

Moduł

Połączenia doczołowe

Spis treści

470.	POŁĄCZENIA DOCZOŁOWE	3
470.1.	WIADOMOŚCI OGÓLNE	3
470.1.1.	<i>Opis ogólny programu</i>	<i>3</i>
470.1.2.	<i>Zakres pracy programu.....</i>	<i>3</i>
470.1.3.	<i>Opis podstawowych funkcji programu.....</i>	<i>4</i>
470.1.3.1.	<i>Kategorie połączeń doczołowych.....</i>	<i>4</i>
470.1.3.2.	<i>Grubość blachy doczołowej</i>	<i>4</i>
470.1.3.3.	<i>Obliczanie spoin.....</i>	<i>5</i>
470.1.3.4.	<i>Wyznaczanie nośności połączenia.....</i>	<i>5</i>
470.2.	WPROWADZANIE DANYCH	7
470.2.1.	<i>Opis zakładki modułu – Połączenia doczołowe.....</i>	<i>7</i>
470.2.1.1.	<i>Zakładka – Dane połączenia.....</i>	<i>7</i>
470.2.1.2.	<i>Zakładka – Dane śrub.....</i>	<i>11</i>
470.3.	OPIS OKNA EKРАНU ROBOCZEGO	11
470.4.	OKNO DRZEWA PROJEKTU	12
470.5.	OPIS RAPORTÓW MODUŁU – POŁĄCZENIA DOCZOŁOWE	13
470.6.	PRZYKŁAD.....	15

470. Połączenia doczołowe

470.1. Wiadomości ogólne

470.1.1. Opis ogólny programu

Moduł **Połączenia doczołowe** przeznaczony jest do kompleksowego obliczania połączeń doczołowych na śruby dwóch profili stalowych. Program zawiera dwie zakładki. W pierwszej użytkownik definiuje podstawowe charakterystyki przekroju, blach doczołowej, śrub oraz ewentualnie żeberek. W niej również definiowane są obciążenia. Natomiast w drugiej użytkownik ma możliwość zmiany liczby oraz ręcznej weryfikacji położenia śrub (program automatycznie rozmieszcza śruby z zachowaniem warunków normowych). Połączenia doczołowe na śruby są obliczane zgodnie z polską normą **Konstrukcje stalowe Obliczenia statyczne i projektowanie PN-90/B03200**. Program automatycznie wykonuje iteracje, poszukując najniższej klasy śrub która przeniesie zdefiniowane obciążenie. Przy tworzeniu algorytmów obliczeniowych autor również uwzględnił sugestie i wskazówki zawarte w następujących pozycjach: „Podstawy projektowania konstrukcji metalowych” Jan Zmuda, „Przykłady obliczeń konstrukcji stalowych” W. Bogucki, „Obliczenia konstrukcji stalowych” Jerzy Niewiadomski.

470.1.2. Zakres pracy programu

Program **Połączenia doczołowe** służy do w pełni automatycznego wymiarowania i rysowania złączy doczołowych na śruby. Wszystkie parametry wytrzymałościowe dla kształtownika, blachy, żeberek są automatycznie dobierane przez program poprzez zdefiniowanie przez użytkownika klasy stali. Natomiast dla śrub nośność obliczeniowa na ścinanie i zerwanie trzpienia (S_{rv} , S_{rn}) są dobierane przez program zgodnie z tabelicą Z2-2 PN poprzez zdefiniowanie przez użytkownika średnicy i klasy śruby. Dla sprawdzenia stanu granicznego określonego rozwarciem styku, nośności łączników są odpowiednio zredukowane zgodnie z zaleceniami Tablicy 16 PN.

Spoiny pachwinowe łączące poszczególne elementy kształtownika lub blachownicy (pasy i środknik) z blachą doczołową obliczane są zgodnie z wzorem (93) PN oraz zgodnie z punktem 6.2.4.3.c na pełną nośność przekroju stykowego. Grubość blachy wyznaczana jest jako maksymalna wartość z dwóch wielkości obliczona zgodnie z wzorami (82) i (83) PN. Współczynniki rozdziału obciążenia wyznaczane są zgodnie z Tablicą 17 PN

Przy każdej zmianie liczby śrub program automatycznie rozstawia śruby na powierzchni blachy. Przy rozkładzie śrub uwzględnione są minimalne odległości śrub od siebie i od krawędzi zawarte w Tablicy 15 PN. PO automatycznym rozkładzie użytkownik zawsze ma możliwość skorygowania położenia każdej śruby poprzez wpisanie odpowiedniej wartości w tabelach zawierających położenie śrub. Przy czym należy jednak pamiętać, że program nie pozwoli użytkownikowi na wprowadzenie położenia sprzecznego z wymogami polskiej normy zawartymi w Tablicy 15. Śruby automatycznie rozstawiane są zgodnie z następującą filozofią: jeżeli połączenie nie jest zginane to śruby wewnątrz połączenia rozmieszczane są w równych odstępach od siebie, natomiast jeżeli połączenie jest zginane to śruby rozciągane są tak rozstawione żeby mogły przenieść największy moment – jak najbliżej krawędzi rozciąganej.

Obliczanie nośność dla dowolnie zdefiniowanego oraz dowolnie obciążonego połączenia jest kwestią skomplikowaną. Program sprawdza nośność połączenia klasy D, E, F dowolnie obciążonego (moment, siła osiowa oraz siła tnąca). Program automatycznie wyszukuje najniższą klasę śrub, które przeniosą zadane obciążenie. Jeżeli połączenie nie jest obciążone momentem zginającym to siły są rozkładane w sposób następujący: siła osiowa

rozkładane jest na wszystkie śruby proporcjonalnie do współczynników rozkładu obciążenia ω , a siła tnąca jest równo dzielona na wszystkie łączniki. W przypadku, jeżeli złącze jest poddane tylko czystemu rozciąganiu nośność sprawdzana jest zgodnie z wzorem (85), natomiast gdy złącze jest obciążone złożonym stanem naprężeń to nośność takiego złącza jest sprawdzana wzorem (74). Jeżeli złącze obciążone jest momentem zginającym to nośność złącza jest sprawdzana wzorami (89), (90) lub (91) w zależności od sprawdzanego stanu granicznego oraz od konstrukcji złącza. W przypadku złożonego stanu obciążenia złącze sprawdzane jest wzorem (74)

470.1.3. Opis podstawowych funkcji programu

470.1.3.1. Kategorie połączeń doczołowych

Program **Połączenia doczołowe** sprawdza połączenie doczołowe na śruby w zależności od rozpatrywanych stanów granicznych, jednej z trzech kategorii D, E lub F. W poszczególnych kategoriach sprawdzane są następujące stany graniczne:

D – sprawdzany jest stan graniczny nośności określony zerwaniem śrub (połączenie może być sprężone lub niesprężone);

E – sprawdzane są dwa stany graniczne: stan graniczny nośności określony zerwaniem śrub oraz stan graniczny użytkowania określony rozwarciem styku (połączenie sprężone);

F – sprawdza się stan graniczny nośności określony rozwarciem styku (połączenie sprężane – najbezpieczniejsze stosowane głównie dla obciążeń dynamicznych).

470.1.3.2. Grubość blachy doczołowej

Dla połączeń niesprężanych obciążonych statycznie grubość blachy przyjmuje się według następującego wzoru (82):

$$t \geq t_{\min 1} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{c S_{Rt}}{b_s f_d}}$$

przy oznaczeniach:

S_{Rt} – nośność obliczeniowa śruby osadzonej w blasze (lub siła w śrubie najbardziej obciążonej);

f_d – wytrzymałość obliczeniowa stali blach doczołowej;

c – odległość między brzegiem otworu a spoiną lub początkiem zaokrąglenia $c \leq d$;

b_s - szerokość współdziałania blachy przypadającej na jedną śrubę, którą przyjmuje się z zachowaniem warunku: $b_s \leq 2 \cdot (c + d)$

Dla połączeń sprężanych obciążonych statycznie grubość blachy przyjmuje się według następującego wzoru (83):

$$t \geq t_{\min 2} = 1,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{R_m}{1000}}$$

W przypadku połączeń sprężanych obciążonych dynamicznie siłami wielokrotnie zmiennymi

zaleca się stosować blachę o odpowiednio zwiększonej grubości:

$$t_1 \geq 1,62 \cdot t_{\min 1} = 1,62 \cdot \left(1,2 \cdot \sqrt{\frac{cS_{Rt}}{b_s f_d}} \right)$$

$$t_2 \geq 1,25 \cdot t_{\min 2} = 1,25 \cdot \left(1,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{R_m}{1000}} \right)$$

grubość blachy należy przyjmować jako:

$$t \geq \max(t_1, t_2)$$

470.1.3.3. Obliczanie spoin

Spawane połączenia części elementów kształtownika walcowanego lub blachownicy (pasów, średnika) należy wg zaleceń PN wymiarować na pełną nośność przekroju. Wytrzymałość wyznaczonych spoin pachwinowych w złożonym stanie naprężeń sprawdza się zgodnie z wzorem (93) PN:

$$\chi \cdot \sqrt{\sigma_{pros}^2 + 3 \cdot (\tau_{rown}^2 + \tau_{prost}^2)} \leq f_d$$

gdzie siły w spoinie rozłożono zgodnie z Rysunkiem 24 PN a współczynnik χ przyjęto zgodnie z zaleceniami punktu 6.3.3.3.a PN.

470.1.3.4. Wyznaczanie nośności połączenia

Moduł **Połączenia doczołowe** przeznaczony jest dla sprawdzanie nośności połączeń doczołowych na śruby dowolnej klasy i dowolnie obciążonego. Jednak w zależności od stanu obciążenia oraz sprawdzanego stanu granicznego program sprawdza równe wielkości, i tak odpowiednio

1. Kat. D, połączenie nie zginane – sprawdzana jest maksymalna obliczeniowa siła rozciągająca jaką przeniesie obciążenie zgodnie ze wzorem (85) $N \leq N_{ij}$ przy czym maksymalna siła rozciągająca wyznaczana jest z wzoru: $N_{rj} = S_R \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i$, jeżeli

obciążenie dodatkowo obciążone jest siłą tnącą to dla połączenia nie sprężonego jest ona rozdzielana równomiernie na wszystkie łączniki i sprawdzana jest nośność poszczególnego łącznika na ścinie. Siłą ścinająca nie może być większa niż wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie. Dodatkowo również jest sprawdzany złożony stan naprężeń, przy czym w tym przypadku siła osiowa jest równomiernie rozdzielona na wszystkie. Sprawdzany jest najbardziej obciążony łącznik wg wzoru

$$(74): \left(\frac{S_t}{S_{Rt}} \right)^2 + \left(\frac{S_v}{S_{Rv}} \right)^2 \leq 1$$

2. Kat. D, połączenie zginane – jeżeli siła osiowa jest równa 0 to sprawdzana jest nośność połączenia doczołowego na zginanie zgodnie z wzorem (88) $M \leq M_{Rj}$ gdzie nośność obliczeniowa połączenia określona jest wzorem (89):

$$M_{Rj} = S_{Rt} \cdot \sum_{i=p}^{p+k-1} m_i \cdot \omega_{ti} \cdot y_i, \text{ jeżeli występuje siła tnąca to dla połączenia nie}$$

sprężonego rozłożona jest ona równomiernie na śruby nie przenoszące rozciągania i sprawdzana jest wytrzymałość na ścięcie łącznika. Prócz tego sprawdzany jest złożony stan naprężeń wg wzoru (74) j.w. przy czym tym razem założono, że siła tnąca jest równomiernie przenoszona przez wszystkie łączniki. Jeżeli siła osiowa jest nie zerowa to sprawdzenie przebiega następująco: moment rozłożony jest na łączniki jako siłą rozciągającą zgodnie z wzorem (89), siła osiowa jest rozłożona na te same śruby co moment proporcjonalnie do współczynników rozdziału obciążenia i sprawdzana jest nośność na zerwanie trzpienia. Jeżeli występuje siła tnąca to dla połączenia nie sprężonego rozdzielona ona jest na śruby nie przenoszące rozciągania i sprawdzana jest wytrzymałość na ścięcie łącznika. Sprawdzany jest również złożony stan obciążenia w najbardziej obciążonym łączniku wg wzoru (74) przy czym zakłada się, że siła osiowa przenoszona jest przez wszystkie śruby proporcjonalnie do współczynników rozdziału obciążenia a siła tnąca jest równa we wszystkich śrubach (również w śrubach przenoszących moment a także siłę osiową).

Połączenie kategorii D może być konstruowane jako połączenie sprężane, połączenia kategorii E i F są zawsze połączeniami sprężanymi. W takim przypadku jest sprawdzany stan graniczny określony poślizgiem styku wg wzoru $V \leq V_{RS}$ gdzie V – jest siłą tnącą działającą w płaszczyźnie możliwego poślizgu złącza V_{RS} - jest nośnością złącza na poślizg określoną wzorem w Tabelcy 16 PN:

$$\text{gdzie } S_{Rst} = \alpha_s \mu (S_{Rti} - S_{ti})$$

n – liczba śrub w połączeniu doczołowym,

S_{Rt} – nośność śruby na zerwanie trzpienia;

S_t – siła rozciągająca śrubę w połączeniu;

μ - współczynnik tarcia, który jest przyjęty zgodnie z Tablicą Z2-1 w zależności od rodzaju i sposobu wykonania powierzchni

α_s – współczynnik uwzględniający kształt otworu na śrubę.

Połączenia kategorii E i F są sprawdzane w sposób analogiczny do przedstawionego dla kategorii D, z uwzględnieniem stanów granicznych opisanych w punkcie 470.1.3.1. oraz uwzględnieniu następujących zmian. Nośność połączenia zginanego określonego rozwarciem styku wynosi:

- dla przypadku gdy jest żeberko usztywniające wzór (90) :

$$M_{Rj} = S_{Rr} \cdot \sum_{i=p}^{p+k-1} m_i \cdot \omega_{ri} \cdot \frac{y_i^2}{y_{\max}}$$

- dla przypadku gdy nie ma żeberka usztywniającego wzór (91):

$$M_{Rj} = S_{Rr} \cdot \left(m_1 \cdot \omega_{r1} \cdot y_1 + \sum_{i=2}^k m_i \cdot \omega_{ri} \cdot \frac{y_i^2}{y_2} \right)$$

470.2. Wprowadzanie danych

Nawiasy klamrowe używane poniżej oznaczają, że parametr bądź wielkość w nich zawarta jest:

[...] jednostką, w jakiej podawana jest poszczególne wielkość,

<...> parametrem opcjonalnym, tj. takim, który w pewnych sytuacjach może nie występować,

{...} zakresem, w jakim występuje dana wielkość

470.2.1. Opis zakładki modułu – Połączenia doczołowe

470.2.1.1. Zakładka – Dane połączenia

W lewym górnym rogu znajduje się szkic połączenia wraz z opisem dodatkich zwrótów sił które należy zdefiniować. Dla połączenia kategorii D i F definiujemy tylko obciążenia obliczeniowe natomiast dla kategorii E należy zdefiniować obciążenia charakterystyczne i obliczeniowe.

Obliczeniowe M	[kNm]	Obliczeniowy moment, jakim jest obciążone połączenie.
Obliczeniowe V	[kN]	Obliczeniowa siła tnąca, jaką jest obciążone połączenie.
Obliczeniowe N	[kN]	Obliczeniowa siła osiowa, jaką jest obciążone połączenie.
Charakterystyczne M	[kNm]	Charakterystyczny moment, jakim jest obciążone połączenie.
Charakterystyczne V	[kN]	Charakterystyczna siła tnąca, jaką jest obciążone połączenie.

470 –Połączenia doczołowe

Charakterystyczne N	[kN]	Charakterystyczna siła osiowa, jaką jest obciążone połączenie.
Kąt α	[°]	Kąt w jakim są odchylone osie kształowników połączenia doczołowego od poziomu [0-30]

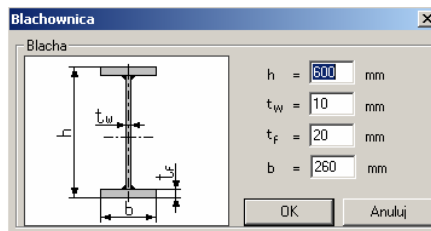
Usuń śruby - za pomocą tego przycisku usuwamy wszystkie śruby jakie domyślnie zostały ułożone na kształowniku a także te które wprowadził użytkownik. Po naciśnięciu tego przycisku ze złącza znikną wszystkie śruby.

W ramce **Blacha** użytkownik definiuje wymiary i położenie blachy, przy czym szerokość blachy jest zawsze dobierana taka sama jak poziomy wymiar kształownika.

B	[mm]	Szerokość blachy	Brak możliwości edycji – równa szerokości pasów kształownika
L	[mm]	Wysokość blachy	
H1	[mm]	Odległość od dolnej krawędzi blachy do dolnej krawędzi kształownika	
Znak stali	[-]	Znak stali blachy	St0S, St3S, St3V, St4V, 18G2A, 18G2AV

Grubość blachy jest automatycznie wyznaczana przez program – możliwość edycji w zakładce **Dane śrub**.

W ramce **Kształownik** użytkownik definiuje kształt profilu kształownika lub blachownicy a także klasę stali przekroju. Przy wyborze z listy pozycji **Blachownica** pokaże się następujący dialog:

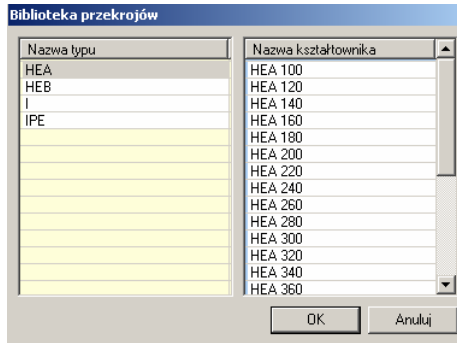


w którym definiujemy geometrię blachownicy:

h:	[mm]	Wysokość całkowita blachownicy
t_w	[mm]	Grubość środnika blachownicy
t_f	[mm]	Grubość pasów blachownicy
B	[mm]	Szerokość pasów blachownicy

Jeżeli natomiast wybierzemy pozycję **Kształownik** pokaże się okno dialogowe zawierające

biblioteki możliwych dwuteowników.



Poprzez podwójne kliknięcie na dany dwuteownik jego dane geometryczne zostaną załadowane do programu i następnie wykorzystywane w obliczeniach.

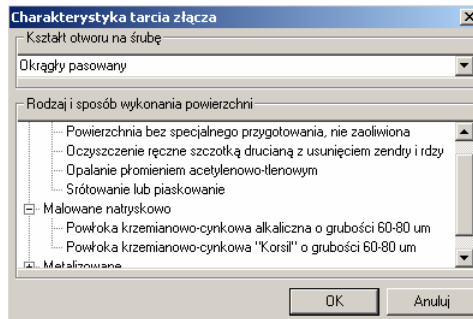
W liście **Znak stali** przypisujemy zdefiniowanemu przez użytkownika profilowi znak stali wraz z całą charakterystyką wytrzymałościową:

Znak stali	[-] Znak stali blachy	St0S, St3S, St3V, St4V, 18G2A, 18G2AV
-------------------	-----------------------	---------------------------------------

W ramce **Rodzaj obciążenia** użytkownik może zdefiniować obciążenie STATYCZNE lub DYNAMICZNE.

W ramce **Rodzaj połączenia** użytkownik może zdefiniować czy połączenie jest sprężone czy niesprężone. Przy czym połączenia kategorii E i F są zawsze sprężone tak więc możliwość wyboru połączenia niesprężonego istnieje tylko dla kategorii D

W ramce **Kategoria połączenia** użytkownik definiuje jedną z trzech kategorii (D, E, F) opisanych w punkcie 470.1.3.1..Przy wyborze kategorii E lub F lub jeżeli dla wybranej kategorii D zostanie wybrane w ramce **Rodzaj połączenia** połączenie sprężone to pojawi się okno dialog:

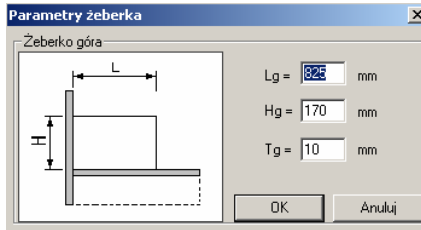


gdzie definiowane są współczynniki służące do obliczeń nośności na poślizg styku sprężonego. Użytkownik definiuje tutaj kształt otworu na śrubę oraz rodzaj i sposób wykonania powierzchni blach czołowych po których jest możliwy poślizg połączenia.

470 –Połączenia doczołowe

W ramce **Wzmocnienie żebrzem** użytkownik może zdefiniować dodatkowe żebro z góry lub/i z dołu.

Wybierając opcję **Góra** pokaże się następujące okno dialogowe, w którym użytkownik będzie mógł zdefiniować geometrię żeberka górnego



L_g : [mm] Długość żeberka górnego

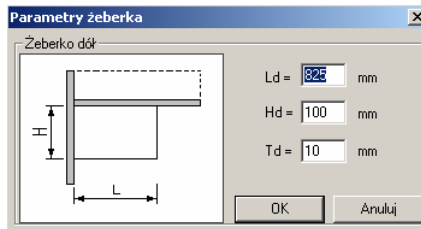
H_g [mm] Wysokość żeberka górnego

T_r [mm] Grubość żeberka górnego

Klikając OK, użytkownik zatwierdza wybór żeberka górnego wraz z zdefiniowanymi parametrami geometrycznymi.

Należy zaznaczyć, że możliwość zdefiniowania żeberka górnego istnieje tylko w przypadku gdy wartość kąta α wynosi 0.

Wybierając opcję **Doł** pokaże się następujące okno dialogowe, w którym użytkownik będzie mógł zdefiniować geometrię żeberka dolnego.



L_d : [mm] Długość żeberka dolnego

H_d [mm] Wysokość żeberka dolnego

T_d [mm] Grubość żeberka dolnego

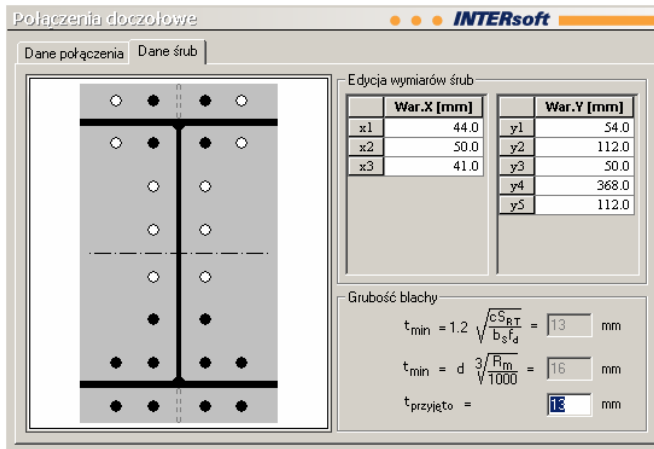
Klikając OK, użytkownik zatwierdza wybór żeberka dolnego wraz z zdefiniowanymi parametrami geometrycznymi.

W ostatniej ramce na tej stronie **Charakterystyka śruby** użytkownik definiuje średnicę i klasę śruby:

Średnica: M10, M12, M16, M20, M24, M30

Klasa: 3,6; 4,6; 4,8; 5,6; 5,8; 6,6; 6,8; 8,8; 10,9; 12,9

470.2.1.2.Zakładka – Dane śrub

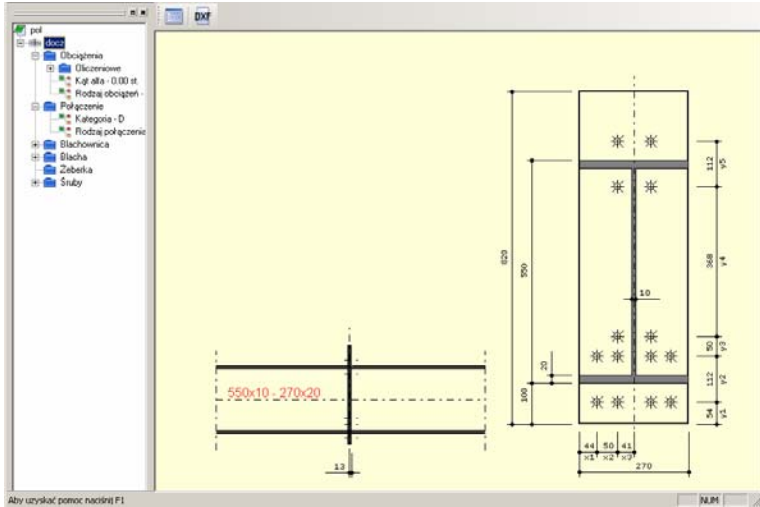


Na pierwszym rysunku użytkownik ma możliwość definiowania nowych śrub poprzez kliknięcie myszką w okolicy białego otworu na śrubę. Spowoduje to dodanie się dwóch śrub symetrycznie rozłożonych względem pionowej osi kształtownika oraz aktualizacja dynamicznego rysunku złącza znajdująca się pod oknem dialogowym. Wraz z tą akcją zostaną przeliczoną pozycje wszystkich śrub z uwzględnieniem przed chwilą dodanych. Rozmieszczenie śrub jest zgodne z warunkami normowymi. Jeżeli użytkownik chce usunąć daną śrubę (wraz z śrubą po przeciwnej stronie pionowej osi kształtownika) należy kliknąć w okolicie zaznaczonego na czarno otworu śruby. Zamalowane na czarno otwory określają miejsca w których są już zdefiniowane śruby, białe pola określają miejsca w których użytkownik może jeszcze zadać śruby. Należy pamiętać, że śruby zawsze są rozmieszczone symetrycznie względem pionowej osi profilu. Należy pamiętać, że śruby są rozstawiane nad lub pod poziomą osią symetrii kształtownika, w zależności od tego gdzie były zadeklarowane na rysunku.

W ramce **Edycja wymiarów** użytkownik może ręcznie zadać położenie danej śruby – dynamiczny rysunek połączenia zostanie natychmiastowo aktualizowany.

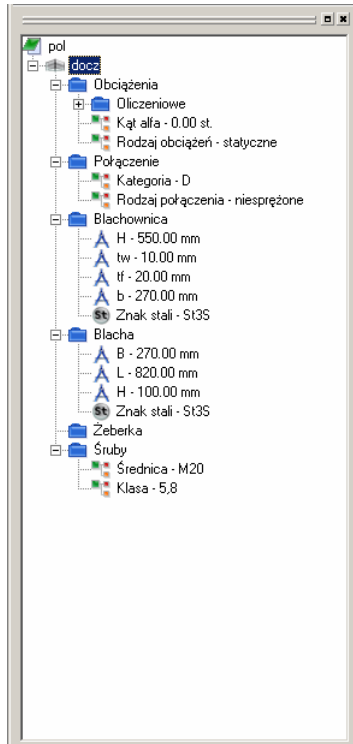
W ramce **Grubość blachy** użytkownik widzi minimalne wymiary blachy i na ich podstawie ma możliwość przyjęcia rzeczywistej grubości blachy, przy czym nie może być mniejsza niż minimalna.

470.3.Opis okna ekranu roboczego



Z lewej strony znajduje się drzewo projektu. Pod oknem dialogowym umieszczone są dynamiczne (zmieniające się wraz z wprowadzaniem zmian przez użytkownika) rysunki połączenia doczołowego. Należy jednak pamiętać, że użytkownik nie może bezpośrednio na nich dokonywać żadnych zmian. Wprowadzanie ewentualne zmian geometrii i charakterystyki połączenia możliwe jest tylko w oknach dialogowych na dwóch zakładkach.

470.4. Okno drzewa projektu



470.5. Opis raportów modułu – Połączenia doczołowe

Struktura raportu modułu **Połączenia doczołowe** składa się z następujących danych i wyników:

- **Dane** – zawiera wszystkie dane geometryczne blachy czołowej, ewentualnie zdefiniowanych żeberkek (górne i dolne). Znajduje się tutaj także szczegółowy rozkład śrub, z wypisaniem ich współrzędnych w układzie, którego początek znajduje się w lewym dolnym narożniku blachy czołowej oraz wizualizacja ich położenia. Jeżeli przekroczony jest maksymalny rozstaw między śrubami wyświetlany jest odpowiedni komunikat w raportach. Na rzucie bocznym kształtownika znajduje się jego opis. W przypadku gdy jest zdefiniowana blachownica opis zawiera: całkowita wysokość blachownicy x grubość środnika – szerokość pasów x grubość pasów. Na końcu strony **Dane** znajduje się charakterystyka mechaniczna zdefiniowanych śrub: średnica śruby, zadana klasa śruby.
- **Połączenie** – w tej części wyników jest znajduje się opis połączenia, na który składa się: kategoria połączenia, rodzaj połączenia, znak stali kształtownika, znak stali blachy. W przypadku gdy połączenie jest sprężone dodatkowo wyświetla się kształt otworu na śrubę, rodzaj i sposób wykonania powierzchni – dane te są potrzebne do obliczenia nośności połączenia na poślizg.

- **Obciążenie** – znajduje się tutaj opis obciążenia obliczeniowego jak i również charakterystycznego (kat. E), kąt nachylenia poziomej osi kształtownika do kierunku poziomego i rodzaj obciążenia (statyczne, dynamiczne).
- **Wyniki** – tutaj znajdują się wyniki dotyczące obliczenia grubości spoin (wymiarowanie na pełną nośność elementów kształtownika – pasów i średnika), sprawdzenie nośności zadanego połączenia oraz dobór najniższej klasy śruby która przeniesie zadane obciążenie. Warunki sprawdzenia nośności połączenia zależą od rodzaju obciążenia – jeżeli połączenie nie jest zginane obliczana jest maksymalna siła rozciągająca jaką przeniesie połączenie, jeżeli połączenie nie jest obciążone siłą rozciągającą – obliczany jest maksymalny moment jaki przeniesie połączenie. Jeżeli jest siła osiowa moment zginający to wyznaczana jest maksymalna siła rozciągająca w śrubie a następnie sprawdzana ona jest z nośnością śruby na zerwanie trzpienia. Jeżeli występuje siła tnąca to sprawdzana jest nośność pojedynczej śruby na ścięcie trzpienia oraz złożony stan naprężeń najbardziej obciążonej śruby. W przypadku gdy połączenie jest sprężone obliczana jest nośność połączenia na poślizg, która porównywana jest z siłą tnącą.

470.6.Przykład

Połączenia doczołowe**Blachownica**

H =	450	[mm]
$t_w =$	9	[mm]
$t_f =$	14	[mm]
$b_f =$	210	[mm]

Blacha

B =	210	[mm]
L =	550	[mm]
H =	70	[mm]
$t_{\text{przyjęte}} =$	17	[mm]

Żeberko - dół

$L_d =$	150	[mm]
$H_d =$	70	[mm]
$T_d =$	9	[mm]

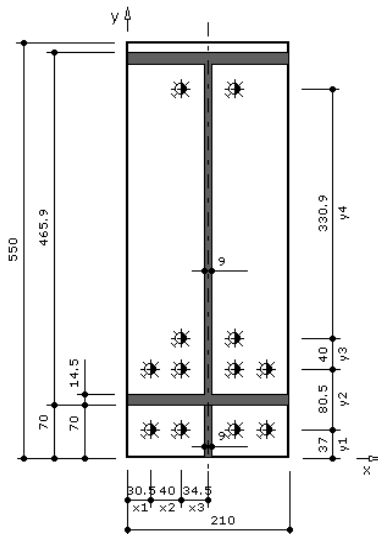
Charakterystyka śrub

Polożenie

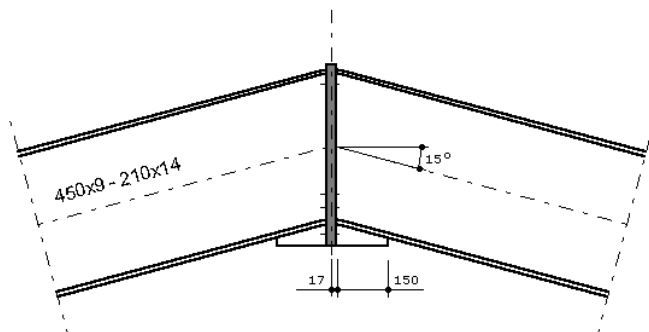
Kolumna ->	1		2		3		4	
Rząd	x[mm]	y[mm]	x[mm]	y[mm]	x[mm]	y[mm]	x[mm]	y[mm]
1	-	-	71	488	139	488	-	-
2	-	-	71	157	139	157	-	-
3	31	117	71	117	139	117	180	117
4	31	37	71	37	139	37	180	37

Maksymalna odległość między śrubami w pionie jest większa niż 15 x grubości blachy!

Rozkład śrub



Połączenie



Średnica śrub - M16

Klasa śrub - 12,9

Połączenie

Kategoria połączenia - E

Rodzaj połączenia - sprężone

Kształt otworu na śrubę: Owalny długi

Rodzaj i sposób wykonania powierzchni: Powłoka krzemianowo-cynkowa alkaliczna o grubości 60-80 μm

Znak stali kształtownika - St3S

Znak stali blachy - St3S

Obciążenia

	Obliczeniowe	Charakterystyczne
M [kNm]	250	220
V [kN]	90	80
N [kN]	100	90

Kąt $\alpha = 15^\circ\text{C}$

Rodzaj obciążenia: statyczne

Obliczenia spoin

Spoiny łączące pasy z blachą czołową

Grubość spoiny obliczana na pełną nośność pasów - 9.0 [mm]

Minimalna grubość spoiny - 2.9 [mm]

Maksymalna grubość spoiny - 10.1 [mm]

Przyjęto spoinę grubości - 9.0 [mm]

Spoiny łączące środnik z blachą czołową

Grubość spoiny obliczana na pełną nośność środnika - 6.0 [mm]

Minimalna grubość spoiny - 2.5 [mm]

Maksymalna grubość spoiny - 6.3 [mm]

Przyjęto spoinę grubości - 6.0 [mm]

Obliczenia śrub

Sprawdzenie Stanu Granicznego Nośności.

Sprawdzenie wytrzymałości śruby najbardziej obciążonej na ścinanie. Założono, że siła tnąca jest przenoszona przez śruby nie rozciągane.

$$S_{rv} = 110.0 \text{ [kN]} \geq S_{vmax} = 30.5 \text{ [kN]}$$

Nośność obliczeniowa śruby najbardziej obciążonej na ścięcie trzpienia jest wystarczająca

Sprawdzenie złożonego stanu naprężeń śruby najbardziej obciążonej zgodnie ze wzorem 74 PN. Założono, że siła osiowa i tnąca jest przenoszona przez wszystkie śruby.

$$\left(\frac{S_t}{S_{rt}} \right)^2 + \left(\frac{S_v}{S_{rv}} \right)^2 = 0.335 \leq 1$$

Śruba najbardziej obciążona przeniesie złożony stan naprężeń

Sprawdzenie Stanu Granicznego Użytkowania.

Sprawdzenie nośności połączenia doczołowego na poślizg zgodnie z wzorem z tablicy 16 PN

$$S_{rs} = \alpha_s \mu (S_{rt} - S_t)$$

$$S_{rs} = 112.6 \text{ [kN]} \geq V_k = 54.0 \text{ [kN]}$$

Nośność połączenia na poślizg jest wystarczająca

Sprawdzenie nośności obliczeniowej połączenia obciążonego momentem i siłą osiową. Założono, że moment i siłę osiową przenoszą te same śruby. Ich liczbę wyznaczono zgodnie z 6.2.4.3 e) PN. Sprawdzanie nośności na zerwanie trzpienia śruby najbardziej obciążonej.

$$S_{rt_zast} = 106.3 \text{ [kN]} \geq S_{tkmax} = 75.4 \text{ [kN]}$$

Nośność charakterystyczna śruby najbardziej obciążonej na zerwanie trzpienia jest wystarczająca

Dobór najniższej klasy śruby!

Najniższa klasa śrub jaka przeniesie obciążenie = 10,9

Sprawdzenie Stanu Granicznego Nośności.

Sprawdzenie wytrzymałości śruby najbardziej obciążonej na ścinanie. Założono, że siła tnąca jest przenoszona przez śruby nierozciągane.

470 –Połączenia doczołowe

$$S_{rv} = 94.1 \text{ [kN]} \geq S_{vmax} = 30.5 \text{ [kN]}$$

Nośność obliczeniowa śruby najbardziej obciążonej na ścięcia trzpienia jest wystarczająca

Sprawdzenie złożonego stanu naprężeń śruby najbardziej obciążonej zgodnie ze wzorem 74 PN. Założono, że siła osiowa i tnąca jest przenoszona przez wszystkie śruby.

$$\left(\frac{S_t}{S_{rt}} \right)^2 + \left(\frac{S_v}{S_{rv}} \right)^2 = 0.465 \leq 1$$

Śruba najbardziej obciążona przeniesie złożony stan naprężeń

Sprawdzenie Stanu Granicznego Użytkowania.

Sprawdzenie nośności połączenia doczołowego na poślizg zgodnie z wzorem z tablicy 16 PN

$$S_{rs} = \alpha_s \mu (S_{rt} - S_t)$$

$$S_{rs} = 80.7 \text{ [kN]} \geq V_k = 54.0 \text{ [kN]}$$

Nośność połączenia na poślizg jest wystarczająca

Sprawdzenie nośności obliczeniowej połączenia obciążonego momentem i siłą osiową. Założono, że moment i siłę osiową przenoszą te same śruby. Ich liczbę wyznaczono zgodnie z 6.2.4.3 e) PN. Sprawdzanie nośności na zerwanie trzpienia śruby najbardziej obciążonej.

$$S_{rt_zast} = 90.1 \text{ [kN]} \geq S_{tkmax} = 75.4 \text{ [kN]}$$

Nośność charakterystyczna śruby najbardziej obciążonej na zerwanie trzpienia jest wystarczająca.