Wirtualne prototypowanie

Wprowadzenie do metody elementów skończonych

Cele zajęć:

1. Poznanie podstaw symulacji metodą elementów skończonych (MES) w środowisku NX Simcenter.
2. Nabycie umiejętności przeprowadzania analiz statycznych z wykorzystaniem elementów jednowymiarowych (1D).
3. Poznanie zastosowań modeli z elementami jednowymiarowymi.

1. Etapy przeprowadzania symulacji

Aby przeprowadzić symulację metodą elementów skończonych, wykonaj następujące kroki:

1. Przygotuj geometrię konstrukcji.
2. Zdyskretyzuj model, czyli utwórz siatkę elementów skończonych.
3. Przypisz elementom wymagane właściwości, np. geometrię przekroju belek w modelu 1D lub grubość elementów cienkościennych.
4. Zdefiniuj podpory konstrukcji, ograniczając odpowiednie stopnie swobody.
5. Zdefiniuj obciążenia konstrukcji, np. siłę skupioną.
6. Uruchom obliczenia. W tym ćwiczeniu użyj solvera Nastran.

Po zakończeniu obliczeń możesz wyświetlić wyniki, np. przemieszczenia i naprężenia. Każdy z wymienionych etapów można wykonać na kilka sposobów. Poniższy przykład prostej belki pozwoli poznać podstawowe funkcje interfejsu NX.

Dane do przykładu:

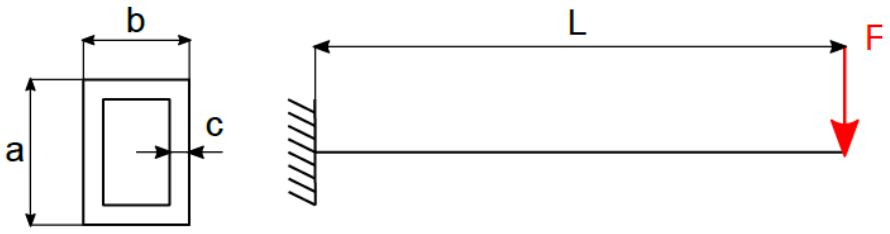
a = 60 mm

b = 50 mm

c = 6 mm

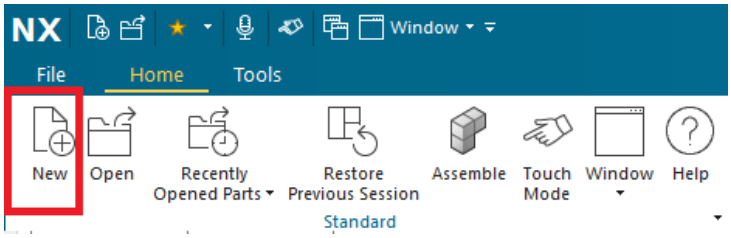
L = 1000 mm

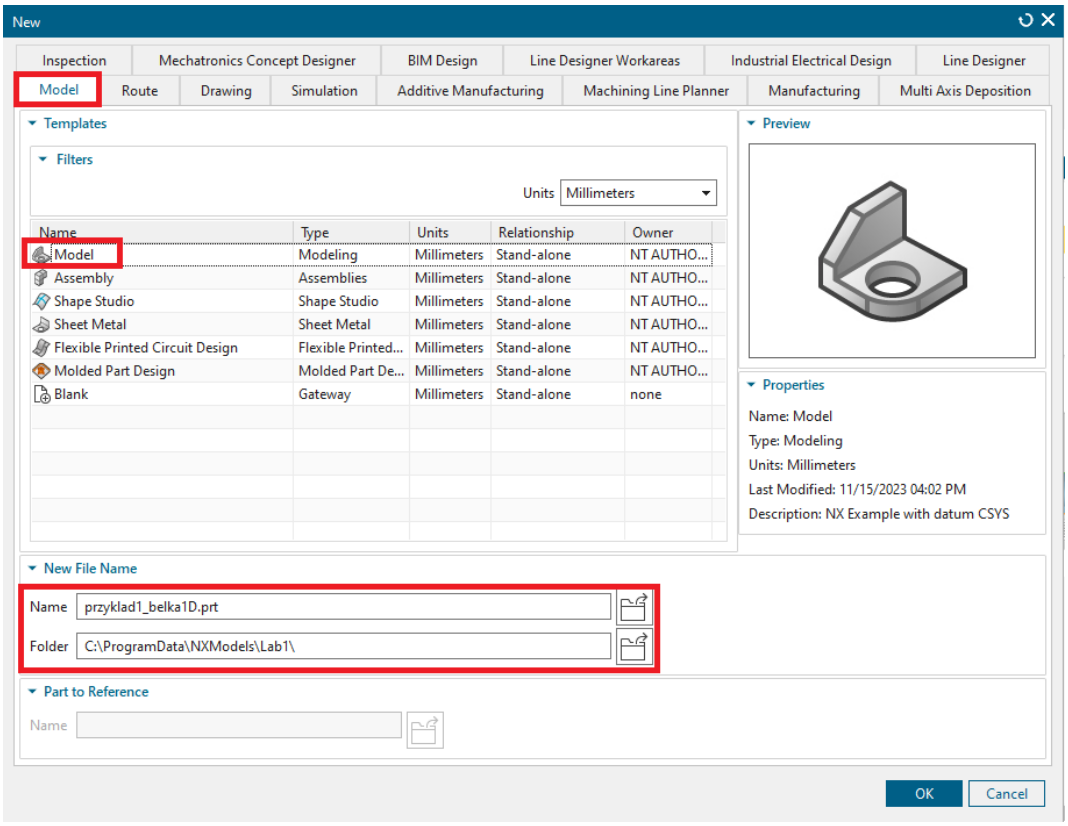
F = 1000 N



a) Tworzenie geometrii

Utwórz nowy plik części. Wybierz katalog zapisu i nadaj plikowi nazwę.



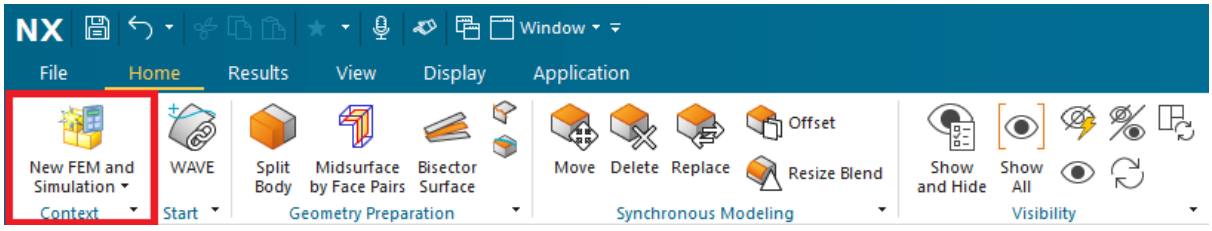


Utwórz szkic i narysuj odcinek o długości L = 1000 mm. Taka geometria wystarczy do analizy prostej belki z wykorzystaniem elementów 1D. W kolejnym etapie utworzysz pliki modelu MES i symulacji.

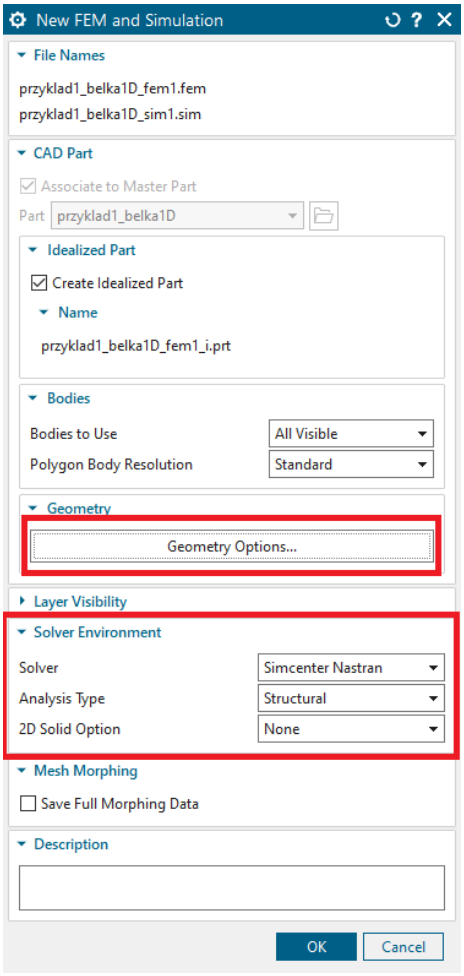
b) Dyskretyzacja modelu

Rozpocznij od otwartego pliku części zawierającego utworzony odcinek.

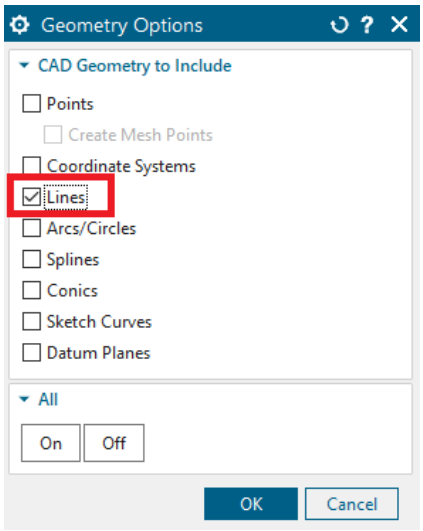
Wybierz ***File → Pre/Post*** w lewym górnym rogu okna lub przejdź do zakładki ***Application*** i wybierz ***Pre/Post***. Otworzy się środowisko przygotowania i analizy symulacji, a układ interfejsu ulegnie zmianie.



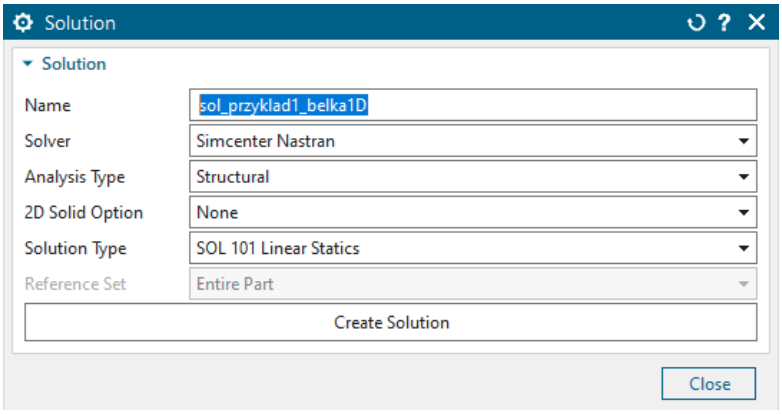
Wybierz ***New FEM and Simulation***. Otworzy się okno z ustawieniami wczytywania geometrii oraz wyboru solvera.



W sekcji ***Geometry Options*** zaznacz ***Lines***, ponieważ przygotowana geometria jest pojedynczym odcinkiem (linią).



Zatwierdź ustawienia przyciskami ***OK***. Otworzy się okno ***Solution***, a na pierwszym planie pojawi się mniejsze okno z ustawieniami solvera.

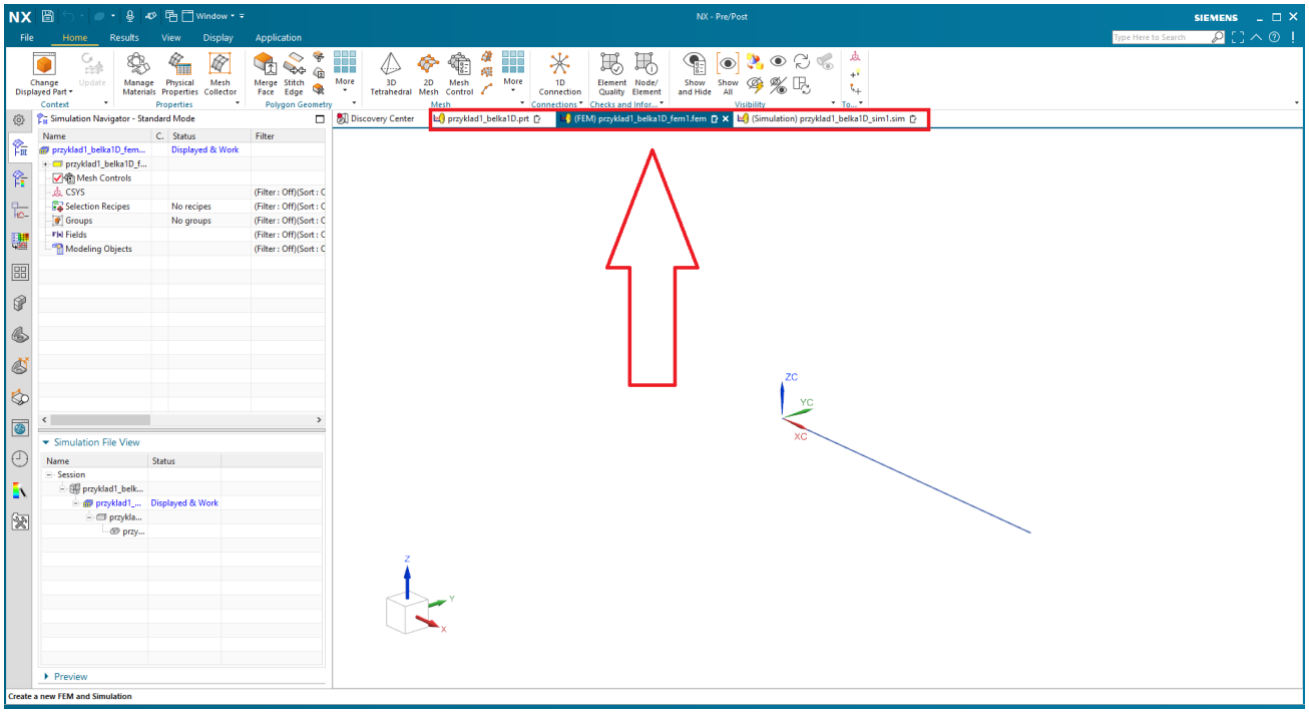


W razie potrzeby zmień nazwę rozwiązania, a następnie kliknij ***Create Solution***.

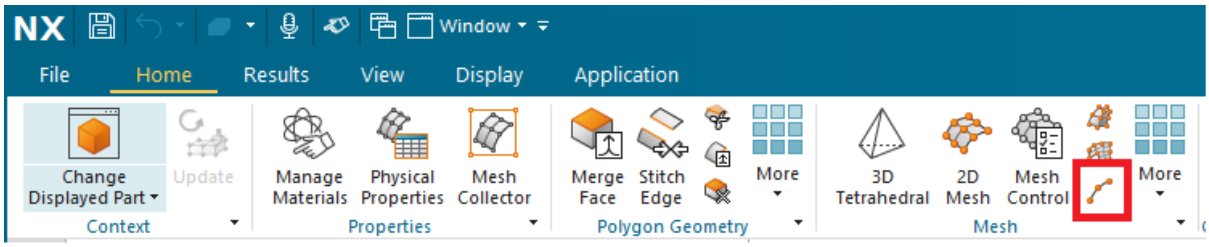
Na pasku otwartych plików znajdziesz trzy pliki:

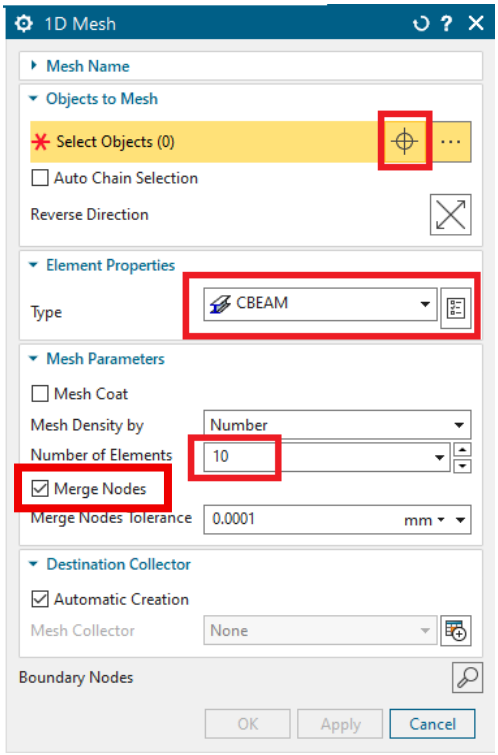
- plik **.prt** części zawierający geometrię;
- plik **.fem**, w którym tworzysz siatkę elementów skończonych i przypisujesz elementom właściwości;
- plik **.sim**, w którym definiujesz podpory i obciążenia oraz uruchamiasz obliczenia.

Przełączenie aktywnego pliku zmienia polecenia dostępne na górnym pasku oraz zawartość drzewa po lewej stronie ekranu.



Przejdź do pliku **.fem**. Na górnym pasku wybierz polecenie tworzenia siatki ***1D***.





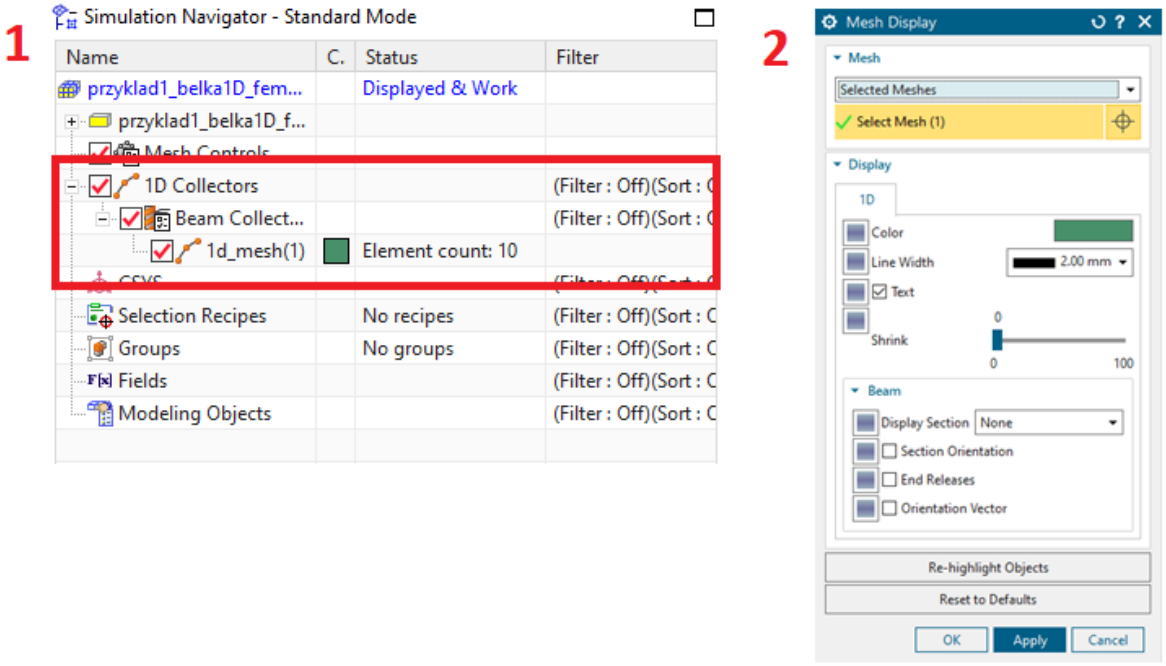
W nowym oknie kliknij przycisk z ikoną celownika i wskaż odcinek. Licznik zaznaczonych obiektów powinien zmienić się z ***Selected Objects (0)*** na ***Selected Objects (1)***.

Wybierz elementy typu ***CBEAM*** i ustaw ich liczbę na ***10***. Zatwierdź ustawienia przyciskiem ***OK***.

W drzewie po lewej stronie pojawi się nowa pozycja, którą można rozwinąć (obraz **1** poniżej).

Siatka jest już utworzona, ale podział na elementy może być niewidoczny. Aby zmienić sposób jej wyświetlania, kliknij prawym przyciskiem myszy pozycję ***1d_mesh(1)*** i wybierz ***Edit Display***. Otworzy się okno pokazane na obrazie **2**.

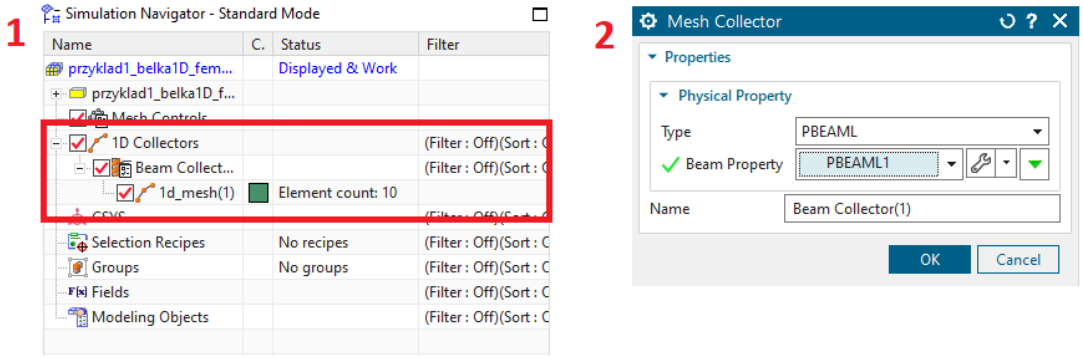
Opcja ***Text*** wyświetla tekst przy każdym elemencie. Ustawienie niezerowej wartości ***Shrink*** pozwala wyświetlić elementy z przerwami między nimi.



W kolejnym etapie przypiszesz elementom właściwości przekroju i materiału.

c) Przypisywanie właściwości przekroju i materiału

W drzewie po lewej stronie kliknij dwukrotnie ***Beam Collector (1)***, jak pokazano na obrazie **1** poniżej. Otworzy się okno wyboru właściwości belki. Program automatycznie utworzył właściwość o nazwie ***PBEAML1*** (obraz **2**).



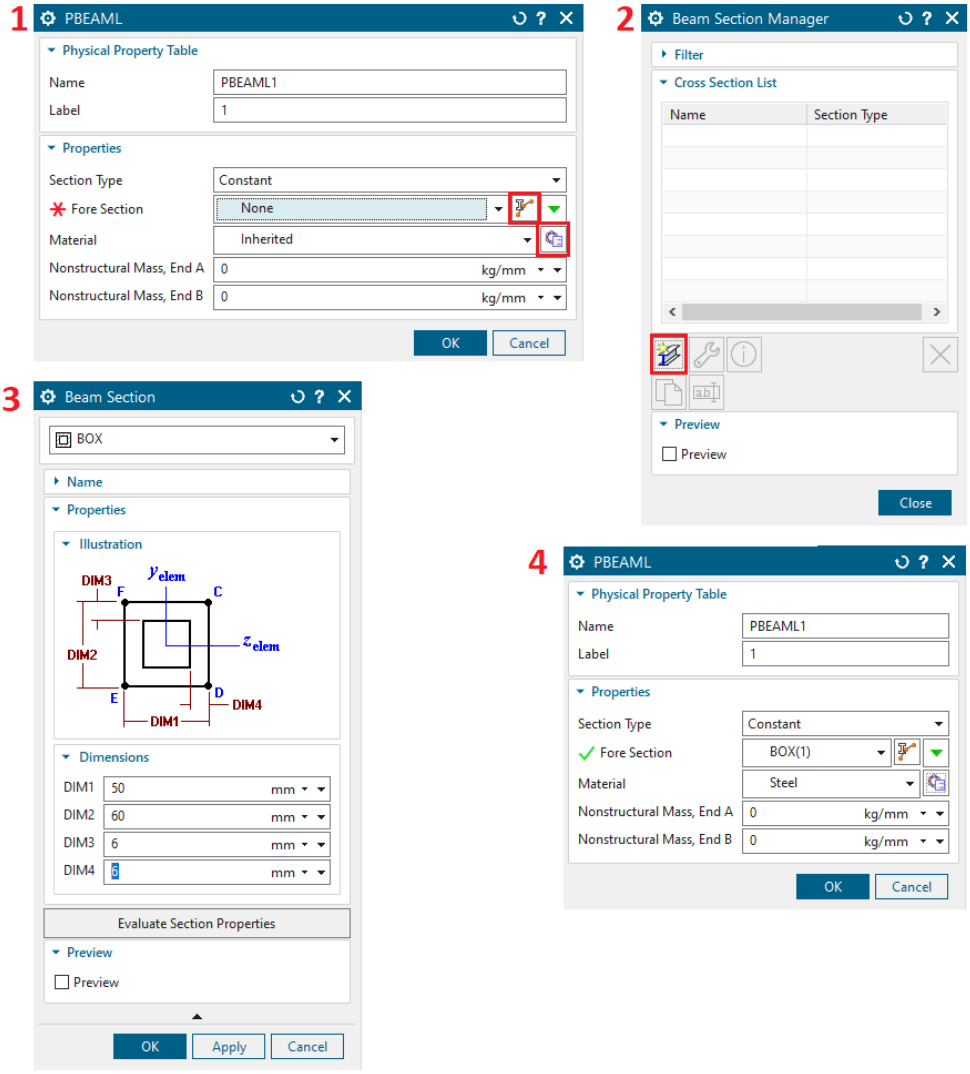
1. Kliknij ikonę klucza (***Edit***). Część ustawień właściwości nie jest jeszcze uzupełniona (obraz **1** poniżej). W tym przykładzie zastosuj stały przekrój belki (***Section Type***). Pole ***Fore Section*** pozostaje na razie puste.

2. Kliknij ikonę zaznaczoną na czerwono, aby przejść do wyboru przekroju (obraz **2**). Następnie kliknij przycisk tworzenia nowego przekroju. Otworzy się okno pokazane na obrazie **3**.

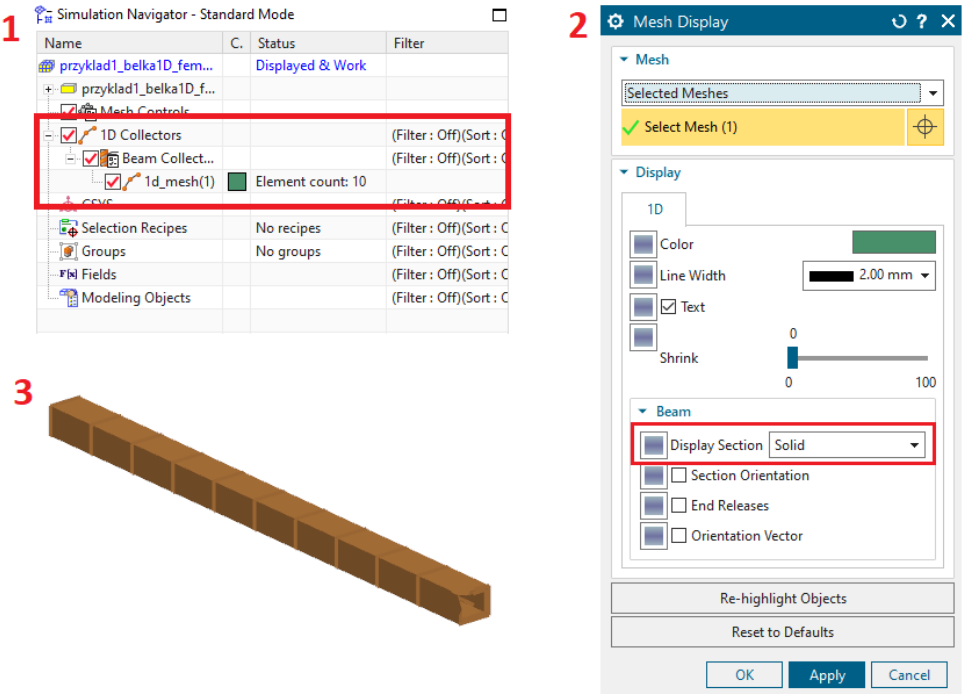
3. Wybierz przekrój typu ***BOX***. Ustaw szerokość 50 mm, wysokość 60 mm oraz grubość ścianek 6 mm.

4. Zatwierdź przekrój i wróć do okna właściwości. Z dostępnej biblioteki materiałów wybierz stal (***Steel***).

5. Porównaj ustawienia z obrazem **4**, a następnie zatwierdź je przyciskiem ***OK***.



Po przypisaniu właściwości do elementów skończonych wyświetl belkę w widoku 3D. Sprawdź orientację przekroju, aby prawidłowo zdefiniować podpory i kierunek obciążenia.



d) Dodawanie podpór

Każdy węzeł belkowego modelu 1D ma sześć stopni swobody, oznaczonych w NX jako **DOF1-DOF6**. DOF1, DOF2 i DOF3 odpowiadają przemieszczeniom wzdłuż osi x, y i z, a DOF4, DOF5 i DOF6 - obrotom wokół tych osi.

Podpory ograniczają wybrane stopnie swobody. W tym przykładzie belka jest utwierdzona na jednym końcu, więc w węźle podparcia należy zablokować wszystkie sześć stopni swobody. Inne sposoby podparcia pojawią się w kolejnych zadaniach.

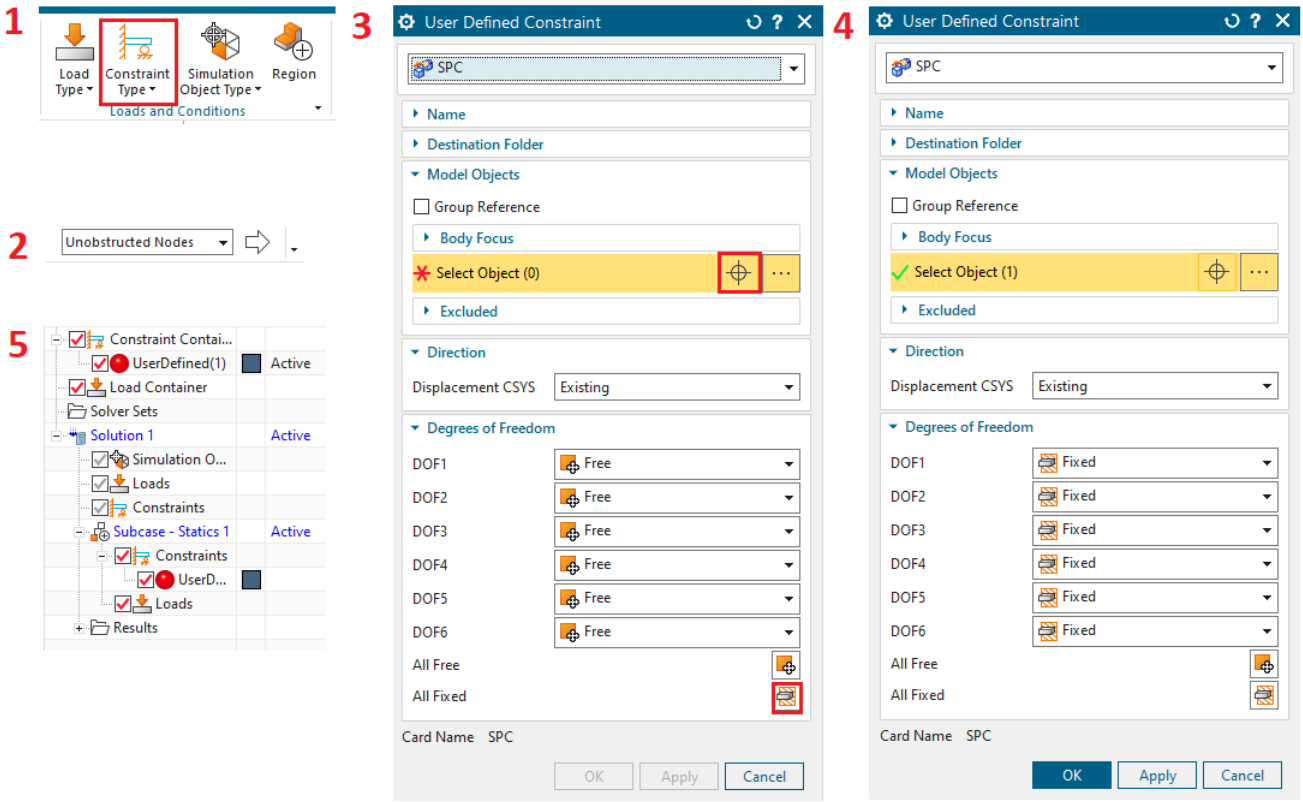
1. Przejdź do pliku **.sim**. Na górnym pasku odszukaj sekcję ***Loads and Conditions*** i wybierz ***Constraint Type → User Defined Constraint*** (obraz **1**). Otworzy się okno definiowania podpory (obraz **3**).

2. Na pasku wyboru nad obszarem modelu ustaw ***Unobstructed Nodes*** (obraz **2**). Ułatwi to wskazywanie węzłów siatki, do których przypiszesz podporę.

3. W oknie podpory kliknij przycisk wyboru w wierszu ***Select Object*** i wskaż węzeł na jednym z końców belki.

4. Kliknij ***All Fixed*** u dołu okna, aby zablokować wszystkie stopnie swobody wskazanego węzła. Porównaj ustawienia z obrazem **4**.

5. Zatwierdź podporę przyciskiem OK. Nowa podpora pojawi się w drzewie po lewej stronie (obraz **5**).



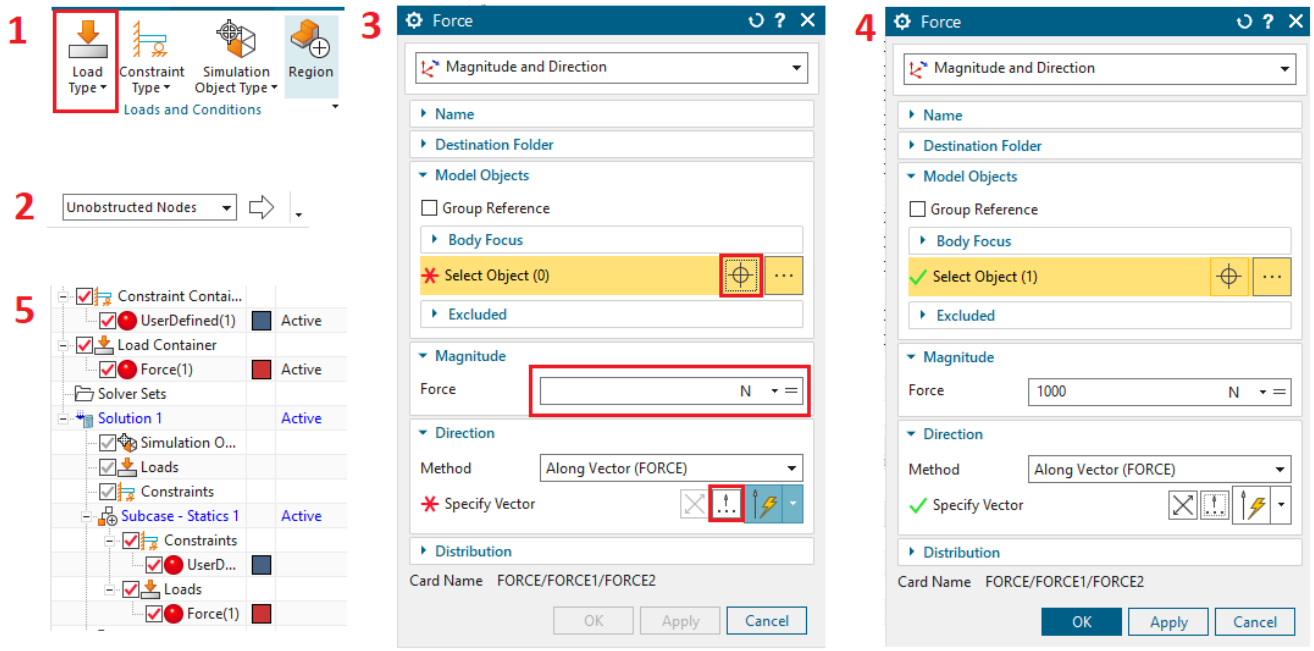
e) Dodawanie obciążenia

1. W sekcji ***Loads and Conditions*** wybierz ***Load Type → Force***. W razie potrzeby ponownie ustaw filtr wyboru węzłów (obraz **2**).

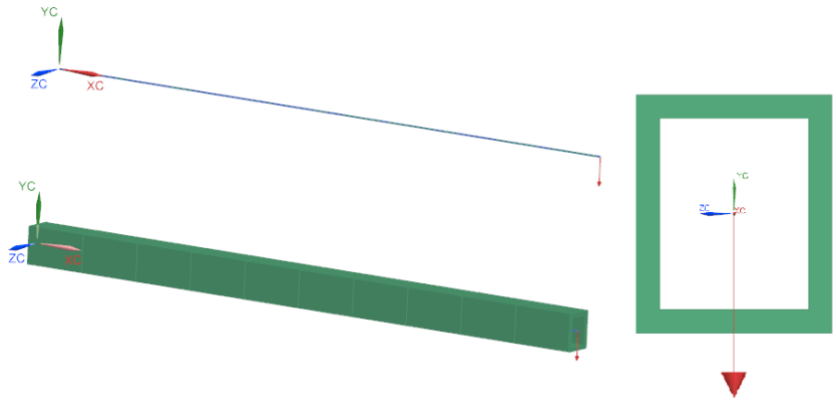
2. W oknie definiowania siły wskaż węzeł na swobodnym końcu belki, czyli na końcu bez podpory.

3. Ustaw wartość siły na 1000 N i wybierz jej kierunek zgodnie ze schematem przykładu. Zwróć uwagę, aby obciążenie działało na krótszą krawędź przekroju.

4. Zatwierdź obciążenie. Siła pojawi się w drzewie po lewej stronie (obraz **5**).



Sprawdź w widoku 3D belki, czy siła jest przyłożona we właściwym miejscu i ma prawidłowy kierunek oraz zwrot.



f) Uruchamianie symulacji

Na górnym pasku przejdź do zakładki ***Solution*** i wybierz ***Solve***. W nowym oknie kliknij ***OK***. Rozpoczną się obliczenia i otworzy się kilka dodatkowych okien. Po wyświetleniu komunikatu potwierdzającego zakończenie obliczeń możesz zamknąć te okna.

g) Wizualizacja wyników

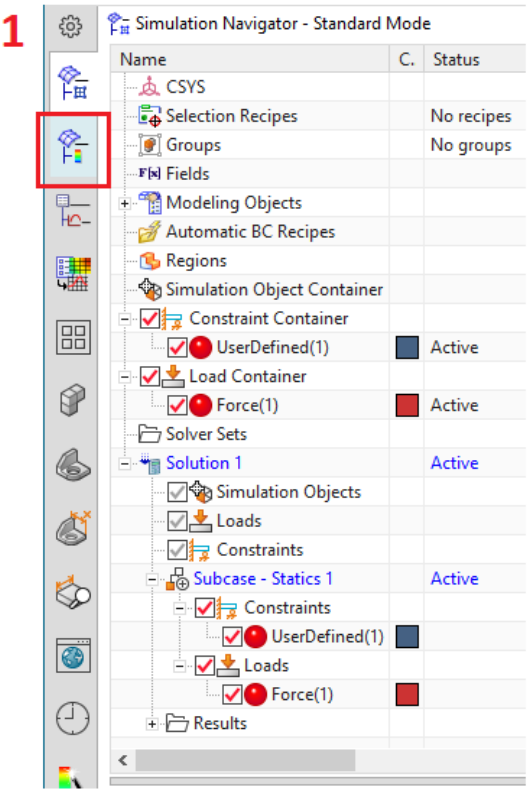
1. Wybierz drugą zakładkę obok drzewa projektu (obraz **1**). Wyświetli się drzewo wyników pokazane na obrazie **2**.

2. Kliknij dwukrotnie lewym przyciskiem myszy pozycję ***Structural***. W drzewie pojawią się nowe pozycje (obraz **3**).

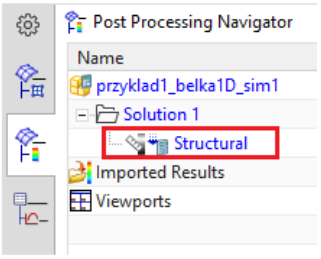
3. Wybierz ***Displacement – Nodal***, aby wyświetlić przemieszczenia węzłów. Dostępne są również wyniki naprężeń i sił reakcji.

4. Odczytaj maksymalne przemieszczenie belki i porównaj je z wartością kontrolną 2,951 mm. Zgodność wyniku wskazuje na poprawne odtworzenie przykładu.

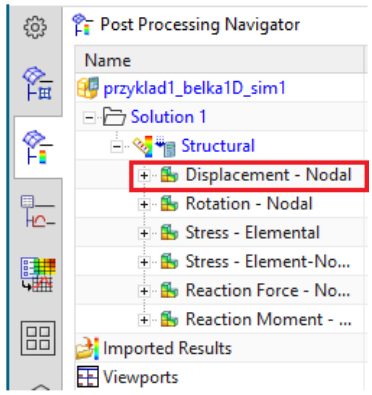
1



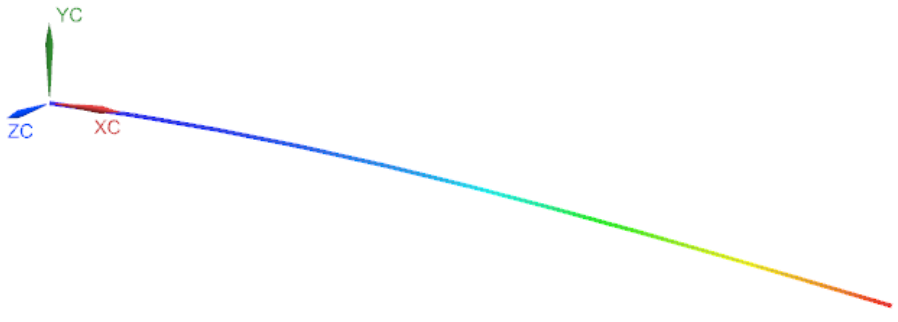
2



3

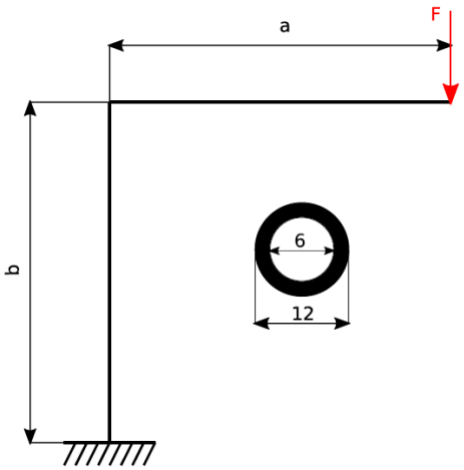


4



2. Zadanie 1

Utwórz model konstrukcji przedstawionej na poniższym schemacie. Zastosuj podany przekrój w obu elementach: a i b.



Przyjmij **a = b = 100 mm**, długość elementu siatki **20 mm** oraz siłę **F = 1000 N**. W oknie wyboru materiału utwórz własny materiał o właściwościach stali: moduł Younga **E = 206 GPa** i współczynnik Poissona **v = 0.3**.

Odczytaj przemieszczenie swobodnego końca belki w punkcie przyłożenia siły.

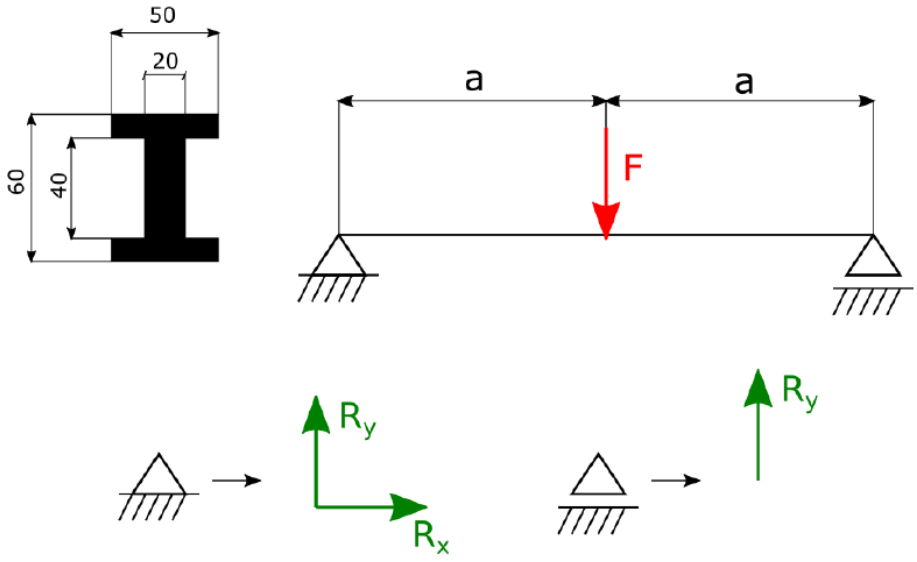
3. Zadanie 2

Przeprowadź analizę statyczną analogiczną do przykładu wstępnego. Utwórz nowy model belki zgodny z poniższym schematem.

Przyjmij **a = 500 mm**, długość elementu siatki **50 mm** oraz właściwości aluminium: moduł Younga **E = 70 GPa** i współczynnik Poissona **v = 0.33**. Siła **F = 1000 N**.

W punktach podparcia zdefiniuj warunki brzegowe odpowiadające reakcjom zaznaczonym na schemacie. Dodatkowo ogranicz odpowiednie stopnie swobody wszystkich węzłów, aby konstrukcja mogła przemieszczać się wyłącznie w płaszczyźnie rysunku.

Odczytaj przemieszczenie w punkcie przyłożenia siły.



4. Zadanie 3

Wyznacz przybliżoną maksymalną wysokość ramy a, przy której maksymalne naprężenia w konstrukcji przedstawionej poniżej nie przekroczą **50 MPa**. Przyjmij **b = 500 mm** i **F = 1000 N**. Wybierz stal z biblioteki materiałów NX.

Dla pionowych belek o długości a zastosuj przekrój **I**, a dla poziomych belek o długości b - przekrój **II**. Przyjmij wymiary przekrojów: **x = 50 mm**, **y = 25 mm** oraz **c = 3 mm**.

