

Wersja
Grudzień 2012

Program

RFEM 5

**Konstrukcje przestrzenne obliczane
metodą elementów skończonych**

Przykład wprowadzający

Wszelkie prawa, włącznie z tłumaczeniem, zastrzeżone.

Żadna część tej książki nie może być powielana i rozpowszechniania mechanicznie, elektronicznie ani w żaden inny sposób, włącznie z kopiowaniem i fotokopiowaniem – bez pisemnej zgody DLUBAL ENGINEERING SOFTWARE.

© **Ing.-Software Dlubal**
Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach

Tel.: +49 (0) 9673 9203-0
Faks: +49 (0) 9673 9203-51
E-mail: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.com

Spis treści

	Zawartość	Strona		Zawartość	Strona
1.	Wprowadzenie	4	5.3	Przypadek obciążenia 3: Obciążenie zmienne, pole 2	31
2.	Model i obciążenia	5	5.3.1	Obciążenie powierzchniowe	31
2.1	Schemat modelu	5	5.3.2	Obciążenie liniowe	32
2.2	Materiały, grubości i przekroje	5	5.4	Przypadek obciążenia 4: Imperfekcje	33
2.3	Obciążenie	6	5.5	Sprawdzanie przypadków obciążeń	35
3.	Tworzenie modelu	7	6.	Kombinacja przypadków obciążeń	36
3.1	Uruchamianie programu RFEM	7	6.1	Tworzenie kombinacji obciążeń	36
3.2	Tworzenie modelu	7	6.2	Tworzenie obwiedni kombinacji obciążeń	40
4.	Dane konstrukcyjne	8	7.	Obliczenia	41
4.1	Dostosowywanie okna roboczego i rastru	8	7.1	Sprawdzanie danych	41
4.2	Tworzenie powierzchni	10	7.2	Generowanie siatki ES	42
4.2.1	Pierwsza powierzchnia prostokątna	10	7.3	Obliczanie konstrukcji	42
4.2.2	Druga powierzchnia prostokątna	11	8.	Wyniki	43
4.2.3	Łączenie linii	13	8.1	Wyniki graficzne	43
4.3	Tworzenie prętów	13	8.2	Tabele wyników	44
4.3.1	Podciągi	13	8.3	Filtrowanie wyników	46
4.3.1.1	Podciąg stalowy	13	8.3.1	Tryby wyświetlania	46
4.3.1.2	Podciągi o przekroju teowym	16	8.3.2	Wyniki na obiektach	47
4.3.2	Słupy	18	8.4	Wyświetlanie wykresów wyników	49
4.4	Wstawianie podpór	22	9.	Dokumentacja	50
4.5	Łączenie prętów z przegubem i mimośrodem	24	9.1	Tworzenie protokołu wydruku	50
4.5.1	Przegub	24	9.2	Dostosowywanie protokołu wydruku	51
4.5.2	Mimośród pręta	25	9.3	Wstawianie grafiki do protokołu wydruku	52
4.6	Sprawdzanie danych	26	10.	Podsumowanie	55
5.	Obciążenia	27			
5.1	Przypadek obciążenia 1: Ciężar własny i wykończenia	27			
5.1.1	Ciężar własny	28			
5.1.2	Konstrukcja stropu	28			
5.2	Przypadek obciążenia 2: Obciążenie zmienne, pole 1	29			

1. Wprowadzenie

Celem tego przykładu jest przedstawienie najważniejszych funkcji programu RFEM.

Ten sam cel można osiągnąć na wiele sposobów. W zależności od sytuacji i preferencji użytkownika, nawet modelując prosty model w naszym programie, można odkryć wiele jego funkcji.

Przy pomocy tego przykładu chcemy zachęcić do odkrywania użytecznych funkcji programu RFEM.

Zamodelujemy układ składający się z stropów, słupów i dwóch podciągów. Następnie przeprowadzimy analizę statyczną tej konstrukcji według analizy liniowo-sprężystej i analizy drugiego rzędu z uwzględnieniem następujących przypadków obciążeń: ciężar własny elementów konstrukcyjnych i niekonstrukcyjnych, obciążenie zmienne i imperfekcja.

Prezentowany przykład można wprowadzać, obliczać i oceniać również z ograniczeniami wersji demo - maksymalnie 2 powierzchnie i 12 prętów. Należy przy tym pamiętać, że model taki spełnia wymagania realistycznych projektów konstrukcyjnych jedynie w pewnym stopniu. Poprzez przedstawione funkcje chcemy pokazać, jak w różny sposób definiuje się obiekty konstrukcyjne i obciążenia.



Przy użyciu wersji demo nie będzie możliwe zapisywanie danych modelu. Zalecamy zatem rozpocząć nasz przykład z odpowiednim zapasem czasu (około godziny), aby spokojnie przetestować funkcje programu. Zawsze można jednak odejść od pracy z modelem w wersji demo, ale należy pamiętać, aby nie zamykać programu RFEM, ani nie wyłączać komputera (można natomiast przełączyć go w tryb uśpienia).



Dane najłatwiej wprowadza się przy użyciu dwóch ekranów lub śledząc nasz opis w wersji drukowanej, unikając ciągłego przeskakiwania pomiędzy wyświetlaniem pliku PDF i wprowadzaniem danych w programie RFEM.



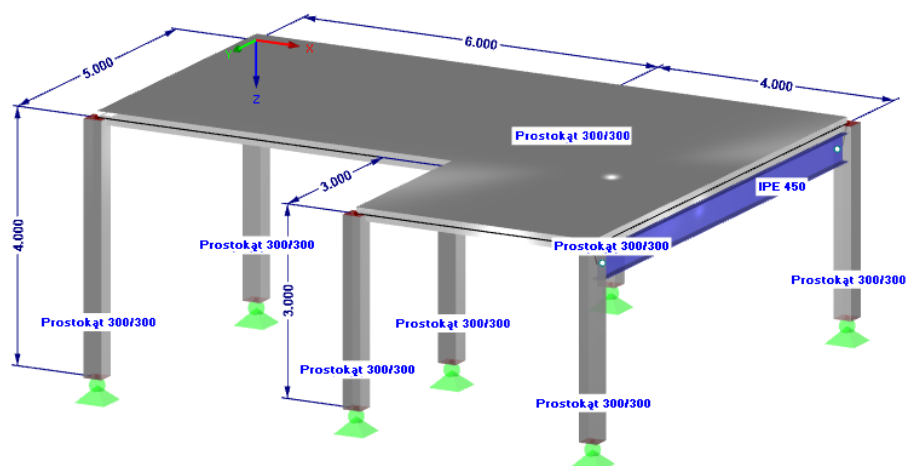
Opisywane **przyciski** oznaczone są w tekście nawiasami kwadratowymi, np. [Zastosuj]. Przyciski te są również pokazane na lewym marginesie. **Wyrażenia** pojawiające się w oknach dialogowych, tabelach oraz poszczególnych elementach menu zostały w tekście oznaczone *kursywą*, aby podkreślić ich objaśnienie. Wymagane dane zapisane są czcionką **pogrubioną**.

Opisy funkcji programu można znaleźć w instrukcji dla programu RFEM, którą można pobrać ze strony internetowej firmy Dlubal: www.dlubal.com/pl/pobieranie-instrukcji.aspx.

Plik **RFEM-Example-06.rf5** zawierający dane modelu używanego w prezentowanym przykładzie można znaleźć w projekcie *Przykłady*, tworzonym automatycznie podczas instalacji. Podczas pierwszych kroków z programem RFEM zalecamy jednak wprowadzić model ręcznie. W przypadku braku czasu, zawsze można obejrzeć pliki wideo na naszej stronie internetowej: www.dlubal.com/pl/pliki-wideo-z-kategorii-rfem-elementy-skonczone.aspx.

2. Model i obciążenia

2.1 Schemat modelu



Rys 2.1: Układ konstrukcyjny

Żelbetowa strop skonstruowany jest dwóch ciągłych płyt z jednym żelbetowym i jednym stalowym podciągami. Konstrukcja jest podpierana przez słupy, które są sztywno połączone z płytą.

Jak wspomniano, model ten jest "abstrakcyjną" konstrukcją, która może zostać zwymiarowana również przy użyciu wersji demo, której działanie ograniczone jest do maksymalnie dwóch powierzchni i dwunastu prętów.

2.2 Materiały, grubości i przekroje

Jako materiały, wykorzystane zostały beton C30/37 i stal S 235.

Wysokość płyty stropu wynosi 20 cm. Dla słupów i podciągu betonowego wybrano przekrów kwadratowy o długości boku wynoszącej 30 cm. Podciąg stalowy zamodelowano wykorzystując przekrój IPE 450.

2.3 Obciążenie

Przypadek obciążenia 1: ciężar własny (obc. stałe)

Pierwsze obciążenie stanowi ciężar własny konstrukcji wraz z konstrukcją stropową, wynoszący $0,75 \text{ kN/m}^2$. Nie ma potrzeby ręcznego określania ciężaru własnego, ponieważ program RFEM obliczy go automatycznie na podstawie zdefiniowanych materiałów, przekrojów i grubości powierzchni (wysokości warstw).

Przypadek obciążenia 2: obciążenie zmienne, pole 1

Założono, że strop stanowi powierzchnię mieszkalną kategorii A2 z obciążeniem zmiennym wynoszącym $1,5 \text{ kN/m}^2$. W celu rozważenia skutków ciągłego schematu podparcia płyty, obciążenie zadawane jest w dwóch różnych przypadkach obciążeń.

Przypadek obciążenia 3: obciążenie zmienne, pole 2

Obciążenie zmienne, wynoszące $1,5 \text{ kN/m}^2$, zadawane jest także na drugie pole. Oprócz tego uwzględniane jest obciążenie pionowe wynoszące $5,0 \text{ kN/m}^2$ oddziałujące liniowo na krawędzi stropu, stanowiące obciążenie konstrukcją balkonu.

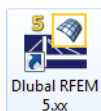
Przypadek obciążenia 4: imperfekcje

W obliczeniach, na przykład według Eurokodu 2, często trzeba uwzględnić również imperfekcje. Pochylenia i wygięcia początkowe wprowadzane są jako osobny przypadek obciążenia. Dzięki temu można przydzielać specjalne częściowe współczynniki bezpieczeństwa podczas łączenia tego obciążenia z innymi oddziaływaniami.

W prezentowanym przykładzie pochylenie zostało uproszczone dla wszystkich słupów poprzez założenie wartości $\varphi_0 = 1/200$ w kierunku Y. Według Eurokodu 2 nie trzeba uwzględniać wygięć początkowych.

3. Tworzenie modelu

3.1 Uruchamianie programu RFEM



W celu uruchomienia programu RFEM w pasku poleceń

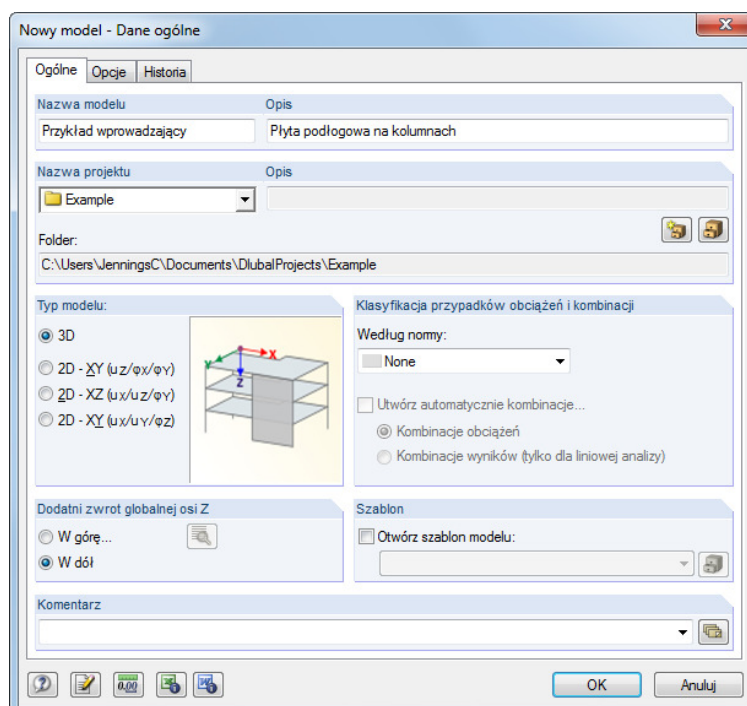
klikamy **Start**, wskazujemy **Wszystkie programy i Dlubal**, a następnie wybieramy **Dlubal RFEM 5.xx**

lub klikamy dwukrotnie ikonkę **Dlubal RFEM 5.xx** na pulpicie.

3.2 Tworzenie modelu

Po otwarciu okna roboczego programu RFEM wyświetlającego poniższe okno dialogowe, wprowadzamy podstawowe dane dla nowego modelu.

Jeżeli program RFEM wyświetla już model, zamykamy go klikając **Zamknij** w menu **Plik**. Następnie otwieramy okno dialogowe *Dane podstawowe*, klikając **Nowy** w menu **Plik**.



Rys. 3.1: Okno dialogowe *Nowy model – Dane podstawowe*

W polu *Nazwa modelu* wpisujemy **Przykład wprowadzający**. Po prawej stronie w polu *Opis* wprowadzamy **Strop podpierany przez słupy**. *Nazwa modelu* jest wymagana, ponieważ stanowi ona nazwę pliku programu RFEM. Pole *Opis* nie musi być wypełniane.

W polu *Nazwa projektu* wybieramy **Przykłady** z listy, jeśli nie została ona ustawiona automatycznie. *Opis* projektu i odpowiedni *Folder* wyświetlane są automatycznie.

W sekcji *Typ modelu* ustawiona jest opcja **3D**. Ustawienie to umożliwia modelowanie przestrzenne. Zostawiamy również ustawienie domyślne **W dół** dla *Dodatniej orientacji globalnej osi Z*.

Definiowanie podstawowych danych dla modelu zostało zakończone. Klikając przycisk [OK], zamykamy więc to okno dialogowe.

4. Dane konstrukcyjne

4.1 Dostosowywanie okna roboczego i rastru

Wyświetlane jest puste okno robocze programu RFEM.

Widok



W celu powiększenia okna roboczego, klikamy przycisk [Maksymalizuj] w pasku tytułowym. Wyświetlony zostanie globalny układ współrzędnych o osiach w kierunkach X, Y i Z.



Aby zmienić położenie okna, klikamy przycisk [Przesuń, zoom, obróć] w pasku narzędzi. Wskaźnik zamieniony zostanie na symbol dłoni. Pozwala to na ułożenie przestrzeni roboczej według własnych preferencji poprzez poruszanie wskaźnikiem myszki z wciśniętym jej lewym przyciskiem.

Oprócz tego można stosować zoom ręczny i obracać widok:

- Zoom: Ruch wskaźnika z wciśniętym klawiszem [Shift].
- Obrót: Ruch wskaźnika z wciśniętym klawiszem [Ctrl].

Zakończenie danej funkcji możliwe jest na wiele sposobów:

- Ponowne wciśnięcie jej przycisku.
- Wciśnięcie przycisku [Esc] na klawiaturze.
- Kliknięcie prawym przyciskiem myszki w przestrzeni roboczej.

Funkcje myszki

Funkcje myszki odpowiadają ogólnym standardom aplikacji systemu Windows. Aby wybrać obiekt do dalszej edycji, należy kliknąć go jeden raz **lewym** przyciskiem myszki. Podwójne kliknięcie obiektu otwiera okno dialogowe służące do jego edycji.

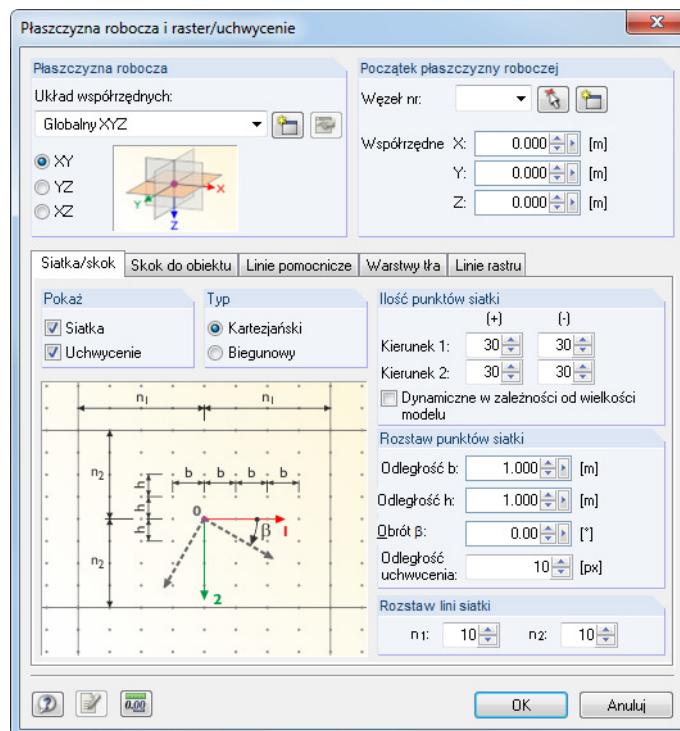
Kliknięcie obiektu **prawym** przyciskiem myszki powoduje pojawienie się jego menu kontekstowego pokazującego polecenia z nim związane.



Do zmiany wielkości wyświetlanego modelu można wykorzystać **rolkę myszki**. Wciśnięcie tej rolki pozwala na bezpośrednie przesuwanie modelu. Dodatkowe wciśnięcie klawisza [Ctrl] pozwala na obracanie powierzchni. Obracanie konstrukcji jest również możliwe przy użyciu rolki myszki i wciśnięciu w tym samym czasie jej prawego przycisku. Symbole wskaźnika pokazane na lewym marginesie tej strony opisują używane funkcje.

Raster

Raster tworzy tło przestrzeni roboczej. W oknie dialogowym *Płaszczyzna robocza i raster/uchwycenie* *raster/uchwycenie* można dostosować odległość pomiędzy punktami rastru. Okno to otwiera się przy użyciu przycisku [Ustawienia płaszczyzny roboczej].



Rys. 4.1: Okno dialogowe *Płaszczyzna robocza i raster/uchwycenie*

SKOK SIATKA

Podczas wprowadzania danych w punktach rastru ważne jest, aby były aktywne pola kontrolne **UCHWYCENIE** i **RASTER** w pasku stanu. Dzięki temu włączone zostanie wyświetlanie rastru i przyciąganie przez niego punktów.

Płaszczyzna robocza

Płaszczyzna XY ustawiana jest domyślnie jako płaszczyzna robocza. Przy tym ustawieniu wszystkie obiekty wprowadzane graficznie będą tworzone w płaszczyźnie poziomej. Płaszczyzna nie ma wpływu na dane wprowadzane w oknach dialogowych i tabelach.

W naszym przykładzie zostaną wykorzystane ustawienia standardowe. Przy użyciu przycisku [OK] zamyka się okno dialogowe i rozpoczyna się wprowadzanie modelu

4.2 Tworzenie powierzchni

W celu utworzenia powierzchni stropu można wykorzystać węzły narożne, a następnie połączyć je liniami, ale w naszym przykładzie wykorzystamy bezpośrednie graficzne wprowadzanie linii i powierzchni.

Strop można zdefiniować jako powierzchnię ciągłą przy użyciu linii granicznych. Można również dokonać tego przy użyciu dwóch prostokątnych powierzchni połączonych sztywno na jednej z krawędzi. Drugi sposób modelowania pozwala na łatwiejsze określenie obciążenia obu pól.

4.2.1 Pierwsza powierzchnia prostokątna

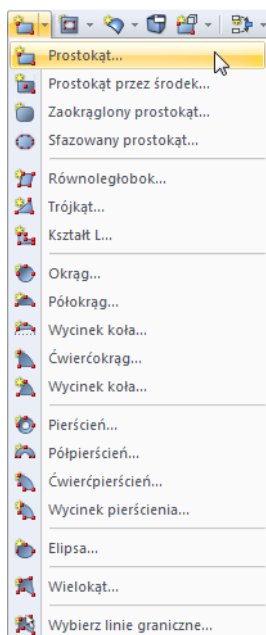
Aby szybko utworzyć płyty prostokątne, klikamy

Dane konstrukcji w menu **Wstaw**, wybieramy **Powierzchnie, Płaszczyzna i Graficznie**, a następnie **Prostokąt**,

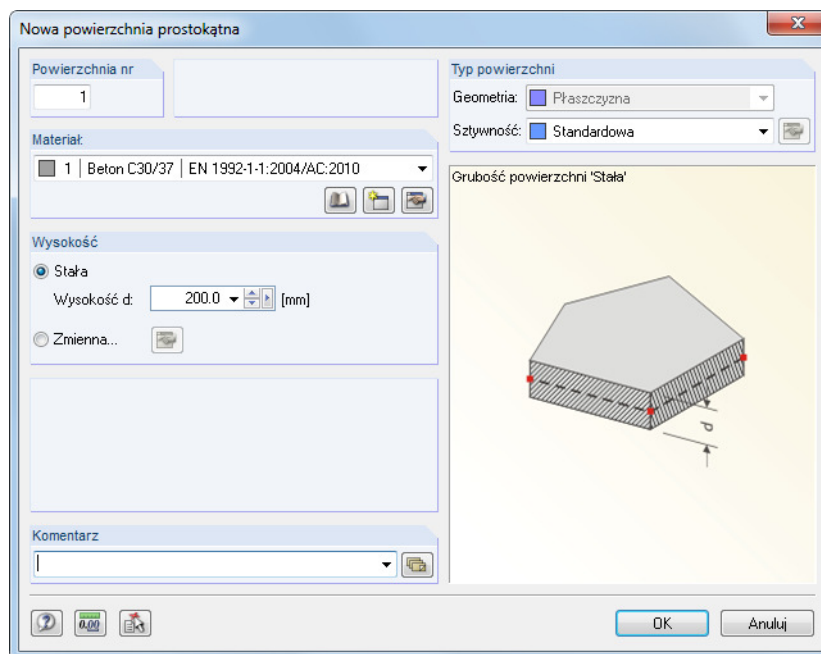
możemy też rozwinąć odpowiednią listę, w celu wybrania powierzchni płaskich. W tym celu należy kliknąć przycisk strzałki [▼], aby otworzyć menu rozwijane oferujące szeroki wybór geometrii powierzchni.

Element menu [Prostokątna] pozwala na bezpośrednie definiowanie płyty. Odpowiednie węzły i linie zostaną utworzone automatycznie.

Po wybraniu tej funkcji otworzy się okno dialogowe *Nowa powierzchnia prostokątna*.



Przycisk listy dla powierzchni płaskich



Rys. 4.2: Okno dialogowe *Nowa powierzchnia prostokątna*

Nr powierzchni nowej płyty prostokątnej określony będzie jako 1. Nie ma potrzeby zmiany tego numeru.

Materiał ustawiony jest jako *Beton C30/37* według EN 1992-1-1. Aby wykorzystać inny materiał, należy kliknąć przycisk [Biblioteka materiałów].

Wysokość płyty jest *Stała*. Wartość *d* zostanie zwiększona do **200** mm przy użyciu pola przewijania lub przez bezpośrednie wprowadzenie tej wartości.

Sztywność w sekcji okna *Typ powierzchni* ustawiona jest jako *Standardowa*.

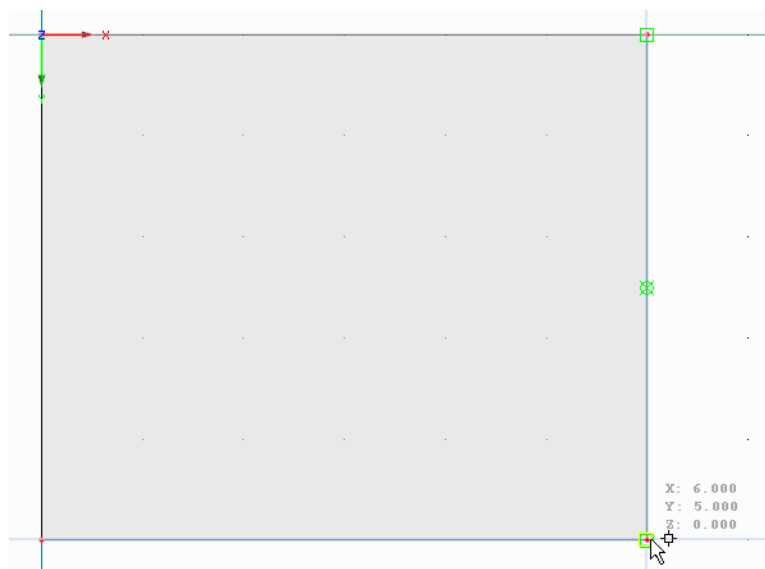
Okno zamykamy, klikając przycisk [OK]. Można teraz rozpocząć graficzne wprowadzanie płyty.



Definiowanie powierzchni można ułatwić, ustawiając widok w kierunku Z (widok z góry) przy użyciu przycisku pokazanego na lewym marginesie tej strony. Tryb wprowadzania danych nie zostanie zamknięty.

W celu zdefiniowania pierwszego naroża, klikamy lewym przyciskiem myszki w **początku układu współrzędnych** (współrzędne X/Y/Z **0,000/0,000/0,000**). Bieżące współrzędne wskaźnika wyświetlane są obok krzyża wskaźnikowego.

Następnie definiujemy przeciwległe naroże płyty, klikając punkt siatki o współrzędnych X/Y/Z **6,000/5,000/0,000**.

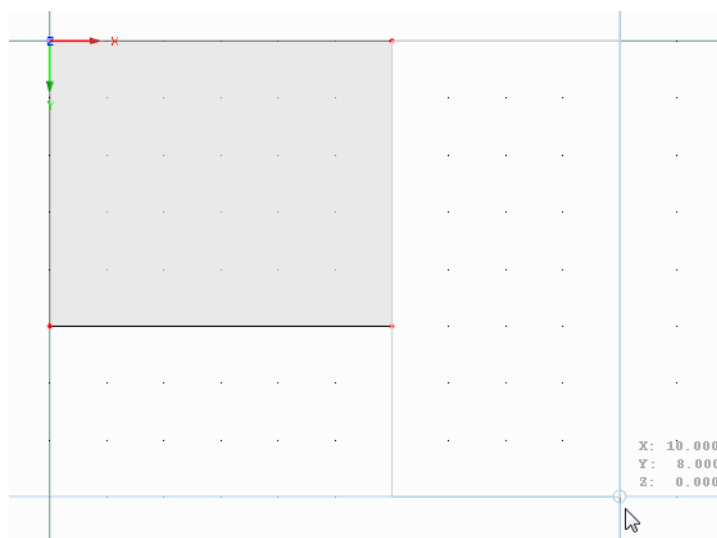


Rys. 4.3: Powierzchnia prostokątna 1

Program RFEM utworzy cztery węzły, cztery linie i jedną powierzchnię.

4.2.2 Druga powierzchnia prostokątna

Ponieważ funkcja ta wciąż jest aktywna, można od razu zdefiniować kolejną powierzchnię. W tym celu klikamy węzeł **4** o współrzędnych **6,000/0,000/0,000** i wybieramy punkt siatki o współrzędnych **10,000/8,000/0,000**.



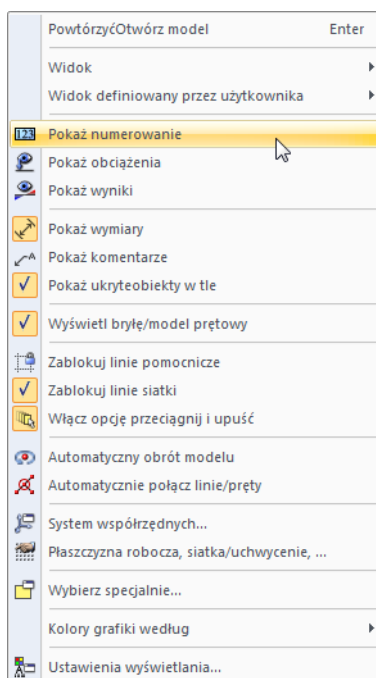
Rys. 4.4: Powierzchnia prostokątna 2

Ponieważ nie chcemy tworzyć już więcej płyt, kończymy tryb wprowadzania, naciskając klawisz [Esc]. Ten sam efekt uzyskamy klikając prawym przyciskiem myszki w pustym obszarze okna roboczego.



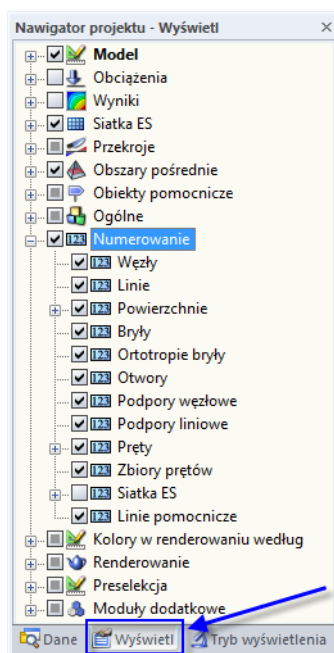
Pokaż numerację

W celu wyświetlenia numeracji węzłów, linii i powierzchni, klikamy prawym przyciskiem myszki w pustym obszarze okna roboczego. Po pojawieniu się menu kontekstowego, aktywujemy *Numerowanie*.



Rys. 4.5: Pokaż numerowanie w menu kontekstowym

Szczegółowej kontroli numerowania elementów można dokonać w zakładce *Wyświetlanie* w Nawigatorze.



Rys. 4.6: Nawigator *Wyświetlanie* dla numerowania

4.2.3 Łączenie linii

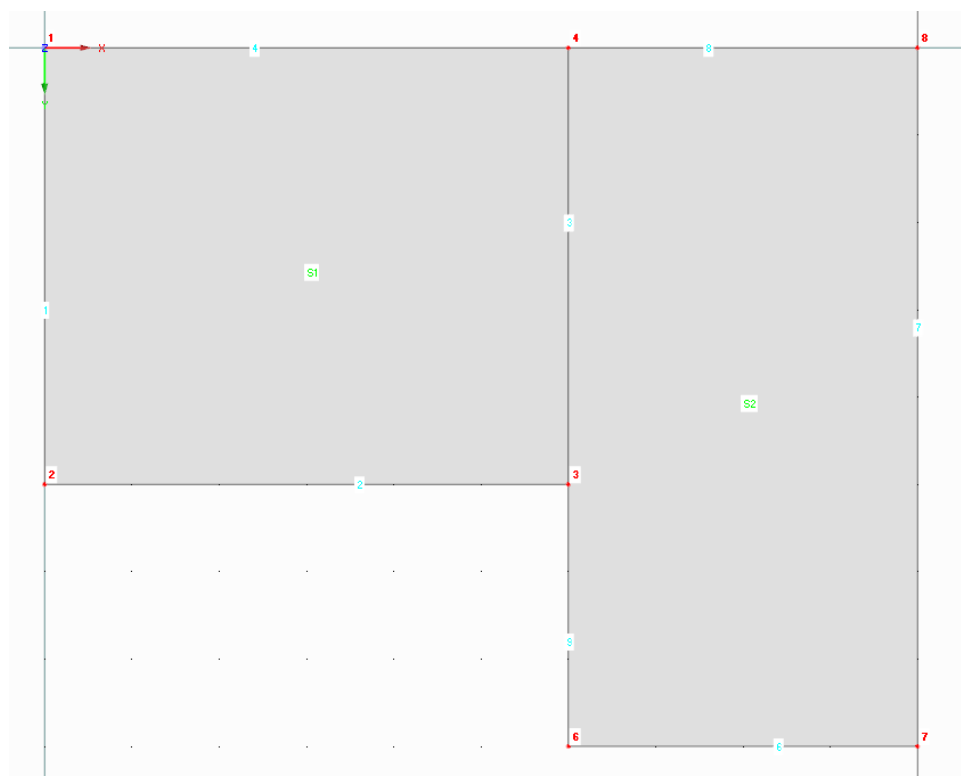
Poprzez zdefiniowanie drugiej powierzchni została utworzona linia graniczna na istniejącej linii oddzielającej obie powierzchnie. Aby szybko to skorygować,



wybieramy **Połącz linie/pręty** w menu **Narzędzia**.

W tym samym celu można wykorzystać przycisk przedstawiony na lewym marginesie tej strony.

Po aktywowaniu funkcji łączenia, przeciągamy okno ze wskaźnikiem wzdłuż całej konstrukcji. Linie zostaną dostosowane automatycznie.



Rys. 4.7: Wynik dostosowywania linii

Wciskając przycisk [Esc] lub klikając prawym przyciskiem myszki w pustą część przestrzeni roboczej, zamykamy tryb wprowadzania.

4.3 Tworzenie prętów

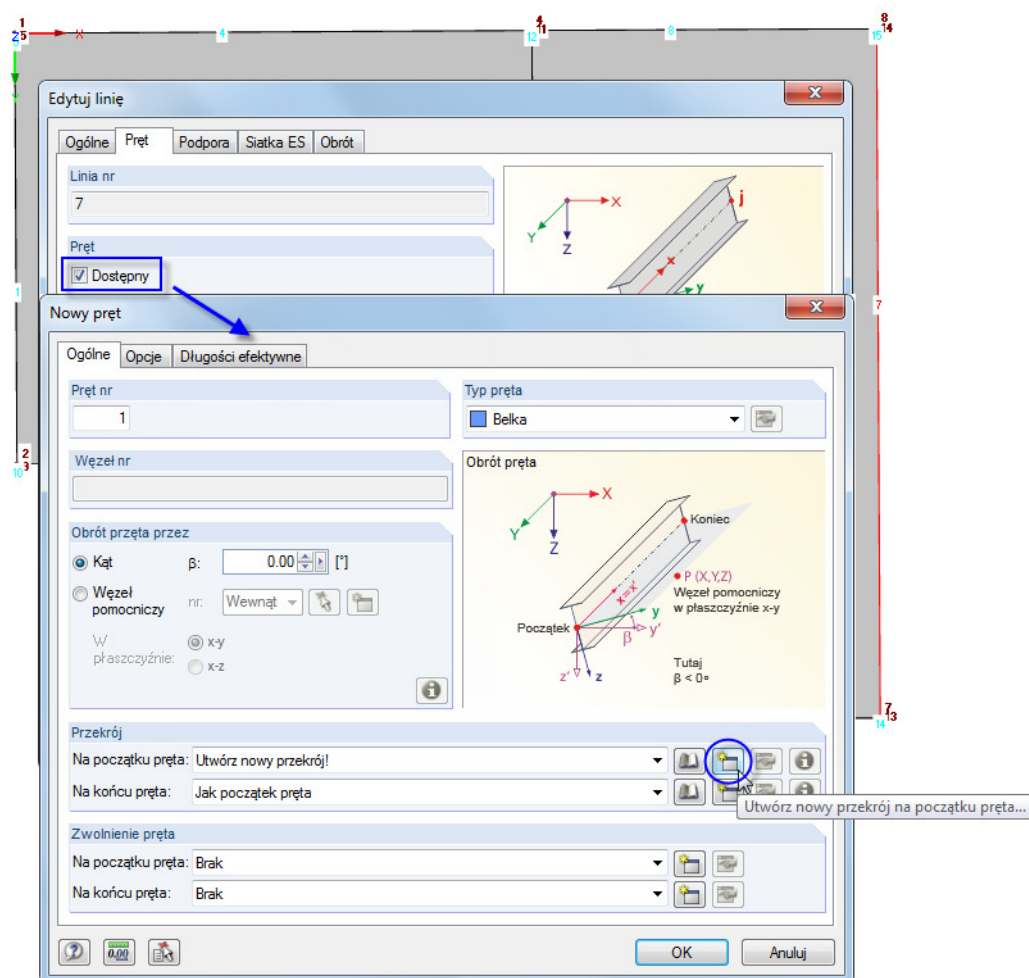
4.3.1 Podciągi

W celu zdefiniowania obu podciągów, określamy właściwości pręta dla linii 3 i 7.

4.3.1.1 Podciąg stalowy

Klikając dwukrotnie linię 7, otwieramy okno dialogowe *Edytuj linię*.

W drugiej zakładce *Pręt* zaznaczamy pole opcji *Dostępny* (zob. Rys. 4.8). Pojawi się okno dialogowe *Nowy pręt*.

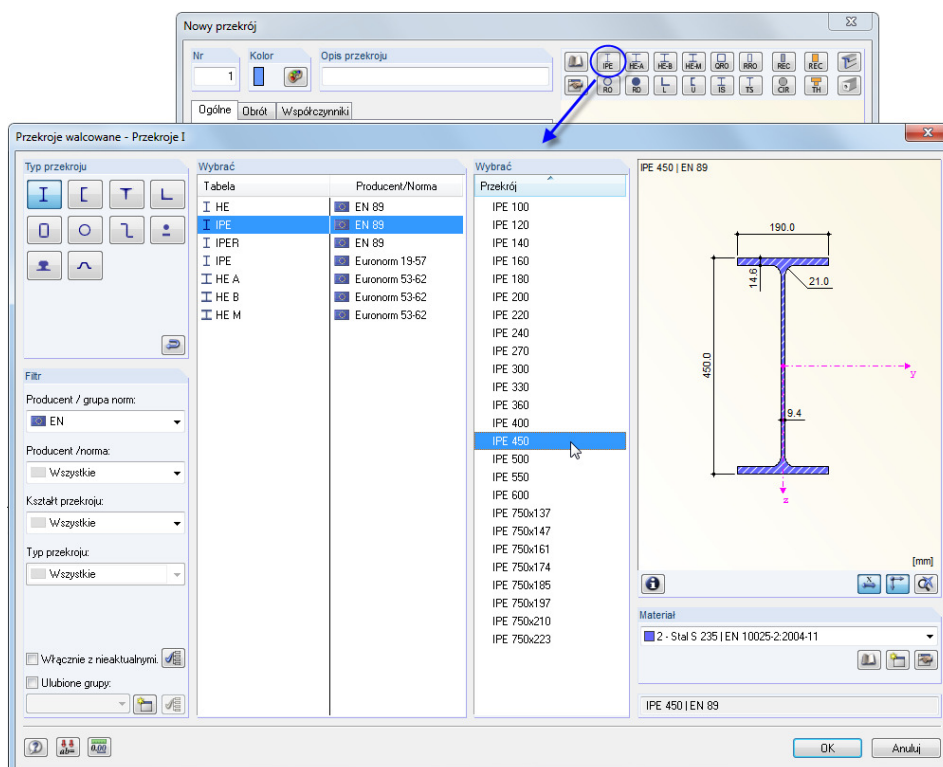
Rys. 4.8: Okno dialogowe *Nowy pręt*

Nie ma potrzeby dokonywania zmian ustawień szczegółowych. Musimy jedynie utworzyć *Przekrój*. Aby utworzyć przekrój na *Początku pręta*, klikamy przycisk [Nowy].



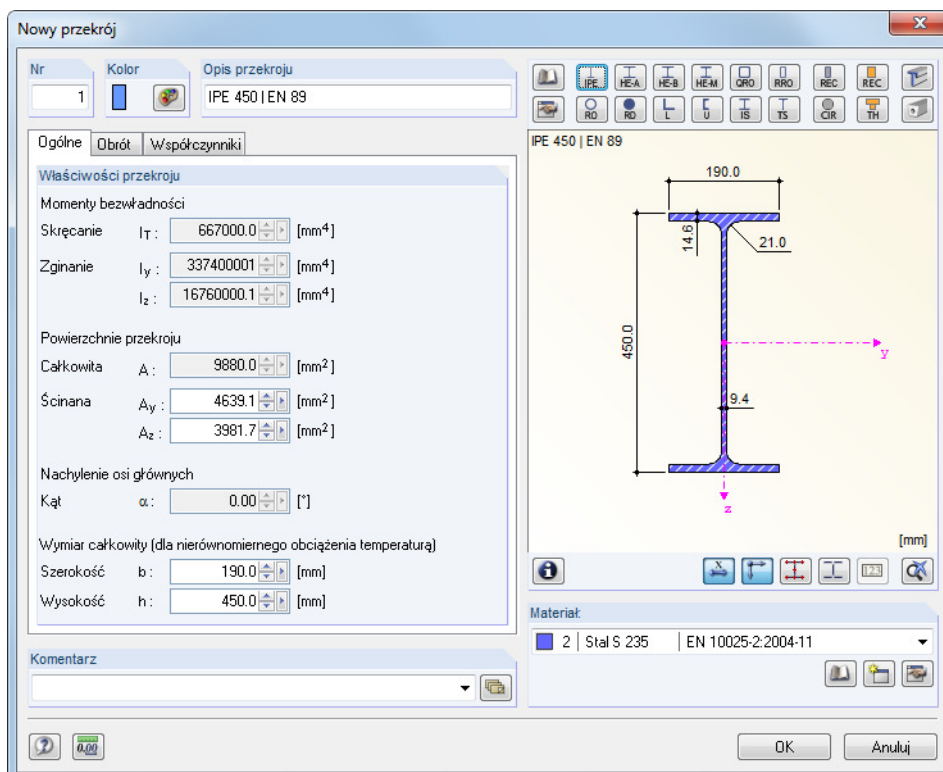
Pojawi się okno dialogowe *Nowy przekrój*. Klikamy przycisk [IPE] w górnej części okna dialogowego. Otworzy się okno *Przekroje walcowane – Przekroje I*, w którym możemy wybrać opcję **IPE 450** z tabeli przekrojów IPE (zob. Rys. 4.9).

Dla przekrojów walcowanych, program RFEM automatycznie ustawia *Materiał* numer 2 - *Stal* 235.



Rys. 4.9: Wybieranie przekroju IPE 450

Klikamy [OK], aby zaimportować charakterystyki przekroju do okna dialogowego *Nowy przekrój*.



Rys. 4.10: Okno dialogowe *Nowy przekrój* z charakterystykami przekroju

Klikamy [OK], aby powrócić do początkowego okna dialogowego *Nowy pręt*. Pole wprowadzania *Początek pręta* pokazuje teraz nowy przekrój. Klikając [OK], zamykamy to okno dialogowe. W ten sam sposób zamykamy również okno dialogowe *Edytuj linię*. Na krawędzi stropu wyświetlany jest teraz stalowy dźwigar.

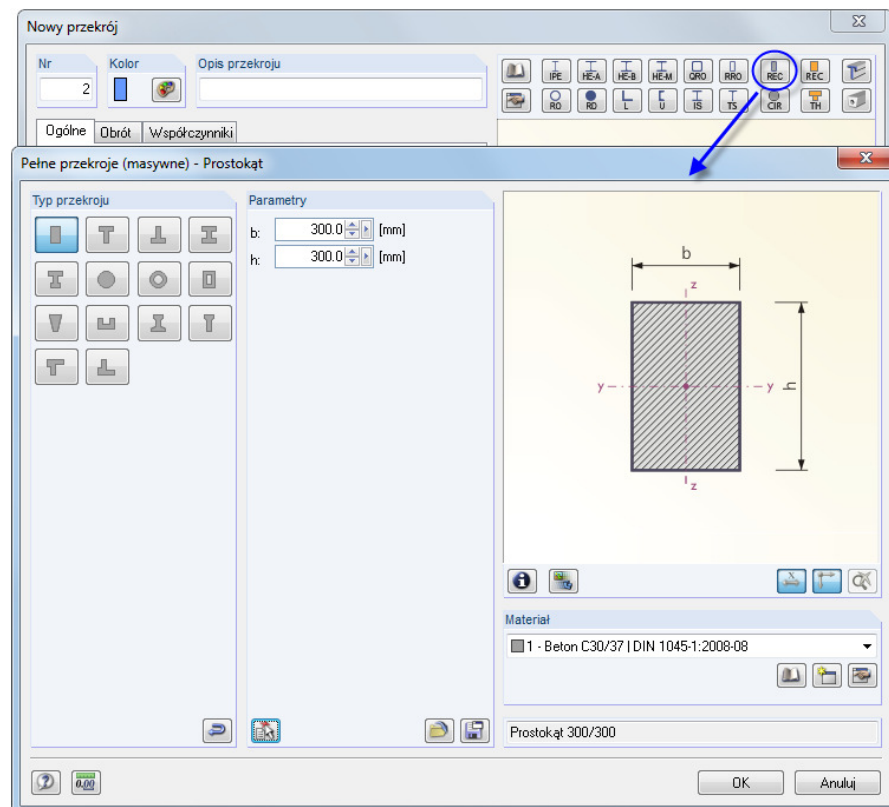
4.3.1.2 Podciągi o przekroju teowym

W ten sam sposób definiujemy podciąg pod sufitem: Klikamy dwukrotnie linię 3, w celu otwarcia okna dialogowego *Edytuj linię*. W zakładce *Pręt* wybieramy opcję *Dostępny* (zob. Rys. 4.8).

Definiowanie przekroju

Otworzy się okno dialogowe *Nowy pręt*. Aby zdefiniować przekrój na *Początku pręta*, klikamy ponownie przycisk [Nowy] (zob. Rys. 4.8). Powtarzamy procedurę z punktu 4.3.1.1, w celu zdefiniowania nowego przekroju.

W górnej części okna dialogowego *Nowy przekrój* wybieramy tabelę przekrojów masowych *REC*. Otworzy się okno dialogowe *Przekroje bryłowe - Prostokąt*, w którym definiujemy szerokość b oraz wysokość h wynoszące **300 mm**.



Rys. 4.11: Okno dialogowe *Przekroje bryłowe - Prostokąt*



Przy użyciu przycisku [Informacje] można sprawdzić charakterystyki przekroju.

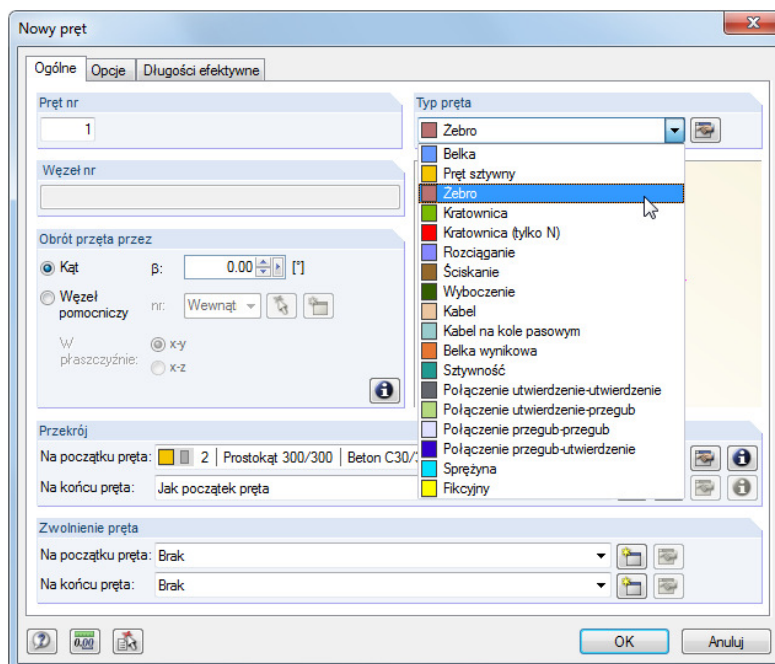
Dla przekrojów bryłowych, program RFEM ustawia automatycznie *Materiał* numer 1 - *Beton C30/37*.

Klikamy [OK], aby zaimportować charakterystyki przekroju do okna dialogowego *Nowy przekrój*.

Klikamy [OK], aby powrócić do początkowego okna dialogowego *Nowy pręt*. Pole wprowadzania *Początek pręta* pokazuje teraz przekrój prostokątny.

Definiowanie żebra

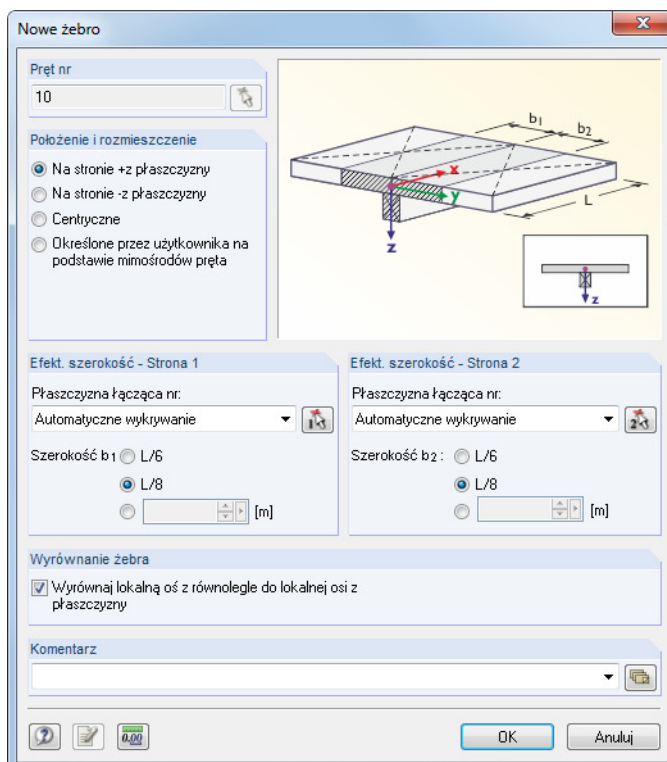
W programie RFEM, podciąg można modelować przy użyciu pręta typu *Żebro*. Wystarczy po prostu zmienić *Typ pręta* w oknie dialogowym *Nowy pręt*: Z listy wybieramy *Żebro*.



Rys. 4.12: Zmiana typu pręta



Następnie klikamy przycisk [Edytuj] znajdujący się na prawo od listy, aby otworzyć okno dialogowe *Nowe żebro*.



Rys. 4.13: Definiowanie żebra

Definiujemy *Pozycję i położenie* żebra **Na stronie +z powierzchni**. Jest to spodnia strona stropu.

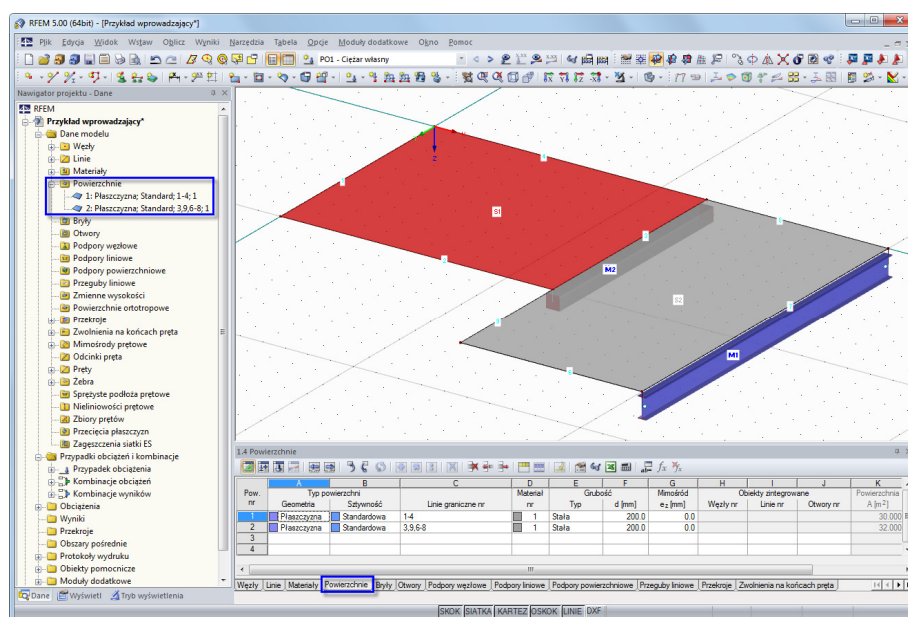
Dla *Szerokości efektywnej* wpisujemy **L/8** dla obu stron. Program RFEM automatycznie odnajdzie te długości.

Przy użyciu przycisku [OK] zamykamy okna dialogowe i sprawdzamy wyniki w oknie roboczym.

Zmiana widoku

Ponieważ chcemy wyświetlić model graficznie 3D, wykorzystujemy przycisk paska narzędzi pokazany na lewym marginesie tej strony w celu ustawienia [Widoku izometrycznego].

Aby dostosować wyświetlanie, używamy przycisku [Przesuń, zoom, obróć] (zob. "funkcje myszki" na stronie 8). Wskaźnik zamieni się w dłoń. Jeśli dodatkowo przytrzymamy przycisk [Ctrl], możemy obracać model poprzez poruszanie wskaźnikiem.



Rys. 4.14: Model w widoku izometrycznym z nawigatorem i tabelami z danymi

Sprawdzanie danych w nawigatorze i tabelach

Wszystkie wprowadzone obiekty można znaleźć w drzewie nawigatora *Dane* oraz w zakładkach tabeli. Wpisy w nawigatorze można otworzyć (tak jak w Eksploratorze Windows), klikając znak [+]. Klikając poszczególne zakładki, można przemieszczać się między tabelami.

Na przykład dla wpisu w nawigatorze *Powierzchnie* oraz w tabeli 1.4 *Powierzchnie* widzimy dane obu powierzchni w postaci numerycznej (por. powyższy rys.).

4.3.2 Słupy

Najwygodniejszym sposobem definiowania słupów jest kopiowanie węzłów stropu, poprzez określenie specyficznych ustawień dla procesu kopiowania.

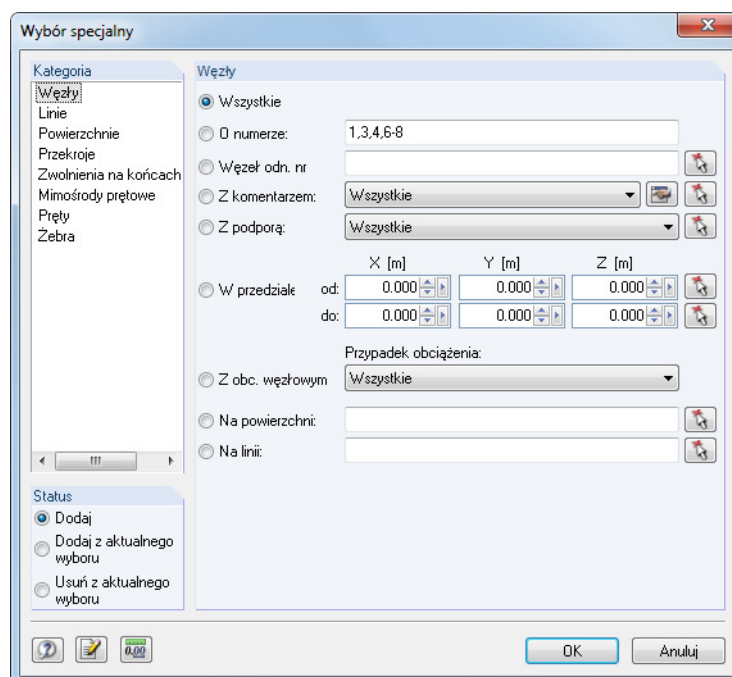
Wybór węzłów

Na początku wybieramy węzły, które chcemy skopiować. Aby otworzyć odpowiednie okno dialogowe,

wyberamy **Wybierz** w menu **Edytuj**, a następnie klikamy **Specjalnie** możemy również użyć przycisk z paska narzędzi pokazany lewym marginesie tej strony.



Okno dialogowe *Wybór specjalny* ustawia wstępnie kategorię *Węzły*. Ponieważ chcemy wybrać *Wszystkie węzły*, możemy zatwierdzić to okno przy użyciu przycisku [OK] bez dokonywania zmian.



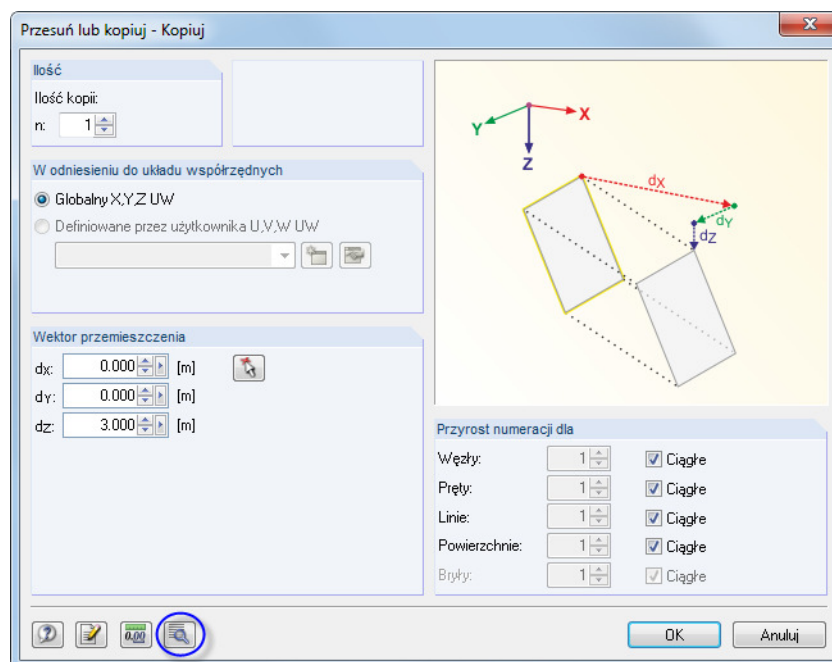
Rys. 4.15: Okno dialogowe *Wybór specjalny*

Wybrane węzły wyświetlane są teraz w innym kolorze. Ustawiony jest kolor żółty jako kolor węzłów wybranych na czarnym tle.

Kopiowanie węzłów



Wciskamy przycisk pokazany na lewym marginesie tej strony, aby otworzyć okno dialogowe *Przesuń lub kopij*.

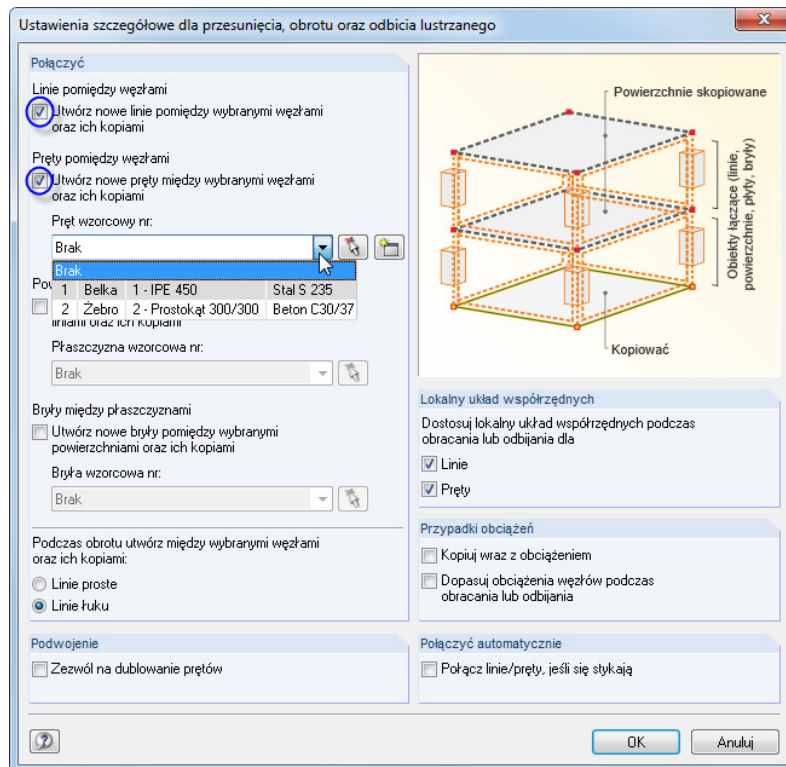


Rys. 4.16: Okno dialogowe *Przesuń lub kopij*

Zwiększamy *Ilość kopii* na **1**: Przy tym ustawieniu węzły nie zostaną przesunięte ani skopiowane. Ponieważ słupy mają 3 m wysokości, wprowadzamy wartość **3,0 m** dla *Wektora przemieszczenia* w d_z .



Następnie klikamy przycisk [Szczegóły], aby zdefiniować więcej ustawień.



Rys. 4.17: Okno dialogowe *Ustawienia szczegółowe dla polecenia przesun/obróć/odbij*

W części okna *Łączenie* zaznaczamy pola wyboru dla następujących opcji:

- ☒ Utwórz nowe linie pomiędzy wybranymi węzłami i ich kopiami
- ☒ Utwórz nowe pręty pomiędzy wybranymi węzłami i ich kopiami

Następnie wybieramy pręt **2** z listy, w celu zdefiniowania go jako *Pręt wzorcowy*. W ten sposób wstępnie ustawia się charakterystyki podciągów o przekroju teowym (typ pręta, przekrój, materiał) dla nowych słupów.

Okna dialogowe zamykamy klikając przycisk [OK].

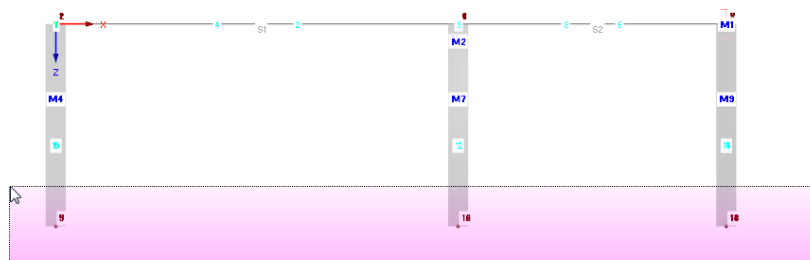
Edytowanie powierzchni

Ponieważ zdefiniowaliśmy pręt wzorcowy jako *Żebro* z długościami efektywnymi, musimy teraz dostosować typ pręta. Wykorzystujemy inny sposób wyboru słupów.



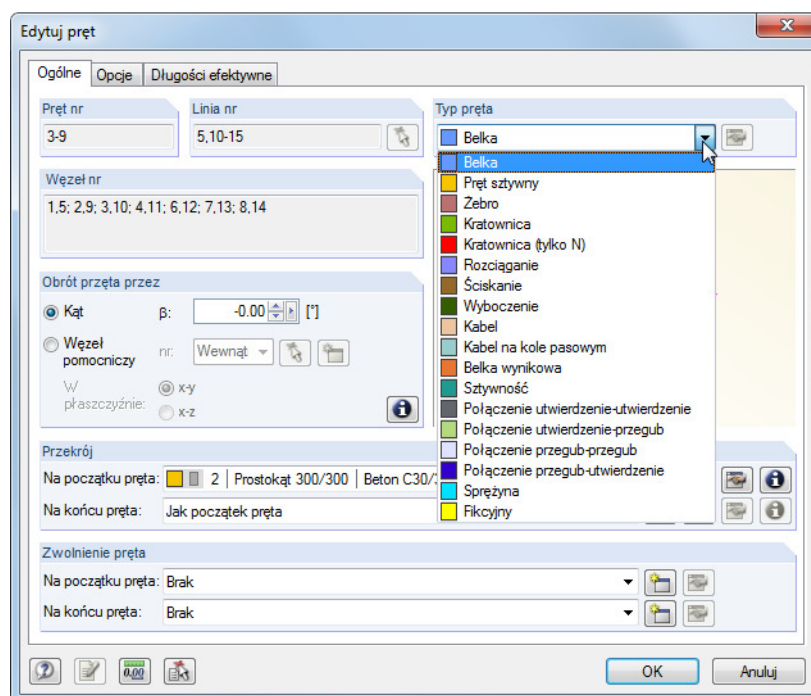
Na początku ustawiamy widok w kierunku [-Y] przy użyciu przycisku pokazanego na lewym marginesie tej strony.

Następnie używamy wskaźnika, żeby narysować okno od prawej do lewej wzdłuż węzłów podstaw słupów. W ten sposób zaznaczamy wszystkie obiekty, które całkowicie lub częściowo znalazły się w oknie, więc nasze słupy zostały również wybrane. (Narysowanie okna od lewej do prawej powoduje zaznaczenie tylko tych obiektów, które znajdują się w nim w całości).



Rys. 4.18: Zaznaczanie przy pomocy okna

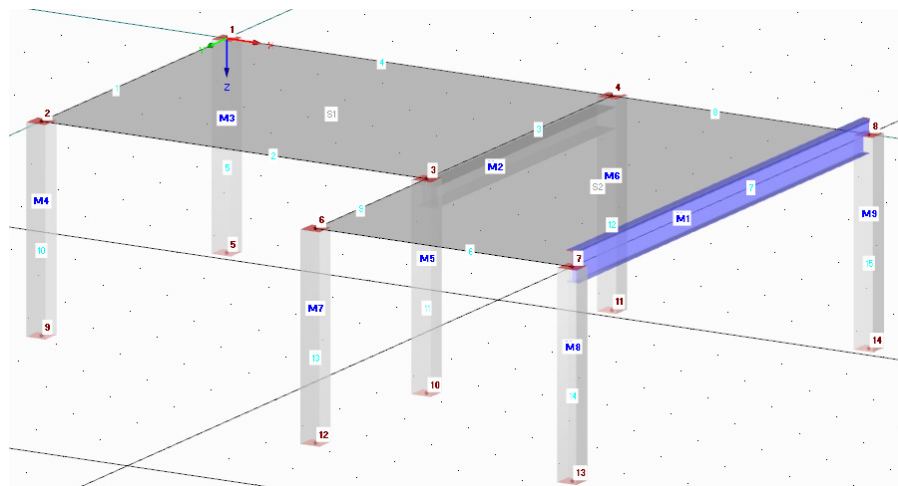
Możemy teraz dwukrotnie kliknąć jeden z wybranych słupów. Pojawi się okno dialogowe *Edytuj pręt*. Numery wybranych prętów pokazane są w polu *Pręt nr*.



Rys. 4.19: Dostosowywanie typu pręta

Zmieniamy typ pręta na **Belka** i zamykamy okno dialogowe, klikając przycisk [OK].

Ponownie ustawiamy [Widok izometryczny], aby wyświetlić cały model.



Rys. 4.20: Pełny widok izometryczny

4.4 Wstawianie podpór

Model wciąż nie posiada podpór. Podparcia w programie RFEM można przydzielać węzłom, liniom, prętom i powierzchniom.

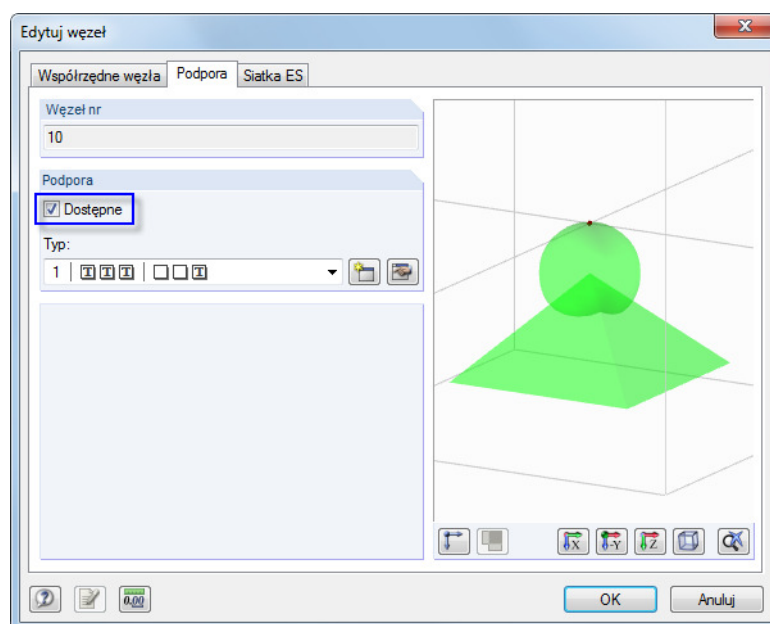
Przydzielanie podpór węzłowych

Słupy podparte są w stopach we wszystkich kierunkach, ale bez utwierdzenia.

Węzły stopy i słupy pozostają zaznaczone, dopóki nie klikniemy w oknie roboczym. W razie potrzeby można ponownie zaznaczyć obiekty przy użyciu wyboru oknem (zob. Rys. 4.18).

Możemy teraz kliknąć dwukrotnie jeden z wybranych węzłów stopy. Śledząc pasek stanu w dolnym lewym rogu, możemy sprawdzić, czy wskaźnik został umieszczony na odpowiednim węźle.

Otworzy się okno dialogowe *Edytuj węzeł*.



Rys. 4.21: Okno dialogowe *Edytuj węzeł*, zakładka *Podpora*

W zakładce *Podpora*, zaznaczamy pole *Dostępne*. Poprzez to ustawienie przydzielamy wybranym prętom typ podparcia *Przegubowe*.

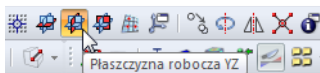
Po kliknięciu przycisku [OK], na modelu wyświetlone zostaną symbole podpór.

Zmiana płaszczyzny roboczej

Chcemy zmienić długość dwóch słupów po lewej stronie na 4 m. Z tego powodu zmieniamy płaszczyznę roboczą z płaszczyzny poziomej na pionową.

Aby ustawić [Płaszczyznę roboczą YZ], klikamy drugi z trzech przycisków płaszczyzny.

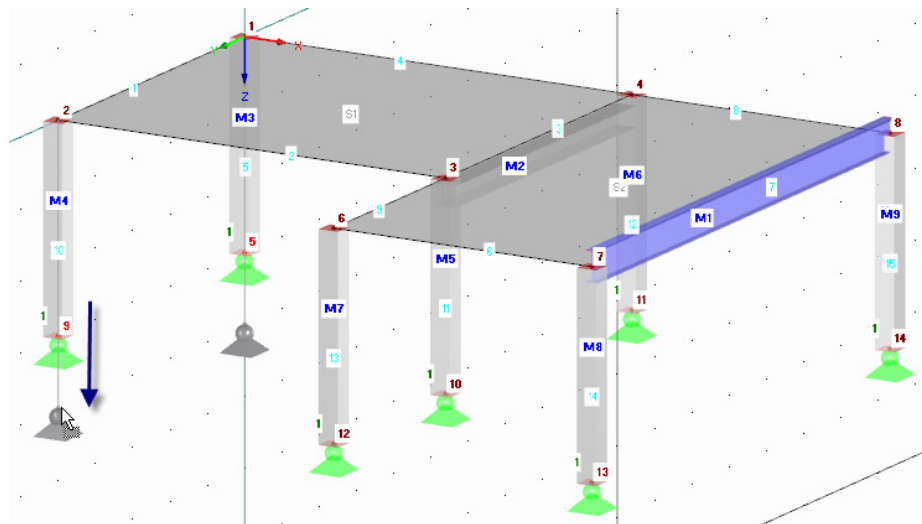
W płaszczyźnie słupów po lewej stronie wyświetlany jest teraz raster. Ustawienie to pozwala graficznie definiować linie lub przemieszczać węzły w tej płaszczyźnie roboczej.



Dostosowywanie węzłów dla podpór

Tym razem zaznaczamy węzły 9 i 5 – jeden po drugim, trzymając wciśnięty przycisk [Ctrl].

Następnie przesuwamy jeden z wybranych węzłów o **1 m** do punktu rastru znajdującego się pod nim. Należy przy tym uważać, aby uchwycić węzeł, a nie pręt. Numery węzłów i współrzędne wskaźnika można sprawdzić w pasku stanu.



Rys. 4.22: Przesuwanie dwóch wybranych węzłów dla podpór

Alternatywnie można również kliknąć dwukrotnie jeden z węzłów i zmienić współrzędną Z w oknie dialogowym *Edytuj węzeł*, zakładka *Współrzędne węzła*.

4.5 Łączenie prętów z przegubem i mimośrodem

4.5.1 Przegub

Stalowy podciąg nie może przenosić żadnych momentów zginających na słupy ze względu na połączenie. Z tego powodu musimy przydzielić przegub na obu końcach tego pręta.

Klikamy dwukrotnie pręt 7, aby otworzyć okno dialogowe *Edytuj pręt*.

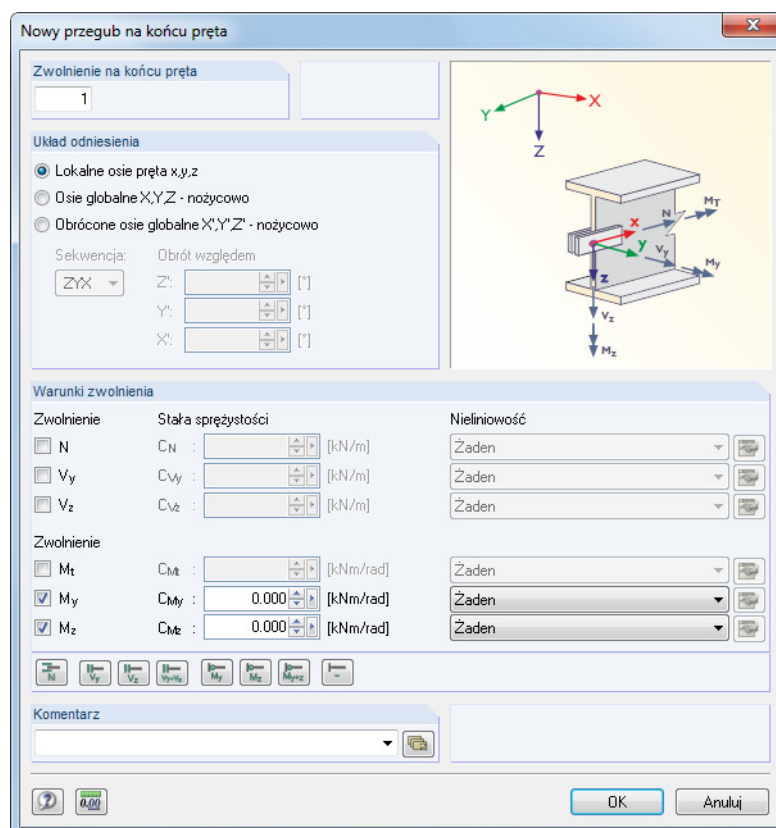


W sekcji *Zwolnienie* klikamy przycisk [Nowy], w celu zdefiniowania typu przegubu dla *Początku pręta* (zob. Rys. 4.25).



Rys. 4.23: Okno dialogowe *Edytuj pręt*, sekcja *Przegub prętowy*

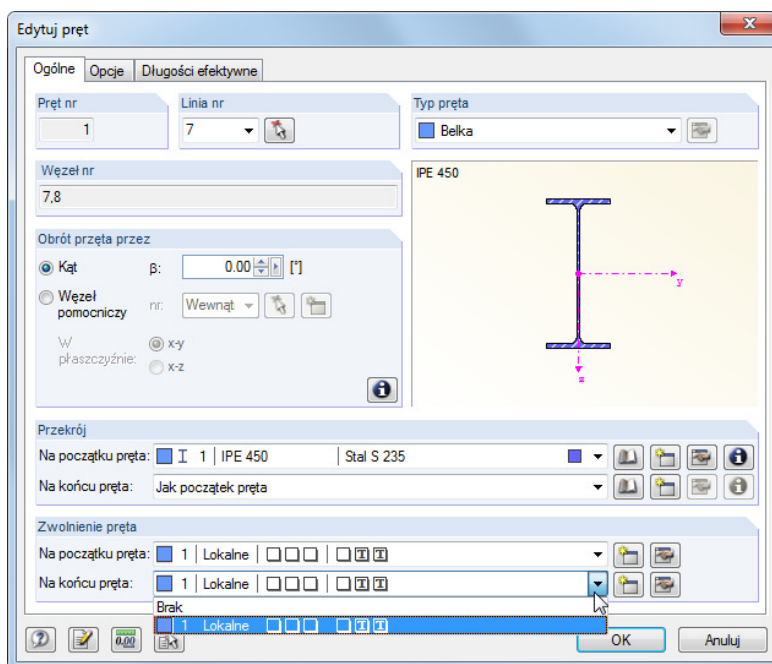
Pojawi się okno dialogowe *Nowy przegub na końcu pręta*, w którym można wybrać siły wewnętrzne, które nie są przenoszone przez przegub. W naszym przypadku zaznaczamy pola dla momentów M_y i M_z .



Rys. 4.24: Okno dialogowe *Nowy przegub na końcu pręta*

Zatwierdzamy ustawienia wstępne i zamykamy okno dialogowe, klikając przycisk [OK].

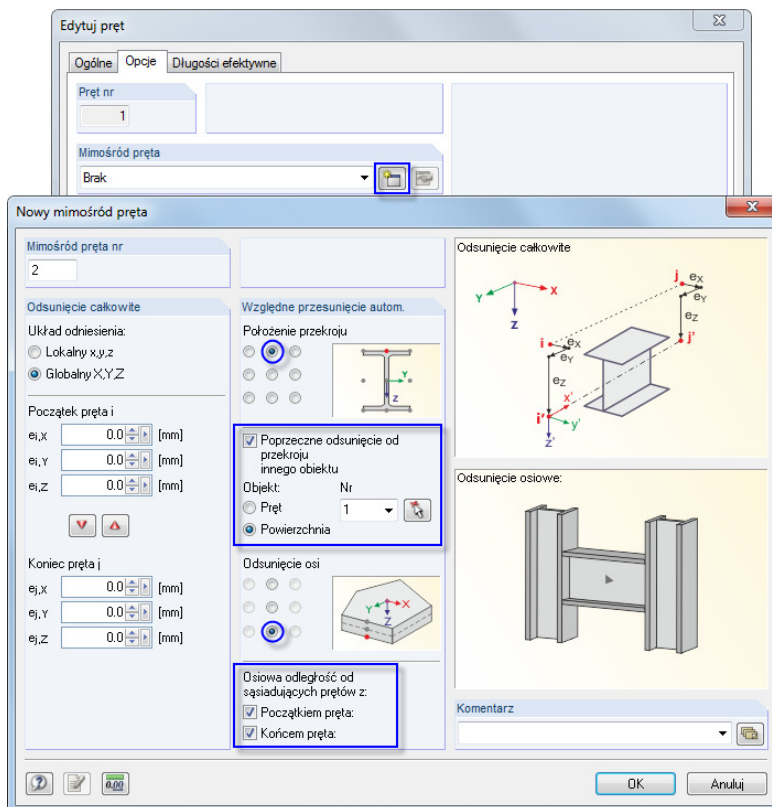
W oknie dialogowym *Edytuj pręt* widzimy, że przegub 1 został wprowadzony dla *Początku pręta*. Definiujemy taki sam typ przegubu dla *Końca pręta* przy użyciu listy (zob. poniższy rys.).

Rys. 4.25: Przydzielanie przegubów w oknie dialogowym *Edytuj pręt*

4.5.2 Mimośród pręta

Chcemy mimośrodowo przyłączyć nasz stalowy podciąg poniżej płyty stropowej.

W oknie dialogowym *Edytuj pręt* przechodzimy do zakładki *Opcje*. W sekcji *Mimośród pręta* klikamy przycisk [Nowy], aby otworzyć okno dialogowe *Nowy mimośród pręta*.

Rys. 4.26: Okno dialogowe *Nowy mimośród pręta*



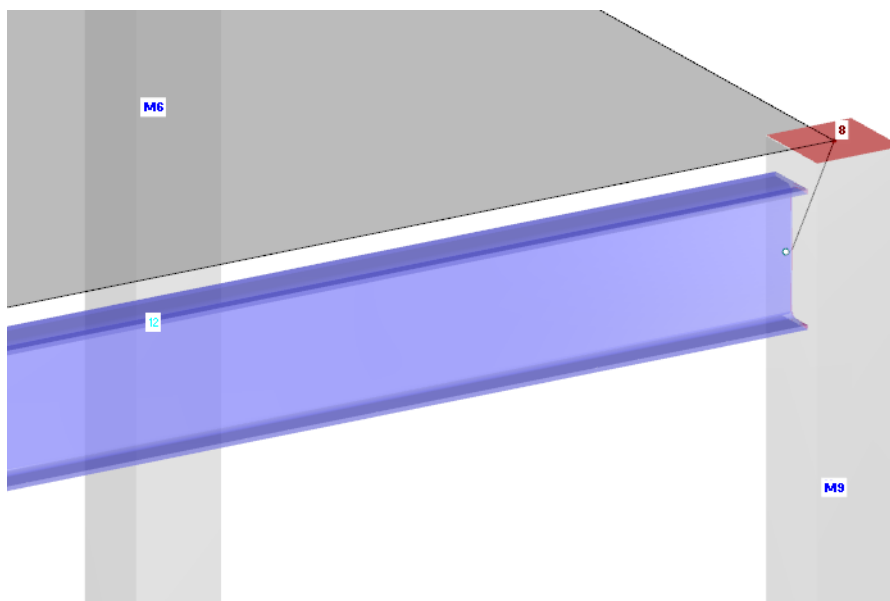
Wybieramy opcję *Poprzeczny offset od przekroju innych obiektów*. W naszym przykładzie obiektem jest płyta stropowa: Przy użyciu funkcji [Wybierz] zaznaczamy ręcznie w modelu **Powierzchnię 2**.

Następnie definiujemy *Układ przekroju* oraz *Offset osi* przy użyciu pól wyboru, jak pokazano to na Rys. 4.26.

W sekcji *Offset osiowy od przyłączanych prętów* zaznaczamy pola dla **Początku pręta i Końca pręta**, aby zastosować offset po obu stronach.



Po potwierdzeniu wszystkich okien dialogowych, przy użyciu powiększonego widoku (na przykład stosując zoom przy użyciu rolki myszki, przesuwanie przez przytrzymanie wciśniętej rolki myszki, obracanie przez trzymanie wciśniętej rolki myszki i jednocześnie wciskanie prawego przycisku myszki) możemy sprawdzić wyniki.



Rys. 4.27: Stalowy dźwigar z przegubem i mimośrodem

4.6 Sprawdzanie danych

Sprawdzanie nawigatora Dane i tabel



Wprowadzanie graficzne wpływa na zawartość drzewa nawigatora *Dane* oraz na tabele. Nawigator i tabele można wyświetlać i ukrywać, wybierając **Nawigator** lub **Tabela** w menu **Widok**. W tym samym celu można wykorzystać również odpowiednie przyciski paska narzędzi.

Obiekty konstrukcyjne grupowane są w tabelach w wielu zakładkach. Grafika i tabele są interaktywne: Aby odnaleźć obiekt w tabeli, na przykład powierzchnię, otwieramy tabelę 1.4 *Powierzchnie* i klikamy powierzchnię w oknie roboczym. Widzimy, że został podświetlony odpowiedni rząd tabeli (zob. Rys. 4.14, strona 18).

Sprawdzamy teraz wprowadzone dane numeryczne.

Zapisywanie danych



Wprowadzanie danych modelu zostało ukończone. Aby zapisać plik, wybieramy **Zapisz** w menu **Plik**

lub klikamy przycisk paska narzędzi pokazany na lewym marginesie tej strony.

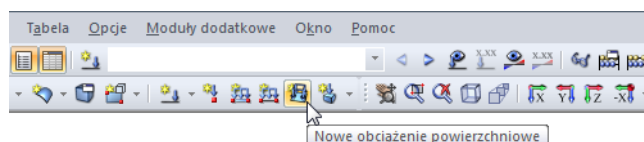
5. Obciążenia

Na początku, obciążenia takie jak ciężar własny, obciążenie zmienne lub obciążenie wiatrem opisywane są w różnych przypadkach obciążeń. W następnym kroku zadajemy te przypadki obciążeń z częściowymi współczynnikami bezpieczeństwa według specyficznych reguł kombinacji (zob. rozdział 6).

5.1 Przypadek obciążenia 1: Ciężar własny i wykończenia

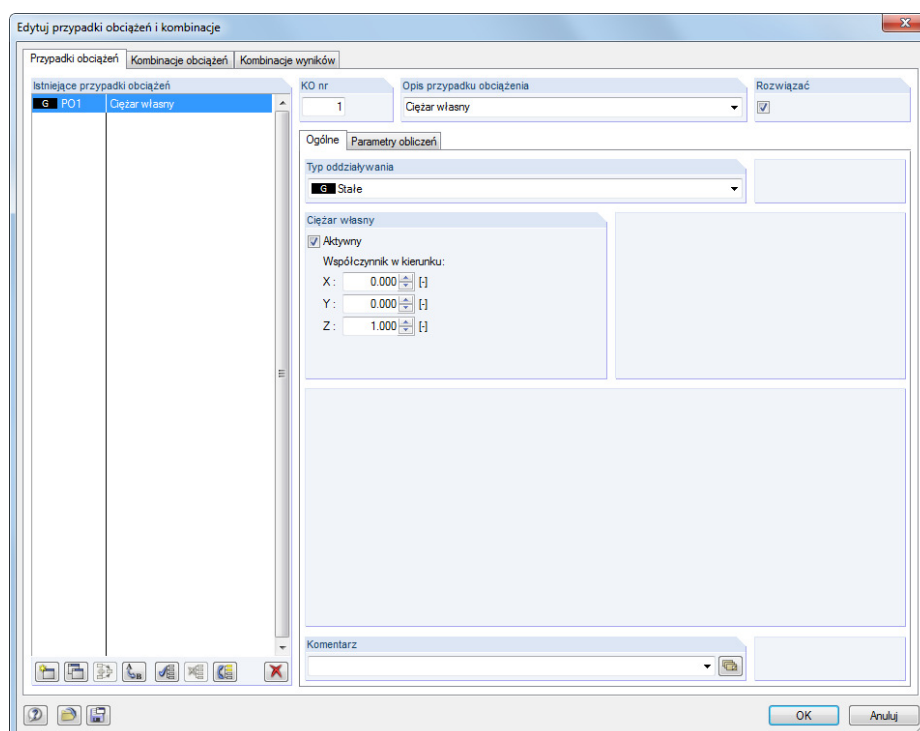
Pierwszy przypadek obciążenia zawiera stale oddziałujące obciążenia od ciężaru własnego i konstrukcji stropu (zob. rozdział 2.3, strona 6).

Klikamy przycisk [Nowe obciążenie powierzchniowe], aby utworzyć przypadek obciążenia.



Rys. 5.1: Przycisk *Nowe obciążenie powierzchniowe*

Otworzy się okno dialogowe *Edytuj przypadki obciążeń i kombinatorykę*.



Rys. 5.2: Okno dialogowe *Edytuj przypadki obciążeń i kombinatorykę*, zakładka *Przypadki obciążeń* i *Ogólne*

Przypadek obciążenia nr 1 ma wstępnie przydzielony typ oddziaływania *Stale*. Dodatkowo wprowadzamy *Opis przypadku obciążenia* **Ciężar własny i wykończenia**.

Ciężar własny

☒ Aktywny

Współczynnik w kierunku:

X: 0.000 [-]

Y: 0.000 [-]

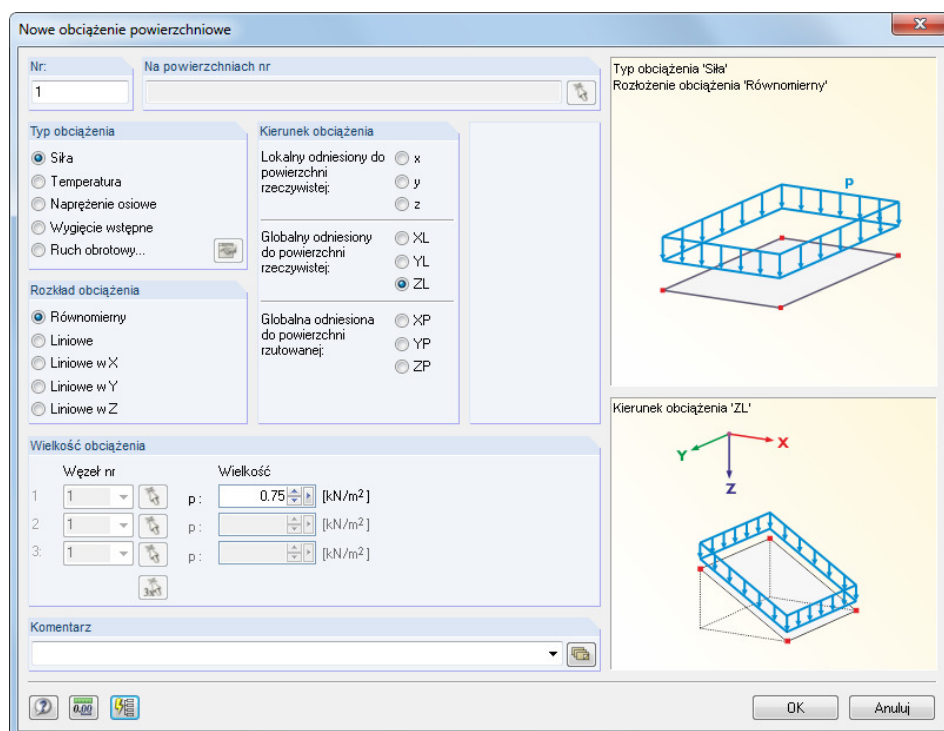
Z: 1.000 [-]

5.1.1 Ciężar własny

Jeżeli współczynnik *Aktywny* został określony jako wartość domyślna równa 1,000, ciężar własny powierzchni i prętów w kierunku Z uwzględniany jest automatycznie.

5.1.2 Konstrukcja stropu

Dane zatwierdzamy, klikając przycisk [OK]. Otworzy się okno dialogowe *Nowe obciążenie powierzchniowe*.



Rys. 5.3: Okno dialogowe *Nowe obciążenie powierzchniowe*

Konstrukcja stropu oddziałuje jako obciążenie typu *Siła*, a rozkład obciążenia jest *Jednorodny*. Zatwierdzamy te ustawienia wstępne oraz ustawienie ZL dla *Globalnego* w sekcji *Kierunek obciążenia*.

W sekcji *Wielkość obciążenia* wprowadzamy wartość **0,75** kN/m² (zob. rozdział 2.3, strona 6). Następnie zamykamy to okno dialogowe, klikając [OK].

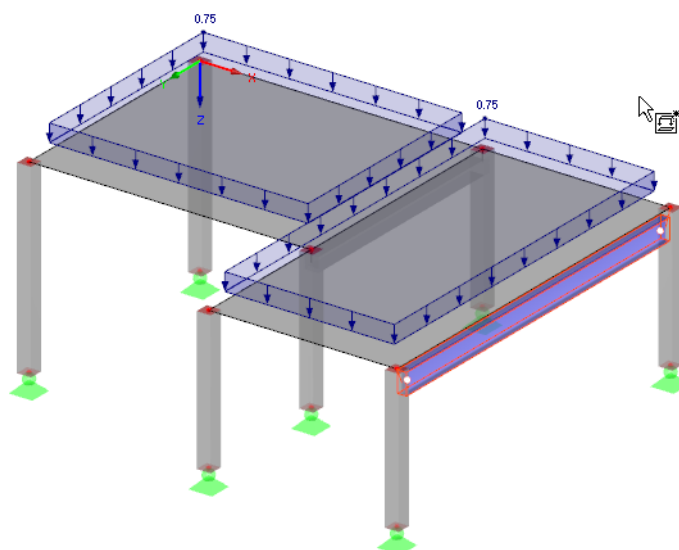


Teraz możemy graficznie przydzielić obciążenie do powierzchni stropu: Widzimy, że obok wskaźnika pojawił się mały symbol obciążenia. Symbol ten znika, gdy tylko poruszymy wskaźnikiem wzdłuż powierzchni. Obciążenie przydzielamy poprzez kliknięcie powierzchni **1** i **2** jedna po drugiej (zob. Rys. 5.4).



Wartości obciążeń można ukrywać i wyświetlać przy użyciu przycisku z paska narzędzi [Pokaż wartości obciążeń].

W celu wyjścia z trybu wprowadzania, wciskamy przycisk [Esc]. W tym samym celu można również kliknąć prawym przyciskiem myszki w pustym obszarze okna roboczego. Wprowadzanie danych dla przypadku obciążenia *Ciężar własny* i *elementy niekonstrukcyjne* zostało zakończone.



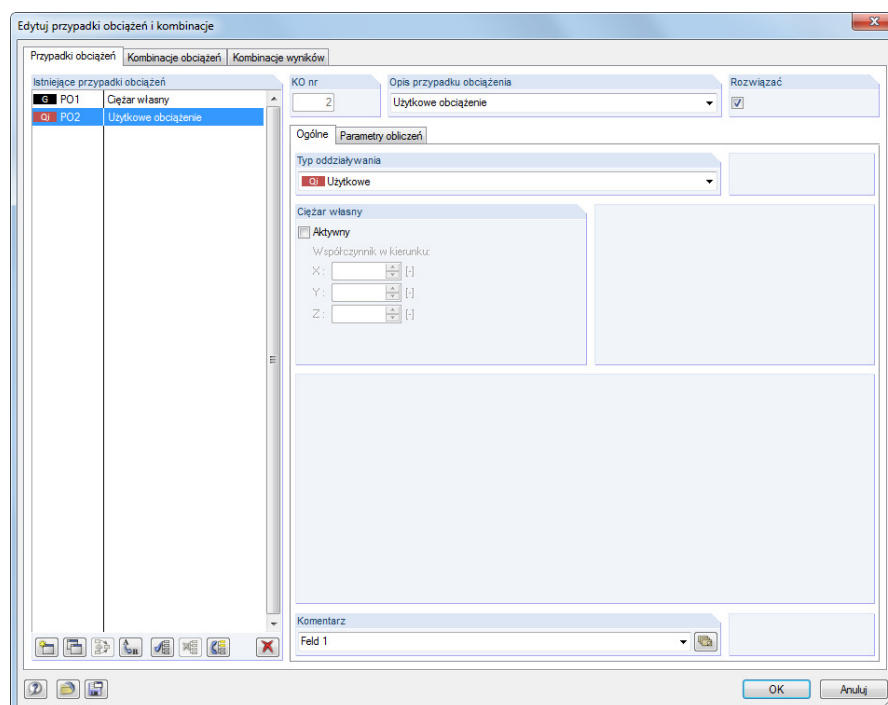
Rys. 5.4: Graficzne wprowadzanie obciążenia podłogi

5.2 Przypadek obciążenia 2: Obciążenie zmienne, pole 1



Z uwagi na zadany schemat ciągłej płyty stropu, dzielimy obciążenie zmienne podłogi na dwa odrębne przypadki obciążeń. Aby utworzyć nowy przypadek obciążenia,

wskazujemy **Obciążenia** w menu **Wstaw** i wybieramy **Nowy przypadek obciążenia** możemy wykorzystać również odpowiedni przycisk w pasku narzędzi (na lewo od listy przypadków obciążeń).



Rys. 5.5: Okno dialogowe Edytuj przypadki obciążeń i kombinatorykę, zakładka Przypadki obciążeń

Dla *Opisu przypadku obciążenia* wprowadzamy **Obciążenie zmienne** lub wybieramy wpis z listy.

Typ oddziaływania ustawiony jest automatycznie na **Q, Zmienne**. Klasyfikacja ta ma duże znaczenie dla częściowych współczynników bezpieczeństwa i współczynników kombinacji obciążeń.

W polu *Komentarz* można wprowadzić **Pole 1**, aby szczegółowo opisać przypadek obciążenia.



Po zatwierdzeniu okna dialogowego wprowadzamy obciążenie powierzchniowe w nowy sposób: Na początku, poprzez kliknięcie wybieramy powierzchnię stropu 1. Otwierając okno dialogowe przy użyciu przycisku [Nowe obciążenie powierzchniowe], widzimy, że jest już tam wprowadzony numer tej powierzchni.

Rys. 5.6: Okno dialogowe *Nowe obciążenie powierzchniowe*

Obciążenie zmienne oddziałuje jako obciążenie typu *Siła*, a rozkład obciążenia jest *Jednorodny*. Zatwierdzamy te ustawienia wstępne oraz ustawienie *ZL* dla *Globalnego* w sekcji *Kierunek obciążenia*.

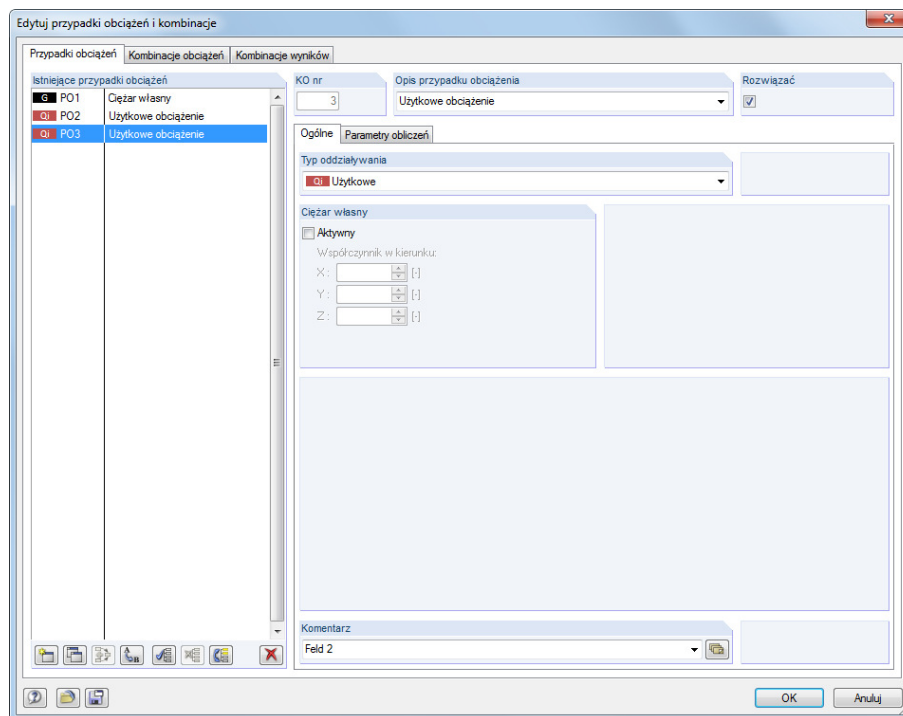
W sekcji *Wielkość obciążenia* wprowadzamy wartość **1,5 kN/m²** (zob. rozdział 2.3, strona 6). Następnie, klikając przycisk [OK], zamykamy to okno dialogowe.

Obciążenie powierzchniowe wyświetlane jest w lewym polu stropu.

5.3 Przypadek obciążenia 3: Obciążenie zmienne, pole 2



W celu wprowadzenia obciążenia zmiennego prawego pola, tworzymy [Nowy przypadek obciążenia].



Rys. 5.7: Okno dialogowe *Edytuj przypadki obciążeń i kombinatorykę*, zakładka *Przypadki obciążeń*

Ponownie wprowadzamy **Obciążenie zmienne** jako *Opis przypadku obciążenia*. W polu *Komentarz* wpisujemy **Pole 2**, a następnie zamykamy to okno dialogowe, klikając [OK].

5.3.1 Obciążenie powierzchniowe



Tym razem wybieramy powierzchnię stropu 2 i otwieramy okno dialogowe *Nowe obciążenie powierzchniowe* przy użyciu przycisku [Nowe obciążenie powierzchniowe].

Oprócz powierzchni 2, widzimy, że parametry ostatniego kroku wprowadzania są wstępnie ustawione (obciążenie typu *Siła*, rozkład obciążenia *Jednorodny*, kierunek obciążenia *Globalny ZL*, *Wielkość obciążenia* $1,5 \text{ kN/m}^2$). Zatwierdzamy to okno dialogowe bez dokonywania jakichkolwiek zmian.

Obciążenie powierzchniowe wyświetlone jest w prawym polu stropu (zob. Rys. 5.8).

5.3.2 Obciążenie liniowe

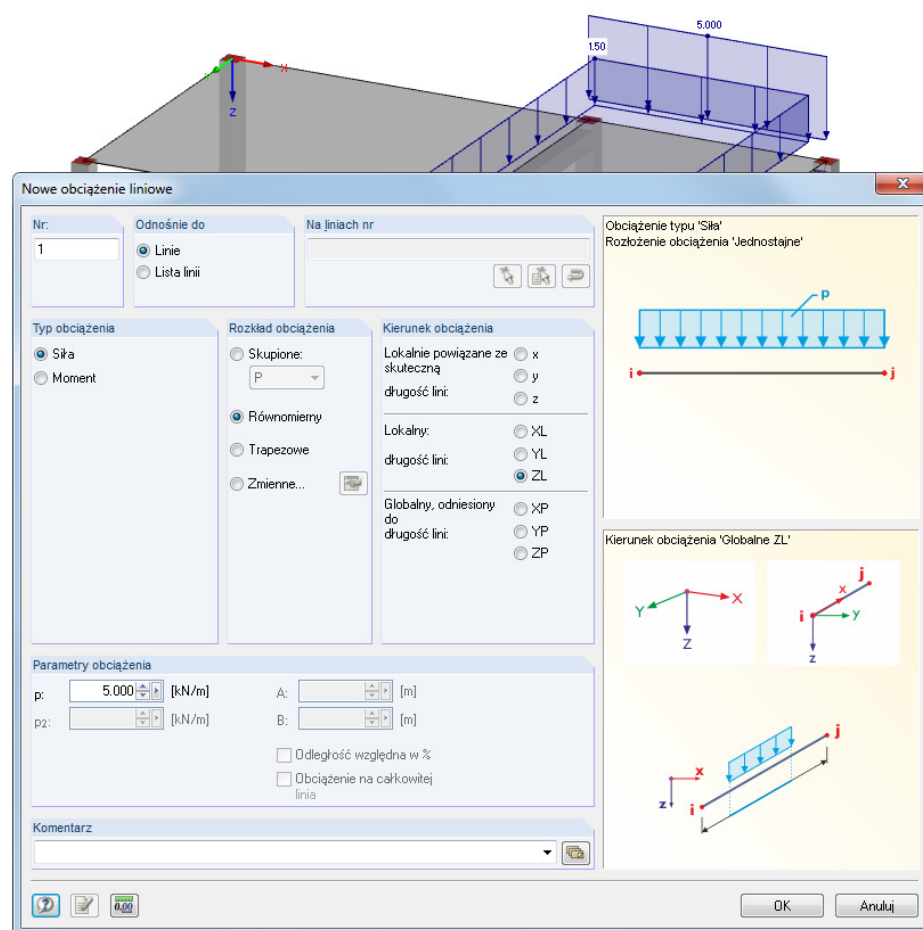


Obciążenie liniowe na tylnej krawędzi stropu łatwiej jest wprowadzić, gdy powiększymy wyświetlany obszar tej powierzchni przy użyciu funkcji *Zoom* lub rolki myszki.



Przy użyciu przycisku z paska narzędzi [Nowe obciążenie liniowe], znajdującego się na lewo od przycisku [Nowe obciążenie powierzchniowe], otwieramy okno dialogowe *Nowe obciążenie liniowe*.

Obciążenie liniowe jest typu *Siła z Jednorodnym* rozkładem obciążenia oddziałującym w kierunku obciążenia ZL. W sekcji *Parametry obciążenia* wprowadzamy **5 kN/m** (zob. rozdział 2.3, strona 6).



Rys. 5.8: Okno dialogowe *Nowe obciążenie liniowe*



Po kliknięciu przycisku [OK], klikamy linię **8** na tylnej krawędzi stropu (sprawdzenie przy użyciu paska stanu).

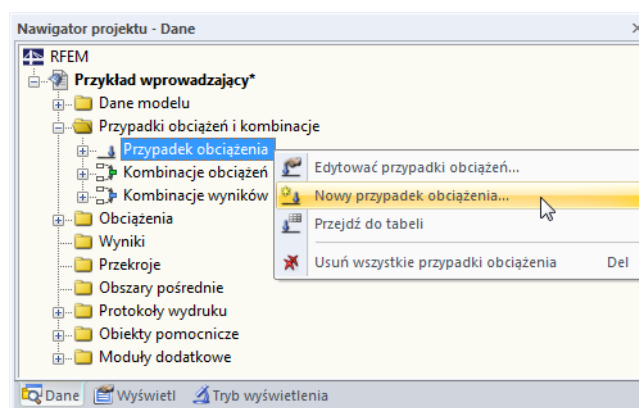


Wciskając klawisz [Esc] lub klikając prawym przyciskiem myszki w pustym obszarze przestrzeni roboczej, zamykamy tryb wprowadzania. Następnie przywracamy [Widok izometryczny].

5.4 Przypadek obciążenia 4: Imperfekcje

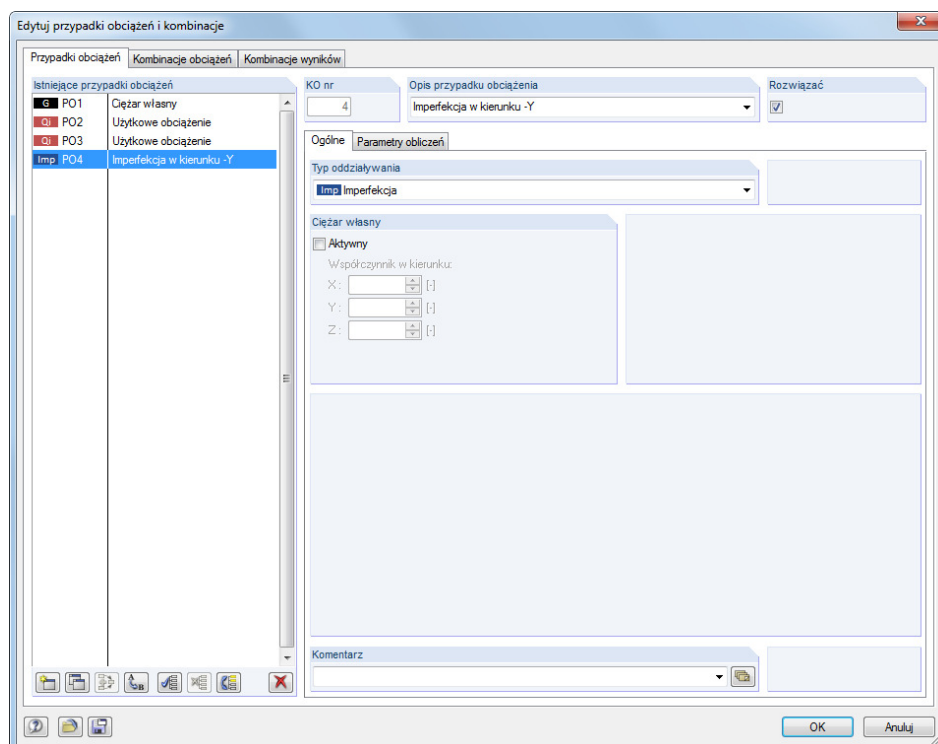
W ostatnim przypadku obciążenia definiujemy imperfekcje dla słupów obciążonych siłą osiową.

Tym razem, aby utworzyć nowy przypadek obciążenia, wykorzystamy nawigator *Dane*: Prawym przyciskiem myszki klikamy wpis *Przypadki obciążeń*, aby otworzyć menu kontekstowe, a następnie wybieramy *Nowy przypadek obciążenia*.



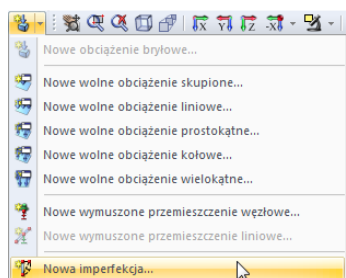
Rys. 5.9: Menu kontekstowe *Przypadki obciążeń*

Wybieramy **Imperfekcja w kierunku -Y** z listy *Opis przypadku obciążenia*. Ten *Typ oddziaływania* zmienia się automatycznie na **Imp Imperfekcja**.



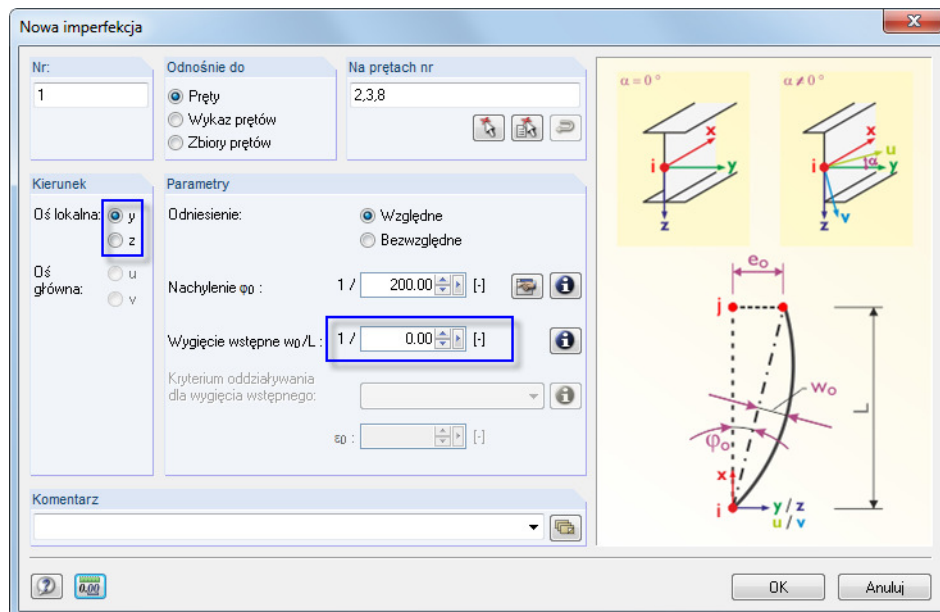
Rys. 5.10: Okno dialogowe *Edytuj przypadki obciążeń i kombinatorykę*, zakładka *Przypadki obciążeń*

Zamykamy to okno dialogowe, klikając przycisk [OK].



List button for loads

Klikamy teraz przycisk w pasku narzędzi [Nowe obciążenie bryłowe], w celu otwarcia jego listy menu, gdzie wybieramy wpis *Nowa Imperfekcja*. Otworzy się następujące okno dialogowe.



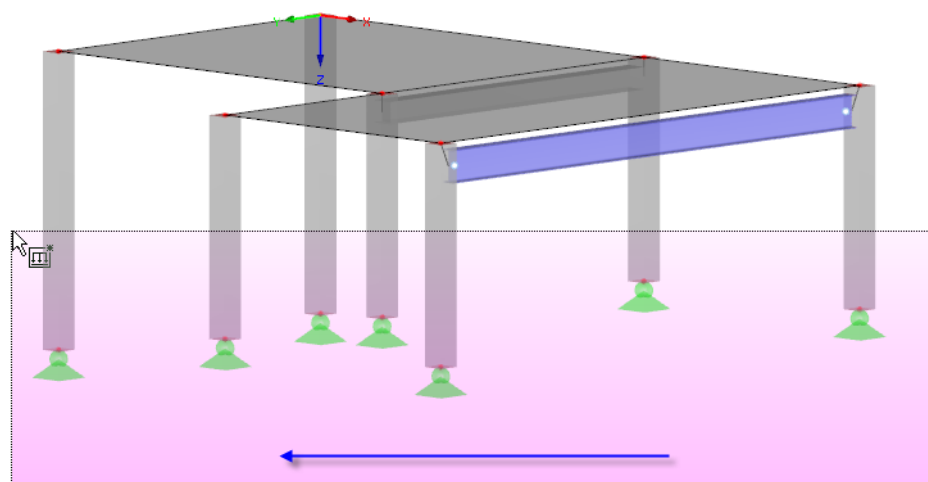
Rys. 5.11: Okno dialogowe *Nowa imperfekcja*

Chcemy zastosować imperfekcję w *Kierunku* osi **y** słupa, czyli w kierunku 'słabej' osi pręta, która w naszym przypadku jest równoległa do globalnej osi Y.

Ustawiamy *Wyginięcie początkowe* w_0/L na **0,00** i zatwierdzamy okno dialogowe, klikając przycisk [OK].

Imperfekcję można przydzielać w łatwy sposób przy użyciu okna wyboru. Najpierw należy wybrać najlepszą pozycję modelu: Klikamy przycisk [Przesuń, zoom, obróć] i obracamy model lekko w tył poprzez wciśnięcie lewego przycisku myszki i przytrzymanie wciśniętego klawisza [Ctrl]. Zmianę widoku kończymy, wciskając przycisk [Esc] lub klikając w oknie prawym przyciskiem myszki bez anulowania funkcji "Wybierz pręty dla imperfekcji".

Następnie rysujemy okno wyboru od prawej do lewej. Należy przy tym uważać, żeby zawrzeć w nim wszystkie słupy, ale stalowy dźwigar musi znaleźć się poza strefą zaznaczenia.

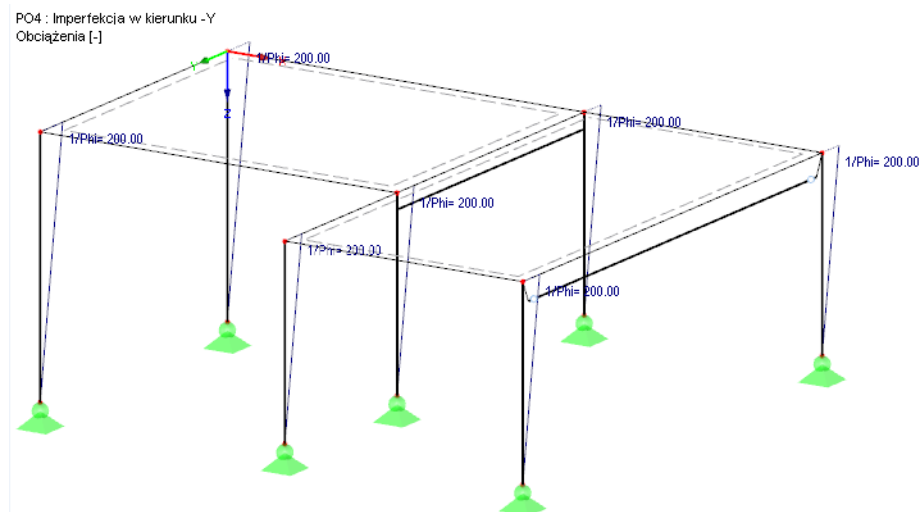


Rys. 5.12: Wybieranie słupów dla imperfekcji

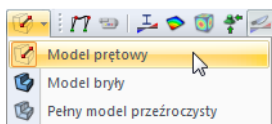


Po utworzeniu drugiego naroża okna, program RFEM przydziela imperfekcje.

Wychodzimy z tej funkcji, klikając przycisk [Esc] lub klikając prawym przyciskiem myszki. Na końcu przywracamy [Widok izometryczny].



Rys. 5.13: Imperfekcje pokazane na modelu liniowym

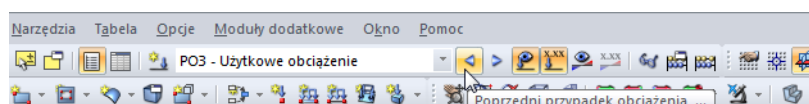


Zmiana wyświetlania modelu

Powyższy rysunek pokazuje konstrukcję jako *Konturowe wyświetlanie modelu*. Opcję wyświetlania można ustawić przy użyciu przycisku z paska narzędzi pokazanego na lewo. Dzięki temu imperfekcje nie są przykrywane przez renderowane słupy.

5.5 Sprawdzanie przypadków obciążeń

Wszystkie cztery przypadki obciążeń zostały wprowadzone. Zalecamy teraz [Zapisać] dane. Przypadek obciążenia można szybko sprawdzić w grafice: Przyciski [◀] i [▶] w pasku narzędzi pozwalają na wybieranie poprzednich lub następnych przypadków obciążeń.



Rys. 5.14: Przeszukiwanie przypadków obciążeń



Graficzne wprowadzanie obciążenia ma wpływ na nawigator *Dane* oraz na tabele. Dane obciążenia znajdują się w tabeli 3. *Obciążenia*, którą można otworzyć przy użyciu przycisku pokazanego po lewej stronie.



Tutaj również grafik i tabele są interaktywne: Aby odnaleźć dane obciążenie w tabeli, na przykład imperfekcję, ustawiamy tabelę 3.13 *Imperfekcje*, a następnie wybieramy to obciążenie w oknie roboczym. Widzimy, że wskaźnik przeskakuje do odpowiedniego rzędu tabeli.

6. Kombinacja przypadków obciążeń

Według EN 1990, przypadki obciążeń musimy połączyć ze współczynnikami. *Typ oddziaływania* określony, gdy tworzyliśmy przypadki obciążeń, ułatwia generowanie kombinacji (zob. Rys. 5.10, strona 33). W ten sposób możemy kontrolować częściowe współczynniki bezpieczeństwa i współczynniki kombinacji podczas tworzenia kombinacji.

6.1 Tworzenie kombinacji obciążeń

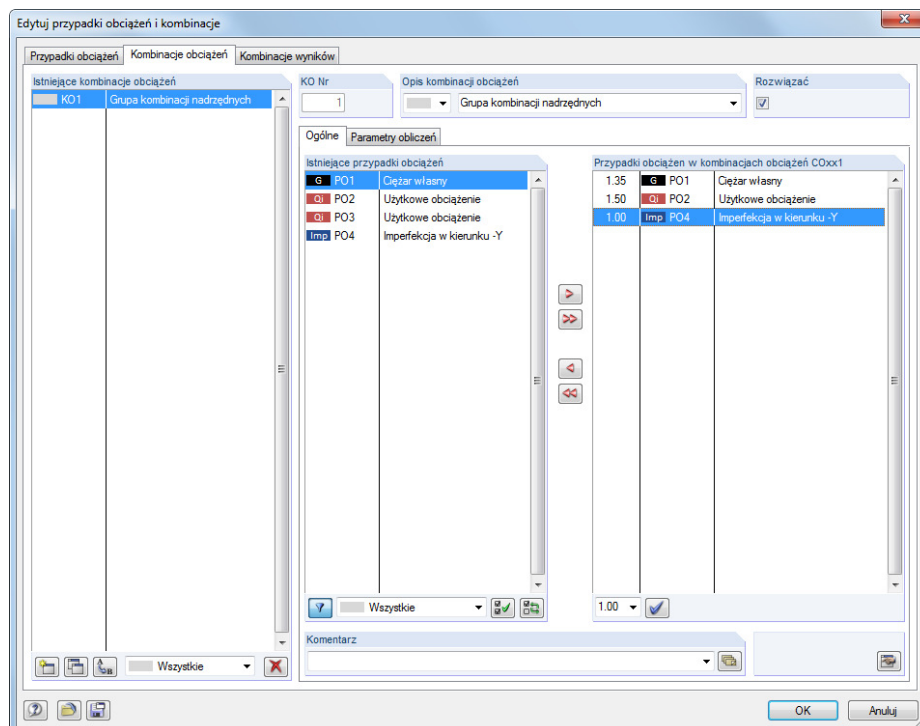
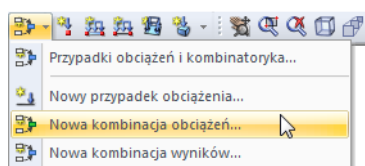
Przy użyciu naszych czterech przypadków obciążeń tworzymy następujące kombinacje obciążeń:

- $1.35 \cdot LC1 + 1.5 \cdot LC2 + 1.0 \cdot LC4$ Obciążenie zmienne w polu 1
- $1.35 \cdot LC1 + 1.5 \cdot LC3 + 1.0 \cdot LC4$ Obciążenie zmienne w polu 2
- $1.35 \cdot LC1 + 1.5 \cdot LC2 + 1.5 \cdot LC3 + 1.0 \cdot LC4$ Obciążenie całkowite

Konstrukcję obliczamy według analizy drugiego rzędu.

Tworzenie KO1

Otwieramy menu listy [Przypadki obciążeń] i tworzymy [Nową kombinację obciążeń]. Ponownie pojawi się okno dialogowe *Edytuj przypadki obciążeń i kombinatorykę*.



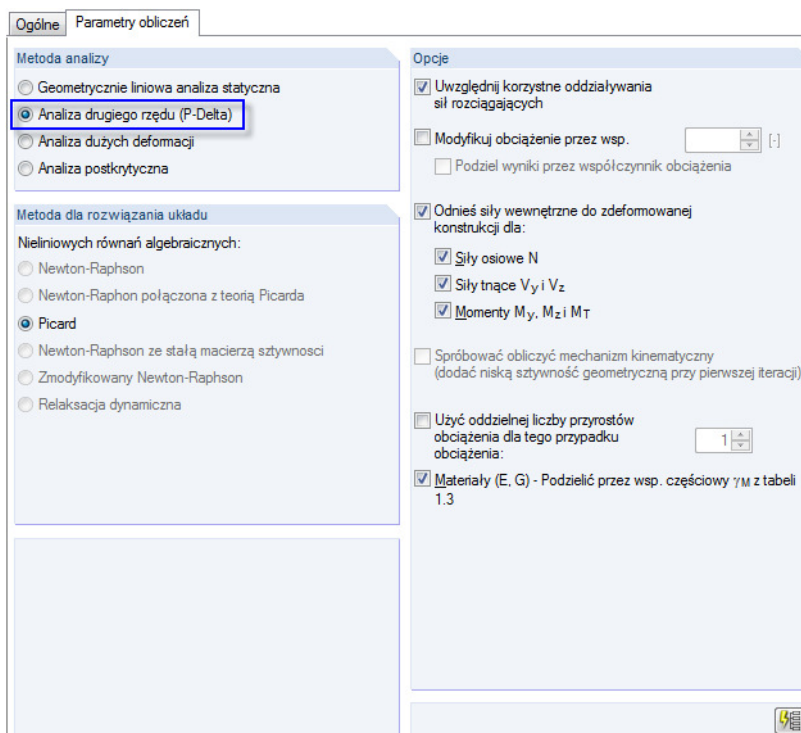
Rys. 6.1: Okno dialogowe *Edytuj przypadki obciążeń i kombinatorykę*, zakładka *Kombinacje obciążeń*

Dla *Opisu przypadku obciążenia* wprowadzamy **Obciążenie zmienne w polu 1**.

Pod listą *Istniejące przypadki obciążeń* klikamy **PO1**. Następnie przy użyciu przycisku [►] przenosimy ten przypadek obciążenia na listę *Przypadki obciążeń w kombinacji obciążeń KO1* po prawej stronie. To samo robimy z **PO2** i **PO4**.

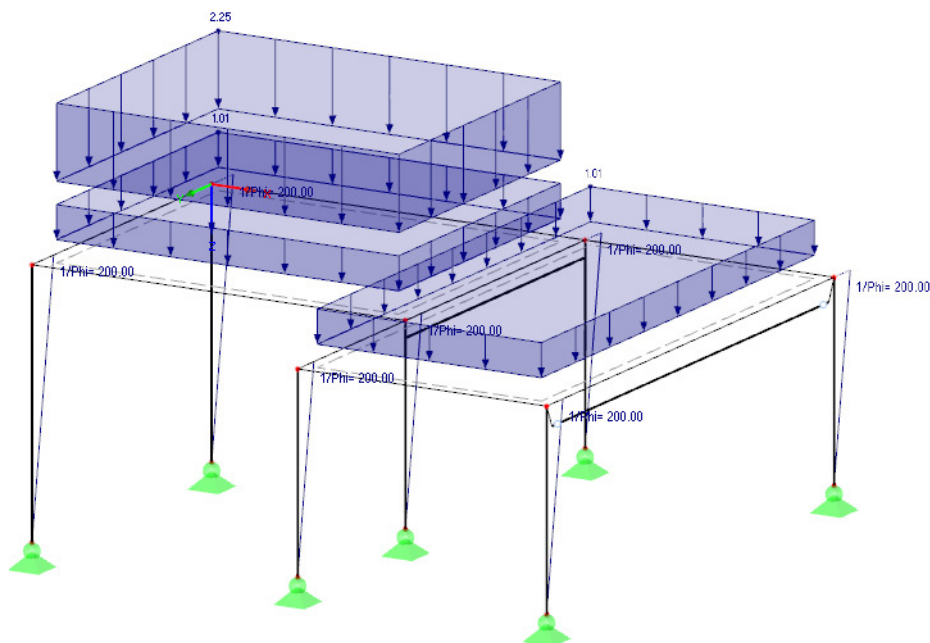


W zakładce *Parametry obliczeń* sprawdzamy, czy *Metoda analizy* jest ustawiona według *Analizy drugiego rzędu* (zob. następny rysunek).



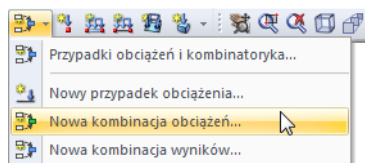
Rys. 6.2: Zakładka *Parametry obliczeń*

Po kliknięciu [OK], wszystkie obciążenia zawarte w kombinacji obciążeń pokazywane są na modelu.



Rys. 6.3: Obciążenia w kombinacji obciążeń KO1

Oprócz tego możemy wykorzystać zakładkę *Parametry obliczeń*, aby sprawdzić specyfikacje stosowane przez RFEM do obliczeń różnych kombinacji obciążeń.



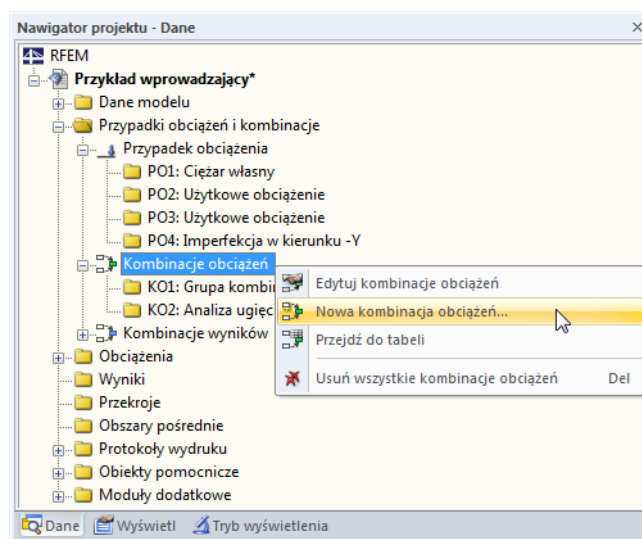
Tworzenie KO2

Drugą kombinację obciążeń tworzymy w ten sam sposób: Tworzymy [Nową kombinację obciążeń] z tą różnicą, że teraz wprowadzamy **Obciążenie zmienne w polu 2** dla *Opisu kombinacji obciążeń*.

Przypadkami obciążeń odpowiednimi dla tej kombinacji są **LC1**, **LC3** i **LC4**. Ponownie używamy przycisk [▶], aby je wybrać.

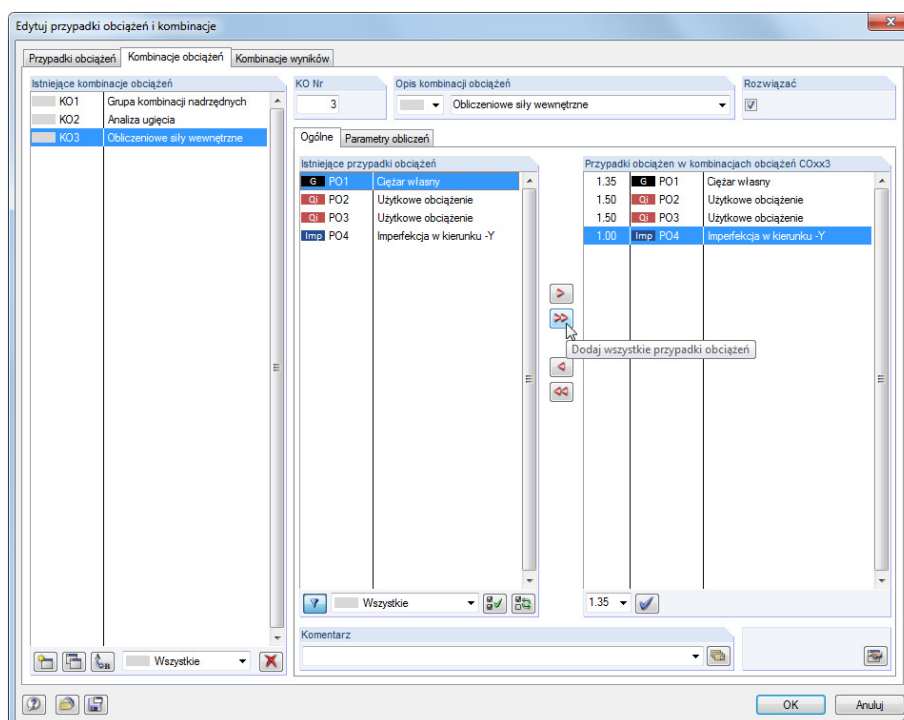
Tworzenie KO3

Ostatnią kombinację obciążeń utworzymy w inny sposób: Prawym przyciskiem myszki klikamy wpis nawigatora *Kombinacja obciążeń* i wybieramy wpis *Nowa kombinacja obciążeń* w menu kontekstowym.



Rys. 6.4: Tworzenie kombinacji obciążeń przy użyciu menu kontekstowego nawigatora

Dla *Opisu kombinacji obciążeń* wprowadzamy **Obciążenie całkowite**. Przy użyciu przycisku [Dodaj wszystkie przypadki obciążeń] możemy na raz przenieść wszystkie cztery przypadki obciążeń na listę po prawej stronie.



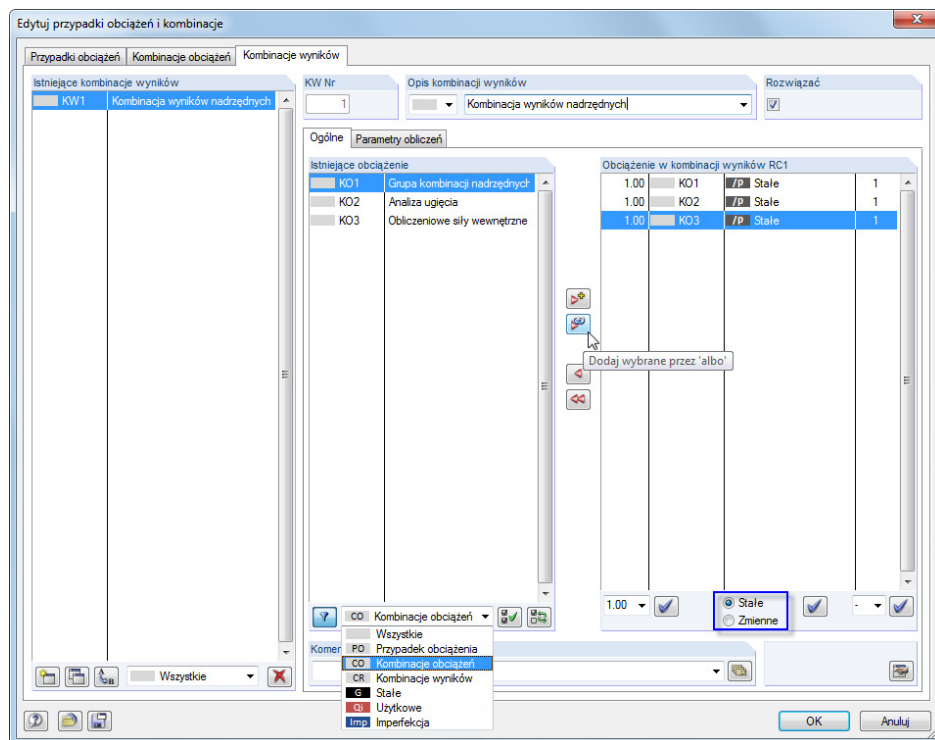
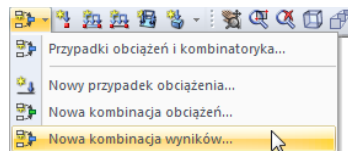
Rys. 6.5: Okno dialogowe *Edytuj przypadki i kombinacje obciążeń*, zakładka *Kombinacje obciążeń*

Ponieważ przypadki obciążeń PO2 i PO3 przydzielone są do typu oddziaływania *Zmienne*, stosowane są z częściowym współczynnikiem bezpieczeństwa o wartości 1,5. W przypadku różnych kategorii, jeden przypadek obciążenia byłby oddziaływaniem głównym, a drugi byłby obciążeniem drugorzędym ze zredukowanym współczynnikiem.

6.2 Tworzenie obwiedni kombinacji obciążeń

Z wyników naszych trzech kombinacji obciążeń tworzymy obwiednię zawierającą dodatnie i ujemne wartości ekstremalne.

W menu listy [Przypadki obciążeń] wybieramy wpis *Nowa kombinacja obciążeń*. Widzimy okno dialogowe *Edytuj przypadki obciążeń i kombinatorykę*, które już dobrze znamy.



Rys. 6.6: Okno dialogowe *Edytuj przypadki obciążeń i kombinatorykę*, zakładka *Kombinacje obciążeń*

Wybieramy **Główną kombinację wyników** z listy *Opis kombinacji wyników*.



Aby wyświetlić kombinacje obciążeń w sekcji *Obciążenie istniejące*, wybieramy **KO Kombinacje obciążeń** z listy pod tabelą obciążeń po lewej stronie. Następnie wybieramy wszystkie trzy kombinacje obciążeń, klikając przycisk [Wybierz wszystkie obciążenia z listy].

Pole wyboru pod tabelą obciążeń po prawej stronie podaje współczynnik superpozycji ustawiony wstępnie na 1,00. Ustawienie to odpowiada naszym założeniom dla określania wartości ekstremalnych tej kombinacji obciążeń. Zmieniamy regułę superpozycji na **Stałą**, żeby program RFEM zawsze uwzględniał przynajmniej jedno z oddziaływań.

Przy użyciu przycisku [Dodaj wybrane z 'lub'] przenosimy te trzy kombinacje na listę po prawej stronie. Wartość 1 pod ostatnią kolumną mówi nam, że wszystkie wpisy należą do tej samej grupy, nie będą więc one traktowane jako dodatkowe, ale oddziałujące alternatywnie.



Definiowanie kryteriów superpozycji zostało zakończone. Klikamy [OK] i zapisujemy dane przy użyciu przycisku [Zapisz].

7. Obliczenia

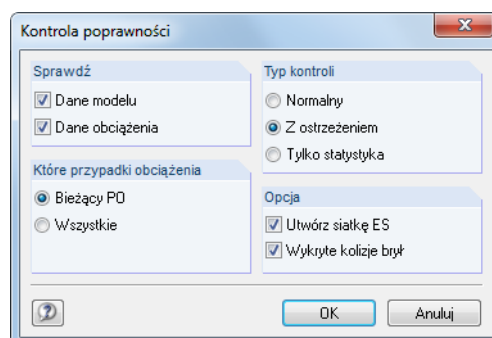
7.1 Sprawdzanie danych



Przed obliczeniem konstrukcji chcemy, aby program RFEM sprawdził wprowadzone przez nas dane. Aby otworzyć odpowiednie okno dialogowe,

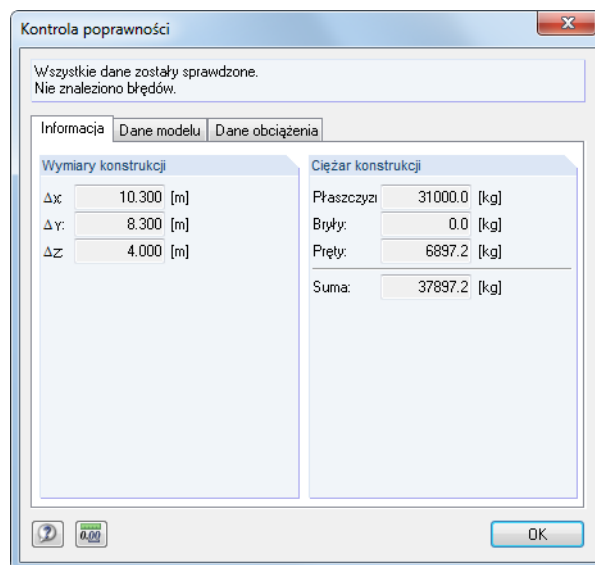
wyberamy **Sprawdzanie poprawności** w menu **Narzędzia**.

Otworzy się okno dialogowe *Sprawdzanie poprawności*, w którym definiujemy następujące ustawienia.



Rys. 7.1: Okno dialogowe *Sprawdzanie poprawności*

Jeśli po kliknięciu [OK] nie zostanie wykryty żaden błąd, wyświetlone zostanie poniższe powiadomienie. Oprócz tego pokazane zostanie krótkie podsumowanie danych konstrukcyjnych i obciążeń.



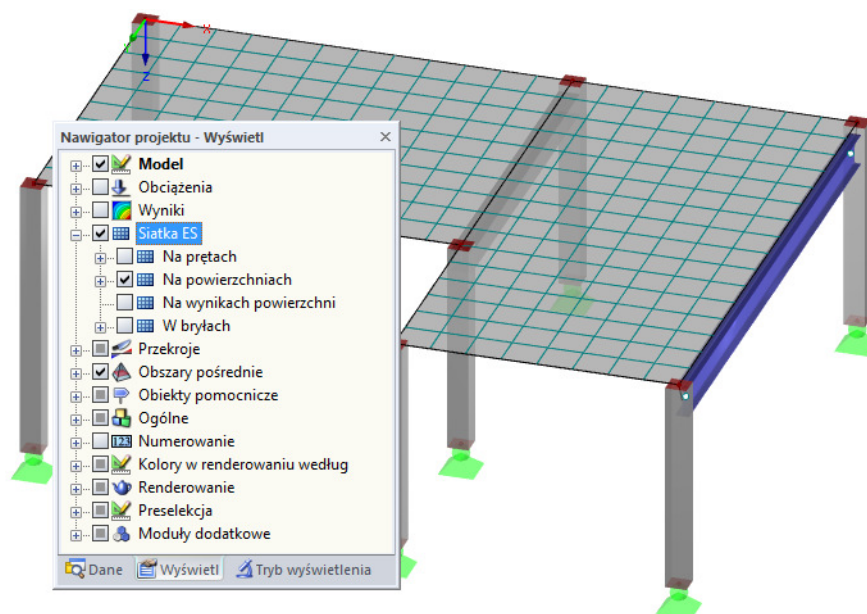
Rys. 7.2: Wynik sprawdzenia poprawności

Więcej narzędzi do sprawdzania danych znajdziemy, wybierając

Sprawdzanie konstrukcji w menu **Narzędzia**.

7.2 Generowanie siatki ES

Ponieważ zaznaczyliśmy opcję *Generuj siatkę ES* w oknie dialogowym *Sprawdzenie poprawności* (zob. Rys. 7.1), automatycznie utworzyliśmy siatkę o standardowej wielkości 50 cm. (Wielkość tą możemy zmodyfikować wybierając *Ustawienia siatki ES* w menu *Oblicz*.)



Rys. 7.3: Model z wygenerowaną siatką ES

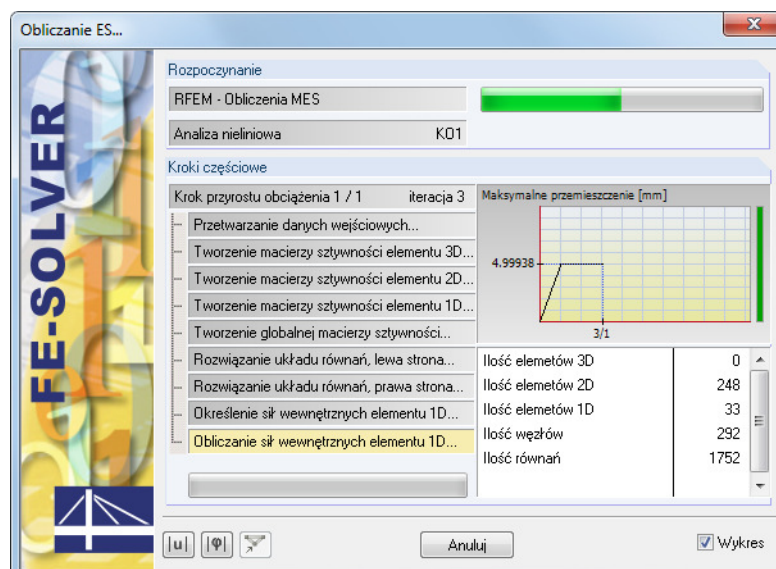
7.3 Obliczanie konstrukcji



Aby rozpocząć obliczenia,

wyberamy **Oblicz wszystko** w menu **Oblicz**

lub klikamy przycisk z paska narzędzi pokazany na lewym marginesie tej strony.



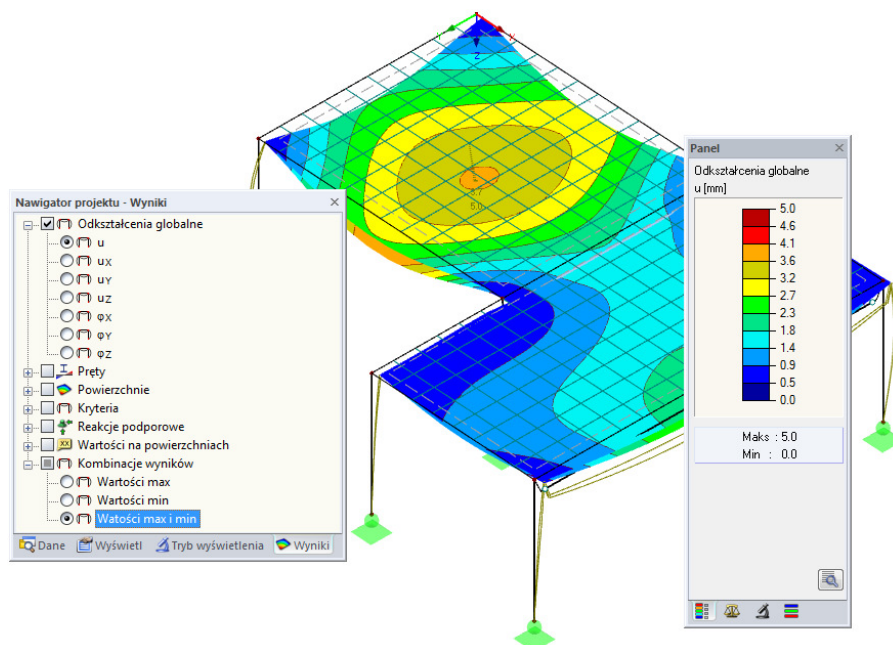
Rys. 7.4: Proces obliczania

8. Wyniki

8.1 Wyniki graficzne



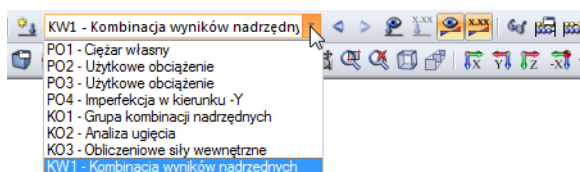
Po zakończeniu obliczeń, program RFEM wyświetla deformacje bieżącego przypadku obciążenia. Ostatnim ustawieniem obciążenia było KW1, więc widzimy teraz wyniki maksymalne i minimalne dla tej kombinacji wyników.



Rys. 8.1: Grafika deformacji max/min dla kombinacji wyników KW1

Wybieranie przypadków i kombinacji obciążeń

Aby przechodzić pomiędzy wynikami przypadków obciążeń, kombinacji obciążeń i kombinacji wynikowych możemy wykorzystać przyciski z paska narzędzi [◀] i [▶] (na prawo od listy przypadków obciążeń). Przyciski te znamy już ze sprawdzania przypadków obciążeń. Można również wybierać obciążenia z listy.



Rys. 8.2: Lista przypadków obciążeń w pasku narzędzi

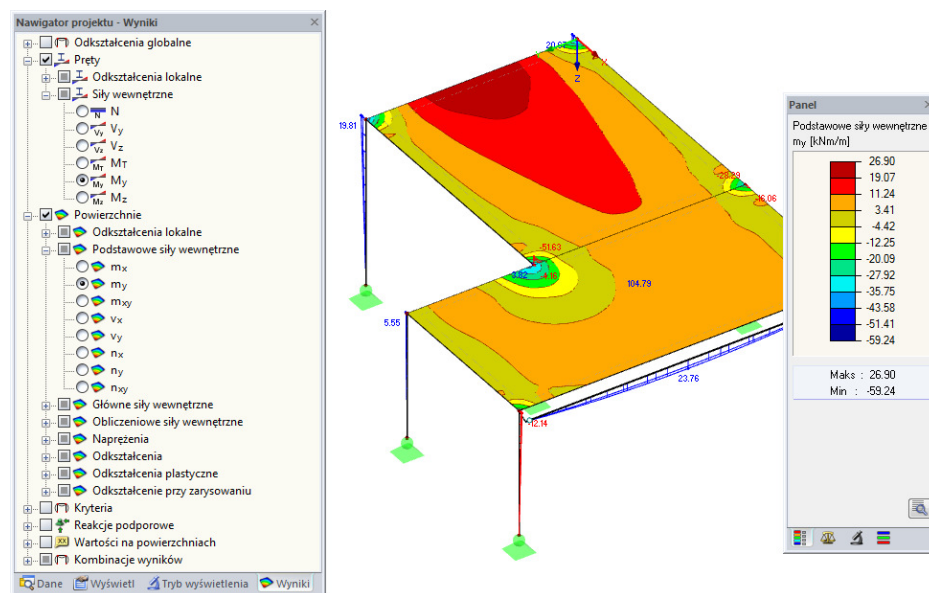
Wybieranie wyników w nawigatorze



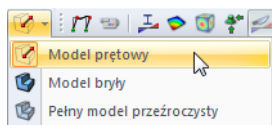
Pojawił się nowy nawigator zarządzający wszystkimi typami wyników dla wyświetlania graficznego. Nawigator *Wyniki* jest dostępny, gdy aktywne jest wyświetlanie wyników. Wyświetlanie wyników można włączać i wyłączać w nawigatorze *Wyświetlanie*, jak również przy użyciu przycisku z paska narzędzi [Pokaż wyniki] pokazanego po lewo.

Pola wyboru poprzedzające poszczególne kategorie wyników (na przykład *Deformacje globalne*, *Pręty*, *Powierzchnie*, *Reakcje podporowe*) określają, które deformacje lub siły wewnętrzne są pokazywane. Przed wpisami znajdującymi się w kategoriach widzimy więcej pól wyboru, przy pomocy których możemy ustawić typ wyników, które będą wyświetlane.

Poszczególne przypadki obciążeń i kombinacje obciążeń możemy również przeglądać. Wiele kategorii wyników pozwala na wyświetlanie deformacji, sił wewnętrznych prętów i powierzchni, naprężeń lub sił podporowych.



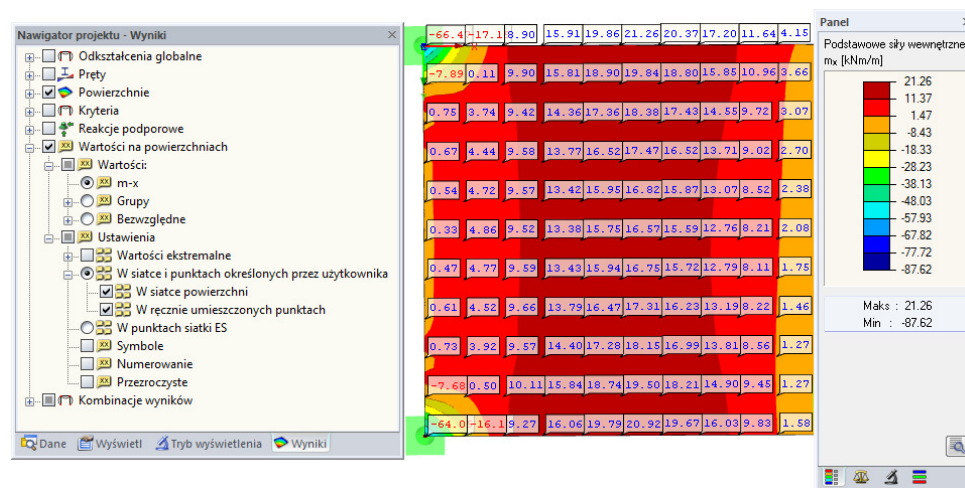
Rys. 8.3: Ustawianie sił wewnętrznych prętów i powierzchni w nawigatorze Wyniki



Powyższy rysunek pokazuje siły wewnętrzne prętów M_y i siły wewnętrzne powierzchni m_y obliczone dla KO1. Podczas wyświetlania sił zalecane jest użycie modelu konturowego. Ten tryb wyświetlania można ustawić przy pomocy przycisku pokazanego po lewej stronie.

Wyświetlanie wartości

Skala kolorów w panelu kontrolnym pokazuje zakres kolorów. Wartości wynikowe możemy włączyć, wybierając opcję **Wartości na powierzchniach** w nawigatorze Wyniki. Aby wyświetlić wszystkie wartości punktów siatki ES lub punktów rastu, dodatkowo odznaczamy opcję **Wartości ekstremalne**.



Rys. 8.4: Momenty punktu rastu m_x płyty podłogowej w widoku Z (KO1)

8.2 Tabele wyników

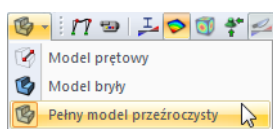
Wyniki można oceniać również w tabelach.



Tabele wyników wyświetlane są automatycznie po zakończeniu obliczania konstrukcji. Tak samo jak dla danych numerycznych, widzimy różne tabele z wynikami. Tabela 4.0 *Podsumowanie* zawiera podsumowanie procesu obliczeń, ułożone według przypadków obciążeń i kombinacji.

Opis	Wartość	Jednostka	Komentarz
Suma obciążeń w X	0.00	kN	
Suma sił podporowych w X	0.00	kN	
Suma obciążeń w Y	0.00	kN	
Suma sił podporowych w Y	0.00	kN	
Suma obciążeń w Z	425.47	kN	
Suma sił podporowych w Z	425.47	kN	
Wypadkowa reakcji względem X	-1.768	kNm	W środku ciężkości modelu (X:5.580, Y:3.309, Z:0.236 m)
Wypadkowa reakcji względem Y	1.009	kNm	W środku ciężkości modelu
Wypadkowa reakcji względem Z	0.000	kNm	W środku ciężkości modelu
Maksymalne przemieszczenie w kierunku X	0.5	mm	Pręt nr 4, x: 0.000 m
Maksymalne przemieszczenie w kierunku Y	0.6	mm	Pręt nr 4, x: 1.600 m
Maksymalne przemieszczenie w kierunku Z	2.8	mm	Węzeł ES nr 61 (X: 2.500, Y: 2.500, Z: 0.000 m)
Maksymalne przemieszczenie wektorowe	2.8	mm	Węzeł ES nr 61 (X: 2.500, Y: 2.500, Z: 0.000 m)
Maksymalny obrót względem osi X	0.9	mrad	Węzeł ES nr 133 (X: 0.000, Y: 0.500, Z: 0.000 m)
Maksymalny obrót względem osi Y	-1.2	mrad	Węzeł ES nr 22 (X: 0.500, Y: 0.000, Z: 0.000 m)
Maksymalny obrót względem osi Z	-0.1	mrad	Pręt nr 1, x: 0.770 m
Metoda analizy	Linowy		Geometrycznie liniowa analiza statyczna
Redukcja sztywności	<input type="checkbox"/>		
Ilość przyrostów obciążenia	1		
Ilość iteracji	1		
Wartość maksymalna elementów macierzy sztywności na przekątnej	2.472E+10		
Wartość minimalna elementów macierzy sztywności na przekątnej	2.201E+07		
Wyznacznik macierzy sztywności	1.263E+15361		
Norma nieskończona	6.186E+10		

Rys. 8.5: Tabela 4.0 *Podsumowanie*



Aby wybrać inne tabele, klikamy ich zakładki. W celu odnalezienia specyficznych wyników w tabeli, na przykład sił wewnętrznych powierzchni stropu 1, ustawiamy tabelę 3.14 *Powierzchnie – Podstawowe siły wewnętrzne*. Następnie wybieramy powierzchnię w modelu (przestrzenne przedstawienie modelu ułatwia wybór) i widzimy, że program RFEM przechodzi do podstawowych sił wewnętrznych powierzchni w tabeli. Bieżący punkt rastru, czyli położenie wskaźnika w rzędzie tabeli, wskazywany jest przez strzałkę pojawiającą się na modelu.

wierzchni Nr	Siatka Punkt	B Współrzędne punktów siatki [m]	C X	D Y	E Z	F Momenty [kNm/m]	G mx	H my	I mxy	J Siły ścinające [kN/m]	K Vx	L Vy	M Siły osiowe [kN/m]	N nx	O ny	P nxy
1	1	0.000	0.000	0.000	0.000	-66.47	-89.24	-37.86	275.01	237.29	-28.50	-22.93	-18.06			
2	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	-17.15	-2.99	-2.55	157.10	-9.15	-12.12	0.52	-2.94			
3	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.31	0.84	7.23	87.04	14.35	-4.14	-0.43	-0.05			
4	1.500	0.000	0.000	0.000	0.000	21.04	1.21	6.85	65.25	4.84	0.44	0.04	-0.15			
5	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	26.68	1.06	5.27	44.05	4.09	4.92	-0.13	-0.33			
6	2.500	0.000	0.000	0.000	0.000	29.00	0.64	3.23	23.36	3.76	10.29	-0.10	-0.54			
7	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000	28.36	0.40	1.02	3.40	3.55	16.85	0.10	-0.87			
8	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	24.84	0.37	-1.14	-15.72	3.37	24.39	0.61	-1.38			
9	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000	18.31	0.64	-3.02	-33.84	3.22	31.56	1.65	-2.13			
10	4.500	0.000	0.000	0.000	0.000	8.64	0.83	-3.86	-50.72	3.04	34.33	4.18	-3.14			

Rys. 8.6: Siły wewnętrzne powierzchni w tabeli 4.14 i zaznaczenie bieżącego punktu rastru w modelu



Podobnie jak w przypadku funkcji przeglądania w głównym pasku narzędzi, możemy wykorzystać przyciski [◀] i [▶], aby wybrać przypadki obciążeń w tabeli. Możemy również wykorzystać listę w pasku narzędzi tabeli, aby ustawić wybrany przypadek obciążenia.

8.3 Filtrowanie wyników

Program RFEM oferuje wiele sposobów i narzędzi, przy pomocy których można przedstawiać i oceniać wyniki w przejrzystości ułożonych przeglądach. Narzędzia te możemy wykorzystać również w naszym przykładzie.

8.3.1 Tryby wyświetlania

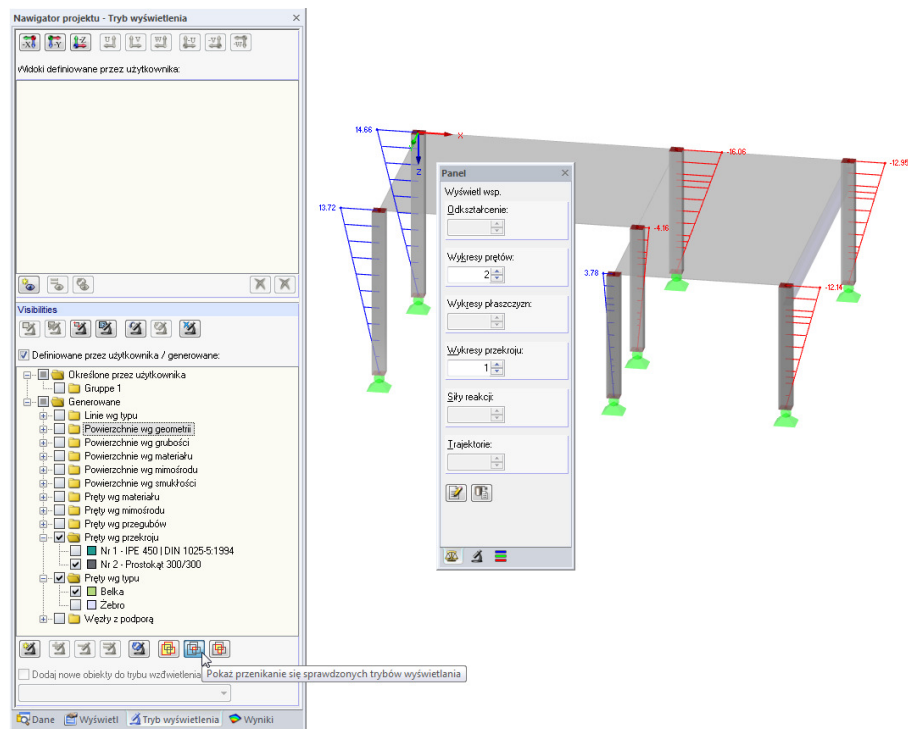
Widoki szczegółowe i przecięcia mogą być wykorzystywane do oceny wyników, jako tak zwane *Widoczności*.

Wyświetlanie wyników dla betonowych słupów

Wybieramy zakładkę *Widoki* w nawigatorze i zaznaczamy następujące wpisy wyświetlone pod *Wygenerowanymi danymi*:

- Pręty ułożone według typu: *Belka*
- Pręty ułożone według przekroju: *2 - Prostokąt 300/300*

Oprócz tego tworzymy przecięcie obu opcji przy użyciu przycisku [Pokaż przecięcie].



Rys. 8.7: Momenty M_y betonowych słupów w przedstawieniu w skali

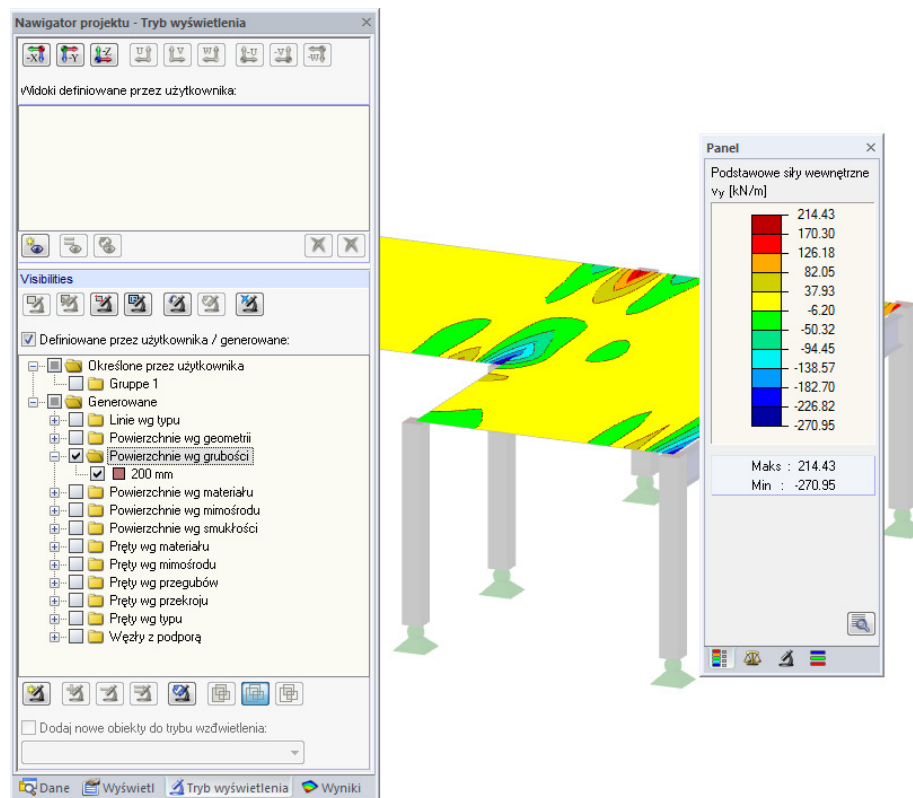
Wyświetlane są betonowe słupy wraz z wynikami. Pozostały model wyświetlany jest jako kontur i bez wyników.

Dostosowywanie współczynnika skalowania

W celu łatwego sprawdzenia wykresu sił wewnętrznych na renderowanym modelu, skalujemy wyświetlanie danych w zakładce kontrolnej panelu. Zmieniamy współczynnik dla *Wykresów pręta* na **2** (zob. na powyższym rysunku).

Wyświetlanie wyników płyty stropowej

W ten sam sposób możemy filtrować wyniki powierzchni w nawigatorze *Widok*. Wyłączamy opcje *Pręty według typu* i *Pręty według przekroju* i zaznaczamy *Powierzchnie według grubości*, gdzie wybieramy wpis *200 mm*.



Rys. 8.8: Deformacje podłogi

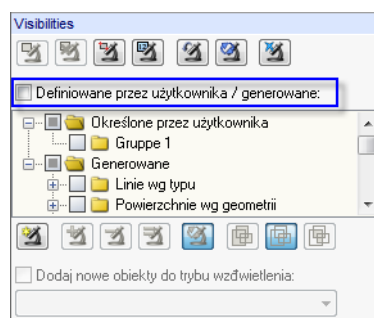
Jak zostało to już opisane, możemy zmienić wyświetlanie typów wyników w nawigatorze *Wyniki* (zob. Rys. 8.3, strona 44). Powyższy rysunek pokazuje rozkład sił ścinających v_y .

8.3.2 Wyniki na obiektach



Kolejną możliwość filtrowania wyników oferuje zakładka filtra w panelu kontrolnym, w której można określać numery poszczególnych prętów lub powierzchni, których wyniki zostaną wyświetlone. W odróżnieniu od funkcji widoczności, w grafice zostanie wyświetlony pełny model.

Najpierw należy dezaktywować opcję *Zdefiniowany przez użytkownika/wygenerowany* w nawigatorze *Widoki*.



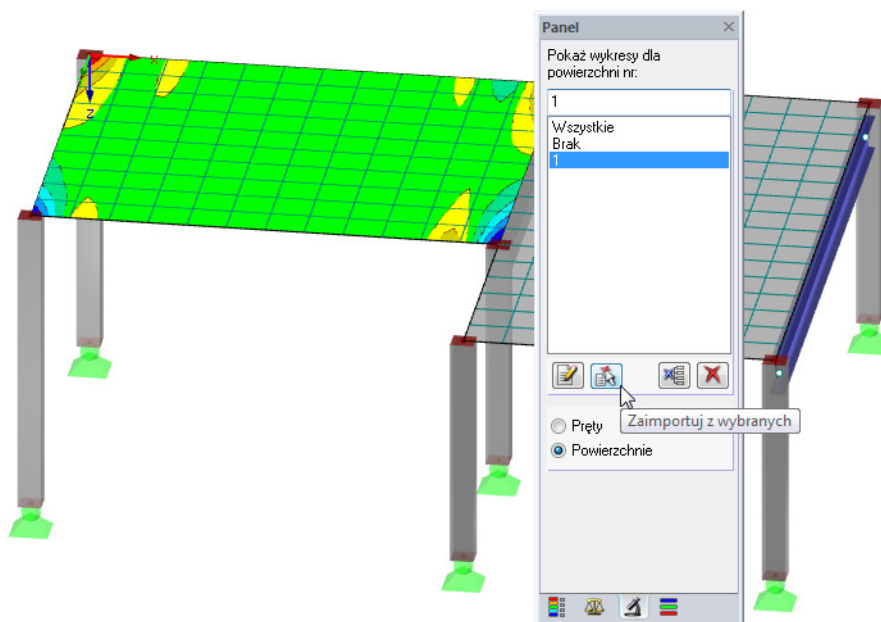
Rys. 8.9: Przywracanie widoku ogólnego w nawigatorze *Widoki*



Przy pomocy jednego kliknięcia zaznaczamy powierzchnię 1. Następnie w panelu przechodzimy do zakładki filtra i sprawdzamy, czy zostało zaznaczone pole wyboru *Powierzchnie*.



Klikamy przycisk [Zaimportuj z wyboru] i widzimy, że numer wybranej powierzchni został wprowadzony do pola danych znajdującego się u góry. W grafice wyświetlane są teraz tylko wyniki dla lewej powierzchni.



Rys. 8.10: Wykres siły ścinającej dla lewej powierzchni

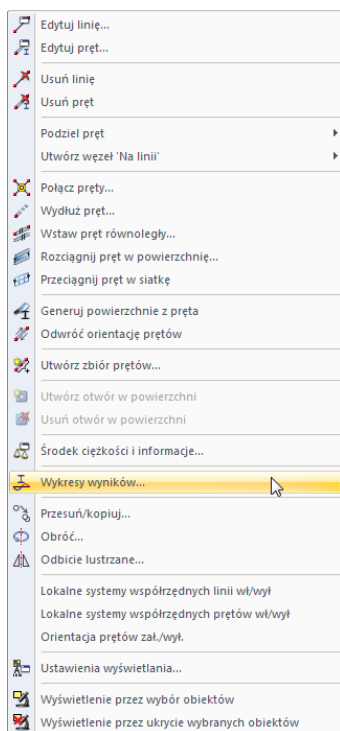
Widok ogólny można przywrócić stosując opcję z panelu *Wszystkie*.

8.4 Wyświetlanie wykresów wyników

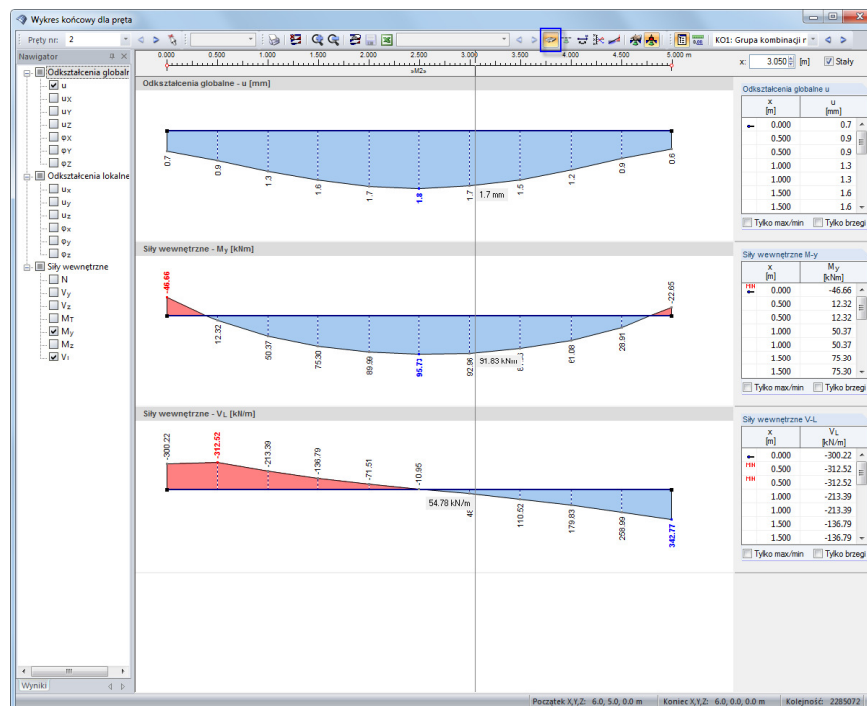
Wyniki można oceniać również przy użyciu wykresu, który jest dostępny dla linii, prętów, podpór liniowych i przekrojów. Wykorzystamy więc tę funkcję, aby zobaczyć wykres wyników dla belki teowej.

Prawym przyciskiem myszki klikamy pręt 2 (w razie trudności możemy wyłączyć wyniki dla powierzchni) i wybieramy opcję *Wykresy wyników*.

Otworzy się nowe okno z wykresami wyników dla żebra.



Menu kontekstowe Pręt



Rys. 8.11: Wyświetlanie wykresów wyników dla podciągu

W nawigаторze zaznaczamy pola dla globalnych deformacji u oraz sił wewnętrznych M_y i $V-L$. Ostatnią opcję stanowi podłużna siła tnąca pomiędzy powierzchnią i prętem. Siły te są wyświetlane, gdy jest aktywny przycisk [Wyniki ze składnikiem żebra] w pasku narzędzi. Włączając je i wyłączając, możemy zobaczyć różnicę pomiędzy czystymi siłami wewnętrznymi pręta i siłami wewnętrznymi żebra za składnikami integracji od powierzchni.

Wielkość wyświetlanych wykresów wyników można dostosować przy użyciu przycisków [+] i [-].

Przyciski [◀] i [▶] do wyboru przypadków obciążeń dostępne są również w oknie wykresu wyników. Ponadto można wykorzystać listę, aby ustawić wyniki przypadku obciążeń.

Zamykając okno, wychodzimy z funkcji *Wykresy wyników*.



9. Dokumentacja

9.1 Tworzenie protokołu wydruku

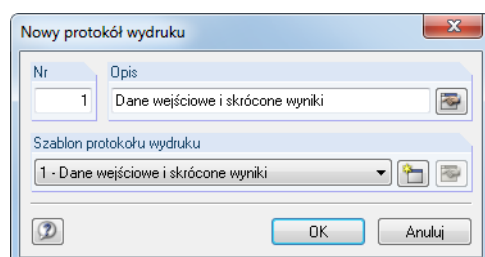
Aby uniknąć wydruku wszystkich danych i wyników uzyskanych podczas obliczeń, program RFEM generuje najpierw podgląd wydruku, nazywany "protokołem wydruku". Protokół ten służy do określania, które dane wejdą w skład wydruku. Oprócz tego można dodawać do niego dodatkowe grafiki, opisy i skany.



Aby otworzyć protokół wydruku,

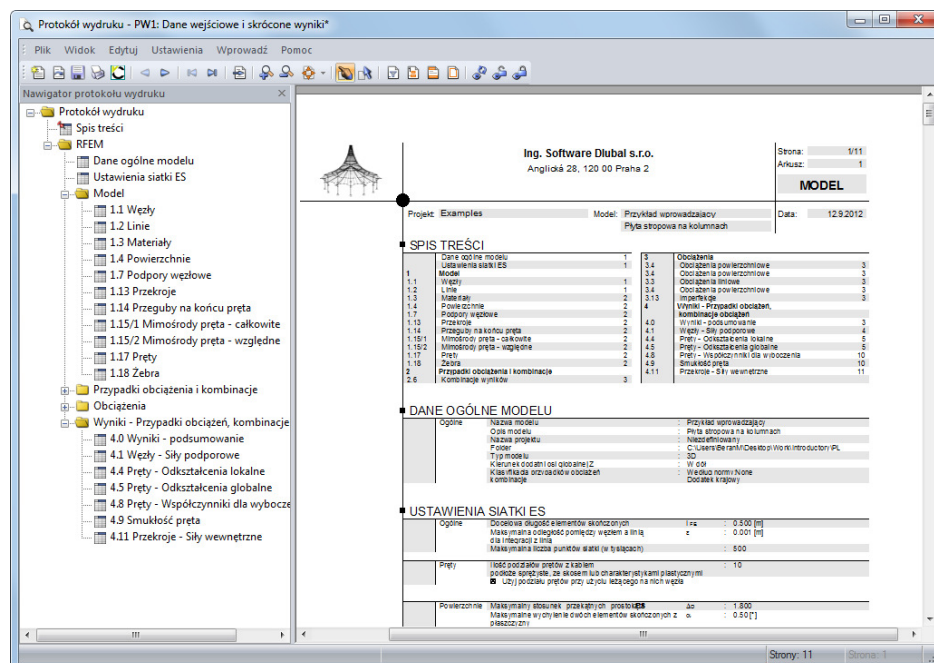
wyberamy **Otwórz protokół wydruku** w menu **Plik**

lub klikamy przycisk pokazany po lewo. Otworzy się okno dialogowe, w którym możemy określić **Szablon** dla nowego protokołu wydruku.



Rys. 9.1: Okno dialogowe *Nowy protokół wydruku*

Akceptujemy szablon 1 – *Dane początkowe i streszczenie wyników* i generujemy podgląd wydruku, klikając [OK].

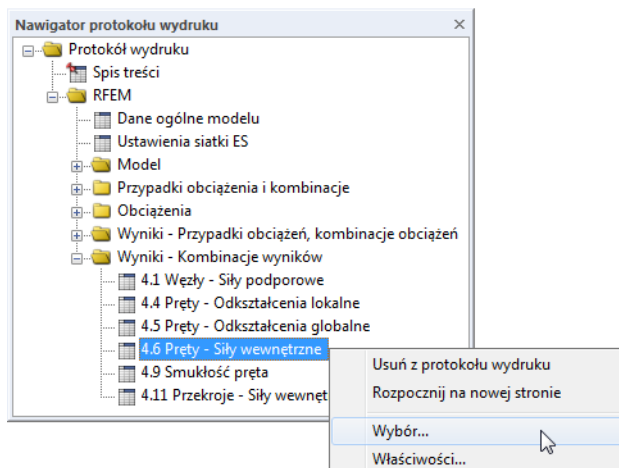


Rys. 9.2: Podgląd wydruku w protokole wydruku

9.2 Dostosowywanie protokołu wydruku

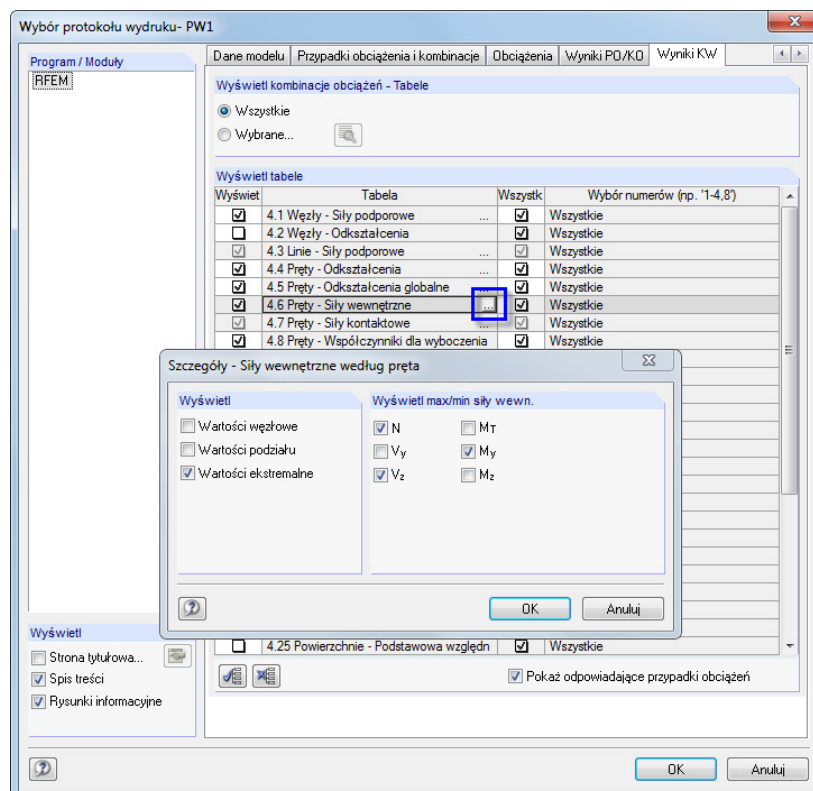
Protokół wydruku również posiada nawigator zawierający wybrane rozdziały. Wybierając jego wpisy prawym przyciskiem myszki, można zobaczyć ich zawartość w oknie po prawej stronie.

Zawartość ustawioną automatycznie można szczegółowo dostosować. Dostosujemy teraz przedstawianie sił wewnętrznych pręta: W rozdziale *Wyniki – Kombinacje wyników*, klikamy prawym przyciskiem myszki *Pręty – Siły wewnętrzne*, a następnie klikamy *Wybór...*.



Rys. 9.3: Menu kontekstowe *Pręty – Siły wewnętrzne*

Pojawi się okno dialogowe oferujące szczegółowe opcje wyboru dla wyników kombinacji wyników dla prętów.



Rys. 9.4: Redukowanie wyników dla sił wewnętrznych przy użyciu *Wyboru protokołu wydruku*

Umieszczamy kursor w komórce tabeli 4.6 *Pręty – Siły wewnętrzne*. Przycisk [...] staje się aktywny i pozwala na otwarcie okna dialogowego *Szczegóły – Siły wewnętrzne według prętów*. Redukujemy teraz wyniki do **Wartości ekstremalnych** sił wewnętrznych pręta **N**, **V_z** oraz **M_y**.

Po zatwierdzeniu tego okna widzimy, że tabela sił wewnętrznych w protokole wydruku została zaktualizowana. W ten sam sposób możemy dostosować pozostałe rozdziały protokołu wydruku.

Aby zmienić położenie rozdziału w protokole wydruku, przesuwamy go na nowe miejsce przy użyciu funkcji przeciągnij i upuść. Jeśli chcemy usunąć rozdział, wykorzystujemy menu kontekstowe (zob. Rys. 9.3) lub klawisz [Del] na klawiaturze.

9.3 Wstawianie grafiki do protokołu wydruku

W protokole wydruku często wstawia się grafiki, aby zilustrować wyniki.

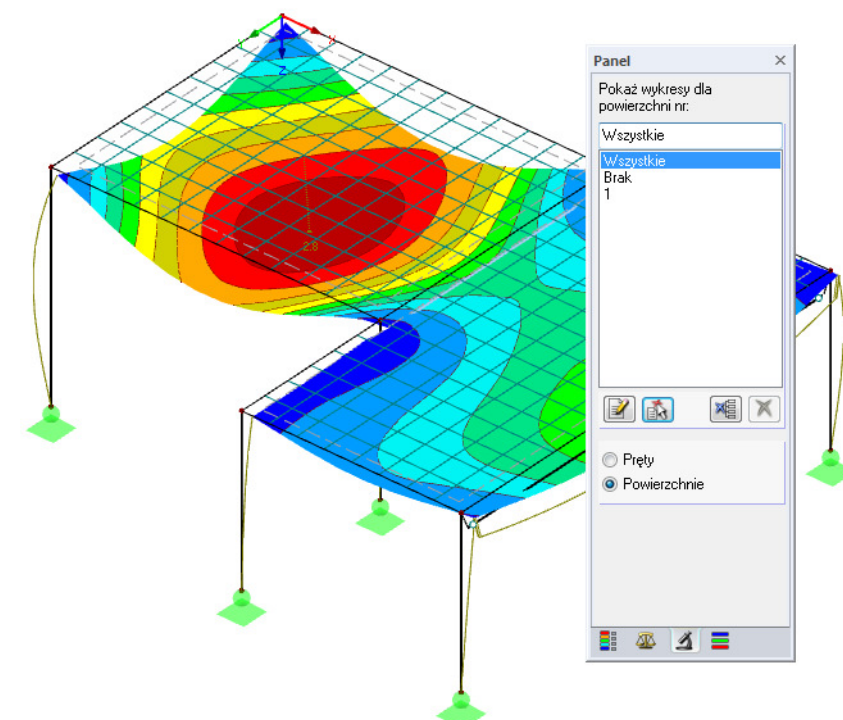
Drukowanie wykresów przedstawiających odkształcenia

Minimalizujemy protokół wydruku przy użyciu przycisku [_] i powracamy do okna roboczego. Protokół wydruku jest teraz wyświetlany w pasku zadań jako samodzielna aplikacja.

W oknie roboczym ustawiliśmy *Deformację KO1 – Obciążenie zmienne w polu 1* i wstawiamy grafikę w odpowiednim położeniu.

Ponieważ deformacje stają się bardziej przejrzyste, gdy są wyświetlane przy *Konturowym wyświetlaniu modelu*, ustawiamy tę opcję wyświetlania.

Jeśli opcja ta nie jest jeszcze ustawiona, zmieniamy wyświetlanie na *Wszystkie powierzchnie* w zakładce filtrowania w panelu (zob. Rys. 8.10, strona 48).



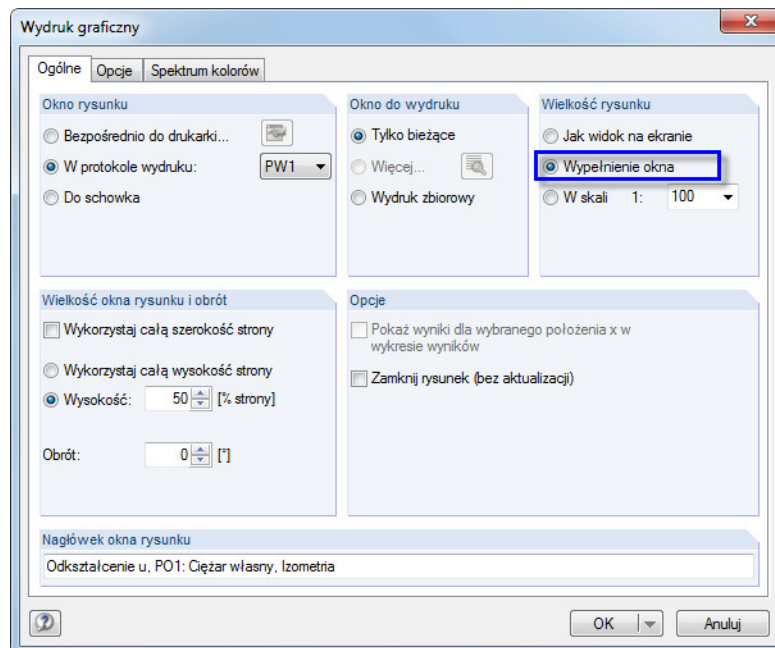
Rys. 9.5: Deformacje KO1

Eksportujemy otrzymany obraz do protokołu wydruku.

Wybieramy **Drukuj grafikę** w menu **Plik**

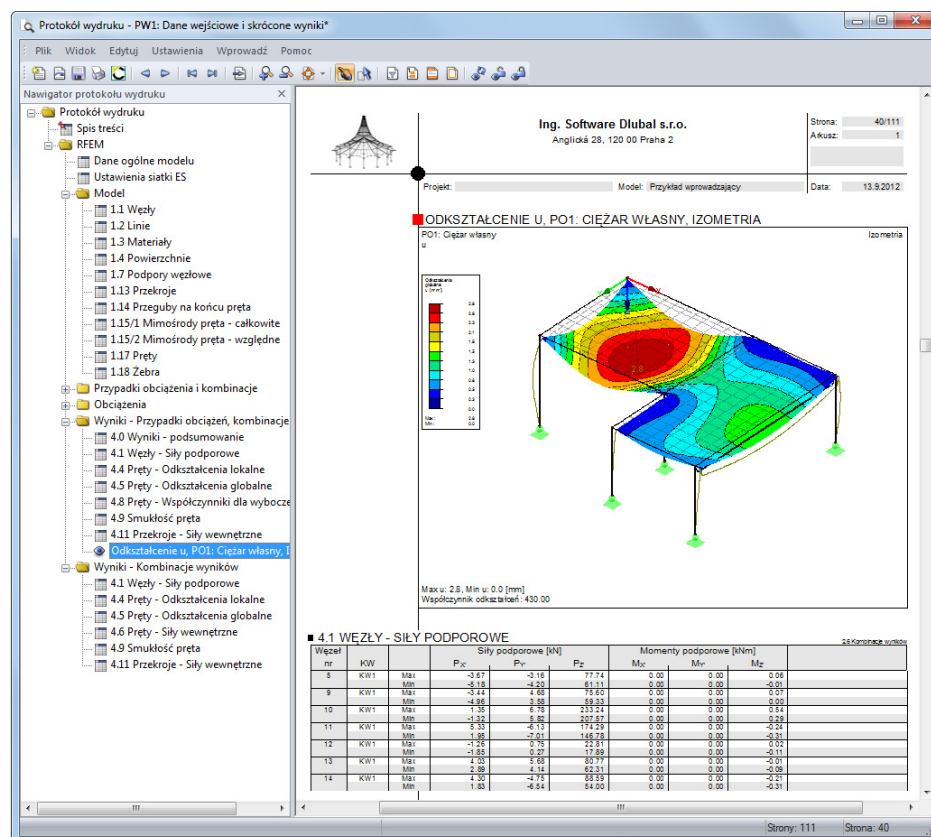
Lub klikamy przycisk z paska narzędzi pokazany na lewym marginesie tej strony.

Ustawiamy następujące parametry drukowania w oknie dialogowym *Wydruk grafiki*. Nie ma potrzeby zmieniania ustawień domyślnych w zakładkach *Opcje* i *Spektrum kolorów*.



Rys. 9.6: Okno dialogowe *Wydruk grafiki*

Klikamy [OK], aby wydrukować grafikę deformacji w protokole wydruku. Grafika ta pojawi się na końcu rozdziału *Wyniki – Przypadki i kombinacje obciążeń* (jeżeli protokół wydruku nie pojawi się automatycznie, można zmaksymalizować go z paska zadań).



Rys. 9.7: Grafika deformacji w protokole wydruku



Drukowanie protokołu wydruku

Po przygotowaniu protokołu wydruku, możemy przesłać go do drukarki przy użyciu przycisku [Drukuj].

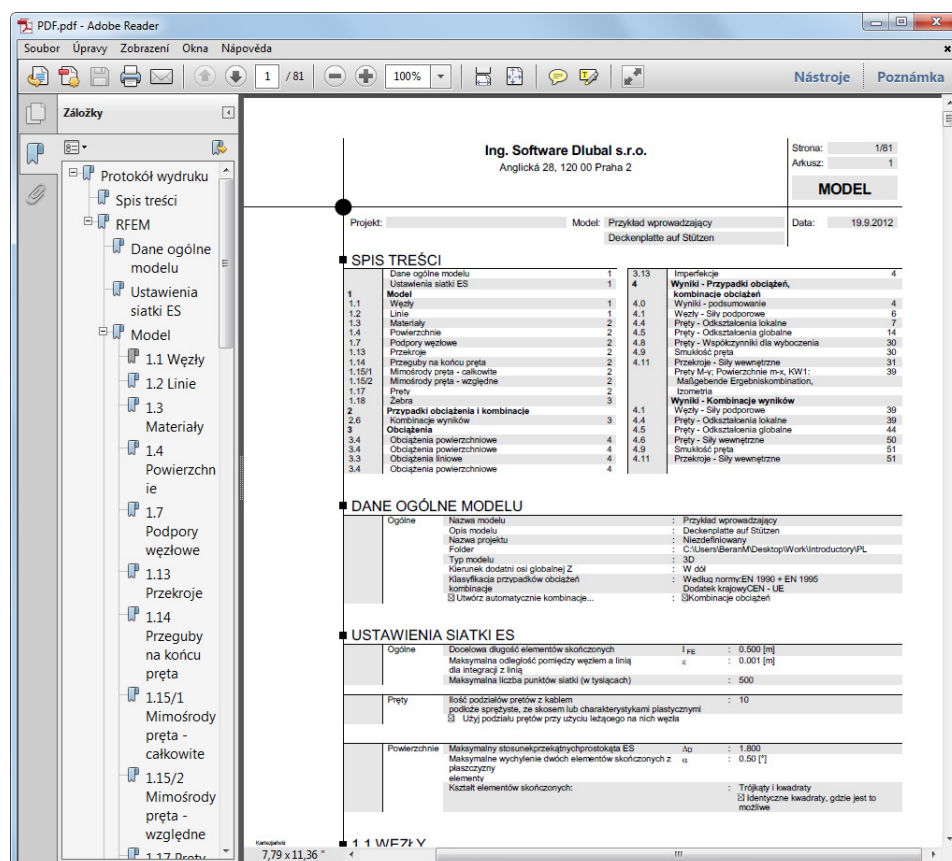
Funkcja drukowania do pliku PDF zintegrowana w programie RFEM pozwala na zapisywanie protokołu w formacie PDF. Aby aktywować tę funkcję,

wyberamy **Eksportuj do pliku PDF** w menu **Plik**.

W oknie systemu Windows *Zapisz jako* wprowadzamy nazwę pliku i jego położenie.

Klikając przycisk [Zapisz], tworzymy plik PDF wraz z zakładkami ułatwiającymi nawigację w cyfrowej postaci tego dokumentu.

Save



Rys. 9.8: Protokół wydruku jako plik PDF z zakładkami

10. Podsumowanie

W ten sposób zakończyliśmy przykład wprowadzający. Mamy nadzieję, że nasze wyjaśnienia okażą się pomocne podczas rozpoczynania pracy z programem RFEM i będą początkiem odkrywania innych funkcji naszego programu. Szczegółowy opis programu RFEM znajduje się w jego instrukcji dostępnej do pobrania z naszej strony internetowej www.dlubal.com/pl/pobieranie-instrukcji.aspx. Na stronie pobierania znajdują się również przykłady szkoleniowe opisujące bardziej złożone funkcje programu.

Przy użyciu menu **Pomoc** lub klawisza [F1] można otworzyć system pomocy on-line dla programu, w którym można znaleźć poszczególne tematy. System pomocy oparty jest na instrukcji dla programu RFEM.

W razie pytań, prosimy o wykorzystanie naszej darmowej infolinii faks i e-mail lub odwiedzenie strony z najczęściej zadawanymi pytaniami (FAQ) na www.dlubal.com/pl.



Uwaga: Przykład ten można wykonać w wersjach demo dodatkowych modułów, na przykład do wymiarowania stali i betonu zbrojonego (RF-STEEL Members, RF-CONCRETE Surfaces/ Members, RF-STABILITY itp.). Aby móc pracować z ograniczeniami wersji demo tych programów, zalecamy zastąpić niektóre obiekty. Na przykład w RF-STEEL EC3 można zastąpić podciąg przez przekrój IPE 300. W ten sposób możliwe będzie prowadzenie obliczeń, dające wgląd w zakres funkcji tych modułów dodatkowych. Następnie można ocenić wyniki tych obliczeń w oknie roboczym programu RFEM.