






Modelowanie płyty w ABAQUS¹ - lista kroków

1. Definicja zadania:
 - a. **Model Tree/Parts -> Create**
 - i. Nazwa – domyślnie Part (1):
 - ii. **Modeling Space:** 3D
 - iii. **Type:** Deformable
 - iv. **Base Feature:** Shell, Type: Planar
 - v. **Approximate Size:** dobrać stosownie do tematu
2. Geometria: w szkicowniku linią łamaną lub prostokątem rysujemy rzut płyty o zadanych wymiarach, po zakończeniu rysunku 2x klikamy środkowy klawiszem w ekran roboczy lub wybieramy przycisk *Done* (pojawi się po wyłączeniu wybranego narzędzia)
3. Definicja materiału **Model Tree/Materials**, domyślna nazwa Material-1, karta **Mechanical/Elasticity/Elastic** definiujemy materiał sprężysty podając E oraz ν
4. Definicja przekroju: **Model Tree/Sections**, domyślna nazwa Section-1, **Shell/ Homogenous -> Continue**, podajemy grubość w **Shell thickness**.
5. Przypisanie właściwości materiału do poszczególnych części modelu: **Model Tree/Parts/Part-1/Section Assignments** – zaznaczenie konstrukcji -> *done* (**thickness – from section, shell offset -> definition/Middle surface**) i zatwierdzenie *ok*.
6. Stworzenie instancji: **Model Tree/Assembly/Instances**, **Instance Type/independent** -> *ok*
7. Stworzenie kroków obliczeniowych:
 - a. warunki brzegowe: **Model Tree/Steps/Initial/BCs -> Mechanical/Symmetry/Antisymmetry/Encastré** -> po kliknięciu *Continue* zaznaczamy odpowiednie krawędzie (z shiftem kilka krawędzi) -> *Done* wybieramy odpowiednie warunki brzegowe; w razie potrzeby zadania innego typu warunków powtarzamy procedurę
 - b. Utworzenie kroku obliczeniowego: **Model tree/Steps -> Procedure type: General -> Static, General, ok**.
 - c. Zadanie obciążenia: **Model tree/Step-1->Loads**, np. Load-1, **Category: Mechanical, Types for Selected Step: Pressure**, -> *Continue*, zaznaczamy konstrukcję, *Done*. Następnie na dole rysunku wskazujemy warstwę, do której ma zostać przyłożone obciążenie (kolor *brown* odpowiada górnej warstwie, *purple* – dolnej) i podajemy intensywność obciążenia (opcje *uniform* i *ramp*)
8. Generacja siatki: **Moduł Mesh ->**
 - a. Menu **Mesh/Controls**, wybieramy kształt elementu (*quad*), technikę (dla kształtu prostokątnego najlepiej *structured*) i ewentualnie metodę siatkowania.
 - b. Menu **Mesh/Element Type**, należy wskazać konstrukcję, *done*, **Library standard, family shell, geometric order** (*linear* lub *quadratic*), **Element controls** (zaakceptować wartości domyślne)
 - c. Menu **Seed/Instance/approximate global size**: podajemy liczbę *mesh seeds*, która wpływa na gęstość siatki -> *ok, done*
 - d. Menu **Mesh/Instance -> yes**

¹ Uwaga: instrukcja dla osób, które sumiennie przerobiły przykład: „Wprowadzenie do programu ABAQUS oraz przykład modelowania tarczy” ze strony internetowej katedry. Rozszerzona, ilustrowana instrukcja modelowania płyty jest dostępna na stronach katedry

- e. Sprawdzenie liczby węzłów (ograniczenie wersji studenckiej do 1000 węzłów): menu Query/Mesh -> done – w oknie powiadomień wyświetlą się dane dotyczące siatki MES. W razie potrzeby (np. gdy liczba węzłów przekracza 1000), korzystając z menu mesh możemy usunąć siatkę, następnie zmienić jej gęstość parametrem *seed* i wygenerować nową siatkę; można od razu zmienić *seed*, wtedy program zaproponuje usunięcie starej siatki
9. Definicja obliczeń: **Model Tree/Jobs** -> *Continue* -> *ok*
10. Uruchomienie obliczeń: po wybraniu prawym klawiszem utworzonego zadania w **Analysis/Jobs** -> **Submit** (warto wcześniej sprawdzić kompletność modelu opcją *data check*)
11. Przejście do modułu wizualizacji: po wybraniu prawym klawiszem utworzonego zadania w **Analysis/Jobs /Job-1 (Completed)**-> **Results**
12. Jednym z rysunków, które można utworzyć w ABAQUS, jest rysunek wektorowy, który umożliwia wizualizację wielkości i kierunku zmiennych wektorowych i tensorowych. Aby wyświetlić np. rysunek wektorowy przemieszczeń:
 - a. Wybrać ikonkę *Plot symbols* 
 - b. Korzystając z okienek pod menu głównym, wybrać Symbol/U oraz składową U3 (lub dla naprężeń Symbol/S i interesującą nas składową). 
 - c. W opcjach *Common Plot Options* warto wybrać *render style/ Wireframe*
 - d. Mały trójkąt w prawym dolnym rogu ikonki *Plot symbols* pozwala narysować rysunek wektorowy konstrukcji odkształconej (lub menu Plot/Symbols/On deformed Shape).

Analiza drgań własnych:

1. Po utworzeniu kopii modelu płyty (w **Model Tree** wskazujemy **Model-1** i po wyświetleniu opcji prawym klawiszem myszy wybieramy **Copy Model**, podajemy własną nazwę, np. *dynamika*. Do skopiowanego modelu wprowadzamy następujące modyfikacje:
 - a. Dodanie gęstości do definicji materiału (**Model Tree/Materials (1)/Material-1->General/Density** w okienku *Mass Density* podajemy gęstość – proszę zwrócić uwagę, żeby to zrobić w skopiowanym modelu *Dynamika*)
 - b. W **Model Tree** (*Dynamika*):
 - i. Dezaktywacja istniejących kroków obliczeniowych: **Model Tree/Steps** wybieramy opcję **Suppress** dla istniejącego kroku **Static, General (Step-1)**
 - ii. utworzenie nowego kroku o nazwie np. *drgania własne* – **Steps** ->**Procedure type** -> **Linear Perturbation/Frequency, Continue**, zatwierdzamy wartości domyślne (**Lanczos** eigensolver) i po zaznaczeniu opcji *Number of eigenvalues requested* w *value* ograniczamy liczbę szukanych postaci drgań do 10.
 - iii. Utworzenie nowego zadania o nazwie *drgania* (**Model Tree/Jobs**) i uruchomienie analizy (unikamy polskich liter we wprowadzanych nazwach)
 - c. Po wywołaniu modułu *results* tworzymy rysunek postaci drgań własnych (*plot deformed model shape*); ikonką frame selektor  w prawym górnym rogu lub w **Model Tree/Step/Frames** możemy wyświetlać postaci drgań własnych odpowiadające kolejnym częstościom własnym (value w opisie rysunku oznacza wartość własną, Freq – częstość w [Hz]); animację można wyświetlić wybierając ikonę *Animate: Time history* z *Model Tree* 
 - d. Aby zobaczyć wyraźniej postaci drgań, można nałożyć daną postać na nieodkształcony model (jest to możliwe po wybraniu ikonki  - **Allow Multiple Plot States**)
 - e. W razie potrzeby wyświetlenia warunków brzegowych: menu **View/ODB Display Options/Entity Display** -> **Show boundary conditions**

Uwagi dotyczące wyboru elementu skończonego:

1. Elementy powłokowe/płytowe przeznaczone są do modelowania konstrukcji, w których jeden wymiar (grubość) jest znacząco mniejszy od pozostałych i naprężenia σ_z są pomijalne
2. Przyjmuje się, że powłoka/płyta, to konstrukcja, w których grubość jest mniejsza niż 1/10 wymiaru charakterystycznego
3. Wymiar charakterystyczny to np.:
 - a. odległość pomiędzy podporami,
 - b. odległość pomiędzy usztywnieniami lub dużymi zmianami grubości
 - c. dla zakrzywionych powłok promień krzywizny
4. Warunek, że grubość musi być mniejsza niż 1/10 wymiarów charakterystycznych nie dotyczy wymiarów elementów – przy gęstym podziale grubość elementu powłokowego może być większa niż jego długość – w takim wypadku zaleca się użycie elementów 3D
5. Powłoka gruba: wykonana z materiału izotropowego o stosunku grubości od wymiaru charakterystycznego większym niż 1/15; jeśli ten stosunek jest mniejszy niż 1/15, powłoka jest uznawana za cieką.
6. Powłokowe elementy w ABAQUS są dostępne w 3 różnych sformułowaniach:
 - a. Ogólnym – uwzględniają skończone membranowe odkształcenia i duże obroty (należą tu m. in. elementy SAXA); ponadto opisują zmianę grubości powłoki związaną z deformacją elementu
 - b. Dla powłok cienkich – uwzględniają duże obroty, małe odkształcenia, nie uwzględniają zmiany grubości
 - c. Dla powłok grubych – uwzględniają duże obroty, małe odkształcenia, nie uwzględniają zmiany grubości
7. Zalecenia dotyczące stosowania elementów powłokowych:

Elementy powłokowe w sformułowaniu ogólnym	Dla powłok cienkich	Dla powłok grubych
S4, S4R, S3/S3R, SAX1, SAX2, SAX2T, SC6R, SC8R	STRI3, STRI65, S4R5, S8R5, S9R5, SAXA	S8R, S8RT