

MATERIAŁY POMOCNICZE DO LABORATORIUM Z METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH, Abaqus 6.11

Opracował: Bartosz Sobczyk

Karol Daszkiewicz

LEKCJA 1

Program należy pobrać z serwisu OKNO – kurs Metoda Elementów Skończonych oraz zarejestrować się na stronie www.simulia.com/learning, skąd dodatkowo można pobrać różne dodatkowe materiały szkoleniowe.

1.0 Informacje wstępne

Program Abaqus jest zaliczany do liderów wśród programów wykonujących obliczenia przy pomocy metody elementów skończonych. Solwer programu pozwala na przeprowadzanie różnego rodzaju analiz np: analizy statycznej i dynamicznej konstrukcji, przepływu prądu, przepływu ciepła, zagadnienia z zakresu obliczeniowej mechaniki płynów oraz wielu innych.

Stosując tego typu program należy nie tylko wykazać się umiejętnościami z zakresu obsługi interfejsu graficznego – budowy modelu, tworzenia siatki elementów skończonych, przykładania obciążeń i wciskania przycisku „OBLICZ”. Do właściwej implementacji zagadnienia, przeprowadzenia analizy i interpretacji wyników konieczna jest znajomość podstaw **Metody Elementów Skończonych**.

2.0 Literatura

Skrzat A.: *Modelowanie liniowych i nieliniowych problemów mechaniki ciała stałego i przepływów ciepła w programie ABAQUS*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010.

Szturomski B.: *Inżynierskie zastosowanie MES w problemach mechaniki ciała stałego na przykładzie programu ABAQUS*, AMW, Gdynia 2012.

Chróścielewski J., Burzyński S., Daszkiewicz K., Sobczyk B., Witkowski W.: *Wprowadzenie do modelowania MES w programie ABAQUS*, Wydawnictwo PG, Gdańsk, 2014.

3.0 Struktura programu

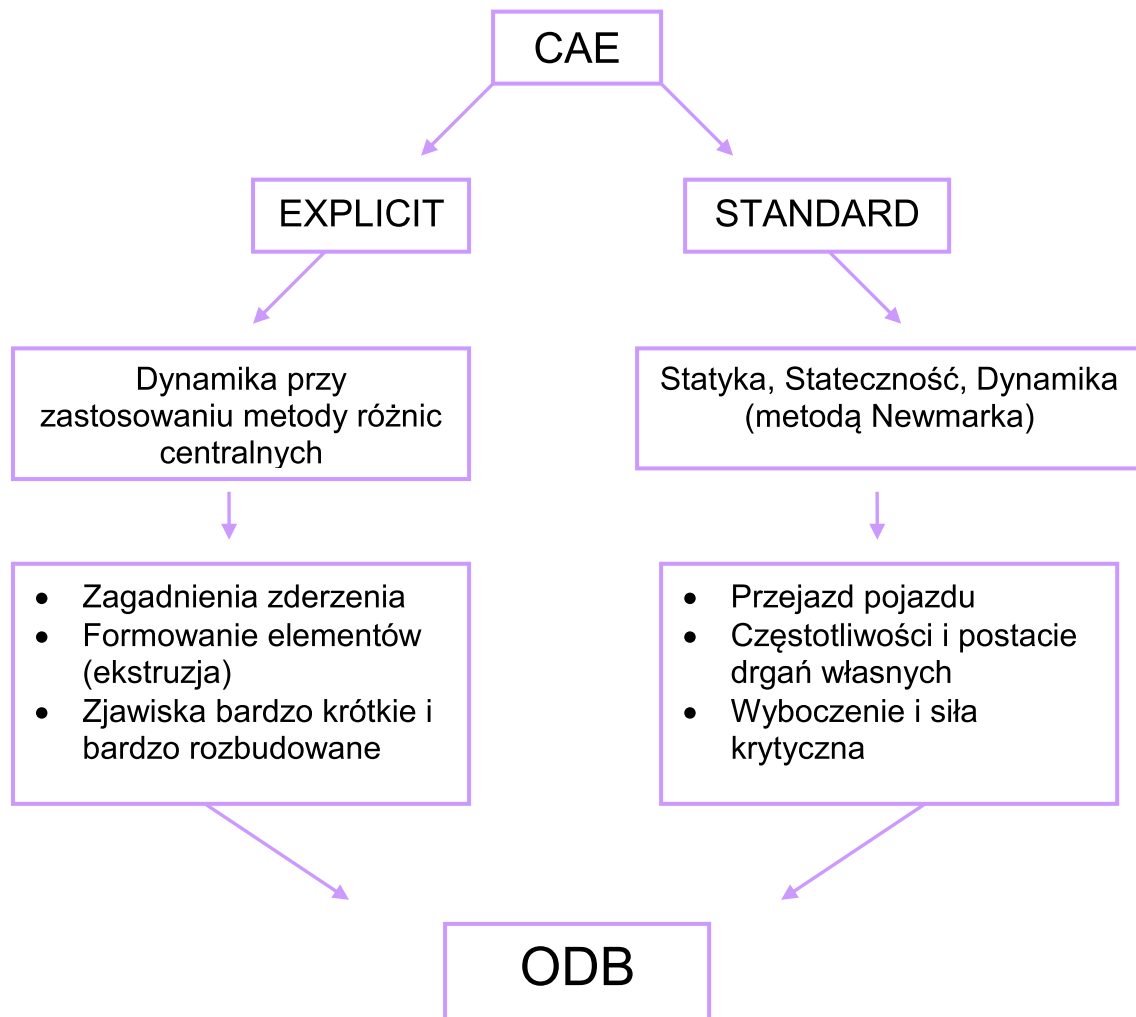
Pliki **CAE** – pliki binarne preprocessor'a, w nich przechowywane są informacje o przygotowywanym modelu konstrukcji

Pliki **INP** – plik tekstowy zawierający komendy potrzebne do uruchomienia solver'a przeprowadzenia analizy i stworzenia pliku rezultatów

Pliki **ODB** – w nich znajdują się rezultaty analiz

Pliki **MSG** i **DAT** – zawierają informacje o błędach

Obliczenia prowadzone są z wykorzystaniem dwóch modułów, tak jak przedstawia to poniższy schemat.

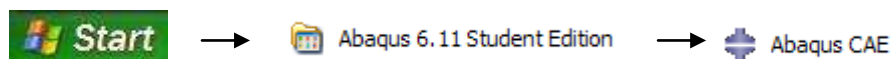


Komunikaty o błędach:

- ERROR – natychmiastowe przerwanie obliczeń
- WARNING – ostrzeżenie obliczenia są kontynuowane

4.0 Budowa modelu

4.1 Uruchomienie programu



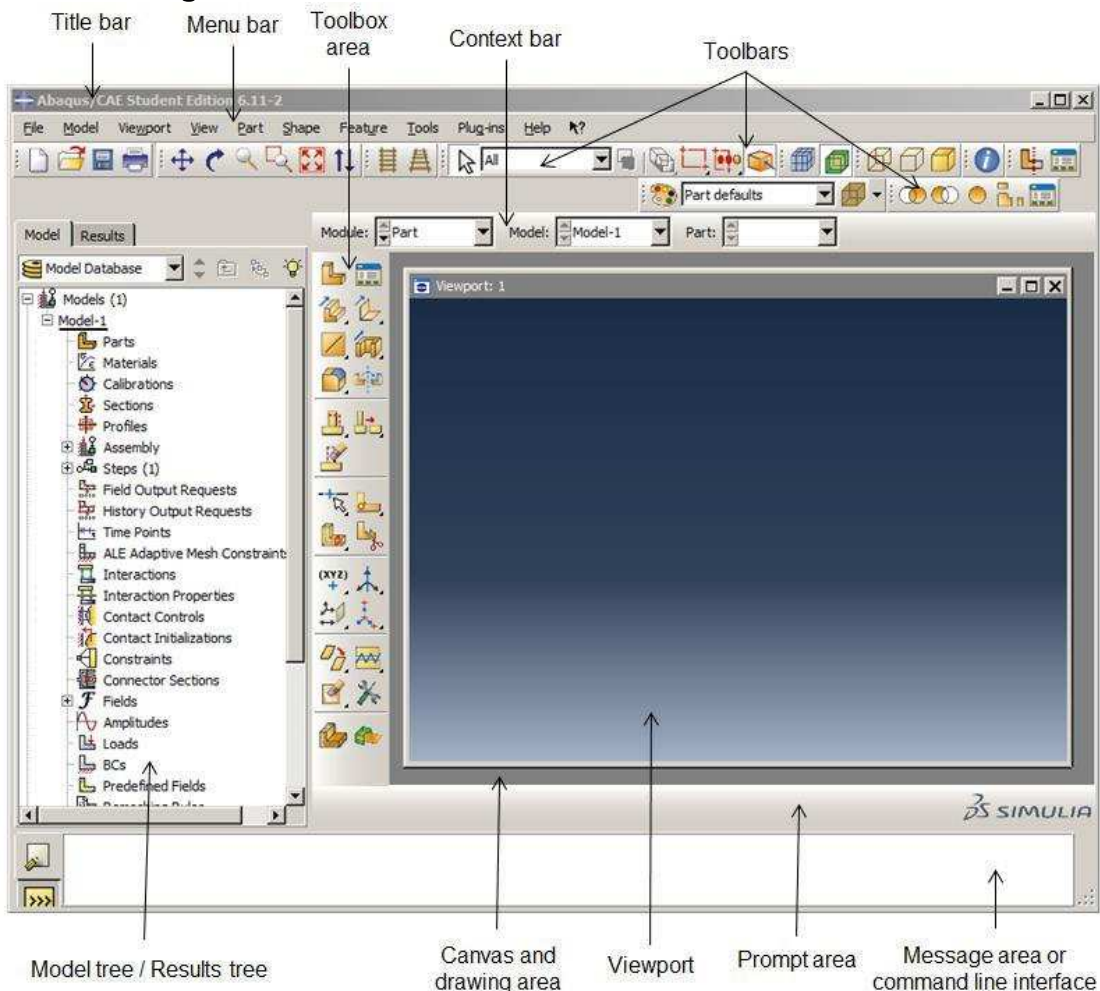
4.2 Okno startowe

Po uruchomieniu pojawi się okno startowe:



W tym oknie wybieramy środowisko, w jakim tworzona będzie baza danych modelu. Na zajęciach korzystamy z modułu: *With Standard/Explicit Model*. Po wybraniu modułu Standard otworzy się okno główne.

4.3 Okno główne



Title bar – Pasek tytułowy: Informuje użytkownika o używanej wersji programu Abaqus oraz o nazwie pliku CAE

Menu bar – Pasek Menu: Zawiera wszystkie dostępne opcje menu. Menu daje dostęp do wszystkich funkcji programu. Różne opcje pojawiają się w pasku menu, w zależności od tego, który moduł jest wybrany z paska kontekstowego (context bar).

Toolbars – Paski narzędzi: Zapewniają szybki dostęp do funkcji, które są również dostępne w menu.

Context bar – Pasek kontekstu: Abaqus/CAE podzielony jest na moduły. Każdy z modułów umożliwia pracę nad jednym aspektem modelu. Lista Modułów (**Module**) pozwala przemieszczać się pomiędzy tymi modułami. Pozostałe pozycje w pasku są funkcją modułu, który jest aktywny.

Model Tree – Drzewo Modelu: Umożliwia graficzny przegląd i nadzór modelu oraz obiektów, takich jak np. części, materiały, kroki obliczeniowe, obciążenia i oczekiwane wyniki. Ponadto, drzewo modelu jest wygodnym narzędziem do przemieszczania się pomiędzy modułami. Jeśli baza danych zawiera więcej niż jeden model, można użyć drzewa, aby przemieszczać się pomiędzy modelami. Model Tree, pozwala też na wykonanie większości działań, które znajdują się w głównym pasku menu.

Results Tree – Drzewo wyników: Umożliwia graficzny przegląd baz danych wyjściowych, jak i tworzenie na podstawie rezultatów różnych ich kombinacji np. wykresów.

Toolbox area – Przybornik: Po wybraniu konkretnego modułu wyświetlony zostanie odpowiedni przybornik narzędzi. Przybornik pozwala na szybki dostęp do wielu funkcji modułu, które są dostępne także z menu.

Canvas and drawing area – „Płótno” / obszar rysowania: Płótno można traktować jako ekran, na którym umieszczane są rzutnie.

Viewports – Rzutnia: Okna umieszczane w obszarze rysowania, w których wyświetlany jest model.

Prompt area – Obszar odpowiedzi: W obszarze odpowiedzi wyświetlane są instrukcje, które należy przestrzegać w trakcie przeprowadzania procedury – na przykład: program prosi o wskazanie geometrii, do której ma zostać przyłożone obciążenie.

Message area – Obszar wiadomości: W obszarze wiadomości wyświetlane są informacje o stanie zaawansowania procedury oraz różnego rodzaju ostrzeżenia.

4.4 Jednostki

Program Abaqus nie ma wbudowanego modułu jednostek! Użytkownik wprowadza je według własnego uznania. Raz przyjętego systemu należy konsekwentnie przestrzegać. Na przykład wprowadzając wymiary konstrukcji w mm, i obciążenie w N, moduł Young’a będzie trzeba podać w MPa (N/mm^2). Rezultaty naprężeń będą wyświetlane w MPa (N/mm^2), a przemieszczenia w mm. Analogicznie można wprowadzić wymiary w m, obciążenie w kN. Wówczas Moduł Young’a należy podać w kPa (kN/m^2). Naprężenia otrzymamy w kPa, a przemieszczenia w m.

4.5 Pomoc

Program Abaqus oferuje użytkownikom bardzo rozbudowaną dokumentację i pomoc w języku angielskim. W celu skorzystania z niej należy np. z paska Menu wybrać:

Help: Search & Browse Manuals...

Wtedy w przeglądarce otworzy się poniższe okno:

W celu znalezienia informacji na temat określonego zagadnienia możliwe jest skorzystanie z wyszukiwarki, która wskaże ile razy dane zagadnienie występuje w każdym z podręczników pomocy.

Początkującemu użytkownikowi programu Abaqus zaleca się korzystanie z podręcznika **Getting Started with Abaqus: Interactive Edition**, który na prostych przykładach omawia podstawowe funkcjonalności programu.

W celu zaznajomienia się z wszystkimi dostępnymi opcjami w programie Abaqus zaleca się korzystanie z podręczników:

Abaqus/CAE User's Manual – opisuje możliwości preprocesora i postprocesora CAE: jak stworzyć model, uruchomić analizę, dokonać analizy wyników

Abaqus Analysis User's Manual – opisuje wszystkie możliwości solver-ów programu Abaqus, dostępne materiały, elementy, rodzaje interakcji, więzi, zmienne w pliku ODB


Abaqus Theory Manual – opisuje precyzyjnie teorię zastosowaną w programie Abaqus

Abaqus Example Problems Manual – zawiera szczegółowe przykłady pokazujące potencjalne zastosowania programu Abaqus

Natomiast bardziej zaawansowani użytkownicy programu, aby dowiedzieć się jak zwiększyć możliwości programu mogą zapoznać się również z następującymi podręcznikami:

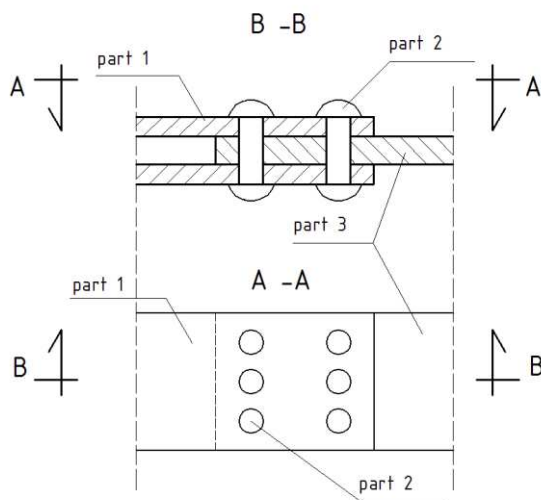
Abaqus Scripting User's Manual – opisuje jak zastosować skrypty w języku Python do automatyzacji generacji modelu, prowadzenia obliczeń i odczytywania wyników

Abaqus User Subroutines Reference Manual – zawiera opis procedur, które może użytkownik samodzielnie napisać w języku Fortran i dołączyć do programu Abaqus
Abaqus Benchmarks Manual – zawiera standardowe problemy testowe (benchmarki) pokazujące możliwości i potwierdzające poprawność obliczeń w Abaqusie

Aby podczas pracy z programem szybko uzyskać informację dotyczącą konkretnej opcji, można również skorzystać z funkcji  dostępnej w pasku menu. Następnie należy wskazać interesującą opcję, a wtedy w program pokaż w przeglądarce opis danej funkcjonalności.

4.6 Przykładowa procedura tworzenia modelu połączenia nitowanego

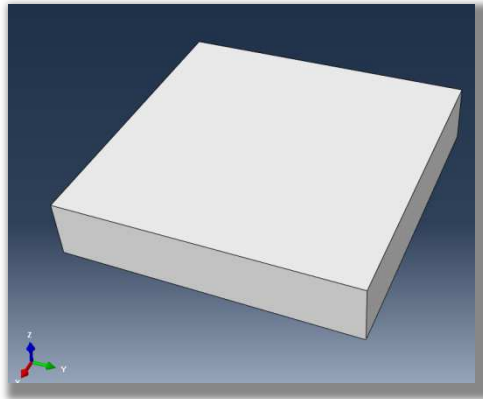
Schemat połączenia przedstawiono na poniższym rysunku:



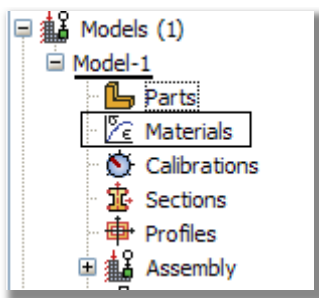
1. Zdefiniowanie parametrów materiałowych („materials”).
2. Wykonanie 3 części („parts”): part1 – cienka blacha, part 2 – nit, part 3 – gruba blacha.
3. Przyporządkowanie poszczególnym częściom cech materiałowych („section assignments”).
4. Wybór elementów skończonych i siatkowanie poszczególnych części („meshing”).
5. Montaż: dodaj part 1, skopiuj 2x i ustaw w położeniu docelowym, dodaj part 2 skopiuj 6x i ustaw w położeniu docelowym, dodaj part 3 i ustaw w położeniu docelowym.
6. Określenie parametrów decydujących o interakcji poszczególnych części – np. tarcie pomiędzy 2 blachami.
7. Zdefiniowanie sztywnych więzi bądź kontaktu pomiędzy częściami.
8. Określenie warunków brzegowych i obciążenia.
9. Przeprowadzenie obliczeń i analiza rezultatów.

5.0 Zadanie nr 1 – część 1 budowa modelu

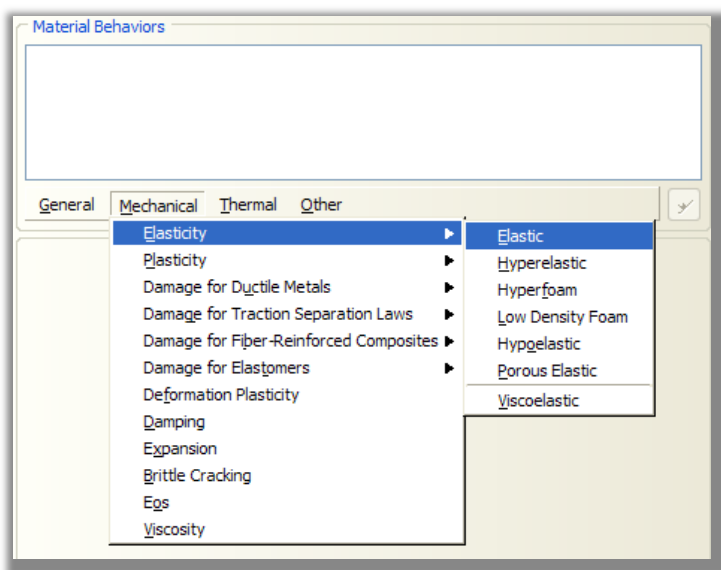
W programie Abaqus zbuduj model prostokątnościanu o wymiarach 1.5x1.5x0.3m oraz o następujących parametrach materiałowych: moduł Young'a $E = 170\text{MPa}$, współczynnik Poissona $\nu = 0.12$.



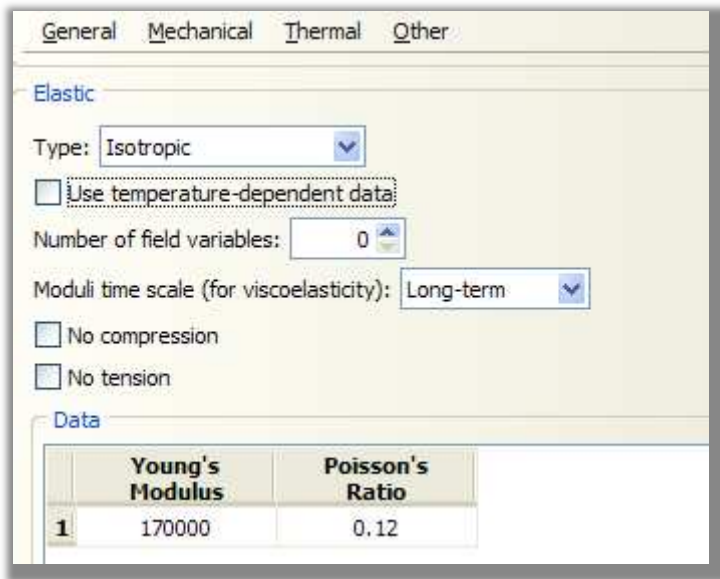
W pierwszej kolejności należy określić parametry materiałowe. W tym celu w drzewie modelu klikamy 2x w *Materials*.



W oknie, które się pojawi wybieramy *Mechanical: Elasticity: Elastic*.

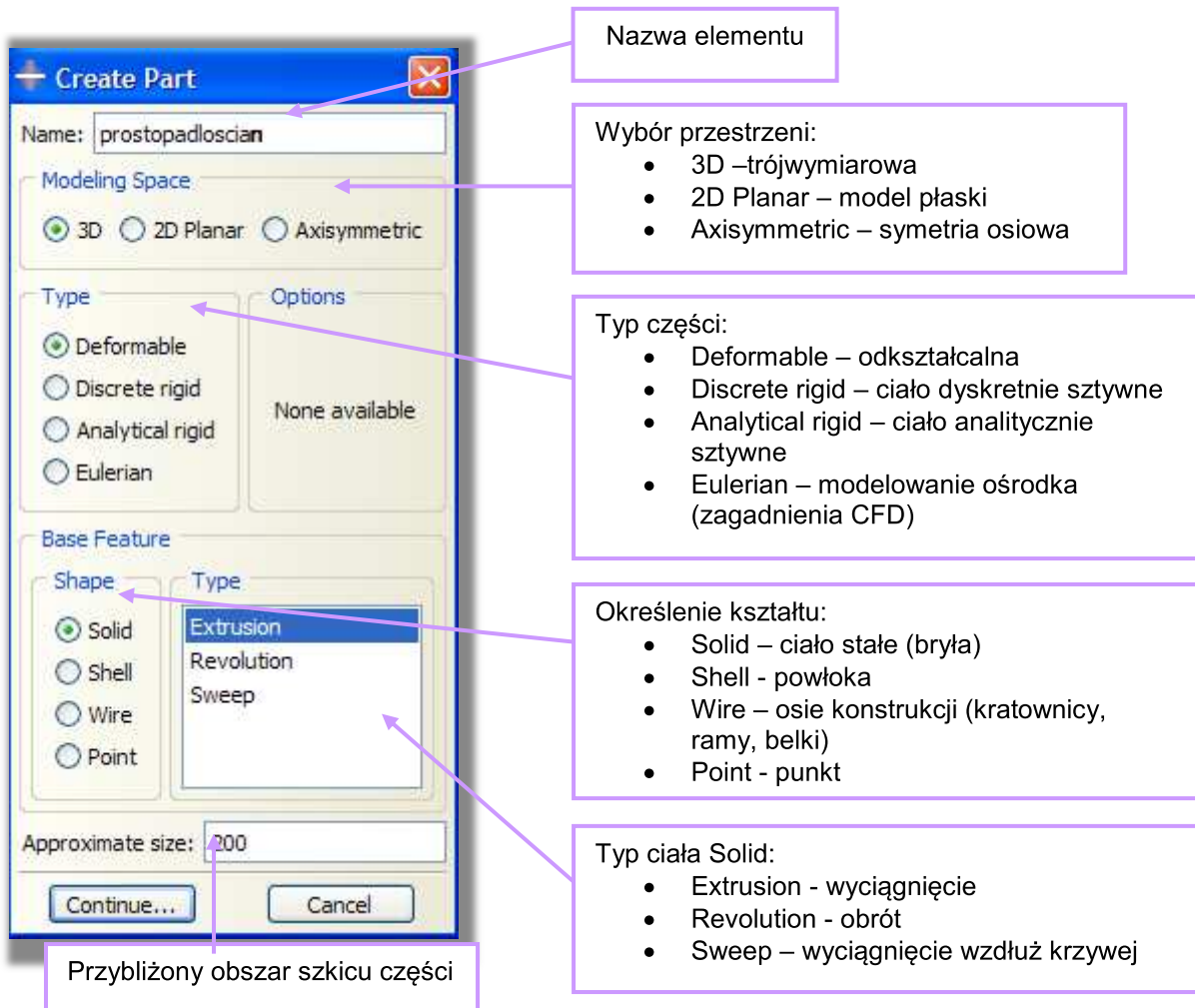


Otworzy się kolejne okno, w którym pozostawiamy typ materiału: *Isotropic* i wpisujemy wartości E i ν (uwaga na jednostki)




Klikamy OK. W tym momencie zostało zmodyfikowane drzewo projektu o nowy materiał: *Material-1*.

Po dodaniu materiałów klikamy 2x na *Parts* w drzewie projektu. Pojawi się następujące okno.

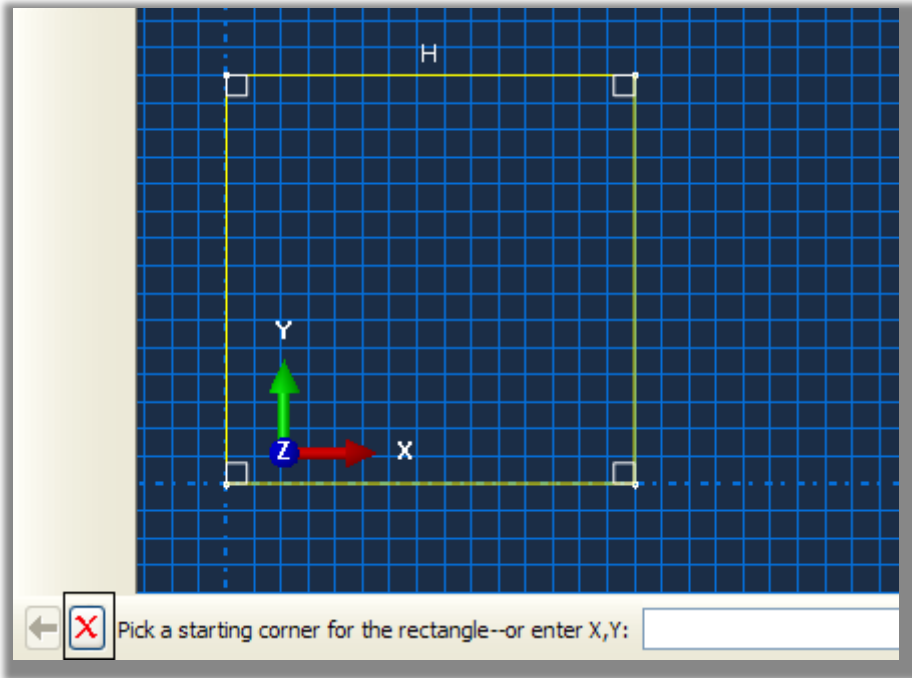


W zadaniu wybieramy część *3D, Deformable, Solid, Extrusion, Approximate size: 5*.

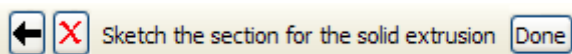
Po kliknięciu *continue* pojawi się obszar szkicowania.

Klikając ikonę  zainicjujemy procedurę rysowania prostokąta o wymiarach 1,5x1,5, jednocześnie śledząc instrukcje z *obszaru podpowiedzi*. Przykładowo klikamy punkt (0,0), a następnie (1.5,1.5)

Chcąc zakończyć szkicowanie prostokąta - klikamy   w obszarze *podpowiedzi*.



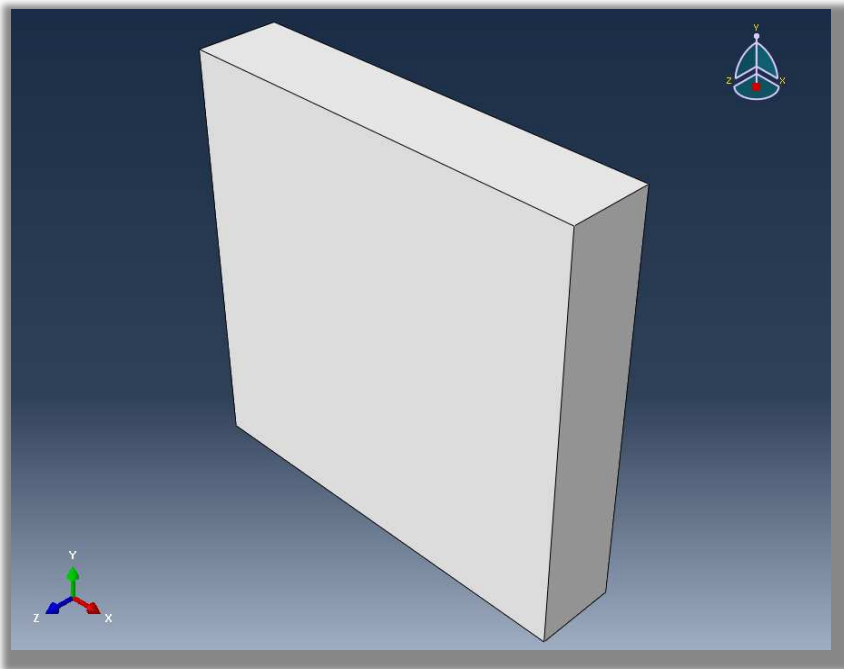
Następnie, pojawi się komunikat o potwierdzenie kontynuowania wyciągnięcia. Klikamy *Done*



i podajemy wartość wyciągnięcia *Depth = 0.3*, potwierdzając to przyciskiem *OK*.



Na rzutni pojawi się gotowa część.



Stworzona część jest domyślnie wyświetlana w rzucie izometrycznym. Możliwa jest zmiana widoku przez skorzystanie z poleceń z paska *View Manipulation* lub wybranie polecenia z listy po naciśnięciu w pasku *Menu* -> *View*. Podczas pracy z programem najczęściej korzysta się z funkcji:



- przesuwanie obiektów w widoku



- obrót widoku (skrót **Ctrl+Alt**+lewy przycisk myszy)



- dopasowanie widoku do wielkości obiektów na rzutni

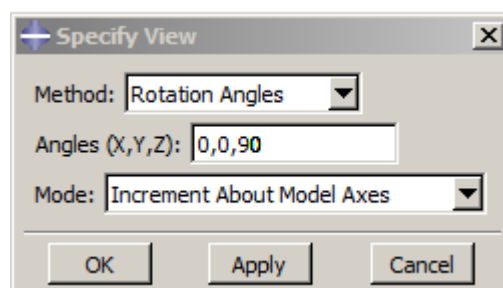
Szybkie ustawienie interesującego nas rzutu prostokątnego jest możliwe przez skorzystanie z paska *View*:



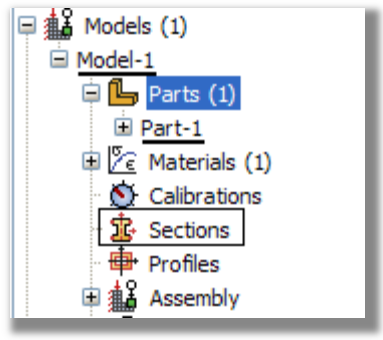
Pasek ten też umożliwia zapisanie zdefiniowanego przez nas widoku, aby można było ponownie z niego skorzystać.

Uwaga: Jeśli pasek *View* jest niewidoczny, to można włączyć jego wyświetlanie przez wybranie z paska *Menu*: *View*: *Toolbars*: *Views*.

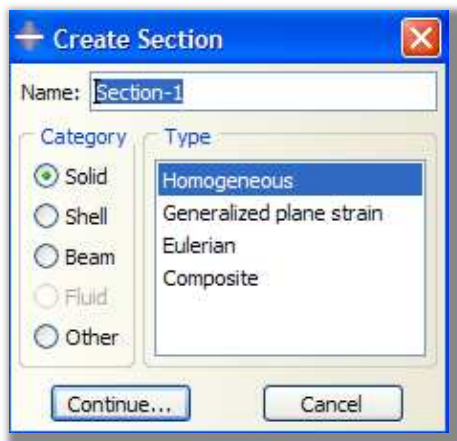
Precyzyjne zdefiniowanie widoku jest możliwe przez polecenie *Specify View*, dostępne z paska *Menu*: *View*: *Specify...* W celu obrócenia aktualnego widoku względem osi *Z* o 90 stopni należy zdefiniować *Angles* jak na poniższym rysunku:



Kolejnym etapem pracy jest przyporządkowanie do części parametrów materiałowych. W pierwszej kolejności należy stworzyć sekcję materiałową. W tym celu klikamy 2x *sections* w drzewie projektu.




Zostanie otwarte następujące okno:

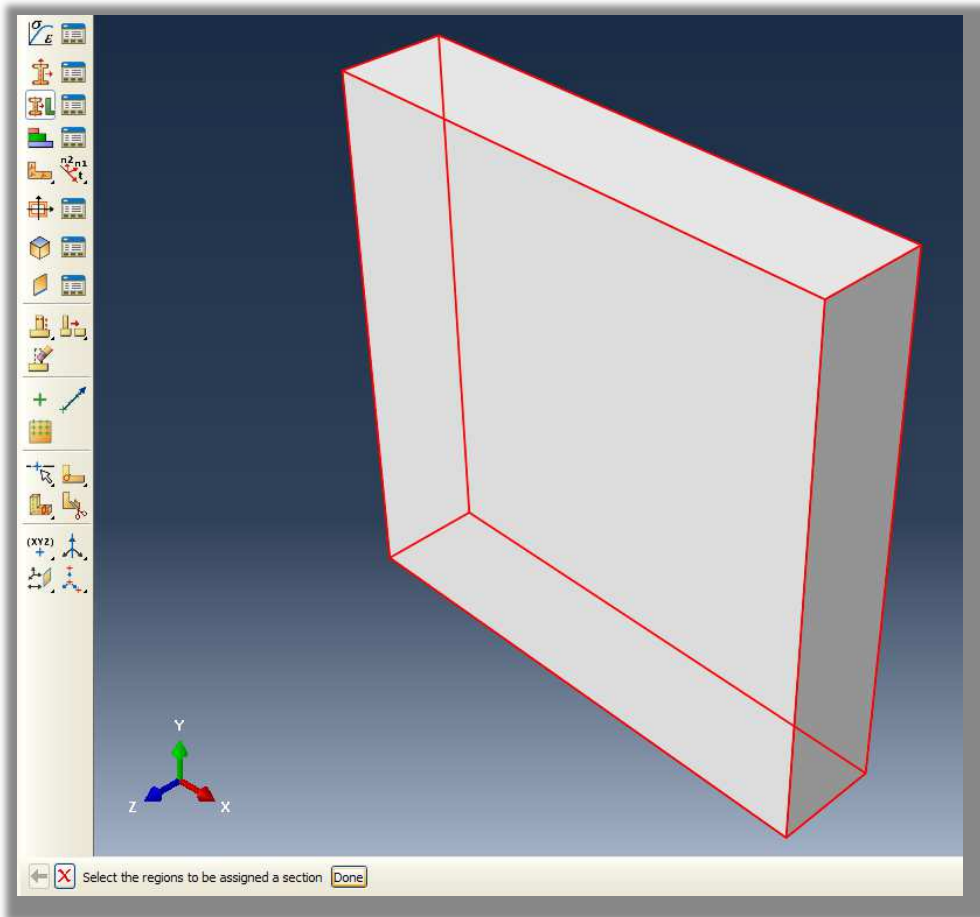


Wybieramy: *solid*, *homogenous* i klikamy *continue*.

W nowo otwartym oknie wybieramy materiał, który ma zostać przyporządkowany tej sekcji. (w przykładzie utworzono jeden materiał więc potwierdzamy OK, w modelu rzeczywistej konstrukcji materiałów może być więcej).



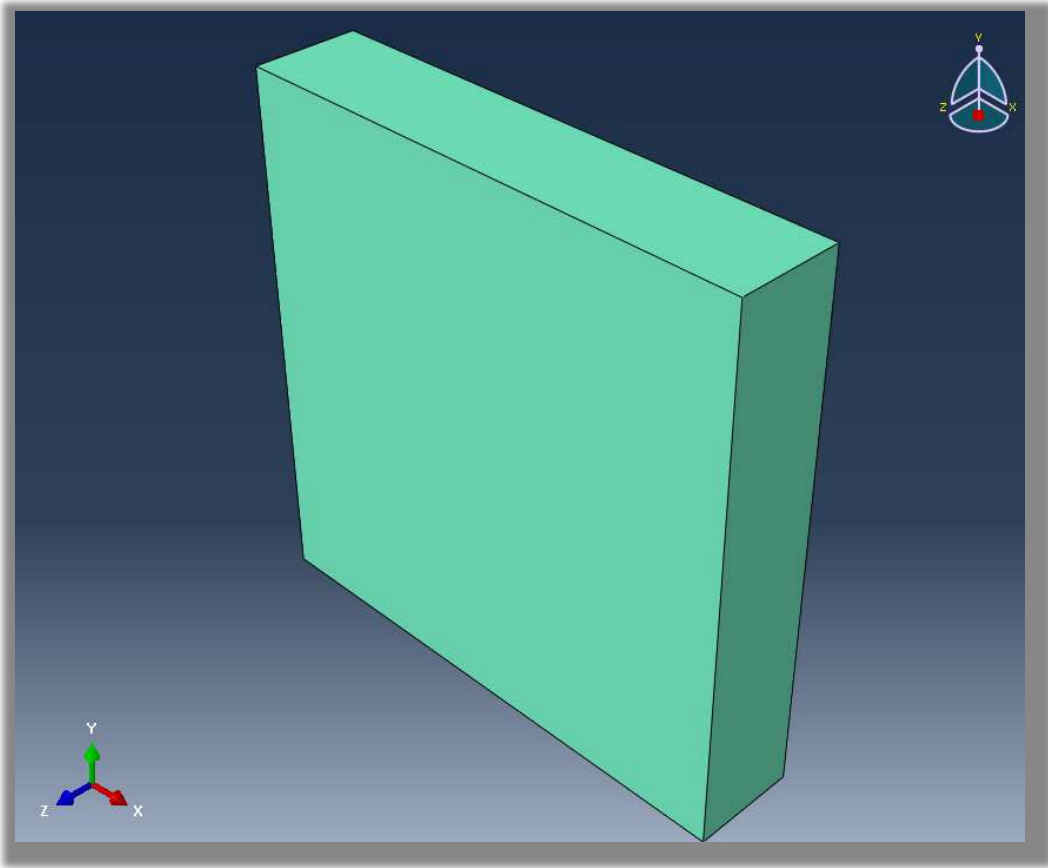
Aby przyporządkować sekcję do utworzonej części należy kliknąć ikonę  z *przybornika*. W *obszarze odpowiedzi* pojawi się komunikat, aby wybrać regiony, którym ma zostać przyporządkowana sekcja. Najeżdżamy kursorem na bryłę (jej krawędzie staną się pomarańczowe), klikamy 1x (krawędzie staną się czerwone) i potwierdzamy *Done* w *obszarze odpowiedzi*.



Następnie pojawi się okno w którym potwierdzamy wybór sekcji: *Section – 1* klikając *OK* (w przykładzie utworzono jedną sekcję; w innym modelu może zaistnieć konieczność wybrania jej z większej liczby przypadków).

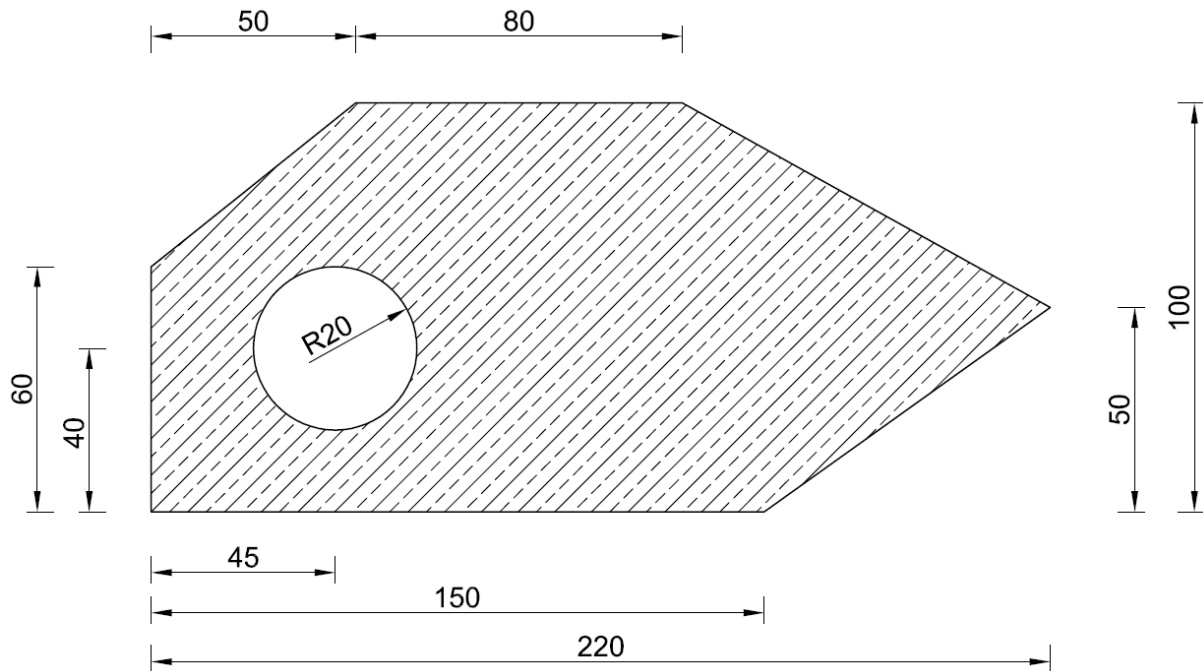


Po kliknięciu *OK*, części zostaną przyporządkowane właściwe parametry materiałowe i zmieni ona swój kolor na zielony.




Ćwiczenie 1

Stwórz w programie Abaqus bryłę o głębokości 30 i kształcie zaprezentowanym na poniższym rysunku:



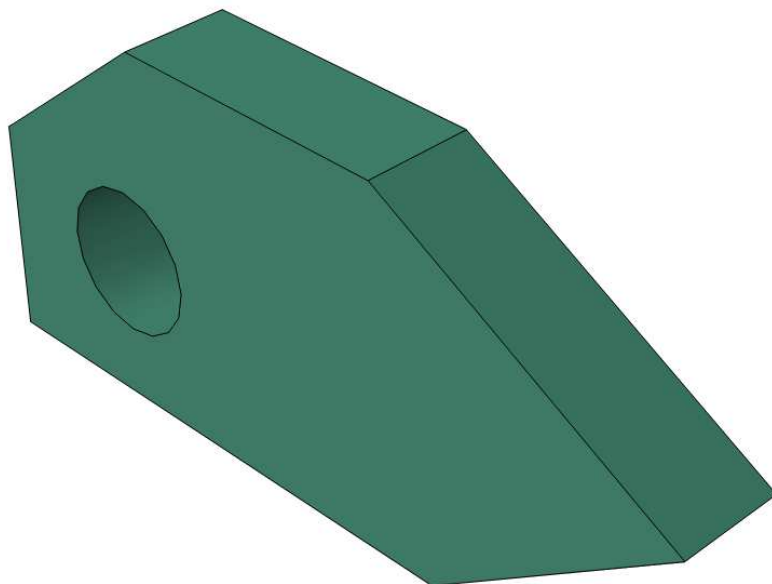
Podpowiedź:

W szkicowniku można stworzoną geometrię zwymiarować korzystając z polecenia *Add Dimension*  w przyborniku. Najpierw można więc odręcznie naszkicować geometrię, a następnie, wymiarując ją, nadać jej pożądany ostateczny kształt.

Uwaga:

Można dokonać edycji wymiaru przez skorzystanie z polecenia *Edit Dimension Value* .

Rozwiązanie:




Ćwiczenie 2

Bryłę stworzoną w poprzednim przykładzie ustaw na rzutni identycznie jak na poniższym rysunku:



Podpowiedzi:

1. Aby zdefiniować inny widok w rzucie prostokątnym niż te dostępne w pasku *Views*, skorzystaj z polecenia *Specify View* dostępnego z paska *Menu* -> *View*.
2. Aby widok był wyświetlany bez perspektywy należy nacisnąć  w pasku narzędzi.