

Część **C**

MODELOWANIE

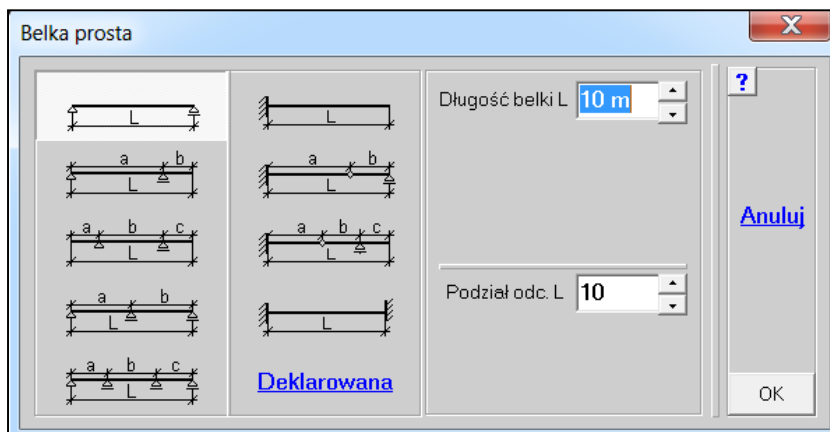
Spis treści części C

C28. Modelowanie belki prostej	4
C29. Model płaski	5
C30. Model przestrzenny	7
30.1. Czytanie z plików	7
30.2. Czytanie podkładu CAD	8
C31. Menu Elementy	10
31.1. Opcja Dodaj pręty	10
31.2. Opcja Dodaj łuk	10
31.3. Opcja Dodaj spiralę	12
31.4. Opcja Dodaj z plików	13
31.5. Opcja Podziel pręty	14
31.6. Opcja Przedłuż pręty	14
31.7. Opcja Skrzyżowane	14
31.8. Opcja Obróć układ	14
31.9. Opcja Powiel pręty	15
31.10. Usuwanie elementów	16
31.11. Opcja Cofnij o krok	17
31.12. Opcja Ciągna	17
31.13. Opcja Wsporniki	17
31.14. Opcja Końce prętów	17
31.15. Opcja Podwójne pręty	18
31.16. Opcja Zapisz do plików	18
31.17. Długość minimalna	19
C32. Menu Węzły.....	19
32.1. Przesuwanie węzłów	19
32.2. Przesuwanie węzłów po prostej	20
32.3. Obracanie węzłów	20
32.4. Ręczne łączenie węzłów	21
32.5. Automatyczne łączenie węzłów	21
32.6. Lustrzane odbicie	21
32.7. Ustawianie węzłów na prostej	21
32.8. Ustawianie węzłów na łuku	22
32.9. Ustawianie węzłów na elipsie	22
32.10. Zbędne węzły	22
32.11. Układy współrzędnych węzłowych	23
32.12. Imperfekcje	23
C33. Dane materiałowe	24
C34. Menu Przekrój	26
C35. Menu Przeguby	30
C36. Menu Podpory	32
36.1. Podpora sztywna	32
36.2. Podpora podatna	32
36.3. Podpory z pliku	33
36.4. Inne opcje menu Podpory	34
C37. Podłoże sprężyste	35
C38. Menu Więzy	36
38.1. Symetrie	36
38.2. Definicja stopni swobody	36
38.3. Opcje menu Więzy	36

38.4. Węzły zależne	37
C39. Obciążenia	38
39.1. Opis obciążenia	38
39.2. Obciążenie ciężarem własnym	39
39.3. Obciążenie siłami skupionymi	39
39.4. Obciążenie siłami liniowymi	41
39.4.1. Siły liniowe typu Ciężar	41
39.4.2. Siły liniowe typu Śnieg	42
39.4.3. Siły liniowe typu Lód	42
39.4.4. Siły liniowe typu Wiatr	42
39.4.5. Menu Siły liniowe	43
39.5. Obciążenie ciśnieniem	43
39.6. Termika	44
39.7. Skurcz	45
39.8. Montaż	45
39.9. Przemieszczenia wstępne	46
39.10. Siły dynamiczne ruchu obrotowego	47
39.11. Menu Obciążenia	47
39.12. Rozkładanie obciążeń	48
39.13. Obciążenie z pliku	50
39.14. Obciążenie ruchome	51
39.14.1. Obciążenie drogowe	51
39.14.2. Obciążenie kolejowe	52
39.14.3. Obciążenie dowolne	53
39.15. Zmienna struktura	54
C40. Masy skupione	56
C41. Obliczenia liniowe	57
C42. Obliczenia nieliniowe	59
42.1. Cechy nieliniowe cięgien	60
42.2. Cechy nieliniowe podpór sztywnych	61
42.3. Cechy nieliniowe podpór podatnych	62
42.4. Cechy nieliniowe podłoża	62
42.5. Rozwiązanie wg teorii II-go rzędu	63
C43. Obliczenia dynamiczne	63

C 28. Model belki prostej

Belka jest najprostszym obiektem do modelowania. Jednocześnie zakres jej modyfikacji jest ograniczony. Po prostu łatwiej jest zbudować nową belkę niż zmieniać starą. Jeśli potrzebna jest belka, którą na pewno trzeba modyfikować to należy ją zbudować jako ramę płaską.



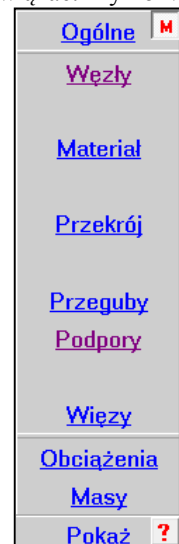
Nowy model zawsze zaczyna się wybraniem z planszy głównej przycisku [Nowe zadanie](#), następnie w oknie nowego zadania trzeba wybrać rodzaj – Belka, wpisać nazwę zadania i ewentualnie zmienić katalog roboczy. Po wciśnięciu [OK] na ekranie pojawi się okno startowe modelu belki z planszą porady wyjaśniającej zasady modelowania belek.

Można wyłączyć planszę opisu tak, aby nie pokazywała się więcej przy modelowaniu kolejnej belki. Powyższy rysunek zawiera tylko planszę startową. Jest na niej szereg predefiniowanych belek i to zarówno statycznie wyznaczalnych jak i hiperstatycznych. W tych belkach wystarczy określić odpowiednie odległości oraz zadeklarować gęstość podziału. Po naciśnięciu przycisku [OK] powstanie gotowy model belki wraz z podporami. Dalej wystarczy zadać obciążenie i rozwiązać. Tylko w przypadku belki deklaratywnej zadaje się jej długość i gęstość podziału, a otrzymany model nie będzie miał podpór, które trzeba wprowadzić indywidualnie.

Zakres menu dla belki prostej jest ograniczony. W menu [Węzły](#) będzie można tylko przesuwac w poziomie węzły. Nie ma menu [Elementy](#). W menu [Materiał](#) można zadać materiał belki, w menu [Przekrój](#) można zadać przekrój. W menu [Przeguby](#) można wprowadzić przeguby do belki. W menu [Podpory](#) można wprowadzić, usunąć lub zmodyfikować układ podporowy. W menu [Wiązy](#) można wprowadzić warunki symetrii. W menu [Obciążenia](#) można zdefiniować schematy obciążeń. W menu [Masy](#) można zadać masy skupione. Zakres działania tych menu jest taki sam jak dla modeli innych typów i będzie opisany szczegółowo w dalszych rozdziałach.

W katalogu \Przykłady_Ram jest zadanie Belka3Przesla. Jest to belka trzyprzęsłowa, betonowa, podparta na sztywnych podporach. Drugim przykładem modelu belkowego jest zadanie BelkaPrzegub. Jest to belka utwierdzona z lewej strony, z przegubem w środku i z wysięgnikiem za podporą z prawej strony. W belce nie zadano materiału ani przekroju.

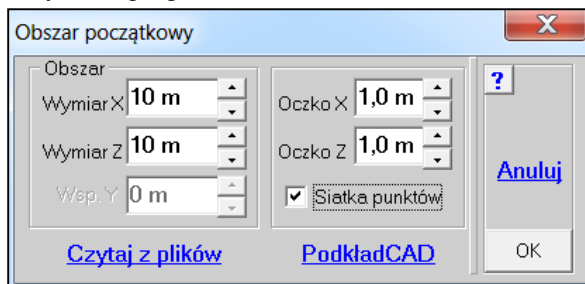
Zadania te będą omówione w części E tego opisu.



C 29. Model płaski

Płaską kratownicę, płaską ramę czy ruszt zaczyna się zadawać w taki sam sposób, dlatego opis będzie wspólny. Kratownica 2D czy rama 2D będzie opisywana w układzie współrzędnych X-Z, natomiast ruszt będzie opisywany w układzie X-Y. Takie układy współrzędnych wynikają z ogólnej koncepcji układu współrzędnych przyjętego we wszystkich programach ABC.

Nowe zadanie zaczyna się od przycisku [Nowe zadanie](#) z głównej planszy programu, potem wybór rodzaju modelu, nazwa i katalog roboczy. Planszę, jaka pojawi się po naciśnięciu przycisku [OK] pokazano obok. Przy pierwszym wywołaniu danego rodzaju zadania będzie jeszcze wyświetlany sufler z opisem zasad modelowania.



Na tej planszy określa się wymiary obszaru, który będzie odwzorowany w oknie programu. Może to być obszar obejmujący cały gabaryt obiektu, ale częściej będzie to obszar obejmujący jakiś fragment obiektu, który będzie można później powielać. Mechanizmy powielania, opisane szczegółowo dalej, są bardzo silnym narzędziem modelowym, który przy wybraniu dobrej strategii prowadzi bardzo szybko do modelu całego obiektu. Współrzędna Y lub Z (zależnie od typu) w modelach płaskich jest zawsze 0 i na planszy jest umieszczona głównie ze względów informacyjnych.

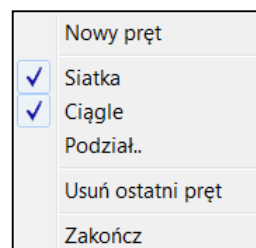
Przyjęty obszar może być podzielony siatką punktów „magnetycznych” to znaczy takich, które pozwalają na wprowadzanie elementów, których końce będą przyjmowane tylko w tych punktach. Nazwa „magnetyczne” bierze się stąd, że wystarczy kliknąć w pobliżu takiego punktu, a nowy węzeł zostanie przyjęty w tym punkcie. Gęstość siatki można zmieniać w drugim oknie tej planszy. Siatkę można na bieżąco przełączać, również jej gęstość może być zmieniana w trakcie wprowadzania danych.

Przy wyłączonej siatce, współrzędne węzłów początkowych i końcowych elementów, trzeba wpisywać bezpośrednio.

Przycisk [Czytaj z plików](#) pozwala skorzystać z opisów geometrii modelu przygotowanego innym programem, lub zapisanych w innych zadaniach. Jego działanie będzie omówione w rozdziale poświęconemu menu Elementy.

Domyślnie włączony jest ciągły sposób zadawania elementów polegający na tym, że początek następnego elementu jest w punkcie końcowym poprzedniego. Sposób ten można zmienić na odcinkowy, w którym w każdym elemencie trzeba określić początek i koniec.

Jeśli w trakcie zadawania elementów zostanie naciśnięty prawy przycisk myszy, pojawi się podręczne menu pokazane obok.



Opcja **Nowy pręt** pozwoli na rozpoczęcie zadawania nowego elementu. Opcja **Siatka** włącza lub wyłącza siatkę punktów „magnetycznych”.

Opcja **Ciągłe** przełącza zadawanie elementów ze sposobu ciągłego na odcinkowy i odwrotnie. Opcja **Podział..** wywołuje się planszę na której można zmienić gęstość siatki, liczbę i sposób podziału każdego odcinka. Opcja **Usuń ostatni pręt** pokaże się dopiero po wprowadzeniu pierwszego elementu i pozwoli na kasowanie ostatnio wprowadzonego elementu. Opcja **Zakończ** kończy zadawanie elementów i pozwala przejść do wyboru opcji z innych menu z planszy po prawej stronie ekranu. Jej działanie jest takie same jak przycisku [Zakończ](#) który znajduje się też po prawej stronie ekranu.

W pierwszym polu planszy „Ustalania” można włączyć lub wyłączyć siatkę oraz zmienić jej gęstość. W drugim polu można ustalić liczbę podziału każdego odcinka, włączyć zadawanie odcinkowe lub ciągłe, oraz ustalić minimalną długość elementu. Następne pole pokaże się dopiero po wciśnięciu przycisku [M]. W tym

polu można ustalić bardziej złożone zasady podziału odcinka. Po wyłączeniu podziału równego można ustalić długość pierwszego i ostatniego elementu, pod warunkiem, że każdy odcinek będzie dzielony na minimum trzy elementy. Ponadto można włączyć taki podział, aby każdy odcinek był dzielony na elementy nie dłuższe od zadanej wielkości. Można też zadać warunek, aby każdy odcinek miał przeguby na końcach. Ze względu na mechanizmy dodatkowego podziału elementów, dostępne w menu [Elementy](#), zastosowanie tej planszy ogranicza się najczęściej do zmiany gęstości siatki.

Jeśli siatka jest wyłączona to po kliknięciu pola roboczego ekranu pojawi się plansza współrzędnych nowego węzła. W zadaniach płaskich nie będą dostępne współrzędne w kierunku osi prostopadłej do płaszczyzny modelu. Współrzędne mogą być wpisane bezpośrednio; podpowiadane są wartości odczytane z ekranu. Można włączyć też warunek „Pion/Poziom” i wtedy wpisuje się tylko jedną ze współrzędnych, druga przyjmowana jest taka sama jak w ostatnim węźle. Która to będzie współrzędna zależy od kąta nachylenia aktualnego odcinka. Ponadto można wprowadzić współrzędne nowego

węzła w sposób przyrostowy w stosunku do ostatniego. Przyciski [X], [Y], [Z], [dX], [dY] i [dZ] zerują wartości pokazywane w odpowiednich oknach. Po włączeniu przycisku [M] zakres sposobów wprowadzania współrzędnych znacznie się rozszerzy. Poza układem głównym i przyrostowym, będzie można zadać współrzędne nowego węzła w układzie biegunowym o biegunie w globalnym punkcie 0,0 lub w miejscu ostatniego węzła.

C 30. Model przestrzenny

Model przestrzenny zaczyna się od płaskiego fragmentu leżącego w jednej z trzech płaszczyzn głównych. Na planszy startowej wybiera się płaszczyznę i ewentualnie ustala jej współrzędną (w kierunku prostopadłym). Dalsze postępowanie jest identyczne jak w modelu płaskim. Można zadawać elementy korzystając z siatki punktów magnetycznych, można wpisywać współrzędne w sposób jawny.

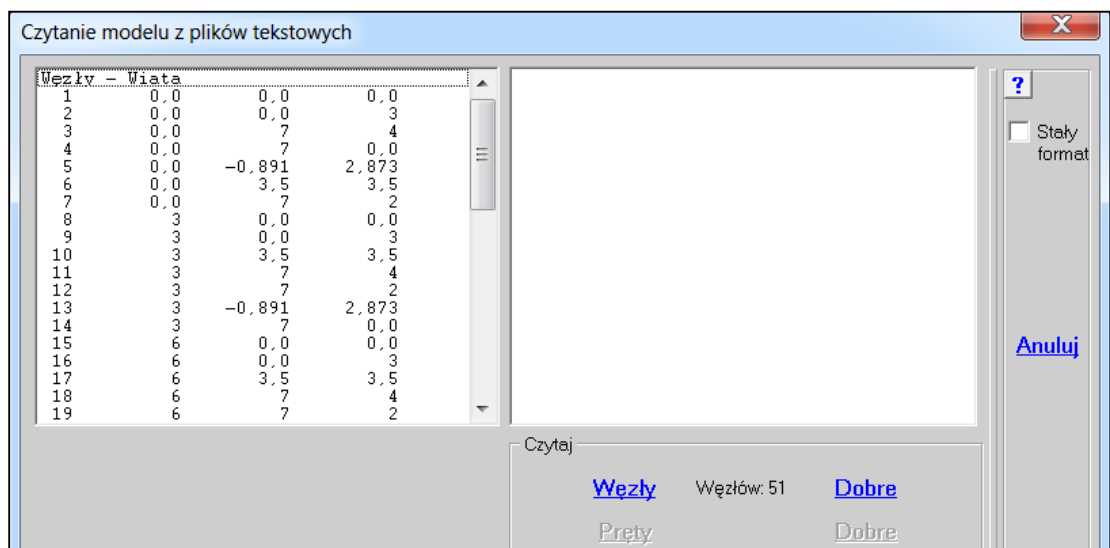
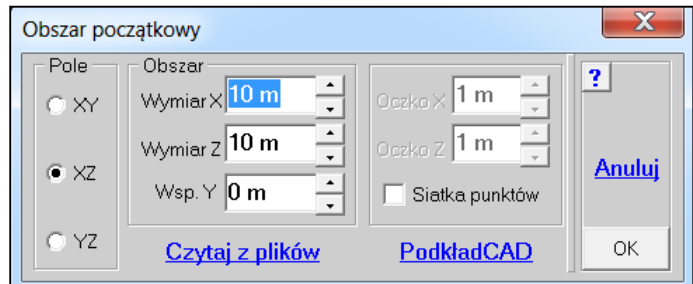
Po wprowadzeniu minimum jednego elementu zadawanie można przerwać i przejść do opcji generacyjnych w przestrzeni dostępnych w menu Elementy.

W katalogu \Przykłady_Ram są dwa zadania: Krata3D i Rama3D które są omówione szczegółowo w części F tego opisu. W tych zadaniach pokazano jak tworzy się model przestrzenny.

30.1. Czytanie z plików

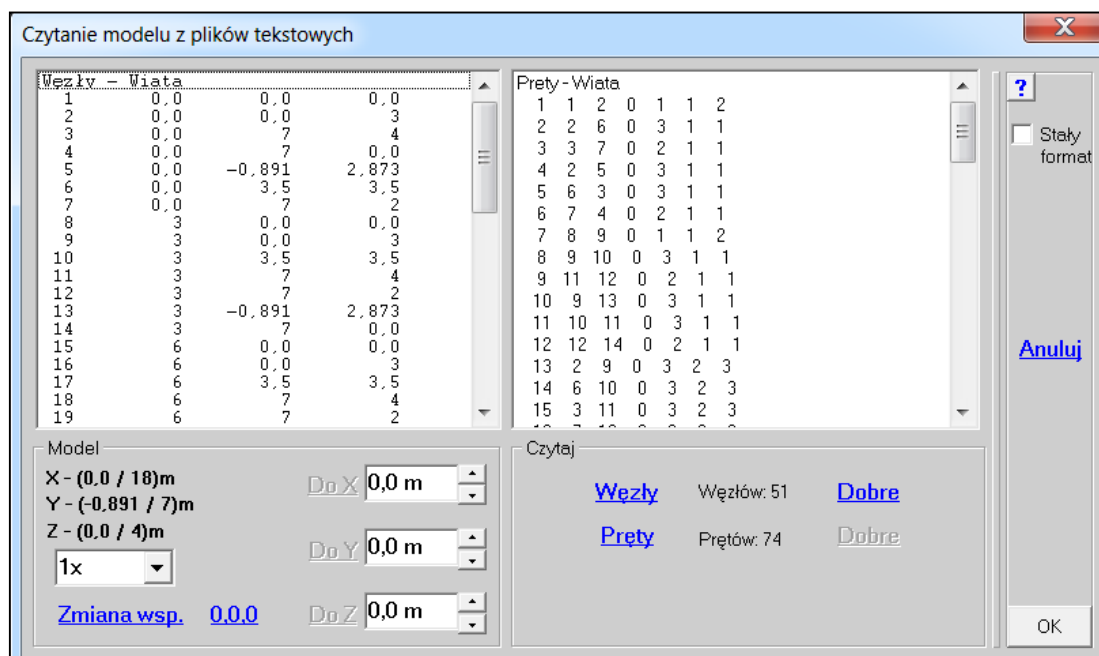
Program ABC Rama3D pozwala wczytać model z plików tekstowych. Z plików można też dodawać nowe obszary do istniejącego już modelu. Potrzebne są dwa pliki. Pierwszy ze współrzędnymi węzłów i drugi z opisem elementów. Oba pliki są tekstowe i mają podobną strukturę. W pierwszym wierszu jest słowny komentarz, a potem są linie z danymi. W pliku ze współrzędnymi będzie to kolejny numer węzła i jego współrzędne X, Y i Z. W pliku z opisem elementów będzie to kolejny numer elementu, dwa numery węzłów tworzących element, numer węzła kierunkowego przekroju, może być zerem, kod kierunku przekroju, może być zerem, numer materiału i numer przekroju.

Pliki można przygotować dowolnym edytorem tekstowym (dość pracochłonne zajęcie) lub innym programem. Można je też utworzyć w innym zadaniu ABC wywołując opcję Zapisz do plików.



Po wybraniu przełącznika „Z plików” pokaże się plansza, i okno wyboru pliku tekstowego z opisem węzłów. Po wybraniu pliku zostanie on odczytany i jego zawartość wyświetlony w lewym oknie. Jeśli dane nie są dobre, przyciskiem [Węzły](#) można odczytać inny plik. Natomiast jeśli jest dobry to przyciskiem [Dobre](#) można przejść do czytania pliku z opisem elementów.

Po wczytaniu opisu elementów znowu można sprawdzić ich poprawność i przyciskiem [Pręty](#) wczytać inny plik, jeśli nie są właściwe. Jeśli dane są poprawne to przyciskiem [Dobre](#) można otworzyć ramkę zmian i skalowania. Przycisk [Zmiana wsp.](#) pozwala przeskalować współrzędne przez wartość z okna powyżej. Współrzędne w programie ABC muszą być w metrach, a skalowanie pozwoli odczytać nawet wartości w calach.

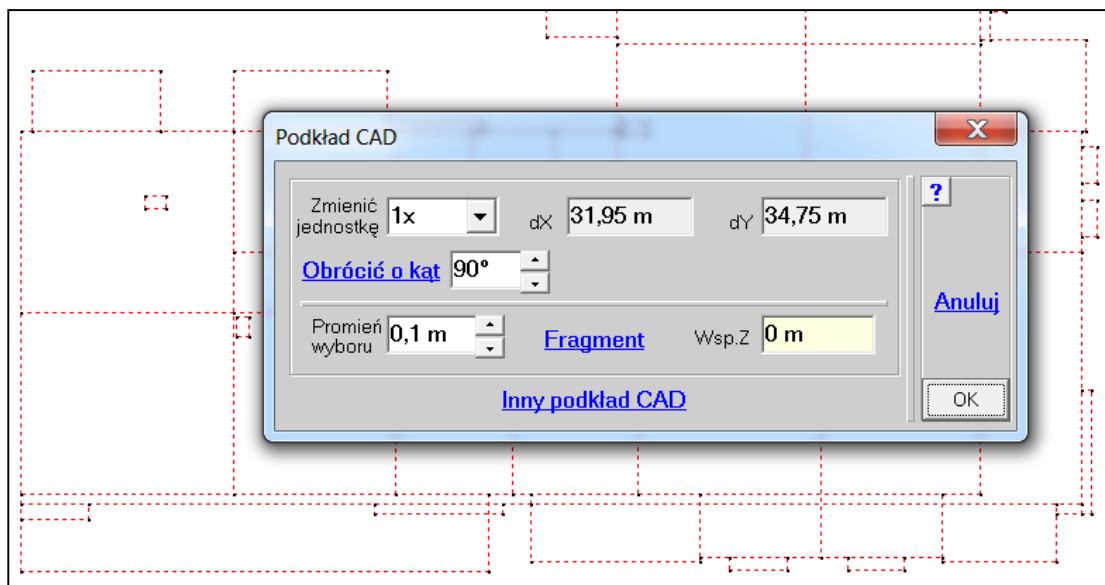


Poza zmianą jednostki można ustawić siatkę do źródła (0,0,0), można też dodać dowolną wartość do wybranych współrzędnych. Wystarczy wprowadzić niezerową wartość do okna a uaktywni się odpowiedni przycisk. Przełącznikiem „Stały format” można zmienić sposób wyświetlania współrzędnych węzłów.

30.2. Czytanie podkładu CAD

Modelowanie z podkładem CAD jest najbardziej efektywnym i wygodnym sposobem przygotowania siatki modelu. Podkład CAD po wczytaniu z planszy startowej może być wyświetlany w każdej fazie przygotowania danych ułatwiając np. zadawanie grubości, warunków podporowych, czy obciążeń. Również w module WYNIKI może być wykorzystywany np. przy zbrojeniu. Podkład CAD można wyłączyć wtedy, kiedy przeszkadza przy zadawaniu danych. Można go wymienić np. w sytuacji, kiedy zostają wprowadzone zmiany architektoniczne.

Po kliknięciu w przycisk [Podkład CAD](#) (na planszy startowej) otworzy się okno dialogowe, w którym zostaną wyświetlone tylko pliki o rozszerzeniu .DXF. Po znalezieniu właściwego pliku przyciskiem [Otwórz] można go wczytać. Na ekranie pokaże się rysunek podkładu oraz plansza „Podkład CAD”.

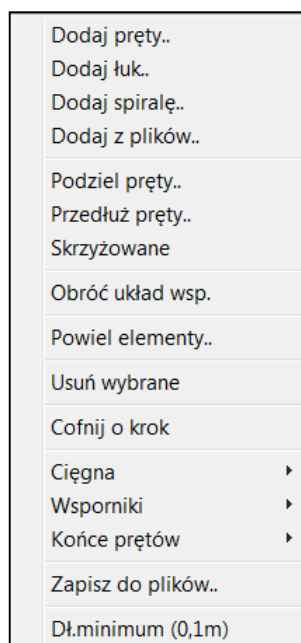


Jeśli wybrano niewłaściwy podkład to przyciskiem [Inny podkład CAD](#) można powtórnie wywołać okno dialogowe, w którym są nazwy plików .DXF i wybrać inny plik. Przyciskiem [Obróć o kąt](#) można podkład obrócić o kąt zadany w okienku. Podpowiadany jest kąt 90°. Warto skorzystać z tego przycisku np., aby ustawić podkład tak, aby większy wymiar był poziomy. Przyciskiem [Fragment](#) można wybrać potrzebny fragment podkładu CAD.

W oknach pokazane są wymiary gabarytowe podkładu. Przy pomocy okna „Zmienić jednostkę” można doprowadzić wymiar dX i dY do właściwej dla metrów jednostki. Można jeszcze ustawić promień wyboru, który przyda się w czasie wybierania punktów podkładu CAD (czarne punkty najczęściej na przecięciach linii).

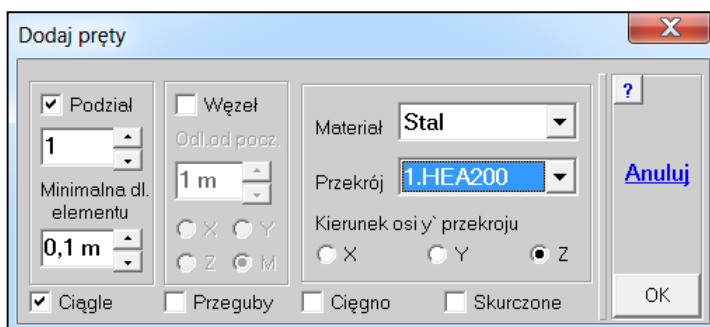
C 31. Menu Elementy

Liczba opcji w menu Elementy zależy od wielu czynników. Jeśli nie będzie wciśnięty przycisk [M] to wtedy będą dostępne tylko opcje Dodaj pręty i Dodaj z plików. Ponadto będzie można podzielić pręty i powielić, usunąć wybrane pręty i cofnąć o krok. Po kliknięciu w przycisk [M] liczba opcji wzrośnie. Będzie można dodawać pręty leżące na łuku czy na spirali oraz dodawać z plików. Pręty będzie można przedłużyć i połączyć skrzyżowane. Ponadto będzie można obrócić układ współrzędnych i zapisać do plików. Jeśli w modelu wprowadzono już dane materiałowe i określono przekroje to pojawią się opcje związane ze sztywnością prętów. Będzie można zadać cechy Ciężna, Wspornika i wprowadzić sprężyste Końce prętów.



31.1. Opcja Dodaj pręty

Opcja Dodaj pręty.. pozwala dodać do istniejącego modelu nowe elementy. Jeśli model płaski był w widoku to zostanie on automatycznie pokazany w rzucie na płaszczyznę XY. W modelu przestrzennym nie będzie żadnej zmiany kąta patrzenia, ale należy pamiętać, że pokazanie modelu w widoku nie pozwoli skorzystać z podkładu punktów magnetycznych. Będą one dostępne tylko wtedy kiedy model będzie w rzucie na jedną z trzech płaszczyzn głównych. Jeśli w modelu zadano już materiał i/lub przekroje (więcej niż jeden przekrój) to przed rozpoczęciem procesu zadawania elementów pojawi się plansza z możliwością wyboru materiału i przekroju nowo zadawanych prętów. W zadaniach przestrzennych będzie też możliwość wprowadzenia sugerowanego kierunku przekrojowej osi y'.



Wprowadzenie do modelu materiału i opisu przekrojów prowadzi też do pojawienia się w menu podręcznym (wywoływanym prawym przyciskiem myszy w czasie zadawania prętów) opcji Przekroje.. która wywołuje pokazaną obok planszę i pozwala na bieżąco zmieniać materiał i przekrój zadawanych prętów. Pręty mogą być zadawane w sposób ciągły, mogą mieć na końcach przeguby lub cechy ciężne, a po dodaniu mogą pokazać się skurczone względem swojego środka. Pozwoli to poznać węzły pośrednie na odcinku prostoliniowym.

31.2. Opcja Dodaj łuk

Opcja Dodaj łuk.. pozwala wprowadzić do modelu łuk kołowy, eliptyczny lub paraboliczny. Łuk może leżeć w dowolnej płaszczyźnie. Jeśli model ma zacząć się od łuku to należy w pierwszym kroku wprowadzić jeden element, który pozwoli wywołać tę opcję. Po zadaniu łuku będzie można go usunąć z modelu.

Każdy typ łuku może być tak skonstruowany, aby miał elementy o jednakowej długości lub tak, aby rzuty elementów na cięciwę były jednakowe. Dla łuków kołowych warunek ten może być wprowadzony, jeśli kąt środkowy nie będzie większy od 180° .

W każdym przypadku na planszy należy zadać liczbę elementów, które mają utworzyć łuk. Następnie należy wybrać „Sposób zadania”. Dla łuków kołowych przygotowano pięć sposobów zdefiniowania łuku.

Pierwszy sposób to łuk przez trzy punkty. Mogą to być węzły modelu lub punkty, których współrzędne są wpisywane na planszy. W takim przypadku należy kliknąć w dowolnym miejscu pole zadawania modelu i wpisać współrzędne na planszy, która się wtedy pokaże.

Drugi sposób pozwala zadać łuk, w którym wysokość będzie zadana jawnie. Na planszy pokaże się okienko, w które należy wpisać odpowiednią wartość. Płaszczyznę łuku nadal wyznacza się trzema punktami: początkiem, punktem pośrednim i końcem łuku. Punkt pośredni ustala kierunek wypukłości łuku.

Trzeci sposób jest podobny do poprzedniego z tym, że zadaje się proporcję wysokości łuku do długości cięciwy. W okienku gdzie była wysokość łuku wpisuje się stosunek wysokości do podstawy.

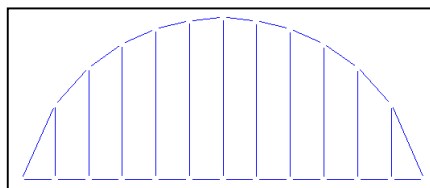
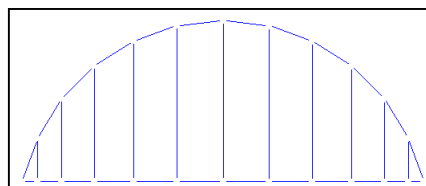
W czwartym sposobie należy jawnie zadać promień łuku i wtedy jako pierwszy określa się punkt (węzeł) będący środkiem łuku. W okienku podaje się promień łuku.

Podobnie w piątym sposobie najpierw wybiera się środek łuku, a dopiero w drugim i trzecim kroku punkt początkowy i końcowy. W piątym sposobie promień łuku jest określony odległością pomiędzy środkiem a punktem początkowym łuku. W każdym sposobie łuk może być rozpięty pomiędzy punktami początku i końca; przełącznik „Łuk PK”, może mieć zadany kąt środkowy; przełącznik „Zadany”, wtedy pokaże się okienko w które trzeba wpisać długość łuku, oraz może mieć kąt równy 90° , 180° lub 360° . Przy kącie łuku wybranym przełącznikiem „Łuk PK” i przy czwartym i piątym sposobie zdefiniowania, punkt końcowy nie musi leżeć na łuku.

W polu „Kierunek osi y' przekroju” można zdefiniować położenie przekrojowej osi y'. Domyślnie oś ta jest skierowana do środka łuku, ale można ustawić ją prostopadłą do płaszczyzny łuku lub w kierunku jednej z wybranych osi układu głównego.

Jeśli w modelu zadano już materiał i/lub przekroje (więcej niż jeden) to pojawi się pole pozwalające wybrać materiał i przekrój elementów łuku.

Obok pokazano dwa łuki. W jednym wprowadzono równy podział łuku, a w drugim równy podział cięciwy.



Jeśli do modelu ma być wprowadzony łuk eliptyczny, to plansza zostanie zredukowana do postaci pokazanej obok.

Łuk eliptyczny można poprowadzić tylko przez trzy punkty, podając początek, koniec i wysokość lub podając początek, koniec i proporcję dużej osi do małej. Łuki eliptyczne mogą obejmować tylko $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ lub całą elipsę.

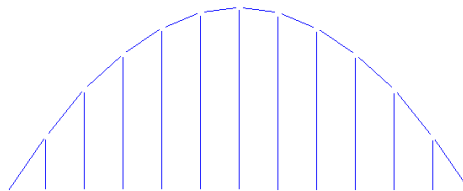
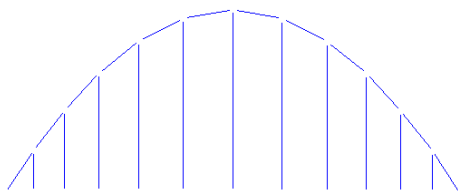
Łuk <input type="radio"/> Kołowy <input checked="" type="radio"/> Eliptyczny <input type="radio"/> Paraboliczny	Sposób zadania <input type="radio"/> Łuk przez trzy punkty <input checked="" type="radio"/> Wysokość, Początek i Koniec <input type="radio"/> Proporcja, Początek i Koniec	Kąt łuku <input type="radio"/> 90° <input checked="" type="radio"/> 180° <input type="radio"/> 360°
Równy podział <input checked="" type="radio"/> Łuku <input type="radio"/> Cięciwy	Liczba prętów: 12	Wysokość łuku: 1 m
	Długi do krótkiego: 1	

W łukach eliptycznych można wprowadzić warunek, aby elementy na małym łuku były krótsze niż na dużym łuku. W oknie „Długi do krótkiego” można wprowadzić potrzebny stosunek. Zmiana długości elementu odbywa się płynnie. Zmiana ta jest możliwa tylko wtedy, kiedy jest włączony podział po łuku. Po włączeniu równego podziału wzdłuż cięciwy okno to zniknie.

Wybierając łuk paraboliczny plansza zmienia się do postaci podobnej do poprzedniej, tyle, że łuk paraboliczny może być poprowadzony tylko pomiędzy punktem początkowym i końcowym.

Dalej pokazano dwa łuki paraboliczne, jeden ma elementy o jednakowej długości, a drugi ma jednakowej długości rzuty elementów na cięciwę.

Łuk <input type="radio"/> Kołowy <input type="radio"/> Eliptyczny <input checked="" type="radio"/> Paraboliczny	Sposób zadania <input type="radio"/> Łuk przez trzy punkty <input checked="" type="radio"/> Wysokość, Początek i Koniec <input type="radio"/> Proporcja, Początek i Koniec	Kąt łuku <input checked="" type="radio"/> Łuk PK
Równy podział <input checked="" type="radio"/> Łuku <input type="radio"/> Cięciwy	Liczba prętów: 12	Wysokość łuku: 1 m



31.3. Opcja Dodaj spiralę

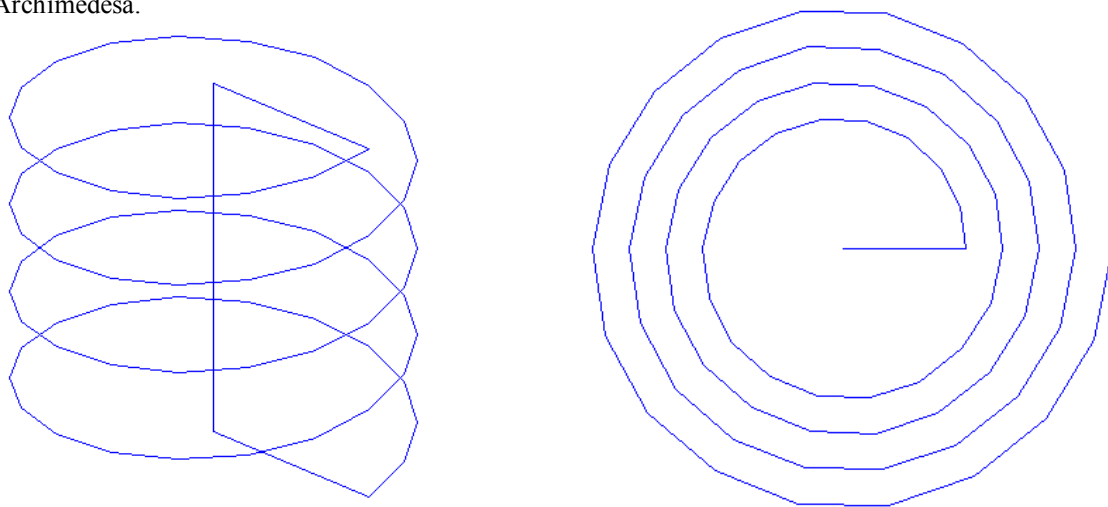
Opcja Dodaj spiralę.. pozwala wygenerować elementy na linii śrubowej, na spirali Archimedesesa lub logarytmicznej, płaskiej lub rozciągniętej w przestrzeni. Pierwszym krokiem przy zadawaniu elementów na spirali jest wybranie trzech punktów/węzłów. Drugi i trzeci określa oś spirali, a pierwszy położenie płaszczyzny, od której rozpocznie się zadawanie elementów. Odległość pomiędzy pierwszym i drugim punktem będzie podpowiadany promieniem startowym spirali.

Elementy na spirali	
Promień startowy spirali: 1 m	Podział: Powtórzyć: 72
<input checked="" type="checkbox"/> Pochylnia	<input checked="" type="radio"/> co kąt: 20°
Wysokość jednego Zwoju: 0,5	<input type="radio"/> o długości rzutu: 1 m
Zmiana promienia na obrót spirali: 0%	Kąt spirali: 1440°
0 m	Wysokość spirali: 2 m
<div style="text-align: right;"> Anuluj <input type="button" value="OK"/> </div>	

Na planszy pokazanej obok można wprowadzić parametry spirali. Wprowadza się wysokość jednego zwoju oraz promień startowy. Dla linii śrubowej promień startowy będzie taki sam na całej wysokości spirali. W spirali typu Archimedesesa lub logarytmicznej można wprowadzić zerową wysokość jednego zwoju i wtedy otrzyma się spirale płaskie. Wprowadzenie zerowej wysokości zwoju w linii śrubowej z jednoczesnym ograniczeniem kąta spirali poniżej 360° będzie równoznaczne z utworzeniem łuku.

W spirali zakłada się liczbę belek, które mogą być określone kątem wewnętrznym lub długością rzutu. W linii śrubowej zadanie kąta lub długości łuku prowadzi do tego samego efektu. Inaczej jest w spiralach Archimedesesa lub logarytmicznej, gdzie aktywowanie włącznika „Co kąt” spowoduje, że elementy będą coraz dłuższe. Włączenie z kolei włącznika „o długości rzutu” pozwoli zachować stałą długość elementów, ale będzie wymagać indywidualnego doboru liczby elementów, tak, aby otrzymać wymagany kąt spirali. W polu „Zmiana promienia na obrót spirali” można zdefiniować, czy będzie to spirala Archimedesesa, w której odległość pomiędzy łukami jest stała na całej długości spirali, lub czy będzie to spirala logarytmiczna, w której stosunek promieni pomiędzy kolejnymi zwojami spirali jest stały. Stosunek zadaje się w %. Jeśli w modelu jest materiał i przekroje to będzie można jeszcze wybrać te parametry dla elementów spirali.

Poniżej pokazano elementy umieszczone na linii śrubowej oraz elementy tworzące spiralę Archimedesesa.



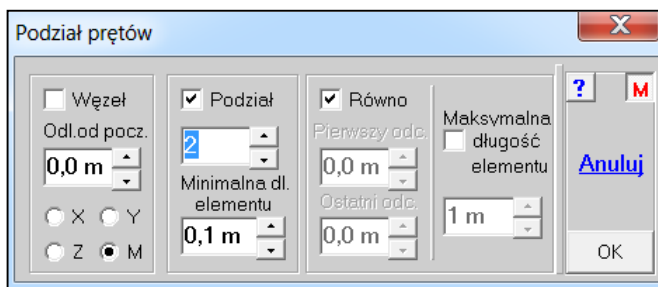
31.4. Opcja Dodaj z plików

Po wywołaniu opcji **Dodaj z plików** można do istniejącego modelu dodawać nowy obszar opisany dwoma plikami tekstowymi. W jednym będzie opis współrzędnych węzłów, a w drugim opis topologii elementów z danymi przekrojowymi. Postać tych plików jest opisana szczegółowo w rozdziałach 30.1 i 31.15.

Ponieważ po wczytaniu nowego obszaru można wprowadzić przesunięcie w kierunku X, Y oraz Z to dobierając odpowiednio te translacje można od razu zapewnić połączenie nowego i starego obszaru. Jeśli nowy obszar wymaga jeszcze obrotu, to należy go wczytać w takie miejsce, aby utworzył nową siatkę bez spójności ze starym modelem, następnie wykorzystując narzędzia z menu [Węzły](#) można go obrócić, a potem przesunąć tak, aby dopasować go do starej siatki. W takiej sytuacji można skorzystać z opcji automatycznego łączenia węzłów lub też połączyć wybrane węzły ręcznie.

31.5. Opcja Podziel pręty

Opcja Podziel pręty.. pozwala podzielić wybrane elementy w sposób wybrany z planszy, która pokazuje się po kliknięciu w tą pozycję menu. Elementy można dzielić na zadaną liczbę części z zachowaniem warunku, że będą to części równe lub z określeniem długości pierwszego i ostatniego elementu. Można zadać warunek, aby elementy powstałe z podziału nie były dłuższe od zadanej długości. W pierwszym polu można z kolei zadać warunek podziału elementu na dwa, tak, aby nowy węzeł był w odpowiedniej odległości od węzła początkowego. Odległość może być mierzona po elemencie; włącznik „M”, lub wzdłuż jednej z trzech osi współrzędnych. Ten sposób podziału wymaga wyboru elementu sposobem odcinkowym. Elementy są wybierane do podziału do momentu kliknięcia w przycisk [Zakończ].



31.6. Opcja Przedłuż pręty

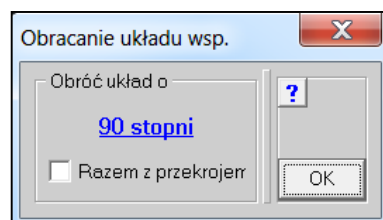
Opcja Przedłuż pręty.. pozwala przedłużać wybrane elementy o podany odcinek. Elementy są wybierane sposobem Odcinkiem, a nowy element będący przedłużeniem jest dodawany do końcowego węzła wybranego odcinka i będzie leżał na tej samej osi, co wybrane element. Ponadto będą zachowane dane materiałowe i przekrojowe łącznie z ustawieniem przekroju w przestrzeni.

31.7. Opcja Skrzyżowane

Opcja Skrzyżowane pozwala połączyć elementy, które przecinają się ze sobą. Przy zadawaniu modelu wprowadzenie elementów krzyżujących nie powoduje automatycznie połączenia ich węzłem leżącym w miejscu przecięcia. W modelach przestrzennych czasem na ekranie widać, że elementy się przecinają, a nie można wykonać tej operacji. Przyczyną takiego stanu jest to, że wybrane elementy są skośne, czyli leżą w różnych płaszczyznach. Można wtedy zwiększyć odchyłkę wyboru (menu [Pokaż](#), opcje Różne i Odchyłka)

31.8. Opcja Obróć układ

Opcja Obróć układ pozwala zmienić położenie prętowych osi y' i z' co 90° . Prętowa oś x' zostaje bez zmiany. Po wybraniu tej opcji należy wybrać elementy, z których będą zmieniane układy współrzędnych i klikając w przycisk 90 stopni można obserwować zmiany. Układ domyślnie zmienia się bez obrotu przekroju, ale można to połączyć. Jeśli zmiana układu współrzędnych jest związana ze zmianą położenia przekroju to należy skorzystać z opcji z menu Przekrój.



31.9. Opcja Powiel przęty

Przy tworzeniu modelu metodą od szczegółu do ogółu najczęściej wykorzystuje się opcję **Powiel elementy** z menu **Elementy**. Opcja ta pozwala w różnorodny sposób powtarzać wybrany fragment modelu. Na danym etapie modelowania może to być cały aktualny model.

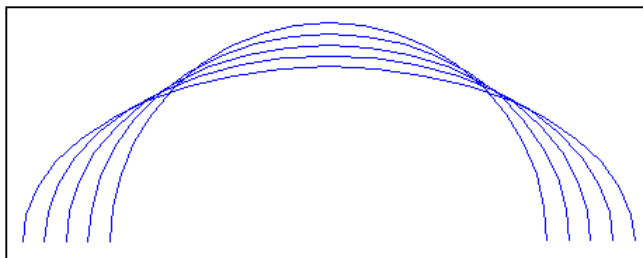
Pierwszym krokiem po włączeniu opcji **Powiel elementy** jest wybranie odpowiedniego fragmentu. Następnie zgłasza się plansza, na której można wybrać sposób powielenia i zdefiniować odpowiednie parametry. Do wyboru jest powielenie liniowe, obrotowe, spiralne lub lustrzane odbicie. Przy powielaniu liniowym, obrotowym lub spiralnym można powtarzać wybrany fragment wiele razy. Steruje tym parametr w polu „Ile razy”.

Przy lustrzanym odbiciu otrzymuje się tylko jednokrotne powtórzenie. Jeśli w modelu zdefiniowano podpory i obciążenia to powielenie może dotyczyć też tych danych. Wystarczy włączyć odpowiednie pozycje w polu „Powtórzyć też”.

Po wybraniu **powielania liniowego** trzeba zdefiniować przyrosty współrzędnych w kierunku osi X i Y. Od wartości tutaj wpisanych zależy, czy nowo utworzone obszary będą automatycznie łączyły się w poprzednimi, czy będą rozłączne lub czy wprowadzą elementy zachodzące na siebie, (co jest niedopuszczalne). Jeśli nowo powstałe węzły będą bliżej niż odchyłka wyboru (Menu [Pokaż](#) opcja **Różne - Odchyłka**), od wcześniej zdefiniowanych węzłów to program automatycznie połączy je razem. Można też włączyć „Z wielokrotnym wyborem elementów” i wtedy będzie można wybierać kolejne obszary do powielenia o ten sam przyrost współrzędnych. Po włączeniu powielania liniowego pokażą się okna skalowania po osi X, Y i Z. Pozwalają one utworzyć kolejne grupy elementów na węzłach o zmienionych współrzędnych. Każdą współrzędną można skalować niezależnie. Skalowanie odbywa się względem punktu zwanego biegunem. Na planszy powielania zadaje się współrzędne tego bieguna.

Zadanie LukiEliptycznej jest przykładem takiej generacji.

Po wybraniu **powielania obrotowego** należy określić kąt, o który będzie obracany wybrany fragment modelu. Również tutaj, jeśli odległości węzłów będą mniejsze od zadanej odchyłki to zostaną one połączone razem. Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] należy wskazać dwa węzły/punkty osi obrotu.

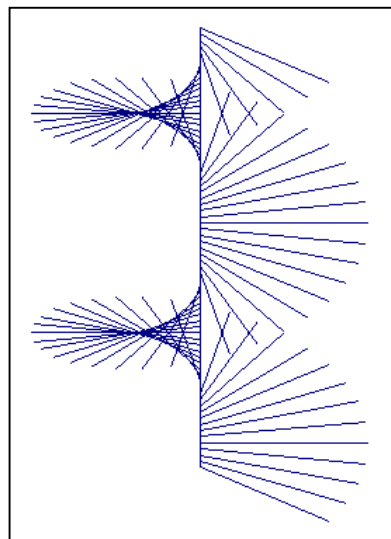


Wybrane elementy można **powielić spiralnie** wokół dowolnej osi. Po włączeniu na planszy „Spiralnie wokół wybranej dowolnej osi” trzeba będzie wskazać trzy węzły/punkty nie leżące na wspólnej prostej. Dwa pierwsze wyznaczają podpowiadany promień startowy spirali, a drugi i trzeci wyznaczy oś spirali. Następnie pokaże się plansza danych do spirali.

Na planszy podaje się wysokość jednego zwoju (niezależnie od faktycznej liczby zwojów). W oknie „Motyw” można zadać liczbę powtórzeń oraz przyrost kąta. W oknie „Kąt spirali” pokaże się sumaryczny kąt spirali, a w oknie „Wysokość spirali” pokaże się wysokość spirali dla zadanego kąta i liczby powtórzeń.

W oknie domyślnie dane dotyczą linii śrubowej, ale w oknie „Zmiana promienia” można wprowadzić procentową zmianę promienia po każdym obrocie (360°) spirali, i wtedy otrzyma się spiralę logarytmiczną lub przyrost długości promienia też po pełnym obrocie i wtedy otrzyma się spiralę Archimedesesa. Oczywiście, jeśli zada się wysokość jednego zwoju będą to formy przestrzenne.

W folderze \Przykłady_Ram jest kilka zadań utworzonych tym generatorem



Przy **powielaniu lustrzanym** odbiciem trzeba określić płaszczyznę lustra. Płaszczyznę wybiera się trzema węzłami/punktami nie leżącymi na jednej prostej. Na planszy danych do powielania jest włącznik „Lustro prostopadłe”. Pozwala on na wprowadzenie trzech węzłów/punktów leżących na płaszczyźnie *prostopadłej* do płaszczyzny lustra. Płaszczyzna lustra przechodzi w takiej sytuacji przez pierwszy i drugi węzeł kierunkowy. Przy lustrzanym odbiciu następuje jednokrotne powtórzenie wybranego motywu. Jeśli zachodzi potrzeba utworzenia siatki będącej lustrzanym odbiciem aktualnego modelu to należy skorzystać z opcji **Lustrzane odbicie** lub **Lustro prostopadłe** w menu [Węzły](#). Te opcje nie dodają elementów tylko zmieniają współrzędne.

31.10. Usuwanie elementów

W programie ABC Rama3D usuwanie elementów nie odbywa się bezpośrednio. Wybrane elementy do usunięcia zostają ukryte i można je powtórnie przywrócić do modelu, jeśli taka potrzeba się pojawi. Elementy ukryte zostają usunięte dopiero przy wywołaniu obliczeń. Model po obliczeniach nie będzie zawierał już ukrytych elementów, które jako zbędne zostaną usunięte. Ukryte elementy można wcześniej usunąć wybierając opcję **Skasuj ukryte**. Opcja ta jest dostępna po włączeniu pełnego zestawu opcji przyciskiem [M]. Przed usunięciem elementów program poprosi o akceptację tej decyzji. W menu [Węzły](#) może się pojawić opcja **Usuń**

Usuń wybrane
Skasuj ukryte
Przywróć ukryte

zbędne. Jej wywołanie też usunie ukryte elementy. Opcję **Przywróć ukryte** można łatwo przywrócić wcześniej usunięte elementy. Takie elementy zostaną narysowane na czerwono i będzie można wybrać potrzebne. Elementy wracają do modelu ze wszystkim danymi z nimi związanymi, materiałem, przekrojami, podporami i obciążeniami.

31.11. Opcja Cofnij o krok

W czasie modelowania geometrii obiektu po każdej zmianie dane zostają zapisane i tworzą tzw. historię modelowania. Co dziesięć kroków, jeśli nie zadeklarowano inaczej w konfiguracji ABC, pojawi się komunikat o liczbie zapamiętanych kroków. Można wtedy kontynuować zapisywanie kolejnych dziesięciu kroków lub można skasować historię. Jeśli jest historia modelowania to opcję **Cofnij o krok** można wrócić do poprzednich postaci modelu. Wracając do poprzednich postaci można z powrotem przywrócić postać późniejszą. Służy do tego opcja **Wróć o krok**. Jeśli wróci się do pierwszego zapamiętanego stanu modelu to zniknie opcja **Cofnij o krok** i zostanie tylko **Wróć o krok**.

Cofnij o krok
Wróć o krok

31.12. Opcja Ciężna

Opcja **Ciężna** pozwala zadać elementy prętowe, które posiadają przeguby na końcach i *nie są zginane siłami ciężkości i przyłożonymi do nich obciążeniami liniowymi*. Te obciążenie jest sprowadzane do węzłów tego elementu. Ponadto mogą mieć cechy nieliniowe takie jak: wyłączanie się po pojawieniu się w nich ściskania lub po pojawieniu się siły rozciągającej większej od wartości granicznej. Wartością graniczną może być siła krytyczna Eulera i wtedy będzie automatycznie obliczana przez program. Wszystkie te warunki zadaje się na planszy, która pojawi się po kliknięciu w opcję **Zadaj**.

Wprowadzenie elementów ciężnowych pozwala na przeprowadzenie też obliczeń liniowych i wtedy elementy te mogą być ściskane, lub obliczeń nieliniowych i wtedy elementy te będą zachowywały się zgodnie z zadanymi warunkami granicznymi.

Po zadaniu warunków ciężnowych do wybranych elementów będzie można je pokazać, odczytać wprowadzone parametry i usunąć z modelu.

Pokaż ciężna
Zadaj ciężna..
Usuń ciężna
Odczyt danych

31.13. Opcja Wsporniki

Opcję **Wsporniki** można wprowadzić do wybranych elementów warunek, aby przy liczeniu energii sprężystej włączyć do niej energię ścinania. Pozwala to dokładniej wyznaczyć ugięcia krótkich elementów. Włączenie tego warunku dla długich elementów daje znikome efekty. Po zadaniu warunku wspornika w wybranych miejscach można te elementy pokazać lub usunąć z nich ten warunek.

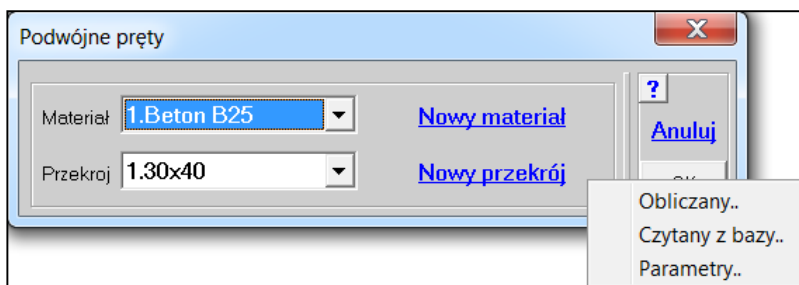
31.14. Opcja Końce prętów

Opcję **Końce prętów** można zadać na końcach elementów prętowych fragmenty o zadanej długości w których będzie inna sztywność. Może to być zwiększenie sztywności np.: po to, aby

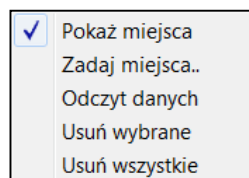
ograniczyć czynną długość rygla do odległości między krawędziami słupów. Można też zmniejszyć sztywność modelując w ten sposób blachy węzłowe. Wprowadzenie tego warunku automatycznie podzieli element tak, aby na końcu powstał odcinek o zadanej długości. Jego sztywność będzie zmieniona w stosunku do sztywności przekroju elementu. Zarówno odległość jak i zmianę sztywności podaje się na planszy, która pokazuje się po kliknięciu w opcję **Zadaj**. Węzły, w których będą zmiany sztywności wybiera się tak samo jak węzły, w których są przeguby, najpierw wybiera się elementy, potem wskazuje się węzły. Wprowadzona w ten sposób modyfikacja siatki ujawni się dopiero w module WYNIKI. W zadanych miejscach pojawią się dodatkowe elementy. Po zadaniu tych cech będzie je można pokazać, odczytać i usunąć. Jeśli w modelu są założone przeguby typu prętowego to pojawi się opcja **Zastąp przeguby**. Pozwoli ona zastąpić idealne przeguby wokół przekrojowych osi y' i z' podatnymi końcami o niewielkiej podatności. W skomplikowanych modelach, gdzie zbyt duża liczba przegubów może przeszkadzać w rozwiązaniu ten zabieg na ogół pozwala rozwiązać układ równań. Stopień sztywności jest taki, że momenty na końcach takich prętów są niewielkie. Z drugiej strony w rzeczywistej konstrukcji rzadko spotyka się węzły dające naprawdę zerowe momenty.

31.15. Opcja Podwójne pręty

Opcja pozwala w wybranych prętach zadać drugi materiał i drugi przekrój. Nie będą pręty zespolone, lecz pręty jeden w drugim, np.: stalowe wzmocnienie pręta aluminiowego. Przy pierwszym wywołaniu będzie można tylko zadać

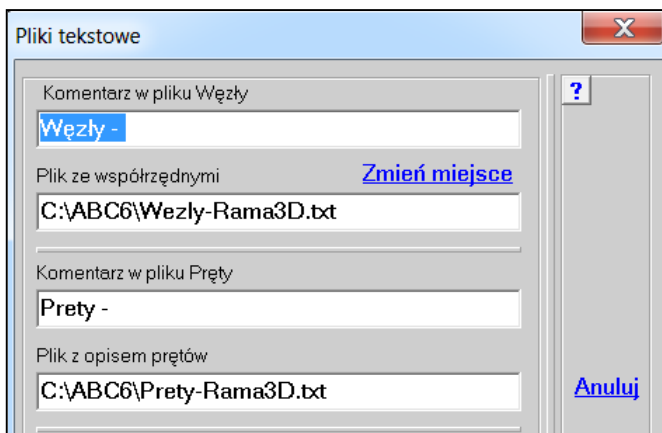


pręty. Najpierw należy określić materiał i przekrój. Z planszy tych danych można wprowadzić nowy materiał oraz nowy przekrój. Sposób wprowadzania jest identyczny jak przy autonomicznym zadawaniu tych parametrów. Następnie można wybrać miejsca. Po wprowadzeniu podwójnych prętów można je pokazać, usunąć oraz odczytać dane.



31.16. Opcja Zapisz do plików

Geometria modelu prętowego może zostać zapisana do dwóch plików tekstowych. W jednym będzie opis współrzędnych, a w drugim opis elementów prętowych. Pliki tekstowe mogą być wykorzystane w innych zadaniach. Po wybraniu opcji **Zapisz do plików..** pojawi się plansza, na której można wpisać komentarze, które zostaną umieszczone w pierwszej linii plików oraz można zmienić miejsce lokalizacji i nazwy plików. Przyciskiem **Zmień miejsce** można wywołać okno dialogowe do wyboru plików i można zadać nazwę i miejsce na dysku.



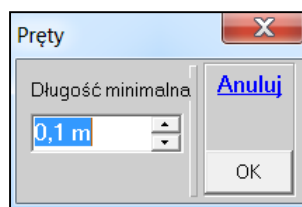
Format pliku z węzłami. Pierwsza linia zawiera słowny opis zadania. W następnych jest numer kolejny węzła i współrzędne X, Y i Z. Liczby są oddzielone minimum jedną spacją.

Format pliku z elementami prętowymi. Pierwsza linia zawiera słowny opis zadania. W następnych jest numer kolejny elementu i dwa numery węzłów, które go tworzą. Dalej jest numer węzła kierunkowego jeśli jest, wtedy następny jest 0 lub kod kierunku przekroju jeśli nie ma węzła kierunkowego, dalej numer materiału, który może być też zerem. Linie kończy numer przekroju.

Liczby są oddzielone minimum jedną spacją.

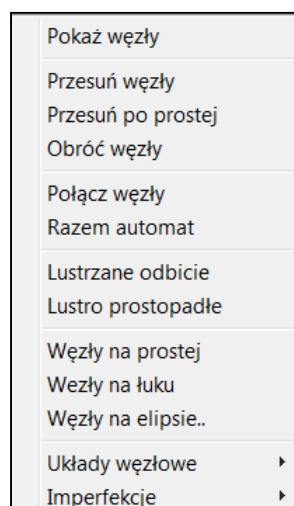
31.16. Opcja Dł. minimum

Ostatnią opcją w menu [Elementy](#) będzie pozycja, w której można określić minimalną długość elementu. W modelu nie będzie można wprowadzić elementu krótszego od zadanego minimum.



C 32. Menu Węzły

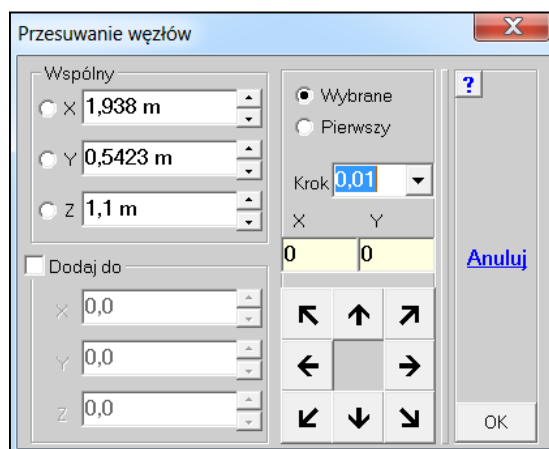
Węzły nie są samodzielnym składnikiem modelu. Są one zawsze związane z elementami. To elementy można dodawać, usuwać, modyfikować. Węzły powstają niejako przy okazji tworzenia elementów. Jednak w czasie wprowadzania modelu może zajść potrzeba zmiany współrzędnych i wtedy należy sięgnąć do menu [Węzły](#). Zakres menu [Węzły](#) zależy od stanu przycisku **[M]**. Jeśli jest wyłączony to jedyną dostępną operacją jest przesuwanie węzłów. Po włączeniu przycisku **[M]** menu [Węzły](#) może zawierać następujące pozycje: [Pokaż węzły](#) – opcja, która włącza i wyłącza rysowanie ikon węzłów w postaci kwadracików. Jej działanie jest zdublowane odpowiednią opcją w menu [Pokaż](#). Dalej w menu [Węzły](#) jest blok opcji związanych z przesuwaniem węzłów, blok opcji związanych z łączeniem węzłów, opcja lustrzanego odbicia, blok ustawiania węzłów na prostej lub łuku i opcja [Układy węzłowe](#).



32.1. Przesuwanie węzłów

Jest to opcja, która pozwala na wykonanie szeregu operacji na węzłach. W trakcie zmiany współrzędnych deformacji ulegają również elementy. W modelach prętowych może dojść co najwyżej do skrócenia elementów poniżej zadeklarowanej wartości. Przed uruchomieniem obliczeń program to sprawdzi i pokaże odpowiedni komunikat.

Po wywołaniu opcji [Przesuń węzły](#) należy wybrać odpowiednie węzły modelu, następnie pokaże się plansza przesuwania. Postać planszy będzie zależała od tego czy model jest w rzucie na jedną z płaszczyzn głównych, czy w widoku. Postać pokazana obok będzie dostępna przy rzucie. Jeśli model będzie w widoku to na planszy będą dostępne tylko pola „Wspólny” i „Dodaj do”.

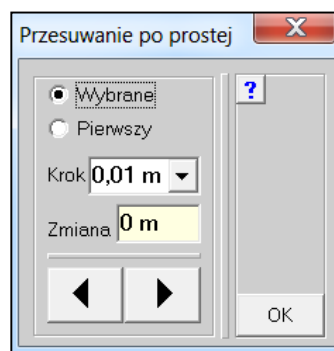


W oknie „Wspólny” można wprowadzić wspólne współrzędne X, Y lub Z. Można też do wybranych węzłów dodać tą samą wartość (Pole „Dodaj do”). Przyciskami ze strzałkami można przesuwawać węzły o przyrost wybrany w polu „Krok”. Poniżej są okienka, w których pokazują się sumaryczne przesunięcia węzłów. Opis tych okienek będzie zależał od płaszczyzny rzutu. Ponadto przesuwawać można wszystkie wybrane węzły lub jeden z wybranych. Steruje tym przełącznik „Wybrane”, „Następny”. Zaraz po pokazaniu się planszy przełącznik ten będzie nazywał się „Pierwszy”. Po kolejnych kliknięciach w ten przełącznik dojdzie się do ostatniego węzła i taka nazwa pojawi się przy jego polu. Aktualny węzeł będzie wyróżniony innym kolorem.

Przyciski ze strzałkami poziomymi i pionowymi przesuwają węzły odpowiednio w poziomie lub w pionie. Przyciski z ukośnymi strzałkami przesuwają węzły ukośnie dodając do obu współrzędnych ten sam krok, ale ze znakiem odpowiednim do strzałki. Natychmiast po kliknięciu w strzałkę zostaje przerysowany obrazek, tak, że na bieżąco można śledzić zmiany.

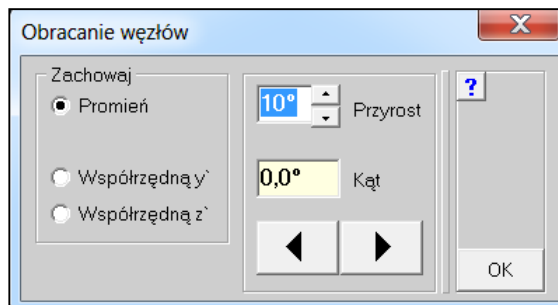
32.2. Przesuwanie węzłów po prostej

Poprzednia operacja pozwalała przesuwawać węzły poziomo, w pionie lub pod kątem 45° . Ta operacja pozwala przesuwawać węzły w kierunku dowolnie określonej prostej. W pierwszym kroku wybiera się dwa węzły kierunkowe, a następnie te które będą przesuwane. Węzły kierunkowe nie mogą leżeć na wspólnej prostej z węzłami przesuwanymi. Na planszy przesuwu można zdefiniować krok przesuwania, oraz zdecydować czy przesuwanie ma dotyczyć wszystkich wybranych węzłów czy tylko jednego z nich. Przesuwanie odbywa się przez naciśnięcie przycisków ze strzałkami. Łączna wielkość przesunięcia pokazywana jest w okienku „Zmiana”.



32.3. Obracanie węzłów

Jest to operacja pozwalająca na zmianę położenia wybranych węzłów przez obrót wokół wskazanej osi. W pierwszym kroku wybiera się trzy węzły/punkty nie leżące na jednej prostej. Dwa pierwsze określają oś obrotu, a trzeci płaszczyznę, od której będzie odmierzano się kąt obrotu oraz zachowanie się współrzędnych. Te trzy węzły określają układ współrzędnych x' , y' i z' , w którym oś x' jest wyznaczona pierwszym i drugim węzłem, a oś y' leży w płaszczyźnie wyznaczonej trzema węzłami.



Następnie należy wybrać węzły, które będą obracane. Po wyborze węzłów pokaże się plansza „Obracanie węzłów”. Na planszy obrotu można wybrać, co ma być zachowane: promień, współrzędna y' czy współrzędna z' . Dalej zadaje się przyrost kąta i przyciskami ze strzałkami można zacząć obracać węzły. Po każdym naciśnięciu przycisku węzły zmieniają położenie i model zostanie narysowany w nowej konfiguracji. W oknie „Kąt” będzie pokazywany łączny kąt obrotu. Jeśli w wyniku przesuwania wybranych węzłów powstaną elementy o niewłaściwej konfiguracji to na ekranie pokaże się odpowiedni napis, a złe elementy zostaną wyróżnione. Jeżeli obrót o zadany kąt jest niezbędny to po zakończeniu przesuwania węzłów należy poprawić błędne elementy.

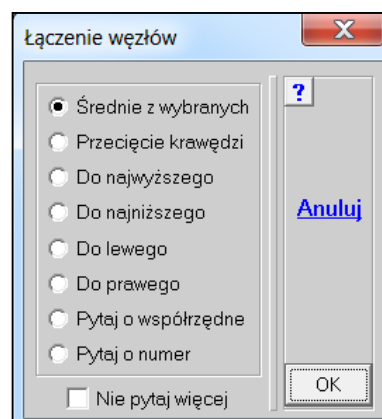
32.4. Ręczne łączenie węzłów

Jest to operacja pozwalająca połączyć wybrane węzły. Po kliknięciu w opcję **Połącz węzły** będzie można wybrać węzły, które mają być połączone, a następnie pojawi się plansza, na której należy zdecydować, jakie miejsce ma przyjąć węzeł powstały w wyniku połączenia. Do wyboru jest: położenie średnie, przecięcie krawędzi, do węzła najwyższego, do węzła najniższego, do lewego lub prawego oraz po każdym wyborze program może pytać o współrzędne lub o numer węzła z pośród wybranych. Przy pytaniu o współrzędne podpowiadane są wartości średnie.

Węzły do połączenia wybiera się każdym dostępnym sposobem, najczęściej oknem. Po każdym wyborze model zostaje przerysowany w nowej konfiguracji.

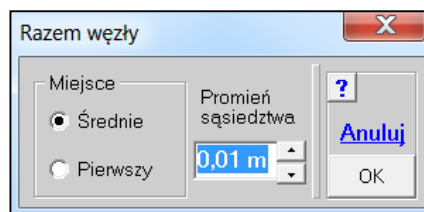
Po włączeniu „Nie pytaj więcej” można wybierać kolejne pary węzłów, które będą łączone w ostatnio ustalony sposób.

Przełącznik „Przecięcie krawędzi” pozwala obliczyć współrzędne węzła, który będzie w miejscu przecięcia elementów prętowych. W tym ostatnim przypadku działanie jest identyczne jak po wywołaniu z menu [Elementy](#) opcji [Skrzyżowane](#).



32.5. Automatyczne łączenie węzłów

Jest to operacja pozwalająca automatycznie połączyć węzły, których wzajemna odległość nie jest większa od zadanego promienia sąsiedztwa. Nowe położenie węzła wspólnego może być średnim z branych do połączenia lub równym węzłowi o najniższym numerze. W czasie automatycznego łączenia nie ma usuwania elementów, w których odległość węzłów jest mniejsza od promienia sąsiedztwa. Oznacza to, że nie będą usuwane wąskie elementy.



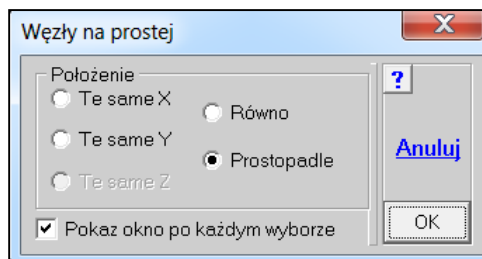
32.6. Lustrzane odbicie

Jest to operacja pozwalająca tak zmienić współrzędne, aby powstało lustrzane odbicie. W odróżnieniu od podobnej operacji w menu [Elementy](#) (opcja **Powiel**) tutaj nie ma zwiększania liczby elementów. Opcja ta powinna być stosowana do całego modelu, ale w pierwszym kroku zawsze wybiera się fragment i użytkownik może zrobić lustrzane odbicie na wybranych węzłach. Po wybraniu opcji **Lustrzane odbicie** wybiera się trzy węzły/punkty lustra. Po wybraniu opcji **Lustro prostopadłe** też wybiera się trzy węzły punkty, ale dwa pierwsze określają prostą, przez którą przechodzi płaszczyzna lustra, natomiast trzeci punkt określa płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny lustra.

32.7. Ustawianie węzłów na prostej

Jest to operacja pozwalająca tak zmienić współrzędne, aby wybrane węzły ustawiły się na prostej. Prosta opisana jest dwoma punktami kierunkowymi, które mogą być węzłami modelu lub będą miały wpisane współrzędne. Po zdefiniowaniu punktów kierunkowych prostej jest rysowany odcinek leżący między tymi punktami i pokazuje się plansza, na której można zdefiniować jak będą wybierane węzły do przesunięcia, oraz jak mają być zmienione ich współrzędne.

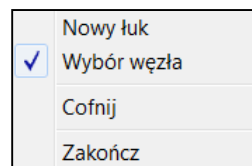
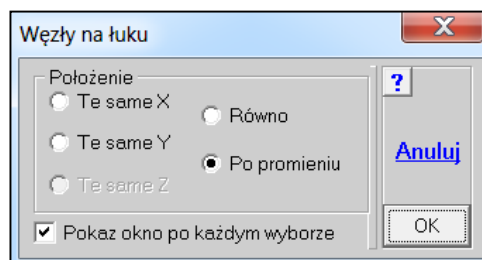
Wybierając przełącznik „Równo” węzły równomiernie podzielią odcinek między punktami kierunkowymi, oczywiście pod warunkiem, że wybrano wszystkie potrzebne węzły. Wybierając „Te same X” lub „Te same Y” będzie można zachować odpowiednią pierwotną składową. Przełącznik „Prostopadłe” sprowadzi węzły na zadaną prostą po liniach do niej prostopadłych. Operacja ustawiania węzłów na prostej jest powtarzalna i można ją zakończyć po kliknięciu w przycisk [Zakończ](#) lub w opcję **Zakończ** z podręcznego menu. Podręczne menu pokazuje się na zakończenie ustawiania węzłów. Pozwala też na łatwe cofnięcie ostatniego ustawiania oraz umożliwia wybranie kolejnej prostej.



32.8. Ustawianie węzłów na łuku

Jest to operacja pozwalająca tak zmienić współrzędne, aby wybrane węzły ustawiły się na łuku. Łuk opisany jest trzema punktami, które mogą być węzłami siatki lub będą miały wpisywane współrzędne. Po zdefiniowaniu punktu początkowego, pośredniego i końcowego, łuk pokaże się na ekranie. Na planszy będzie można zdefiniować jak będą wybierane węzły oraz jak mają być zmodyfikowane ich współrzędne, aby znalazły się na łuku. Wybierając przełącznik „Równo” rozstawi się węzły tak, aby łuk pomiędzy punktami początkowym i końcowym został podzielony równomiernie. Wybierając przełączniki „Te same X” lub „Te same Y” przesunie się węzły tak, aby zachowały odpowiednie stare współrzędne. Przełącznik „Promień” przesunie węzły po promieniach łuku.

Po przesunięciu węzłów pojawi się podręczne menu, z którego będzie można wybrać opcję cofającą ostatnie ustawienia węzłów, opcję pozwalającą wybrać nowy łuk i opcję **Zakończ**, która kończy ustawianie węzłów na łuku. Przesuwanie węzłów można też zakończyć wybierając przycisk [Zakończ](#).



32.9. Ustawianie węzłów na elipsie

Opcją Węzły na elipsie można ustawić węzły leżące na łuku na węzły leżące na elipsie. Po wybraniu tej opcji należy wprowadzić promień i osie elips na które mają być sprowadzone odpowiednie węzły.

32.10. Zbędne węzły

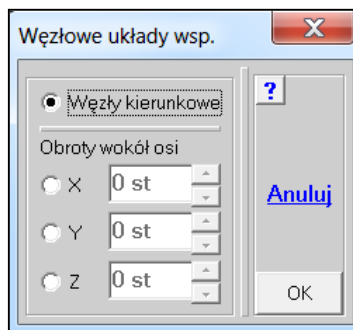
Jeśli w modelu pojawią się zbędne węzły, to pokaże się opcja **Usuń zbędne**. Po wybraniu tej opcji z modelu zostaną usunięte zbędne węzły i ukryte elementy.

32.11. Układy współrzędnych węzłowych

W obiektach przestrzennych węzłowy układ współrzędnych może zostać wyznaczony przez dwa węzły kierunkowe lub przez obrót wokół wybranej osi głównego układu współrzędnych. Po zdefiniowaniu układu można wybierać węzły, w których będą założone węzłowe układy współrzędnych. Jeśli w modelu są już wprowadzone układy węzłowe to menu będzie zawierało opcje

Pokaż układy
Zadaj układy..
Usuń wszystkie
Usuń wybrane
Odczyt danych

pokazane na rysunku. Przy pierwszym wywołaniu będzie dostępna tylko opcja **Zadaj układy...** Opcją **Usuń wszystkie** można usunąć wszystkie układy węzłowe. Ta operacja wymaga potwierdzenia. Opcją **Usuń wybrane** można wybrać węzły, w których ma być przywrócony układ globalny. Jeśli w wybranym węźle ma być zmieniony układ węzłowy to

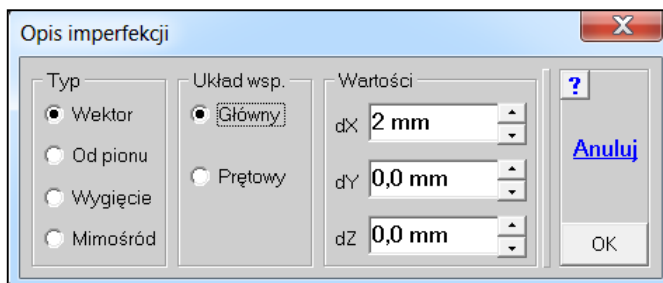


wystarczy zadać na nowo.

Nie trzeba wcześniej usuwać układu. Opcja **Pokaż układy** pozwala pokazać wprowadzone do modelu węzły z układami węzłowymi. Jej działanie jest identyczne jak podobnej opcji w menu **Pokaż**. Opcja **Odczyt danych** pozwala wyświetlić dane opisujące układy węzłowe w wybranych miejscach.

32.12. Imperfekcje

W węzłach obiektu przestrzennego można wprowadzić imperfekcje. W programie przewidziano cztery typy imperfekcji: wektory, odchylenie od pionu, wygięcie i mimośród. Imperfekcje mogą być zakładane w układzie głównym lub elementowym. Jeśli imperfekcja będzie typu wygięcie należy wybrać odcinek złożony z minimum dwóch prętów. Pozostałe imperfekcje będą zakładane w węzłach. Po zadaniu imperfekcji będzie można je pokazać w zadanym powiększeniu, usunąć wszystkie lub wybrane oraz odczytać wartość oraz typ imperfekcji. Wprowadzenie pola imperfekcji do modelu nie będzie automatycznie uwzględniane w obliczeniach. Na planszy Obliczenia trzeba będzie włączyć odpowiedni przełącznik.



Pokaż imp.
Zadaj imp..
Usuń wybrane
Usuń wszystkie
Odczyt wartości
Odczyt typu

C 33. Dane materiałowe

Model prętowy może nie mieć założonego materiału aby otrzymać rozwiązanie. Nie będą dostępne pewne obciążenia, nie będzie wartości liczbowych ugięć, ale będą rozkłady sił wewnętrznych i reakcji. W menu [Materiał](#) można zadać dane materiałowe lub dodać kolejny materiał do modelu. Przy zmianie materiału wystarczy określić, jaki to ma być materiał i ewentualnie wpisać jego parametry. Jeśli do modelu jest wprowadzany kolejny materiał, to po określeniu jego danych trzeba będzie wskazać miejsca, w których on będzie. Na każdej planszy opisu danych materiałowych będzie przełącznik, którym będzie można zdecydować jak ten materiał ma być traktowany. Po wprowadzeniu drugiego materiału następne będzie można tylko zadawać. Każdy materiał można wprowadzić do bazy materiałów.

Wprowadzając materiał typu Stal wystarczy wybrać odpowiednią opcję w menu [Materiał](#). Można zmienić moduł sprężystości na wartość podaną w PN-EN oraz wyzerować współczynnik rozszerzalności liniowej (termiczny).

Trochę więcej możliwości wystąpi przy zadawaniu materiału typu Beton. W polu „Norma” będzie można wybrać normę wg, której są ustalane klasy betonu i jego parametry. Domyślnie są betony klasy typu C*/* z kruszywem kwarcowym, ale można wybrać każdy przewidziany w normie PN-EN, jak również zmienić kruszywo na: bazaltowe, wapienne i piaskowcowe. Można również zmienić liczbę Poisson'a na 0 (strefy zarysowane), wprowadzić własny ciężar właściwy i współczynnik rozszerzalności liniowej. Ponadto można wybrać betony z trzech edycji normy PN-03264 oraz betony mostowe i betony lekkie. W każdym przypadku z listy po lewej stronie należy wybrać symbol betonu. Dla betonów lekkich trzeba będzie jeszcze wybrać jego gęstość. Po wyborze symbolu i ewentualnym wyborze gęstości w polu „Właściwości...” pojawią się dane materiałowe, które będą wykorzystywane w modelu.

Materiał

Materiał: Stal
 Norma: PN-90/B-03200
 Moduł sprężystości E = 205000 MPa
 Liczba Poisson'a ν = 0,3
 Ciężar właściwy γ = 77 kN/m³
 Wsp. termiczny α = 0,000012 1/°C

[alfa = 0.0](#)

☐ Dodaj nowy ☒ Zamień na PN-EN ☐ Zamień stary

Anuluj OK

Beton wg PN-EN 1992-1-1:2008

Kruszywo: C20/25 Kwarcowe

Właściwości po 28 dniach
 Moduł Young'e'a: 29961 MPa
 Liczba Poisson'a: 0.2
 Ciężar właściwy: 25 kN/m³
 Wsp. rozszerzalności: 0.00001 1/°C

Norma:
☒ PN-EN-1992-1-1:2008
☐ PN-B-03264:2002
☐ PN-B-03264:1999
☐ PN-84/B-03264
☐ PN-91/S-10042 (mosty)
☐ PN-B-03263:2000 (lekkie)

☐ Dodaj nowy materiał ☒ Zamień stary materiał

Anuluj OK

Drewno

C18 ☒ Drewno lite

Właściwości
 Moduł sprężystości E: 9000 MPa
 Moduł sprężystości G: 560 MPa
 Ciężar właściwy: 3.14 kN/m³
 Wsp. rozszerzalności: 3.7E-6 1/°C

Norma:
☒ PN-EN 338
☐ PN-EN 1194
☐ PN-2000
☐ PN-1981

☐ Dodaj nowy materiał ☒ Zamień stary materiał

Anuluj OK

Wybierając betony typu C*/* można wymiarowanie prowadzić wg PN-2002 lub PN-EN. Dla Betonu typu B z edycji PN-2002 można prowadzić wymiarowanie tylko wg PN-2002. Dla innych betonów program nie wymiaruje.

Podobną planszę ma materiał typu Drewno, tyle, że jest mniejszy wybór norm. Wymiarowanie może być prowadzone tylko dla drewna określonego wg norm PN-EN.

Jeśli zostanie wybrana opcja **Inny mat.** to pokaże się plansza, w której trzeba będzie wprowadzić takie dane jak:

- Moduł sprężystości E,
- Liczba Poisson'a ν ,
- Ciężar właściwy γ ,
- Współczynnik rozszerzalności termicznej.

Materiał może też otrzymać opis słowny, który przydaje się np. przy wyborze fragmentu wg danych materiałowych. Materiał ten też może zostać dodany do bazy.

Jeśli w modelu są co najmniej dwa materiały to liczba dostępnych opcji w menu **Materiał** wzrasta. Opcja **Zadaj mat.**, pozwala zadać wpisany już materiał w inne miejsce. Działanie tej opcji jest zdublowane oknem po lewej stronie, w którym jest lista dostępnych materiałów. Wystarczy dwukrotnie kliknąć na odpowiednią linię i można wybierać elementy, w których będzie ten materiał. Przyciskiem [x] można go wyłączyć.

Jeśli w opisie danych materiałowych będzie materiał nie zastosowany w żadnym elemencie, to opcją **Usuń zbędne** będzie można go usunąć z danych modelu.

Opcja **Zamień materiał..** pojawi się dopiero wtedy, kiedy będzie w modelu więcej niż jeden materiał. Na tej planszy można zamienić materiał bez konieczności

powtórznego pokazywania miejsca jego występowania. Wystarczy kliknąć jedną linię w lewym oknie i inną w prawym oknie. Po włączeniu „Usuń opisy zbędnych materiałów” liczba materiałów zostanie zredukowana do niezbędnie potrzebnych w zadaniu.

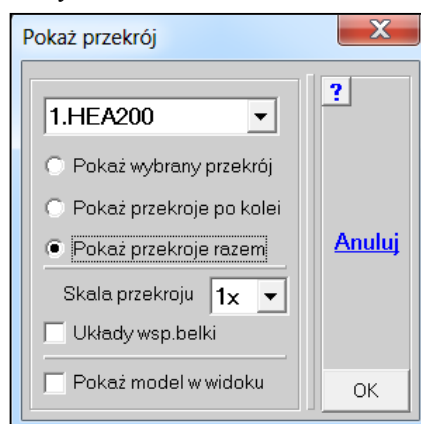
Opcja **Lista mater.** pozwala pokazać dane materiałowe przyjęte w modelu. Jeśli w modelu jest więcej materiałów, to razem z danymi materiałowymi pokażą się też elementy z tym materiałem. Lokalizację materiału będzie można

wydrukować naciskając przycisk **Rysuj** na planszy danych materiałowych.

C 34. Menu Przekrój

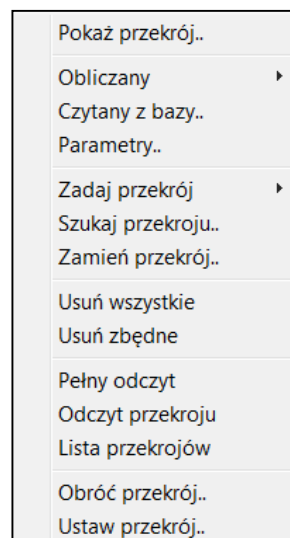
Model prętowy może nie mieć założonych przekrojów aby otrzymać rozwiązanie. Nie będą dostępne pewne obciążenia, nie będzie wartości liczbowych ugięć, ale będą rozkłady sił wewnętrznych i reakcji.

Przekroje opisane są układem parametrów, które mogą być obliczone modułem MOMBEZ, mogą być pobrane z wcześniej przygotowanej bazy danych oraz mogą być zadane jawnie. **Jeśli w zadaniu planowany jest proces wymiarowania to przekroje MUSZĄ być przygotowane modułem MOMBEZ.** Przygotowanie parametrów może być prowadzone bezpośrednio w trakcie budowania modelu, lub można tworzyć z nich bazy danych, które z kolei można wykorzystywać w różnych zadaniach.

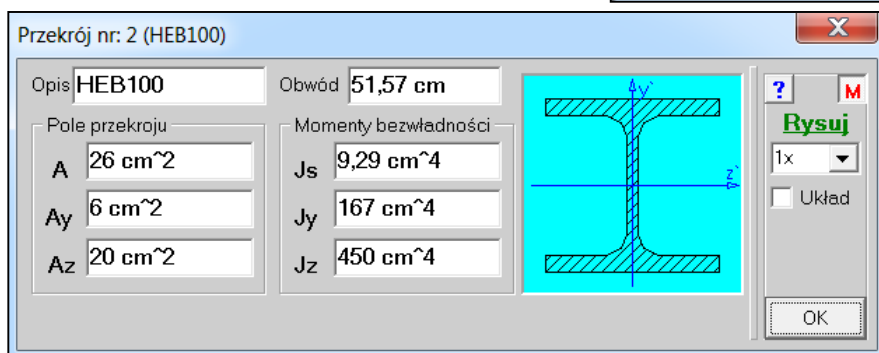
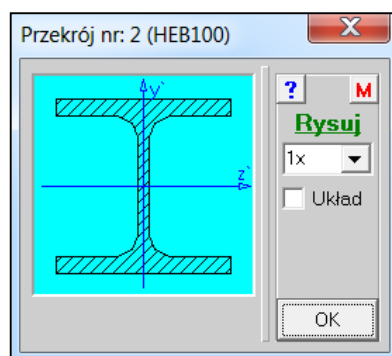


będzie rysunek przekroju z jego układem współrzędnych, możliwość wyboru skali powiększenia, włącznik „Układ” pozwalający sterować rysowaniem układów współrzędnych w prętach, przycisk **Rysuj**, który pozwoli sporządzić rysunek modelu z tym przekrojem oraz **Anuluj** pozwalający przerwać pokazywanie przekrojów po kolei.

Po kliknięciu w przycisk **[M]** w oknie pokażą się dane liczbowe opisujące przekrój. Opis przekroju oraz jego obwód będzie można zmienić.



Pierwsza opcja **Pokaż przekrój** pojawi się dopiero wtedy, kiedy w modelu będą już zadane przekroje. Pozwala ona pokazać wybrany przekrój, przekroje po kolei lub wszystkie przekroje razem. Można też kazać pokazać model w widoku. Jest to szczególnie przydatne w modelach płaskich. Wybierając łączne pokazywanie przekrojów będzie można zmienić skalę rysunku przekroju. W pozostałych przypadkach po narysowaniu przekroju w odpowiednich elementach pokaże się okno z jego opisem. W oknie



W modelach kratownicowych liczba parametrów przekrojowych zostaje ograniczona do pola przekroju poprzecznego i do obwodu.

Wybierając opcję Obliczany po raz pierwszy od razu zgłosi się moduł MOMBEZ. **Pierwszy przekrój zostanie przyjęty we wszystkich prętach w domyślnym ustawieniu.** Dopiero od drugiego przekroju będzie można wybrać pręty i ustalić jego położenie. W modelu kratownicowym nie trzeba ustawiać przekroju ponieważ jedynym potrzebnym parametrem jest pole przekroju.

W opcji Obliczany zacznie pojawiać lista z wprowadzonymi przekrojami zakończona pozycją Nowy. Wybierając każdą z pozycji listy wywołuje się moduł MOMBEZ. Dla ustalonych pozycji w liście zgłosi się opis danego przekroju, dla pozycji Nowy będzie to plansza przekroju typowego dla materiału modelu.

7.HEA220
8.Bisymetryczny
9.Sk C160
10.Nowy

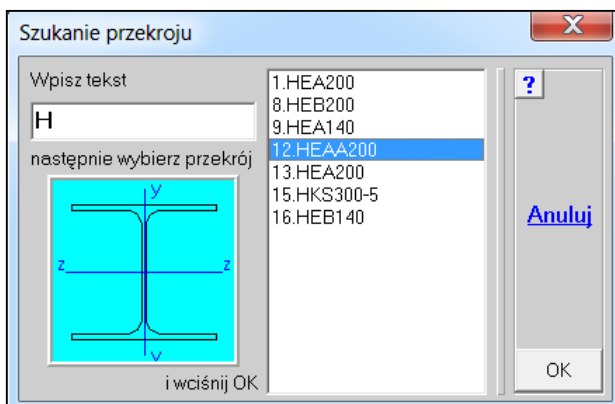
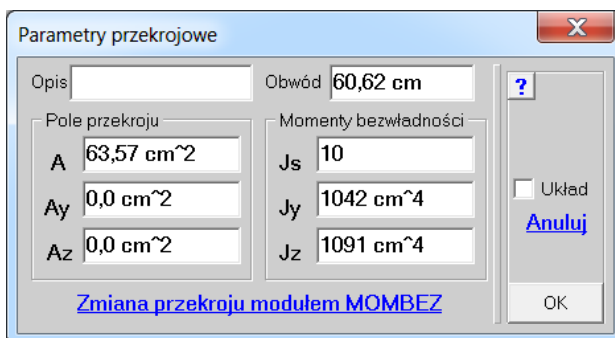
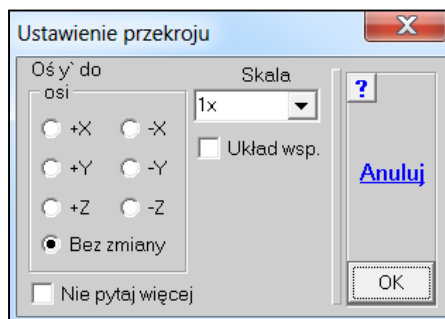
W każdym przypadku będzie można zmienić bądź wybrać przekrój. Wracając z modułu MOMBEZ z przekrojem już wprowadzonym pokaże się jego lokalizacja i wystarczy zakończyć działanie przyciskiem [Zakończ](#), aby nastąpiła zmiana przekroju.

Przekroje można odczytać z utworzonej wcześniej bazy. Dalsze postępowanie będzie identyczne, to znaczy trzeba będzie wskazać pręty i ustawić przekrój. Trzecim sposobem będzie wpisanie własnych parametrów przekrojowych. Pole przekroju poprzecznego, moment odporności na skręcanie i dwa główne, centralne momenty bezwładności muszą być niezerowe. Wadą takiego opisu będzie brak podglądu przekroju, niemożność obliczania w nim naprężeń oraz prowadzenia wymiarowania. Ale statyka, czyli ugięcia, siły wewnętrzne i reakcje będą w takim modelu wyznaczone poprawnie.

Plansza z własnym opisem danych przekrojowych będzie też wykorzystywana przy wprowadzeniu modelu z plików tekstowych. Przy wczytywaniu danych będą znane numery przekrojów i ich lokalizacja, ale nie będą zadane parametry. Wybierając taki przekrój z listy zostanie się możliwość zamiany tego przekroju modulem MOMBEZ.

Opcją Zadaj przekrój można szybko wprowadzić istniejące już przekroje w nowe miejsca. Pomija się wtedy wywołanie modułu MOMBEZ.

W dużych zadaniach opcja Szukaj przekroju ułatwia wybór istniejącego przekroju. Po wpisaniu ciągu znaków w małe okno w dużym oknie pokaże się lista przekrojów zawierających w nazwie podany ciąg. Po wskazaniu na jeden przekrój z listy pokaże się dodatkowo szkic przekroju.



Po kliknięciu w przycisk [OK] będzie można wskazać elementy w których stary przekrój zostanie zastąpiony tym z planszy.

Opcja **Zamień przekrój** wyświetla planszę, na której należy wskazać, który przekrój ma zostać zamieniony na inny. Na planszy można też włączyć warunek usunięcia zbędnych opisów przekroju, które nie są zadane w żadnym elemencie.

Opcją **Usuń wszystkie** można pozbawić model przekrojów. Opcja **Usuń zbędne** pojawi się tylko w sytuacji, kiedy na liście będą przekroje nie wykorzystane w żadnym elemencie.

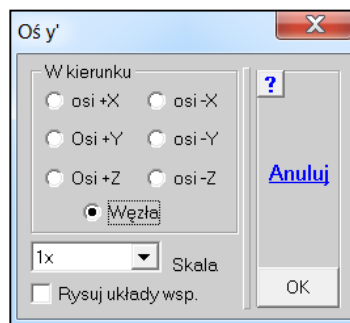
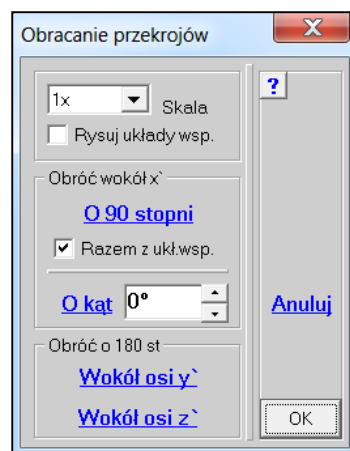
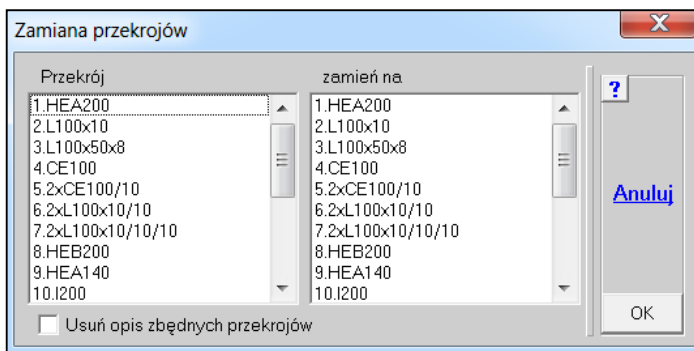
Opcją **Pełny odczyt** można poznać kształt, parametry i konfigurację przekroju w wybranym miejscu. Plansza z kształtem początkowo nie będzie miała parametrów, ale można ją rozszerzyć przyciskiem [M] i wtedy przyjmie postać taką samą jak przy wpisywaniu parametrów. Na planszy będzie można włączyć rysowanie elementowego (przekrojowego) układu współrzędnych, oraz zadać skalę powiększenia wymiarów poprzecznych przekroju.

Opcja **Odczyt przekroju** pokaże tylko plakietki z nazwą przekroju. Opcja **Lista przekrojów** pokaże tabelaryczne zestawienie parametrów przekrojowych.

Opcja **Obróć przekrój** pozwala dowolnie ustawić przekrój w wybranych elementach. W pierwszym kroku wybiera się typ przekroju, program rysuje go w tych prętach gdzie jest i wtedy można wybrać miejsca. Pojawia się plansza, na której można wybrać, jaki obrót należy zrobić.

Po każdym kliknięciu wybranego przycisku rysunek zostanie odświeżony i będzie można zobaczyć nowe położenie przekroju. Przekrój można obracać wokół osi x' elementu o kąt 90° lub o dowolny kąt. Przy obracaniu o kąt 90° można nie zmieniać położenia elementowego układu współrzędnych, w którym np. jest zadane obciążenie liniowe. W oknie **O kąt** podpowiadany jest kąt określający położenie głównych centralnych osi bezwładności przekroju. Ułatwia to np. ustawienie kątownika tak by jego ramiona były poziome i pionowe. W przypadku przekrojów bez osi symetrii konieczne może być obracanie o kąt 180° wokół jednej z osi prostopadłych do elementu (y' lub z'). Ponadto na planszy można na bieżąco zmieniać skalę powiększenia przekroju oraz włączać rysowanie elementowego układu współrzędnych. Kliknięcie w przycisk [OK] kończy obracanie przekrojów w ostatnio wybranym miejscu i będzie można wybrać kolejne elementy. Opcję kończy dopiero kliknięcie w przycisk **Zakończ**.

Opcja **Ustaw przekrój** pozwala na nowo ustawić przekrój w wybranych miejscach. Po kliknięciu w tę opcję pokaże się plansza, na której można wybrać kierunek ustawienia przekroju. Jeśli wybrano węzeł kierunkowy to po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] trzeba go najpierw wybrać. Węzeł będzie opisany plakietką ze współrzędnymi. Następnie należy wybierać elementy. Po naciśnięciu prawego przycisku myszy pokaże się menu podręczne, w którym będzie opcja **Skala** i kierunek.

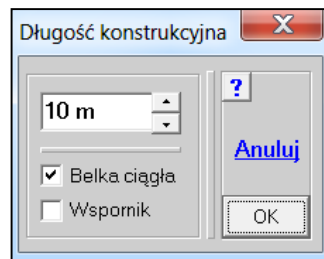


Opcja ta ponownie wywołuje planszę ustawienia i będzie można zmienić zarówno kierunek ustawiania następnych przekrojów jak i skalę oraz zdecydować czy mają być rysowane układy współrzędnych elementowych. Wybieranie elementów kończy kliknięcie przycisku [Zakończ](#).

Opcji Obróć przekrój i Ustaw przekrój nie będzie w modelach typu kratownica.

Jeśli w modelu są drewniane belki o przekrojach złożonych, w których stosuje się łączniki mechaniczne to przy wprowadzaniu, na planszy „Ustawienie przekroju” pokaże się okienko z długością konstrukcyjną. Podpowiadana będzie długość wybranego odcinka, ale można wprowadzić inną wartość. Po zadaniu takiego przekroju w menu pokaże się opcja **Długości belek**, która pozwoli zadać nowe długości konstrukcyjne, odczytać je i usunąć, gdyby nie zostały automatycznie skasowane po wprowadzeniu zwykłego przekroju drewnianego lub przekroju klejonego.

Zadaj długości
Usuń długości
Odczyt długości



C 35. Menu Przeguby

W modelach typu Kratownica nie będzie przegubów. Elementy kratownicy z założenia są zakończone przegubami na końcach. Przeguby można zakładać na końcach elementów prętowych. Przegub wprowadza takie warunki aby we wskazanych węzłach były takie same wybrane przemieszczenia, a różne pozostałe. Mówiąc o przemieszczeniach ma się na myśli zarówno przemieszczenia liniowe jak i kątowe. Przyjmując wspólne przemieszczenia liniowe otrzyma się przegub obrotowy. Przyjmując wspólne wybrane przemieszczenia liniowe można zamodelować połączenie przesuwne. Przeguby w elementach prętowych są zakładane w elementowym układzie współrzędnych, tym samym w którym zadaje się parametry przekrojowe. To wymaganie komplikuje zadawanie przegubów w miejscach, gdzie zbiega się więcej prętów. Każdy z nich ma inny układ współrzędnych. Dlatego też program zakłada przegub w węźle leżącym w pewnej odległości od końca pręta. Odległość ta domyślnie jest równa 0,01 m, ale może być zmieniana. Taki model przegubu jest bliższy rzeczywistości, ponieważ pozwala wprowadzić przegub w miejscu złącza śrubowego, a przecież nie jest ono w osi elementu. Wprowadzenie przegubów w węzłach leżących w pewnej odległości od końca elementu prowadzi do tego, że w węźle wspólnym zostaną połączone w sposób sztywny krótkie elementy. Może to w pewnych sytuacjach wymagać wprowadzenia warunków podporowych bliższych rzeczywistości niż na ogół to się czyni. Np. belka dwuteowa leżąca swobodnie na podporze, którą na ogół modeluje się podporą przegubową, jest de facto utwierdzona skrajnie, ponieważ jej półka ma jakąś szerokość, a występujący zawsze ciężar własny dociska ją do podpory nie pozwalając na swobodny obrót wokół własnej osi. Opisany tutaj model przegubu jest wprowadzany automatycznie i nie wymaga indywidualnego zadawania przez użytkownika, chociaż np. może on ingerować w odległość od końca pręta, czyli może on wskazać miejsce przegubu zgodne z faktyczną lokalizacją złącza śrubowego.

Jeśli w zadaniu nie ma jeszcze przegubów to po wybraniu przycisku [Przeguby](#) pokaże się menu z którego będzie można wybrać rodzaj przegubu. Przegub Prętowy zapewnia niezależne obroty wokół przekrojowych osi y' i z' . W przegubie kulowym niezależne będą wszystkie obroty w układzie przekrojowym. **Nie można zadać przegubów kulowych na obu końcach pręta.** Przegub teleskopowy pozwala na niezależne przemieszczenia wzdłuż osi x' pręta. Plansza opisu przegubu Definiowanego może nie zawierać pewnych składników jeśli nie będzie to model typu Rama3D. Może być rozszerzona przyciskiem [M] o pole pozwalające określić odległość przegubu od końca pręta, oraz o zmianę sztywności tego

Prętowy
Kulowy
Teleskopowy
Definiowany..
Odł.min.(0,01 m)
Ikona (4pix)

Dalsze węzły

Nowe pręty

Zakończ

zakładany dokładnie w wybranym węźle.

Po zdefiniowaniu przegubu wybiera się najpierw pręty, a potem węzły w których

mają być przeguby. Po każdym wybraniu węzłów pokaże się menu sterujące dalszymi krokami.

Przeguby są zaznaczane zielonymi kropkami o zadawanej średnicy. Kropki są rysowane w pobliżu końca pręta, tak że zawsze wiadomo którego dotyczą.

Przegub definiowany

<input type="checkbox"/> Niezależny <input type="checkbox"/> Przesuw po x' <input type="checkbox"/> Przesuw po y' <input type="checkbox"/> Przesuw po z'		Parametry Odległość od końca pręta 0 m Zmiana sztywności końca pręta 1x <input type="checkbox"/> Układ XYZ	? M Anuluj OK
---	--	---	---------------------

Po zadaniu przegubów menu które pokaże się po kliknięciu w przycisk [Przeguby](#) będzie miało postać pokazaną obok.

Pierwsza opcja **Pokaż przeguby** pozwala pokazać ikony. Jest ona zdublowana w menu [Pokaż](#) opcjami **Pokaż ikony**, **Przeguby**.

Pierwszy blok opcji pozwala wybrać jeden z predefiniowanych przegubów lub zdefiniować własny.

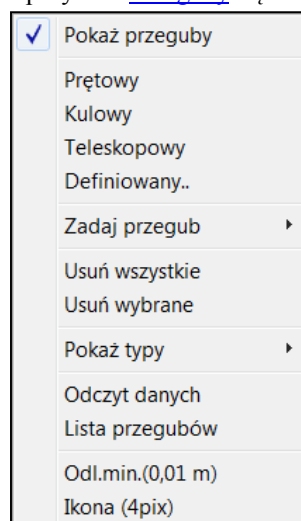
Opcją **Zadaj przegub** będzie można wybrać wcześniej zdefiniowany typ i wprowadzić go w nowe miejsca.

Opcją **Usuń wszystkie** usuwa z modelu wszystkie przeguby i ich definicje. Opcja **Usuń wybrane** pozwala wybrać miejsca do usunięcia. Należy pamiętać, że usunięcie tą opcją wszystkich przegubów nie kasuje ich definicji.

Opcja **Pokaż typ** wyświetla planszę z opisem typu przegubu i zaznacza miejsca, gdzie został zadany. Opcja **Odczyt danych** pozwala poznać rodzaj przegubu w wybranych miejscach. Opcją **Lista przegubów** można sporządzić tabelę z danymi o przegubach.

Opcja **Odl.min** podaje odległość dodatkowego pręta, który zostaje przyjęty w pręcie z przegubem.

Uwaga. Jeśli koniec pręta podparty jest podporą o składnikach tylko liniowych, to takie podparcie jest przegubowe i NIE WOLNO w tym końcu pręta zadawać przegubu.



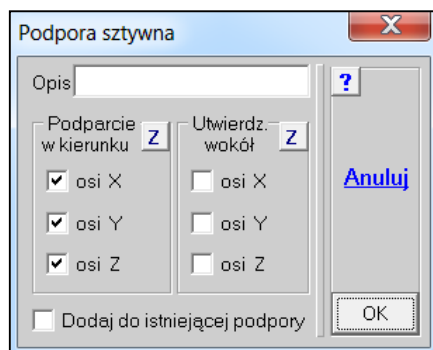
C 36. Menu Podpory

Warunek podporowy jest niezbędnym elementem każdego zadania. Podparcie obiektu może być zrealizowane na podporach przyłożonych do węzłów lub na podłożu przyłożonym do elementów. W tym rozdziale zostaną omówione sposoby podparcia węzłowego. Podpory mogą mieć charakter podpór teoretycznych: sztywnych lub podatnych. Można je też odczytać z pliku.

Sztywne..
Podatne..
Z pliku..

36.1. Podpora sztywna

Wybierając opcję **Sztywne** otrzyma się planszę definicji podpory sztywnej. W obiekcie przestrzennym podpora może mieć trzy składowe liniowe o kierunku osi X, Y lub Z i trzy składowe kątowe wokół osi X, Y i Z. danych. Liczba składowych podporowych będzie zależała od typu modelu. Domyślnie są tylko włączone składowe liniowe, co odpowiada modelowi podpory przegubowej. Po włączeniu składowych kątowych otrzyma się podporę sztywną (utwierdzenie). Przyciski [Z] pozwalają szybko przestawić włączniki w przeciwne ustawienia. Nowo zadawana podpora zamienia stare warunki podporowe w wybranym węźle, chyba, że na planszy definicji zostanie włączony warunek „Dodaj do istniejącej podpory”. Wtedy nowe składowe są dodawane do wcześniej wprowadzonych

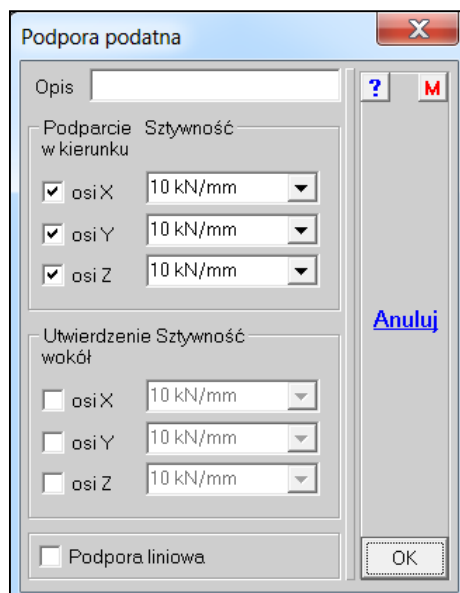


Po definicji składowych podporowych można przejść do wyboru węzłów podpartych. Jeśli w modelu jest wprowadzonych więcej niż jeden typ podpory, to pokaże się okno szybkiego zadawania, z którego podwójnym kliknięciem można wybrać potrzebny typ podparcia i przejść bezpośrednio do wybierania węzłów.

36.2. Podpora podatna

Po wybraniu opcji **Podatne..** pokaże się plansza, na której poza zaznaczeniem składowych podporowych będzie można wprowadzić ich sztywności. Sztywności liniowe wprowadza się w [kN/mm], a sztywności kątowe w [kNm/°]. Wartości sztywności są zapisywane do bazy i przy powtórным wywołaniu tej opcji można skorzystać ze wcześniej zadanych wartości. Jeśli wybrane składowe mają być niepodatne to należy wpisać sztywność równą 1E10, co zagwarantuje praktyczną niepodatność składowej. Jeśli zostanie włączona „Podpora liniowa” to jednostki sztywności zostaną zamienione na metr bieżący. Takie podpory będzie można zadawać tylko odcinkiem lub łukiem. Po zdefiniowaniu podpory można przyciskiem [OK] zamknąć planszę i przejść do wyboru węzłów podpartych.

Po wciśnięciu przycisku [M] będzie można zadać podporę podatną, ale tylko o składowych liniowych



za to o różnej sztywności w kierunku (+) i (-). Oczywiście ta cecha będzie wykorzystana tylko w obliczeniach nieliniowych.

36.3. Podpory z pliku

Podparcie można przygotować w pliku tekstowym. Postać tego pliku jest następująca. W pierwszej linii jest słowny opis pliku. Każda następna linia musi zawierać:

- numer kolejny,
- współrzędne X, Y i Z punktu przyłożenia podpory,
- sztywności liniowe dla kierunku X, Y i Z,
- sztywności skrętne wokół osi X, Y i Z

Przyjęto następujące kodowanie. Liczba 0 oznacza brak podparcia, liczba -1 oznacza podparcie sztywne. Sztywność liniową zadaje się w [kN/mm], sztywność skrętną w [kNm/°]. W pliku tekstowym można pominąć sztywności skrętne. Po wybraniu tej opcji otwiera się systemowe okno pozwalające odczytać pliki o rozszerzeniu .TXT.

Plik z podatnymi podporami

Nr	Wsp.X	Wsp.Y	Wsp.Z	Podat.X	Podat.Y	Podat.Z	PodatXx	PodatYy	PodatZz
Przykładowe podparcie płyty									
1	0	0	0	0	0	Sztywna	Sztywna	Sztywna	0
2	0,3	0	0	0	0	10000000000	0	0	0
3	0,6	0	0	0	0	10000000000	0	0	0
4	0,9	0	0	0	0	1000000000	0	0	0
5	1,2	0	0	0	0	100000000	0	0	0
6	1,5	0	0	0	0	10000000	0	0	0
7	1,8	0	0	0	0	1000000	0	0	0
8	2,1	0	0	0	0	100000	0	0	0
9	2,4	0	0	0	0	10000	0	0	0
10	2,7	0	0	0	0	1000	0	0	0
11	3	0	0	0	0	10	10000	10000	0
12	0	3	0	0	0	Sztywna	Sztywna	Sztywna	0
13	0,3	3	0	0	0	10000000000	0	0	0
14	0,6	3	0	0	0	10000000000	0	0	0
15	0,9	3	0	0	0	1000000000	0	0	0

Format

☒ Zmienny współrzędne 3 siły 0

☐ Stały siły 0

Dopasowanie

☒ Podpory do węzłów Sąsiedztwo nie większe od: 0,03 m

☐ Węzły do podpór

(X,Y,Z) [kN/mm]

(Xx,Yy,Zz) [kNm/°]

Anuluj

OK

W polu „Format” można zmienić postać liczb pokazujących współrzędne i siły, w polu „Dopasowanie” można zdecydować co dopasować do czego, jeśli tylko sąsiedztwo nie jest większe od zadanej wartości. Jeśli będą podpory zbyt odbiegające od węzłów to program poinformuje ile było takich przypadków. Podpory z pliku można łączyć z podporami zadawanymi wprost z menu.

W folderze \Przykłady_Ram jest plik Podparcie.txt oraz zadanie Podpory_Z_Pliku w którym przyjęto podparcie odczytane z tego pliku. W przypadku modeli prętowych istotne jest dopasowanie węzłów do punktów wprowadzonych w pliku tekstowym.

36.4. Inne opcje menu Podpory

Po wprowadzeniu podpór menu **Podpory** będzie zawierało szereg różnych opcji pozwalających zadać, zmienić i poznać warunki podparcia. Opcja **[P]Pokaż podpory** steruje wyświetlaniem ikon podpór. To samo robi klawisz <P>.

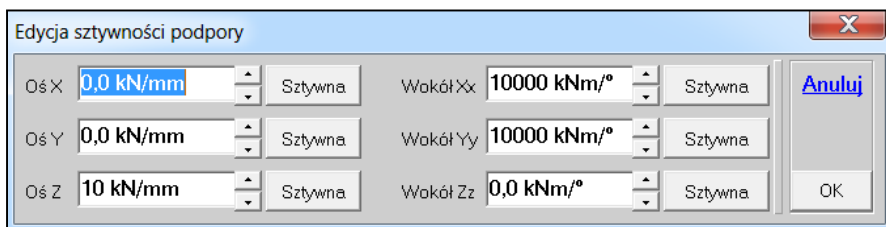
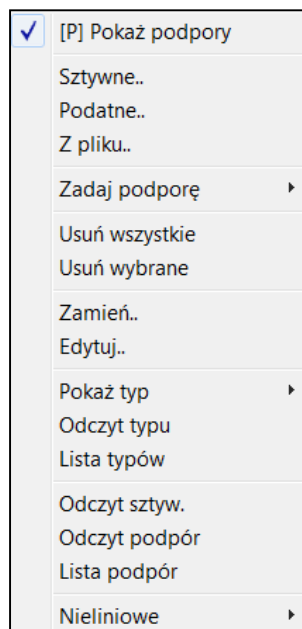
Opcja **Zadaj podporę** wyświetla listę typów podpór już zdefiniowanych i można wybrać odpowiedni typ i zadać podparcie w nowych miejscach.

Opcję **Usuń wszystkie** można usunąć zarówno podparcie modelu jak i definicje podpór. Operacja ta wymaga potwierdzenia. Druga opcja **Usuń wybrane** pozwala usunąć podpory w wybranych miejscach. Jeśli liczba składowych podporowych w wybranych miejscach jest większa od jednej, to pokaże się plansza, na której będzie można zadeklarować, które składowe mają być usunięte.

Opcja **Zamień..** pozwala łatwo zamienić jeden typ podpory na drugi. Po wybraniu tej opcji pokaże się plansza ze spisem typów podpór w zadaniu. Po włączeniu jednego typu w lewym oknie należy włączyć inny typ w prawym oknie. Dodatkowo można zadeklarować usuwanie opisów zbędnych typów podpór.

Opcję **Edytuj..** można zmienić opis podpory. Po wybraniu węzła podpartego zostaną zaznaczone wszystkie węzły z podporą tego typu i pokaże się plansza podobna do tej na której był zadawany opis i będzie można zmienić składowe lub sztywności.

Kolejne trzy opcje pozwalają poznać opis typu podpór i ich lokalizację. Po kliknięciu na opcję **Pokaż typ** wyświetli się



lista typów, taka sama jak przy opcji **Zadaj podporę**. Po wybraniu odpowiedniej pozycji pokaże się plansza z opisem podpory, oraz zostaną wyróżnione te punkty podparcia, w których występuje pokazywany typ. Na planszy opisu będą widoczne tylko te pozycje, które są w wybranym typie. Opisów nie będzie można zmienić.

Po wybraniu opcji **Odczyt typu** należy wybrać jeden punkt podparcia. Pokaże się plansza z opisem typu podpory taka sama jakby typ został wybrany, a odczytany węzeł oraz wszystkie inne, w których są takie same typy zostaną wyróżnione. **Lista typów** wyświetla listę opisów typów podpór.

Opcja **Odczyt sztywności** pozwala poznać wartości sztywności podpory. Będą to napisy „Sztywna” dla składowych niepodatnych, wartości sztywności zadane przez użytkownika w podporach podatnych oraz sztywności obliczone przez program dla słupów i ścian. Odczyty sztywności podpór mogą być drukowane.

Opcja **Odczyt podpór** pozwala pokazać w skróconej formie, jaki typ podpory jest w wybranych węzłach. Również te odczyty można drukować.

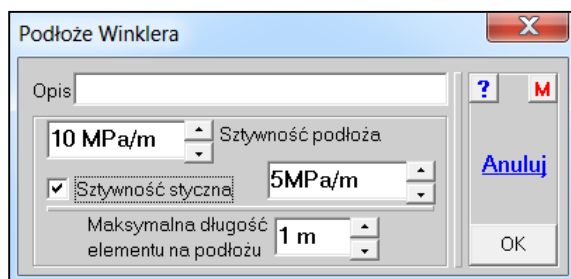
Ostatnia opcja **Lista podpór** pozwala pokazać w formie listy numery węzłów podpartych i wybranych do listy oraz numery typów podpór wraz z zaznaczeniem, jakie składowe są w danym węźle.

Opcję **Nieliniowe** wprowadza się cechy nieliniowe podpór. Będzie to omówione w rozdziale C42 poświęconym obliczeniom nieliniowym.

C 37. Podłoże sprężyste

Drugim sposobem na podparcie to podłoże sprężyste. W programie ABC Rama3D może to być tylko podłoże typu Winklera. Podłoże sprężyste jest przykładane do elementów, dlatego też model posadowiony na podłożu sprężystym jest niewrażliwy na modyfikacje siatki. Podłoże przykładane jest w kierunku elementowej osi y' z możliwością wprowadzenia składników stycznych, które w zadaniach typu Rama3D będzie miało składnik x' - wzdłuż pręta i składnik z' - poprzecznie do pręta. Elementy posadowione na podłożu nie mogą być dłuższe od granicznej wartości, która domyślnie jest równa 1 m. Wszystkie elementy dłuższe będą automatycznie podzielone na odcinki krótsze. **Posadowienie na podłożu można łączyć z podporami.**

Opis podłoża Winklera zadaje się na planszy, na której zawsze będzie sztywność podłoża, może być sztywność styczna i będzie podana maksymalna długość elementu. Po wpisaniu współczynnika sprężystości podłoża Winklera należy wybrać elementy, które będą na nim posadowione. Przyjmując posadowienie na podłożu Winklera można też mieć go zmienne.



Po zadaniu podłoża Winklera zakres menu ulegnie rozszerzeniu o dodatkowe opcje, które pozwolą na zadawanie stref o innych parametrach, edycję parametrów podłoża, na zmianę lokalizacji, itp.

Opcję **Pokaż podłoże** można wyłączyć pokazywanie podłoża. Opcja ta dubluje podobną opcję w menu [Pokaż](#). Wybierając opcję Winklera.. można wpisać kolejne podłoże, o innym współczynniku sztywności.

Kolejna opcja **Zadaj** pojawi się tylko dla posadowienia na podłożu o różnym opisie. Pozwala wybrać jedno z wcześniej zdefiniowanych podłoży i zadać je w nowych miejscach.

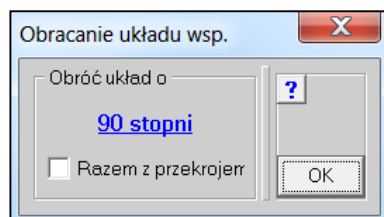
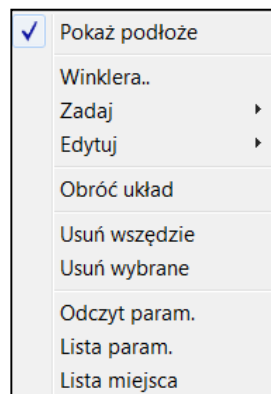
Opcja **Edytuj** pozwoli zmienić opis podłoża bez konieczności zmiany jego lokalizacji.

Opcja **Obróć układ** pozwala zmieniać zwrot elementowej osi y' .

W przypadku zadań przestrzennych oś będzie można zmieniać co 90° , dla zadań płaskich oś będzie zmieniała się co 180° . Właściwe ustawienie osi y' zagwarantuje właściwe znaki odporów, a w przypadku obliczeń nieliniowych jest niezbędne.

Opcja **Usuń wszędzie** jest dostępna we wszystkich typach podłoża. Pozwala usunąć zupełnie z modelu posadowienie na podłożu. Z tej opcji należy skorzystać, jeśli ma się zamiar zmienić rodzaj podłoża. Opcja **Usuń wybrane** jest dostępna tylko przy podłożach różnorodnych i pozwala usunąć opis z wybranych elementów. Jeśli w zadaniu są opisy podłoża nie wprowadzonego do elementów to pojawi się opcja **Usuń zbędne** którą można te opisy usunąć.

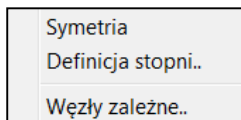
Opcje: **Odczyt parametrów**, **Lista parametrów** i **Lista miejsca** pozwala poznać przyjęte posadowienie.



C 38. Menu Więzy

Opcje menu [Więzy](#) pozwalają zadać warunki brzegowe. Zasadniczo wykorzystuje się je do wprowadzenia symetrii, ale można sobie wyobrazić, że warunkami brzegowymi zapewni się w modelu podparcie. Byłby to trzeci sposób na podparcie. Jednak wprowadzenie podparcia na drodze zadania warunków brzegowych ma poważną wadę. Nie pozwala na obliczenie reakcji.

Trzecią możliwością tego menu to wprowadzenie węzłów zależnych. Są to takie węzły, w których, w wybranych stopniach swobody, muszą być takie same przemieszczenia. Takie możliwości modelowe mogą być wykorzystane do bardzo zaawansowanych i finezyjnych analiz lub do sztuczek numerycznych. Dalej będą omówione dwa takie zadania.



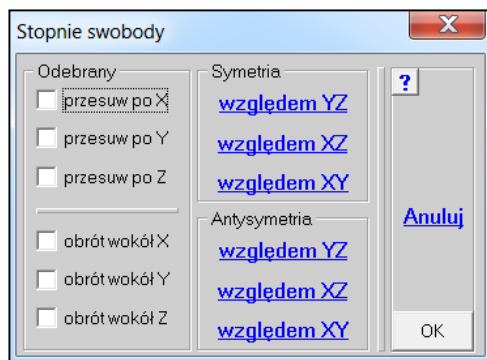
38.1. Symetrie

Symetria jest narzędziem, które kiedyś było często stosowane, ponieważ pozwalało zmniejszyć zadanie dwu- a nawet czterokrotnie. Obecne możliwości obliczeniowe spowodowały, że symetria straciła na znaczeniu. Należy pamiętać, że warunek symetrii musi dotyczyć nie tylko geometrii, ale również obciążeń. W warunkach rzeczywistych analiz ten ostatni warunek najczęściej nie był zachowywany.

Po wybraniu opcji **Symetria** należy wybrać dwa węzły, w których będą zadane warunki symetrii. Oś symetrii zadaje się zawsze odcinkiem. Jeśli będzie ukośna to w wybranych węzłach zostaną zadane węzłowe układy współrzędnych. Zadane warunki brzegowe są symbolizowane ciemnymi ikonami. W folderze `\Przykłady_Ram` jest zadanie Symetria, w którym zadano dwie osie symetrii. Są to osie wzajemnie prostopadłe. Dzięki temu na modelu 3x3 m rozwiązano ruszt kwadratowy o wymiarach 6x6 m.

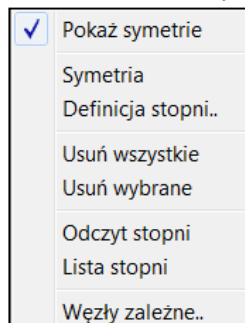
38.2. Definicja stopni swobody

Opcja **Definicja stopni** w menu [Więzy](#) pozwala w sposób jawny i pełny zdefiniować odebrane stopnie swobody. Na planszy w polu „Symetria” można wybrać przycisk [względem YZ](#), [względem XZ](#) i [względem XY](#), które odbiorą odpowiednie stopnie swobody w wybranych potem węzłach. Jeśli ma to być symetria dla linii nachylonej do osi globalnych to trzeba w tych węzłach wprowadzić odpowiednie układy węzłowe. W polu „Antysymetria” można wybrać ten warunek brzegowy względem osi X lub Y i następnie zadać go w wybranych węzłach. W polu „Odebrany” można indywidualnie odebrać stopnie swobody. Potem te warunki będą wprowadzone w wybrane węzły.



38.3. Opcje menu Więzy

W menu [Więzy](#) po zadaniu warunków brzegowych typu Symetria lub przez jawną definicję można opcją **Pokaż symetrie** pokazać ikony odebranych stopni swobody. Działanie tej opcji dubluje podobną opcję w menu [Pokaż](#). Opcją **Symetria** można zadawać kolejne miejsca z tą cechą. Podobnie opcją **Definicja stopni..** można zdefiniować odebrane stopnie swobody i następnie wybrać węzły.



Opcją **Usuń wszystkie** można uwolnić wszystkie węzły modelu. Opcją **Usuń wybrane** można uwalnianie ograniczyć tylko do wybranych miejsc. Wybierając opcję **Odczyt stopni** można poznać, które stopnie swobody są odebrane, z kolei opcją **Lista stopni** można pokazać odebrane stopnie swobody w formie tabeli.

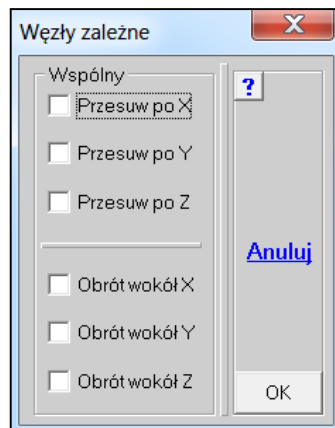
38.4. Węzły zależne

Węzły zależne są to węzły, w których zadano warunek, że w wybranych stopniach swobody muszą być takie same przemieszczenia. Jeśli wybrano stopnie liniowe to będą takie same ugięcia, a jeśli wybrano stopnie kątowe to będą takie same kąty obrotu. Węzły zależne na ogół znajdują się w różnych miejscach modelu. Jeśli znajdują się w tym samym miejscu to mogą być wykorzystywane do modelowania przegubu. W opcji **Węzły zależne** w pierwszym kroku zadaje się, które stopnie swobody mają być takie same. Na planszy, w polu „Wspólny” należy włączyć potrzebne stopnie swobody i następnie wybrać węzły parami. Jeden węzeł może należeć do więcej niż jedna para węzłów zależnych.

Po wprowadzeniu do modelu węzłów zależnych rośnie liczba opcji w menu **Więzy**. Opcją **Pokaż zależne** można wyłączyć pokazywanie węzłów o wspólnych stopniach swobody. Opcją **Węzły zależne..** można zdefiniować kolejne warunki i wybrać nowe miejsca. Opcją **Usuń wszystkie** można zupełnie zlikwidować opis węzłów zależnych w modelu. Opcją **Usuń wybrane** można usunąć zależność tylko w wybranych miejscach modelu. Po wybraniu opcji **Odczyt zależnych** pokazują się pary węzłów zależnych i po wskazaniu węzła wyświetli się okno ze wspólnymi stopniami swobody. Opcja **Lista zależnych** pozwala pokazać w formie tabeli węzły zależne wraz z opisem wspólnych stopni swobody.

W folderze \Przykłady_Ram jest zadanie *Wezly_Zalezne_1*. Zadano w nim kwadratowy ruszt podparty przegubowo w dwóch przeciwległych narożnikach. Taki ruszt może obracać się wokół osi przechodzącej przez podpory - wokół jednej z przekątnych. *Uwaga: ponieważ układ jest niestabilny numerycznie ponowne rozwiązanie na innym procesorze może dać inne wyniki, Może też skończyć się komunikatem „Zero na przekątnej”.*

W drugim zadaniu *Wezly_Zalezne_2* zadano wspólnotę przemieszczeń pionowych narożnych węzłów nie podpartych. Otrzymano inne rozwiązanie w odróżnieniu od zadania *Wezly_Zalezne_1*.



C 39. Obciążenia

Obciążenia mogą być mechaniczne typu: siły skupione, liniowe lub powierzchniowe oraz niemechaniczne typu: termika, skurcze, montażowe, przemieszczenia wstępne podpór, itp. Można również zadać obciążenia dynamiczne wywołane obrotem. W jednym schemacie mogą wystąpić naraz wszystkie typy obciążeń. Jednak, ze względu na czytelność graficznej prezentacji, lepiej zadawać w schematach pojedyncze typy obciążeń. W programie ABC Rama3D nie ma formalnego ograniczenia na to, czy obciążenia mają mieć wartości charakterystyczne czy obliczeniowe, ale **wygodniej jest operować wartościami charakterystycznymi**. Jeśli w schemacie występują obciążenia o różnych mnożnikach obciążenia, to należy każde obciążenie wprowadzić w odrębnym schemacie. W programie nie ma ograniczenia liczby schematów. Schematy z założenia otrzymują atrybut obciążenia stałego. Jeśli będą to obciążenia zmienne, warunkowe lub zależne (dokładne omówienie tych pojęć będzie w rozdziale poświęconemu sposobom liczenia obwiedni) to atrybut będzie można nadać w module WYNIKI, już po obliczeniach. Jest jedno odstępstwo od tej reguły. Mianowicie obciążenia liniowe można rozkładać odcinkami na osobne schematy, które otrzymują wtedy od razu atrybut zmienne. Sposób rozkładania obciążeń na schematy zmienne będzie omówiony dalej.

W programie ABC Rama3D wprowadzono jeszcze jedną ciekawą możliwość. Mianowicie w każdym schemacie może być **inny układ podporowy**. Takie zadanie jest rozwiązywane jako statyka wielokrotna i może potem być poddane analizie wyników tak jak każde inne zadanie.

Jeśli w zadaniu nie ma jeszcze obciążeń to po kliknięciu w przycisku [Obciążenia](#) pojawi się menu z obciążeniami dla pierwszego schematu. Po wciśnięciu przycisku [M] pojawią się przyciski [Termika](#), [Skurcz](#), [Montaż](#), [Przemiesz.](#) i [Obroty](#). Przycisk [M] z kolei pojawi się wtedy, kiedy w modelu wprowadzono dane materiałowe i opis przekrojów.

Jeśli zostaną zadane jakieś obciążenia uaktywni się przycisk [Nowy](#), którym można zmienić schemat na kolejny. Pod przyciskiem [Obroty](#) pojawi się wtedy zielony przycisk [Takie samo](#), którym będzie można skopiować obciążenie z któregoś wcześniej wprowadzonych schematów. Wygodne narzędzie jeśli schematy niewiele różnią się między sobą.

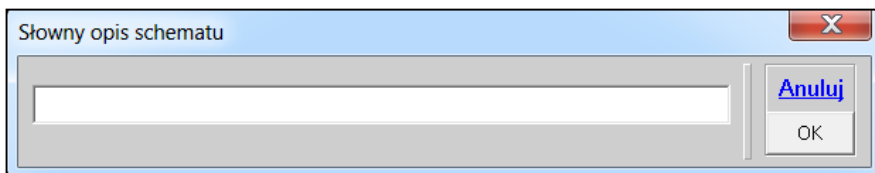


39.1. Opis obciążenia

Przyciskiem [Opis obc.](#) można wprowadzić własny komentarz do schematu. Jeśli ten opis nie zostanie wprowadzony, to przy zamykaniu schematu przyciskiem [Koniec obc.] lub [Nowy](#), program nada własną nazwę pochodzącą od rodzaju wprowadzonego obciążenia.

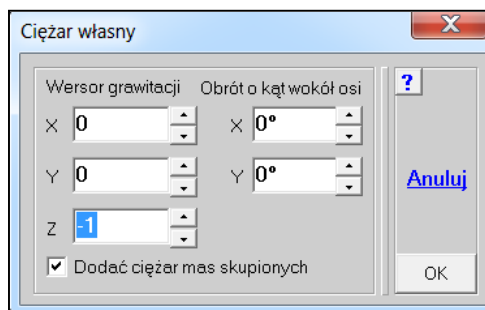
Nazwy schematów można

później zmieniać bez konieczności powtórnego obliczania i można to robić zarówno w module DANE jak i WYNIKI. Wprowadzenie opisów dla schematów znacznie ułatwia analizę wyników i z tego względu warto zachować tutaj trochę dyscypliny.



39.2. Obciążenie ciężarem własnym

Obciążenie ciężarem własnym jest obciążeniem rozłożonym objętościowo o wartości proporcjonalnej do objętości elementów i ciężaru właściwego materiału modelu. W przypadku modelu 3D kierunek obciążenia ciężarem własnym może mieć trzy składowe o kierunkach X, Y i Z. Domyślnie obciążenie ciężarem własnym ma kierunek -Z. Można wpisać dwa składniki wektora grawitacji i program sprawdzi, czy wypadkowa nie jest różna od 1. Pokaże się wtedy ostrzeżenie. Jeśli wektor grawitacji jest obrócony w stosunku do głównego układu współrzędnych wygodniej jest wpisać kąt obrotu, a program sam obliczy niezbędne składowe wektora, zachowując warunek, aby wypadkowa była równa 1. Układ grawitacyjny można obracać wokół osi X i/lub Y. W przypadku Kraty2D i Ramy2D wystąpią tylko składniki X i Z. Dla Rusztu z kolei będzie dostępny tylko kierunek Z.



Obciążenie ciężarem własnym zadane w ten sposób jest zupełnie niewrażliwe na wszelkie zmiany siatki i zmianę przekroju elementów. Jeśli w schemacie zadano już obciążenie ciężarem własnym i ponownie wywołano planszę przyciskiem [Ciężar](#), to zamknięcie planszy przyciskiem [Usuń](#) (zmeni się napis na przycisku [Anuluj](#)) usunie to obciążenie ze schematu. Obciążenie ciężarem własnym jest symbolizowane konturową strzałką rysowaną w lewym dolnym rogu ekranu z plaketką podającą niezerowy składnik wektora.

Jeśli w modelu, do obliczeń dynamicznych, założono masy skupione to będzie można je uwzględnić w obciążeniu ciężarem własnym.

Jeśli w schematach nie będzie obciążenia ciężarem własnym to przy wywołaniu obliczeń program wyświetli odpowiednie ostrzeżenie. Jeśli ciężar własny będzie wprowadzony w kilku schematach, to przy definiowaniu obwiedni - moduł WYNIKI - też będzie ostrzeżenie.

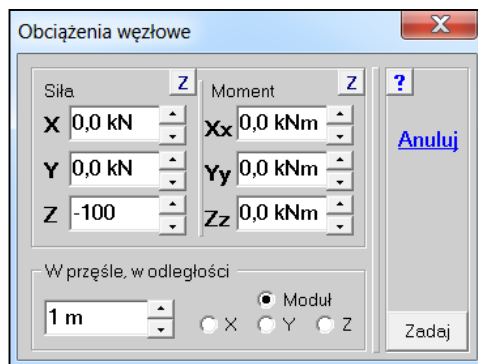
W zadaniu Rozne_Obc zamieszczonym w folderze \Przykłady_Ram będzie to pierwsze obciążenie. Z menu [Obciążenia](#) można wywołać opcję [Pokaż obciążenia](#), następnie wybrać pierwszy schemat i można zobaczyć konturową strzałkę symbolizującą obciążenie ciężarem własnym oraz szarą strzałkę z zielonym opisem symbolizującą ciężar masy skupionej.

39.3. Obciążenie siłami skupionymi

Siły skupione, które ze względu na konieczność przyłożenia ich w węzłach powinny się nazywać siłami węzłowymi, można zadawać wpisując

Zadaj siły..
Z pliku..

wartości na planszy i wybierając węzły - opcja [Zadaj siły](#).. lub można je wczytać z pliku.. W modelu Rama3D po wybieraniu opcji [Zadaj siły](#).. otworzy się okno, w którym będzie można wprowadzić siłę o trzech składowych i/lub momenty też o trzech kierunkach. Jeśli w wybranych węzłach nie ma układów węzłowych wtedy obciążenie będzie wprowadzone w układzie głównym. Jeśli w miejscu przyłożenia obciążenia będzie wprowadzony układ węzłowy to składowe będą się do niego odnosić.



Jeśli podczas wybierania węzłów obciążonych siłami skupionymi naciśnie się prawy przycisk myszy to w podręcznym menu pokaże się opcja **Nowa siła..** którą można ponownie otworzyć planszę deklarowania obciążenia węzłowego. Zadawanie sił węzłowych kończy przycisk [Zakończ](#) lub opcja [Zakończ](#) z menu podręcznego.

Dla modeli innych kategorii liczba składowych będzie inna, np.: w kratownicach nie będzie momentów. w ruszcie będzie tylko siła o kierunku Z i dwa momenty itp.

W zadaniu *Rozne_obc* w drugim schemacie są zadane siły węzłowe. W trzecim schemacie wprowadzono siły działające w przęśle.

Wybierając opcję **Z pliku..** można otworzyć plik tekstowy z siłami. W pliku w pierwszej linii jest słowny opis, w każdej następnej linii jest:

- numer kolejny,
- numer schematu,
- współrzędne X, Y i Z punktu przyłożenia,
- składowe siły X, Y i Z,
- składowe momentów wokół X, Y i Z.

Plik z siłami skupionymi

Nr	Schemat	Wsp.X	Wsp.Y	Wsp.Z	Siła.X	Siła.Y	Siła.Z	Mom.Xx	Mom.Yy	Mom.Zz
1. Ciężar własny obliczeniowe										
1	1	1,2	0,0	0,0	0,0	0	-1,774	0,0	0,0	0,0
2	1	1,2	0,3	0,0	0,0	0	-6,509	0,0	0,0	0,0
3	1	1,2	0,6	0,0	0,0	0	-6,407	0,0	0,0	0,0
4	1	1,2	0,9	0,0	0,0	0	-5,924	0,0	0,0	0,0
5	1	1,2	1,2	0,0	0,0	0	-5,642	0,0	0,0	0,0
6	1	1,2	1,5	0,0	0,0	0	-5,56	0,0	0,0	0,0
7	1	1,2	1,8	0,0	0,0	0	-5,642	0,0	0,0	0,0
8	1	1,2	2,1	0,0	0,0	0	-5,924	0,0	0,0	0,0
9	1	1,2	2,4	0,0	0,0	0	-6,407	0,0	0,0	0,0
10	1	1,2	2,7	0,0	0,0	0	-6,509	0,0	0,0	0,0
11	1	1,2	3	0,0	0,0	0	-1,774	0,0	0,0	0,0

Format
☒ Zmienny **wsp** 3
☐ Stały **siły** 0

Zmiana układu wsp.
do X 0 m
do Y 0 m
do Z 0 m

Typ sił skupionych
☒ Siły węzłowe
☐ Siły polowe

Dopasowanie
☒ Sił do węzłów
☐ Węzłów do sił

Sąsiedztwo nie większe od:
 0,01 m

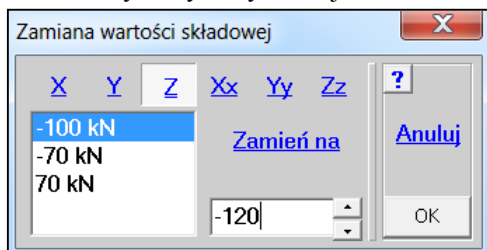
[Anuluj](#) [OK](#)

Jeśli w opisie obciążeń będą momenty, wtedy takie siły mają charakter sił węzłowych z możliwością doprowadzenia węzłów siatki do punktów przyłożenia sił lub na odwrót. Jeśli momentów nie ma, to można zdecydować, czy są to siły węzłowe czy polowych, które nie są związane z węzłami. Na planszy, która się otworzy po wczytaniu sił można jeszcze skorygować współrzędne przyłożenia obciążenia dodając odpowiednią liczbę do współrzędnej X i/lub Y. Siły w pliku mają wpisany numer schematu. Jeśli numer schematu z pliku nie zgadza się z aktualnym numerem schematu to pokaże się ostrzeżenie, ale będzie można zadać te siły. Jeśli punkt przyłożenia sił węzłowych będzie większy od zadanego sąsiedztwa to taka siła zostanie opuszczona. Podobnie przy siłach polowych. Jeśli punkt przyłożenia wyjdzie poza obszar modelu to zostanie opuszczona. Program zasygnalizuje ten fakt podając liczbę opuszczonych sił.

Plik z siłami skupionymi można utworzyć w module WYNIKI podczas analizy reakcji. W ten sposób reakcje z jednego zadania mogą być obciążeniem w innym zadaniu. Jeśli plik z siłami zostanie odczytany w schemacie w którym już są obciążenia skupione wtedy będzie można je dodać do istniejących sił lub zastąpić je.

Jeśli w schemacie będą już siły skupione to wtedy w menu będzie więcej opcji. Przy pomocy **Usuń wszystkie** będzie można usunąć wszystkie siły skupione w aktualnym schemacie. Wybierając opcję **Usuń wybrane** będzie można usunąć wskazane siły skupione. Opcja **Edycja siły..** pozwala zmienić siły w wybranych miejscach.

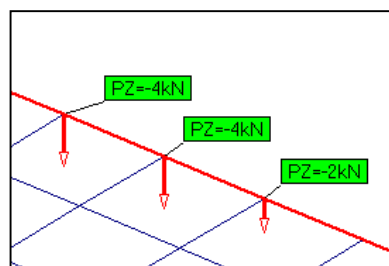
Zadaj siły..
Z pliku..
Usuń wszystkie
Usuń wybrane
Edycja siły..
Zamień siły..
Skaluj..
Odczyt sił
Lista sił..
[M] Opis sił



Zamień siły.. z kolei pozwala zamienić wybraną wartość siły na inną. We wszystkich miejscach, gdzie działa siła o wskazanej wartości nastąpi zmiana.

Przy pomocy opcji **Skaluj..** można zmienić wszystkie siły skupione działające w tym schemacie.

Odczyt sił pozwala poznać wartości obciążenia skupionego w wybranych miejscach. **Lista sił..** pozwala udokumentować siły skupione. Opcją **[M]Opis sił**, lub klawiszem <M> steruje się wyświetlaniem okienek przy siłach skupionych. Te okienka pokażą się przy wszystkich siłach skupionych.



39.4. Obciążenie siłami liniowymi

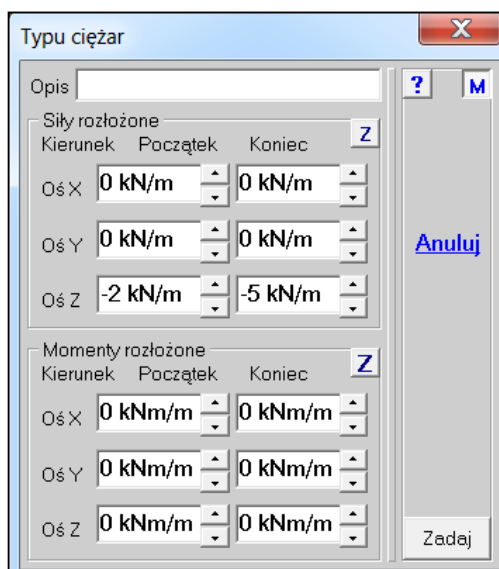
Siły liniowe mogą być typu Ciężar, Śnieg, Lód i Wiatr. Siły liniowe zadaje się odcinkiem lub łukiem. Kolejne węzły muszą należeć do sąsiednich elementów. Jeśli ten warunek nie jest spełniony pokaże się komunikat błędu „Linia obciążenia z przerwami”. Obciążone pręty mogą być dzielone ponieważ obciążenie pozostanie nadal na tym samym odcinku.

Typu ciężar..
Typu śnieg..
Typu lód..
Typu wiatr..

39.4.1. Siły liniowe typu Ciężar

Jeśli suma oddziaływań sił liniowych będzie proporcjonalna do długości odcinka na którym działają będą to siły typu: Ciężar. Siły liniowe w Ramie3D mogą mieć trzy składowe o kierunku X, Y i Z. Po kliknięciu w przycisk **[M]** pokaże się okno z możliwością zadania liniowych momentów. Obciążenia liniowe mogą być stałe na długości lub liniowo zmienne. Obciążenie zadaje się na planszy. Wprowadzając wartość w lewym okienku powoduje się, że na taką samą zmienia się prawe okno. Będzie to obciążenie stałe. Natomiast zmiana prawego okienka nie pociąga za sobą innych zmian i wtedy obciążenie będzie liniowo zmienne. Obciążenie typu Ciężar ma kolor czerwony.

Po zamknięciu okna przyciskiem **[Zadaj]** będzie można wybrać elementy. Jeśli obciążenie będzie zmienne to można to zrobić tylko odcinkiem lub łukiem.



Zadawanie obciążenia kończy przycisk [Zakończ](#). Jeśli w czasie wybierania odcinków działania zostanie naciśnięty prawy przycisk myszy to opcją **Nowa siła** z podręcznego menu będzie można utworzyć planszę wartości i zmienić dane.

W zadaniu *Rozne_obc* w czwartym schemacie zadano siły liniowe stałe i zmienne, typu Ciężar i Śnieg.

39.4.2. Siły liniowe typu Śnieg

Jeśli suma oddziaływań będzie proporcjonalna do długości rzutu odcinka na którym działają będą to siły typu: Śnieg. Również ten typ obciążenia ma trzy składowe w głównym układzie współrzędnych X, Y i Z. Również w tym przypadku mogą być liniowe składniki momentowe. Identyczna jest plansza na której wprowadza się opis obciążenia. Tylko na górnym pasku będzie napis „Typu Śnieg”. Jeśli linia obciążenia będzie pozioma, a obciążenia typu Ciężar i Śnieg będą mieć tylko składnik Z to oddziaływanie ich na obiekt będzie identyczne. Różnice ujawnią się wtedy kiedy obciążone odcinki będą nachylone do poziomu.

Obciążenie typu Śnieg ma kolor fioletowy.

39.4.3. Siły liniowe typu Lód

Jest to obciążenie oblodzeniem. Na planszy definiuje się grubość warstwy lodu, jej ciężar właściwy i kierunek działania grawitacji. Do poprawnego wyznaczenia tego obciążenia są potrzebne obwody zewnętrzne przekrojów obciążonych prętów. Jeśli parametry przekrojowe będą obliczane modulem MOMBEZ to obwody są liczone dla każdego typu. Obciążenie to ma charakter ciężarowy czyli zależy od długości pręta.

W zadaniu *Rozne_obc* w piątym schemacie zadano takie obciążenie.

39.4.3. Siły liniowe typu Wiatr

Siły liniowe typu Wiatr są zadawane w elementach prętowych i są opisane w lokalnym układzie współrzędnych który będzie miał oś x' wzdłuż pręta krawędzi, a oś y' i z' będą osiami przekrojowymi. Po kliknięciu w przycisk [M] otwiera się okno ze składowymi momentowymi, też zadawanymi w elementowym układzie współrzędnych.

Obciążenie typu Wiatr ma kolor zielony.

W zadaniu *Rozne_obc* w szóstym schemacie zadano obciążenie typu wiatr.

39.4.4. Menu Siły liniowe

Jeśli w aktualnym schemacie są już siły liniowe, to wybranie przycisku [Siły liniowe](#) spowoduje wyświetlenie menu obciążeń liniowych. Cztery pierwsze opcje pozwolą otworzyć planszę zadawania wartości i będzie można wprowadzić kolejne obciążenie. Opcja **Zadaj siły** wyświetla listę zdefiniowanych już obciążeń (we wszystkich schematach) i można wybrać potrzebny opis i zadać w nowym miejscu.

Opcja **Usuń wszystkie** pozwala, bez wybierania miejsc, usunąć obciążenia liniowe z aktualnego schematu. Nie są usuwane definicje obciążeń tylko informacje o miejscu ich przyłożenia. Operacja ta wymaga potwierdzenia. Opcją **Usuń wybrane** można usuwać obciążenia liniowe z wybranych miejsc. Opcja **Usuń zbędne** pojawi się wtedy, kiedy w zadaniu będą definicje obciążeń liniowych nie używane w żadnym schemacie.

Opcją **Zamień siły..** można zamienić jedne wartości na drugie, ale tylko w aktywnym schemacie. Opcja **Skaluj..** pozwala przeskalować wszystkie obciążenia liniowe z aktywnego schematu.

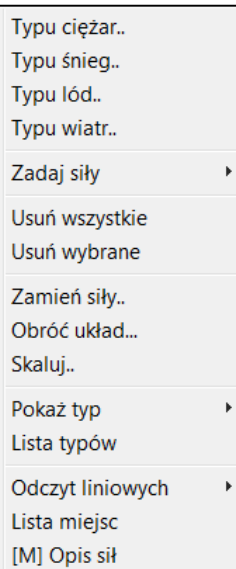
Opcja **Obróć układ** obraca kierunek osi x' w wybranych elementach. Oś y' zostaje bez zmiany, oś z' też obraca się o 180° .

Opcja **Pokaż typ** wyświetla listę zdefiniowanych typów obciążeń liniowych i wybierając jedno z nich można pokazać jego definicję.

Lista **typów** pozwala pokazać typy obciążeń w formie listy.

Opcja **Odczyt liniowych** pozwala poznać samą wartość obciążenia w danym miejscu lub z podaniem odległości odcinka na którym działa. Jeśli obciążenie jest liniowo zmienne, to wartość będzie dokładnie z miejsca kliknięcia linii działania obciążenia. Taki rysunek może być wydrukowany i będzie dokumentacją przyjętych obciążeń w zadaniu.

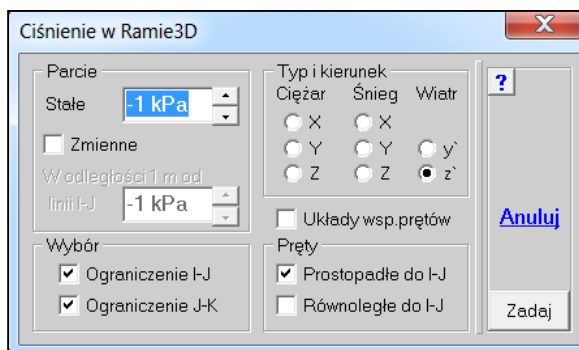
Opcja **Lista miejsc** pozwala, dla aktualnego schematu, pokazać w formie tabeli przyjęte obciążenie. Opcją **[M]Opis sił** lub klawiszem <M> można sterować opisem obciążeń liniowych. W opisie będą podane wartości i długość odcinka na które działają.



Tylko wartości
Z odległością

39.5. Obciążenia ciśnieniem

Obciążenie parciem może być zastąpione automatycznie obciążeniami liniowymi przyłożonymi do płaskiego fragmentu prętowego. Na planszy definiuje się wartość parcia, to czy ma być stałe lub zmienne oraz kierunek. Jeśli parcie działa na płaską ścianę hali to można wybrać Ciężar lub Śnieg o kierunku prostopadłym do płaszczyzny ściany. Jeśli będzie to połać dachu nachylona pod kątem to lepiej wybrać obciążenie liniowe typu Wiatr, tyle, że trzeba zadbać o zgodność układów współrzędnych prętowych. Można je pokazać odpowiednim włącznikiem. Ekwiwalentne obciążenie liniowe może być przykładane do prętów równoległych do linii I-J wyboru i/lub prostopadłych. Punkty I J są to pierwsze węzły wyboru płaszczyzny, którą trzeba jeszcze wybrać trzecim punktem. Dodatkowo można włączyć ograniczenia fragmentowe w polu Wybór i nie trzeba wstępnie wybierać fragmentu modelu opcją Fragment.



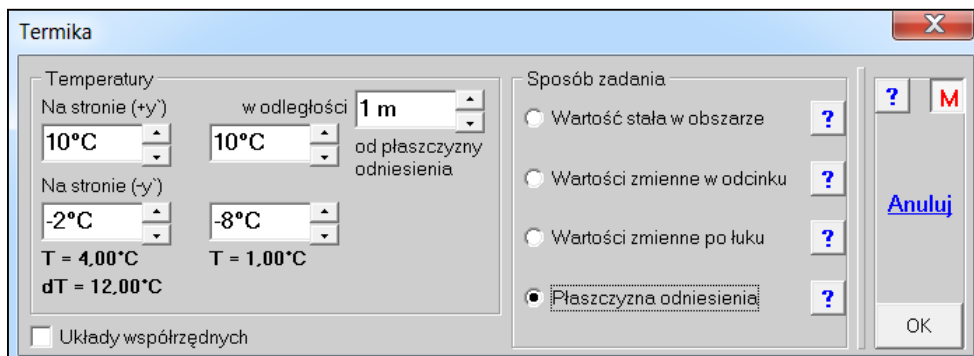
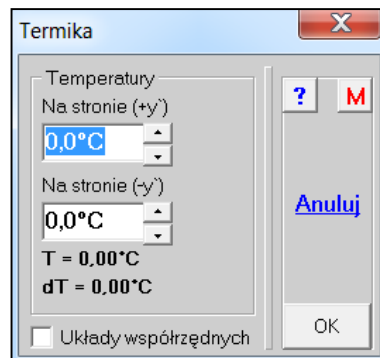
W zadaniu Rozne_obc w siódmym schemacie jest obciążenie ekwiwalentne przyłożone do prętów modelu.

39.6. Termika

Obciążenie temperaturą są zakładane w węzłach, oddzielnie dla kierunku $+y$ i $-y$ elementów prętowych. Układy elementów można pokazać po kliknięciu w przełącznik.

Na planszy wpisuje się wartości temperatury i można wybrać sposób zmienności temperatury. Potem należy wybrać odpowiedni obszar modelu.

W zadaniu Rozne_obc w ósmym schemacie zadano obciążenie stałą temperaturą części ukośnej, a w dziewiątym obciążenie zmienne na wysokości przekroju poziomej belki.



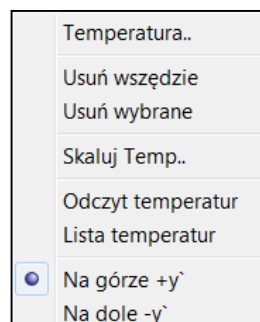
Po zadaniu obciążenia termicznego liczba opcji w menu Termika rośnie. Opcją **Usuń wszędzie** można usunąć wszystkie temperatury działające w aktualnym schemacie. Opcją **Usuń wybrane** będzie można usunąć temperatury z wybranych węzłów.

Opcją **Skaluj Temp.** można przeskalować wszystkie temperatury działające w aktualnym schemacie.

Opcją **Odczyt temperatur** pozwala poznać wartość obciążenia w wybranych węzłach.

Opcje **Lista temperatur** pozwala pokazać w formie tabeli przyjęte wartości temperatur w wybranych miejscach.

Opcje **Na górze +y** i **Na dole -y** pozwalają na zmianę strony elementu powłokowego z temperaturą. Jeśli będą tylko pręty wtedy te opcje będą miały opis: **Dla góry +y** i **Dla dołu -y**.



39.7. Skurcz

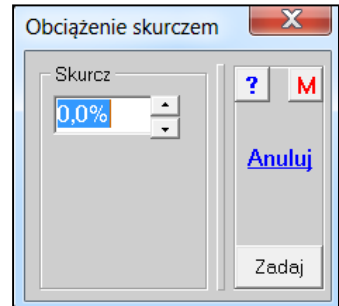
Obciążenie skurczem są zakładane w podobny sposób jak inne typy obciążeń. Po określeniu wartości skurczu i rodzaju zmienności można przejść do wyboru obciążonego miejsca.

W schemacie dziesiątym zadania Rozne_obc zadano skurcz w poziomej belce modelu.

Zadaj skurcz
Usuń wszystko
Usuń wybrane
Skaluj..
Odczyt skurczu
Lista skurczów

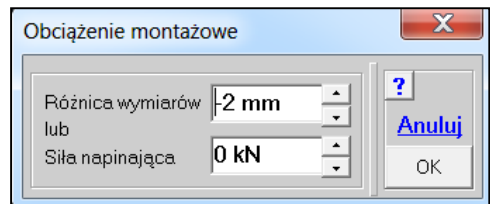
Po zadaniu skurczu liczba opcji wzrośnie. Będzie można usunąć całe obciążenie skurczem z tego schematu, lub tylko w wybranych miejscach. Opcją Skaluj będzie można zmienić obciążenie skurczem w aktualnym schemacie.

Opcja Odczyt skurczu pozwala poznać wartość w wybranym miejscu modelu, a Lista skurczu pozwala przedstawić obciążenie w formie tabeli.



39.8. Montaż

Jest to obciążenie którym można wywołać obciążenie naciągiem wstępnym zadany jako siła napinająca lub różnica wymiarów. Różnica wymiarów jest zamieniana na skurcz, natomiast siła napinająca wprowadza zmienną strukturę w modelu i skutkuje statyką wielokrotną.



W zadaniu Rozne_obc w jedenastym schemacie zadano wstępny naciąg poziomego pręta.

Po zadaniu obciążeń montażowych liczba opcji w menu zwiększy się. Będzie można usunąć całe obciążenie montażowe z tego schematu, lub tylko w wybranych miejscach.

Opcja Odczyt naciągów pozwala poznać wartość w wybranym miejscu modelu, a Lista naciągów pozwala przedstawić obciążenie w formie tabeli.

Opcją Skaluj będzie można zmienić obciążenie montażowe w aktualnym schemacie.

Zadaj naciąg..
Usuń wszystko
Usuń wybrane
Odczyt naciągów
Lista naciągów
Skaluj..

39.9. Przemieszczenia wstępne

Jest to obciążenie kinematyczne zadawane tylko w podporach. Podpory powinny być niepodatne, aby otrzymać w wyniku zadaną wartość przemieszczenia. Co prawda można wstępne przemieszczenia zadawać w podporach podatnych, ale wtedy dokładność obliczonych przemieszczeń może nie być wystarczająca.

Można zadawać wprost przemieszczenia lub modelować rozpełzanie, wyrzuszenie lub wkłęśnięcie.

Po wybraniu opcji **Przemieszczenie** w pierwszej kolejności należy wybrać miejsca podparte. Potem zgłosi się plansza zawierająca tyle okien wstępnych przemieszczeń ile było składowych podporowych.

Przemieszczenia wstępne dialog box. It has two tabs: 'Liniowe' (selected) and 'Kątowe'. Under 'Liniowe', there are three input fields for X, Y, and Z, each with a unit of 'mm'. The Z field is currently set to '0 mm'. There is an 'Anuluj' button and an 'OK' button.

Po wybraniu pozostałych form przemieszczeń wstępnych w pierwszym kroku pojawi się plansza z założeniami. Dla **Rozpełzania** trzeba ustalić kierunek oraz podać wartość początkową i końcową przemieszczenia. Przy wyborze miejsca można posłużyć się płaszczyzną.

Rozpełzanie dialog box. It has an 'Opis' field and a '?' icon. Under 'Kierunek', there are three radio buttons: 'Oś X' (selected), 'Oś Y', and 'Oś Z'. There are two input fields: 'Początek' (set to '5 mm') and 'Koniec' (set to '-5 mm'). There is a checkbox 'Wybór płaszczyzną' and a 'Zadaj' button.

Przy **Wyrzuszeniu** lub **Wkłęśnięciu** na planszy wybiera się kierunek wstępnych przemieszczeń i podaje promień krzywizny. Zawsze będzie to powierzchnia walcowa, a jej kierunek będzie wyznaczany kolejnością wyboru węzłów płaszczyzny wyboru.

Wyrzuszenie dialog box. It has an 'Opis' field and a '?' icon. Under 'Kierunek', there are three radio buttons: 'Oś X', 'Oś Y', and 'Oś Z' (selected). There is an input field for 'Promień' (set to '1000'). There is a checkbox 'Wybór płaszczyzną' and a 'Zadaj' button.

Po zadaniu przemieszczeń wstępnych lista opcji w menu się zwiększy. Będzie można usunąć wszystkie przemieszczenia w aktualnym schemacie, lub tylko w wybranych miejscach. Można edytować wartości w wybranych węzłach, zamienić je, skalować, odczytać wartości i sporządzić tabelę z wartościami.

W zadaniu **Rozne_obc**, w dwunastym schemacie zadano wstępne przemieszczenia w dwóch podporach.

Zamiana wartości składowej dialog box. It has tabs for 'X', 'Y', and 'Z'. The 'Z' tab is selected. There are two input fields: one for the current value (set to '2 mm') and one for the target value (set to '4 mm'). There is a 'Zamień na' button and an 'OK' button.

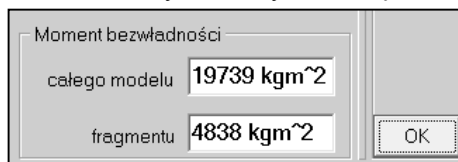
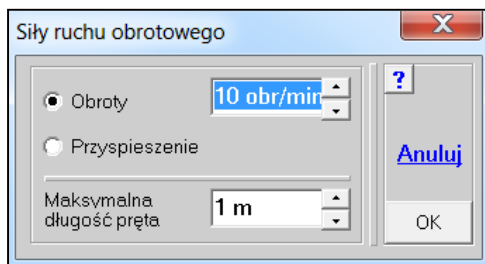
Usun wszystkie
Usun wybrane
Edytuj wartości..
Zamien wartości..
Skaluj..
Odczyt wartości
Lista wartości

39.10. Siły dynamiczne ruchu obrotowego

W Ramie3D jest to obciążenie wywołane wirowaniem - siły odśrodkowe lub siły styczne związane z przyspieszeniem kątowym. W innych typach modeli będą inne możliwości. Na planszy wybiera się źródło sił. Dla obrotów podaje się liczbę obrotów na minutę, dla przyspieszenia podaje się wartość w $[1/s^2]$. Pręty zostaną one podzielone na docinki nie dłuższe od zadanej na planszy wartości. Potem dwoma węzłami/punktami określa się położenie osi obrotu.

Po zadaniu obciążenia ruchem obrotowym program oblicza siły we wszystkich węzłach i pokazuje je na modelu. Przy przeglądaniu schematów po kliknięciu w przycisk [Obroty](#) pokaże się okno z przyjętymi danymi oraz zostanie obliczony masowy moment bezwładności dla całego modelu i dla pokazywanego fragmentu, jeśli taki został wybrany.

Obciążenia obrotami można usuwać i zmieniać.

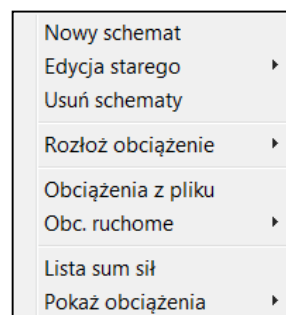


39.11. Menu Obciążenia

Po zadaniu przynajmniej jednego schematu po kliknięciu w przycisk [Obciążenia](#) pojawi się menu.

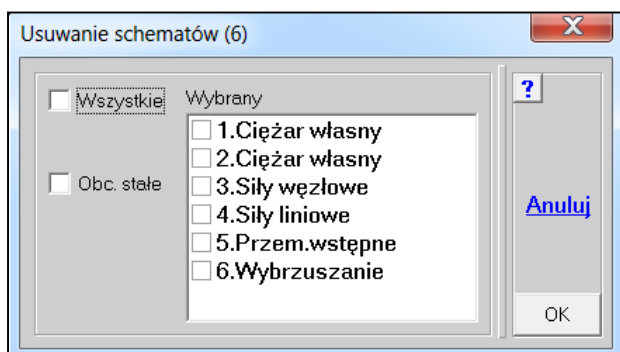
Opcję [Nowy schemat](#) można zadać kolejny zestaw obciążeń. Opcja [Edycja starego](#) pozwoli wybrać jeden z wcześniej wprowadzonych schematów i umożliwić jego zmianę. W edytowanym schemacie nie będzie przycisku [Nowy](#), za to może pokażać się czerwony przycisk [Struktura](#). Przycisk ten pokaże się przy włączonym pełnym zakresie możliwości menu. Jego działanie będzie omówione w rozdziale z opisem zadań o zmiennej strukturze.

Jeśli jakiś schemat ma zostać zupełnie usunięty należy wywołać



opcję [Usuń schematy](#).

Po kliknięciu w opcję [Usuń schematy](#) pokaże się plansza z listą schematów zadania. Na liście można wskazać, które schematy mają zostać usunięte. Włącznikiem „Wszystkie” można zaznaczyć całą listę. Jeśli w zadaniu zdefiniowano już atrybuty schematów można je wykorzystać do wybiórczego zaznaczania schematów np. tylko zmiennych. Po naciśnięciu przycisku [OK] pojawi się pytanie o potwierdzenie tej



operacji i schematy zostaną usunięte. Jeśli usuwane są wybrane schematy to definicje obciążeń zostają w zadaniu. Jeśli są wsuwane wszystkie schematy to również znikają definicje obciążeń.

Opcja [Rozłóż obciążenia](#) pokaże się tylko wtedy, kiedy w którymś schemacie zadano obciążenia liniowe. Pozwala ona na wybranie takiego schematu i rozłożeniu go szereg schematów zmiennych. Operacja ta będzie szczegółowo opisana w następnym rozdziale.

Opcja **Obciążenia** z pliku pozwala zadać obciążenia np.: ruchome dla dowolnych torów jazdy. Mogą to być też obciążenia od sprzężenia. Opcja **Obc.ruchome** ma generatory obciążeń drogowych, kolejowych i suwnic. Będą opisywane szczegółowo w kolejnym rozdziale.

Lista sum sił wyświetla tabelaryczne zestawienie sum sił zadanych w kolejnych schematach. Jeśli w jakimś schemacie zadano tylko obciążenia nie mechaniczne to suma sił będzie zerowa. Listę można wydrukować i umieścić w dokumentacji obliczeń.

Nr	X[kN]	Y[kN]	Z[kN]	Xx[kNm]	Yy[kNm]	Zz[kNm]	Opis
1	0	0	-138,5	0	0	0	Ciężar własny
2	0	0	-100	0	0	0	Siły węzłowe
3	0	0	-100	0	0	0	Siły węzłowe
4	0	0	-58,07	0	0	0	Siły węzłowe
5	0	0	-58,07	0	0	0	Siły węzłowe
6	0	0	-12,3	0	0	0	Siły liniowe - ciężar
7	0	0	-15	0	0	0	Siły liniowe - śnieg
8	0	0	-0,504	0	0	0	Siły liniowe - lód
9	16	0	0	0	0	0	Siły liniowe - wiatr
10	0	0	-27	0	0	0	Ciśnienie (-3 kPa)
11	0	0	-22,5	0	0	0	Zmienne (-1/-2 kPa)
12	-59,85	0	-180	0	0	0	Hydro (2 m)
13	-29,34	0	-180	0	0	0	Sypkie (2 m)

Opcja **Pokaż obciążenia** pozwala włączyć tryb przeglądania zadanych schematów. W pierwszym kroku wybiera się schemat, który ma być pokazany jako pierwszy. Dla pokazywanych schematów podawane są sumy sił. Menu pokazywanego schematu jest ograniczone tylko do obciążeń, które są w nim zadane. Opcje obciążeń są też ograniczone tylko do opcji odczytu i list. Jedynym parametrem, który może być zmieniany w czasie przeglądania schematów jest słowny opis. Schematy mogą być pokazywane sekwencyjnie, zmieniane przyciskiem z trójkątami, jaki pojawi się w tym trybie obok numeru schematu (w prawym górnym rogu ekranu) lub klawiszem <W>. W menu przeglądanego schematu będzie zielony przycisk **Zmień obc.**, którym można przejść do trybu edycji aktualnego schematu. Przejście do trybu edycji kończy przeglądanie schematów. Po włączeniu przycisku **Zmień obc.** pojawią się przyciski wszystkich typów obciążeń, a w ich opcjach pojawią się wszystkie pozycje. Jeśli jest włączony pełny zakres obciążeń - przycisk [M] to zamiast przycisku **Zmień obc.** pojawi się czerwony przycisk **Struktura**. Jego działanie będzie opisane w osobnym rozdziale.

39.12. Rozkładanie obciążenia

Program ABC pozwala półautomatycznie rozłożyć obciążenia liniowe na obciążenia zmienne. Jeśli wprowadzono schematy z obciążeniami liniowymi, to każde z nich będzie mogło być rozłożone na odcinki, tak, aby powstały schematy obciążeń zmiennych.

Po wybraniu przycisku **Obciążenia** pojawi się menu, w którym opcja **Rozłóż obciążenie** wyświetli listę tylko tych schematów, w których jest obciążenie liniowe. Po wybraniu schematu do rozłożenia program narysuje działające w nim obciążenia i będzie można wybierać pola z obciążeniami działającymi jako schematy zmienne. Po każdym wyborze na ekranie pojawi się podręczne menu, w którym będzie można zdecydować czy jest to **Następny schemat**, czy obszar przyporządkowany ostatnio wybranemu schematowi (opcja **Ten sam schemat**). Wybranie opcji **Ten sam schemat** pozwoli zadać obciążenia w tradycyjną szachownicę. Należy podkreślić, że

<input checked="" type="checkbox"/>	Następny schemat
<input type="checkbox"/>	Ten sam schemat
<input type="checkbox"/>	Wybór oknem
<input type="checkbox"/>	Odcinkiem
<input type="checkbox"/>	Linią łamaną
<input type="checkbox"/>	Łukiem
<input type="checkbox"/>	Wielokątem
<input type="checkbox"/>	Odchyłką..
<input type="checkbox"/>	Zakończ

przy braku ograniczenia na liczbę schematów lepiej każdy obszar wprowadzić do osobnego schematu. Ponadto w menu będzie można zmienić sposób wyboru kolejnego obszaru.

Wybrane miejsce zostanie wyróżnione i w jego środku pokaże się numer kolejny. Rozkładanie obciążenia kończy przycisk [Zakończ](#) lub opcja [Zakończ](#) z podręcznego menu. Program sprawdzi czy wszystkie obciążone elementy z bazowego schematu zostały przydzielone do schematów zmiennych i jeśli zostaną jakieś to program utworzy jeszcze jeden schemat zmienny.

Przeglądając teraz schematy można zauważyć, że liczba schematów wzrosła. Schematy zmienne będą numerowane dwuczłonowo. Pierwszy człon to będzie numer schematu pierwotnego, a drugi numer schematu rozłożonego. Schematy zmienne można przeglądać i ewentualnie edytować. Jednak w tym ostatnim przypadku można utracić możliwość automatycznego sumowania ich z powrotem.

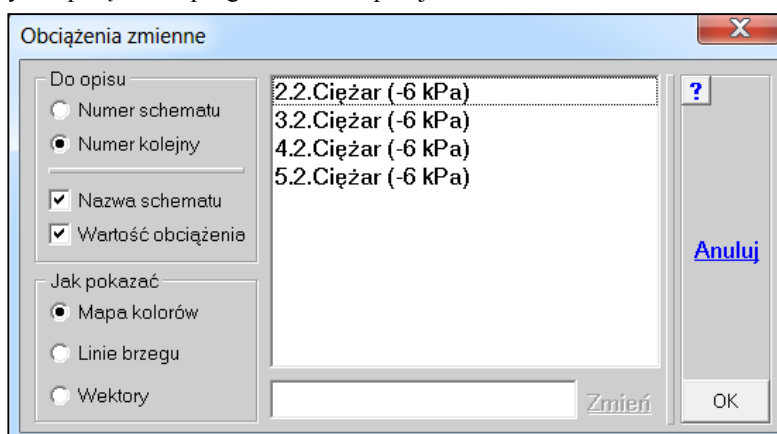
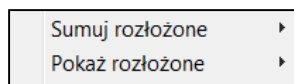
Po rozłożeniu obciążeń zmiennych w menu [Obciążenia](#) pojawi się opcja **Sumuj rozłożone**, która z powrotem połączy schematy zmienne w jeden schemat stały. Po połączeniu program od razu przejdzie do edycji tego schematu.

W menu pojawi się też opcja **Pokaż rozłożone**, która pozwala pokazać na jednym rysunku granice obszarów przyjętych w kolejnych schematach. Taki rysunek może być uzupełniony opisem, którego strukturę można ustalić na planszy. Ponadto można ustalić, w jakiej formie będą pokazywane obciążenia zmienne. W dużym oknie planszy

wyświetlana jest lista opisów schematów zmiennych. Wskazując wybraną linię można w dolnym oknie wprowadzić nowy opis i przyciskiem [Zmień](#) zamienić opis wybranego schematu. Wprowadzone tutaj nowe opisy będą pamiętane w danych zadania.

Po zamknięciu planszy przyciskiem [OK] będzie można wybrać miejsca, w których mają być umieszczone plakietki z opisem. Po wprowadzeniu opisów do wszystkich obszarów można sporządzić rysunek rozkładu obciążeń zmiennych i wprowadzić go do dokumentacji obliczeń.

W folderze \Przykłady_ram jest zadanie Belka3Przesła, w którym rozłożono obciążenie powierzchniowe na trzy schematy zmienne, przyjmując kolejne przesła wyznaczone przez układ podpór.



39.13. Obciążenia z pliku

Opcją Obciążenia z pliku.. można wprowadzić do modelu obciążenia polowe, czyli siły skupione nie przywiązane do węzłów. W odróżnieniu od sił z pliku wczytywanych opcją z menu [Siły skupione](#) w tym przypadku będą obowiązywały numery schematów. Po wybraniu opcji Obciążenia z pliku można najpierw go odszukać na dysku, a następnie odczytać. Wyświetli się plansza podobna do tej z rozdziału 39.3 ale nie zawierająca momentów. Numery schematów mogą być zmienione, tak aby najniższy z obciążeń z pliku był równy kolejnemu w modelu.

Nr	Schemat	Wsp.X	Wsp.Y	Wsp.Z	Siła X	Siła Y	Siła Z
1	2	1,2	0,0	0,0	0,0	0	-1,774
2	3	1,2	0,3	0,0	0,0	0	-6,509
3	4	1,2	0,6	0,0	0,0	0	-6,407
4	5	1,2	0,9	0,0	0,0	0	-5,924
5	6	1,2	1,2	0,0	0,0	0	-5,642
6	7	1,5	1,5	0,0	0,0	0	-5,56
7	8	1,8	1,8	0,0	0,0	0	-5,642
8	9	2,1	2,1	0,0	0,0	0	-5,924
9	10	2,4	2,4	0,0	0,0	0	-6,407
10	11	2,7	2,7	0,0	0,0	0	-6,509
11	12	3	3	0,0	0,0	0	-1,774

Można przeskalować współrzędne dodając wartości wpisane w oknach i ewentualnie zmienić promień sąsiedztwa. Program sprawdzi, czy siły nie wychodzą poza model i jeśli będzie taka sytuacja poinformuje ile takich sił wypadło. Po kliknięciu w przycisk [OK] zostaną utworzone nowe schematy i program poinformuje ile ich doszło. Każdy taki schemat zostanie nazwany siły pozawęzłowe.

Wywołując edycję takiego schematu otrzyma się przycisk [Siły polowe](#), którym można wywołać następujące działania.

Opcją **Dodaj siłę..** można wpisać kolejną siłę polową. Na planszy definicji siły polowej zadaje się wartość obciążenia Z i współrzędne punktu przyłożenia. Opcją **Z pliku..** można odczytać kolejny plik z siłami i wymienić obciążenie w tym schemacie lub dodać do istniejącego układu obciążenia. Opcją **Edytuj siłę..** można zmienić dane o wybranej siłę polowej. Opcją **Usuń wybrane** można usunąć wskazane siły z tego schematu. Opcje **Odczyt sił** i **Lista sił** działają standardowo.

Jeśli siły z pliku modelują obciążenie ruchome należy im zadać atrybut Warunkowe.

Dodaj siłę..
Z pliku..
Edytuj siłę..
Usuń wybrane
Odczyt sił
Lista sił

39.14. Obciążenia ruchome

Program ABC Rama3D pozwala wprowadzić następujące obciążenia ruchome:

- Drogowe,
- Kolejowe,
- Dowolne.

Dwa pierwsze typy obciążenia są zdefiniowane normowo i wystarczy wybrać odpowiedni rodzaj pojazdu, klasę mostu/obciążenia i wskazać tor jazdy. W opcji **Dowolne..** użytkownik sam definiuje układ obciążenia, może go zachować dla innych zadań lub może skorzystać z wcześniej zdefiniowanych obciążeń.

W każdym przypadku siły ruchome opisane są we własnym układzie współrzędnych, w którym oś X_r jest skierowana wzdłuż toru jazdy, jeśli tor jest prostoliniowy lub jest do niego styczna, jeśli tor jest łukowy, oś Y_r leży w płaszczyźnie płyty i jest skierowana w lewo od kierunku jazdy, a oś Z_r jest pionowa zgodna z osią Z układu opisowego. Ujemne w układzie globalnym, siły pionowe mają znak (+). Pierwsze położenie obciążenia ruchomego jest przyjmowane w taki sposób, aby skrajne siły zaczynały najazd na płytę w miejscu rozpoczęcia toru jazdy. Ostatnie położenie obciążenia ruchomego jest tak przyjmowane, aby drugie skrajne siły opuszczały płytę w miejscu gdzie kończy się tor jazdy. Kolejne położenia obciążenia ruchomego są tak przyjmowane, aby odległość między nimi nie była większa od zadanego kroku. Krok przesunięcia obciążenia ruchomego jest stały dla całego przejazdu. Schematy obciążeń ruchomych otrzymują automatycznie atrybut obciążeń wzajemnie się wykluczających.

W przypadku obciążeń ruchowych w układach prętowych bardzo ważne jest aby pod siłami ruchomymi były elementy, do tego odpowiednio gęsto podzielone. Przyjmuje się, że najdłuższy element powinien nie być dłuższy od kroku przyjętego do obliczeń.

39.14.1. Obciążenia drogowe

Po wybraniu opcji **Drogowe** pokaże się plansza wyboru i definicji obciążeń drogowych. Do wyboru są obciążenia ruchome wywołane pojazdem typu K, typu S, ciągnikiem NATO klasy 100 i klasy 150 oraz tramwajami. Dla dwóch pierwszych pojazdów należy jeszcze wybrać klasę obciążenia. Każde obciążenie może otrzymać własny opis, mnożnik obciążenia i współczynnik dynamiczny. Na planszy definiuje się maksymalną długość kroku pomiędzy kolejnymi położeniami układu sił ruchomych, oraz wybiera się tor jazdy: „Prosty” lub „Łukowy”. Po naciśnięciu przycisku [OK] program przechodzi do wyboru toru jazdy. Tor prosty zdefiniowany jest dwoma węzłami siatki lub punktami, których współrzędne zadaje się. Tor łukowy zdefiniowany jest trzema węzłami lub punktami. Po wybraniu toru jazdy w zadaniu pojawiają się schematy, które można przeglądać wybierając przycisk [Obciążenia](#), a następnie [Pokaż obciążenia](#).

39.14.2. Obciążenia kolejowe

Obciążenia Kolejowe generują schematy odpowiadające przejazdowi lokomotywy oraz odpowiadającym przetaczanym wagonom. Te pierwsze tworzą układ schematów wzajemnie wykluczających się, a te drugie obciążenia zmienne. Ponieważ w miejscu

gdzie jest lokomotywa nie ma wagonów, a przy analizie obwiedniowej będą one przyjmowane, stąd też **obciążenia odpowiadające naciskom kół lokomotywy są pomniejszane o obciążenia wagonowe.**

Na planszy wybiera się klasę obciążenia, ustala nacisk na os lokomotywy i obciążenie wagonami. Podpowiadane są wartości normowe, ale można wprowadzić dowolne. Ponadto zadaje się mnożnik obciążenia i współczynnik dynamiczny. Dla przejazdu lokomotywy wprowadza się długość kroku, a dla obciążeń wagonami długość przęsła (odległość między poprzecznkami).

Po naciśnięciu przycisku [OK] program przechodzi do wyboru toru jazdy. Dla obciążeń kolejowych zadaje się tylko tory proste i w zadaniu można przyjąć tylko jeden przejazd. Po wybraniu toru jazdy w zadaniu pojawią się schematy, które można przeglądać wybierając przycisk [Obciążenia](#), a następnie [Pokaż obciążenia](#).

39.14.3. Obciążenia dowolne

Obciążenia ruchome Dowolne definiuje się przyjmując wartości sił i współrzędne punktów działania we własnym układzie X_r , Y_r i Z_r . Oś X_r tego układu skierowana jest zgodnie z kierunkiem ruchu, pokrywa się z prostoliniowym torem jazdy i jest styczna do toru łukowego. Oś Z_r jest pionowa i skierowana zgodnie z osią Z układu opisowego zadania. Oś Y_r jest pozioma i jest skierowana w lewo od kierunku ruchu. Wartości obciążenia i współrzędne punktów przyłożenia wprowadza się w górnych oknach planszy, następnie przyciskiem [Dodaj siłę](#) wprowadza się do dużego okna listy. Po zaznaczeniu wybranej linii można siłę tam opisaną usunąć z zestawu sił ruchomych – przycisk [Usuń siłę](#) lub klawisz Delete. Przyciskiem [Zapisz](#) układ sił ruchomych można zapisać do pliku. Nazwę tego pliku oraz miejsce lokalizacji zadaje się w standardowym oknie zapisu systemu Windows. Pliki z obciążeniem ruchomym mają rozszerzenie .DRU. Przyciskiem [Czytaj](#) takie pliki można odczytać, ewentualnie zmodyfikować i zastosować w nowym zadaniu. W oknach Mnożnik obciążenia i Wsp. dynamiczny wprowadza się odpowiednie wartości, w oknie Długość kroku wprowadza się odległość między kolejnymi położeniami, a po ustaleniu czy tor jazdy będzie Prosty czy Łukowy można przyciskiem [OK] zamknąć planszę i przystąpić do wybierania punktów kierunkowych toru jazdy. Jeśli w menu sił ruchomych zostanie wybrana opcja Nowy tor jazdy na planszy w polu Tor jazdy pojawi się włącznik Ten sam pojazd, którym będzie można zdecydować czy będzie to nowy tor tego samego pojazdu (ta sama grupa wykluczenia) czy inny pojazd, który będzie miał inny numer grupy wykluczenia. Ponadto przy następnym torze jazdy nie będzie można zmieniać parametrów opisujących układ sił ruchomych. Na planszy będzie można tylko zmienić wielkość kroku oraz zdecydować o kształcie toru jazdy.

Obciążenie ruchome definiowane

Składowe obciążenia i wsp.punktu przyłożenia

	Siła pionowa	w kier.ruchu	prostopadła	Wsp. Xr	Wsp. Yr
	13 kN	0 kN	0 kN	2 m	0 m
1.	10	0,0	0,0	0,0	0,0
2.	10	0,0	0,0	2	0,0

Opis

Mnożnik obciążenia: 1,2

Wsp. dynamiczny: 1,5

☐ Siły hamowania: 20%

Długość kroku: 1 m

Odchyłka wyboru: 0,01 m

Tor jazdy

☒ Prosty ☐ Łukowy

[Dodaj siłę](#) [Usuń siłę](#) [Zapisz](#) [Czytaj](#)

[Anuluj](#) [OK](#)

Po zadaniu obciążenia ruchomego liczba opcji w menu [Obciążenia](#) ulega zmianie. Opcją Pokaż tory jazdy można pokazać przyjęte linie przejazdu, opcją Opis ruchomego można pokazać planszę z opisem przyjętego obciążenia. Opcja Nowy tor jazdy będzie dostępna tylko dla obciążeń drogowych i dowolnych. Pozwala zadać kolejny tor jazdy tego samego lub innego pojazdu. Opcja Usuń ruchome pozwala usunąć definicje obciążeń ruchomych, tory jazdy i schematy związane z tym obciążeniem. Samo usuwanie schematów wynikających z obciążeń ruchomych przeprowadzone w opcji **Usuń schematy** jest postępowaniem błędnym, ponieważ nie usuwa definicji sił ruchomych. A bez usunięcia definicji nie można zadać innych typów obciążeń ruchomych. W jednym zadaniu można przyjąć tylko jeden typ obciążeń ruchomych.

- Pokaz tory jazdy
- Opis obc.ruchom.. ▶
- Nowy tor jazdy ▶
- Usuń ruchome

Edytując taki schemat na liście przycisków będzie [Ruchome](#). Klikając w ten przycisk otrzyma się identyczne menu jak opisane w rozdziale 39.13.

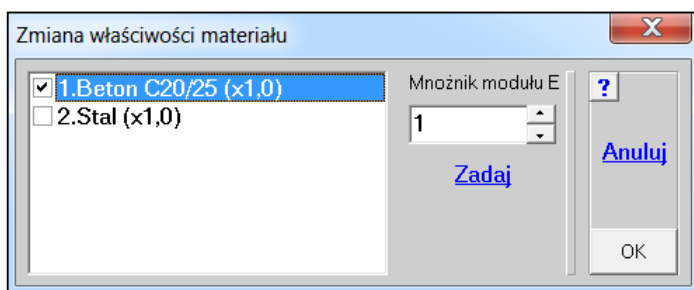
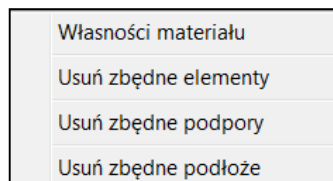
W folderze \Przykłady_ram jest zadanie Tramwaj w którym zadano obciążenie ruchome.

39.15. Zmienna struktura

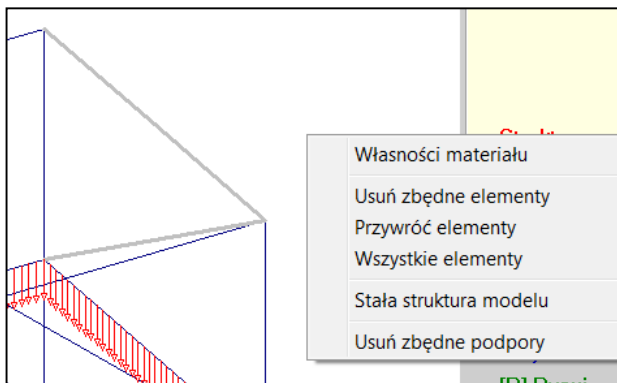
Program ABC Rama3D pozwala w każdym schemacie wprowadzić inną geometrię i inny sposób podparcia modelu. Tutaj zostanie omówiony tylko zmienny układ podporowy. W podobny sposób można modyfikować geometrię obiektu. Jeśli w modelu jest podłoże, można również to podparcie zmieniać w różnych schematach.

Po zadaniu obciążeń można powtórnie wywołać dany schemat wybierając z menu **Obciążenia** opcję **Edycja starego** i numer odpowiedniego schematu. Na planszy z typami obciążeń po włączeniu przycisku **[M]** pojawi się czerwony przycisk **Struktura**. Przy pierwszym wywołaniu w menu będą tylko opcje: **Własności materiału**, **Usuń zbędne elementy**, **Usuń zbędne podpory** i **Usuń zbędne podłoże**. Dwie ostatnie opcje pojawią się tylko po wprowadzeniu odpowiedniego typu podparcia.

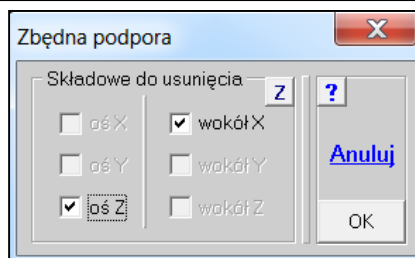
Wybierając opcję **Własności materiału** można zmienić moduł sprężystości wybranych materiałów, tylko w tym schemacie.



Po wybraniu opcji **Usuń zbędne elementy** będzie można wybrać elementy, które nie będą uwzględniane w tym schemacie. Takie elementy będą pokazywane szarą linią. Ponowne wybranie przycisku **Struktura** pokaże nowe opcje. Będzie można przywrócić wybrane elementy, wszystkie elementy w tym schemacie lub w ogóle zrezygnować ze zmiennej struktury.

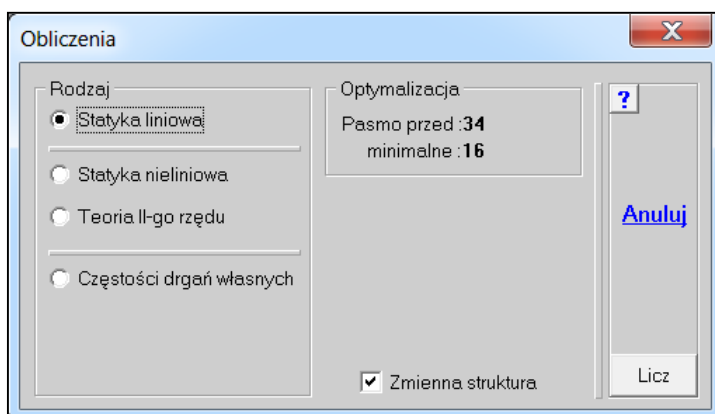


Po wybraniu opcji **Usuń zbędne podpory** będzie można wybrać miejsca podparte. Jeśli podpory będą miały więcej składowych to będzie można określić, które z nich mają być wyłączone w danym schemacie. Po wybraniu wyłączonych podpór, będzie można przywrócić w tym schemacie wskazane lub wszystkie podpory. Również będzie można zrezygnować zupełnie ze zmiennej struktury.



Jeśli w modelu będzie podłoże to może być opcja **Usuń zbędne podłoże**. Działa podobnie jak w przypadku podpór, tylko nie trzeba określać składników podłoża. Wystarczy wybrać miejsce. Również będzie można przywracać w tym schemacie wybrane lub wszystkie elementy z podłożem. Również będzie można zrezygnować zupełnie ze zmiennej struktury.

Założenie zmiennego układu podporowego powoduje, że na planszy **Obliczenia** pokaże się włącznik **Zmienna struktura**. Będzie on aktywny, ale można go wyłączyć i wtedy obliczenia zostaną przeprowadzone tak, jakby we wszystkich schematach był ten sam układ podpór.



Należy pamiętać, że rozwiązanie układu ze zmienną strukturą powoduje, że dla każdego schematu jest układana macierz sztywności i prowadzone jest osobne rozwiązanie, co może znacznie wydłużyć czas obliczeń.

W folderze \Przykłady_ram jest zadanie Krata3D, w którym przyjęto pięć jednakowych schematów zakładając w nich ciągłe obciążenie ciężarem własnym. Ale w każdym schemacie wprowadzono inny układ podporowy, dzięki czemu otrzymano pięć różnych rozwiązań.

C 40. Masy skupione

Do modelu można wprowadzić masy skupione oraz zadać mnożnik zwiększający masę własną w stosunku do masy netto obliczonej z objętości elementów i ciężaru właściwego materiału. Po zadaniu mas kupionych menu [Masy](#) ma postać.

Pierwsza opcja **Pokaż masy** pojawi się dopiero po zadaniu mas. Pozwala pokazać lokalizację mas skupionych. Jej działanie jest zdublowane opcjami **Pokaż ikony**, **Ikony mas** w menu [Pokaż](#).

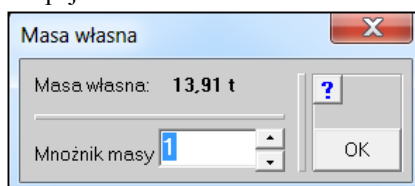
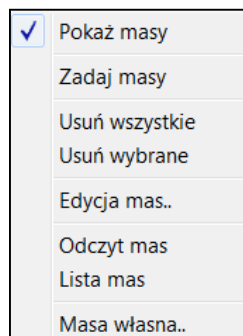
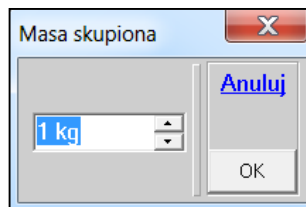
Opcją **Zadaj masy** można zadać nowe masy. W pierwszym kroku wpisuje się wielkość masy, a następnie można wybrać węzły modelu.

Dwie kolejne opcje pozwalają usunąć masy z modelu. Pierwsza **Usuń wszystkie** pozwala usunąć zupełnie masy skupione z modelu, natomiast druga **Usuń wybrane** usuwa masy tylko w wybranych węzłach.

Wybrane masy można edytować zmieniając ich wielkość – opcja **Edycja mas**. Można również zmienić masy zamieniając jedną wielkość na drugą – **Zamiana mas**. Działania tej opcji są podobne do zamiany składowych sił skupionych czy wstępnych przemieszczeń podpór.

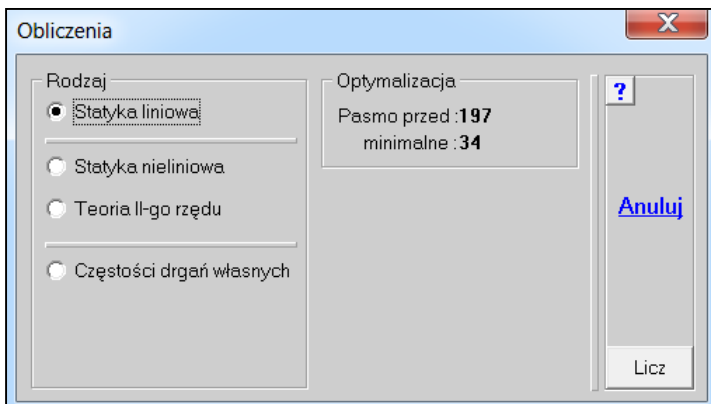
Kolejne dwie opcje pozwalają wyświetlić wielkość masy w wybranych węzłach- **Odczyt mas**, oraz pokazać zestawienie tabelaryczne podające numery węzłów i wielkości mas w nich umieszczonych- opcja **Lista mas**.

Ostania opcja **Masa własna** pozwala skorygować masę własną modelu. Korekta masy może ujmować te elementy masowe konstrukcji które nie mają wpływu na sztywność, np. warstwy ocieplenia czy oblodzenia.



C 41. Obliczenia liniowe

Po zdefiniowaniu geometrii obiektu, sposobu jego podparcia i obciążenia można wybrać przycisk [Obliczenia](#). Jeśli przycisk [M] jest wyłączony to będzie od razu wywołany moduł obliczeniowy i zostaną przeprowadzone obliczenia liniowej statyki. Inaczej wygląda sprawa, kiedy przycisk [M] jest włączony. Wtedy po kliknięciu w przycisk [Obliczenia](#) pojawi się plansza, na której można wprowadzić szereg ustaleń. W polu „Rodzaj” można wybrać „Statyka liniowa”, Teoria II-go rzędu lub „Częstości drgań własnych”. Jeśli w modelu wprowadzono jakieś cechy nieliniowe to pojawi się jeszcze możliwość „Statyka nieliniowa”.



Przy obliczeniach dynamicznych należy podać liczbę poszukiwanych częstości, zadeklarować czy uwzględnić podatność podpór, oraz zadać graniczną liczbę iteracji i dokładność rozwiązania. W obliczeniach dynamicznych domyślnie podpory są zastępowane więzami, ale jeśli podpory są podatne i potrzebne są częstości i postacie z uwzględnieniem ich podatności to należy ten włącznik aktywować. Wprowadzenie podatnych podpór do obliczeń dynamicznych może spowodować, że nie uda się obliczyć częstości, ponieważ układ będzie poruszał się jako ciało sztywne.

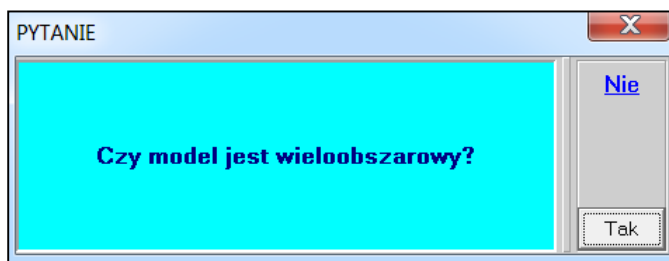
Obliczenia nieliniowe są omówione w następnym rozdziale.

Jeśli w zadaniu zdefiniowano układ o zmiennej strukturze (w schematach wystąpią np.: różne układy podpór) to włącznik „Zmienna struktura” będzie aktywny. Wyłączając go można przeprowadzić obliczenia tak, jak dla stałego układu podporowego.

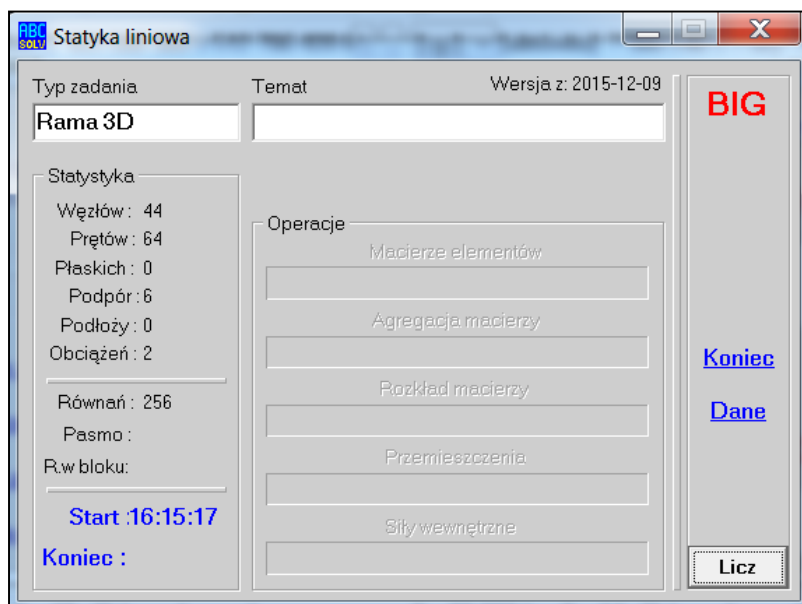
Jeśli w zadaniu zdefiniowano imperfekcje to włącznik „Dodaj imperfekcje” będzie aktywny. Włączając go można przeprowadzić obliczenia z uwzględnieniem odchyłek od postaci modelowej

W polu „Optymalizacja” są informacje o parametrach topologicznych zadania przed i po optymalizacji.

Na ogół model przyjęty do obliczeń składa się z jednego, spójnego obszaru, ale program ABC Rama3D pozwala rozwiązywać też zadania składające się z osobnych obszarów. W takiej sytuacji pojawi się pytanie, czy obszar modelu jest wielospójny? Jeśli użytkownik potwierdzi ten fakt to zostanie wyłączona procedura poszukiwania osobnych elementów, czy fragmentów. W przeciwnym razie program zaznaczy zgubiony element i będzie można go usunąć, jeśli jest niepotrzebny lub dołączyć do reszty modelu.



Na planszy programu rozwiązującego są trzy przyciski. [Koniec](#) pozwala zatrzymać obliczenia, [Dane](#) pozwalają wrócić do modułu DANE, a przycisk [Licz] uruchamia obliczenia. W polu „Operacje” znajdują się paski zaawansowania obliczeń w kolejnych etapach. W pewnych sytuacjach, duże zadanie i słaby procesor, paski mogą tworzyć wrażenie, że program się zawiesił. Należy spokojnie poczekać. Ponadto na planszy są informacje statystyczne. Po zakończeniu obliczeń automatycznie zostaną pokazane ugięcia modelu dla pierwszego schematu. Jeśli w trakcie obliczeń pojawi się niestabilność rozwiązania, to poinformuje o tym odpowiedni komunikat. Należy wtedy samemu ocenić, czy miało to istotny wpływ na wyniki.



Obliczenia liniowe odbywają się od razu dla wszystkich schematów. Jeśli w zadaniu wprowadzono zmienną strukturę, to wtedy każdy schemat będzie rozwiązywany osobno. Może to w istotny sposób przedłużyć rozwiązanie.

C 42. Obliczenia nieliniowe

W programie ABC Rama3D można prowadzić obliczenia nieliniowe. Zakres obliczeń nieliniowych w modelu prętowym jest zależny od typu elementów. Zawsze będzie mógł wynikać z nieliniowych podpór lub nieliniowego podłoża. Jeśli w modelu są elementy ciągnowe to można uwzględnić jednostronną pracę ciągów lub ich ograniczoną wytrzymałość na rozciąganie. Ponadto można zawsze przeprowadzić obliczenia wg teorii II-go rzędu.

Podpory mogą mieć cechy:

- jednostronności,
- ograniczenia nośności,
- jednostronności z ograniczeniem nośności,
- podpory z tarcie,
- podpory z luzem,
- sztywne z nieliniową charakterystykę,
- podatne o różnych sztywnościach (+) i (-).

Nieliniowe podłoże może mieć trzy pierwsze cechy podpór. Nie można zadać podłoża z luzami.

Jednostronność podparcia polega na tym, że podpora zostaje automatycznie wyłączona z modelu, jeśli pojawi się w niej ujemna reakcja. Można też zdefiniować graniczną wartość ujemnej reakcji i podpora ulegnie wyłączeniu dopiero wtedy, kiedy ujemna reakcja będzie większa, (co do modułu) od wartości granicznej. Takie podpory mogą modelować połączenia klejone o ograniczonej nośności połączenia.

Ograniczoność podparcia polega na tym, że jeśli dodatnia reakcja będzie większa od granicznej wartości to nie będzie ona dalej rosła. Taka podpora może modelować siłownik hydrauliczny, w którym zawór bezpieczeństwa ogranicza ciśnienie w cylindrze. Z kolei w podłożu można w ten sposób modelować warunek plastycznego płynięcia.

Warunki jednostronności i ograniczonej nośności można zadać łącznie. W zależności od sytuacji będzie włączany jeden lub drugi warunek. Jeśli reakcja będzie zawarta pomiędzy stanem wyłączenia spowodowanym oderwaniem się podpory, a stanem granicznej nośności to podpora będzie zachowywać się jak zwykła podpora liniowa.

W podporach można zadać warunek luzów, czyli taki stan, że dopóki w węźle nie pojawi się przemieszczenie większe od wartości luzu, to w modelu nie będzie taka podpora uwzględniana. Po pojawieniu się przemieszczeń większych od luzu podpora zostaje włączona do modelu, a w węźle podpartym pojawi się wstępne przemieszczenie równe luzowi.

Obliczenia nieliniowe wykonywane są iteracyjnie stąd na planszy „Obliczenia” należy zadać zarówno graniczną liczbę iteracji oraz maksymalną dokładność wyznaczenia przemieszczeń. Obliczenia nieliniowe zostają zakończone albo po osiągnięciu zadanej dokładności, albo po wyczerpaniu liczby iteracji. W każdym przypadku w wynikach będą informacje o faktycznej liczbie iteracji oraz osiągniętej dokładności przemieszczeń. W zadaniu można zadać wiele schematów, ale obliczenia nieliniowe są wykonywane osobno dla każdego schematu obciążenia. Ma to swoje konsekwencje czasowe.

Schematy obciążenia do obliczeń nieliniowych muszą być przygotowane inaczej niż to się na ogół robi dla obliczeń liniowych. **Schematy do obliczeń nieliniowych muszą być zawsze kompletne.** Oznacza to, że w każdym należy zadać obciążenia stałe (ciężar własny i inne obciążenia stałe) oraz wybrane obciążenia zmienne. Łatwo sobie wyobrazić, że np. obciążenia cząstkowe każde z osobna nie wywoła reakcji większej od granicznej nośności podpory, ale już łączne działanie tych obciążeń spowoduje przekroczenie wartości granicznej. Należy też pamiętać, że wartości obciążeń muszą być końcowe, ponieważ w module Wyniki nie mogą być skalowane mnożnikami obciążenia. **Również wyłączona będzie superpozycja wyników.** Analizę obwiedniową będzie można prowadzić tylko metodą wyboru wartości ekstremalnych.

Ponieważ przygotowanie kompletnego obciążenia w sytuacji, kiedy obciążenia zmienne tworzą złożony układ może być trudne, stąd w programie ABC Rama3D przewidziano inną ścieżkę uwzględniania efektów nieliniowych. Ścieżka ta polega na tym, że w modelu z zadanymi podporami nieliniowymi przyjmuje się obciążenia cząstkowe, tak jak to robi się w zadaniach liniowych. Następnie prowadzi się obliczenia LINIOWE. W module WYNIKI prowadzi się zwykłą analizę obwiedniową z wynikami o różnych atrybutach. Dla wybranej wartości ekstremalnej można utworzyć dodatkowy wariant o składnikach, które wywołują tę wartość. Potem można przygotować nowe zadanie, w którym będzie tylko to nowe obciążenie i cechy nieliniowe. Przygotowanie zadanie odbywa się automatycznie i jedynymi danymi, które należy wprowadzić to numery wariantów, dla których będą prowadzone obliczenia. Obliczenia wywołuje się z modułu WYNIKI przyciskiem Nieliniowe. Po takich obliczeniach, już iteracyjnych, można stwierdzić, jaki wpływ na wyniki mają nieliniowe cechy modelu. O szczegółach tak prowadzonych obliczeń będzie mowa dalej. W identyczny sposób można postąpić w obliczeniach wg teorii II-go rzędu.

42.1. Cechy nieliniowe cięgien

W cięgnach można wprowadzić warunki pokazane na planszy. Domyślnie deklaruje się graniczną siłę ściskającą równą zero, ale można zadać inną wartość. Można również włączyć warunek, że cięgno wyłączy się dopiero wtedy, kiedy siła ściskająca przekroczy siłę obliczoną wg wzoru Eulera. W cięgnach można też zadać graniczną siłę zrywającą. Takie założenie pozwala przeanalizować odporność obiektu na katastrofę postępującą.

Po zdefiniowaniu warunków wybiera się elementy prętowe, które też otrzymają cechy pozwalające pracować tylko osiowo.

Po zadaniu cięgien pojawi się menu z którego będzie można sterować pokazywaniem takich elementów, można je usuwać, dodawać i odczytać wprowadzone parametry.

Zadanie CiegnaL i CiegnaN pokazują różnicę pomiędzy rozwiązaniem liniowym a nieliniowym.

Pokaż cięgna
Zadaj cięgna..
Usuń cięgna
Odczyt danych

42.2. Cechy nieliniowe podpór sztywnych

Po zadaniu podparcia w menu [Podpory](#) pojawi się opcja **Nieliniowe**. Pozwala ona zadać, usunąć i odczytać parametry nieliniowe podpór. Wybierając opcję **Zadaj** należy w pierwszej kolejności wybrać węzły podparte, może to być jeden węzeł lub kilka. Po wybraniu pojawi się plansza zadawania warunków nieliniowych.

Teraz należy zdecydować, jaki charakter ma mieć podpora. Wybierając przełącznik „Jednostronna” będzie można wpisać graniczną wartość ujemnej reakcji. Podpowiadana jest wartość zero, która zapewnia usunięcie podpory z modelu zaraz po pojawieniu się ujemnej reakcji.

Jeśli zostanie wybrany przełącznik „Ograniczona” to będzie można wpisać dwie wartości graniczne, dla odrywania od podpory i nośność podpory.

Jeśli wprowadzi się zerową wartość „W górę” i bardzo dużą wartość „W dół” to, pomimo, że zadeklarowano podporę „Ograniczoną” będzie ona de facto podporą jednostronną.

Jeśli podpora będzie miała dwie składowe, np.: pionowa Z i jedna pozioma, to będzie można włączyć zależność poziomej od pionowej przez tarcie. Wtedy reakcja pozioma nie będzie większa od pionowej pomnożonej przez współczynnik tarcia.

Wybierając przełącznik „Z luzem” można wprowadzić wartości luzu nad i pod położeniem neutralnym. Taka podpora, jeśli już wejdzie w kontakt z modelem będzie zachowywała się jak podpora liniowa.

Kolejną cechą podpory może być nieliniowa charakterystyka opisana linią łamaną. Może być do pięciu punktów charakterystyki. Przyciskami [Dodaj punkt](#) można dodawać punkty (do pięciu). Przyciskiem [Usuń punkt](#) można usuwać punkty charakterystyki.

Po zadaniu cech nieliniowych podpór pokaże się menu takie jak na rysunku obok.

Opcja **Pokaż** pozwala wyróżnić podpory z zadanymi warunkami nieliniowymi. Na ogół podpory te zostają wyróżnione w momencie wybrania opcji **Nieliniowe**, ale gdyby tego nie było to tą pozycją można to włączyć. Podpory o nieliniowych cechach są wyróżniane kwadratem.

Opcję **Zadaj parametry** można wybierać kolejne miejsca podparte, w których zostaną zadane cechy nieliniowe.

Opcję **Usuń parametry** można przywrócić liniowy charakter wybranym podporom.

Opcja **Odczyt parametrów** pozwala poznać założone warunki nieliniowe w wybranych podporach. W okienku odczytu pokazana jest składowa, następnie napis „Jstr” dla podpory jednostronnej, „Gran” dla podpory ograniczonej i „Luz” dla podpory z luzem. W okienku są jeszcze podane wartości graniczne lub wielkości luzów.

W folderze \Przykłady_ram zamieszczono cztery zadania z nieliniowym opisem podpór. Pierwsze o nazwie PodporyJednostronne jest belką wieloprzęślową z jednostronnymi podporami.

W drugim zadaniu o nazwie Slup_Nieliniowy przyjęto, że środkowa podpora ma ograniczoną nośność. Liniowe rozwiązanie tej płyty znajduje się w zadaniu Slup_Liniowy.

Nieliniowa podpora

Skład.

- ☒ Jednostronna
- ☐ Ograniczona
- ☐ Z

W górę: 0 kN

W dół: 1 kN

☒ Z tarcie o współczynniku: 0,1

Z luzem: -1 mm, 1 mm

☒ Opis sztywności

Siła	Ugięcie
10 kN	1 mm
30 kN	2 mm
60	3 mm

[Dodaj punkt](#) [Usuń punkt](#) [Anuluj](#) [OK](#)

- ☒ Pokaż podpory
- ☐ Zadaj parametry
- ☐ Usuń parametry
- ☐ Odczyt parametrów

W trzecim zadaniu Luzy_W_Podporach wprowadzono podparcie z luzami i zadano różne schematy obciążenia.

W czwartym zadaniu ZTarcieM założono, że składnik poziomy nie może być większy od 0,1 reakcji pionowej. Można porównać z rozwiązaniem liniowym ZTarcieL.

42.3. Cechy nieliniowe podpór podatnych

W podporach podatnych po włączeniu przycisku [M] można zdefiniować podporę o różnej sztywności w kierunku +X, +Y i +Z oraz w kierunku -X, -Y i -Z, czyli taka podpora będzie inaczej się zachowywała kiedy będzie wciskana i kiedy będzie wyciągana. W takiej podporze można zadać tylko podparcie liniowe. Nie można zadawać utwierdzeń. W przypadku modeli płaskich liczba składowych ulegnie zmianie.

42.4. Cechy nieliniowe podłoża

Cechy nieliniowe podłoża zakłada się od razu przy jego definicji. Wystarczy na planszy danych o podłożu włączyć przycisk [M], plansza rozszerzy się o pole danych nieliniowych. Można zakładać podłoże jednostronne, podłoże ograniczone i połączenie tych dwóch cech. Dla każdego typu podłoża pole definicji cech nieliniowych jest takie samo.

Podłoże o cechach nieliniowych nie jest w jakiś szczególny sposób wyróżniane. Natomiast przy odczycie w oknie z danymi o podłożu pokaże się linia z informacją, czy jest to tylko podłoże jednostronne, czy ograniczone czy jedno i drugie. Podane zostaną też wartości graniczne.

W folderze \Przykłady_ram jest są dwa zadania Belka_Na_PodlozuL i Belka_Na_PodlozuN. W obu zadaniach są takie same dane i w obu zadano nieliniowe podłoże Winklera o cechach jednostronności. Przyjęto dwa schematy obliczeń i zadanie Belka_Na_PodlozuL rozwiązano liniowo, a w zadaniu Belka_Na_PodlozuL przeprowadzono obliczenia nieliniowe. Można porównać ugięcia oraz rozkłady odporów gruntu.

42.4. Rozwiązanie wg teorii II-go rzędu

W rozwiązaniu wg teorii II-go rzędu można uwzględnić wpływ sił osiowych na wielkość momentów gnących. Takie zadanie nie wymaga żadnych zmian, wystarczy na planszy Obliczenia włączyć ten typ obliczeń. W folderze \Przykłady_Ram są dwa zadania Ilrzad_L i Ilrzad_N. Można zobaczyć skutki uwzględnienia sił osiowych na momenty gnące.

C 43. Obliczenia dynamiczne

W programie ABC Rama3D można przeprowadzić obliczenia dynamiczne. Obejmują one wyznaczenie zadanej liczby najniższych częstości i postaci drgań własnych. Do obliczeń dynamicznych nie potrzeba obciążeń. Obliczenia dynamiczne można prowadzić tylko po włączeniu pełnego zakresu opcji. Model do obliczeń dynamicznych jest przygotowywany tak samo, jak do obliczeń statycznych. Model do obliczeń dynamicznych może mieć dość zgrubny podział, aby otrzymać dokładne wartości częstości. W takim modelu **nie można wprowadzać warunków symetrii ani antysymetrii**.

Do obliczeń dynamicznych zasadniczo wystarcza zamodelowanie siatki, ale można uzupełnić ją o masy skupione. Można też skorygować masę własną. Jeśli w modelu wprowadzi się masy skupione to można przyjąć bez masowy opis materiału elementów. Jednak liczba możliwych do wyznaczenia częstości drgań własnych może drastycznie spaść. Ale zawsze będzie można określić najniższą częstość własną i odpowiadającą jej postać drgań. W obliczeniach dynamicznych na ogół warunki podporowe są zastępowane warunkami brzegowymi, czyli podpory są zastępowane odpowiednimi więzami, ale można włączyć warunek, aby w obliczeniach dynamicznych uwzględnić podatność podpór. Ma to sens wtedy, kiedy zadano podpory typu słupy lub ściany i ich podatność będzie miała wpływ na wartości częstości i postaci drgań. Z drugiej strony w takiej sytuacji należy się liczyć, że może wystąpić ruch modelu jako ciała sztywnego i program nie wyznaczy wartości własnych.

Obliczenia dynamiczne są wykonywane iteracyjnie tzw. metodą iteracji podprzestrzennych, w której ważna jest dokładność najwyższej częstości. Liczbę iteracji oraz wymaganą dokładność zadaje się na planszy uruchomienia obliczeń. Po włączeniu przełącznika „Częstości drgań własnych” będzie można zadać potrzebną liczbę częstości, oraz włączyć uwzględnianie podatności podpór. Początkującym użytkownikom proponuje się przyjmować wartości domyślne.

Wyniki obliczeń dynamicznych to lista częstości drgań własnych i odpowiadające im postacie. Postacie są pokazywane tak samo jak ugięcia statyczne, z tym, że postacie można pokazać jeszcze w formie animowanej. Szczegółowy opis prezentacji wyników obliczeń dynamicznych znajduje się w części D.

W folderze \Przykłady_Ran znajdują się dwa zadania: DynamikaBelki i DynamikaWspornika.