

2. Giới thiệu cửa sổ chính ABAQUS/CAE

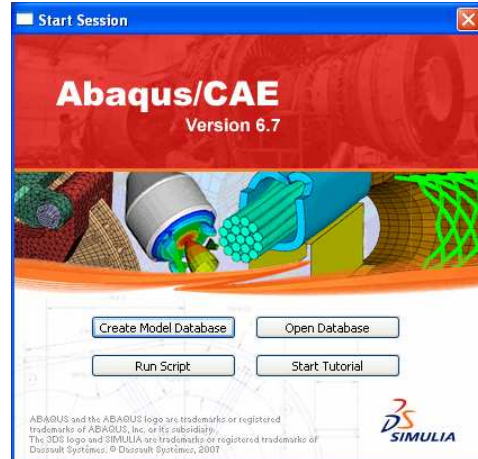
Để khởi động ABAQUS/CAE, người sử dụng có thể dùng một trong hai phương pháp sau: (lấy ABAQUS 6.7 làm ví dụ):

(1) Start > All Programs > Abaqus 6.7-1 > Abaqus CAE

(2) Start > All Programs > Abaqus 6.7-1 > Abaqus Command > Nhập **abaqus cae**

Sau khi khởi động ABAQUS/CAE > Xuất hiện cửa sổ Start Session như ở hình 1.3, lựa chọn Create Model Database (thiết lập một mô hình mới), bắt đầu làm việc với giao diện ABAQUS/CAE như ở hình 1.4.

! Trong cửa sổ Start Session có 4 loại lựa chọn: (1) Create Model Database: thiết lập một mô hình mới; (2) Open Database: mở một mô hình đã có sẵn; (3) Run Script: chạy từ file mệnh lệnh ABAQUS/CAE; (4) Start Tutorial: khởi động giáo trình trợ giúp trực tuyến.



Hình 1. 3 – Cửa sổ lựa chọn Start Session

Cửa sổ chính ABAQUS/CAE cho ở hình 1.4, bao gồm các bộ phận như dưới đây:

(1) Thanh tiêu đề (Title bar)

Thông báo phiên bản ABAQUS/CAE đang sử dụng và tên kho số liệu mô hình hiện hành.

(2) Thanh menu (Menu bar)

Chứa toàn bộ các công năng của ABAQUS/CAE.

(3) Thanh công cụ (Tool bar)

Chứa một số chức năng thường dùng trong menu.

(4) Thanh môi trường (Context bar)

Chứa các module công năng của ABAQUS/CAE, cho phép người sử dụng lựa chọn module hiện hành.

(5) Cây mô hình (Model tree)

Hiển thị trực quan đặc tính các phương diện của mô hình. Sử dụng cây mô hình có thể dễ dàng trao đổi giữa các module công năng, có thể thực hiện hầu hết các công năng của thanh menu và thanh công cụ.

(6) Vùng đồ họa (Viewport)

Hiển thị hình học của mô hình và có thể thực hiện các thao tác trên đó.

(7) Vùng công cụ (Toolbox area)

Chứa các chức năng tương ứng với mỗi một module được lựa chọn, thuận tiện cho người sử dụng.

(8) Vùng thông báo (Prompt area)

Thông báo cho người sử dụng bước tiếp theo nên làm việc gì để dễ dàng đưa ra quyết định

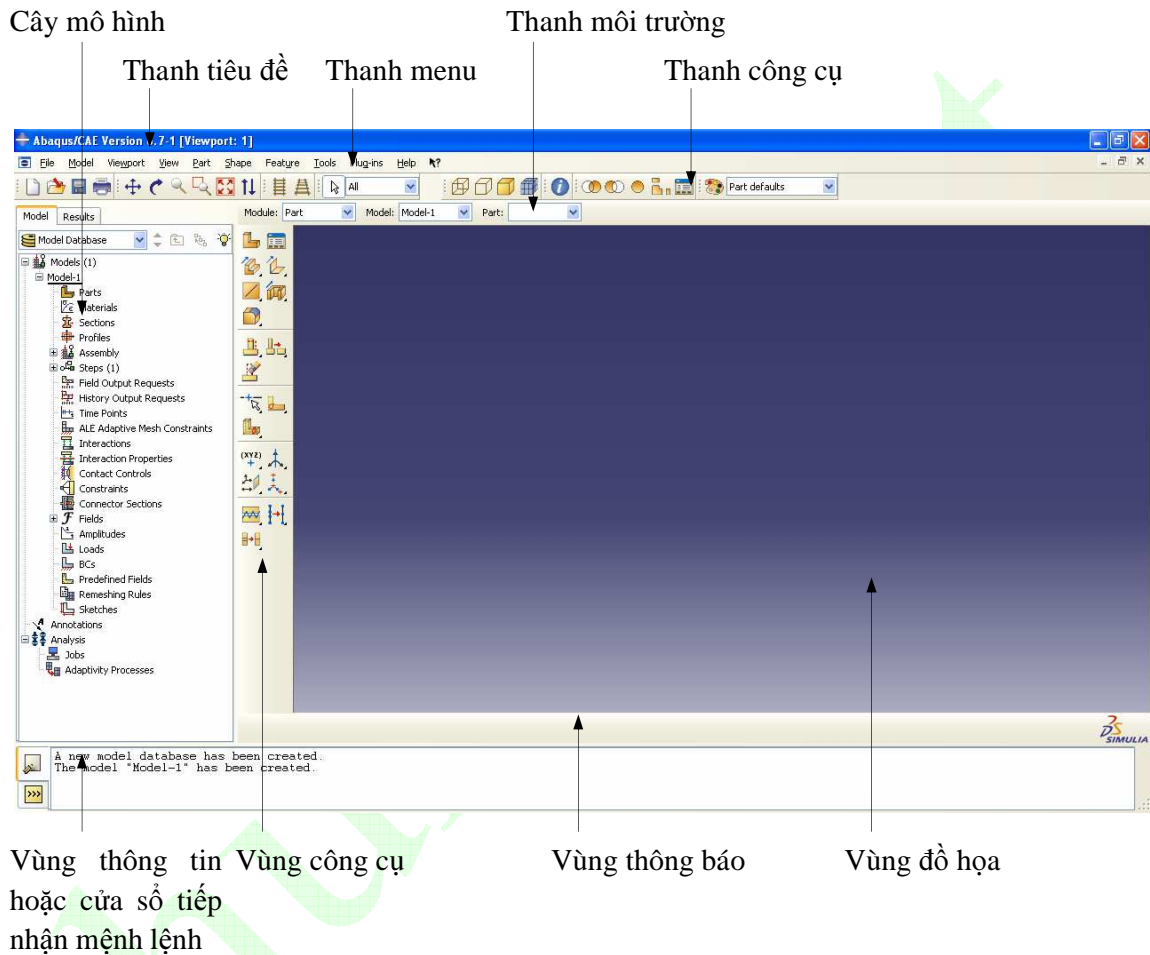
cho bước tiếp theo.

(9) Vùng thông tin (Message area)

Hiển thị thông tin trạng thái và thông tin cảnh báo hiện hành.

(10) Cửa sổ tiếp nhận mệnh lệnh (Command line interface)

Lợi dụng ngôn ngữ Python có trong ABAQUS/CAE, có thể sử dụng cửa sổ tiếp nhận nhập mệnh lệnh Python và biểu đạt thức tính toán số học.



Hình 1. 4 – Giao diện ABAQUS/CAE

Để đọc giả hiểu rõ hơn các bước cơ bản thiết lập mô hình và phân tích bài toán kết cấu trong phần mềm ABAQUS, chúng ta cùng làm một số ví dụ cụ thể dưới đây.

II. Ví dụ

Phân tích ứng suất dầm thép hình

1. Miêu tả vấn đề

Sử dụng phần mềm phân tích phần tử hữu hạn ABAQUS, xác định ứng suất và chuyển vị của dầm thép hình chữ I có chiều dài $L = 6\text{m}$ và chịu tải trọng phân bố đều $q = 3.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.


Kích thước mặt cắt ngang dầm như sau: chiều cao dầm $h = 0.3\text{m}$, chiều dày bản bụng $\delta_b = 0.008\text{m}$, bề rộng bản cánh $b_c = 0.2\text{m}$, chiều dày bản cánh trên và dưới lần lượt là 0.012m và 0.010m . Vật liệu thép có mô đun đàn hồi $E = 2.1 \times 10^{11} \text{N/m}^2$, hệ số Poisson $\mu = 0.3$, cường độ giới hạn $f_y = 3.45 \times 10^8 \text{N/m}^2$.

! Định lượng trong ABAQUS đều không có đơn vị, người sử dụng nên chú ý thống nhất đơn vị, nếu không có thể dẫn đến kết quả tính toán không phù hợp với thực tế. ABAQUS không quản sử dụng hệ đơn vị nào, nhưng cần phải bảo đảm thống nhất quan hệ giữa các đơn vị. Tài liệu này sử dụng đơn vị tiêu chuẩn quốc tế, chiều dài thống nhất sử dụng đơn vị là mét, lực thống nhất sử dụng đơn vị là Niuton, khối lượng thống nhất sử dụng đơn vị là kilogram.

2. Xây dựng mô hình ba chiều

Từ Module trên thanh môi trường, lựa chọn công năng **Part**.

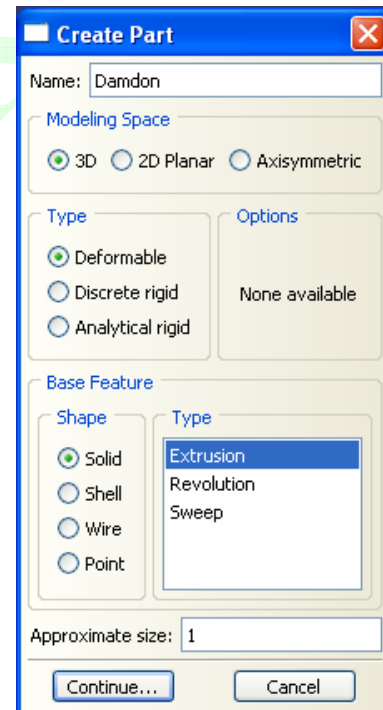
(1) Xây dựng cấu kiện

Trên vùng công cụ nhấn biểu tượng  (**Create Part**) > Xuất hiện cửa sổ Create Part như hình 1.5. Trong cửa sổ này Name: **Damdon**; Modeling Space: **3D**; Type: **Deformable**; Base Feature > Shape: **Solid**; Base Feature > Type: **Extrusion**; Approximate size: **1**; cuối cùng nhấn **Continue...** khởi động giao diện vẽ đồ họa hai chiều.

! Trong tài liệu này quy định như sau: các chữ và số in đậm là nhập từ ngoài vào, các chữ và số in đậm nghiêng là các lựa chọn có sẵn. Tên tiếng Việt các công năng chỉ để tham khảo, tác giả chưa tìm được thuật ngữ tiếng Việt phù hợp, phía dưới nhiều chỗ vẫn giữ nguyên tên tiếng Anh.


! Trong ABAQUS chỉ chấp nhận ngôn ngữ tiếng Anh. Approximate size chỉ là kích thước tổng thể vùng đồ họa, có thể dựa vào kích thước mô hình để định nghĩa, nhưng cần phối hợp nhịp nhàng với nhau.

! Phía dưới các cửa sổ ABAQUS/CAE thường xuất hiện hai nút: Dismiss và Cancel, tác dụng của nó đều là đóng cửa sổ hiện thời. Nhưng có sự khác biệt: nút Dismiss xuất hiện nơi bao hàm chỉ đọc dữ liệu trong cửa sổ, không thể tiến hành chỉnh sửa nội dung trong cửa sổ, còn nút Cancel xuất hiện tại nơi trong cửa sổ có cho phép chỉnh sửa, nhấn nút Cancel không trực tiếp lưu chỉnh sửa khi đóng cửa sổ.



Hình 1.5 – Cửa sổ Create Part

(2) Vẽ hình hai chiều

Sau khi khởi động giao diện vẽ đồ họa hai chiều, nhấn biểu tượng  (**Create Lines: Connected**) trên vùng công cụ, ở vùng thông báo hiển thị “ Pick a starting point for the line – or enter X,Y:” (chọn điểm bắt đầu của đường thẳng hoặc nhập tọa độ X, Y), nhập tọa độ X, Y **(-0.1, 0.15)** ↵ như hình 1.6, màn hình đồ họa xuất hiện điểm bắt đầu của đường thẳng, vùng

thông báo tiếp tục hiển thị “ Pick an end point for the line – or enter X,Y:” (chọn điểm kết thúc của đường thẳng hoặc nhập tọa độ X, Y), nhập tọa độ **(0.1, 0.15)** ↵, trong màn hình đồ họa xuất hiện một đường thẳng liên tục. Vùng thông báo vẫn hiển thị lựa chọn điểm cuối của đường thẳng, lần lượt nhập giá trị các tọa độ cho đến khi hoàn thành mặt cắt ngang dầm chữ I như ở hình 1.7. Nhấn Esc trên bàn phím để kết thúc công cụ thao tác vẽ đường thẳng.




Hình 1. 6 – Cửa sổ nhập tọa độ điểm

Tọa độ các điểm tạo mặt cắt dầm hình chữ I:

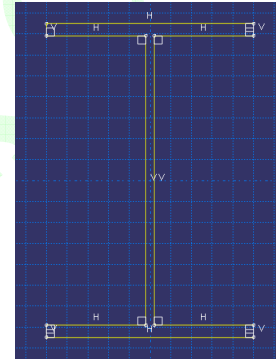
(-0.1,0.15); (0.1,0.15); (0.1,0.138); (0.004,0.138); (0.004,-0.138); (0.1,-0.138); (0.1,-0.15); (-0.1,-0.15); (-0.1,-0.138); (-0.004,-0.138); (-0.004,0.138); (-0.1,0.138); (-0.1,0.15).

! Khi di chuyển con trỏ chuột trong vùng đồ họa, góc trên bên trái vùng đồ họa hiển thị tọa độ vị trí con trỏ chuột hiện tại. Ta có thể vẽ trực tiếp trên vùng đồ họa bằng cách nhấn chuột tại các vị trí có tọa độ mong muốn.



Nhấn  (**Save Model Database**) trên thanh công cụ để lưu mặt cắt vừa thiết lập.

! Trong ABAQUS, nếu người sử dụng chưa xác nhận mệnh lệnh kết thúc, phần mềm có thể tự động thực hiện mệnh lệnh hiện có. Vì vậy người sử dụng sau khi hoàn thành thao tác cần phải xác nhận kết thúc mệnh lệnh.

! ABAQUS/CAE không thể tự động bảo lưu dữ liệu mô hình, vì vậy người sử dụng nên có thói quen nhấn nút Save sau khoảng thời gian nhất định. Từ đây trở đi chúng tôi sẽ không nhắc lại thao tác này.



Hình 1. 7 – Mặt cắt ngang dầm chữ I

Khi một thao tác nào đó bị sai, có thể nhấn biểu tượng  (**Undo/Redo Last Action**) trên vùng công cụ để khôi phục đến bước thao tác trước. Còn khi sai khá nhiều, có thể sử dụng công cụ  (**Delete**).

(3) *Tạo mô hình ba chiều*

Sau khi hoàn thành vẽ mặt cắt dầm hình chữ I, vùng thông báo hiển thị như hình 1.8, nhấn nút **Done** xuất hiện cửa sổ Edit Base Extrusion như hình 1.9. Depth: **6**, sau đó nhấn **OK** để xác nhận và thoát khỏi cửa sổ. Mô hình dầm chữ I sau khi hoàn thành cho ở hình 1.10.



Hình 1. 8 – Xác nhận có tiếp tục hay không

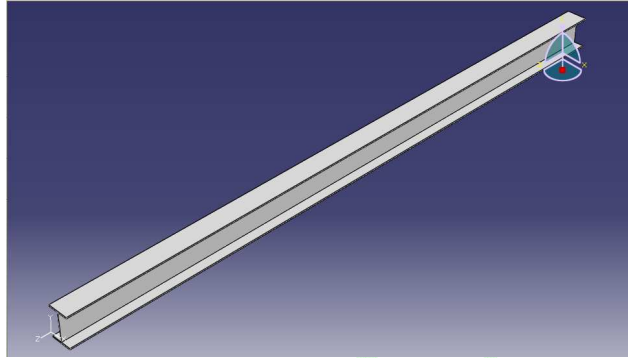
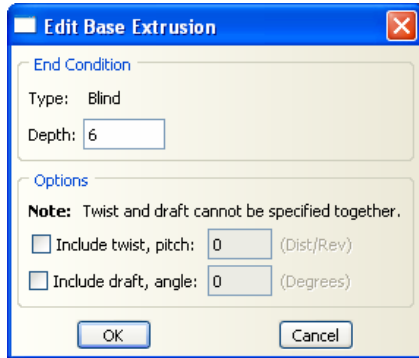
3. Định nghĩa vật liệu và thuộc tính mặt cắt

Từ Module trên thanh môi trường, lựa chọn công năng **Property**.

(1) *Định nghĩa vật liệu*

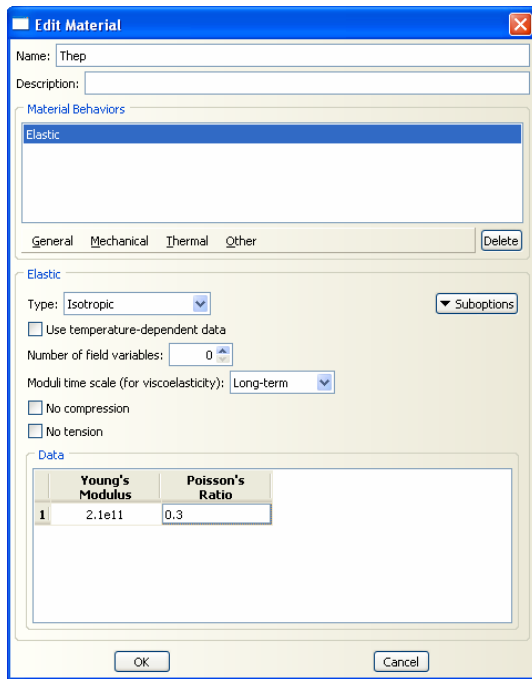
Trên vùng công cụ nhấn biểu tượng  (**Create Material**) > Xuất hiện cửa sổ Edit Material

như hình 1.11. Name: **Thep**; Nhấn lựa chọn **Mechanical > Elasticity > Elastic**, trong cửa sổ Data nhập giá trị Young's Modulus: **2.1e11**, Poisson's Ratio: **0.3** như biểu thị ở hình 1.11(a); tiếp tục lựa chọn **Mechanical > Plasticity > Plastic**, trong cửa sổ Data nhập giá trị Yield Stress: **3.45e8**, Plastic strain: **0**, như biểu thị ở hình 1.11(b), sau đó nhấn **OK** để xác nhận và đóng cửa sổ.

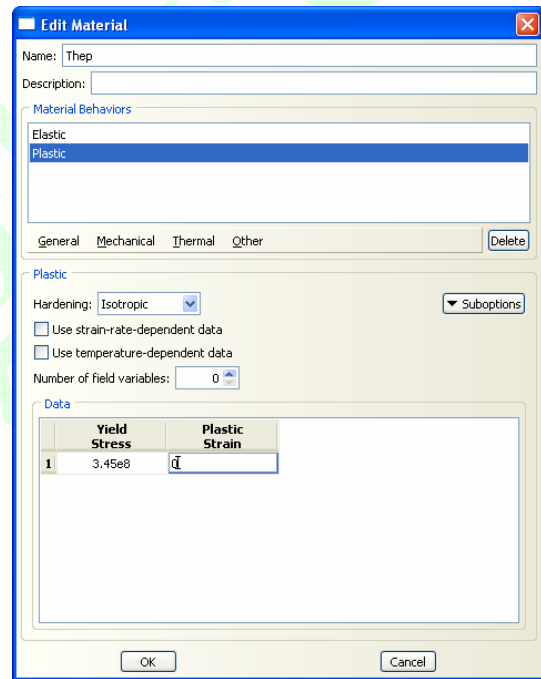


Hình 1. 9 – Cửa sổ Edit Base Extrusion

Hình 1. 10 – Mô hình ba chiều dầm thép hình




(a)

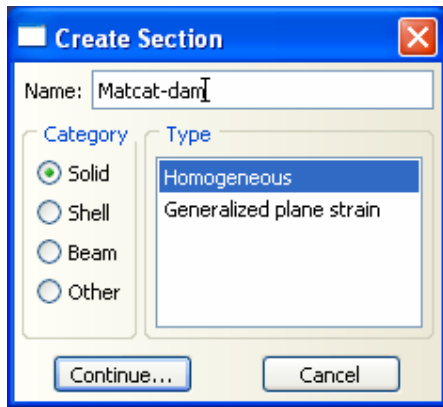


(b)

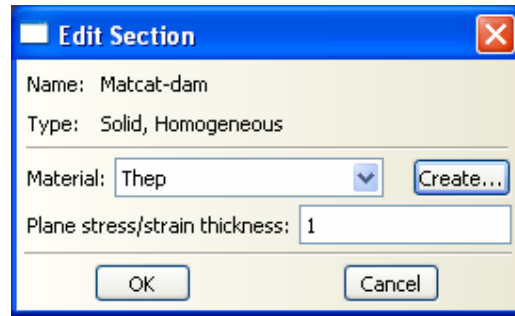
Hình 1. 11 – Cửa sổ Edit Material

(2) Định nghĩa thuộc tính mặt cắt

Nhấn biểu tượng  (**Create Section**) trên vùng công cụ > xuất hiện cửa sổ Create Section như hình 1.12. Name: **Matcat-dam**, Category: **Solid**, Type: **Homogeneous**, nhấn **Continue...** xuất hiện cửa sổ Edit Section như hình 1.13, lựa chọn mặc định sau đó nhấn **OK** để đóng cửa sổ, hoàn thành định nghĩa thuộc tính mặt cắt.




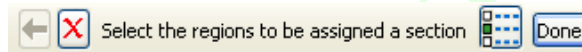
Hình 1. 12 – Cửa sổ Create Section



Hình 1. 13 – Cửa sổ Edit Section

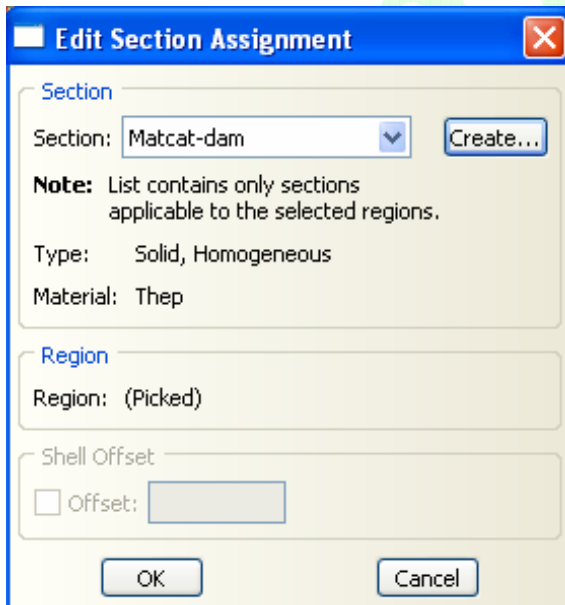
(3) Gán thuộc tính mặt cắt cho cấu kiện

Nhấn biểu tượng  (*Assign Section*) trên vùng công cụ, vùng thông báo hiển thị như hình 1.14, nhấn lựa chọn mô hình dầm trong vùng đồ họa, nhấn nút **Done**, xuất hiện cửa sổ Edit Section Assignment như hình 1.15, lựa chọn mặc định, sau đó nhấn **OK** để thoát khỏi cửa sổ, hoàn thành định nghĩa thuộc tính mặt cắt Damdon.

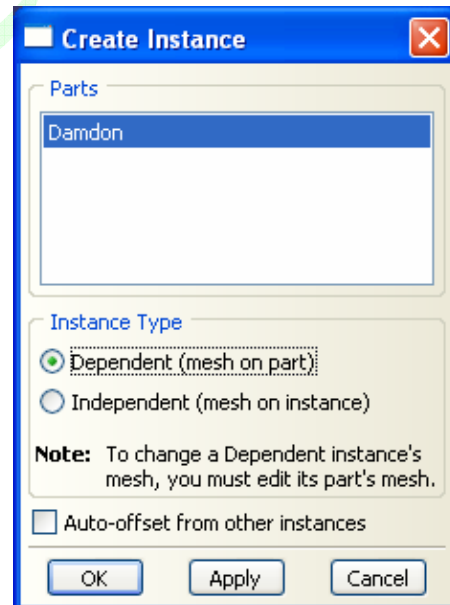


Hình 1. 14 Lựa chọn đối tượng gán mặt cắt

! ABAQUS/CAE không có khả năng lấy thuộc tính vật liệu trực tiếp gán cho mô hình, mà là đầu tiên định nghĩa mặt cắt của mô hình, mang thuộc tính vật liệu định nghĩa trên mặt cắt. Thông qua định nghĩa thuộc tính mặt cắt của cấu kiện, hoàn thành định nghĩa thuộc tính vật liệu của cấu kiện, vấn đề này không giống với các phần mềm phần tử hữu hạn khác.




Hình 1. 15 Cửa sổ Edit Section Assignment



Hình 1. 16 Cửa sổ Create Instance


4. Định nghĩa lắp ghép cấu kiện

Từ Module trên thanh môi trường, lựa chọn công năng *Assembly*.

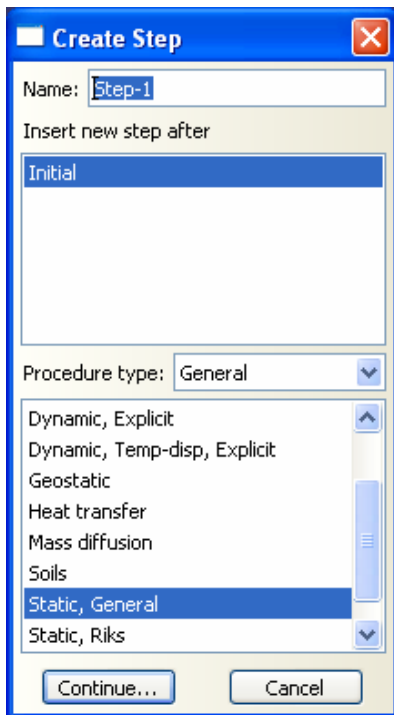
Nhấn biểu tượng  (**Instance Part**) trên vùng công cụ, màn hình đồ họa hiển thị mô hình ba chiều của cấu kiện, đồng thời xuất hiện cửa sổ Create Instance như hình vẽ 1.16, chấp nhận các mặc định trong cửa sổ sau đó nhấn **OK** để thoát khỏi cửa sổ, hoàn thành định nghĩa lắp ghép cấu kiện.

5. Thiết lập bước phân tích

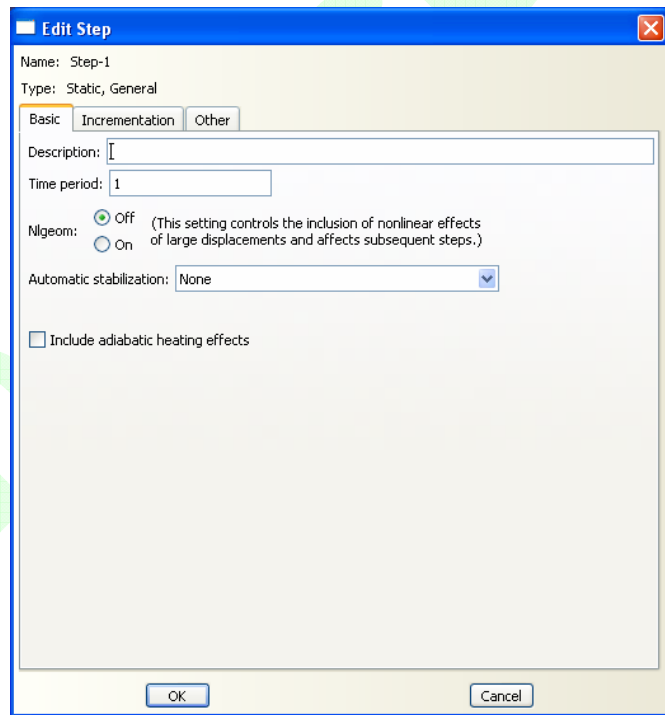
Từ Module trên thanh môi trường, lựa chọn công năng **Step**.

Nhấn biểu tượng  (**Create Step**) trên vùng công cụ, xuất hiện cửa sổ Create Step như hình vẽ 1.17. Name: **Step-1**; Procedure type: **General**, cửa sổ bên dưới lựa chọn **Static, General**, nhấn **Continue...** tiếp tục xuất hiện cửa sổ Edit Step như hình vẽ 1.18, chấp nhận các mặc định, nhấn **OK** để thoát khỏi cửa sổ, hoàn thành định nghĩa bước phân tích mô hình.

! ABAQUS/CAE có thể tự động xây dựng một bước phân tích ban đầu Initial step, người sử dụng có thể gán điều kiện biên ban đầu trong bước này. Người sử dụng vẫn cần phải tự xây dựng một bước phân tích tiếp theo, gán tải trọng trong các bước phân tích tiếp theo.



Hình 1. 17 Cửa sổ Create Step




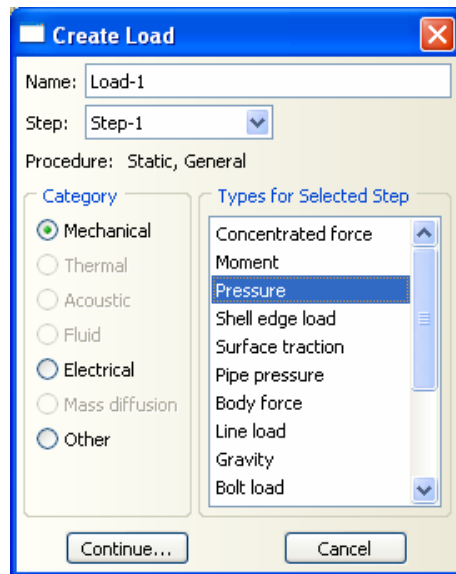
Hình 1. 18 Cửa sổ Edit Step

6. Định nghĩa tải trọng và điều kiện biên

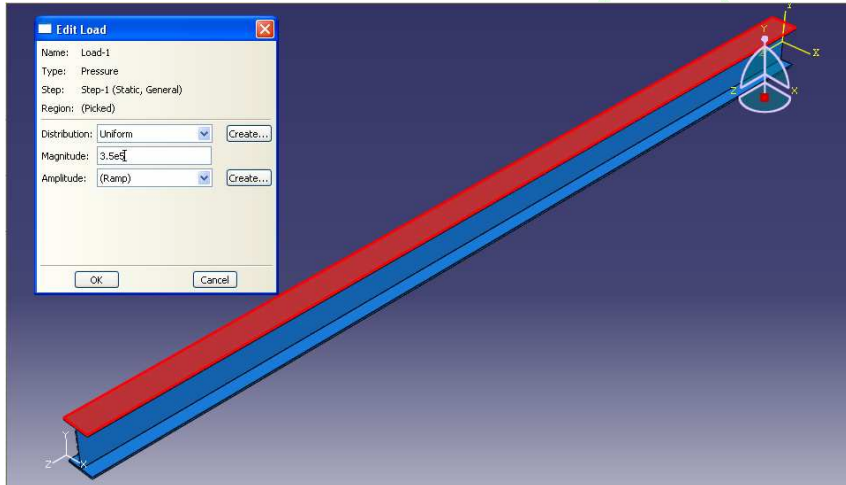
Từ Module trên thanh môi trường, lựa chọn công năng **Load** để tiến hành định nghĩa tải trọng và điều kiện biên.

(1) Gán tải trọng

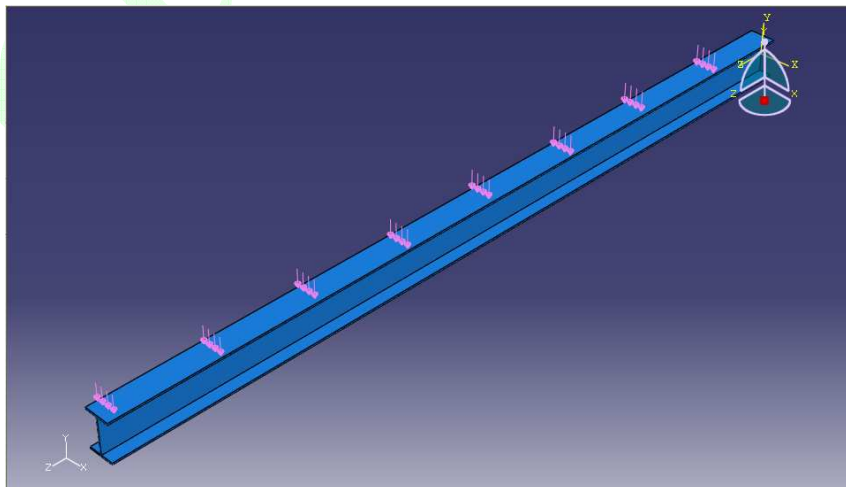
Nhấn biểu tượng  (Create Load) trên vùng công cụ, xuất hiện cửa sổ Create Load như hình vẽ 1.19. Name: **Load-1**; Step: **Step-1**; Category: **Mechanical**; Types for Selected Step (loại hình tải trọng của bước phân tích lựa chọn): **Pressure**, nhấn **Continue...**, vùng thông báo hiển thị “Select surfaces for the load” (lựa chọn mặt để gán tải trọng), lựa chọn mặt trên của bản cánh trên, xuất hiện cửa sổ Edit load như hình vẽ 1.20, Distribution: **Uniform**; Magnitude: **$3.5e5$** , các giá trị khác nhận mặc định, nhấn **OK** để thoát khỏi cửa sổ, hoàn thành định nghĩa tải trọng trên dầm thép hình, mô hình như hình vẽ 1.21.



Hình 1. 19 Cửa sổ Create Load




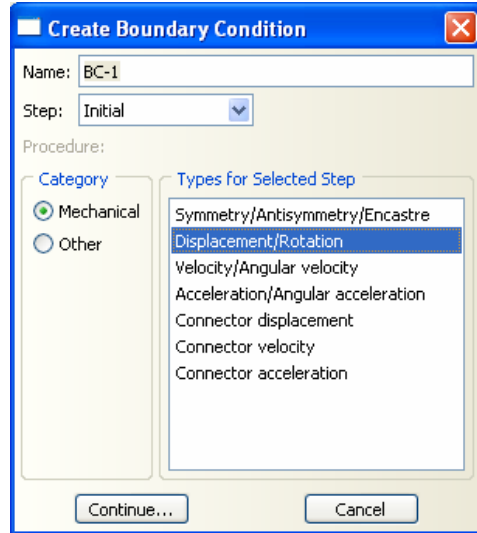
Hình 1. 20 Hiện thị vị trí gán tải trọng trên mô hình và cửa sổ gán giá trị tải trọng



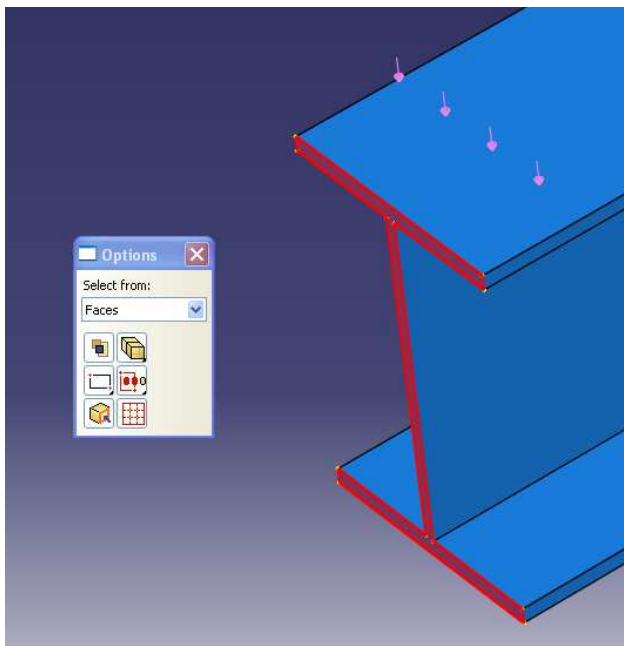
Hình 1. 21 Tải trọng phân bố gán trên mô hình

(2) Định nghĩa điều kiện biên

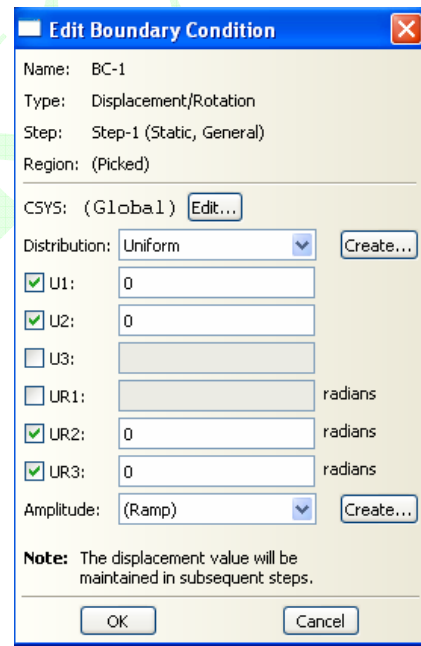
Nhấn biểu tượng  (**Create Boundary Condition**) trên vùng công cụ, xuất hiện cửa sổ Create Boundary Condition như hình vẽ 1.22. Name: **BC-1**; Step: **Initial**; Category: **Mechanical**; Types for Selected Step: **Displacement/Rotation**, nhấn **Continue...**, vùng thông báo hiển thị “Select regions for the boundary condition” (lựa chọn miền gán điều kiện biên), lựa chọn mặt đầu dầm như hình vẽ 1.23, sau đó nhấn **Done**, xuất hiện cửa sổ Edit Boundary Condition như hình 1.24, lựa chọn các ràng buộc chuyển vị thẳng $U1=U2=0$, chuyển vị xoay $UR2=UR3=0$, sau đó nhấn **OK** hoàn thành định nghĩa điều kiện biên một đầu dầm.



Hình 1. 22 Create Boundary Condition



Hình 1. 23 Lựa chọn mặt đầu dầm



Hình 1. 24 Edit Boundary Condition

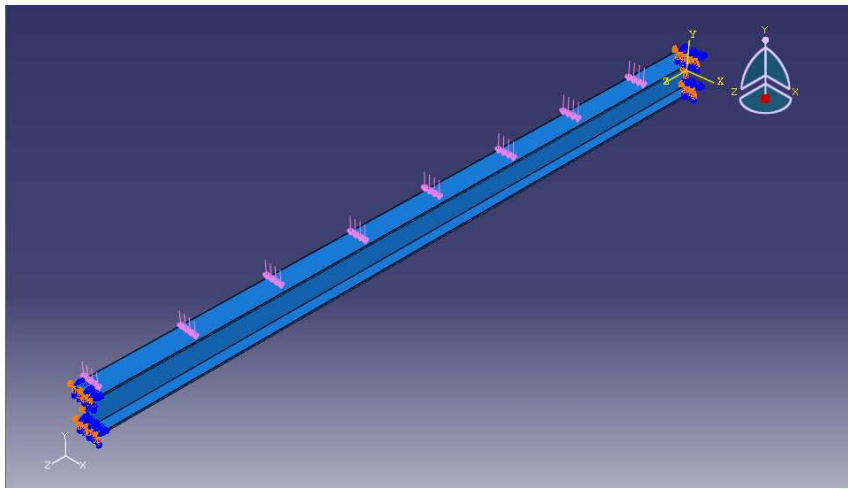
Tương tự gán điều kiện biên cho đầu dầm còn lại cũng với $U1=U2=UR1=UR2=0$. Mô hình sau khi gán điều kiện biên cho ở hình 1.25.

7. Phân chia mạng lưới

Từ Module trên thanh môi trường, lựa chọn công năng **Mesh** để tiến hành phân chia mạng lưới mô hình. Từ hạng mục Object trên thanh môi trường, lựa chọn **Part: Damdon** như hình vẽ 1.26.



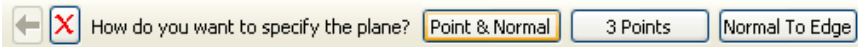
Hình 1. 25 Định nghĩa đối tượng phân chia mạng lưới



Hình 1. 26 Gán ràng buộc hai đầu dầm

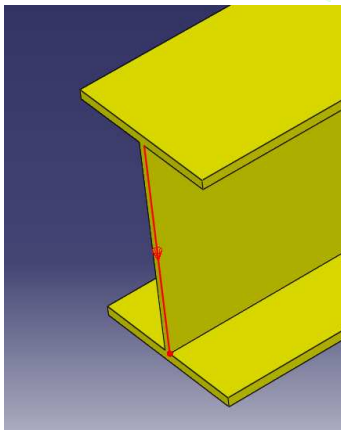
(1) Phân tách chi tiết

Phân tách bản cánh dưới và bản bụng: nhấn biểu tượng (**Partition Cell: Define Cutting Plane**) trên vùng công cụ, vùng thông báo hiển thị như hình vẽ 1.27, lựa chọn phương pháp **Point&Normal**, nhấn lựa chọn điểm giao giữa bản cánh dưới và bản bụng, vùng thông báo lại hiển thị “select a normal direction”, lựa chọn đường thẳng đứng của bản bụng như hình vẽ 1.28.

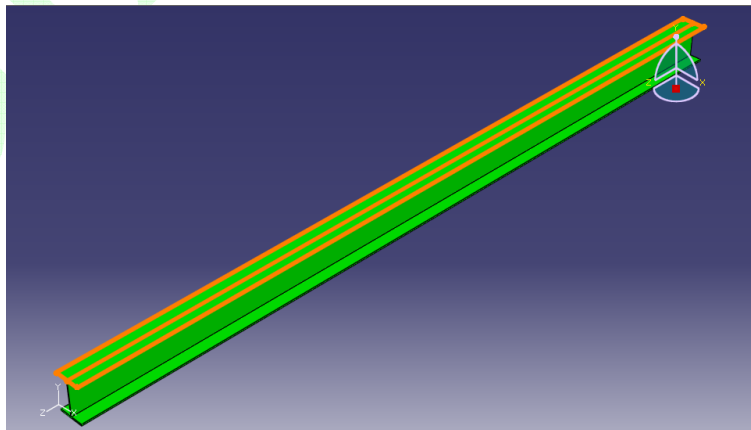


Hình 1. 27 Lựa chọn phương pháp phân tách

Tiếp tục phân tách bản cánh trên và bản bụng: tương tự như trên, lựa chọn điểm giao giữa bản cánh trên và bản bụng và đường thẳng đứng của bản bụng, kết thúc quá trình phân tách mô hình dầm thép như hình vẽ 1.29.



Hình 1. 28 Giao điểm mặt phân tách và phương hướng

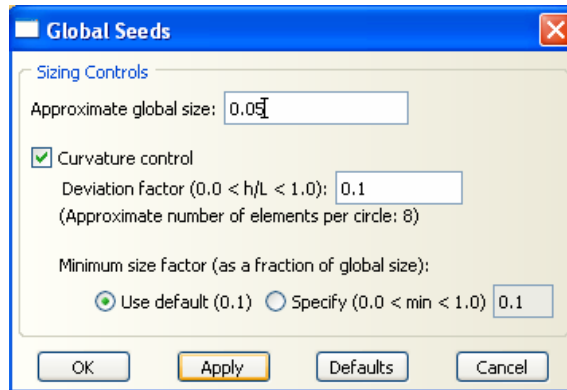


Hình 1. 29 Dầm thép hình sau khi phân tách bản cánh trên với bản bụng

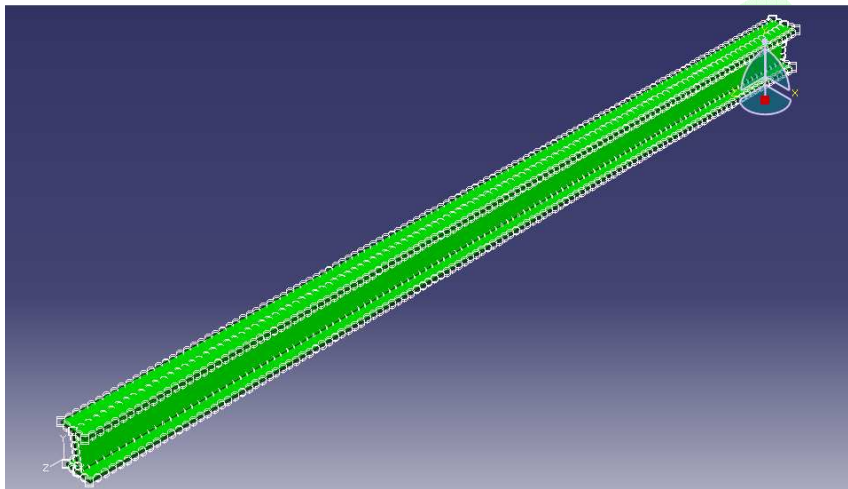
(2) Bố trí mạng lưới hạt giống

Nhấn biểu tượng (**Seed Part**) trên vùng công cụ, xuất hiện cửa sổ Global Seeds như hình vẽ 1.30, Approximate global size: **0.05**, còn lại nhận giá trị mặc định, nhấn **Apply**, xuất hiện

như hình vẽ 1.31, sau đó nhấn **OK**.




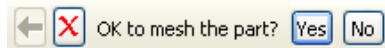
Hình 1. 30 Cửa sổ Global Seeds



Hình 1. 31 Phân chia trên biên

(3) Phân chia mạng lưới

Nhấn biểu tượng  (**Mesh Part**) trên vùng công cụ, vùng thông báo hiển thị như hình vẽ 1.32, nhấn **Yes**, dựa vào định nghĩa ở trên tự động phân chia, mô hình phần tử hữu hạn đảm thép hình được cho ở hình vẽ 1.33.

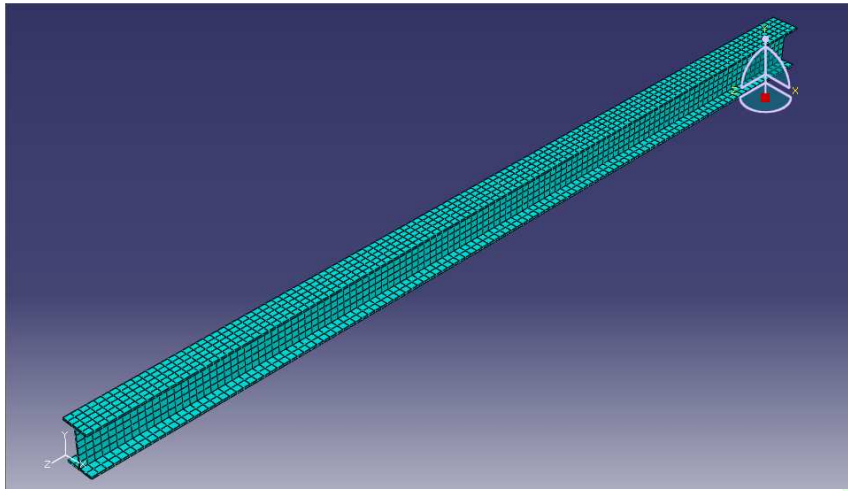


Hình 1. 32 Chấp nhận phân chia mạng lưới hay không

! Về phương diện xử lý số liệu của ABAQUS/CAE với các phần mềm phần tử hữu hạn khác có ưu điểm: thuộc tính vật liệu của mô hình, tác dụng tương hỗ giữa các chi tiết, tải trọng, điều kiện biên...đều có thể định nghĩa trực tiếp trên mô hình hình học, không bắt buộc định nghĩa trực tiếp trên phần tử và điểm nút, khi phân chia lại mạng lưới, các tham số này đều không cần phải định nghĩa lại.


8. Công tác phân tích

Từ Module trên thanh môi trường, lựa chọn công năng **Job** để tiến hành giao công việc phân tích.

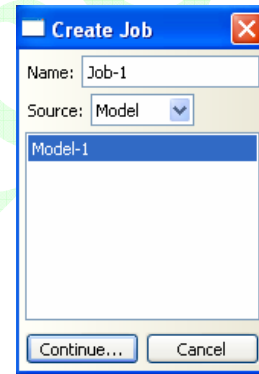


Hình 1.33 Mạng lưới phần tử hữu hạn thanh thép hình

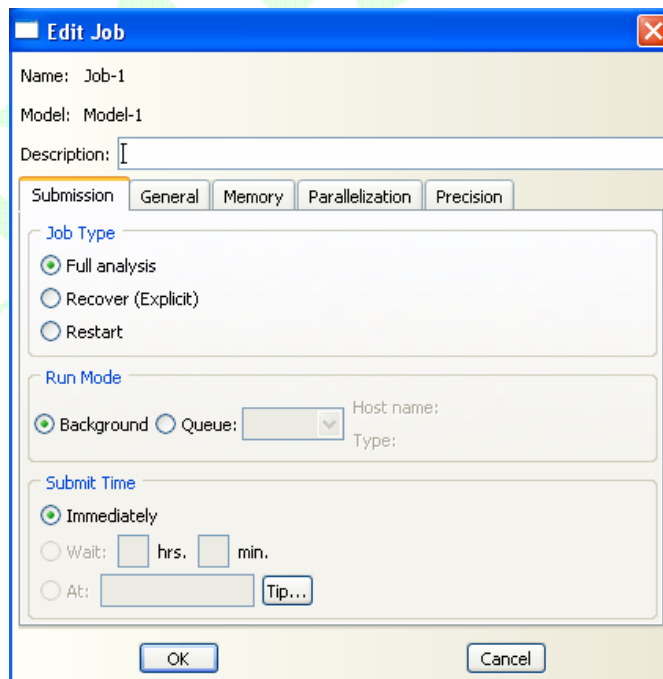
(1) Định nghĩa công tác phân tích

Nhấn biểu tượng  (**Create Job**) trên vùng công cụ, xuất hiện cửa sổ Create Job như hình vẽ 1.34, Name: **Job-1**, nhấn **Continue...** xuất hiện cửa sổ Edit Job như hình vẽ 1.35, chấp nhận giá trị mặc định, nhấn **OK** để thoát khỏi cửa sổ, hoàn thành định nghĩa công tác phân tích mô hình.

! Trong cửa sổ Create Job, không những có thể đối với file CAE thiết lập công tác phân tích, vẫn có thể đối với file Inp thiết lập công tác phân tích, cụ thể có thể xem ở những phần sau.

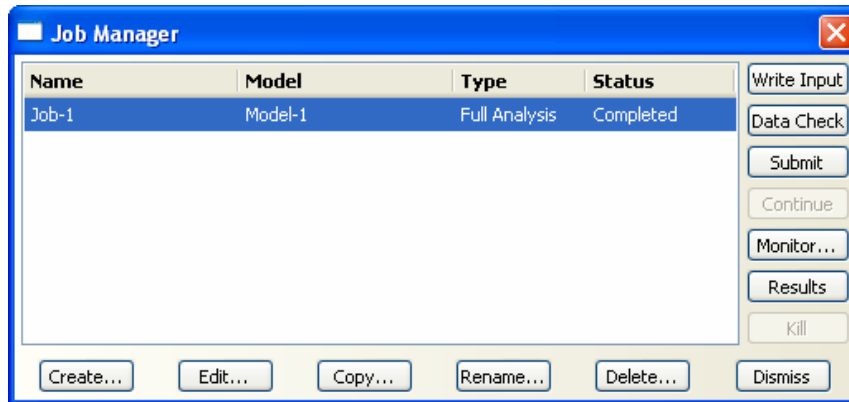


Hình 1.34 Cửa sổ Create Job



Hình 1.35 Cửa sổ Edit Job

(2) Giao việc phân tích




Hình 1. 36 Cửa sổ Job Manager

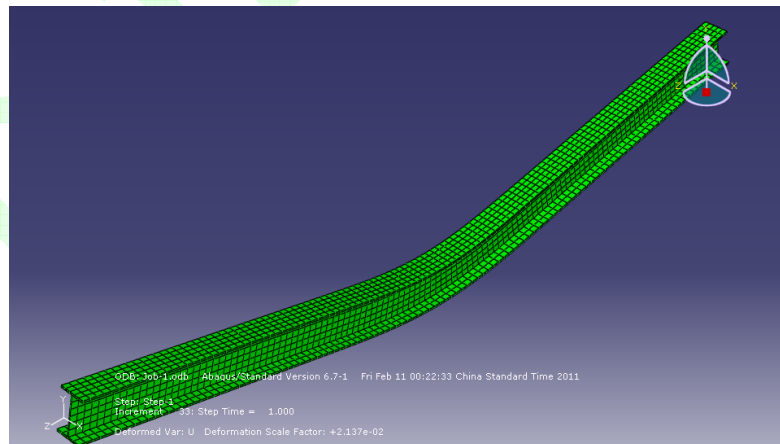
Từ menu **Job** trên thanh Menu, lựa chọn **Manager...**, xuất hiện cửa sổ Job Manager như hình 1.36. Nhấn **Submit** có thể thấy dưới Status trong cửa sổ lần lượt chuyển qua các giai đoạn Submitted (giao việc phân tích), Running (quá trình phân tích) cuối cùng là Completed (hoàn thành phân tích). Nhấn **Results** (phân tích kết quả) tự động chuyển sang module Visualization.

! Nếu Status thông báo Aborted (phân tích thất bại), tức là có xuất hiện lỗi trong quá trình phân tích mô hình, dẫn đến phân tích bị dừng lại. Đây có khả năng là do nguyên nhân thiết lập mô hình, cũng có thể là nguyên nhân khác, lúc này có thể nhấn Monitor... trong cửa sổ hình 1.26 để kiểm tra thông tin lỗi, tìm ra nguyên nhân gây ra lỗi. Trong quá trình phân tích tồn tại Warning (cảnh báo), song không có nghĩa là mô hình tồn tại lỗi.

9. Xử lý kết quả


(1) *Hiển thị biến hình*

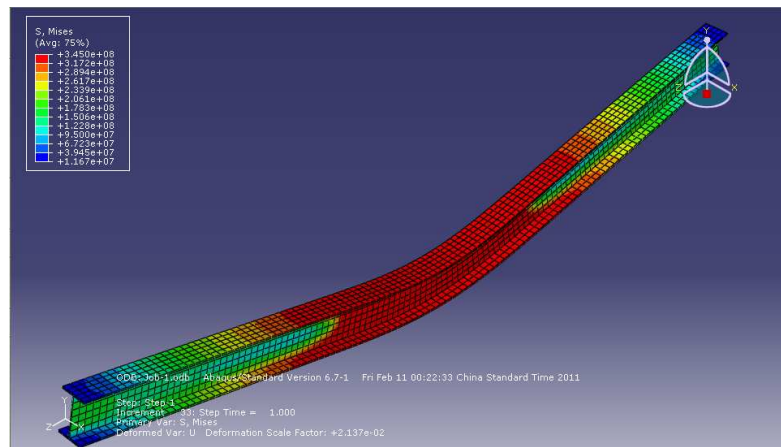
Nhấn biểu tượng  (**Plot Deformed Shape**) trên vùng công cụ, trên vùng đồ họa hiển thị mô hình phần tử hữu hạn dầm thép hình sau khi biến hình như hình 1.37.



Hình 1. 37 Mô hình phần tử hữu hạn dầm thép hình sau khi biến hình

(2) *Hiển thị phổ ứng suất*


Nhấn biểu tượng  (**Plot Contours on Deformed Shape**) trên vùng công cụ, trên vùng đồ họa hiển thị phổ ứng suất Mises dầm thép hình khi kết thúc một bước phân tích như hình 1.38.



Hình 1. 38 Phổ ứng suất Mises dầm thép hình

! Ngoài hai kết quả cơ bản ở trên, ABAQUS/CAE vẫn có thể xuất nhiều loại kết quả theo yêu cầu của người sử dụng. Vấn đề này sẽ được bổ sung trong các phần tiếp theo. Tuy nhiên công năng xử lý kết quả của ABAQUS/CAE vẫn không thể hoàn toàn thỏa mãn các yêu cầu của người sử dụng. Vì vậy người sử dụng có thể dựa vào yêu cầu của mình, lựa chọn phần mềm xử lý số liệu thích hợp với xử lý file số liệu xuất ra từ tính toán ABAQUS.

10. Thoát khỏi ABAQUS

Sau khi phân tích xử lý kết quả, quá trình phân tích dầm thép hình chữ I đã hoàn thành. Trước khi thoát cần lưu mô hình hiện có, sau đó nhấn nút  (**Exit**) ở góc trên bên phải màn hình hoặc lựa chọn **File > Exit** trong thanh menu chính để thoát khỏi ABAQUS/CAE.

Phân tích ứng suất bản thép phẳng có lỗ

1. Miêu tả vấn đề

Có một bản phẳng chịu kéo, ở tại vị trí trung tâm có một lỗ tròn nhỏ có đường kính là 10mm. Bản phẳng hình vuông có kích thước 100×100×10mm. Lực kéo phân bố đều tại hai cạnh là $p = 100\text{MPa}$. Vật liệu thép có mô đun đàn hồi $E = 210000\text{MPa}$, hệ số Poisson $\mu = 0.3$. Yêu cầu phân tích ứng suất Mises tại nơi tập trung ứng suất quanh lỗ tròn nhỏ.

2. Xây dựng mô hình