

InterStal

podręcznik użytkownika

Podręcznik do programu InterStal

06.02.2018

1 SPIS TREŚCI

1	<i>Spis treści</i>	2
2	<i>Wiadomości ogólne</i>	4
2.1	Opis ogólny i wymagania programu	4
2.2	Wybór prętów do sprawdzania nośności	4
2.3	Typy przekrojów prętów	4
2.4	Stan graniczny użytkowania	5
2.5	Wywołanie sprawdzenia nośności	5
3	<i>Sprawdzenie nośności elementu</i>	7
3.1	Zmiana przekroju pręta	7
3.2	Wybór gatunku stali	8
3.3	Parametry typu elementu	8
3.3.1	Parametry ściskania i zginania	9
3.3.2	Parametry ogólne i rozciągania	10
3.3.3	Parametry zwichrzenia	11
3.4	Punkty sprawdzania nośności	12
3.5	Wyniki sprawdzania nośności	13
3.6	Pełny raport wymiarowania	14
3.6.1	Przykładowy raport z wymiarowania	14

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 WIADOMOŚCI OGÓLNE

2.1 OPIS OGÓLNY I WYMAGANIA PROGRAMU

Moduł wymiarujący *InterStal* przeznaczony jest do wymiarowania przestrzennych konstrukcji stalowych wg *PN-90/B03200* w programie *R3D3-Rama 3D* lub *R2D2-Rama 2D* (wersja 4.0 i wyższe), w dwukierunkowym stanie naprężenia, z pominięciem momentu skręcającego. Program jest wykonany w postaci zintegrowanej instalacji, wbudowanej w programy do obliczeń statycznych *R3D3-Rama 3D* (*R2D2-Rama 2D*), które do działania wymagają odrębnej licencji. Aktualnie *Rama 3D* może pracować w dwóch konfiguracjach:

- Osobno jako program tylko do obliczeń statycznych (wówczas moduł *InterStal* działa jedynie w wersji demo) – wymagana licencja na *R3D3* (*R2D2*).
- W połączeniu z modułem *InterStal* jako program do obliczeń statycznych i wymiarowania elementów stalowych - wymagana licencja na *R3D3* (*R2D2*) i *InterStal*.

Do poprawnego i pełnego działania modułu *InterStal* wymagana jest obecność w systemie programu do edycji lub przeglądania plików raportów (format RTF) w postaci np *MS Word* (od wersji 2003) lub *MS Word Viewer*.

Przed przystąpieniem do końcowego wymiarowania elementów, układ statyczny powinien być dokładnie sprawdzony, policzony i poddany wstępnej analizie. Aby to zrobić sprawnie, zaleca się przed właściwym wymiarowaniem wykonanie następujących czynności:

- Dzielimy pręty układu na grupy prętów, które, naszym zdaniem, powinny mieć ten sam przekrój i zrobione być z materiału o tych samych własnościach mechanicznych (tej samej klasy).
- Do poszczególnych grup prętów przypisujemy własności w postaci granicznych wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie dla przewidywanego gatunku stali.
- Liczymy statykę układu i w *Widoku 3D* sprawdzamy, dla których prętów nastąpiło przekroczenie założonych naprężeń normalnych (warto również sprawdzić, jak duże jest to przekroczenie), następnie dla tych prętów zwiększamy przekrój lub zmieniamy parametry materiału i ponownie przeliczamy statykę do momentu aż wszystkie pręty będą mieściły się w granicy założonych naprężeń sprężystych.
- Na koniec przystępujemy do rzeczywistego wymiarowania modułem wymiarującym *InterStal*.

Opisane powyżej działania są warunkiem koniecznym spełnienia warunków nośności, natomiast warunkiem ostatecznym jest dokładne sprawdzenie nośności w module wymiarującym *InterStal*.

2.2 WYBÓR PRĘTÓW DO SPRAWDZANIA NOŚNOŚCI

Sprawdzenie nośności można przeprowadzić dla wybranego elementu ramy w programie *R3D3* (*R2D2*) po wykonaniu obliczeń statycznych liczonego układu. Elementem tym może być:

- pojedynczy pręt zdefiniowany w ramie,
- element złożony z grupy prętów.

Wybór pojedynczego pręta następuje poprzez jego podświetlenie lewym klawiszem myszy.

Element złożony z kilku prętów tworzymy, zaznaczając pręty lewym klawiszem myszy przy wciśniętym klawiszu *SHIFT*. Element złożony można stworzyć tylko z kilku kolejnych, współliniowych prętów o tym samym przekroju lub z kilku prętów połączonych kolejno ze sobą, dla których kąt załamania między kolejnymi prętami nie różni się o więcej niż 5 stopni. Ostatnia opcja pozwala na wymiarowanie łuków jako pojedynczego elementu, pod warunkiem że kolejne pręty łuku spełniają warunek opisany powyżej.

Sprawdzanie nośności elementu odbywa się dla obwiedni sił wewnętrznych, określonych w głównych centralnych osiach bezwładności przekroju.

2.3 TYPY PRZEKROJÓW PRĘTÓW

Program sprawdza nośność dla następujących typów przekrojów prętów:

- dwuteowniki walcowane,
- połówki dwuteowników walcowanych,
- teowniki walcowane,

Wiadomości ogólne

- ceowniki walcowane,
- kątowniki równoramienne i nierównoramienne walcowane,
- walcowane rury prostokątne, kwadratowe i okrągłe,
- dowolne dwuteowniki monosymetryczne spawane,
- dowolne teowniki monosymetryczne spawane,
- spawane przekroje skrzynkowe (monosymetryczne),
- zimnogięte rury prostokątne, kwadratowe i okrągłe.

Typy profili liczone w stanie nadkrytycznym:

- walcowane – dwuteownik, rura prostokątna i kwadratowa,
- spawane – dowolny dwuteownik, skrzynka,
- zimnogięte - rura prostokątna i kwadratowa.

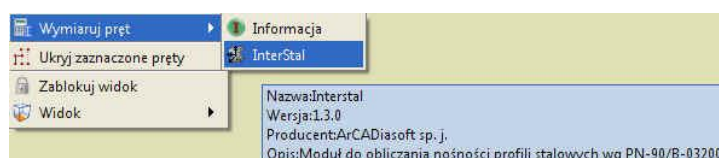
W przypadku gdy w programie statycznym wybraliśmy profil dwuteowy walcowany, połówkę dwuteownika walcowanego lub teownik walcowany i w edytorze programu statycznego zostały zmienione jego wymiary, sytuacja taka będzie rozpoznana przez program, przy próbie wymiarowania. Wówczas użytkownik zostanie powiadomiony, że wymiary profilu zostały zmienione i spytany czy chce ten profil wymiarować jako spawany. W przypadku potwierdzenia, może dojść do nieznacznej niezgodności charakterystyk profilu w programie statycznym i wymiarującym (przy wymiarowaniu nie będą uwzględniane wyokrąglenia). Natomiast jeśli użytkownik nie potwierdzi wymiarowania jako profilu spawanego, wówczas w zależności od przyjętych wymiarów przekroju wymiarowanie może być obarczone błędem wynikającym z niezgodności klasy dla profilu walcowanego.

2.4 STAN GRANICZNY UŻYTKOWNIA

Podczas wymiarowania dla sprawdzanego elementu ustalana jest maksymalna obwiednia przemieszczeń i oddzielnie obwiednia ugięć względnych dla obciążeń charakterystycznych, osobno dla każdego kierunku. Następnie na tej podstawie ustalana jest wspólna lista grup dla przemieszczenia z obu kierunków dla wszystkich obwiedni przemieszczeń i liczone jest u_{fin} , jako suma geometryczna przemieszczeń z obu kierunków. Ze wszystkich policzonych tak wartości u_{fin} , dla wszystkich punktów elementu, wybierana jest do sprawdzenia wartość ekstremalna. Obwiednia przemieszczeń i ugięć względnych wykonywana jest dla układu lokalnego pręta, ale końcowe wartości i składowe przemieszczeń podane w raporcie przeliczane są na układ osi głównych pręta, co, w przypadku gdy oba te układy nie pokrywają się, prowadzi do sytuacji, w której nie ma możliwości bezpośredniego porównania wartości przemieszczeń otrzymanych w statyce i w raporcie z wymiarowania. Na końcu wartość tak otrzymanego, maksymalnego ugięcia względnego lub przemieszczenia porównywana jest z ugięciem dopuszczalnym, określonym przez użytkownika w parametrach typu elementu.

2.5 WYWOŁANIE SPRAWDZENIA NOŚNOŚCI

Po obliczeniu statyki układu i zaznaczeniu wymiarowanego elementu naciskamy prawy klawisz myszki i wywołujemy poniższe menu kontekstowe:



Rys. 1.1 Wywołanie modułu *InterStal*

Wywołanie funkcji wymiarującej możliwe jest w programie statycznym tylko wówczas, gdy program przełączony jest w tryb analizy wyników (zakładka **Wyniki**).

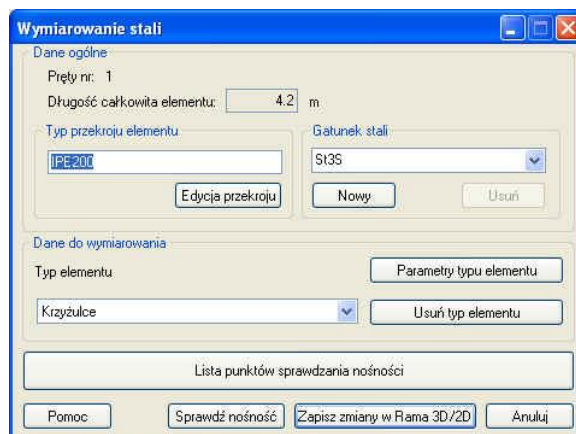
Wybierając opcję *InterStal*, wywołujemy sprawdzanie nośności wybranego elementu wg **PN-90/B03200**. W przypadku próby wymiarowania przekroju lub materiału, którego program nie jest w stanie zwymiarować tym modulem, wyświetlany jest odpowiedni komunikat. Program wymiaruje profile stalowe wykonane ze stali: St3S; St3S;

Wiadomości ogólne

St3V; St4V; 18G2A; 18G2AV lub z innej stali o parametrach zdefiniowanych przez użytkownika. Dla gatunków stali zdefiniowanych w programie uwzględniana jest redukcja wytrzymałości związana z grubością wymiarowanego elementu. Natomiast dla gatunku zdefiniowanego przez użytkownika należy samodzielnie podać wytrzymałość stali z uwzględnieniem ewentualnej redukcji wytrzymałości ze względu na grubość wymiarowanego elementu.

3 SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI ELEMENTU

Wybierając z menu opcję *InterStal*, wywołujemy okno pośrednie *Ustawienie obliczeń do wymiarowania* (w którym wybieramy, na co ma być przeprowadzone wymiarowanie), a następnie okno dialogowe *Wymiarowanie stali*, pozwalające zdefiniować dodatkowe parametry wymagane przy sprawdzaniu nośności.



Rys. 2.1 Okno główne modułu *InterStal*

Okno posiada następujące grupy danych:

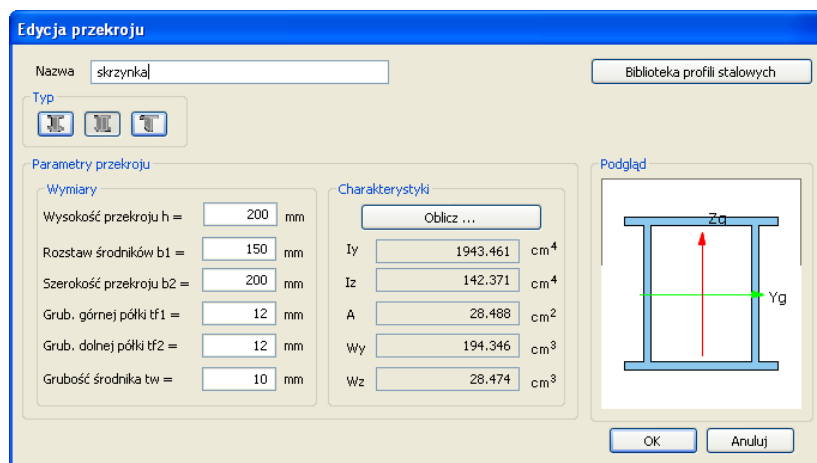
- Dane ogólne
- Dane do wymiarowania
- Lista punktów sprawdzania nośności

W danych ogólnych wyświetlane są w oknie u góry nieedytowalne pola, podające numery wymiarowanych prętów tworzących element oraz całkowita długość elementu. Po lewej stronie okna znajdują się dane dotyczące przekroju elementu, a po prawej gatunku stali przyjętego do wymiarowania. Przekrój przyjęty do wymiarowania pobierany jest z danych programu statycznego, natomiast gatunek stali przyjmowany jest na wstępie domyślnie jako St3S.

Na wstępie należy pamiętać, że zmiana przekroju wymiarowanego pręta w stosunku do przekroju przyjętego w programie statycznym, dla układów statycznie niewyznaczalnych, będzie prowadziła do zmiany wielkości rzeczywistych sił wewnętrznych i przemieszczeń w prętach. Dlatego po wstępnej przymiarce należy ponownie przeliczyć statykę układu, zwłaszcza przy znacznej zmianie sztywności pręta. Do tego celu przewidziany jest w programie przycisk *Zapisz zmiany w Rama 3D/2D* znajdujący się w dole okna jw. Jego wciśnięcie po zmianie przekroju wymiarowanego pręta spowoduje odpowiednią zmianę w module statycznym. W przypadku wymiarowania elementu złożonego zmiana ta będzie dotyczyła wszystkich prętów składających się na element.

3.1 ZMIANA PRZEKROJU PRĘTA

Naciskając przycisk *Edycja przekroju*, wywołujemy okno dialogowe własności geometrycznych pręta.



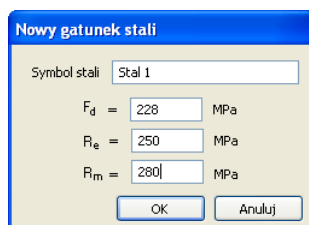
Rys. 2.2 Okno Edycja przekroju

Zmiany przekroju pręta można dokonać poprzez wybór jednej z trzech ikon oznaczających: *dwuteownik spawany*, *przekrój skrzynkowy spawany*, *teownik spawany* lub naciskając ikonę *Biblioteka profili stalowych*.

- *Biblioteka profili stalowych* pozwala wybrać jeden ze standardowych przekrojów z załączonych tablic. Biblioteka ta jest spójną bazą profili stalowych, wykorzystywaną w programie Rama 3D/2D.
- *Spawane przekroje definiowane* - należy podać wymiary i, naciskając przycisk *Oblicz*, policzyć charakterystyki przekroju.

3.2 WYBÓR GATUNKU STALI

Okno „*Gatunek stali*” pozwala zdefiniować własny gatunek stali, dla którego należy podać: wytrzymałość obliczeniową F_d [MPa], granicę plastyczności R_e [MPa] i wytrzymałość na rozciąganie R_m [MPa].



Rys. 2.3 Okno Nowy gatunek stali

3.3 PARAMETRY TYPU ELEMENTU

W oknie dialogowym *Wymiarowanie stali* wybieramy z listy *Typ elementu* i przypisujemy go do wymiarowanego pręta. *Typ elementu* – jest to zbiór dodatkowych cech i własności przypisanych do pręta, które będą wpływać na jego wymiarowanie. Może to być typ istniejący wybrany z listy, którego własności można poznać, wybierając przycisk *Parametry typu elementu*. Nie można zmienić własności istniejącego predefiniowanego typu elementu, można natomiast zmienić mu nazwę i własności i w ten sposób na jego miejsce zdefiniować nowy typ elementu. Każdy nowy typ elementu musi posiadać swoją unikalną nazwę, po której będzie identyfikowany podczas wymiarowania.

Aby zdefiniować własności nowego typu elementu, po wybraniu opcji *Parametry typu elementu* nadajemy nową nazwę typu elementu. Okno *Definicja typu pręta* składa się z trzech zakładek pozwalających zdefiniować poszczególne parametry wymiarowania: *Parametry ściskania i zginania*, *Parametry ogólne i rozciągania*, *Parametry zwichrzenia*.

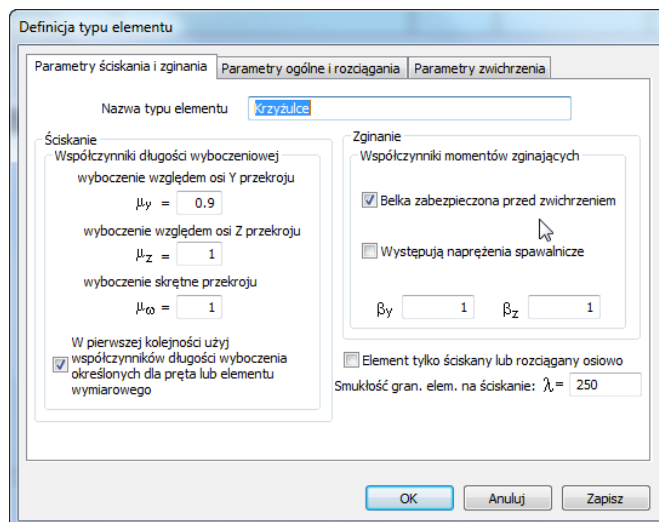
Otwieranie odpowiedniego okna zakładek uzyskuje się przez naciśnięcie odpowiedniej zakładki na górnym pasku.

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

Sprawdzenie nośności elementu

[...] jednostką, w jakiej podawana jest poszczególna wielkość,
 <...> parametrem opcjonalnym, tj. takim, który w pewnych sytuacjach może nie występować.

3.3.1 Parametry ściskania i zginania

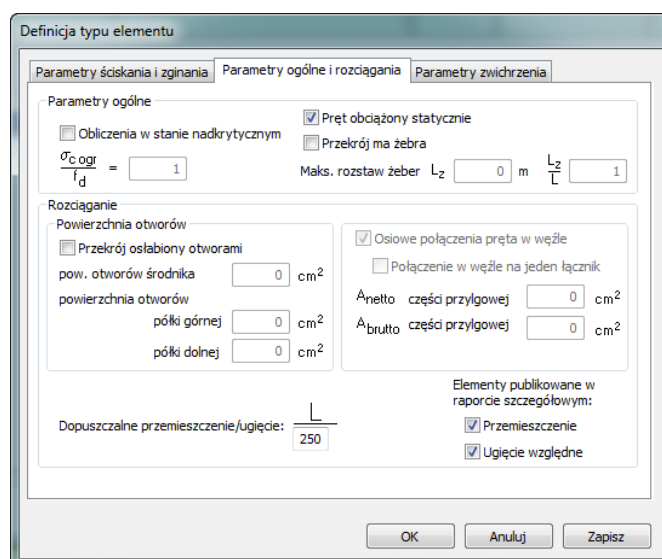


Rys. 2.4 Zakładka Parametry ściskania i zginania

W zakładce **Parametry ściskania i zginania** podawane są podstawowe dane wymagane przy sprawdzaniu nośności pręta przy ściskaniu mimośrodowym:

Nazwa typu elementu	Zapisujemy dowolną nazwę różną od już istniejących typów elementów.	
Współczynniki wybo- czeniowe	Wartości współczynników wybo- czeniowych: <ul style="list-style-type: none"> • μ_y dla wybo- czenia względem osi y przekroju, • μ_z dla wybo- czenia względem osi z przekroju , • μ_{ω} dla wybo- czenia skrętnego przekroju. 	{> 0}
Znacznik: W pierwszej kolejności użyj współ. dług. wybo- cz. określo- nych dla pręta lub el. wymiarowego	Zaznaczenie znacznika oznacza, że jeśli dla wymiarowanego pręta lub elementu wymiarowego zdefiniowano w ich własnościach współ. dług. wybo- czenia to będą one użyte w pierwszej kolejności a jeśli ich nie zdefiniowano program użyje powyższych współczyn- ników z definicji typu wymiarowania.	< >
Belka zabezpieczona przed zwichrzeniem	Opcja określająca, czy belka jest zabezpieczona przed zwichrzeniem. Po zaznaczeniu tej opcji zakładka parametry zwichrzenia jest nieak- tywna.	< >
Występują naprężenia spawalnicze	Opcja pozwalająca określić, czy dany przekrój jest spawany.	< >
Współczynniki mo- mentów zginających	Współczynniki określające rozkład momentów zginających obli- czone zgodnie z tablicą 12 normy PN-90/B03200 : <ul style="list-style-type: none"> • β_y dla momentów względem osi y przekroju, • β_z dla momentów względem osi z przekroju. 	{0 < β < 1}
Element tylko ściskany lub rozciągany osiowo	Parametr eliminujący z wymiarowania wszystkie siły wewnętrzne poza ściskaniem i rozciąganiem, przewidziany przeważnie do wy- miarowania prętów typu ciągnó.	< >
Smukłość graniczna elementu na ściskanie	Graniczna wartość smukłości elementu na ściskanie sprawdzana podczas obliczeń.	{100 ≤ λ ≤ 1000}

3.3.2 Parametry ogólne i rozciągania



Rys. 2.5 Zakładka Parametry ogólne i rozciągania

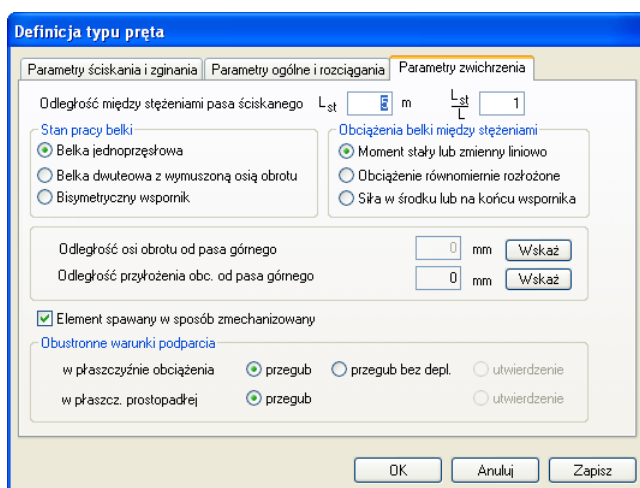
W zakładce *Parametry ogólne i rozciągania* podawane są podstawowe dane wymagane przy sprawdzaniu nośności pręta przy rozciąganiu mimośrodowym.

Obliczenia w stanie nadkrytycznym		Opcja pozwalająca sprawdzać nośność prętów klasy 4 w stanie nadkrytycznym. Nieaktualna dla kształtowników, w których występują wyłącznie ścianki jednostronnie usztywnione.	< >
$\sigma_{c\ ogr} / f_d$		Stosunek wartości największych naprężeń ściskających w przekroju współpracującym, jakie dopuszczamy dla stanu $\{1.0 \geq \sigma/f > 0\}$ nadkrytycznego, do wytrzymałości obliczeniowej stali.	
Przekrój osłabiony otworami		Dla przekroju osłabionego otworami wartość pozwalająca na obliczenie przekrojów netto średnika i półek.	< >
Powierzchnia otworów średnika(ów)	[cm ²]	Pole przekroju otworów średnika (suma powierzchni we wszystkich średnikach).	{A > 0}
Powierzchnia otworów dla półki górnej	[cm ²]	Pole przekroju otworów dla półki górnej.	{A > 0}
Powierzchnia otworów dla półki dolnej	[cm ²]	Pole przekroju otworów dla półki dolnej.	{A > 0}
Pręt obciążony statycznie		Opcja wyboru rodzaju oddziaływania obciążenia.	< >
Przekrój ma żebra		Opcja określająca, czy analizowany pręt posiada żebra poprzeczne.	< >
Maks. rozstaw żeber L_z	[m]	Aktywne dla opcji przekroju z żebrami.	{L > L _z > 0}
L_z / L		Stosunek maksymalnego rozstawu żeber L _z do długości {1.0 ≥ L _z / L > 0} pręta L.	
Osiowe połączenie pręta w węźle		Opcja tylko dla teowników, kątowników i połówek dwuteowników.	< >

Sprawdzenie nośności elementu

Połączenie w węźle na jeden łącznik		Opcja nieosiowego połączenia pręta.	< >
A_{netto} części przylgowej	[cm ²]	Pole przekroju netto części przylgowej przekroju.	{A > 0}
A_{brutto} części przylgowej	[cm ²]	Pole przekroju brutto części przylgowej przekroju.	{A > 0}
Dopuszczalne ugięcie		Parametr określający, jaką częścią długości elementu liczonego może być ugięcie dopuszczalne.	{> 0}
Elementy publikowane w raporcie szczegółowym		W definicji typu wymiarowania umieszczono dwa znaczniki wyboru określające jakie elementy (przemieszczenie, ugięcie względne) będą publikowane w raporcie szczegółowym.	< >

3.3.3 Parametry zwichrzenia



Rys. 2.6 Zakładka Parametry zwichrzenia

W zakładce *Parametry zwichrzenia* podawane są podstawowe dane wymagane przy określaniu nośności pręta na zwichrzenia.

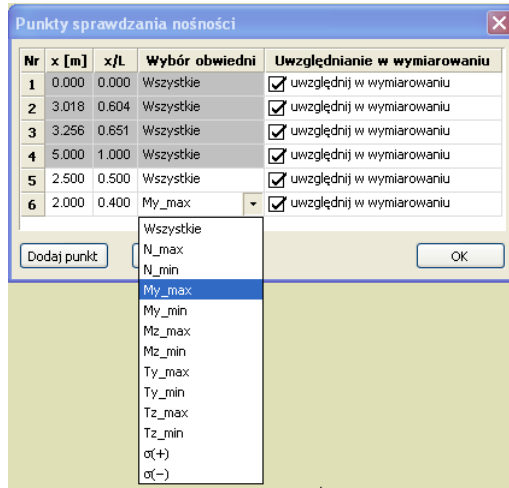
Odległość między stężeniami pasa ściskanego	[m]	Odległość między punktami stężącymi pas ściskany.	{L _{st} > 0}
Stan pracy belki		Opcja pozwalająca wybrać jeden z trzech rodzajów belki: <ul style="list-style-type: none"> • belka jednoprzęsłowa, • belka dwuteowa z wymuszoną osią obrotu, • bisymetryczny wspornik. 	< >
Obciążenia belki między stężeniami		Opcja pozwalająca wybrać jeden z trzech rodzajów obciążenia między stężeniami belki: <ul style="list-style-type: none"> • moment stały lub zmienny liniowo, • obciążenie równomiernie rozłożone, • siła skupiona w środku odcinka lub na końcu wspornika. 	< >
Odległość osi obrotu od pasa górnego	[m]	Opcja aktywna tylko w przypadku wyboru dla „stanu pracy belki” belki dwuteowej z wymuszoną osią obrotu. Podaje odległość płaszczyzny stężenia od górnej powierzchni półki górnej.	{z > 0}

Sprawdzenie nośności elementu

Odległość przyłożenia obc. od pasa górnego	[m]	Odległość punktu przyłożenia obciążenia od górnej powierzchni półki górnej.	{z > 0}
Element spawany w sposób zmechanizowany		Opcja pozwalająca określić, czy dany element jest spawany w sposób zmechanizowany.	< >
Obustronne warunki podparcia		Opcja pozwalająca określić, jak podparte są oba końce pręta. Warunki podparcia odpowiadają tablicy Z1-2 normy. Możliwość wyboru jednego z trzech warunków podparcia belki: <ul style="list-style-type: none"> • przegub, • przegub bez deplanacji (podparcie przegubowe, ale uniemożliwiające powstanie deplanacji przekroju na końcach pręta), • utwierdzenie (wybór tej opcji spowoduje automatyczne przyjęcie utwierdzenia również dla podparcia w kierunku prostopadłym do obciążenia). 	< >
Warunki podparcia w płaszczyźnie obciążenia		Możliwość wyboru jednego z dwóch warunków podparcia belki w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku działania obciążenia: <ul style="list-style-type: none"> • przegub, • utwierdzenie. 	< >
Warunki podparcia w płaszczyźnie prostopadłej		Możliwość wyboru jednego z dwóch warunków podparcia belki w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku działania obciążenia: <ul style="list-style-type: none"> • przegub, • utwierdzenie. 	< >

3.4 PUNKTY SPRAWDZANIA NOŚNOŚCI

Program domyślnie sprawdza nośność elementu dla sił wewnętrznych określonych w punktach charakterystycznych (ekstrema sił wewnętrznych, miejsca przyłożenia sił itp.). Współrzędne tych punktów można odczytać w zakładce *Punkty sprawdzania nośności*.



Rys. 2.7 Okno wyboru punktów sprawdzania nośności

Naciskając ikonę *Dodaj punkt* możemy dodać punkt o dowolnej współrzędnej na długości elementu. Nowy punkt na elemencie definiujemy przez podanie odległości x [m] lub odległości względnej x/L z przedziału $<0, 1>$. Podświetlając dowolny dodany punkt w tabeli i naciskając ikonę *Usuń punkt*, usuwamy dodany punkt z analizy sprawdzania nośności. Usuwanie punktów dotyczy jedynie tych, które zostały wprowadzone przez użytkownika. Zaznaczenie odpowiedniego znacznika dla danego punktu w kolumnie *Uwzględnianie przy wymiarowaniu* powoduje, że punkt ten będzie uwzględniony przy wymiarowaniu elementu. Domyślnie, dla punktu dodanego przez użytkownika, wymiarowania wykonywane są z uwzględnieniem wszystkich występujących w tym punkcie obwiedni. Jednak w kolumnie *Wybór obwiedni* użytkownik może zdecydować o wymiarowaniu tylko dla jednej, wybranej obwiedni. Opcja ta dostępna jest jedynie dla punktów wybranych przez użytkownika i pozwala na wymiarowanie w danym punkcie najgorszego przypadku ze wszystkich dostępnych obwiedni lub dla jednej wybranej przez użytkownika. W przypadku gdy chcemy wykonać sprawdzenie w jednym punkcie, ale dla kilku określonych

Sprawdzenie nośności elementu

obwiedni, należy kilka razy dodać ten sam punkt i dla każdego z nich wybrać inną obwiednię (nie wybieramy sprawdzenia wszystkich obwiedni w jednym punkcie, gdyż wówczas będą wybrane jedynie sprawdzenia najgorsze). W przypadku gdy dla tego samego punktu zestawy sił, dla których będą wykonywane sprawdzenia, pokrywają się, program automatycznie usunie zdublowane wyniki sprawdzeń. W przypadku gdy dla tego samego punktu wybranego przez użytkownika ustawione będzie sprawdzenie dla wszystkich obwiedni, a następnie dodany zostanie ten sam punkt z ustawioną jedną wybraną obwiednią, program wykona dla tego punktu jedynie sprawdzenie jak dla wszystkich obwiedni (tylko dla najbardziej niekorzystnych sprawdzeń). W związku z tym nie poleca się jednoczesnego wyboru w tej samej lokalizacji, sprawdzenia wszystkich obwiedni i jednej wybranej (taki wybór może prowadzić do niejednoznaczności wyników).

3.5 WYNIKI SPRAWDZANIA NOŚNOŚCI

Wybranie ikony **Sprawdź nośność** wywołuje sprawdzenie nośności elementu dla sił wewnętrznych w wybranych przez użytkownika punktach.

Wyniki nośności								
Stan krytyczny								
x [m]	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Ty [kN]	Tz [kN]	Sprawdzenie nośności		
						N + M	N + M + V	V
<input checked="" type="checkbox"/> 0.000	-50.00	9.58	6.04	-5.38	10.25	1.239	1.039	0.061
<input checked="" type="checkbox"/> 2.500	-50.00	-4.58	-3.23	-1.63	1.50	0.753	0.575	0.014
<input checked="" type="checkbox"/> 3.018	-50.00	-4.97	-3.79	-0.54	0.00	0.816	0.633	0.005
<input checked="" type="checkbox"/> 3.256	-50.00	-4.89	-3.86	0.00	-0.65	0.816	0.633	0.004
<input checked="" type="checkbox"/> 5.000	-50.00	0.00	0.00	4.63	-4.75	0.258	0.106	0.039
Stan nadkrytyczny								
x [m]	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Ty [kN]	Tz [kN]	Sprawdzenie nośności		
						N + M	N + M + V	V
<input checked="" type="checkbox"/> 0.000	-50.00	9.58	6.04	-5.38	10.25	1.239	1.039	0.061
<input checked="" type="checkbox"/> 2.500	-50.00	-4.58	-3.23	-1.63	1.50	0.753	0.575	0.014
<input checked="" type="checkbox"/> 3.018	-50.00	-4.97	-3.79	-0.54	0.00	0.816	0.633	0.005
<input checked="" type="checkbox"/> 3.256	-50.00	-4.89	-3.86	0.00	-0.65	0.816	0.633	0.004
<input checked="" type="checkbox"/> 5.000	-50.00	0.00	0.00	4.63	-4.75	0.258	0.106	0.039

Rys. 2.8 Okno sprawdzania nośności

Na szarym tle w oknie wyświetlane są w programie punkty sprawdzania nośności i obwiednie wybrane przez program. Natomiast na białym tle wyświetlane są punkty i obwiednie dołożone przez użytkownika. Siły wewnętrzne podane w zakładce **Wyniki nośności** są odniesione do głównych centralnych osi bezwładności przekroju.

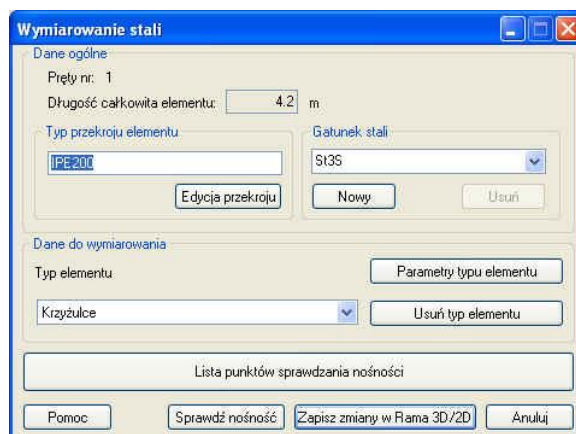
Stopień wykorzystania nośności elementu jest podany dla trzech przypadków:

- **N+M** - nośność pręta z uwzględnieniem stateczności globalnej elementu
- **N+M+V** – nośność pręta z uwzględnieniem wpływu siły poprzecznej na nośność na zginanie
- **V** – nośność pręta na ścinanie.

Wybranie przycisku **Zmień przekrój** wywołuje okno dialogowe **Edycja przekroju** i pozwala zmienić przekrój wymiarowanego pręta.

Wybór przycisku **Utwórz pełny raport** powoduje wygenerowanie pełnego raportu z przebiegu obliczeń sprawdzania nośności pręta w formacie **RTF**.

Wybranie ikony **OK** powoduje powrót do okna dialogowego **Wymiarowanie stali**.

Rys. 2.9 Okno główne modułu *InterStal*

Naciskając ikonę *Zapisz zmiany w Rama 3D/2D*, możemy zapisać wprowadzone zmiany przekroju pręta(ów) w projekcie rama R3D3. Wówczas projekt wymaga ponownego przeliczenia statyki.

3.6 PEŁNY RAPORT WYMIAROWANIA

Pełny raport zawiera większość pośrednich wyników potrzebnych do określenia nośności pręta.

Pełny raport jest tworzony tylko dla punktów zaznaczonych w oknie dialogowym *Wyniki sprawdzania nośności*, przez wybór przycisku *Utwórz pełny raport*.

3.6.1 Przykładowy raport z wymiarowania

Raport wymiarowania stali do programu Rama3D/2D:

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną Y_g , a oś Z oznacza oś główną Z_g .

Geometria:

	Nazwa profilu:	HEB200	
	Długość pręta:	L = 4.00 m	
	Gatunek stali:	St3S	
	Wytrzymałość stali:	$f_d = 215.00$ MPa	
	Pole przekroju:	A = 78.09 cm ²	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 5696.71$ cm ⁴	$J_z = 2003.38$ cm ⁴
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 569.67$ cm ³	$W_z = 200.34$ cm ³
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$I_t = 59.28$ cm ⁴	
	Wycinkowy moment bezwładności:	$I_o = 17112.50$ cm ⁶	
	Wskaźnik wytrzymałości na ściskanie:	$W_{yc} = 569.67$ cm ³	
	Wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie:	$W_{yt} = 569.67$ cm ³	

Element prosty, nr pręta: 4

Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

Sprawdzenie nośności elementu

$$N = -260.04 \text{ kN} \quad T_y = V_y = 1.05 \text{ kN} \quad T_z = V_z = 12.27 \text{ kN}$$

$$M_y = 25.45 \text{ kNm} \quad M_z = -2.80 \text{ kNm}$$

Stateczność globalna:

Długość pręta: $L = 4.00 \text{ [m]}$

Współczynniki długości wybozeniowych:

$$\mu_y = 0.90 \quad \mu_z = 1.00 \quad \mu_w = 1.00$$

Smukłość porównawcza: $\lambda = 84.00$

Smukłość pręta:

$$\lambda_y = 42.15 \quad \lambda_z = 78.97$$

Stan krytyczny:

Współczynnik redukcyjny nośności: $\Psi = 1.00$

Smukłość względna pręta:

$$\lambda_y = 0.50 \quad \lambda_z = 0.94$$

Współczynniki wybozeniowe:

$$\varphi_y = 0.94 \quad \varphi_z = 0.60 \quad \varphi_{\min} = 0.60$$

Nośność na ściskanie:

Klasa przekroju:

Klasa ścianki środkowej: 1

Klasa ścianki pasów: 1

$$N_{Rc} = A \cdot f_d = 78.09 \cdot 10^{-4} \cdot 215 \cdot 10^3 = 1678.93 \text{ [kN]}$$

Siły poprzeczne:

Maksymalny rozstaw żeber: $L_z = 4.00 \text{ [m]}$

Siła V_{Rz} :

Współczynnik niestateczności: $\varphi_{pv} = 1.00$

$$V_{Rz} = 0.58 \cdot A_v \cdot \varphi_{pv} \cdot f_d = 0.58 \cdot 18.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 224.46 \text{ [kN]}$$

Siła V_{Ry} :

Współczynniki niestateczności: $\varphi_{pv1} = 1.00$

$$V_{Ry} = 0.58 \cdot A_{v1} \cdot \varphi_{pv1} \cdot f_d + 0.58 \cdot A_{v2} \cdot \varphi_{pv2} \cdot f_d = 0.58 \cdot 30.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 + 0.58 \cdot 30.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 748.20 \text{ [kN]}$$

Momenty zginające:

Moment zginający M_{Ry} :

Klasa przekroju: 1

$$\alpha_{py} = 1.00$$

$$M_{Ry} = \alpha_{py} \cdot W_y \cdot f_d = 1.00 \cdot 569.67 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 122.48 \text{ [kNm]}$$

Moment zginający M_{Rz} :

Klasa przekroju: 1

$$\alpha_{pz} = 1.00$$

Sprawdzenie nośności elementu

$$M_{Rz} = \alpha_{pz} \cdot W_x \cdot f_d = 1.00 \cdot 200.34 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 43.07 \text{ [kNm]}$$

Współczynnik zwiczenia:

Odległość między stężeniami pasa ściskanego:

$$L_{st} = 4.00 \text{ [m]}$$

$$\varphi_L = 1.00$$

Wykorzystanie nośności:**Stan krytyczny:**

Współczynniki interakcji sił:

$$\Delta_y = 0.01$$

$$\Delta_z = 0.01$$

Zginanie:

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot N_{Rz}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\varphi_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_y = \frac{260.04}{0.94 \cdot 1678.93} + \frac{1.00 \cdot 25.45}{1.00 \cdot 122.48} + \frac{1.00 \cdot 2.80}{43.07} + 0.01 = 0.448 \leq 1$$

$$\frac{N}{\varphi_x \cdot N_{Rz}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\varphi_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_x = \frac{260.04}{0.60 \cdot 1678.93} + \frac{1.00 \cdot 25.45}{1.00 \cdot 122.48} + \frac{1.00 \cdot 2.80}{43.07} + 0.01 = 0.539 \leq 1$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$\frac{N}{N_{Rz}} + \frac{M_y}{M_{Ry,v}} + \frac{M_z}{M_{Rz,v}} = \frac{260.04}{1678.93} + \frac{25.45}{122.48} + \frac{2.80}{43.07} = 0.428 \leq 1$$

Maksymalne ścinanie:

$$\frac{V_z}{V_{Rz}} = \frac{12.27}{224.46} = 0.055 \leq 1$$

$$\frac{V_y}{V_{Ry}} = \frac{1.05}{748.20} = 0.001 \leq 1$$

Interakcyjny warunek nośności z uwzględnieniem plastycznej rezerwy nośności:

$$(1-c) \cdot \frac{M_y}{M_{Ry}} + \frac{N}{N_R} = (1-0.10) \cdot \frac{25.45}{122.48} + \frac{260.04}{1678.93} = 0.34$$

Element prosty, nr pręta: 4**Punkt nr: 2 na przecie, położenie: 2.00 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -263.19 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 1.01 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 12.16 \text{ kN}$$

$$M_y = 0.87 \text{ kNm}$$

$$M_z = -0.70 \text{ kNm}$$

Nośność na ściskanie:**Klasa przekroju:**

Klasa ścianki średnika: 1

Klasa ścianki pasów: 1

$$N_{Rz} = A \cdot f_d = 78.09 \cdot 10^{-4} \cdot 215 \cdot 10^3 = 1678.93 \text{ [kN]}$$

Siły poprzeczne:

Maksymalny rozstaw żeber:

$$L_z = 4.00 \text{ [m]}$$

Sila V_{Rz} :

Współczynnik niestateczności:

$$\varphi_{pv} = 1.00$$

$$V_{Rz} = 0.58 \cdot A_v \cdot \varphi_{pv} \cdot f_d = 0.58 \cdot 18.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 224.46 \text{ [kN]}$$

Sila V_{Ry} :

Współczynniki niestateczności:

$$\varphi_{pv1} = 1.00$$

$$V_{Ry} = 0.58 \cdot A_{v1} \cdot \varphi_{pv1} \cdot f_d + 0.58 \cdot A_{v2} \cdot \varphi_{pv2} \cdot f_d = 0.58 \cdot 30.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 + 0.58 \cdot 30.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 748.20 \text{ [kN]}$$

Sprawdzenie nośności elementu

Momenty zginające:**Moment zginający M_{Ry} :**Klasa przekroju: **1**

$$\alpha_{py} = 1.00$$

$$M_{Ry} = \alpha_{py} \cdot W_y \cdot f_d = 1.00 \cdot 569.67 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 122.48 \text{ [kNm]}$$

Moment zginający M_{Rz} :Klasa przekroju: **1**

$$\alpha_{pz} = 1.00$$

$$M_{Rz} = \alpha_{pz} \cdot W_z \cdot f_d = 1.00 \cdot 200.34 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 43.07 \text{ [kNm]}$$

Współczynnik zwichrzenia:

Odległość między stężeniami pasa ściskanego:

$$L_{st} = 4.00 \text{ [m]}$$

$$\varphi_L = 1.00$$

Wykorzystanie nośności:**Stan krytyczny:**

Współczynniki interakcji sił:

$$\Delta_y = 0.00$$

$$\Delta_z = 0.00$$

Zginanie:

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\varphi_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_y = \frac{263.19}{0.94 \cdot 1678.93} + \frac{1.00 \cdot 0.87}{1.00 \cdot 122.48} + \frac{1.00 \cdot 0.70}{43.07} + 0.00 = 0.191 \leq 1$$

$$\frac{N}{\varphi_z \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\varphi_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_z = \frac{263.19}{0.60 \cdot 1678.93} + \frac{1.00 \cdot 0.87}{1.00 \cdot 122.48} + \frac{1.00 \cdot 0.70}{43.07} + 0.00 = 0.288 \leq 1$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_y}{M_{Ry,v}} + \frac{M_z}{M_{Rz,v}} = \frac{263.19}{1678.93} + \frac{0.87}{122.48} + \frac{0.70}{43.07} = 0.180 \leq 1$$

Maksymalne ścinanie:

$$\frac{V_x}{V_{Rc}} = \frac{12.16}{224.46} = 0.054 \leq 1$$

$$\frac{V_y}{V_{Ry}} = \frac{1.01}{748.20} = 0.001 \leq 1$$

Interakcyjny warunek nośności z uwzględnieniem plastycznej rezerwy nośności:

$$(1-c) \cdot \frac{M_y}{M_{Ry}} + \frac{N}{N_R} = (1-0.10) \cdot \frac{0.87}{122.48} + \frac{263.19}{1678.93} = 0.16$$

Element prosty, nr pręta: 4**Punkt nr: 3 na przecie, położenie: 4.00 m**

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -263.75 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 1.08 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 12.16 \text{ kN}$$

$$M_y = -23.50 \text{ kNm}$$

$$M_z = 1.45 \text{ kNm}$$

Nośność na ściskanie:**Klasa przekroju:**

Klasa ścianki środkowej: 1

Klasa ścianki pasów: 1

$$N_{Rc} = A \cdot f_d = 78.09 \cdot 10^{-4} \cdot 215 \cdot 10^3 = 1678.93 \text{ [kN]}$$

Sily poprzeczne:

Maksymalny rozstaw żeber:

$$L_z = 4.00 \text{ [m]}$$

Sprawdzenie nośności elementu

Siła V_{Rz} :Współczynnik niestateczności: $\varphi_{pv} = 1.00$

$$V_{Rz} = 0.58 \cdot A_v \cdot \varphi_{pv} \cdot f_d = 0.58 \cdot 18.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 224.46 \text{ [kN]}$$

Siła V_{Ry} :Współczynniki niestateczności: $\varphi_{pv1} = 1.00$

$$V_{Ry} = 0.58 \cdot A_{v1} \cdot \varphi_{pv1} \cdot f_d + 0.58 \cdot A_{v2} \cdot \varphi_{pv2} \cdot f_d = 0.58 \cdot 30.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 + 0.58 \cdot 30.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 748.20 \text{ [kN]}$$

Momenty zginające:**Moment zginający M_{Ry} :**Klasa przekroju: **1** $\alpha_{py} = 1.00$

$$M_{Ry} = \alpha_{py} \cdot W_y \cdot f_d = 1.00 \cdot 569.67 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 122.48 \text{ [kNm]}$$

Moment zginający M_{Rz} :Klasa przekroju: **1** $\alpha_{pz} = 1.00$

$$M_{Rz} = \alpha_{pz} \cdot W_z \cdot f_d = 1.00 \cdot 200.34 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 43.07 \text{ [kNm]}$$

Współczynnik zwichrzenia:

Odległość między stężeniami pasa ściskanego:

 $L_{st} = 4.00 \text{ [m]}$ $\varphi_L = 1.00$ **Wykorzystanie nośności:****Stan krytyczny:**

Współczynniki interakcji sił:

 $\Delta_y = 0.01$ $\Delta_z = 0.00$

Zginanie:

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\varphi_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_y = \frac{263.75}{0.94 \cdot 1678.93} + \frac{1.00 \cdot 23.50}{1.00 \cdot 122.48} + \frac{1.00 \cdot 1.45}{43.07} + 0.01 = 0.402 \leq 1$$

$$\frac{N}{\varphi_z \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\varphi_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_z = \frac{263.75}{0.60 \cdot 1678.93} + \frac{1.00 \cdot 23.50}{1.00 \cdot 122.48} + \frac{1.00 \cdot 1.45}{43.07} + 0.00 = 0.493 \leq 1$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_y}{M_{Ry,v}} + \frac{M_z}{M_{Rz,v}} = \frac{263.75}{1678.93} + \frac{23.50}{122.48} + \frac{1.45}{43.07} = 0.383 \leq 1$$

Maksymalne ścinanie:

$$\frac{V_x}{V_{Rc}} = \frac{12.16}{224.46} = 0.054 \leq 1$$

$$\frac{V_y}{V_{Ry}} = \frac{1.08}{748.20} = 0.001 \leq 1$$

Interakcyjny warunek nośności z uwzględnieniem plastycznej rezerwy nośności:

$$(1-c) \cdot \frac{M_y}{M_{Ry}} + \frac{N}{N_R} = (1-0.10) \cdot \frac{23.50}{122.48} + \frac{263.75}{1678.93} = 0.33$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:Położenie: $x = 0.00 \text{ [m]}$

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Sprawdzenie nośności elementu

Ciążar własny (1.00)	Obc.stałe (1.00)	Wiatr z prawej (1.00)	Grupa 9 (1.00)
Grupa 21 (1.00)	Grupa 8 (1.00)	Grupa 24 (1.00)	Grupa 10 (1.00)
Grupa 23 (1.00)	Grupa 22 (1.00)	Grupa 6 (1.00)	Grupa 3 (1.00)
Grupa 15 (1.00)	Grupa 2 (1.00)	Grupa 13 (1.00)	Grupa 18 (1.00)
Grupa 4 (1.00)	Grupa 17 (1.00)		

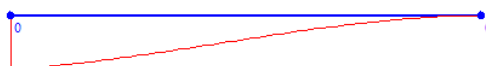
$$u_y = \sum u(i)_y = (-0.000) + 0.000 + (-0.000) + 0.003 + (-0.001) + 0.000 + 0.001 + 0.002 + 0.004 + 0.011 + 0.000 + 0.002 + 0.000 + 0.000 + 0.003 + 0.000 + (-0.000) + 0.001 = 0.025 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Y:



$$u_z = \sum u(i)_z = 0.000 + 0.000 + (-0.505) + (-0.011) + (-0.002) + (-0.002) + 0.001 + (-0.001) + 0.000 + (-0.001) + (-0.002) + 0.002 + (-0.002) + (-0.001) + 0.002 + (-0.000) + (-0.000) + 0.000 = -0.522 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{0.025^2 + (-0.522)^2} = 0.52 \leq 1.600 [cm]$$

Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: x = 0.00 [m]

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciążar własny (1.00)	Obc.Stałe (1.00)	Wiatr z prawej (1.00)	Grupa 9 (1.00)
Grupa 21 (1.00)	Grupa 8 (1.00)	Grupa 10 (1.00)	Grupa 22 (1.00)
Grupa 6 (1.00)	Grupa 15 (1.00)	Grupa 2 (1.00)	Grupa 18 (1.00)
Grupa 4 (1.00)			

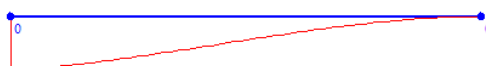
$$u_y = \sum u(i)_y = (-0.000) + 0.000 + (-0.000) + 0.003 + (-0.001) + 0.000 + 0.002 + 0.011 + 0.000 + 0.000 + 0.000 + 0.000 + (-0.000) = 0.015 [cm]$$

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:



$$u_z = \sum u(i)_z = 0.000 + 0.000 + (-0.505) + (-0.011) + (-0.002) + (-0.002) + (-0.001) + (-0.001) + (-0.002) + (-0.002) + (-0.001) + (-0.000) + (-0.000) = -0.527 [cm]$$

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{0.015^2 + (-0.527)^2} = 0.527 [cm]$$

$$u_b = u_{by} = 0.015 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = (-0.527) - 0.000 = 0.527 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \Delta u_z = 0.527 \leq 1.600 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d_0| = |0.000 - 0.527| = 0.527 [cm]$$