41.12)} = 289.70 [\text{kN}]$$

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

$$\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 70.56 = 141.12 [\text{kN}]$$

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

$$F_{T,3,fc,Rd} = \min(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd}) = \min(141.12; 979.45) = 141.12 [\text{kN}]$$

$$F_{t,fc,Rd(1)} = \min(F_{T,1,fc,Rd}; F_{T,2,fc,Rd}; F_{T,3,fc,Rd}) = \min(805.22; 289.70; 141.12) = 141.12 [\text{kN}]$$

Szereg nr 2

typ: Inny wewnętrzny szereg śrub

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

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

$$l_{\text{eff},1,fc,(2)} = \min(l_{\text{eff},nc}; l_{\text{eff},op}) = \min(244.10; 206.72) = 206.72 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},2,fc,(2)} = l_{\text{eff},nc} = 244.10 [\text{mm}]$$

Załączniki

$$M_{pl.1,Rd} = \frac{0,25 \cdot l_{eff1} \cdot t_f^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 206,72 \cdot 19,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 6622,95 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{pl.2,Rd} = \frac{0,25 \cdot l_{eff2} \cdot t_f^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 244,10 \cdot 19,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 7820,66 \text{ [kNmm]}$$

$$F_{T,1,fc,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl.1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 6622,95}{32,90} = 805,22 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,90 \cdot 400,00 \cdot 10^{-3} \cdot 245,00}{1,25} = 70,56 \text{ [kN]}$$

$$F_{T,2,fc,Rd} = \frac{(2 \cdot M_{pl.2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd})}{(m+n)} = \frac{(2 \cdot 7820,66 + 41,12 \cdot 2 \cdot 70,56)}{(32,90 + 41,12)} = 289,70 \text{ [kN]}$$

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{fc} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 33,52 \cdot 19,00 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 489,73 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 70,56 = 141,12 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma B_{p,Rd} = 2 \cdot 489,73 = 979,45 \text{ [kN]}$$

$$F_{T,3,fc,Rd} = \min(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd}) = \min(141,12; 979,45) = 141,12 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,fc,Rd(2)} = \min(F_{T,1,fc,Rd}; F_{T,2,fc,Rd}; F_{T,3,fc,Rd}) = \min(805,22; 289,70; 141,12) = 141,12 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 3

typ: Inny wewnętrzny szereg śrub

$$l_{eff,ep} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 32,90 = 206,72 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,nc} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 32,90 + 1,25 \cdot 90,00 = 244,10 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,1,fc,(3)} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,ep}) = \min(244,10; 206,72) = 206,72 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,2,fc,(3)} = l_{eff,nc} = 244,10 \text{ [mm]}$$

$$M_{pl.1,Rd} = \frac{0,25 \cdot l_{eff1} \cdot t_f^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 206,72 \cdot 19,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 6622,95 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{pl.2,Rd} = \frac{0,25 \cdot l_{eff2} \cdot t_f^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 244,10 \cdot 19,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 7820,66 \text{ [kNmm]}$$

$$F_{T,1,fc,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl.1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 6622,95}{32,90} = 805,22 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,90 \cdot 400,00 \cdot 10^{-3} \cdot 245,00}{1,25} = 70,56 \text{ [kN]}$$

$$F_{T,2,fc,Rd} = \frac{(2 \cdot M_{pl.2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd})}{(m+n)} = \frac{(2 \cdot 7820,66 + 41,12 \cdot 2 \cdot 70,56)}{(32,90 + 41,12)} = 289,70 \text{ [kN]}$$

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{fc} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 33,52 \cdot 19,00 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 489,73 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 70,56 = 141,12 \text{ [kN]}$$

Załączniki

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

$$F_{\Gamma 3,fc,Rd} = \min \left(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd} \right) = \min \left(141.12; 979.45 \right) = 141.12 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,fc,Rd(3)} = \min \left(F_{\Gamma 1,fc,Rd}; F_{\Gamma 2,fc,Rd}; F_{\Gamma 3,fc,Rd} \right) = \min \left(805.22; 289.70; 141.12 \right) = 141.12 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 4

typ: Szereg śrub w pobliżu żebra

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

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

Grupa szeregów: 1, 2

$$l_{\text{eff},op,(1,g)} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 32.90 + 90.00 = 193.36 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},no,(1,g),I} = 0.5p + am - (2m + 0.625e) = 0.5 \cdot 90.00 + 8.00 \cdot 32.90 - (2 \cdot 32.90 + 0.625 \cdot 90.00) = 186.15 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},no,(1,g),II} = 2 \cdot m + 0.625 \cdot e + 0.5 \cdot p = 2 \cdot 32.90 + 0.625 \cdot 90.00 + 0.5 \cdot 90.00 = 167.05 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},no,(1,g)} = \min \left(l_{\text{eff},no,(1,g),I}; l_{\text{eff},no,(1,g),II} \right) = \min \left(186.15; 167.05 \right) = 167.05 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},op,(2,g)} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 32.90 + 90.00 = 193.36 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},no,(2,g)} = 2 \cdot m + 0.625 \cdot e + 0.5 \cdot p = 2 \cdot 32.90 + 0.625 \cdot 90.00 + 0.5 \cdot 90.00 = 167.05 \text{ [mm]}$$

$$\Sigma l_{\text{eff},op,(i,g)} = 193.36 + 193.36 = 386.72 \text{ [mm]}$$

$$\Sigma l_{\text{eff},no,(i,g)} = 167.05 + 167.05 = 334.10 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},1,fc,(1-2,g)} = \min \left(\Sigma l_{\text{eff},op,(i,g)}; \Sigma l_{\text{eff},no,(i,g)} \right) = \min \left(386.72; 334.10 \right) = 334.10 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},2,fc,(1-2,g)} = \Sigma l_{\text{eff},no,(i,g)} = 334.10 \text{ [mm]}$$

$$M_{pl1,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{\text{eff},1,fc,(1-2,g)}^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 334.10^2 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 10704.15 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{pl2,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{\text{eff},2,fc,(1-2,g)}^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 334.10^2 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 10704.15 \text{ [kNmm]}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.90 \cdot 400.00 \cdot 10^{-3} \cdot 245.00}{1.25} = 70.56 \text{ [kN]}$$

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

$$F_{\Gamma 1,fc,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 10704.15}{32.90} = 1301.42 \text{ [kN]}$$

$$F_{\Gamma 2,fc,Rd} = \frac{\left(2 \cdot M_{pl2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd} \right)}{(m+n)} = \frac{\left(2 \cdot 10704.15 + 41.12 \cdot 4 \cdot 70.56 \right)}{(32.90 + 41.12)} = 446.00 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 4 \cdot 70.56 = 282.24 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$\Sigma B_{p,Rd} = 4 \cdot 489.73 = 1958.91 \text{ [kN]}$$

$$F_{\Gamma 3,fc,Rd} = \min \left(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd} \right) = \min \left(282.24; 1958.91 \right) = 282.24 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,fc,Rd(1-2,g)} = \min \left(F_{\Gamma 1,fc,Rd}; F_{\Gamma 2,fc,Rd}; F_{\Gamma 3,fc,Rd} \right) = \min \left(1301.42; 446.00; 282.24 \right) = 282.24 \text{ [kN]}$$

Grupa szeregów: 1, 2, 3

$$l_{\text{eff},op,(1,g)} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 32.90 + 90.00 = 193.36 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},nc,(1,g),I} = 0.5p + am - (2m + 0.625e) = 0.5 \cdot 90.00 + 8.00 \cdot 32.90 - (2 \cdot 32.90 + 0.625 \cdot 90.00) = 186.15 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},nc,(1,g),II} = 2 \cdot m + 0.625 \cdot e + 0.5 \cdot p = 2 \cdot 32.90 + 0.625 \cdot 90.00 + 0.5 \cdot 90.00 = 167.05 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},nc,(1,g)} = \min \left(l_{\text{eff},nc,(1,g),I}; l_{\text{eff},nc,(1,g),II} \right) = \min \left(186.15; 167.05 \right) = 167.05 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},op,(2,g)} = 2 \cdot p = 2 \cdot 80.00 = 160.00 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},nc,(2,g)} = p = 80.00 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},op,(3,g)} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 32.90 + 80.00 = 183.36 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},nc,(3,g)} = 2 \cdot m + 0.625 \cdot e + 0.5 \cdot p = 2 \cdot 32.90 + 0.625 \cdot 90.00 + 0.5 \cdot 80.00 = 162.05 \text{ [mm]}$$

$$\Sigma l_{\text{eff},op,(i,g)} = 193.36 + 160.00 + 183.36 = 536.72 \text{ [mm]}$$

$$\Sigma l_{\text{eff},nc,(i,g)} = 167.05 + 80.00 + 162.05 = 409.10 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},1,fc,(1-2-3,g)} = \min \left(\Sigma l_{\text{eff},op,(i,g)}; \Sigma l_{\text{eff},nc,(i,g)} \right) = \min \left(536.72; 409.10 \right) = 409.10 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{eff},2,fc,(1-2-3,g)} = \Sigma l_{\text{eff},nc,(i,g)} = 409.10 \text{ [mm]}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{\text{eff},1,(1-2-3,g)} \cdot l_f^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 409.10 \cdot 19.00^2 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 13107.05 \text{ [kNm]}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{\text{eff},2,(1-2-3,g)} \cdot l_f^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 409.10 \cdot 19.00^2 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 13107.05 \text{ [kNm]}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.90 \cdot 400.00 \cdot 10^{-3} \cdot 245.00}{1.25} = 70.56 \text{ [kN]}$$

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

$$F_{\Gamma 1,fc,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 13107.05}{32.90} = 1593.56 \text{ [kN]}$$

$$F_{\Gamma 2,fc,Rd} = \frac{\left(2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd} \right)}{(m+n)} = \frac{\left(2 \cdot 13107.05 + 41.12 \cdot 6 \cdot 70.56 \right)}{(32.90 + 41.12)} = 589.33 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 6 \cdot 70.56 = 423.36 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma B_{p,Rd} = 6 \cdot 489.73 = 2938.36 \text{ [kN]}$$

$$F_{\Gamma 3,fc,Rd} = \min \left(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd} \right) = \min \left(423.36; 2938.36 \right) = 423.36 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,fc,Rd(1-2-3,g)} = \min \left(F_{\Gamma 1,fc,Rd}; F_{\Gamma 2,fc,Rd}; F_{\Gamma 3,fc,Rd} \right) = \min \left(1593.56; 589.33; 423.36 \right) = 423.36 \text{ [kN]}$$

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

Załączniki

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
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[mm]
1	-	-	-	-	55.70	50.00	35.91	0.53	0.34	6.09	50.00
2	-	-	-	-	55.70	50.00	35.00	0.53	0.33	6.11	50.00
3	-	-	-	-	55.70	50.00	31.50	0.53	0.30	6.21	50.00
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Szereg nr 1

typ: Szereg śrub w pobliżu pasa belki/skosu

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

$$l_{\text{eff},no,I} = \alpha \cdot m = 6.09 \cdot 55.70 = 338.99 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},no,II} = 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 4 \cdot 55.70 + 1.25 \cdot 50.00 = 285.30 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},no} = \min(l_{\text{eff},no,I}; l_{\text{eff},no,II}) = \min(338.99; 285.30) = 285.30 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},1,ep} = \min(l_{\text{eff},no}; l_{\text{eff},ep}) = \min(285.30; 349.97) = 285.30 [\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff},2,ep} = l_{\text{eff},no} = 285.30 [\text{mm}]$$

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

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

$$F_{T,1,ep,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 10128.15}{55.70} = 727.34 [\text{kN}]$$

$$F_{t,Rd} = 70.56 [\text{kN}]$$

$$F_{T,2,ep,Rd} = \frac{(2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd})}{(m + n)} = \frac{(2 \cdot 10128.15 + 50.00 \cdot 2 \cdot 70.56)}{(55.70 + 50.00)} = 258.39 [\text{kN}]$$

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{ep} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot 33.52 \cdot 20.00 \cdot 510.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 515.50 [\text{kN}]$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 70.56 = 141.12 [\text{kN}]$$

$$\Sigma B_{p,Rd} = 2 \cdot 515.50 = 1031.00 [\text{kN}]$$

$$F_{T,3,ep,Rd} = \min(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd}) = \min(141.12; 1031.00) = 141.12 [\text{kN}]$$

$$F_{t,ep,Rd(1)} = \min(F_{T,1,ep,Rd}; F_{T,2,ep,Rd}; F_{T,3,ep,Rd}) = \min(727.34; 258.39; 141.12) = 141.12 [\text{kN}]$$

Szereg nr 2

Załączniki

typ: Szereg śrub w pobliżu pasa belki/skosu

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

$$l_{\text{eff},nc,I} = \alpha \cdot m = 6.11 \cdot 55.70 = 340.40 [\text{mm}]$$

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

$$l_{\text{eff},nc} = \min(l_{\text{eff},nc,I}; l_{\text{eff},nc,II}) = \min(340.40; 285.30) = 285.30 [\text{mm}]$$

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

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

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

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

$$F_{T,1,ep,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 10128.15}{55.70} = 727.34 [\text{kN}]$$

$$F_{t,Rd} = 70.56 [\text{kN}]$$

$$F_{T,2,ep,Rd} = \frac{(2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd})}{(m + n)} = \frac{(2 \cdot 10128.15 + 50.00 \cdot 2 \cdot 70.56)}{(55.70 + 50.00)} = 258.39 [\text{kN}]$$

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{ep} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot 33.52 \cdot 20.00 \cdot 510.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 515.50 [\text{kN}]$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 70.56 = 141.12 [\text{kN}]$$

$$\Sigma B_{p,Rd} = 2 \cdot 515.50 = 1031.00 [\text{kN}]$$

$$F_{T,3,ep,Rd} = \min(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd}) = \min(141.12; 1031.00) = 141.12 [\text{kN}]$$

$$F_{t,ep,Rd(2)} = \min(F_{T,1,ep,Rd}; F_{T,2,ep,Rd}; F_{T,3,ep,Rd}) = \min(727.34; 258.39; 141.12) = 141.12 [\text{kN}]$$

Szereg nr 3

typ: Szereg śrub w pobliżu pasa belki/skosu

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

$$l_{\text{eff},nc,I} = \alpha \cdot m = 6.21 \cdot 55.70 = 345.73 [\text{mm}]$$

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

$$l_{\text{eff},nc} = \min(l_{\text{eff},nc,I}; l_{\text{eff},nc,II}) = \min(345.73; 285.30) = 285.30 [\text{mm}]$$

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

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

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

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

Załączniki

$$F_{T,1,ep,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 10128.15}{55.70} = 727.34 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,Rd} = 70.56 \text{ [kN]}$$

$$F_{T,2,ep,Rd} = \frac{(2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd})}{(m + n)} = \frac{(2 \cdot 10128.15 + 50.00 \cdot 2 \cdot 70.56)}{(55.70 + 50.00)} = 258.39 \text{ [kN]}$$

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{ep} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot 33.52 \cdot 20.00 \cdot 510.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 515.50 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 70.56 = 141.12 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma B_{p,Rd} = 2 \cdot 515.50 = 1031.00 \text{ [kN]}$$

$$F_{T,3,ep,Rd} = \min(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd}) = \min(141.12; 1031.00) = 141.12 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,ep,Rd(3)} = \min(F_{T,1,ep,Rd}; F_{T,2,ep,Rd}; F_{T,3,ep,Rd}) = \min(727.34; 258.39; 141.12) = 141.12 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 4

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)

Grupa szeregów: 1, 2

$$l_{eff,ep,(1,g)} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 55.70 + 90.00 = 264.99 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,no,(1,g),I} = 0.5p + am - (2m + 0.625e) = 0.5 \cdot 90.00 + 6.09 \cdot 55.70 - (2 \cdot 55.70 + 0.625 \cdot 50.00) = 241.34 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,no,(1,g),II} = 2 \cdot m + 0.625 \cdot e + 0.5 \cdot p = 2 \cdot 55.70 + 0.625 \cdot 50.00 + 0.5 \cdot 90.00 = 187.65 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,no,(1,g)} = \min(l_{eff,no,(1,g),I}; l_{eff,no,(1,g),II}) = \min(241.34; 187.65) = 187.65 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,ep,(2,g)} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 55.70 + 90.00 = 264.99 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,no,(2,g),I} = 0.5p + am - (2m + 0.625e) = 0.5 \cdot 90.00 + 6.11 \cdot 55.70 - (2 \cdot 55.70 + 0.625 \cdot 50.00) = 242.75 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,no,(2,g),II} = 2 \cdot m + 0.625 \cdot e + 0.5 \cdot p = 2 \cdot 55.70 + 0.625 \cdot 50.00 + 0.5 \cdot 90.00 = 187.65 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,no,(2,g)} = \min(l_{eff,no,(2,g),I}; l_{eff,no,(2,g),II}) = \min(242.75; 187.65) = 187.65 \text{ [mm]}$$

$$\Sigma l_{eff,ep,(i,g)} = 264.99 + 264.99 = 529.97 \text{ [mm]}$$

$$\Sigma l_{eff,no,(i,g)} = 187.65 + 187.65 = 375.30 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,1,ep,(1-2,g)} = \min(\Sigma l_{eff,ep,(i,g)}; \Sigma l_{eff,no,(i,g)}) = \min(529.97; 375.30) = 375.30 \text{ [mm]}$$

$$l_{eff,2,ep,(1-2,g)} = \Sigma l_{eff,no,(i,g)} = 375.30 \text{ [mm]}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0.25 \cdot l_{eff,1,ep,(1-2,g)} \cdot t_{ep}^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.25 \cdot 375.30 \cdot 20.00^2 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 13323.15 \text{ [kNm]}$$

Załączniki

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \cdot l_{eff,2,(1-2,g)} \cdot t_{ep}^2 \cdot f_y \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 375,30 \cdot 20,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 13323,15 \text{ [kNm]}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,90 \cdot 400,00 \cdot 10^{-3} \cdot 245,00}{1,25} = 70,56 \text{ [kN]}$$

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

$$F_{T,1,ep,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 13323,15}{55,70} = 956,78 \text{ [kN]}$$

$$F_{T,2,ep,Rd} = \frac{(2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd})}{(m + n)} = \frac{(2 \cdot 13323,15 + 50,00 \cdot 4 \cdot 70,56)}{(55,70 + 50,00)} = 385,60 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma F_{t,Rd} = 4 \cdot 70,56 = 282,24 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma B_{p,Rd} = 4 \cdot 515,50 = 2062,01 \text{ [kN]}$$

$$F_{T,3,ep,Rd} = \min(\Sigma F_{t,Rd}; \Sigma B_{p,Rd}) = \min(282,24; 2062,01) = 282,24 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,ep,Rd(1-2,g)} = \min(F_{T,1,ep,Rd}; F_{T,2,ep,Rd}; F_{T,3,ep,Rd}) = \min(956,78; 385,60; 282,24) = 282,24 \text{ [kN]}$$

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

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

Ogólne

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

$$A_{ve,1} = A_c - 2 \cdot b_{fe} \cdot t_{fe} + t_{fe} \cdot (t_{wc} + 2 \cdot r_c) = 14910,00 - 2 \cdot 300,00 \cdot 19,00 + 19,00 \cdot (11,00 + 2 \cdot 27,00) = 4745,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{ve,2} = H \cdot h_{wc} \cdot t_{wc} = 1,2 \cdot 262,00 \cdot 11,00 = 3458,40 \text{ [mm}^2\text{]}$$

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

Szereg nr 1

$$b_{eff,t,wc,(1)} = \min(l_{eff,1,fc,(1)}; l_{eff,2,fc,(1)}) = \min(206,72; 244,10) = 206,72 \text{ [mm]}$$

W odległości osiowej $45,45 \leq b_s = 144,50$ [mm] od rozpatrywanego szeregu znajduje się żebro poprzeczne słupa - stosuje się zwiększenie nośności rozpatrywanego szeregu.

$$A_s = 2 \cdot b_s \cdot t_s = 2 \cdot 144,50 \cdot 10,00 = 2890,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F_{T,wc,Rd(1),Add} = \frac{A_s \cdot f_{y,s}}{\gamma_{M0}} = \frac{2890,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 1025,95 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 2

$$b_{eff,t,wc,(2)} = \min(l_{eff,1,fc,(2)}; l_{eff,2,fc,(2)}) = \min(206,72; 244,10) = 206,72 \text{ [mm]}$$

Załączniki

W odległości osiowej $135.45 \leq b_s = 144.50$ [mm] od rozpatrywanego szeregu znajduje się żebro poprzeczne słupa - stosuje się zwiększenie nośności rozpatrywanego szeregu.

$$A_s = 2 \cdot b_s \cdot t_s = 2 \cdot 144.50 \cdot 10.00 = 2890.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$F_{T,wo,Rd(2),Add} = \frac{A_s \cdot f_{y,s}}{\gamma_{M0}} = \frac{2890.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 1025.95 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 3

$$b_{\text{eff},t,wo,(3)} = \min \left(l_{\text{eff},1,fc,(3)}; l_{\text{eff},2,fc,(3)} \right) = \min \left(206.72; 244.10 \right) = 206.72 \text{ [mm]}$$

Szereg nr 4

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

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

Grupa szeregów: 1, 2

$$b_{\text{eff},t,wo,(1-2,g)} = \min \left(l_{\text{eff},1,fc,(1-2,g)}; l_{\text{eff},2,fc,(1-2,g)} \right) = \min \left(334.10; 334.10 \right) = 334.10 \text{ [mm]}$$

W grupie szeregów stosuje się wzmocnienie nośności od żebra poprzecznego średnika słupa.

$$F_{T,wo,Rd(1-2,g),Add} = F_{T,wo,Rd(1,g),Add} = 1025.95 \text{ [kN]}$$

Grupa szeregów: 1, 2, 3

$$b_{\text{eff},t,wo,(1-2-3,g)} = \min \left(l_{\text{eff},1,fc,(1-2-3,g)}; l_{\text{eff},2,fc,(1-2-3,g)} \right) = \min \left(409.10; 409.10 \right) = 409.10 \text{ [mm]}$$

W grupie szeregów stosuje się wzmocnienie nośności od żebra poprzecznego średnika słupa.

$$F_{T,wo,Rd(1-2-3,g),Add} = F_{T,wo,Rd(1,g),Add} = 1025.95 \text{ [kN]}$$

7.1.2.7. 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.

Ogólne

Szereg nr 1

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

Załączniki

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

Szereg nr 2

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

$$F_{t.wb.Rd(2)} = \frac{b_{\text{eff},t.wb,(2)} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb}}{\gamma_{M0}} = \frac{285.30 \cdot 8.60 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 871.02 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 3

$$b_{\text{eff},t.wb,(3)} = \min \left(l_{\text{eff},1,ep,(3)}; l_{\text{eff},2,ep,(3)} \right) = \min \left(285.30; 285.30 \right) = 285.30 \text{ [mm]}$$

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

Szereg nr 4

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

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

Grupa szeregów: 1, 2

$$b_{\text{eff},t.wb,(1-2,g)} = \min \left(l_{\text{eff},1,ep,(1-2,g)}; l_{\text{eff},2,ep,(1-2,g)} \right) = \min \left(375.30; 375.30 \right) = 375.30 \text{ [mm]}$$

$$F_{t.wb.Rd(1-2,g)} = \frac{b_{\text{eff},t.wb,(1-2,g)} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb}}{\gamma_{M0}} = \frac{375.30 \cdot 8.60 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 1145.79 \text{ [kN]}$$

7.1.2.9. Średnik słupa ściskany w kierunku poprzecznym

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

$$s_p = \min \left(t_p + c; 2 \cdot s_p \right) = \min \left(20.00 + 0.00; 2 \cdot 20.00 \right) = 20.00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},c,wc} = t_{fb} + 5 \cdot \left(t_{fc} + r_c \right) + s_p = 13.50 + 5 \cdot \left(19.00 + 27.00 \right) + 20.00 = 263.50 \text{ [mm]}$$

7.1.2.10. Ściskany pas belki / skosu

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

7.1.2.11. Średnik belki ze skosem, rozciągany w kierunku poprzecznym

$$\beta = 0$$

Załączniki

$$b_{\text{eff},t,wb} = \frac{t_{fb}}{\sin(45,00^\circ)} + 5 \cdot (t_{fb} + r_b) = \frac{13,50}{0,71} + 5 \cdot (13,50 + 21,00) = 191,59 \text{ [mm]}$$

$$\omega = 1$$

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{\omega \cdot b_{\text{eff},t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,00 \cdot 191,59 \cdot 8,60 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 584,93 \text{ [kN]}$$

$$F_{n,hb,Rd} = F_{n,wb,Rd} \cdot \frac{\sin(0,00^\circ)}{\tan(45,00^\circ)} = 584,93 \cdot \frac{1,00}{1,00} = 584,93 \text{ [kN]}$$

7.1.2.12. Panel środknika słupa

$$\varepsilon_c = \sqrt{\left(\frac{235}{f_{yc}}\right)} = \sqrt{\left(\frac{235}{355,00}\right)} = 0,81$$

$$\frac{d_{wc}}{t_{wc}} = \frac{208,00}{11,00} = 18,91 \leq 69\varepsilon_c = 69 \cdot 0,81 = 56,14$$

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

$$V_{wp,Rd,pierw} = \frac{0,9 \cdot f_{y,wc} \cdot A_{vc}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}\right)} = \frac{0,9 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 4745,00}{\left(\sqrt{3} \cdot 1,00\right)} = 875,28 \text{ [kN]}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = \frac{0,25 \cdot b_{fb} \cdot t_{fb}^2 \cdot f_{y,c}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 300,00 \cdot 19,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 9611,62 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{pl,sg,Rd} = \frac{0,25 \cdot b_{fb} \cdot t_{s,g}^2 \cdot f_{y,s,g}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 300,00 \cdot 10,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 2662,50 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{pl,sd,Rd} = \frac{0,25 \cdot b_{fb} \cdot t_{s,d}^2 \cdot f_{y,s,d}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 300,00 \cdot 14,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 5218,50 \text{ [kNmm]}$$

$$V_{wp,add,Rd,1} = \frac{4 \cdot M_{pl,fc,Rd}}{d_s} = \frac{4 \cdot 9611,62}{563,70} = 68,20 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,add,Rd,2} = \frac{\left(2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,sg,Rd} + M_{pl,sd,Rd}\right)}{d_s} = \frac{\left(2 \cdot 9611,62 + 2662,50 + 5218,50\right)}{563,70} = 48,08 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,add,Rd} = \min\left(V_{wp,add,Rd,1}; V_{wp,add,Rd,2}\right) = \min(68,20; 48,08) = 48,08 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,Rd} = V_{wp,Rd,pierw} + V_{wp,add,Rd} = 875,28 + 48,08 = 923,36 \text{ [kN]}$$

Rodzaj połączenia - inne połączenie śrubowe z blachą czołową.

$$z = 473,25 \text{ [mm]}$$

7.1.2.13. Nośność ścinanych szeregów śrub

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

Ogólne

Załączniki

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 400,00 \cdot 10^{-3} \cdot 245,00}{1,25} = 47,04 \text{ [kN]}$$

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): Szereg śrub nie jest rozpatrywany jako ścinany

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

Szereg nr 3

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 4

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

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

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

$$k_{1,4,ep,III} = 2,50$$

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

$$\alpha_{d,4,ep,I} = \frac{e_1}{(3 \cdot d_0)} = \frac{175,00}{(3 \cdot 22,00)} = 2,65 = 2,65$$

$$\alpha_{d,4,ep,II} = \frac{p_i}{(3 \cdot d_0)} - 0,25 = \frac{200,00}{(3 \cdot 22,00)} - 0,25 = 2,78 = 2,78$$

$$\alpha_{d,4,ep} = \min(\alpha_{d,4,ep,I}, \alpha_{d,4,ep,II}) = \min(2,65; 2,78) = 2,65$$

Załączniki

$$\alpha_{b,4,ep,I} = \alpha_{d,4,ep} = 2.65$$

$$\alpha_{b,4,ep,II} = \frac{f_{ub}}{f_{u,ep}} = \frac{400.00}{510.00} = 0.78$$

$$\alpha_{b,4,ep,III} = 1.00$$

$$\alpha_{b,4,ep} = \min(\alpha_{b,4,ep,I}; \alpha_{b,4,ep,II}; \alpha_{b,4,ep,III}) = \min(2.65; 0.78; 1.00) = 0.78$$

$$F_{b,4,ep,Rd} = \frac{k_{1,4,ep} \cdot \alpha_{b,4,ep} \cdot f_{u,ep} \cdot d \cdot t_{ep}}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.78 \cdot 510.00 \cdot 10^{-3} \cdot 20.00 \cdot 20.00}{1.25} = 320.00 \text{ [kN]}$$

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

$$k_{1,4,fc,I} = \frac{1.4 \cdot s_1}{d_0} - 1.7 = \frac{1.4 \cdot 120.00}{22.00} - 1.7 = 5.94$$

$$k_{1,4,fc,II} = 2.50$$

$$k_{1,4,fc} = \min(k_{1,4,fc,I}; k_{1,4,fc,II}) = \min(5.94; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{d,4,fc} = \frac{p_i}{(3 \cdot d_0)} - 0.25 = \frac{200.00}{(3 \cdot 22.00)} - 0.25 = 2.78 = 2.78$$

$$\alpha_{b,4,fc,I} = \alpha_{d,4,fc} = 2.78$$

$$\alpha_{b,4,fc,II} = \frac{f_{ub}}{f_{u,fc}} = \frac{400.00}{510.00} = 0.78$$

$$\alpha_{b,4,fc,III} = 1.00$$

$$\alpha_{b,4,fc} = \min(\alpha_{b,4,fc,I}; \alpha_{b,4,fc,II}; \alpha_{b,4,fc,III}) = \min(2.78; 0.78; 1.00) = 0.78$$

$$F_{b,4,fc,Rd} = \frac{k_{1,4,fc} \cdot \alpha_{b,4,fc} \cdot f_{u,fc} \cdot d \cdot t_{fc}}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.78 \cdot 510.00 \cdot 10^{-3} \cdot 20.00 \cdot 19.00}{1.25} = 304.00 \text{ [kN]}$$

Zestawienie

Szer.	k _i	F _{V,Rd}	F _{b,i,ep,Rd}	F _{b,i,fc,Rd}
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]
1	2	-	-	-
2	2	-	-	-
3	2	-	-	-
4	2	47.04	320.00	304.00

7.1.2.14. Nośność grupy łączników na ścinanie

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

Załączniki

Szer.	Ki	F _{v,Rd}	F _{b,i,ep,Rd}	F _{b,i,fc,Rd}	F _{b,i,Rd}	F _{v,Rd} ≥ F _{b,i,Rd}
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
1	2	-	-	-	-	-
2	2	-	-	-	-	-
3	2	-	-	-	-	-
4	2	47.04	320.00	304.00	304.00	nie

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

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

$$F_{gr,b,Rd} = n_v \cdot \min(F_{b,i,Rd}) = 2.00 \cdot 304.00 = 608.00 \text{ [kN]}$$

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

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

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

$$N'_{Ed} = \cos(0.00^\circ) \cdot N_{Ed} - \sin(0.00^\circ) \cdot V_{Ed} = 1.000 \cdot 20.00 - 0.000 \cdot 80.00 = 20.00 \text{ [kN]}$$

$$V'_{Ed} = \cos(0.00^\circ) \cdot V_{Ed} + \sin(0.00^\circ) \cdot N_{Ed} = 1.000 \cdot 80.00 + 0.000 \cdot 20.00 = 80.00 \text{ [kN]}$$

$$M'_{Ed} = M_{Ed} + e_N \cdot N'_{Ed} - e_0 \cdot V'_{Ed} = 180.00 + 0.000 \cdot 20.00 - 0.150 \cdot 80.00 = 168.00 \text{ [kNm]}$$

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

8.1.1.2. Zestawienie

Element	Seria	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
belka prawa	seria 1	20.00	80.00	168.00
słup dolny	seria 1	20.00	20.00	220.00
belka lewa	seria 1	0.00	0.00	0.00
słup górny	seria 1	-9.00	-10.00	-11.00

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

8.1.2.1. Nośność rozciąganych szeregów śrub - średnik słupa rozciągany w

Załączniki

kierunku poprzecznym (szeregi rozpatrywane indywidualnie)

Ogólne (dla zestawu sił)

$$\beta = 1$$

Szereg nr 1

$$\omega_1 = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{b_{\text{eff},t,wc(1)} \cdot t_{w,\text{eff}}}{A_{vc}} \right)^2 \right)^{-0.5} = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{206.72 \cdot 11.00}{4745.00} \right)^2 \right)^{-0.5} = 0.88$$

$$\omega = \omega_1 = 0.88$$

$$F_{t,wc,Rd(1),pierw} = \frac{\omega \cdot b_{\text{eff},t,wc(1)} \cdot t_{w,\text{eff}} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.88 \cdot 206.72 \cdot 11.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 708.38 \text{ [kN]}$$

$$F_{T,wc,Rd(1)} = F_{T,wc,Rd(1),pierw} + F_{T,wc,Rd(1),Add} = 708.38 + 1025.95 = 1734.33 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 2

$$\omega_1 = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{b_{\text{eff},t,wc(2)} \cdot t_{w,\text{eff}}}{A_{vc}} \right)^2 \right)^{-0.5} = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{206.72 \cdot 11.00}{4745.00} \right)^2 \right)^{-0.5} = 0.88$$

$$\omega = \omega_1 = 0.88$$

$$F_{t,wc,Rd(2),pierw} = \frac{\omega \cdot b_{\text{eff},t,wc(2)} \cdot t_{w,\text{eff}} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.88 \cdot 206.72 \cdot 11.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 708.38 \text{ [kN]}$$

$$F_{T,wc,Rd(2)} = F_{T,wc,Rd(2),pierw} + F_{T,wc,Rd(2),Add} = 708.38 + 1025.95 = 1734.33 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 3

$$\omega_1 = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{b_{\text{eff},t,wc(3)} \cdot t_{w,\text{eff}}}{A_{vc}} \right)^2 \right)^{-0.5} = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{206.72 \cdot 11.00}{4745.00} \right)^2 \right)^{-0.5} = 0.88$$

$$\omega = \omega_1 = 0.88$$

$$F_{t,wc,Rd(3)} = \frac{\omega \cdot b_{\text{eff},t,wc(3)} \cdot t_{w,\text{eff}} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.88 \cdot 206.72 \cdot 11.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 708.38 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 4

Szereg śrub nie wskazany jako rozciągany.

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

Grupa szeregów: 1, 2

Załączniki

$$\omega_I = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{b_{\text{eff},t,wc,(1-2,g)} \cdot t_{w,\text{eff}}}{A_{vc}} \right)^2 \right)^{-0.5} = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{334.10 \cdot 11.00}{4745.00} \right)^2 \right)^{-0.5} = 0.75$$

$$\omega = \omega_I = 0.75$$

$$F_{t,wc,Rd(1-2,g),pierw} = \frac{\omega \cdot b_{\text{eff},t,wc,(1-2,g)} \cdot t_{w,\text{eff}} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.75 \cdot 334.10 \cdot 11.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 977.93 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,wc,Rd(1-2,g)} = F_{t,wc,Rd(1-2,g),pierw} + F_{t,wc,Rd(1-2,g),Add} = 977.93 + 1025.95 = 2003.88 \text{ [kN]}$$

Grupa szeregów: 1, 2, 3

$$\omega_I = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{b_{\text{eff},t,wc,(1-2-3,g)} \cdot t_{w,\text{eff}}}{A_{vc}} \right)^2 \right)^{-0.5} = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{409.10 \cdot 11.00}{4745.00} \right)^2 \right)^{-0.5} = 0.68$$

$$\omega = \omega_I = 0.68$$

$$F_{t,wc,Rd(1-2-3,g),pierw} = \frac{\omega \cdot b_{\text{eff},t,wc,(1-2-3,g)} \cdot t_{w,\text{eff}} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.68 \cdot 409.10 \cdot 11.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 1084.66 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,wc,Rd(1-2-3,g)} = F_{t,wc,Rd(1-2-3,g),pierw} + F_{t,wc,Rd(1-2-3,g),Add} = 1084.66 + 1025.95 = 2110.61 \text{ [kN]}$$

8.1.2.3. Środek słupa ściskany w kierunku poprzecznym

$$\varepsilon_s = \sqrt{\left(\frac{235}{f_{ys}} \right)} = \sqrt{\left(\frac{235}{355.00} \right)} = 0.81$$

$$\frac{h_{wc}}{t_s} = \frac{262.00}{14.00} = 18.71 \leq 40 \cdot \varepsilon_s = 40 \cdot 0.81 = 32.54$$

Warunek smukłości żebra słupa w strefie ściskanej Warunek spełniony

$$\sigma_{\text{com,Ed,2}} = \frac{d_{wc} \cdot |M_{i2,Ed}|}{(2 \cdot I_{o,y})} + \frac{|N_{i2,Ed}|}{A_c} = \left(\frac{208.00 \cdot |220000.00|}{(2 \cdot 251700000.00)} + \frac{|20.00|}{14910.00} \right) \cdot 10^3 = 92.24 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\text{com,Ed,4}} = \frac{d_{wc} \cdot |M_{i4,Ed}|}{(2 \cdot I_{o,y})} + \frac{|N_{i4,Ed}|}{A_c} = \left(\frac{208.00 \cdot |(-11000.00)|}{(2 \cdot 251700000.00)} + \frac{|(-9.00)|}{14910.00} \right) \cdot 10^3 = 5.15 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \max(\sigma_{\text{com,Ed,2}}; \sigma_{\text{com,Ed,4}}) = \max(92.24; 5.15) = 92.24 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = 92.24 \leq 0.7 \cdot f_{y,wc} = 0.7 \cdot 355.00 = 248.50 \text{ [MPa]}$$

$$k_{wc} = 1.0$$

$$\omega_I = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{b_{\text{eff},c,wc} \cdot t_{w,\text{eff}}}{A_{vc}} \right)^2 \right)^{-0.5} = \left(1 + 1.3 \cdot \left(\frac{263.50 \cdot 11.00}{4745.00} \right)^2 \right)^{-0.5} = 0.82$$

$$\omega = \omega_I = 0.82$$

Warunek smukłości granicznej żebra w strefie ściskanej spełniony - słup traktowany jako użebrowany w strefie ściskanej.

$$F_{c,wc,Rd,pierw} = \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{\text{eff},c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.82 \cdot 1.00 \cdot 263.50 \cdot 11.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 844.36 \text{ [kN]}$$

$$F_{c,wc,Rd,pierw,max} = \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho_c \cdot b_{\text{eff},c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M1}} = \frac{0.82 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 263.50 \cdot 11.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 844.36 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$F_{c,wo,Rd,pierw} = 844,36 \leq F_{c,wo,Rd,pierw,max} = 844,36 \text{ [kN]}$$

$$A_s = 2 \cdot b_s \cdot t_s = 2 \cdot 144,50 \cdot 14,00 = 4046,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F_{c,wo,Rd,Add} = \frac{A_s \cdot f_{y,s}}{\gamma_{MO}} = \frac{4046,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 1436,33 \text{ [kN]}$$

$$F_{c,wo,Rd} = F_{c,wo,Rd,pierw} + F_{c,wo,Rd,Add} = 844,36 + 1436,33 = 2280,69 \text{ [kN]}$$

8.1.2.4. Panel środknika słupa

$$V_{wp,Ed} = \frac{|M_{bR,Ed} - M_{bL,Ed}|}{z} + \frac{|V_{cB,Ed} - V_{cT,Ed}|}{2} = \frac{|168000,00 - 0,00|}{473,25} + \frac{|20,00 - -10,00|}{2} = 369,99 \text{ [kN]}$$

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

Szereg nr 1

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

$$F_{t,Rd(1)} = \min \left(141,12; 141,12; 1734,33; 871,02 \right) = 141,12 \text{ [kN]}$$

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

$$F_{t1,Rd} = \min \left(141,12; 923,36/1,00; 2280,69; 862,65; 584,93 \right) = 141,12 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 2

$$F_{t,Rd(2)} = \min \left(F_{t,fo,Rd(2)}; F_{t,ep,Rd(2)}; F_{t,wo,Rd(2)}; F_{t,wb,Rd(2)} \right)$$

$$F_{t,Rd(2)} = \min \left(141,12; 141,12; 1734,33; 871,02 \right) = 141,12 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma F_{t,Rd(1)} = F_{t,Rd(1)} = 141,12 = 141,12 \text{ [kN]}$$

$$\sum \left(F_{t,Rd} \right)^{(1-1)} = F_{t1,Rd} = 141,12 = 141,12 \text{ [kN]}$$

$$\sum \left(F_{t,Rd} \right)^{(1-1)} = F_{t1,Rd} = 141,12 = 141,12 \text{ [kN]}$$

$$F_{t2,Rd} = \min \left(F_{t,Rd(2)}; V/\beta - \sum F_{t,Rd(1)}; F_{c,wo,Rd} - \sum F_{t,Rd(1)}; F_{c,fb,Rd} - \sum F_{t,Rd(1)}; F_{t,hb,Rd} - \sum F_{t,Rd(1)}; F_{t,fo,Rd(1-2,g)} - \sum \left(F_{t,Rd} \right)^{(1-1)}; F_{t,wo,Rd(1-2,g)} - \sum \left(F_{t,Rd} \right)^{(1-1)}; F_{t,ep,Rd(1-2,g)} - \sum \left(F_{t,Rd} \right)^{(1-1)}; F_{t,wb,Rd(1-2,g)} - \sum \left(F_{t,Rd} \right)^{(1-1)} \right)$$

$$F_{t2,Rd} = \min \left(141,12; 923,36/1,00 - 141,12; 2280,69 - 141,12; 862,65 - 141,12; 584,93 - 141,12; 282,24 - 141,12; 2003,88 - 141,12; 282,24 - 141,12; 1145,79 - 141,12 \right) = 141,12 \text{ [kN]}$$

Szereg nr 3

$$F_{t,Rd(3)} = \min \left(F_{t,fo,Rd(3)}; F_{t,ep,Rd(3)}; F_{t,wo,Rd(3)}; F_{t,wb,Rd(3)} \right)$$

$$F_{t,Rd(3)} = \min \left(141,12; 141,12; 708,38; 871,02 \right) = 141,12 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma F_{t,Rd(1-2)} = F_{t,Rd(1)} + F_{t,Rd(2)} = 141,12 + 141,12 = 282,24 \text{ [kN]}$$

$$\sum \left(F_{t,Rd} \right)^{(1-2)} = F_{t1,Rd} + F_{t2,Rd} = 141,12 + 141,12 = 282,24 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$F_{t3,Rd} = \min \left(F_{t,Rd(3)} \cdot V/\beta - \sum F_{t,Rd(1-2)}; F_{c,wc,Rd} - \sum F_{t,Rd(1-2)}; F_{c,fb,Rd} - \sum F_{t,Rd(1-2)}; F_{c,hb,Rd} - \sum F_{t,Rd(1-2)}; F_{t,fb,Rd(1-2-3,g)} - \sum (F_{tr,Rd})^{(1-2)}; F_{t,wc,Rd(1-2-3,g)} - \sum (F_{tr,Rd})^{(1-2)} \right)$$

$$F_{t3,Rd} = \min (141.12; 923.36/1.00 - 282.24; 2280.69 - 282.24; 862.65 - 282.24; 584.93 - 282.24; 423.36 - 282.24; 2110.61 - 282.24 = 141.12 [kN]$$

Szereg nr 4

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	141.12	141.12	1734.33	871.02	141.12
2	141.12	141.12	1734.33	871.02	141.12
3	141.12	141.12	708.38	871.02	141.12
4	-	-	-	-	-

Szer.	$F_{t,Rd(r)}$	$V_{wp,Rd}/\beta$	$F_{c,wc,Rd}$	$F_{c,fb,Rd}$	$F_{c,hb,Rd}$	$F_{tt,hb,Rd}$	$\sum_{r=1}^{i-1} F_{t,Rd(i)}$	$F_{t,fc/wc, Rd(k-r,g)}$	$\sum_k^{i-1} F_{ti,Rd}$	$F_{t,ep/wb, Rd(l-r,g)}$	$\sum_{r=1}^{i-1} F_{ti,Rd}$	$F_{tr,Rd}$
1	141.1	923.4 / 1.0	2280.7	862.6	-	584.9	-	-	-	-	-	141.1
2	141.1	923.4 / 1.0	2280.7	862.6	-	584.9	141.1	282.2	141.1	282.2	141.1	141.1
3	141.1	923.4 / 1.0	2280.7	862.6	-	584.9	282.2	423.4	-	-	282.2	141.1
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

8.1.2.6. Rozkład plastyczny sił w rozciąganych szeregach śrub

Nie zachodzi konieczność redukcji do rozkładu plastycznego sił w szeregach śrub.

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.

$$M_{j,Rd} = \sum F_{tr,Rd} \cdot h_r = F_{t1,Rd} \cdot h_1 + F_{t2,Rd} \cdot h_2 + F_{t3,Rd} \cdot h_3 = 141.12 \cdot 518.25 + 141.12 \cdot 428.25 + 141.12 \cdot 348.25 = 182715.12 [kNm]$$

Załączniki

Szer. [-]	$F_{tr,Rd}$ [kN]	h_r [mm]	$F_{tr,Rd} * h_r$ [kNmm]	$\Sigma_r M_{j,Rd,row}$ [kNmm]
1	141.12	518.25	73135.44	73135.44
2	141.12	428.25	60434.64	133570.08
3	141.12	348.25	49145.04	182715.12
4	-	-	-	-

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.

$$\Sigma F_{tr,Rd} = F_{t1,Rd} + F_{t2,Rd} + F_{t3,Rd} = 141.12 + 141.12 + 141.12 = 423.36 \text{ [kN]}$$

$$N_{j,Rd}^* = \min(N_{pl,Rd}, \Sigma F_{tr,Rd}) = \min(2999.75; 423.36) = 423.36 \text{ [kN]}$$

$$N_{j,Rd} = N_{j,Rd}^* = 423.36 \text{ [kN]}$$

8.1.2.9. Sprawdzanie warunków nośności

Warunek nośności przy zginaniu

$$|M_{Ed}| / M_{j,Rd} = |168000.00| / 182715.12 = 0.92 \leq 1.0 \text{ Warunek spełniony}$$

Warunki nośności przy ścinaniu siłą pionową

$$|V_{Ed}| / F_{gr,b,Rd} = |80.00| / 608.00 = 0.13 \leq 1.0 \text{ Warunek spełniony}$$

Warunek nośności panelu środknika słupa

$$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} = 369.99 / 923.36 = 0.40 \leq 1.0 \text{ Warunek spełniony}$$

Warunek interakcji zginania z siłą podłużną

$$|M_{Ed}| / M_{j,Rd} + |N_{j,Ed}| / N_{j,Rd} = |168000.00| / 182715.12 + |20.00| / 423.36 = 0.97 \leq 1.0 \text{ Warunek spełniony}$$

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
---------------	-------	-----------------------	--------------------------	-------------------------	----------------

Załączniki

1	M(+)	0.92	0.13	0.40	0.97
---	------	------	------	------	------

Raport przykładowy: Połączenie EuroZłącza PODCIĄG-BELKA

Raport obliczanie połączenia elementów konstrukcji stalowych wg PN-EN 1993-1-8 do programu Rama3D/2D

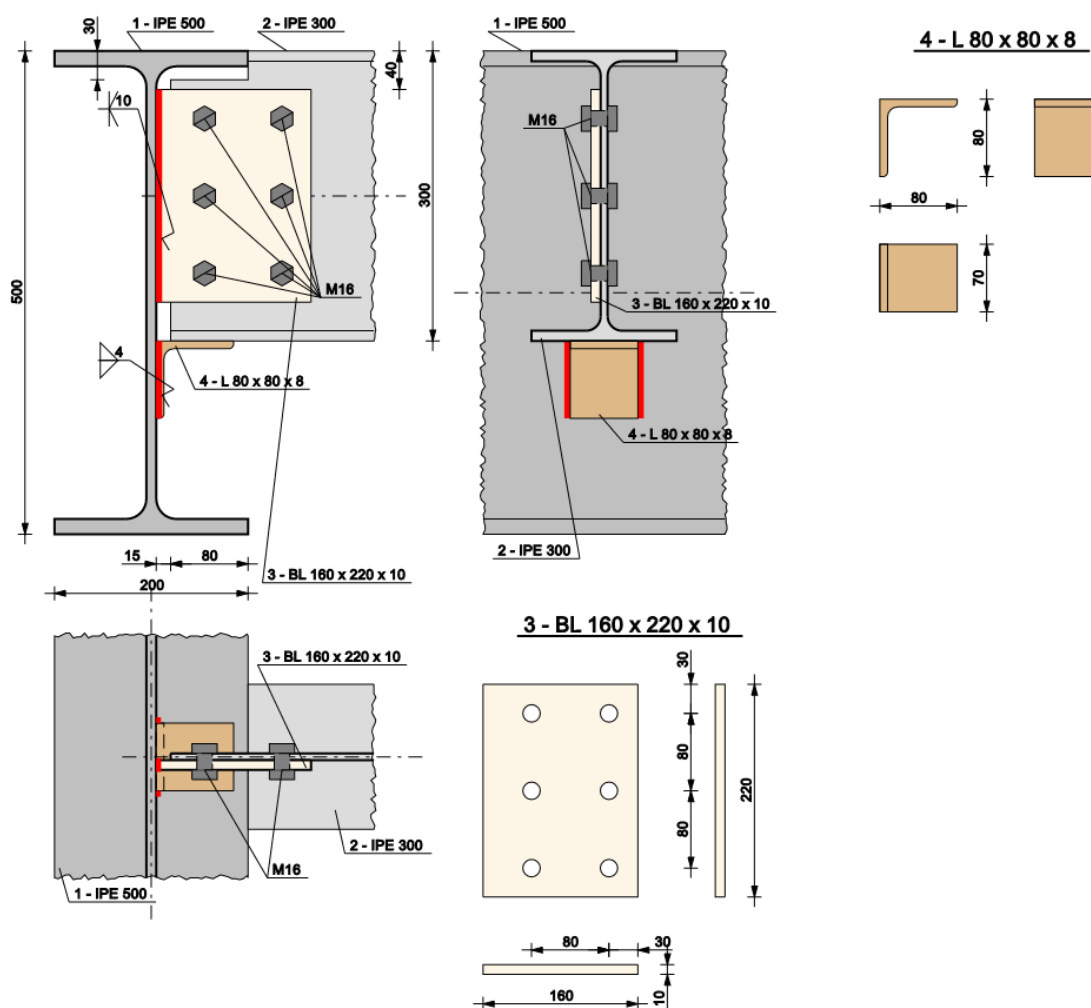
Rodzaj połączenia: połączenia podciąg-belka (montażowe)

Tytuł: Złącze Podciąg-Belka

Podtytuł: Złącze w węźle nr 14 – typ Podciąg-Belka

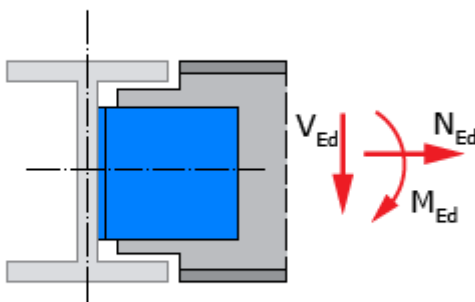
Typ raportu: pełny

1. Geometria modelu (rysunek poglądowy)



2. Obciążenia

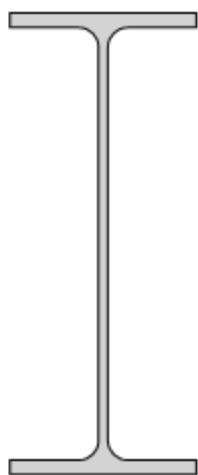
Załączniki



Nr	Seria	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1	seria 1	30.00	45.00	24.00

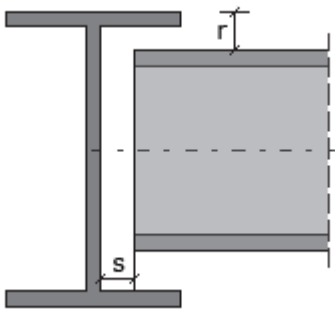
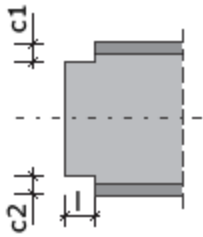
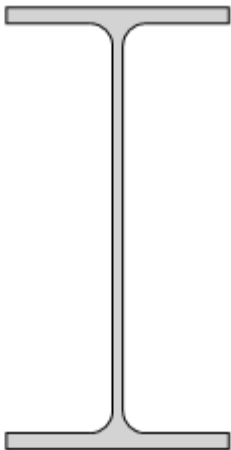
3. Geometria

Podciąg



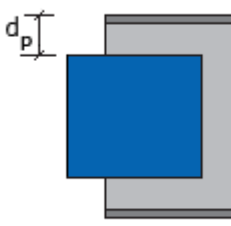
Typ profilu	IPE 500
Wysokość przekroju [mm]	$h_g = 500.00$
Szerokość pólki przekroju [mm]	$b_{fg} = 200.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wg} = 10.20$
Grubość pólki przekroju [mm]	$t_{fg} = 16.00$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1g} = 21.00$
Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_g = 11600.00$
Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yg} = 48200.00$
Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zg} = 2142.00$
Stal	S 235
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yg} = 235.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ug} = 360.00$


Załączniki

Belka																									
	<table border="1"> <tr> <td>Orientacja względem podciągu</td> <td>do środnika</td> </tr> <tr> <td>Odsunięcie poziome od środnika podciągu [mm]</td> <td>$s = 15.00$</td> </tr> <tr> <td>Odsunięcie pionowe od górnej krawędzi podciągu [mm]</td> <td>$r = 0.00$</td> </tr> </table>	Orientacja względem podciągu	do środnika	Odsunięcie poziome od środnika podciągu [mm]	$s = 15.00$	Odsunięcie pionowe od górnej krawędzi podciągu [mm]	$r = 0.00$																		
Orientacja względem podciągu	do środnika																								
Odsunięcie poziome od środnika podciągu [mm]	$s = 15.00$																								
Odsunięcie pionowe od górnej krawędzi podciągu [mm]	$r = 0.00$																								
	<table border="1"> <tr> <td>Wcięcie poziome [mm]</td> <td>$l = 80.00$</td> </tr> <tr> <td>Wcięcie pionowe górne [mm]</td> <td>$c_1 = 30.00$</td> </tr> <tr> <td>Wcięcie pionowe dolne [mm]</td> <td>$c_2 = 0.00$</td> </tr> </table>	Wcięcie poziome [mm]	$l = 80.00$	Wcięcie pionowe górne [mm]	$c_1 = 30.00$	Wcięcie pionowe dolne [mm]	$c_2 = 0.00$																		
Wcięcie poziome [mm]	$l = 80.00$																								
Wcięcie pionowe górne [mm]	$c_1 = 30.00$																								
Wcięcie pionowe dolne [mm]	$c_2 = 0.00$																								
	<table border="1"> <tr> <td>Typ profilu</td> <td>IPE 300</td> </tr> <tr> <td>Wysokość przekroju [mm]</td> <td>$h_b = 300.00$</td> </tr> <tr> <td>Szerokość pólki przekroju [mm]</td> <td>$b_{fb} = 150.00$</td> </tr> <tr> <td>Grubość środника przekroju [mm]</td> <td>$t_{wb} = 7.10$</td> </tr> <tr> <td>Grubość pólki przekroju [mm]</td> <td>$t_{fb} = 10.70$</td> </tr> <tr> <td>Promień wewnętrzny [mm]</td> <td>$R_{1b} = 15.00$</td> </tr> <tr> <td>Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm²]</td> <td>$A_b = 5380.00$</td> </tr> <tr> <td>Moment bezwładności względem osi y-y [cm⁴]</td> <td>$I_{yb} = 8356.00$</td> </tr> <tr> <td>Moment bezwładności względem osi z-z [cm⁴]</td> <td>$I_{zb} = 603.80$</td> </tr> <tr> <td>Stal</td> <td>S 355 N/NL</td> </tr> <tr> <td>Granica plastyczności [MPa]</td> <td>$f_{yb} = 355.00$</td> </tr> <tr> <td>Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]</td> <td>$f_{ub} = 490.00$</td> </tr> </table>	Typ profilu	IPE 300	Wysokość przekroju [mm]	$h_b = 300.00$	Szerokość pólki przekroju [mm]	$b_{fb} = 150.00$	Grubość środника przekroju [mm]	$t_{wb} = 7.10$	Grubość pólki przekroju [mm]	$t_{fb} = 10.70$	Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1b} = 15.00$	Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_b = 5380.00$	Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yb} = 8356.00$	Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zb} = 603.80$	Stal	S 355 N/NL	Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 355.00$	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 490.00$
Typ profilu	IPE 300																								
Wysokość przekroju [mm]	$h_b = 300.00$																								
Szerokość pólki przekroju [mm]	$b_{fb} = 150.00$																								
Grubość środника przekroju [mm]	$t_{wb} = 7.10$																								
Grubość pólki przekroju [mm]	$t_{fb} = 10.70$																								
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1b} = 15.00$																								
Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_b = 5380.00$																								
Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yb} = 8356.00$																								
Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zb} = 603.80$																								
Stal	S 355 N/NL																								
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 355.00$																								
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 490.00$																								

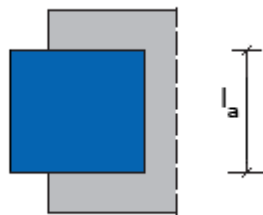
Załączniki

Przykładka

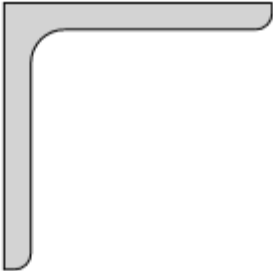
	Rodzaj	jednostronna
	Odsunięcie elementu od górnej krawędzi belki [mm]	$d_{si} = 40.00$

	Typ profilu	BL 160 x 220 x 10
	Wysokość [mm]	$h_{si} = 220.00$
	Długość [mm]	$l_{si} = 160.00$
	Grubość [mm]	$t_{si} = 10.00$
	Stal	S 355 N/NL
Granica plastyczności [MPa]	$f_{ysi} = 355.00$	
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{usi} = 490.00$	

Stolik montażowy (Przyjęto konstrukcyjnie)

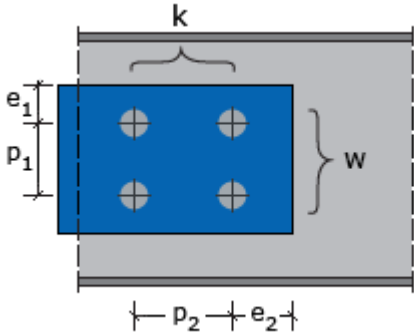
	Wysokość elementu [mm]	$l_{sea} = 70.00$
---	------------------------	-------------------

Załączniki

	Typ profilu	L 80 x 80 x 8
	Długość ramienia [mm]	$h_{sa} = 80.00$
	Grubość ścianki przekroju [mm]	$t_{sa} = 8.00$
	Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1sa} = 10.00$
	Promień zewnętrzny [mm]	$R_{2sa} = 5.00$
	Stal	S 235
Granica plastyczności [MPa]	$f_{ysa} = 235.00$	
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{usa} = 360.00$	

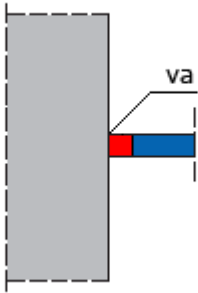
4. Parametry połączenia

- połączenie belka-przykładka (blacha): śrubowe

	Klasa śruby	10.9
	Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne	nie
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 900.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 1000.00$
	Średnica śruby [mm]	$d = 16.00$
	Średnica otworu na śruby [mm]	$d_0 = 18.00$
	Pole powierzchni śruby [cm ²]	$A = 2.01$
	Pole powierzchni czynnej śruby [cm ²]	$A_s = 1.57$
	Liczba wierszy śrub (w)	3
	Liczba kolumn śrub (k)	2
Łączenie ponad średnikiem	nie	
Odległość e_1 [mm]	$e_1 = 30$	
Odległość e_2 [mm]	$e_2 = 30$	
Rozstaw śrub p_1 [mm]	$p_1 = 80$	
Rozstaw śrub p_2 [mm]	$p_2 = 80$	

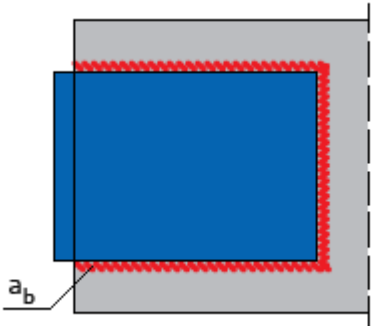
Załączniki

- połączenie podciąg-przykładka (blacha): spawane

	Rodzaj	czołowa
	Przetop	pełen

- połączenie belka-stolik montażowy (przyjęto montażowo) (kątownik): brak

- połączenie podciąg-stolik montażowy (przyjęto montażowo) (kątownik): spawane

	Rodzaj	pachwinowa
	Grubość spoiny [mm]	a = 4.00

5. Sprawdzenie warunków normowych

Liczba niespełnionych warunków geometrycznych lub normowych: 0 z 10

5.1. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{1,p}$ (przykładka)

$$p_{1,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$80.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [mm]$$

Warunek spełniony

Załączniki

5.2. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,p}$ (przykładka)

$$p_{2,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$80.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [mm]$$

Warunek spełniony

5.3. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{1,w}$ (belka)

$$p_{1,w} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$80.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [mm]$$

Warunek spełniony

5.4. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,w}$ (belka)

$$p_{2,w} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$80.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [mm]$$

Warunek spełniony

5.5. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{1,p}$ (przykładka)

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

$$30.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [mm]$$

Warunek spełniony

5.6. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{12,p}$ (przykładka)

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

$$e_{12,p} = 220.0 - 30.0 - 2 \cdot 80.0 = 30.0$$

Załączniki

$$30.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.7. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,p}$ (przykładka)

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

$$30.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.8. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{22,w}$ (belka)

$$e_{22,w} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$35.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.9. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{11,w}$ (belka)

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

$$40.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.10. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,w}$ (belka)

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

$$70.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

6. Lista maksymalnych wyiężeń

Załączniki

Liczba przekroczonych warunków nośności: 0 z 24
 Maksymalne wyężenie w obliczanej konstrukcji wynosi: 0.93

Sprawdzany element	War.	Siła
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.57	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek Z	0.34	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek wypadkowy	0.93	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, dwukierunkowa interakcja	0.44	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek X	0.08	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek Z	0.12	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek wypadkowy	0.02	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: rozerwanie blokowe	0.16	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: przekrój osłabiony otworami	0.05	1
Szywność środника podciągu w kierunku bocznym (warunek przybliżony)	OK	-
Nośność środnika podciągu na siłę ścinającą (przeciągnięcie)	0.14	1
Nośność przekroju osłabionego belki na ścinanie	0.12	1
Nośność przekroju osłabionego belki na zginanie (kraniec belki)	0.40	1
Nośność przekroju osłabionego belki na zginanie (koniec wcięcia)	0.34	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.69	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: pojedynczy łącznik, kierunek Z	0.36	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: pojedynczy łącznik, kierunek wypadkowy	0.93	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: pojedynczy łącznik, dwukierunkowa interakcja	0.61	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: grupa łączników, kierunek X	0.08	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: grupa łączników, kierunek Z	0.12	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: grupa łączników, kierunek wypadkowy	0.02	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: rozerwanie blokowe	0.22	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: przekrój osłabiony otworami	0.07	1
Połączenie przykładka-podciąg (spawane): nośność przekroju elementu	0.87	1

7. Obliczenia wstępne

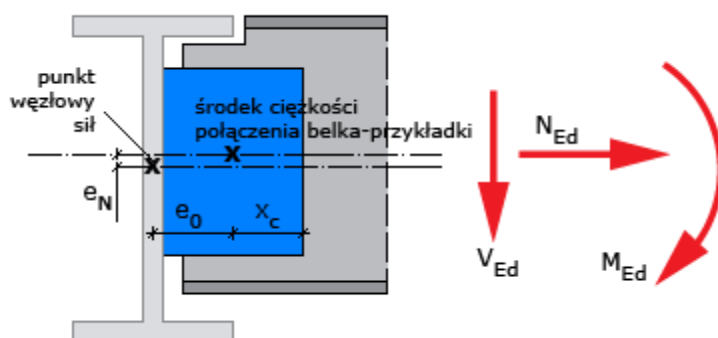
7.1. Połączenie przykładka-belka (śrubowe)

$$A_b = 5380.00 \left[\text{mm}^2 \right]$$

$$A_{b_w} = h_{b_w} \cdot t_{b_w} = 278.60 \cdot 7.10 = 1978.06 \left[\text{mm}^2 \right]$$

$$A_{b_{f_g}} = b_{b_{f_g}} \cdot t_{b_{f_g}} = 150.00 \cdot 10.70 = 1605.00 \left[\text{mm}^2 \right]$$

$$A_{b_{f_d}} = b_{b_{f_d}} \cdot t_{b_{f_d}} = 150.00 \cdot 10.70 = 1605.00 \left[\text{mm}^2 \right]$$



Mimośrody działania sił

$$x_c = e_2 + \frac{(k-1) \cdot p_2}{2} = 30.00 + \frac{(2-1) \cdot 80.00}{2} = 70.00 [\text{mm}]$$

$$e_0 = \frac{t_{wg}}{2} + l_{sip} - x_c = \frac{10.20}{2} + 160.00 - 70.00 = 95.10 [\text{mm}]$$

$$e_N = \frac{h_b}{2} - d_{sip} \left(e_1 + \frac{(w-1) \cdot p_1}{2} \right) = \frac{300.00}{2} - 40.00 \left(30.00 + \frac{(3-1) \cdot 80.00}{2} \right) = 0.00 [\text{mm}]$$

7.1. Połączenie przykładka-podciąg (spawane)

$$l_s = h_{sip} - 2 \cdot a_{ep} = 220.00 - 2 \cdot 10.00 = 200.00 [\text{mm}]$$

$$A_s = 2 \cdot l_s \cdot a_{ep} = 2 \cdot 200.00 \cdot 10.00 = 4000.00 [\text{mm}^2]$$

$$e_0 = \frac{t_{wg}}{2} = \frac{10.20}{2} = 5.10 [\text{mm}]$$

$$e_N = \frac{h_b}{2} - d_{sip} \frac{h_p}{2} = \frac{300.00}{2} - 40.00 \frac{220.00}{2} = 0.00 [\text{mm}]$$

7.1.1. Parametry ogólne połączenia spawanego

7.1.1.1. Połączenie przykładka-podciąg (spawane)

Zakłada się nośność spoiny czołowej równą nośności elementu łączącego (przykładka).

Nośność przekroju elementu łączącego

$$W_p = \frac{t_{sip} \cdot h_{sip}^2}{6} = \frac{10.00 \cdot 220.00^2}{6} = 80666.67 [\text{mm}^3]$$

7.1.2. Parametry ogólne połączenia śrubowego

7.1.2.1. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka

parametry geometryczne

Załączniki

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x | z [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	2	1
1	-40.00 80.00	40.00 80.00
2	-40.00 0.00	40.00 0.00
3	-40.00 -80.00	40.00 -80.00

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{11} = e_1 = 30.00 [\text{mm}]$$

$$e_{11} = e_1 = 30.00 [\text{mm}]$$

$$e_{1\min} = \min(e_{11}, e_{12}) = \min(30.00; 30.00) = 30.00 [\text{mm}]$$

$$e_{21} = e_2 = 30.00 [\text{mm}]$$

$$e_{22} = l_{\text{sup}} - e_2 - (k-1) \cdot p_2 = 160.00 - 30.00 - (2-1) \cdot 80.00 = 50.00 [\text{mm}]$$

$$e_{2\min} = \min(e_{21}, e_{22}) = \min(30.00; 50.00) = 30.00 [\text{mm}]$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1xI} = 2.8 \cdot \frac{e_{1\min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{30.00}{18.00} - 1.7 = 2.97$$

$$k_{1xII} = 1.4 \cdot \frac{p_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{80.00}{18.00} - 1.7 = 4.52$$

$$k_{1xIII} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1xI}; k_{1xII}; k_{1xIII}) = \min(2.97; 4.52; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2\min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{30.00}{(3 \cdot 18.00)} = 0.56$$

$$\alpha_{bxI} = \alpha_{dx} = 0.56$$

$$\alpha_{bxII} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{1000.00}{490.00} = 2.04$$

$$\alpha_{bxIII} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bxI}; \alpha_{bxII}; \alpha_{bxIII}) = \min(0.56; 2.04; 1.00) = 0.56$$

$$F_{b,Rd,s} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.56 \cdot 490.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 10.00}{1.25} = 87.11 [\text{kN}]$$

$$k_{1xI} = 2.8 \cdot \frac{e_{2\min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{30.00}{18.00} - 1.7 = 2.97$$

$$k_{1xII} = 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{80.00}{18.00} - 1.7 = 4.52$$

Załączniki

$$k_{I_x,III} = 2.50$$

$$k_{I_x} = \min(k_{I_x,I}; k_{I_x,II}; k_{I_x,III}) = \min(2.97; 4.52; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{Imin}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{30.00}{(3 \cdot 18.00)} = 0.56$$

$$\alpha_{bz,I} = \alpha_{dx} = 0.56$$

$$\alpha_{bz,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{1000.00}{490.00} = 2.04$$

$$\alpha_{bz,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bz} = \min(\alpha_{bz,I}; \alpha_{bz,II}; \alpha_{bz,III}) = \min(0.56; 2.04; 1.00) = 0.56$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{I_x} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.56 \cdot 490.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 10.00}{1.25} = 87.11 \text{ [kN]}$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{vi,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.5 \cdot 1000.00 \cdot 10^{-3} \cdot 157.00}{1.25} = 62.80 \text{ [kN]}$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 87.11 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 87.11 \text{ [kN]}$$

nośność po kierunku wypadkowym

$$F_{x,Rd} = F_{vi,Rd} = 62.80 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	2	1
1	1.39	1.39
2	1.39	1.39
3	1.39	1.39

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x} | F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	87.11 62.80	87.11 62.80
2	87.11 62.80	87.11 62.80

Załączniki

3	87.11 62.80	87.11 62.80																								
$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{Vi,Rd} \right)$ $\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 62.80 \text{ [kN]}$ $F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 6 \cdot 62.80 = 376.80 \text{ [kN]}$ <p>Nośności grupy łączników po kierunku Z (sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,z} / F_{Vi,Rd}$) (jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>wiersz / kolumna</th> <th>2</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.39</td> <td>1.39</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.39</td> <td>1.39</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.39</td> <td>1.39</td> </tr> </tbody> </table> $F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$ <p>W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.</p> <p>(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,z} F_{Vi,Rd}$)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>wiersz / kolumna</th> <th>2</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>87.11 62.80</td> <td>87.11 62.80</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>87.11 62.80</td> <td>87.11 62.80</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>87.11 62.80</td> <td>87.11 62.80</td> </tr> </tbody> </table> $F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{Vi,Rd} \right)$ $\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 62.80 \text{ [kN]}$ $F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 6 \cdot 62.80 = 376.80 \text{ [kN]}$ <p>Nośność na rozerwanie blokowe</p> <p>Dla przypadku 1 - działania osiowego</p> $A_{nv} = 2 \cdot \left(e_{21,p} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_p = 2 \cdot \left(30.00 + (2-1) \cdot 80.00 - (2-0.5) \cdot 18.00 \right) \cdot 10.00 = 1660.00 \text{ [mm]}$ $A_{nt1} = \left((w-1) \cdot p_1 - (w-1) \cdot d_0 \right) \cdot t_p = \left((3-1) \cdot 80.00 - (3-1) \cdot 18.00 \right) \cdot 10.00 = 1240.00 \text{ [mm]}$ $A_{nt2} = \left(e_{11,p} + e_{12,p} - d_0 \right) \cdot t_p = \left(30.00 + 30.00 - 18.00 \right) \cdot 10.00 = 420.00 \text{ [mm]}$ $A_{nt} = \min \left(A_{nt1}; A_{nt2} \right) = \min \left(1240.00; 420.00 \right) = 420.00 \text{ [mm]}$ $V_{sRd} = V_{sRd,1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{490.00 \cdot 10^{-3} \cdot 420.00}{1.25} + \frac{355.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1660.00}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} = 504.87 \text{ [kN]}$			wiersz / kolumna	2	1	1	1.39	1.39	2	1.39	1.39	3	1.39	1.39	wiersz / kolumna	2	1	1	87.11 62.80	87.11 62.80	2	87.11 62.80	87.11 62.80	3	87.11 62.80	87.11 62.80
wiersz / kolumna	2	1																								
1	1.39	1.39																								
2	1.39	1.39																								
3	1.39	1.39																								
wiersz / kolumna	2	1																								
1	87.11 62.80	87.11 62.80																								
2	87.11 62.80	87.11 62.80																								
3	87.11 62.80	87.11 62.80																								

Załączniki

Dla przypadku 2 - działania mimośrodowego

$$A_{nv} = (e_{2lp} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0) \cdot t_p = (30.00 + (2-1) \cdot 80.00 - (2-0.5) \cdot 18.00) \cdot 10.00 = 830.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt} = (e_{1min} + (w-1) \cdot p_1 - (w-0.5) \cdot d_0) \cdot t_p = (30.00 + (3-1) \cdot 80.00 - (3-0.5) \cdot 18.00) \cdot 10.00 = 1450.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt,N} = A_{nt} = 1450.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nv,N} = A_{nv} = 830.00 [\text{mm}]$$

$$V_{e\dot{E},N,Rd} = V_{e\dot{E},Rd,2,N} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt,N}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,N}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.5 \cdot 490.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1450.00}{1.25} + \frac{355.00 \cdot 10^{-3} \cdot 830.00}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} =$$

$$454.32 [\text{kN}]$$

$$A_{nt,V} = A_{nv} = 830.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nv,V} = A_{nt} = 1450.00 [\text{mm}]$$

$$V_{e\dot{E},V,Rd} = V_{e\dot{E},Rd,2,V} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt,V}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,V}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.5 \cdot 490.00 \cdot 10^{-3} \cdot 830.00}{1.25} + \frac{355.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1450.00}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} =$$

$$459.87 [\text{kN}]$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_p \cdot t_p = 220.00 \cdot 10.00 = 2200.00 [\text{mm}^2]$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2200.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 781.00 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - w \cdot d_0 \cdot t_p = 2200.00 - 3 \cdot 18.00 \cdot 10.00 = 1660.00 [\text{mm}^2]$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 1660.00 \cdot 490.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 585.65 [\text{kN}]$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(781.00; 585.65) = 585.65 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 781.00 [\text{kN}]$$

7.1.2.2. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): średnik belki

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x | z [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

Załączniki

wiersz / kolumna	2	1
1	-40.00 80.00	40.00 80.00
2	-40.00 0.00	40.00 0.00
3	-40.00 -80.00	40.00 -80.00

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{11} = e_1 + d_{sip} - c_1 = 30.00 - 40.00 - 30.00 = 40.00 [mm]$$

$$e_{12} = h_b - d_{sip} - c_2 - e_1 - (w-1) \cdot p_1 = 300.00 - 40.00 - 0.00 - 30.00 - (3-1) \cdot 80.00 = 70.00 [mm]$$

$$e_{1min} = \min(e_{11}, e_{12}) = \min(40.00; 70.00) = 40.00 [mm]$$

$$e_{22} = l_{sip} - s_{sip} - e_2 - (k-1) \cdot p_2 = 160.00 - 15.00 - 30.00 - (2-1) \cdot 80.00 = 35.00 [mm]$$

$$e_{2min} = e_{22} = 35.00 [mm]$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1xI} = 2.8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{40.00}{18.00} - 1.7 = 4.52$$

$$k_{1xII} = 1.4 \cdot \frac{p_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{80.00}{18.00} - 1.7 = 4.52$$

$$k_{1xIII} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1xI}, k_{1xII}, k_{1xIII}) = \min(4.52; 4.52; 2.50) = 2.50$$

$$a_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{35.00}{(3 \cdot 18.00)} = 0.65$$

$$a_{bxI} = a_{dx} = 0.65$$

$$a_{bxII} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{1000.00}{490.00} = 2.04$$

$$a_{bxIII} = 1.00$$

$$a_{bx} = \min(a_{bxI}, a_{bxII}, a_{bxIII}) = \min(0.65; 2.04; 1.00) = 0.65$$

$$F_{bi,Rd,s} = \frac{k_{1x} \cdot a_{bx} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.65 \cdot 490.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 7.10}{1.25} = 72.16 [kN]$$

$$k_{1xI} = 2.8 \cdot \frac{e_{2min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{35.00}{18.00} - 1.7 = 3.74$$

$$k_{1xII} = 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{80.00}{18.00} - 1.7 = 4.52$$

$$k_{1xIII} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1xI}, k_{1xII}, k_{1xIII}) = \min(3.74; 4.52; 2.50) = 2.50$$

Załączniki

$$\alpha_{dz} = \frac{e_{lmin}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{40.00}{(3 \cdot 18.00)} = 0.74$$

$$\alpha_{bz,I} = \alpha_{dz} = 0.74$$

$$\alpha_{bz,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{1000.00}{490.00} = 2.04$$

$$\alpha_{bz,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bz} = \min(\alpha_{bz,I}, \alpha_{bz,II}, \alpha_{bz,III}) = \min(0.74; 2.04; 1.00) = 0.74$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{lx} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.74 \cdot 490.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 7.10}{1.25} = 82.47 [kN]$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{vi,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.5 \cdot 1000.00 \cdot 10^{-3} \cdot 157.00}{1.25} = 62.80 [kN]$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 72.16 [kN]$$

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 82.47 [kN]$$

nośność po kierunku wypadkowym

$$F_{x,Rd} = F_{vi,Rd} = 62.80 [kN]$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	2	1
1	1.15	1.15
2	1.15	1.15
3	1.15	1.15

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x} | F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	72.16 62.80	72.16 62.80
2	72.16 62.80	72.16 62.80
3	72.16 62.80	72.16 62.80

Załączniki

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 62.80 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 6 \cdot 62.80 = 376.80 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku Z

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,z} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	2	1
1	1.31	1.31
2	1.31	1.31
3	1.31	1.31

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,z}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,z} | F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	82.47 62.80	82.47 62.80
2	82.47 62.80	82.47 62.80
3	82.47 62.80	82.47 62.80

$$F_{i,Rd,z} = \min \left(F_{bi,Rd,z}; F_{vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,z} \right) = 62.80 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,z} = \sum F_{bi,Rd,z} = n_{s,p} \cdot \min \left(F_{i,Rd,z} \right) = 6 \cdot 62.80 = 376.80 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot \left(e_{22,w} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_w = 2 \cdot \left(35.00 + (2-1) \cdot 80.00 - (2-0.5) \cdot 18.00 \right) \cdot 7.10 = 1249.60 \text{ [mm]}$$

$$A_{m1} = \left((w-1) \cdot p_1 - (w-1) \cdot d_0 \right) \cdot t_w = \left((3-1) \cdot 80.00 - (3-1) \cdot 18.00 \right) \cdot 7.10 = 880.40 \text{ [mm]}$$

$$A_{m2} = \left(e_{11w} + e_{12w} - d_0 \right) \cdot t_w = \left(40.00 + 70.00 - 18.00 \right) \cdot 7.10 = 653.20 \text{ [mm]}$$

$$A_m = \min \left(A_{m1}; A_{m2} \right) = \min \left(880.40; 653.20 \right) = 653.20 \text{ [mm]}$$

$$V_{eff,Rd} = V_{eff,Rd,1} = \frac{f_u \cdot A_m}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{490.00 \cdot 10^{-3} \cdot 653.20}{1.25} + \frac{355.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1249.60}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} = 512.17 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - działania mimośrodowego

Załączniki

$$A_{nv} = (e_{22,w} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0) \cdot t_w = (35.00 + (2-1) \cdot 80.00 - (2-0.5) \cdot 18.00) \cdot 7.10 = 624.80 [\text{mm}]$$

$$A_{nt} = (e_{1min} + (w-1) \cdot p_1 - (w-0.5) \cdot d_0) \cdot t_w = (40.00 + (3-1) \cdot 80.00 - (3-0.5) \cdot 18.00) \cdot 7.10 = 1100.50 [\text{mm}]$$

$$A_{nt,N} = A_{nt} = 1100.50 [\text{mm}]$$

$$A_{nv,N} = A_{nv} = 624.80 [\text{mm}]$$

$$V_{eff,N,Rd} = V_{eff,Rd,2,N} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt,N}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,N}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.5 \cdot 490.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1100.50}{1.25} + \frac{355.00 \cdot 10^{-3} \cdot 624.80}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} =$$

$$343.76 [\text{kN}]$$

$$A_{nt,V} = A_{nv} = 624.80 [\text{mm}]$$

$$A_{nv,V} = A_{nt} = 1100.50 [\text{mm}]$$

$$V_{eff,V,Rd} = V_{eff,Rd,2,V} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt,V}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,V}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.5 \cdot 490.00 \cdot 10^{-3} \cdot 624.80}{1.25} + \frac{355.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1100.50}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} =$$

$$348.02 [\text{kN}]$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_p \cdot t_w = 220.00 \cdot 7.10 = 1562.00 [\text{mm}^2]$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1562.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 554.51 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - w \cdot d_0 \cdot t_w = 1562.00 - 3 \cdot 18.00 \cdot 7.10 = 1178.60 [\text{mm}^2]$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 1178.60 \cdot 490.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 415.81 [\text{kN}]$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(554.51; 415.81) = 415.81 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$c_{wb} = h_b - 2 \cdot t_{fb} - 2 \cdot R_{1b} = 300.00 - 2 \cdot 10.70 - 2 \cdot 15.00 = 248.60 [\text{mm}]$$

$$\frac{c_{wb}}{t_{wb}} > 42 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{248.60}{7.10} = 35.01 = 34.17$$

Środek dwuteownika należy do klasy 4.

$$\psi = 1.0$$

$$k_\sigma = 4.0$$

$$\tilde{\lambda}_p = \left(\frac{c_{wb}}{t_{wb}} \right) \cdot \frac{1}{(28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma})} = \left(\frac{248.60}{7.10} \right) \cdot \frac{1}{(28.4 \cdot 0.81 \cdot \sqrt{4.00})} = 0.758$$

Załączniki

$$\tilde{\lambda}_p = 0.758 > 0.5 + \sqrt{(0.085 - 0.055 \cdot \psi)} = 0.5 + \sqrt{(0.085 - 0.055 \cdot 1.00)} = 0.673$$

$$\rho = \frac{(\tilde{\lambda}_p - 0.055 \cdot (3 + \psi))}{\tilde{\lambda}_p^2} = \frac{(0.76 - 0.055 \cdot (3 + 1.00))}{0.76^2} = 0.94 \leq 1.0$$

$$b_{\text{eff}} = \rho \cdot c_{wb} = 0.94 \cdot 248.60 = 232.84 [\text{mm}]$$

$$A_{\text{eff}} = A \cdot (c_{wb} - b_{\text{eff}}) \cdot t_{wb} = 1562.00 \cdot (248.60 - 232.84) \cdot 7.10 = 1450.11 [\text{mm}^2]$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{\text{eff}} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1450.11 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 514.79 [\text{kN}]$$

7.1.3. Nośność podciągu jako części podstawowej węzła

W ramach niniejszego algorytmu nie przeprowadza się sprawdzenia sztywności środka podciągu w kierunku bocznym. Na potrzeby dalszych obliczeń przyjmuje się, że w przypadku spełnienia warunku

$$\min(d_{p,i} + r_i) \cdot t_{fg} \leq \frac{5 \cdot t_{wg}}{\varepsilon}$$

siły poprzeczne są przenoszone przez podciąg.

Powyższy warunek opiera się na założeniu przybliżonym i nie można go traktować jako definitywnego, dlatego w przypadku konstruowania styku z wykorzystaniem przykładki środka belki zaleca się zastosowanie dodatkowego usztywnienia podciągu (np. belka dochodząca z drugiej strony, żebro podciągu lub innego rodzaju stężenie).

$$d_{p,I} = d_p = 40.00 [\text{mm}]$$

$$d_{p,II} = h_b - h_p - d_p = 300.00 - 220.00 - 40.00 = 40.00 [\text{mm}]$$

$$r_I = r_b = 0.00 [\text{mm}]$$

$$r_{II} = h_g - h_b - r_b = 500.00 - 300.00 - 0.00 = 200.00 [\text{mm}]$$

$$\min(d_{p,i} + r_i) = \min(d_{p,I} + r_I; d_{p,II} + r_{II}) = \min(40.00 + 0.00; 40.00 + 200.00) = \min(40.00; 240.00) = 40.00 [\text{mm}]$$

$$\min(d_{p,i} + r_i) \cdot t_{fg} = 40.00 \cdot 16.00 = 640.00 \leq \frac{5 \cdot t_{wg}}{\varepsilon} = \frac{5 \cdot 10.20}{1.000} = 51.00$$

Warunek spełniony Warunek spełniony

7.1.4. Nośność środka podciągu na siłę ścinającą (przeciągnięcie)

$$z = l_{\text{sup}} - x_c = 160.00 - 70.00 = 90.00 [\text{mm}]$$

$$V_{Rd,gwV} = \frac{(t_{wg} \cdot h_p^2 \cdot f_u)}{(6 \cdot z)} = \frac{(10.20 \cdot 220.00^2 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3})}{(6 \cdot 90.00)} = 329.12 [\text{kN}]$$

7.1.5. Nośność belki osłabionej wycięciami

$$c = c_1 = 30.00 [\text{mm}]$$

$$A_{b,n} = A_b - b_{fb} \cdot t_{fb} \cdot (c - t_{fb}) \cdot t_{wb} = 5380.00 - 150.00 \cdot 10.70 \cdot (30.00 - 10.70) \cdot 7.10 = 3637.97 [\text{mm}^2]$$

Załączniki

$$z_n = \frac{\left(0.5 \cdot h_b \cdot A_b - 0.5 \cdot t_{fb} \cdot \left(b_{fb} \cdot t_{fb}\right) - 0.5 \cdot \left(c^2 - t_{fb}^2\right) \cdot t_{wb}\right)}{A_{b,n}}$$

$$z_n = \frac{\left(0.5 \cdot 300.00 \cdot 5380.00 - 0.5 \cdot 10.70 \cdot (150.00 \cdot 10.70) - 0.5 \cdot (30.00^2 - 10.70^2) \cdot 7.10\right)}{3637.97} = 218.70 [\text{mm}]$$

$$J_{yb,n} = J_{yb} + A_b \cdot \left(z_n \frac{h_b}{2}\right)^2 - \left(b_{fb} \cdot t_{fb}\right) \cdot \left(z_n \frac{t_{fb}}{2}\right)^2 - (c - t_{fb}) \cdot t_{wb} \cdot \left(z_n \frac{c}{2} - \frac{t_{fb}}{2}\right)^2 - \frac{t_{wb} \cdot (c - t_{fb})^3}{12}$$

$$J_{yb,n} = 83560000.00 + 5380.00 \cdot \left(218.70 - \frac{300.00}{2}\right)^2 - (150.00 \cdot 10.70) \cdot \left(218.70 - \frac{10.70}{2}\right)^2 - (30.00 - 10.70) \cdot 7.10 \cdot \left(218.70 - \frac{30.00}{2} - \frac{10.70}{2}\right)^2 - \frac{7.10 \cdot (30.00 - 10.70)^3}{12} = 30499798.30 [\text{mm}^4]$$

$$W_{el,n} = \frac{J_{yb,n}}{(z_n - c)} = \frac{30499798.30}{(218.70 - 30.00)} = 161631.00 [\text{mm}^3]$$

$$A_{vb,n} = 0.9 \cdot (A_{b,n} - b_{fb} \cdot t_{fb}) = 0.9 \cdot (3637.97 - 150.00 \cdot 10.70) = 1829.67 [\text{mm}^2]$$

$$V_{b,n,pl,Rd} = \frac{A_{vb,n} \cdot f_{yb}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{1829.67 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} = 375.01 [\text{kN}]$$

$$e_{0,end} = \frac{t_{wg}}{2} + s_b = \frac{10.20}{2} + 15.00 = 20.10 [\text{mm}]$$

$$e_{0,cut} = \frac{t_{wg}}{2} + s_b + l = \frac{10.20}{2} + 15.00 + 80.00 = 100.10 [\text{mm}]$$

7.1.6. 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	30.00	45.00	24.00

8.1.2. Rozdział sił

Załączniki

8.1.2.1. Połączenie przykładka-belka (śrubowe)

$$N_0 = N_{Ed} = 30.00 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = V_{Ed} = 45.00 \text{ [kN]}$$

$$M_0 = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_0 = 24.00 \cdot 10^3 - 30.00 \cdot 0.00 - 45.00 \cdot 95.10 = 19720.50 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.2. Połączenie przykładka-podciąg (spawane)

$$N_0 = N_{Ed} = 30.00 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = V_{Ed} = 45.00 \text{ [kN]}$$

$$M_0 = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_0 = 24.00 \cdot 10^3 - 30.00 \cdot 0.00 - 45.00 \cdot 5.10 = 23770.50 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3. Siły działające na styk belki z elementem łączącym

8.1.3.1. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka

$$N_p = a \cdot N_0 = 1.0 \cdot 30.00 = 30.00 \text{ [kN]}$$

$$V_p = a \cdot V_0 = 1.0 \cdot 45.00 = 45.00 \text{ [kN]}$$

$$M_p = a \cdot M_0 = 1.0 \cdot 19720.50 = 19720.50 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.2. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki

$$N_w = a \cdot N_0 = 1.0 \cdot 30.00 = 30.00 \text{ [kN]}$$

$$V_w = a \cdot V_0 = 1.0 \cdot 45.00 = 45.00 \text{ [kN]}$$

$$M_w = a \cdot M_0 = 1.0 \cdot 19720.50 = 19720.50 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.3. Połączenie przykładka-podciąg (spawane)

$$N_p = a \cdot N_0 = 1.0 \cdot 30.00 = 30.00 \text{ [kN]}$$

$$V_p = a \cdot V_0 = 1.0 \cdot 45.00 = 45.00 \text{ [kN]}$$

$$M_p = a \cdot M_0 = 1.0 \cdot 23770.50 = 23770.50 \text{ [kNmm]}$$

8.1.4. Warunki nośności połączenia spawanego

8.1.4.1. Połączenie przykładka-podciąg (spawane)

Nośność przekroju elementu łączącego

$$\sigma_{max} = \frac{|N_p|}{A_p} + \frac{|M_p|}{W_p} = \frac{30.00}{2200.00} + \frac{23770.50}{80666.67} = 0.31 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau = \frac{|V_p|}{A_p} = \frac{45.00}{2200.00} = 0.02 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

Załączniki

$$\sigma_{zast} = \sqrt{(\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau_y^2)} = \sqrt{(0.31^2 + 3 \cdot 0.02^2)} = 0.31 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\frac{\sigma_{zast}}{(f_y \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.31}{(355.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1.00)} = 0.87$$

$\sigma_{zast} / (f_y \cdot \gamma_{M0}) = 0.31 / (355.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1.00) = 0.87$ Warunek spełniony

8.1.5. Warunki nośności połączenia śrubowego

8.1.5.1. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka

Wytężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X
(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0.57	0.57
2	0.06	0.06
3	0.46	0.46

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wytężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{NEd} = \frac{N_p}{n_{s,p}} = \frac{30.00}{6} = 5.00 [kN]$$

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_p \cdot z_i}{\sum(x_i^2 + z_i^2)} = \frac{19720.50 \cdot 80.00}{35200.00} = 44.82 [kN]$$

$$F_{x,Ed} = |F_{NEd} + F_{Mx,Ed}| = |5.00 + 44.82| = 49.82 [kN]$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{49.82}{87.11} = 0.57$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 49.82 / 87.11 = 0.57$ Warunek spełniony

Wytężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku Z
(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0.17	0.34
2	0.17	0.34
3	0.17	0.34

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wytężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{V,Ed} = \frac{V_p}{n_{s,p}} = \frac{45.00}{6} = 7.50 [kN]$$

Załączniki

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_p \cdot x_i}{\Sigma(z_i^2 + z_i^2)} = \frac{19720.50 \cdot 40.00}{35200.00} = 22.41 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} = |F_{V,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |7.50 + 22.41| = 29.91 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} = \frac{29.91}{87.11} = 0.34$$

$F_{z,Ed} / F_{z,Rd} = 29.91 / 87.11 = 0.34$ Warunek spełniony

Wyłączenia łączników na ścięcie dla sił obliczeniowych po kierunku wypadkowym (wyłączenia poszczególnych śrub - wartości $F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0.83	0.93
2	0.25	0.48
3	0.68	0.79

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyłączonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{xz,Ed} = \sqrt{(F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2)} = \sqrt{(49.82^2 + 29.91^2)} = 58.11 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{xz,Ed}}{F_{xz,Rd}} = \frac{58.11}{62.80} = 0.93$$

$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd} = 58.11 / 62.80 = 0.93$ Warunek spełniony

Wyłączenia łączników w przypadku dwukierunkowego docisku dla sił obliczeniowych

(wyłączenia poszczególnych śrub - wartości $(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0.36	0.44
2	0.03	0.12
3	0.24	0.33

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyłączonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{49.82}{87.11}\right)^2 + \left(\frac{29.91}{87.11}\right)^2 = 0.44$$

$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2 = (49.82 / 87.11)^2 + (29.91 / 87.11)^2 = 0.44$ Warunek spełniony

Wyłączenie grupy łączników po kierunku X

Załączniki

$$\frac{|N_p|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{30.00}{376.80} = 0.08$$

$|N_p| / F_{gr,b,Rd,x} = |30.00| / 376.80 = 0.08$ Warunek spełniony

Wyłączenie grupy łączników po kierunku Z

$$\frac{|V_p|}{F_{gr,b,Rd,z}} = \frac{45.00}{376.80} = 0.12$$

$|V_p| / F_{gr,b,Rd,z} = |45.00| / 376.80 = 0.12$ Warunek spełniony

Wyłączenie grupy łączników w przypadku dwukierunkowego docisku

$$\left(\frac{N_p}{F_{gr,b,Rd,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_p}{F_{gr,b,Rd,z}}\right)^2 = \left(\frac{30.00}{376.80}\right)^2 + \left(\frac{45.00}{376.80}\right)^2 = 0.02$$

$(N_p / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_p / F_{gr,b,Rd,z})^2 = (30.00 / 376.80)^2 + (45.00 / 376.80)^2 = 0.02$

Warunek spełniony

Wyłączenia dla rozerwania blokowego

Rozerwanie blokowego występujące w wyniku działania mimośrodowego.

$$\frac{N_p}{V_{eff,N,Rd}} + \frac{|V_p|}{V_{eff,V,Rd}} = \frac{30.00}{454.32} + \frac{45.00}{459.87} = 0.16$$

$N_p / V_{eff,N,Rd} + |V_p| / V_{eff,V,Rd} = 30.00 / 454.32 + |45.00| / 459.87 = 0.16$ Warunek spełniony

Wyłączenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{p,osł} = N_p = 30.00 [kN]$$

$$\frac{N_{p,osł}}{N_{t,Rd}} = \frac{30.00}{585.65} = 0.05$$

$N_{p,osł} / N_{t,Rd} = 30.00 / 585.65 = 0.05$ Warunek spełniony

8.1.5.2. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): średnik belki

Wyłączenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X
(wyłączenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0.69	0.69
2	0.07	0.07
3	0.55	0.55

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyłączonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

Załączniki

$$F_{NEd} = \frac{N_w}{n_{s,p}} = \frac{30,00}{6} = 5,00 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_w \cdot z_i}{\Sigma(x_i^2 + z_i^2)} = \frac{19720,50 \cdot 80,00}{35200,00} = 44,82 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{NEd} + F_{Mx,Ed}| = |5,00 + 44,82| = 49,82 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{49,82}{72,16} = 0,69$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 49,82 / 72,16 = 0,69$ Warunek spełniony

Wyświetlenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku Z
(wyświetlenia poszczególnych śrub - wartości $F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0.18	0.36
2	0.18	0.36
3	0.18	0.36

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyjątej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{V,Ed} = \frac{V_w}{n_{s,p}} = \frac{45,00}{6} = 7,50 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mz,Ed} = \frac{M_w \cdot x_i}{\Sigma(z_i^2 + x_i^2)} = \frac{19720,50 \cdot 40,00}{35200,00} = 22,41 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} = |F_{V,Ed} + F_{Mz,Ed}| = |7,50 + 22,41| = 29,91 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} = \frac{29,91}{82,47} = 0,36$$

$F_{z,Ed} / F_{z,Rd} = 29,91 / 82,47 = 0,36$ Warunek spełniony

Wyświetlenia łączników na ścięcie dla sił obliczeniowych po kierunku wypadkowym
(wyświetlenia poszczególnych śrub - wartości $F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0.83	0.93
2	0.25	0.48
3	0.68	0.79

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyjątej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{xz,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2} = \sqrt{49,82^2 + 29,91^2} = 58,11 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$\frac{F_{xz,Ed}}{F_{xz,Rd}} = \frac{58.11}{62.80} = 0.93$$

$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd} = 58.11 / 62.80 = 0.93$ Warunek spełniony

Wyłączenia łączników w przypadku dwukierunkowego docisku dla sił obliczeniowych

(wyłączenia poszczególnych śrub - wartości $(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0.51	0.61
2	0.04	0.14
3	0.34	0.44

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyłączonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{49.82}{72.16}\right)^2 + \left(\frac{29.91}{82.47}\right)^2 = 0.61$$

$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2 = (49.82 / 72.16)^2 + (29.91 / 82.47)^2 = 0.61$ Warunek spełniony

Wyłączenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_w|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|30.00|}{376.80} = 0.08$$

$|N_w| / F_{gr,b,Rd,x} = |30.00| / 376.80 = 0.08$ Warunek spełniony

Wyłączenie grupy łączników po kierunku Z

$$\frac{|V_w|}{F_{gr,b,Rd,z}} = \frac{|45.00|}{376.80} = 0.12$$

$|V_w| / F_{gr,b,Rd,z} = |45.00| / 376.80 = 0.12$ Warunek spełniony

Wyłączenie grupy łączników w przypadku dwukierunkowego docisku

$$\left(\frac{N_w}{F_{gr,b,Rd,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_w}{F_{gr,b,Rd,z}}\right)^2 = \left(\frac{30.00}{376.80}\right)^2 + \left(\frac{45.00}{376.80}\right)^2 = 0.02$$

$(N_w / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_w / F_{gr,b,Rd,z})^2 = (30.00 / 376.80)^2 + (45.00 / 376.80)^2 = 0.02$
Warunek spełniony

Wyłączenia dla rozerwania blokowego

Rozerwanie blokowe występujące w wyniku działania mimośrodowego.

$$\frac{N_w}{V_{eff,N,Rd}} + \frac{|V_w|}{V_{eff,V,Rd}} = \frac{30.00}{343.76} + \frac{|45.00|}{348.02} = 0.22$$

$N_w / V_{eff,N,Rd} + |V_w| / V_{eff,V,Rd} = 30.00 / 343.76 + |45.00| / 348.02 = 0.22$ Warunek

Załączniki

spełniony

Wytężenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{w,osł} = N_w = 30.00 \text{ [kN]}$$

$$\frac{N_{w,osł}}{N_{t,Rd}} = \frac{30.00}{415.81} = 0.07$$

 $N_{w,osł} / N_{t,Rd} = 30.00 / 415.81 = 0.07$ Warunek spełniony

8.1.6. Nośność środka podciągu na siłę ścinającą (przeciągnięcie)

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{Rd,gwV}} = \frac{|45.00|}{329.12} = 0.14 \leq 1.0$$

8.1.7. Nośność belki osłabionej wycięciami

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{b,n,pl,Rd}} = \frac{|45.00|}{375.01} = 0.12 \leq 1.0$$

$$V_{Ed} = 45.00 \leq 0.5 \cdot V_{b,n,pl,Rd} = 0.5 \cdot 375.01 = 187.50 \text{ [kN]}$$

$$M_{b,n,pl,Rd} = \frac{W_{sl,n} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{161631.00 \cdot 355.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 57379.00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{b,n,0,end} = M_{Ed} - V_{Ed} \cdot e_0 = 24.00 \cdot 10^3 - 45.00 \cdot 20.10 = 23095.50 \text{ [kNmm]}$$

$$\frac{|M_{b,n,0,end}|}{M_{b,n,pl,Rd}} = \frac{|23095.50|}{57379.00} = 0.40 \leq 1.0$$

$$M_{b,n,0,out} = M_{Ed} - V_{Ed} \cdot e_0 = 24.00 \cdot 10^3 - 45.00 \cdot 100.10 = 19495.50 \text{ [kNmm]}$$

$$\frac{|M_{b,n,0,out}|}{M_{b,n,pl,Rd}} = \frac{|19495.50|}{57379.00} = 0.34 \leq 1.0$$

9. Podsumowanie wytężeń

Kolejne kolumny w poniższych tabelach wytężeń odpowiadają poszczególnym elementom połączenia:

- 1: Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka
- 2: Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środek belki

Załączniki

- 3: Połączenie przykładka-podciąg (spawane)

Zestaw sił nr 1

Wartości poszczególnych wyężeń dla połączeń typu spawanego.

wyężenie	3
$\sigma_{zast,l} / \sigma_{zast,l,max}$	-
$\sigma_{prost,l} / \sigma_{prost,l,max}$	-
nośność przekroju elementu łączącego	0.87

Wartości poszczególnych wyężeń dla połączeń typu śrubowego.

wyężenie	1	2
$F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$	0.57	0.69
$F_{x,Ed,ser} / F_{x,Rd,ser}$	-	-
$F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$	0.34	0.36
$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$	0.93	0.93
$F_{xz,Ed,ser} / F_{xz,Rd,ser}$	-	-
$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$	0.44	0.61
$ N_{el} / F_{gr,b,Rd,x}$	0.08	0.08
$ V_{el} / F_{gr,b,Rd,z}$	0.12	0.12
$(N_{el} / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_{el} / F_{gr,b,Rd,z})^2$	0.02	0.02
$N_{el} / V_{eff,Rd}$	-	-
$N_{el} / V_{eff,N,Rd} + V_{el} / V_{eff,V,Rd}$	0.16	0.22
$ N_{el} / N_{c,Rd,osł}$	-	-
$N_{el} / N_{t,Rd,osł}$	0.05	0.07

Zestawienie maksymalnych wyężeń

Wartości największych wyężeń dla poszczególnych połączeń.

Siły	1	2	3
1	0.93	0.93	0.87

Raport przykładowy: Połączenie EuroZłącza SŁUP-BELKA

Raport obliczanie połączenia elementów konstrukcji stalowych wg PN-EN 1993-1-8 do programu Rama3D/2D

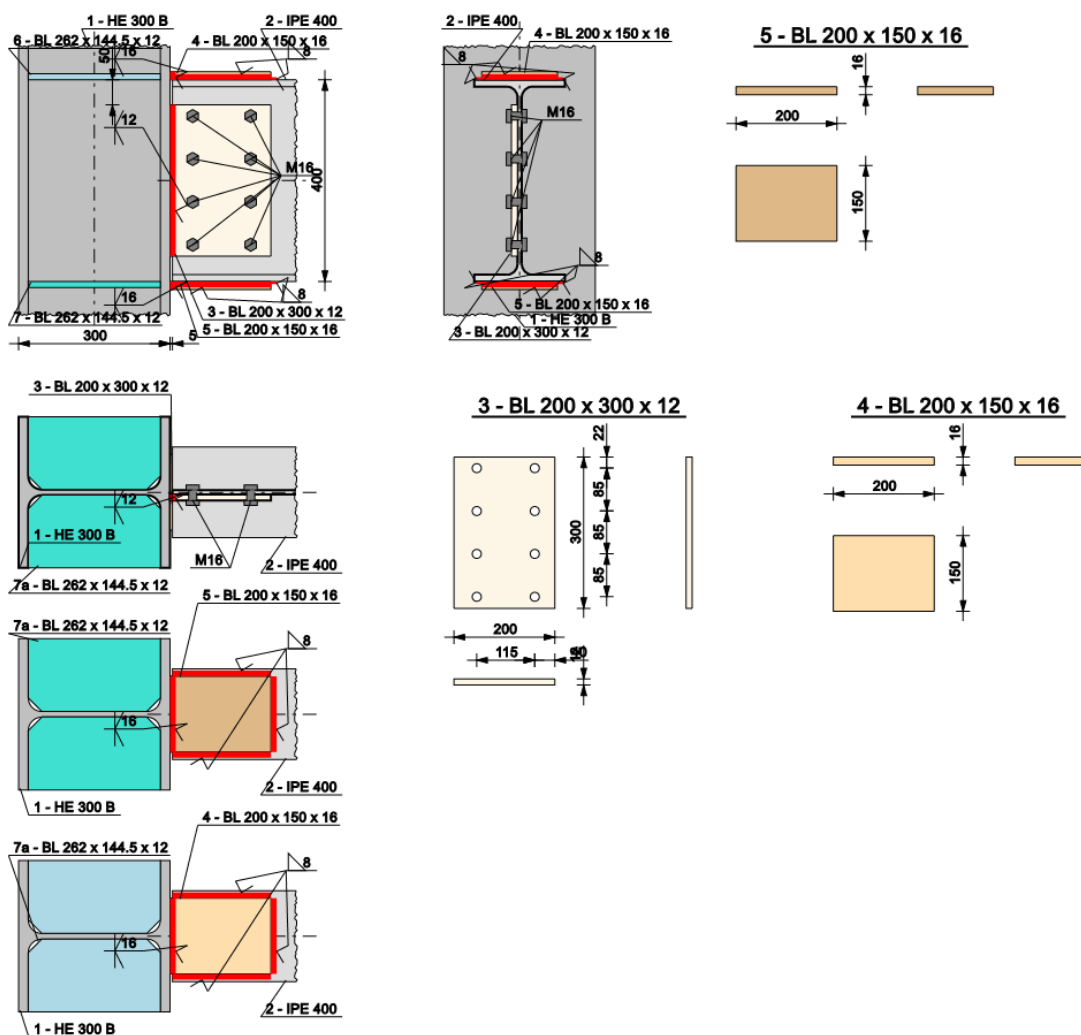
Rodzaj połączenia: połączenia słup-belka (montażowe)

Tytuł: Złącze Słup-Belka

Podtytuł: Złącze w węźle nr 14 – typ Słup-Belka

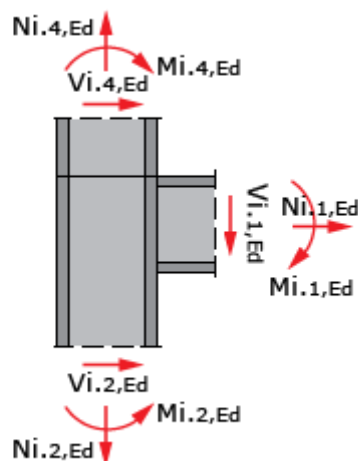
Typ raportu: pełny

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	90.00	220.00
1.2	seria 1	90.00	20.00	220.00
1.3	seria 1	-9.00	-10.00	-11.00
1.4	seria 1	-9.00	-10.00	-11.00

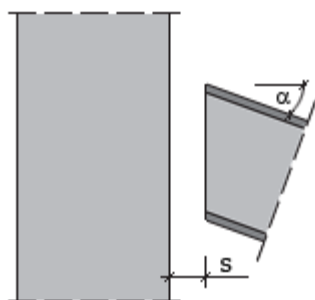
3. Geometria

Słup

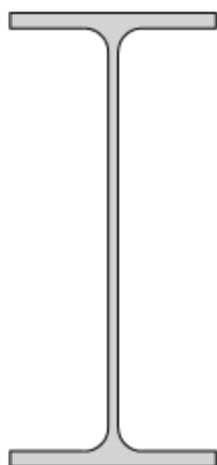
	Typ profilu	HE 300 B
	Wysokość przekroju [mm]	$h_c = 300.00$
	Szerokość pótek przekroju [mm]	$b_{fc} = 300.00$
	Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wc} = 11.00$
	Grubość pótek przekroju [mm]	$t_{fc} = 19.00$
	Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1c} = 27.00$
	Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_c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

Załączniki

Belka

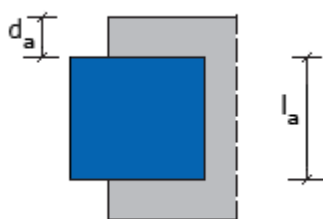


Orientacja względem słupa	do półki
Odsunięcie od słupa [mm]	$s = 5.00$
Kąt obrotu [stopni]	$\alpha = 0.00$




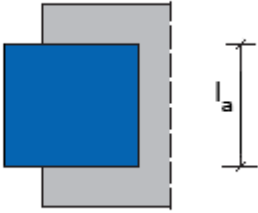

Typ profilu	IPE 400
Wysokość przekroju [mm]	$h_b = 400.00$
Szerokość półek przekroju [mm]	$b_{fb} = 180.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wb} = 8.60$
Grubość półek przekroju [mm]	$t_{fb} = 13.50$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1b} = 21.00$
Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_b = 8450.00$
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]	$f_{ub} = 510.00$

Przykładka

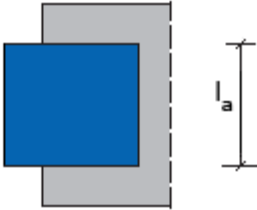




Rodzaj	jednostronna
Wysokość elementu [mm]	$l_{si} = 300.00$
Odsunięcie elementu od górnej krawędzi belki [mm]	$d_{si} = 50.00$

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]	$f_{usi} = 510.00$	
<p>Nakładka górna</p>		
	Wysokość elementu [mm]	$l_{set} = 150.00$
	Typ profilu	BL 200 x 150 x 16
	Wysokość [mm]	$h_{set} = 150.00$
	Długość [mm]	$l_{set} = 200.00$
	Grubość [mm]	$t_{set} = 16.00$
	Stal	S 355
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yset} = 355.00$	
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{uset} = 510.00$	
<p>Nakładka dolna</p>		

Załączniki

	Wysokość elementu [mm]	$l_{seb} = 150.00$
	Typ profilu Wysokość [mm] Długość [mm] Grubość [mm] Stal Granica plastyczności [MPa]	BL 200 x 150 x 16 $h_{seb} = 150.00$ $l_{seb} = 200.00$ $t_{seb} = 16.00$ S 355 $f_{yseb} = 355.00$
Wyttrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{useb} = 510.00$	
Żebro poprzeczne słupa górne		
	Typ profilu Wysokość [mm] Długość [mm] Grubość [mm] Stal Granica plastyczności [MPa]	BL 85.7 x 373 x 12 $h_{sttc} = 373.00$ $l_{sttc} = 85.70$ $t_{sttc} = 12.00$ S 355 $f_{ysttc} = 355.00$
Wyttrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{usttc} = 510.00$	

Załączniki

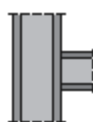
Żebro poprzeczne słupa dolne



Typ profilu	BL 85.7 x 373 x 12
Wysokość [mm]	$h_{stbc} = 373.00$
Długość [mm]	$l_{stbc} = 85.70$
Grubość [mm]	$t_{stbc} = 12.00$
Stal	S 355
Granica plastyczności [MPa]	$f_{ystbc} = 355.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ustbc} = 510.00$

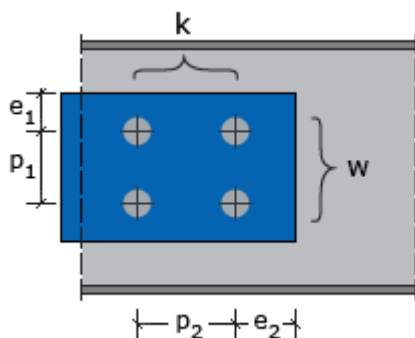
4. Parametry połączenia

konfiguracja ogólna węzła



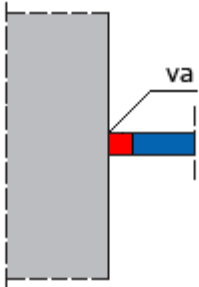
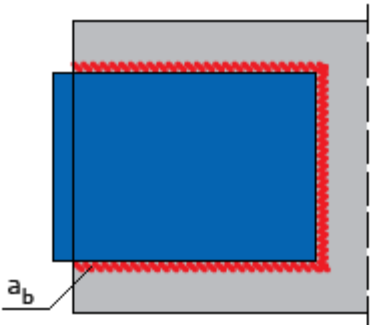
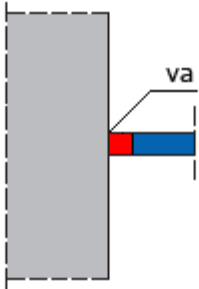
Typ węzła	pośredni jednostronny
-----------	-----------------------

- połączenie belka-przykładka (blacha): śrubowe



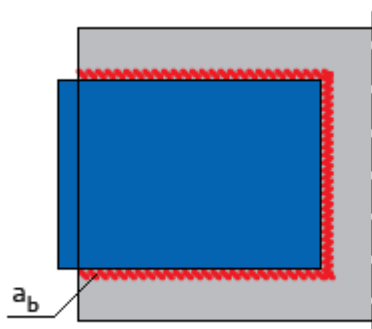
Klasa śruby	8.8
Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne	tak
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 640.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 800.00$
Średnica śruby [mm]	$d = 16.00$
Średnica otworu na śruby [mm]	$d_o = 18.00$
Pole powierzchni śruby [cm ²]	$A = 2.01$
Pole powierzchni czynnej śruby [cm ²]	$A_s = 1.57$
Liczba wierszy śrub (w)	4
Liczba kolumn śrub (k)	2
Łączenie ponad środkiem	nie
Odległość e_1 [mm]	$e_1 = 22$
Odległość e_2 [mm]	$e_2 = 40$
Rozstaw śrub p_1 [mm]	$p_1 = 85$

Załączniki

		Rozstaw śrub p_2 [mm]	$p_2 = 115$
- połączenie słup-przykładka (blacha): spawane			
	Rodzaj	czołowa	
	Przetop	pełen	
- połączenie belka-nakładka górna (blacha): spawane			
	Rodzaj	pachwinowa	
Grubość spoiny [mm]	a = 8.00		
- połączenie słup-nakładka górna (blacha): spawane			
	Rodzaj	czołowa	
	Przetop	pełen	

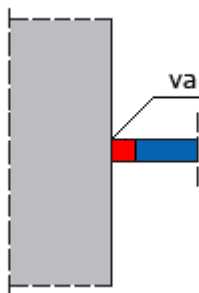
Załączniki

- połączenie belka-nakładka dolna (blacha): spawane



Rodzaj	pachwinowa
Grubość spoiny [mm]	a = 8.00

- połączenie słup-nakładka dolna (blacha): spawane



Rodzaj	czołowa
Przetop	pełen

5. Sprawdzenie warunków normowych

Liczba niespełnionych warunków geometrycznych lub normowych: 0 z 14

5.1. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{1,p}$ (przykładka)

$$p_{1,p} \leq \min(14 \cdot t_{sip}, 200.0 \text{ mm})$$

$$p_{1,p} \leq \min(14 \cdot t, 200.0 \text{ mm})$$

$$p_{1,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$p_{1,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$85.0 \leq \min(14 \cdot 12.0, 200.0) = 168.0 [\text{mm}]$$

$$85.0 \leq \min(14 \cdot 12.0, 200.0) = 168.0 [\text{mm}]$$

$$85.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

$$85.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

Załączniki

5.2. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,p}$ (przykładka)

$$p_{2,p} \leq \min(14 \cdot t_{sip}, 200.0 \text{ mm})$$

$$p_{2,p} \leq \min(14 \cdot t, 200.0 \text{ mm})$$

$$p_{2,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$p_{2,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$115.0 \leq \min(14 \cdot 12.0, 200.0) = 168.0 [\text{mm}]$$

$$115.0 \leq \min(14 \cdot 12.0, 200.0) = 168.0 [\text{mm}]$$

$$115.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

$$115.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.3. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{1,w}$ (belka)

$$p_{1,w} \leq \min(14 \cdot t_{w,b}, 200.0 \text{ mm})$$

$$p_{1,w} \leq \min(14 \cdot t, 200.0 \text{ mm})$$

$$p_{1,w} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$p_{1,w} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$85.0 \leq \min(14 \cdot 8.6, 200.0) = 120.4 [\text{mm}]$$

$$85.0 \leq \min(14 \cdot 8.6, 200.0) = 120.4 [\text{mm}]$$

$$85.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

$$85.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.4. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,w}$ (belka)

$$p_{2,w} \leq \min(14 \cdot t_{w,b}, 200.0 \text{ mm})$$

$$p_{2,w} \leq \min(14 \cdot t, 200.0 \text{ mm})$$

$$p_{2,w} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$p_{2,w} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$115.0 \leq \min(14 \cdot 8.6, 200.0) = 120.4 [\text{mm}]$$

$$115.0 \leq \min(14 \cdot 8.6, 200.0) = 120.4 [\text{mm}]$$

$$115.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

$$115.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

Załączniki

Warunek spełniony

5.5. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{1,p}$ (przykładka)

$$e_{1,p} \leq 4 \cdot t_{sip} + 40.0 \text{ mm}$$

$$e_{1,p} \leq 4 \cdot t_{sip} + 40.0 \text{ mm}$$

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

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

$$22.0 \leq 4 \cdot 12.0 + 40.0 = 88.0 [\text{mm}]$$

$$22.0 \leq 4 \cdot 12.0 + 40.0 = 88.0 [\text{mm}]$$

$$22.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

$$22.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.6. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{12,p}$ (przykładka)

$$e_{12,p} \leq 4 \cdot t_{sip} + 40.0 \text{ mm}$$

$$e_{12,p} \leq 4 \cdot t_{sip} + 40.0 \text{ mm}$$

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

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

$$e_{12,p} = 300.0 - 22.0 - 3 \cdot 85.0 = 23.0$$

$$e_{12,p} = 300.0 - 22.0 - 3 \cdot 85.0 = 23.0$$

$$23.0 \leq 4 \cdot 12.0 + 40.0 = 88.0 [\text{mm}]$$

$$23.0 \leq 4 \cdot 12.0 + 40.0 = 88.0 [\text{mm}]$$

$$23.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

$$23.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.7. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,p}$ (przykładka)

$$e_{2,p} \leq 4 \cdot t_{sip} + 40.0 \text{ mm}$$

$$e_{2,p} \leq 4 \cdot t_{sip} + 40.0 \text{ mm}$$

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

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

Załączniki

$$40.0 \leq 4 \cdot 12.0 + 40.0 = 88.0[\text{mm}]$$

$$40.0 \leq 4 \cdot 12.0 + 40.0 = 88.0[\text{mm}]$$

$$40.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6[\text{mm}]$$

$$40.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6[\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.8. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{22,w}$ (belka)

$$e_{22,w} \leq 4 \cdot t_{w,b} + 40.0 \text{ mm}$$

$$e_{22,w} \leq 4 \cdot t_{w,b} + 40.0 \text{ mm}$$

$$e_{22,w} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$e_{22,w} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$40.0 \leq 4 \cdot 8.6 + 40.0 = 74.4[\text{mm}]$$

$$40.0 \leq 4 \cdot 8.6 + 40.0 = 74.4[\text{mm}]$$

$$40.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6[\text{mm}]$$

$$40.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6[\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.9. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{11,w}$ (belka)

$$e_{11,w} \leq 4 \cdot t_{w,b} + 40.0 \text{ mm}$$

$$e_{11,w} \leq 4 \cdot t_{w,b} + 40.0 \text{ mm}$$

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

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

$$72.0 \leq 4 \cdot 8.6 + 40.0 = 74.4[\text{mm}]$$

$$72.0 \leq 4 \cdot 8.6 + 40.0 = 74.4[\text{mm}]$$

$$72.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6[\text{mm}]$$

$$72.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6[\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.10. Połączenie belka-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,w}$ (belka)

$$e_{12,w} \leq 4 \cdot t_{w,b} + 40.0 \text{ mm}$$

$$e_{12,w} \leq 4 \cdot t_{w,b} + 40.0 \text{ mm}$$

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

Załączniki

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

$$73.0 \leq 4 \cdot 8.6 + 40.0 = 74.4[\text{mm}]$$

$$73.0 \leq 4 \cdot 8.6 + 40.0 = 74.4[\text{mm}]$$

$$73.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6[\text{mm}]$$

$$73.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6[\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.11. Połączenie belka-nakładka górna (blacha) (spoiny)

grubość spoiny pachwinowej a_{setp}

$$a_{setp} \geq \max(0.2 \cdot t_{max}, 3.0 \text{ mm})$$

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

$$a_{setp} \leq \min(0.7 \cdot t_{min}, 16.0 \text{ mm})$$

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

$$t_{min} = \min(16.0, 13.5) = 13.5[\text{mm}]$$

$$t_{min} = \min(16.0, 13.5) = 13.5[\text{mm}]$$

$$t_{max} = \max(16.0, 13.5) = 16.0[\text{mm}]$$

$$t_{max} = \max(16.0, 13.5) = 16.0[\text{mm}]$$

$$8.0 \geq \max(0.2 \cdot 16.0, 3.0 \text{ mm}) = 3.2[\text{mm}]$$

$$8.0 \geq \max(0.2 \cdot 16.0, 3.0 \text{ mm}) = 3.2[\text{mm}]$$

$$8.0 \leq \min(0.7 \cdot 13.5, 16.0 \text{ mm}) = 9.5[\text{mm}]$$

$$8.0 \leq \min(0.7 \cdot 13.5, 16.0 \text{ mm}) = 9.5[\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.12. Połączenie belka-nakładka górna (blacha) (spoiny)

długość spoiny pachwinowej $l_{eff,setp}$

$$l_{eff,setp} \geq \max(6 \cdot a_{setp}, 30.0 \text{ mm})$$

$$l_{eff,setp} \geq \max(6 \cdot a, 30.0 \text{ mm})$$

$$l_{eff,setp,min} = \min(179.0, 134.0) = 134.0[\text{mm}]$$

$$l_{eff,setp,min} = \min(179.0, 134.0) = 134.0[\text{mm}]$$

$$134.0 \geq \max(6 \cdot 8.0, 30.0 \text{ mm}) = 48.0[\text{mm}]$$

$$134.0 \geq \max(6 \cdot 8.0, 30.0 \text{ mm}) = 48.0[\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.13. Połączenie belka-nakładka dolna (blacha) (spoiny)

grubość spoiny pachwinowej a_{sebp}

Załączniki

$$a_{sebp} \geq \max(0.2 \cdot t_{max}, 3.0 \text{ mm})$$

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

$$a_{sebp} \leq \min(0.7 \cdot t_{min}, 16.0 \text{ mm})$$

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

$$t_{min} = \min(16.0, 13.5) = 13.5 [\text{mm}]$$

$$t_{min} = \min(16.0, 13.5) = 13.5 [\text{mm}]$$

$$t_{max} = \max(16.0, 13.5) = 16.0 [\text{mm}]$$

$$t_{max} = \max(16.0, 13.5) = 16.0 [\text{mm}]$$

$$8.0 \geq \max(0.2 \cdot 16.0, 3.0 \text{ mm}) = 3.2 [\text{mm}]$$

$$8.0 \geq \max(0.2 \cdot 16.0, 3.0 \text{ mm}) = 3.2 [\text{mm}]$$

$$8.0 \leq \min(0.7 \cdot 13.5, 16.0 \text{ mm}) = 9.5 [\text{mm}]$$

$$8.0 \leq \min(0.7 \cdot 13.5, 16.0 \text{ mm}) = 9.5 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.14. Połączenie belka-nakładka dolna (blacha) (spoiny)

długość spoiny pachwinowej $l_{eff,sebp}$

$$l_{eff,sebp} \geq \max(6 \cdot a_{sebp}, 30.0 \text{ mm})$$

$$l_{eff,sebp} \geq \max(6 \cdot a, 30.0 \text{ mm})$$

$$l_{eff,sebp,min} = \min(179.0, 134.0) = 134.0 [\text{mm}]$$

$$l_{eff,sebp,min} = \min(179.0, 134.0) = 134.0 [\text{mm}]$$

$$134.0 \geq \max(6 \cdot 8.0, 30.0 \text{ mm}) = 48.0 [\text{mm}]$$

$$134.0 \geq \max(6 \cdot 8.0, 30.0 \text{ mm}) = 48.0 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

6. Lista maksymalnych wyężeń

Liczba przekroczonych warunków nośności: 0 z 32

Maksymalne wyężenie w obliczanej konstrukcji wynosi: 0,85

Sprawdzany element	War.	Siła
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek X	0,42	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek Z	0,37	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek wypadkowy	0,85	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, dwukierunkowa interakcja	0,31	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek X	0,02	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek Z	0,19	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek wypadkowy	0,04	1

Załączniki

Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: rozerwanie blokowe	0,12	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka: przekrój osłabiony otworami	0,01	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: pojedynczy łącznik, kierunek X	0,40	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: pojedynczy łącznik, kierunek Z	0,21	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: pojedynczy łącznik, kierunek wypadkowy	0,85	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: pojedynczy łącznik, dwukierunkowa interakcja	0,21	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: grupa łączników, kierunek X	0,02	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: grupa łączników, kierunek Z	0,19	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: grupa łączników, kierunek wypadkowy	0,04	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: rozerwanie blokowe	0,14	1
Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środnik belki: przekrój osłabiony otworami	0,01	1
Połączenie przykładka-słup (spawane): nośność przekroju elementu	0,55	1
Połączenie nakładka górna-belka (spawane): Punkt 1, naprężenie zastępcze	0,74	1
Połączenie nakładka górna-belka (spawane): Punkt 1, naprężenie prost.	0,00	1
Połączenie nakładka górna-słup (spawane): nośność przekroju elementu	0,65	1
Połączenie nakładka górna-słup (spawane): warunek konieczny stosowania żebra środnika słupa	OK	-
Połączenie nakładka górna-słup (spawane): środnik słupa rozciągany w kierunku poprzecznym	0,18	1
Smukłość panelu środnika słupa	OK	-
Panel środnika słupa	0,58	1
Połączenie nakładka dolna-belka (spawane): Punkt 1, naprężenie zastępcze	0,73	1
Połączenie nakładka dolna-belka (spawane): Punkt 1, naprężenie prost.	0,00	1
Połączenie nakładka dolna-słup (spawane): nośność przekroju elementu	0,64	1
Połączenie nakładka dolna-słup (spawane): warunek konieczny stosowania żebra środnika słupa	OK	-
Połączenie nakładka dolna-słup (spawane): smukłość ściskanego żebra środnika słupa	OK	1
Połączenie nakładka dolna-słup (spawane): środnik słupa ściskany w kierunku poprzecznym	0,18	1

7. Obliczenia wstępne

7.1.1. Parametry geometryczne ogólne

7.1.1.1. Połączenie przykładka-belka (śrubowe)

$$A_b = 8450,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_b = 8450,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{bw} = h_{bw} \cdot t_{bw} = 373,00 \cdot 8,60 = 3207,80 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{bw} = h_{bw} \cdot t_{bw} = 373,00 \cdot 8,60 = 3207,80 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Załączniki

$$A_{bfg} = b_{bfg} \cdot t_{bfg} = 180,00 \cdot 13,50 = 2430,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{bfg} = b_{bfg} \cdot t_{bfg} = 180,00 \cdot 13,50 = 2430,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{bfd} = b_{bfd} \cdot t_{bfd} = 180,00 \cdot 13,50 = 2430,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

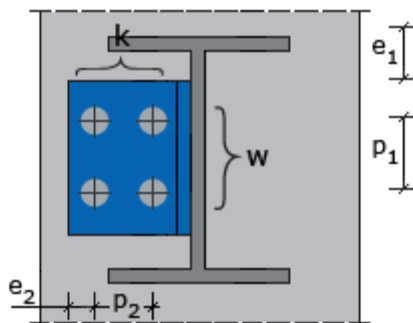
$$A_{bfd} = b_{bfd} \cdot t_{bfd} = 180,00 \cdot 13,50 = 2430,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$J_{y0,b} = 231300000,00 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{y0,b} = 231300000,00 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{y,bw} = t_{bw} \cdot h_{bw}^3 / 12 = 8,60 \cdot 373,00^3 / 12 = 37191500,52 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{y,bw} = \frac{t_{bw} \cdot h_{bw}^3}{12} = \frac{8,60 \cdot 373,00^3}{12} = 37191500,52 \text{ [mm}^4\text{]}$$



Mimośrody działania sił

$$x_c = e_2 + (k - 1) \cdot p_2 / 2 = 40,00 + (2 - 1) \cdot 115,00 / 2 = 97,50 \text{ [mm]}$$

$$x_c = e_2 + \frac{(k-1) \cdot p_2}{2} = 40,00 + \frac{(2-1) \cdot 115,00}{2} = 97,50 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = h_c / 2 + l_{sip} - x_c = 300,00 / 2 + 200,00 - 97,50 = 252,50 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = \frac{h_c}{2} + l_{sip} - x_c = \frac{300,00}{2} + 200,00 - 97,50 = 252,50 \text{ [mm]}$$

$$e_N = h_b / 2 - d_{sip} - (e_1 + (w - 1) \cdot p_1 / 2) = 400,00 / 2 - 50,00 - (22,00 + (4 - 1) \cdot 85,00 / 2) = 0,50 \text{ [mm]}$$

$$e_N = \frac{h_b}{2} - d_{sip} - \left(e_1 + \frac{(w-1) \cdot p_1}{2} \right) = \frac{400,00}{2} - 50,00 - \left(22,00 + \frac{(4-1) \cdot 85,00}{2} \right) = 0,50 \text{ [mm]}$$

7.1.1.2. Połączenie przykładka-słup (spawane)

$$l_s = h_{sip} - 2 \cdot a_{cp} = 300,00 - 2 \cdot 12,00 = 276,00 \text{ [mm]}$$

$$l_s = h_{sip} - 2 \cdot a_{cp} = 300,00 - 2 \cdot 12,00 = 276,00 \text{ [mm]}$$

$$A_s = 2 \cdot l_s \cdot a_{cp} = 2 \cdot 276,00 \cdot 12,00 = 6624,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_s = 2 \cdot l_s \cdot a_{cp} = 2 \cdot 276,00 \cdot 12,00 = 6624,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$e_0 = h_c / 2 = 300,00 / 2 = 150,00 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = \frac{h_c}{2} = \frac{300,00}{2} = 150,00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = h_b / 2 - d_{sip} - h_p / 2 = 0,00 / 2 - 50,00 - 300,00 / 2 = -200,00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = \frac{h_b}{2} - d_{sip} - \frac{h_p}{2} = \frac{0,00}{2} - 50,00 - \frac{300,00}{2} = -200,00 \text{ [mm]}$$

Załączniki

7.1.1.3. Połączenie nakładka górna-belka (spawane)

$$l_{s,N} = l_{setp} - s_{setp} - 2 \cdot a_{ng} = 200,00 - 5,00 - 2 \cdot 8,00 = 179,00 \text{ [mm]}$$

$$l_{s,N} = l_{setp} - s_{setp} - 2 \cdot a_{ng} = 200,00 - 5,00 - 2 \cdot 8,00 = 179,00 \text{ [mm]}$$

$$l_{s,V} = h_{setp} - 2 \cdot a_{ng} = 150,00 - 2 \cdot 8,00 = 134,00 \text{ [mm]}$$

$$l_{s,V} = h_{setp} - 2 \cdot a_{ng} = 150,00 - 2 \cdot 8,00 = 134,00 \text{ [mm]}$$

$$A_{s,N} = 2 \cdot l_{s,N} \cdot a_{ng} = 2 \cdot 179,00 \cdot 8,00 = 2864,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{s,N} = 2 \cdot l_{s,N} \cdot a_{ng} = 2 \cdot 179,00 \cdot 8,00 = 2864,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{s,V} = l_{s,V} \cdot a_{ng} = 134,00 \cdot 8,00 = 1072,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{s,V} = l_{s,V} \cdot a_{ng} = 134,00 \cdot 8,00 = 1072,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_s = A_{s,N} + A_{s,V} = 2864,00 + 1072,00 = 3936,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_s = A_{s,N} + A_{s,V} = 2864,00 + 1072,00 = 3936,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$S_{s,y} = -0,5 \cdot a_{ng} \cdot A_{s,V} + 0,5 \cdot (l_{setp} - s_{setp}) \cdot A_{s,N} = -0,5 \cdot 8,00 \cdot 1072,00 + 0,5 \cdot (200,00 - 5,00) \cdot 2864,00 = 274952,00 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$S_{s,y} = -0,5 \cdot a_{ng} \cdot A_{s,V} + 0,5 \cdot (l_{setp} - s_{setp}) \cdot A_{s,N} = -0,5 \cdot 8,00 \cdot 1072,00 + 0,5 \cdot (200,00 - 5,00) \cdot 2864,00 =$$

$$274952,00 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$x_c = S_{s,y} / A_s = 274952,00 / 3936,00 = 69,86 \text{ [mm]}$$

$$x_c = \frac{S_{s,y}}{A_s} = \frac{274952,00}{3936,00} = 69,86 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = h_c / 2 + l_{setp} - x_c = 300,00 / 2 + 200,00 - 69,86 = 280,14 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = \frac{h_c}{2} + l_{setp} - x_c = \frac{300,00}{2} + 200,00 - 69,86 = 280,14 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0,00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0,00 \text{ [mm]}$$

7.1.1.4. Połączenie nakładka górna-słup (spawane)

$$l_s = \min(h_{setp}; b_{fc}) - 2 \cdot a_{cng} = \min(150,00; 300,00) - 2 \cdot 16,00 = 118,00 \text{ [mm]}$$

$$l_s = \min(h_{setp}; b_{fc}) - 2 \cdot a_{cng} = \min(150,00; 300,00) - 2 \cdot 16,00 = 118,00 \text{ [mm]}$$

$$A_s = 2 \cdot l_s \cdot a_{cng} = 2 \cdot 118,00 \cdot 16,00 = 3776,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_s = 2 \cdot l_s \cdot a_{cng} = 2 \cdot 118,00 \cdot 16,00 = 3776,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$e_0 = h_c / 2 = 300,00 / 2 = 150,00 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = \frac{h_c}{2} = \frac{300,00}{2} = 150,00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0,00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0,00 \text{ [mm]}$$

7.1.1.5. Połączenie nakładka dolna-belka (spawane)

$$l_{s,N} = l_{sebp} - s_{sebp} - 2 \cdot a_{nd} = 200,00 - 5,00 - 2 \cdot 8,00 = 179,00 \text{ [mm]}$$

$$l_{s,N} = l_{sebp} - s_{sebp} - 2 \cdot a_{nd} = 200,00 - 5,00 - 2 \cdot 8,00 = 179,00 \text{ [mm]}$$

$$l_{s,V} = h_{sebp} - 2 \cdot a_{nd} = 150,00 - 2 \cdot 8,00 = 134,00 \text{ [mm]}$$

$$l_{s,V} = h_{sebp} - 2 \cdot a_{nd} = 150,00 - 2 \cdot 8,00 = 134,00 \text{ [mm]}$$

Załączniki

$$A_{s,N} = 2 * l_{s,N} * a_{nd} = 2 * 179,00 * 8,00 = 2864,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{s,N} = 2 * l_{s,N} * a_{nd} = 2 * 179,00 * 8,00 = 2864,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{s,V} = l_{s,V} * a_{nd} = 134,00 * 8,00 = 1072,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{s,V} = l_{s,V} * a_{nd} = 134,00 * 8,00 = 1072,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_s = A_{s,N} + A_{s,V} = 2864,00 + 1072,00 = 3936,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_s = A_{s,N} + A_{s,V} = 2864,00 + 1072,00 = 3936,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$S_{s,y} = -0,5 * a_{nd} * A_{s,V} + 0,5 * (l_{sebp} - s_{sebp}) * A_{s,N} = -0,5 * 8,00 * 1072,00 + 0,5 * (200,00 - 5,00) * 2864,00 = 274952,00 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$S_{s,y} = -0,5 * a_{nd} * A_{s,V} + 0,5 * (l_{sebp} - s_{sebp}) * A_{s,N} = -0,5 * 8,00 * 1072,00 + 0,5 * (200,00 - 5,00) * 2864,00 =$$

$$274952,00 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$x_c = S_{s,y} / A_s = 274952,00 / 3936,00 = 69,86 \text{ [mm]}$$

$$x_c = \frac{S_{s,y}}{A_s} = \frac{274952,00}{3936,00} = 69,86 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = h_c / 2 + l_{sebp} - x_c = 300,00 / 2 + 200,00 - 69,86 = 280,14 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = \frac{h_c}{2} + l_{sebp} - x_c = \frac{300,00}{2} + 200,00 - 69,86 = 280,14 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0,00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0,00 \text{ [mm]}$$

7.1.1.6. Połączenie nakładka dolna-słup (spawane)

$$l_s = \min(h_{sebp}; b_{fc}) - 2 * a_{cnd} = \min(150,00; 300,00) - 2 * 16,00 = 118,00 \text{ [mm]}$$

$$l_s = \min(h_{sebp}; b_{fc}) - 2 * a_{cnd} = \min(150,00; 300,00) - 2 * 16,00 = 118,00 \text{ [mm]}$$

$$A_s = 2 * l_s * a_{cnd} = 2 * 118,00 * 16,00 = 3776,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_s = 2 * l_s * a_{cnd} = 2 * 118,00 * 16,00 = 3776,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$e_0 = h_c / 2 = 300,00 / 2 = 150,00 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = \frac{h_c}{2} = \frac{300,00}{2} = 150,00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0,00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0,00 \text{ [mm]}$$

7.1.2. Parametry ogólne połączenia spawanego

7.1.2.1. Połączenie przykładka-słup (spawane)

Zakłada się nośność spoiny czołowej równą nośności elementu łączącego (przykładka).

Nośność przekroju elementu łączącego

$$W_p = t_{sip} * h_{sip}^2 / 6 = 12,00 * 300,00^2 / 6 = 180000,00 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$W_p = \frac{t_{sip} * h_{sip}^2}{6} = \frac{12,00 * 300,00^2}{6} = 180000,00 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Załączniki

7.1.2.2. Połączenie nakładka górna-belka (spawane)

$$J_{s,x0} = a_{ng} \cdot l_{s,v}^3 / 12 + a_{ng} \cdot l_{s,v} \cdot 0^2 + 2 \cdot (l_{s,N} \cdot a_{ng}^3 / 12 + l_{s,N} \cdot a_{ng} \cdot ((h_{setp} + a_{ng}) / 2)^2)$$

$$J_{s,x0} = \frac{a_{ng} \cdot l_{s,v}^3}{12} + a_{ng} \cdot l_{s,v} \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{l_{s,N} \cdot a_{ng}^3}{12} + l_{s,N} \cdot a_{ng} \cdot ({}^2) \right)$$

$$J_{s,x0} = 8,00 \cdot 134,00^3 / 12 + 8,00 \cdot 134,00 \cdot 0^2 + 2 \cdot (179,00 \cdot 8,00^3 / 12 + 179,00 \cdot 8,00 \cdot ((150,00 + 8,00) / 2)^2) = 19493568,00 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{s,x0} = \frac{8,00 \cdot 134,00^3}{12} + 8,00 \cdot 134,00 \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{179,00 \cdot 8,00^3}{12} + 179,00 \cdot 8,00 \cdot ({}^2) \right) = 19493568,00 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{s,y0} = l_{s,v} \cdot a_{ng}^3 / 12 + l_{s,v} \cdot a_{ng} \cdot (x_c + a_{ng} / 2)^2 + 2 \cdot (a_{ng} \cdot l_{s,N}^3 / 12 + a_{ng} \cdot l_{s,N} \cdot ((l_{setp} - s_{setp}) / 2 - x_c)^2)$$

$$J_{s,y0} = \frac{l_{s,v} \cdot a_{ng}^3}{12} + l_{s,v} \cdot a_{ng} \cdot ({}^2) + 2 \cdot \left(\frac{a_{ng} \cdot l_{s,N}^3}{12} + a_{ng} \cdot l_{s,N} \cdot ({}^2) \right)$$

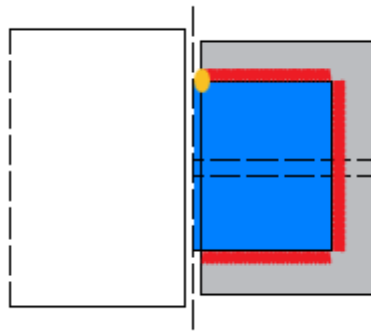
$$J_{s,y0} = 134,00 \cdot 8,00^3 / 12 + 134,00 \cdot 8,00 \cdot (69,86 + 8,00 / 2)^2 + 2 \cdot (8,00 \cdot 179,00^3 / 12 + 8,00 \cdot 179,00 \cdot ((200,00 - 5,00) / 2 - 69,86)^2) = 15688926,03 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{s,y0} = \frac{134,00 \cdot 8,00^3}{12} + 134,00 \cdot 8,00 \cdot ({}^2) + 2 \cdot \left(\frac{8,00 \cdot 179,00^3}{12} + 8,00 \cdot 179,00 \cdot ({}^2) \right) = 15688926,03 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{s0} = J_{s,x0} + J_{s,z0} = 19493568,00 + 15688926,03 = 35182494,03 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{s0} = J_{s,x0} + J_{s,z0} = 19493568,00 + 15688926,03 = 35182494,03 \text{ [mm}^4\text{]}$$

Punkt 1



Punkt 1 kładu spoin

$$x_1 = x_c - (l_{setp} - s_{setp} - a_{ng}) = 69,86 - (200,00 - 5,00 - 8,00) = -117,14 \text{ [mm]}$$

$$x_1 = x_c - (l_{setp} - s_{setp} - a_{ng}) = 69,86 - (200,00 - 5,00 - 8,00) = -117,14 \text{ [mm]}$$

$$y_1 = (h_{setp} + a_{ng}) / 2 = (150,00 + 8,00) / 2 = 79,00 \text{ [mm]}$$

$$y_1 = \frac{(h_{setp} + a_{ng})}{2} = \frac{(150,00 + 8,00)}{2} = 79,00 \text{ [mm]}$$

$$L_{j,1} = 2 \cdot l_{s,N} = 2 \cdot 179,00 = 358,00 \text{ [mm]}$$

$$L_{j,1} = 2 \cdot l_{s,N} = 2 \cdot 179,00 = 358,00 \text{ [mm]}$$

$$L_{j,1} = 358,00 < 150 \cdot a_{ng} = 150 \cdot 8,00 = 1200,00 \text{ [mm]}$$

$$L_{j,1} = 358,00 < 150 \cdot a_{ng} = 150 \cdot 8,00 = 1200,00 \text{ [mm]}$$

Załączniki

$$\beta_{Lw,1} = 1,00$$

$$\beta_{Lw,1} = 1,00$$

$$\sigma_{zast,1,max} = (\beta_{Lw,1} \cdot f_u) / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = (1,00 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3}) / (0,90 \cdot 1,25) = 0,45 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{zast,1,max} = \frac{(\beta_{Lw,1} \cdot f_u)}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} = \frac{(1,00 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3})}{(0,90 \cdot 1,25)} = 0,45 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{prost,1,max} = (\beta_{Lw,1} \cdot 0,9 \cdot f_u) / \gamma_{M2} = (1,00 \cdot 0,9 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3}) / 1,25 = 0,37 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{prost,1,max} = \frac{(\beta_{Lw,1} \cdot 0,9 \cdot f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(1,00 \cdot 0,9 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3})}{1,25} = 0,37 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

7.1.2.3. Połączenie nakładka górna-słup (spawane)

Zakłada się nośność spoiny czołowej równą nośności elementu łączącego (nakładka górna).

Nośność przekroju elementu łączącego

$$A_{ng} = \min(h_{setp}; b_{fc}) \cdot t_{ng} = \min(150,00; 300,00) \cdot 16,00 = 2400,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{ng} = \min(h_{setp}; b_{fc}) \cdot t_{ng} = \min(150,00; 300,00) \cdot 16,00 = 2400,00$$

$$N_{Rd} = A_{ng} \cdot f_{yng} / \gamma_{M0} = 2400,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} / 1,00 = 852,00 \text{ [kN]}$$

$$N_{Rd} = \frac{A_{ng} \cdot f_{yng}}{\gamma_{M0}} = \frac{2400,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 852,00 \text{ [kN]}$$

7.1.2.4. Połączenie nakładka dolna-belka (spawane)

$$J_{s,x0} = a_{nd} \cdot I_{s,V} \cdot \sqrt{3} / 12 + a_{nd} \cdot I_{s,V} \cdot 0^2 + 2 \cdot (I_{s,N} \cdot a_{nd}^3 / 12 + I_{s,N} \cdot a_{nd} \cdot ((h_{sebp} + a_{nd}) / 2)^2)$$

$$J_{s,x0} = \frac{a_{nd} \cdot I_{s,V}^3}{12} + a_{nd} \cdot I_{s,V} \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{I_{s,N} \cdot a_{nd}^3}{12} + I_{s,N} \cdot a_{nd} \cdot ({}^2) \right)$$

$$J_{s,x0} = 8,00 \cdot 134,00^3 / 12 + 8,00 \cdot 134,00 \cdot 0^2 + 2 \cdot (179,00 \cdot 8,00^3 / 12 + 179,00 \cdot 8,00 \cdot ((150,00 + 8,00) / 2)^2) = 19493568,00 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{s,x0} = \frac{8,00 \cdot 134,00^3}{12} + 8,00 \cdot 134,00 \cdot 0^2 + 2 \cdot \left(\frac{179,00 \cdot 8,00^3}{12} + 179,00 \cdot 8,00 \cdot ({}^2) \right) = 19493568,00 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{s,y0} = I_{s,V} \cdot a_{nd}^3 / 12 + I_{s,V} \cdot a_{nd} \cdot (x_c + a_{nd} / 2)^2 + 2 \cdot (a_{nd} \cdot I_{s,N}^3 / 12 + a_{nd} \cdot I_{s,N} \cdot ((I_{sebp} - S_{sebp}) / 2 - x_c)^2)$$

$$J_{s,y0} = \frac{I_{s,V} \cdot a_{nd}^3}{12} + I_{s,V} \cdot a_{nd} \cdot ({}^2) + 2 \cdot \left(\frac{a_{nd} \cdot I_{s,N}^3}{12} + a_{nd} \cdot I_{s,N} \cdot ({}^2) \right)$$

$$J_{s,y0} = 134,00 \cdot 8,00^3 / 12 + 134,00 \cdot 8,00 \cdot (69,86 + 8,00 / 2)^2 + 2 \cdot (8,00 \cdot 179,00^3 / 12 + 8,00 \cdot 179,00 \cdot ((200,00 - 5,00) / 2 - 69,86)^2) = 15688926,03 \text{ [mm}^4\text{]}$$

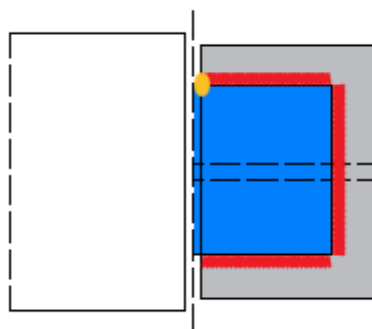
$$J_{s,y0} = \frac{134,00 \cdot 8,00^3}{12} + 134,00 \cdot 8,00 \cdot ({}^2) + 2 \cdot \left(\frac{8,00 \cdot 179,00^3}{12} + 8,00 \cdot 179,00 \cdot ({}^2) \right) = 15688926,03 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{s0} = J_{s,x0} + J_{s,y0} = 19493568,00 + 15688926,03 = 35182494,03 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{s0} = J_{s,x0} + J_{s,y0} = 19493568,00 + 15688926,03 = 35182494,03 \text{ [mm}^4\text{]}$$

Załączniki

Punkt 1



Punkt 1 kładu spoin

$$X_1 = X_c - (l_{sebp} - s_{sebp} - a_{nd}) = 69,86 - (200,00 - 5,00 - 8,00) = -117,14 \text{ [mm]}$$

$$x_{1c} = x_c - (l_{sebp} - s_{sebp} - a_{nd}) = 69,86 - (200,00 - 5,00 - 8,00) = -117,14 \text{ [mm]}$$

$$y_1 = (h_{sebp} + a_{nd}) / 2 = (150,00 + 8,00) / 2 = 79,00 \text{ [mm]}$$

$$y_{1c} = \frac{(h_{sebp} + a_{nd})}{2} = \frac{(150,00 + 8,00)}{2} = 79,00 \text{ [mm]}$$

$$L_{j,1} = 2 * l_{s,N} = 2 * 179,00 = 358,00 \text{ [mm]}$$

$$L_{j,1} = 2 * l_{s,N} = 2 * 179,00 = 358,00 \text{ [mm]}$$

$$L_{j,1} = 358,00 < 150 * a_{nd} = 150 * 8,00 = 1200,00 \text{ [mm]}$$

$$L_{j,1} = 358,00 < 150 * a_{nd} = 150 * 8,00 = 1200,00 \text{ [mm]}$$

$$\beta_{Lw,1} = 1,00$$

$$\beta_{Lw,1} = 1,00$$

$$\sigma_{zast,1,max} = (\beta_{Lw,1} * f_u) / (\beta_w * \gamma_{M2}) = (1,00 * 510,00 * 10^{-3}) / (0,90 * 1,25) = 0,45 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{zast,1,max} = \frac{(\beta_{Lw,1} * f_u)}{(\beta_w * \gamma_{M2})} = \frac{(1,00 * 510,00 * 10^{-3})}{(0,90 * 1,25)} = 0,45 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{prost,1,max} = (\beta_{Lw,1} * 0,9 * f_u) / \gamma_{M2} = (1,00 * 0,9 * 510,00 * 10^{-3}) / 1,25 = 0,37 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{prost,1,max} = \frac{(\beta_{Lw,1} * 0,9 * f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(1,00 * 0,9 * 510,00 * 10^{-3})}{1,25} = 0,37 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

7.1.2.5. Połączenie nakładka dolna-słup (spawane)

Zakłada się nośność spoiny czołowej równą nośności elementu łączącego (nakładka dolna).

Nośność przekroju elementu łączącego

$$A_{nd} = \min(h_{sebp}; b_{fc}) * t_{nd} = \min(150,00; 300,00) * 16,00 = 2400,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{nd} = \min(h_{sebp}; b_{fc}) * t_{nd} = \min(150,00; 300,00) * 16,00 = 2400,00$$

$$N_{Rd} = A_{nd} * f_{ynd} / \gamma_{M0} = 2400,00 * 355,00 * 10^{-3} / 1,00 = 852,00 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$N_{Rd} = \frac{A_{nd} \cdot f_{y,nd}}{\gamma_{MO}} = \frac{2400,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 852,00 \text{ [kN]}$$

7.1.3. Parametry ogólne połączenia śrubowego

7.1.3.1. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x | z [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	2	1
1	-57,50 127,50	57,50 127,50
2	-57,50 42,50	57,50 42,50
3	-57,50 -42,50	57,50 -42,50
4	-57,50 -127,50	57,50 -127,50

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{11} = e_1 = 22,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{11} = e_1 = 22,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{12} = h_{sip} - e_1 - (w - 1) \cdot p_1 = 300,00 - 22,00 - (4 - 1) \cdot 85,00 = 23,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{12} = h_{sip} - e_1 - (w - 1) \cdot p_1 = 300,00 - 22,00 - (4 - 1) \cdot 85,00 = 23,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{1min} = \min(e_{11} ; e_{12}) = \min(22,00 ; 23,00) = 22,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{1min} = \min(e_{11}, e_{12}) = \min(22,00; 23,00) = 22,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{21} = e_2 = 40,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{21} = e_2 = 40,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{22} = l_{sip} - e_2 - (k - 1) \cdot p_2 = 200,00 - 40,00 - (2 - 1) \cdot 115,00 = 45,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{22} = l_{sip} - e_2 - (k - 1) \cdot p_2 = 200,00 - 40,00 - (2 - 1) \cdot 115,00 = 45,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{2min} = \min(e_{21} ; e_{22}) = \min(40,00 ; 45,00) = 40,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{2min} = \min(e_{21}, e_{22}) = \min(40,00; 45,00) = 40,00 \text{ [mm]}$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2,8 \cdot e_{1min} / d_0 - 1,7 = 2,8 \cdot 22,00 / 18,00 - 1,7 = 1,72$$

$$k_{1x,I} = 2,8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{22,00}{18,00} - 1,7 = 1,72$$

$$k_{1x,II} = 1,4 \cdot p_1 / d_0 - 1,7 = 1,4 \cdot 85,00 / 18,00 - 1,7 = 4,91$$

$$k_{1x,II} = 1,4 \cdot \frac{p_1}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{85,00}{18,00} - 1,7 = 4,91$$

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

Załączniki

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

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I} ; k_{1x,II} ; k_{1x,III}) = \min(1,72 ; 4,91 ; 2,50) = 1,72$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}, k_{1x,II}, k_{1x,III}) = \min(1,72 ; 4,91 ; 2,50) = 1,72$$

$$\alpha_{dx} = e_{2min} / (3 * d_0) = 40,00 / (3 * 18,00) = 0,74$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 * d_0)} = \frac{40,00}{(3 * 18,00)} = 0,74$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0,74$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0,74$$

$$\alpha_{bx,II} = f_{ub} / f_u = 800,00 / 510,00 = 1,57$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{510,00} = 1,57$$

$$\alpha_{bx,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bx,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I} ; \alpha_{bx,II} ; \alpha_{bx,III}) = \min(0,74 ; 1,57 ; 1,00) = 0,74$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}, \alpha_{bx,II}, \alpha_{bx,III}) = \min(0,74 ; 1,57 ; 1,00) = 0,74$$

$$F_{bi,Rd,x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * t_p / \gamma_{M2} = 1,72 * 0,74 * 510,00 * 10^{-3} * 16,00 * 12,00 / 1,25 = 99,93 \text{ [kN]}$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{1,72 * 0,74 * 510,00 * 10^{-3} * 16,00 * 12,00}{1,25} = 99,93 \text{ [kN]}$$

$$k_{1z,I} = 2,8 * e_{2min} / d_0 - 1,7 = 2,8 * 40,00 / 18,00 - 1,7 = 4,52$$

$$k_{1z,I} = 2,8 * \frac{e_{2min}}{d_0} - 1,7 = 2,8 * \frac{40,00}{18,00} - 1,7 = 4,52$$

$$k_{1z,II} = 1,4 * p_2 / d_0 - 1,7 = 1,4 * 115,00 / 18,00 - 1,7 = 7,24$$

$$k_{1z,II} = 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 1,4 * \frac{115,00}{18,00} - 1,7 = 7,24$$

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

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

$$k_{1z} = \min(k_{1z,I} ; k_{1z,II} ; k_{1z,III}) = \min(4,52 ; 7,24 ; 2,50) = 2,50$$

$$k_{1z} = \min(k_{1z,I}, k_{1z,II}, k_{1z,III}) = \min(4,52 ; 7,24 ; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{dz} = e_{1min} / (3 * d_0) = 22,00 / (3 * 18,00) = 0,41$$

$$\alpha_{dz} = \frac{e_{1min}}{(3 * d_0)} = \frac{22,00}{(3 * 18,00)} = 0,41$$

$$\alpha_{bz,I} = \alpha_{dz} = 0,41$$

$$\alpha_{bz,I} = \alpha_{dz} = 0,41$$

$$\alpha_{bz,II} = f_{ub} / f_u = 800,00 / 510,00 = 1,57$$

$$\alpha_{bz,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{510,00} = 1,57$$

$$\alpha_{bz,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bz,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bz} = \min(\alpha_{bz,I} ; \alpha_{bz,II} ; \alpha_{bz,III}) = \min(0,41 ; 1,57 ; 1,00) = 0,41$$

$$\alpha_{bz} = \min(\alpha_{bz,I}, \alpha_{bz,II}, \alpha_{bz,III}) = \min(0,41 ; 1,57 ; 1,00) = 0,41$$

Załączniki

$$F_{bi,Rd,z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot t_p / \gamma_{M2} = 2,50 \cdot 0,41 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 16,00 \cdot 12,00 / 1,25 = 79,79 \text{ [kN]}$$

$$F_{bi,Rd,z} = \frac{k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 0,41 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 16,00 \cdot 12,00}{1,25} = 79,79 \text{ [kN]}$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{Vi,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 800,00 \cdot 10^{-3} \cdot 157,00 / 1,25 = 60,29 \text{ [kN]}$$

$$F_{Vi,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800,00 \cdot 10^{-3} \cdot 157,00}{1,25} = 60,29 \text{ [kN]}$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 99,93 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 99,93 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 79,79 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 79,79 \text{ [kN]}$$

nośność po kierunku wypadkowym

$$F_{xz,Rd} = F_{Vi,Rd} = 60,29 \text{ [kN]}$$

$$F_{xz,Rd} = F_{Vi,Rd} = 60,29 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{Vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	2	1
1	1,66	1,66
2	1,66	1,66
3	1,66	1,66
4	1,66	1,66

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x} | F_{Vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	99,93 60,29	99,93 60,29
2	99,93 60,29	99,93 60,29
3	99,93 60,29	99,93 60,29
4	99,93 60,29	99,93 60,29

$$F_{i,Rd,x} = \min(F_{bi,Rd,x} ; F_{Vi,Rd})$$

Załączniki

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{Vi,Rd} \right)$$

$$\min(F_{i,Rd,x}) = 60,29 \text{ [kN]}$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 60,29 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} * \min(F_{i,Rd,x}) = 8 * 60,29 = 482,30 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} * \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 8 * 60,29 = 482,30 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku Z

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,z} / F_{Vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	2	1
1	1,32	1,32
2	1,32	1,32
3	1,32	1,32
4	1,32	1,32

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,z}$$

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,z}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,z} | F_{Vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	79,79 60,29	79,79 60,29
2	79,79 60,29	79,79 60,29
3	79,79 60,29	79,79 60,29
4	79,79 60,29	79,79 60,29

$$F_{i,Rd,z} = \min(F_{bi,Rd,z} ; F_{Vi,Rd})$$

$$F_{i,Rd,z} = \min \left(F_{bi,Rd,z}; F_{Vi,Rd} \right)$$

$$\min(F_{i,Rd,z}) = 60,29 \text{ [kN]}$$

$$\min \left(F_{i,Rd,z} \right) = 60,29 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,z} = \sum F_{bi,Rd,z} = n_{s,p} * \min(F_{i,Rd,z}) = 8 * 60,29 = 482,30 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,z} = \sum F_{bi,Rd,z} = n_{s,p} * \min \left(F_{i,Rd,z} \right) = 8 * 60,29 = 482,30 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 * (e_{21,p} + (k - 1) * p_2 - (k - 0,5) * d_0) * t_p = 2 * (40,00 + (2 - 1) * 115,00 - (2 - 0,5) * 18,00) * 12,00 = 3072,00 \text{ [mm]}$$

Załączniki

$$A_{nv} = 2 \cdot (e_{21,p} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0,5) \cdot d_0) \cdot t_p = 2 \cdot (40,00 + (2-1) \cdot 115,00 - (2-0,5) \cdot 18,00) \cdot 12,00 = 3072,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt,1} = ((w-1) \cdot p_1 - (w-1) \cdot d_0) \cdot t_p = ((4-1) \cdot 85,00 - (4-1) \cdot 18,00) \cdot 12,00 = 2412,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt,1} = ((w-1) \cdot p_1 - (w-1) \cdot d_0) \cdot t_p = ((4-1) \cdot 85,00 - (4-1) \cdot 18,00) \cdot 12,00 = 2412,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt,2} = (e_{11p} + e_{12p} - d_0) \cdot t_p = (22,00 + 23,00 - 18,00) \cdot 12,00 = 324,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt,2} = (e_{11p} + e_{12p} - d_0) \cdot t_p = (22,00 + 23,00 - 18,00) \cdot 12,00 = 324,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt} = \min(A_{nt,1}; A_{nt,2}) = \min(2412,00; 324,00) = 324,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt} = \min(A_{nt,1}; A_{nt,2}) = \min(2412,00; 324,00) = 324,00 [\text{mm}]$$

$$V_{\text{eff,Rd}} = V_{\text{eff,Rd},1} = f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + f_y \cdot A_{nv} / (3^{0,5} \cdot \gamma_{M0}) = 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 324,00 / 1,25 + 355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 3072,00 / (3^{0,5} \cdot 1,00) = 761,83 [\text{kN}]$$

$$V_{\text{eff,Rd}} = V_{\text{eff,Rd},1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 324,00}{1,25} + \frac{355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 3072,00}{(\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 761,83 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 2 - działania mimośrodowego

$$A_{nv} = (e_{21,p} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0,5) \cdot d_0) \cdot t_p = (40,00 + (2-1) \cdot 115,00 - (2-0,5) \cdot 18,00) \cdot 12,00 = 1536,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nv} = (e_{21,p} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0,5) \cdot d_0) \cdot t_p = (40,00 + (2-1) \cdot 115,00 - (2-0,5) \cdot 18,00) \cdot 12,00 = 1536,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt} = (e_{1\text{min}} + (w-1) \cdot p_1 - (w-0,5) \cdot d_0) \cdot t_p = (22,00 + (4-1) \cdot 85,00 - (4-0,5) \cdot 18,00) \cdot 12,00 = 2568,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt} = (e_{1\text{min}} + (w-1) \cdot p_1 - (w-0,5) \cdot d_0) \cdot t_p = (22,00 + (4-1) \cdot 85,00 - (4-0,5) \cdot 18,00) \cdot 12,00 = 2568,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt,N} = A_{nt} = 2568,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt,N} = A_{nt} = 2568,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nv,N} = A_{nv} = 1536,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nv,N} = A_{nv} = 1536,00 [\text{mm}]$$

$$V_{\text{eff,N,Rd}} = V_{\text{eff,Rd},2,N} = 0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt,N} / \gamma_{M2} + f_y \cdot A_{nv,N} / (3^{0,5} \cdot \gamma_{M0}) = 0,5 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 2568,00 / 1,25 + 355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1536,00 / (3^{0,5} \cdot 1,00) = 838,69 [\text{kN}]$$

$$V_{\text{eff,N,Rd}} = V_{\text{eff,Rd},2,N} = \frac{0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt,N}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,N}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0,5 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 2568,00}{1,25} + \frac{355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1536,00}{(\sqrt{3} \cdot 1,00)} =$$

$$838,69 [\text{kN}]$$

$$A_{nt,V} = A_{nv} = 1536,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt,V} = A_{nv} = 1536,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nv,V} = A_{nt} = 2568,00 [\text{mm}]$$

$$A_{nv,V} = A_{nt} = 2568,00 [\text{mm}]$$

$$V_{\text{eff,V,Rd}} = V_{\text{eff,Rd},2,V} = 0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt,V} / \gamma_{M2} + f_y \cdot A_{nv,V} / (3^{0,5} \cdot \gamma_{M0}) = 0,5 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1536,00 / 1,25 + 355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 2568,00 / (3^{0,5} \cdot 1,00) = 839,68 [\text{kN}]$$

$$V_{\text{eff,V,Rd}} = V_{\text{eff,Rd},2,V} = \frac{0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt,V}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,V}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0,5 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1536,00}{1,25} + \frac{355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 2568,00}{(\sqrt{3} \cdot 1,00)} =$$

$$839,68 [\text{kN}]$$

Załączniki

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_p \cdot t_p = 300,00 \cdot 12,00 = 3600,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A = h_p \cdot t_p = 300,00 \cdot 12,00 = 3600,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 3600,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} / 1,00 = 1278,00 \text{ [kN]}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3600,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 1278,00 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - w \cdot d_o \cdot t_p = 3600,00 - 4 \cdot 18,00 \cdot 12,00 = 2736,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{net} = A - w \cdot d_o \cdot t_p = 3600,00 - 4 \cdot 18,00 \cdot 12,00 = 2736,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 2736,00 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} / 1,25 = 1004,66 \text{ [kN]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 2736,00 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 1004,66 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd} ; N_{u,Rd}) = \min(1278,00 ; 1004,66) = 1004,66 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd} ; N_{u,Rd}) = \min(1278,00 ; 1004,66) = 1004,66 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 1278,00 \text{ [kN]}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 1278,00 \text{ [kN]}$$

7.1.3.2. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): średnik belki

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x | z [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	2	1
1	-57,50 127,50	57,50 127,50
2	-57,50 42,50	57,50 42,50
3	-57,50 -42,50	57,50 -42,50
4	-57,50 -127,50	57,50 -127,50

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{11} = d_{sip} + e_1 = 50,00 + 22,00 = 72,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{11} = d_{sip} + e_1 = 50,00 + 22,00 = 72,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{12} = h_b - d_{sip} - e_1 - (w - 1) \cdot p_1 = 400,00 - 50,00 - 22,00 - (4 - 1) \cdot 85,00 = 73,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{12} = h_b - d_{sip} - e_1 - (w - 1) \cdot p_1 = 400,00 - 50,00 - 22,00 - (4 - 1) \cdot 85,00 = 73,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{1min} = \min(e_{11} ; e_{12}) = \min(72,00 ; 73,00) = 72,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{1min} = \min(e_{11} ; e_{12}) = \min(72,00 ; 73,00) = 72,00 \text{ [mm]}$$

Załączniki

$$e_{22} = l_{sip} - s_{sip} - e_2 - (k - 1) \cdot p_2 = 200,00 - 5,00 - 40,00 - (2 - 1) \cdot 115,00 = 40,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{22} = l_{sip} - s_{sip} - e_2 - (k - 1) \cdot p_2 = 200,00 - 5,00 - 40,00 - (2 - 1) \cdot 115,00 = 40,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{2min} = e_{22} = 40,00 \text{ [mm]}$$

$$e_{2min} = e_{22} = 40,00 \text{ [mm]}$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2,8 \cdot e_{1min} / d_0 - 1,7 = 2,8 \cdot 72,00 / 18,00 - 1,7 = 9,50$$

$$k_{1x,I} = 2,8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{72,00}{18,00} - 1,7 = 9,50$$

$$k_{1x,II} = 1,4 \cdot p_1 / d_0 - 1,7 = 1,4 \cdot 85,00 / 18,00 - 1,7 = 4,91$$

$$k_{1x,II} = 1,4 \cdot \frac{p_1}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{85,00}{18,00} - 1,7 = 4,91$$

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

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

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I} ; k_{1x,II} ; k_{1x,III}) = \min(9,50 ; 4,91 ; 2,50) = 2,50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I} ; k_{1x,II} ; k_{1x,III}) = \min(9,50 ; 4,91 ; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{dx} = e_{2min} / (3 \cdot d_0) = 40,00 / (3 \cdot 18,00) = 0,74$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{3 \cdot d_0} = \frac{40,00}{3 \cdot 18,00} = 0,74$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0,74$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0,74$$

$$\alpha_{bx,II} = f_{ub} / f_u = 800,00 / 510,00 = 1,57$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{510,00} = 1,57$$

$$\alpha_{bx,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bx,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I} ; \alpha_{bx,II} ; \alpha_{bx,III}) = \min(0,74 ; 1,57 ; 1,00) = 0,74$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I} ; \alpha_{bx,II} ; \alpha_{bx,III}) = \min(0,74 ; 1,57 ; 1,00) = 0,74$$

$$F_{bi,Rd,x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_w / \gamma_{M2} = 2,50 \cdot 0,74 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 16,00 \cdot 8,60 / 1,25 = 103,96 \text{ [kN]}$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 0,74 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 16,00 \cdot 8,60}{1,25} = 103,96 \text{ [kN]}$$

$$k_{1z,I} = 2,8 \cdot e_{2min} / d_0 - 1,7 = 2,8 \cdot 40,00 / 18,00 - 1,7 = 4,52$$

$$k_{1z,I} = 2,8 \cdot \frac{e_{2min}}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{40,00}{18,00} - 1,7 = 4,52$$

$$k_{1z,II} = 1,4 \cdot p_2 / d_0 - 1,7 = 1,4 \cdot 115,00 / 18,00 - 1,7 = 7,24$$

$$k_{1z,II} = 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{115,00}{18,00} - 1,7 = 7,24$$

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

Załączniki

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

$$k_{1z} = \min(k_{1z,I} ; k_{1z,II} ; k_{1z,III}) = \min(4,52 ; 7,24 ; 2,50) = 2,50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I} ; k_{1x,II} ; k_{1x,III}) = \min(4,52 ; 7,24 ; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{dz} = e_{1min} / (3 * d_0) = 72,00 / (3 * 18,00) = 1,33$$

$$\alpha_{dz} = \frac{e_{1min}}{(3 * d_0)} = \frac{72,00}{(3 * 18,00)} = 1,33$$

$$\alpha_{bz,I} = \alpha_{dz} = 1,33$$

$$\alpha_{bz,I} = \alpha_{dz} = 1,33$$

$$\alpha_{bz,II} = f_{ub} / f_u = 800,00 / 510,00 = 1,57$$

$$\alpha_{bz,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{510,00} = 1,57$$

$$\alpha_{bz,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bz,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bz} = \min(\alpha_{bz,I} ; \alpha_{bz,II} ; \alpha_{bz,III}) = \min(1,33 ; 1,57 ; 1,00) = 1,00$$

$$\alpha_{bz} = \min(\alpha_{bz,I} ; \alpha_{bz,II} ; \alpha_{bz,III}) = \min(1,33 ; 1,57 ; 1,00) = 1,00$$

$$F_{bi,Rd,z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * t_w / \gamma_{M2} = 2,50 * 1,00 * 510,00 * 10^{-3} * 16,00 * 8,60 / 1,25 = 140,35 \text{ [kN]}$$

$$F_{bi,Rd,z} = \frac{k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 * 1,00 * 510,00 * 10^{-3} * 16,00 * 8,60}{1,25} = 140,35 \text{ [kN]}$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{vi,Rd} = \alpha_v * f_{ub} * A_s / \gamma_{M2} = 0,6 * 800,00 * 10^{-3} * 157,00 / 1,25 = 60,29 \text{ [kN]}$$

$$F_{vi,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 800,00 * 10^{-3} * 157,00}{1,25} = 60,29 \text{ [kN]}$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 103,96 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 103,96 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 140,35 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 140,35 \text{ [kN]}$$

nośność po kierunku wypadkowym

$$F_{xz,Rd} = F_{vi,Rd} = 60,29 \text{ [kN]}$$

$$F_{xz,Rd} = F_{vi,Rd} = 60,29 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	2	1
1	1,72	1,72
2	1,72	1,72

Załączniki

3	1,72	1,72
4	1,72	1,72

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x}$ | $F_{Vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	103,96 60,29	103,96 60,29
2	103,96 60,29	103,96 60,29
3	103,96 60,29	103,96 60,29
4	103,96 60,29	103,96 60,29

$$F_{i,Rd,x} = \min(F_{bi,Rd,x} ; F_{Vi,Rd})$$

$$F_{i,Rd,x} = \min(F_{bi,Rd,x} ; F_{Vi,Rd})$$

$$\min(F_{i,Rd,x}) = 60,29 \text{ [kN]}$$

$$\min(F_{i,Rd,x}) = 60,29 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \Sigma F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} \cdot \min(F_{i,Rd,x}) = 8 \cdot 60,29 = 482,30 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \Sigma F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} \cdot \min(F_{i,Rd,x}) = 8 \cdot 60,29 = 482,30 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku Z

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,z}$ / $F_{Vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	2	1
1	2,33	2,33
2	2,33	2,33
3	2,33	2,33
4	2,33	2,33

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,z}$$

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,z}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,z}$ | $F_{Vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	140,35 60,29	140,35 60,29
2	140,35 60,29	140,35 60,29
3	140,35 60,29	140,35 60,29

Załączniki

4	140,35 60,29	140,35 60,29
$F_{i,Rd,z} = \min(F_{bi,Rd,z} ; F_{Vi,Rd})$ $F_{i,Rd,z} = \min(F_{bi,Rd,z} ; F_{Vi,Rd})$ $\min(F_{i,Rd,z}) = 60,29 \text{ [kN]}$ $\min(F_{i,Rd,z}) = 60,29 \text{ [kN]}$ $F_{gr,b,Rd,z} = \Sigma F_{bi,Rd,z} = n_{s,p} * \min(F_{i,Rd,z}) = 8 * 60,29 = 482,30 \text{ [kN]}$ $F_{gr,b,Rd,z} = \Sigma F_{bi,Rd,z} = n_{s,p} * \min(F_{i,Rd,z}) = 8 * 60,29 = 482,30 \text{ [kN]}$		
<p>Nośność na rozerwanie blokowe</p> <p>Dla przypadku 1 - działania osiowego</p> $A_{nv} = 2 * (e_{22,w} + (k - 1) * p_2 - (k - 0,5) * d_0) * t_w = 2 * (40,00 + (2 - 1) * 115,00 - (2 - 0,5) * 18,00) * 8,60 = 2201,60 \text{ [mm]}$ $A_{nv} = 2 * (e_{22,w} + (k-1) * p_2 - (k-0,5) * d_0) * t_w = 2 * (40,00 + (2-1) * 115,00 - (2-0,5) * 18,00) * 8,60 = 2201,60 \text{ [mm]}$ $A_{nt,1} = ((w - 1) * p_1 - (w - 1) * d_0) * t_w = ((4 - 1) * 85,00 - (4 - 1) * 18,00) * 8,60 = 1728,60 \text{ [mm]}$ $A_{nt,1} = ((w-1) * p_1 - (w-1) * d_0) * t_w = ((4-1) * 85,00 - (4-1) * 18,00) * 8,60 = 1728,60 \text{ [mm]}$ $A_{nt,2} = (e_{11w} + e_{12w} - d_0) * t_w = (72,00 + 73,00 - 18,00) * 8,60 = 1092,20 \text{ [mm]}$ $A_{nt,2} = (e_{11w} + e_{12w} - d_0) * t_w = (72,00 + 73,00 - 18,00) * 8,60 = 1092,20 \text{ [mm]}$ $A_{nt} = \min(A_{nt,1} ; A_{nt,2}) = \min(1728,60 ; 1092,20) = 1092,20 \text{ [mm]}$ $A_{nt} = \min(A_{nt,1} ; A_{nt,2}) = \min(1728,60 ; 1092,20) = 1092,20 \text{ [mm]}$ $V_{eff,Rd} = V_{eff,Rd,1} = f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + f_y * A_{nv} / (3^{0,5} * \gamma_{M0}) = 510,00 * 10^{-3} * 1092,20 / 1,25 + 355,00 * 10^{-3} * 2201,60 / (3^{0,5} * 1,00) = 896,86 \text{ [kN]}$ $V_{eff,Rd} = V_{eff,Rd,1} = \frac{f_u * A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y * A_{nv}}{(\sqrt{3} * \gamma_{M0})} = \frac{510,00 * 10^{-3} * 1092,20}{1,25} + \frac{355,00 * 10^{-3} * 2201,60}{(\sqrt{3} * 1,00)} = 896,86 \text{ [kN]}$ <p>Dla przypadku 2 - działania mimośrodkowego</p> $A_{nv} = (e_{22,w} + (k - 1) * p_2 - (k - 0,5) * d_0) * t_w = (40,00 + (2 - 1) * 115,00 - (2 - 0,5) * 18,00) * 8,60 = 1100,80 \text{ [mm]}$ $A_{nv} = (e_{22,w} + (k-1) * p_2 - (k-0,5) * d_0) * t_w = (40,00 + (2-1) * 115,00 - (2-0,5) * 18,00) * 8,60 = 1100,80 \text{ [mm]}$ $A_{nt} = (e_{1min} + (w - 1) * p_1 - (w - 0,5) * d_0) * t_w = (72,00 + (4 - 1) * 85,00 - (4 - 0,5) * 18,00) * 8,60 = 2270,40 \text{ [mm]}$ $A_{nt} = (e_{1min} + (w-1) * p_1 - (w-0,5) * d_0) * t_w = (72,00 + (4-1) * 85,00 - (4-0,5) * 18,00) * 8,60 = 2270,40 \text{ [mm]}$ $A_{nt,N} = A_{nt} = 2270,40 \text{ [mm]}$ $A_{nt,N} = A_{nt} = 2270,40 \text{ [mm]}$ $A_{nv,N} = A_{nv} = 1100,80 \text{ [mm]}$ $A_{nv,N} = A_{nv} = 1100,80 \text{ [mm]}$ $V_{eff,N,Rd} = V_{eff,Rd,2,N} = 0,5 * f_u * A_{nt,N} / \gamma_{M2} + f_y * A_{nv,N} / (3^{0,5} * \gamma_{M0}) = 0,5 * 510,00 * 10^{-3} * 2270,40 / 1,25 + 355,00 * 10^{-3} * 1100,80 / (3^{0,5} * 1,00) = 688,78 \text{ [kN]}$		

Załączniki

$$V_{\text{eff},N,Rd} = V_{\text{eff},Rd,2,N} = \frac{0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt,N}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,N}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0,5 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 2270,40}{1,25} + \frac{355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1100,80}{(\sqrt{3} \cdot 1,00)} =$$

$$688,78 \text{ [kN]}$$

$$A_{nt,V} = A_{nv} = 1100,80 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt,V} = A_{nv} = 1100,80 \text{ [mm]}$$

$$A_{nv,V} = A_{nt} = 2270,40 \text{ [mm]}$$

$$A_{nv,V} = A_{nt} = 2270,40 \text{ [mm]}$$

$$V_{\text{eff},V,Rd} = V_{\text{eff},Rd,2,V} = 0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt,V} / \gamma_{M2} + f_y \cdot A_{nv,V} / (3^{0,5} \cdot \gamma_{M0}) = 0,5 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1100,80 / 1,25 + 355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 2270,40 / (3^{0,5} \cdot 1,00) = 689,90 \text{ [kN]}$$

$$V_{\text{eff},V,Rd} = V_{\text{eff},Rd,2,V} = \frac{0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt,V}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,V}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0,5 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1100,80}{1,25} + \frac{355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 2270,40}{(\sqrt{3} \cdot 1,00)} =$$

$$689,90 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_p \cdot t_w = 300,00 \cdot 8,60 = 2580,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A = h_p \cdot t_w = 300,00 \cdot 8,60 = 2580,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 2580,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} / 1,00 = 915,90 \text{ [kN]}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2580,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 915,90 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - w \cdot d_0 \cdot t_w = 2580,00 - 4 \cdot 18,00 \cdot 8,60 = 1960,80 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{net} = A - w \cdot d_0 \cdot t_w = 2580,00 - 4 \cdot 18,00 \cdot 8,60 = 1960,80 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 1960,80 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3} / 1,25 = 720,01 \text{ [kN]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1960,80 \cdot 510,00 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 720,01 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(915,90; 720,01) = 720,01 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(915,90; 720,01) = 720,01 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$c_{wb} = h_b - 2 \cdot t_{fb} - 2 \cdot R_{1b} = 400,00 - 2 \cdot 13,50 - 2 \cdot 21,00 = 331,00 \text{ [mm]}$$

$$c_{wb} = h_b - 2 \cdot t_{fb} - 2 \cdot R_{1b} = 400,00 - 2 \cdot 13,50 - 2 \cdot 21,00 = 331,00 \text{ [mm]}$$

$$c_{wb} / t_{wb} > 42 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{c_{wb}}{t_{wb}} > 42 \cdot \varepsilon$$

$$331,00 / 8,60 = 38,49 > 42 \cdot 0,81 = 34,17$$

$$\frac{331,00}{8,60} = 38,49 = 34,17$$

Środek dwuteownika należy do klasy 4.

$$\psi = 1,0$$

Załączniki

$$\psi = 1,0$$

$$k_{\sigma} = 4,0$$

$$k_{\sigma} = 4,0$$

$$\lambda_{p^{-}} = (c_{wb} / t_{wb}) * 1 / (28,4 * \varepsilon * k_{\sigma}^{0,5}) = (331,00 / 8,60) * 1 / (28,4 * 0,81 * 4,00^{0,5}) = 0,833$$

$$\tilde{\lambda}_{p^{-}} = \left(\frac{c_{wb}}{t_{wb}} \right) \cdot \frac{1}{(28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{\sigma}})} = \left(\frac{331,00}{8,60} \right) \cdot \frac{1}{(28,4 \cdot 0,81 \cdot \sqrt{4,00})} = 0,833$$

$$\lambda_{p^{-}} = 0,833 > 0,5 + (0,085 - 0,055 * \psi)^{0,5} = 0,5 + (0,085 - 0,055 * 1,00)^{0,5} = 0,673$$

$$\tilde{\lambda}_{p^{-}} = 0,833 > 0,5 + \sqrt{(0,085 - 0,055 \cdot \psi)} = 0,5 + \sqrt{(0,085 - 0,055 \cdot 1,00)} = 0,673$$

$$\rho = (\lambda_{p^{-}} - 0,055 * (3 + \psi)) / \lambda_{p^{-}}^2 = (0,83 - 0,055 * (3 + 1,00)) / 0,83^2 = 0,88 \leq 1,0$$

$$\rho = \frac{(\tilde{\lambda}_{p^{-}} - 0,055 \cdot (3 + \psi))}{\tilde{\lambda}_{p^{-}}^2} = \frac{(0,83 - 0,055 \cdot (3 + 1,00))}{0,83^2} = 0,88 \leq 1,0$$

$$b_{eff} = \rho * c_{wb} = 0,88 * 331,00 = 292,45 \text{ [mm]}$$

$$b_{eff} = \rho \cdot c_{wb} = 0,88 \cdot 331,00 = 292,45 \text{ [mm]}$$

$$A_{eff} = A - (c_{wb} - b_{eff}) * t_{wb} = 2580,00 - (331,00 - 292,45) * 8,60 = 2248,47 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{eff} = A - (c_{wb} - b_{eff}) \cdot t_{wb} = 2580,00 - (331,00 - 292,45) \cdot 8,60 = 2248,47 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$N_{c,Rd} = A_{eff} * f_y / \gamma_{M0} = 2248,47 * 355,00 * 10^{-3} / 1,00 = 798,21 \text{ [kN]}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2248,47 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 798,21 \text{ [kN]}$$

7.1.4. Parametry ogólne nośności słupa

7.1.4.1. Ogólne: panel środkika słupa

$$\varepsilon_c = (235 / f_{yc})^{0,5} = (235 / 355,00)^{0,5} = 0,81$$

$$\varepsilon_c = \sqrt{(235 / f_{yc})} = \sqrt{(235 / 355,00)} = 0,81$$

$$d_{wc} / t_{wc} = 208,00 / 11,00 = 18,91 \leq 69 \varepsilon_c = 69 * 0,81 = 56,14$$

$$\frac{d_{wc}}{t_{wc}} = \frac{208,00}{11,00} = 18,91 \leq 69 \varepsilon_c = 69 \cdot 0,81 = 56,14$$

Smukłość panelu środkika słupa - warunek stosowania metody obliczania nośności
Warunek spełniony

$$V_{wp,Rd,pierw} = 0,9 * f_{y,wc} * A_{vc} / (3^{0,5} * \gamma_{M0}) = 0,9 * 355,00 * 10^{-3} * 4745,00 / (3^{0,5} * 1,00) = 875,28 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,Rd,pierw} = \frac{0,9 \cdot f_{y,wc} \cdot A_{vc}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0,9 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 4745,00}{(\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 875,28 \text{ [kN]}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 0,25 * b_{fc} * t_{fc}^2 * f_{y,c} / \gamma_{M0} = 0,25 * 300,00 * 19,00^2 * 355,00 * 10^{-3} / 1,00 = 9611,62 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = \frac{0,25 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,c}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 300,00 \cdot 19,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 9611,62 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{pl,sg,Rd} = 0,25 * b_{fc} * t_{sg}^2 * f_{y,sg} / \gamma_{M0} = 0,25 * 300,00 * 12,00^2 * 355,00 * 10^{-3} /$$

Załączniki

$$1,00 = 3834,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{pl,sg,Rd} = \frac{0,25 \cdot b_{fc} \cdot t_{sd}^2 \cdot f_{y,sg}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 300,00 \cdot 12,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 3834,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{pl,sd,Rd} = 0,25 \cdot b_{fc} \cdot t_{sd}^2 \cdot f_{y,sd} / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 300,00 \cdot 12,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} / 1,00 = 3834,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{pl,sd,Rd} = \frac{0,25 \cdot b_{fc} \cdot t_{sd}^2 \cdot f_{y,sd}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 300,00 \cdot 12,00^2 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 3834,00 \text{ [kNmm]}$$

$$V_{wp,add,Rd,1} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / d_s = 4 \cdot 9611,62 / 416,00 = 92,42 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,add,Rd,1} = \frac{4 \cdot M_{pl,fc,Rd}}{d_s} = \frac{4 \cdot 9611,62}{416,00} = 92,42 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,add,Rd,2} = (2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,sg,Rd} + M_{pl,sd,Rd}) / d_s = (2 \cdot 9611,62 + 3834,00 + 3834,00) / 416,00 = 64,64 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,add,Rd,2} = \frac{(2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,sg,Rd} + M_{pl,sd,Rd})}{d_s} = \frac{(2 \cdot 9611,62 + 3834,00 + 3834,00)}{416,00} = 64,64 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,add,Rd} = \min(V_{wp,add,Rd,1}; V_{wp,add,Rd,2}) = \min(92,42; 64,64) = 64,64 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,add,Rd} = \min(V_{wp,add,Rd,1}; V_{wp,add,Rd,2}) = \min(92,42; 64,64) = 64,64 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,Rd} = V_{wp,Rd,pierw} + V_{wp,add,Rd} = 875,28 + 64,64 = 939,92 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,Rd} = V_{wp,Rd,pierw} + V_{wp,add,Rd} = 875,28 + 64,64 = 939,92 \text{ [kN]}$$

$$z = h + t_{ng} / 2 + t_{nd} / 2 = 400,00 + 16,00 / 2 + 16,00 / 2 = 416,00 \text{ [mm]}$$

$$z = h + \frac{t_{ng}}{2} + \frac{t_{nd}}{2} = 400,00 + \frac{16,00}{2} + \frac{16,00}{2} = 416,00 \text{ [mm]}$$

7.1.4.2. Ogólne: średnik słupa obciążony w kierunku poprzecznym (wspólne)

$$A_{vc,1} = A_c - 2 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc} + t_{fc} \cdot (t_{wc} + 2 \cdot r_c) = 14910,00 - 2 \cdot 300,00 \cdot 19,00 + 19,00 \cdot (11,00 + 2 \cdot 27,00) = 4745,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{vc,1} = A_c - 2 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc} + t_{fc} \cdot (t_{wc} + 2 \cdot r_c) = 14910,00 - 2 \cdot 300,00 \cdot 19,00 + 19,00 \cdot (11,00 + 2 \cdot 27,00) = 4745,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

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

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

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

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

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

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

7.1.4.3. Połączenie nakładka górna-słup (spawane)

Warunek konieczności stosowania żebra średnika słupa.

Dotyczy żebra ściskanego/rozciąganego znajdującego się na przedłużeniu elementu.

$$k = (t_{fc} / t_{ng}) \cdot (f_{y,fc} / f_{y,ng}) = (19,00 / 16,00) \cdot (355,00 / 355,00) = 1,19 \leq 1$$

$$k = \left(\frac{t_{fc}}{t_{ng}} \right) \cdot \left(\frac{f_{y,fc}}{f_{y,ng}} \right) = \left(\frac{19,00}{16,00} \right) \cdot \left(\frac{355,00}{355,00} \right) = 1,19 \leq 1$$

Załączniki

$$k = 1$$

$$k = 1$$

$$s = 27,00$$

$$s = 27,00$$

$$b_{\text{eff},c,fc} = t_{wc} + 2 \cdot s + 7 \cdot k \cdot t_{fc} = 11,00 + 2 \cdot 27,00 + 7 \cdot 1,00 \cdot 19,00 = 198,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},c,fc} = t_{wc} + 2 \cdot s + 7 \cdot k \cdot t_{fc} = 11,00 + 2 \cdot 27,00 + 7 \cdot 1,00 \cdot 19,00 = 198,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},c,fc,\text{min}} = (f_{y,fc} / f_{y,ng}) \cdot \min(h_{ng} ; b_{fc}) = (355,00 / 355,00) \cdot \min(150,00 ; 300,00) = 150,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},c,fc,\text{min}} = \left(\frac{f_{y,fc}}{f_{y,ng}} \right) \cdot \min(h_{ng}, b_{fc}) = \left(\frac{355,00}{355,00} \right) \cdot \min(150,00, 300,00) = 150,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},c,fc} = 198,00 \geq b_{\text{eff},c,fc,\text{min}} = 150,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},c,fc} = 198,00 \geq b_{\text{eff},c,fc,\text{min}} = 150,00 \text{ [mm]}$$

Nie zachodzi konieczność usztywnienia środniczka słupa żebrami ze względu na element: nakładka górna.

Żebro zastosowano.

Warunek konieczności stosowania żebra środniczka słupa. Warunek spełniony

Środnik słupa obciążony w kierunku poprzecznym

$$b_{\text{eff},c,wc} = t_{ng} + 5 \cdot (t_{fc} + r_c) = 16,00 + 5 \cdot (19,00 + 27,00) = 246,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},c,wc} = t_{ng} + 5 \cdot (t_{fc} + r_c) = 16,00 + 5 \cdot (19,00 + 27,00) = 246,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},t,wc} = b_{\text{eff},c,wc} = 246,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},t,wc} = b_{\text{eff},c,wc} = 246,00 \text{ [mm]}$$

7.1.4.4. Połączenie nakładka dolna-słup (spawane)

Warunek konieczności stosowania żebra środniczka słupa.

Dotyczy żebra ściskanego/rozciąganego znajdującego się na przedłużeniu elementu.

$$k = (t_{fc} / t_{nd}) \cdot (f_{y,fc} / f_{y,nd}) = (19,00 / 16,00) \cdot (355,00 / 355,00) = 1,19 \leq 1$$

$$k = \left(\frac{t_{fc}}{t_{nd}} \right) \cdot \left(\frac{f_{y,fc}}{f_{y,nd}} \right) = \left(\frac{19,00}{16,00} \right) \cdot \left(\frac{355,00}{355,00} \right) = 1,19 \leq 1$$

$$k = 1$$

$$k = 1$$

$$s = 27,00$$

$$s = 27,00$$

$$b_{\text{eff},c,fc} = t_{wc} + 2 \cdot s + 7 \cdot k \cdot t_{fc} = 11,00 + 2 \cdot 27,00 + 7 \cdot 1,00 \cdot 19,00 = 198,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},c,fc} = t_{wc} + 2 \cdot s + 7 \cdot k \cdot t_{fc} = 11,00 + 2 \cdot 27,00 + 7 \cdot 1,00 \cdot 19,00 = 198,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},c,fc,\text{min}} = (f_{y,fc} / f_{y,nd}) \cdot \min(h_{nd} ; b_{fc}) = (355,00 / 355,00) \cdot \min(150,00 ; 300,00) = 150,00 \text{ [mm]}$$

$$b_{\text{eff},c,fc,\text{min}} = \left(\frac{f_{y,fc}}{f_{y,nd}} \right) \cdot \min(h_{nd}, b_{fc}) = \left(\frac{355,00}{355,00} \right) \cdot \min(150,00, 300,00) = 150,00 \text{ [mm]}$$

Załączniki

$$b_{\text{eff,c,fc}} = 198,00 \geq b_{\text{eff,c,fc,min}} = 150,00[\text{mm}]$$

$$b_{\text{eff,c,fc}} = 198,00 \geq b_{\text{eff,c,fc,min}} = 150,00[\text{mm}]$$

Nie zachodzi konieczność usztywnienia środka słupa żebrzem ze względu na element: nakładka dolna.

Żebro zastosowano.

Warunek konieczności stosowania żebra środka słupa. Warunek spełniony

Środek słupa obciążony w kierunku poprzecznym

$$b_{\text{eff,c,wc}} = t_{\text{nd}} + 5 \cdot (t_{\text{fc}} + r_{\text{c}}) = 16,00 + 5 \cdot (19,00 + 27,00) = 246,00 [\text{mm}]$$

$$b_{\text{eff,c,wc}} = t_{\text{nd}} + 5 \cdot (t_{\text{fc}} + r_{\text{c}}) = 16,00 + 5 \cdot (19,00 + 27,00) = 246,00[\text{mm}]$$

$$b_{\text{eff,t,wc}} = b_{\text{eff,c,wc}} = 246,00 [\text{mm}]$$

$$b_{\text{eff,t,wc}} = b_{\text{eff,c,wc}} = 246,00[\text{mm}]$$

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	90.00	220.00
słup dolny	seria 1	90.00	20.00	220.00
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 (śrubowe)

$$N_0 = A_{\text{bw}} / A_{\text{b}} \cdot N_{\text{Ed}} = 3207,80 / 8450,00 \cdot 20,00 = 7,59 [\text{kN}]$$

$$N_0 = \frac{A_{\text{bw}}}{A_{\text{b}}} \cdot N_{\text{Ed}} = \frac{3207,80}{8450,00} \cdot 20,00 = 7,59 [\text{kN}]$$

$$V_0 = V_{\text{Ed}} = 90,00 [\text{kN}]$$

$$V_0 = V_{\text{Ed}} = 90,00 [\text{kN}]$$

$$M_0' = M_{\text{Ed}} - N_{\text{Ed}} \cdot e_{\text{N}} - V_{\text{Ed}} \cdot e_0 = 220,00 \cdot 10^3 - 20,00 \cdot 0,50 - 90,00 \cdot 252,50 = 197265,00 [\text{kNmm}]$$

$$M_0' = M_{\text{Ed}} - N_{\text{Ed}} \cdot e_{\text{N}} - V_{\text{Ed}} \cdot e_0 = 220,00 \cdot 10^3 - 20,00 \cdot 0,50 - 90,00 \cdot 252,50 = 197265,00 [\text{kNmm}]$$

$$M_{\text{w}} = M_0' \cdot J_{\text{y,bw}} / J_{\text{y,b}} = 197265,00 \cdot 37191500,52 / 231300000,00 = 31718,90 [\text{kNmm}]$$

Załączniki

$$M_w = M_{Ed} \cdot \frac{J_{y,bw}}{J_{y,b}} = 197265,00 \cdot \frac{37191500,52}{231300000,00} = 31718,90 \text{ [kNmm]}$$

$$M_0 = M_w = 31718,90 \text{ [kNmm]}$$

$$M'_0 = M_w = 31718,90 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.2. Połączenie przyładka-słup (spawane)

$$N_0 = A_{bw} / A_b \cdot N_{Ed} = 3207,80 / 8450,00 \cdot 20,00 = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$N_0 = \frac{A_{bw}}{A_b} \cdot N_{Ed} = \frac{3207,80}{8450,00} \cdot 20,00 = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = V_{Ed} = 90,00 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = V_{Ed} = 90,00 \text{ [kN]}$$

$$M_0' = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_0 = 220,00 \cdot 10^3 - 20,00 \cdot -200,00 - 90,00 \cdot 150,00 = 210500,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_0' = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_0 = 220,00 \cdot 10^3 - 20,00 \cdot -200,00 - 90,00 \cdot 150,00 = 210500,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_w = M_0' \cdot J_{y,bw} / J_{y,b} = 210500,00 \cdot 37191500,52 / 231300000,00 = 33847,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_w = M_{Ed} \cdot \frac{J_{y,bw}}{J_{y,b}} = 210500,00 \cdot \frac{37191500,52}{231300000,00} = 33847,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_0 = M_w = 33847,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M'_0 = M_w = 33847,00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.3. Połączenie nakładka górna-belka (spawane)

$$M_f = M_{Ed} = 220000,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_f = M_{Ed} = 220000,00 \text{ [kNmm]}$$

$$N_0 = A_{bfg} / A_b \cdot N_{Ed} + M_f / h_b = 2430,00 / 8450,00 \cdot 20,00 + 220000,00 / 400,00 = 555,75 \text{ [kN]}$$

$$N_0 = \frac{A_{bfg}}{A_b} \cdot N_{Ed} + \frac{M_f}{h_b} = \frac{2430,00}{8450,00} \cdot 20,00 + \frac{220000,00}{400,00} = 555,75 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.4. Połączenie nakładka górna-słup (spawane)

$$M_f = M_{Ed} = 220000,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_f = M_{Ed} = 220000,00 \text{ [kNmm]}$$

$$N_0 = A_{bfg} / A_b \cdot N_{Ed} + M_f / h_b = 2430,00 / 8450,00 \cdot 20,00 + 220000,00 / 400,00 = 555,75 \text{ [kN]}$$

$$N_0 = \frac{A_{bfg}}{A_b} \cdot N_{Ed} + \frac{M_f}{h_b} = \frac{2430,00}{8450,00} \cdot 20,00 + \frac{220000,00}{400,00} = 555,75 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.5. Połączenie nakładka dolna-belka (spawane)

$$M_f = M_{Ed} = 220000,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_f = M_{Ed} = 220000,00 \text{ [kNmm]}$$

$$N_0 = A_{bfd} / A_b \cdot N_{Ed} - M_f / h_b = 2430,00 / 8450,00 \cdot 20,00 - 220000,00 / 400,00 = -544,25 \text{ [kN]}$$

$$N_0 = \frac{A_{bfd}}{A_b} \cdot N_{Ed} - \frac{M_f}{h_b} = \frac{2430,00}{8450,00} \cdot 20,00 - \frac{220000,00}{400,00} = -544,25 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.6. Połączenie nakładka dolna-słup (spawane)

$$M_f = M_{Ed} = 220000,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_f = M_{Ed} = 220000,00 \text{ [kNmm]}$$

$$N_0 = A_{bfd} / A_b \cdot N_{Ed} - M_f / h_b = 2430,00 / 8450,00 \cdot 20,00 - 220000,00 / 400,00 = -544,25 \text{ [kN]}$$

$$N_0 = \frac{A_{bfd}}{A_b} \cdot N_{Ed} - \frac{M_f}{h_b} = \frac{2430,00}{8450,00} \cdot 20,00 - \frac{220000,00}{400,00} = -544,25 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3. Siły działające na styk belki z elementem łączącym

8.1.3.1. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka

$$N_p = a \cdot N_0 = 1,0 \cdot 7,59 = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$N_p = a \cdot N_0 = 1,0 \cdot 7,59 = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$V_p = a \cdot V_0 = 1,0 \cdot 90,00 = 90,00 \text{ [kN]}$$

$$V_p = a \cdot V_0 = 1,0 \cdot 90,00 = 90,00 \text{ [kN]}$$

$$M_p = a \cdot M_0 = 1,0 \cdot 31718,90 = 31718,90 \text{ [kNmm]}$$

$$M_p = a \cdot M_0 = 1,0 \cdot 31718,90 = 31718,90 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.2. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środek belki

Załączniki

$$N_w = a \cdot N_0 = 1,0 \cdot 7,59 = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$N_w = a \cdot N_0 = 1,0 \cdot 7,59 = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$V_w = a \cdot V_0 = 1,0 \cdot 90,00 = 90,00 \text{ [kN]}$$

$$V_w = a \cdot V_0 = 1,0 \cdot 90,00 = 90,00 \text{ [kN]}$$

$$M_w = a \cdot M_0 = 1,0 \cdot 31718,90 = 31718,90 \text{ [kNmm]}$$

$$M_w = a \cdot M_0 = 1,0 \cdot 31718,90 = 31718,90 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.3. Połączenie przykładka-słup (spawane)

$$N_p = a \cdot N_0 = 1,0 \cdot 7,59 = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$N_p = a \cdot N_0 = 1,0 \cdot 7,59 = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$V_p = a \cdot V_0 = 1,0 \cdot 90,00 = 90,00 \text{ [kN]}$$

$$V_p = a \cdot V_0 = 1,0 \cdot 90,00 = 90,00 \text{ [kN]}$$

$$M_p = a \cdot M_0 = 1,0 \cdot 33847,00 = 33847,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_p = a \cdot M_0 = 1,0 \cdot 33847,00 = 33847,00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.4. Połączenie nakładka górna-belka (spawane)

$$N_{ng} = N_0 = 555,75 \text{ [kN]}$$

$$N_{ng} = N_0 = 555,75 \text{ [kN]}$$

$$V_{ng} = V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$V_{ng} = V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$M_{ng} = M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{ng} = M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.5. Połączenie nakładka górna-słup (spawane)

$$N_{ng} = N_0 = 555,75 \text{ [kN]}$$

$$N_{ng} = N_0 = 555,75 \text{ [kN]}$$

$$V_{ng} = V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$V_{ng} = V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$M_{ng} = M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{ng} = M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.6. Połączenie nakładka dolna-belka (spawane)

$$N_{nd} = N_0 = -544,25 \text{ [kN]}$$

$$N_{nd} = N_0 = -544,25 \text{ [kN]}$$

$$V_{nd} = V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$V_{nd} = V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$M_{nd} = M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_{nd} = M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.7. Połączenie nakładka dolna-słup (spawane)

$$N_{nd} = N_0 = -544,25 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$N_{nd} = N_0 = -544,25 \text{ [kN]}$$

$$V_{nd} = V_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$V'_{nd} = V'_0 = 0,00 \text{ [kN]}$$

$$M_{nd} = M_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

$$M'_{nd} = M'_0 = 0,00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.4. Warunki nośności połączenia spawanego

8.1.4.1. Połączenie przykładka-słup (spawane)

Nośność przekroju elementu łączącego

$$\sigma_{max} = \text{MODUŁ.LICZBY}(N_p) / A_p + \text{MODUŁ.LICZBY}(M_p) / W_p = \text{MODUŁ.LICZBY}(7,59) / 3600,00 + \text{MODUŁ.LICZBY}(33847,00) / 180000,00 = 0,19 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{max} = \frac{|N_p|}{A_p} + \frac{|M_p|}{W_p} = \frac{7,59}{3600,00} + \frac{33847,00}{180000,00} = 0,19 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau = \text{MODUŁ.LICZBY}(V_p) / A_p = \text{MODUŁ.LICZBY}(90,00) / 3600,00 = 0,02 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau = \frac{|V_p|}{A_p} = \frac{90,00}{3600,00} = 0,02 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{zast} = (\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau^2)^{0,5} = (0,19^2 + 3 \cdot 0,02^2)^{0,5} = 0,20 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{zast} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2)} = \sqrt{(0,19^2 + 3 \cdot 0,02^2)} = 0,20 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{zast} / (f_y \cdot \gamma_{M0}) = 0,20 / (355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1,00) = 0,55$$

$$\frac{\sigma_{zast}}{(f_y \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0,20}{(355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1,00)} = 0,55$$

$$\sigma_{zast} / (f_y \cdot \gamma_{M0}) = 0,20 / (355,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1,00) = 0,55 \text{ Warunek spełniony}$$

8.1.4.2. Połączenie nakładka górna-belka (spawane)

Punkt 1

$$T_{N,1} = N_{ng} / A_{s,N} = 555,75 / 2864,00 = 0,19 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{N,1} = \frac{N_{ng}}{A_{s,N}} = \frac{555,75}{2864,00} = 0,19 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$T_{V,1} = 0,00 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{V,1} = 0,00 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$T_{Mx,1} = M_{ng} \cdot y_1 / J_{s0} = 0,00 \cdot 79,00 / 35182494,03 = 0,00 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{Mx,1} = \frac{M_{ng} \cdot y_1}{J_{s0}} = \frac{0,00 \cdot 79,00}{35182494,03} = 0,00 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$T_{My,1} = M_{ng} \cdot x_1 / J_{s0} = 0,00 \cdot -117,14 / 35182494,03 = 0,00 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{My,1} = \frac{M_{ng} \cdot x_1}{J_{s0}} = \frac{0,00 \cdot -117,14}{35182494,03} = 0,00 \left[\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$T_{||,1} = \text{MODUŁ.LICZBY}(T_{N,1}) + \text{MODUŁ.LICZBY}(T_{Mx,1}) = \text{MODUŁ.LICZBY}(0,19) + \text{MODUŁ.LICZBY}(0,00) = 0,19 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

Załączniki

$$\tau_{\perp 1} = \left| \tau_{N1} \right| + \left| \tau_{Mx,1} \right| = \left| 0,19 \right| + \left| 0,00 \right| = 0,19 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{prost,1} = (\text{MODUŁ.LICZBY}(\tau_{V,1} - \tau_{My,1})) / 2^{0,5} = (\text{MODUŁ.LICZBY}(0,00 - 0,00)) / 2^{0,5} = 0,00 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{\perp 1} = \frac{\left(\left| \tau_{V,1} - \tau_{My,1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0,00 - 0,00 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0,00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$T_{prost,1} = (\text{MODUŁ.LICZBY}(\tau_{V,1} - \tau_{My,1})) / 2^{0,5} = (\text{MODUŁ.LICZBY}(0,00 - 0,00)) / 2^{0,5} = 0,00 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{\perp 1} = \frac{\left(\left| \tau_{V,1} - \tau_{My,1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0,00 - 0,00 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0,00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast,1} = (\sigma_{prost,1}^2 + 3 * (T_{prost,1}^2 + T_{\parallel,1}^2))^{0,5} = (0,00^2 + 3 * (0,00^2 + 0,19^2))^{0,5} = 0,34 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{zast,1} = \sqrt{\left(\sigma^2 + 3 * (\tau^2 + \tau^2) \right)} = \sqrt{\left(0,00^2 + 3 * (0,00^2 + 0,19^2) \right)} = 0,34 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{zast,1} / \sigma_{zast,1,max} = 0,34 / 0,45 = 0,74$$

$$\frac{\sigma_{zast,1}}{\sigma_{zast,1,max}} = \frac{0,34}{0,45} = 0,74$$

$$\sigma_{prost,1} / \sigma_{prost,1,max} = 0,00 / 0,37 = 0,00$$

$$\frac{\sigma_{\perp 1}}{\sigma_{\perp 1,max}} = \frac{0,00}{0,37} = 0,00$$

Punkt 2

Warunki nośności dla pkt. 2 nie są sprawdzane.

8.1.4.3. Połączenie nakładka górna-słup (spawane)

Nośność przekroju elementu łączącego

$$\text{MODUŁ.LICZBY}(N_{ng}) / N_{Rd} = \text{MODUŁ.LICZBY}(555,75) / 852,00 = 0,65$$

$$\frac{\left| N_{ng} \right|}{N_{Rd}} = \frac{\left| 555,75 \right|}{852,00} = 0,65$$

MODUŁ.LICZBY(N_{ng}) / N_{Rd} = MODUŁ.LICZBY(555,75) / 852,00 = 0,65 Warunek spełniony

8.1.4.4. Połączenie nakładka dolna-belka (spawane)

Punkt 1

$$T_{N,1} = N_{nd} / A_{s,N} = -544,25 / 2864,00 = -0,19 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{N1} = \frac{N_{nd}}{A_{s,N}} = \frac{(-544,25)}{2864,00} = -0,19 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$T_{V,1} = 0,00 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{V,1} = 0,00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$T_{Mx,1} = M_{nd} * y_1 / J_{s0} = 0,00 * 79,00 / 35182494,03 = 0,00 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

Załączniki

$$\tau_{Mx,1} = \frac{M_{nd} \cdot y_1}{J_{s0}} = \frac{0,00 \cdot 79,00}{35182494,03} = 0,00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$T_{My,1} = M_{nd} \cdot x_1 / J_{s0} = 0,00 \cdot -117,14 / 35182494,03 = 0,00 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{My,1} = \frac{M_{nd} \cdot x_1}{J_{s0}} = \frac{0,00 \cdot -117,14}{35182494,03} = 0,00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$T_{||,1} = \text{MODUŁ.LICZBY}(T_{N,1}) + \text{MODUŁ.LICZBY}(T_{Mx,1}) = \text{MODUŁ.LICZBY}(-0,19) + \text{MODUŁ.LICZBY}(0,00) = 0,19 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{||,1} = \left| \tau_{N,1} \right| + \left| \tau_{Mx,1} \right| = |-0,19| + |0,00| = 0,19 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\text{prost},1} = (\text{MODUŁ.LICZBY}(T_{V,1} - T_{My,1})) / 2^{0,5} = (\text{MODUŁ.LICZBY}(0,00 - 0,00)) / 2^{0,5} = 0,00 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{\perp,1} = \frac{\left(\left| \tau_{V,1} - \tau_{My,1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0,00 - 0,00 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0,00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$T_{\text{prost},1} = (\text{MODUŁ.LICZBY}(T_{V,1} - T_{My,1})) / 2^{0,5} = (\text{MODUŁ.LICZBY}(0,00 - 0,00)) / 2^{0,5} = 0,00 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{\perp,1} = \frac{\left(\left| \tau_{V,1} - \tau_{My,1} \right| \right)}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\left| 0,00 - 0,00 \right| \right)}{\sqrt{2}} = 0,00 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\text{zast},1} = (\sigma_{\text{prost},1}^2 + 3 \cdot (T_{\text{prost},1}^2 + T_{||,1}^2))^{0,5} = (0,00^2 + 3 \cdot (0,00^2 + 0,19^2))^{0,5} = 0,33 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{\text{zast},1} = \sqrt{\left(\sigma^2 + 3 \cdot (T^2 + \tau^2) \right)} = \sqrt{\left(0,00^2 + 3 \cdot (0,00^2 + 0,19^2) \right)} = 0,33 \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{\text{zast},1} / \sigma_{\text{zast},1,\text{max}} = 0,33 / 0,45 = 0,73$$

$$\frac{\sigma_{\text{zast},1}}{\sigma_{\text{zast},1,\text{max}}} = \frac{0,33}{0,45} = 0,73$$

$$\sigma_{\text{prost},1} / \sigma_{\text{prost},1,\text{max}} = 0,00 / 0,37 = 0,00$$

$$\frac{\sigma_{\perp,1}}{\sigma_{\perp,1,\text{max}}} = \frac{0,00}{0,37} = 0,00$$

Punkt 2

Warunki nośności dla pkt. 2 nie są sprawdzane.

8.1.4.5. Połączenie nakładka dolna-słup (spawane)

Nośność przekroju elementu łączącego

$$\text{MODUŁ.LICZBY}(N_{nd}) / N_{Rd} = \text{MODUŁ.LICZBY}(-544,25) / 852,00 = 0,64$$

$$\frac{|N_{nd}|}{N_{Rd}} = \frac{|(-544,25)|}{852,00} = 0,64$$

MODUŁ.LICZBY(N_{nd}) / N_{Rd} = MODUŁ.LICZBY(-544,25) / 852,00 = 0,64 Warunek spełniony

8.1.5. Warunki nośności połączenia śrubowego

8.1.5.1. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka

Załączniki

Wyężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X
(wyężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0,42	0,42
2	0,15	0,15
3	0,13	0,13
4	0,40	0,40

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = N_p / n_{s,p} = 7,59 / 8 = 0,95 \text{ [kN]}$$

$$F_{N,Ed} = \frac{N_p}{n_{s,p}} = \frac{7,59}{8} = 0,95 \text{ [kN]}$$

$$F_{M_x,Ed} = M_p \cdot z_i / \sum(x_i^2 + z_i^2) = 31718,90 \cdot 127,50 / 98700,00 = 40,97 \text{ [kN]}$$

$$F_{M_x,Ed} = \frac{M_p \cdot z_i}{\sum(x_i^2 + z_i^2)} = \frac{31718,90 \cdot 127,50}{98700,00} = 40,97 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = \text{MODUŁ.LICZBY}(F_{N,Ed} + F_{M_x,Ed}) = \text{MODUŁ.LICZBY}(0,95 + 40,97) = 41,92 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{M_x,Ed}| = |0,95 + 40,97| = 41,92 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 41,92 / 99,93 = 0,42$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{41,92}{99,93} = 0,42$$

$$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 41,92 / 99,93 = 0,42 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku Z
(wyężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0,09	0,37
2	0,09	0,37
3	0,09	0,37
4	0,09	0,37

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{V,Ed} = V_p / n_{s,p} = 90,00 / 8 = 11,25 \text{ [kN]}$$

$$F_{V,Ed} = \frac{V_p}{n_{s,p}} = \frac{90,00}{8} = 11,25 \text{ [kN]}$$

$$F_{M_z,Ed} = M_p \cdot x_i / \sum(z_i^2 + x_i^2) = 31718,90 \cdot 57,50 / 98700,00 = 18,48 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$F_{Mz,Ed} = \frac{M_p \cdot x_i}{\Sigma(z^2 + z^2)} = \frac{31718,90 \cdot 57,50}{98700,00} = 18,48 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} = \text{MODUŁ.LICZBY}(F_{V,Ed} + F_{Mz,Ed}) = \text{MODUŁ.LICZBY}(11,25 + 18,48) = 29,73 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} = |F_{V,Ed} + F_{Mz,Ed}| = |11,25 + 18,48| = 29,73 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} / F_{z,Rd} = 29,73 / 79,79 = 0,37$$

$$\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} = \frac{29,73}{79,79} = 0,37$$

$$F_{z,Ed} / F_{z,Rd} = 29,73 / 79,79 = 0,37 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenia łączników na ścięcie dla sił obliczeniowych po kierunku wypadkowym (wyężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0,71	0,85
2	0,27	0,55
3	0,24	0,54
4	0,67	0,83

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{xz,Ed} = (F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2)^{0,5} = (41,92^2 + 29,73^2)^{0,5} = 51,39 \text{ [kN]}$$

$$F_{xz,Ed} = \sqrt{F^2 + F^2} = \sqrt{41,92^2 + 29,73^2} = 51,39 \text{ [kN]}$$

$$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd} = 51,39 / 60,29 = 0,85$$

$$\frac{F_{xz,Ed}}{F_{xz,Rd}} = \frac{51,39}{60,29} = 0,85$$

$$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd} = 51,39 / 60,29 = 0,85 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenia łączników w przypadku dwukierunkowego docisku dla sił obliczeniowych

(wyężenia poszczególnych śrub - wartości $(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0,18	0,31
2	0,03	0,16
3	0,02	0,16
4	0,17	0,30

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2 = (41,92 / 99,93)^2 + (29,73 / 79,79)^2 = 0,31$$

$$(\text{^2}) + (\text{^2}) = (\text{^2}) + (\text{^2}) = 0,31$$

Załączniki

$$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2 = (41,92 / 99,93)^2 + (29,73 / 79,79)^2 = 0,31$$

Warunek spełniony

Wyłączenie grupy łączników po kierunku X

$$\text{MODUŁ.LICZBY}(N_p) / F_{gr,b,Rd,x} = \text{MODUŁ.LICZBY}(7,59) / 482,30 = 0,02$$

$$\frac{|N_p|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|7,59|}{482,30} = 0,02$$

$$\text{MODUŁ.LICZBY}(N_p) / F_{gr,b,Rd,x} = \text{MODUŁ.LICZBY}(7,59) / 482,30 = 0,02 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyłączenie grupy łączników po kierunku Z

$$\text{MODUŁ.LICZBY}(V_p) / F_{gr,b,Rd,z} = \text{MODUŁ.LICZBY}(90,00) / 482,30 = 0,19$$

$$\frac{|V_p|}{F_{gr,b,Rd,z}} = \frac{|90,00|}{482,30} = 0,19$$

$$\text{MODUŁ.LICZBY}(V_p) / F_{gr,b,Rd,z} = \text{MODUŁ.LICZBY}(90,00) / 482,30 = 0,19 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyłączenie grupy łączników w przypadku dwukierunkowego docisku

$$(N_p / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_p / F_{gr,b,Rd,z})^2 = (7,59 / 482,30)^2 + (90,00 / 482,30)^2 = 0,04$$

$$(\text{ }^2) + (\text{ }^2) = (\text{ }^2) + (\text{ }^2) = 0,04$$

$$(N_p / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_p / F_{gr,b,Rd,z})^2 = (7,59 / 482,30)^2 + (90,00 / 482,30)^2 = 0,04$$

Warunek spełniony

Wyłączenia dla rozerwania blokowego

Rozerwanie blokowe występujące w wyniku działania mimośrodowego.

$$N_p / V_{eff,N,Rd} + \text{MODUŁ.LICZBY}(V_p) / V_{eff,V,Rd} = 7,59 / 838,69 + \text{MODUŁ.LICZBY}(90,00) / 839,68 = 0,12$$

$$\frac{N_p}{V_{eff,N,Rd}} + \frac{|V_p|}{V_{eff,V,Rd}} = \frac{7,59}{838,69} + \frac{|90,00|}{839,68} = 0,12$$

$$N_p / V_{eff,N,Rd} + \text{MODUŁ.LICZBY}(V_p) / V_{eff,V,Rd} = 7,59 / 838,69 + \text{MODUŁ.LICZBY}(90,00) / 839,68 = 0,12 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyłączenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{p,osł} = N_p = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$N_{p,osł} = N_p = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$N_{p,osł} / N_{t,Rd} = 7,59 / 1004,66 = 0,01$$

$$\frac{N_{p,osł}}{N_{t,Rd}} = \frac{7,59}{1004,66} = 0,01$$

$$N_{p,osł} / N_{t,Rd} = 7,59 / 1004,66 = 0,01 \text{ Warunek spełniony}$$

8.1.5.2. Połączenie przykładka-belka (śrubowe): średnik belki

Wyłączenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X

Załączniki

(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0,40	0,40
2	0,14	0,14
3	0,12	0,12
4	0,38	0,38

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wytężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = N_w / n_{s,p} = 7,59 / 8 = 0,95 \text{ [kN]}$$

$$F_{N,Ed} = \frac{N_w}{n_{s,p}} = \frac{7,59}{8} = 0,95 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = M_w * z_i / \Sigma(x_i^2 + z_i^2) = 31718,90 * 127,50 / 98700,00 = 40,97 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_w \cdot z_i}{\Sigma(x_i^2 + z_i^2)} = \frac{31718,90 \cdot 127,50}{98700,00} = 40,97 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = \text{MODUŁ.LICZBY}(F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed}) = \text{MODUŁ.LICZBY}(0,95 + 40,97) = 41,92 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |0,95 + 40,97| = 41,92 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 41,92 / 103,96 = 0,40$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{41,92}{103,96} = 0,40$$

$$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 41,92 / 103,96 = 0,40 \text{ Warunek spełniony}$$

Wytężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku Z

(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0,05	0,21
2	0,05	0,21
3	0,05	0,21
4	0,05	0,21

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wytężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{V,Ed} = V_w / n_{s,p} = 90,00 / 8 = 11,25 \text{ [kN]}$$

$$F_{V,Ed} = \frac{V_w}{n_{s,p}} = \frac{90,00}{8} = 11,25 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mz,Ed} = M_w * x_i / \Sigma(z_i^2 + x_i^2) = 31718,90 * 57,50 / 98700,00 = 18,48 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mz,Ed} = \frac{M_w \cdot x_i}{\Sigma(z_i^2 + x_i^2)} = \frac{31718,90 \cdot 57,50}{98700,00} = 18,48 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} = \text{MODUŁ.LICZBY}(F_{V,Ed} + F_{Mz,Ed}) = \text{MODUŁ.LICZBY}(11,25 + 18,48) = 29,73$$

Załączniki

[kN]

$$F_{z,Ed} = |F_{V,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |11,25 + 18,48| = 29,73 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} / F_{z,Rd} = 29,73 / 140,35 = 0,21$$

$$\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} = \frac{29,73}{140,35} = 0,21$$

$$F_{z,Ed} / F_{z,Rd} = 29,73 / 140,35 = 0,21 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenia łączników na ścięcie dla sił obliczeniowych po kierunku wypadkowym (wyężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0,71	0,85
2	0,27	0,55
3	0,24	0,54
4	0,67	0,83

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{xz,Ed} = (F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2)^{0,5} = (41,92^2 + 29,73^2)^{0,5} = 51,39 \text{ [kN]}$$

$$F_{xz,Ed} = \sqrt{F^2 + F^2} = \sqrt{41,92^2 + 29,73^2} = 51,39 \text{ [kN]}$$

$$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd} = 51,39 / 60,29 = 0,85$$

$$\frac{F_{xz,Ed}}{F_{xz,Rd}} = \frac{51,39}{60,29} = 0,85$$

$$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd} = 51,39 / 60,29 = 0,85 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenia łączników w przypadku dwukierunkowego docisku dla sił obliczeniowych

(wyężenia poszczególnych śrub - wartości $(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$)

wiersz / kolumna	2	1
1	0,17	0,21
2	0,02	0,06
3	0,02	0,06
4	0,15	0,19

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2 = (41,92 / 103,96)^2 + (29,73 / 140,35)^2 = 0,21$$

$$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2 = (41,92 / 103,96)^2 + (29,73 / 140,35)^2 = 0,21$$

Warunek spełniony

Wyężenie grupy łączników po kierunku X

Załączniki

$$\text{MODUŁ.LICZBY}(N_w) / F_{gr,b,Rd,x} = \text{MODUŁ.LICZBY}(7,59) / 482,30 = 0,02$$

$$\frac{|N_w|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|7,59|}{482,30} = 0,02$$

MODUŁ.LICZBY(N_w) / $F_{gr,b,Rd,x}$ = MODUŁ.LICZBY(7,59) / 482,30 = 0,02 Warunek spełniony

Wyłączenie grupy łączników po kierunku Z

$$\text{MODUŁ.LICZBY}(V_w) / F_{gr,b,Rd,z} = \text{MODUŁ.LICZBY}(90,00) / 482,30 = 0,19$$

$$\frac{|V_w|}{F_{gr,b,Rd,z}} = \frac{|90,00|}{482,30} = 0,19$$

MODUŁ.LICZBY(V_w) / $F_{gr,b,Rd,z}$ = MODUŁ.LICZBY(90,00) / 482,30 = 0,19 Warunek spełniony

Wyłączenie grupy łączników w przypadku dwukierunkowego docisku

$$(N_w / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_w / F_{gr,b,Rd,z})^2 = (7,59 / 482,30)^2 + (90,00 / 482,30)^2 = 0,04$$

$$(N_w / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_w / F_{gr,b,Rd,z})^2 = (7,59 / 482,30)^2 + (90,00 / 482,30)^2 = 0,04$$

Warunek spełniony

Wyłączenia dla rozerwania blokowego

Rozerwanie blokowe występujące w wyniku działania mimośrodowego.

$$N_w / V_{eff,N,Rd} + \text{MODUŁ.LICZBY}(V_w) / V_{eff,V,Rd} = 7,59 / 688,78 + \text{MODUŁ.LICZBY}(90,00) / 689,90 = 0,14$$

$$\frac{N_w}{V_{eff,N,Rd}} + \frac{|V_w|}{V_{eff,V,Rd}} = \frac{7,59}{688,78} + \frac{|90,00|}{689,90} = 0,14$$

$N_w / V_{eff,N,Rd} + \text{MODUŁ.LICZBY}(V_w) / V_{eff,V,Rd} = 7,59 / 688,78 + \text{MODUŁ.LICZBY}(90,00) / 689,90 = 0,14$ Warunek spełniony

Wyłączenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{w,osł} = N_w = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$N_{w,osł} = N_w = 7,59 \text{ [kN]}$$

$$N_{w,osł} / N_{t,Rd} = 7,59 / 720,01 = 0,01$$

$$\frac{N_{w,osł}}{N_{t,Rd}} = \frac{7,59}{720,01} = 0,01$$

$N_{w,osł} / N_{t,Rd} = 7,59 / 720,01 = 0,01$ Warunek spełniony

8.1.6. Warunki nośności słupa

8.1.6.1. Ogólne: panel środkika słupa

$$V_{wp,Ed} = \text{MODUŁ.LICZBY}(M_{bR,Ed} - M_{bL,Ed}) / z + \text{MODUŁ.LICZBY}(V_{cB,Ed} - V_{cT,Ed}) / 2 = \text{MODUŁ.LICZBY}(220000,00 - 0,00) / 416,00 + \text{MODUŁ.LICZBY}(20,00 - -10,00) / 2 = 543,85 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$V_{wp,Ed} = \frac{M_{bR,Ed} - M_{bL,Ed}}{z} + \frac{V_{cB,Ed} - V_{cT,Ed}}{2} = \frac{220000,00 - 0,00}{416,00} + \frac{20,00 - -10,00}{2} = 543,85 \text{ [kN]}$$

$$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} = 543,85 / 939,92 = 0,58 \leq 1,0 \text{ Warunek spełniony}$$

8.1.6.2. Ogólne: środnik słupa obciążony w kierunku poprzecznym (wspólne)

$$\sigma_{com,Ed,2} = d_{wc} \cdot \text{MODUŁ.LICZBY}(M_{i2,Ed}) / (2 \cdot I_{c,y}) + \text{MODUŁ.LICZBY}(N_{i2,Ed}) / A_c = (208,00 \cdot \text{MODUŁ.LICZBY}(220000,00) / (2 \cdot 251700000,00) + \text{MODUŁ.LICZBY}(90,00) / 14910,00) \cdot 10^3 = 96,94 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{com,Ed,2} = \frac{d_{wc} \cdot |M_{i2,Ed}|}{(2 \cdot I_{c,y})} + \frac{|N_{i2,Ed}|}{A_c} = \left(\frac{208,00 \cdot |220000,00|}{(2 \cdot 251700000,00)} + \frac{|90,00|}{14910,00} \right) \cdot 10^3 = 96,94 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{com,Ed,4} = d_{wc} \cdot \text{MODUŁ.LICZBY}(M_{i4,Ed}) / (2 \cdot I_{c,y}) + \text{MODUŁ.LICZBY}(N_{i4,Ed}) / A_c = (208,00 \cdot \text{MODUŁ.LICZBY}(-11000,00) / (2 \cdot 251700000,00) + \text{MODUŁ.LICZBY}(-9,00) / 14910,00) \cdot 10^3 = 5,15 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{com,Ed,4} = \frac{d_{wc} \cdot |M_{i4,Ed}|}{(2 \cdot I_{c,y})} + \frac{|N_{i4,Ed}|}{A_c} = \left(\frac{208,00 \cdot |(-11000,00)|}{(2 \cdot 251700000,00)} + \frac{|(-9,00)|}{14910,00} \right) \cdot 10^3 = 5,15 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \max(\sigma_{com,Ed,2}; \sigma_{com,Ed,4}) = \max(96,94; 5,15) = 96,94 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \max(\sigma_{com,Ed,2}; \sigma_{com,Ed,4}) = \max(96,94; 5,15) = 96,94 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{com,Ed} = 96,94 \leq 0,7 \cdot f_{y,wc} = 0,7 \cdot 355,00 = 248,50 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{com,Ed} = 96,94 \leq 0,7 \cdot f_{y,wc} = 0,7 \cdot 355,00 = 248,50 \text{ [MPa]}$$

$$k_{wc} = 1,0$$

$$k_{wc} = 1,0$$

$$\beta = 1$$

$$\beta = 1$$

8.1.6.3. Połączenie nakładka górna-słup (spawane)

Minimalna smukłość żebra środnika słupa

Dotyczy żebra ściskanego znajdującego się na przedłużeniu elementu.

Nie zachodzi konieczność sprawdzania smukłości - żebro nie jest ściskane.

Środnik słupa rozciągany w kierunku poprzecznym

$$\omega_1 = (1 + 1,3 \cdot (b_{eff,t,wc} \cdot t_{w,eff} / A_{vc})^2)^{-0,5} = (1 + 1,3 \cdot (246,00 \cdot 11,00 / 4745,00)^2)^{-0,5} = 0,84$$

$$\omega_1 = (\quad)^{-0,5} = (\quad)^{-0,5} = 0,84$$

$$\omega = \omega_1 = 0,84$$

$$\omega = \omega_1 = 0,84$$

$$F_{t,wc,Rd,pierw} = \omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{w,eff} \cdot f_{y,wc} / \gamma_{M0} = 0,84 \cdot 246,00 \cdot 11,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} / 1,00 = 805,35 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,wc,Rd,pierw} = \frac{\omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{w,eff} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,84 \cdot 246,00 \cdot 11,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 805,35 \text{ [kN]}$$

$$A_{sg} = 2 \cdot b_s \cdot t_{sg} = 2 \cdot 262,00 \cdot 12,00 = 6288,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{sg} = 2 \cdot b_s \cdot t_{sg} = 2 \cdot 262,00 \cdot 12,00 = 6288,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F_{t,wc,Rd,Add} = A_{sg} \cdot f_{y,s} / \gamma_{M0} = 6288,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} / 1,00 = 2232,24 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$F_{t,wc,Rd,Add} = \frac{A_{sE} \cdot f_{y,s}}{\gamma_{M0}} = \frac{6288,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 2232,24 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,wc,Rd} = F_{t,wc,Rd,pierw} + F_{t,wc,Rd,Add} = 805,35 + 2232,24 = 3037,59 \text{ [kN]}$$

$$F_{t,wc,Rd} = F_{t,wc,Rd,pierw} + F_{t,wc,Rd,Add} = 805,35 + 2232,24 = 3037,59 \text{ [kN]}$$

$$N_{ng} / F_{t,wc,Rd} = 555,75 / 3037,59 = 0,18 \text{ Warunek spełniony}$$

8.1.6.4. Połączenie nakładka dolna-słup (spawane)

Minimalna smukłość żebra środkika słupa

Dotyczy żebra ściskanego znajdującego się na przedłużeniu elementu.

$$\varepsilon_{sd} = (235 / f_{ysd})^{0,5} = (235 / 355,00)^{0,5} = 0,81$$

$$\varepsilon_{sd} = \sqrt{\left(\frac{235 f_{ysd}}{f_{ysd}}\right)} = \sqrt{\left(\frac{235}{355,00}\right)} = 0,81$$

$$h_{wc} / t_{sd} = 262,00 / 12,00 = 21,83 \leq 40 \cdot \varepsilon_s = 40 \cdot 0,81 = 32,54$$

$$\frac{h_{wc}}{t_{sd}} = \frac{262,00}{12,00} = 21,83 \leq 40 \cdot \varepsilon_s = 40 \cdot 0,81 = 32,54$$

Warunek smukłości żebra usztywniającego środkik słupa na przedłużeniu nakładki.
Warunek spełniony

Środnik słupa ściskany w kierunku poprzecznym

$$\omega_1 = (1 + 1,3 \cdot (b_{eff,c,wc} \cdot t_{w,eff} / A_{vc})^2)^{-0,5} = (1 + 1,3 \cdot (246,00 \cdot 11,00 / 4745,00)^2)^{-0,5} = 0,84$$

$$\omega_1 = (\quad)^{-0,5} = (\quad)^{-0,5} = 0,84$$

$$\omega = \omega_1 = 0,84$$

$$\omega = \omega_1 = 0,84$$

$$\varepsilon_{sd} = (235 / f_{ysd})^{0,5} = (235 / 355,00)^{0,5} = 0,81$$

$$\varepsilon_{sd} = \sqrt{\left(\frac{235 f_{ysd}}{f_{ysd}}\right)} = \sqrt{\left(\frac{235}{355,00}\right)} = 0,81$$

$$h_{wc} / t_{sd} = 262,00 / 12,00 = 21,83 \leq 40 \cdot \varepsilon_s = 40 \cdot 0,81 = 32,54$$

$$\frac{h_{wc}}{t_{sd}} = \frac{262,00}{12,00} = 21,83 \leq 40 \cdot \varepsilon_s = 40 \cdot 0,81 = 32,54$$

Warunek smukłości granicznej żebra w strefie ściskanej spełniony - słup traktowany jako uźebrowany w strefie ściskanej.

$$F_{c,wc,Rd,pierw} = \omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc} / \gamma_{M0} = 0,84 \cdot 1,00 \cdot 246,00 \cdot 11,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} / 1,00 = 805,35 \text{ [kN]}$$

$$F_{c,wc,Rd,pierw} = \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,84 \cdot 1,00 \cdot 246,00 \cdot 11,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 805,35 \text{ [kN]}$$

$$F_{c,wc,Rd,pierw,max} = \omega \cdot k_{wc} \cdot \rho_c \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc} / \gamma_{M1} = 0,84 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 246,00 \cdot 11,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} / 1,00 = 805,35 \text{ [kN]}$$

$$F_{c,wc,Rd,pierw,max} = \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho_c \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,84 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 246,00 \cdot 11,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 805,35 \text{ [kN]}$$

$$F_{c,wc,Rd,pierw} = 805,35 \leq F_{c,wc,Rd,pierw,max} = 805,35 \text{ [kN]}$$

$$F_{c,wc,Rd,pierw} = 805,35 \leq F_{c,wc,Rd,pierw,max} = 805,35 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$A_{sd} = 2 \cdot b_s \cdot t_{sd} = 2 \cdot 262,00 \cdot 12,00 = 6288,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{sd} = 2 \cdot b_s \cdot t_{sd} = 2 \cdot 262,00 \cdot 12,00 = 6288,00 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F_{c,wc,Rd,Add} = A_{sd} \cdot f_{y,s} / \gamma_{M0} = 6288,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3} / 1,00 = 2232,24 \text{ [kN]}$$

$$F_{c,wc,Rd,Add} = \frac{A_{sd} \cdot f_{y,s}}{\gamma_{M0}} = \frac{6288,00 \cdot 355,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 2232,24 \text{ [kN]}$$

$$F_{c,wc,Rd} = F_{c,wc,Rd,pierw} + F_{c,wc,Rd,Add} = 805,35 + 2232,24 = 3037,59 \text{ [kN]}$$

$$F_{c,wc,Rd} = F_{c,wc,Rd,pierw} + F_{c,wc,Rd,Add} = 805,35 + 2232,24 = 3037,59 \text{ [kN]}$$

$$\text{MODUŁ.LICZBY}(N_{nd}) / F_{c,wc,Rd} = \text{MODUŁ.LICZBY}(-544,25) / 3037,59 = 0,18$$

Warunek spełniony

9. Podsumowanie wyteżeń

Kolejne kolumny w poniższych tabelach wyteżeń odpowiadają poszczególnym elementom połączenia:

- 1: Połączenie przykładka-belka (śrubowe): przykładka
- 2: Połączenie przykładka-belka (śrubowe): środek belki
- 3: Połączenie przykładka-słup (spawane)
- 4: Połączenie nakładka górna-belka (spawane)
- 6: Połączenie nakładka górna-słup (spawane)
- 7: Połączenie nakładka dolna-belka (spawane)
- 9: Połączenie nakładka dolna-słup (spawane)

Zestaw sił nr 1

Wartości poszczególnych wyteżeń dla połączeń typu spawanego.

wyteżenie	3	4	6	7	9
$\sigma_{zast,1} / \sigma_{zast,1,max}$	-	0,74	-	0,73	-
$\sigma_{prost,1} / \sigma_{prost,1,max}$	-	0,00	-	0,00	-
$\sigma_{zast,2} / \sigma_{zast,2,max}$	-	-	-	-	-
$\sigma_{prost,2} / \sigma_{prost,2,max}$	-	-	-	-	-
$\sigma_{zast,l} / \sigma_{zast,l,max}$	-	-	-	-	-
$\sigma_{prost,l} / \sigma_{prost,l,max}$	-	-	-	-	-
nośność przekroju elementu łączącego	0,55	-	0,65	-	0,64
Smukłość żebra	-	-	-	-	OK

Wartości poszczególnych wyteżeń dla połączeń typu śrubowego.

wyteżenie	1	2
$F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$	0,42	0,40
$F_{x,Ed,ser} / F_{x,Rd,ser}$	-	-
$F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$	0,37	0,21
$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$	0,85	0,85
$F_{xz,Ed,ser} / F_{xz,Rd,ser}$	-	-
$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$	0,31	0,21

Załączniki

$\text{MODUŁ.LICZBY}(N_{el}) / F_{gr,b,Rd,x}$	0,02	0,02
$\text{MODUŁ.LICZBY}(V_{el}) / F_{gr,b,Rd,z}$	0,19	0,19
$(N_{el} / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_{el} / F_{gr,b,Rd,z})^2$	0,04	0,04
$N_{el} / V_{eff,Rd}$	-	-
$N_{el} / V_{eff,N,Rd} + \text{MODUŁ.LICZBY}(V_{el}) / V_{eff,V,Rd}$	0,12	0,14
$\text{MODUŁ.LICZBY}(N_{el}) / N_{c,Rd,osi}$	-	-
$N_{el} / N_{t,Rd,osi}$	0,01	0,01

Zestawienie maksymalnych wyężeń

Wartości największych wyężeń dla poszczególnych połączeń.

Sily	1	2	3	4	6	7	9
1	0,85	0,85	0,55	0,74	0,65	0,73	0,64

Raport przykładowy: Połączenie EuroZłącza BELKA-BELKA

Raport obliczanie połączenia elementów konstrukcji stalowych wg PN-EN 1993-1-8 do programu Rama3D/2D

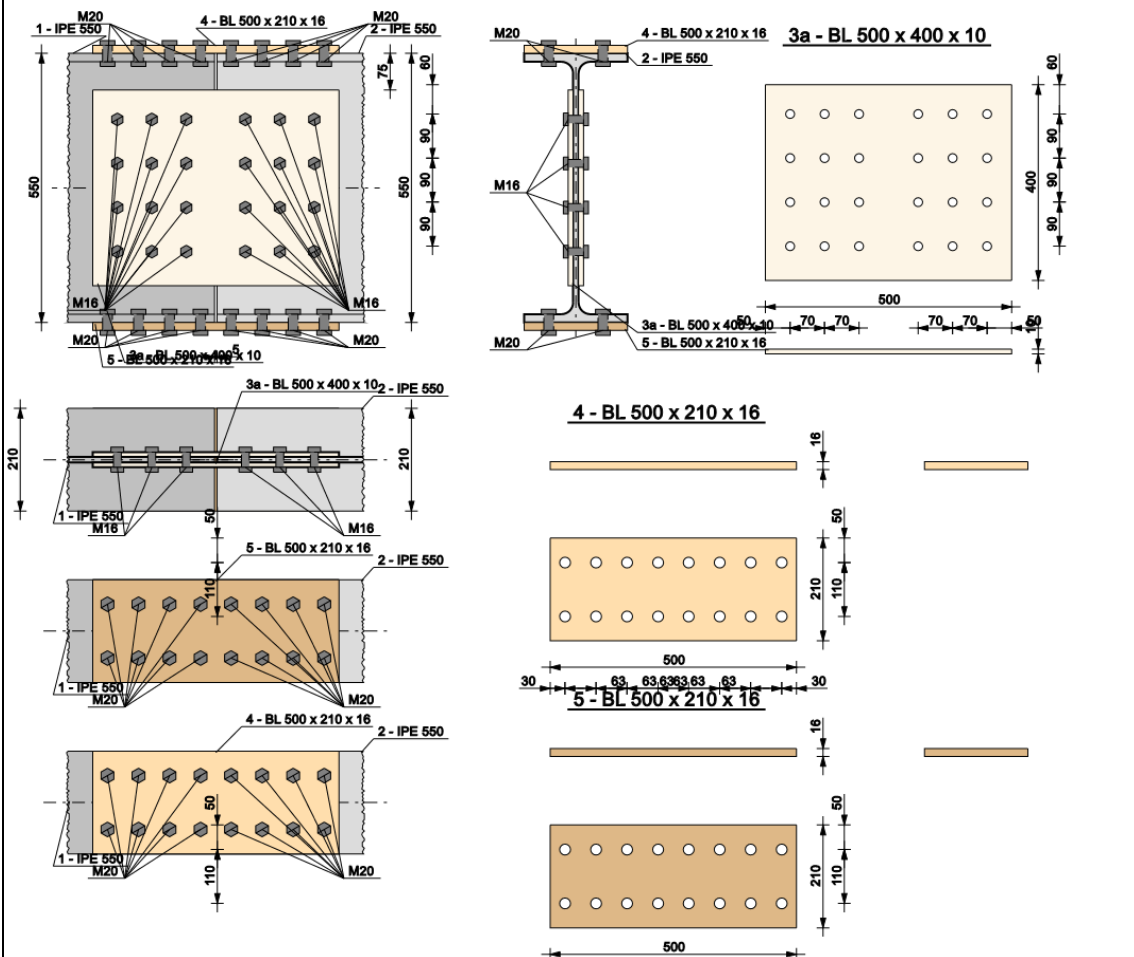
Rodzaj połączenia: połączenia belka-belka (montażowe)

Tytuł: Złącze Belka -Belka

Podtytuł: Złącze w węźle nr 14 – typ Belka -Belka

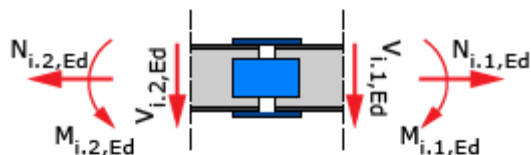
Typ raportu: pełny

1. Geometria modelu (rysunek poglądowy)



2. Obciążenia

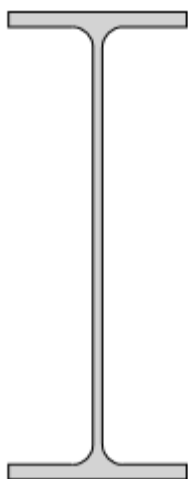
Załączniki



Nr	Seria	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1.1	seria 1	50.00	20.00	300.00
1.2	seria 1	50.00	-20.00	300.00

3. Geometria

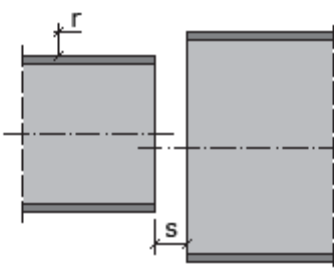
Belka prawa

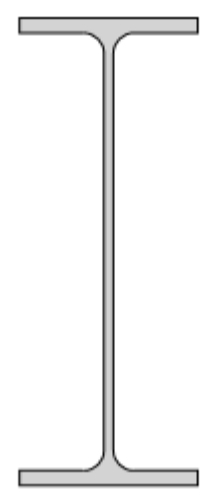


Typ profilu	IPE 550
Wysokość przekroju [mm]	$h_{b(R)} = 550.00$
Szerokość pólki przekroju [mm]	$b_{fb(R)} = 210.00$
Grubość środnika przekroju [mm]	$t_{wb(R)} = 11.10$
Grubość pólki przekroju [mm]	$t_{fb(R)} = 17.20$
Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1b(R)} = 24.00$
Pole powierzchni przekroju poprzecznego [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]	$f_{ub(R)} = 360.00$

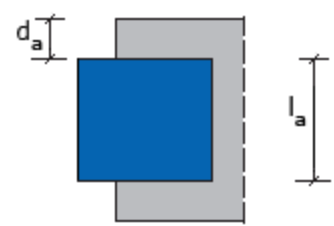
Belka lewa

Załączniki



	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]	$t_{wb(L)} = 11.10$
	Grubość pólki przekroju [mm]	$t_{fb(L)} = 17.20$
	Promień wewnętrzny [mm]	$R_{1b(L)} = 24.00$
	Pole powierzchni przekroju poprzecznego [mm ²]	$A_{b(L)} = 13400.00$
	Moment bezwładności względem osi y-y [cm ⁴]	$I_{yb(L)} = 67120.00$
	Moment bezwładności względem osi z-z [cm ⁴]	$I_{zb(L)} = 2668.00$
	Stal	S 235
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb(L)} = 235.00$	
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub(L)} = 360.00$	

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]	$f_{usi} = 360.00$	
Nakładka górna		
	Typ profilu	BL 500 x 210 x 16
	Wysokość [mm]	$h_{set} = 210.00$
	Długość [mm]	$l_{set} = 500.00$
	Grubość [mm]	$t_{set} = 16.00$
	Stal	S 235
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yset} = 235.00$	
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{uset} = 360.00$	

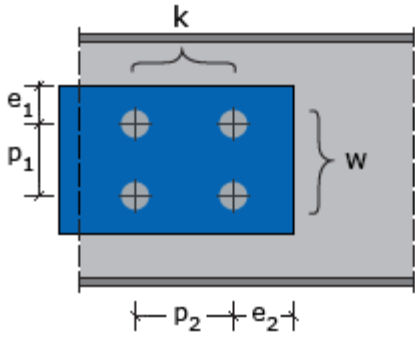
Załączniki

Nakładka dolna

	Typ profilu	BL 500 x 210 x 16
	Wysokość [mm]	$h_{seb} = 210.00$
	Długość [mm]	$l_{seb} = 500.00$
	Grubość [mm]	$t_{seb} = 16.00$
	Stal	S 235
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yseb} = 235.00$	
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{useb} = 360.00$	

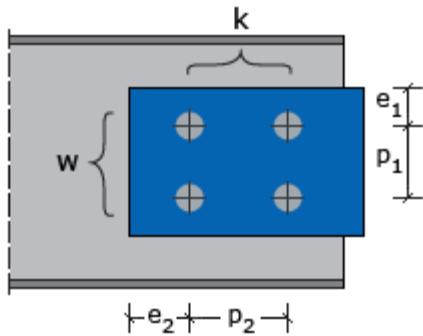
4. Parametry połączenia

- połączenie belka prawa-przykładka (blacha): śrubowe

	Klasa śruby	8.8
	Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne	nie
	Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 640.00$
	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 800.00$
	Średnica śruby [mm]	$d = 16.00$
	Średnica otworu na śruby [mm]	$d_0 = 18.00$
	Pole powierzchni śruby [cm ²]	$A = 2.01$
	Pole powierzchni czynnej śruby [cm ²]	$A_s = 1.57$
	Liczba wierszy śrub (w)	4
	Liczba kolumn śrub (k)	3
Łączenie ponad środkiem	nie	
Odległość e_1 [mm]	$e_1 = 60$	
Odległość e_2 [mm]	$e_2 = 50$	
Rozstaw śrub p_1 [mm]	$p_1 = 90$	
Rozstaw śrub p_2 [mm]	$p_2 = 70$	

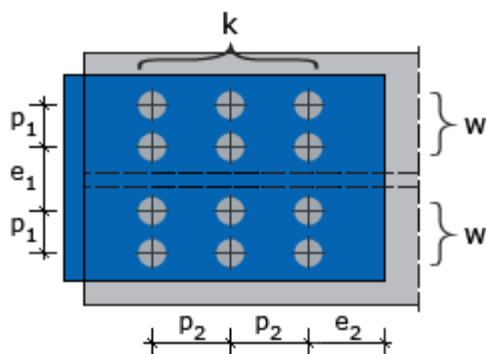
Załączniki

- połączenie belka lewa-przykładka (blacha): śrubowe



Klasa śruby	8.8
Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne	nie
Granica plastyczności [MPa]	$f_{yb} = 640.00$
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	$f_{ub} = 800.00$
Średnica śruby [mm]	$d = 16.00$
Średnica otworu na śruby [mm]	$d_0 = 18.00$
Pole powierzchni śruby [cm ²]	$A = 2.01$
Pole powierzchni czynnej śruby [cm ²]	$A_S = 1.57$
Liczba wierszy śrub (w)	4
Liczba kolumn śrub (k)	3
Łączenie ponad średnikiem	nie
Odległość e_1 [mm]	$e_1 = 60$
Odległość e_2 [mm]	$e_2 = 50$
Rozstaw śrub p_1 [mm]	$p_1 = 90$
Rozstaw śrub p_2 [mm]	$p_2 = 70$

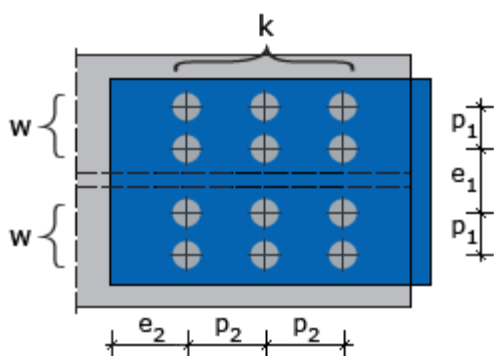
- połączenie belka prawa-nakładka górna (blacha): śrubowe



Klasa śruby	8.8
Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne	nie
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)	1
Liczba kolumn śrub (k)	4
Łączenie ponad średnikiem	tak
Odległość e_1 [mm]	$e_1 = 110$
Odległość e_2 [mm]	$e_2 = 30$
Rozstaw śrub p_1 [mm]	$p_1 = 0$
Rozstaw śrub p_2 [mm]	$p_2 = 63$

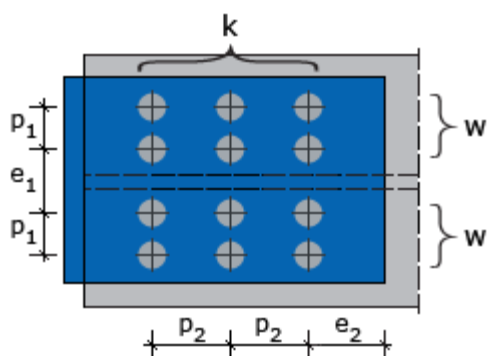
Załączniki

- połączenie belka lewa-nakładka górna (blacha): śrubowe



Klasa śruby	8.8
Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne	nie
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)	1
Liczba kolumn śrub (k)	4
Łączenie ponad średnikiem	tak
Odległość e_1 [mm]	$e_1 = 110$
Odległość e_2 [mm]	$e_2 = 30$
Rozstaw śrub p_1 [mm]	$p_1 = 0$
Rozstaw śrub p_2 [mm]	$p_2 = 63$

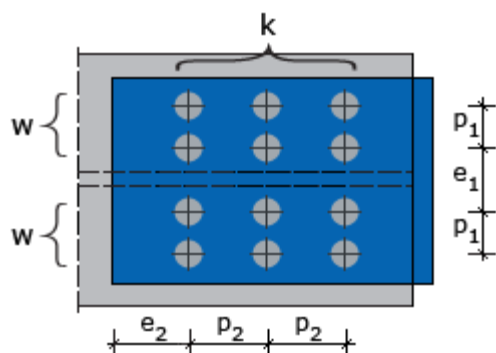
- połączenie belka prawa-nakładka dolna (blacha): śrubowe



Klasa śruby	8.8
Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne	nie
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)	1
Liczba kolumn śrub (k)	4
Łączenie ponad średnikiem	tak
Odległość e_1 [mm]	$e_1 = 110$
Odległość e_2 [mm]	$e_2 = 30$
Rozstaw śrub p_1 [mm]	$p_1 = 0$
Rozstaw śrub p_2 [mm]	$p_2 = 63$

Załączniki

- połączenie belka lewa-nakładka dolna (blacha): śrubowe



Klasa śruby	8.8
Konstrukcja narażona na wpływy atmosferyczne lub korozyjne	nie
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)	1
Liczba kolumn śrub (k)	4
Łączenie ponad średnikiem	tak
Odległość e_1 [mm]	$e_1 = 110$
Odległość e_2 [mm]	$e_2 = 30$
Rozstaw śrub p_1 [mm]	$p_1 = 0$
Rozstaw śrub p_2 [mm]	$p_2 = 63$

5. Sprawdzenie warunków normowych

Liczba niespełnionych warunków geometrycznych lub normowych: 0 z 52

5.1. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{1,p}$ (przykładka)

$$p_{1,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$90.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [mm]$$

Warunek spełniony

5.2. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,p}$ (przykładka)

$$p_{2,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

Załączniki

$$70.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.3. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{1,w}$ (belka prawa)

$$p_{1,w} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$90.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.4. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,w}$ (belka prawa)

$$p_{2,w} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$70.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.5. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{1,p}$ (przykładka)

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

$$60.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.6. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{12,p}$ (przykładka)

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

$$e_{12,p} = 400.0 - 60.0 - 3 \cdot 90.0 = 70.0$$

$$70.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.7. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (śruby)

Załączniki

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,p}$ (przykładka)

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

$$50.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.8. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{22,w}$ (belka prawa)

$$e_{22,w} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$57.5 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.9. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{11,w}$ (belka prawa)

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

$$135.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.10. Połączenie belka prawa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,w}$ (belka prawa)

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

$$145.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.11. Połączenie belka prawa-nakładka górna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,ng}$ (nakładka górna)

$$p_{2,ng} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$63.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

Załączniki

5.12. Połączenie belka prawa-nakładka górna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,fg}$ (belka prawa)

$$p_{2,fg} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$63.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.13. Połączenie belka prawa-nakładka górna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $e_{1,ng}$ (nakładka górna)

$$e_{1,ng} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$110.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.14. Połączenie belka prawa-nakładka górna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,ng}$ (nakładka górna)

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

$$e_{12,ng} = 210.0/2 - 110.0/2 = 50.0$$

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

Warunek spełniony

5.15. Połączenie belka prawa-nakładka górna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,ng}$ (nakładka górna)

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

$$30.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.16. Połączenie belka prawa-nakładka górna (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{22,fg}$ (belka prawa)

$$e_{22,fg} \geq 1.2 \cdot d_0$$

Załączniki

$$28.5 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.17. Połączenie belka prawa-nakładka górna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,fg}$ (belka prawa)

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

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

Warunek spełniony

5.18. Połączenie belka prawa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,nd}$ (nakładka dolna)

$$p_{2,nd} \leq \min \left(14 \cdot t, 200.0 \text{mm} \right)$$

$$p_{2,nd} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$63.0 \leq \min \left(14 \cdot 16.0, 200.0 \right) = 200.0 [\text{mm}]$$

$$63.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.19. Połączenie belka prawa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,fd}$ (belka prawa)

$$p_{2,fd} \leq \min \left(14 \cdot t, 200.0 \text{mm} \right)$$

$$p_{2,fd} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$63.0 \leq \min \left(14 \cdot 17.2, 200.0 \right) = 200.0 [\text{mm}]$$

$$63.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.20. Połączenie belka prawa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $e_{1,nd}$ (nakładka dolna)

$$e_{1,nd} \leq \min \left(14 \cdot t, 200.0 \text{mm} \right)$$

$$e_{1,nd} \geq 2.4 \cdot d_0$$

Załączniki

$$110.0 \leq \min(14 \cdot 16.0, 200.0) = 200.0 [\text{mm}]$$

$$110.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.21. Połączenie belka-prawa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,nd}$ (nakładka dolna)

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

$$e_{12,nd} = 210.0/2 - 110.0/2 = 50.0$$

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

Warunek spełniony

5.22. Połączenie belka-prawa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,nd}$ (nakładka dolna)

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

$$30.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.23. Połączenie belka-prawa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

warunek stateczności ścianki ściskanej między łącznikami dla $p_{2,nd}$ (nakładka dolna)

$$p_{2,nd} \leq 9 \cdot t \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{235}{f_y}\right)} = \sqrt{\left(\frac{235}{235.00}\right)} = 1.00$$

$$63.0 \leq 9 \cdot 16.0 \cdot 1.000 = 144.0 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.24. Połączenie belka-prawa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

warunek stateczności ścianki ściskanej między łącznikami dla $p_{2,fd}$ (belka prawa)

$$p_{2,fd} \leq 9 \cdot t \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{235}{f_y}\right)} = \sqrt{\left(\frac{235}{235.00}\right)} = 1.00$$

$$63.0 \leq 9 \cdot 17.2 \cdot 1.000 = 154.8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.25. Połączenie belka prawa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{22,fd}$ (belka prawa)

$$e_{22,fd} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$28.5 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.26. Połączenie belka prawa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,fd}$ (belka prawa)

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

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

Warunek spełniony

5.27. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{1,p}$ (przykładka)

$$p_{1,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$90.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [mm]$$

Warunek spełniony

5.28. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,p}$ (przykładka)

$$p_{2,p} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$70.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [mm]$$

Warunek spełniony

5.29. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{1,w}$ (belka lewa)

Załączniki

$$p_{1,w} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$90.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.30. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,w}$ (belka lewa)

$$p_{2,w} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$70.0 \geq 2.4 \cdot 18 = 43.2 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.31. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{1,p}$ (przykładka)

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

$$60.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.32. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{12,p}$ (przykładka)

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

$$e_{12,p} = 400.0 - 60.0 - 3 \cdot 90.0 = 70.0$$

$$70.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.33. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,p}$ (przykładka)

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

$$50.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

Załączniki

5.34. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{22,w}$ (belka lewa)

$$e_{22,w} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$57.5 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.35. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{11,w}$ (belka lewa)

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

$$135.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.36. Połączenie belka lewa-przykładka (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,w}$ (belka lewa)

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

$$145.0 \geq 1.2 \cdot 18 = 21.6 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.37. Połączenie belka lewa-nakładka górna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,ng}$ (nakładka górna)

$$p_{2,ng} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$63.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.38. Połączenie belka lewa-nakładka górna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,fg}$ (belka lewa)

$$p_{2,fg} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$63.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [\text{mm}]$$

Warunek spełniony

5.39. Połączenie belka lewa-nakładka górna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $e_{1,ng}$ (nakładka górna)

$$e_{1,ng} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$110.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

5.40. Połączenie belka lewa-nakładka górna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,ng}$ (nakładka górna)

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

$$e_{12,ng} = 210.0/2 - 110.0/2 = 50.0$$

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

Warunek spełniony

5.41. Połączenie belka lewa-nakładka górna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,ng}$ (nakładka górna)

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

$$30.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.42. Połączenie belka lewa-nakładka górna (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{22,fg}$ (belka lewa)

$$e_{22,fg} \geq 1.2 \cdot d_0$$

$$28.5 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.43. Połączenie belka lewa-nakładka górna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,fg}$ (belka lewa)

Załączniki

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

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

Warunek spełniony

5.44. Połączenie belka lewa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,nd}$ (nakładka dolna)

$$p_{2,nd} \leq \min \{ 14 \cdot t, 200.0mm \}$$

$$p_{2,nd} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$63.0 \leq \min \{ 14 \cdot 16.0, 200.0 \} = 200.0 [mm]$$

$$63.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

5.45. Połączenie belka lewa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $p_{2,fd}$ (belka lewa)

$$p_{2,fd} \leq \min \{ 14 \cdot t, 200.0mm \}$$

$$p_{2,fd} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$63.0 \leq \min \{ 14 \cdot 17.2, 200.0 \} = 200.0 [mm]$$

$$63.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

5.46. Połączenie belka lewa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

dopuszczalny rozstaw śrub $e_{1,nd}$ (nakładka dolna)

$$e_{1,nd} \leq \min \{ 14 \cdot t, 200.0mm \}$$

$$e_{1,nd} \geq 2.4 \cdot d_0$$

$$110.0 \leq \min \{ 14 \cdot 16.0, 200.0 \} = 200.0 [mm]$$

$$110.0 \geq 2.4 \cdot 22 = 52.8 [mm]$$

Warunek spełniony

5.47. Połączenie belka lewa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,nd}$ (nakładka dolna)

Załączniki

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

$$e_{12,nd} = 210.0/2 - 110.0/2 = 50.0$$

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

Warunek spełniony

5.48. Połączenie belka lewa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{2,nd}$ (nakładka dolna)

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

$$30.0 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.49. Połączenie belka lewa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

warunek stateczności ścianki ściskanej między łącznikami dla $p_{2,nd}$ (nakładka dolna)

$$p_{2,nd} \leq 9 \cdot t \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{235f_y}{\sigma}\right)} = \sqrt{\left(\frac{235}{235.00}\right)} = 1.00$$

$$63.0 \leq 9 \cdot 16.0 \cdot 1.000 = 144.0 [mm]$$

Warunek spełniony

5.50. Połączenie belka lewa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

warunek stateczności ścianki ściskanej między łącznikami dla $p_{2,fd}$ (belka lewa)

$$p_{2,fd} \leq 9 \cdot t \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{235f_y}{\sigma}\right)} = \sqrt{\left(\frac{235}{235.00}\right)} = 1.00$$

$$63.0 \leq 9 \cdot 17.2 \cdot 1.000 = 154.8 [mm]$$

Warunek spełniony

5.51. Połączenie belka lewa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

odległość śrub od przeciwnej krawędzi elementu $e_{22,fd}$ (belka lewa)

$$e_{22,fd} \geq 1.2 \cdot d_0$$

Załączniki

$$28.5 \geq 1.2 \cdot 22 = 26.4 [mm]$$

Warunek spełniony

5.52. Połączenie belka lewa-nakładka dolna (blacha) (śruby)

odległość śrub od krawędzi elementu $e_{12,fd}$ (belka lewa)

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

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

Warunek spełniony

6. Lista maksymalnych wyężeń

Liczba przekroczonych warunków nośności: 0 z 64

Maksymalne wyężenie w obliczanej konstrukcji wynosi: 0.94

Sprawdzany element	War.	Siła
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.23	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek Z	0.11	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek wypadkowy	0.46	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, dwukierunkowa interakcja	0.07	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek X	0.01	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek Z	0.01	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek wypadkowy	0.00	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka: rozerwanie blokowe	0.04	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka: przekrój osłabiony otworami	0.01	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.38	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki: pojedynczy łącznik, kierunek Z	0.20	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki: pojedynczy łącznik, kierunek wypadkowy	0.92	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki: pojedynczy łącznik, dwukierunkowa interakcja	0.19	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki: grupa łączników, kierunek X	0.03	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki: grupa łączników, kierunek Z	0.03	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki: grupa łączników, kierunek wypadkowy	0.00	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki: rozerwanie blokowe	0.05	1
Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki: przekrój osłabiony otworami	0.02	1
Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): nakładka górna: pojedynczy łącznik,	0.74	1

Załączniki

kierunek X		
Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): nakładka górna: grupa łączników, kierunek X	0.74	1
Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): nakładka górna: rozerwanie blokowe	0.57	1
Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): nakładka górna: przekrój osłabiony otworami	0.81	1
Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): pas górny belki: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.74	1
Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): pas górny belki: grupa łączników, kierunek X	0.74	1
Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): pas górny belki: rozerwanie blokowe	0.54	1
Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): pas górny belki: przekrój osłabiony otworami	0.76	1
Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): nakładka dolna: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.71	1
Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): nakładka dolna: grupa łączników, kierunek X	0.71	1
Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): nakładka dolna: przekrój osłabiony otworami	0.67	1
Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): pas dolny belki: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.71	1
Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): pas dolny belki: grupa łączników, kierunek X	0.71	1
Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): pas dolny belki: przekrój osłabiony otworami	0.63	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.23	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek Z	0.12	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, kierunek wypadkowy	0.47	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka: pojedynczy łącznik, dwukierunkowa interakcja	0.07	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek X	0.01	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek Z	0.01	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka: grupa łączników, kierunek wypadkowy	0.00	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka: rozerwanie blokowe	0.04	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka: przekrój osłabiony otworami	0.01	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.39	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki: pojedynczy łącznik, kierunek Z	0.21	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki: pojedynczy łącznik, kierunek wypadkowy	0.94	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki: pojedynczy łącznik, dwukierunkowa interakcja	0.19	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki: grupa łączników, kierunek X	0.03	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki: grupa łączników, kierunek Z	0.03	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki: grupa łączników, kierunek wypadkowy	0.00	1
Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki: rozerwanie blokowe	0.05	1

Załączniki

Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki: przekrój osłabiony otworami	0.02	1
Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): nakładka górna: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.74	1
Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): nakładka górna: grupa łączników, kierunek X	0.74	1
Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): nakładka górna: rozerwanie blokowe	0.57	1
Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): nakładka górna: przekrój osłabiony otworami	0.81	1
Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): pas górny belki: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.74	1
Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): pas górny belki: grupa łączników, kierunek X	0.74	1
Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): pas górny belki: rozerwanie blokowe	0.54	1
Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): pas górny belki: przekrój osłabiony otworami	0.76	1
Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): nakładka dolna: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.71	1
Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): nakładka dolna: grupa łączników, kierunek X	0.71	1
Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): nakładka dolna: przekrój osłabiony otworami	0.67	1
Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): pas dolny belki: pojedynczy łącznik, kierunek X	0.71	1
Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): pas dolny belki: grupa łączników, kierunek X	0.71	1
Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): pas dolny belki: przekrój osłabiony otworami	0.63	1

7. Obliczenia wstępne

7.1.1. Parametry geometryczne ogólne

7.1.1.1. Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe)

$$t_{b(L)w} - t_{b(R)w} = 11.10 - 11.10 = 0.00 \leq 2.00 [mm]$$

Nie zakłada się konieczności użycia podkładki dystansującej.

$$A_{b(R)} = 13400.00 [mm^2]$$

$$A_{b(R)w} = h_{b(R)w} \cdot t_{b(R)w} = 515.60 \cdot 11.10 = 5723.16 [mm^2]$$

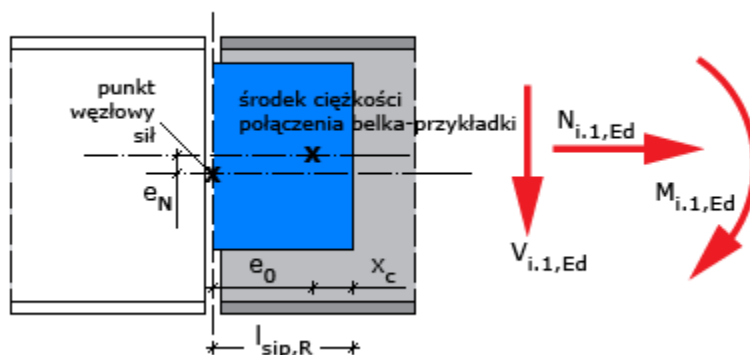
$$A_{b(R)E} = b_{b(R)E} \cdot t_{b(R)E} = 210.00 \cdot 17.20 = 3612.00 [mm^2]$$

$$A_{b(R)Z} = b_{b(R)Z} \cdot t_{b(R)Z} = 210.00 \cdot 17.20 = 3612.00 [mm^2]$$

$$J_{y0,b(R)} = 671200000.00 [mm^4]$$

Załączniki

$$J_{y,b(R)w} = \frac{t_{b(R)w} \cdot h_{b(R)w}^3}{12} = \frac{11.10 \cdot 515.60^3}{12} = 126788673.68 \text{ [mm}^4 \text{]}$$



Mimośrodki działania sił

$$x_c = e_2 + \frac{(k-1) \cdot p_2}{2} = 50.00 + \frac{(3-1) \cdot 70.00}{2} = 120.00 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = l_{sip,R} - x_c = 250.00 - 120.00 = 130.00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = \frac{h_{b,R}}{2} - d_{sip,R} \cdot \left(e_1 + \frac{(w-1) \cdot p_1}{2} \right) = \frac{550.00}{2} - 75.00 \cdot \left(60.00 + \frac{(4-1) \cdot 90.00}{2} \right) = 5.00 \text{ [mm]}$$

7.1.1.2. Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe)

$$x_c = e_2 + \frac{(k-1) \cdot p_2}{2} = 30.00 + \frac{(4-1) \cdot 63.00}{2} = 124.50 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = l_{sepp,R} - x_c = 250.00 - 124.50 = 125.50 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0.00 \text{ [mm]}$$

7.1.1.3. Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe)

$$x_c = e_2 + \frac{(k-1) \cdot p_2}{2} = 30.00 + \frac{(4-1) \cdot 63.00}{2} = 124.50 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = l_{sebp,R} - x_c = 250.00 - 124.50 = 125.50 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0.00 \text{ [mm]}$$

7.1.1.4. Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe)

$$A_{b(L)} = 13400.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$A_{b(L)w} = h_{b(L)w} \cdot t_{b(L)w} = 515.60 \cdot 11.10 = 5723.16 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

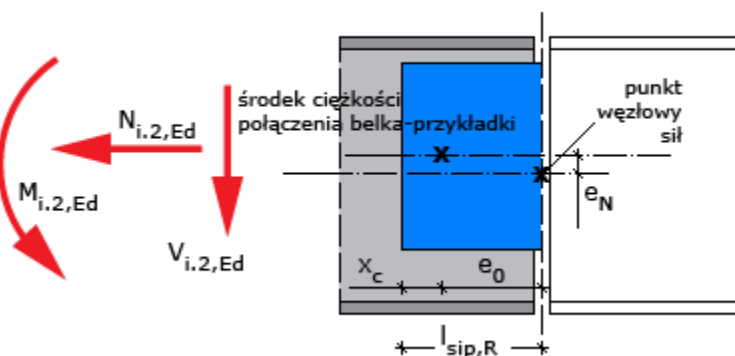
$$A_{b(L)w\bar{e}} = b_{b(L)w\bar{e}} \cdot t_{b(L)w\bar{e}} = 210.00 \cdot 17.20 = 3612.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

Załączniki

$$A_{b(L)fa} = b_{b(L)fa} \cdot t_{b(L)fa} = 210,00 \cdot 17,20 = 3612,00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$J_{y0,b(L)} = 671200000,00 \text{ [mm}^4 \text{]}$$

$$J_{y,b(L)w} = \frac{t_{b(L)w} \cdot h_{b(L)w}^3}{12} = \frac{11,10 \cdot 515,60^3}{12} = 126788673,68 \text{ [mm}^4 \text{]}$$



Mimośrodny działania sił

$$x_c = e_2 + \frac{(k-1) \cdot p_2}{2} = 50,00 + \frac{(3-1) \cdot 70,00}{2} = 120,00 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = l_{sep,L} - x_c = 250,00 - 120,00 = 130,00 \text{ [mm]}$$

$$e_N = \frac{h_{b,L}}{2} - d_{sep,L} \cdot \left(e_1 + \frac{(w-1) \cdot p_1}{2} \right) = \frac{550,00}{2} - 75,00 \cdot \left(60,00 + \frac{(4-1) \cdot 90,00}{2} \right) = 5,00 \text{ [mm]}$$

7.1.1.5. Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe)

$$x_c = e_2 + \frac{(k-1) \cdot p_2}{2} = 30,00 + \frac{(4-1) \cdot 63,00}{2} = 124,50 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = l_{sep,L} - x_c = 250,00 - 124,50 = 125,50 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0,00 \text{ [mm]}$$

7.1.1.6. Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe)

$$x_c = e_2 + \frac{(k-1) \cdot p_2}{2} = 30,00 + \frac{(4-1) \cdot 63,00}{2} = 124,50 \text{ [mm]}$$

$$e_0 = l_{sep,L} - x_c = 250,00 - 124,50 = 125,50 \text{ [mm]}$$

$$e_N = 0,00 \text{ [mm]}$$

7.1.2. Parametry ogólne połączenia śrubowego

7.1.2.1. Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka

Załączniki

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x | z [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	-70.00 135.00	0.00 135.00	70.00 135.00
2	-70.00 45.00	0.00 45.00	70.00 45.00
3	-70.00 -45.00	0.00 -45.00	70.00 -45.00
4	-70.00 -135.00	0.00 -135.00	70.00 -135.00

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{11} = e_1 = 60.00 [\text{mm}]$$

$$e_{12} = h_{\text{sup.R}} - e_1 - (w - l) \cdot p_1 = 400.00 - 60.00 - (4 - 1) \cdot 90.00 = 70.00 [\text{mm}]$$

$$e_{1\text{min}} = \min(e_{11}, e_{12}) = \min(60.00; 70.00) = 60.00 [\text{mm}]$$

$$e_{21} = e_2 = 50.00 [\text{mm}]$$

$$e_{2\text{min}} = e_{21} = 50.00 [\text{mm}]$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1xI} = 2.8 \cdot \frac{e_{1\text{min}}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{60.00}{18.00} - 1.7 = 7.63$$

$$k_{1xII} = 1.4 \cdot \frac{p_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{90.00}{18.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{1xIII} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1xI}, k_{1xII}, k_{1xIII}) = \min(7.63; 5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2\text{min}}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{50.00}{(3 \cdot 18.00)} = 0.93$$

$$\alpha_{bxI} = \alpha_{dx} = 0.93$$

$$\alpha_{bxII} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bxIII} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bxI}, \alpha_{bxII}, \alpha_{bxIII}) = \min(0.93; 2.22; 1.00) = 0.93$$

$$F_{bI, Rd, x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.93 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 10.00}{1.25} = 106.67 [\text{kN}]$$

$$k_{1xI} = 2.8 \cdot \frac{e_{2\text{min}}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{50.00}{18.00} - 1.7 = 6.08$$

Załączniki

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{70.00}{18.00} - 1.7 = 3.74$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(6.08; 3.74; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{ds} = \frac{e_{imin}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{60.00}{(3 \cdot 18.00)} = 1.11$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{ds} = 1.11$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(1.11; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{b1,Rd,z} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 10.00}{1.25} = 115.20 \text{ [kN]}$$

dla śrub pośrednich

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{P_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{90.00}{18.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}) = \min(5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{ds} = \frac{P_2}{(3 \cdot d_0)} - 0.25 = \frac{70.00}{(3 \cdot 18.00)} - 0.25 = 1.05$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{ds} = 1.05$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(1.05; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{b1,Rd,s} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 10.00}{1.25} = 115.20 \text{ [kN]}$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{70.00}{18.00} - 1.7 = 3.74$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}) = \min(3.74; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{ds} = \frac{P_1}{(3 \cdot d_0)} - 0.25 = \frac{90.00}{(3 \cdot 18.00)} - 0.25 = 1.42$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{ds} = 1.42$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

Załączniki

$$\alpha_{bz,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bz} = \min(\alpha_{bz,I}, \alpha_{bz,II}, \alpha_{bz,III}) = \min(1.42; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 10.00}{1.25} = 115.20 \text{ [kN]}$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{vi,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800.00 \cdot 10^{-3} \cdot 157.00}{1.25} = 60.29 \text{ [kN]}$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 106.67 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 115.20 \text{ [kN]}$$

nośność dla śrub pośrednich

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 115.20 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 115.20 \text{ [kN]}$$

zestawienie nośności kierunkowych

(nośności poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Rd}$ | $F_{z,Rd}$ [kN])

wiersz / kolumna	3	2	1
1	106.67 115.20	106.67 115.20	106.67 115.20
2	106.67 115.20	115.20 115.20	106.67 115.20
3	106.67 115.20	115.20 115.20	106.67 115.20
4	106.67 115.20	106.67 115.20	106.67 115.20

nośność po kierunku wypadkowym

$$F_{xz,Rd} = F_{vi,Rd} = 60.29 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x}$ / $F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	1.77	1.77	1.77
2	1.77	1.91	1.77
3	1.77	1.91	1.77
4	1.77	1.77	1.77

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

Załączniki

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x}$ | $F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	106.67 60.29	106.67 60.29	106.67 60.29
2	106.67 60.29	115.20 60.29	106.67 60.29
3	106.67 60.29	115.20 60.29	106.67 60.29
4	106.67 60.29	106.67 60.29	106.67 60.29

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 60.29 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 12 \cdot 60.29 = 723.46 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku Z

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,z}$ / $F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	1.91	1.91	1.91
2	1.91	1.91	1.91
3	1.91	1.91	1.91
4	1.91	1.91	1.91

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,z}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,z}$ | $F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	115.20 60.29	115.20 60.29	115.20 60.29
2	115.20 60.29	115.20 60.29	115.20 60.29
3	115.20 60.29	115.20 60.29	115.20 60.29
4	115.20 60.29	115.20 60.29	115.20 60.29

$$F_{i,Rd,z} = \min \left(F_{bi,Rd,z}; F_{vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,z} \right) = 60.29 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,z} = \sum F_{bi,Rd,z} = n_{s,p} \cdot \min \left(F_{i,Rd,z} \right) = 12 \cdot 60.29 = 723.46 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

Załączniki

$$A_{nv} = 2 \cdot (e_{21p} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0) \cdot t_p = 2 \cdot (50.00 + (3-1) \cdot 70.00 - (3-0.5) \cdot 18.00) \cdot 10.00 = 2900.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt1} = ((w-1) \cdot p_1 - (w-1) \cdot d_0) \cdot t_p = ((4-1) \cdot 90.00 - (4-1) \cdot 18.00) \cdot 10.00 = 2160.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt2} = (e_{11p} + e_{12p} - d_0) \cdot t_p = (60.00 + 70.00 - 18.00) \cdot 10.00 = 1120.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt} = \min(A_{nt1}; A_{nt2}) = \min(2160.00; 1120.00) = 1120.00 [\text{mm}]$$

$$V_{\text{eff}, Rd} = V_{\text{eff}, Rd, 1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1120.00}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 2900.00}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} = 716.02 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 2 - działania mimośrodowego

$$A_{nv} = (e_{21p} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0) \cdot t_p = (50.00 + (3-1) \cdot 70.00 - (3-0.5) \cdot 18.00) \cdot 10.00 = 1450.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt} = (e_{1min} + (w-1) \cdot p_1 - (w-0.5) \cdot d_0) \cdot t_p = (60.00 + (4-1) \cdot 90.00 - (4-0.5) \cdot 18.00) \cdot 10.00 = 2670.00 [\text{mm}]$$

$$A_{ntN} = A_{nt} = 2670.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nvN} = A_{nv} = 1450.00 [\text{mm}]$$

$$V_{\text{eff}, N, Rd} = V_{\text{eff}, Rd, 2, N} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{ntN}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nvN}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.5 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 2670.00}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1450.00}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} =$$

$$581.21 [\text{kN}]$$

$$A_{ntV} = A_{nv} = 1450.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nvV} = A_{nt} = 2670.00 [\text{mm}]$$

$$V_{\text{eff}, V, Rd} = V_{\text{eff}, Rd, 2, V} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{ntV}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nvV}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.5 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1450.00}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 2670.00}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} =$$

$$571.06 [\text{kN}]$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_p \cdot t_p = 400.00 \cdot 10.00 = 4000.00 [\text{mm}^2]$$

$$N_{pl, Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4000.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 940.00 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - w \cdot d_0 \cdot t_p = 4000.00 - 4 \cdot 18.00 \cdot 10.00 = 3280.00 [\text{mm}^2]$$

$$N_{u, Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 3280.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 850.18 [\text{kN}]$$

$$N_{t, Rd} = \min(N_{pl, Rd}; N_{u, Rd}) = \min(940.00; 850.18) = 850.18 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 2 - ściskania

Załączniki

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 940.00 [kN]$$

7.1.2.2. Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x | z [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	-70.00 135.00	0.00 135.00	70.00 135.00
2	-70.00 45.00	0.00 45.00	70.00 45.00
3	-70.00 -45.00	0.00 -45.00	70.00 -45.00
4	-70.00 -135.00	0.00 -135.00	70.00 -135.00

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{11} = d_{sip,R} + e_1 = 75.00 + 60.00 = 135.00 [mm]$$

$$e_{12} = h_{b,R} - d_{sip,R} - e_1 - (w-1) \cdot p_1 = 550.00 - 75.00 - 60.00 - (4-1) \cdot 90.00 = 145.00 [mm]$$

$$e_{1min} = \min(e_{11}, e_{12}) = \min(135.00, 145.00) = 135.00 [mm]$$

$$e_{22} = l_{sip,R} - s_{sip,R} - e_2 - (k-1) \cdot p_2 = 250.00 - 2.50 - 50.00 - (3-1) \cdot 70.00 = 57.50 [mm]$$

$$e_{2min} = e_{22} = 57.50 [mm]$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2.8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{135.00}{18.00} - 1.7 = 19.30$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{p_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{90.00}{18.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}, k_{1x,II}, k_{1x,III}) = \min(19.30; 5.30; 2.50) = 2.50$$

$$a_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{57.50}{(3 \cdot 18.00)} = 1.06$$

$$a_{bx,I} = a_{dx} = 1.06$$

$$a_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$a_{bx,III} = 1.00$$

$$a_{bx} = \min(a_{bx,I}, a_{bx,II}, a_{bx,III}) = \min(1.06; 2.22; 1.00) = 1.00$$

Załączniki

$$F_{bi,Rd,s} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 11.10}{1.25} = 127.87 \text{ [kN]}$$

$$k_{1x,I} = 2.8 \cdot \frac{e_{2min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{57.50}{18.00} - 1.7 = 7.24$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{70.00}{18.00} - 1.7 = 3.74$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(7.24; 3.74; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{ds} = \frac{e_{1min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{135.00}{(3 \cdot 18.00)} = 2.50$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{ds} = 2.50$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(2.50; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{bi,Rd,s} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 11.10}{1.25} = 127.87 \text{ [kN]}$$

dla śrub pośrednich

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{P_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{90.00}{18.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{ds} = \frac{P_2}{(3 \cdot d_0)} - 0.25 = \frac{70.00}{(3 \cdot 18.00)} - 0.25 = 1.05$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{ds} = 1.05$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(1.05; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{bi,Rd,s} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 11.10}{1.25} = 127.87 \text{ [kN]}$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{70.00}{18.00} - 1.7 = 3.74$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(3.74; 2.50) = 2.50$$

Załączniki

$$\alpha_{ds} = \frac{p_1}{(3 \cdot d_0)} - 0.25 = \frac{90.00}{(3 \cdot 18.00)} - 0.25 = 1.42$$

$$\alpha_{bz,I} = \alpha_{ds} = 1.42$$

$$\alpha_{bz,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bz,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bz} = \min(\alpha_{bz,I}, \alpha_{bz,II}, \alpha_{bz,III}) = \min(1.42; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{ix} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 11.10}{1.25} = 127.87 \text{ [kN]}$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{Vi,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800.00 \cdot 10^{-3} \cdot 157.00}{1.25} = 60.29 \text{ [kN]}$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 127.87 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 127.87 \text{ [kN]}$$

nośność dla śrub pośrednich

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 127.87 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 127.87 \text{ [kN]}$$

zestawienie nośności kierunkowych

(nośności poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Rd}$ | $F_{z,Rd}$ [kN])

wiersz / kolumna	3	2	1
1	127.87 127.87	127.87 127.87	127.87 127.87
2	127.87 127.87	127.87 127.87	127.87 127.87
3	127.87 127.87	127.87 127.87	127.87 127.87
4	127.87 127.87	127.87 127.87	127.87 127.87

nośność po kierunku wypadkowym

$$F_{xk,Rd} = F_{Vi,Rd} = 60.29 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x}$ / $F_{Vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	2.12	2.12	2.12
2	2.12	2.12	2.12

Załączniki

3	2.12	2.12	2.12
4	2.12	2.12	2.12

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x}$ | $F_{Vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
2	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
3	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
4	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}, F_{Vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 60.29 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 12 \cdot 60.29 = 723.46 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku Z

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,z}$ / $F_{Vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	2.12	2.12	2.12
2	2.12	2.12	2.12
3	2.12	2.12	2.12
4	2.12	2.12	2.12

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,z}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,z}$ | $F_{Vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
2	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
3	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
4	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29

$$F_{i,Rd,z} = \min \left(F_{bi,Rd,z}, F_{Vi,Rd} \right)$$

Załączniki

$$\min (F_{i,Rd,z}) = 60.29 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,z} = \sum F_{bi,Rd,z} = n_{s,p} \cdot \min (F_{i,Rd,z}) = 12 \cdot 60.29 = 723.46 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot (e_{22,w} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0) \cdot t_w = 2 \cdot (57.50 + (3-1) \cdot 70.00 - (3-0.5) \cdot 18.00) \cdot 11.10 = 3385.50 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt,1} = ((w-1) \cdot p_1 - (w-1) \cdot d_0) \cdot t_w = ((4-1) \cdot 90.00 - (4-1) \cdot 18.00) \cdot 11.10 = 2397.60 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt,2} = (e_{11w} + e_{12w} - d_0) \cdot t_w = (135.00 + 145.00 - 18.00) \cdot 11.10 = 2908.20 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt} = \min (A_{nt,1}; A_{nt,2}) = \min (2397.60; 2908.20) = 2397.60 \text{ [mm]}$$

$$V_{ed,Rd,1} = V_{ed,Rd,1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 2397.60}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 3385.50}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} = 1149.84 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - działania mimośrodowego

$$A_{nv} = (e_{22,w} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0) \cdot t_w = (57.50 + (3-1) \cdot 70.00 - (3-0.5) \cdot 18.00) \cdot 11.10 = 1692.75 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt} = (e_{1min} + (w-1) \cdot p_1 - (w-0.5) \cdot d_0) \cdot t_w = (135.00 + (4-1) \cdot 90.00 - (4-0.5) \cdot 18.00) \cdot 11.10 = 3796.20 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt,N} = A_{nt} = 3796.20 \text{ [mm]}$$

$$A_{nv,N} = A_{nv} = 1692.75 \text{ [mm]}$$

$$V_{ed,N,Rd} = V_{ed,Rd,2,N} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt,N}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,N}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.5 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 3796.20}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1692.75}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} =$$

$$776.32 \text{ [kN]}$$

$$A_{nt,V} = A_{nv} = 1692.75 \text{ [mm]}$$

$$A_{nv,V} = A_{nt} = 3796.20 \text{ [mm]}$$

$$V_{ed,V,Rd} = V_{ed,Rd,2,V} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt,V}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,V}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.5 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1692.75}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 3796.20}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} =$$

$$758.81 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_p \cdot t_w = 400.00 \cdot 11.10 = 4440.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4440.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 1043.40 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

Załączniki

$$A_{net} = A - w \cdot d_o \cdot t_w = 4440.00 - 4 \cdot 18.00 \cdot 11.10 = 3640.80 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 3640.80 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 943.70 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(1043.40; 943.70) = 943.70 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$c_{wb(R)} = h_{b(R)} - 2 \cdot t_{fb(R)} - 2 \cdot R_{1b(R)} = 550.00 - 2 \cdot 17.20 - 2 \cdot 24.00 = 467.60 \text{ [mm]}$$

$$\frac{c_{wb(R)}}{t_{wb(R)}} > 42 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{467.60}{11.10} = 42.13 = 42.00$$

Środek dwuteownika należy do klasy 4.

$$\psi = 1.0$$

$$k_\sigma = 4.0$$

$$\tilde{\lambda}_p = \left(\frac{c_{wb(R)}}{t_{wb(R)}} \right) \cdot \frac{1}{(28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma})} = \left(\frac{467.60}{11.10} \right) \cdot \frac{1}{(28.4 \cdot 1.00 \cdot \sqrt{4.00})} = 0.742$$

$$\tilde{\lambda}_p = 0.742 > 0.5 + \sqrt{(0.085 - 0.055 \cdot \psi)} = 0.5 + \sqrt{(0.085 - 0.055 \cdot 1.00)} = 0.673$$

$$\rho = \frac{(\tilde{\lambda}_p - 0.055 \cdot (3 + \psi))}{\tilde{\lambda}_p^{-2}} = \frac{(0.74 - 0.055 \cdot (3 + 1.00))}{0.74^2} = 0.95 \leq 1.0$$

$$b_{eff} = \rho \cdot c_{wb(R)} = 0.95 \cdot 467.60 = 443.46 \text{ [mm]}$$

$$A_{eff} = A - (c_{wb(R)} - b_{eff}) \cdot t_{wb(R)} = 4440.00 - (467.60 - 443.46) \cdot 11.10 = 4172.03 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4172.03 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 980.43 \text{ [kN]}$$

7.1.2.3. Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): nakładka górna

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	-94.50	-31.50	31.50	94.50
2	-94.50	-31.50	31.50	94.50

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{12} = \frac{h_{setp,R}}{2} - \frac{e_1}{2} = \frac{210.00}{2} - \frac{110.00}{2} = 50.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{1min} = e_{12} = 50.00 \text{ [mm]}$$

Załączniki

$$e_{2I} = e_2 = 30.00 [mm]$$

$$e_{2min} = e_{2I} = 30.00 [mm]$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{Ix,I} = 2.8 \cdot \frac{e_{Imin}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{50.00}{22.00} - 1.7 = 4.66$$

$$k_{Ix,II} = 1.4 \cdot \frac{e_I}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{110.00}{22.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{Ix,III} = 2.50$$

$$k_{Ix} = \min(k_{Ix,I}; k_{Ix,II}; k_{Ix,III}) = \min(4.66; 5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{30.00}{(3 \cdot 22.00)} = 0.45$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0.45$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(0.45; 2.22; 1.00) = 0.45$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{Ix} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_{ng}}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.45 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 20.00 \cdot 16.00}{1.25} = 104.73 [kN]$$

nośność łącznika na ścięcie

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

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = \min(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd}) = \min(104.73; 94.08) = 94.08 [kN]$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	1.11	1.11	1.11	1.11
2	1.11	1.11	1.11	1.11

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

Załączniki

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x}$ | $F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08
2	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 94.08 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{i,ng} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 8 \cdot 94.08 = 752.64 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot \left(e_{21,ng} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_{ng} = 2 \cdot \left(30.00 + (4-1) \cdot 63.00 - (4-0.5) \cdot 22.00 \right) \cdot 16.00 = 4544.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt1} = \left(e_1 + 2 \cdot (w-1) \cdot p_1 - (2 \cdot w-1) \cdot d_0 \right) \cdot t_{ng} = \left(110.00 + 2 \cdot (1-1) \cdot 0.00 - (2 \cdot 1-1) \cdot 22.00 \right) \cdot 16.00 = 1408.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt2} = \left(2 \cdot e_{12,ng} - d_0 \right) \cdot t_{ng} = \left(2 \cdot 50.00 - 22.00 \right) \cdot 16.00 = 1248.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt} = \min \left(A_{nt1}; A_{nt2} \right) = \min \left(1408.00; 1248.00 \right) = 1248.00 \text{ [mm]}$$

$$V_{eff,Rd} = V_{eff,Rd1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1248.00}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 4544.00}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} = 975.94 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_{ng} \cdot t_{ng} = 210.00 \cdot 16.00 = 3360.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3360.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 789.60 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - 2 \cdot w \cdot d_0 \cdot t_{ng} = 3360.00 - 2 \cdot 1 \cdot 22.00 \cdot 16.00 = 2656.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 2656.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 688.44 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min \left(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd} \right) = \min \left(789.60; 688.44 \right) = 688.44 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 789.60 \text{ [kN]}$$

7.1.2.4. Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): pas górny belki

Załączniki

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	-94.50	-31.50	31.50	94.50
2	-94.50	-31.50	31.50	94.50

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{12} = \frac{b_{f,R}}{2} - \frac{e_1}{2} - (w-l) \cdot p_1 = \frac{210,00}{2} - \frac{110,00}{2} = 50,00 [\text{mm}]$$

$$e_{1\min} = e_{12} = 50,00 [\text{mm}]$$

$$e_{22} = l_{setp,R} - s_{setp,R} - e_2 - (k-l) \cdot p_2 = 250,00 - 2,50 - 30,00 - (4-1) \cdot 63,00 = 28,50 [\text{mm}]$$

$$e_{2\min} = e_{22} = 28,50 [\text{mm}]$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2,8 \cdot \frac{e_{1\min}}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{50,00}{22,00} - 1,7 = 4,66$$

$$k_{1x,II} = 1,4 \cdot \frac{e_1}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{110,00}{22,00} - 1,7 = 5,30$$

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

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(4,66; 5,30; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2\min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{28,50}{(3 \cdot 22,00)} = 0,43$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0,43$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{360,00} = 2,22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(0,43; 2,22; 1,00) = 0,43$$

$$F_{bI,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_{fE}}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 0,43 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3} \cdot 20,00 \cdot 17,20}{1,25} = 106,95 [\text{kN}]$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{vI,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800,00 \cdot 10^{-3} \cdot 245,00}{1,25} = 94,08 [\text{kN}]$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

Załączniki

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd} \right) = \min \left(106.95; 94.08 \right) = 94.08 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	1.14	1.14	1.14	1.14
2	1.14	1.14	1.14	1.14

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x} | F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08
2	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 94.08 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \Sigma F_{bi,Rd,x} = n_{s,ng} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 8 \cdot 94.08 = 752.64 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot \left(e_{22,fg} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_{fg} = 2 \cdot \left(28.50 + (4-1) \cdot 63.00 - (4-0.5) \cdot 22.00 \right) \cdot 17.20 = 4833.20 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt} = \left(2 \cdot e_{12,fg} + 2 \cdot (w-1) \cdot p_1 - (2 \cdot w-1) \cdot d_0 \right) \cdot t_{fg} = \left(2 \cdot 50.00 + 2 \cdot (1-1) \cdot 0.00 - (2 \cdot 1-1) \cdot 22.00 \right) \cdot 17.20 = 1341.60 \text{ [mm]}$$

$$V_{eff,Rd} = V_{eff,Rd,1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1341.60}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 4833.20}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} = 1042.14 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = t_{fg} \cdot \min \left(h_{ng}; b_{fb,R} \right) = 17.20 \cdot \min \left(210.00; 210.00 \right) = 3612.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3612.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 848.82 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

Załączniki

$$A_{net} = A - 2 \cdot w \cdot d_0 \cdot t_{fg} = 3612.00 - 2 \cdot 1 \cdot 22.00 \cdot 17.20 = 2855.20 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 2855.20 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 740.07 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(848.82; 740.07) = 740.07 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$c_{fb(R)} = \frac{b_{fb(R)} \cdot t_{wb(R)}}{2} - R_{fb(R)} = \frac{210.00 \cdot 11.10}{2} - 24.00 = 75.45 \text{ [mm]}$$

$$\frac{c_{fb(R)}}{t_{fb(R)}} > 14 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{75.45}{17.20} = 4.39 \leq 14 \cdot 1.00 = 14.00$$

Pas dwuteownika NIE należy do klasy 4.

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 848.82 \text{ [kN]}$$

7.1.2.5. Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): nakładka dolna

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	-94.50	-31.50	31.50	94.50
2	-94.50	-31.50	31.50	94.50

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{12} = \frac{h_{sebp,R}}{2} \cdot \frac{e_1}{2} = \frac{210.00}{2} \cdot \frac{110.00}{2} = 50.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{1min} = e_{12} = 50.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{21} = e_2 = 30.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{2min} = e_{21} = 30.00 \text{ [mm]}$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1xI} = 2.8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{50.00}{22.00} - 1.7 = 4.66$$

$$k_{1xII} = 1.4 \cdot \frac{e_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{110.00}{22.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{1xIII} = 2.50$$

Załączniki

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(4.66; 5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{30.00}{(3 \cdot 22.00)} = 0.45$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0.45$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(0.45; 2.22; 1.00) = 0.45$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot l_{nd}}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.45 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 20.00 \cdot 16.00}{1.25} = 104.73 \text{ [kN]}$$

nośność łącznika na ścięcie

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

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = \min(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd}) = \min(104.73; 94.08) = 94.08 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	1.11	1.11	1.11	1.11
2	1.11	1.11	1.11	1.11

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x} | F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08
2	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08

$$F_{i,Rd,x} = \min(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd})$$

$$\min(F_{i,Rd,x}) = 94.08 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,nd} \cdot \min(F_{i,Rd,x}) = 8 \cdot 94.08 = 752.64 \text{ [kN]}$$

Załączniki

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot \left(e_{21,nd} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_{nd} = 2 \cdot \left(30.00 + (4-1) \cdot 63.00 - (4-0.5) \cdot 22.00 \right) \cdot 16.00 = 4544.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt1} = \left(e_1 + 2 \cdot (w-1) \cdot p_1 - (2 \cdot w-1) \cdot d_0 \right) \cdot t_{nd} = \left(110.00 + 2 \cdot (1-1) \cdot 0.00 - (2 \cdot 1-1) \cdot 22.00 \right) \cdot 16.00 = 1408.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt2} = \left(2 \cdot e_{12,nd} - d_0 \right) \cdot t_{nd} = \left(2 \cdot 50.00 - 22.00 \right) \cdot 16.00 = 1248.00 [\text{mm}]$$

$$A_{nt} = \min \left(A_{nt1}; A_{nt2} \right) = \min \left(1408.00; 1248.00 \right) = 1248.00 [\text{mm}]$$

$$V_{eff,Rd,1} = V_{eff,Rd,1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1248.00}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 4544.00}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} = 975.94 [\text{kN}]$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_{nd} \cdot t_{nd} = 210.00 \cdot 16.00 = 3360.00 [\text{mm}^2]$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3360.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 789.60 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - 2 \cdot w \cdot d_0 \cdot t_{nd} = 3360.00 - 2 \cdot 1 \cdot 22.00 \cdot 16.00 = 2656.00 [\text{mm}^2]$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 2656.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 688.44 [\text{kN}]$$

$$N_{t,Rd} = \min \left(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd} \right) = \min \left(789.60; 688.44 \right) = 688.44 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 789.60 [\text{kN}]$$

7.1.2.6. Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): pas dolny belki

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	-94.50	-31.50	31.50	94.50
2	-94.50	-31.50	31.50	94.50

odległości śrub skrajnych od krawędzi

Załączniki

$$e_{12} = \frac{b_{f,R}}{2} \cdot \frac{e_1}{2} \cdot (w-l) \cdot p_1 = \frac{210,00}{2} \cdot \frac{110,00}{2} = 50,00 [mm]$$

$$e_{1min} = e_{12} = 50,00 [mm]$$

$$e_{22} = l_{sebp,R} - s_{sebp,R} - e_2 \cdot (k-l) \cdot p_2 = 250,00 - 2,50 - 30,00 \cdot (4-1) \cdot 63,00 = 28,50 [mm]$$

$$e_{2min} = e_{22} = 28,50 [mm]$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2,8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{50,00}{22,00} - 1,7 = 4,66$$

$$k_{1x,II} = 1,4 \cdot \frac{e_1}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{110,00}{22,00} - 1,7 = 5,30$$

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

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(4,66; 5,30; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{28,50}{(3 \cdot 22,00)} = 0,43$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0,43$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{360,00} = 2,22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(0,43; 2,22; 1,00) = 0,43$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot l_{fd}}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 0,43 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3} \cdot 20,00 \cdot 17,20}{1,25} = 106,95 [kN]$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{vi,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800,00 \cdot 10^{-3} \cdot 245,00}{1,25} = 94,08 [kN]$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = \min(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd}) = \min(106,95; 94,08) = 94,08 [kN]$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	1.14	1.14	1.14	1.14
2	1.14	1.14	1.14	1.14

Załączniki

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x}$ | $F_{Vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08
2	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{Vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 94.08 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,nd} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 8 \cdot 94.08 = 752.64 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot \left(e_{22,fd} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_{fd} = 2 \cdot \left(28.50 + (4-1) \cdot 63.00 - (4-0.5) \cdot 22.00 \right) \cdot 17.20 = 4833.20 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt} = \left(2 \cdot e_{12,fd} + 2 \cdot (w-1) \cdot p_1 - (2 \cdot w-1) \cdot d_0 \right) \cdot t_{fd} = \left(2 \cdot 50.00 + 2 \cdot (1-1) \cdot 0.00 - (2 \cdot 1-1) \cdot 22.00 \right) \cdot 17.20 = 1341.60 \text{ [mm]}$$

$$V_{eff,Rd} = V_{eff,Rd,1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1341.60}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 4833.20}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} = 1042.14 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = t_{fd} \cdot \min \left(h_{nd}, b_{fb,R} \right) = 17.20 \cdot \min \left(210.00, 210.00 \right) = 3612.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3612.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 848.82 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - 2 \cdot w \cdot d_0 \cdot t_{fd} = 3612.00 - 2 \cdot 1 \cdot 22.00 \cdot 17.20 = 2855.20 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 2855.20 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 740.07 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min \left(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd} \right) = \min \left(848.82; 740.07 \right) = 740.07 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$c_{fb(R)} = \frac{b_{fb(R)}}{2} - \frac{t_{wb(R)}}{2} - R_{1b(R)} = \frac{210.00}{2} - \frac{11.10}{2} - 24.00 = 75.45 \text{ [mm]}$$

Załączniki

$$\frac{c}{t} \frac{f_b(R)}{f_b(R)} > 14 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{75.45}{17.20} = 4.39 \leq 14 \cdot 1.00 = 14.00$$

Pas dwuteownika NIE należy do klasy 4.

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 848.82 \text{ [kN]}$$

7.1.2.7. Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x | z [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	70.00 135.00	0.00 135.00	-70.00 135.00
2	70.00 45.00	0.00 45.00	-70.00 45.00
3	70.00 -45.00	0.00 -45.00	-70.00 -45.00
4	70.00 -135.00	0.00 -135.00	-70.00 -135.00

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{11} = e_1 = 60.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{12} = h_{sp,I} - e_1 - (w - l) \cdot p_1 = 400.00 - 60.00 - (4 - 1) \cdot 90.00 = 70.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{1min} = \min(e_{11}, e_{12}) = \min(60.00; 70.00) = 60.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{21} = e_2 = 50.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{2min} = e_{21} = 50.00 \text{ [mm]}$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2.8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{60.00}{18.00} - 1.7 = 7.63$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{p_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{90.00}{18.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}, k_{1x,II}, k_{1x,III}) = \min(7.63; 5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{50.00}{(3 \cdot 18.00)} = 0.93$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0.93$$

Załączniki

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{360,00} = 2,22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(0,93; 2,22; 1,00) = 0,93$$

$$F_{bi,Rd,s} = \frac{k_{Ix} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 0,93 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3} \cdot 16,00 \cdot 10,00}{1,25} = 106,67 \text{ [kN]}$$

$$k_{Ix,I} = 2,8 \cdot \frac{e_{2min}}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{50,00}{18,00} - 1,7 = 6,08$$

$$k_{Ix,II} = 1,4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{70,00}{18,00} - 1,7 = 3,74$$

$$k_{Ix,III} = 2,50$$

$$k_{Ix} = \min(k_{Ix,I}; k_{Ix,II}; k_{Ix,III}) = \min(6,08; 3,74; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{ds} = \frac{e_{1min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{60,00}{(3 \cdot 18,00)} = 1,11$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{ds} = 1,11$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{360,00} = 2,22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(1,11; 2,22; 1,00) = 1,00$$

$$F_{bi,Rd,s} = \frac{k_{Ix} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 1,00 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3} \cdot 16,00 \cdot 10,00}{1,25} = 115,20 \text{ [kN]}$$

dla śrub pośrednich

$$k_{Ix,II} = 1,4 \cdot \frac{P_1}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{90,00}{18,00} - 1,7 = 5,30$$

$$k_{Ix,III} = 2,50$$

$$k_{Ix} = \min(k_{Ix,I}; k_{Ix,II}) = \min(5,30; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{ds} = \frac{P_2}{(3 \cdot d_0)} - 0,25 = \frac{70,00}{(3 \cdot 18,00)} - 0,25 = 1,05$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{ds} = 1,05$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{360,00} = 2,22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(1,05; 2,22; 1,00) = 1,00$$

$$F_{bi,Rd,s} = \frac{k_{Ix} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 1,00 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3} \cdot 16,00 \cdot 10,00}{1,25} = 115,20 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$k_{I_x,II} = 1.4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{70.00}{18.00} - 1.7 = 3.74$$

$$k_{I_x,II} = 2.50$$

$$k_{I_x} = \min(k_{I_x,I}; k_{I_x,II}) = \min(3.74; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{ds} = \frac{P_1}{(3 \cdot d_0)} - 0.25 = \frac{90.00}{(3 \cdot 18.00)} - 0.25 = 1.42$$

$$\alpha_{bz,I} = \alpha_{ds} = 1.42$$

$$\alpha_{bz,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bz,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bz} = \min(\alpha_{bz,I}; \alpha_{bz,II}; \alpha_{bz,III}) = \min(1.42; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{bi,Rd,z} = \frac{k_{I_x} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 10.00}{1.25} = 115.20 \text{ [kN]}$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{vi,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800.00 \cdot 10^{-3} \cdot 157.00}{1.25} = 60.29 \text{ [kN]}$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 106.67 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 115.20 \text{ [kN]}$$

nośność dla śrub pośrednich

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 115.20 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 115.20 \text{ [kN]}$$

zestawienie nośności kierunkowych

(nośności poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Rd}$ | $F_{z,Rd}$ [kN])

wiersz / kolumna	1	2	3
1	106.67 115.20	106.67 115.20	106.67 115.20
2	106.67 115.20	115.20 115.20	106.67 115.20
3	106.67 115.20	115.20 115.20	106.67 115.20
4	106.67 115.20	106.67 115.20	106.67 115.20

nośność po kierunku wypadkowym

$$F_{x,Rd} = F_{vi,Rd} = 60.29 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x}$ / $F_{vi,Rd}$)

Załączniki

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	1.77	1.77	1.77
2	1.77	1.91	1.77
3	1.77	1.91	1.77
4	1.77	1.77	1.77

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x}$ | $F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	106.67 60.29	106.67 60.29	106.67 60.29
2	106.67 60.29	115.20 60.29	106.67 60.29
3	106.67 60.29	115.20 60.29	106.67 60.29
4	106.67 60.29	106.67 60.29	106.67 60.29

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}, F_{vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 60.29 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 12 \cdot 60.29 = 723.46 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku Z

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,z}$ / $F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	1.91	1.91	1.91
2	1.91	1.91	1.91
3	1.91	1.91	1.91
4	1.91	1.91	1.91

$$F_{Vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,z}$ | $F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	115.20 60.29	115.20 60.29	115.20 60.29
2	115.20 60.29	115.20 60.29	115.20 60.29

Załączniki

3	115.20 60.29	115.20 60.29	115.20 60.29
4	115.20 60.29	115.20 60.29	115.20 60.29

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{V,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 60.29 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \Sigma F_{bi,Rd,x} = n_{i,p} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 12 \cdot 60.29 = 723.46 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot \left(e_{21,p} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_p = 2 \cdot \left(50.00 + (3-1) \cdot 70.00 - (3-0.5) \cdot 18.00 \right) \cdot 10.00 = 2900.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt,1} = \left((w-1) \cdot p_1 - (w-1) \cdot d_0 \right) \cdot t_p = \left((4-1) \cdot 90.00 - (4-1) \cdot 18.00 \right) \cdot 10.00 = 2160.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt,2} = \left(e_{11,p} + e_{12,p} - d_0 \right) \cdot t_p = \left(60.00 + 70.00 - 18.00 \right) \cdot 10.00 = 1120.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt} = \min \left(A_{nt,1}; A_{nt,2} \right) = \min \left(2160.00; 1120.00 \right) = 1120.00 \text{ [mm]}$$

$$V_{eff,Rd} = V_{eff,Rd,1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1120.00}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 2900.00}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} = 716.02 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - działania mimośrodowego

$$A_{nv} = \left(e_{21,p} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_p = \left(50.00 + (3-1) \cdot 70.00 - (3-0.5) \cdot 18.00 \right) \cdot 10.00 = 1450.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt} = \left(e_{1min} + (w-1) \cdot p_1 - (w-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_p = \left(60.00 + (4-1) \cdot 90.00 - (4-0.5) \cdot 18.00 \right) \cdot 10.00 = 2670.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt,N} = A_{nt} = 2670.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{nv,N} = A_{nv} = 1450.00 \text{ [mm]}$$

$$V_{eff,N,Rd} = V_{eff,Rd,2,N} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt,N}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,N}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{0.5 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 2670.00}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1450.00}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} =$$

$$581.21 \text{ [kN]}$$

$$A_{nt,V} = A_{nv} = 1450.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{nv,V} = A_{nt} = 2670.00 \text{ [mm]}$$

$$V_{eff,V,Rd} = V_{eff,Rd,2,V} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt,V}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,V}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{0.5 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1450.00}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 2670.00}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} =$$

$$571.06 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

Załączniki

$$A = h_p \cdot t_p = 400.00 \cdot 10.00 = 4000.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_p}{\gamma_{M0}} = \frac{4000.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 940.00 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - w \cdot d_0 \cdot t_p = 4000.00 - 4 \cdot 18.00 \cdot 10.00 = 3280.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 3280.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 850.18 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(940.00; 850.18) = 850.18 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 940.00 \text{ [kN]}$$

7.1.2.8. Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): średnik belki

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x | z [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	70.00 135.00	0.00 135.00	-70.00 135.00
2	70.00 45.00	0.00 45.00	-70.00 45.00
3	70.00 -45.00	0.00 -45.00	-70.00 -45.00
4	70.00 -135.00	0.00 -135.00	-70.00 -135.00

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{11} = d_{sup,L} + e_1 = 75.00 + 60.00 = 135.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{12} = h_{b,L} - d_{sup,L} - e_1 - (w-1) \cdot p_1 = 550.00 - 75.00 - 60.00 - (4-1) \cdot 90.00 = 145.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{1min} = \min(e_{11}; e_{12}) = \min(135.00; 145.00) = 135.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{22} = l_{sup,L} - s_{sup,L} - e_2 - (k-1) \cdot p_2 = 250.00 - 2.50 - 50.00 - (3-1) \cdot 70.00 = 57.50 \text{ [mm]}$$

$$e_{2min} = e_{22} = 57.50 \text{ [mm]}$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2.8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{135.00}{18.00} - 1.7 = 19.30$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{p_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{90.00}{18.00} - 1.7 = 5.30$$

Załączniki

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(19.30; 5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{57.50}{(3 \cdot 18.00)} = 1.06$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 1.06$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(1.06; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{bI,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 11.10}{1.25} = 127.87 \text{ [kN]}$$

$$k_{1x,I} = 2.8 \cdot \frac{e_{2min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{57.50}{18.00} - 1.7 = 7.24$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{70.00}{18.00} - 1.7 = 3.74$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(7.24; 3.74; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{1min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{135.00}{(3 \cdot 18.00)} = 2.50$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 2.50$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(2.50; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{bI,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 11.10}{1.25} = 127.87 \text{ [kN]}$$

dla śrub pośrednich

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{P_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{90.00}{18.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{1x,I} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}) = \min(5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{P_2}{(3 \cdot d_0)} - 0.25 = \frac{70.00}{(3 \cdot 18.00)} - 0.25 = 1.05$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 1.05$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

Załączniki

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(1.05; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 11.10}{1.25} = 127.87 \text{ [kN]}$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{70.00}{18.00} - 1.7 = 3.74$$

$$k_{1x,II} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}) = \min(3.74; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{P_1}{(3 \cdot d_0)} - 0.25 = \frac{90.00}{(3 \cdot 18.00)} - 0.25 = 1.42$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 1.42$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(1.42; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 16.00 \cdot 11.10}{1.25} = 127.87 \text{ [kN]}$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800.00 \cdot 10^{-3} \cdot 157.00}{1.25} = 60.29 \text{ [kN]}$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 127.87 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 127.87 \text{ [kN]}$$

nośność dla śrub pośrednich

$$F_{x,Rd} = F_{bi,Rd,x} = 127.87 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Rd} = F_{bi,Rd,z} = 127.87 \text{ [kN]}$$

zestawienie nośności kierunkowych

(nośności poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Rd}$ | $F_{z,Rd}$ [kN])

wiersz / kolumna	1	2	3
1	127.87 127.87	127.87 127.87	127.87 127.87
2	127.87 127.87	127.87 127.87	127.87 127.87
3	127.87 127.87	127.87 127.87	127.87 127.87
4	127.87 127.87	127.87 127.87	127.87 127.87

nośność po kierunku wypadkowym

Załączniki

$$F_{x,Rd} = F_{vi,Rd} = 60.29 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	2.12	2.12	2.12
2	2.12	2.12	2.12
3	2.12	2.12	2.12
4	2.12	2.12	2.12

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x} | F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
2	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
3	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
4	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}, F_{vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 60.29 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,p} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 12 \cdot 60.29 = 723.46 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku Z

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,z} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	2.12	2.12	2.12
2	2.12	2.12	2.12
3	2.12	2.12	2.12
4	2.12	2.12	2.12

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,z}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

Załączniki

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,z}$ | $F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
2	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
3	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29
4	127.87 60.29	127.87 60.29	127.87 60.29

$$F_{i,Rd,z} = \min (F_{bi,Rd,z}; F_{vi,Rd})$$

$$\min (F_{i,Rd,z}) = 60.29 [kN]$$

$$F_{gr,b,Rd,z} = \sum F_{bi,Rd,z} = n_{s,p} \cdot \min (F_{i,Rd,z}) = 12 \cdot 60.29 = 723.46 [kN]$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot (e_{22,w} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0) \cdot t_w = 2 \cdot (57.50 + (3-1) \cdot 70.00 - (3-0.5) \cdot 18.00) \cdot 11.10 = 3385.50 [mm]$$

$$A_{nt,1} = ((w-l) \cdot p_1 - (w-l) \cdot d_0) \cdot t_w = ((4-1) \cdot 90.00 - (4-1) \cdot 18.00) \cdot 11.10 = 2397.60 [mm]$$

$$A_{nt,2} = (e_{11w} + e_{12w} - d_0) \cdot t_w = (135.00 + 145.00 - 18.00) \cdot 11.10 = 2908.20 [mm]$$

$$A_{nt} = \min (A_{nt,1}; A_{nt,2}) = \min (2397.60; 2908.20) = 2397.60 [mm]$$

$$V_{eff,Rd} = V_{eff,Rd,1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 2397.60}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 3385.50}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} = 1149.84 [kN]$$

Dla przypadku 2 - działania mimośrodowego

$$A_{nv} = (e_{22,w} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0) \cdot t_w = (57.50 + (3-1) \cdot 70.00 - (3-0.5) \cdot 18.00) \cdot 11.10 = 1692.75 [mm]$$

$$A_{nt} = (e_{1min} + (w-l) \cdot p_1 - (w-0.5) \cdot d_0) \cdot t_w = (135.00 + (4-1) \cdot 90.00 - (4-0.5) \cdot 18.00) \cdot 11.10 = 3796.20 [mm]$$

$$A_{nt,N} = A_{nt} = 3796.20 [mm]$$

$$A_{nv,N} = A_{nv} = 1692.75 [mm]$$

$$V_{eff,N,Rd} = V_{eff,Rd,2,N} = \frac{0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt,N}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,N}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{0.5 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 3796.20}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1692.75}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} =$$

$$776.32 [kN]$$

$$A_{nt,V} = A_{nv} = 1692.75 [mm]$$

$$A_{nv,V} = A_{nt} = 3796.20 [mm]$$

Załączniki

$$V_{\text{eff},V,Rd} = V_{\text{eff},Rd,2,V} = \frac{0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt,V}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv,V}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}\right)} = \frac{0,5 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3} \cdot 1692,75}{1,25} + \frac{235,00 \cdot 10^{-3} \cdot 3796,20}{\left(\sqrt{3} \cdot 1,00\right)} =$$

$$758,81 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_p \cdot t_w = 400,00 \cdot 11,10 = 4440,00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4440,00 \cdot 235,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 1043,40 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{\text{net}} = A - w \cdot d_o \cdot t_w = 4440,00 - 4 \cdot 18,00 \cdot 11,10 = 3640,80 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{\text{net}} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 3640,80 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 943,70 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min \left(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd} \right) = \min \left(1043,40; 943,70 \right) = 943,70 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$c_{wb(L)} = h_{b(L)} - 2 \cdot t_{fb(L)} - 2 \cdot R_{fb(L)} = 550,00 - 2 \cdot 17,20 - 2 \cdot 24,00 = 467,60 \text{ [mm]}$$

$$\frac{c_{wb(L)}}{t_{wb(L)}} > 42 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{467,60}{11,10} = 42,13 = 42,00$$

Środek dwuteownika należy do klasy 4.

$$\psi = 1,0$$

$$k_\sigma = 4,0$$

$$\tilde{\lambda}_p = \left(\frac{c_{wb(L)}}{t_{wb(L)}} \right) \cdot \frac{1}{\left(28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma} \right)} = \left(\frac{467,60}{11,10} \right) \cdot \frac{1}{\left(28,4 \cdot 1,00 \cdot \sqrt{4,00} \right)} = 0,742$$

$$\tilde{\lambda}_p = 0,742 > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 \cdot \psi} = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 \cdot 1,00} = 0,673$$

$$\rho = \frac{\left(\tilde{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi) \right)}{\tilde{\lambda}_p^{-2}} = \frac{\left(0,74 - 0,055 \cdot (3 + 1,00) \right)}{0,74^2} = 0,95 \leq 1,0$$

$$b_{\text{eff}} = \rho \cdot c_{wb(L)} = 0,95 \cdot 467,60 = 443,46 \text{ [mm]}$$

$$A_{\text{eff}} = A - \left(c_{wb(L)} - b_{\text{eff}} \right) \cdot t_{wb(L)} = 4440,00 - (467,60 - 443,46) \cdot 11,10 = 4172,03 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{\text{eff}} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4172,03 \cdot 235,00 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 980,43 \text{ [kN]}$$

7.1.2.9. Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): nakładka górna

parametry geometryczne

Załączniki

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	94.50	31.50	-31.50	-94.50
2	94.50	31.50	-31.50	-94.50

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{12} = \frac{h_{sep,I}}{2} \cdot \frac{e_1}{2} = \frac{210.00}{2} \cdot \frac{110.00}{2} = 50.00 [mm]$$

$$e_{1min} = e_{12} = 50.00 [mm]$$

$$e_{21} = e_2 = 30.00 [mm]$$

$$e_{2min} = e_{21} = 30.00 [mm]$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2.8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{50.00}{22.00} - 1.7 = 4.66$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{e_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{110.00}{22.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(4.66; 5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{30.00}{(3 \cdot 22.00)} = 0.45$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0.45$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(0.45; 2.22; 1.00) = 0.45$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_{ng}}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.45 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 20.00 \cdot 16.00}{1.25} = 104.73 [kN]$$

nośność łącznika na ścięcie

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

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = \min(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd}) = \min(104.73; 94.08) = 94.08 [kN]$$

Załączniki

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	1.11	1.11	1.11	1.11
2	1.11	1.11	1.11	1.11

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x} | F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08
2	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08

$$F_{i,Rd,x} = \min (F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd})$$

$$\min (F_{i,Rd,x}) = 94.08 [kN]$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{i,ng} \cdot \min (F_{i,Rd,x}) = 8 \cdot 94.08 = 752.64 [kN]$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot (e_{2l,ng} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0) \cdot t_{ng} = 2 \cdot (30.00 + (4-1) \cdot 63.00 - (4-0.5) \cdot 22.00) \cdot 16.00 = 4544.00 [mm]$$

$$A_{m1} = (e_1 + 2 \cdot (w-1) \cdot p_1 - (2 \cdot w-1) \cdot d_0) \cdot t_{ng} = (110.00 + 2 \cdot (1-1) \cdot 0.00 - (2 \cdot 1-1) \cdot 22.00) \cdot 16.00 = 1408.00 [mm]$$

$$A_{m2} = (2 \cdot e_{12,ng} - d_0) \cdot t_{ng} = (2 \cdot 50.00 - 22.00) \cdot 16.00 = 1248.00 [mm]$$

$$A_m = \min (A_{m1}; A_{m2}) = \min (1408.00; 1248.00) = 1248.00 [mm]$$

$$V_{eRd} = V_{eRd,1} = \frac{f_u \cdot A_m}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1248.00}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 4544.00}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)} = 975.94 [kN]$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_{ng} \cdot t_{ng} = 210.00 \cdot 16.00 = 3360.00 [mm^2]$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3360.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 789.60 [kN]$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

Załączniki

$$A_{net} = A - 2 \cdot w \cdot d_0 \cdot t_{ng} = 3360.00 - 2 \cdot 1 \cdot 22.00 \cdot 16.00 = 2656.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 2656.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 688.44 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(789.60; 688.44) = 688.44 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 789.60 \text{ [kN]}$$

7.1.2.10. Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): pas górny belki

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	94.50	31.50	-31.50	-94.50
2	94.50	31.50	-31.50	-94.50

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{12} = \frac{b_{f,I}}{2} - \frac{e_1}{2} - (w-1) \cdot p_1 = \frac{210.00}{2} - \frac{110.00}{2} = 50.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{1min} = e_{12} = 50.00 \text{ [mm]}$$

$$e_{22} = l_{setp,I} - s_{setp,I} - \frac{e_2}{2} - (k-1) \cdot p_2 = 250.00 - 2.50 - 30.00 - (4-1) \cdot 63.00 = 28.50 \text{ [mm]}$$

$$e_{2min} = e_{22} = 28.50 \text{ [mm]}$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2.8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{50.00}{22.00} - 1.7 = 4.66$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{e_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{110.00}{22.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(4.66; 5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{28.50}{(3 \cdot 22.00)} = 0.43$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0.43$$

Załączniki

$$\alpha_{b_{x,II}} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{360,00} = 2,22$$

$$\alpha_{b_{x,III}} = 1,00$$

$$\alpha_{b_x} = \min(\alpha_{b_{x,I}}, \alpha_{b_{x,II}}, \alpha_{b_{x,III}}) = \min(0,43; 2,22; 1,00) = 0,43$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{b_x} \cdot f_u \cdot t_{fE}}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 0,43 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3} \cdot 20,00 \cdot 17,20}{1,25} = 106,95 \text{ [kN]}$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{vi,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800,00 \cdot 10^{-3} \cdot 245,00}{1,25} = 94,08 \text{ [kN]}$$

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = \min(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd}) = \min(106,95; 94,08) = 94,08 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub -

wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	1.14	1.14	1.14	1.14
2	1.14	1.14	1.14	1.14

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x} | F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08
2	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08

$$F_{i,Rd,x} = \min(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd})$$

$$\min(F_{i,Rd,x}) = 94,08 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,ng} \cdot \min(F_{i,Rd,x}) = 8 \cdot 94,08 = 752,64 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot \left(e_{22,fE} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0,5) \cdot d_0 \right) \cdot t_{fE} = 2 \cdot \left(28,50 + (4-1) \cdot 63,00 - (4-0,5) \cdot 22,00 \right) \cdot 17,20 = 4833,20 \text{ [mm]}$$

Załączniki

$$A_{nt} = \left(2 \cdot e_{12,fg} + 2 \cdot (w-1) \cdot p_1 - (2 \cdot w-1) \cdot d_0 \right) \cdot t_{fg} = (2 \cdot 50.00 + 2 \cdot (1-1) \cdot 0.00 - (2 \cdot 1-1) \cdot 22.00) \cdot 17.20 = 1341.60 [\text{mm}]$$

$$V_{ed,Rd} = V_{ed,Rd,1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}\right)} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1341.60}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 4833.20}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00\right)} = 1042.14 [\text{kN}]$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = t_{fg} \cdot \min \left(h_{ng}, b_{fL} \right) = 17.20 \cdot \min \left(210.00; 210.00 \right) = 3612.00 [\text{mm}^2]$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3612.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 848.82 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - 2 \cdot w \cdot d_0 \cdot t_{fg} = 3612.00 - 2 \cdot 1 \cdot 22.00 \cdot 17.20 = 2855.20 [\text{mm}^2]$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 2855.20 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 740.07 [\text{kN}]$$

$$N_{t,Rd} = \min \left(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd} \right) = \min \left(848.82; 740.07 \right) = 740.07 [\text{kN}]$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$c_{fb(L)} = \frac{b_{fb(L)} \cdot t_{wb(L)}}{2} - R_{fb(L)} = \frac{210.00 \cdot 11.10}{2} - 24.00 = 75.45 [\text{mm}]$$

$$\frac{c_{fb(L)}}{t_{fb(L)}} > 14 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{75.45}{17.20} = 4.39 \leq 14 \cdot 1.00 = 14.00$$

Pas dwuteownika NIE należy do klasy 4.

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 848.82 [\text{kN}]$$

7.1.2.11. Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): nakładka dolna

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	94.50	31.50	-31.50	-94.50
2	94.50	31.50	-31.50	-94.50

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{12} = \frac{h_{seby,L}}{2} \cdot \frac{e_1}{2} = \frac{210.00}{2} \cdot \frac{110.00}{2} = 50.00 [\text{mm}]$$

Załączniki

$$e_{1min} = e_{12} = 50.00 [mm]$$

$$e_{21} = e_2 = 30.00 [mm]$$

$$e_{2min} = e_{21} = 30.00 [mm]$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2.8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1.7 = 2.8 \cdot \frac{50.00}{22.00} - 1.7 = 4.66$$

$$k_{1x,II} = 1.4 \cdot \frac{e_1}{d_0} - 1.7 = 1.4 \cdot \frac{110.00}{22.00} - 1.7 = 5.30$$

$$k_{1x,III} = 2.50$$

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(4.66; 5.30; 2.50) = 2.50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{30.00}{(3 \cdot 22.00)} = 0.45$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0.45$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800.00}{360.00} = 2.22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1.00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(0.45; 2.22; 1.00) = 0.45$$

$$F_{bi,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot l_{nd}}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.45 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 20.00 \cdot 16.00}{1.25} = 104.73 [kN]$$

nośność łącznika na ścięcie

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

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = \min(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd}) = \min(104.73; 94.08) = 94.08 [kN]$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	1.11	1.11	1.11	1.11
2	1.11	1.11	1.11	1.11

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

Załączniki

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x}$ | $F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08
2	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08	104.73 94.08

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 94.08 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,nd} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 8 \cdot 94.08 = 752.64 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot \left(e_{21,nd} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_{nd} = 2 \cdot \left(30.00 + (4-1) \cdot 63.00 - (4-0.5) \cdot 22.00 \right) \cdot 16.00 = 4544.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{m1} = \left(e_1 + 2 \cdot (w-1) \cdot p_1 - (2 \cdot w-1) \cdot d_0 \right) \cdot t_{nd} = \left(110.00 + 2 \cdot (1-1) \cdot 0.00 - (2 \cdot 1-1) \cdot 22.00 \right) \cdot 16.00 = 1408.00 \text{ [mm]}$$

$$A_{m2} = \left(2 \cdot e_{12,nd} - d_0 \right) \cdot t_{nd} = \left(2 \cdot 50.00 - 22.00 \right) \cdot 16.00 = 1248.00 \text{ [mm]}$$

$$A_m = \min \left(A_{m1}; A_{m2} \right) = \min \left(1408.00; 1248.00 \right) = 1248.00 \text{ [mm]}$$

$$V_{sRd} = V_{sRd,1} = \frac{f_u \cdot A_m}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1248.00}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 4544.00}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} = 975.94 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = h_{nd} \cdot t_{nd} = 210.00 \cdot 16.00 = 3360.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3360.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 789.60 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - 2 \cdot w \cdot d_0 \cdot t_{nd} = 3360.00 - 2 \cdot 1 \cdot 22.00 \cdot 16.00 = 2656.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 2656.00 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 688.44 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min \left(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd} \right) = \min \left(789.60; 688.44 \right) = 688.44 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 789.60 \text{ [kN]}$$

7.1.2.12. Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): pas dolny belki

Załączniki

parametry geometryczne

położenie śrub

(odległości poszczególnych śrub od środka ciężkości układu śrub - wartości po osi x [mm]; zwrot osi x skierowany od styku belek)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	94.50	31.50	-31.50	-94.50
2	94.50	31.50	-31.50	-94.50

odległości śrub skrajnych od krawędzi

$$e_{12} = \frac{b_{fb,I}}{2} - \frac{e_1}{2} - (w-l) \cdot p_1 = \frac{210,00}{2} - \frac{110,00}{2} = 50,00 [mm]$$

$$e_{1min} = e_{12} = 50,00 [mm]$$

$$e_{22} = l_{sebp,I} - s_{sebp,I} - e_2 - (k-l) \cdot p_2 = 250,00 - 2,50 - 30,00 - (4-l) \cdot 63,00 = 28,50 [mm]$$

$$e_{2min} = e_{22} = 28,50 [mm]$$

nośność łącznika na docisk

dla śrub skrajnych

$$k_{1x,I} = 2,8 \cdot \frac{e_{1min}}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{50,00}{22,00} - 1,7 = 4,66$$

$$k_{1x,II} = 1,4 \cdot \frac{e_1}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{110,00}{22,00} - 1,7 = 5,30$$

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

$$k_{1x} = \min(k_{1x,I}; k_{1x,II}; k_{1x,III}) = \min(4,66; 5,30; 2,50) = 2,50$$

$$\alpha_{dx} = \frac{e_{2min}}{(3 \cdot d_0)} = \frac{28,50}{(3 \cdot 22,00)} = 0,43$$

$$\alpha_{bx,I} = \alpha_{dx} = 0,43$$

$$\alpha_{bx,II} = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800,00}{360,00} = 2,22$$

$$\alpha_{bx,III} = 1,00$$

$$\alpha_{bx} = \min(\alpha_{bx,I}; \alpha_{bx,II}; \alpha_{bx,III}) = \min(0,43; 2,22; 1,00) = 0,43$$

$$F_{b,Rd,x} = \frac{k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot t_{fd}}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 \cdot 0,43 \cdot 360,00 \cdot 10^{-3} \cdot 20,00 \cdot 17,20}{1,25} = 106,95 [kN]$$

nośność łącznika na ścięcie

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800,00 \cdot 10^{-3} \cdot 245,00}{1,25} = 94,08 [kN]$$

Załączniki

Kategoria połączenia śrubowego: A

nośność dla śrub skrajnych

$$F_{x,Rd} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd} \right) = \min \left(106.95; 94.08 \right) = 94.08 \text{ [kN]}$$

Nośności grupy łączników po kierunku X

(sprawdzenie warunku nośności grupy łączników dla poszczególnych śrub - wartości $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

(jeżeli występuje wartość większa niż 1.0 nośność grupy łączników zależy od nośności najsłabszego łącznika w grupie)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	1.14	1.14	1.14	1.14
2	1.14	1.14	1.14	1.14

$$F_{vi,Rd} \geq F_{bi,Rd,x}$$

W grupie występują śruby, dla których warunek nie jest spełniony.

(Wartości nośności na docisk i ścinanie poszczególnych śrub - $F_{bi,Rd,x} / F_{vi,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08
2	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08	106.95 94.08

$$F_{i,Rd,x} = \min \left(F_{bi,Rd,x}; F_{vi,Rd} \right)$$

$$\min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 94.08 \text{ [kN]}$$

$$F_{gr,b,Rd,x} = \sum F_{bi,Rd,x} = n_{s,nd} \cdot \min \left(F_{i,Rd,x} \right) = 8 \cdot 94.08 = 752.64 \text{ [kN]}$$

Nośność na rozerwanie blokowe

Dla przypadku 1 - działania osiowego

$$A_{nv} = 2 \cdot \left(e_{22,fd} + (k-1) \cdot p_2 - (k-0.5) \cdot d_0 \right) \cdot t_{fd} = 2 \cdot \left(28.50 + (4-1) \cdot 63.00 - (4-0.5) \cdot 22.00 \right) \cdot 17.20 = 4833.20 \text{ [mm]}$$

$$A_{nt} = \left(2 \cdot e_{12,fd} + 2 \cdot (w-1) \cdot p_1 - (2 \cdot w-1) \cdot d_0 \right) \cdot t_{fd} = \left(2 \cdot 50.00 + 2 \cdot (1-1) \cdot 0.00 - (2 \cdot 1-1) \cdot 22.00 \right) \cdot 17.20 = 1341.60 \text{ [mm]}$$

$$V_{eff,Rd} = V_{eff,Rd,1} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\left(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0} \right)} = \frac{360.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1341.60}{1.25} + \frac{235.00 \cdot 10^{-3} \cdot 4833.20}{\left(\sqrt{3} \cdot 1.00 \right)} = 1042.14 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju osłabionego otworami

$$A = t_{fd} \cdot \min \left(h_{nd}; b_{fb,L} \right) = 17.20 \cdot \min \left(210.00; 210.00 \right) = 3612.00 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3612.00 \cdot 235.00 \cdot 10^{-3}}{1.00} = 848.82 \text{ [kN]}$$

Załączniki

Dla przypadku 1 - rozciągania

$$A_{net} = A - 2 \cdot w \cdot d_0 \cdot t_{fd} = 3612.00 - 2 \cdot 1 \cdot 22.00 \cdot 17.20 = 2855.20 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 2855.20 \cdot 360.00 \cdot 10^{-3}}{1.25} = 740.07 \text{ [kN]}$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(848.82; 740.07) = 740.07 \text{ [kN]}$$

Dla przypadku 2 - ściskania

$$c_{fb(L)} = \frac{b_{fb(L)} \cdot t_{wb(L)}}{2} - R_{fb(L)} = \frac{210.00 \cdot 11.10}{2} - 24.00 = 75.45 \text{ [mm]}$$

$$\frac{c_{fb(L)}}{t_{fb(L)}} > 14 \cdot \epsilon$$

$$\frac{75.45}{17.20} = 4.39 \leq 14 \cdot 1.00 = 14.00$$

Pas dwuteownika NIE należy do klasy 4.

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 848.82 \text{ [kN]}$$

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	50.00	20.00	300.00
belka lewa	seria 1	50.00	-20.00	300.00

8.1.2. Rozdział sił

8.1.2.1. Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe)

$$N_0 = \frac{A_{b(R)w}}{A_{b(R)}} \cdot N_{Ed} = \frac{5723.16}{13400.00} \cdot 50.00 = 21.36 \text{ [kN]}$$

$$V_0 = V_{Ed} = 20.00 \text{ [kN]}$$

$$M'_0 = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_0 = 300.00 \cdot 10^3 - 50.00 \cdot 5.00 - 20.00 \cdot 130.00 = 297150.00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_w = M'_0 \cdot \frac{J_{y,b(R)w}}{J_{y,b(R)}} = 297150.00 \cdot \frac{126788673.68}{671200000.00} = 56131.19 \text{ [kNmm]}$$

$$M_0 = M_w = 56131.19 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.2. Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe)

Załączniki

$$M_f = M_{Ed} = 300000.00 \text{ [kNmm]}$$

$$N_o = \frac{A_{b(R)g}}{A_{b(R)}} \cdot N_{Ed} + \frac{M_f}{h_{b(R)}} = \frac{3612.00}{13400.00} \cdot 50.00 + \frac{300000.00}{550.00} = 558.93 \text{ [kN]}$$

$$V_o = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_o = 0.00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.3. Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe)

$$M_f = M_{Ed} = 300000.00 \text{ [kNmm]}$$

$$N_o = \frac{A_{b(R)d}}{A_{b(R)}} \cdot N_{Ed} - \frac{M_f}{h_{b(R)}} = \frac{3612.00}{13400.00} \cdot 50.00 - \frac{300000.00}{550.00} = -531.98 \text{ [kN]}$$

$$V_o = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_o = 0.00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.4. Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe)

$$N_o = \frac{A_{b(L)w}}{A_{b(L)}} \cdot N_{Ed} = \frac{5723.16}{13400.00} \cdot 50.00 = 21.36 \text{ [kN]}$$

$$V_o = V_{Ed} = -20.00 \text{ [kN]}$$

$$M'_o = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot e_N - V_{Ed} \cdot e_o = 300.00 \cdot 10^3 - 50.00 \cdot 5.00 - (-20.00) \cdot 130.00 = 302350.00 \text{ [kNmm]}$$

$$M_w = M'_o \cdot \frac{J_{y,b(L)w}}{J_{y,b(L)}} = 302350.00 \cdot \frac{126788673.68}{671200000.00} = 57113.46 \text{ [kNmm]}$$

$$M_o = M_w = 57113.46 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.5. Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe)

$$M_f = M_{Ed} = 300000.00 \text{ [kNmm]}$$

$$N_o = \frac{A_{b(L)g}}{A_{b(L)}} \cdot N_{Ed} + \frac{M_f}{h_{b(L)}} = \frac{3612.00}{13400.00} \cdot 50.00 + \frac{300000.00}{550.00} = 558.93 \text{ [kN]}$$

$$V_o = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_o = 0.00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.2.6. Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe)

$$M_f = M_{Ed} = 300000.00 \text{ [kNmm]}$$

$$N_o = \frac{A_{b(L)d}}{A_{b(L)}} \cdot N_{Ed} - \frac{M_f}{h_{b(L)}} = \frac{3612.00}{13400.00} \cdot 50.00 - \frac{300000.00}{550.00} = -531.98 \text{ [kN]}$$

$$V_o = 0.00 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$M_0 = 0.00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3. Rozdział sił

8.1.3.1. Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka

$$N_p = a \cdot N_0 = 0.5 \cdot 21.36 = 10.68 \text{ [kN]}$$

$$V_p = a \cdot V_0 = 0.5 \cdot 20.00 = 10.00 \text{ [kN]}$$

$$M_p = a \cdot M_0 = 0.5 \cdot 56131.19 = 28065.59 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.2. Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): środek belki

$$N_w = a \cdot N_0 = 1.0 \cdot 21.36 = 21.36 \text{ [kN]}$$

$$V_w = a \cdot V_0 = 1.0 \cdot 20.00 = 20.00 \text{ [kN]}$$

$$M_w = a \cdot M_0 = 1.0 \cdot 56131.19 = 56131.19 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.3. Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): nakładka górna

$$N_{ng} = N_0 = 558.93 \text{ [kN]}$$

$$V_{ng} = V_0 = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_{ng} = M_0 = 0.00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.4. Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): pas górny belki

$$N_{fg} = N_0 = 558.93 \text{ [kN]}$$

$$V_{fg} = V_0 = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_{fg} = M_0 = 0.00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.5. Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): nakładka dolna

$$N_{nd} = N_0 = -531.98 \text{ [kN]}$$

$$V_{nd} = V_0 = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_{nd} = M_0 = 0.00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.6. Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): pas dolny belki

$$N_{fd} = N_0 = -531.98 \text{ [kN]}$$

$$V_{fd} = V_0 = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_{fd} = M_0 = 0.00 \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.7. Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka

$$N_p = a \cdot N_0 = 0.5 \cdot 21.36 = 10.68 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$V_p = \alpha \cdot V_0 = 0.5 \cdot -20.00 = -10.00 \text{ [kN]}$$

$$M_p = \alpha \cdot M_0 = 0.5 \cdot 57113.46 = 28556.73 \text{ [kNm]} \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.8. Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki

$$N_w = \alpha \cdot N_0 = 1.0 \cdot 21.36 = 21.36 \text{ [kN]}$$

$$V_w = \alpha \cdot V_0 = 1.0 \cdot -20.00 = -20.00 \text{ [kN]}$$

$$M_w = \alpha \cdot M_0 = 1.0 \cdot 57113.46 = 57113.46 \text{ [kNm]} \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.9. Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): nakładka górna

$$N_{ng} = N_0 = 558.93 \text{ [kN]}$$

$$V_{ng} = V_0 = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_{ng} = M_0 = 0.00 \text{ [kNm]} \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.10. Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): pas górny belki

$$N_{fg} = N_0 = 558.93 \text{ [kN]}$$

$$V_{fg} = V_0 = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_{fg} = M_0 = 0.00 \text{ [kNm]} \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.11. Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): nakładka dolna

$$N_{nd} = N_0 = -531.98 \text{ [kN]}$$

$$V_{nd} = V_0 = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_{nd} = M_0 = 0.00 \text{ [kNm]} \text{ [kNmm]}$$

8.1.3.12. Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): pas dolny belki

$$N_{fd} = N_0 = -531.98 \text{ [kN]}$$

$$V_{fd} = V_0 = 0.00 \text{ [kN]}$$

$$M_{fd} = M_0 = 0.00 \text{ [kNm]} \text{ [kNmm]}$$

8.1.4. Warunki nośności połączenia śrubowego

8.1.4.1. Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka

Wytężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X
(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	0.23	0.23	0.23
2	0.08	0.08	0.08

Załączniki

3	0.07	0.06	0.07
4	0.21	0.21	0.21

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyciężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = \frac{N_p}{n_{s,p}} = \frac{10.68}{12} = 0.89 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_p \cdot z_i}{\sum(x_i^2 + z_i^2)} = \frac{28065.59 \cdot 135.00}{160700.00} = 23.58 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |0.89 + 23.58| = 24.47 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{24.47}{106.67} = 0.23$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 24.47 / 106.67 = 0.23$ Warunek spełniony

Wyciężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku Z
(wyciężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	0.10	0.01	0.11
2	0.10	0.01	0.11
3	0.10	0.01	0.11
4	0.10	0.01	0.11

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyciężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{V,Ed} = \frac{V_p}{n_{s,p}} = \frac{10.00}{12} = 0.83 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mz,Ed} = \frac{M_p \cdot x_i}{\sum(z_i^2 + x_i^2)} = \frac{28065.59 \cdot 70.00}{160700.00} = 12.23 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} = |F_{V,Ed} + F_{Mz,Ed}| = |0.83 + 12.23| = 13.06 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} = \frac{13.06}{115.20} = 0.11$$

$F_{z,Ed} / F_{z,Rd} = 13.06 / 115.20 = 0.11$ Warunek spełniony

Wyciężenia łączników na ścięcie dla sił obliczeniowych po kierunku wypadkowym
(wyciężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	0.45	0.41	0.46
2	0.24	0.15	0.26

Załączniki

3	0.22	0.12	0.25
4	0.42	0.38	0.43

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{x,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2} = \sqrt{24.47^2 + 13.06^2} = 27.73 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{27.73}{60.29} = 0.46$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 27.73 / 60.29 = 0.46$ Warunek spełniony

Wyężenia łączników w przypadku dwukierunkowego docisku dla sił obliczeniowych

(wyężenia poszczególnych śrub - wartości $(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	0.06	0.05	0.07
2	0.02	0.01	0.02
3	0.01	0.00	0.02
4	0.06	0.05	0.06

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{24.47}{106.67}\right)^2 + \left(\frac{13.06}{115.20}\right)^2 = 0.07$$

$$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2 = (24.47 / 106.67)^2 + (13.06 / 115.20)^2 = 0.07$$

Warunek spełniony

Wyężenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_p|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{10.68}{723.46} = 0.01$$

$|N_p| / F_{gr,b,Rd,x} = |10.68| / 723.46 = 0.01$ Warunek spełniony

Wyężenie grupy łączników po kierunku Z

$$\frac{|V_p|}{F_{gr,b,Rd,z}} = \frac{10.00}{723.46} = 0.01$$

$|V_p| / F_{gr,b,Rd,z} = |10.00| / 723.46 = 0.01$ Warunek spełniony

Wyężenie grupy łączników w przypadku dwukierunkowego docisku

Załączniki

$$\left(\frac{N_p}{F_{gr,b,Rd,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_p}{F_{gr,b,Rd,z}}\right)^2 = \left(\frac{10.68}{723.46}\right)^2 + \left(\frac{10.00}{723.46}\right)^2 = 0.00$$

$$(N_p / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_p / F_{gr,b,Rd,z})^2 = (10.68 / 723.46)^2 + (10.00 / 723.46)^2 = 0.00$$

Warunek spełniony

Wytężenia dla rozerwania blokowego

Rozerwanie blokowe występujące w wyniku działania mimośrodowego.

$$\frac{N_p}{V_{eff,N,Rd}} + \frac{|V_p|}{V_{eff,V,Rd}} = \frac{10.68}{581.21} + \frac{10.00}{571.06} = 0.04$$

$N_p / V_{eff,N,Rd} + |V_p| / V_{eff,V,Rd} = 10.68 / 581.21 + |10.00| / 571.06 = 0.04$ Warunek spełniony

Wytężenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{p,osł} = N_p = 10.68 \text{ [kN]}$$

$$\frac{N_{p,osł}}{N_{t,Rd}} = \frac{10.68}{850.18} = 0.01$$

$N_{p,osł} / N_{t,Rd} = 10.68 / 850.18 = 0.01$ Warunek spełniony

8.1.4.2. Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): średnik belki

Wytężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X

(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	0.38	0.38	0.38
2	0.14	0.14	0.14
3	0.11	0.11	0.11
4	0.35	0.35	0.35

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wytężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{NEd} = \frac{N_w}{n_{s,p}} = \frac{21.36}{12} = 1.78 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_w \cdot z_i}{\sum(x_i^2 + z_i^2)} = \frac{56131.19 \cdot 135.00}{160700.00} = 47.15 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{NEd} + F_{Mx,Ed}| = |1.78 + 47.15| = 48.93 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{48.93}{127.87} = 0.38$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 48.93 / 127.87 = 0.38$ Warunek spełniony

Wytężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku Z

Załączniki

(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	0.18	0.01	0.20
2	0.18	0.01	0.20
3	0.18	0.01	0.20
4	0.18	0.01	0.20

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wytężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{V,Ed} = \frac{V_w}{n_{s,p}} = \frac{20,00}{12} = 1,67 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_w \cdot x_i}{\sum (z_i^2 + z_i^2)} = \frac{56131,19 \cdot 70,00}{160700,00} = 24,45 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} = |F_{V,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |1,67 + 24,45| = 26,12 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} = \frac{26,12}{127,87} = 0,20$$

 $F_{z,Ed} / F_{z,Rd} = 26,12 / 127,87 = 0,20$ Warunek spełniony

Wytężenia łączników na ścięcie dla sił obliczeniowych po kierunku wypadkowym

(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	0.90	0.81	0.92
2	0.48	0.29	0.52
3	0.44	0.23	0.49
4	0.84	0.75	0.87

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wytężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{xz,Ed} = \sqrt{(F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2)} = \sqrt{(48,93^2 + 26,12^2)} = 55,47 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{xz,Ed}}{F_{xz,Rd}} = \frac{55,47}{60,29} = 0,92$$

 $F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd} = 55,47 / 60,29 = 0,92$ Warunek spełniony

Wytężenia łączników w przypadku dwukierunkowego docisku dla sił obliczeniowych

(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$)

wiersz / kolumna	3	2	1
1	0.18	0.15	0.19

Załączniki

2	0.05	0.02	0.06
3	0.04	0.01	0.05
4	0.16	0.13	0.17

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{48.93}{127.87}\right)^2 + \left(\frac{26.12}{127.87}\right)^2 = 0.19$$

$$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2 = (48.93 / 127.87)^2 + (26.12 / 127.87)^2 = 0.19$$

Warunek spełniony

Wyężenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_w|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|21.36|}{723.46} = 0.03$$

$$|N_w| / F_{gr,b,Rd,x} = |21.36| / 723.46 = 0.03 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenie grupy łączników po kierunku Z

$$\frac{|V_w|}{F_{gr,b,Rd,z}} = \frac{|20.00|}{723.46} = 0.03$$

$$|V_w| / F_{gr,b,Rd,z} = |20.00| / 723.46 = 0.03 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenie grupy łączników w przypadku dwukierunkowego docisku

$$\left(\frac{N_w}{F_{gr,b,Rd,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_w}{F_{gr,b,Rd,z}}\right)^2 = \left(\frac{21.36}{723.46}\right)^2 + \left(\frac{20.00}{723.46}\right)^2 = 0.00$$

$$(N_w / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_w / F_{gr,b,Rd,z})^2 = (21.36 / 723.46)^2 + (20.00 / 723.46)^2 = 0.00$$

Warunek spełniony

Wyężenia dla rozerwania blokowego

Rozerwanie blokowe występujące w wyniku działania mimośrodowego.

$$\frac{N_w}{V_{eff,N,Rd}} + \frac{|V_w|}{V_{eff,V,Rd}} = \frac{21.36}{776.32} + \frac{|20.00|}{758.81} = 0.05$$

$$N_w / V_{eff,N,Rd} + |V_w| / V_{eff,V,Rd} = 21.36 / 776.32 + |20.00| / 758.81 = 0.05 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{w,osł} = N_w = 21.36 \text{ [kN]}$$

$$\frac{N_{w,osł}}{N_{t,Rd}} = \frac{21.36}{943.70} = 0.02$$

$$N_{w,osł} / N_{t,Rd} = 21.36 / 943.70 = 0.02 \text{ Warunek spełniony}$$

Załączniki

8.1.4.3. Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): nakładka górna

Wytężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X
(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	0.74	0.74	0.74	0.74
2	0.74	0.74	0.74	0.74

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wytężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = \frac{N_{ng}}{n_{s,ng}} = \frac{558,93}{8} = 69,87 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = 0 \text{ [kNm]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |69,87 + 0,00| = 69,87 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{69,87}{94,08} = 0,74$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 69,87 / 94,08 = 0,74$ Warunek spełniony

Wytężenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_{ng}|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|558,93|}{752,64} = 0,74$$

$|N_{ng}| / F_{gr,b,Rd,x} = |558,93| / 752,64 = 0,74$ Warunek spełniony

Wytężenia dla rozerwania blokowego

$N_{ng} > 0$, $V_{ng} = 0$ oraz $M_{ng} = 0$.

Rozerwanie blokowego występujące w wyniku działania osiowego.

$$\frac{N_{ng}}{V_{eff,Rd}} = \frac{558,93}{975,94} = 0,57$$

$N_{ng} / V_{eff,Rd} = 558,93 / 975,94 = 0,57$ Warunek spełniony

Wytężenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{ng,osi} = N_{ng} = 558,93 \text{ [kN]}$$

$$\frac{N_{ng,osi}}{N_{t,Rd}} = \frac{558,93}{688,44} = 0,81$$

$N_{ng,osi} / N_{t,Rd} = 558,93 / 688,44 = 0,81$ Warunek spełniony

8.1.4.4. Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): pas górny belki

Wytężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X

Załączniki

(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	0.74	0.74	0.74	0.74
2	0.74	0.74	0.74	0.74

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wytężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = \frac{N}{n_{s,ng}} = \frac{558,93}{8} = 69,87 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = 0 \text{ [kNm]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |69,87 + 0,00| = 69,87 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{69,87}{94,08} = 0,74$$

 $F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 69.87 / 94.08 = 0.74$ Warunek spełniony

Wytężenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_{fg}|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|558,93|}{752,64} = 0,74$$

 $|N_{fg}| / F_{gr,b,Rd,x} = |558.93| / 752.64 = 0.74$ Warunek spełniony

Wytężenia dla rozerwania blokowego

 $N_{fg} > 0$, $V_{fg} = 0$ oraz $M_{fg} = 0$.

Rozerwanie blokowego występujące w wyniku działania osiowego.

$$\frac{N_{fg}}{V_{eff,Rd}} = \frac{558,93}{1042,14} = 0,54$$

 $N_{fg} / V_{eff,Rd} = 558.93 / 1042.14 = 0.54$ Warunek spełniony

Wytężenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{fg,osł} = N_{fg} = 558,93 \text{ [kN]}$$

$$\frac{N_{fg,osł}}{N_{t,Rd}} = \frac{558,93}{740,07} = 0,76$$

 $N_{fg,osł} / N_{t,Rd} = 558.93 / 740.07 = 0.76$ Warunek spełniony

8.1.4.5. Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): nakładka dolna

Wytężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X

(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	0.71	0.71	0.71	0.71

Załączniki

2	0.71	0.71	0.71	0.71
---	------	------	------	------

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = \frac{N_{nd}}{n_{s,nd}} = \frac{(-531.98)}{8} = -66.50 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = 0 \text{ [kNm]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |(-66.50) + 0.00| = 66.50 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{66.50}{94.08} = 0.71$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 66.50 / 94.08 = 0.71$ Warunek spełniony

Wyężenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_{nd}|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|(-531.98)|}{752.64} = 0.71$$

$|N_{nd}| / F_{gr,b,Rd,x} = |-531.98| / 752.64 = 0.71$ Warunek spełniony

Wyężenia dla rozerwania blokowego

$$N_{nd} = -531.98 \leq 0 \text{ [kN]}$$

Warunek rozerwania blokowego nie jest sprawdzany w przypadku $N_{nd} \leq 0$.

Wyężenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{nd,osł} = N_{nd} = -531.98 \text{ [kN]}$$

$$\frac{|N_{nd,osł}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|(-531.98)|}{789.60} = 0.67$$

$|N_{nd,osł}| / N_{c,Rd} = |-531.98| / 789.60 = 0.67$ Warunek spełniony

8.1.4.6. Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): pas dolny belki

Wyężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X

(wyężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	4	3	2	1
1	0.71	0.71	0.71	0.71
2	0.71	0.71	0.71	0.71

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

Załączniki

$$F_{NEd} = \frac{N_{fd}}{n_{s,nd}} = \frac{(-531.98)}{8} = -66.50 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = 0 \text{ [kNm]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{NEd} + F_{Mx,Ed}| = |(-66.50) + 0.00| = 66.50 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{66.50}{94.08} = 0.71$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 66.50 / 94.08 = 0.71$ Warunek spełniony

Wyężenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_{fd}|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|(-531.98)|}{752.64} = 0.71$$

$|N_{fd}| / F_{gr,b,Rd,x} = |-531.98| / 752.64 = 0.71$ Warunek spełniony

Wyężenia dla rozerwania blokowego

$$N_{fd} = -531.98 \leq 0 \text{ [kN]}$$

Warunek rozerwania blokowego nie jest sprawdzany w przypadku $N_{fd} \leq 0$.

Wyężenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{fd,ost} = N_{fd} = -531.98 \text{ [kN]}$$

$$\frac{|N_{fd,ost}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|(-531.98)|}{848.82} = 0.63$$

$|N_{fd,ost}| / N_{c,Rd} = |-531.98| / 848.82 = 0.63$ Warunek spełniony

8.1.4.7. Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka

Wyężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X

(wyężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	0.23	0.23	0.23
2	0.08	0.08	0.08
3	0.07	0.06	0.07
4	0.22	0.22	0.22

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{NEd} = \frac{N_p}{n_{s,p}} = \frac{10.68}{12} = 0.89 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_p \cdot z_i}{\Sigma(x_i^2 + z_i^2)} = \frac{28556.73 \cdot 135.00}{160700.00} = 23.99 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{NEd} + F_{Mx,Ed}| = |0.89 + 23.99| = 24.88 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{24.88}{106.67} = 0.23$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 24.88 / 106.67 = 0.23$ Warunek spełniony

Wyężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku Z
(wyężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	0.10	0.01	0.12
2	0.10	0.01	0.12
3	0.10	0.01	0.12
4	0.10	0.01	0.12

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 3, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{V,Ed} = \frac{V_p}{n_{s,p}} = \frac{(-10.00)}{12} = -0.83 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mz,Ed} = \frac{M_p \cdot x_i}{\Sigma(z_i^2 + z_i^2)} = \frac{28556.73 \cdot -70.00}{160700.00} = -12.44 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} = |F_{V,Ed} + F_{Mz,Ed}| = |-0.83 + -12.44| = 13.27 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} = \frac{13.27}{115.20} = 0.12$$

$F_{z,Ed} / F_{z,Rd} = 13.27 / 115.20 = 0.12$ Warunek spełniony

Wyężenia łączników na ścięcie dla sił obliczeniowych po kierunku wypadkowym
(wyężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	0.46	0.41	0.47
2	0.24	0.15	0.26
3	0.23	0.12	0.25
4	0.43	0.38	0.44

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 3, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{NEd} = \frac{N_p}{n_{s,p}} = \frac{10.68}{12} = 0.89 \text{ [kN]}$$

Załączniki

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_p \cdot z_i}{\sqrt{x_i^2 + z_i^2}} = \frac{28556.73 \cdot 135.00}{160700.00} = 23.99 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{NEd} + F_{Mx,Ed}| = |0.89 + 23.99| = 24.88 \text{ [kN]}$$

$$F_{xz,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2} = \sqrt{24.88^2 + 13.27^2} = 28.20 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{xz,Ed}}{F_{xz,Rd}} = \frac{28.20}{60.29} = 0.47$$

$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd} = 28.20 / 60.29 = 0.47$ Warunek spełniony

Wytężenia łączników w przypadku dwukierunkowego docisku dla sił obliczeniowych

(wytężenia poszczególnych śrub - wartości $(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	0.06	0.05	0.07
2	0.02	0.01	0.02
3	0.01	0.00	0.02
4	0.06	0.05	0.06

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wytężonej śruby

nr kolumny: 3, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{24.88}{106.67}\right)^2 + \left(\frac{13.27}{115.20}\right)^2 = 0.07$$

$$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2 = (24.88 / 106.67)^2 + (13.27 / 115.20)^2 = 0.07$$

Warunek spełniony

Wytężenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_p|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{10.68}{723.46} = 0.01$$

$|N_p| / F_{gr,b,Rd,x} = |10.68| / 723.46 = 0.01$ Warunek spełniony

Wytężenie grupy łączników po kierunku Z

$$\frac{|V_p|}{F_{gr,b,Rd,z}} = \frac{(-10.00)}{723.46} = 0.01$$

$|V_p| / F_{gr,b,Rd,z} = |-10.00| / 723.46 = 0.01$ Warunek spełniony

Wytężenie grupy łączników w przypadku dwukierunkowego docisku

$$\left(\frac{N_p}{F_{gr,b,Rd,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_p}{F_{gr,b,Rd,z}}\right)^2 = \left(\frac{10.68}{723.46}\right)^2 + \left(\frac{(-10.00)}{723.46}\right)^2 = 0.00$$

$$(N_p / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_p / F_{gr,b,Rd,z})^2 = (10.68 / 723.46)^2 + (-10.00 / 723.46)^2 = 0.00$$

Warunek spełniony

Załączniki

Wyłączenia dla rozerwania blokowego

Rozerwanie blokowe występujące w wyniku działania mimośrodowego.

$$\frac{N_p}{V_{\text{eff},N,Rd}} + \frac{|V_p|}{V_{\text{eff},V,Rd}} = \frac{10.68}{581.21} + \frac{|-10.00|}{571.06} = 0.04$$

$N_p / V_{\text{eff},N,Rd} + |V_p| / V_{\text{eff},V,Rd} = 10.68 / 581.21 + | -10.00 | / 571.06 = 0.04$ Warunek spełniony

Wyłączenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{p,\text{osł}} = N_p = 10.68 \text{ [kN]}$$

$$\frac{N_{p,\text{osł}}}{N_{t,Rd}} = \frac{10.68}{850.18} = 0.01$$

$N_{p,\text{osł}} / N_{t,Rd} = 10.68 / 850.18 = 0.01$ Warunek spełniony

8.1.4.8. Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): średnik belki

Wyłączenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X
(wyłączenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	0.39	0.39	0.39
2	0.14	0.14	0.14
3	0.11	0.11	0.11
4	0.36	0.36	0.36

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyłączonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = \frac{N_w}{n_{s,p}} = \frac{21.36}{12} = 1.78 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_w \cdot z_i}{\sum(x_i^2 + z_i^2)} = \frac{57113.46 \cdot 135.00}{160700.00} = 47.98 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |1.78 + 47.98| = 49.76 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{49.76}{127.87} = 0.39$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 49.76 / 127.87 = 0.39$ Warunek spełniony

Wyłączenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku Z
(wyłączenia poszczególnych śrub - wartości $F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	0.18	0.01	0.21
2	0.18	0.01	0.21

Załączniki

3	0.18	0.01	0.21
4	0.18	0.01	0.21

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 3, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{V,Ed} = \frac{V_w}{n_{s,p}} = \frac{(-20,00)}{12} = -1,67 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_w \cdot x_i}{\Sigma(z_i^2 + z_i^2)} = \frac{57113,46 \cdot -70,00}{160700,00} = -24,88 \text{ [kN]}$$

$$F_{z,Ed} = |F_{V,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |(-1,67) + (-24,88)| = 26,54 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} = \frac{26,54}{127,87} = 0,21$$

$F_{z,Ed} / F_{z,Rd} = 26,54 / 127,87 = 0,21$ Warunek spełniony

Wyężenia łączników na ścięciu dla sił obliczeniowych po kierunku wypadkowym (wyężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3
1	0.91	0.83	0.94
2	0.48	0.30	0.53
3	0.45	0.24	0.50
4	0.86	0.77	0.88

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 3, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = \frac{N_w}{n_{s,p}} = \frac{21,36}{12} = 1,78 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = \frac{M_w \cdot z_i}{\Sigma(x_i^2 + z_i^2)} = \frac{57113,46 \cdot 135,00}{160700,00} = 47,98 \text{ [kN]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |1,78 + 47,98| = 49,76 \text{ [kN]}$$

$$F_{xz,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2} = \sqrt{49,76^2 + 26,54^2} = 56,40 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{xz,Ed}}{F_{xz,Rd}} = \frac{56,40}{60,29} = 0,94$$

$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd} = 56,40 / 60,29 = 0,94$ Warunek spełniony

Wyężenia łączników w przypadku dwukierunkowego docisku dla sił obliczeniowych

(wyężenia poszczególnych śrub - wartości $(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$)

wiersz / kolumna	1	2	3
------------------	---	---	---

Załączniki

1	0.18	0.15	0.19
2	0.05	0.02	0.06
3	0.05	0.01	0.06
4	0.16	0.13	0.17

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 3, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{49.76}{127.87}\right)^2 + \left(\frac{26.54}{127.87}\right)^2 = 0.19$$

$$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2 = (49.76 / 127.87)^2 + (26.54 / 127.87)^2 = 0.19$$

Warunek spełniony

Wyężenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_w|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|21.36|}{723.46} = 0.03$$

$$|N_w| / F_{gr,b,Rd,x} = |21.36| / 723.46 = 0.03 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenie grupy łączników po kierunku Z

$$\frac{|V_w|}{F_{gr,b,Rd,z}} = \frac{|(-20.00)|}{723.46} = 0.03$$

$$|V_w| / F_{gr,b,Rd,z} = |-20.00| / 723.46 = 0.03 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenie grupy łączników w przypadku dwukierunkowego docisku

$$\left(\frac{N_w}{F_{gr,b,Rd,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_w}{F_{gr,b,Rd,z}}\right)^2 = \left(\frac{21.36}{723.46}\right)^2 + \left(\frac{(-20.00)}{723.46}\right)^2 = 0.00$$

$$(N_w / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_w / F_{gr,b,Rd,z})^2 = (21.36 / 723.46)^2 + (-20.00 / 723.46)^2 = 0.00$$

Warunek spełniony

Wyężenia dla rozerwania blokowego

Rozerwanie blokowe występujące w wyniku działania mimośrodowego.

$$\frac{N_w}{V_{eff,N,Rd}} + \frac{|V_w|}{V_{eff,V,Rd}} = \frac{21.36}{776.32} + \frac{|(-20.00)|}{758.81} = 0.05$$

$$N_w / V_{eff,N,Rd} + |V_w| / V_{eff,V,Rd} = 21.36 / 776.32 + |-20.00| / 758.81 = 0.05 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyężenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{w,osi} = N_w = 21.36 \text{ [kN]}$$

$$\frac{N_{w,osi}}{N_{t,Rd}} = \frac{21.36}{943.70} = 0.02$$

Załączniki

$$N_{w,ost} / N_{t,Rd} = 21.36 / 943.70 = 0.02 \text{ Warunek spełniony}$$

8.1.4.9. Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): nakładka górna

Wyteżenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X
(wyteżenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	0.74	0.74	0.74	0.74
2	0.74	0.74	0.74	0.74

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyteżonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = \frac{N_{ng}}{n_{s,ng}} = \frac{558.93}{8} = 69.87 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = 0 \text{ [kNm]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |69.87 + 0.00| = 69.87 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{69.87}{94.08} = 0.74$$

$$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 69.87 / 94.08 = 0.74 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyteżenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_{ng}|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|558.93|}{752.64} = 0.74$$

$$|N_{ng}| / F_{gr,b,Rd,x} = |558.93| / 752.64 = 0.74 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyteżenia dla rozerwania blokowego

$$N_{ng} > 0, V_{ng} = 0 \text{ oraz } M_{ng} = 0.$$

Rozerwanie blokowe występujące w wyniku działania osiowego.

$$\frac{N_{ng}}{V_{eff,Rd}} = \frac{558.93}{975.94} = 0.57$$

$$N_{ng} / V_{eff,Rd} = 558.93 / 975.94 = 0.57 \text{ Warunek spełniony}$$

Wyteżenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{ng,ost} = N_{ng} = 558.93 \text{ [kN]}$$

$$\frac{N_{ng,ost}}{N_{t,Rd}} = \frac{558.93}{688.44} = 0.81$$

$$N_{ng,ost} / N_{t,Rd} = 558.93 / 688.44 = 0.81 \text{ Warunek spełniony}$$

8.1.4.10. Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): pas górny belki

Załączniki

Wyświetlenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X
(wyświetlenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	0.74	0.74	0.74	0.74
2	0.74	0.74	0.74	0.74

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = \frac{N}{n_{s,ng}} = \frac{558,93}{8} = 69,87 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = 0 \text{ [kNm]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed}| = |69,87 + 0,00| = 69,87 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{69,87}{94,08} = 0,74$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 69,87 / 94,08 = 0,74$ Warunek spełniony

Wyświetlenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|558,93|}{752,64} = 0,74$$

$|N_{fg}| / F_{gr,b,Rd,x} = |558,93| / 752,64 = 0,74$ Warunek spełniony

Wyświetlenia dla rozerwania blokowego

$N_{fg} > 0$, $V_{fg} = 0$ oraz $M_{fg} = 0$.

Rozerwanie blokowego występujące w wyniku działania osiowego.

$$\frac{N_{fg}}{V_{eff,Rd}} = \frac{558,93}{1042,14} = 0,54$$

$N_{fg} / V_{eff,Rd} = 558,93 / 1042,14 = 0,54$ Warunek spełniony

Wyświetlenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{fg,osi} = N_{fg} = 558,93 \text{ [kN]}$$

$$\frac{N_{fg,osi}}{N_{t,Rd}} = \frac{558,93}{740,07} = 0,76$$

$N_{fg,osi} / N_{t,Rd} = 558,93 / 740,07 = 0,76$ Warunek spełniony

8.1.4.11. Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): nakładka dolna

Wyświetlenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X
(wyświetlenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
------------------	---	---	---	---

Załączniki

1	0.71	0.71	0.71	0.71
2	0.71	0.71	0.71	0.71

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyciężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

$$F_{N,Ed} = \frac{N_{nd}}{n_{s,nd}} = \frac{(-531.98)}{8} = -66.50 \text{ [kN]}$$

$$F_{M_x,Ed} = 0 \text{ [kNm]}$$

$$F_{x,Ed} = |F_{N,Ed} + F_{M_x,Ed}| = |(-66.50) + 0.00| = 66.50 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{66.50}{94.08} = 0.71$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 66.50 / 94.08 = 0.71$ Warunek spełniony

Wyciężenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_{nd}|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|(-531.98)|}{752.64} = 0.71$$

$|N_{nd}| / F_{gr,b,Rd,x} = |-531.98| / 752.64 = 0.71$ Warunek spełniony

Wyciężenia dla rozerwania blokowego

$$N_{nd} = -531.98 \leq 0 \text{ [kN]}$$

Warunek rozerwania blokowego nie jest sprawdzany w przypadku $N_{nd} \leq 0$.

Wyciężenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{nd,osł} = N_{nd} = -531.98 \text{ [kN]}$$

$$\frac{|N_{nd,osł}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|(-531.98)|}{789.60} = 0.67$$

$|N_{nd,osł}| / N_{c,Rd} = |-531.98| / 789.60 = 0.67$ Warunek spełniony

8.1.4.12. Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): pas dolny belki

Wyciężenia łączników dla sił obliczeniowych po kierunku X

(wyciężenia poszczególnych śrub - wartości $F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$)

wiersz / kolumna	1	2	3	4
1	0.71	0.71	0.71	0.71
2	0.71	0.71	0.71	0.71

Obliczenia szczegółowe dla najbardziej wyciężonej śruby

nr kolumny: 1, nr wiersza: 1, położenie: śruba skrajna

Załączniki

$$F_{N,Ed} = \frac{N_{fd}}{n_{s,nd}} = \frac{(-531.98)}{8} = -66.50 \text{ [kN]}$$

$$F_{Mx,Ed} = 0 \text{ [kNm]}$$

$$F_{x,Ed} = \left| F_{N,Ed} + F_{Mx,Ed} \right| = \left| (-66.50) + 0.00 \right| = 66.50 \text{ [kN]}$$

$$\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} = \frac{66.50}{94.08} = 0.71$$

$F_{x,Ed} / F_{x,Rd} = 66.50 / 94.08 = 0.71$ Warunek spełniony

Wytężenie grupy łączników po kierunku X

$$\frac{|N_{fd}|}{F_{gr,b,Rd,x}} = \frac{|(-531.98)|}{752.64} = 0.71$$

$|N_{fd}| / F_{gr,b,Rd,x} = | -531.98 | / 752.64 = 0.71$ Warunek spełniony

Wytężenia dla rozerwania blokowego

$$N_{fd} = -531.98 \leq 0 \text{ [kN]}$$

Warunek rozerwania blokowego nie jest sprawdzany w przypadku $N_{fd} \leq 0$.

Wytężenie przekroju osłabionego otworami

$$N_{fd,ost} = N_{fd} = -531.98 \text{ [kN]}$$

$$\frac{|N_{fd,ost}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|(-531.98)|}{848.82} = 0.63$$

$|N_{fd,ost}| / N_{c,Rd} = | -531.98 | / 848.82 = 0.63$ Warunek spełniony

9. Podsumowanie wytężeń

Kolejne kolumny w poniższych tabelach wytężeń odpowiadają poszczególnym elementom połączenia:

- 1: Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): przykładka
- 2: Połączenie przykładka-belka prawa (śrubowe): środek belki
- 3: Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): nakładka górna
- 4: Połączenie nakładka górna-belka prawa (śrubowe): pas górny belki
- 5: Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): nakładka dolna
- 6: Połączenie nakładka dolna-belka prawa (śrubowe): pas dolny belki
- 7: Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): przykładka
- 8: Połączenie przykładka-belka lewa (śrubowe): środek belki
- 9: Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): nakładka górna
- 10: Połączenie nakładka górna-belka lewa (śrubowe): pas górny belki
- 11: Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): nakładka dolna
- 12: Połączenie nakładka dolna-belka lewa (śrubowe): pas dolny belki

Zestaw sił nr 1

Wartości poszczególnych wytężeń dla połączeń typu śrubowego.

Załączniki

wyężenie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$F_{x,Ed} / F_{x,Rd}$	0.23	0.38	0.74	0.74	0.71	0.71	0.23	0.39	0.74	0.74	0.71	0.71
$F_{x,Ed,ser} / F_{x,Rd,ser}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$F_{z,Ed} / F_{z,Rd}$	0.11	0.20	-	-	-	-	0.12	0.21	-	-	-	-
$F_{xz,Ed} / F_{xz,Rd}$	0.46	0.92	-	-	-	-	0.47	0.94	-	-	-	-
$F_{xz,Ed,ser} / F_{xz,Rd,ser}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$(F_{x,Ed} / F_{x,Rd})^2 + (F_{z,Ed} / F_{z,Rd})^2$	0.07	0.19	-	-	-	-	0.07	0.19	-	-	-	-
$ N_{el} / F_{gr,b,Rd,x}$	0.01	0.03	0.74	0.74	0.71	0.71	0.01	0.03	0.74	0.74	0.71	0.71
$ V_{el} / F_{gr,b,Rd,z}$	0.01	0.03	-	-	-	-	0.01	0.03	-	-	-	-
$(N_{el} / F_{gr,b,Rd,x})^2 + (V_{el} / F_{gr,b,Rd,z})^2$	0.00	0.00	-	-	-	-	0.00	0.00	-	-	-	-
$N_{el} / V_{eff,Rd}$	-	-	0.57	0.54	-	-	-	-	0.57	0.54	-	-
$N_{el} / V_{eff,N,Rd} + V_{el} / V_{eff,V,Rd}$	0.04	0.05	-	-	-	-	0.04	0.05	-	-	-	-
$ N_{el} / N_{c,Rd,osł}$	-	-	-	-	0.67	0.63	-	-	-	-	0.67	0.63
$N_{el} / N_{t,Rd,osł}$	0.01	0.02	0.81	0.76	-	-	0.01	0.02	0.81	0.76	-	-

Zestawienie maksymalnych wyężen

Wartości największych wyężen dla poszczęólnych połączeń.

Sily	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.46	0.92	0.81	0.76	0.71	0.71	0.47	0.94	0.81	0.76	0.71	0.71