

InterStal

Podręcznik użytkownika dla programu InterStal

Spis treści

Wydawca

INTERsoft Sp. z o.o.
90-057 Łódź
ul. Sienkiewicza 85/87
tel. +48 42 6891111
fax +48 42 6891100

Internet:

<http://www.intersoft.pl>

E-mail:

inter@intersoft.pl
biuro@intersoft.pl

Prawa Autorskie

Zwracamy uwagę na to, że stosowane w podręczniku określenia softwar`owe i hardwar`owe oraz nazwy markowe danych firm są ogólnie chronione.

Wszystkie podane w tym podręczniku dane oraz programy, opracowane względnie zestawione zostały reprodukowane przez ich autorów z największą starannością i z zachowaniem skutecznych środków kontrolnych. Pomimo tego nie można całkowicie wykluczyć wystąpienia błędów.

Firma INTERsoft pragnie w związku z tym zwrócić uwagę na to, że nie może udzielić gwarancji, jak również ponosić prawnej odpowiedzialności za wynikłe stąd skutki. Za podanie nam ewentualnych błędów będziemy wdzięczni.

Spis treści

SPIS TREŚCI

Spis treści

Spis treści	3
1 Wiadomości ogólne	5
1.1 Opis ogólny i wymagania programu.....	6
1.2 Wybór prętów do sprawdzania nośności.....	7
1.3 Typy przekrojów prętów.....	8
1.4 Stan graniczny użytkowania.....	9
1.5 Wywołanie sprawdzenia nośności.....	10
2 Sprawdzenie nośności elementu	11
2.1 Zmiana przekroju pręta.....	13
2.2 Wybór gatunku stali.....	14
2.3 Parametry typu elementu.....	15
2.3.1 Parametry ściskania i zginania.....	15
2.3.2 Parametry ogólne i rozciągania.....	16
2.3.3 Parametry zwichrzenia.....	17
2.4 Punkty sprawdzania nośności.....	19
2.5 Wyniki sprawdzania nośności.....	20
2.6 Pełny raport wymiarowania.....	22
2.6.1 Przykładowy raport z wymiarowania.....	22

1 WIADOMOŚCI OGÓLNE

Wiadomości ogólne

1.1 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 program do obliczeń statycznych *R3D3-Rama 3D* (*R2D2-Rama 2D*), który do działania wymaga 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 modulem *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*.

Przystępując 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 będą z materiału o tych samych własnościach mechanicznych (tej samej klasie).
- 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 modulem wymiarującym *InterStal*.

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

Wiadomości ogólne

1.2 WYBÓR PRĘTÓW DO SPRAWDZANIA NOŚNOŚCI

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

- pojedynczy pręt zdefiniowany w ramie **R3D3 (R2D2)**
- 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.

Wiadomości ogólne

1.3 TYPY PRZEKROJÓW PRĘTÓW

Program sprawdza nośność dla następujących typów przekrojów prętów:

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

Wiadomości ogólne

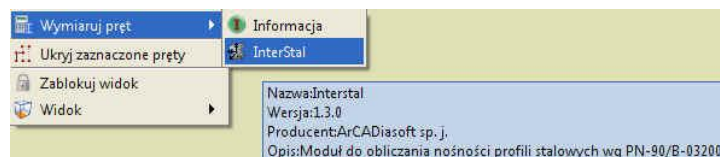
1.4 STAN GRANICZNY UŻYTKOWANIA

Podczas wymiarowania, dla sprawdzanego elementu, ustalana jest maksymalna obwiednia ugięć dla obciążeń charakterystycznych, osobno dla każdego kierunku. Następnie na tej podstawie ustalana jest wspólna lista grup dla ugięcia z obu kierunków dla wszystkich obwiedni przemieszczeń i liczone jest u_{fin} , jako suma geometryczna ugięć z obu kierunków. Ze wszystkich policzonych tak wartości u_{fin} , dla wszystkich punktów elementu, wybierana jest do sprawdzenia wartość ekstremalna. Obwiednia przemieszczeń 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 otrzymanych w raporcie z wymiarowania. Na końcu wartość tak otrzymanego, maksymalnego ugięcia porównywana jest z ugięciem dopuszczalnym, określonym przez użytkownika w parametrach typu elementu.

Wiadomości ogólne

1.5 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*

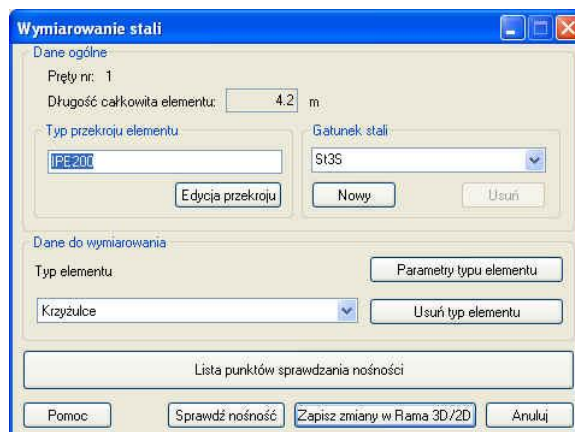
Wywołanie funkcji wymiarującej możliwe jest w programie statycznym tylko wówczas, gdy program przełączony jest w tryb analizy wyników (zakładka **Wyniki**).

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; 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.

2 SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI ELEMENTU

Sprawdzenie nośności elementu

Wybierając z menu opcję **InterStal** wywołujemy 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

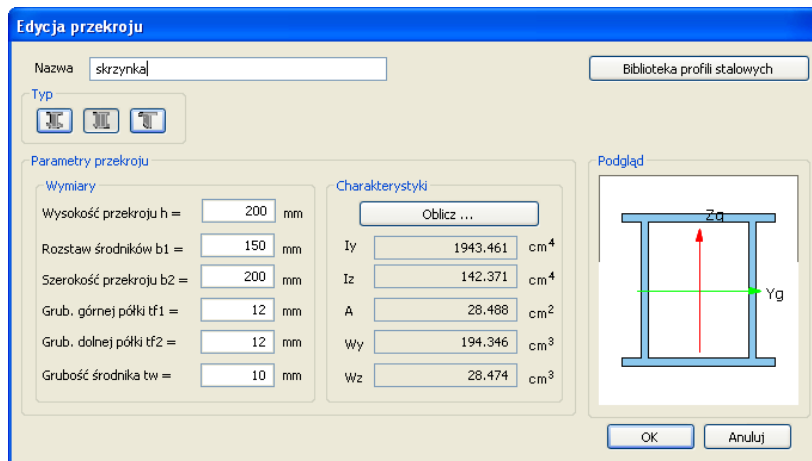
W danych ogólnych wyświetlane są w oknie u góry nieedytowalne pola, podające numery wymiarowanych prętów tworzących element, oraz całkowita długość elementu. Po lewej stronie okna znajdują się dane dotyczące przekroju elementu, a po prawej gatunku stali przyjętego do wymiarowania. Przekrój przyjęty do 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 R3D3 (R2D2)** 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.

Sprawdzenie nośności elementu

2.1 ZMIANA PRZEKROJU PRĘTA

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



Rys. 2.2 Okno Edycja przekroju

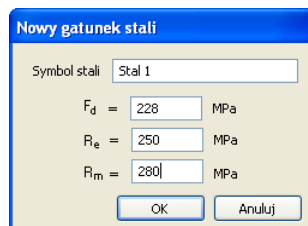
Zmianę przekroju pręta można dokonać poprzez wybór jednej z trzech ikon oznaczających: *Dwuteownik spawany*, *przekrój skrzynkowy spawany*, *teownik spawany*, lub naciskając ikonę *Biblioteka profili stalowych*.

- *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.

Sprawdzenie nośności elementu

2.2 WYBÓR GATUNKU STALI

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



Nowy gatunek stali

Symbol stali: Stal 1

F_d = 228 MPa

R_e = 250 MPa

R_m = 280 MPa

OK Anuluj

Rys. 2.3 Okno Nowy gatunek stali

Sprawdzenie nośności elementu

2.3 PARAMETRY TYPU ELEMENTU

W oknie dialogowym *Wymiarowanie stali* wybieramy z listy *Typ elementu* i przypisujemy je 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 typu elementu, można go natomiast usunąć i 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*.

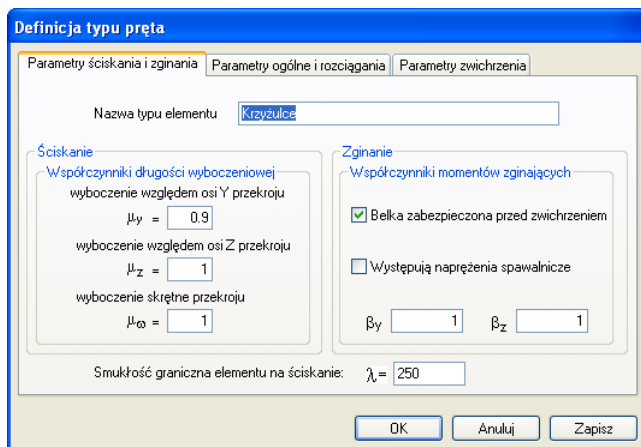
Otwieranie odpowiedniego okna zakładek uzyskuje się przez naciśnięcie odpowiedniej zakładki na górnym pasku.

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

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

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

2.3.1 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 wyboczeniowe	Wartości współczynników wyboczeniowych: <ul style="list-style-type: none"> • μ_y dla wyboczenia względem osi y przekroju, • μ_z dla wyboczenia względem osi z przekroju , • μ_ω dla wyboczenia skrętnego przekroju. 	{>0}
Belka zabezpieczona przed zwichrzeniem	Opcja określająca czy belka jest zabezpieczona przed zwichrzeniem. Po zaznaczeniu tej opcji zakładka parametry zwichrzenia jest nieaktywna.	< >
Występują	Opcja pozwalająca określić czy dany przekrój jest spawany.	< >

Sprawdzenie nośności elementu

naprężenia spawalnicze

Współczynniki momentów zginających

Współczynniki określające rozkład momentów zginających obliczone zgodnie z tablicą 12 normy **PN-90/B03200**:

- β_y dla momentów względem osi y przekroju,
- β_z dla momentów względem osi z przekroju.

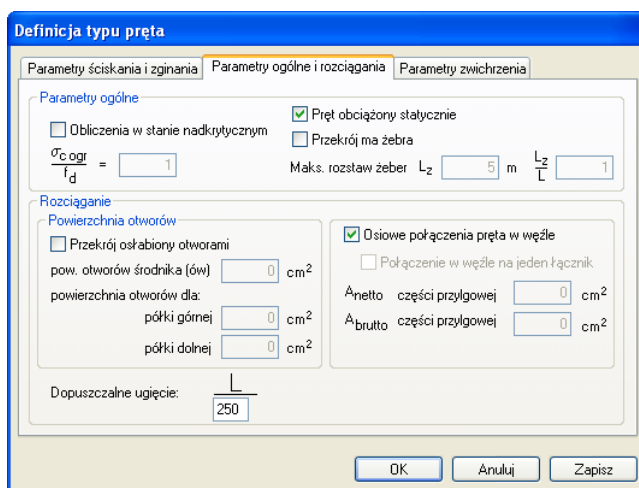
$$\{0 < \beta < 1\}$$

Smukłość graniczna elementu na ściskanie

Graniczna wartość smukłości elementu na ściskanie sprawdzana podczas obliczeń.

$$\{100 \leq \lambda \leq 1000\}$$

2.3.2 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.

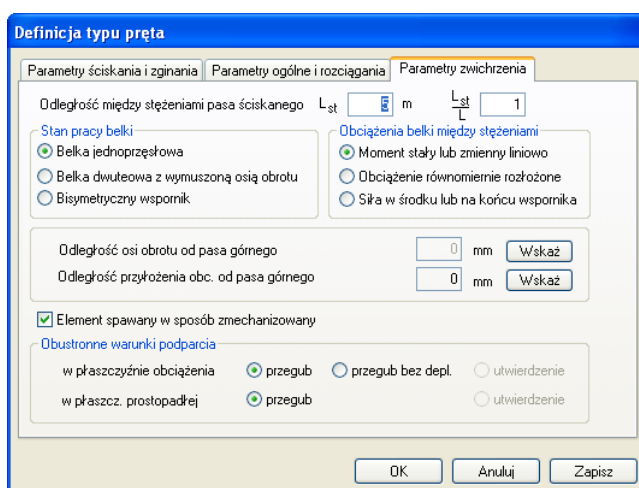
Obliczenia w stanie nadkrytycznym		Opcja pozwalająca sprawdzać nośność prętów klasy 4 w stanie nadkrytycznym. Nieaktualna dla kształtowników w których występują wyłącznie ścianki jednostronnie usztywnione.	< >
$\sigma_{c\ ogra} / f_d$		Stosunek wartości największych naprężeń ściskających w przekroju współpracującym jakie dopuszczamy dla stanu $\{1.0 \geq \sigma/f > 0\}$ nadkrytycznego do wytrzymałości obliczeniowej stali.	
Przekrój osłabiony otworami:		Dla przekroju osłabionego otworami pozwalająca na obliczenie przekrojów netto średnika i pólek.	< >
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		Opcja wyboru rodzaju oddziaływania obciążenia.	< >

Sprawdzenie nośności elementu

statycznie

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 $\{1.0 \geq L_z / L > 0\}$ pręta L .	
Osiowe połączenie pręta w węźle		Opcja tylko dla teowników, kątowników i połówek dwuteowników.	< >
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	$\{ > 0 \}$

2.3.3 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 ściskanego pasa [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. 	< >

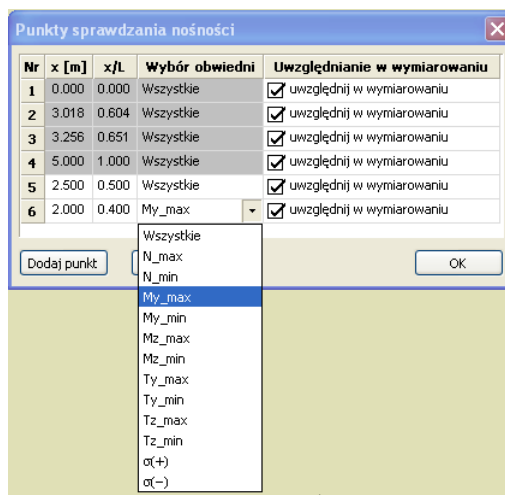
Sprawdzenie nośności elementu

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 }
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		< >
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. 	< >

Sprawdzenie nośności elementu

2.4 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 długość elementu. Nowy punkt na elemencie definiujemy przez podanie odległości x [m] lub odległości względnej x/L z przedziału $\langle 0,1 \rangle$. 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 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).

Sprawdzenie nośności elementu

2.5 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

Zmień przekrój Utwórz pełny raport OK

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**.

Wymiarowanie stali	
Dane ogólne	
Pręty nr: 1	
Długość całkowita elementu: 4.2 m	
Typ przekroju elementu: IPE 200	Gatunek stali: S135
<input type="button" value="Edycja przekroju"/>	<input type="button" value="Nowy"/> <input type="button" value="Usuń"/>
Dane do wymiarowania	
Typ elementu:	<input type="button" value="Parametry typu elementu"/>
Krzyżulce:	<input type="button" value="Usuń typ elementu"/>
Lista punktów sprawdzania nośności	
<input type="button" value="Pomoc"/>	<input type="button" value="Sprawdź nośność"/> <input type="button" value="Zapisz zmiany w Rama 3D/2D"/> <input type="button" value="Anuluj"/>

Rys. 2.9 Okno główne modułu InterStal

Sprawdzenie nośności elementu

Naciskając ikonę *Zapisz zmiany w R3D3 (R2D2)* możemy zapisać wprowadzone zmiany przekroju pręta(ów) w projekcie ramy R3D3. Wówczas projekt wymaga ponownego przeliczenia statyki.

Sprawdzenie nośności elementu

2.6 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 sprawdzani nośności*, przez wybór przycisku *Utwórz pełny raport*.

2.6.1 Przykładowy raport z wymiarowania

Raport wymiarowania stali do programu Rama3D:

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:	I360/180/320/4/6/5	
	Długość pręta:	L = 5.00 m	
	Gatunek stali:	St3S	
	Wytrzymałość stali:	$f_d = 215.00$ MPa	
	Pole przekroju:	A = 40.76 cm ²	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 9627.52$ cm ⁴	$J_z = 1657.12$ cm ⁴
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 474.38$ cm ³	$W_z = 103.57$ cm ³
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$I_t = 3.37$ cm ⁴	
	Wycinkowy moment bezwładności:	$I_{\omega} = 30196.29$ cm ⁶	
	Wskaźnik wytrzymałości na ściskanie:	$W_{yc} = 613.02$ cm ³	
	Wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie:	$W_{yt} = 474.38$ cm ³	

Element prosty, nr pręta:17**Punkt nr: 1 na przecie, położenie: 0.00 m**

N = -50.00 kN My = 10.58 kNm Mz = 6.04 kNm Ty = Vy = -5.38 kN Tz = Vz = 11.25 kN

Stateczność

Długość pręta: L = 5.00 [m] **globalna:**

Współczynniki długości wybozeniowych: $\mu_y = 0.90$, $\mu_z = 1.00$, $\mu_w = 1.00$
 Smukłość porównawcza: $\lambda = 1.69$

Sily

Środek biegunowy promień ścinania: $y_s = 92.15$ [mm]
 współczynnik bezwładności: $i_s = 190.20$ [mm]
 podparcia: $\mu = 1.00$ **krytyczne:**

Sily:

$N_y = 9619.29$ [kN] $N_z = 1341.12$ [kN]
 $N_x = 750.11$ [kN] $N_{xz} = 623.15$ [kN]

Stan

Współczynnik redukcyjny nośności: $\Psi = 0.34$ **krytyczny:**
 Smukłość względna pręta:

$\bar{\lambda}_y = 0.20$, $\bar{\lambda}_z = 0.55$, $\lambda_{\max} = 0.80$

Współczynniki wybozeniowe: $\varphi_y = 1.00$, $\varphi_z = 0.84$, $\varphi_{\min} = 0.68$

Nośność na ściskanie:

Klasa naprężeń: $\sigma = -0.15$ **przekroju:**

Stosunek Współczynnik K2 = 0.35
 Klasa ścianki środknika = 4

Sprawdzenie nośności elementu

Klasa ścianki pasów = 4

Stan krytyczny:

Smukłość względna:

$$\lambda_{\text{pas górny}} = 0.00$$

$$\lambda_{\text{pas dolny}} = 0.00$$

$$\lambda_{\text{pasy}} = 1.69$$

$$\lambda_{\text{środek}} = 1.56$$

$$\lambda_p = 1.69 \quad \Psi = \varphi_p = 0.34$$

$$N_{Rc} = \Psi \cdot A \cdot f_d = 0.34 \cdot 40.76 \cdot 10^{-4} \cdot 215 \cdot 10^3 = 301.97 \text{ [kN]}$$

Siły poprzeczne:

Klasa	przekroju	na	ścinanie:	4
Maksymalny	rozstaw	zeber:	L_z	= 5.00 [m]

Siła				V_{Rz}:
Współczynnik	niestateczności:	φ_{pv}	=	1.00

$$V_{Rz} = 0.58 \cdot A_v \cdot \varphi_{pv} \cdot f_d = 0.58 \cdot 13.96 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 139.66 \text{ [kN]}$$

Siła				V_{Ry}:
Współczynniki	niestateczności:	φ_{pv1}	= 1.00	φ_{pv2} = 1.00

$$V_{Ry} = 0.58 \cdot A_{v1} \cdot \varphi_{pv1} \cdot f_d + 0.58 \cdot A_{v2} \cdot \varphi_{pv2} \cdot f_d = 0.58 \cdot 10.80 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 + 0.58 \cdot 16.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 334.20 \text{ [kN]}$$

Momenty zginające:**Moment zginający M_{Ry} :**Klasa przekroju: **4**

$$\nu = \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{max}} = (-0.15) \rightarrow K_2 = 0.35$$

Smukłość					ścianek:
$\lambda_{p,sr}$	= 0.54	$\lambda_{p,pas1}$	= 0.79	$\lambda_{p,pas2}$	= 1.69

Stan krytyczny: $\Psi = 0.34$

$$M_{Ry} = \Psi \cdot W_y \cdot f_d = 0.34 \cdot 474.38 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 45.42 \text{ [kNm]}$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$M_{R,vy} = M_{Ry} = 45.42 \text{ [kNm]}$$

Moment zginający M_{Rz} :Klasa przekroju: **4**

Smukłość					pasów:
$\lambda_{p,pas1}$	= 0.68	$\lambda_{p,pas2}$	=		1.47

Stan krytyczny:

$$M_{Rz} = \Psi \cdot W_z \cdot f_d = 0.43 \cdot 103.57 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 9.65 \text{ [kNm]}$$

Zginanie ze ścinaniem:

$M_{R,vz}$	=	M_{Rz}	=	9.65	[kNm]
------------	---	----------	---	------	-------

Współczynnik

Odległość między stężeniami pasa ściskanego:	L_{st}	=	5.00	zwichrzenia:
φ_L	=			1.00

Wykorzystanie nośności:**Stan krytyczny:**

Współczynniki interakcji sił:

$$\Delta_y = 0.00 \quad \Delta_z = 0.03$$

Zginanie:

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\beta_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_y = \frac{50.00}{1.00 \cdot 301.97} + \frac{1.00 \cdot 10.58}{1.00 \cdot 45.42} + \frac{1.00 \cdot 6.04}{9.65} + 0.00 = 1.027 > 1$$

Warunek przekroczoney!!!

Sprawdzenie nośności elementu

$$\frac{N}{\varphi_z \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\varphi_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_z = \frac{50.00}{0.84 \cdot 301.97} + \frac{1.00 \cdot 10.58}{1.00 \cdot 45.42} + \frac{1.00 \cdot 6.04}{9.65} + 0.03 = 1.089 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

Ściskanie dla maksymalnej smukłości:

$$\frac{N}{\varphi_{\min} \cdot N_{Rc}} = \frac{50.00}{0.68 \cdot 301.97} = 0.243 \leq 1$$

$$\varphi_{\min} = 0.68$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_y}{M_{Ry,v}} + \frac{M_z}{M_{Rz,v}} = \frac{50.00}{301.97} + \frac{10.58}{45.42} + \frac{6.04}{9.65} = 1.025 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

Maksymalne ścinanie:

$$\frac{V_z}{V_{Rz}} = \frac{11.25}{139.66} = 0.081 \leq 1$$

$$\frac{V_y}{V_{Ry}} = \frac{5.38}{334.20} = 0.016 \leq 1$$

Element prosty, nr pręta:17

Punkt **nr:** **2** **na** **pręcie,** **położenie:** **3.03** **m**

N = -50.00 kN My = -5.53 kNm Mz = -3.80 kNm Ty = Vy = -0.51 kN Tz = Vz = 0.00 kN

Nośność na ściskanie:**Klasa**

Stosunek

naprężeń:

σ

=

przekroju:

0.11

Współczynnik K2 = 0.47

Klasa ścianki środnika = 4

Klasa ścianki pasów = 4

Stan krytyczny:

Smukłość względna:

$$\lambda_{\text{pas g\u00f3rny}} = 0.00$$

$$\lambda_{\text{pas dolny}} = 0.00$$

$$\lambda_{\text{pasy}} = 1.69$$

$$\lambda_{\text{środ}} = 1.56$$

$$\lambda_p = 1.69 \quad \Psi = \varphi_p = 0.34$$

$$N_{Rc} = \Psi \cdot A \cdot f_d = 0.34 \cdot 40.76 \cdot 10^4 \cdot 215 \cdot 10^3 = 301.97 [kN]$$

Sily poprzeczne:**Klasa**

Maksymalny

przekroju
rozstawna
żeber:

Lz

ścianke:

=

5.00

4

[m]

Sila

Współczynnik

niestateczności:

φpv

=

V_{Rz}:

1.00

$$V_{Rz} = 0.58 \cdot A_v \cdot \varphi_{pv} \cdot f_d = 0.58 \cdot 13.96 \cdot 10^4 \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 139.66 [kN]$$

Sila

Współczynniki

niestateczności:

φpv1

=

1.00

φpv2

=

V_{Ry}:

1.00

$$V_{Ry} = 0.58 \cdot A_{v1} \cdot \varphi_{pv1} \cdot f_d + 0.58 \cdot A_{v2} \cdot \varphi_{pv2} \cdot f_d$$

$$= 0.58 \cdot 10.80 \cdot 10^4 \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 + 0.58 \cdot 16.00 \cdot 10^4 \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 334.20 [kN]$$

Momenty zginające:**Moment zginający M_{Ry}:**

Klasa przekroju: 4

$$\nu = \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{max}} = 0.11 \rightarrow K_2 = 0.47$$

Smukłości

λ_{p,śr}

=

0.73

λ_{p,pas1}

=

0.79

λ_{p,pas2}

=

ścianek:

1.69

Sprawdzenie nośności elementu

Stan krytyczny:

$$\Psi = 0.97$$

$$M_{Fy} = \Psi \cdot W_y \cdot f_d = 0.97 \cdot 474.38 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 98.96 \text{ [kNm]}$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$M_{R,v} = M_{Fy} = 98.96 \text{ [kNm]}$$

Moment zginający M_{Rz} :

Klasa przekroju: 4

Smukłość

$$\lambda_{p,pas1} = 0.68 \quad \lambda_{p,pas2} = 1.47 \quad \text{pasów:}$$

Stan krytyczny:

$$M_{Rz} = \Psi \cdot W_z \cdot f_d = 0.43 \cdot 103.57 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 9.65 \text{ [kNm]}$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$M_{R,vz} = M_{Rz} = 9.65 \text{ [kNm]}$$

Współczynnik

$$\text{Odległość między stężeniami pasa ściskanego: } L_{st} = 5.00 \text{ zwichrzenia: [m]}$$

$$\varphi_L = 1.00$$

Wykorzystanie nośności:**Stan krytyczny:**

Współczynniki interakcji sił:

$$\Delta_y = 0.00 \quad \Delta_z = 0.03$$

Zginanie:

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\beta_L \cdot M_{Fy}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_y = \frac{50.00}{1.00 \cdot 301.97} + \frac{1.00 \cdot 10.58}{1.00 \cdot 45.42} + \frac{1.00 \cdot 6.04}{9.65} + 0.00 = 1.027 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

$$\frac{N}{\varphi_z \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\varphi_L \cdot M_{Fy}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_z = \frac{50.00}{0.84 \cdot 301.97} + \frac{1.00 \cdot 10.58}{1.00 \cdot 45.42} + \frac{1.00 \cdot 6.04}{9.65} + 0.03 = 1.089 > 1$$

Warunek przekroczony!!!

Ściskanie dla maksymalnej smukłości:

$$\frac{N}{\varphi_{min} \cdot N_{Rc}} = \frac{50.00}{0.68 \cdot 301.97} = 0.243 \leq 1$$

$$\varphi_{min} = 0.68$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_y}{M_{Fy,v}} + \frac{M_z}{M_{Rz,v}} = \frac{50.00}{301.97} + \frac{10.58}{45.42} + \frac{6.04}{9.65} = 1.025 > 1$$

Maksymalne ścinanie:

$$\frac{V_z}{V_{Rz}} = \frac{0.00}{139.66} = 0.000 \leq 1$$

$$\frac{V_y}{V_{Fy}} = \frac{0.51}{334.20} = 0.002 \leq 1$$

Element prosty, nr pręta:17

Punkt	nr:	3	na	pręcie,	położenie:	3.26	m
-------	-----	---	----	---------	------------	------	---

$$N = -50.00 \text{ kN} \quad M_y = -5.45 \text{ kNm} \quad M_z = -3.86 \text{ kNm} \quad T_y = V_y = 0.00 \text{ kN} \quad T_z = V_z = -0.70 \text{ kN}$$

Nośność na ściskanie:

Klasa

$$\text{Stosunek} \quad \text{naprężen: } \sigma = 0.11 \quad \text{przekroju:}$$

Współczynnik $K_2 = 0.47$

Klasa ścianki środkowej = 4

Klasa ścianki pasów = 4

Stan krytyczny:

Smukłość względna:

$$\lambda_{pas \text{ górny}} = 0.00$$

$$\lambda_{pas \text{ dolny}} = 0.00$$

Sprawdzenie nośności elementu

$$\lambda_{pasy} = 1.69$$

$$\lambda_{srod} = 1.56$$

$$\lambda_p = 1.69$$

$$\Psi = \varphi_p = 0.34$$

$$N_{Rz} = \Psi \cdot A \cdot f_d = 0.34 \cdot 40.76 \cdot 10^4 \cdot 215 \cdot 10^3 = 301.97 \text{ [kN]}$$

Siły poprzeczne:

Klasa	przekroju	na	ścinanie:			4
Maksymalny	rozstaw	żeber:	L_z	=	5.00	[m]
Siła						V_{Rz}:
Współczynnik		niestateczności:	φ_{pv}	=		1.0

$$V_{Rz} = 0.58 \cdot A_v \cdot \varphi_{pv} \cdot f_d = 0.58 \cdot 13.96 \cdot 10^4 \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 139.66 \text{ [kN]}$$

Siła

Współczynniki	niestateczności:	φ_{pv1}	=	1.00	φ_{pv2}	=	V_{Ry}:
							1.00

$$V_{Ry} = 0.58 \cdot A_{v1} \cdot \varphi_{pv1} \cdot f_d + 0.58 \cdot A_{v2} \cdot \varphi_{pv2} \cdot f_d$$

$$= 0.58 \cdot 10.80 \cdot 10^4 \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 + 0.58 \cdot 16.00 \cdot 10^4 \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 334.20 \text{ [kN]}$$

Momenty zginające:**Moment zginający M_{Ry} :**Klasa przekroju: **4**

$$\nu = \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{max}} = 0.11 \rightarrow K_2 = 0.47$$

Smukłości

$\lambda_{p, sr}$	=	0.73	$\lambda_{p, pas1}$	=	0.79	$\lambda_{p, pas2}$	=	ścianek:
								1.69

Stan krytyczny:

$$\Psi = 0.97$$

$$M_{Ry} = \Psi \cdot W_y \cdot f_d = 0.97 \cdot 474.38 \cdot 10^6 \cdot 215 \cdot 10^3 = 98.96 \text{ [kNm]}$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$M_{R,vy} = M_{Ry} = 98.96 \text{ [kNm]}$$

Moment zginający M_{Rz} :Klasa przekroju: **4**

Smukłość

$\lambda_{p, pas1}$	=	0.68	$\lambda_{p, pas2}$	=		pasów:
						1.47

Stan krytyczny:

$$M_{Rz} = \Psi \cdot W_z \cdot f_d = 0.43 \cdot 103.57 \cdot 10^6 \cdot 215 \cdot 10^3 = 9.65 \text{ [kNm]}$$

Zginanie ze ścinaniem:

$M_{R,vz}$	=	M_{Rz}	=	9.65	[kNm]
------------	---	----------	---	------	-------

Współczynnik

Odległość między stężeniami pasa ściskanego:

L_{st}	=	5.00	zwichrzenia:
			[m]

$$\varphi_L =$$

=

$$1.00$$

Wykorzystanie nośności:**Stan krytyczny:**

Współczynniki

Δ_y	=	0.00	interakcji	=		sił:
			Δ_z			0.02

Zginanie:

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot N_{Rz}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\beta_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_y = \frac{50.00}{1.00 \cdot 301.97} + \frac{1.00 \cdot 5.45}{1.00 \cdot 98.96} + \frac{1.00 \cdot 3.86}{9.65} + 0.00 = 0.622 \leq 1$$

$$\frac{N}{\varphi_z \cdot N_{Rz}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\varphi_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_z = \frac{50.00}{0.84 \cdot 301.97} + \frac{1.00 \cdot 5.45}{1.00 \cdot 98.96} + \frac{1.00 \cdot 3.86}{9.65} + 0.02 = 0.673 \leq 1$$

Ściskanie dla maksymalnej smukłości:

$$\frac{N}{\varphi_{min} \cdot N_{Rz}} = \frac{50.00}{0.68 \cdot 301.97} = 0.243 \leq 1$$

$$\varphi_{min} = 0.68$$

Zginanie ze ścinaniem:

Sprawdzenie nośności elementu

$$\frac{N}{N_{Rz}} + \frac{M_y}{M_{Ry,v}} + \frac{M_z}{M_{Rz,v}} = \frac{50.00}{301.97} + \frac{5.45}{98.96} + \frac{3.86}{9.65} = 0.620 \leq 1$$

Maksymalne ścinanie:

$$\frac{V_z}{V_{Rz}} = \frac{0.70}{139.66} = 0.005 \leq 1$$

$$\frac{V_y}{V_{Ry}} = \frac{0.00}{334.20} = 0.000 \leq 1$$

Element prosty, nr pręta:17

Punkt	nr:	4	na	pręcie,	położenie:	5.00	m
-------	-----	---	----	---------	------------	------	---

N = -50.00 kN My = 0.00 kNm Mz = 0.00 kNm Ty = Vy = 4.63 kN Tz = Vz = -5.35 kN

Nośność na ściskanie:**Klasa przekroju:**

Klasa przekroju na ściskanie: 4

Klasa ścianki środknika = 4

Klasa ścianki pasów = 4

Stan krytyczny:

Smukłość względna:

 $\lambda_{pas\ górny} = 0.00$ $\lambda_{pas\ dolny} = 0.00$ $\lambda_{pasy} = 1.69$ $\lambda_{środ} = 1.56$ $\lambda_p = 1.69$ $\Psi = \varphi_p = 0.34$

$$N_{Rz} = \Psi \cdot A \cdot f_d = 0.34 \cdot 40.76 \cdot 10^{-4} \cdot 215 \cdot 10^3 = 301.97 [kN]$$

Sily poprzeczne:

Klasa	przekroju	na	ściananie:	4
Maksymalny	rozstaw	żeber:	L_z	[m]

Sila

Współczynnik	niestateczności:	φ_{pv}	=	5.00	V_{Rz} : 1.00
--------------	------------------	----------------	---	------	-----------------

$$V_{Rz} = 0.58 \cdot A_v \cdot \varphi_{pv} \cdot f_d = 0.58 \cdot 13.96 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 139.66 [kN]$$

Sila

Współczynniki	niestateczności:	φ_{pv1}	=	1.00	φ_{pv2}	=	V_{Ry} : 1.00
---------------	------------------	-----------------	---	------	-----------------	---	-----------------

$$V_{Ry} = 0.58 \cdot A_{v1} \cdot \varphi_{pv1} \cdot f_d + 0.58 \cdot A_{v2} \cdot \varphi_{pv2} \cdot f_d = 0.58 \cdot 10.80 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 + 0.58 \cdot 16.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 215 \cdot 10^3 = 334.20 [kN]$$

Momenty zginające:**Moment zginający M_{Ry} :**

Klasa przekroju: 4

$$\nu = \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{max}} = (-0.15) \rightarrow K_2 = 0.35$$

Smukłości

$\lambda_{p,śr}$	=	0.54	$\lambda_{p,pas1}$	=	0.79	$\lambda_{p,pas2}$	=	ścianek: 1.69
------------------	---	------	--------------------	---	------	--------------------	---	---------------

Stan krytyczny: $\Psi = 0.34$

$$M_{Ry} = \Psi \cdot W_y \cdot f_d = 0.34 \cdot 474.38 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 45.42 [kNm]$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$M_{Ry,v} = M_{Ry} = 45.42 [kNm]$$

Moment zginający M_{Rz} :

Klasa przekroju: 4

Smukłości

$\lambda_{p,pas1}$	=	0.68	$\lambda_{p,pas2}$	=	pasów: 1.47
--------------------	---	------	--------------------	---	-------------

Stan krytyczny:

$$M_{Rz} = \Psi \cdot W_z \cdot f_d = 0.43 \cdot 103.57 \cdot 10^{-6} \cdot 215 \cdot 10^3 = 9.65 [kNm]$$

Zginanie ze ścinaniem:

$M_{Rz,vz}$	=	M_{Rz}	=	9.65	[kNm]
-------------	---	----------	---	------	-------

Sprawdzenie nośności elementu

Współczynnik

Odległość między stężeniami pasa

ściskanego:

 φ_L L_{st}

=

5.00

zwichrzenia:

[m]

=

1.00

Wykorzystanie nośności:**Stan krytyczny:**

Współczynniki

 Δ_y

=

0.00

interakcji

 Δ_z

=

sił:

0.00

Sprawdzenie nośności elementu

Zginanie:

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\beta_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_y = \frac{50.00}{1.00 \cdot 301.97} + \frac{1.00 \cdot 0.00}{1.00 \cdot 45.42} + \frac{1.00 \cdot 0.00}{9.65} + 0.00 = 0.166 \leq 1$$

$$\frac{N}{\varphi_z \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta_y \cdot M_y}{\varphi_L \cdot M_{Ry}} + \frac{\beta_z \cdot M_z}{M_{Rz}} + \Delta_z = \frac{50.00}{0.84 \cdot 301.97} + \frac{1.00 \cdot 0.00}{1.00 \cdot 45.42} + \frac{1.00 \cdot 0.00}{9.65} + 0.00 = 0.197 \leq 1$$

Ściskanie dla maksymalnej smukłości:

$$\frac{N}{\varphi_{\min} \cdot N_{Rc}} = \frac{50.00}{0.68 \cdot 301.97} = 0.243 \leq 1$$

$\varphi_{\min} = 0.68$

Zginanie ze ścinaniem:

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_y}{M_{Ry,v}} + \frac{M_z}{M_{Rz,v}} = \frac{50.00}{301.97} + \frac{0.00}{45.42} + \frac{0.00}{9.65} = 0.166 \leq 1$$

Maksymalne ścinanie:

$$\frac{V_z}{V_{Rz}} = \frac{5.35}{139.66} = 0.038 \leq 1$$

$$\frac{V_y}{V_{Ry}} = \frac{4.63}{334.20} = 0.014 \leq 1$$

Maksymalne ugięcie elementu:

Położenie: $x = 2.94$ [m]

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny

Stałe

$$u_y = \sum u(i)_y = 0.000 + (-0.212) = -0.212 \text{ [cm]}$$

$$u_z = \sum u(i)_z = (-0.005) + (-0.049) = -0.055 \text{ [cm]}$$

$$u_{\max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{(-0.212)^2 + (-0.055)^2} = 0.22 \leq 2.000 \text{ [cm]}$$

