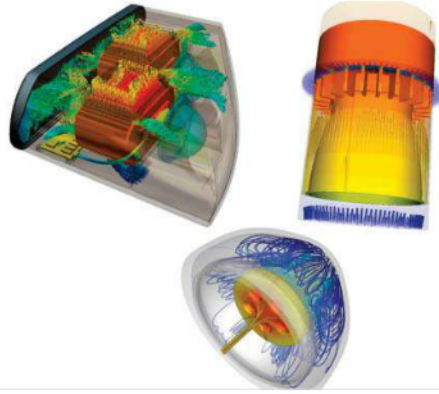
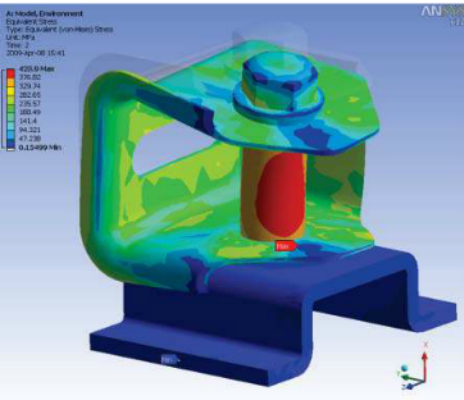




ISO 9001:2000

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

TS. ĐỖ THÀNH TRUNG



GIÁO TRÌNH

# ANSYS - PHÂN TÍCH ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG



NHÀ XUẤT BẢN  
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH



**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT  
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

\*\*\*\*\*

**TS. ĐỖ THÀNH TRUNG**

**GIÁO TRÌNH  
ANSYS - PHÂN TÍCH  
ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG**

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA  
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



# LỜI NÓI ĐẦU

Trong lĩnh vực khoa học kỹ thuật, vấn đề đặt ra cho các kỹ sư thiết kế là phải làm như thế nào để công việc thiết kế trở nên chính xác và chi phí là thấp nhất. Hay sau khi thiết kế, phải kiểm tra, thử nghiệm và chế tạo như thế nào để mang lại hiệu quả kinh tế cao và thỏa mãn những điều kiện kỹ thuật. Tất cả những vấn đề đó đã dẫn con người đến việc nghiên cứu và tạo ra một số công cụ để giải quyết hữu hiệu bài toán mà thiết kế và kiểm nghiệm đặt ra. Trong đó, phần mềm ANSYS 12 cho phép chúng ta giải quyết một cách nhanh chóng và chính xác những vấn đề phức tạp đó. Tuy nhiên, ANSYS 12 chưa được sử dụng phổ biến và đang cần tìm hiểu về khả năng ứng dụng để giải các bài toán cơ học, tìm ứng suất và biến dạng của các chi tiết máy và hệ thống máy.

Ngoài ra, môn học Thiết kế và mô phỏng máy là một môn học cơ sở của ngành Cơ khí Chế tạo máy trong chương trình đào tạo Thạc sĩ của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh. Mục tiêu của môn học là nhằm giúp cho học viên có khả năng thiết kế, mô phỏng chi tiết, cụm, bộ phận máy và máy, quản lý cơ sở dữ liệu thiết kế, phân tích và đánh giá kết quả thiết kế và mô phỏng. Để thực hiện được các công việc trên, đòi hỏi học viên phải vận dụng các kiến thức cơ sở ngành, kết hợp với các phương pháp tính và sử dụng thành thạo các phần mềm mô phỏng như : AutoCAD, ANSYS, CATIA, ...

Với những mục đích như trên, tác giả đã biên soạn cuốn sách này với sự giúp đỡ nhiệt tình của KS. Nguyễn Tuấn Anh, ThS. Đinh Hữu Hạnh và các đồng nghiệp – Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP HCM, nhằm dùng làm tài liệu học tập cho sinh viên Đại học và học viên Cao học thuộc nhóm ngành Kỹ thuật nói chung và ngành Cơ khí Chế tạo máy nói riêng. Tuy nhiên, cuốn sách này chủ yếu dành cho đối tượng mới làm quen với ANSYS nên chỉ dừng ở mức cơ bản và giải các bài toán không quá phức tạp.

Trong quá trình biên soạn, cuốn sách này không thể tránh khỏi những thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được sự góp ý của người đọc để các phiên bản sau được hoàn thiện hơn. Mọi góp ý xin vui lòng gửi về địa chỉ mail: trungdt@hcmute.edu.vn.

*Tác giả, TS. Đỗ Thành Trung*

**Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP HCM**





# MỤC LỤC

<b>LỜI NÓI ĐẦU</b>	3
<b>MỤC LỤC</b>	5
<b>Chương 1: TỔNG QUAN</b>	7
1.1. GIỚI THIỆU PHẦN MỀM ANSYS	7
1.1.1. Giới thiệu chung	7
1.1.2. Cách cài đặt ANSYS 12	8
1.1.3. Khởi động ANSYS 12	10
1.1.4. Giao diện ANSYS 12	10
1.2. GIỚI THIỆU BÀI TOÁN CƠ HỌC	11
<b>Chương 2: TRÌNH TỰ PHÂN TÍCH</b>	15
2.1. BÀI TOÁN TỔNG QUÁT	15
2.2. BÀI TOÁN TĨNH	16
2.3. PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DAO ĐỘNG RIÊNG	28
2.4. PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DAO ĐỘNG RIÊNG KẾT HỢP	31
<b>Chương 3: PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DẦM - LINE BODIES</b>	37
3.1. BÀI TOÁN 3.1	37
3.2. BÀI TOÁN 3.2 – LINE BODIES	42
3.3. BÀI TOÁN 3.3 – DẦM CHỮ I (LINE BODIES)	59
<b>Chương 4: PHÂN TÍCH BÀI TOÁN HỆ THANH GIÀN – LINE BODIES</b>	69
4.1. BÀI TOÁN 4.1	69
4.2. BÀI TOÁN 4.2	78
<b>Chương 5: PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DẦM 2D – SURFACE BODIES</b>	89
<b>Chương 6: PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DẠNG ĐĨA, TẤM 2D – SURFACE BODIES</b>	99



6.1. BÀI TOÁN 6.1: CHI TIẾT DẠNG ĐĨA (SURFACE BODIES)	99
6.2. BÀI TOÁN 6.2: CHI TIẾT DẠNG TẮM (SURFACE BODIES)	110
<b>Chương 7: PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DẠNG KHỐI 3D – SOLID</b>	117
<b>Chương 8: PHÂN TÍCH BÀI TOÁN COMPOSITE 3D – SOLID</b>	123
8.1. BÀI TOÁN 8.1	123
8.2. BÀI TOÁN 8.2	131
<b>Chương 9: PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DAO ĐỘNG</b>	139
9.1. BÀI TOÁN 9.1	139
9.2. BÀI TOÁN 9.2	146
<b>Chương 10: PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DAO ĐỘNG MỞ RỘNG</b>	153
10.1. BÀI TOÁN 10.1	153
10.2. BÀI TOÁN 10.2	160
<b>Chương 11: PHÂN TÍCH BÀI TOÁN ỔN ĐỊNH</b>	169
11.1. BÀI TOÁN 11.1	169
11.2. BÀI TOÁN 11.2	177
11.3. BÀI TOÁN 11.3	186
11.4. BÀI TOÁN 11.4	192
<b>Chương 12: PHÂN TÍCH CHI TIẾT ĐÒN TREO TRÊN</b>	199

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**



# Chương 1

## TỔNG QUAN

### 1.1. GIỚI THIỆU PHẦN MỀM ANSYS

#### 1.1.1. Giới thiệu chung

ANSYS được lập ra từ năm 1970, do nhóm nghiên cứu của *Dr. John Swanson*, hệ thống tính toán *Swanson (Swanson Analysis System)* tại Mỹ, là một gói phần mềm dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích các bài toán vật lý cơ học, chuyển các phương trình vi phân phương trình đạo hàm riêng từ dạng giải tích về dạng số với việc sử dụng phương pháp rời rạc hóa và gần đúng để giải và mô phỏng ứng xử của một hệ vật lý khi chịu tác động của các loại tải trọng khác nhau.

Nhờ ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn, các bài toán kỹ thuật về cơ, nhiệt thủy khí, điện từ sau khi mô hình hóa và xây dựng mô hình toán học cho phép giải chúng với các điều kiện biên cụ thể với số bậc tự do lớn.

Trong bài toán kết cấu (structural), phần mềm ANSYS nói chung dùng để xác định trường chuyển vị, biến dạng, ứng suất và các phản lực. Phân tích kết cấu gồm phân tích tĩnh, phân tích động và một số phân tích kết cấu khác như phân tích phổ, phân tích dao động riêng, mất ổn định,...

Như vậy tác dụng của ANSYS là để tính toán kiểm tra độ bền, ứng suất, biến dạng, dao động, nhiệt, tối ưu hóa kết cấu... Nếu đã có kết cấu, có thể sử dụng ANSYS để kiểm tra kết cấu có bền hay không, nếu chưa đủ bền thì nguyên nhân là ở đâu và từ đó tìm ra cách khắc phục kịp thời, hoặc nếu có sai hỏng thì cũng biết được lý do tại sao. Nếu chưa có kết cấu thì có thể dùng ANSYS để nghiên cứu và tìm ra phương án tối ưu cho kết cấu, tránh được những sai sót gây ra thiệt hại. Vì ý nghĩa rất lớn nên ANSYS được dùng nhiều trong các cơ quan nghiên cứu, thiết kế cơ khí và cơ học.

ANSYS là một phần mềm mạnh và để giải các bài toán với số phần tử lớn thì đòi hỏi cấu hình máy cao. Để sử dụng phần mềm ANSYS 12 thì cấu hình máy tính nên sử dụng là bộ xử lý Pentium hay Itanium với ít nhất 512 MB of RAM (1 GB với bộ xử lý Itanium) 950 MB trống trong ổ cứng, ổ CD ROM, hệ điều hành Window XP 64 bit, Window XP 32 bit hay Window 2000 và màn hình 17" trở lên với độ phân giải khi sử dụng ít nhất là 1024x768 Medium color (16 bit).

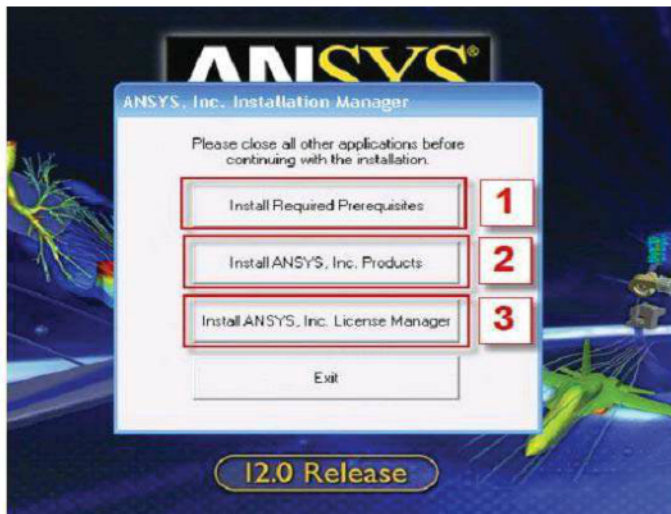


*ANSYS có những tính năng nổi bật như sau:*

- + Khả năng đồ họa mạnh mẽ giúp cho việc mô hình cấu trúc rất nhanh và chính xác, cũng như truyền dẫn những mô hình CAD.
- + Giải được nhiều loại bài toán như: tính toán chi tiết máy, cấu trúc công trình, điện, điện tử, điện từ, nhiệt, lưu chất...
- + Thư viện phần tử lớn, có thể thêm phần tử, loại bỏ hoặc thay đổi độ cứng phần tử trong mô hình tính toán.
- + Đa dạng về tải trọng: tải tập trung, phân bố, nhiệt, vận tốc góc...
- + Phần xử lý kết quả cao cấp cho phép vẽ các đồ thị, tính toán tối ưu...
- + Có khả năng nghiên cứu những đáp ứng vật lý như: trường ứng suất, trường nhiệt độ, ảnh hưởng của trường điện từ.
- + Giảm chi phí sản xuất vì có thể tính toán thử nghiệm.
- + Tạo những mẫu kiểm tra cho môi trường có điều kiện làm việc khó khăn.
- + Hệ thống *Menu* có tính trực giác giúp người sử dụng có thể định hướng xuyên suốt chương trình *ANSYS*.

### 1.1.2. Cách cài đặt ANSYS 12

Tiến hành chạy file setup.exe, xuất hiện cửa sổ sau:



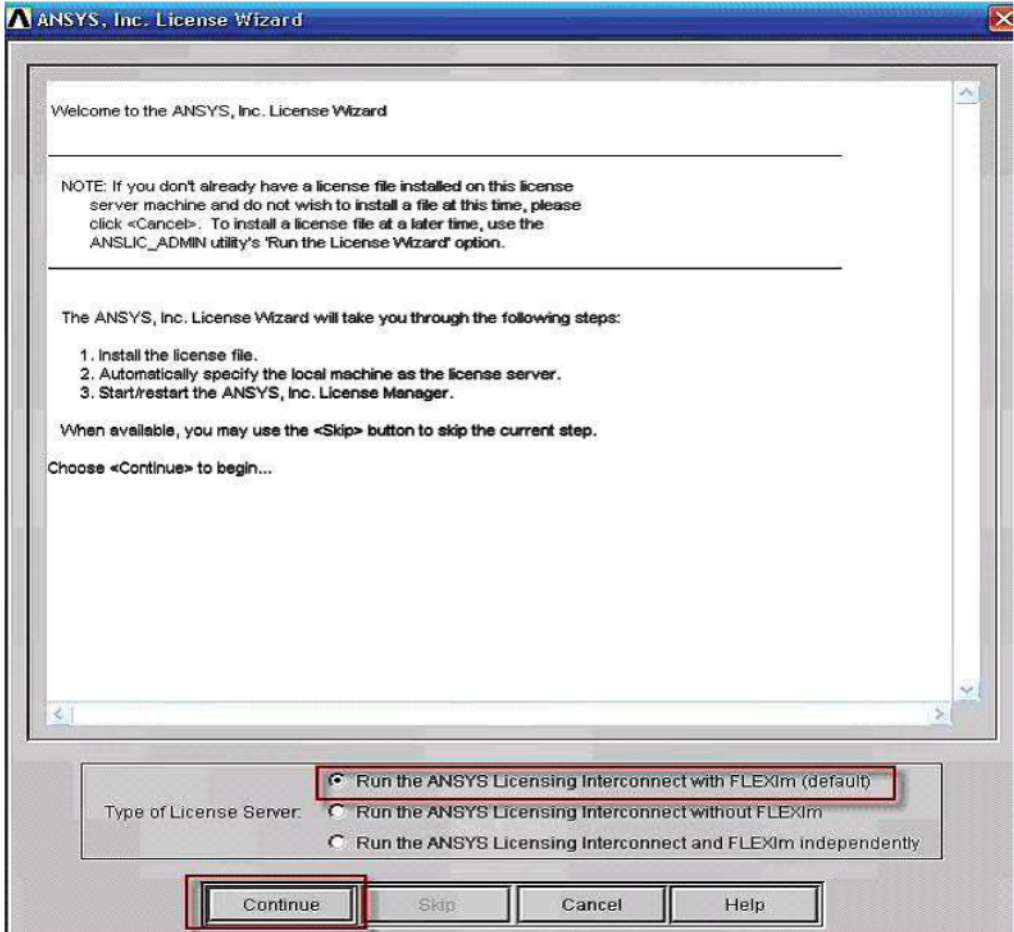
Thực hiện các bước:

- 1 – Cài đặt các môi trường hỗ trợ cho ANSYS.
- 2 – Cài đặt ANSYS.
- 3 – Cài đặt giấy phép sử dụng ( license server).

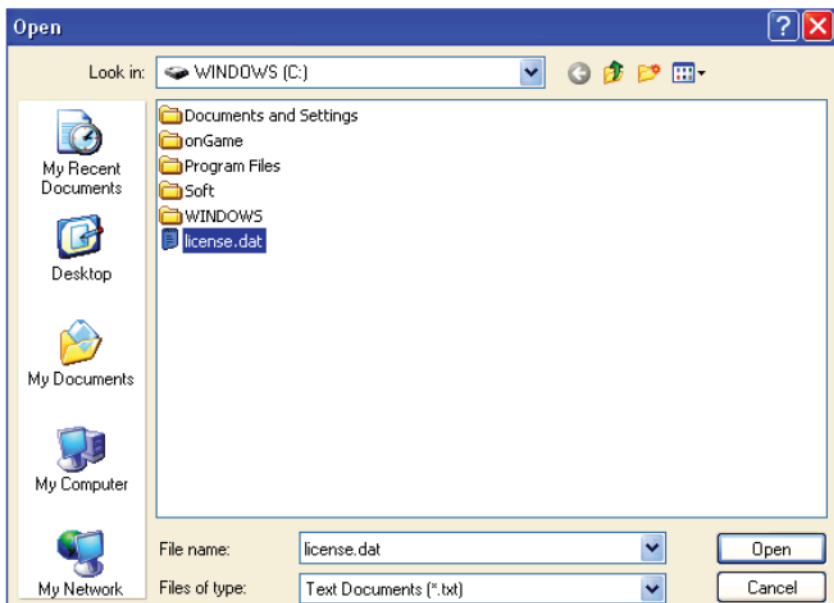




Để cài đặt giấy phép sử dụng, chọn như chỉ dẫn sau:



Sau đó chọn file ghi các thông số cho phép sử dụng chương trình.



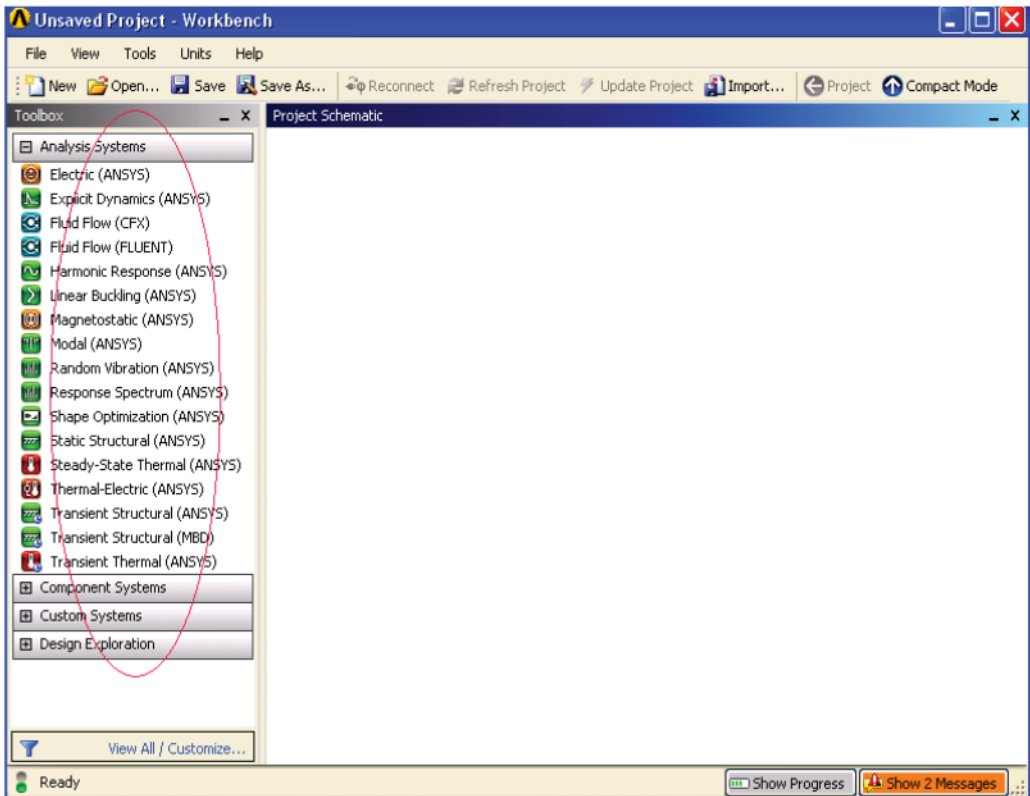
### 1.1.3. Khởi động ANSYS 12

Chọn Start → Progame → ANSYS12.0 → Workbench để vào môi trường Workbench của ANSYS.

### 1.1.4. Giao diện ANSYS 12

Giao diện của ANSYS Workbench có ba phần chính:

- Phía trên là các thanh công cụ hỗ trợ.
- Phía bên tay trái là hộp thoại Toolbox nơi chứa những mô đun mà có thể sử dụng khi thao tác với phần mềm.
- Phần giữa là màn hình chính Project Schematic.



Trong hộp thoại Toolbox\Analysis system gồm 17 mô đun tương ứng với 17 kiểu bài toán có thể phân tích với ANSYS 12.

1. Electric - Điện
2. Explicit Dynamic – Động lực học
3. Fluid flow ( CFX) – Dòng chất lỏng (CFX)
4. Fluid flow ( FLUENT) – Dòng chất lỏng (FLUENT)
5. Harmonic response – Tính toán đáp ứng điều hòa



6. Linear Buckling – Tính toán ổn định
7. Magnetostatic – Phân tích từ tĩnh
8. Modal – Phân tích dao động riêng
9. Random Vibration – Dao động ngẫu nhiên
10. Response Spectrum – Phân tích phổ
11. Shape Optimization – Tối ưu hóa hình dạng
12. Static Structural – Phân tích tĩnh
13. Steady – State Thermal – Phân tích nhiệt ở trạng thái ổn định
14. Thermal Electric – Nhiệt điện
15. Transient Structural (ANSYS) – Kết cấu quá độ (ANSYS)
16. Transient Structural (MBD) – Kết cấu quá độ (MBD)
17. Transient Thermal – Quá độ nhiệt

Đối với một bài toán cụ thể, phải xác định được dạng của bài toán và từ đó lựa chọn mô đun phù hợp để giải quyết vấn đề mà bài toán đặt ra. Đối với mỗi dạng bài ứng với từng mô đun sẽ có phương pháp giải khác nhau trong phần mềm ANSYS 12. Vấn đề đặt ra là thao tác để giải những bài toán đó trong phần mềm ANSYS 12 như thế nào. Vì vậy, tài liệu này sẽ giới thiệu cách giải, cách phần mềm phân tích bài toán và đưa ra phương pháp cụ thể, tổng quát đối với một số dạng bài toán cơ bản trong cơ học.

Trong giới hạn của tài liệu này, chỉ tập trung phân tích bài toán tĩnh (Static Structural), một số bài toán dao động riêng (Modal) và bài toán ổn định (Linear Buckling).

## 1.2. GIỚI THIỆU BÀI TOÁN CƠ HỌC

Cơ học cổ điển là cơ sở cho sự phát triển của các ngành khoa học kỹ thuật và công nghệ như: chế tạo máy, xây dựng... Cơ học cổ điển chia ra thành ba phần lớn: tĩnh học, động học và động lực học, từ đó cũng có được các bài toán tĩnh học, bài toán động học và bài toán động lực học.

+ *Tĩnh học:*

Tĩnh học là một phân nhánh của vật lý liên quan đến việc phân tích các tải (lực, moment lực) trên một hệ vật ở trạng thái cân bằng tĩnh có nghĩa là trong trạng thái mà vị trí tương đối giữa các thành phần trong hệ là không thay đổi theo thời gian, hoặc khi các thành phần và cấu trúc đang



ở trạng thái đứng yên. Khi ở trong trạng thái cân bằng tĩnh, hệ có thể đang đứng yên hoặc khối tâm của nó đang di chuyển với vận tốc đều.

Theo định luật II Newton trạng thái này có nghĩa là tổng ngoại lực và moment lực trên mỗi vật trong hệ bằng không, có nghĩa là với bất kỳ một lực nào tác động lên vật phải có một lực bằng về độ lớn và ngược chiều tác động lên vật. Từ ràng buộc này những đại lượng như nén hay áp lực có thể được suy ra. Tổng ngoại lực bằng không được biết với tên điều kiện cân bằng thứ nhất, và tổng moment lực bằng không được biết với tên điều kiện cân bằng thứ hai.

Tĩnh học được dùng nhiều trong việc phân tích các cấu trúc như trong kỹ thuật kiến trúc và cấu trúc. Sức bền vật liệu là một lĩnh vực liên quan trong cơ học dựa chủ yếu trên việc ứng dụng cân bằng tĩnh.

Thủy tĩnh học còn được biết đến với tên tĩnh học chất lỏng, là một ngành nghiên cứu chất lỏng ở trạng thái đứng yên. Ngành này phân tích các hệ ở trạng thái cân bằng tĩnh trong đó có các lực sinh ra do chất lỏng cơ học. Đặc tính của bất kỳ chất lỏng nào ở trạng thái đứng yên là lực tác động lên bất kỳ phần nào của chất lỏng cũng bằng nhau theo mọi hướng. Nếu lực là không bằng nhau chất lỏng sẽ chảy theo hướng của tổng lực.

+ *Động học:*

Nghiên cứu mô tả những hệ vật chất đang trong quá trình chuyển động, nghiên cứu các quy luật chuyển động của vật thể đơn thuần về hình học, không đề cập đến khối lượng và lực. Những kết quả khảo sát trong động học sẽ làm cơ sở cho việc nghiên cứu toàn diện các quy luật chuyển động của vật thể trong phần động lực học. Trong động học, vật thể được đưa ra dưới hai mô hình: động điểm và vật rắn. Động điểm là điểm hình học chuyển động trong không gian, còn vật rắn là tập hợp nhiều động điểm mà khoảng cách giữa hai điểm bất kỳ trong nó luôn luôn không đổi. Khi khảo sát các vật thực có kích thước không đáng kể, có thể coi như mô hình động điểm.

Chuyển động là sự thay đổi vị trí của vật trong không gian theo thời gian. Đơn vị đo độ dài là mét và ký hiệu m, đơn vị đo thời gian là giây và ký hiệu là s.

Tính chất của chuyển động phụ thuộc vào vật chọn làm mốc để so sánh gọi là hệ quy chiếu. Trong động học, hệ quy chiếu được lựa chọn tùy ý sao cho việc khảo sát chuyển động của vật được thuận tiện. Để có thể tính toán người ta còn phải chọn hệ tọa độ gắn với hệ quy chiếu. Để đơn giản, thông thường dùng ngay hệ tọa độ làm hệ quy chiếu.



Tính thời gian thông thường phải so sánh với mốc thời điểm  $t_0$  chọn trước.

Về nội dung, động học phải tìm cách xác định vị trí của vật và mô tả chuyển động của vật theo thời gian so với hệ quy chiếu đã chọn. Thông số xác định vị trí của vật so với hệ quy chiếu đã chọn là thông số đơn vị. Thông số đơn vị có thể là véc tơ, tọa độ, góc... Quy luật chuyển động được biểu diễn qua các biểu thức liên hệ giữa các thông số định vị với thời gian và được gọi là phương trình chuyển động. Trong phương trình chuyển động, thời gian được coi là đối số độc lập. Khi khử đối số thời gian trong phương trình chuyển động được biểu thức liên hệ giữa các thông số định vị gọi là phương trình quỹ đạo.

Để biểu thị tính chất của chuyển động chúng ta đưa ra các đại lượng vận tốc và gia tốc. Vận tốc là đại lượng biểu thị hướng và tốc độ chuyển động của điểm hay vật. Gia tốc là đại lượng biểu thị sự thay đổi của vận tốc theo thời gian. Gia tốc cho biết tính chất chuyển động đều hay biến đổi. Vận tốc và gia tốc là các đại lượng phụ thuộc vào thời gian.

Căn cứ vào nội dung chúng ta chia động học thành hai phần: động học điểm và động học vật rắn. Khi khảo sát động học vật rắn bao giờ cũng gồm hai phần: động học của cả vật và động học của điểm thuộc vật.

+ *Động lực học:*

Động lực học là một ngành trong cơ học chuyên nghiên cứu chuyển động của các vật thể và mối liên hệ giữa chúng với tương tác giữa các vật. Động lực học quan tâm đến nguyên nhân sinh ra chuyển động của các vật, đó là lực. Động lực học thiết lập các định luật liên hệ giữa lực tác dụng với những đặc trưng động học và áp dụng các định luật đó có thể giải các bài toán kỹ thuật. Cơ sở của động lực học trong thế giới vĩ mô (kích thước lớn hơn cỡ milimet) là các định luật Newton và nguyên lý Galileo, theo cơ học cổ điển hay tiên đề của thuyết tương đối. Cơ sở của động lực học trong thế giới vi mô (kích thước nhỏ hơn cỡ micromet) chính là thuyết lượng tử.

Vật thể trong động lực học được xét dưới dạng mô hình: chất điểm, cơ hệ, vật rắn. Chất điểm là một điểm hình học có mang khối lượng. Chất điểm là mô hình đơn giản nhất và cơ bản nhất của vật thể trong động lực học.

Khác với tĩnh học, lực trong động lực học có thể là không đổi, có thể biến đổi cả về độ lớn lẫn phương chiều.

Trong động lực học, lực có thể là lực phụ thuộc vào thời gian như lực kéo đầu máy, phụ thuộc vào vị trí của vật như lực hấp dẫn, phụ thuộc



vào vận tốc như lực cản của không khí. Một cách tổng quát trong động lực học lực là một hàm của thời gian, vị trí và vận tốc. Trong động lực học, các lực được phân chia thành nội lực, ngoại lực hay phản lực liên kết. Ngoại lực là các lực do chất điểm hay vật thể ngoài hệ tác dụng vào hệ. Phản lực liên kết là lực tác dụng do các vật gây liên kết lên cơ hệ khảo sát.

Để khảo sát chuyển động của vật bao giờ cũng chọn trước một hệ quy chiếu. Hệ quy chiếu không phụ thuộc vào thời gian gọi là hệ quy chiếu quán tính, ngược lại hệ quy chiếu phụ thuộc vào thời gian gọi là hệ quy chiếu không quán tính.



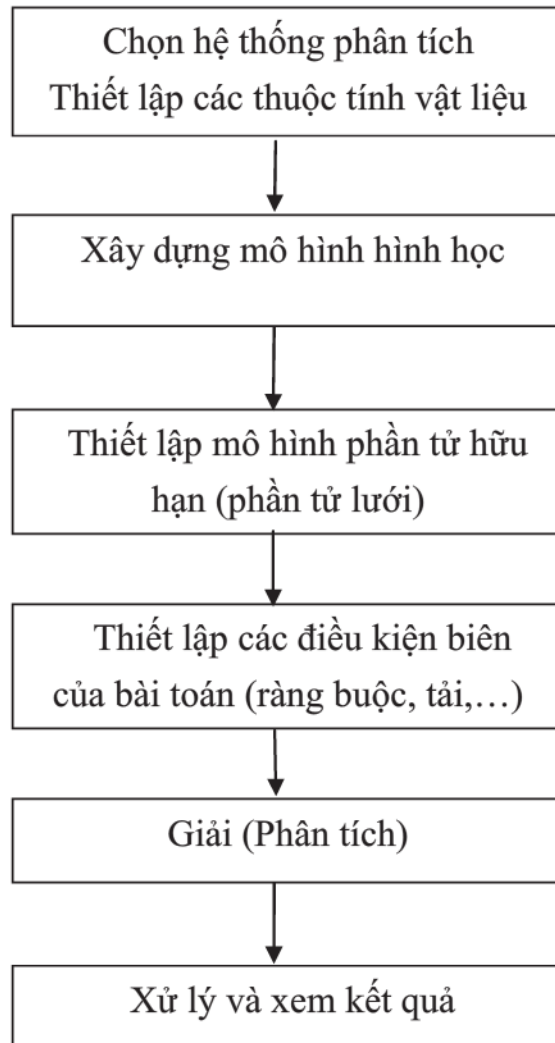
# Chương 2

## TRÌNH TỰ PHÂN TÍCH

### 2.1. BÀI TOÁN TỔNG QUÁT

Với mỗi bài toán cụ thể đều có phương pháp giải khác nhau tùy vào các điều kiện mà bài toán đưa ra, vì thế mỗi bài toán sẽ có một đặc trưng riêng nhưng trình tự để giải một bài toán trong ANSYS 12 gần như là giống nhau về mặt tổng quát, đều phải qua các trình tự cụ thể có liên quan chặt chẽ và quyết định lẫn nhau.

Trình tự để giải một bài toán trong ANSYS 12 như hình 2.1.



Hình 2.1

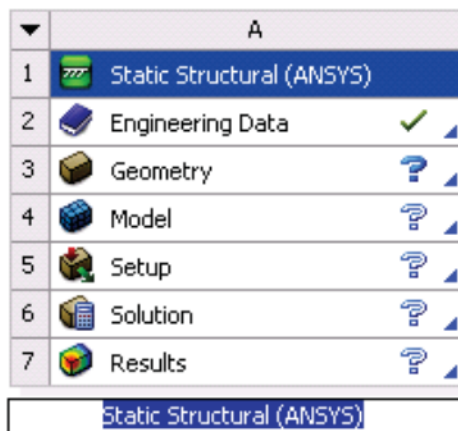


Đối với một bài toán cụ thể, đều phải thực hiện các trình tự giải trên và đòi hỏi sự chính xác, thống nhất với nhau. Các bước giải một bài toán cụ thể đều được phần mềm thể hiện dưới dạng thư mục cây (Tree Outline) giúp chúng ta có thể định hướng, trực quan về bài giải, về vị trí các bước trong hệ thống một bài giải. Chúng ta có thể thay đổi các thông số hay những điều kiện trong một bước giải vào bất cứ lúc nào trong quá trình giải theo ý muốn. Tất cả đều được phần mềm cập nhật và giải lại theo những thông số mới. Vì vậy sẽ rất thuận tiện trong quá trình nghiên cứu lựa chọn phương án nào là thích hợp nhất.

## 2.2. BÀI TOÁN TÍNH

Đối với bài toán cơ học dạng tĩnh tức là phân tích vật thể ở trạng thái đứng yên dưới sự tác động của tải trọng, lực hay mômen lực. ANSYS sẽ phân tích bài toán và cho thấy được trạng thái ứng suất, biến dạng của chi tiết... Cũng có thể ứng dụng để kiểm tra độ bền của các kết cấu, tìm ra ứng suất tại từng vị trí, tại vị trí nào chịu ứng suất lớn nhất và mô phỏng sự biến dạng của chi tiết. Để phân tích một bài toán kết cấu dạng tĩnh (Static Structural), phải thực hiện các bước sau:

1. Engineering Data: Lựa chọn và thiết lập các thông số vật liệu
2. Geometry: Xây dựng mô hình hình học
3. Model: Thiết lập mô hình phần tử hữu hạn
4. Set up: Đặt các ràng buộc và tải
5. Solution: Phân tích
6. Results: Kết quả phân tích



❖ **Bước 1. Engineering Data:** Lựa chọn và thiết lập các thông số vật liệu





Kết quả phân tích của bài toán sẽ phụ thuộc vào loại vật liệu. Vì vậy khi giải bài toán với ANSYS cần phải xác lập đúng những thông số vật lý của vật liệu như mô đun đàn hồi, hệ số Poisson... ANSYS 12 cung cấp thư viện vật liệu khá đầy đủ, ngoài ra đối với từng vật liệu còn có thể thay đổi các thông số vật lý sao cho phù hợp với điều kiện bài toán. Xác định đúng vật liệu và các thông số của vật liệu là những điều kiện cần thiết ban đầu không thể thiếu để có thể phân tích bài toán hoặc kết cấu một cách chính xác.

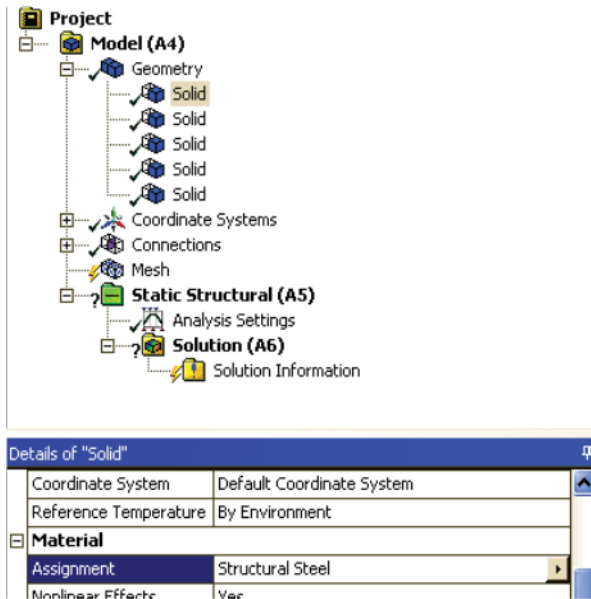
Nhấp đúp chuột vào Engineering Data sẽ xuất hiện thư viện vật liệu của phần mềm. Công việc của người sử dụng là lựa chọn những vật liệu từ thư viện vật liệu có sẵn của phần mềm hoặc tạo ra thư viện vật liệu mới, trong đó thiết lập các thông số vật lý cho thuộc tính của vật liệu sao cho phù hợp với yêu cầu mà bài toán đưa ra như mô đun đàn hồi  $E$  hay hệ số Poisson  $\nu$ , và tải về cho bài toán chờ sử dụng trong khi giải ở các bước sau.



Static Structural (ANSYS)

Outline Filter				
	A	B	C	D
1	Data Source		Location	Description
2	Engineering Data		A2	Contents filtered for Static Structural (ANSYS).
3	General Materials	<input type="checkbox"/>		General use material samples for use in various analyses.
4	General Non-linear Materials	<input type="checkbox"/>		General use material samples for use in non-linear analysis.
5	Explicit Materials	<input type="checkbox"/>		Material samples for use in an explicit analysis.
6	Hyperelastic Materials	<input type="checkbox"/>		Material stress-strain data samples for curve fitting.
7	Magnetic B-H Curves	<input type="checkbox"/>		B-H Curve samples specific for use in a magnetic analysis.
8	Favorites			Quick access list and default items

Sau khi đưa về cho bài toán những vật liệu cần thiết, sẽ gán vật liệu cho chi tiết hoặc từng bộ phận khác nhau, riêng rẽ của chi tiết với mục đích cuối cùng là mô tả chi tiết và kết cấu một cách chính xác về vật liệu sử dụng. Tiến hành thiết lập vật liệu cho chi tiết bằng cách thao tác với thư mục Model\Geometry trong môi trường Mechanical (môi trường sẽ xuất hiện ở bước 3: Model).

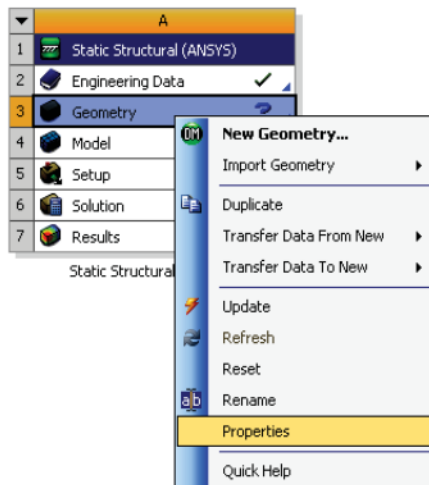


Đối với mỗi bộ phận hay khối riêng rẽ trong chi tiết (Solid, Surface, Line), chọn vật liệu tại hộp thoại Details of “Solid (Surface, Line)”\Material\Assignment và chọn vật liệu trong số những vật liệu đã tải về từ bước Engineering Data.

❖ **Bước 2. Geometry: Xây dựng mô hình hình học**

Sau khi hoàn thành bước đầu tiên về chọn và cài đặt các thông số vật liệu, tiến hành xây dựng mô hình hình học của bài toán hoặc kết cấu.

Trước tiên, phải chọn kiểu mô hình hình học sắp xây dựng có thể là dạng Line Bodies, Solid, 2D, 3D... Cách thao tác: nhấp chuột phải vào Geometry trong Static Structural và chọn Properties.



Lúc này sẽ xuất hiện hộp thoại Property, trong đó có các lựa chọn cần quan tâm đó là:



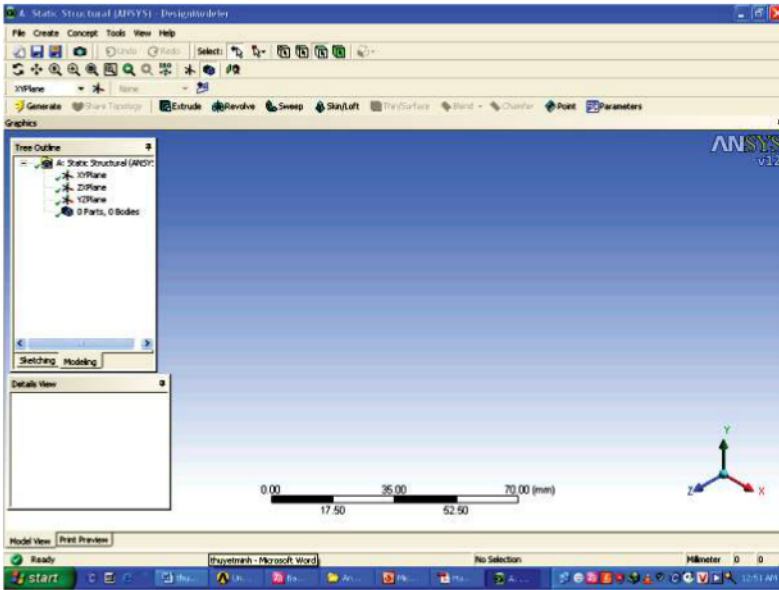
- + Solid Bodies: mô hình dạng khối.
- + Surface Bodies: mô hình dạng mặt.
- + Line Bodies: mô hình dạng đường.
- + Analysis Type (2D hoặc 3D): kiểu phân tích 2D hoặc 3D.

Phải lựa chọn đúng phương pháp để chuẩn bị giải, nếu không phần mềm sẽ không hiểu hoặc không cho phép thực hiện các bước tiếp theo.

Properties of Schematic A3: Geometry	
A	B
1	Property Value
6	Basic Geometry Options
7	Solid Bodies <input checked="" type="checkbox"/>
8	Surface Bodies <input checked="" type="checkbox"/>
9	Line Bodies <input type="checkbox"/>
10	Parameters <input checked="" type="checkbox"/>
11	Parameter Key DS
12	Attributes <input type="checkbox"/>
13	Named Selections <input type="checkbox"/>
14	Material Properties <input type="checkbox"/>
15	Advanced Geometry Options
16	Analysis Type 3D
17	Use Associativity <input checked="" type="checkbox"/>
18	Import Coordinate Systems <input type="checkbox"/>
19	Import Work Points <input type="checkbox"/>
20	Reader Mode Saves Updated File <input type="checkbox"/>
21	Import Using Instances <input checked="" type="checkbox"/>
22	Smart CAD Update <input type="checkbox"/>
23	Enclosure and Symmetry Processing <input checked="" type="checkbox"/>
24	Mixed Import Resolution None

Sau đó thiết kế mô hình hình học: nhấp đúp chuột vào ô Geometry trong khung Static Structural, phần mềm sẽ xuất hiện môi trường mới Design Modeler. Khi đó phải chọn đơn vị sử dụng trong bước xây dựng mô hình hình học. Việc xác định này là cần thiết và quan trọng, hệ thống đơn vị của bài toán phải thống nhất trong từng bước tiến hành giải bài toán nếu không thì kết quả sẽ không chính xác.

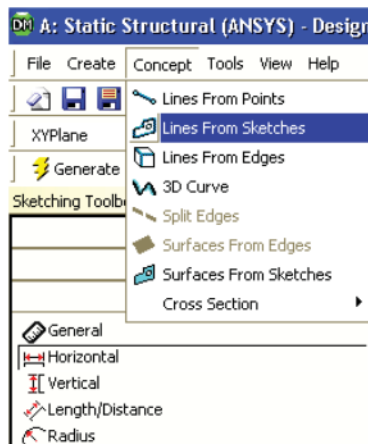
Sau khi xác định đơn vị ta sẽ có môi trường mới với giao diện:



Trong Design Modeler có hai môi trường xây dựng mô hình hình học của bài toán, đó là Sketching và Modeling.

+ Sketching: cho phép thiết kế với các lệnh được cung cấp đủ để có thể thao tác trong môi trường 2D như: Line, Circle, Oval, Rectangle, Ellipse...

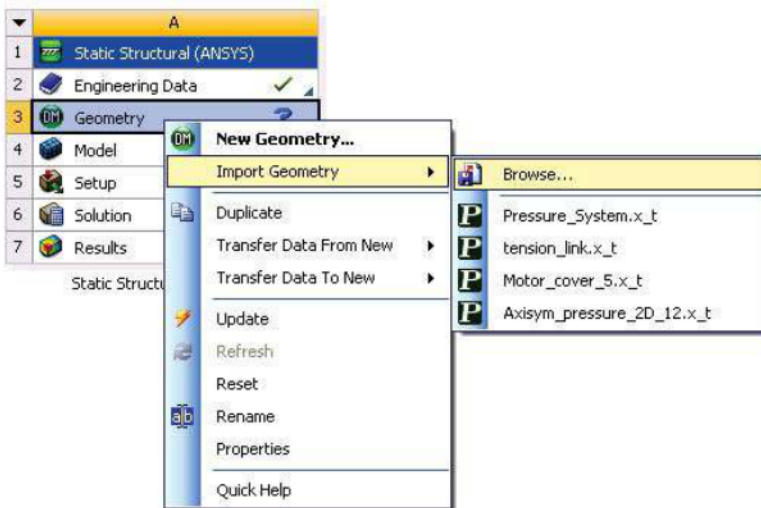
+ Modeling: sau khi hoàn thành ở môi trường 2D, vào thẻ Modeling để tạo chi tiết hoàn chỉnh. Trong Modeling cũng có đầy đủ các lệnh để thiết kế như: Extrude, Sweep, Revolve... để xây dựng khối 3D, hoặc cũng có thể lựa chọn trong Concept để tạo ra phần tử cho bài toán. Có thể là phần tử thanh (Lines From Point, Line From Sketch, Line From Edges), hoặc phần tử mặt (Surface From Sketch).



Dựa vào các lệnh hỗ trợ như trên, ta có thể xây dựng được mô hình hình học của bài toán. Ngoài ra, ANSYS còn hỗ trợ cho người dùng công cụ hữu hiệu hơn nữa, đó là nhập những mô hình đã được thiết kế ở các



phần mềm đồ họa khác như Solidwork, Pro-Engineer, AutoCAD... giúp tiết kiệm được thời gian và công sức trong quá trình phân tích kết quả, bằng cách nhấp chuột phải vào ô Geometry → chọn Import Geometry → Browse để nhập mô hình hình học có sẵn.

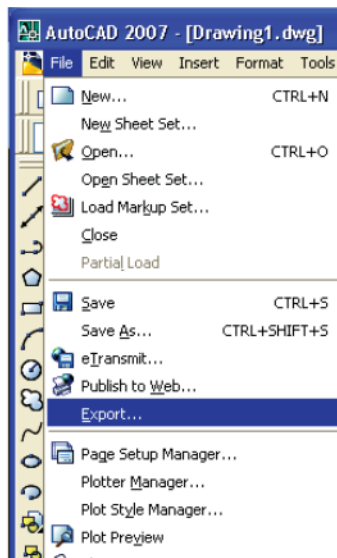


**Ghi chú:** Dưới đây sẽ trình bày cách nhập một mô hình hình học từ một phần mềm CAD vào ANSYS 12.

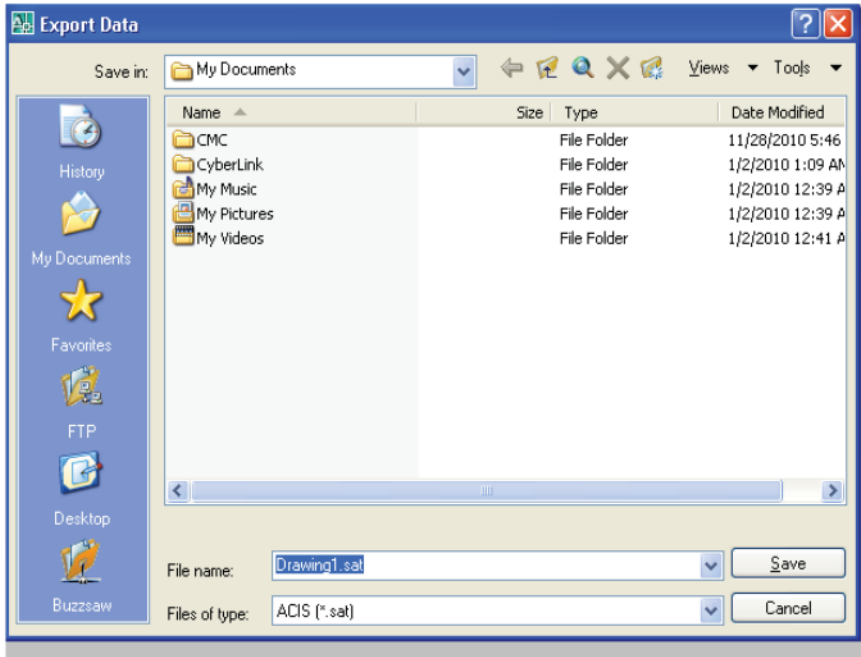
Trong các phần mềm CAD mà ta đã biết thì AutoCAD là phần mềm phổ biến và được nhiều người sử dụng. Chính vì vậy tác giả sẽ đưa ra cách nhập một mô hình từ AutoCAD vào phân tích trong ANSYS.

+ Sau khi hoàn thành thiết kế chi tiết ở AutoCAD, xuất file này sang định dạng \*.sat.

Trong AutoCAD vào File → chọn Export...

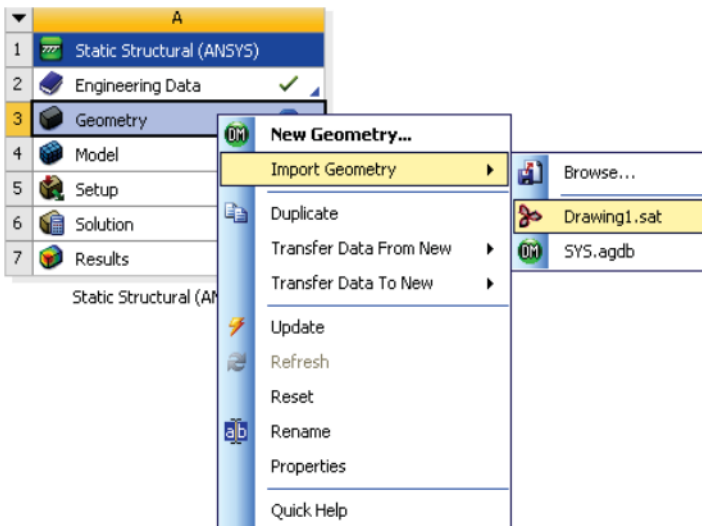


Chọn định dạng file xuất ra là \*.sat.



Quay trở lại môi trường AutoCAD, chọn những đối tượng cần Export → Enter.

+ Sau khi xuất ra file \*.sat, khởi động ANSYS Workbench và vào mô đun cần phân tích. Nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Import Geometry → Browse... và chỉ đến file \*.sat cần Import.



Như vậy nhờ khả năng tích hợp của ANSYS với các phần mềm đồ họa khác mà có thể đơn giản hóa việc tạo mô hình hình học cho một bài toán phân tích và mở rộng phạm vi tính toán.



### ❖ **Bước 3. Model:** Thiết lập mô hình phần tử hữu hạn

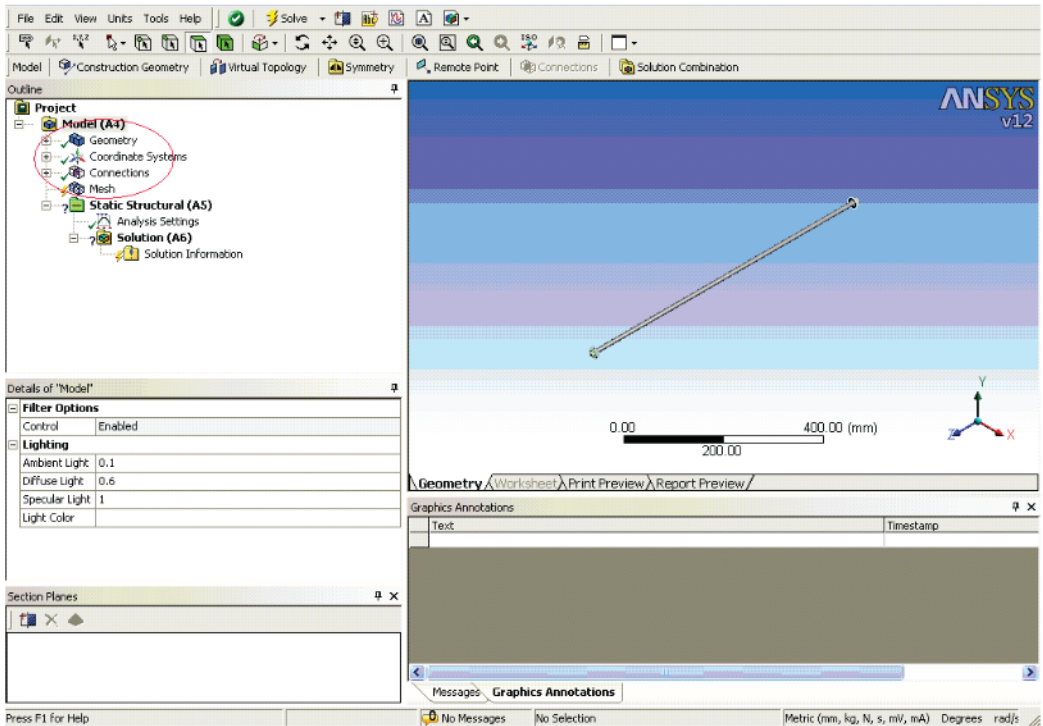
Như đã giới thiệu, ANSYS là phần mềm dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích các bài toán. Vì vậy việc xây dựng mô hình phần tử hữu hạn (chia lưới phần tử) là rất quan trọng trong việc phân tích bài toán. Phần mềm sẽ giải trên từng phần tử nhỏ của chi tiết và đưa ra kết quả.

Sau khi xây dựng xong mô hình hình học cho bài toán, tiến hành chia lưới phần tử cho mô hình vừa tạo ra để phần mềm có thể phân tích trên từng phần tử và đưa ra kết quả chính xác nhất cho bài toán. Việc chia lưới càng chặt chẽ, số lượng phần tử sau khi chia lưới càng nhiều thì bài toán phân tích càng chính xác.

Nhấp đúp chuột vào ô Model, phần mềm sẽ tự động xuất hiện môi trường làm việc mới đó là Mechanical. Trong giao diện Mechanical có 4 vùng chính:

- + Thanh công cụ ở phía trên của hộp thoại Mechanical.
- + Outline: Thứ tự các bước thực hiện bài toán được trình bày dưới dạng cây.
- + Details View: Chi tiết cho bước đang thực hiện.
- + Graphics: Nơi mô phỏng bài toán, thể hiện tải, các ràng buộc...

Có thể thấy rõ ở giao diện sau:



Ở hộp thoại Outline, phần mềm thể hiện các bước phải thực hiện thành dạng cây thư mục.

Trong Model có 4 bước con:

+ Geometry: Mô tả dạng hình học và thiết lập vật liệu cho từng phần của chi tiết.

+ Coordinate System: Hệ tọa độ (theo mặc định).

+ Connections: Liên kết (thể hiện sự liên kết giữa các phần tử của kết cấu).

+ Mesh: Chia lưới phần tử.

Chỉ thực hiện bước Connections ở những chi tiết phân tích được tạo thành từ những phần (Part) riêng rẽ khác nhau nhiều. Khi xây dựng mô hình tính, phải khai báo cho phần mềm về liên kết giữa những phần này. Phần mềm sẽ đưa ra các lựa chọn được thể hiện trong Details of Contact Region\Definition\Type đó là:

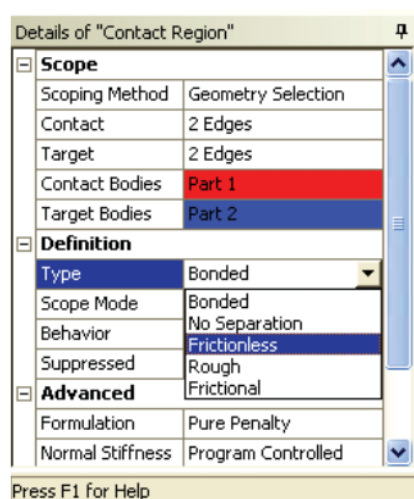
+ Bonded: Dán, dính liền.

+ No Separation: Không tách rời.

+ Frictionless: Tiếp xúc không có ma sát.

+ Rough: Tiếp xúc thô.

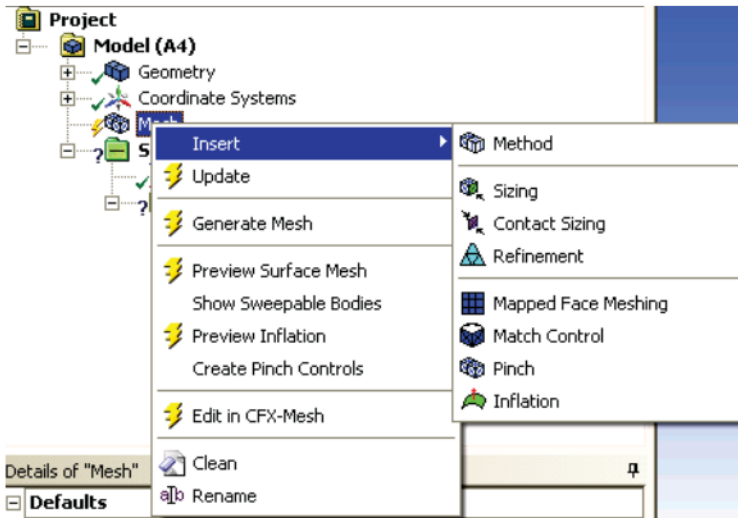
+ Frictional: Tiếp xúc có ma sát.



Tiếp theo, tiến hành chia lưới tại bước Mesh trong Project\Model (A4): nhấp chuột phải lên dòng Mesh xuất hiện các tùy chọn sau:







Chia lưới theo mặc định:

+ Generate Mesh.

Hoặc cũng có thể cài đặt cho việc chia lưới:

- + Method: Phương pháp chia lưới.
- + Sizing: Theo kích thước.
- + Contact Sizing: Kích thước liên kết.
- + Refinement: Làm mịn.
- + Mapped Face Meshing: Chia theo lưới bản đồ.
- + Match Control: Kiểm soát chia lưới ăn khớp.
- + Pinch: Vát nhọn.
- + Inflation: Bơm phồng.

❖ **Bước 4. Set up:** Đặt các ràng buộc và tải

Tương ứng là ở bước Static Structural (A5) trong cây thư mục Outline, xuất hiện trong môi trường Mechanical khi khởi động Model.

Kết hợp với việc chọn vị trí (mặt phẳng, điểm, đường, khối...) trên cấu trúc của mô hình, thiết lập tại các vị trí đó là tải trọng, phản lực hay các ràng buộc sao cho thật chính xác với điều kiện bài toán đưa ra hay điều kiện làm việc cụ thể của kết cấu về cả tính chất và độ lớn.

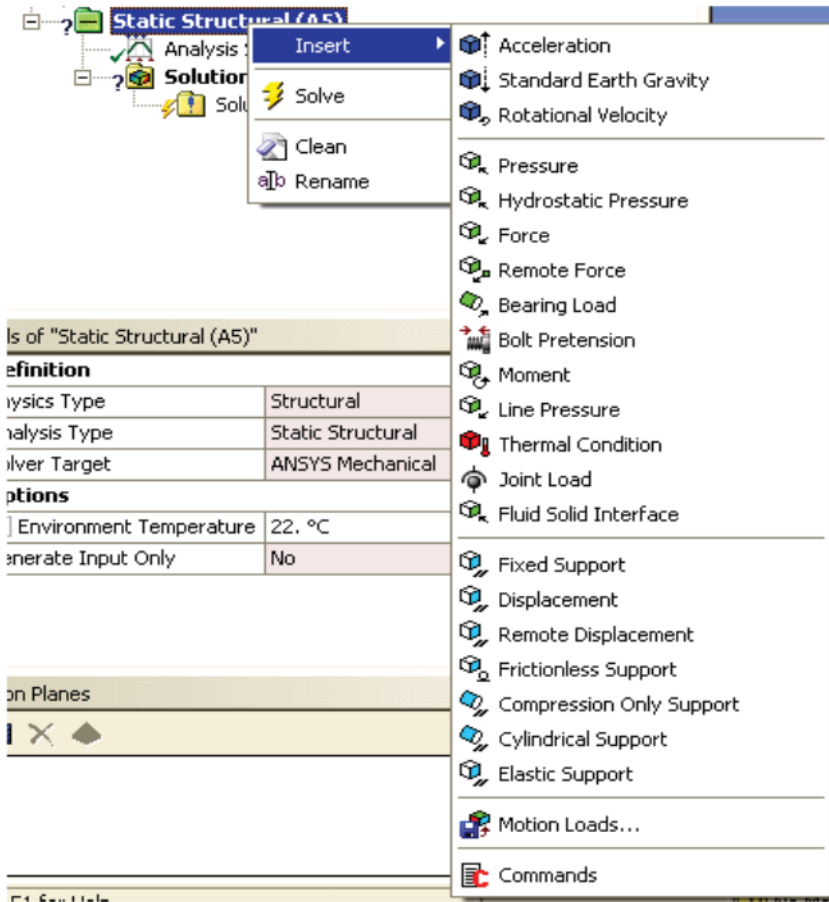
Việc xác định dạng tải, điểm đặt lực hay những ràng buộc của kết cấu có thể được xem là bước khó trong việc tiến hành phân tích bằng ANSYS, đòi hỏi người sử dụng phải có kiến thức tốt về kỹ thuật để việc phân tích bài toán đạt được kết quả chính xác.



Tiến hành đặt tải và các ràng buộc bằng cách tương tác với dòng lệnh Static Structural. Nhấp chuột phải lên vị trí của đối tượng cần thiết lập → chọn lệnh Insert để chèn các tải trọng, lực và ràng buộc tại vị trí trên chi tiết đã chọn ở môi trường graphics. Các lực, phản lực liên kết có thể lựa chọn được thể hiện ra hộp thoại khi nhấp chuột phải lên vị trí của đối tượng cần thiết lập và chọn Insert tại dòng lệnh Static Structural:

- + Acceleration: Gia tốc.
- + Standard Earth Gravity: Trọng lực.
- + Rotational Velocity: Vận tốc quay.
- + Pressure: Áp lực.
- + Hydrostatic Pressure: Áp lực thủy tĩnh.
- + Force: Lực.
- + Remote Force: Lực từ xa.
- + Bearing Load: Lực phân bố trên ổ lăn.
- + Bolt Pretension: Lực xiết của bu lông.
- + Moment: Mô men.
- + Line Pressure: Áp lực dạng đường.
- + Thermal Condition: Chế độ nhiệt.
- + Joint Load: Tải trọng đặt tại nút.
- + Fluid Solid Interface: Áp lực dòng chảy trên bề mặt.
- + Fixed Support: Gối tựa cố định.
- + Displacement: Chuyển vị.
- + Remote Displacement: Chuyển vị từ xa.
- + Frictionless Support: Tựa không ma sát.
- + Compression Only Support: Chỉ đỡ lực nén.
- + Cylindrical Support: Tựa khối trụ.
- + Elastic Support: Tựa đàn hồi.





### ❖ **Bước 5. Solution: Phân tích**

Sau khi xác định các thông số vật liệu, xây dựng mô hình hình học, đặt tải, phản lực và các ràng buộc cho bài toán cụ thể, tiến hành phân tích bài toán. Việc phân tích này là do phần mềm tự giải quyết, công việc của người sử dụng là chọn kiểu phân tích tương ứng với mục tiêu của bài toán và chờ phần mềm xử lý trong ít phút để đưa ra kết quả phân tích.

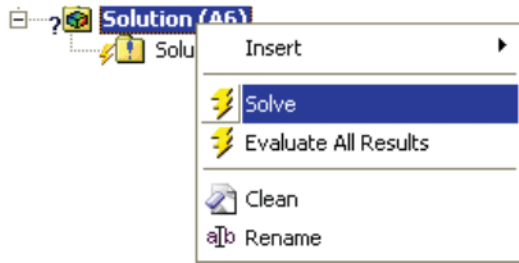
Chọn kiểu phân tích và biểu diễn kết quả bằng cách thao tác với dòng lệnh Solution: Nhấp chuột phải vào Solution và chọn Insert để xuất các kết quả phân tích như sau:

- + Stress tool – Ứng suất
- + Deformation – Biến dạng
- + Strain – Độ giãn dài
- + Linearized Stress – Ứng suất tuyến tính


Trong các bài toán phân tích tĩnh thường chú ý tới biến dạng (Deformation) và ứng suất (Stress).

### ❖ **Bước 6. Results: Kết quả phân tích**

Sau khi đã chọn kiểu phân tích và đưa ra kết quả cho bài toán, tiến hành cho phần mềm xử lý bằng thao tác nhấp chuột phải lên dòng Solution (A6) → chọn Solve.



Kết quả phân tích của phần mềm ở bước Solution sẽ được thể hiện ở kết quả bài toán (Result). Chọn vào bất cứ dòng nào trong Solution, ví dụ như chọn Total Deformation hay Equivalent Stress... thì phần mềm đều đưa ra kết quả phân tích kết hợp với hình ảnh trực quan.

Chúng ta có thể xem chuyển vị lớn nhất, nhỏ nhất hay chuyển vị bất kỳ ở bất cứ vị trí nào trên chi tiết bằng cách sử dụng 3 nút lệnh trên thanh công cụ: .

+ Max: chỉ ra nơi mà giá trị là lớn nhất.

+ Min: chỉ ra nơi giá trị là nhỏ nhất.

+ Probe: chọn vào bất cứ điểm nào trên chi tiết sẽ hiển thị kết quả tại vị trí đó.

## 2.3. PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DAO ĐỘNG RIÊNG

Dao động là một quá trình trong đó có một đại lượng vật lý thay đổi theo thời gian mà có một đặc điểm nào đó lặp lại ít nhất một lần. Dao động là một hiện tượng phổ biến trong tự nhiên và trong kỹ thuật. Các máy, các phương tiện giao thông vận tải, các tòa nhà cao tầng hay những chiếc cầu... là các hệ dao động trong kỹ thuật. Vì vậy việc phân tích một bài toán dao động sẽ có ứng dụng rất lớn.

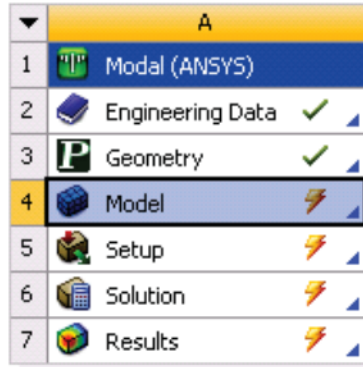
Trong bài toán phân tích dao động riêng ta cũng thực hiện đầy đủ 6 bước:

1. Engineering data: Lựa chọn và thiết lập các thông số vật liệu
2. Geometry: Xây dựng mô hình hình học
3. Model: Thiết lập mô hình phân tử hữu hạn
4. Set up: Thiết lập các ràng buộc và tải



5. Solution: Phân tích

6. Results: Kết quả phân tích



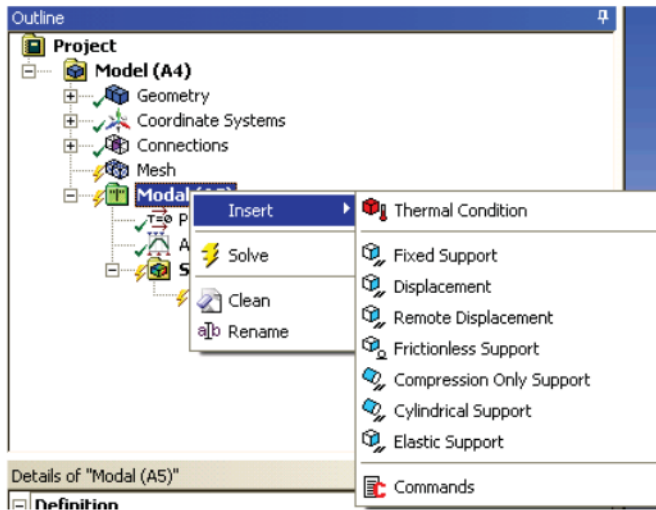
Modal (ANSYS)

❖ **Bước 1, 2 và 3** làm trình tự giống như bài toán phân tích cấu trúc dạng tĩnh.

❖ **Bước 4. Set up:** Đặt các ràng buộc và tải.

Ở bài toán phân tích dao động riêng (Modal) có sự khác nhau so với bài toán tĩnh từ bước 4 (Set up) đó là bước đặt tải và các điều kiện biên. Trong bước này, đối với bài toán dao động riêng, ta chỉ đặt được các ràng buộc của hệ chứ không thể đặt được tải và các lực tác dụng như ở bài toán phân tích tĩnh.

Nhấp chuột phải lên dòng Modal, chọn Insert sẽ xuất hiện các lựa chọn ràng buộc như sau:



Trong phân tích dao động riêng, phần mềm chỉ đưa ra các lựa chọn ràng buộc trong bản thân kết cấu mà không thể đặt tải trọng và các lực tác dụng từ bên ngoài như trong bài toán phân tích tĩnh.



Các lựa chọn về ràng buộc của bài toán dao động như sau:

Thermal Condition – Điều kiện nhiệt độ

Fixed Support – Gối tựa cố định

Displacement – Chuyển vị

Remote Displacement – Chuyển vị từ xa

Frictionless Support – Tựa không ma sát

Compression Only Support – Chỉ đỡ lực nén

Cylindrical Support – Tựa khối trụ

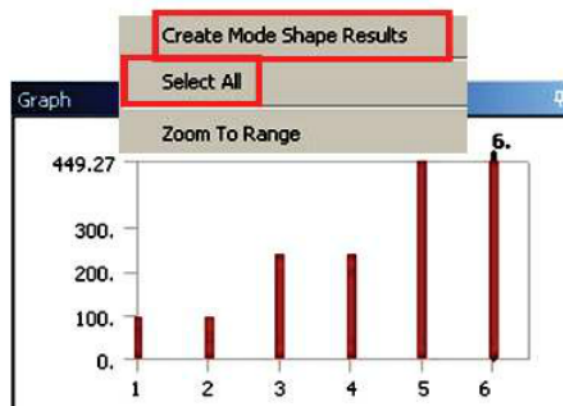
Elastic Support – Gối tựa đàn hồi

#### ❖ **Bước 5. Solution: Phân tích**

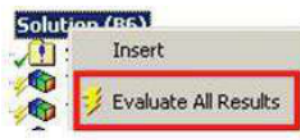
Sau khi đặt lên chi tiết các ràng buộc, tiến hành phân tích bài toán để đưa ra kết quả. Thường thì chi tiết có thể bị rung động ở những tần số khác nhau vì vậy ta phải chọn tần số để phần mềm thể hiện kết quả phân tích. Theo mặc định của phần mềm thì có 6 dạng dao động tương ứng với 6 tần số.

Nhấp chuột phải lên dòng Timeline, chọn Select All: chọn tất cả các tần số.

Nhấp chuột phải lên dòng Timeline, chọn Create Mode Shape Result: tạo ra hình dạng kết quả dao động của chi tiết.



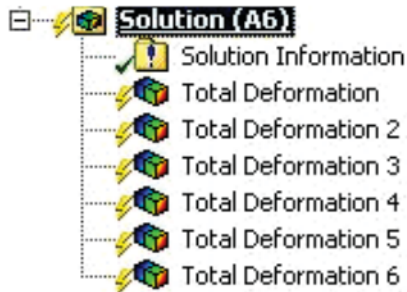
Sau đó nhấp chuột phải lên dòng Solution (B6), chọn Evaluate All Result: Định giá trị của tất cả các kết quả.



Ứng với mỗi tần số phần mềm sẽ đưa ra một kết quả biến dạng tương ứng với dạng dao động ở tần số đó.

❖ **Bước 6. Results: Kết quả phân tích**

Sau khi phân tích phần mềm sẽ đưa ra kết quả mô phỏng sự biến dạng của chi tiết. Chọn vào bất kỳ dòng Total Deformation nào trong 6 dòng tương ứng với 6 tần số dao động mà phần mềm tìm ra thì đều xem được kết quả biến dạng hay chuyển vị của chi tiết dao động ở tần số đó.



Để xem chuyển vị lớn nhất, nhỏ nhất hay chuyển vị bất kỳ ở bất cứ vị trí nào trên chi tiết thì sử dụng ba nút lệnh xuất hiện ở phía trên màn hình:



Max: chỉ ra nơi mà giá trị là lớn nhất.

Min: chỉ ra nơi giá trị là nhỏ nhất.

Probe: chọn vào bất cứ điểm nào trên chi tiết sẽ hiển thị kết quả tại vị trí đó.

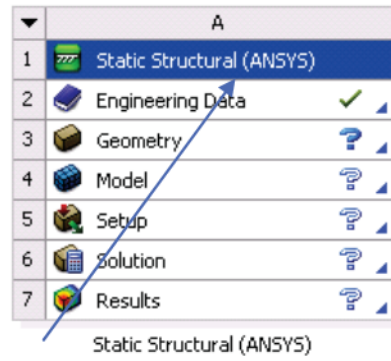
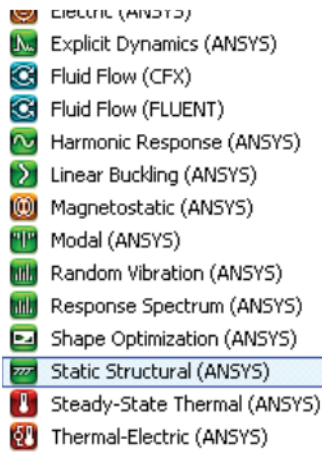
## 2.4. PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DAO ĐỘNG RIÊNG KẾT HỢP

Đây là dạng bài toán dao động với sự xuất hiện ảnh hưởng của ứng suất.

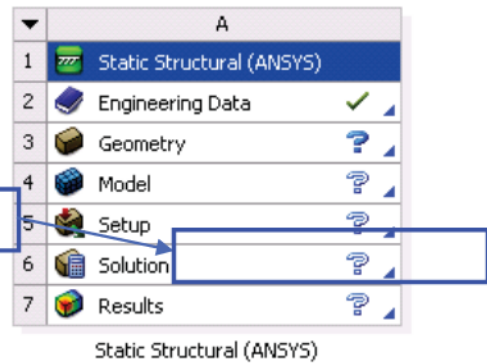
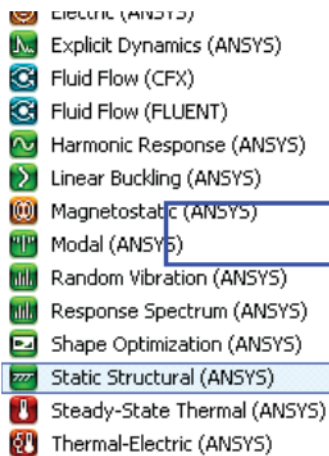
Chúng ta có thể khắc phục hạn chế của bài toán dao động riêng ở chỗ: thêm vào bài toán tìm dao động riêng các tải trọng hay lực tác dụng, vì vậy có thể mở rộng được ứng dụng của bài toán. Để làm được điều này, chúng ta kết hợp hai mô đun trong hộp thoại Toolbox, đó là Static Structural và Modal.

Trước tiên, tạo hệ thống phân tích thứ nhất Static structural (phân tích tĩnh) bằng cách nhấp đúp chuột lên mô đun Static Structural trong hộp thoại Toolbox.





Sau khi hệ thống phân tích tĩnh đã xuất hiện, tiến hành kéo và thả (thao tác giữ chuột trái) mô đun “Modal” tới vị trí ô Solution trong bảng của hệ thống phân tích tĩnh đã tạo ra trước đó.



Sau khi thao tác xong, màn hình sẽ xuất hiện hệ thống phân tích thứ hai (System B – Modal) liên kết với hệ thống phân tích tĩnh thứ nhất (System A – Static Structural):

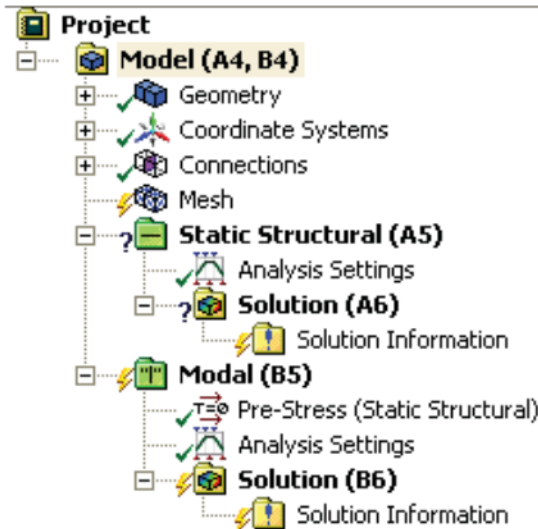




Như vậy bước Solution ở hệ thống A sẽ được chuyển sang bước Setup ở hệ thống B với các thông số là tương tự nhau. Bước 5B sẽ là bước tiếp theo của bước 6A và như vậy có thể tạo sự liên tục cho một bài toán liên kết giữa hai mô đun mà kết quả sẽ là kết quả phân tích của hệ thống Modal.

❖ **Bước 2 (Engineering Data), bước 3 (Geometry) và bước 4 (Model)** tương tự như bài toán phân tích tĩnh. Các bước này ở cả hai hệ thống phân tích đều ngang nhau, kết quả hệ thống bên này cũng là kết quả của hệ thống kia. Vì vậy chỉ cần thao tác ba bước này ở cùng một hệ thống và tiến hành thực hiện giải các bước của một bài toán như bình thường của một bài phân tích tĩnh.

Trong Outline của môi trường Mechanical:



Outline của bài toán này cũng giống như bài toán phân tích bình thường, cũng gồm các bước mà người sử dụng phải thực hiện. Bước Modal (B5) thực hiện sau bước Solution của bước Static Structural (A6). Vì vậy ta có thể thấy rõ việc kết hợp hai mô đun để có thể mở rộng phạm vi cho các bài toán cần giải.

❖ **Bước 5. Static Structural - A5** (Tương ứng với bước Setup)

Nhờ việc kết hợp mô đun Static Structural vào mô đun Modal mà bài toán phân tích dao động riêng của phần mềm sẽ có hiệu quả hơn, phạm vi ứng dụng lớn hơn. Như đối với bài toán phân tích dao động riêng bình thường đã trình bày ở trên thì bài toán không thể đặt tải và các lực tác dụng. Nhưng trong cách giải kết hợp này ta hoàn toàn có thể làm được điều đó. Bài toán dao động riêng hoàn toàn có thể có đầy đủ những



## ❖ Bước 7. Modal (B5)

Trong bước này, tiến hành cài đặt phân tích cho bài toán: chọn số tần số dao động lớn nhất của chi tiết cho phần mềm. Khi phân tích phần mềm sẽ đưa ra kết quả biến dạng và ứng suất ứng với mỗi tần số đó.

## ❖ Bước 8. Solution (B6)

Sau khi những kết quả phân tích của bài toán được chuyển từ bước Solution (A6) sang bước Modal (B5) thì bắt đầu vào việc tùy chọn xem kết quả phân tích bài toán ở bước Solution (B6).

Chọn vào bất kỳ dòng Total Deformation nào trong 6 dòng tương ứng với 6 tần số dao động mà phần mềm tìm ra thì đều xem được kết quả biến dạng hay chuyển vị của chi tiết dao động ở tần số đó như hình bên dưới (giả thiết rằng ta đặt giá trị bằng 6 cho bước tìm số tần số dao động):



Trong khi xem kết quả, ta có thể xem chuyển vị lớn nhất, nhỏ nhất hay chuyển vị bất kỳ ở bất cứ vị trí nào trên chi tiết bằng cách sử dụng 3 nút lệnh xuất hiện ở phía trên màn hình:



Max: chỉ ra nơi mà giá trị là lớn nhất.

Min: chỉ ra nơi giá trị là nhỏ nhất.

Probe: Chọn bất cứ điểm nào trên chi tiết và sẽ hiển thị kết quả tại vị trí đó.

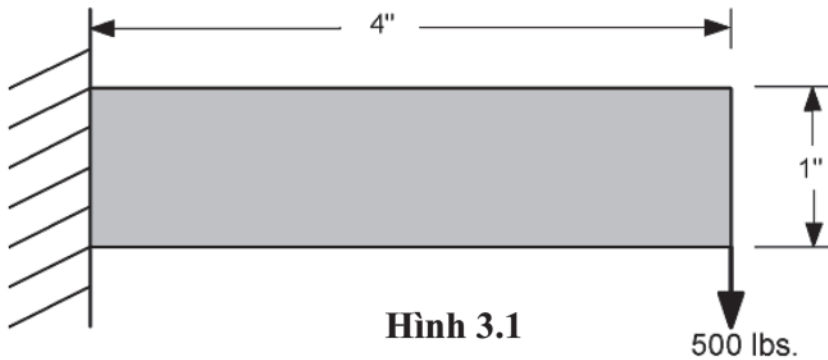


# Chương 3

## PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DẦM - LINE BODIES

### 3.1. BÀI TOÁN 3.1

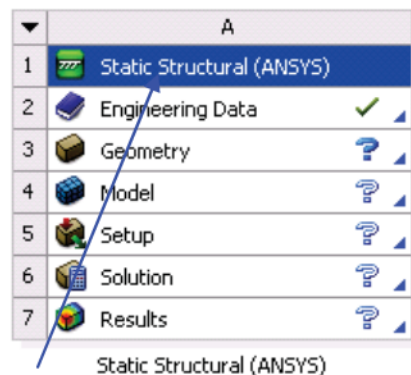
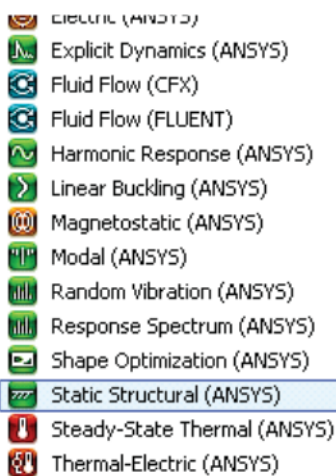
Cho dầm hình vuông với kích thước 1 x 1 x 4 (inch), vật liệu là thép kết cấu (Structural Steel), chịu tải trọng  $P = 500$  lbs đặt tại một đầu tự do và đầu còn lại của dầm được cố định (ngàm) như hình 3.1.



Xác định chuyển vị của dầm theo phương thẳng đứng (phương Y) và ứng suất xuất hiện trong dầm.

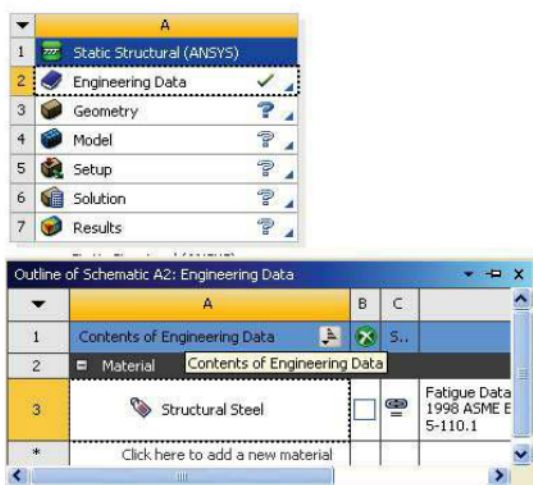
#### Bước 1: Chọn mô đun phân tích


Khởi động ANSYS Workbench, chọn mô đun phân tích: Static Structural (phân tích tĩnh).



#### Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

Nhấp đúp chuột Engineering Data → chọn Structural Steel.

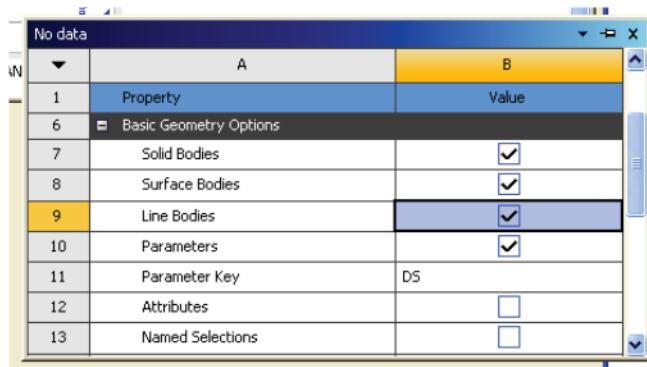


Sau khi chọn vật liệu là Structural Steel thì quay lại môi trường Project Schematic (chọn vào biểu tượng  Return to Project trên góc phải của cửa sổ màn hình).

Vì phần mềm đã mặc định vật liệu là thép kết cấu nên có thể bỏ qua việc chọn lại vật liệu. Tuy nhiên đối với những bài toán sử dụng nhiều loại vật liệu khác nhau, không thể bỏ qua bước này mà phải chọn và tải về đầy đủ các loại vật liệu cần thiết.

### Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Trước khi xây dựng mô hình cho bài toán phải xác định phần tử mà phần mềm sẽ căn cứ để giải quyết bài toán, bằng cách nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Properties.

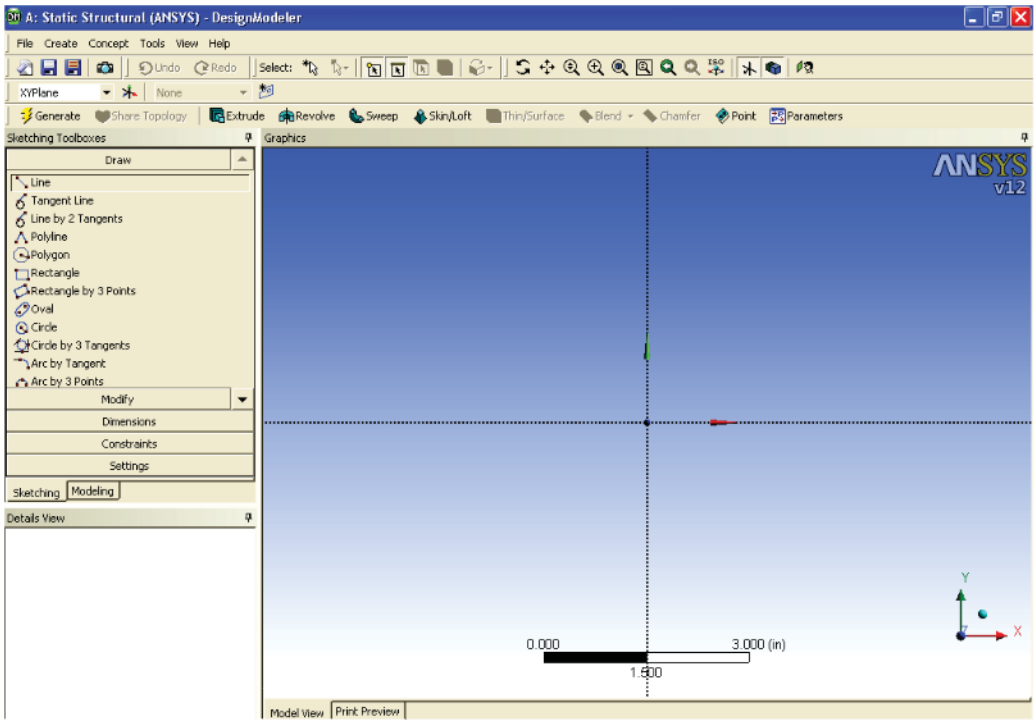


Sau khi hộp thoại trên xuất hiện, chọn phần tử Line Bodies bằng cách đánh dấu vào ô vuông bên phải của nó và đóng hộp thoại này.

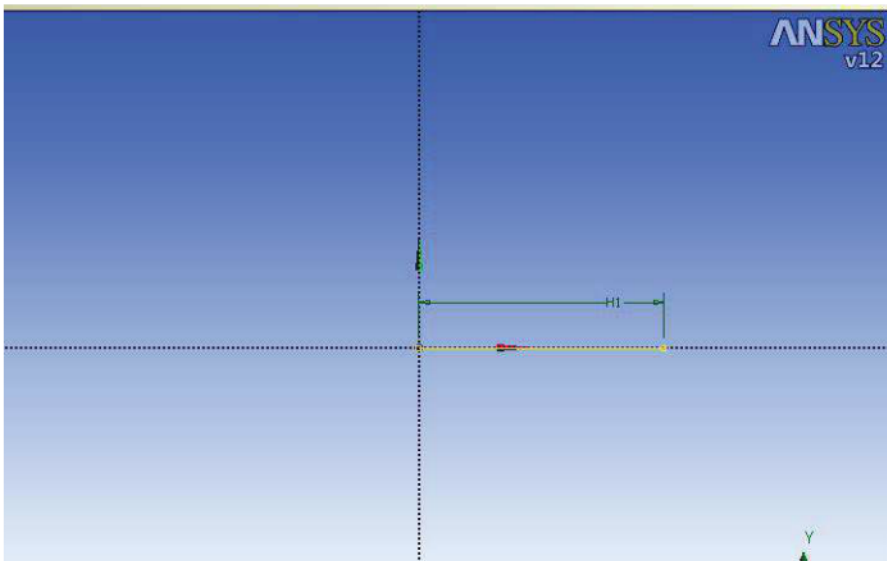
Nhấp đúp chuột vào ô Geometry, phần mềm sẽ xuất hiện môi trường mới. Đây là môi trường Design Modeler mà sẽ tiến hành tạo mô hình hình học cho bài toán. Trong môi trường này sẽ có hai thẻ: Sketching và Modeling.



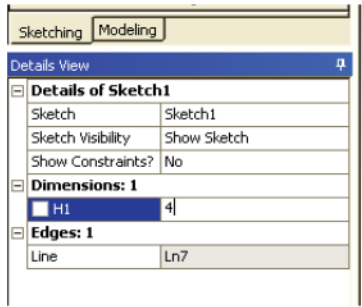
Tiến hành vào thẻ Sketching để xây dựng mô hình 2D cho bài toán. Chọn mặt phẳng vẽ là mặt XY bằng cách nhấp chuột trái vào chiều dương của véc tơ trục tọa độ Z, được mặt phẳng vẽ XY như hình:



Chọn lệnh vẽ đường thẳng bằng cách vào Draw → chọn Line và vẽ một đoạn thẳng xuất phát từ gốc tọa độ (không cần quan tâm tới chiều dài đoạn thẳng). Sau đó chọn Draw → Dimensions → Horizontal để định kích thước cho đoạn thẳng vừa vẽ.

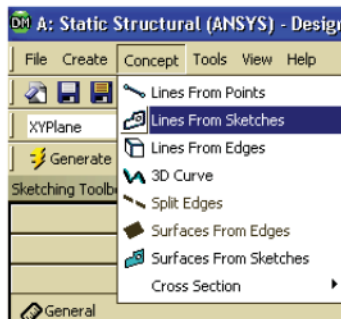


Phía dưới góc trái màn hình sẽ xuất hiện hộp thoại Details View. Sau đó vào Dimensions 1 và định giá trị chiều dài H1 là 4 inch.

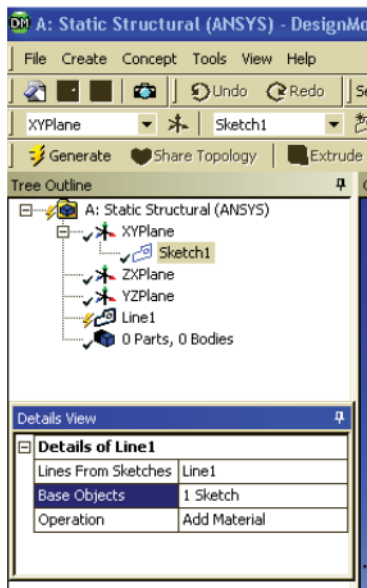



Sau khi thiết lập chiều dài cho đoạn thẳng, xem như đã hoàn thành xong công việc ở môi trường 2D. Tiếp theo xây dựng mô hình bài toán từ đoạn thẳng 2D vừa tạo ra.

Vào Concept → Lines From Sketches để định nghĩa cho mô hình từ đoạn thẳng tạo ra trong môi trường Sketching.

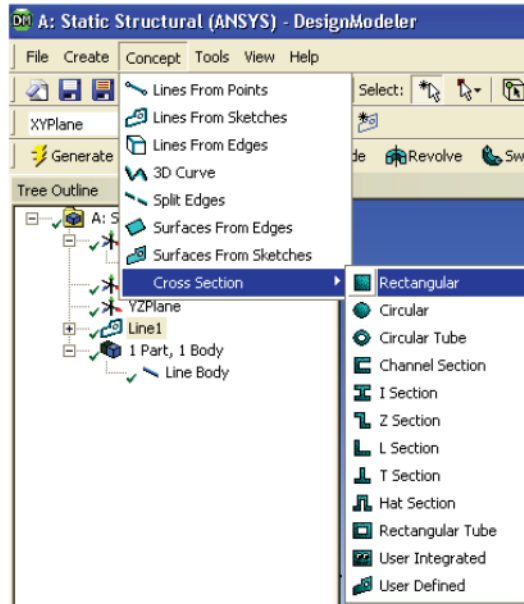


Trong Details View, ta thấy hộp thoại đang cần nhập Base Object, chọn Sketch1 trong Tree Outline, sau đó chọn Apply.

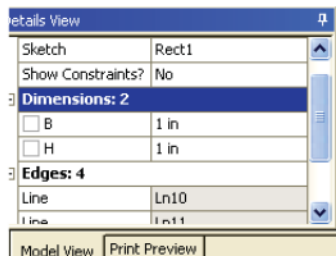


Sau khi chọn Sketch1 cho Base Object, nhấp chuột vào biểu tượng  Generate trên góc trái màn hình. Tới đây đã tạo xong phần tử Line Bodies cho bài toán. Tiếp theo xác định tiết diện.

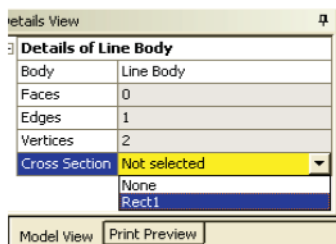
Chọn Concept → Cross Section → Rectangular để xác định tiết diện của dầm là hình chữ nhật.



Trong hộp thoại Details View, nhập hai kích thước chiều dài và chiều rộng. Đối với bài này, tiết diện là hình vuông nên nhập thông số cho chiều dài B và chiều rộng H đều là 1 inch.



Tiếp theo phải xác nhận tiết diện vừa tạo ra là mặt cắt của dầm nên chọn Line Body trong Tree Outline. Trong hộp thoại Details View\Details of Line Body\Cross Section ta chọn Rect1.

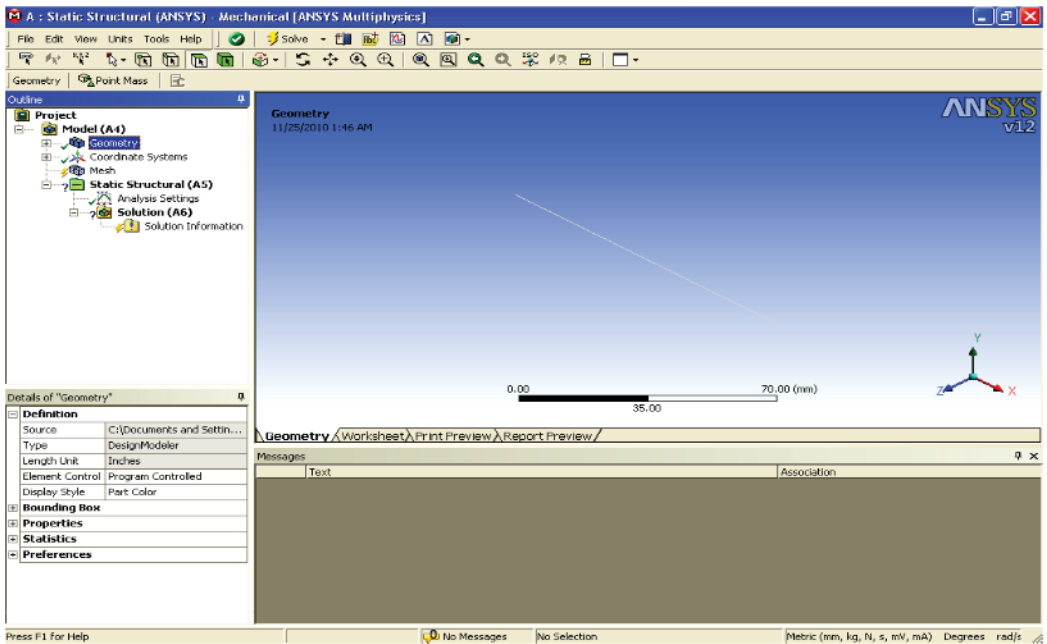


Như vậy chúng ta đã xây dựng xong mô hình hình học cho bài toán. Chúng ta có thể đóng cửa sổ Design Modeler lại mà không cần quan tâm đã lưu lại hay chưa vì phần mềm sẽ tự động lấy mô hình hình học vừa tạo ra cho các bước tiếp theo của bài toán.

#### Bước 4: Chia lưới

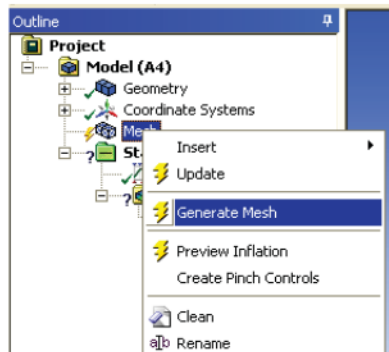
Vào lại môi trường Workbench, nhấp đúp chuột vào ô Model thì môi trường mới sẽ xuất hiện, đó là môi trường Mechanical. Các bước tiếp theo của bài toán đều thực hiện trong môi trường này.

Môi trường mới sẽ có giao diện như sau:



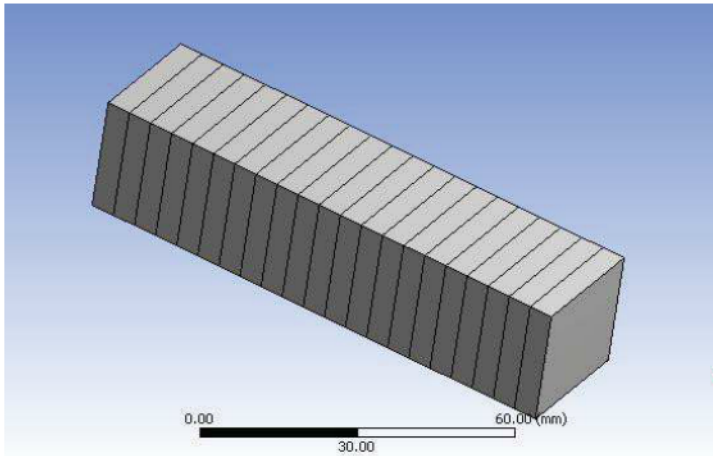
Các bước còn lại của bài toán đều được thể hiện ở hộp thoại Tree Outline xuất hiện ở góc trên bên trái màn hình. Ta phải lần lượt hoàn thành các bước theo tuần tự từ trên xuống.

Đầu tiên tiến hành chia lưới phần tử, chia lưới theo mặc định: Nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh.



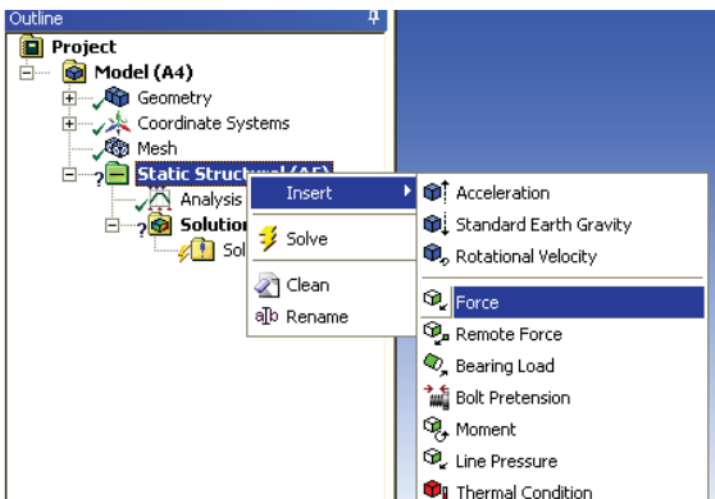



Sau khi chia lưới đậm sẽ có hình ảnh như sau:



### Bước 5: Đặt tải trọng và các ràng buộc lên dầm

Đặt lực tại một đầu của dầm: Nhấp chuột phải vào Static Structural (A5) → chọn Insert → chọn Force.



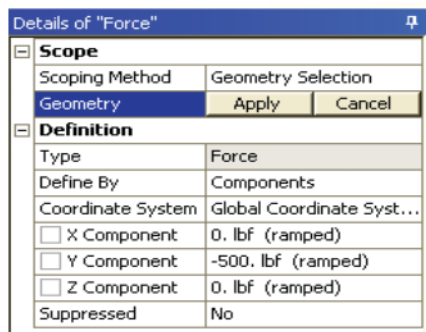
Chọn biểu tượng  xuất hiện phía trên màn hình để chọn điểm. Sau đó chọn điểm cuối trên một đầu của dầm.

Trong hộp thoại Details of Force → chọn Scope → Geometry → Apply.

Trong hộp thoại Definition → chọn Define By → Component.

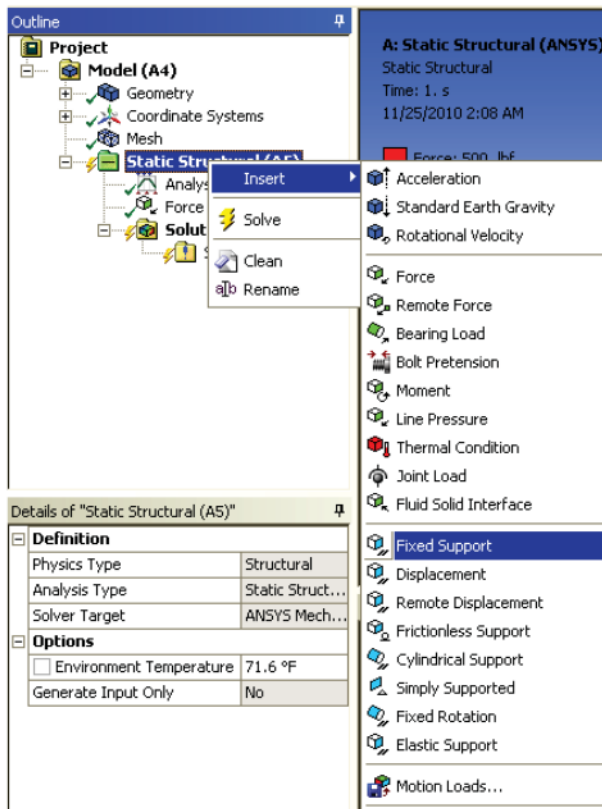
Đặt Y Component = -500 lbf và giá trị 0 cho X Component và Z Component.





Tiếp theo đặt ràng buộc cho dầm:

Nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → chọn Fix Support.



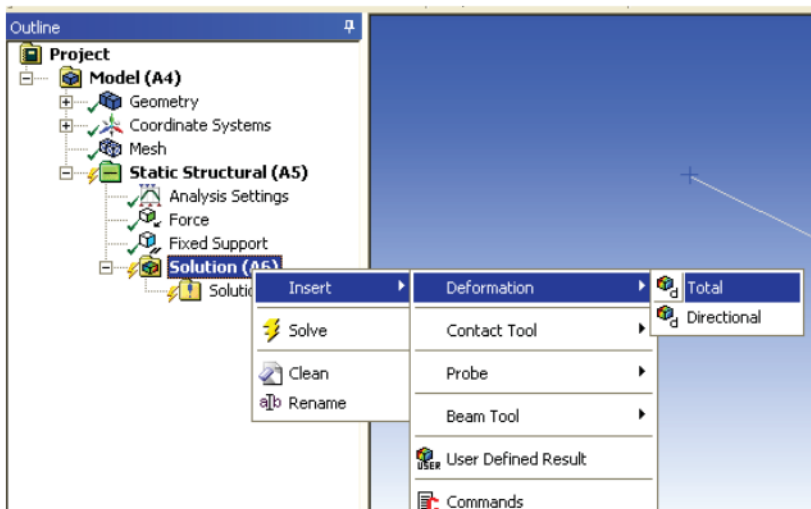
Chọn điểm đầu còn lại của dầm và sau đó chọn Apply trong Details of "Fix Support" \ Geometry.

Như vậy ta đã tiến hành đặt tải và các điều kiện biên cho bài toán. Tiếp theo là xử lý và xem kết quả tính toán của phần mềm.

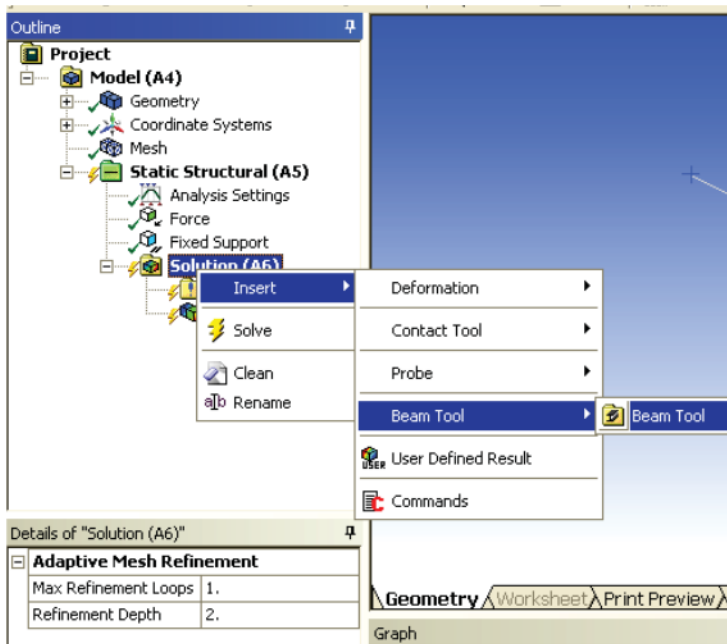
### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

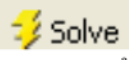
Nhấp chuột phải lên dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để xem kết quả biến dạng tổng của dầm.





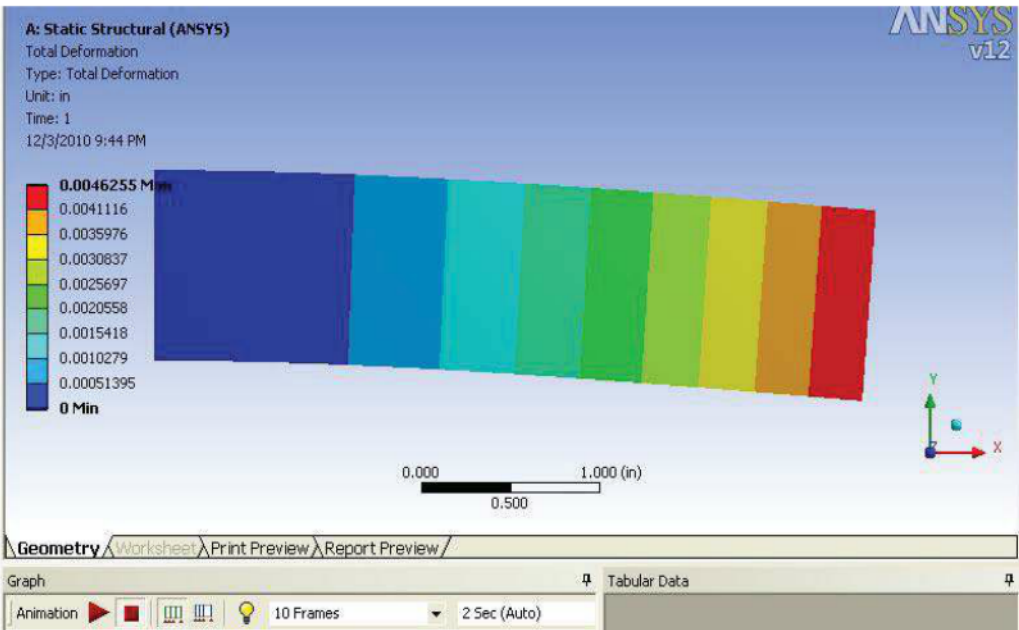
Nhấp chuột phải lên dòng Solution (A6) → chọn Insert → Beam Tool → Beam Tool để xem ứng suất xuất hiện trong dầm.



Sau đó chọn lệnh Solve từ biểu tượng  Solve trên thanh công cụ để phần mềm tiến hành giải (máy tính cần vài phút để xử lý).

+ Hiện thị chuyển vị bằng cách chọn Solution → Total Deformation.

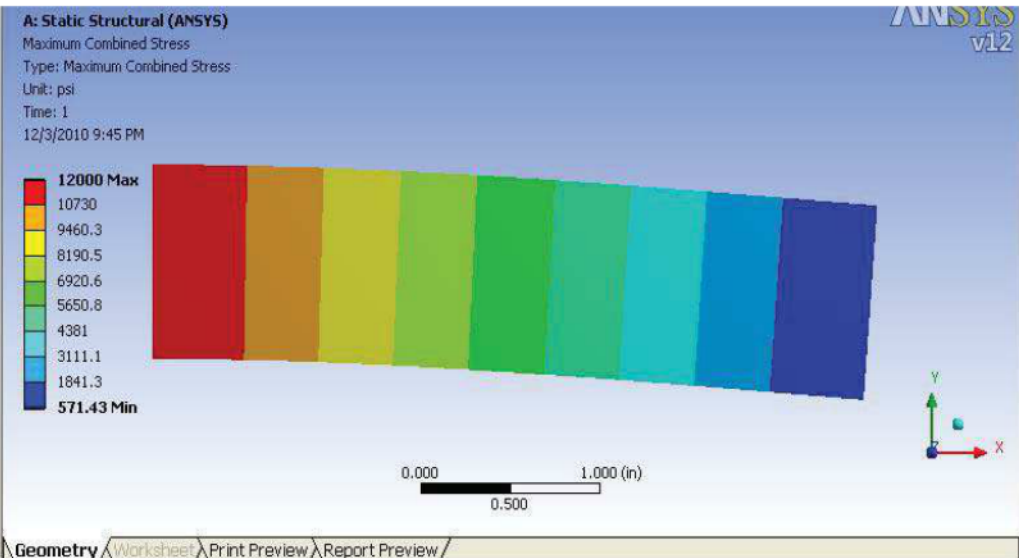
Kết quả chuyển vị lớn nhất với bài toán này là: 0.004625 in.




Ta thấy chuyển vị của dầm sẽ nhỏ dần từ điểm tác dụng lực tới điểm đặt ràng buộc cố định và phần mềm thể hiện điều này bằng những màu tượng trưng cho giá trị ứng với mỗi điểm trên dầm.

+ Hiện thị ứng suất của dầm: Chọn Solution → Beam Tool → Maximum Combined Stress.

Kết quả ứng suất lớn nhất là 12000 psi.



Tương tự như những phần trước, ta có thể xem kết quả chuyển vị và ứng suất lớn nhất, nhỏ nhất hay giá trị ở bất kỳ vị trí nào trên chi tiết bằng cách sử dụng ba nút lệnh: 

✓ **Giải bài toán trên bằng phương pháp tính toán:**

Thép kết cấu có mô đun đàn hồi  $E = 29007557$  psi, hệ số Poisson  $\nu = 0.3$

Công thức tính chuyển vị:  $\delta = \frac{PL^3}{3EI} + \frac{6PL}{5AG}$

Trong đó:  $G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{29007557}{2(1+0.3)} = 11156753 \text{ psi}$

Chuyển vị có giá trị:

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI} + \frac{6PL}{5AG} = \frac{(500\text{lb})(4\text{in})^3}{(3(29007557\text{psi})) \frac{(1\text{in})(1\text{in})^3}{12}} + \frac{6(500\text{lb})(4\text{in})}{5(1\text{in}^2)(11156753\text{psi})} = 0.004627\text{in.}$$

Ứng suất có giá trị:

$$\sigma = \frac{M_c}{I} = \frac{(500\text{lb})(4\text{in})(0.5\text{in})}{\frac{(1\text{in})(1\text{in})^3}{12}} = 12000\text{psi}$$

Kết quả chuyển vị giữa hai phương pháp tính toán và mô phỏng như sau:

Tính toán: 0.004627 in.

Mô phỏng ANSYS: 0.004625 in.

Kết quả ứng suất giữa hai phương pháp tính toán và mô phỏng như sau:

Tính toán: 12000 psi.

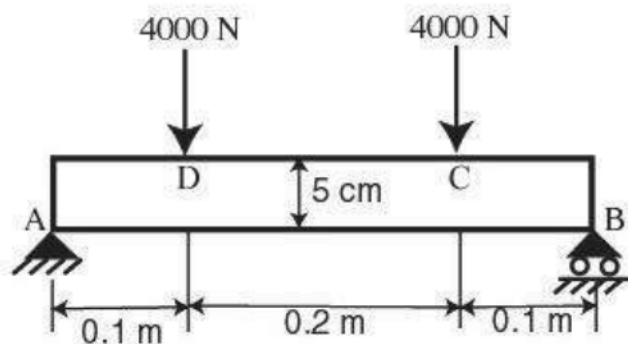
Mô phỏng ANSYS: 12000 psi.

Như vậy kết quả giữa phương pháp tính toán và phần mềm ANSYS là gần như nhau. Sử dụng phương pháp tính toán chỉ tính được ở một vị trí nhất định, còn mô phỏng bằng ANSYS ta có thể phân tích ở mọi điểm. Qua đó ta thấy được sự tiện lợi và chính xác của phần mềm ANSYS và lợi ích của phần mềm đem lại. Chỉ cần ta đặt các giá trị đúng thì giá trị kết quả đưa ra là hoàn toàn chính xác.

### 3.2. BÀI TOÁN 3.2 – LINE BODIES

Dầm với tải và ràng buộc như hình 3.2.



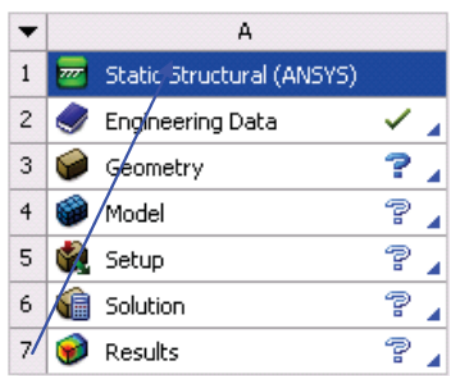
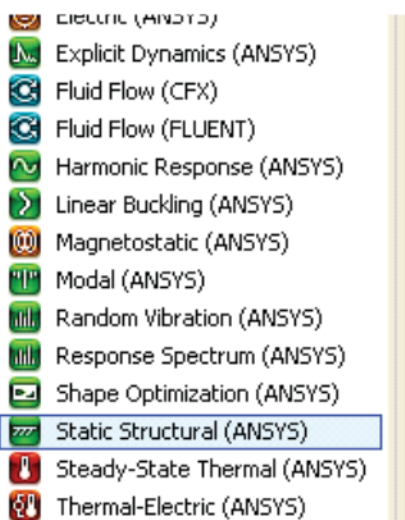


**Hình 3.2**

Dầm có kích thước  $0.4 \times 0.05 \times 1$  (m). Dầm tựa lên gối cố định ở đầu A và gối di động ở đầu B. Tải trọng 4000N đặt tại các vị trí C và D. Vật liệu của dầm là thép kết cấu (Structural Steel) với mô đun đàn hồi  $E = 73$  GPa, hệ số Poisson  $\nu = 0.3$ . Tìm chuyển vị và ứng suất trong dầm bằng phần mềm ANSYS 12.

### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Chọn mô đun giải bài toán là Static Structural (phân tích tĩnh).



Static Structural (ANSYS)

### Bước 2: Thiết lập thông số vật liệu cho bài toán

Phần mềm mặc định vật liệu là Structural Steel, ta vẫn sử dụng vật liệu này nhưng sẽ thay đổi thông số mô đun đàn hồi  $E$  và hệ số Poisson  $\nu$  theo đúng yêu cầu của bài toán.

Nhấp đúp chuột vào ô Engineering Data, xuất hiện hộp thoại Outline Filter. Vào hộp thoại này và chọn ô Engineering Data (A2).




	A	B	C	D
1	Data Source		Location	Description
2	Engineering Data		A2	Contents filtered for Static Structural (ANSYS).
3	General Materials	<input type="checkbox"/>		General use material samples for use in various analyse
4	General Non-linear Materials	<input type="checkbox"/>		General use material samples for use in non-linear analy
5	Explicit Materials	<input type="checkbox"/>		Material samples for use in an explicit analysis.
6	Hyperelastic Materials	<input type="checkbox"/>		Material stress-strain data samples for curve fitting.
7	Magnetic B-H Curves	<input type="checkbox"/>		B-H Curve samples specific for use in a magnetic analys
8	Favorites			Quick access list and default items

Sau khi xuất hiện “Outline of Schematic A2: Structural Steel”, chọn vật liệu Structural Steel (nếu thao tác không làm xuất hiện “Outline of Schematic A2: Structural Steel” thì ta vào View → chọn Outline thì hộp thoại trên cũng sẽ xuất hiện).

	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data		B S..	Description
2	Material			
3	Structural Steel	<input type="checkbox"/>		Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
*	Click here to add a new material			
6	Hyperelastic Materials	<input type="checkbox"/>		Material stress-strain data samples for curve fitting.
7	Magnetic B-H Curves	<input type="checkbox"/>		B-H Curve samples specific for use in a magnetic analy
8	Favorites			Quick access list and default items

Tiếp theo vào View → chọn Properties sẽ xuất hiện “Properties of Outline Row 3: Structural Steel”. Chọn Property → Isotropic Elasticity ta tiến hành thay đổi mô đun đàn hồi (Young’s Modulus)  $E = 7.3E+10$  và hệ số Poisson (Poisson’s Ratio)  $\nu = 0.3$ .

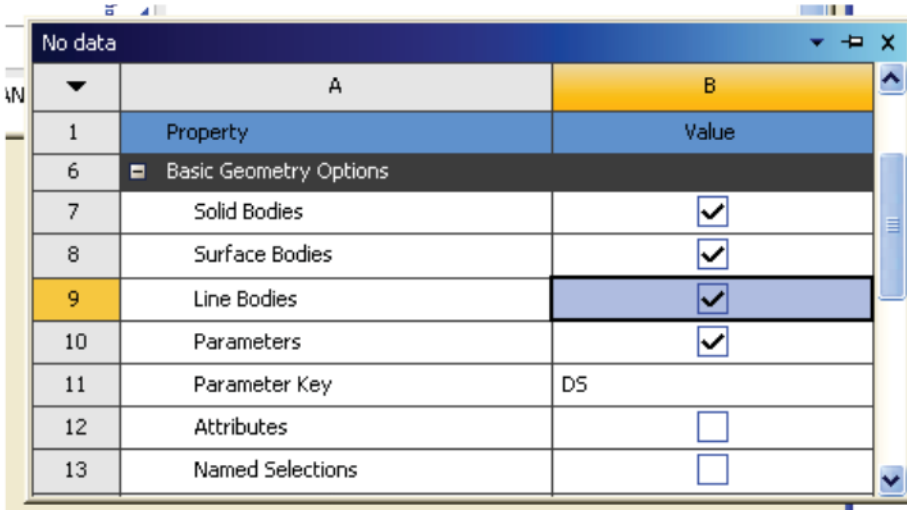
	A	B	C	D
1	Property	Value	Unit	
2	Density	7850	kg m <sup>-3</sup>	
3	Coefficient of Thermal Expansion			
6	Isotropic Elasticity			
7	Young’s Modulus	7.3E+10	Pa	
8	Poisson’s Ratio	0.3		
9	Alternating Stress Mean Stress	Tabular		
13	Strain-Life Parameters			

Sau khi thiết lập xong các thông số, quay lại môi trường Project Schematic bằng cách nhấp chuột vào biểu tượng  Return to Project trên góc phải màn hình.

Như vậy ta đã tiến hành thiết lập thông số vật lý mới cho vật liệu trong thư viện vật liệu có sẵn của phần mềm phù hợp với yêu cầu của bài toán.

### Bước 3: Xây dựng mô hình hình học cho bài toán

Trước khi xây dựng mô hình cho bài toán ta phải xác định phần tử mà phần mềm sẽ căn cứ để giải quyết bài toán. Nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Properties...



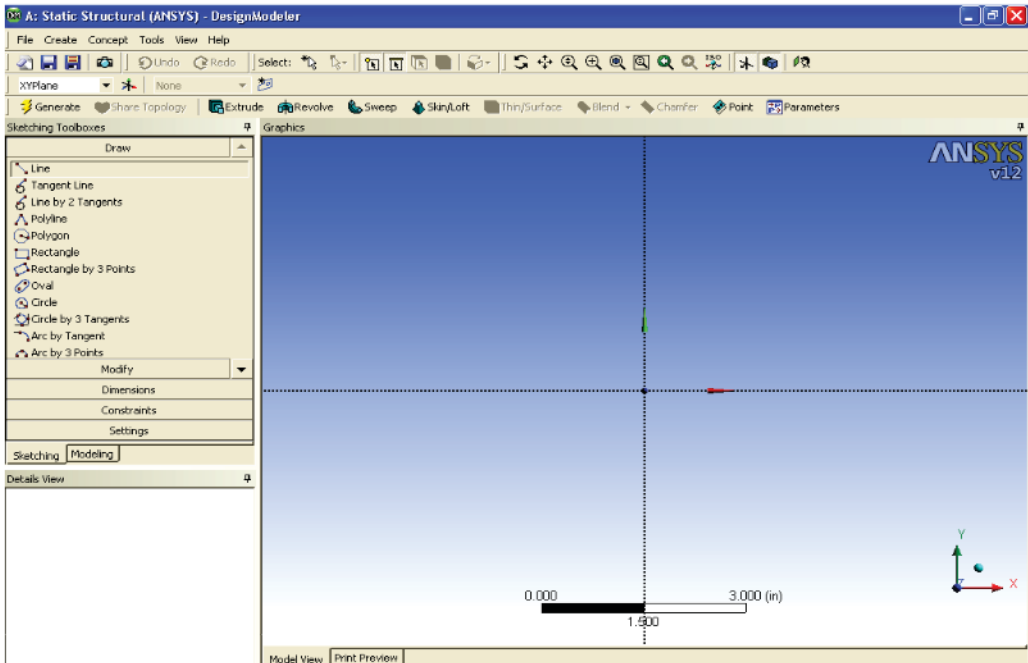
Sau khi hộp thoại trên xuất hiện, vào Basic Geometry Options và chọn phần tử Line Bodies bằng cách đánh dấu vào ô vuông bên phải của nó và sau đó đóng hộp thoại.

Nhấp đúp chuột vào ô Geometry trong hệ thống Static Structural ở môi trường Workbench, môi trường Design Modeler sẽ xuất hiện. Tiến hành xây dựng mô hình hình học cho bài toán trong môi trường này.

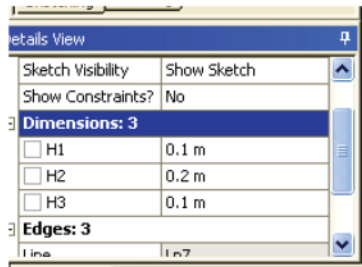
Trong môi trường Design Modeler có hai thẻ Sketching và Modeling cho phép xây dựng mô hình 2D và 3D. Vào thẻ Sketching để xây dựng mô hình 2D cho bài toán. Chọn mặt phẳng vẽ là mặt XY, nhấp chuột trái vào chiều dương của véc tơ trục tọa độ Z được mặt phẳng vẽ XY như hình sau:



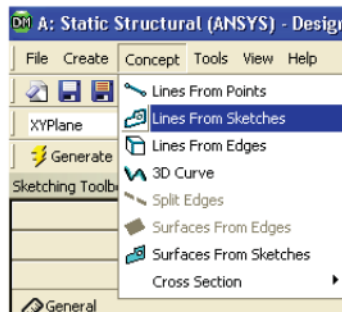




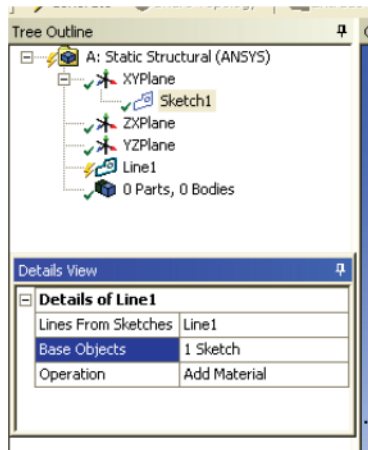
Chọn lệnh vẽ đường thẳng Draw → Line và tiến hành vẽ ba đoạn thẳng kế tiếp nhau xuất phát từ gốc tọa độ (không cần quan tâm tới chiều dài đoạn thẳng). Vào Draw → Dimensions → Horizontal để định kích thước cho ba đoạn thẳng vừa vẽ. Phía dưới góc trái màn hình sẽ xuất hiện hộp thoại Details View. Vào Dimensions 3 và định giá trị chiều dài H1 là 0.1m; H2 là 0.2 m; H3 là 0.1 m.




Tiếp theo xây dựng thành mô hình bài toán từ đoạn thẳng 2D vừa tạo. Vào Concept → Lines From Sketches để định nghĩa cho mô hình từ đoạn thẳng tạo ra trong môi trường Sketching.



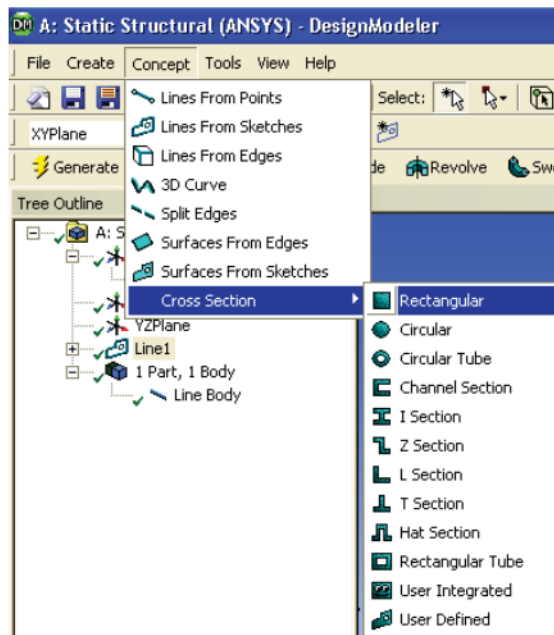
Trong Details View ta thấy hộp thoại đang cần nhập Base Object, chọn Sketch1 trong Tree Outline\XYPlane, sau đó chọn Apply.



Sau khi chọn Sketch1 cho Base Object ta nhấp vào biểu tượng  Generate trên góc trái màn hình. Tới đây ta đã tạo xong phần tử Line Bodies cho bài toán.

Tiếp theo ta xác định tiết diện:

Vào Concept → Cross Section → Rectangular để xác định tiết diện của dầm này là hình chữ nhật.

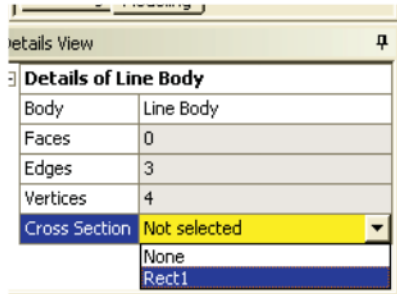


Trong hộp thoại Details View, nhập hai kích thước chiều dài và chiều rộng. Đối với bài này có tiết diện hình chữ nhật với chiều dài  $B = 0.05$  m và chiều rộng  $H = 1$  m.



Tiếp theo, phải xác nhận tiết diện vừa tạo ra là mặt cắt của dầm nên ta chọn Line Body trong Tree Outline.

Trong hộp thoại Details View → Details of Line Body → Cross Section → chọn Rect1.

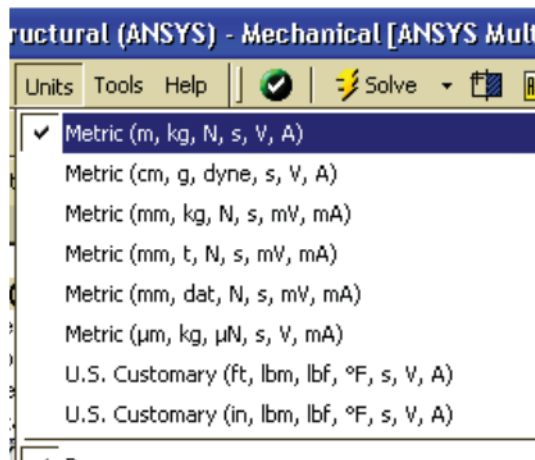


Tới đây ta đã xây dựng xong mô hình hình học cho bài toán nên có thể đóng cửa sổ Design Modeler.

#### Bước 4: Chia lưới

Vào môi trường Workbench và nhấp đúp chuột vào ô Model, môi trường mới sẽ xuất hiện là môi trường Mechanical. Các bước tiếp theo trong bài toán đều được thực hiện trong môi trường này.

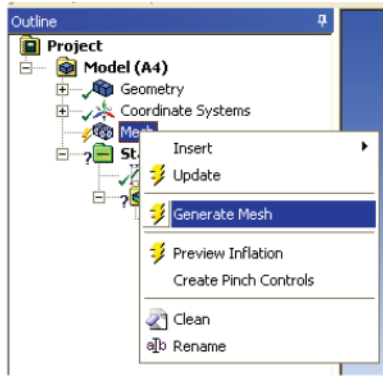
Trong môi trường mới, ta vào Unit → chọn hệ thống đơn vị Metric (m, kg, N, s, V, A) như hình sau:



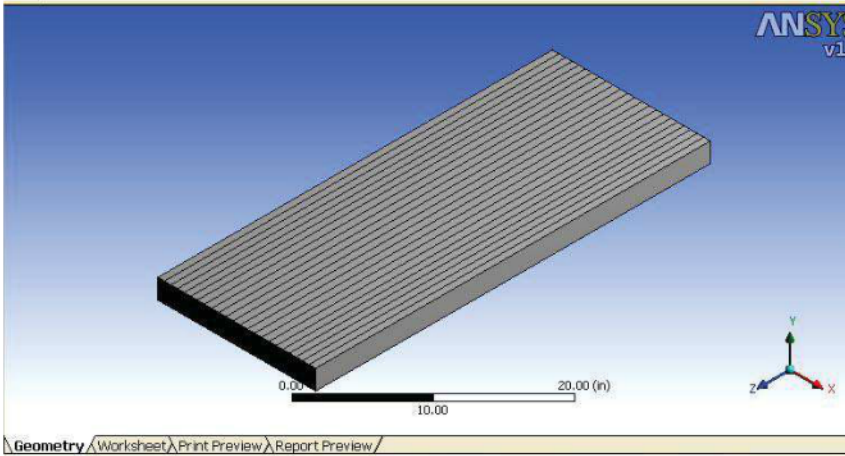
Các bước còn lại của bài toán đều được thể hiện ở hộp thoại Tree Outline xuất hiện góc trên bên trái màn hình và tiến hành thực hiện các bước theo tuần tự từ trên xuống.

Đầu tiên tiến hành chia lưới phần tử và chia lưới theo mặc định: Nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh.





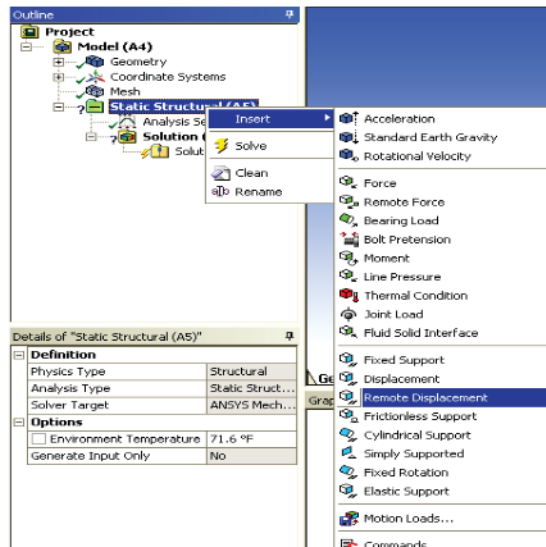
Sau khi chia lưới đậm sẽ có hình ảnh như sau:




### Bước 5: Đặt tải trọng và các ràng buộc lên dầm

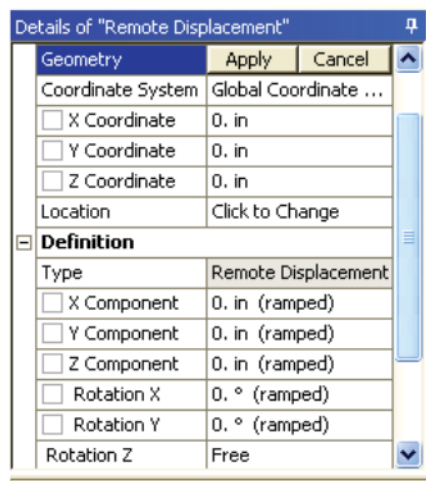
+ Đặt lên dầm các ràng buộc:

Dầm tựa lên gối tựa cố định tại đầu A. Nhấp chuột phải lên dòng Static Structural (A5) trong Outline → chọn Insert → Remote Displacement.

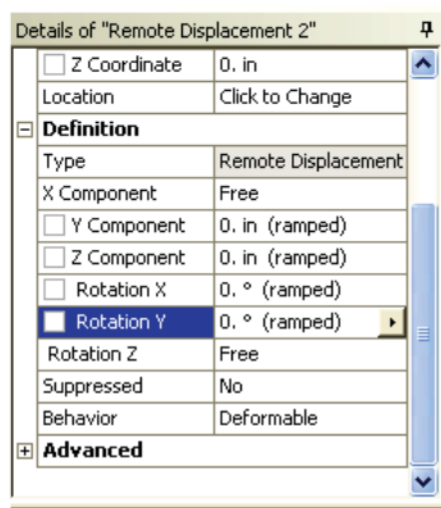


Sau đó chọn điểm A bằng cách lựa chọn biểu tượng  và chỉ vào điểm A trên dầm. Trong hộp thoại “Details of Remote Displacement” → chọn Scope → Geometry → Apply.

Trong Details of “Remote Displacement” → chọn Definition: Đặt giá trị bằng 0 cho các dòng X Component; Y Component; Z Component; Rotation X; Rotation Y; đặt “Free” cho Rotation Z.

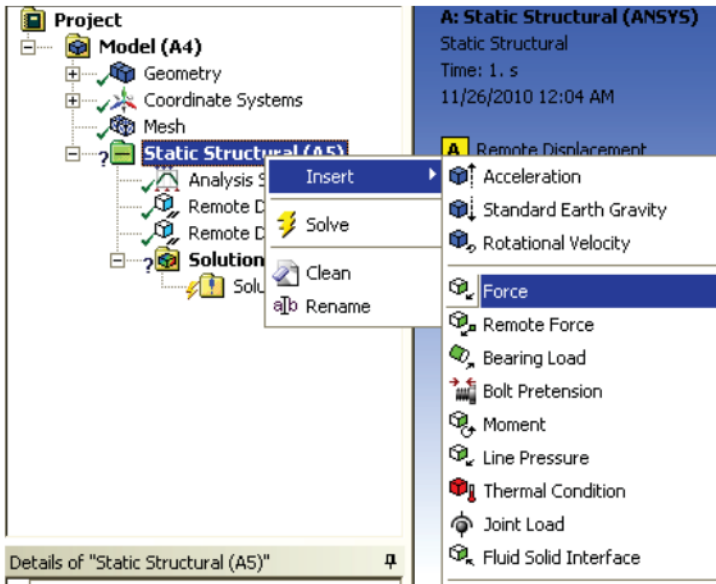



Lặp lại tương tự cho gối di động ở đầu B. Chỉ có điểm khác nhau là đặt giá trị bằng 0 cho các dòng Y Component; Z Component; Rotation X; Rotation Y; đặt “Free” cho X Component và Rotation Z.



Sau khi đặt các ràng buộc lên dầm ta tiến hành đặt lực: Nhấp chuột phải vào Static Structural (A5) → chọn Insert → Force.

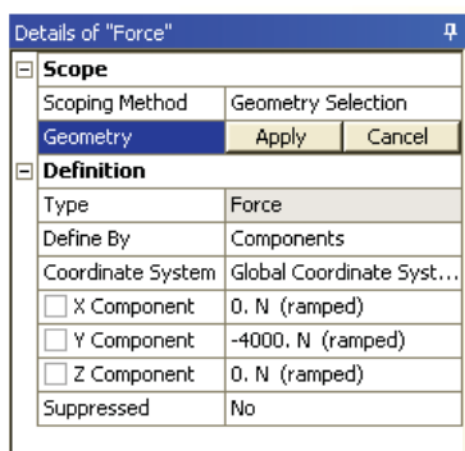




Sau đó chọn điểm C bằng cách lựa chọn biểu tượng  và chỉ vào điểm C trên dầm. Trong hộp thoại “Details of Force” → chọn Scope → Geometry → Apply.

Details of Force → chọn Definition → Define By: Components.

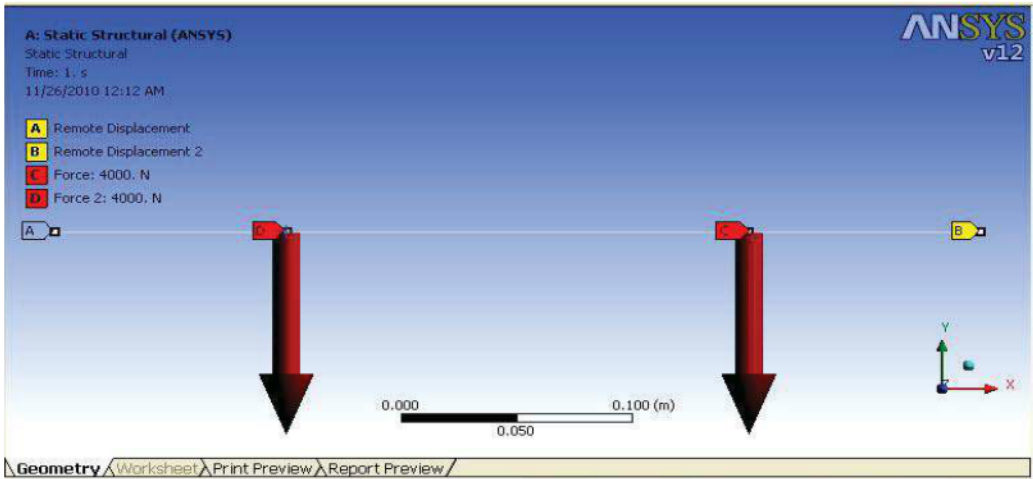
Details of Force → chọn Definition → Coordinate System: đặt Y Component = -4000 N.



Làm tương tự đối với điểm D.

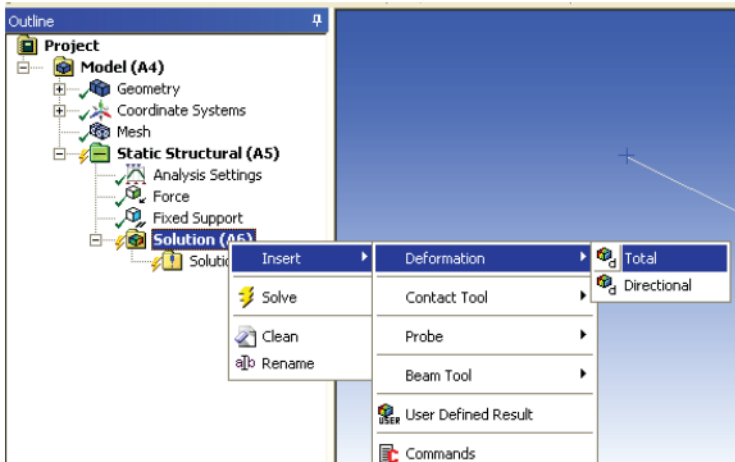
Để kiểm tra lại các tải và điều kiện biên vừa đặt ta nhấp chuột trái vào dòng Static Structural (A5) và chọn xem trong mặt phẳng XY. Phần mềm sẽ mô tả kết quả điều kiện biên và tải trọng vừa đặt lên dầm. Sau khi kiểm tra đúng với điều kiện bài toán ta chuyển sang các bước tiếp theo; và hình ảnh mô phỏng điều kiện bài toán như dưới đây:



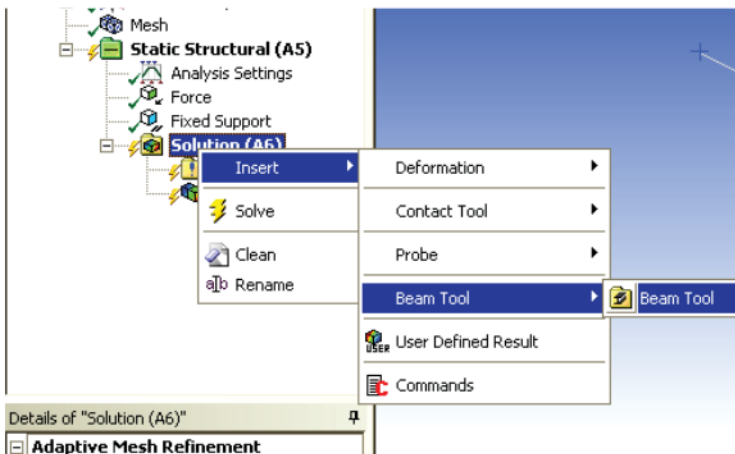


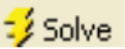
## Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để xem kết quả biến dạng tổng của dầm.

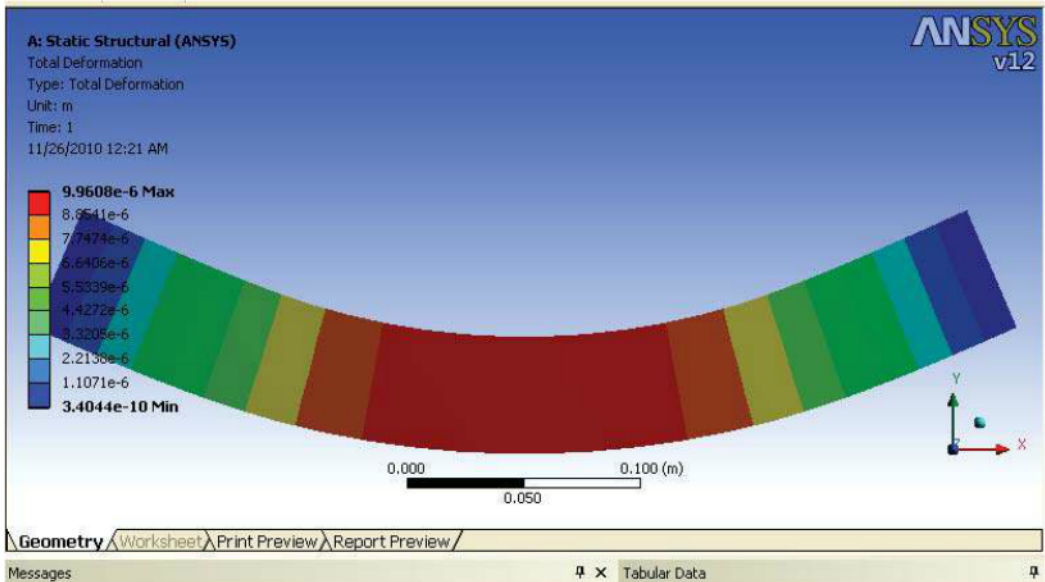


Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Beam Tool → Beam Tool để xem ứng suất xuất hiện trong dầm.

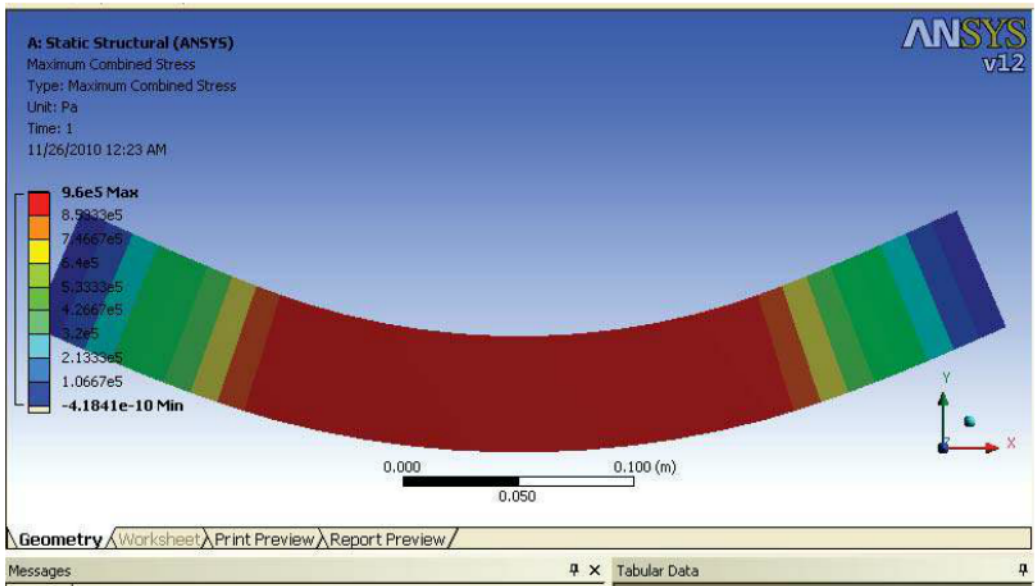


Sau đó chọn lệnh  Solve để phần mềm tiến hành giải với kết quả như sau:

Kết quả chuyển vị lớn nhất là  $9.9608 \times 10^{-6}$  m.



Kết quả ứng suất lớn nhất là  $9.6 \times 10^5$  Pa.



✓ **Giải bài toán bằng phương pháp tính toán:**

Ứng suất theo phương X xuất hiện trong dầm được tính theo công thức:  $\sigma = \frac{My}{I}$

Mô men lực  $M = 4000(0.1) = 400$  N.m





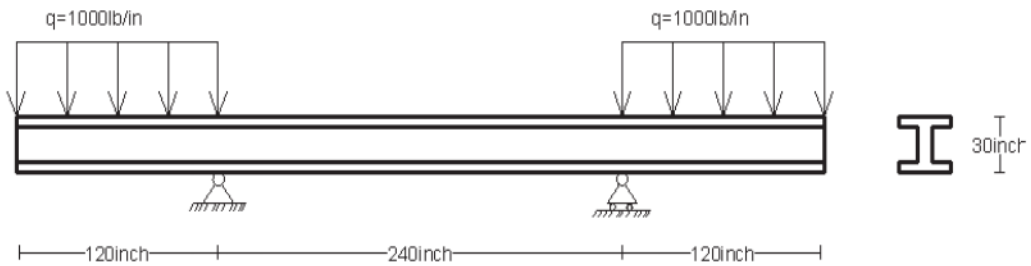
Mô men quán tính  $I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1(0.05^3)}{12} = 1.04 \times 10^{-5} m^4$ ;  $y = h/2 = 0.025 m$

Vậy ta có ứng suất  $\sigma = \frac{My}{I} = \frac{400(0.025)}{1.04 \times 10^{-5}} = 9.6 \times 10^5 Pa$

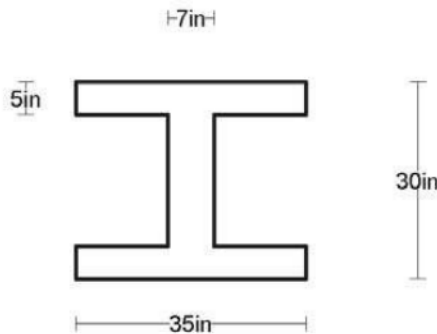
Kết quả tính toán hoàn toàn trùng khớp với kết quả mô phỏng.

### 3.3. BÀI TOÁN 3.3 – DẦM CHỮ I (LINE BODIES)

Làm bằng thép kết cấu, chịu tải trọng phân bố  $q = 1000 \text{ lb/in}$  tại các vị trí như hình 3.3 như sau:



Kích thước tiết diện mặt cắt:



**Hình 3.3**

Mục đích của bài toán là phân tích ứng suất trong dầm và độ võng của dầm.

#### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Chọn mô đun phân tích: Static Structural (phân tích tĩnh)

#### Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

Vật liệu đã mặc định là thép kết cấu nên bỏ qua bước chọn vật liệu, phần mềm sẽ tự áp đặt vật liệu thép kết cấu cho bài toán.

#### Bước 3: Xây dựng mô hình hình học (Geometry)



Trước khi xây dựng mô hình cho bài toán, ta phải xác định loại phần tử mà phần mềm sẽ căn cứ để giải quyết bài toán. Thực hiện bằng cách nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Properties...

No data		
	A	B
1	Property	Value
6	Basic Geometry Options	
7	Solid Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Surface Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Line Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Parameter Key	D5
12	Attributes	<input type="checkbox"/>
13	Named Selections	<input type="checkbox"/>

Sau khi hộp thoại trên xuất hiện, ta vào Property → Basic Geometry Options, chọn phần tử Line Bodies bằng cách đánh dấu vào ô vuông bên phải của nó và đóng hộp thoại này.

Nhấp đúp chuột vào ô Geometry trong môi trường Workbench, vào môi trường mới (Design Modeler) để xây dựng mô hình cho bài toán.

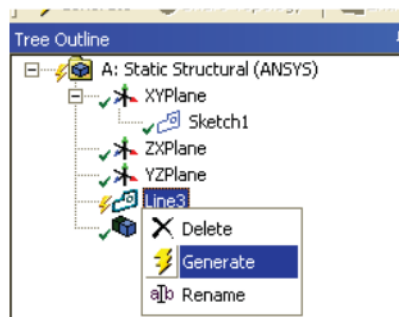
Chọn Sketching → Draw → Line để vẽ ba đoạn thẳng bất kỳ.

Chọn Sketching → Dimensions để xác định các kích thước cho ba đoạn thẳng:  $H1 = 120 \text{ in}$ ;  $H2 = 240 \text{ in}$ ;  $H3 = 120 \text{ in}$ .

Sau khi xác định ba đoạn thẳng, ta vào thẻ Modeling tạo dạng 3D cho dầm.

Chọn Concept → Line from Sketches:

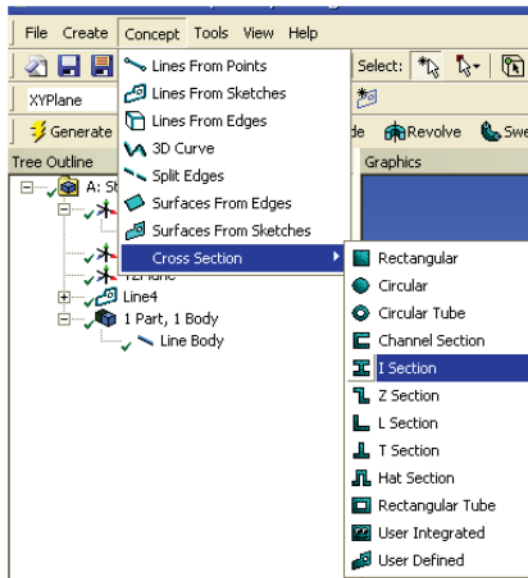
Chọn Details View → Details of Line → Base Object, chọn Sketch 1 trong XY plane và chọn Apply. Sau đó nhấp chuột phải lên dòng Line → chọn Generate.



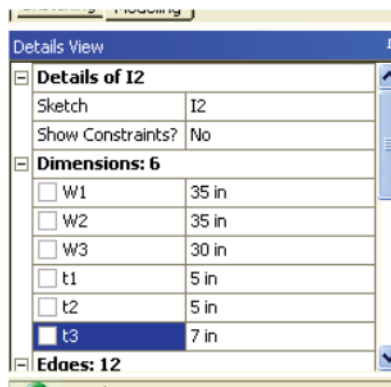
Sau khi tạo đường Line tiếp theo phải xác định hình dạng mặt cắt chữ I:

Chọn Concept → Cross Section → I Section.

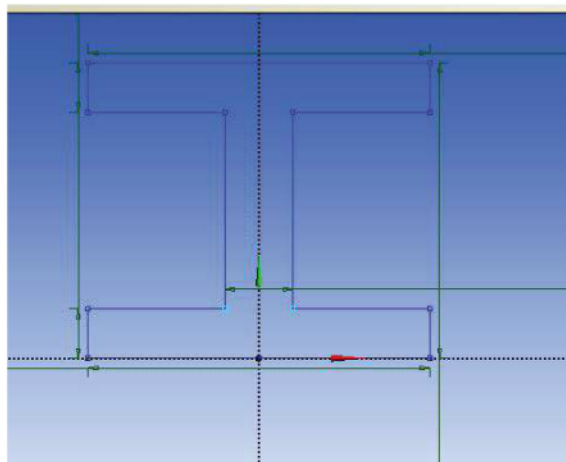




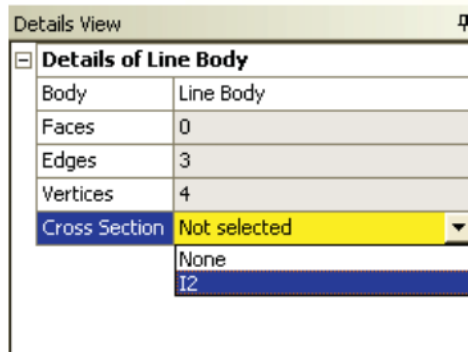
Trong Details View\Dimensions: nhập các kích thước mặt cắt theo như yêu cầu.



Ta được hình ảnh tiết diện chữ I như hình vẽ:



Tiếp theo phải xác nhận tiết diện vừa tạo ra là mặt cắt của dầm nên chọn Line Body trong Tree Outline. Trong hộp thoại Details View → chọn Details of Line Body → Cross Section → chọn I2.

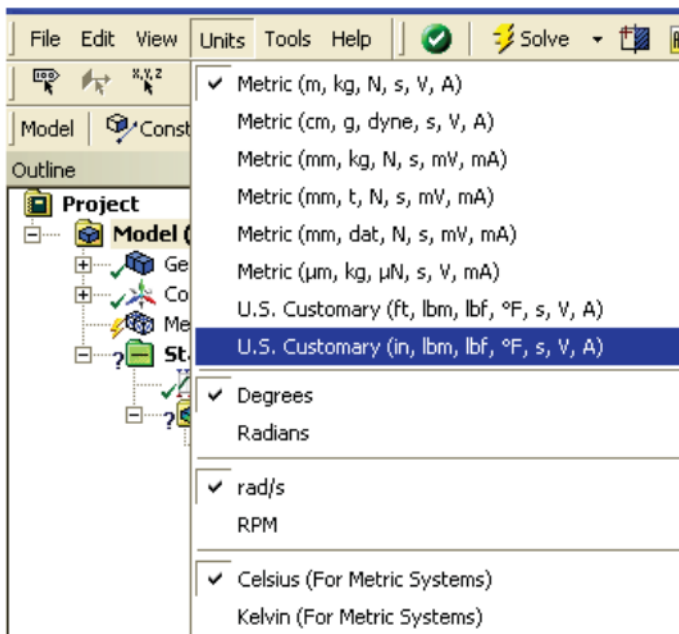


Như vậy, ta đã xây dựng xong mô hình hình học cho bài toán và có thể đóng cửa sổ Design Modeler hoặc chọn Minimize để thu nhỏ.

#### Bước 4: Chia lưới

Vào lại môi trường Workbench, nhấp đúp chuột vào ô Model để vào môi trường Mechanical.

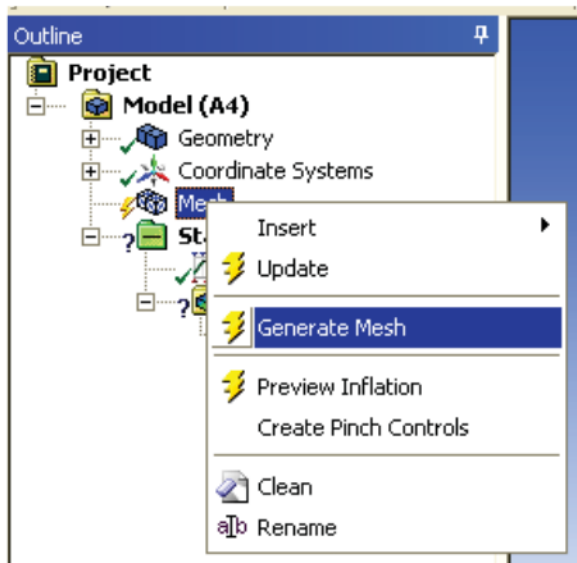
Xác định hệ đơn vị cho bài toán: chọn Unit → U.S Customary (in, lbm, °F, s, V, A).



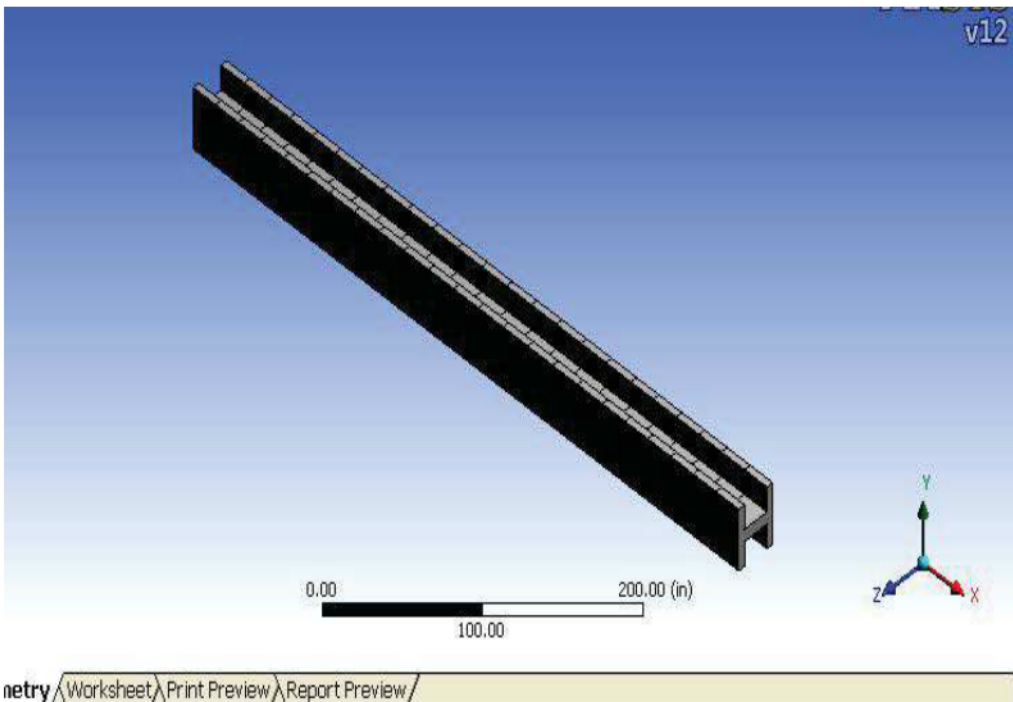
Tiến hành chia lưới phần tử:

Chia lưới theo mặc định: nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh.





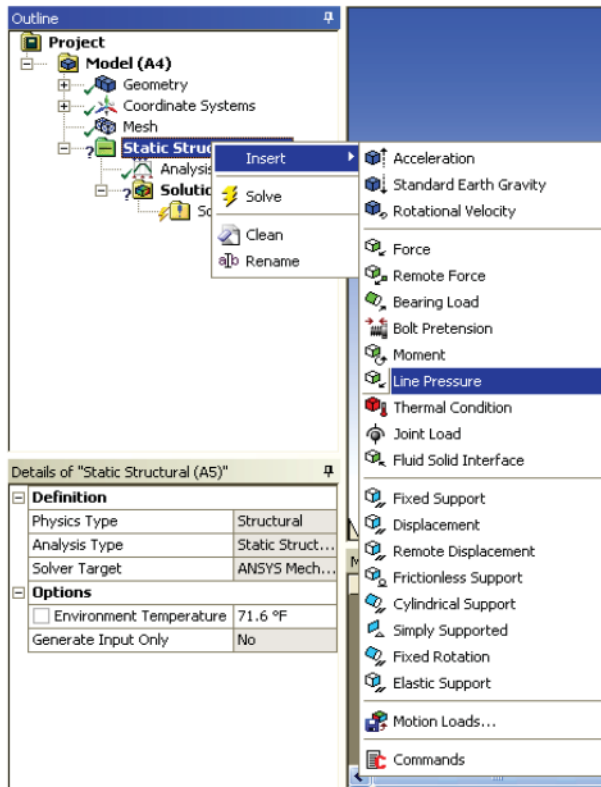
Sau khi chia lưới dầm có hình dạng sau:




### Bước 5: Đặt tải trọng và các ràng buộc lên dầm

+ Đặt tải trọng phân bố (Line Pressure) lên dầm chữ I.

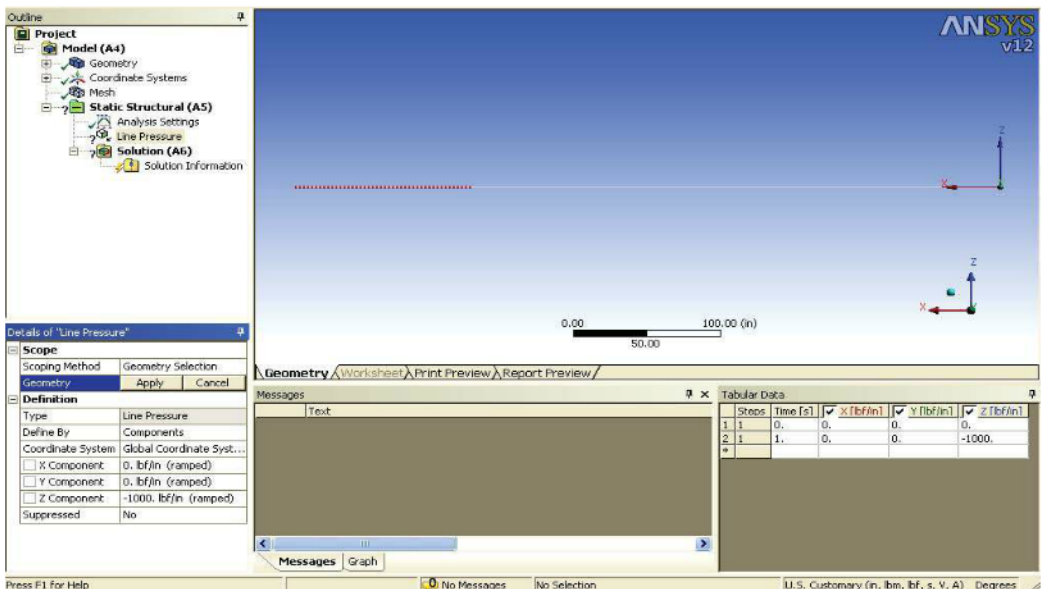
Nhấp chuột phải lên dòng Static Structural → chọn Insert → Line Pressure.



Chọn Details of Line Pressure → Scope → Geometry: chọn đoạn thẳng như trên hình (chọn biểu tượng  xuất hiện phía trên màn hình để chọn đối tượng là đường thẳng), sau đó chọn Apply.

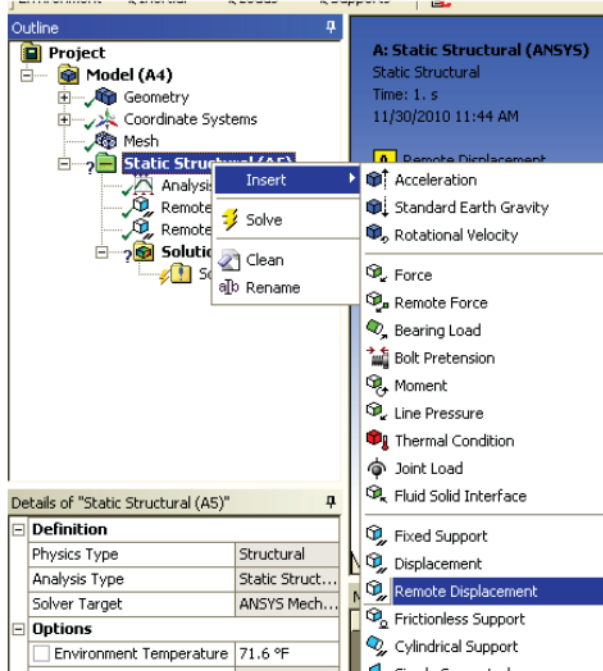
Details of Line Pressure → chọn Define By: Components.


Sau đó xác định giá trị của lực phân bố theo phương  $Z = -1000 \text{ lbf/in}$ .

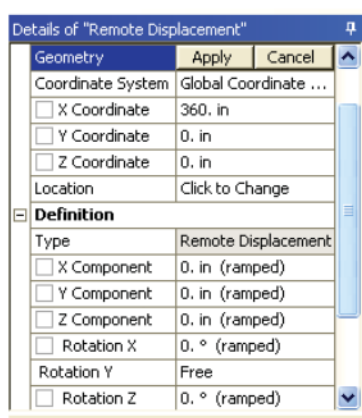


Lặp lại các bước trên cho tải trọng phân bố ở đoạn thẳng còn lại, chọn đoạn thẳng ở đầu còn lại của dầm và đặt giá trị theo phương  $Z = -1000 \text{ lbf/in}$  giống như ở đoạn thẳng đầu tiên.

Tiếp theo ta đặt ràng buộc lên dầm: nhấp chuột phải vào Static Structural (A5) → chọn Insert → Remote Displacement.



Trong Details of Remote Displacement/Geometry: Chọn điểm đặt gôì cố định (chọn biểu tượng  xuất hiện phía trên màn hình để chọn điểm) → Apply.

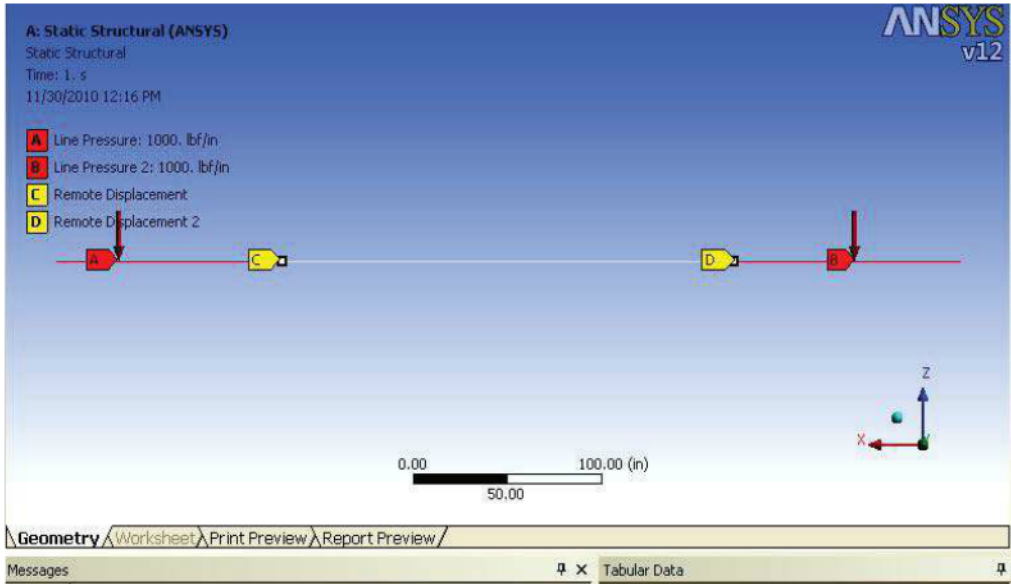


Trong Details of Remote Displacement/Definition:

Đặt giá trị bằng 0 cho X Component, Y Component, Z Component, Rotate X, Rotate Z; và đặt giá trị Free cho Rotate Y.

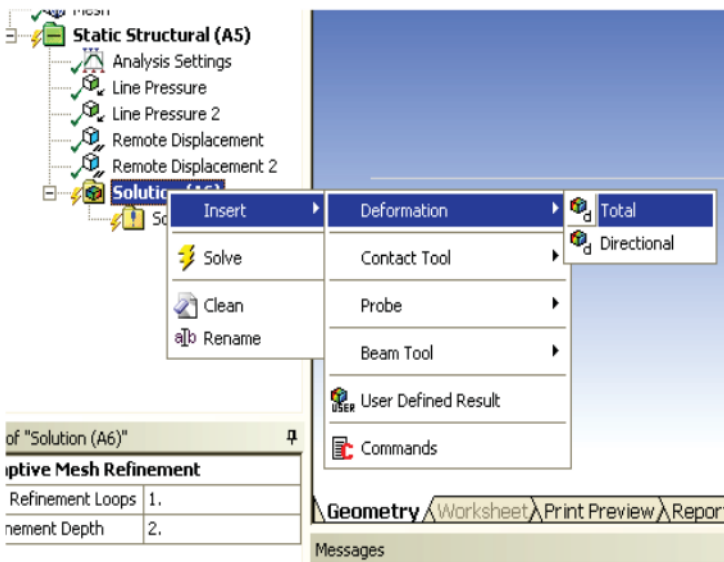
Làm tương tự bước trên cho ràng buộc ở gối tựa di động. Khi xác định các giá trị ta đặt giá trị bằng 0 cho Y Component, Z Component, Rotate X, Rotate Z; và đặt giá trị Free cho Rotate Y và X Component.

Sau khi đặt xong các tải trọng và ràng buộc, ta nhấp chuột vào Static Structural để xem hình ảnh mô phỏng.



### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

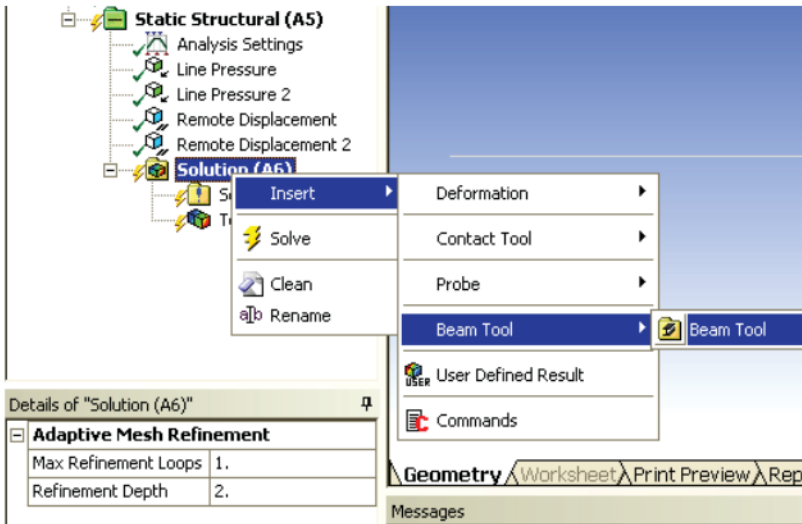
Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để khảo sát biến dạng tổng của dầm.




Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Beam Tool → Beam Tool để khảo sát ứng suất xuất hiện trong dầm.



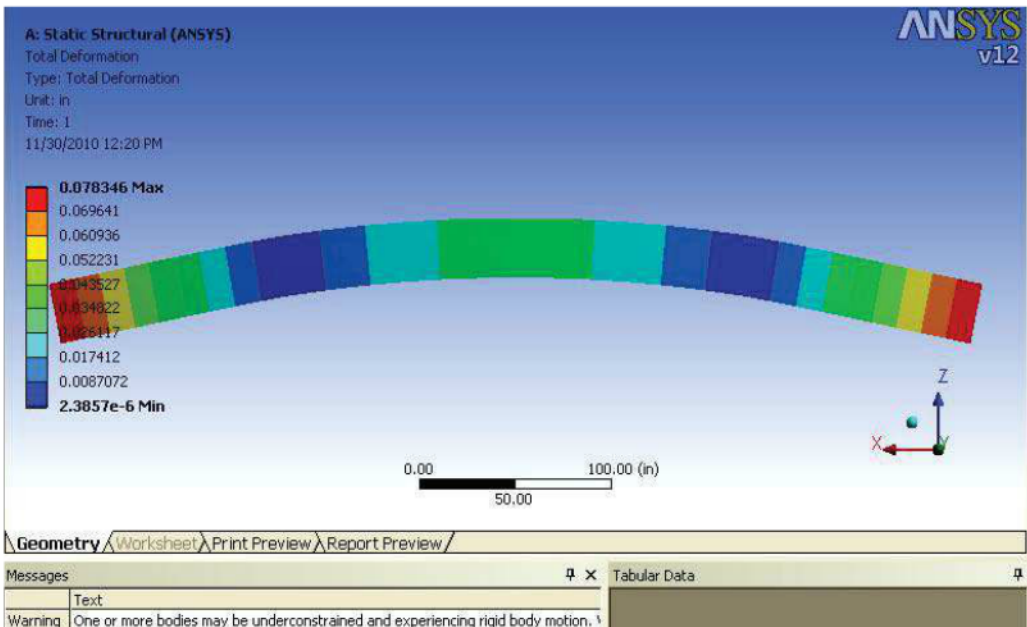




Sau đó chọn biểu tượng  Solve ở góc trên màn hình để giải bài toán.

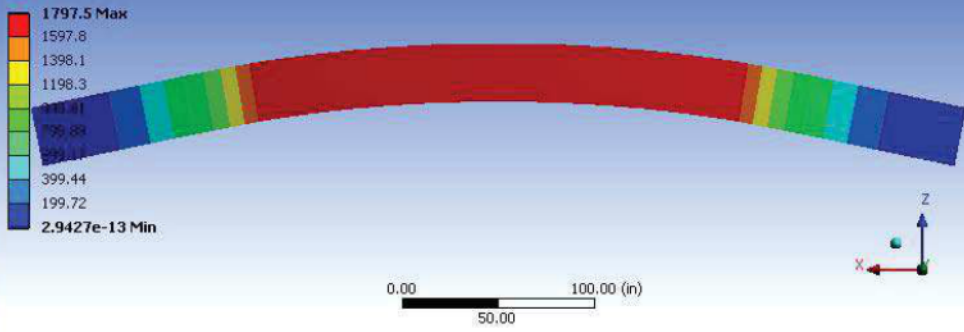
Sau khi xử lý xong phần mềm sẽ đưa ra kết quả như sau:

+ Chuyển vị: Chọn Total Deformation trong Solution và hình ảnh kết quả phân tích sẽ xuất hiện ở màn hình Graphics. Chuyển vị lớn nhất là 0.078346 in.



+ Ứng suất: Chọn Maximum Combined Stress trong Solution và hình ảnh kết quả phân tích sẽ xuất hiện ở màn hình Graphics. Ứng suất lớn nhất là 1797.5 psi.

A: Static Structural (ANSYS)  
Maximum Combined Stress  
Type: Maximum Combined Stress  
Unit: psi  
Time: 1  
11/30/2010 12:24 PM



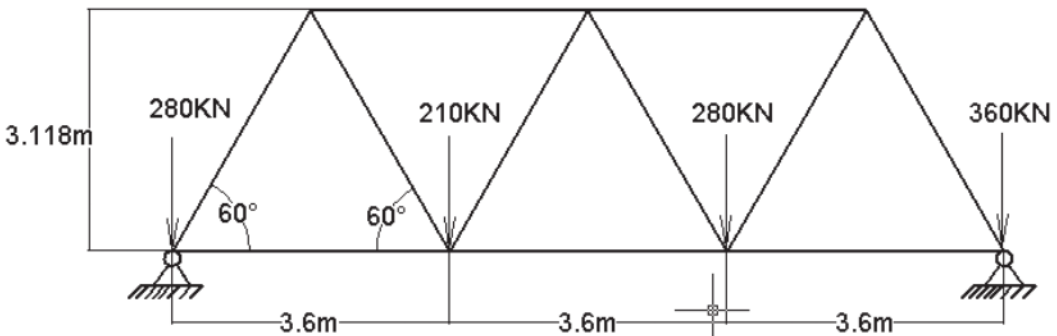
# Chương 4

## PHÂN TÍCH BÀI TOÁN

### HỆ THANH GIÀN – LINE BODIES

#### 4.1. BÀI TOÁN 4.1

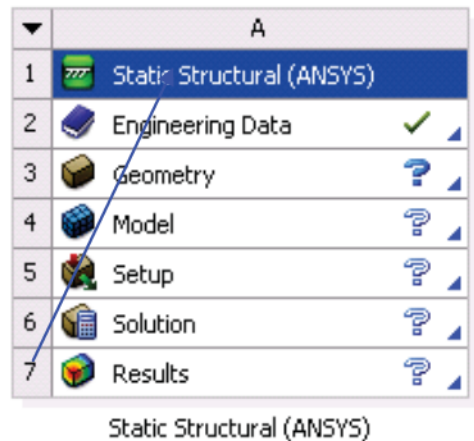
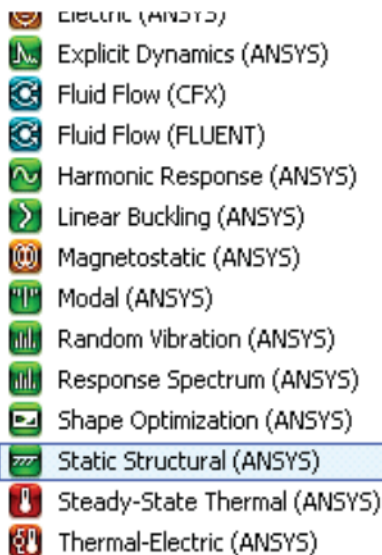
Cho hệ thanh giàn bằng thép kết cấu, chịu tải trọng và ràng buộc như hình 4.1. Thanh có tiết diện tròn với bán kính  $R = 0.01$  m. Sử dụng ANSYS 12 để phân tích ứng và chuyển vị của hệ khi có tải trọng.



Hình 4.1

#### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Chọn mô đun phân tích tĩnh: Static Structural.

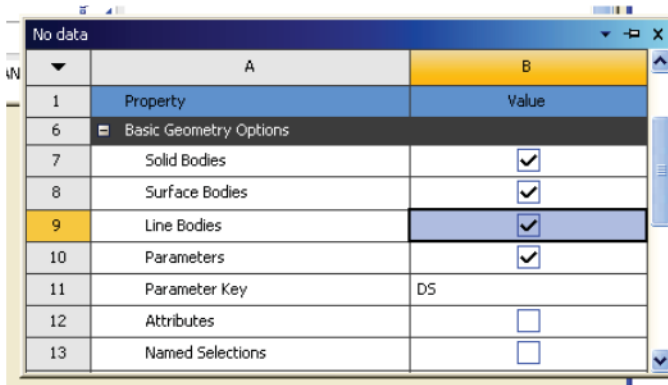


## Bước 2: Thiết lập vật liệu

Vật liệu của hệ thanh giàn là thép kết cấu, vì vậy ta chọn vật liệu theo mặc định là Structural Steel.

## Bước 3: Xây dựng mô hình hình học (Geometry)

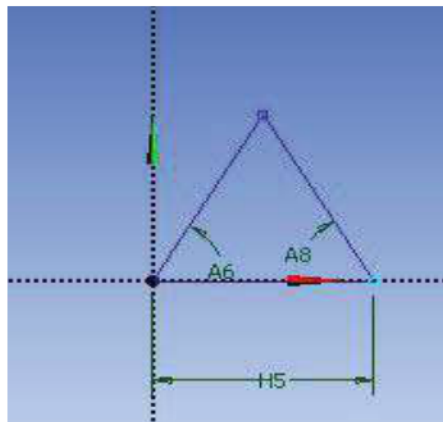
Trước khi xây dựng mô hình cho bài toán, ta xác định các phần tử được sử dụng trong bài toán. Nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Properties...



Sau khi hộp thoại trên xuất hiện, chọn phần tử Line Bodies bằng cách đánh dấu vào ô vuông bên phải của nó và đóng hộp thoại này.

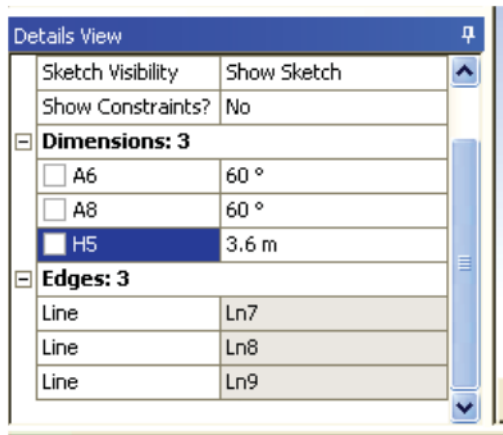
Nhấp đúp chuột vào ô Geometry, phần mềm sẽ xuất hiện môi trường mới là môi trường Design Modeler. Trong môi trường này ta sẽ tiến hành xây dựng mô hình hình học cho bài toán.

Vào thẻ Sketching, nhấp chuột vào chiều dương mũi tên trên trục tọa độ Z để chọn mặt phẳng vẽ là mặt phẳng XY. Chọn Sketching → Draw → Line để vẽ các đoạn thẳng, sau đó vào Sketching → chọn Dimensions để định các kích thước chiều dài và các góc cho hình vẽ.



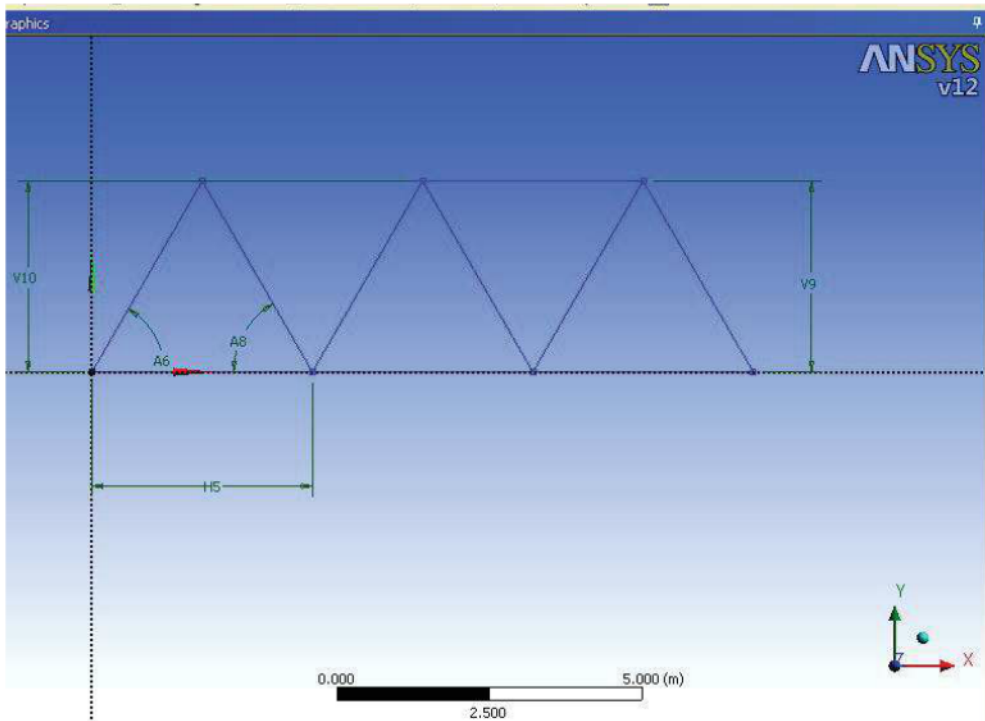
Sau đó vào Details View → Dimensions để định giá trị các kích thước.



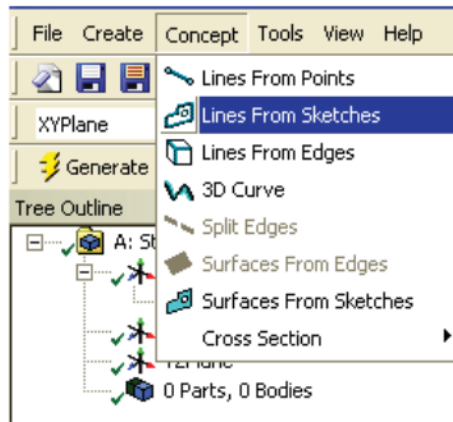


Định các giá trị  $H5 = 3.6 \text{ m}$ ;  $A8 = 60^\circ$ ;  $A6 = 60^\circ$ .

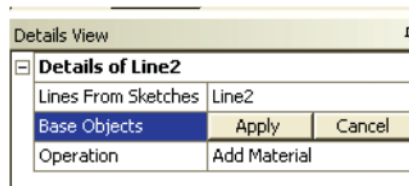
Thực hiện tương tự ở các bước tiếp theo ta được các đoạn thẳng liên kết với nhau tại các điểm như hình sau.




Sau khi tạo xong dạng 2D cho hệ thanh, tiếp theo ta xây dựng mô hình hoàn chỉnh cho hệ thanh trong môi trường Modeling. Vào thẻ Modeling chọn Concept → chọn Lines From Sketches.

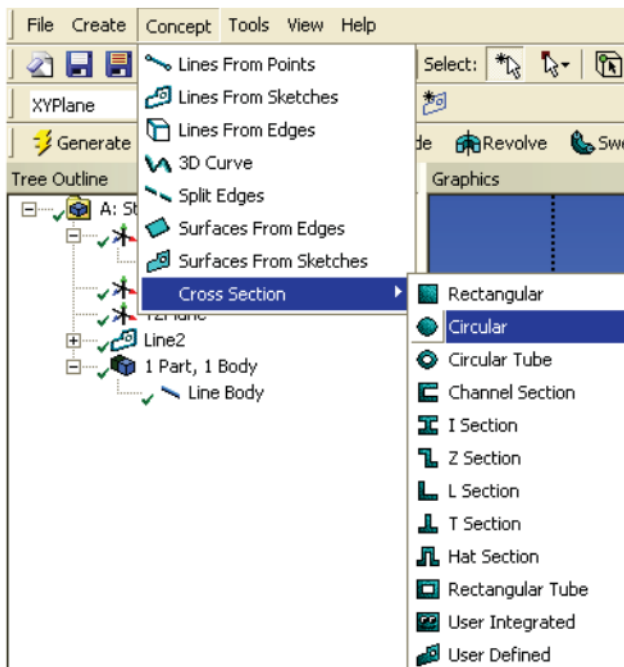


Trong hộp thoại Details View\Base Object, chọn Sketch 1 trong XY Plane xuất hiện ở Tree Outline, sau đó chọn Apply.



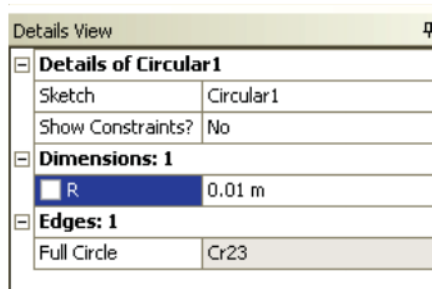
Nhấp chuột vào biểu tượng  Generate trên thanh công cụ. Tới đây ta đã tạo xong phần tử Line Bodies cho bài toán.

Tiếp theo ta xác định tiết diện: vào Concept → chọn Cross Section → Circular để xác định tiết diện của dầm này là hình tròn.

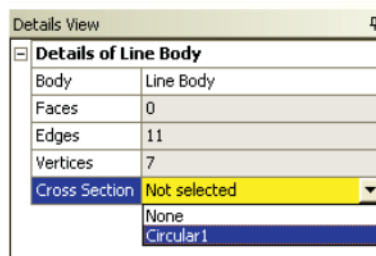


Trong hộp thoại Details View, nhập bán kính  $R = 0.01$  m.





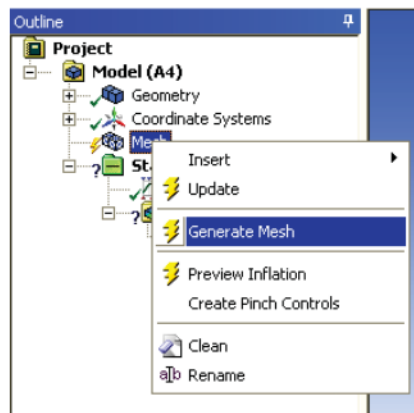
Tiếp theo phải xác nhận tiết diện vừa tạo ra là mặt cắt của dầm bằng cách nhấp chuột vào Line Body trong Tree Outline. Sau đó, chọn Details of Line Body → Cross Section → Circular 1 trong hộp thoại Details View.



#### Bước 4: Chia lưới

Vào lại môi trường Workbench, nhấp đúp chuột vào ô Model để xuất hiện môi trường Mechanical và thực hiện các bước tiếp theo của bài toán trong môi trường này.

Đầu tiên, tiến hành chia lưới phần tử theo mặc định: Nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh.

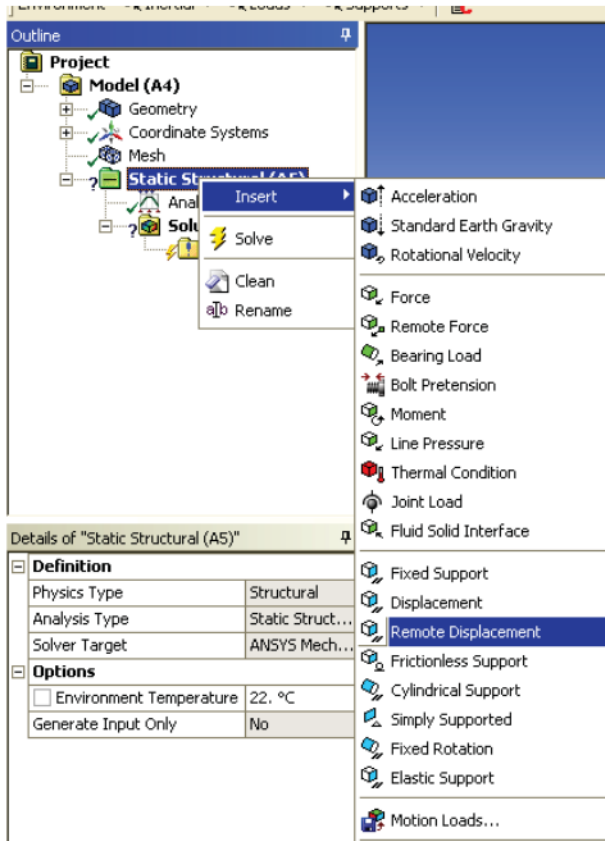



#### Bước 5: Đặt các ràng buộc và tải trọng

+ *Đặt ràng buộc:*

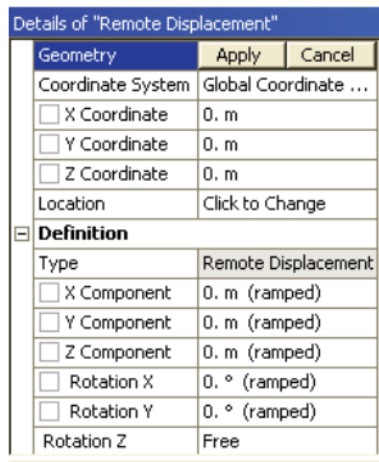
Nhấp chuột phải vào Static Structural → chọn Insert → Remote Displacement (gối tựa).





Trong “Details of Remote Displacement”\Geometry chọn điểm đặt ràng buộc, sau đó chọn Apply (dùng biểu tượng  trên thanh công cụ để chọn điểm).

Trong “Details of Remote Displacement”\Definition ta đặt giá trị 0 cho các dòng: X Component, Y Component, Z Component, Rotation X và Rotation Y; và đặt Free cho dòng Rotation Z.



Các ràng buộc còn lại của hệ thanh dàn thực hiện tương tự như trên.

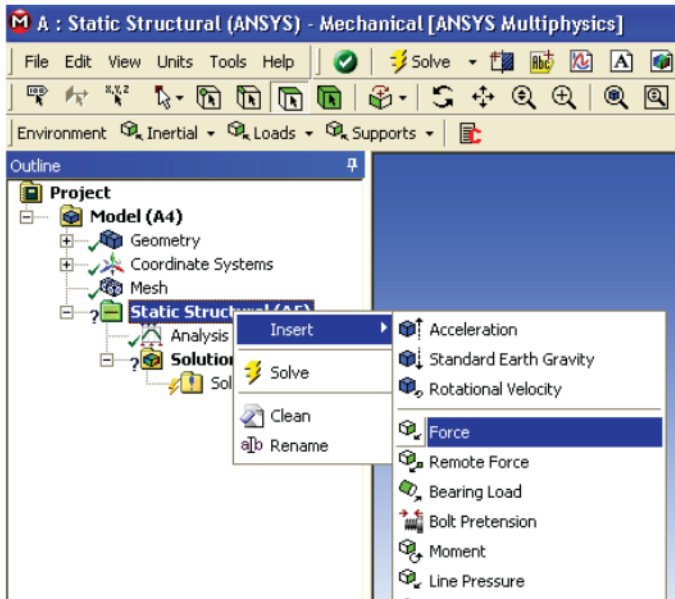





+ Đặt tải trọng lên hệ thanh:

Hệ thanh chịu lực tập trung tại các điểm xác định theo phương Y. Để đặt các tải trọng này lên hệ thanh ta làm như sau:

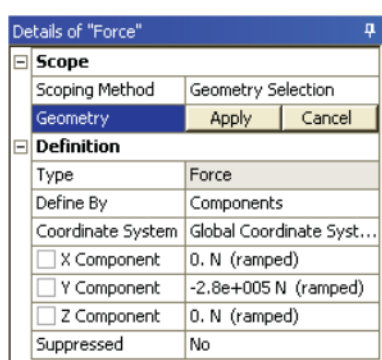
Nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → Force.



Chọn Details of Force → Scope → Geometry → chọn điểm đặt tải trọng và chọn Apply (có thể sử dụng biểu tượng  trên thanh công cụ để chọn điểm).

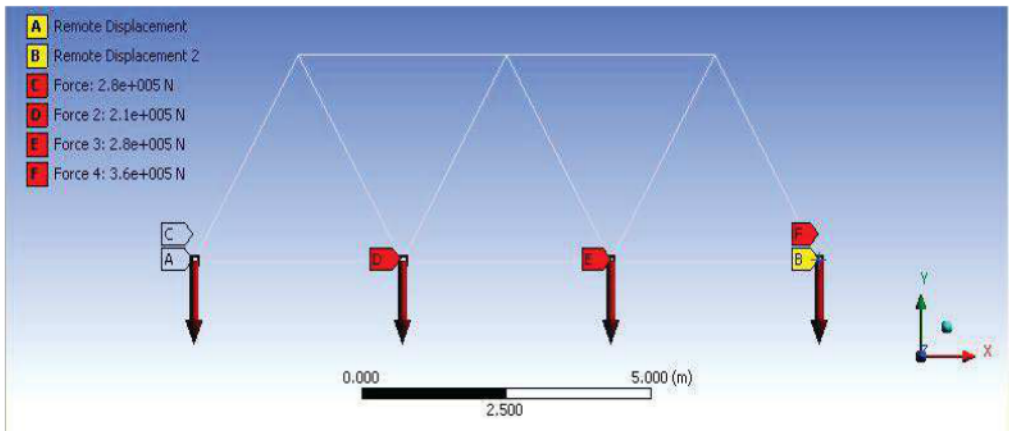
Define By: chọn Component.

Đặt Y Component = -280000 N, X Component = 0 và Y Component = 0.



Thực hiện tương tự cho ba điểm đặt tải còn lại.

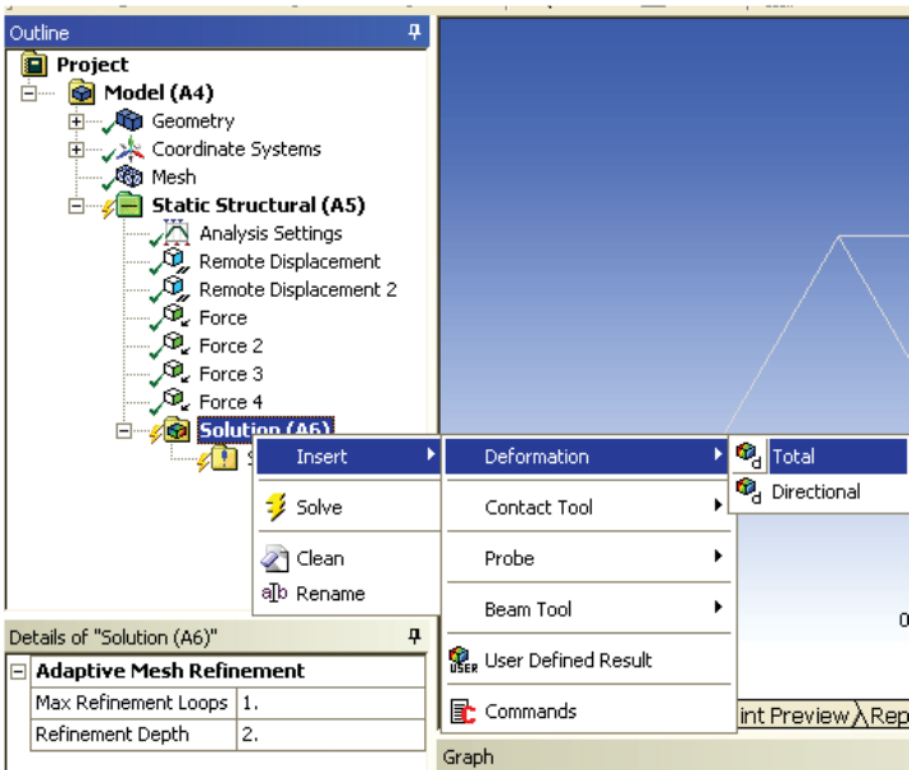
Sau khi đặt xong các tải trọng và ràng buộc, nhấp chuột vào dòng Static Structural và xem kết quả đặt tải.



Như vậy bước đặt tải và các điều kiện biên cho bài toán đã thực hiện xong. Tiếp theo là xử lý và xem kết quả tính toán của phần mềm.

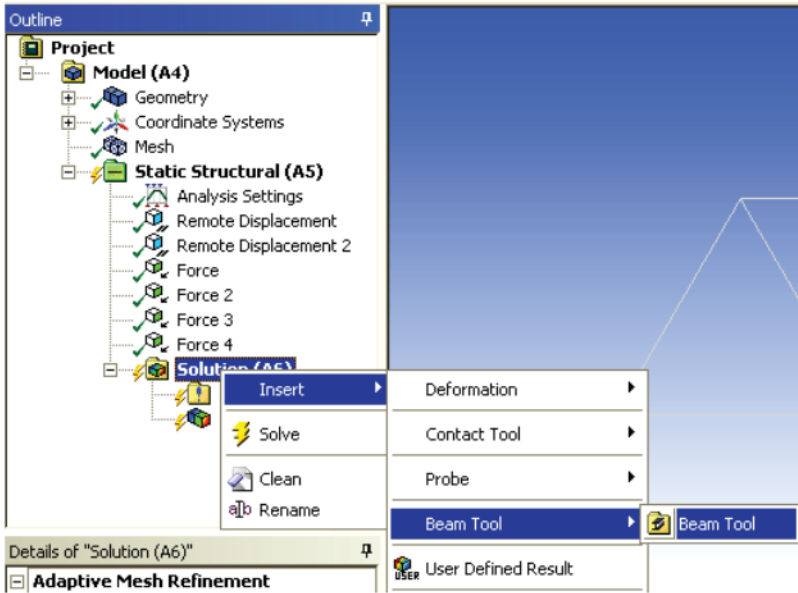
### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để xem biến dạng.



Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Beam Tool → Beam Tool để xem ứng suất xuất hiện trong hệ thanh giàn.

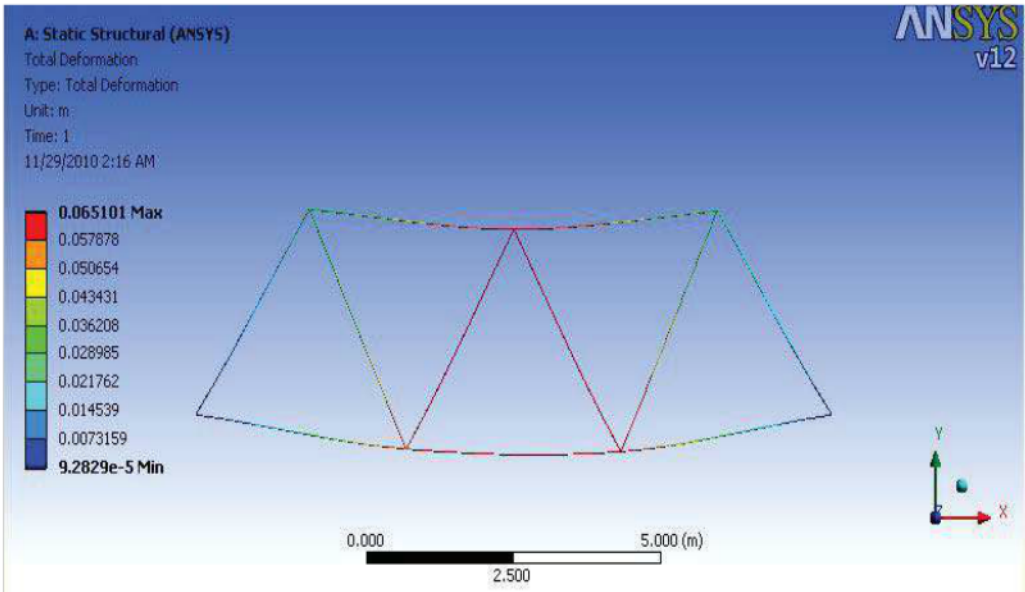




Sau đó chọn lệnh **Solve** để tiến hành giải và thu được kết quả như sau:

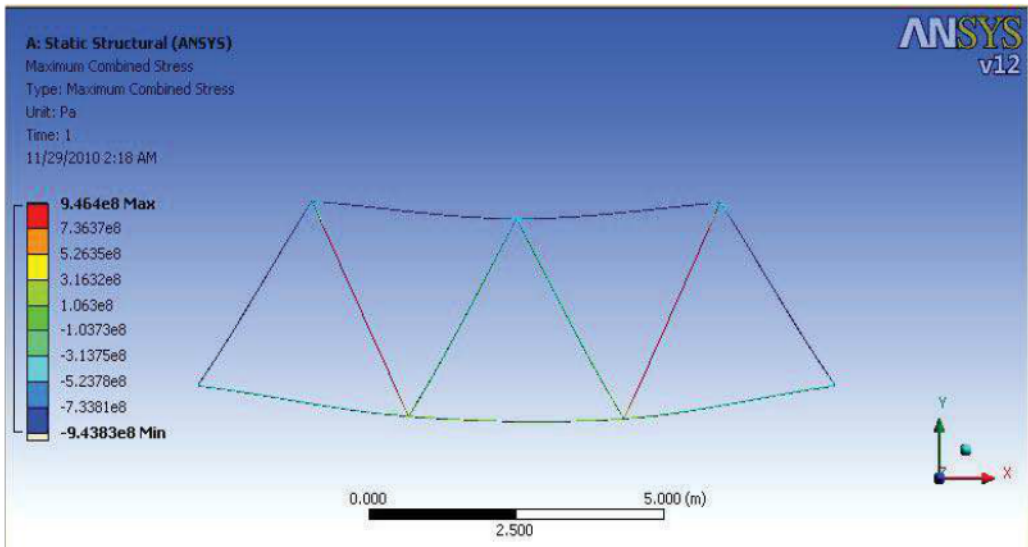
+ *Chuyển vị (Deformation):*

Chọn Total Deformation trong Solution → chuyển vị lớn nhất : 65.101 mm.



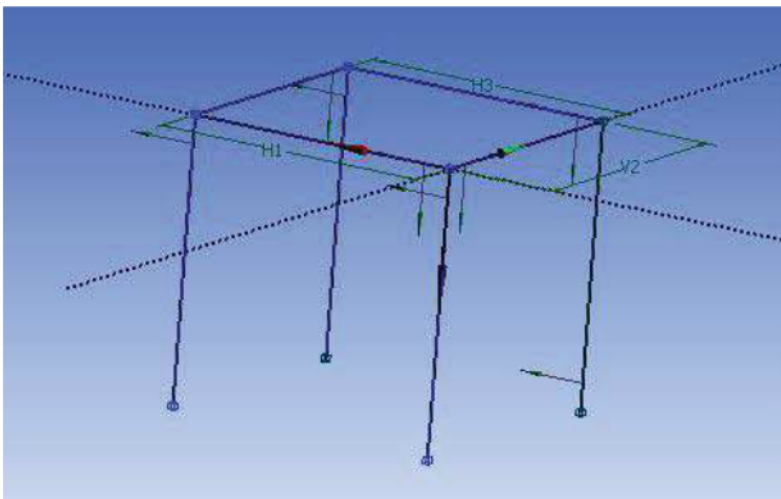
+ *Ứng suất (Stress):*

Chọn Maximum Combined Stress trong Solution → ứng suất lớn nhất: 0.9 GPa.



## 4.2. BÀI TOÁN 4.2

Xác định ứng suất và chuyển vị của giá đỡ động cơ bằng thép kết cấu (hình 4.2). Giá đỡ chịu tải phân bố là 500 N/m. Chiều dài của các thanh trong giá đỡ là 0.6 m và tiết diện của các thanh là hình hộp vuông với chiều dày 0.03 m.

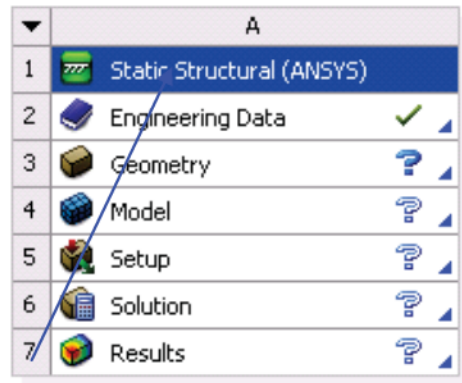
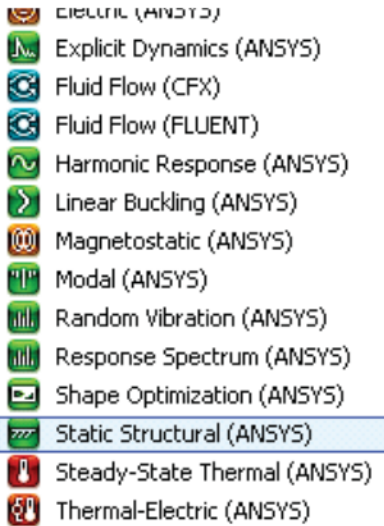


**Hình 4.2**

### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Chọn mô đun phân tích tĩnh: Static Structural.





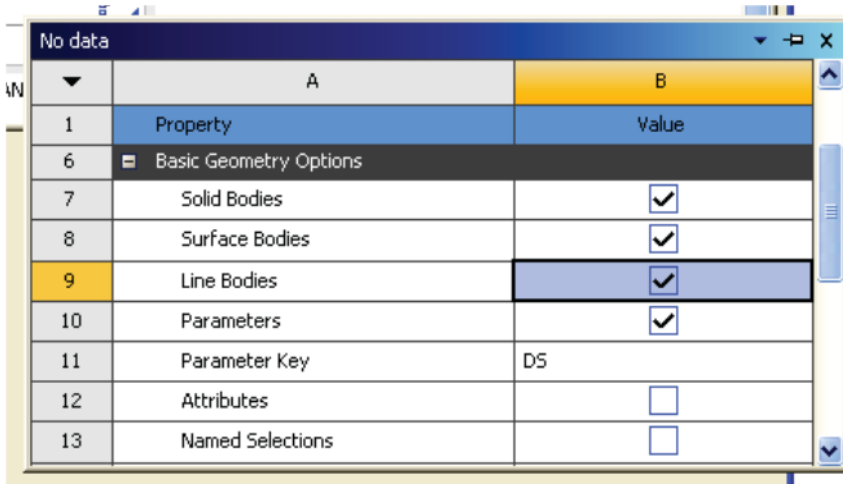
Static Structural (ANSYS)

## Bước 2: Thiết lập vật liệu

Sử dụng vật liệu mặc định của phần mềm là Structural Steel.

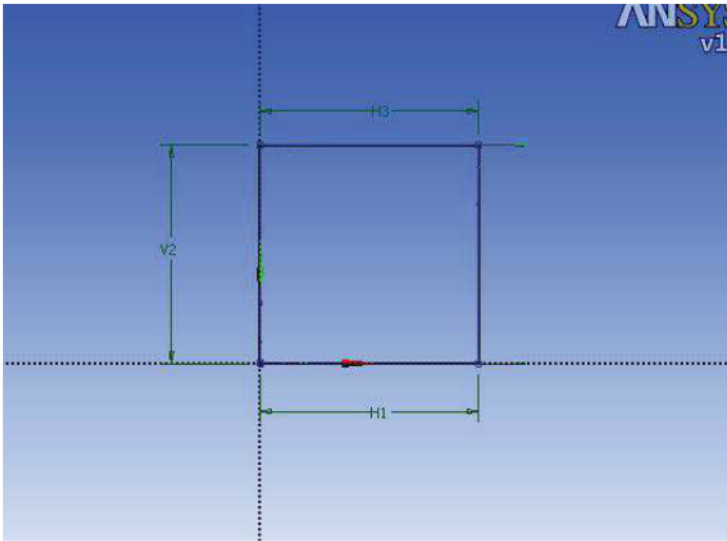
## Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Xác định dạng phần tử: nhấp chuột phải vào ô Geometry → chọn Properties → chọn Line Bodies (bằng cách đánh dấu vào ô vuông bên phải của nó) → đóng hộp thoại.

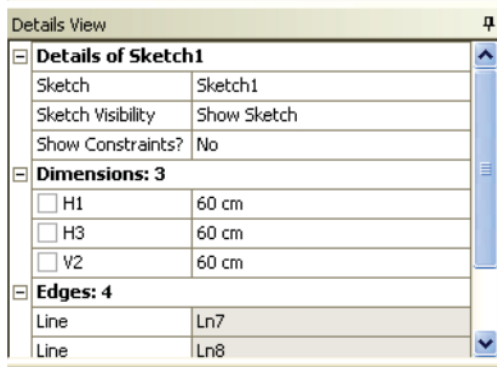


Nhấp chuột phải vào ô Geometry → chọn New Geometry. Khi cửa sổ mới xuất hiện chọn hệ đơn vị là meter.

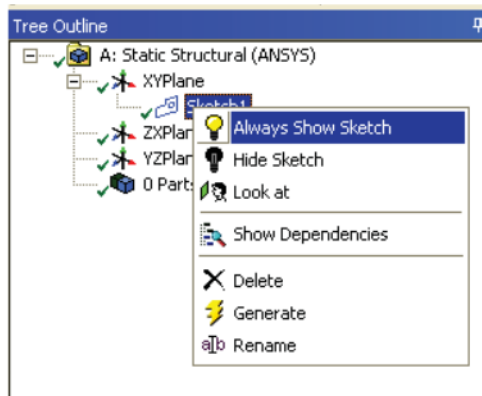
Chọn XY Plane, chọn thẻ Sketching và chọn chiều dương của trục Z để thiết lập mặt phẳng vẽ là mặt phẳng XY. Tiếp theo, chọn Sketching → Draw → Line để vẽ các đoạn thẳng. Sau đó vào Sketching → chọn Dimensions để ghi kích thước dài và góc.



Vào Details View → chọn Dimensions để định giá trị các kích thước.  $H1 = 60 \text{ cm}$ ;  $H3 = 60 \text{ cm}$ ;  $V2 = 60 \text{ cm}$ .

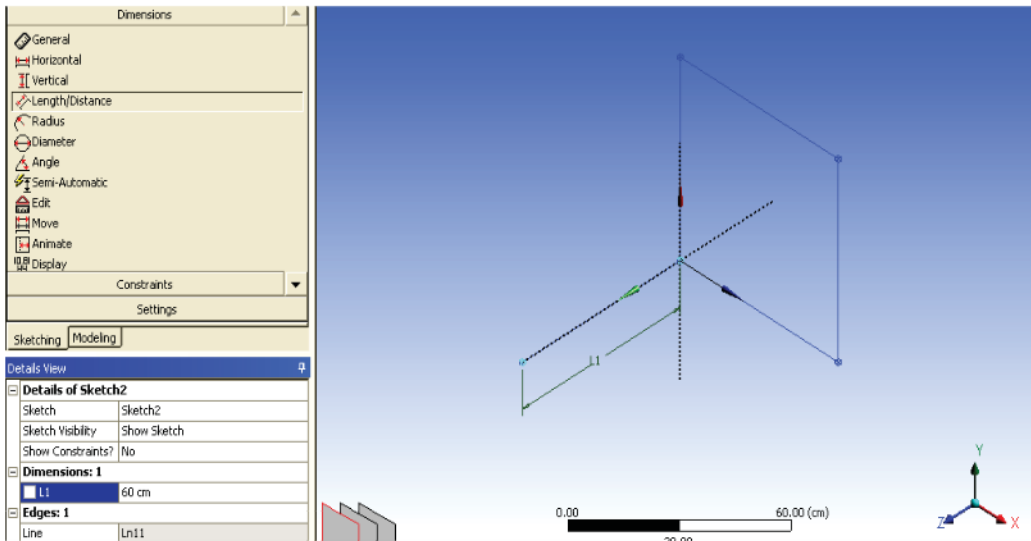


Vào thẻ Modeling, nhấp chuột phải vào XY Plane → chọn Sketch 1 → chọn Always Show Sketch.



Sau đó chọn YZ Plane → chọn thẻ Sketching để chuyển mặt phẳng vẽ. Trong mặt phẳng mới này, ta vẽ một đoạn thẳng và định giá trị chiều dài cho đoạn thẳng này là 60 cm như hình vẽ.

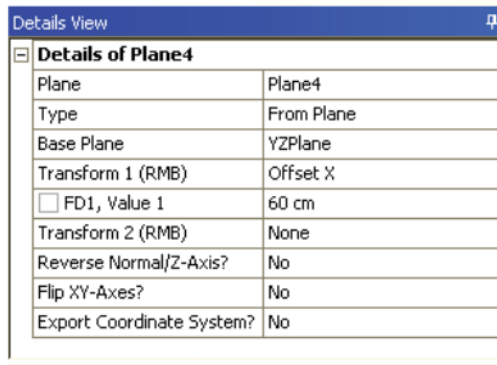




Vào thẻ Modeling, nhấp chuột phải lên YZ Plane → chọn Sketch 2 → chọn Always Show Sketch.

Vào Create → New Plane để tạo mặt phẳng vẽ mới.

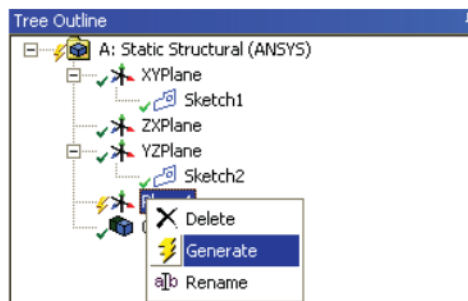
Trong hộp thoại Details View\Details of Plane 4, định các giá trị:



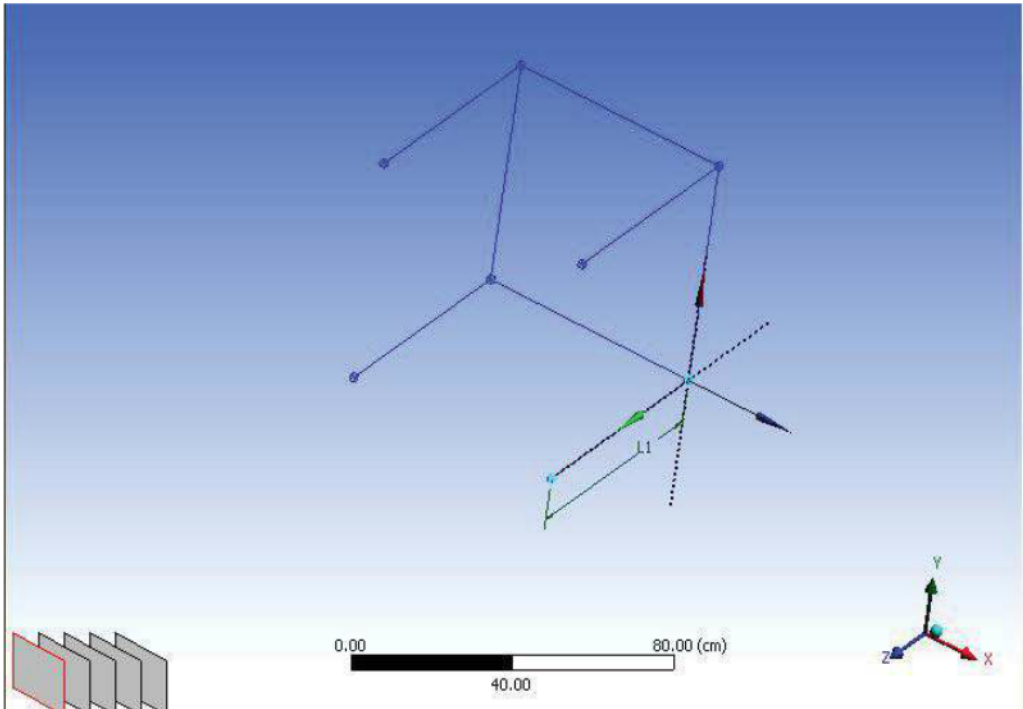
Transform 1: chọn Offset X (tương ứng trong hệ tọa độ mới).

FD1, Value 1: chọn 60 cm.

Sau đó vào nhánh Tree Outline → chọn Static Structural → nhấp chuột phải vào Plane 4 → chọn Generate.

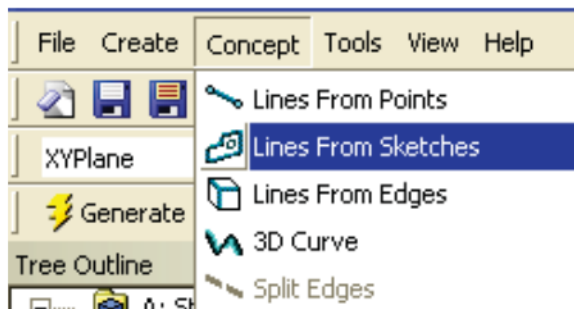


Các đoạn thẳng còn lại của giá đỡ được thực hiện tương tự.  
Sau khi vẽ xong 4 chân cho giá đỡ ta có hình ảnh như sau:



Tiếp theo, xây dựng mô hình hoàn chỉnh cho hệ thanh trong môi trường Modeling.

Vào thẻ Modeling → chọn Concept → Lines From Sketches.

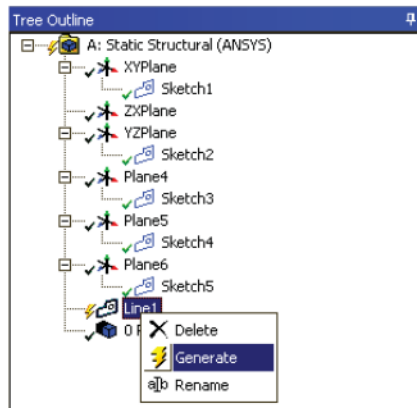


Trong hộp thoại Details View\Base Object, chọn tất cả Sketch 1, Sketch 2, Sketch 3, Sketch 4, Sketch 5, Sketch 6 (giữ phím Ctrl + nhấp chuột trái lên 6 Sketch).

Trong Tree Outline\Static Structural, nhấp chuột phải vào dòng Line 1 → chọn Generate.

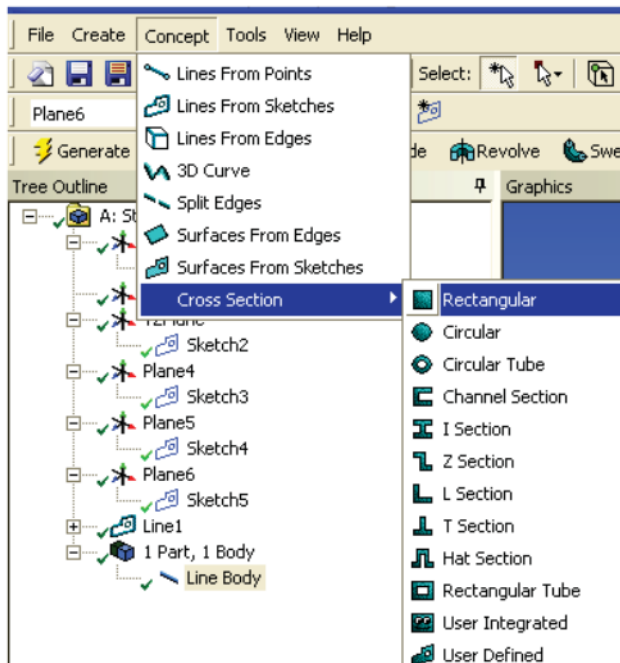




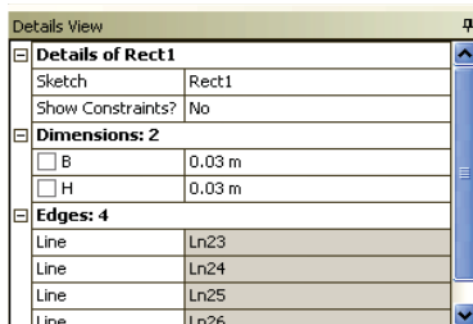


Tiếp theo xác định tiết diện mặt cắt của thanh.

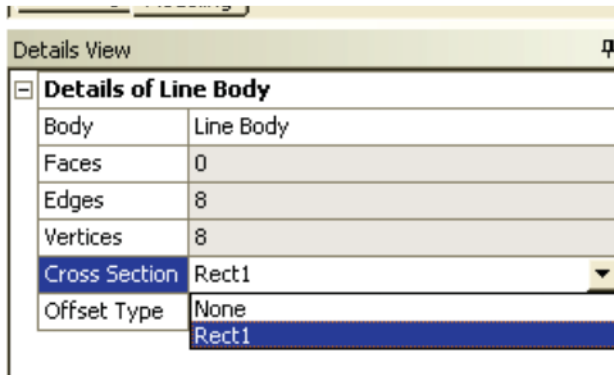
Chọn Concept → Cross Section → Rectangular để xác định tiết diện của dầm này là hình chữ nhật.



Trong hộp thoại Details View\Dimensions: nhập kích thước  $B = H = 0.03 \text{ m}$ .



Tiếp theo ta phải xác nhận tiết diện vừa tạo ra là mặt cắt của thanh bằng cách chọn Line Body trong Tree Outline. Đồng thời, trong hộp thoại Details View → Details of Line Body → Cross Section → chọn Rect1.



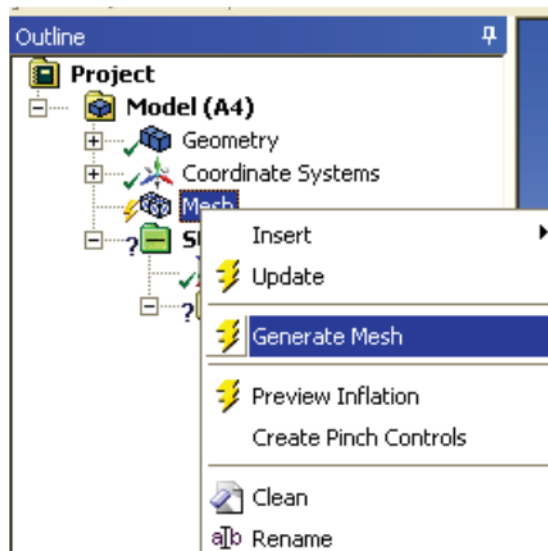
Như vậy, mô hình hình học của bài toán đã được tạo xong.

#### Bước 4: Chia lưới

Vào môi trường Workbench, nhấp đúp chuột vào ô Model để xuất hiện môi trường mới Mechanical.

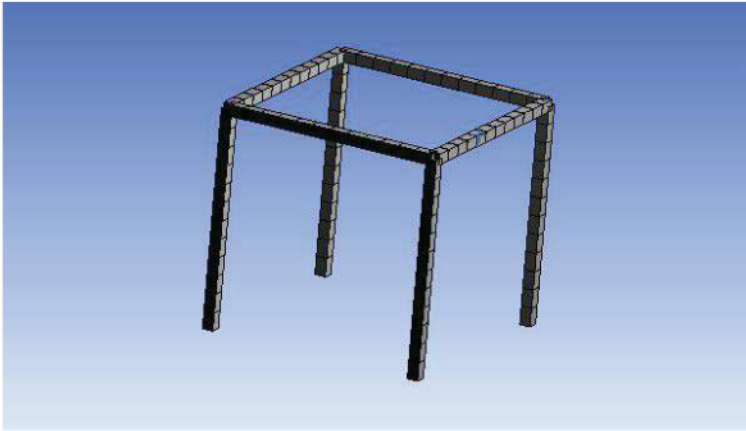
Chia lưới theo mặc định:

Nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh.



Sau khi chia lưới hệ thanh có hình dạng như sau:

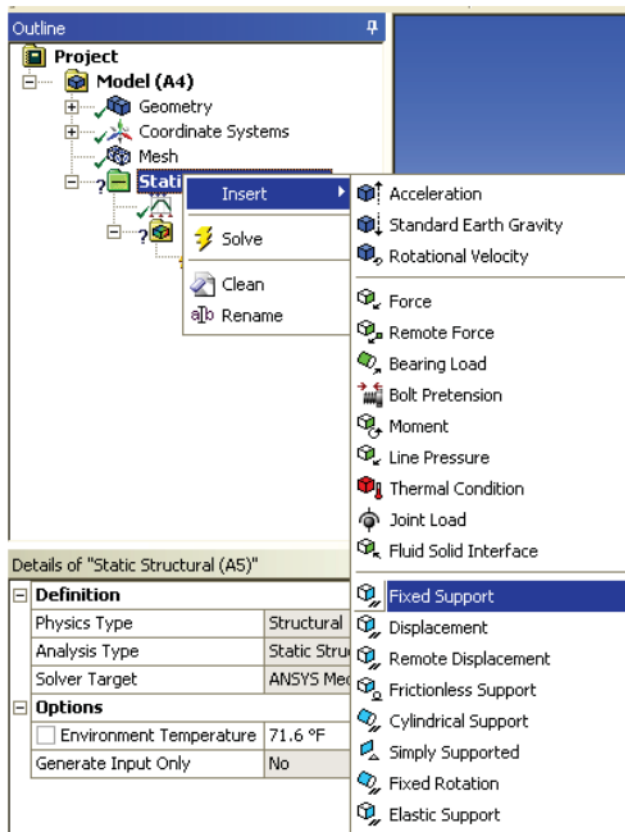





### Bước 5: Đặt các ràng buộc và tải trọng

+ Đặt các ràng buộc lên hệ thanh:

Nhấp chuột phải vào Static Structural → chọn Insert → Fixed Support.

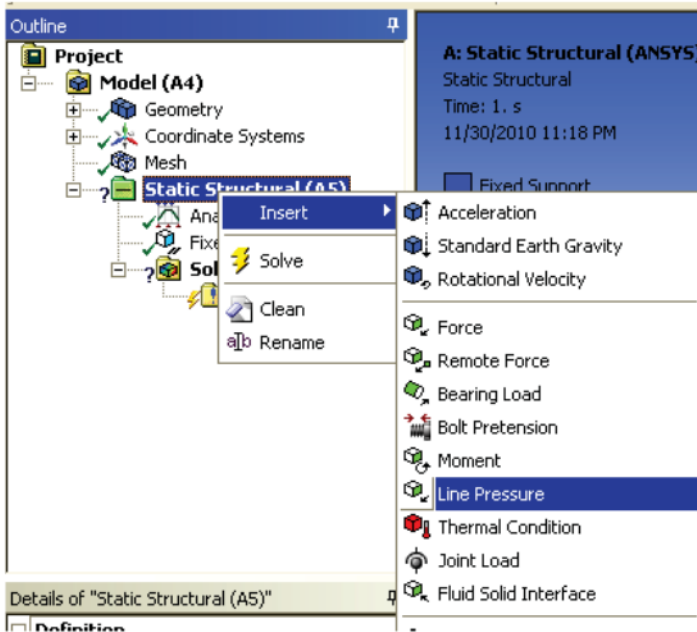


Chọn biểu tượng  trên thanh công cụ, sau đó chọn đồng thời 4 điểm tại 4 đáy của chân đế (kết hợp giữa phím Ctrl và chuột trái để chọn đối tượng) → chọn Apply trong Details of Fix Support\Scope\Geometry.



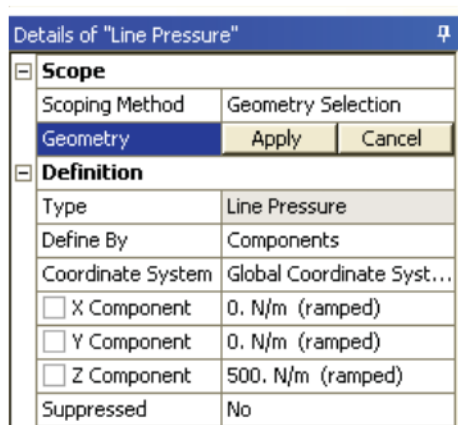
+ Đặt tải trọng lên hệ thanh (chịu tải phân bố trên bốn thanh ngang)

Nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → Line Pressure.



Tiến hành nhập các thông số trong hộp thoại Details of “Line Pressure” như sau:

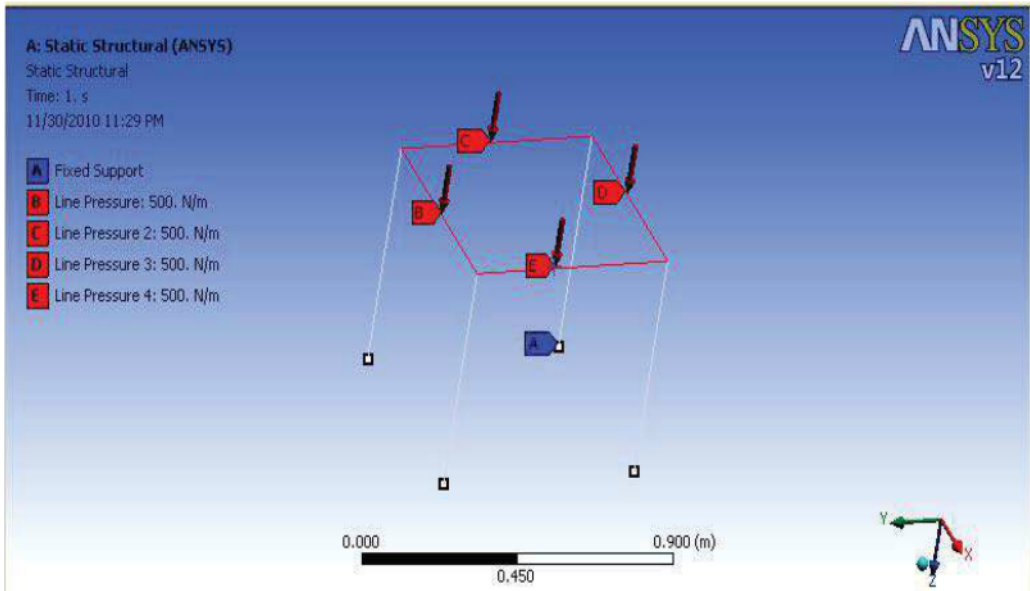
- Scope\Geometry: chọn một đoạn thẳng nằm ngang → chọn Apply.
- Definition\Define By: chọn Component.
- X, Y Components: 0.
- Z Component: 500 N/m.



Thực hiện tương tự để đặt tải phân bố lên ba thanh còn lại của giá đỡ.

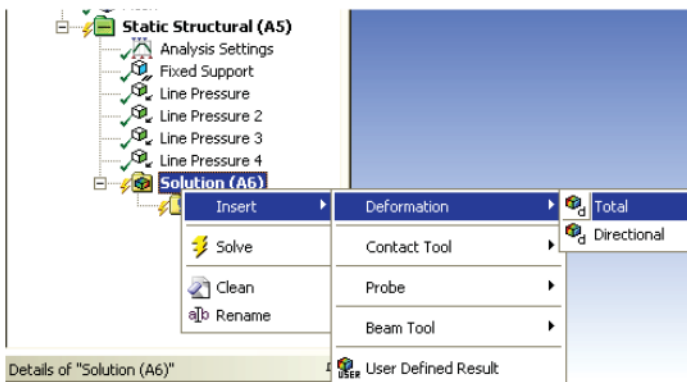


Sau khi đặt xong tải và các ràng buộc lên giá đỡ ta có hình ảnh như sau:

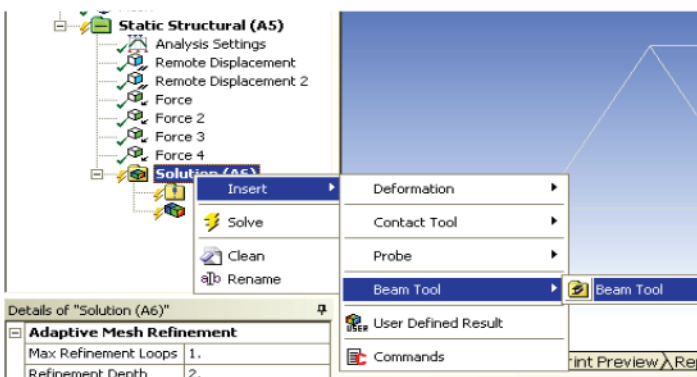



## Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để xem kết quả biến dạng tổng của thanh.



Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Beam Tool → Beam Tool để xem ứng suất xuất hiện trong thanh.

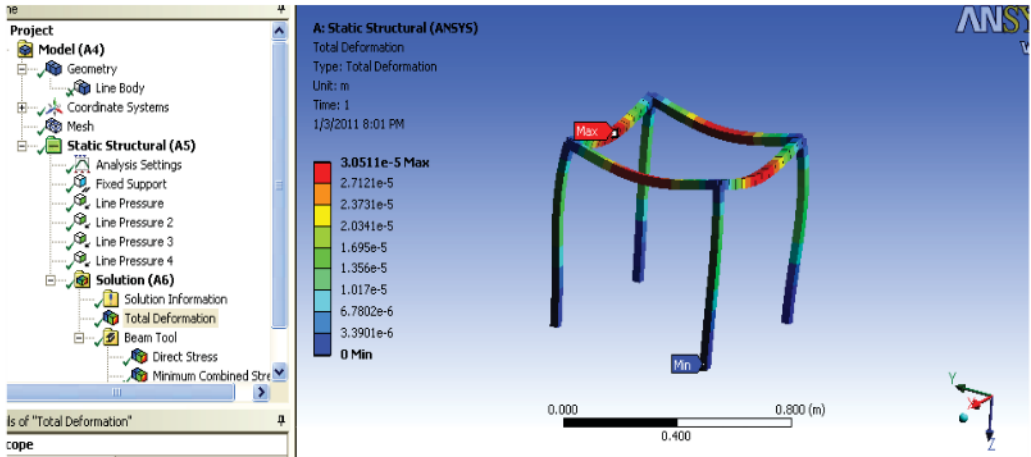


Sau đó chọn lệnh  Solve ở thanh công cụ để phần mềm tiến hành giải.

Sau khi xử lý xong phần mềm sẽ đưa ra kết quả như sau:

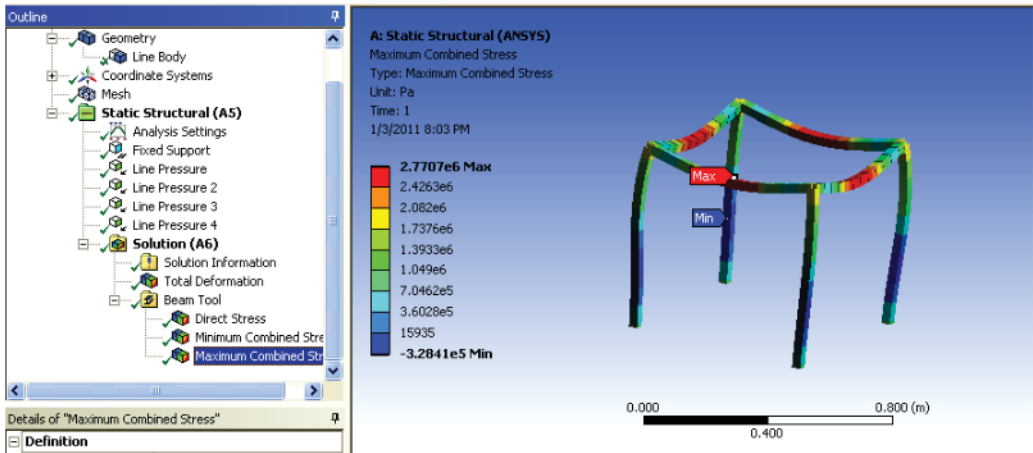
+ Chuyển vị (Deformation):

Kết quả tính chuyển vị lớn nhất là 0.030511 mm.



+ Ứng suất (Stress):

Kết quả ứng suất lớn nhất là 2.7707 MPa.

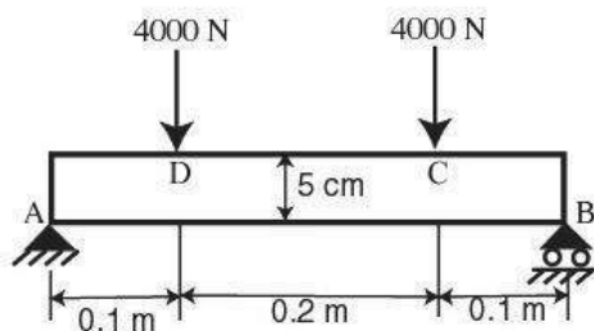


# Chương 5

## PHÂN TÍCH BÀI TOÁN

### DẦM 2D – SURFACE BODIES

Giải bài toán có hình dạng và tải trọng như hình 5.1 bằng phần tử Surface Bodies. Sau đó, so sánh kết quả với bài toán đã được giải ở phần 3.2 (phần tử Line Bodies).

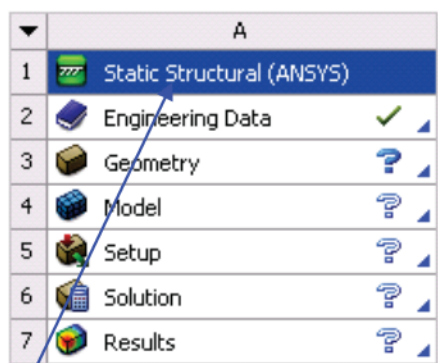
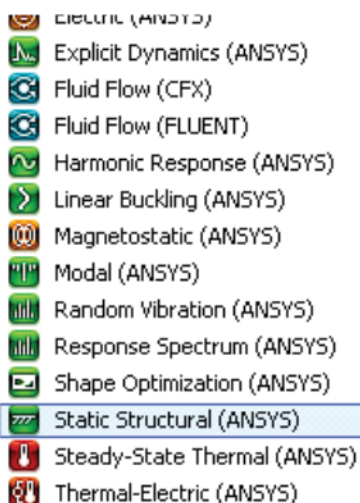


Hình 5.1

Dầm có kích thước  $0.4 \times 0.05 \times 1$  (m) và tựa lên gối cố định ở đầu A và gối di động ở đầu B. Tải trọng 4000 N đặt tại các vị trí C và D như trên hình vẽ. Vật liệu của dầm là thép kết cấu (structural steel) với mô đun đàn hồi  $E = 73$  GPa, hệ số Poisson  $\nu = 0.3$ .

#### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Chọn mô đun giải bài toán là Static Structural (phân tích tĩnh).

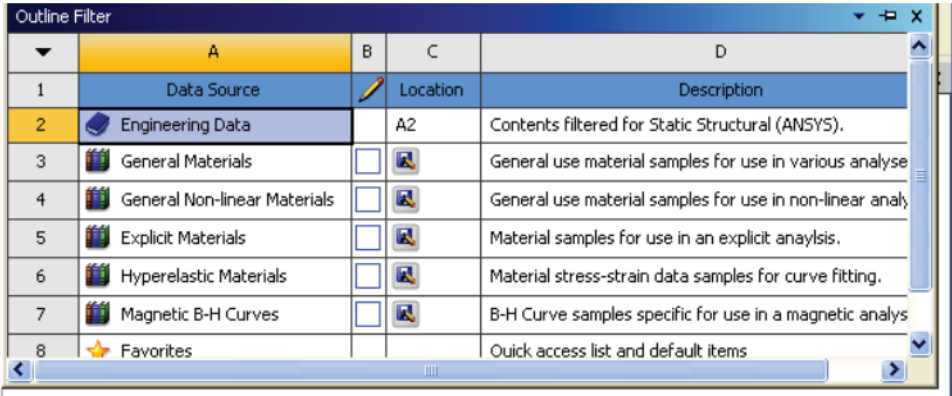


Static Structural (ANSYS)

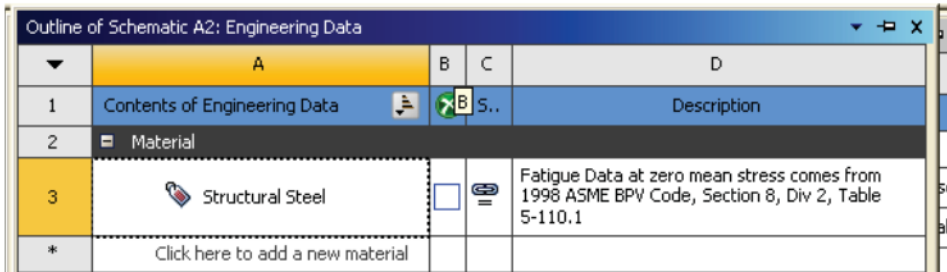
## Bước 2: Thiết lập thông số vật liệu cho bài toán

Phần mềm mặc định vật liệu là Structural Steel. Ta vẫn sử dụng vật liệu này nhưng thay đổi thông số vật lý của nó về mô đun đàn hồi  $E$  và hệ số Poisson  $\nu$  theo đúng yêu cầu của bài toán.

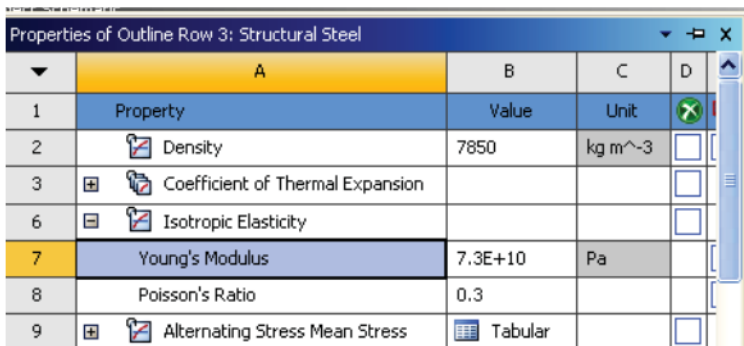
Nhấp đúp chuột vào ô Engineering Data, xuất hiện hộp thoại Outline Filter → chọn Engineering Data (A2).



Sau khi xuất hiện cửa sổ “Outline of Schematic A2: Structural Steel”, ta chọn vật liệu Structural Steel. Chú ý: Nếu cửa sổ “Outline of Schematic A2: Structural Steel” không xuất hiện thì ta vào View → chọn Outline.

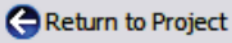


Tiếp theo chọn View → Properties để cửa sổ “Properties of Outline Row 3: Structural Steel” xuất hiện → chọn Property → Isotropic Elasticity để tiến hành thay đổi mô đun đàn hồi (Young’s Modulus):  $E = 7.3E+10$  và hệ số Poisson (Poisson’s Ratio):  $\nu = 0.3$ .





Sau đó quay lại môi trường Project Schematic bằng cách chọn lệnh



trên góc phải màn hình.

### Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Trước khi xây dựng mô hình cho bài toán, ta phải xác định phần tử mà phần mềm sẽ căn cứ để giải.

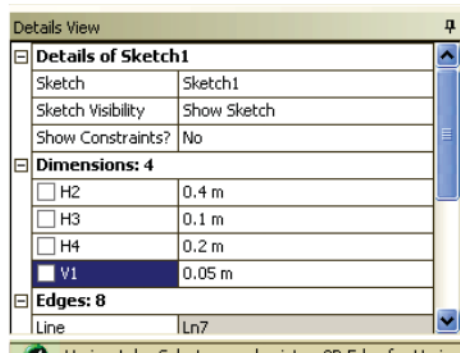
Nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Properties...

	A	B
1	Property	Value
6	Basic Geometry Options	
7	Solid Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Surface Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Line Bodies	<input type="checkbox"/>
10	Parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Parameter Key	D5
12	Attributes	<input type="checkbox"/>
13	Named Selections	<input type="checkbox"/>
14	Material Properties	<input type="checkbox"/>
15	Advanced Geometry Options	
16	Analysis Type	2D
17	Use Associativity	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Import Coordinate Systems	<input type="checkbox"/>
19	Import Work Points	<input type="checkbox"/>
20	Reader Mode Saves Updated File	<input type="checkbox"/>
21	Import Using Instances	<input checked="" type="checkbox"/>
22	Smart CAD Update	<input type="checkbox"/>
23	Enclosure and Symmetry Processing	<input checked="" type="checkbox"/>
24	Mixed Import Resolution	None

Trong hộp thoại mới xuất hiện, vào Property → Advanced Geometry Options → Analysis Type → chọn kiểu phân tích cho bài toán là 2D. Sau đó thoát khỏi hộp thoại này.

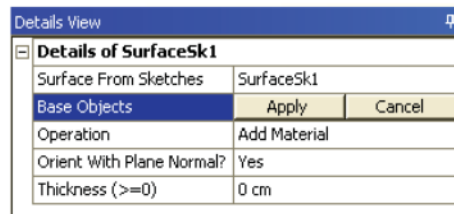
Nhấp đúp chuột vào ô Geometry trong hệ thống Static Structural, môi trường Design Modeler sẽ xuất hiện. Ta tiến hành xây dựng mô hình hình học cho bài toán trong môi trường này; chọn hệ đơn vị là Meter; chọn mặt phẳng vẽ là mặt XY (nhấp chuột trái vào chiều dương của véc tơ trục tọa độ Z). Trong mặt phẳng XY, ta vẽ và định các giá trị kích thước:  $H_2 = 0.4$  m,  $H_3 = 0.1$  m,  $H_4 = 0.2$  m,  $V_2 = 0.05$  m.






Tiếp theo ta vào thẻ Modeling xây dựng mặt 2D cho bài toán.

Chọn Concept → Surfaces From Sketch: phần mềm sẽ tạo ra một mặt Surfaces mới SurfaceSk1. Trong hộp thoại Details View\Details of SurfaceSk1\Base Object → chọn Sketch1 trong mặt phẳng XY Plane → Apply.

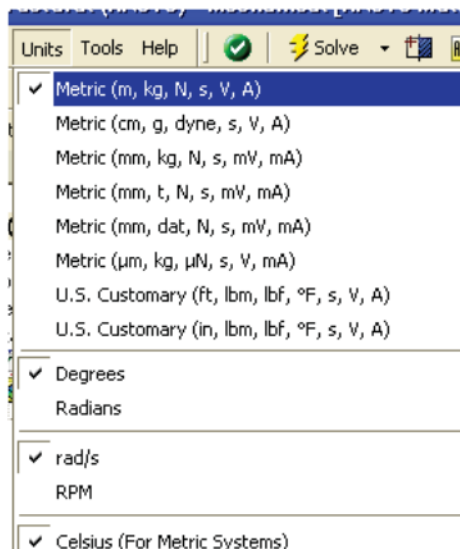


Nhấp chuột vào biểu tượng  Generate để tạo mô hình hình học 2D cho bài toán.

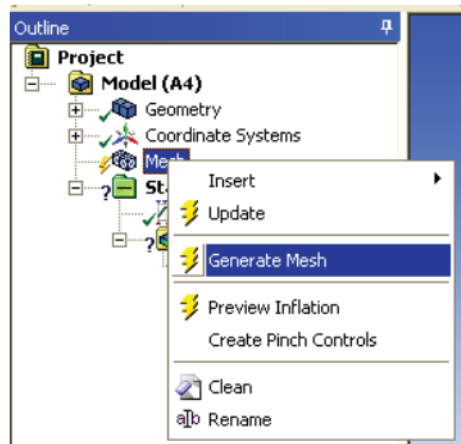
#### Bước 4: Chia lưới

Vào lại môi trường Workbench, nhấp đúp chuột vào ô Model → xuất hiện của sổ Mechanical.

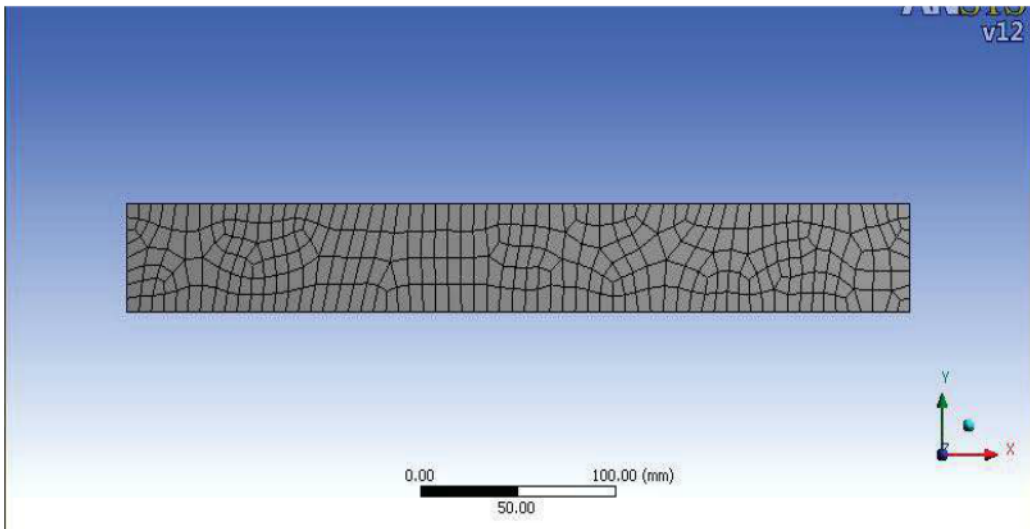
Vào Unit → chọn đơn vị Metric (m, kg, N, s, V, A).



Nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh để tiến hành chia lưới theo mặc định.



Sau khi chia lưới mặt Surface sẽ có hình dạng như sau:




### Bước 5: Đặt tải trọng và các ràng buộc lên dầm

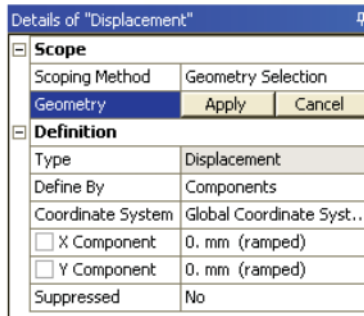
+ Đặt các ràng buộc:

Dầm tựa lên gối tựa cố định tại đầu A nên đặt ràng buộc như sau: nhấp chuột phải lên dòng Static Structural (A5) trong Outline → chọn Insert → Displacement.

Khi hộp thoại Details of Displacement xuất hiện, ta định các giá trị:

- Scope\Geometry: chọn biểu tượng  và chỉ vào điểm A ở 1 đầu của mặt → Apply.
- Definition\Define By: chọn Component và đặt giá trị bằng 0 cho X và Y.

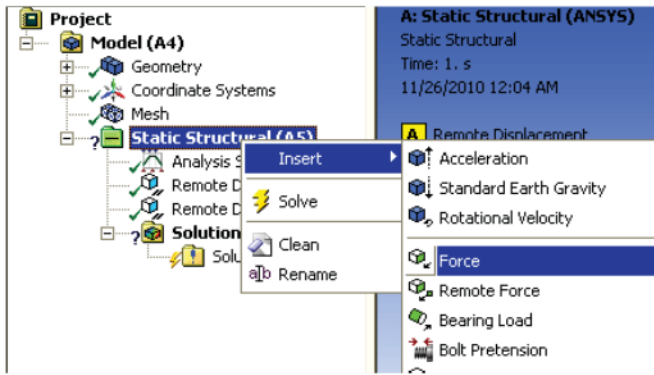





Làm tương tự cho đầu còn lại của dầm (điểm B). Tuy nhiên, trong Details of Displacement ta đặt giá trị bằng 0 cho Y Component và Free cho X Component.

+ Đặt lực lên điểm C và D của dầm:

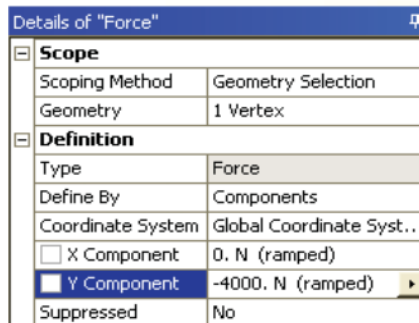
Nhấp chuột phải vào Static Structural (A5) → chọn Insert → Force.



Chọn biểu tượng  và chỉ vào điểm C trên dầm.

Trong hộp thoại “Details of Force”

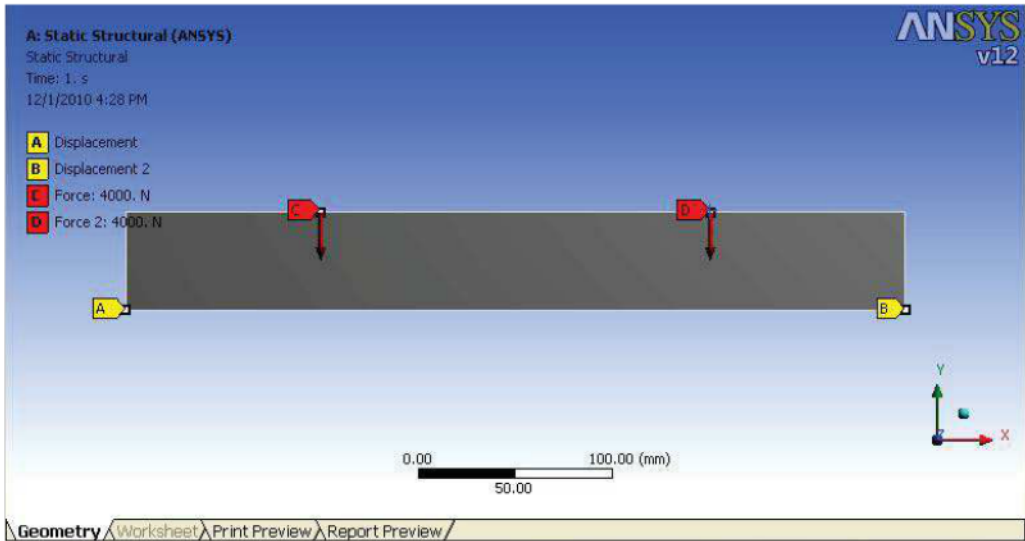
- Chọn Scope → Geometry → Apply.
- Define By: chọn Component.
- Y Component = -4000 N.



Làm tương tự điểm cho điểm đặt lực tại D.



Để kiểm tra lại các tải và điều kiện biên vừa đặt: nhấp chuột vào dòng Static Structural (A5) → chọn xem kết quả ràng buộc và tải trong mặt phẳng XY.



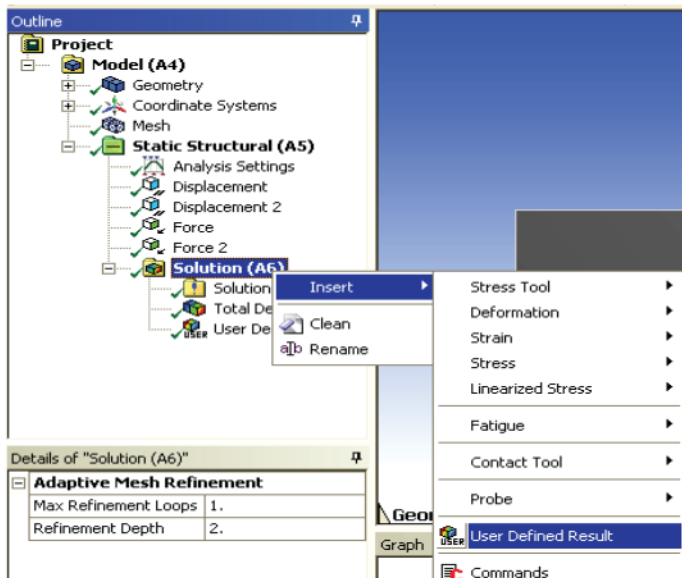
Sau khi kiểm tra đúng với điều kiện bài toán ta chuyển sang các bước tiếp theo.

### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

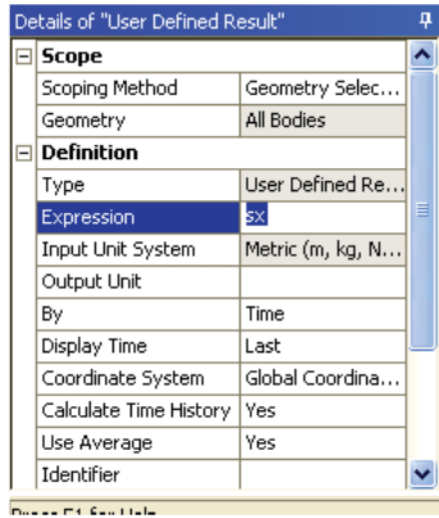
Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để xem kết quả biến dạng tổng của dầm.

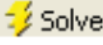
Để xem kết quả ứng suất của thanh theo phương X ta phải thực hiện như sau:

Nhấp chuột phải lên dòng Solution → chọn Insert → User Define Result.

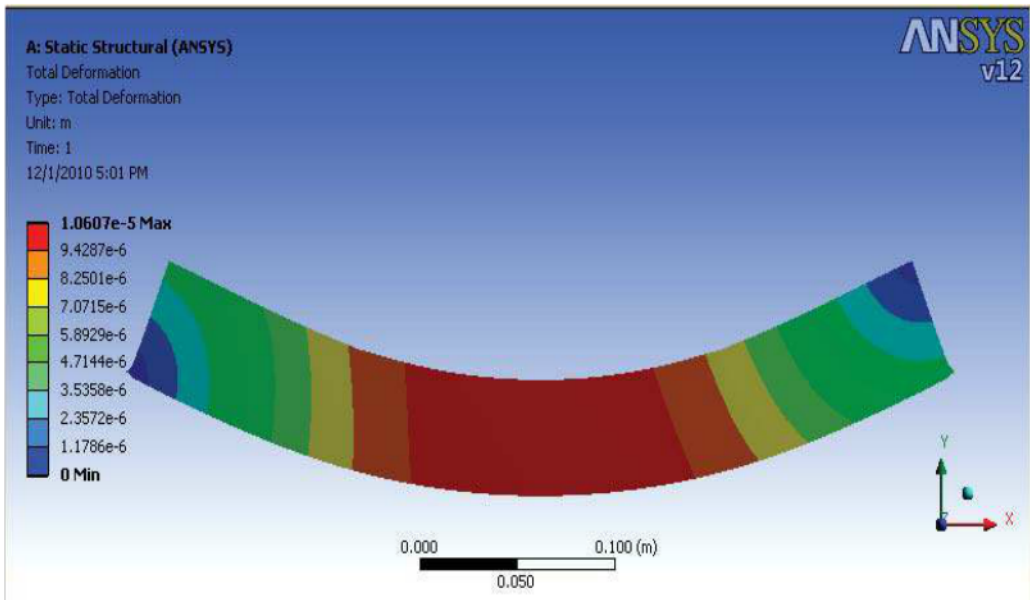


Trong hộp thoại Details of User Defined Result → đặt giá trị “= SX” cho Expression.



Sau đó nhấp chuột vào biểu tượng  Solve ở thanh công cụ để phần mềm tiến hành thực thi lệnh.

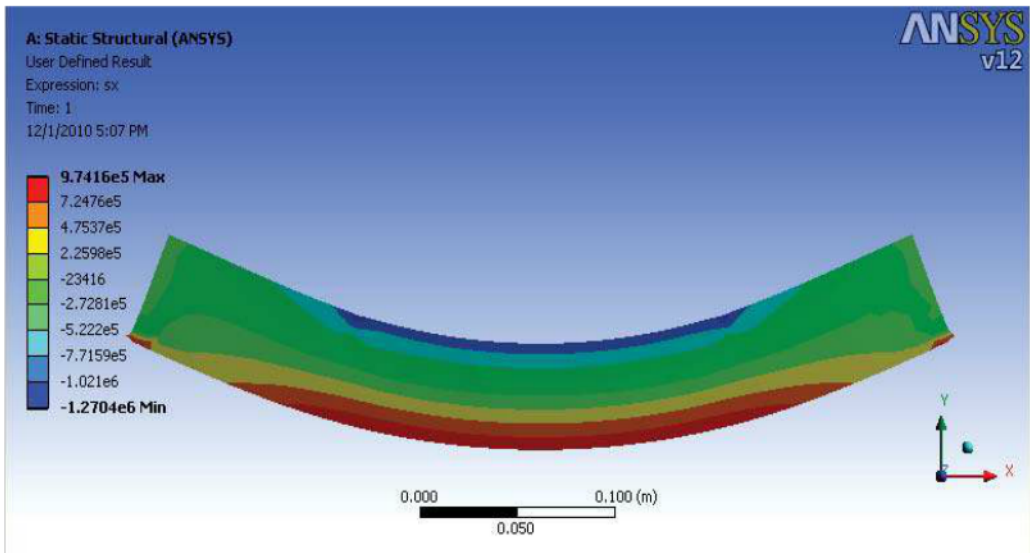
Kết quả tính chuyển vị lớn nhất là  $10.607 \times 10^6$  m.



So sánh kết quả chuyển vị này ( $10.607 \times 10^6$  m) với kết quả phân tích chuyển vị ở bài toán Line Bodies ( $9.9608 \times 10^6$  m) thì ta nhận thấy hai kết quả này gần như bằng nhau.

Kết quả ứng suất lớn nhất là  $9.7416 \times 10^5$  Pa.





So sánh với kết quả ứng suất phân tích ở bài toán Line Bodies ( $9.6 \times 10^5$  Pa) thì ta cũng thấy kết quả phân tích cả ở hai bài toán có sai số không đáng kể.

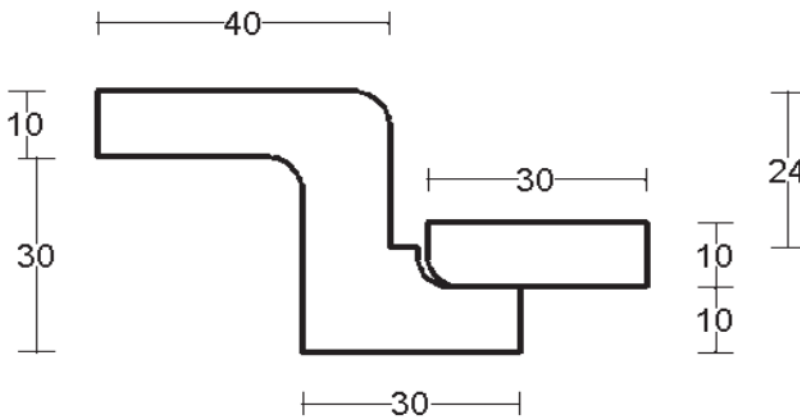
*Như vậy, với mỗi bài toán ta có thể sử dụng nhiều cách xây dựng mô hình toán để giải và kết quả là gần giống nhau với sai số không đáng kể.*

## Chương 6

# PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DẠNG ĐĨA, TẦM 2D – SURFACE BODIES

### 6.1. BÀI TOÁN 6.1: CHI TIẾT DẠNG ĐĨA (SURFACE BODIES)

Xác định ứng suất và chuyển vị của chi tiết nắp và vòng chặn với kích thước (đơn vị mm) như hình 6.1. Nắp chịu áp suất ở mặt trong là 0.1 MPa. Nắp được làm bằng vật liệu thép không gỉ và vòng chặn làm bằng thép kết cấu.



**Hình 6.1**

Ta giải bài toán ở dạng 2D.

#### **Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench**

Chọn mô đun phân tích: Static Structural.



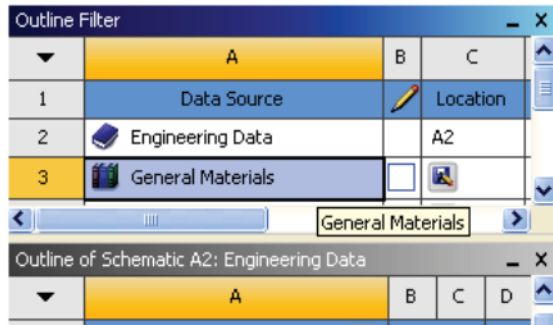


## Bước 2: Thiết lập thông số vật liệu

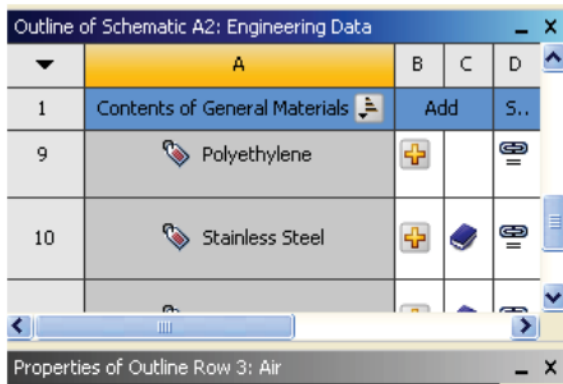
Vật liệu của các chi tiết là thép không gỉ và thép kết cấu. Cho nên phải tiến hành chọn vật liệu thép không gỉ từ thư viện vật liệu của phần mềm, còn vật liệu thép kết cấu thì theo mặc định đã có sẵn.


Tải vật liệu thép không gỉ được thực hiện như sau:

Nhấp đúp chuột vào Engineering Data → chọn General Materials.



Trong hộp thoại Outline of Schematic A2: Engineering Data → chọn Stainless Steel bằng cách nhấp chuột vào dấu “+” bên cạnh dòng Stainless Steel.



Sau đó quay lại môi trường Project Schematic bằng cách nhấp chuột vào biểu tượng  Return to Project.

Như vậy ta đã tải vật liệu để thiết lập cho đối tượng phân tích.

## Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Trước khi xây dựng mô hình, ta phải xác định phần tử mà phần mềm sẽ căn cứ để giải bài toán.

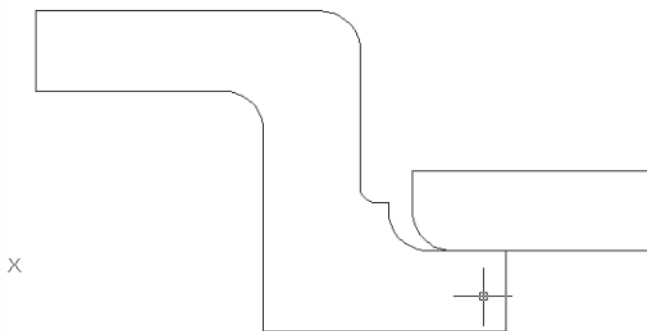
Nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Properties...

Trong hộp thoại mới xuất hiện → chọn 2D trong Analysis Type (kiểu phân tích của bài toán là 2D) và sau đó thoát khỏi hộp thoại này.



No data		
	A	B
1	Property	Value
6	Basic Geometry Options	
7	Solid Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Surface Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Line Bodies	<input type="checkbox"/>
10	Parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Parameter Key	DS
12	Attributes	<input type="checkbox"/>
13	Named Selections	<input type="checkbox"/>
14	Material Properties	<input type="checkbox"/>
15	Advanced Geometry Options	
16	Analysis Type	2D
17	Use Associativity	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Import Coordinate Systems	<input type="checkbox"/>
19	Import Work Points	<input type="checkbox"/>
20	Reader Mode Saves Updated File	<input type="checkbox"/>
21	Import Using Instances	<input checked="" type="checkbox"/>
22	Smart CAD Update	<input type="checkbox"/>
23	Enclosure and Symmetry Processing	<input checked="" type="checkbox"/>
24	Mixed Import Resolution	None

Tiếp theo tiến hành vẽ mô hình 2D cho bài toán hoặc có thể nhập dữ liệu từ file CAD có sẵn. Đối với bài này ta xây dựng mô hình hình học 2D bằng AutoCAD và xuất qua ANSYS. Trong phần mềm AutoCAD (môi trường 2D) tạo hai đối tượng (nắp và vòng chặn) đúng kích thước như hình 6.1.

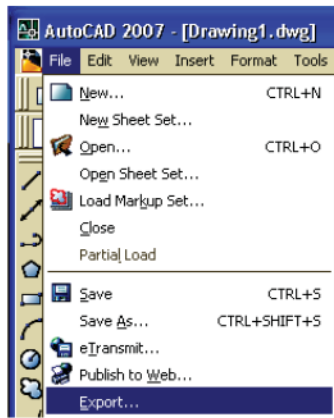


Lưu ý: Ngoài hai đối tượng nắp và vòng chặn, ta còn phải tạo thêm đoạn thẳng ở mặt trên vòng chặn tương ứng cho phần lỗ của vòng chặn, nơi mà ta sẽ cố định chi tiết.

Tiếp theo tiến hành xuất sang ANSYS 12 theo trình tự sau:

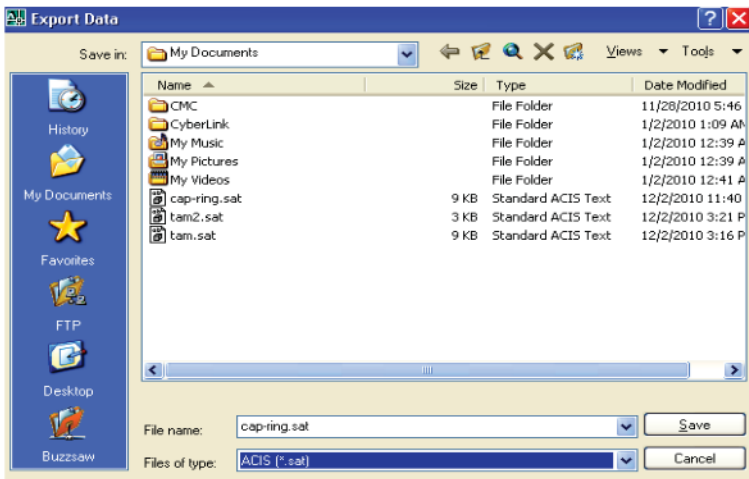
Chọn File → Export.





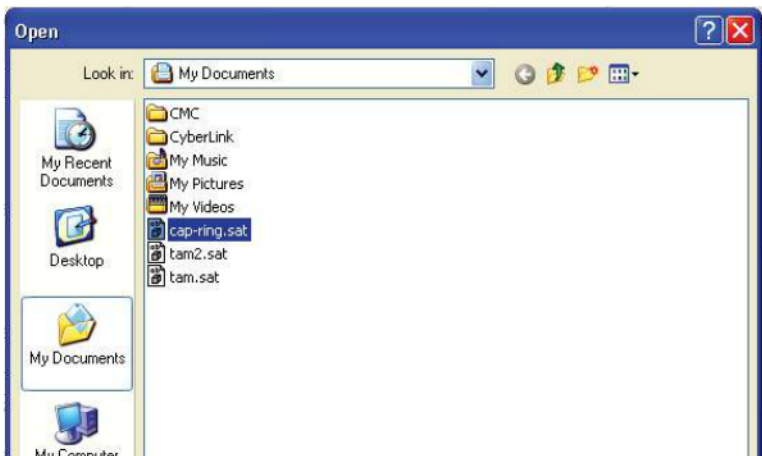
Lưu file ở dạng \*.sat.

Chọn đối tượng cần xuất (trong bài này là hai miền và một đoạn thẳng) → Enter.

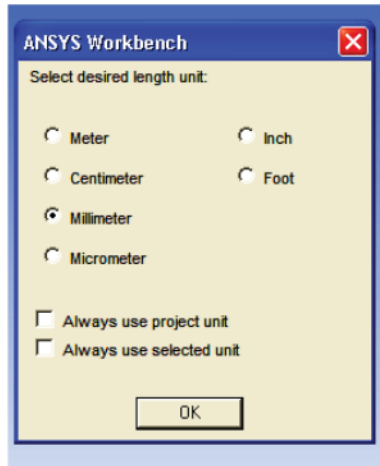


Tiếp theo thực hiện trong môi trường Workbench.

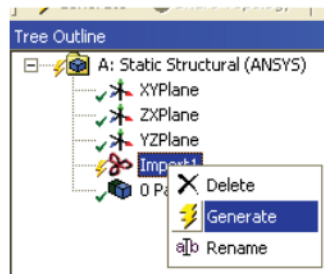
Nhấp chuột phải vào ô Geometry → chọn Import Geometry → Browse và tìm đến file vừa xuất từ phần mềm AutoCAD.



Nhấp đúp chuột vào Geometry → chọn đơn vị Milimeter trong môi trường Design Modeler.



Tiếp theo, nhấp chuột phải vào Import trong cây thư mục Tree Outline và chọn Generate.

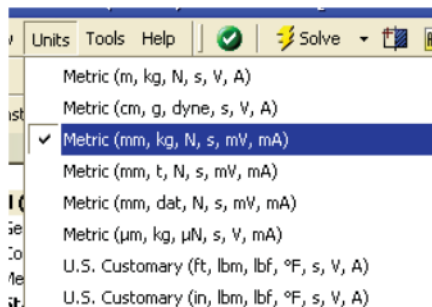


Tới đây ta đã tạo xong mặt 2D và công việc tiếp theo là thiết lập các ràng buộc theo yêu cầu của bài toán trong môi trường Mechanical.

#### Bước 4: Chia lưới

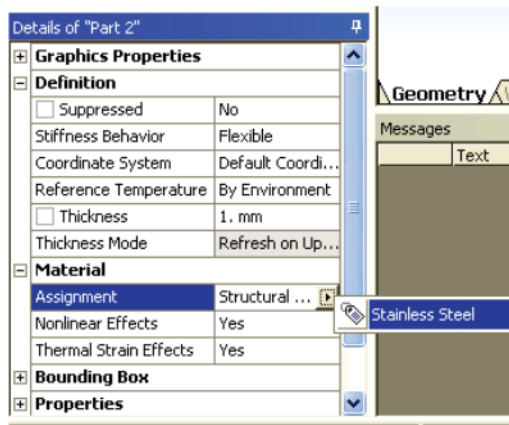
Thực hiện trong môi trường Workbench\Mechanical.

Chọn đơn vị là Metric (mm, kg, N, s, mV, mA).



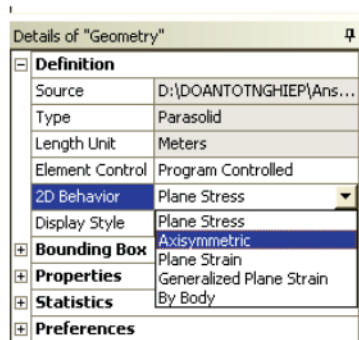
Thiết lập vật liệu cho chi tiết như sau: chọn Outline → Project → Model → Geometry, sau đó nhấp chuột vào Part2 sẽ xuất hiện hộp thoại Details of Part2 → chọn vật liệu Stainless Steel.





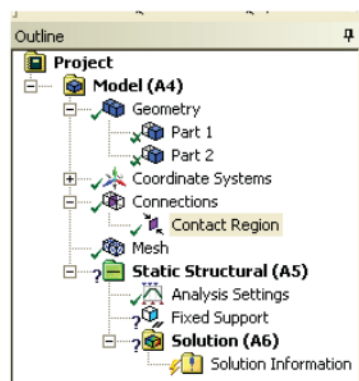
Đối với Part1 là vòng chặn làm bằng thép kết cấu đúng như mặc định của phần mềm nên ta không phải thiết lập vật liệu lại cho đối tượng này.

Chọn kiểu phân tích là đối xứng (chọn Axis symmetric trong hộp thoại Details of Geometry) như sau:



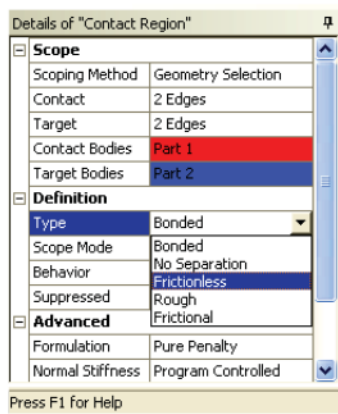
Tạo liên kết giữa các phần trong chi tiết: chi tiết có hai thành phần đó là nắp và vòng chặn, tương ứng là Part2 và Part1. Vòng chặn được đặt lên trên và giữ cố định cho nắp nên chọn liên kết giữa nắp và vòng chặn là Frictionless.

Vào Outline → chọn Model → Connections → Contact Region.



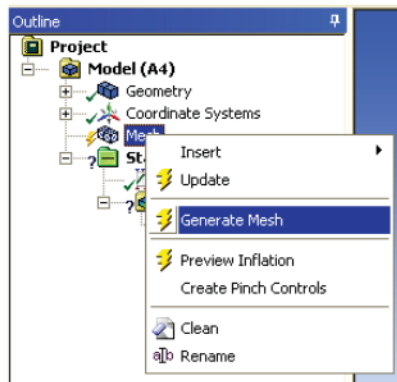
Xuất hiện hộp thoại Details of Contact Region.



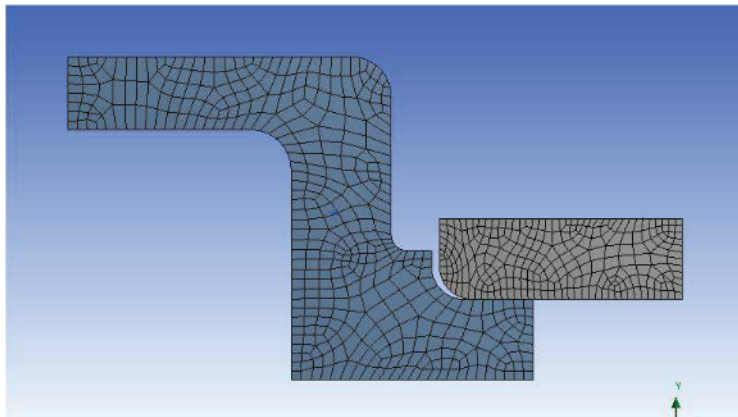


Trong hộp thoại này ta chọn Definition → Type → Frictionless.

Tiến hành chia lưới phần tử: nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh để chia lưới theo mặc định.



Sau khi chia lưới đối tượng sẽ có hình ảnh như sau:



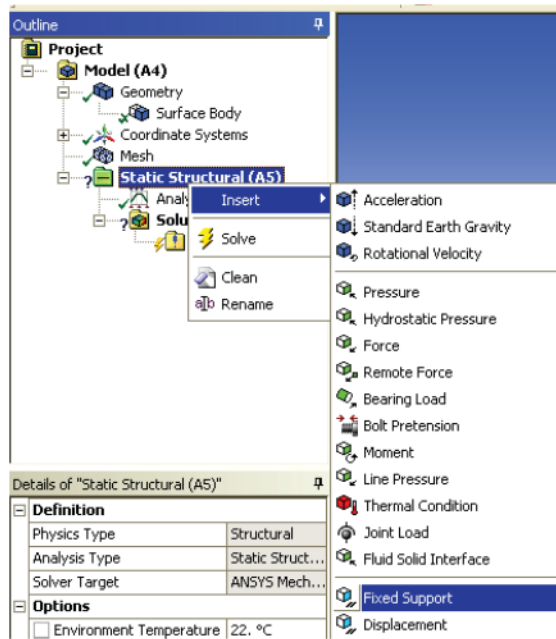
## Bước 5: Đặt các ràng buộc và tải trọng


+ Đặt ràng buộc:

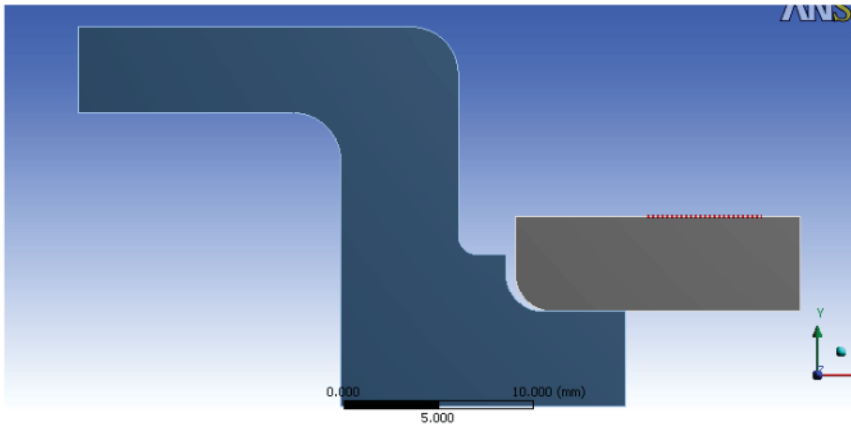
Nấp được vòng chặn giữ lại, còn vòng chặn thì được bắt chặt (cố định) ở lỗ phía trên. Vì vậy ràng buộc đặt tại lỗ là Fixed Support.



Nhấp chuột phải vào Static Structural → chọn Insert → Fixed Support.




Sử dụng lệnh  để chọn đoạn thẳng đã được tạo ra trên vòng chặn.



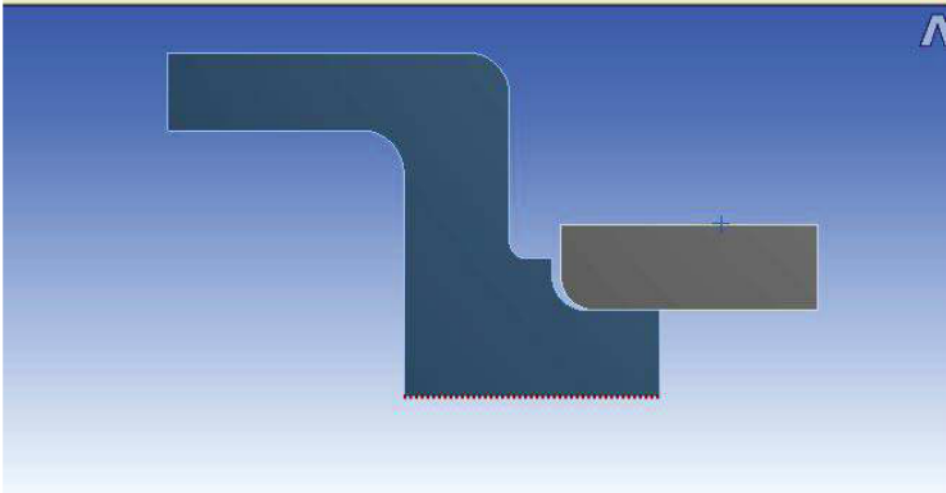
Sau đó chọn Apply trong Details of Fixed Support \ Scope \ Geometry.

Tiếp theo là đặt ràng buộc Compression Only Support lên mặt đáy của nắp, nơi mà nắp tiếp xúc với phần thân của chi tiết chịu áp suất.

Nhấp chuột phải lên dòng Static Structural → chọn Insert → Compression Only Support.


Sử dụng biểu tượng  và chọn đường thẳng dưới mặt đáy của nắp.

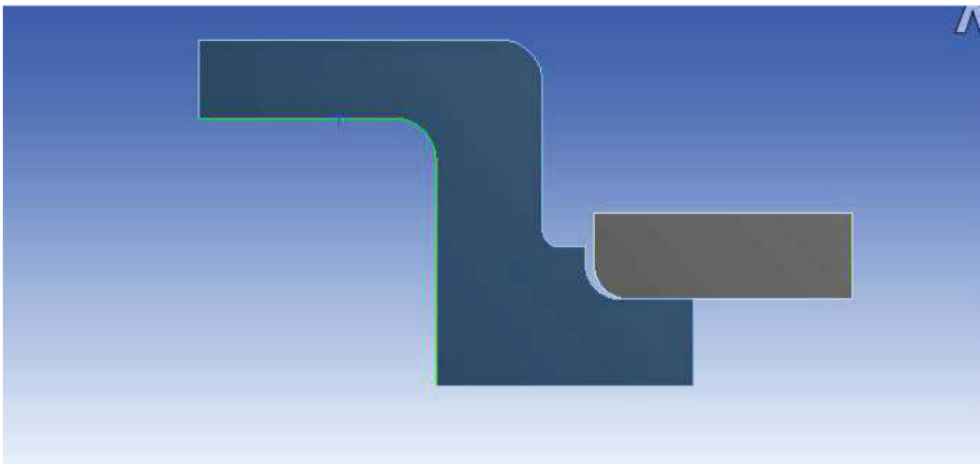




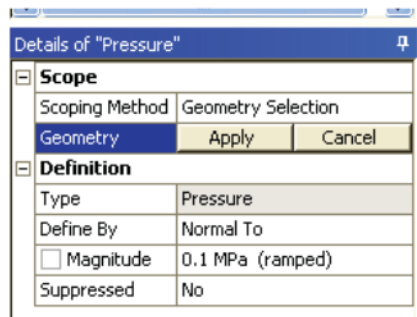
Và chọn Apply trong Details of Compression Only Support\Scope\Geometry.

- Đặt tải trọng:

Đặt tải là áp suất lên mặt trong của nắp: Nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → Pressure. Sau đó chọn lệnh  chỉ vào mặt trong của nắp.



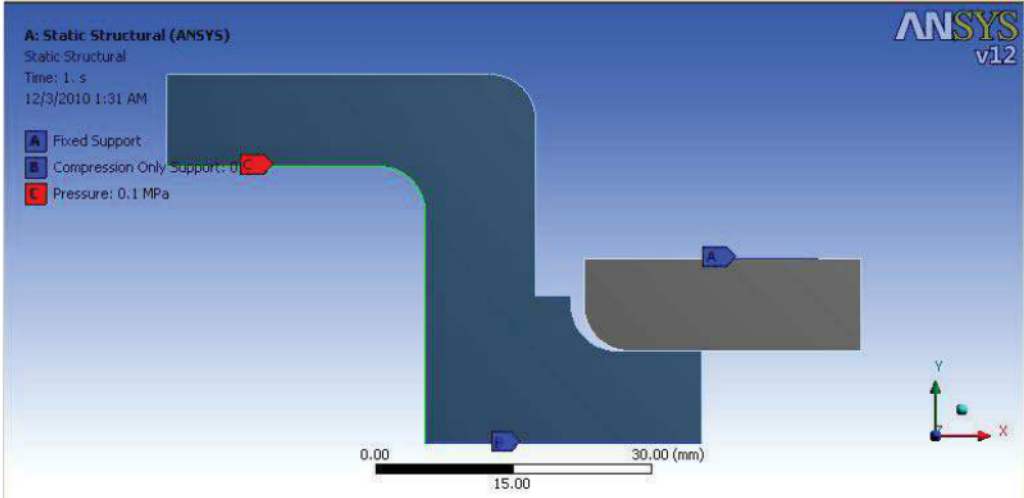
Chọn Apply trong Details of Pressure\Scope\Geometry.






Chọn Details of Line Pressure → Definition → Magnitude: đặt giá trị áp suất là 0.1 MPa.

Để kiểm tra lại các tải và điều kiện biên vừa đặt ta nhấp chuột lên dòng Static Structural (A5), phần mềm sẽ mô tả kết quả điều kiện biên và tải trọng vừa đặt lên nắp và vòng chặn.




Tiếp theo nhấp chuột vào biểu tượng  Solve, đợi trong giây lát để phần mềm tiến hành phân tích.

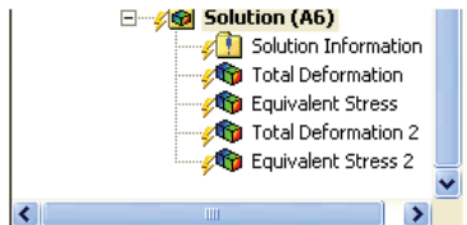
### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Xem kết quả biến dạng tổng: Nhấp chuột phải lên dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total.

Xem kết quả ứng suất: Nhấp chuột phải lên dòng Solution (A6) → chọn Insert → Stress → Equivalent (von-mises).

Xem ứng suất và biến dạng riêng của chi tiết nắp: Dùng biểu tượng  để chọn riêng chi tiết nắp và thực hiện tương tự như 2 bước trên. Như vậy ta có thể xem biến dạng và ứng suất của máy, bộ phận hoặc riêng từng chi tiết.

Lúc này trong Solution sẽ có:



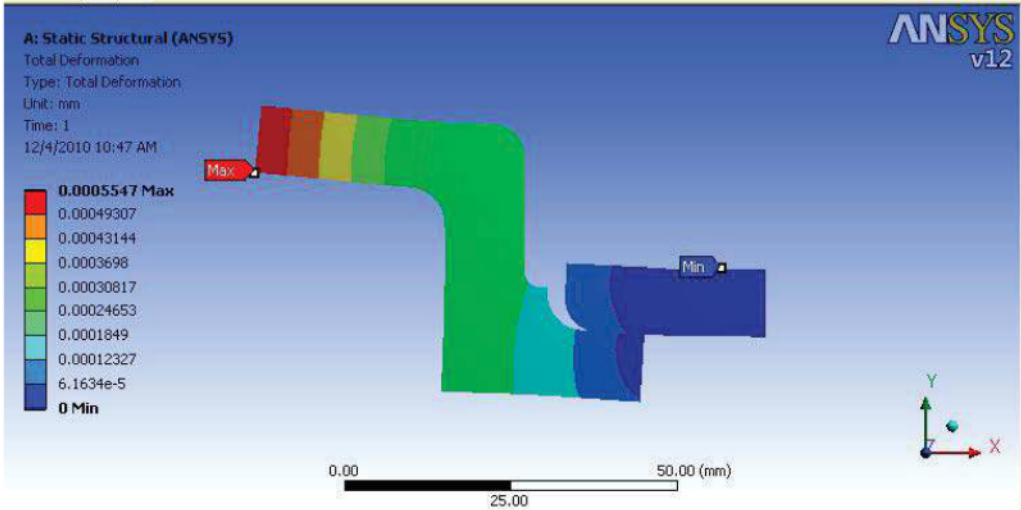
Nhấp chuột phải lên dòng Solution → chọn Solve.



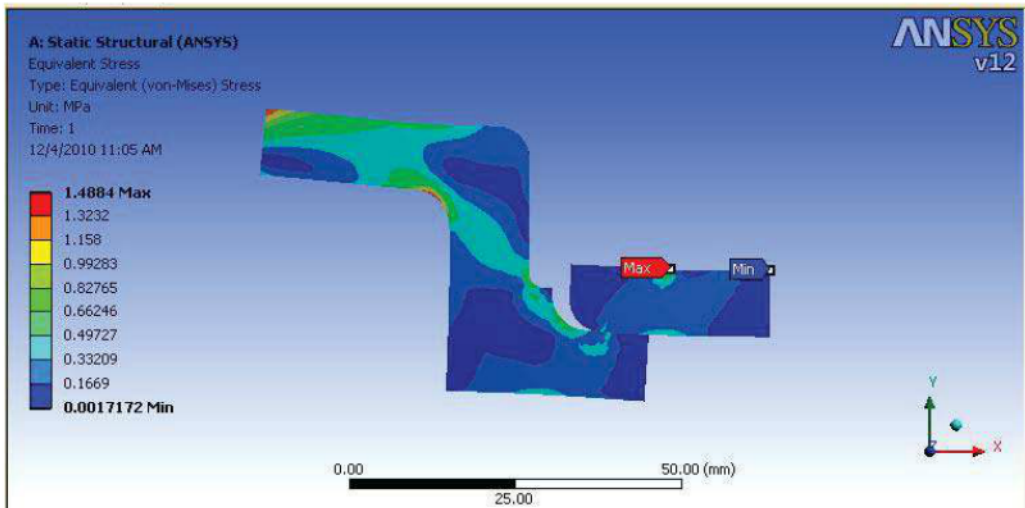


Sau đó xem kết quả phân tích trong Solution bằng cách:

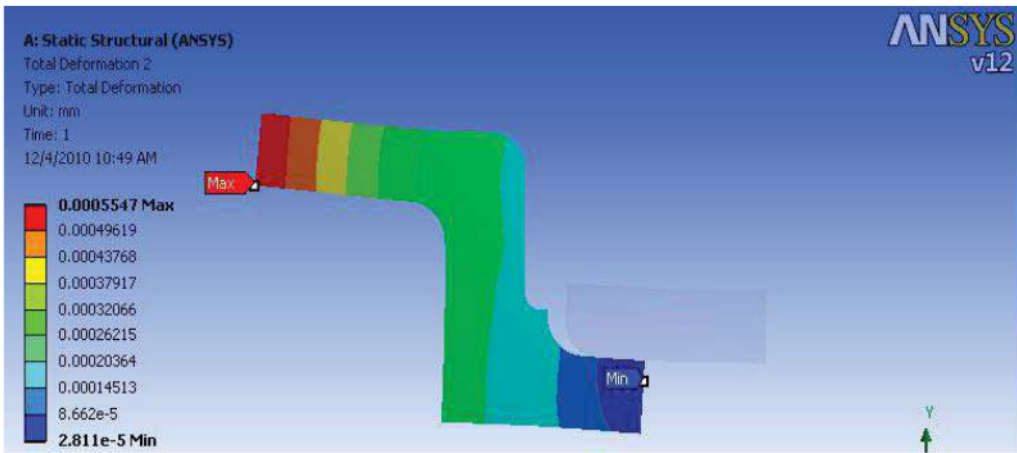
Chọn Total Deformation để xem biến dạng tổng của cả hai chi tiết. Kết quả tính chuyển vị lớn nhất là 0.0005547 mm.



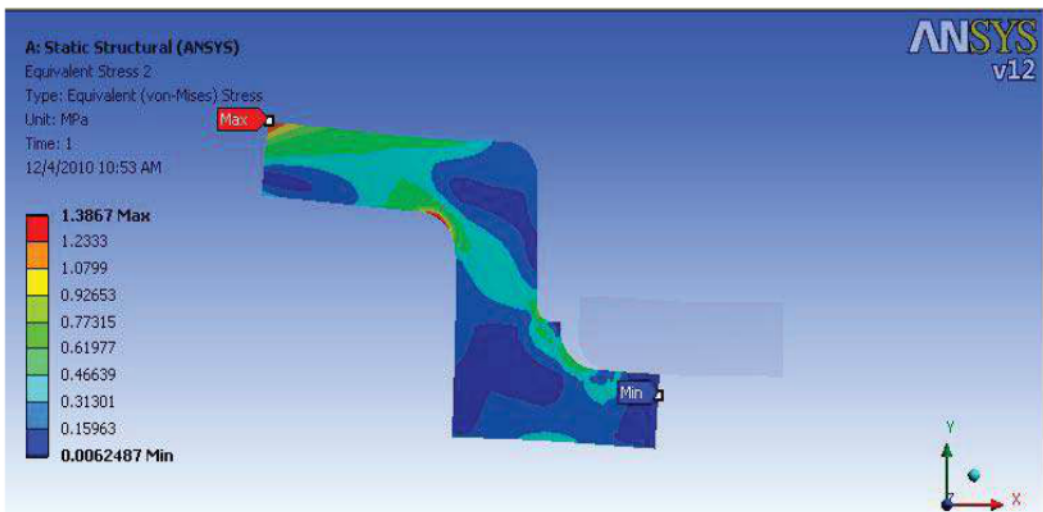
Chọn Equivalent Stress để xem ứng suất. Kết quả ứng suất lớn nhất là 1.4884 MPa và phân bố như hình sau:



Chọn Total Deformation 2 để xem biến dạng của riêng chi tiết nắp. Biến dạng lớn nhất (Max) là 0.0005547 mm và nhỏ nhất (Min) là  $2.811 \times 10^{-5}$  mm.



Chọn Equivalent Stress 2 để xem ứng suất của riêng chi tiết nắp. Kết quả cho thấy ứng suất lớn nhất là 1.3867 MPa và nhỏ nhất là 0.15963 MPa.

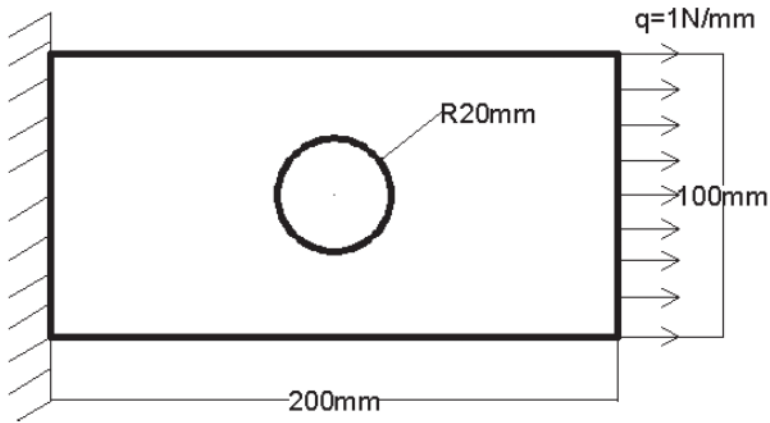


Ngoài ra, chúng ta cũng có thể xem biến dạng (chuyển vị) và ứng suất tại bất cứ điểm nào trên chi tiết, hoặc chỉ vị trí có giá trị lớn nhất và nhỏ nhất.

## 6.2. BÀI TOÁN 6.2: CHI TIẾT DẠNG TẤM (SURFACE BODIES)

Xác định chuyển vị và ứng suất của tấm kim loại với hình dạng, ràng buộc và tải như hình 6.2. Bề dày của tấm kim loại là 20 mm và làm từ thép không gỉ.





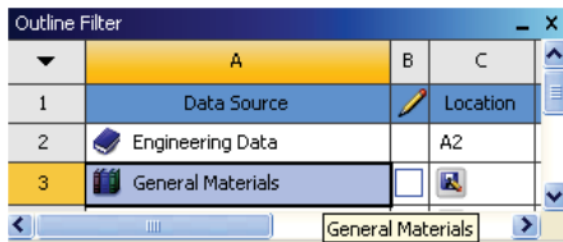
**Hình 6.2**

### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

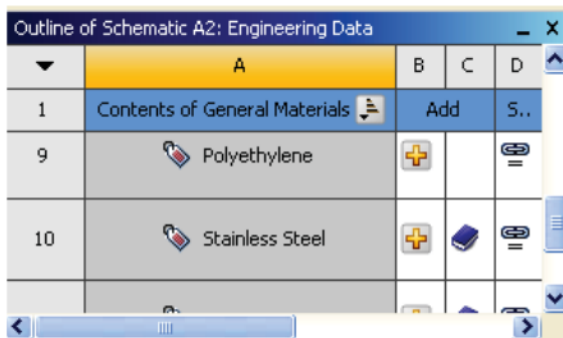
Chọn mô đun Static Structural.

### Bước 2: Thiết lập thông số vật liệu cho bài toán

Nhấp đúp chuột lên dòng Engineering Data → chọn General Material.



Trong Outline of Schematic A2: Engineering Data, chọn Stainless Steel.



### Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

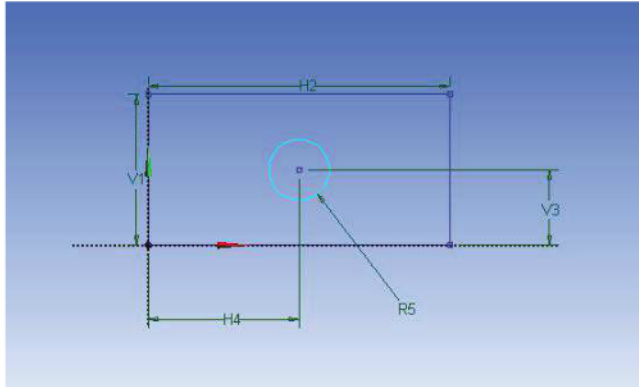
Nhấp đúp chuột vào Geometry trong Static Structural của môi trường Workbench → Design Modeler xuất hiện.

Chọn đơn vị Millimeter.

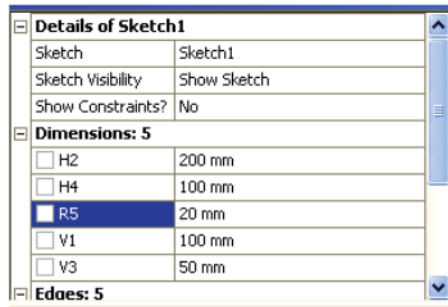


Chọn Sketching để xây dựng mô hình 2D cho bài toán. Chọn mặt phẳng vẽ là mặt XY bằng cách nhấp chuột vào chiều dương của trục tọa độ Z.

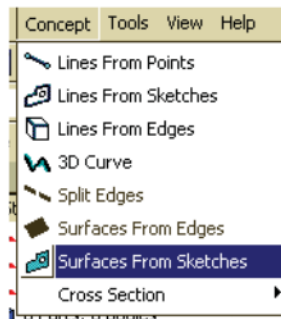
Trong mặt phẳng XY xây dựng tấm dưới dạng mặt phẳng bằng các lệnh vẽ trong thẻ Draw và định các kích thước bằng các lệnh trong thẻ Dimension ta được:



Trong Details View → chọn Dimensions để xác định các kích thước:  $V1 = 100 \text{ mm}$ ;  $H2 = 200 \text{ mm}$ ;  $V3 = 50 \text{ mm}$ ;  $H4 = 100 \text{ mm}$ ;  $R5 = 20 \text{ mm}$ .



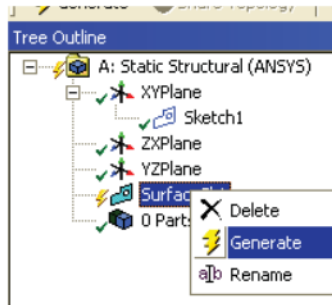
Tiếp theo ta xây dựng mặt Surface từ hình 2D vừa tạo ra. Chọn Concept → Surfaces From Sketches.



Trong XY Plane, chọn Details View → Details of SurfaceSk1 → Base Object → Sketch1 → Apply.

Nhấp chuột phải lên dòng SurfaceSk1 → chọn Generate để tạo mặt.

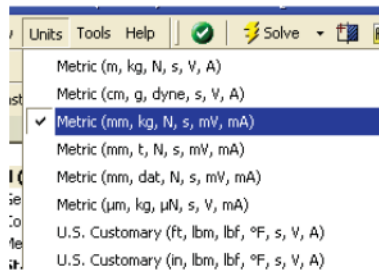




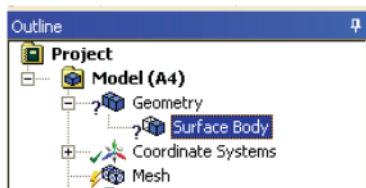
#### Bước 4: Chia lưới

Nhấp đúp chuột vào ô Model trong Static Structural của Workbench → cửa sổ Mechanical xuất hiện.

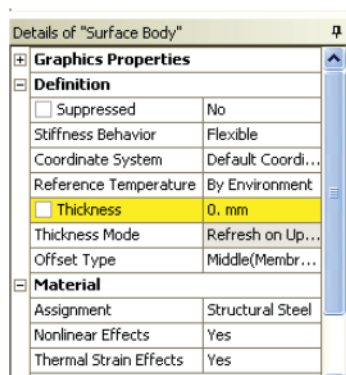
Vào Unit để chọn hệ đơn vị là Metric (mm, kg, N, s, mV, mA).



Xác định chiều dày của tấm 2D bằng cách chọn Model → Geometry → Surface Body nơi đang để dấu “?” trong Project.



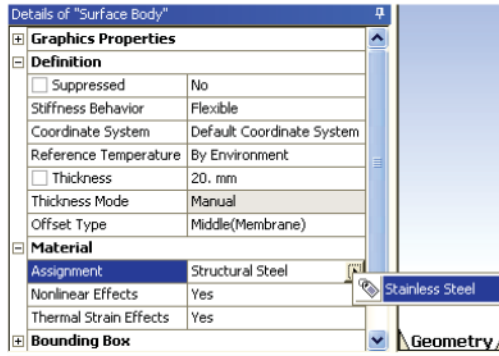
Khi đó sẽ xuất hiện hộp thoại Details of Surface Body.



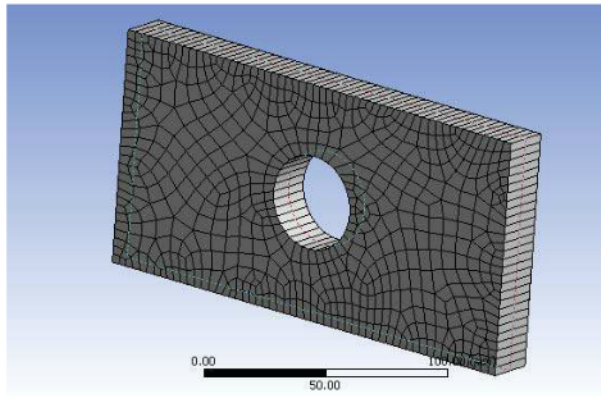
Trong hộp thoại này, ta xác định chiều dày cho tấm, chọn Definition → Thickness (nơi đang xuất hiện dòng màu vàng) và đặt giá trị của chiều dày tấm là 20 mm.



Đặt vật liệu cho chi tiết là thép không gỉ cũng hợp thoại này. Vào Material → Assignment → chọn Stainless Steel (Lưu ý: nếu không thấy Stainless Steel xuất hiện thì phải kiểm tra lại bước 2).



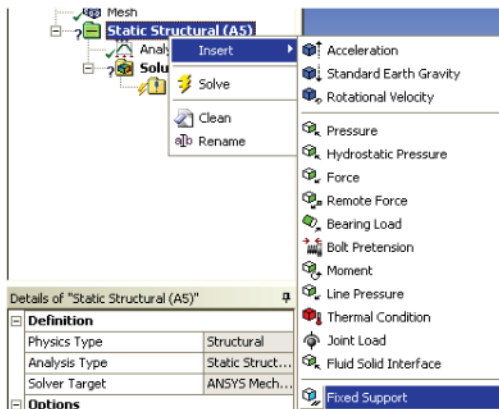
Tiếp theo, chia lưới phần tử theo mặc định: Nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh. Sau khi chia lưới tấm kim loại sẽ có hình ảnh như sau:



### Bước 5: Đặt tải trọng và các ràng buộc

+ Đặt ràng buộc:

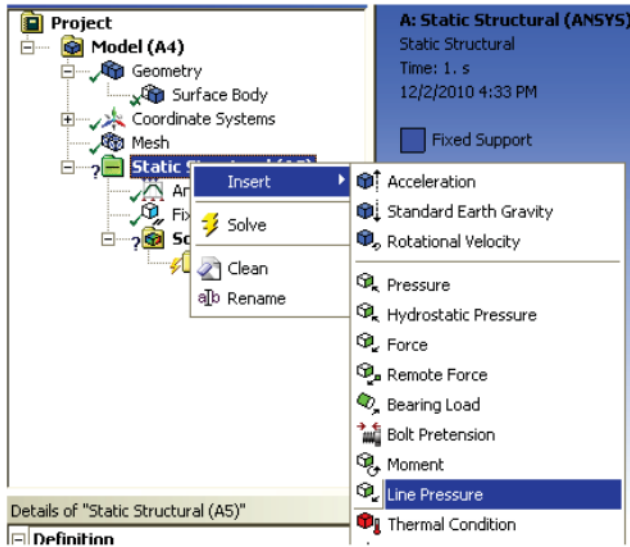
Tấm được ngàm chặt một đầu với ràng buộc là Fixed Support: Nhấp chuột phải lên dòng Static Structural → chọn Insert → Fixed Support.




Dùng nút chọn đường thẳng  trên thanh công cụ và chọn một cạnh bên hông của tấm, sau đó chọn Apply.

+ *Đặt tải trọng:*

Đặt tải phân bố (Line Pressure) lên đầu còn lại của tấm: Nhấp chuột phải lên dòng Static Structural → chọn Insert → Line Pressure.

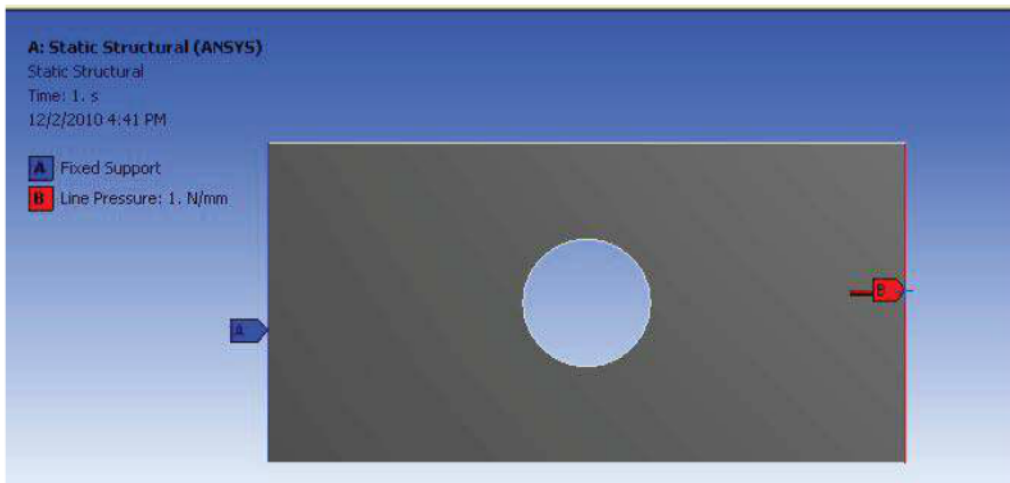


Trong Details of Line Pressure\Scope\Geometry: Dùng nút chọn đường thẳng  và chỉ vào cạnh cần đặt tải phân bố → chọn Apply.

Details of Line Pressure\Definition\Define By: Chọn Component.

Details of Line Pressure\Definition\X Component: Đặt giá trị 1 N/mm.

Để kiểm tra lại các tải và điều kiện biên vừa đặt, nhấp chuột vào dòng Static Structural (A5) và chọn xem trong mặt phẳng XY.

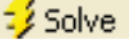




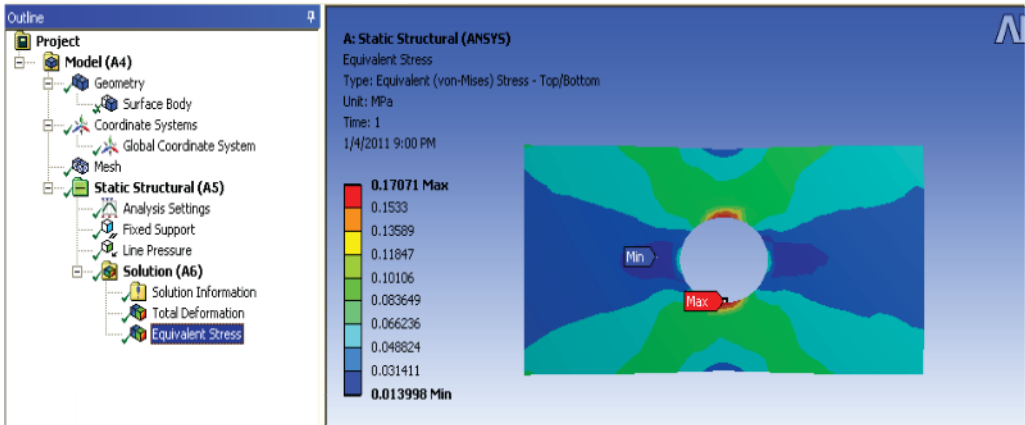
## Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Nhấp chuột phải lên dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để xem kết quả biến dạng tổng.

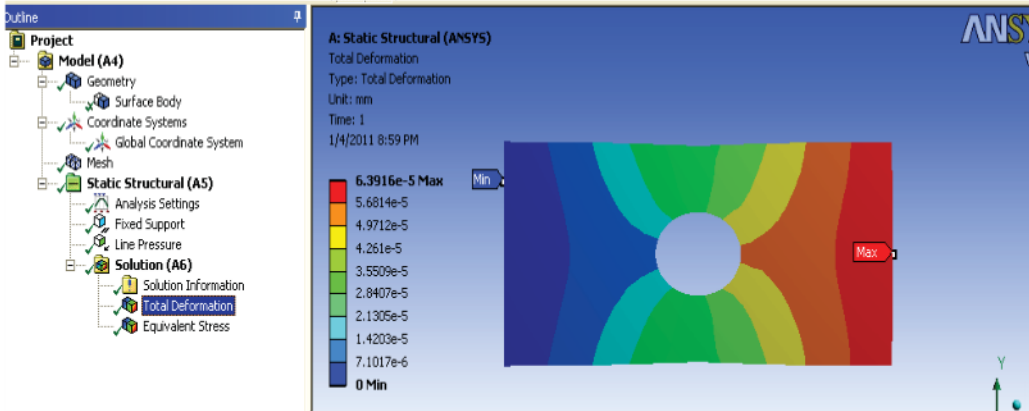
Nhấp chuột phải lên dòng Solution (A6) → chọn Insert → Stress → Equivalent (von-mises) để xem ứng suất xuất hiện trong tấm.

Sau đó chọn lệnh  Solve trên thanh công cụ để phần mềm tiến hành giải.

Kết quả phân tích ứng suất lớn nhất là 0.17071 MPa.



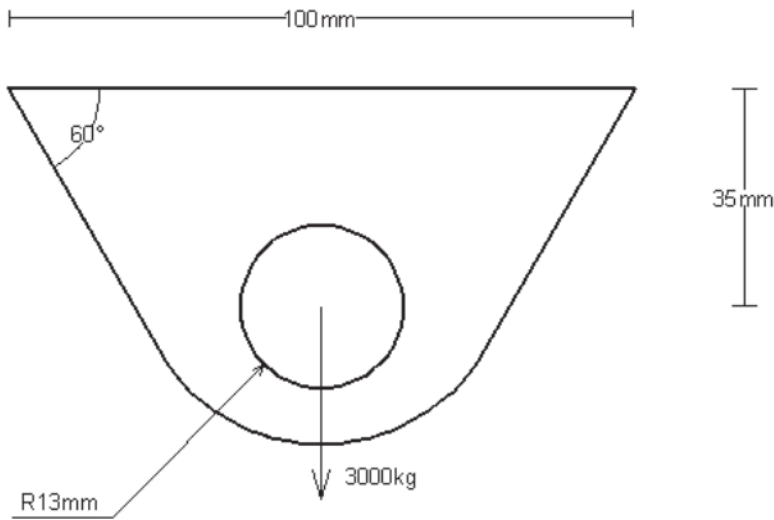
Kết quả phân tích chuyển vị lớn nhất là  $6.3916 \times 10^{-5}$  mm.



# Chương 7

## PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DẠNG KHỐI 3D – SOLID

Phân tích ứng suất và biến dạng của khối đỡ trục có hình dạng như hình 7.1. Khối có chiều dày 30 mm và được làm bằng thép kết cấu.



**Hình 7.1**

### **Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench**

Chọn mô đun phân tích: Static Structural (phân tích tĩnh).

### **Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán**

Vật liệu của hệ thanh dầm là thép kết cấu, vì vậy ta chọn vật liệu theo mặc định là Structural Steel.

### **Bước 3: Xây dựng mô hình hình học**

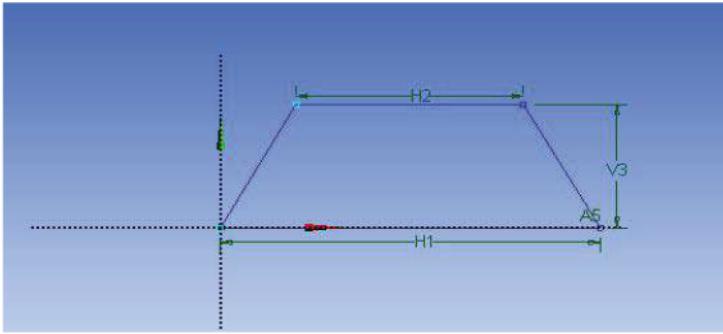
Chi tiết được phân tích ở dạng khối (Solid Bodies) giống như mặc định của phần mềm. Vì vậy không phải chọn lại phần tử (Bodies) cho bài toán.

Nhấp đúp chuột lên dòng Geometry để vào môi trường Design Modeler xây dựng mô hình hình học cho bài toán.

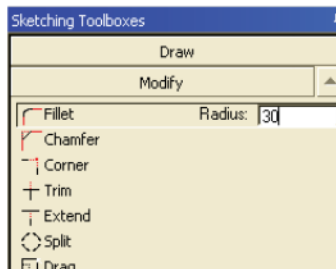
Vào thẻ Sketching và tạo hình dạng 2D cho bài toán: Chọn lệnh Lines để vẽ các đoạn thẳng; Chọn lệnh Dimensions để định giá trị cho



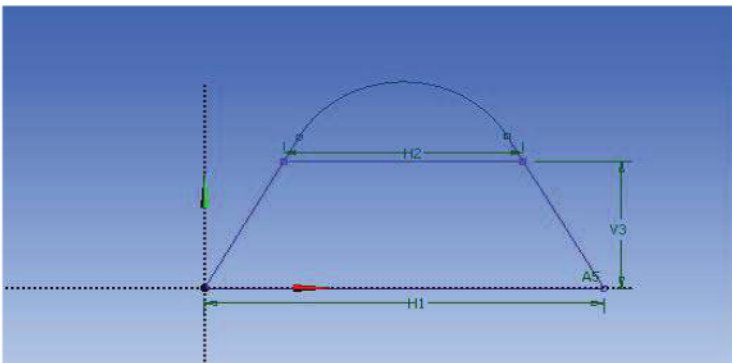
các đoạn thẳng và góc với các giá trị:  $H1 = 100\text{mm}$ ;  $H2 = 60\text{mm}$ ;  $V3 = 35\text{mm}$ ;  $A5 = 60^\circ$ .



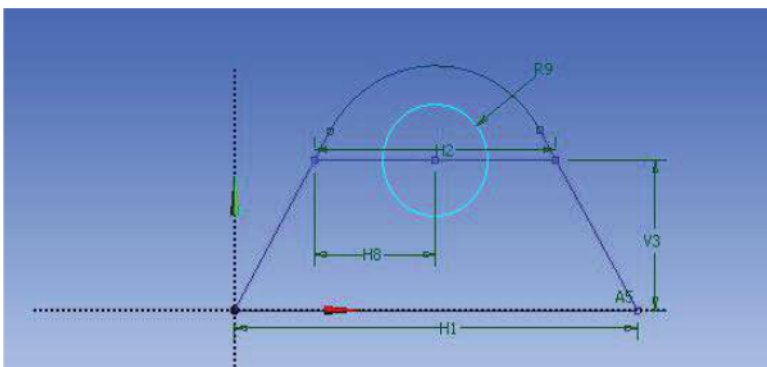
Chọn Sketching → Modify → Fillet và đặt  $R = 30\text{ mm}$ .



Chọn hai đoạn thẳng cần Fillet trong Graphics thì ta thu được:

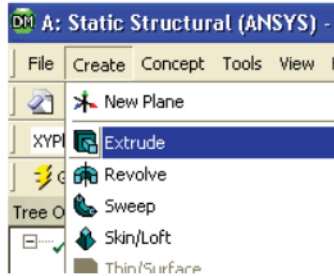


Vẽ đường tròn có bán kính  $R = 13\text{ mm}$  với tâm nằm trên trung điểm đáy nhỏ của hình thang.

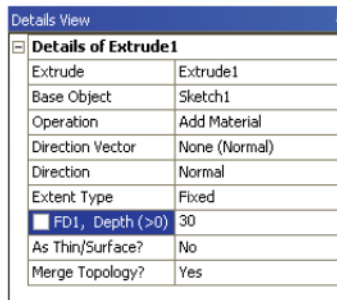


Định các giá trị  $H8 = 30 \text{ mm}$ ;  $R9 = 13 \text{ mm}$  trong hộp thoại Details View.

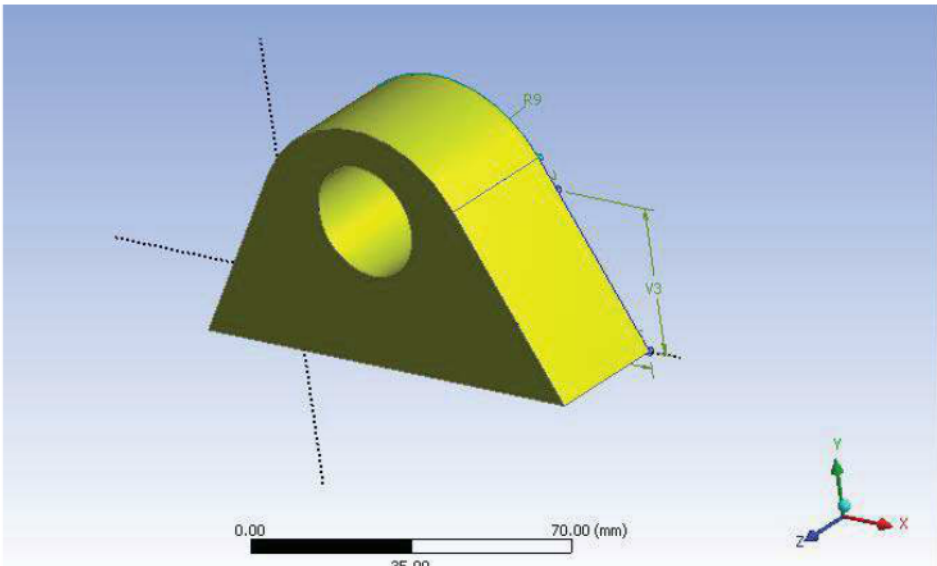
Tiếp theo là vào thẻ Modeling để xây dựng khối 3D cho bài toán. Chọn Modeling → Create → Extrude.



Trong Details View: Đặt giá trị depth = 30 mm (bề dày Extrude).



Xem hình khối 3D sau khi đặt xong các giá trị bằng cách nhấp chuột vào TreeOutline → chọn Extrude → Solid.



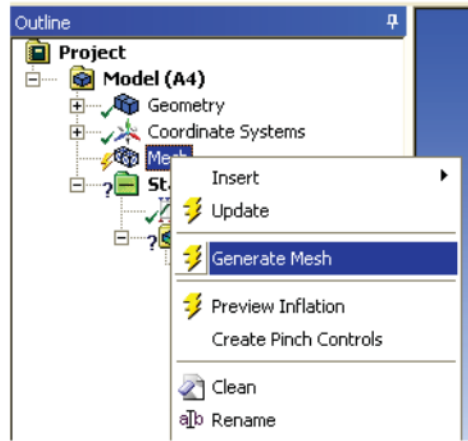
#### Bước 4: Chia lưới

Nhấp đúp chuột vào Model trong Workbench → cửa sổ Mechanical mở ra với cây thư mục Outline ở bên trái và các thanh công cụ ở phía trên màn hình.




Vào Unit trên thanh công cụ để chọn hệ thống đơn vị Metric (mm, kg, N, s, mV, mA).

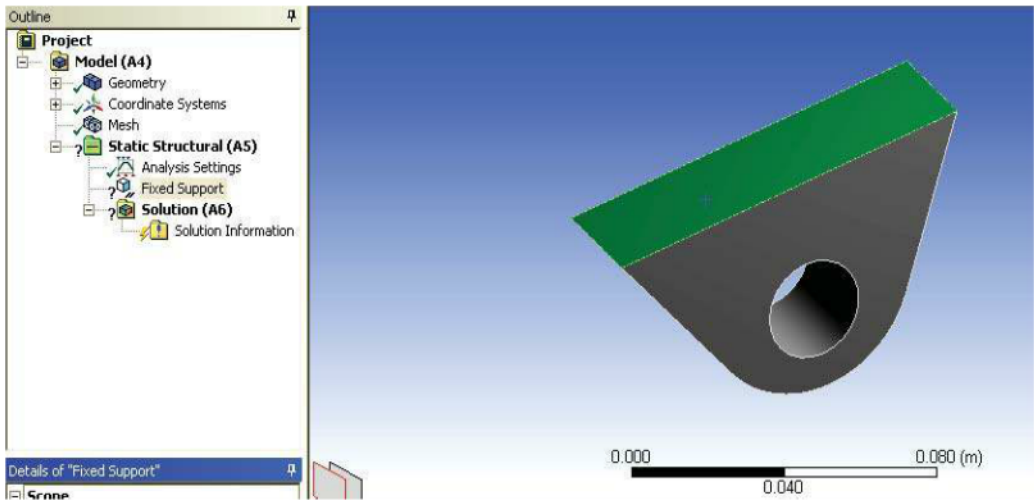
Tiếp theo tiến hành chia lưới phần tử. Nhấp chuột phải vào Mesh trên cây thư mục → chọn Generate Mesh để chia lưới theo mặc định.



### Bước 5: Đặt các ràng buộc và tải trọng

+ *Đặt ràng buộc:*

Nhấp chuột phải lên dòng Static Structural → chọn Insert → Fixed Support → nhấp chuột vào mặt cần giữ cố định → chọn Apply (để chọn mặt ta có thể sử dụng nút lệnh  trên thanh công cụ).

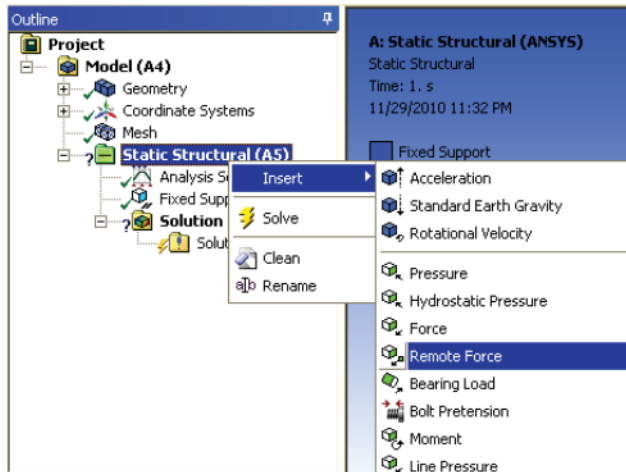


+ *Đặt tải trọng lên khối Solid:*

Vì khối đỡ trục nên tải trọng tác dụng gián tiếp lên khối nên chọn kiểu tải trọng là Remote Force.

Nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → Remote Force.



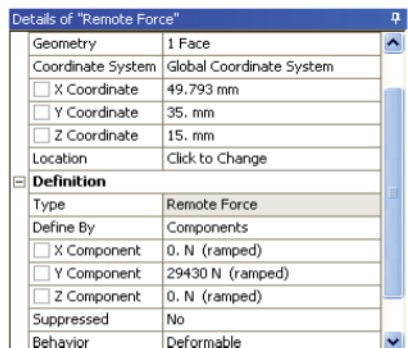


Trong Details of Remote Force, thiết lập như sau:

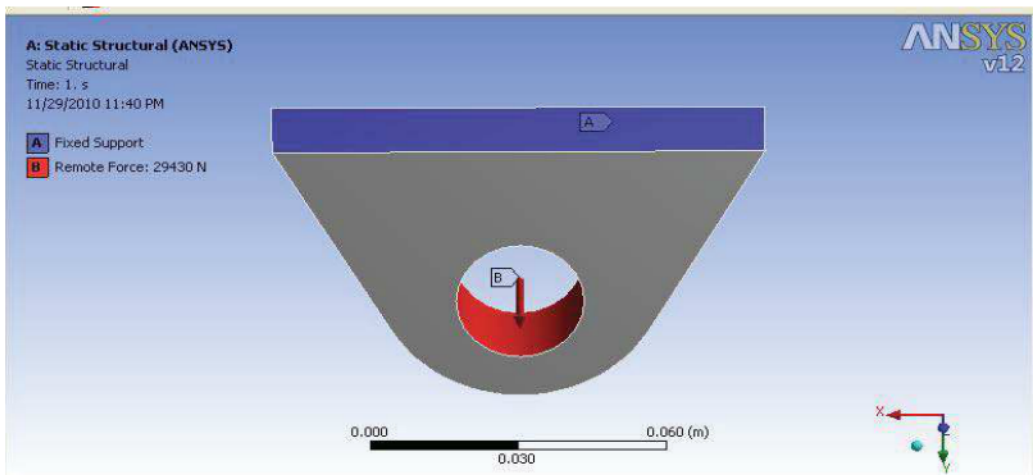
Scope\Geometry: nhấp chuột vào mặt trụ bên trong khối, sau đó chọn Apply.

Definition\Define By: chọn Component.

Y component: đặt giá trị 29430 N (tương ứng với giá trị  $3000 \times 9.81$ ).



Nhấp chuột lên dòng Static Structural trong thanh Outline để xem kết quả đặt tải trọng và ràng buộc.



Như vậy ta đã tiến hành đặt tải và các điều kiện biên cho bài toán. Tiếp theo là xử lý và xem kết quả tính toán của phần mềm.

### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Nhấp chuột phải lên dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để xem kết quả biến dạng tổng.

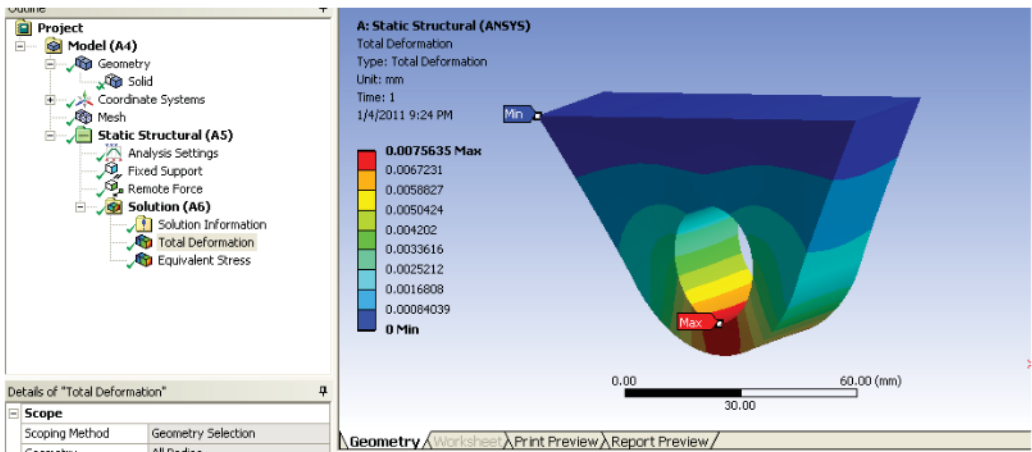
Nhấp chuột phải lên dòng Solution (A6) → chọn Insert → Stress → Equivalent (von-Mises) để xem ứng suất.

Sau đó chọn lệnh  Solve từ thanh công cụ.

Kết quả thu được như sau:

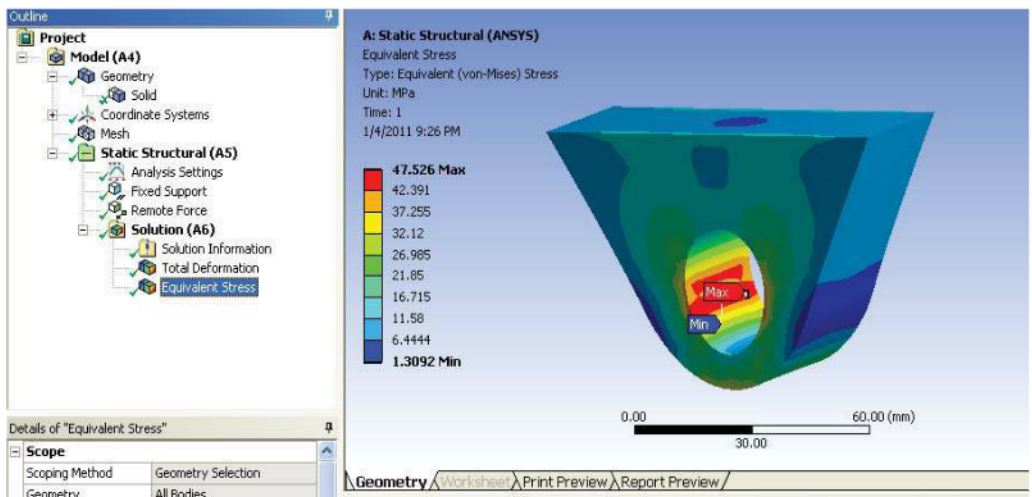
+ *Chuyển vị (Deformation)*:

Kết quả tính chuyển vị lớn nhất là 0.0075635 mm.



+ *Ứng suất (Equivalent Stress)*:

Kết quả ứng suất lớn nhất là 47.526 MPa.

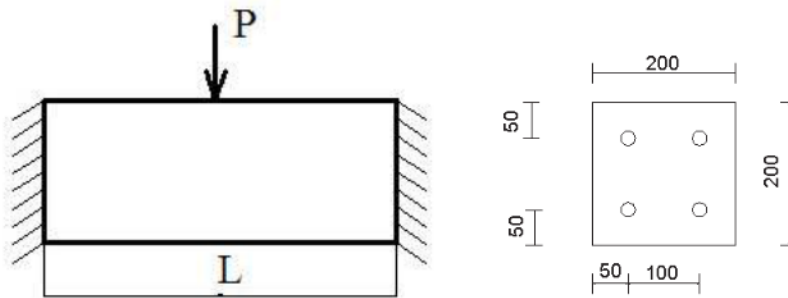


# Chương 8

## PHÂN TÍCH BÀI TOÁN COMPOSITE 3D – SOLID

### 8.1. BÀI TOÁN 8.1

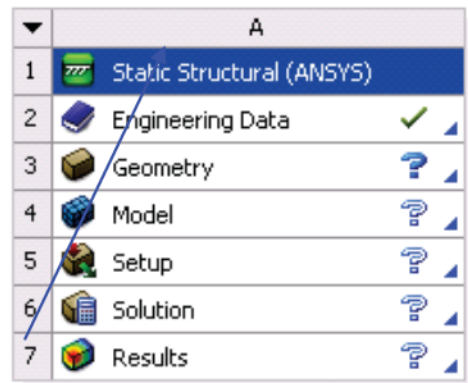
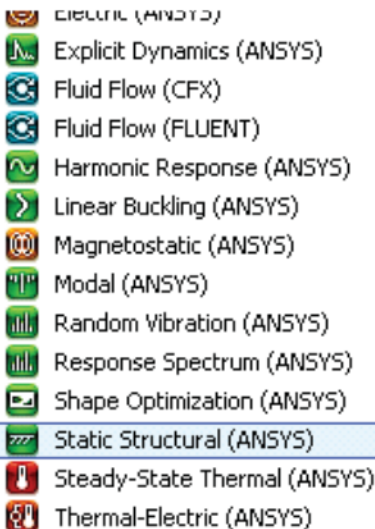
Phân tích ứng suất và chuyển vị của dầm bê tông cốt thép. Kích thước ngoài của dầm là 200 x 200 x 1000 (mm); cốt thép có đường kính  $\phi 10$  mm và được phân bố như hình 8.1. Điều kiện biên của bài toán: cố định 2 đầu dầm và chịu tải 10.000 N trên bề mặt dầm.



Hình 8.1. Dầm bê tông cốt thép

#### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Chọn mô đun phân tích tĩnh: Static Structural.



Static Structural (ANSYS)

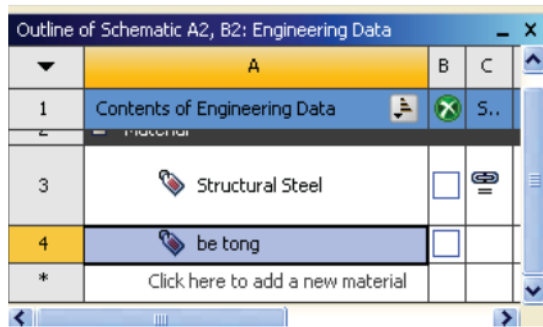


## Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

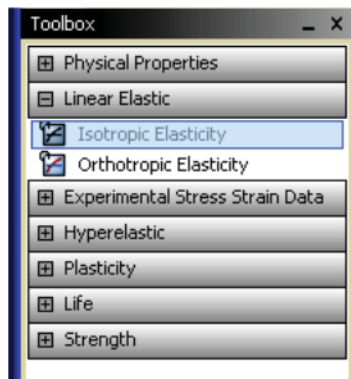
Vật liệu bê tông là vật liệu không có sẵn trong thư viện vật liệu của phần mềm, vì vậy ta phải tạo vật liệu mới để sử dụng cho bài toán với các thông số của vật liệu bê tông mà đề bài toán đưa ra. Cách tạo vật liệu mới được thực hiện như sau:

Trong hệ thống phân tích Static Structural: nhấp đúp chuột vào dòng Engineering Data, chọn Engineering Data → hộp thoại Outline of schematic A2, B2: Engineering Data xuất hiện.

Nhấp chuột vào ô “click here to add a new Material” và đổi tên thành “bê tông”.




Tiếp theo vào hộp thoại Toolbox → chọn Linear Elastic → Isotropic Elasticity.



Trong hộp thoại Property of Outline row 4: be tông, ta thiết lập mô đun đàn hồi (Young's Modulus):  $E = 3 \times 10^{10}$  Pa; hệ số Poisson (Poisson's Ratio) = 0.2.

	A	B	C	D
1	Property	Value	Unit	
2	Isotropic Elasticity			
3	Young's Modulus	3E+10	Pa	
4	Poisson's Ratio	0.2		



Sau đó quay lại môi trường Project Schematic bằng cách nhấp chuột vào biểu tượng  Return to Project.

### Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

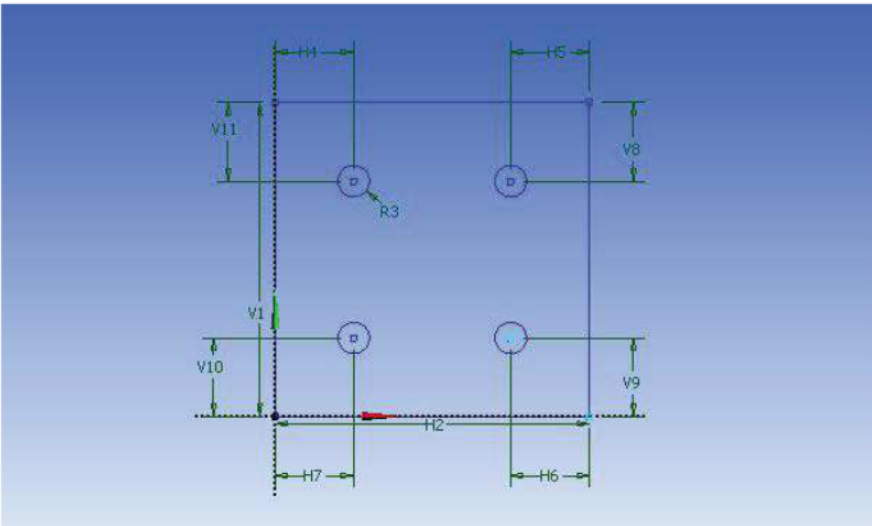
Chọn môi trường Workbench → nhấp đúp chuột vào Geometry (hoặc nhấp chuột phải lên dòng Geometry và chọn New Geometry).

Chọn hệ đơn vị là Milimeter.

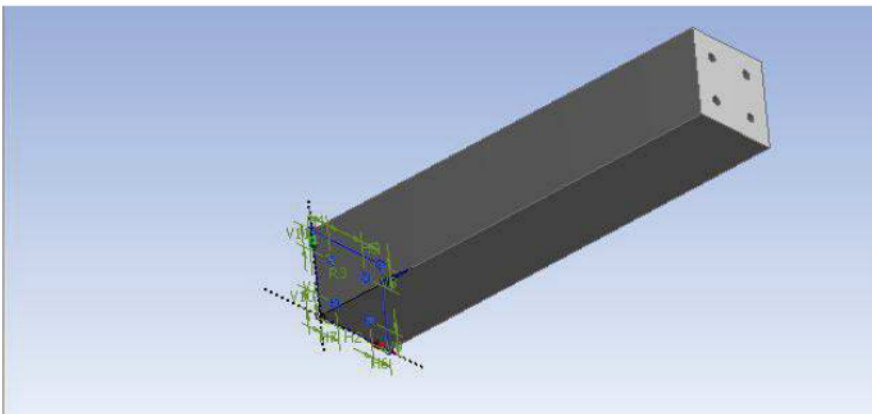
Chọn mặt phẳng vẽ là XY (XY Plane).

Chọn thẻ Sketching → Draw để thiết kế 2D.

Chọn thẻ Sketching → Dimensions để định kích thước.



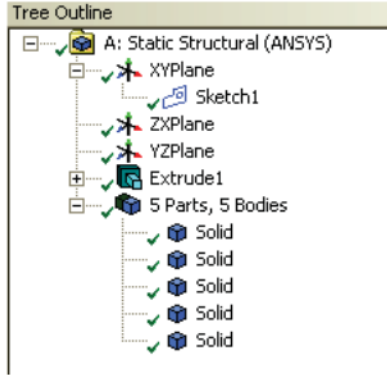
Chọn thẻ Modeling → Extrude để định chiều dài của dầm là 1000 mm.



Tạo 4 lỗ thép tại 4 lỗ của khối: Chọn XY Plane → chọn thẻ Sketching → Draw để vẽ 4 đường tròn tại tâm 4 lỗ với bán kính là 10 mm. Sau đó vào thẻ Modeling, nhấp chuột phải vào Extrude 1 và chọn Generate để tạo ra 4 lỗ.



Lúc này trong Tree Outline có 5 Parts và 5 Bodies được tạo ra.

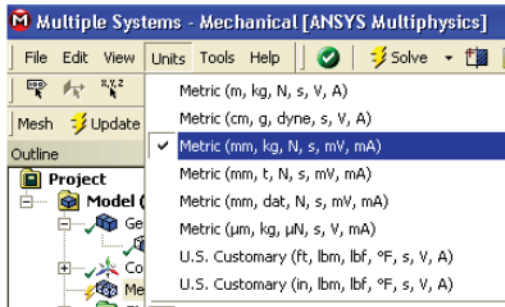


#### Bước 4: Gán vật liệu và chia lưới

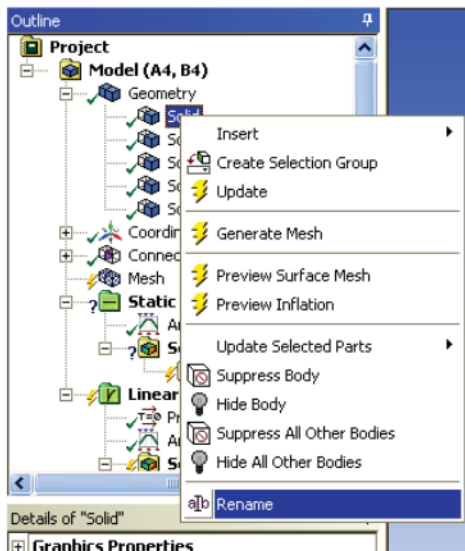
Thực hiện trong môi trường Workbench.

Nhấp đúp chuột vào ô Model trong Static Structural để xuất hiện cửa sổ Mechanical.

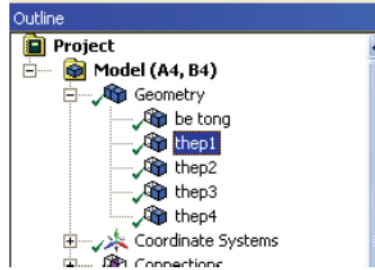
Chọn Unit trên thanh công cụ → chọn Metric (mm, kg, N, s, mV, mA).



Đổi tên các đối tượng: Vào Outline → Project → Model → Geometry → nhấp chuột phải lên đối tượng và chọn Rename.

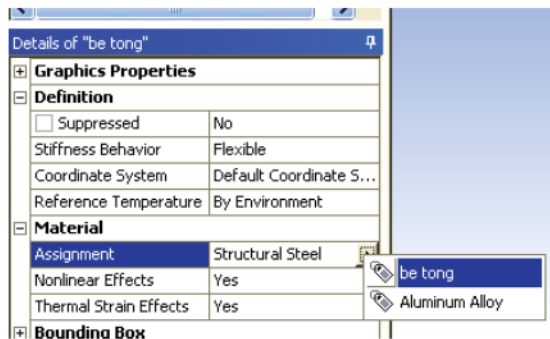


Đổi thành “be tong”, “thep1”, “thep2”, “thep3”, “thep4”.



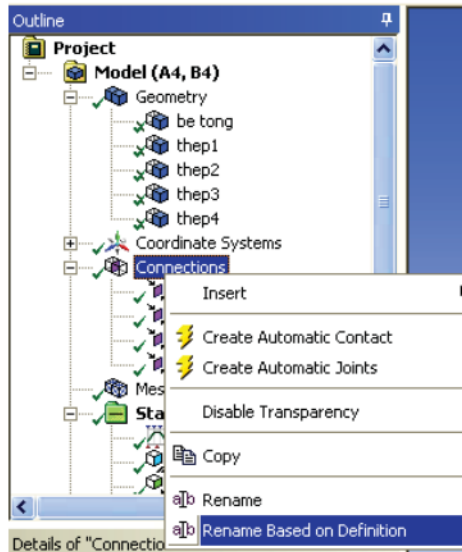
Gán vật liệu cho từng đối tượng trong dầm:

+ Nhấp chuột vào “be tong” để mở hộp thoại Details of “be tong”, sau đó chọn vật liệu như hình sau:



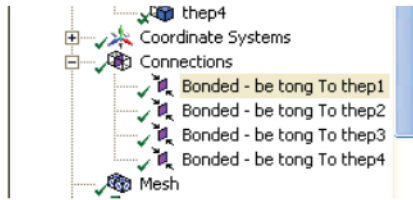
+ Cốt thép được gán vật liệu là thép kết cấu theo mặc định của phần mềm.

Tiếp theo ta phải tạo liên kết giữa bê tông và cốt thép. Nhấp chuột phải lên dòng Connections → chọn “Rename Based on Definition”.

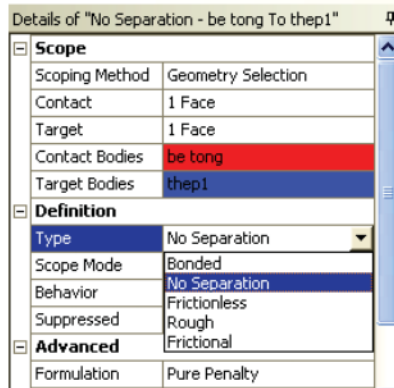


Trong Connections có những những liên kết mặc định như sau:

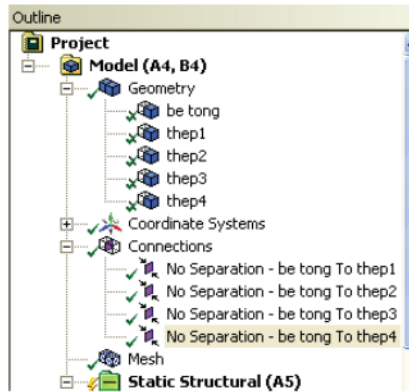




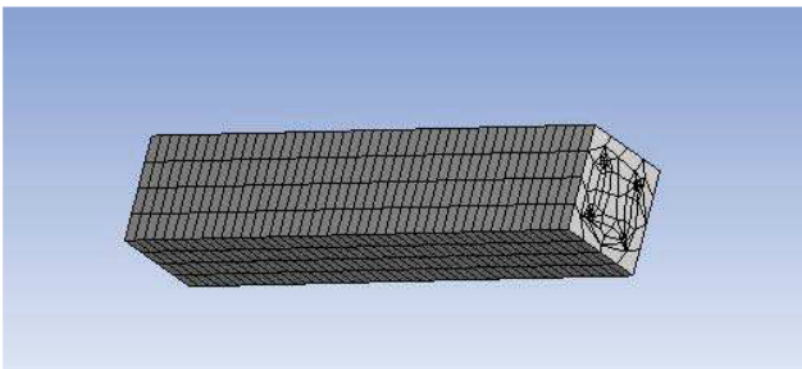
Chuyển tất cả các liên kết Bonded (dán) thành No Separation (không tách rời) bằng cách nhấp chuột vào dòng liên kết (chẳng hạn: Bonded – be tong to thep1), sau đó chọn No Separation như hình sau:



Sau khi hoàn thành, trong Connection ta thấy có các liên kết:




Tiếp theo tiến hành chia lưới: Nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh để chia lưới theo mặc định của phần mềm.

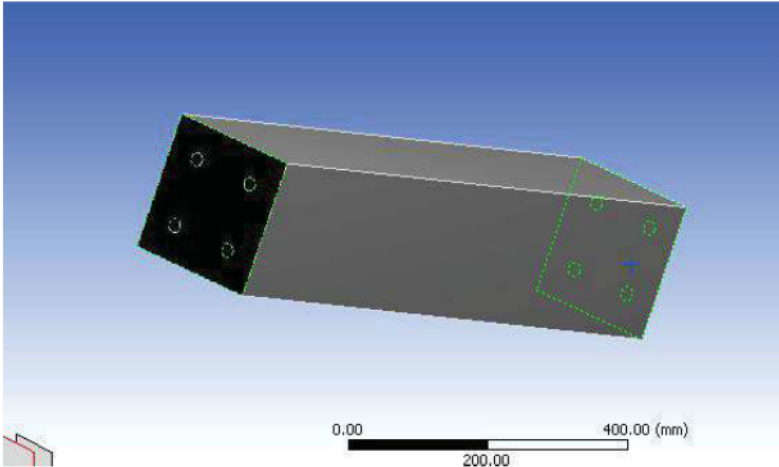


## Bước 5: Đặt các ràng buộc và tải trọng

+ *Đặt ràng buộc cố định:*


Nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → Fixed Support.

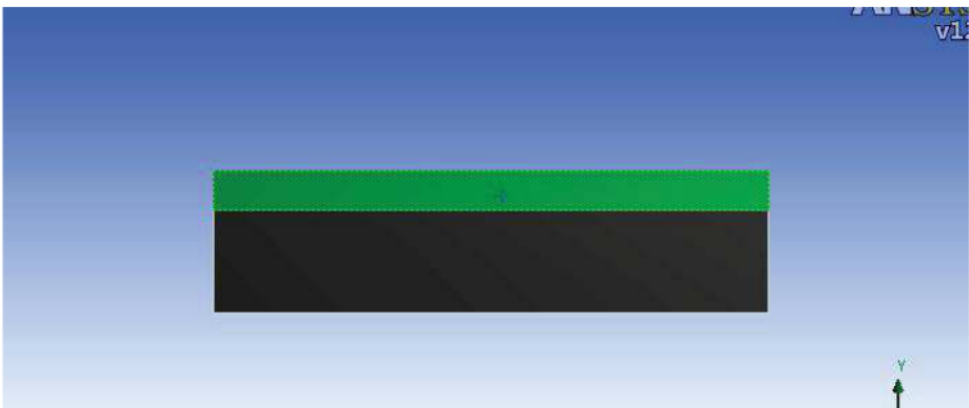
Sử dụng biểu tượng  trên thanh công cụ để chọn mặt cần cố định (2 mặt ngoài ở hai đầu của dầm), sau đó chọn Apply trong Out line of “Fixed Support”.



+ *Đặt tải trọng:*

Nhấp chuột phải vào dòng Static Structural (A5) → chọn Insert → Force.

Chọn biểu tượng , sau đó chọn một mặt bên của dầm.



Trong hộp thoại Details of Force → Scope → Geometry, ta chọn Apply.

Definition\Define By: chọn Component.




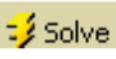
Definition: đặt Y component : -10000 N ; X component và Z component : 0.

### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

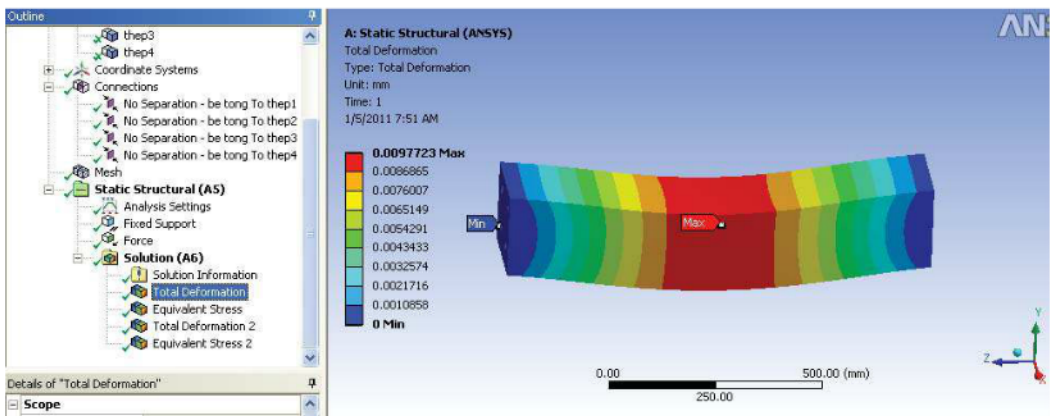
Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để xem kết quả biến dạng tổng.

Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Stress → Equivalent (von-mises) để xem phân bố ứng suất.

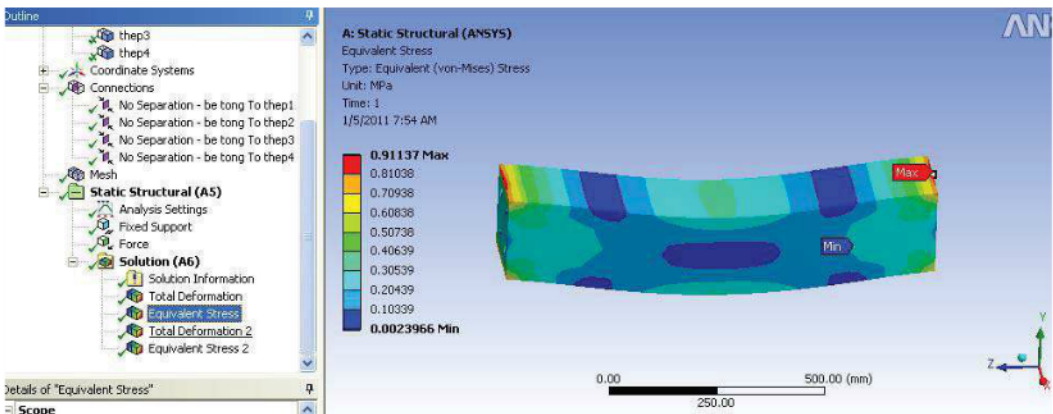
Sử dụng biểu tượng  để chọn khối, sau đó chọn 4 lõi thép trong màn hình Graphic và thực hiện lại hai bước như trên để hiển thị kết quả riêng cho 4 lõi thép.

Sau cùng nhấp chuột vào biểu tượng  Solve để phần mềm tiến hành xử lý.

Kết quả phân tích cho thấy chuyển vị lớn nhất của dầm bê tông cốt thép là 0.0097723 mm.



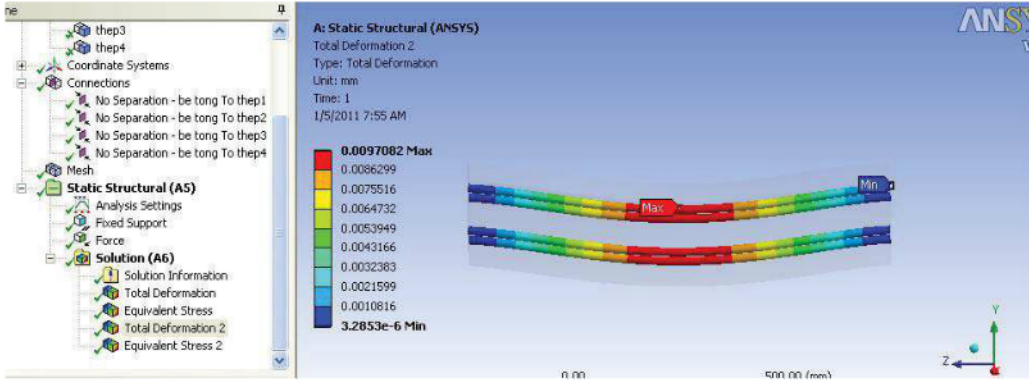
Kết quả ứng suất lớn nhất của dầm là 0.91137 MPa.



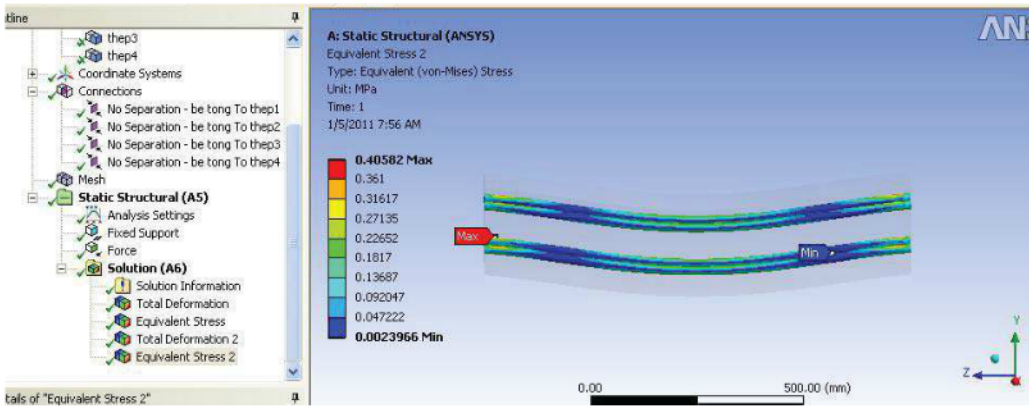
Kết quả ứng suất và biến dạng của 4 lõi thép:



Chuyển vị lớn nhất của lõi thép: 0.0097082 mm

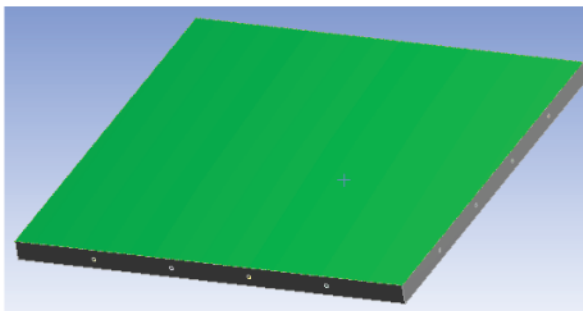


Ứng suất lớn nhất của lõi thép: 0.40582 MPa.



## 8.2. BÀI TOÁN 8.2

Phân tích sự phân bố ứng suất và trường chuyển vị của tấm bê tông cốt thép chịu lực. Tấm có kích thước tổng là 1000 x 1000 x 50 mm (hình 8.2), cốt thép có đường kính  $\phi 10$  mm và được bố trí theo lưới đều bên trong tấm bê tông (4 cốt thép theo phương ngang và 4 cốt thép theo phương dọc). Điều kiện biên của bài toán là cố định tại 4 mặt bên và lực tác dụng  $P = 10.000$  N được phân bố đều trên bề mặt của tấm.

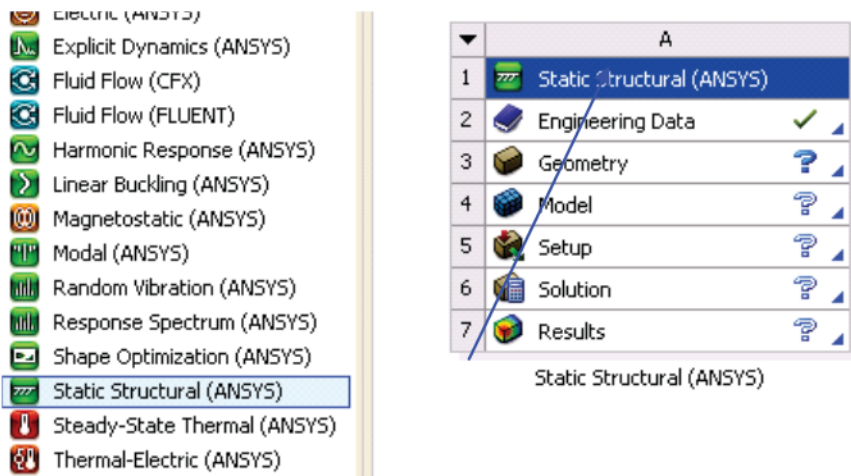


Hình 8.2



## Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Chọn mô đun Static Structural để phân tích bài toán ở dạng tải tĩnh.



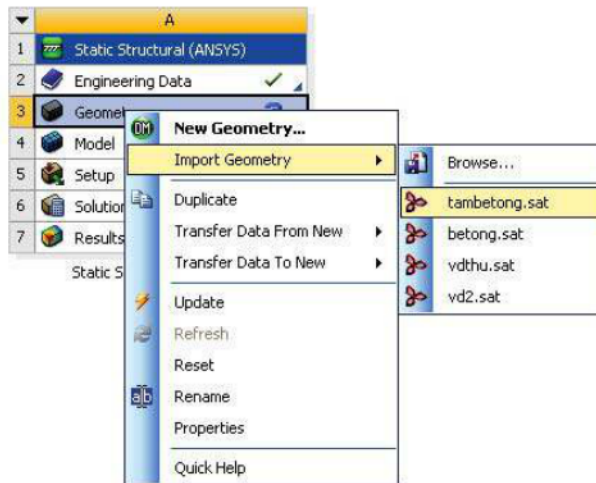
## Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

Thực hiện tương tự như bài toán trên (bài toán dầm bê tông cốt thép)

## Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Mô hình hình học của bài toán này được xây dựng bằng phần mềm AutoCAD và lưu file có phần mở rộng là: .sat (tambetong.sat).

Các bước Import trên phần mềm ANSYS được thực hiện như sau: nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Import Geometry → Browse: chọn file tambetong.sat.

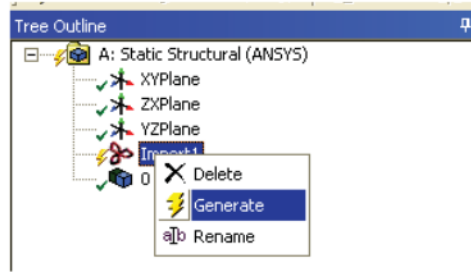


Tiếp theo, nhấp đúp chuột vào Geometry để vào môi trường Design modeler và chọn đơn vị là Millimeter khi hộp thoại yêu cầu xuất hiện.



Điều này rất cần thiết vì phải thống nhất đơn vị giữa phần mềm CAD (xây dựng mô hình hình học) và phần mềm phân tích (ANSYS).

Nhấp chuột phải lên dòng Import → chọn Generate.

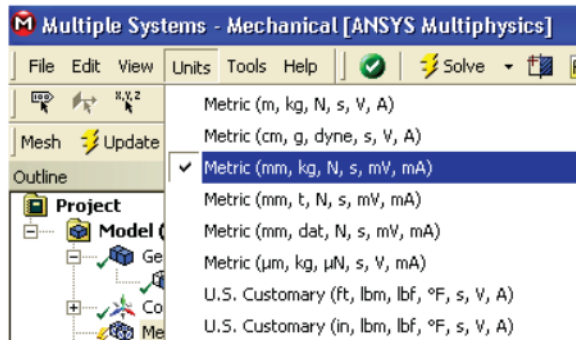


Như vậy ta đã chuyển mô hình hình học đã được tạo sẵn từ phần mềm AutoCAD sang phần mềm ANSYS để phân tích.

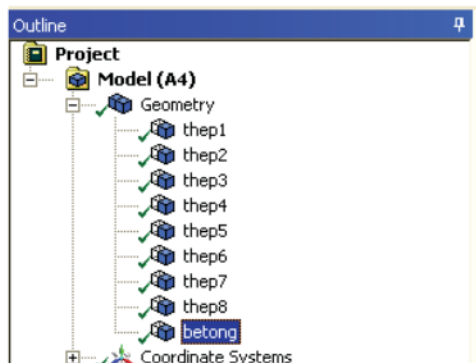
#### Bước 4: Gán vật liệu và chia lưới

Nhấp đúp chuột vào ô Model trong Static Structural → xuất hiện môi trường Mechanical.

Chọn Units → Metric (mm, kg, N, s, mV, mA).

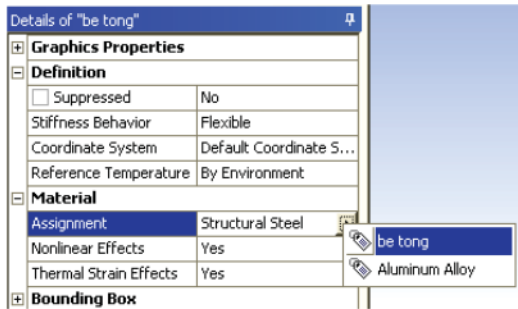


Đổi tên các đối tượng: Vào Outline → Project → Model → Geometry → nhấp chuột phải lên đối tượng và chọn Rename. Đổi thành “be tong”, “thep1”, “thep2”,..., “thep8” như hình:



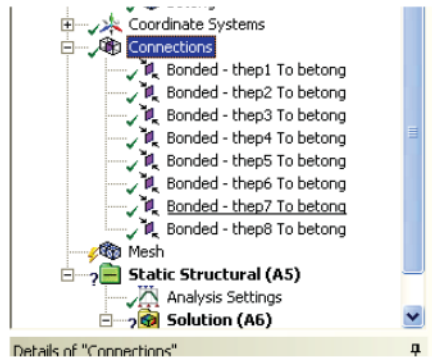
Gán vật liệu cho từng đối tượng:

Trong Outline Project, nhấp chuột vào “be tong” để mở hộp thoại Details of “be tong”, sau đó chọn vật liệu như hình sau:

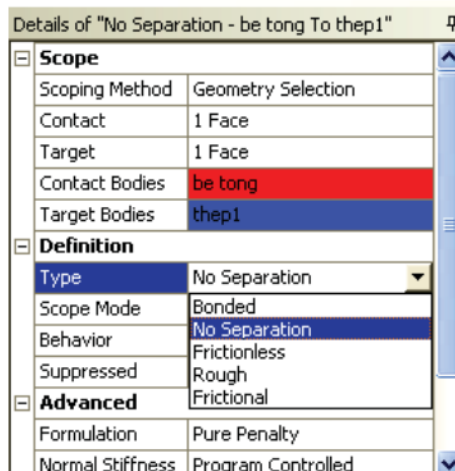


Đối với cốt thép thì ta không cần thực hiện bước gán vật liệu vì mặc định vật liệu của các đối tượng là Structural Steel.

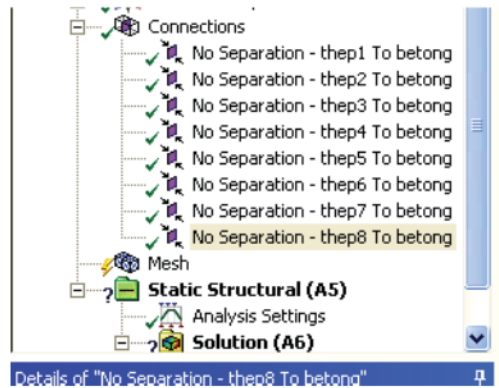
Tạo liên kết giữa cốt thép và bê tông: nhấp chuột phải vào dòng Connection → chọn “Rename Based on Definition”.



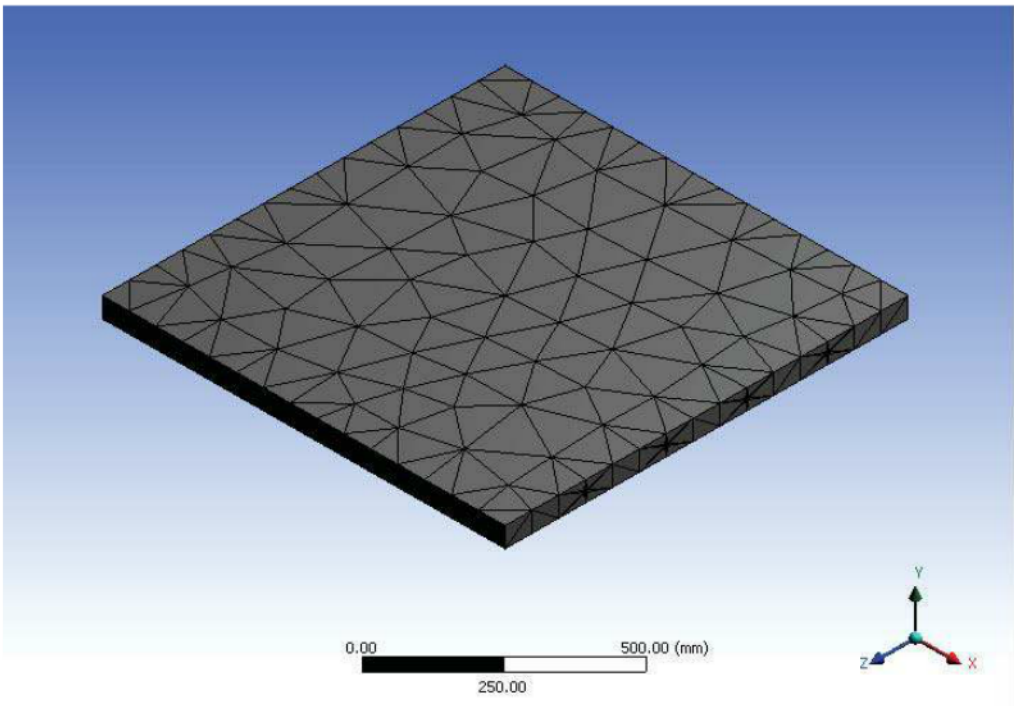
Ta thấy liên kết mặc định là Bonded (dán), do đó ta cần phải chuyển tất cả các liên kết này thành No Separation (không tách rời) bằng cách nhấp chuột vào 1 dòng liên kết, chẳng hạn “Bonded – be tong to thep1”, sau đó chọn kiểu No Separation trong hộp thoại Details of “Bonded – be tong to thep1”.



Thực hiện tương tự cho 7 liên kết còn lại giữa lõi thép và bê tông. Sau khi hoàn thành thì các dòng thông báo trong Connections xuất hiện như sau:




Tiếp theo tiến hành chia lưới bằng cách: nhấp chuột phải vào Mesh trong Tree Outline → chọn Generate Mesh.

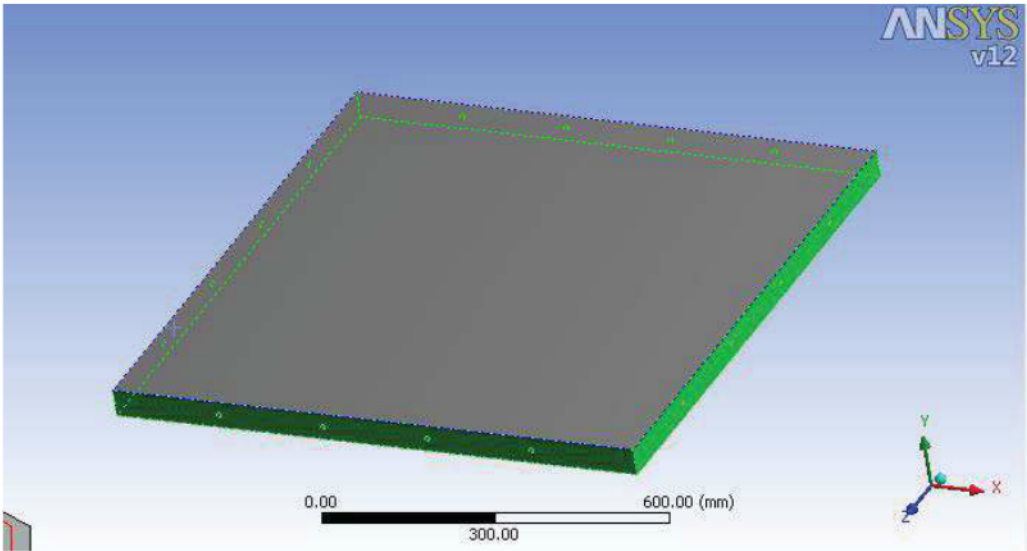


### Bước 5: Đặt tải trọng và các ràng buộc

Nhấp chuột phải lên dòng Static Structural → chọn Insert → Fixed Support để xác định các ràng buộc.


Sử dụng biểu tượng  trên thanh công cụ để chọn 4 mặt bên hông của tấm. Các mặt được chọn sẽ chuyển sang màu xanh lá cây.

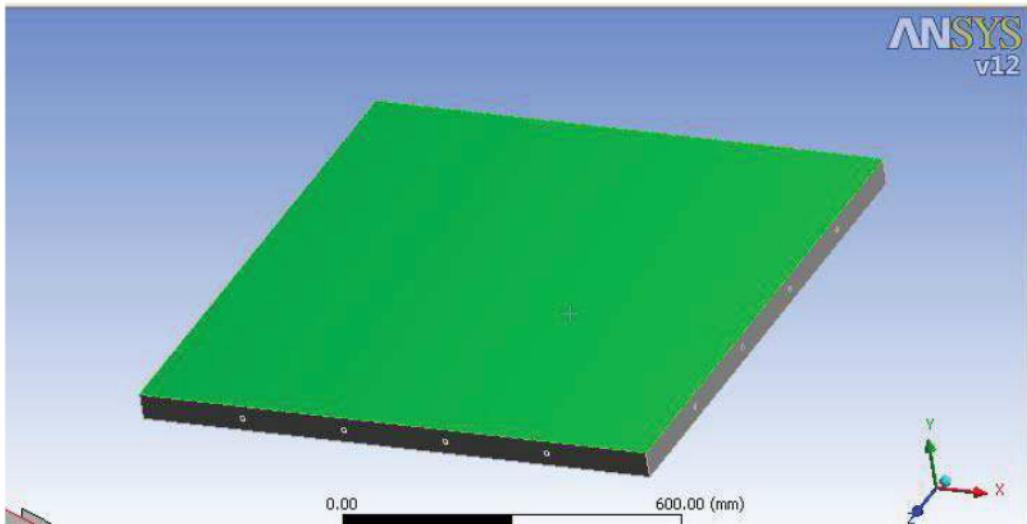




Sau đó chọn Apply trong Outline of “Fixed Support”\Geometry để hoàn tất việc đặt ràng buộc lên tấm.

Tiếp theo tiến hành đặt tải trọng lên tấm: nhấp chuột phải lên dòng Static Structural (A5) → chọn Insert → Force.

Chọn biểu tượng  → chọn mặt trên của tấm, lúc đó ta thấy mặt được chọn chuyển sang màu xanh lá cây như hình:

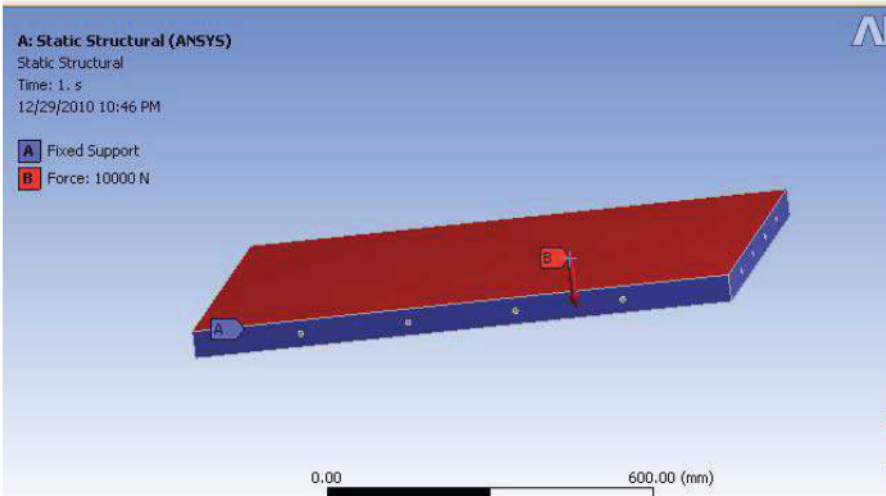


Trong hộp thoại Details of Force\Scope\Geometry ta chọn Apply.

- Definition\Define By: chọn Component.
- Y component: -10000 N
- X component: 0
- Z component: 0




Nhấp chuột vào dòng Static Structural để kiểm tra lại các ràng buộc và tải trọng:




### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để xem kết quả biến dạng của tấm

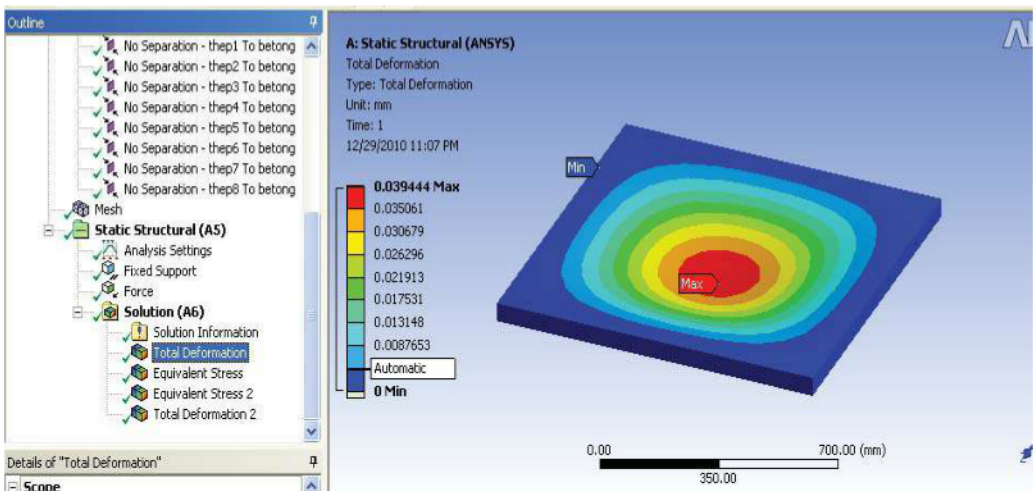
Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Stress → Equivalent (von Mises) để xem kết quả phân bố ứng suất.

Chọn biểu tượng  để chọn khối, sau đó chọn 8 lõi thép trong tấm và tiếp theo thực hiện hai bước ở trên để hiển thị kết quả riêng.

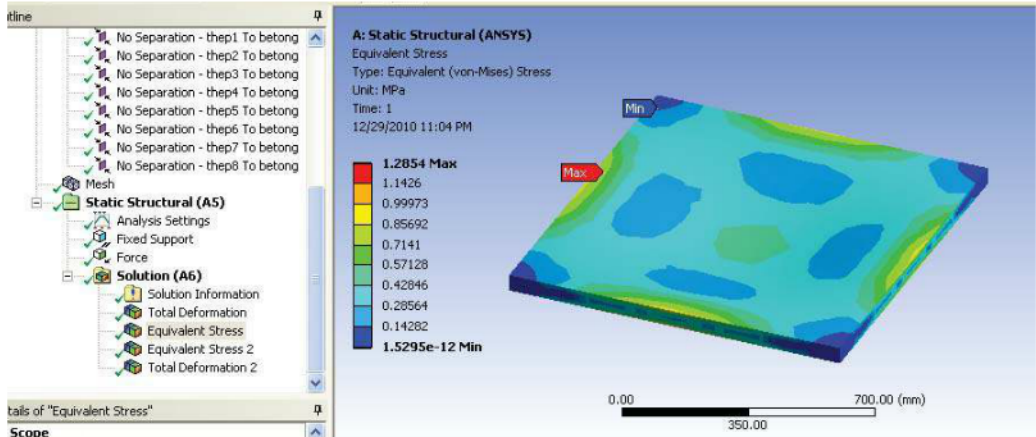
Sau đó chọn lệnh  Solve trên thanh công cụ.

Kết quả phân tích như sau:

Chuyển vị (Deformation) lớn nhất của tấm: 0.039444 mm.

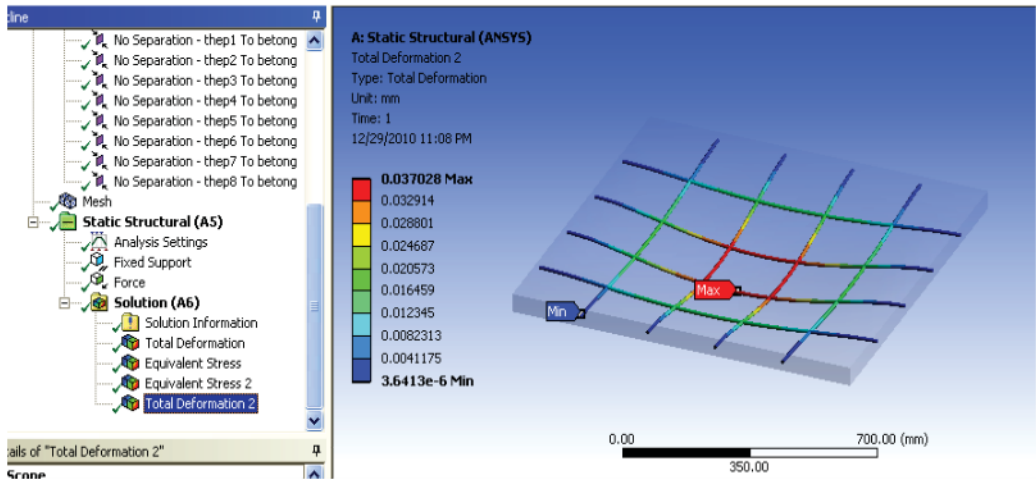


## Ứng suất (Stress) lớn nhất của tấm: 1.2854 MPa.

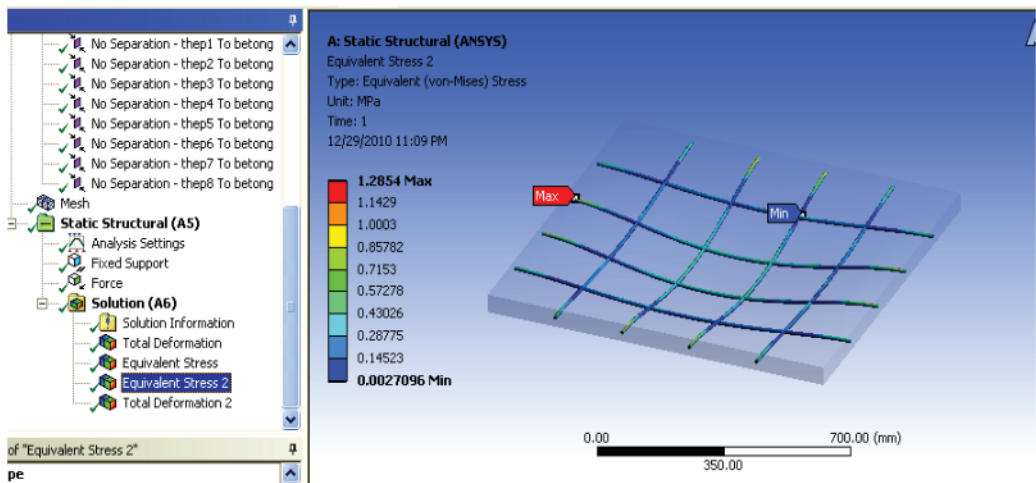


## Ứng suất và chuyển vị của 8 lõi thép:

Chuyển vị lớn nhất: 0.037028 mm.



## Ứng suất lớn nhất: 1.2854 MPa.



## Chương 9

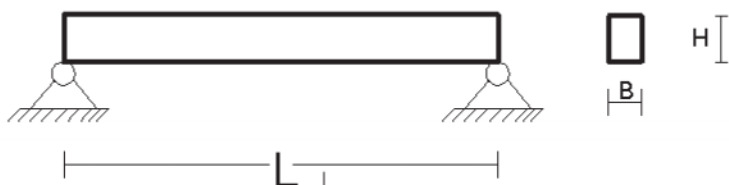
# PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DAO ĐỘNG

Về cơ bản thì bài toán dao động có quy trình giải giống như bài toán phân tích tĩnh như cách xây dựng mô hình, xác định hệ thống các phần tử, thiết lập các ràng buộc và tải trọng. Tuy nhiên, bài toán dao động khác ở cách tạo mô đun phân tích và cách khai thác kết quả phân tích bài toán. Bài toán dao động sẽ cho ta biết giá trị chuyển vị của đối tượng khảo sát tại từng tần số dao động mà phần mềm tìm thấy.

Bài toán dao động cũng có ba kiểu mô hình hình học là: Line Bodies, Surface Bodies và Solid Bodies.

### 9.1. BÀI TOÁN 9.1

Tìm tần số và dạng dao động riêng của dầm chữ nhật như hình 9.1. Dầm có kích thước  $L = 2.3$  m;  $B = 0.04$  m;  $H = 0.06$  m, và được đặt trên hai gối đỡ tựa. Vật liệu của dầm là thép kết cấu có mô đun đàn hồi  $E = 200$  GPa và hệ số Poisson  $\nu = 0.3$ .



Hình 9.1

#### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Chọn mô đun phân tích là Modal (dao động riêng).

#### Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

Vì phần mềm đã mặc định vật liệu là thép kết cấu với mô đun đàn hồi và hệ số Poisson thỏa mãn yêu cầu của đề bài nên có thể bỏ qua việc chọn lại vật liệu.

#### Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Trước khi xây dựng mô hình hình học cho bài toán ta cần phải xác định dạng phần tử để giải. Nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Properties.





No data		
	A	B
1	Property	Value
6	Basic Geometry Options	
7	Solid Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Surface Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Line Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Parameter Key	D5
12	Attributes	<input type="checkbox"/>
13	Named Selections	<input type="checkbox"/>

Đánh dấu vào ô vuông bên phải của phần tử Line Bodies để chọn, sau đó đóng hộp thoại này.

Nhấp đúp chuột vào ô Geometry để vào môi trường Design Modeler để tiến hành tạo mô hình hình học cho bài toán.

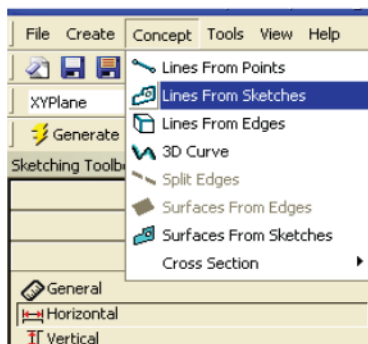
Vào thẻ Sketching để xây dựng mô hình 2D cho bài toán. Chọn mặt phẳng vẽ là mặt XY (bằng cách nhấp chuột vào chiều dương của trục tọa độ Z ở góc dưới bên phải cửa sổ đồ họa)

Chọn Draw → Line để vẽ một đoạn thẳng xuất phát từ gốc tọa độ (không cần quan tâm tới chiều dài đoạn thẳng). Sau đó, chọn Draw → Dimensions → Horizontal để định kích thước cho đoạn thẳng vừa vẽ.

Chọn Details View (xuất hiện ở phía bên trái cửa sổ đồ họa) → Dimensions và định chiều dài H1 là 2.3 m.

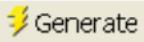
Details View	
Details of Sketch1	
Sketch	Sketch1
Sketch Visibility	Show Sketch
Show Constraints?	No
Dimensions: 1	
H1	2.3
Edges: 1	
Line	Ln7

Tiếp theo xây dựng thành mô hình bài toán từ đoạn thẳng 2D vừa tạo ra. Chọn Concept → Lines From Sketches để định nghĩa cho mô hình từ đoạn thẳng tạo ra trong môi trường Sketching.



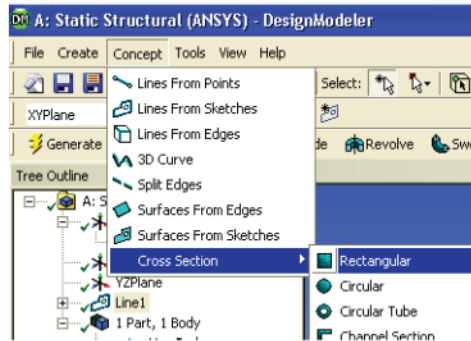
Trong Details View, ta thấy hộp thoại đang cần nhập Base Object, chọn Sketch1 trong Tree Outline sau đó chọn Apply.

Sau khi chọn Sketch1 cho Base Object, nhấp chuột vào biểu tượng

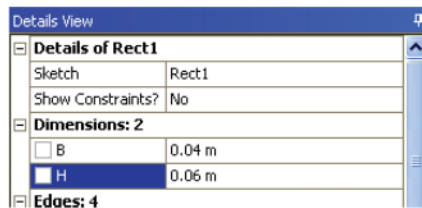


để thực thi quá trình tạo phần tử Line Bodies cho bài toán.

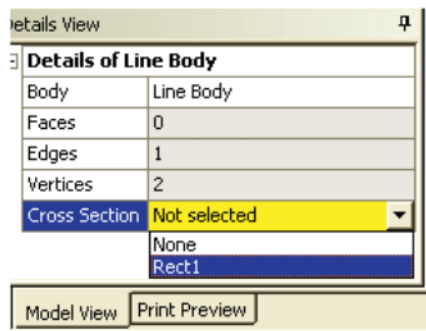
Tiếp theo xác định tiết diện của dầm: chọn Concept → Cross Section → Rectangular để xác định tiết diện của dầm là hình chữ nhật.



Trong hộp thoại Details View, nhập hai kích thước chiều dài và chiều rộng là  $B = 0.04$  m;  $H = 0.06$  m.



Để xác nhận tiết diện vừa tạo ra là mặt cắt của dầm ta nhấp chuột vào Line Body trong Tree Outline, chọn Rect1 trong hộp thoại Details View\Details of Line Body\Cross Section.



Như vậy ta đã xây dựng xong mô hình hình học cho bài toán và có thể đóng cửa sổ Design Modeler để chuyển sang các bước tiếp theo.

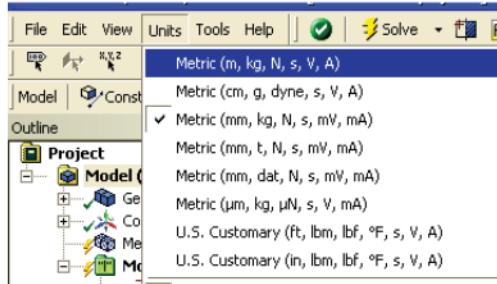
#### Bước 4: Chia lưới

Thực hiện trong môi trường Workbench.

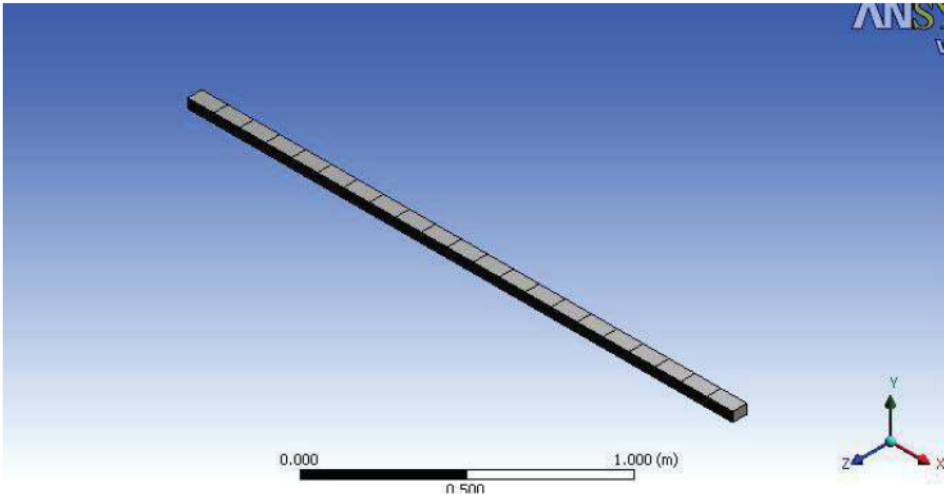


Nhấp đúp chuột vào ô Model để vào môi trường Mechanical.

Chọn đơn vị cho bài toán là Metric. Vào Unit → chọn Metric (m, kg, N, s, mV, mA).



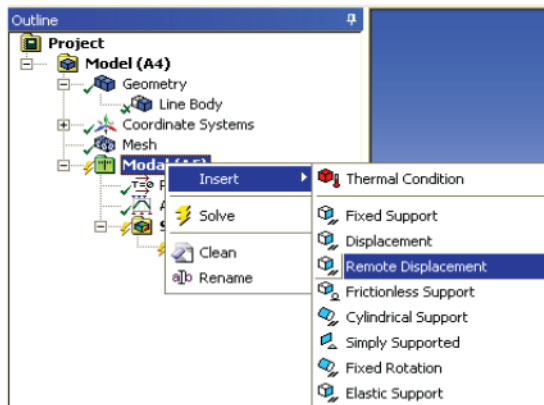
Tiếp theo tiến hành chia lưới phần tử theo mặc định. Nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh.




### Bước 5: Đặt các ràng buộc lên dầm

+ Đặt ràng buộc là gối đỡ tựa lên hai đầu dầm:

Nhấp chuột phải vào dòng Modal (A5) → chọn Insert → Remote Displacement.



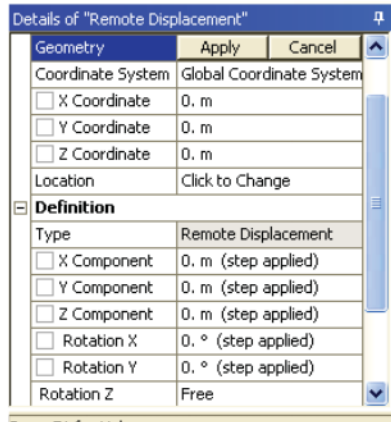
Chọn biểu tượng  trên thanh công cụ để chọn điểm. Sau đó nhấp chuột vào một đầu của dầm.

Trong hộp thoại Details of Remote Displacement:

Chọn Apply tại Geometry.

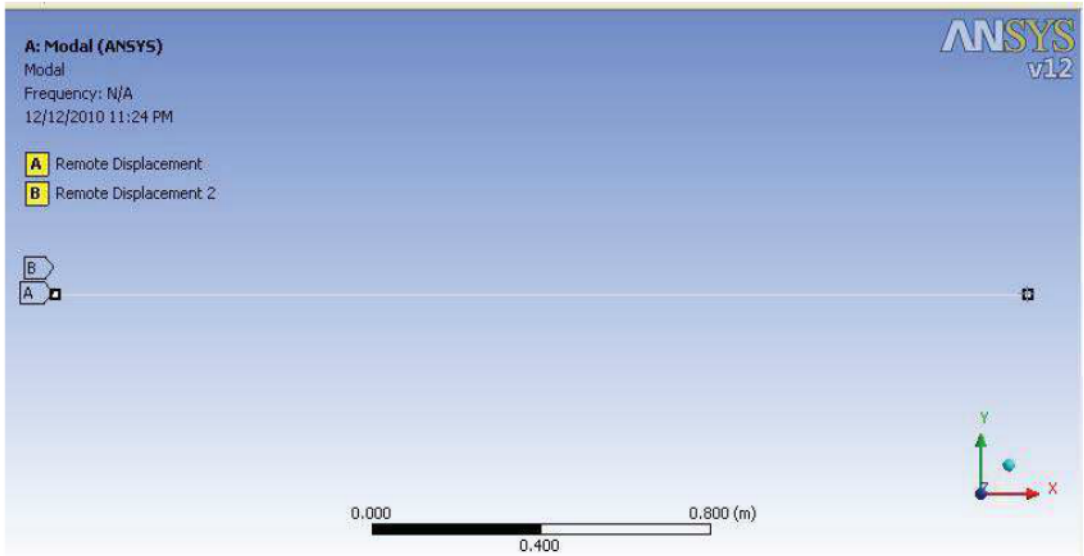
Đặt các giá trị bằng 0 cho X Component, Y Component, Z Component, Rotate X, Rotate Y.

Đặt giá trị Free cho Rotate Z.



Thực hiện tương tự cho ràng buộc còn lại của dầm.

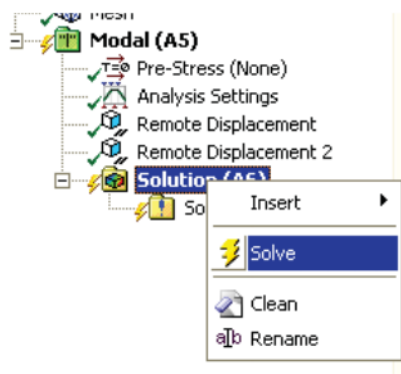
Sau khi đặt các ràng buộc lên dầm ta nhấp chuột vào dòng Modal (A5) để kiểm tra lại kết quả đặt ràng buộc.



## Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Solve.





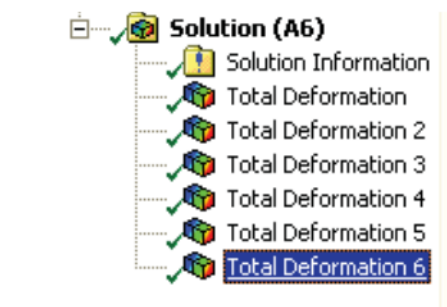
Nhấp chuột phải lên dòng Timeline → chọn Select All để chọn tất cả các tần số.

Nhấp chuột phải lên dòng Timeline → chọn Create Mode Shape Result để tạo ra hình dạng kết quả dao động của dầm.



Sau đó nhấp chuột phải lên dòng Solution (B6) → chọn Evaluate All Result để xác định giá trị của tất cả các kết quả.

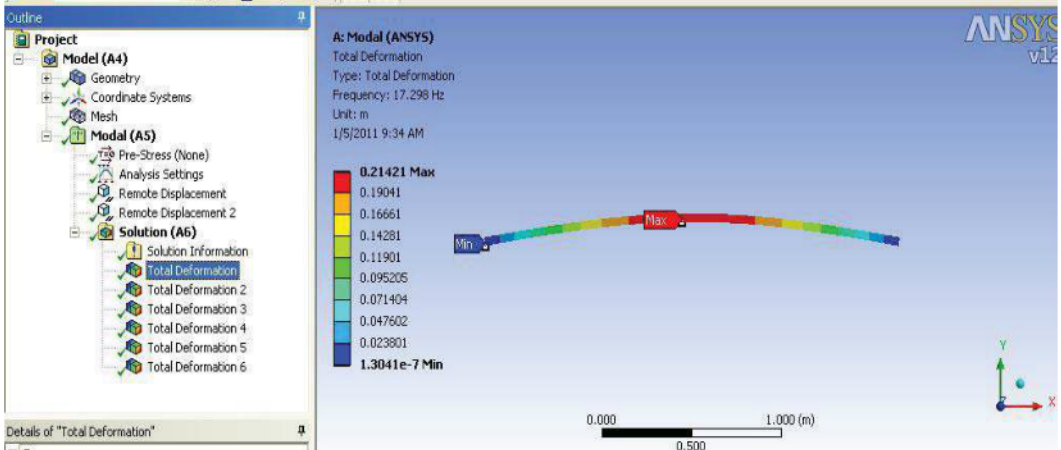
Lúc này trong Solution có 6 dòng biểu thị kết quả phân tích tương ứng với 6 tần số mà phần mềm tìm ra.



Theo mặc định thì phần mềm sẽ tự động tìm ra 6 tần số riêng ứng với 6 dạng dao động riêng của đối tượng. Vì vậy, ta có thể nhấp chuột vào dòng Total Deformation từ 1 đến 6 để xem dạng dao động, tần số riêng và kết quả chuyển vị ứng với từng dạng dao động của đối tượng.

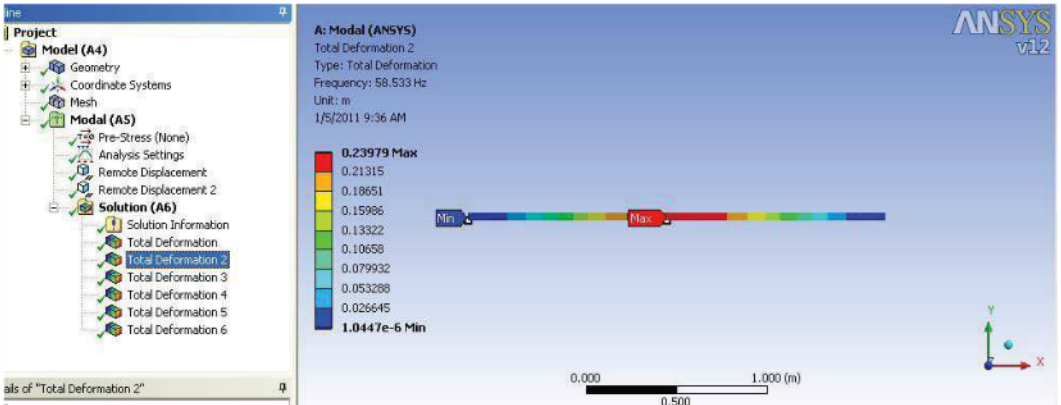


+ Dạng 1:



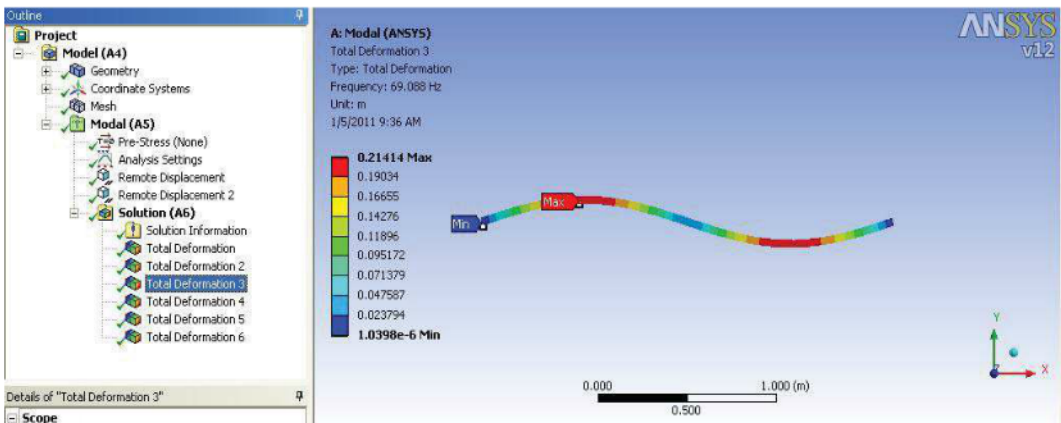
Chuyển vị lớn nhất 0.21421 m ứng với tần số dao động 17.298 Hz.

+ Dạng 2:



Chuyển vị lớn nhất 0.23979 m ứng với tần số dao động 58.533 Hz.

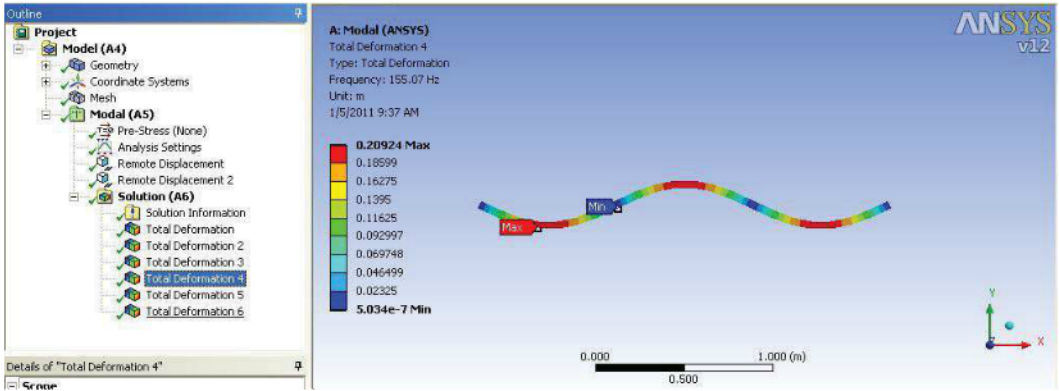
+ Dạng 3:



Chuyển vị lớn nhất 0.21414 m ứng với tần số dao động 69.088 Hz.

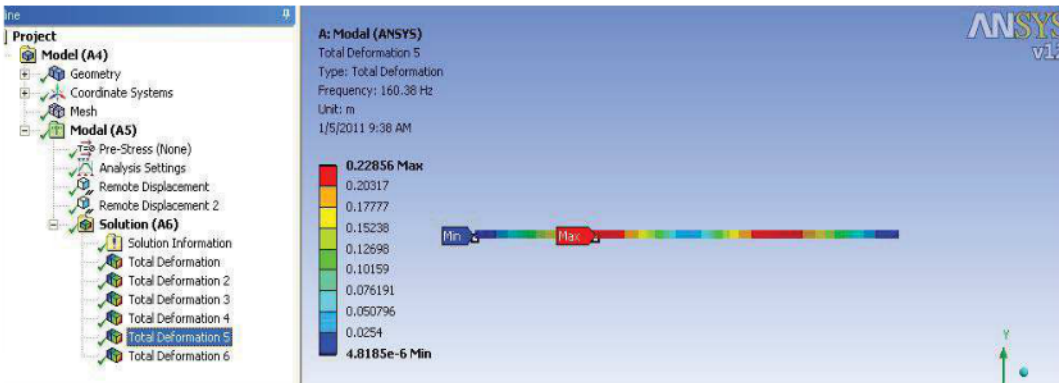


+ *Dạng 4:*



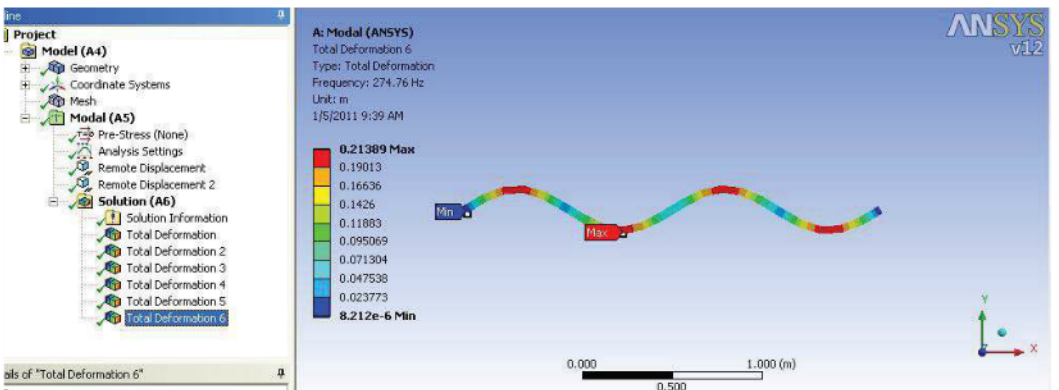
Chuyển vị lớn nhất 0.20924 m ứng với tần số dao động 155.07 Hz.

+ *Dạng 5:*



Chuyển vị lớn nhất 0.22856 m ứng với tần số dao động 160.38 Hz.

+ *Dạng 6:*

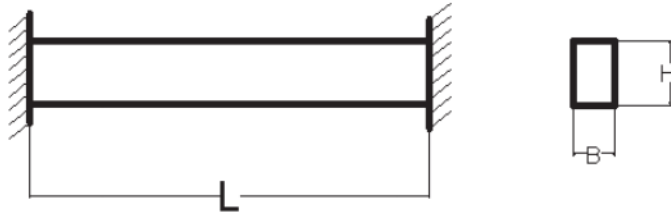


Chuyển vị lớn nhất 0.21389 m ứng với tần số dao động 274.76 Hz.

## 9.2. BÀI TOÁN 9.2

Cho dầm bằng thép kết cấu, cố định hai đầu (hai đầu ngàm) như hình 9.2.





**Hình 9.2**

Dầm có chiều dài  $L = 2.3$  m; mặt cắt ngang có các kích thước  $B = 0.04$  m;  $H = 0.06$  m. Mục tiêu của bài toán là tìm tần số riêng và dạng dao động riêng của chi tiết.

### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

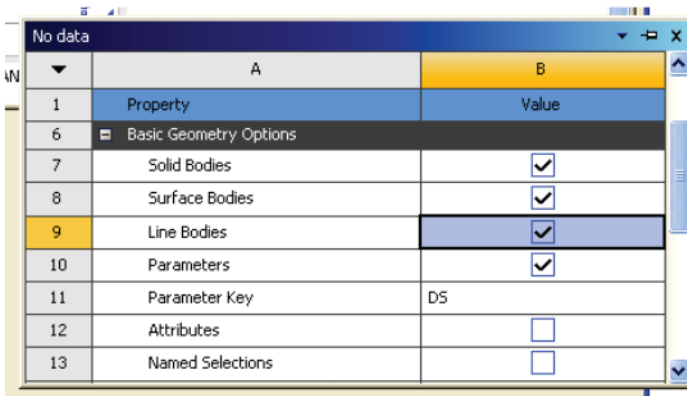
Chọn mô đun phân tích Modal.

### Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

Dầm làm từ vật liệu thép kết cấu theo đúng như mặc định của phần mềm nên ta có thể bỏ qua bước lựa chọn vật liệu.

### Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Chi tiết phân tích ở dạng Line (Line Bodies) nên ta phải chọn lại kiểu mô hình hình học của bài toán. Nhấp chuột phải vào Geometry → Properties.



Sau khi hộp thoại trên xuất hiện, ta chọn phần tử Line Bodies bằng cách đánh dấu vào ô vuông bên phải của nó và đóng hộp thoại này lại.

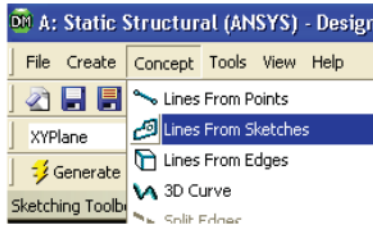
Nhấp đúp chuột vào ô Geometry, phần mềm sẽ xuất hiện môi trường mới Design Modeler, là môi trường mà ta sẽ tiến hành tạo mô hình hình học cho bài toán.


Chọn đơn vị cho bài toán là Meter và mặt phẳng vẽ là XY.

Chọn thẻ Sketching để vẽ một đoạn thẳng có chiều dài  $L = 2.3$  m.

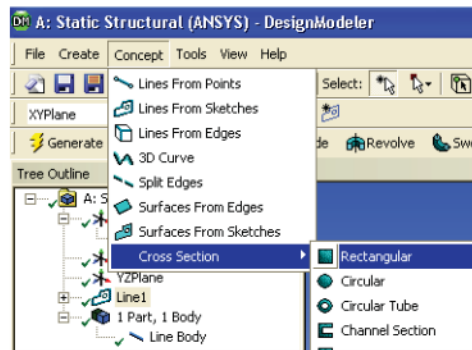


Vào Concept → chọn Lines From Sketches để định nghĩa cho mô hình từ đoạn thẳng vừa tạo ra trong môi trường Sketching.



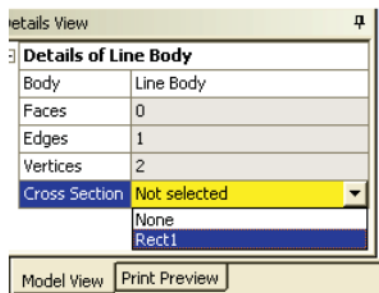
Trong Details View ta thấy hộp thoại đang cần nhập Base Object, chọn Sketch1 trong Tree Outline và sau đó chọn Apply. Sau khi chọn Sketch1 cho Base Object, nhấp chuột vào biểu tượng  Generate trên góc trái màn hình để phần mềm tạo phần tử Line Bodies cho bài toán.

Tiếp theo ta xác định tiết diện cho đối tượng: Vào Concept → chọn Cross Section → Rectangular để xác định tiết diện của dầm là hình chữ nhật.



Trong hộp thoại Details View, nhập hai kích thước chiều rộng và chiều cao. Đối với bài này, ta nhập thông số cho chiều rộng  $B = 0.04$  m và chiều cao  $H = 0.06$  m.

Tiếp theo ta phải xác nhận tiết diện vừa tạo ra là mặt cắt của dầm. Nhấp chuột vào Line Body trong Tree Outline. Trong hộp thoại Details View → Details of Line Body → Cross Section → chọn Rect1.



Thoát khỏi môi trường Design Modeler.

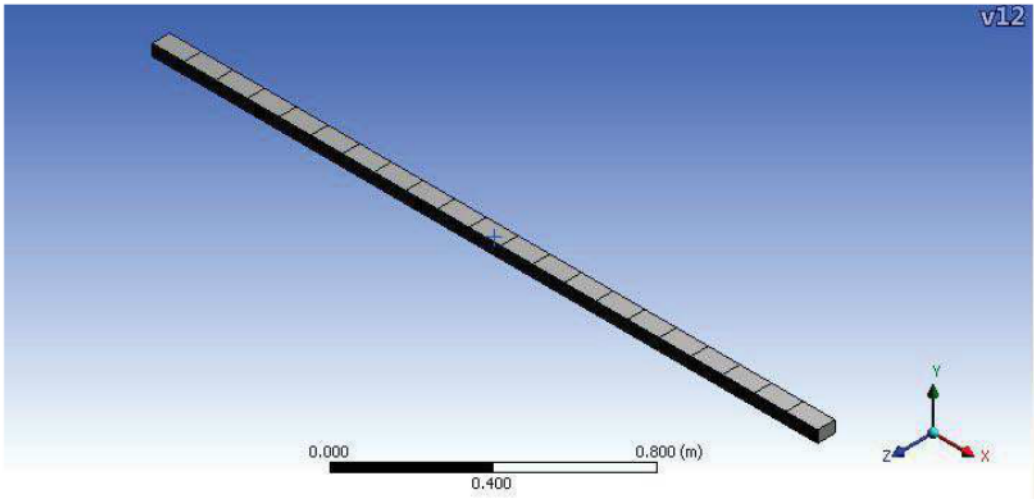


#### Bước 4: Chia lưới

Chọn Workbench → nhấp đúp chuột vào Model để vào môi trường Mechanical.


Chọn Unit → chọn đơn vị Metric (m, kg, N, s, V, A).

Tiến hành chia lưới phần tử theo mặc định: Nhấp chuột phải vào Project → chọn Model → Mesh → Generate Mesh. Sau khi chia lưới đảm bảo có hình ảnh như sau:



#### Bước 5: Đặt các ràng buộc lên dầm


Nhấp chuột phải lên dòng Static Structural → chọn Insert → Fix Support.

Chọn biểu tượng  trên thanh công cụ và chọn vào một đầu của dầm. Trong hộp thoại Details Fixed Support → Scope → Geometry → Apply.

Thực hiện tương tự cho đầu còn lại của dầm.

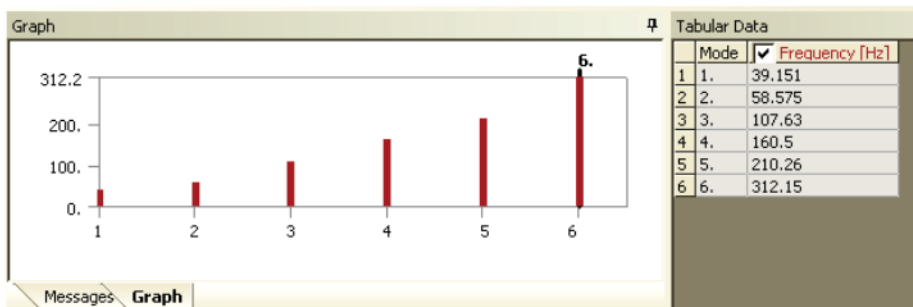
Nhấp chuột vào dòng Modal để xem hình ảnh mô phỏng ràng buộc.

#### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

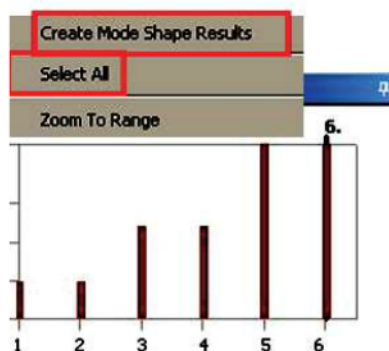
Nhấp chuột vào biểu tượng  Solve để phần mềm tiến hành giải.

Nhấp chuột vào dòng Solution (A6) sẽ xuất hiện bảng Graph và Tabular Data như hình ảnh. Hai bảng này cho ta số liệu của các tần số dao động mà phần mềm đã tìm ra.

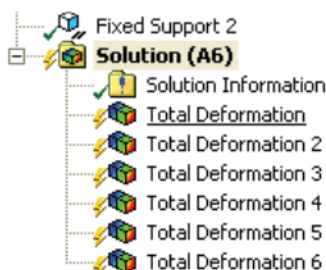




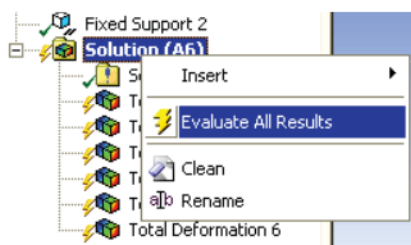
Để chọn hiển thị kết quả phân tích ở tất cả các tần số: Nhấp chuột phải vào ô Graph → chọn Select All → Create Mode Shape Results.



Lúc này trong dòng Solution sẽ xuất hiện 6 kết quả chuyển vị ứng với 6 tần số dao động mà phần mềm đã tìm ra.

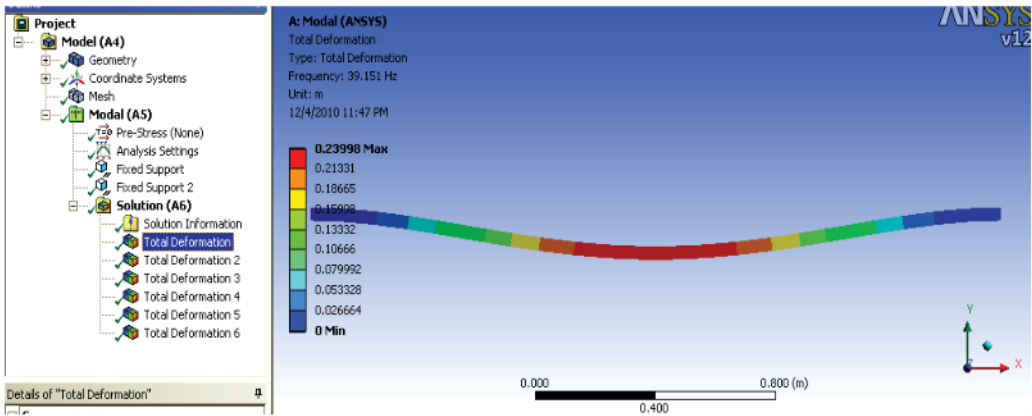


Nhấp chuột phải vào Solution (A6) → chọn Evaluate All Results để phần mềm đưa ra kết quả.



Để xem kết quả, nhấp chuột vào bất cứ dòng nào trong 6 dòng Total Deformation để phần mềm đưa ra hình ảnh chuyển vị ứng với tần số đó.





- Ở tần số dao động 39.151 Hz thì chuyển vị lớn nhất là 0.23998 m.
  - Ở tần số dao động 58.575 Hz chuyển vị lớn nhất là 0.23983 m.
  - Ở tần số dao động 107.63 Hz chuyển vị lớn nhất là 0.2289 m.
  - Ở tần số dao động 160.5 Hz chuyển vị lớn nhất là 0.2286 m.
  - Ở tần số dao động 210.26 Hz chuyển vị lớn nhất là 0.22608 m.
  - Ở tần số dao động 312.15 Hz chuyển vị lớn nhất là 0.22583 m.
- Các giá trị chuyển vị bé nhất đều bằng 0.

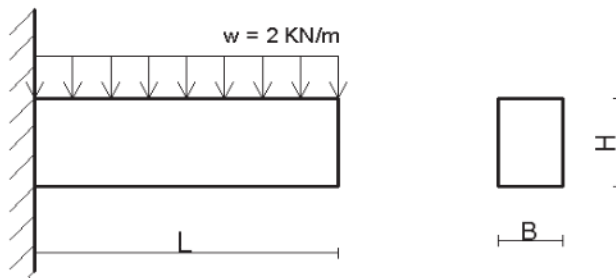
# Chương 10

## PHÂN TÍCH BÀI TOÁN DAO ĐỘNG MỞ RỘNG

Bài toán dao động riêng có sự xuất hiện ứng suất trong chi tiết.

### 10.1. BÀI TOÁN 10.1

Tìm tần số và dạng dao động riêng của dầm chữ nhật như hình 10.1. Dầm được làm từ vật liệu thép kết cấu với mô đun đàn hồi  $E = 200 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ ; hệ số Poisson  $\nu = 0.3$ . Kích thước  $L = 4 \text{ m}$ ;  $B = 0.05 \text{ m}$ ;  $H = 0.08 \text{ m}$ .



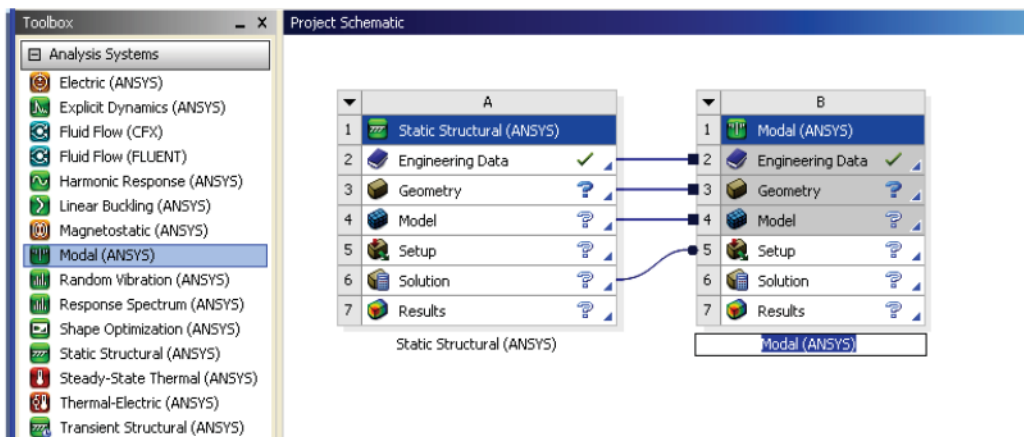
Hình 10.1

Ta phân tích bài toán như sau:

#### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Trong Toolbox, nhấp đúp chuột vào mô đun phân tích tĩnh Static Structural để tạo hệ thống phân tích tĩnh xuất hiện trong màn hình Project Schematic.

Tiếp theo kéo và thả mô đun phân tích dao động Modal trong Toolbox vào ô Solution của hệ thống phân tích tĩnh vừa tạo ra, ta sẽ thấy hệ thống phân tích được tạo ra như hình sau:



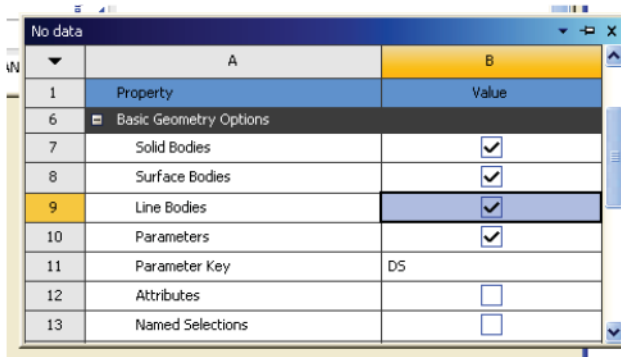
Theo đó ta sẽ sử dụng mô đun phân tích tĩnh làm tiền đề để phân tích trong mô đun phân tích dao động.

## Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

Vì phần mềm đã mặc định vật liệu là thép kết cấu với mô đun đàn hồi và hệ số Poisson thỏa mãn yêu cầu của đề bài nên ta bỏ qua việc chọn vật liệu.

## Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Chi tiết phân tích ở dạng Line (Line Bodies) nên phải chọn lại kiểu cho mô hình hình học của bài toán bằng cách: nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Properties.



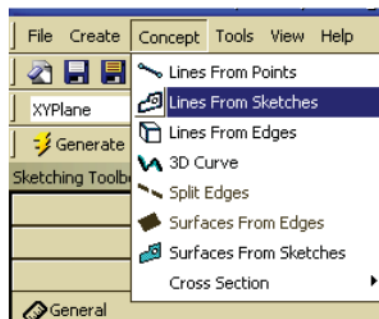
Chọn phần tử Line Bodies trong hộp thoại bằng cách đánh dấu vào ô vuông bên phải của nó và đóng hộp thoại này.

Nhấp đúp chuột vào ô Geometry, môi trường Design Modeler xuất hiện.

Chọn đơn vị cho bài toán là Meter và mặt phẳng vẽ là XY.


Chọn thẻ Sketching để vẽ một đoạn thẳng có chiều dài  $L = 4$  m.

Tiếp theo, chọn Concept → Lines From Sketches để định nghĩa mô hình từ đoạn thẳng vừa tạo ra trong môi trường Sketching.

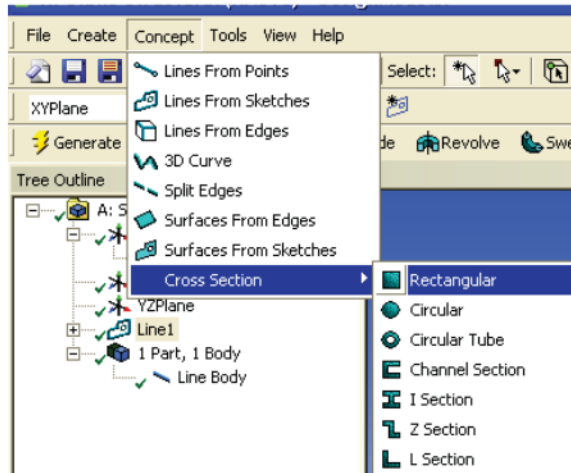


Trong Details View xuất hiện hộp thoại đang cần nhập Base Object, chọn Sketch1 trong Tree Outline và sau đó chọn Apply.



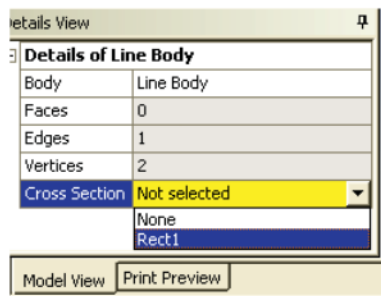
Sau khi chọn Sketch1 cho Base Object, nhấp chuột vào biểu tượng  Generate trên thanh công cụ. Như vậy chúng ta đã tạo xong phần tử Line Bodies cho bài toán.

Tiếp theo ta xác định tiết diện cho đối tượng: Vào Concept → chọn Cross Section → Rectangular để xác định tiết diện của dầm là hình chữ nhật.



Trong hộp thoại Details View, nhập hai kích thước chiều dài và chiều rộng. Đối với bài này ta nhập thông số cho chiều rộng  $B = 0.05$  m và chiều cao  $H = 0.08$  m.

Xác định tiết diện vừa tạo ra là mặt cắt của dầm bằng cách nhấp chuột vào Line Body trong Tree Outline. Trong hộp thoại Details View → Details of Line Body → Cross Section → chọn Rect1.



#### Bước 4: Chia lưới


Vào lại môi trường Workbench, nhấp đúp chuột vào ô Model → cửa sổ mới Mechanical xuất hiện.

Chọn Unit → Metric (m, kg, N, s, V, A).

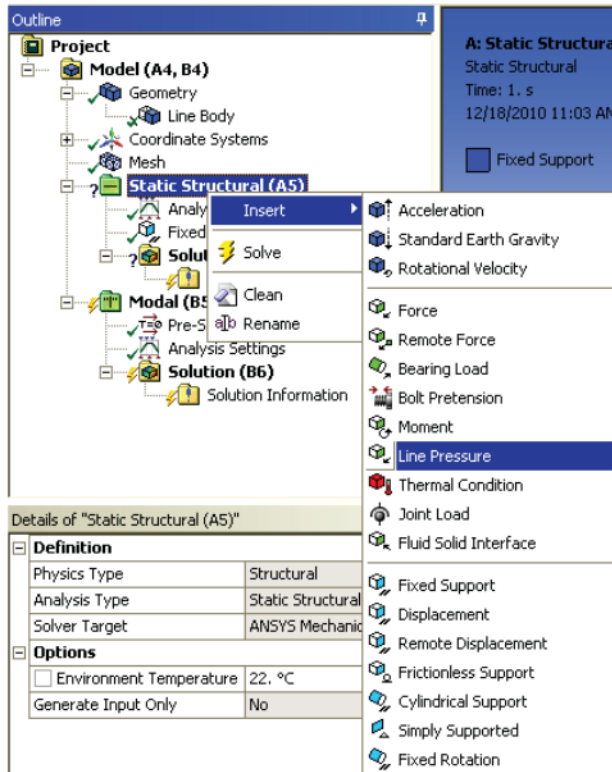
Nhấp chuột phải vào Project → chọn Model → Mesh → Generate Mesh để tiến hành chia lưới theo mặc định.



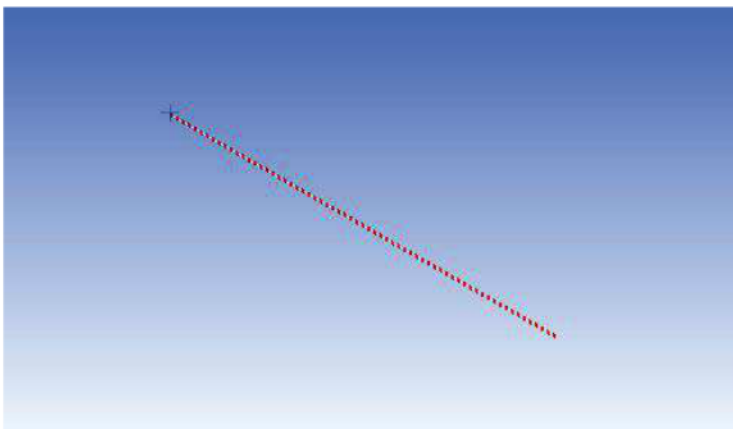
## Bước 5: Đặt các ràng buộc lên dầm

Đặt ràng buộc cố định lên một đầu của dầm: Nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → Fixed Support. Chọn biểu tượng  trên thanh công cụ → chọn một đầu của dầm. Trong hộp thoại Details Fixed Support → Scope → Geometry → Apply.

Tiếp theo, đặt tải trọng phân bố: Nhấp chuột phải lên Static Structural → Insert → Line Pressure.



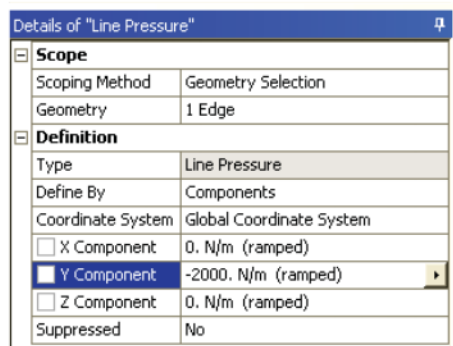
Sau đó chọn cả đoạn thẳng (cả dầm) để đặt tải trọng phân bố như hình sau:



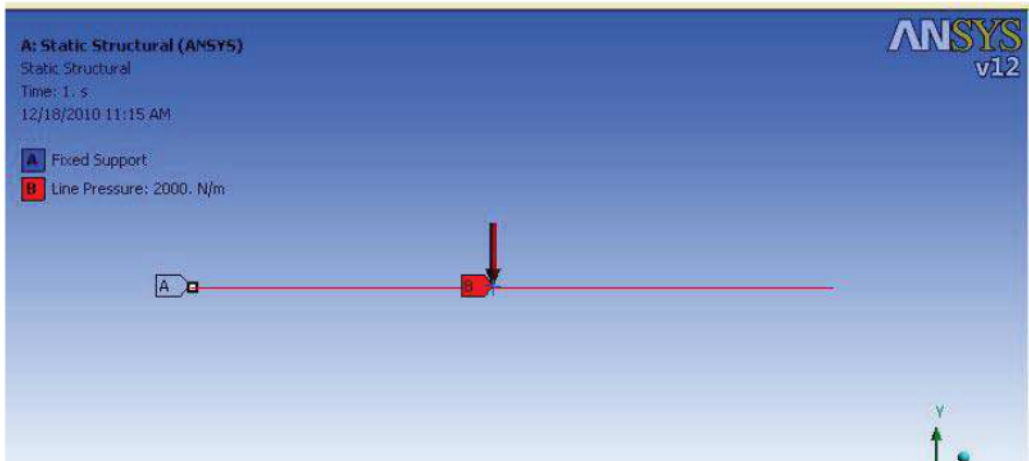


Chọn Component trong Details of Line Pressure\Definition\Define By.


Đặt giá trị: - 2000 N/m tại Y Component.



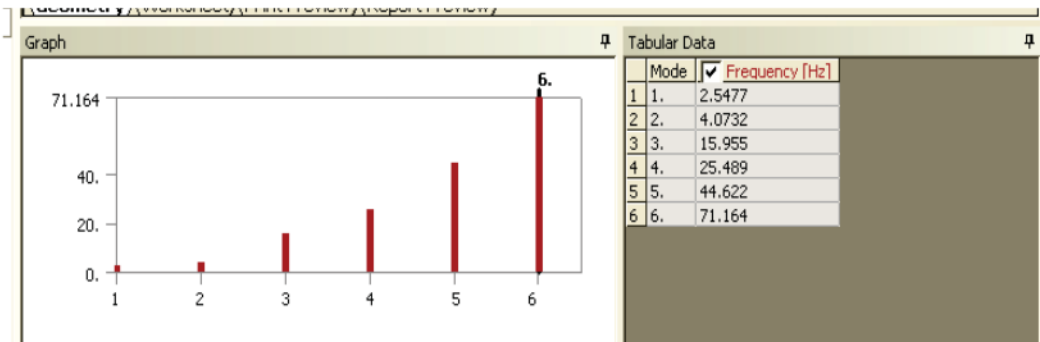
Xem mô phỏng các ràng buộc đặt lên dầm bằng cách nhấp chuột vào dòng Static Structural, xuất hiện hình ảnh sau:



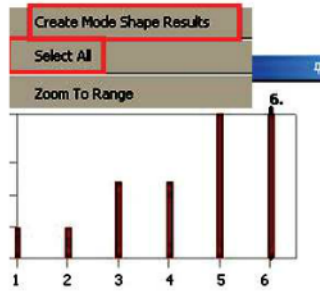
## Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Chọn lệnh  Solve trên thanh công cụ.

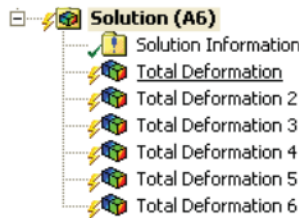
Nhấp chuột vào dòng Solution (A6) → bảng Graph và Tabular Data xuất hiện.



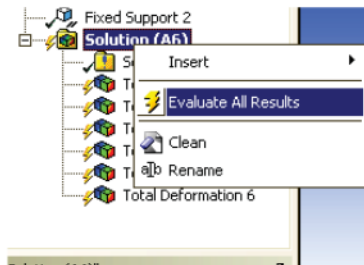
Để chọn hiển thị kết quả phân tích ở tất cả các tần số: Nhấp chuột phải vào ô Graph → chọn Select All → Create Mode Shape Results.



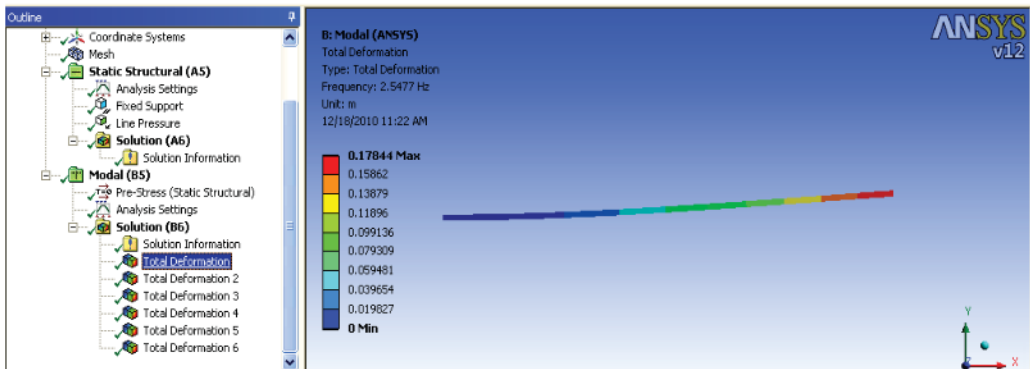
Lúc này trong dòng Solution sẽ xuất hiện 6 kết quả chuyển vị ứng với 6 tần số dao động mà phần mềm đã tìm ra (theo mặc định của phần mềm là tìm ra 6 tần số ứng với 6 dạng dao động khác nhau của dầm).



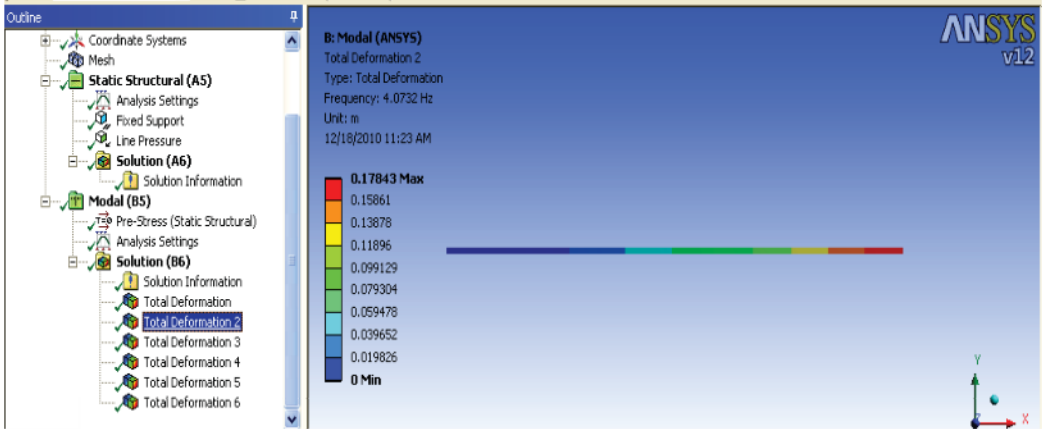
Nhấp chuột phải vào Solution → chọn Evaluate All Results để đưa ra kết quả.



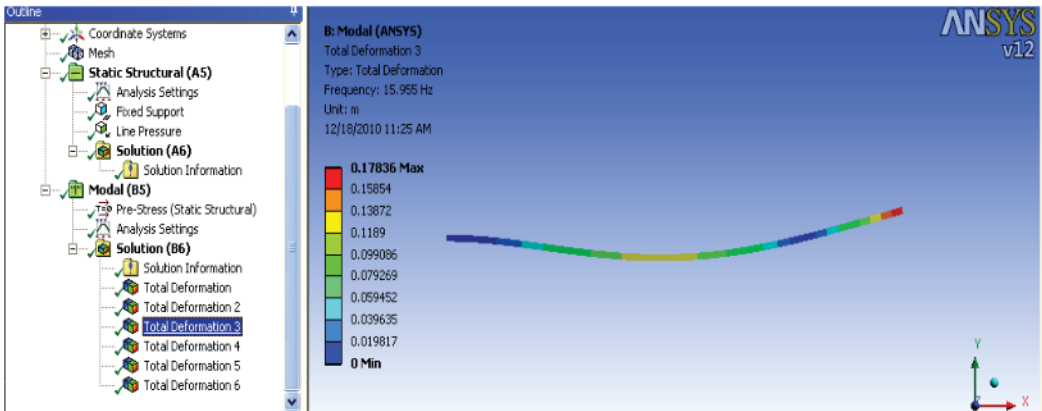
Nhấp chuột vào dòng Total Deformation trong Solution thì kết quả được thể hiện trên màn hình Graphic. Với tần số dao động 2.5477 Hz thì chuyển vị lớn nhất là 0.17844 m.



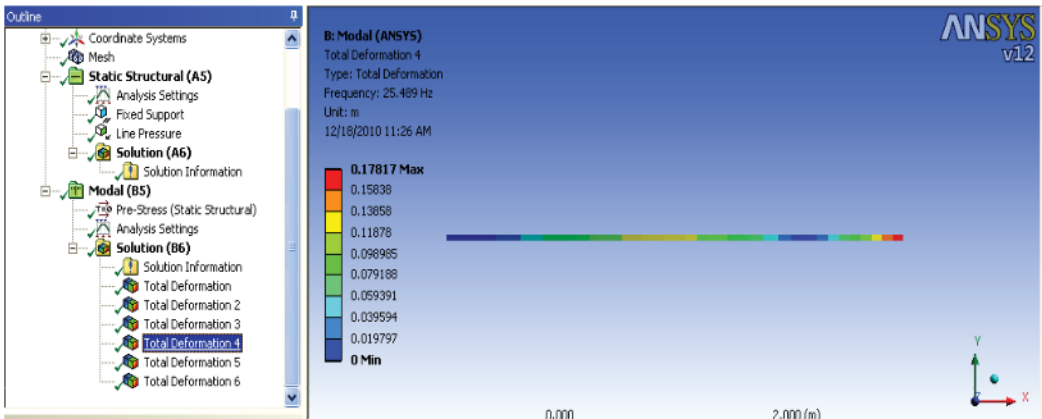
Với tần số dao động 4.0732 Hz thì chuyển vị lớn nhất là 0.17843 m.



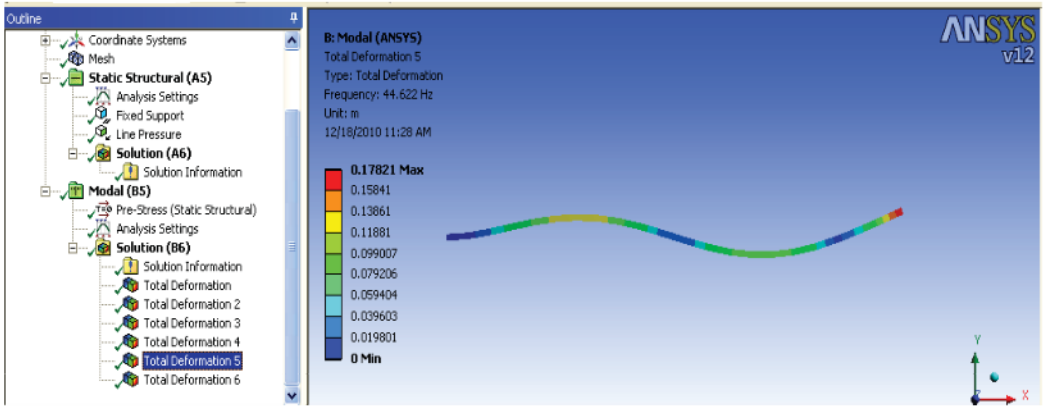
Với tần số dao động 15.955 Hz thì chuyển vị lớn nhất là 0.17836 m.



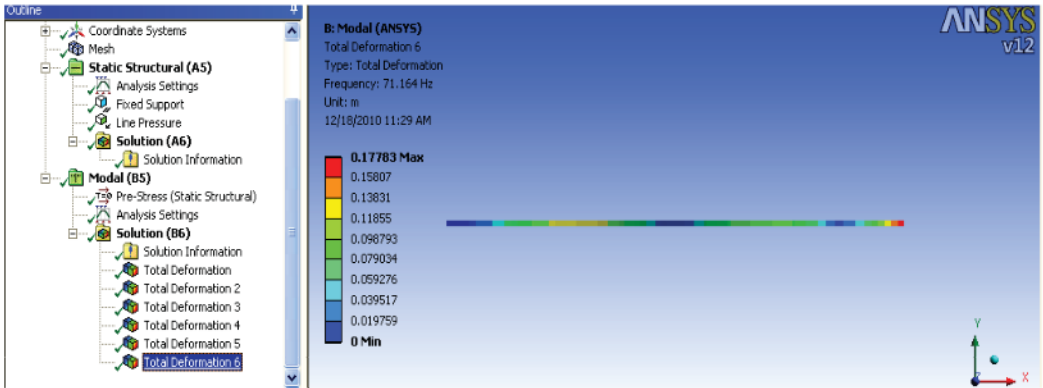
Với tần số dao động 25.489 Hz thì chuyển vị lớn nhất là 0.17817 m.



Với tần số dao động 44.622 Hz thì chuyển vị lớn nhất là 0.17821 m.

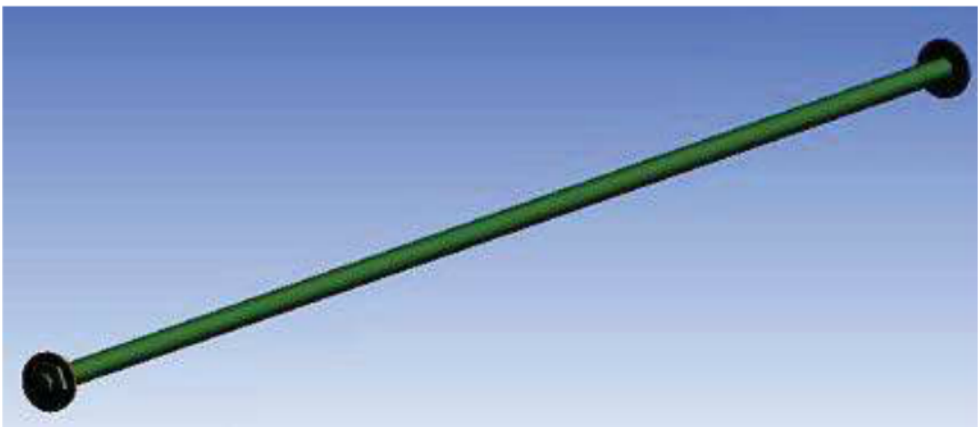


Với tần số dao động 71.164 Hz thì chuyển vị lớn nhất là 0.17783 m.



## 10.2. BÀI TOÁN 10.2

Phân tích dạng dao động và tần số dao động của chi tiết như hình 10.2. Chi tiết được làm từ thép kết cấu và bắt bulong ở hai đầu. Trong đó, một đầu được giữ cố định và đầu còn lại được đặt tải trọng dọc trục có độ lớn 4000 N với phương hướng ra ngoài.



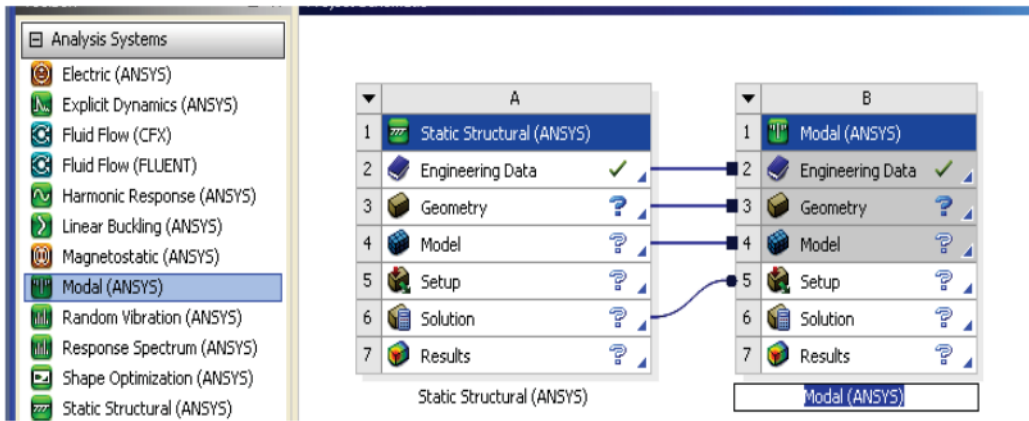
Hình 10.2



## Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Trong Toolbox, nhấp đúp chuột vào mô đun phân tích tĩnh Static Structural để tạo hệ thống phân tích tĩnh xuất hiện trong cửa sổ Project Schematic.

Tiếp theo, kéo và thả mô đun phân tích dao động Modal trong Toolbox vào ô Solution của hệ thống phân tích tĩnh vừa tạo ra. Khi đó hệ thống phân tích của bài toán được tạo ra như sau:



Theo đó ta sẽ sử dụng mô đun phân tích tĩnh làm tiền đề để phân tích trong mô đun phân tích dao động.

## Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

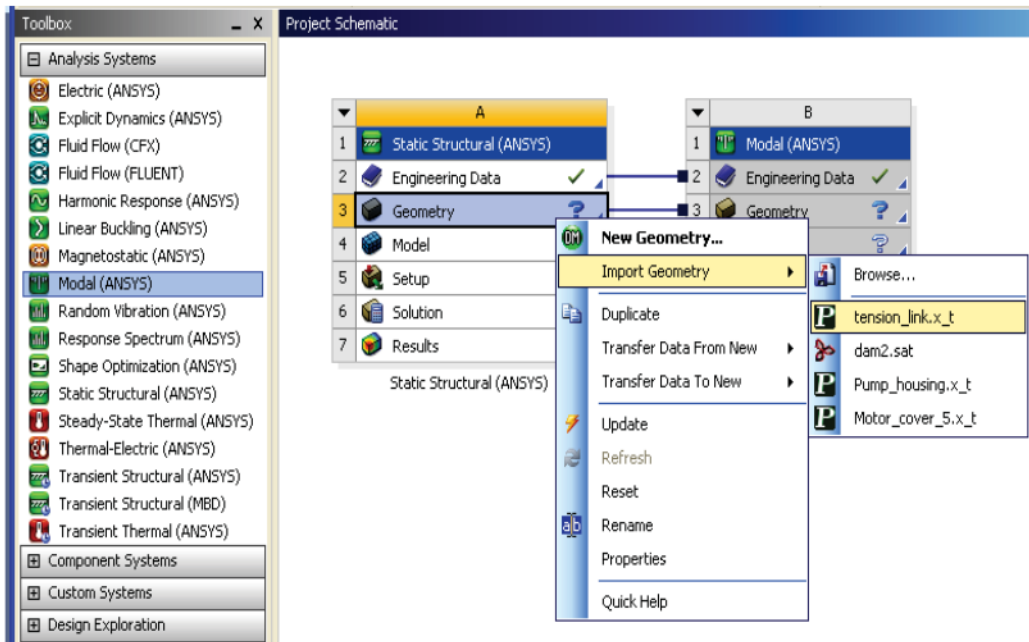
Vật liệu của chi tiết tương ứng với vật liệu mặc định của phần mềm nên ta có thể bỏ qua bước này.

## Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Chi tiết ở dạng khối 3D (Solid) như dạng mặc định phần tử Bodies của phần mềm nên cũng có thể bỏ qua bước xác định phần tử cho bài toán.

Tiến hành nhập mô hình của bài toán từ một file đã có sẵn (tension\_link.x\_t được tạo từ phần mềm CATIA). Thực hiện như sau: nhấp chuột phải vào ô Geometry của hệ thống Static Structural → chọn Import → Browse → tìm đến file tension\_link.x\_t.



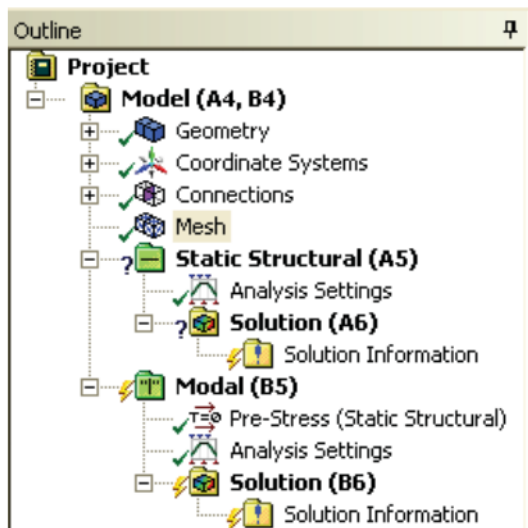


#### Bước 4: Chia lưới

Nhấp đúp chuột vào ô Model trong hệ thống Static Structural để vào môi trường Mechanical.

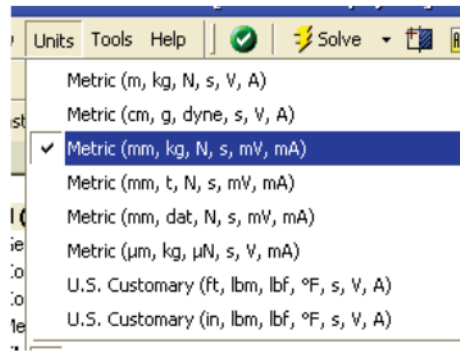
Đối với bài này là kết hợp giữa Static Structural và Modal nên trong Outline Tree sẽ thấy rõ sự kết hợp đó.

Bước Modal (B5) là bước tiếp theo ngay sau bước Solution (A6). Vì vậy, kết quả của bài toán sẽ được chuyển từ A6 sang B5.

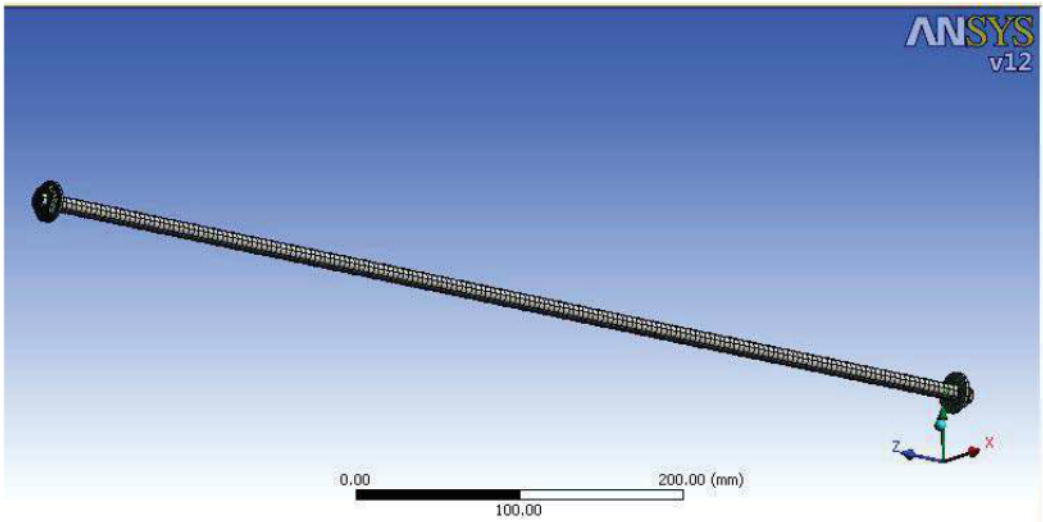


Chọn đơn vị cho bài toán là Metric (chọn Unit → Metric (mm, kg, N, s, mV, mA)).






Chia lưới theo mặc định: Nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh. Kết quả chia lưới của chi tiết có dạng như sau:

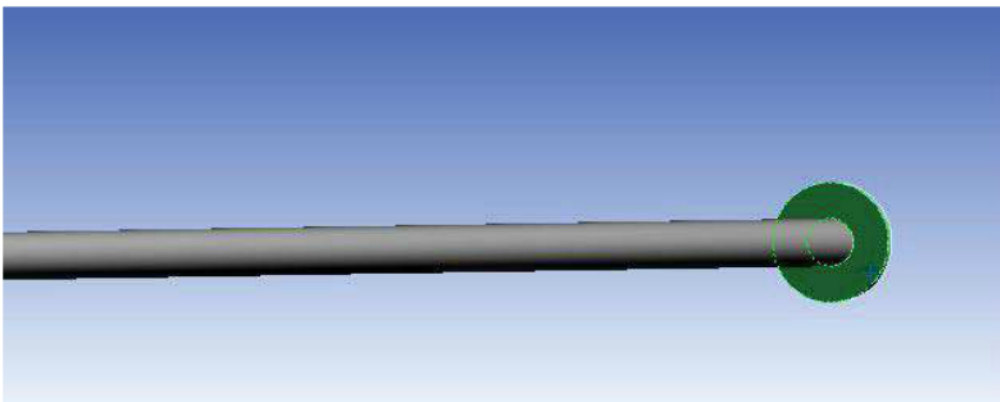


### Bước 5: Đặt ràng buộc và tải trọng

- *Đặt ràng buộc cố định (Fixed Support):*

Nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → Fixed Support.

Chọn biểu tượng  để chọn một mặt trong của vòng đệm.

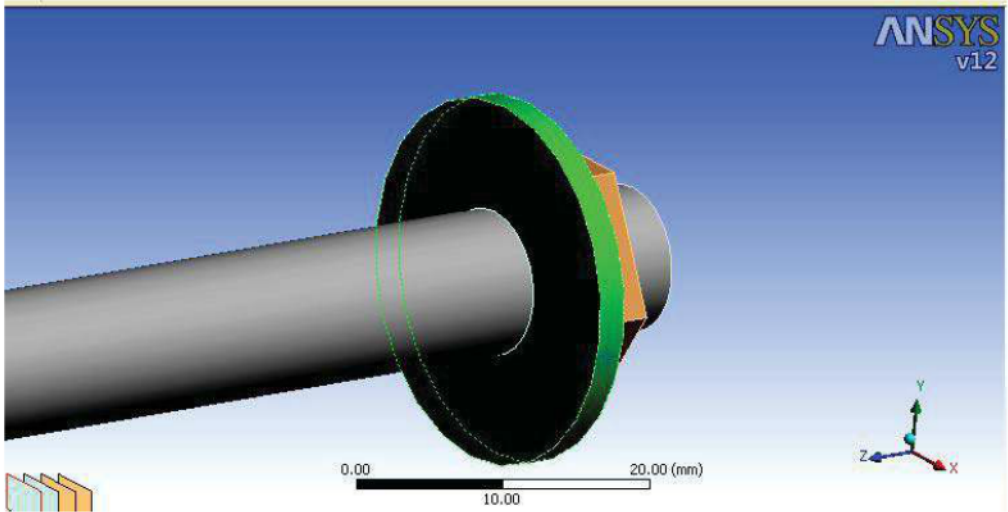


Sau đó vào Details of Fixed Support → Scope → Geometry → chọn Apply.

- Đặt ràng buộc không trượt (*Frictionless Support*):

Nhấp chuột phải lên Static Structural → Insert → Frictionless Support.


Chọn biểu tượng  để chọn mặt bên hông của vòng đệm như hình vẽ.

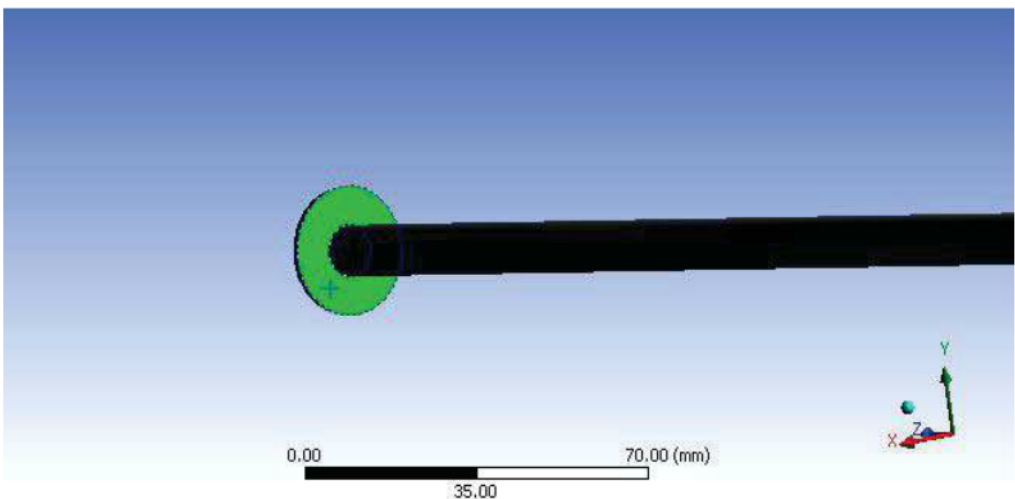


Sau đó vào Details of Frictionless Support → Scope → Geometry → chọn Apply.

- Đặt tải trọng lên 1 đầu còn lại:

Nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → Force.

Chọn biểu tượng  để chọn mặt trong của vòng đệm còn lại của chi tiết.

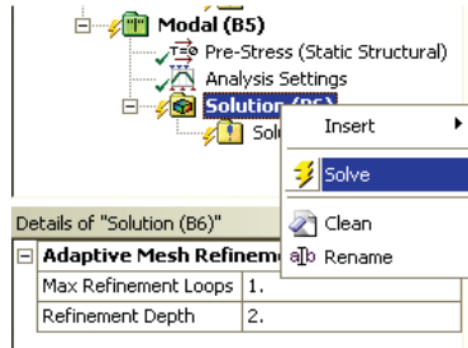




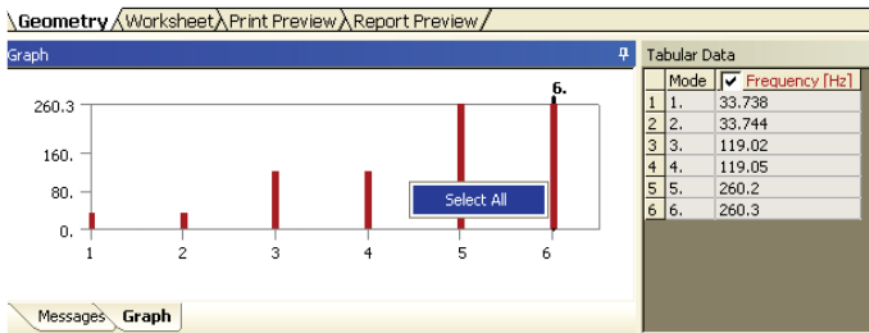
Sau đó vào Details of Force → Scope → Geometry → chọn Apply; Details of Force → Definition → Define by: chọn Component và đặt giá trị Z Component = 4000 N.

### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

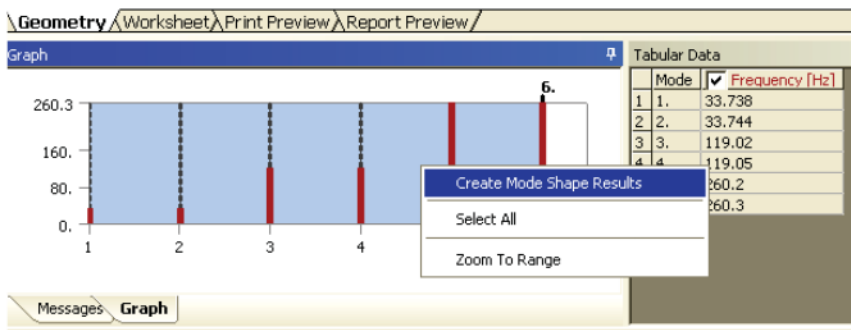
Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Solve.



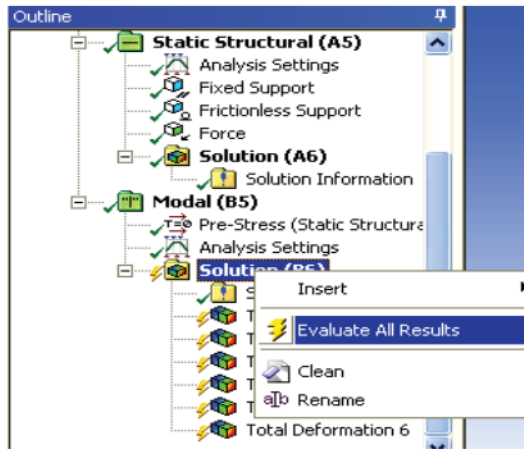
Nhấp chuột phải lên dòng Timeline → chọn Select All để chọn tất cả các tần số.



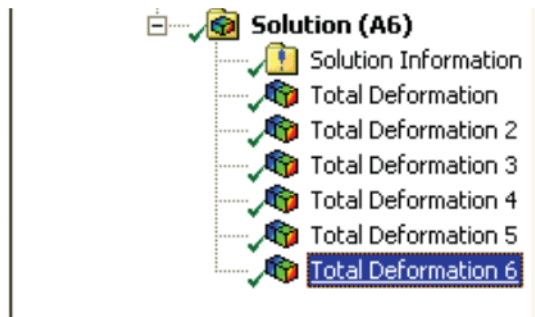
Nhấp chuột phải lên dòng Timeline → chọn Create Mode Shape Results để tạo ra hình dạng kết quả dao động của chi tiết.



Nhấp chuột phải lên dòng Solution (B6) → chọn Evaluate All Results để xác định giá trị cho tất cả các kết quả.

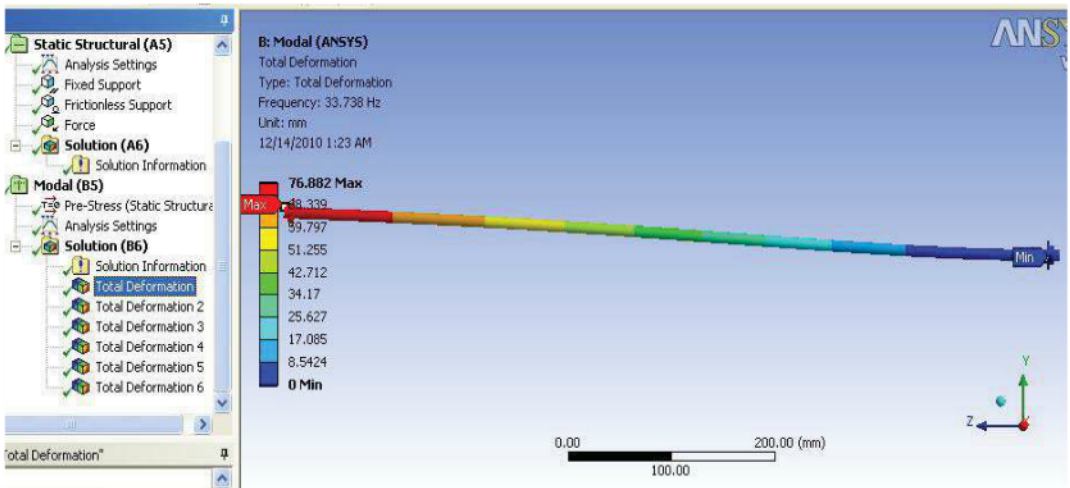


Lúc này trong Solution sẽ có 6 dòng biểu thị kết quả phân tích tương ứng với 6 tần số mà phần mềm tìm ra.



Để xem kết quả phân tích chuyển vị ứng với từng tần số, nhấp chuột vào Total Deformation từ 1 đến 6 trong thanh Tree Outline.

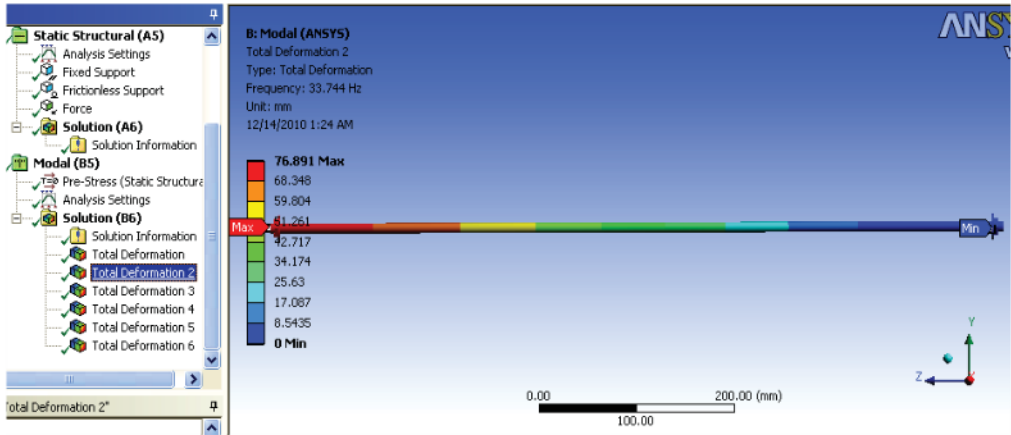
+ *Dạng 1:*



Kết quả chuyển vị lớn nhất là 76.882 mm ứng với tần số dao động 33.738 Hz.

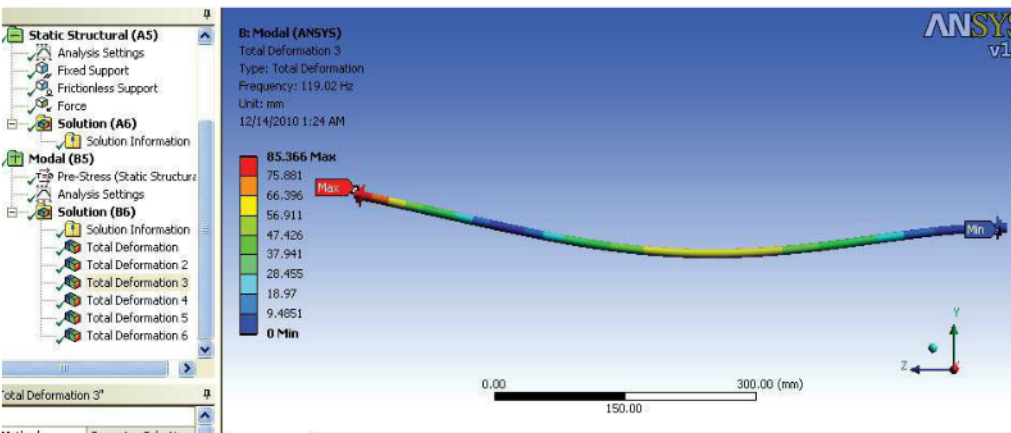


+ Dạng 2:



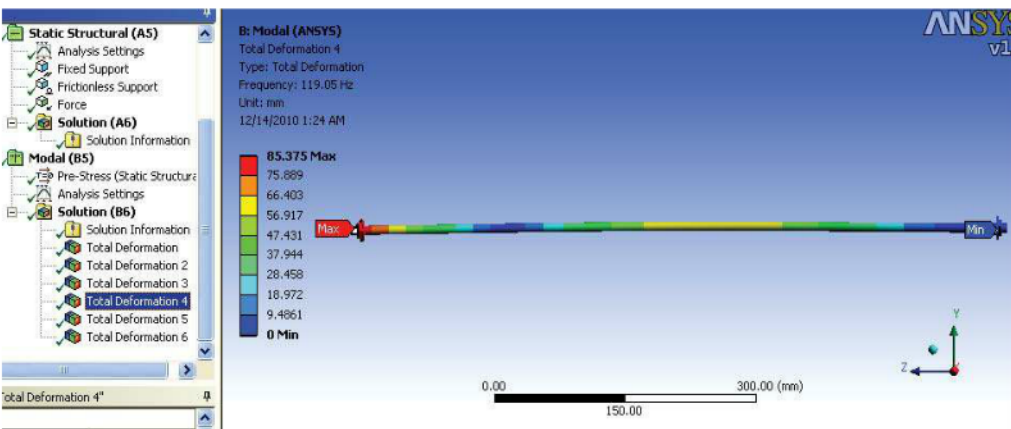
Kết quả chuyển vị lớn nhất là 76.891 mm ứng với tần số dao động 33.744 Hz.

+ Dạng 3:



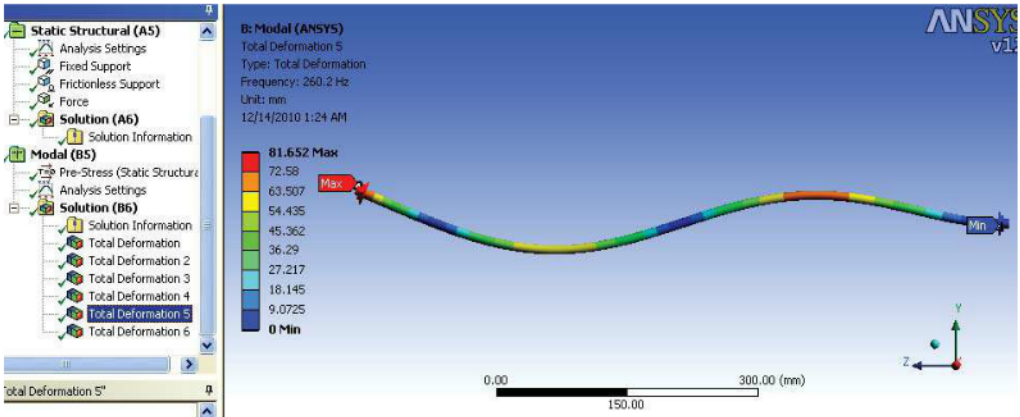
Kết quả chuyển vị lớn nhất là 85.366 mm ứng với tần số dao động 119.02 Hz.

+ Dạng 4:



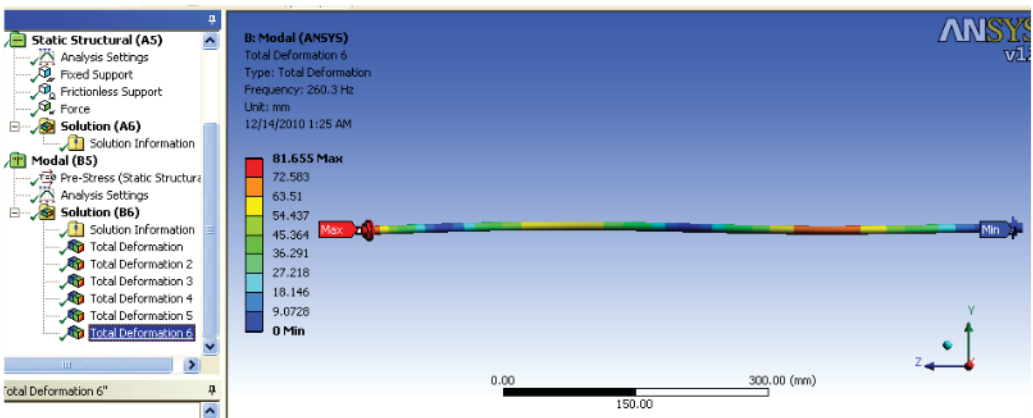
Kết quả chuyển vị lớn nhất là 85.375 mm ứng với tần số dao động 119.05 Hz.

+ Dạng 5:



Kết quả chuyển vị lớn nhất là 81.652 mm ứng với tần số dao động 260.2 Hz.

+ Dạng 6:



Kết quả chuyển vị lớn nhất là 81.655 mm ứng với tần số dao động 260.3 Hz.



# Chương 11

## PHÂN TÍCH BÀI TOÁN ỔN ĐỊNH

Kết cấu được gọi là ổn định dưới tác dụng của tải trọng nếu như kết cấu bị lệch khỏi vị trí (vì một nguyên nhân nào đó) nhưng sau đó có khuynh hướng quay trở về trạng thái ban đầu. Tùy theo nguyên nhân gây ra mà kết cấu có thể phục hồi trạng thái ban đầu hoàn toàn hay không hoàn toàn.

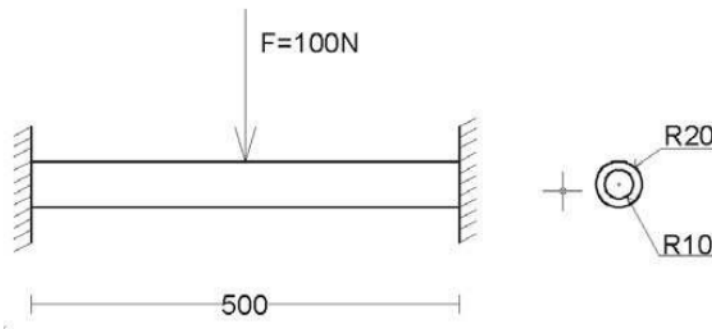
Nếu như kết cấu không thể quay trở về vị trí ban đầu và độ lệch tiếp tục phát triển cho đến khi kết cấu có vị trí mới hoặc dạng cân bằng mới. Đây gọi là kết cấu không ổn định.

Bước quá độ từ trạng thái ổn định sang trạng thái không ổn định gọi là mất ổn định. Giới hạn đầu của bước quá độ đó gọi là trạng thái tới hạn và tải trọng tương ứng với trạng thái tới hạn gọi là tải trọng tới hạn.

*Phân tích ổn định – Linear Buckling là mô đun phân tích có khả năng đưa ra kết quả mất ổn định của kết cấu về biến dạng, giá trị chuyển vị tại thời điểm đó và giá trị của tải trọng tác động gây ra mất ổn định hay còn gọi là tải trọng tới hạn.*

### 11.1. BÀI TOÁN 11.1

Phân tích ổn định của chi tiết có hình dạng, ràng buộc và chịu tải như hình 11.1. Vật liệu của chi tiết được là hợp kim nhôm.



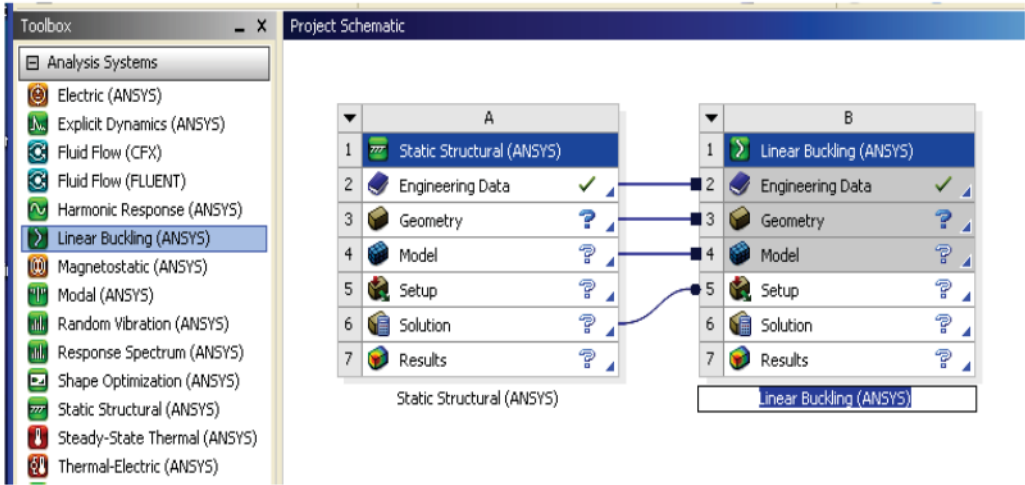
Hình 11.1

#### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Đối với bài toán này phải kết hợp hai mô đun, đó là Static Structural và Linear Buckling.

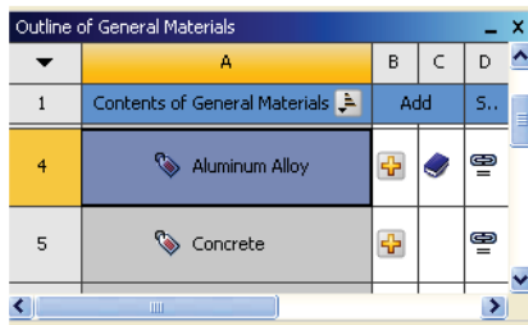


Vào Toolbox → nhấp đúp chuột vào Static Structural → kéo và thả Linear Buckling vào ô Solution trong cửa sổ Project Schematic. Hệ thống phân tích kết hợp xuất hiện như sau:



### Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

Vật liệu của chi tiết là hợp kim nhôm và cách tiến hành tải vật liệu này về bài toán được thực hiện như sau: nhấp đúp chuột vào Engineering Data → chọn General Material → đánh dấu “+” tương ứng với Aluminum Alloy.



Sau đó quay lại môi trường Project Schematic bằng cách nhấp chuột vào biểu tượng Return to Project trên thanh công cụ.

### Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Trước khi xây dựng mô hình cho bài toán ta phải xác định phần tử mà phần mềm sẽ căn cứ để giải. Nhấp chuột phải vào Geometry → Properties → chọn phần tử Line Bodies.

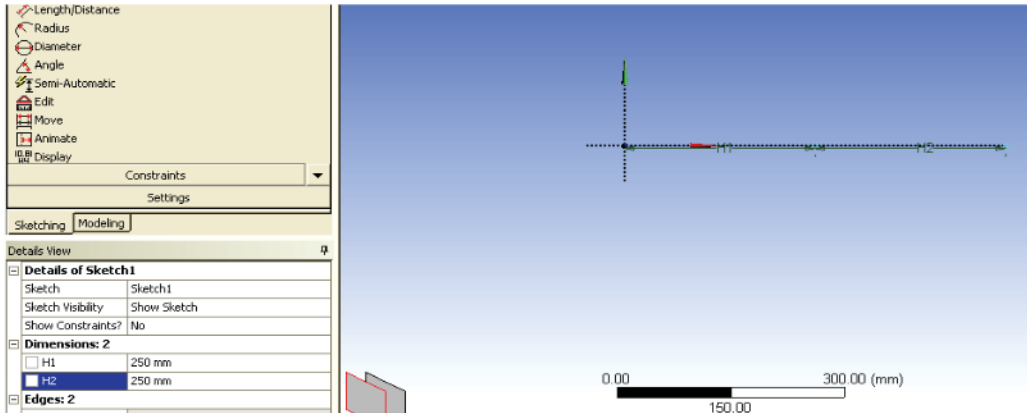
Nhấp đúp chuột vào ô Geometry → môi trường Design Modeler xuất hiện.

Chọn đơn vị sử dụng là Milimeter.



Vào thẻ Sketching để xây dựng mô hình 2D cho bài toán và chọn mặt phẳng vẽ là mặt XY.

Chọn lệnh Draw → Line → vẽ hai đoạn thẳng liên tiếp nhau, xuất phát từ gốc tọa độ (không cần quan tâm tới chiều dài đoạn thẳng). Sau đó chọn Draw → Dimensions → Horizontal để định kích thước cho các đoạn thẳng vừa vẽ.




Phía dưới góc trái màn hình sẽ xuất hiện hộp thoại Details View. Vào Dimensions và định giá trị chiều dài H1 và H2 là 250 mm.

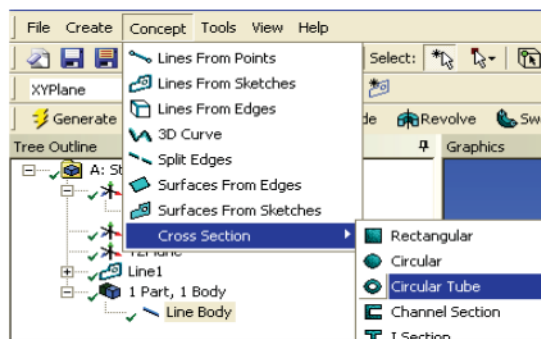
Sau khi thiết lập chiều dài cho đoạn thẳng xem như ta đã hoàn thành xong công việc ở môi trường 2D. Tiếp theo xây dựng thành mô hình bài toán từ đoạn thẳng 2D vừa tạo ra.

Chọn Concept → Lines From Sketches để định nghĩa cho mô hình từ đoạn thẳng tạo ra trong môi trường Sketching.

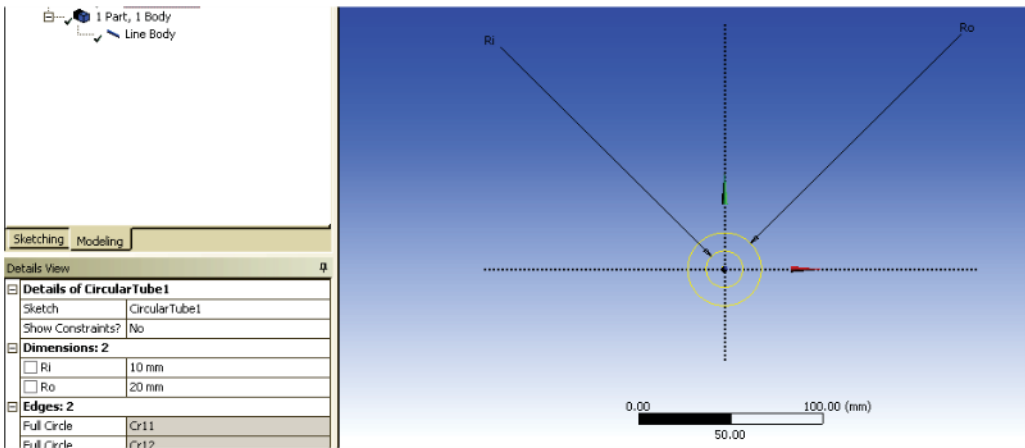
Trong Details View, ta thấy hộp thoại đang cần nhập Base Object, chọn Sketch1 trong Tree Outline sau đó chọn Apply.

Sau khi chọn Sketch1 cho Base Object, nhấp chuột vào biểu tượng  Generate. Tới đây ta đã tạo xong phần tử Line Bodies cho bài toán.

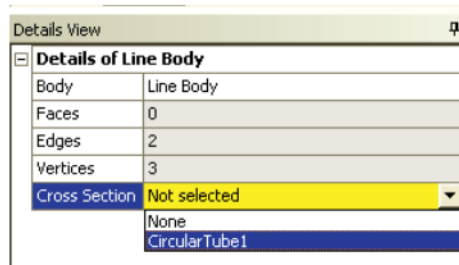
Tiếp theo xác định tiết diện bằng cách: vào Concept → chọn Cross Section → Circular Tube để xác định tiết diện của dầm này là ống tròn.



Trong hộp thoại Details View → Dimensions: nhập kích thước bán kính vòng trong  $R_i = 10 \text{ mm}$  và bán kính vòng ngoài  $R_o = 20 \text{ mm}$ .



Tiếp theo phải xác nhận tiết diện vừa tạo ra là mặt cắt của dầm: nhấp chuột vào Line Body trong Tree Outline. Trong hộp thoại Details View → Details of Line Body → Cross Section → chọn Circular Tube.

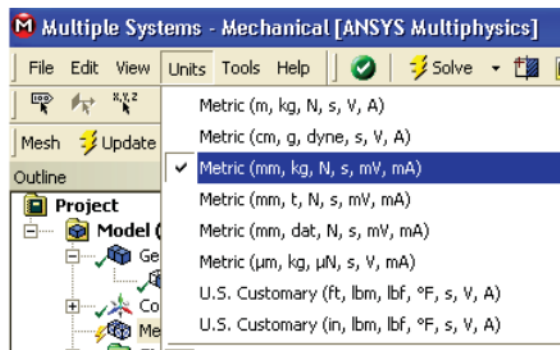


Như vậy ta đã xây dựng xong mô hình hình học cho bài toán nên có thể đóng cửa sổ Design Modeler.

#### Bước 4: Chia lưới

Vào lại môi trường Workbench, nhấp đúp chuột vào ô Model để làm việc với môi trường Mechanical.

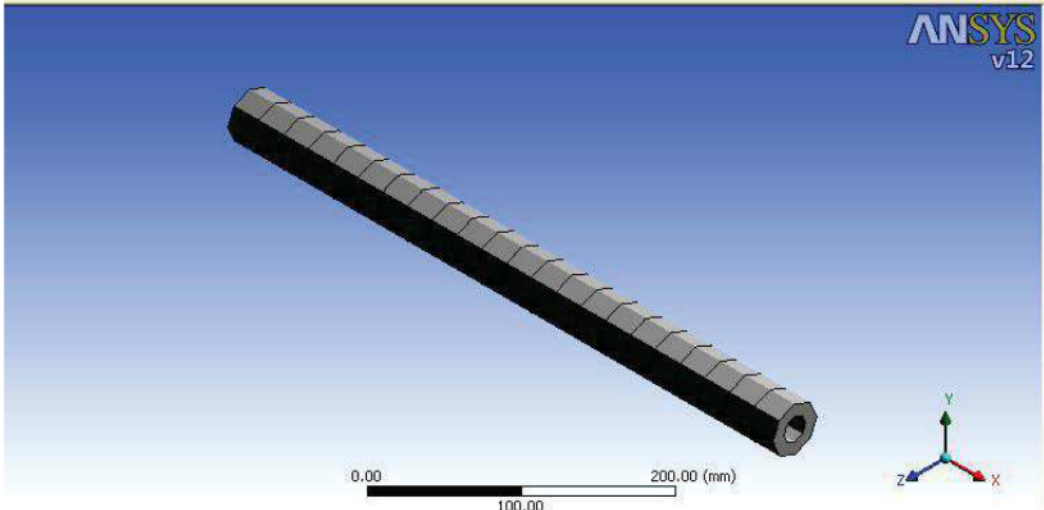
Chọn hệ đơn vị sử dụng: vào Unit → chọn Metric (mm, kg, N, s, mV, mA).






Tiếp theo tiến hành chia lưới phần tử theo mặc định: nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh.

Sau khi chia lưới dầm sẽ có hình ảnh như sau:




### Bước 5: Đặt các ràng buộc và tải trọng lên dầm

Đầu tiên đặt các ràng buộc cố định: nhấp chuột phải lên Static Structural → Insert → Fixed Support.

Sử dụng biểu tượng  để chọn đối tượng điểm và nhấp chuột lên một đầu của dầm, sau đó chọn Apply trong Outline of “Fixed Support”\Geometry.

Thực hiện tương tự cho ràng buộc cố định ở đầu còn lại.

Tiếp theo đặt lực tại một đầu của dầm: nhấp chuột phải vào dòng Static Structural (A5) → chọn Insert → Force.

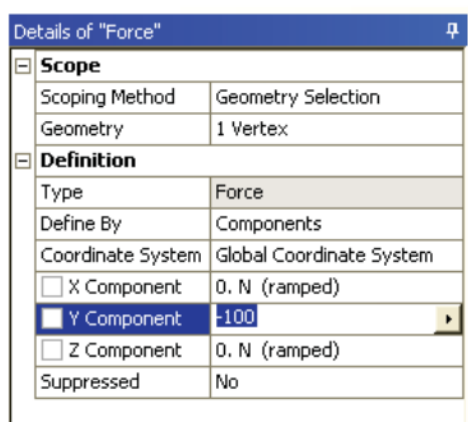
Chọn biểu tượng  sau đó nhấp chuột vào điểm chính giữa dầm.

Trong hộp thoại Details of Force → Scope → Geometry → chọn Apply.

Definition\Define By: chọn Component.

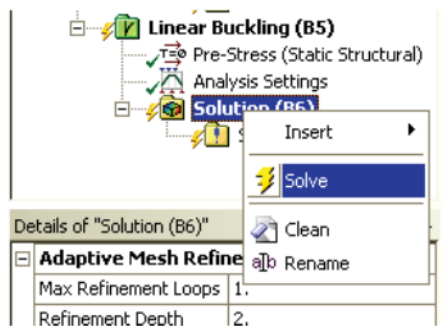
Definition: đặt Y Component = -100 N và giá trị 0 cho X Component và Z Component.



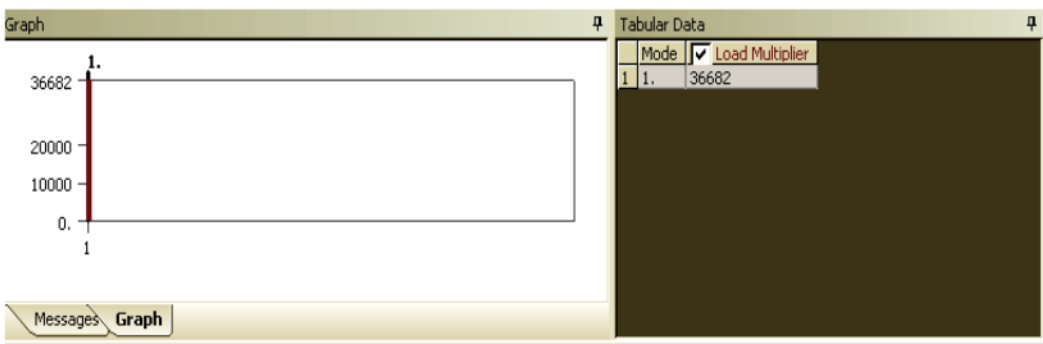


## Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Trong Linear Buckling (B5) → nhấp chuột phải lên Solution (B6) → chọn Solve.



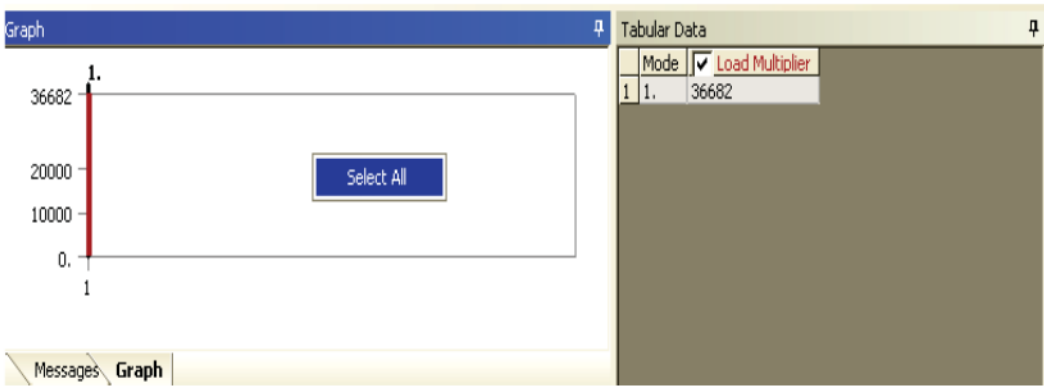
Nhấp chuột vào dòng Solution B6, phía góc dưới màn hình sẽ xuất hiện bảng Graph và Tabular Data là nơi phần mềm hiển thị kết quả phân tích tìm được hệ số nhân cho lực tới hạn.



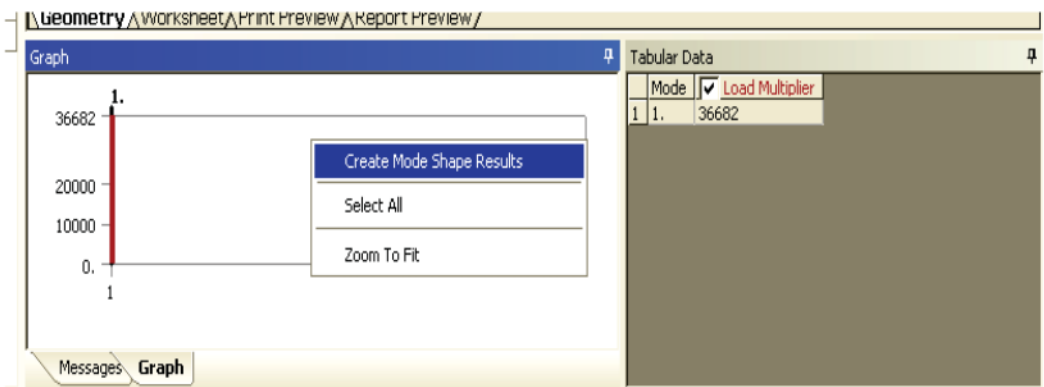
Ta thấy Load Multiplier phần mềm tìm được là 36682. Cách tính lực tới hạn được tiến hành như sau:  $F_{th} = F_{td} \times \text{Load Multiplier}$ . Như vậy kết quả lực tới hạn của bài toán này  $F_{th} = 100 \times 36682 = 3668200 \text{ N}$

Tiếp theo xem kết quả biến dạng của kết cấu tại thời điểm tới hạn: nhấp chuột phải vào giữa ô Graph → chọn Select All.

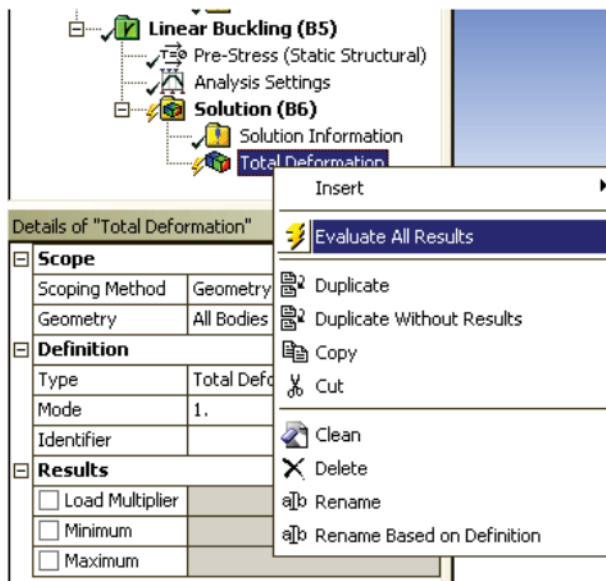




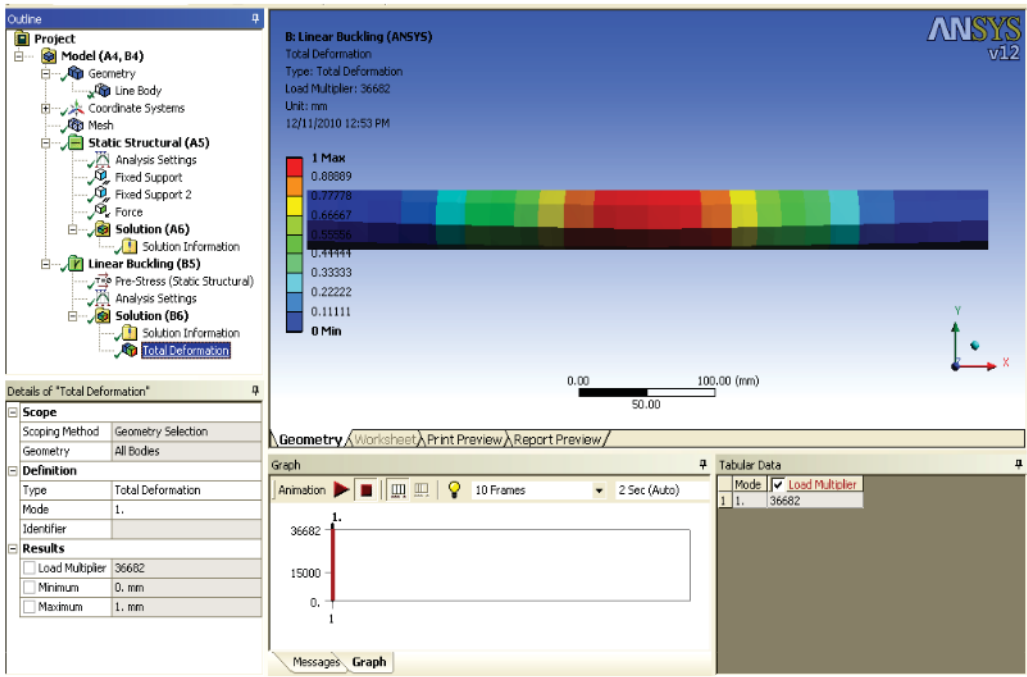
Tiếp theo nhấp chuột phải vào giữa ô Graph → chọn Create Mode Shape Results.



Nhấp chuột phải vào Linear Buckling → Solution → chọn Evaluate All Results.



Sau khi phần mềm xử lý xong, nhấp chuột vào Total Deformation để xem kết quả biến dạng.



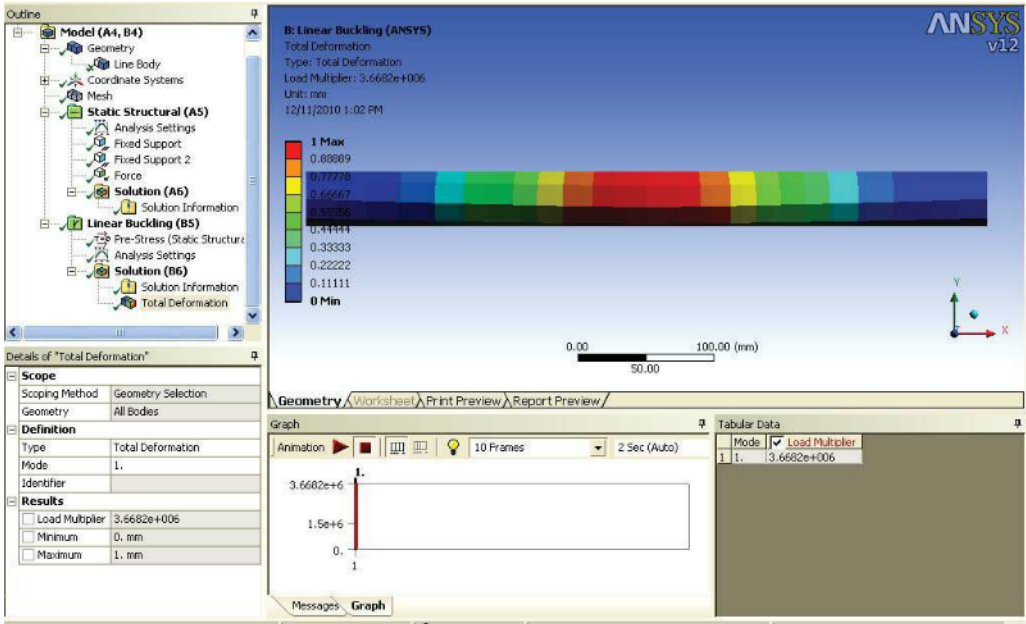
Như vậy đối tượng bị biến dạng lớn nhất: 1 mm; lực tới hạn:  $36682 \times 100 = 3668200 \text{ N}$ .

Ta có thể kiểm chứng kết quả về lực tới hạn như sau: nhấp chuột vào dòng Force trong Static Structural và thay đổi lực = -1 N (Y Component).

**Details of "Force"**

<b>Scope</b>	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Vertex
<b>Definition</b>	
Type	Force
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
<input type="checkbox"/> X Component	0. N (ramped)
<input checked="" type="checkbox"/> Y Component	-1
<input type="checkbox"/> Z Component	0. N (ramped)
Suppressed	No

Nhấp chuột phải vào dòng Solution (B6) → chọn Evaluate All Results để xem kết quả và so sánh với trường hợp đầu, ta thấy:



Biến dạng lớn nhất không đổi là 1 mm.

Hệ số nhân của lực lúc này thay đổi  $= 3.6682e+006 = 36682 \times 100 \text{ N}$ .

Vậy lực tới hạn và chuyển vị ở hai trường hợp lực là như nhau. Vậy ta đã tính được tải trọng tới hạn, giá trị gây ra mất ổn định cho đối tượng khảo sát và chuyển vị của đối tượng ứng với giá trị tải trọng tới hạn đó.

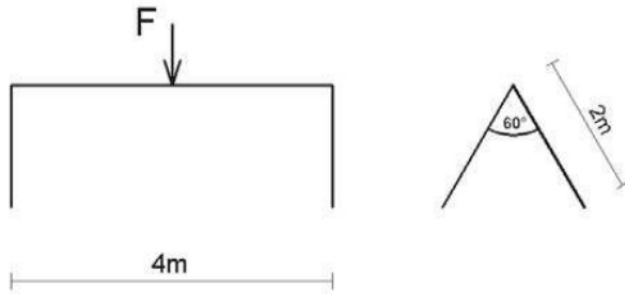
## 11.2. BÀI TOÁN 11.2

Phân tích bền, tính lực tới hạn và giá trị chuyển vị của kết cấu chịu lực như hình 11.2. Các thanh chịu lực được làm bằng vật liệu thép kết cấu; tiết diện của các thanh là ống tròn với bán kính ngoài 0.05 m và bán kính trong 0.03 m.



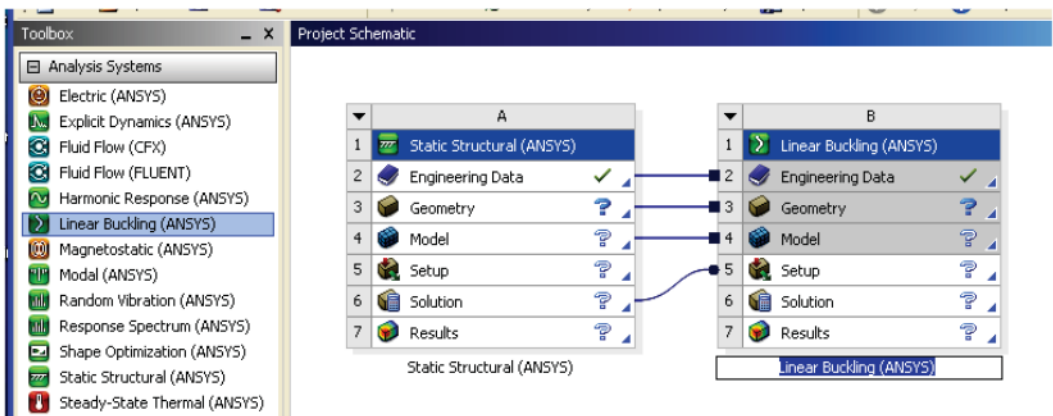
**Hình 11.2**

Kích thước và vị trí đặt lực tác dụng như sau:



## Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Chọn mô đun phân tích là sự kết hợp giữa hai mô đun: Static Structural và Linear Buckling. Trước tiên ta vào Toolbox, nhấp đúp chuột vào mô đun Static Structural, sau đó kéo và thả mô đun Linear Buckling vào ô Solution trong hệ thống phân tích Static Structural vừa xuất hiện ở cửa sổ Project Schematic. Trong Project Schematic sẽ xuất hiện hệ thống phân tích kết hợp như sau:



## Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

Vật liệu của chi tiết là thép kết cấu nên có thể bỏ qua bước chọn lại vật liệu vì mặc định vật liệu của phần mềm là thép kết cấu.

## Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Trước khi xây dựng mô hình cho bài toán ta phải xác định phần tử mà phần mềm sẽ căn cứ để giải bài toán. Nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Properties.

Chọn phần tử Line Bodies để khảo sát.

Nhấp đúp chuột vào ô Geometry → môi trường Design Modeler xuất hiện, là môi trường mà ta sẽ tiến hành tạo mô hình hình học cho bài toán.

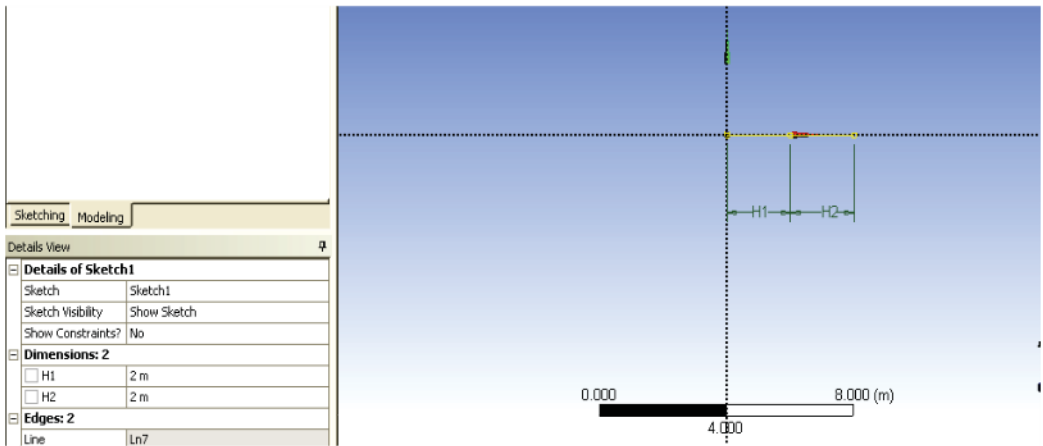
Chọn đơn vị sử dụng là Meter.



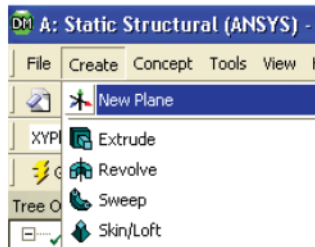
Chọn thẻ Sketching để xây dựng mô hình 2D cho bài toán với mặt phẳng vẽ là mặt XY (nhấp chuột vào chiều dương của vectơ trục tọa độ Z để chọn mặt phẳng vẽ là XY).

Chọn lệnh Draw → Line: vẽ hai đoạn thẳng liên tiếp xuất phát từ gốc tọa độ (không cần quan tâm tới chiều dài đoạn thẳng).

Chọn Draw → Dimensions → Horizontal để định kích thước cho hai đoạn thẳng. Nhập các kích thước  $H1 = 2\text{ m}$  và  $H2 = 2\text{ m}$  trong Details View.

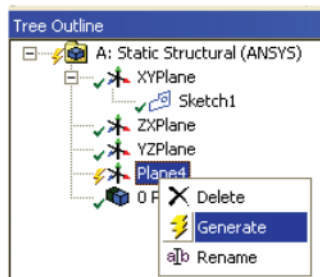


Tiếp theo tạo mặt phẳng vẽ mới để vẽ các chân. Chọn Create → New Plane để tạo một mặt mới.

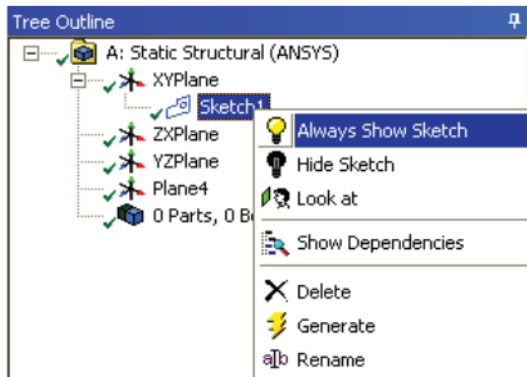


Mặt mới tạo ra có tên là Plane 4. Trong Details of Plane 4 → Base Plane → xác định là YZ plane → chọn Apply.

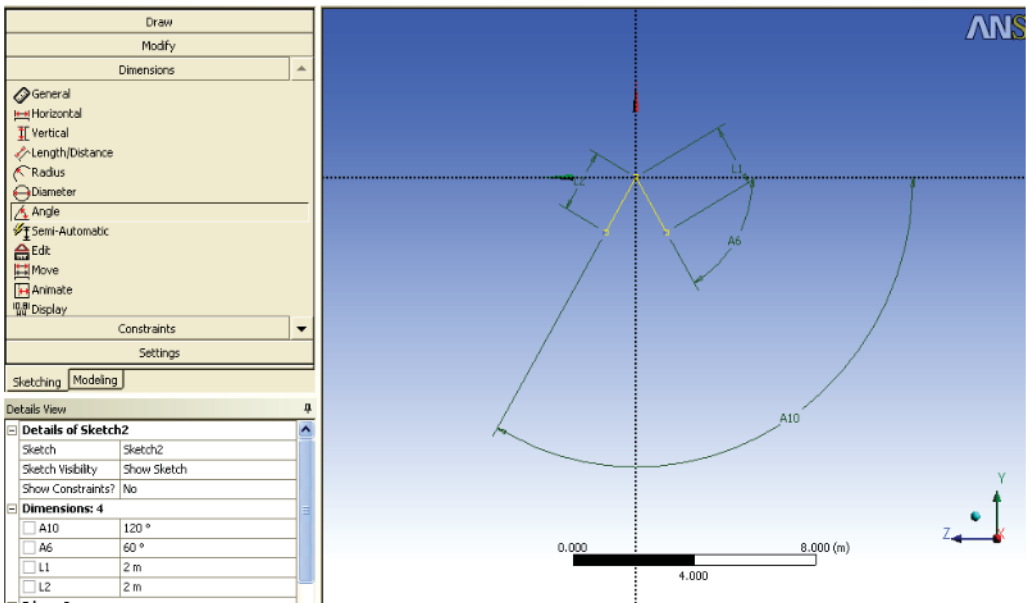
Sau đó nhấp chuột phải vào Plane 4 → chọn Generate.



Hiện thị hình đã vẽ trong mặt phẳng XY bằng cách nhấp chuột phải vào Sketch 1 → chọn Always Show Sketch.



Nhấp chuột vào Plane 4 → chọn Sketching → nhấp chuột vào chiều dương của trục X → tiến hành vẽ hai chân và định các kích thước như hình vẽ.



Định các giá trị trong Dimensions như sau:  $L1 = 2 \text{ m}$ ;  $L2 = 2 \text{ m}$ ;  $A6 = 60^\circ$ ;  $A10 = 120^\circ$ .

Vào thẻ Modeling → nhấp chuột phải lên Sketch 2 → chọn Always Show Sketch.

Tiếp theo vẽ hai chân còn lại trên một phẳng mới. Chọn Create → New plane để tạo mặt phẳng mới Plane 5.

Trong Details of Plane 5 xác định:

- Base Plane: chọn Plane 4
- Transform: chọn Offset Z
- FD1, Value 1: = 4m






Details View	
Details of Plane5	
Plane	Plane5
Type	From Plane
Base Plane	Plane4
Transform 1 (RMB)	Offset Z
FD1, Value 1	4 m
Transform 2 (RMB)	None
Reverse Normal/Z-Axis?	No
Flip XY-Axes?	No
Export Coordinate System?	No

Nhấp chuột phải lên dòng Plane 5 → chọn Generate để hình thành Plane 5.

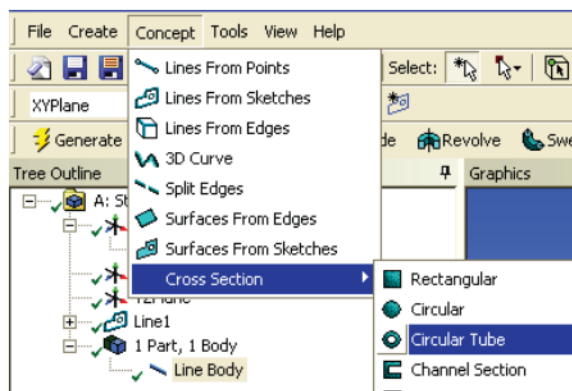
Chọn mặt phẳng Plane 5 → chọn Sketching → tiến hành vẽ hai chân còn lại (thực hiện tương tự như hai chân đã vẽ trước đó).

Tiếp theo xây dựng thành mô hình bài toán từ các đoạn thẳng trong các mặt 2D vừa tạo ra. Chọn Concept → Lines From Sketches để định nghĩa cho mô hình hình học của bài toán từ các đoạn thẳng tạo ra trong môi trường Sketching.

Trong Details View, ta thấy hộp thoại đang cần nhập Base Object, chọn Sketch1, Sketch 2, Sketch 3 (kết hợp dùng phím Ctrl) trong Tree Outline sau đó chọn Apply.

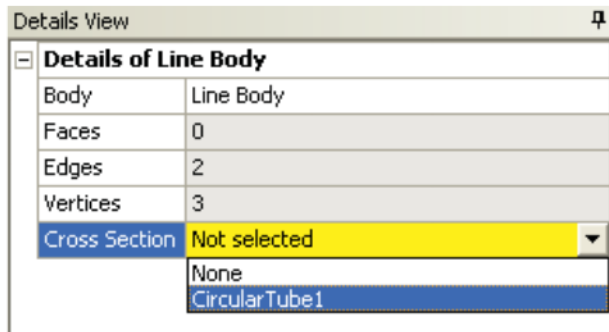
Sau đó chọn lệnh  Generate trên thanh công cụ. Tới đây, ta đã tạo xong phần tử Line Bodies cho bài toán.

Tiếp theo xác định tiết diện như sau: chọn Concept → Cross Section → Circular Tube để xác định tiết diện của chi tiết là ống tròn.



Trong hộp thoại Details View → Dimensions → nhập 2 kích thước bán kính vòng trong  $R_i = 0.03$  m và bán kính vòng ngoài  $R_o = 0.05$  m.

Tiếp theo xác nhận tiết diện vừa tạo ra là mặt cắt của dầm: nhấp chuột vào Line Body trong Tree Outline. Trong hộp thoại Details View → Details of Line Body → Cross Section → chọn Circular Tube.

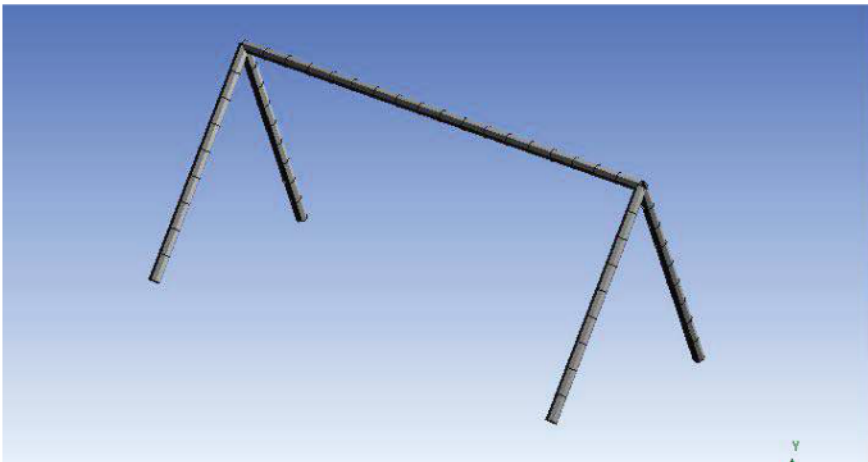


#### Bước 4: Chia lưới

Vào môi trường Workbench → nhấp đúp chuột vào ô Model → xuất hiện môi trường Mechanical.


Vào Unit → chọn đơn vị Metric (m, kg, N, s, V, A).

Chia lưới đối tượng khảo sát theo mặc định: nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh. Hình ảnh của đối tượng sau khi chia lưới như sau:

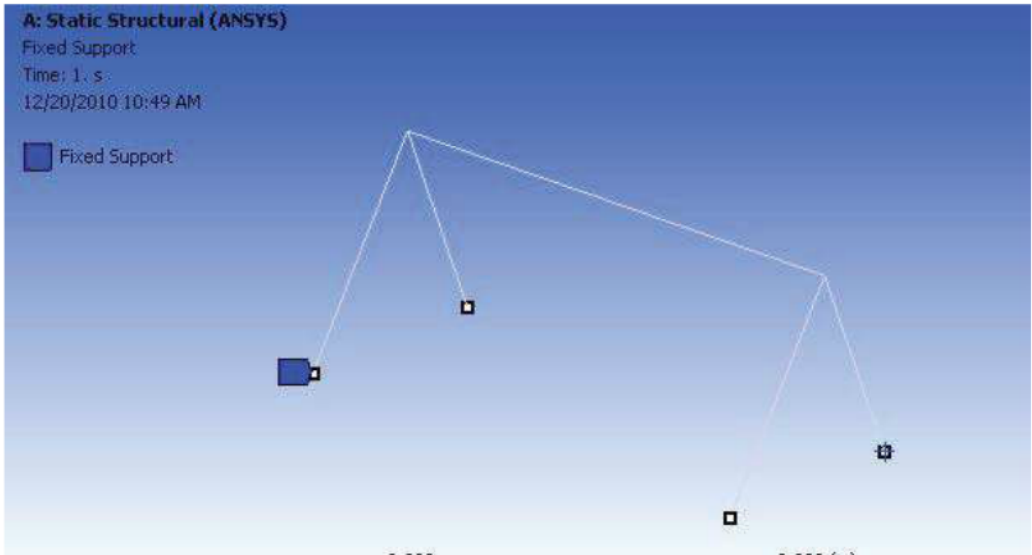


#### Bước 5: Đặt các ràng buộc và tải trọng


Đặt ràng buộc cố định: nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → Fixed Support.

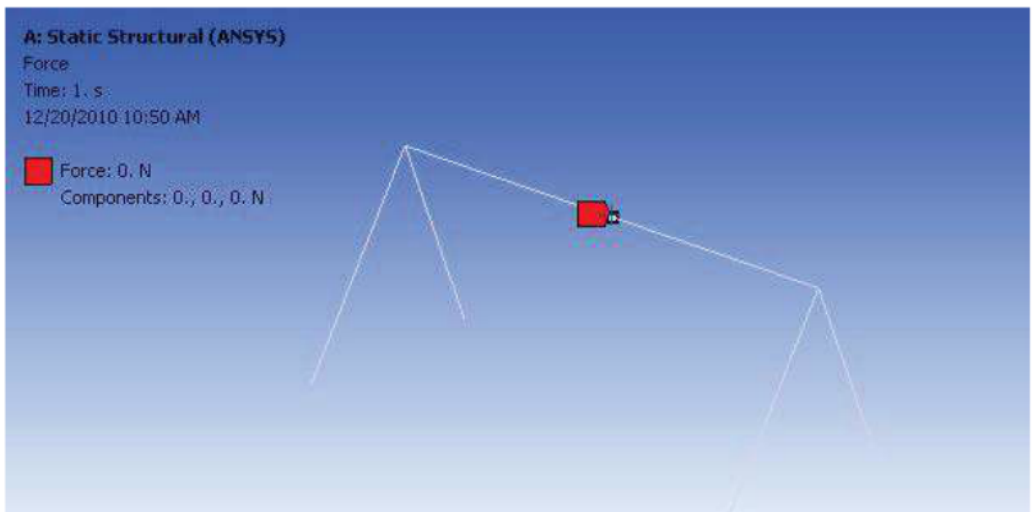
Sử dụng biểu tượng  để chọn điểm → nhấp chuột lên 4 điểm cuối phía dưới 4 chân → chọn Apply trong Outline of “Fixed Support”\Geometry.





Tiếp theo tiến hành đặt lực. Nhấp chuột phải vào Static Structural (A5) → chọn Insert → Force.

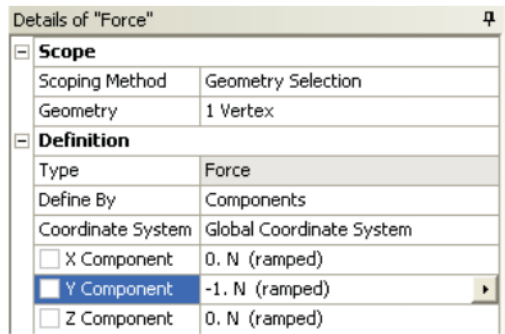
Chọn biểu tượng  → chọn điểm chính giữa của thanh như hình sau:



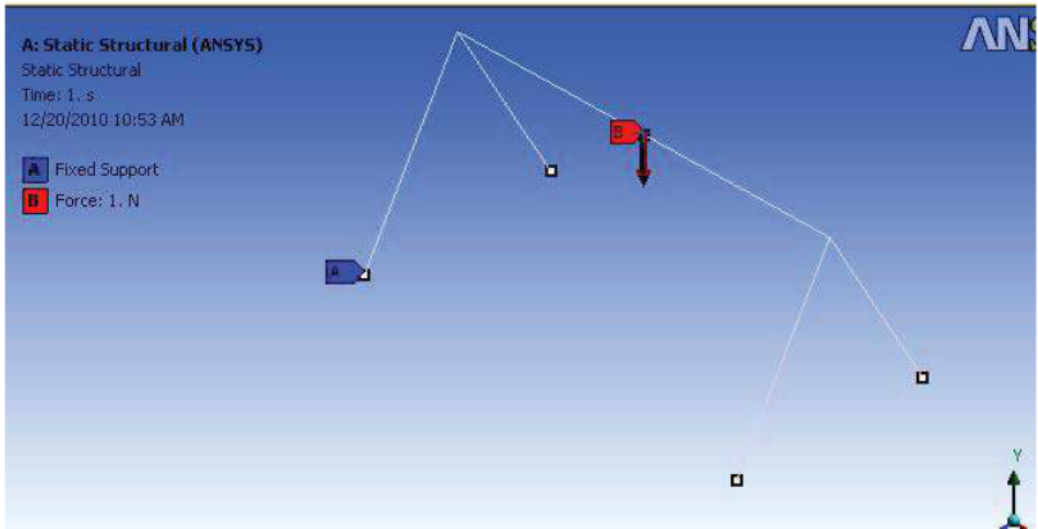
Trong hộp thoại Details of Force → Scope → Geometry → chọn Apply.

- Define By: chọn Component.
- X Component : 0 N
- Y Component : -1 N
- Z Component : 0 N



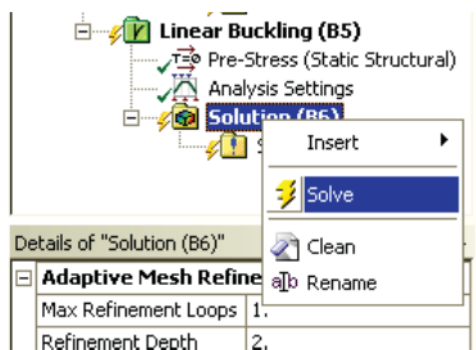


Nhấp chuột vào dòng Static Structural (A5) để kiểm tra các ràng buộc và tải trọng.



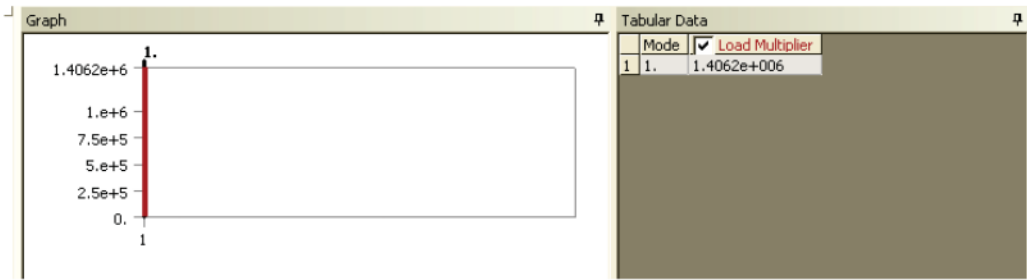
## Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Chọn Linear Buckling (B5) → Solution (B6) → nhấp chuột phải lên Solution → chọn Solve.



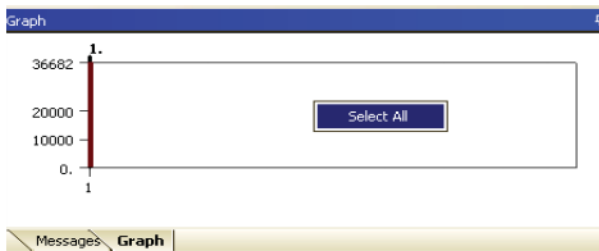
Chọn Solution (B6), lúc này phía góc dưới màn hình sẽ xuất hiện bảng Graph và Tabular Data là nơi phần mềm hiển thị kết quả hệ số nhân cho lực tối hạn.



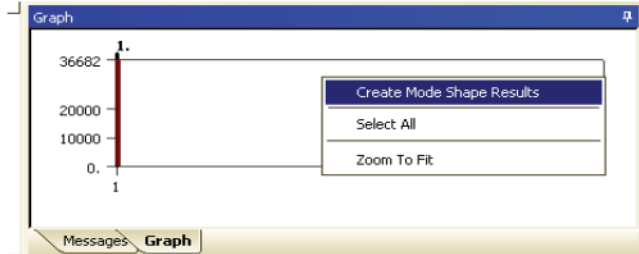


Kết quả Load Multiplier là  $1.4062e+6$ . Lực tới hạn là  $F_{th} = 1.4062e+6$  N vì lực tác dụng đặt lên đối tượng là lực đơn vị có giá trị = 1 N.

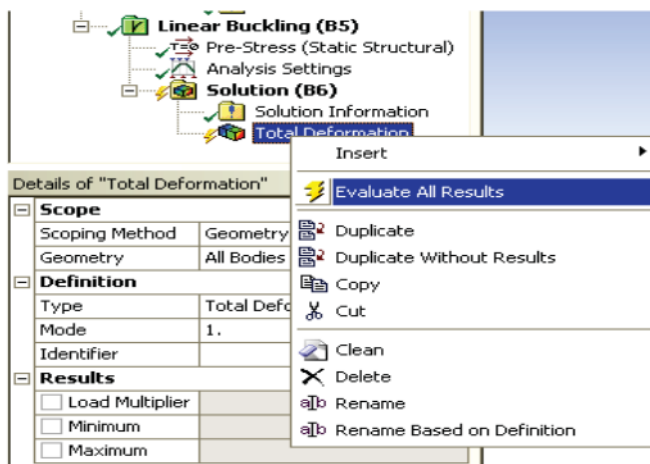
Để xem kết quả biến dạng của đối tượng tại thời điểm tới hạn, ta nhấp chuột phải vào giữa ô Graph → chọn Select All.



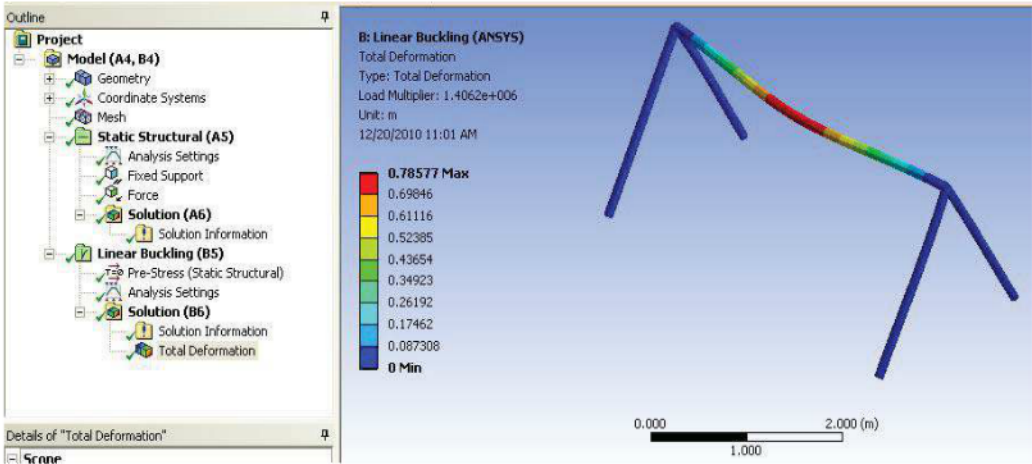
Nhấp chuột phải vào giữa ô Graph → chọn Create Mode Shape Results.



Nhấp chuột phải vào Linear Buckling (B5) → Solution (B6) → nhấp chuột phải lên Total Deformation → chọn Evaluate All Results.

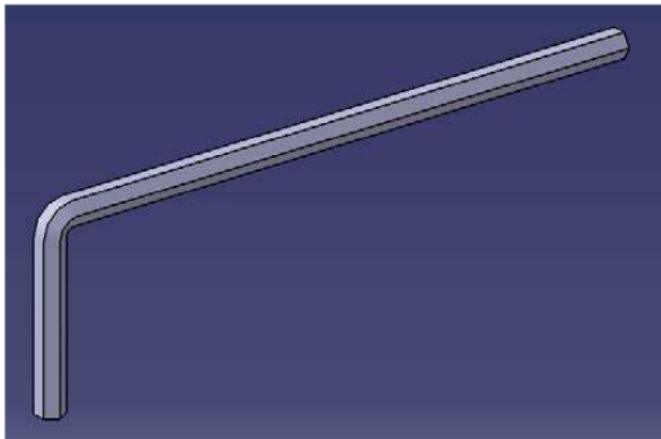


Chọn Total Deformation để xem kết quả biến dạng.



Kết quả biến dạng lớn nhất: 0.78577 m; giá trị lực tới hạn: 1406200 N.

### 11.3. BÀI TOÁN 11.3



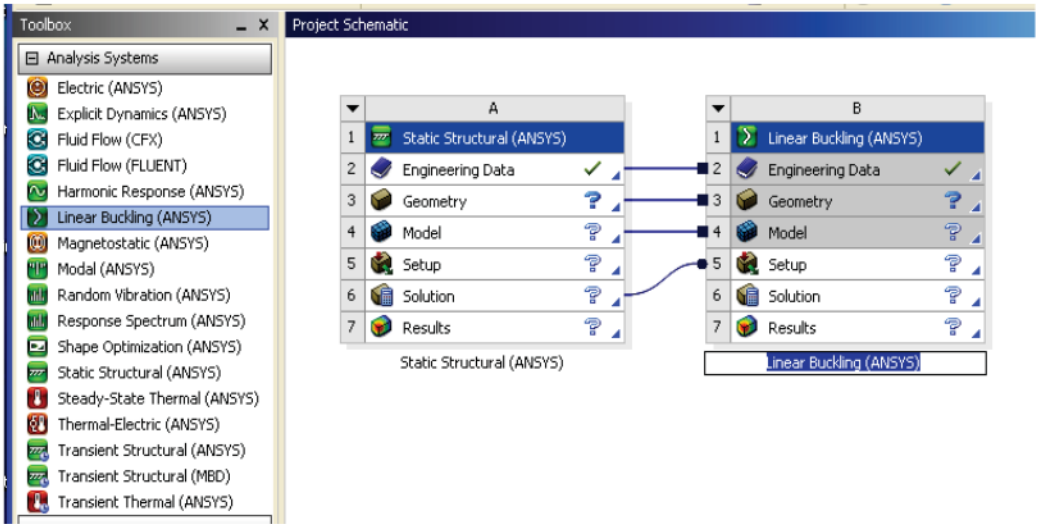
**Hình 11.3**

Phân tích dao động và um tan so uao ượng của “khóa lục giác” như hình 11.3. Đối tượng khảo sát có tiết diện hình lục giác, đường kính vòng tròn ngoại tiếp 8 mm, chiều dài 200 mm, chiều cao 75 mm, và làm bằng vật liệu thép kết cấu.

#### **Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench**

Tương tự như bài toán 11.2, chọn mô đun phân tích kết hợp: Static Structural và Linear Buckling.





## Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

Sử dụng vật liệu mặc định: Structural Steel.

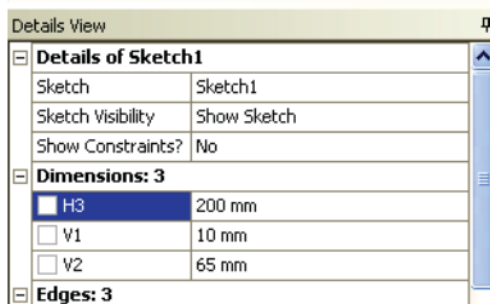
## Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

Trình tự thực hiện tương tự như bài toán 11.2.

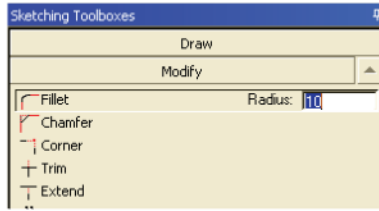
Trong đó, tiến hành vẽ ba đoạn thẳng V1, V2 và H3 (biên dạng của khóa lục giác) như hình vẽ.



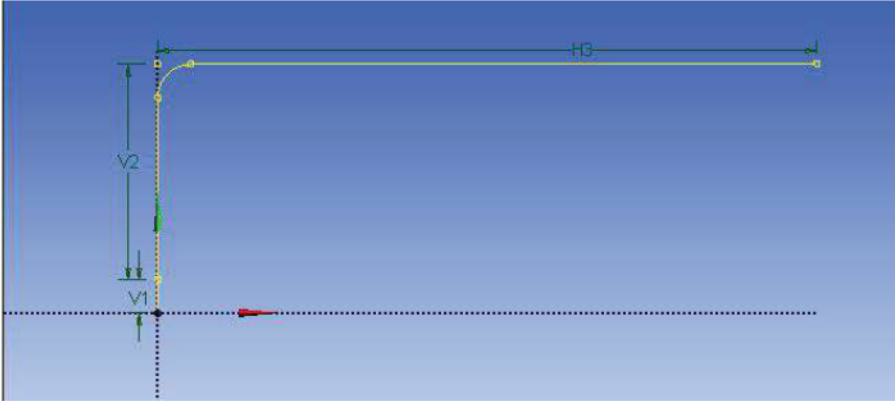
Sau đó định các giá trị kích thước V1= 10 mm, V2 = 65 mm, H3 = 200 mm.



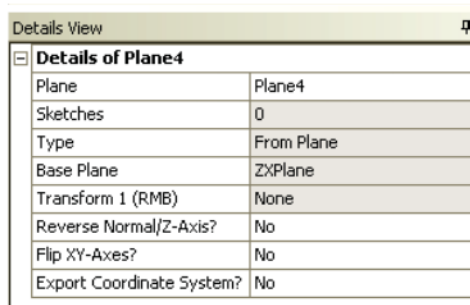
Sau khi vẽ ba đoạn thẳng, chọn Modify → Fillet để xác định bo cung với giá trị  $R = 10 \text{ mm}$ ;



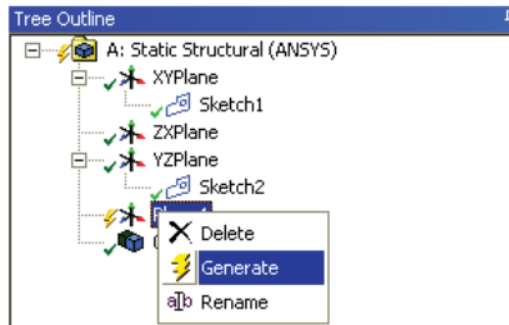
Tiếp theo, nhấp chuột vào 2 đoạn thẳng V2 và H3 sẽ thu được:



Tạo mặt cắt ngang để Sweep theo biên dạng mới tạo ra, chọn Create → New Plane. Trong hộp thoại Details View → Details of Plane 4 đặt các thông số sau:

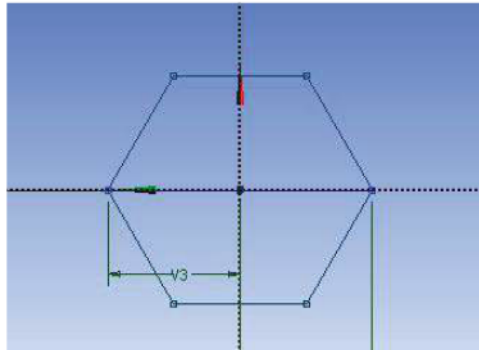


Tiếp theo vào Tree Outline → Static Structural → nhấp chuột phải lên Plane 4 → chọn Generate.





Nhấp chuột vào Plane 4 → chọn Sketching để tiến hành thiết kế hình lục giác: sử dụng lệnh Line và Dimension để xác định tiết diện lục giác với đường kính vòng tròn ngoại tiếp là 8 mm.



Chọn thẻ Modeling → nhấp chuột phải vào Plane 4 → Sketch 2 → chọn Always Show Sketch.

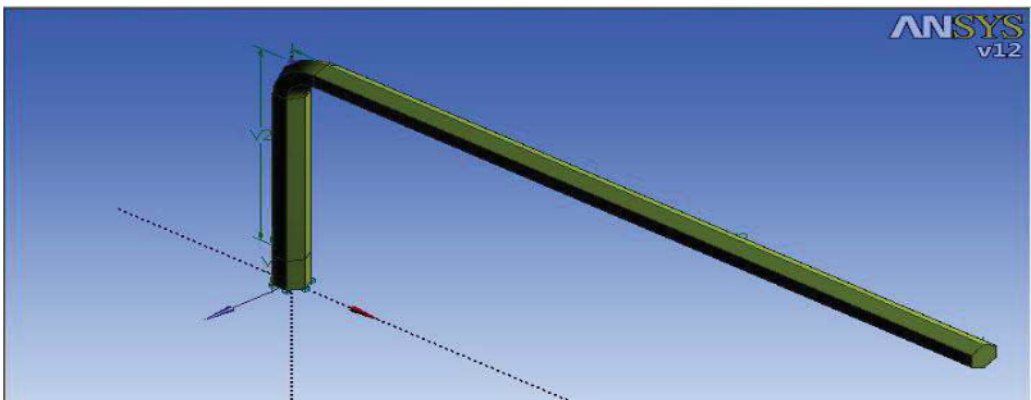
Chọn Create → Sweep để tạo khối 3D cho chi tiết.

Details View	
Details of Sweep1	
Sweep	Sweep1
Profile	Sketch2
Path	Sketch1
Operation	Add Material
Alignment	Path Tangent
<input type="checkbox"/> FD4, Scale (>0)	1
Twist Specification	No Twist
As Thin/Surface?	No
Merge Topology?	No

Trong Details View → Details of Sweep1 đặt các thông số:

- Profile: chọn Sketch 2 trong Plane 4 → Apply.
- Path: chọn Sketch 1 trong XYPlane → Apply.

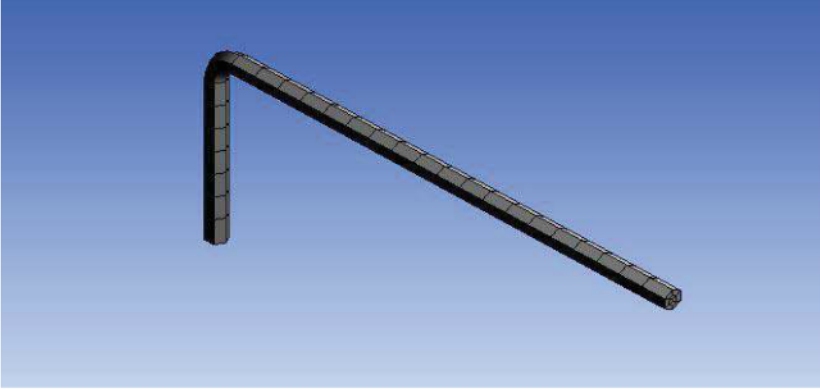
Nhấp chuột phải lên dòng Sweep 1 → chọn Generate. Sau khi Sweep ta có được khối Solid như sau:




Tới đây ta có thể thoát khỏi môi trường Design Modeler và thực hiện các bước tiếp theo cho bài toán.

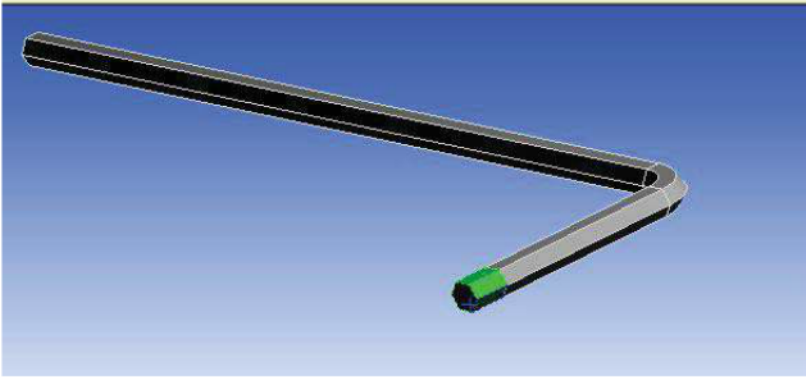
#### Bước 4: Chia lưới

Thực hiện tương tự như bài toán 11.2, kết quả chia lưới như sau:

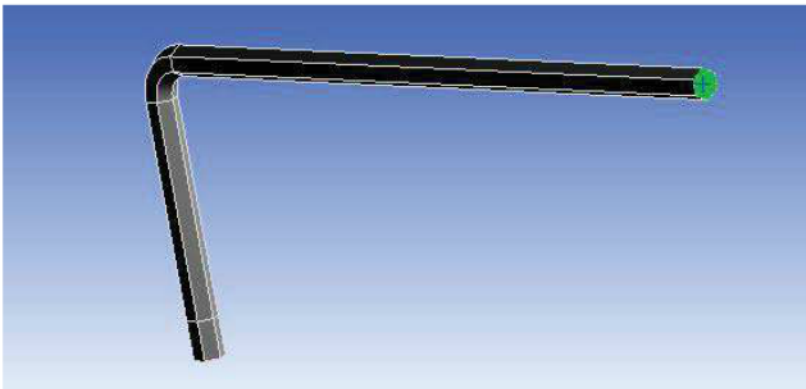


#### Bước 5: Đặt các ràng buộc và tải trọng

Đặt ràng buộc cố định (Frictionless) tại đoạn thẳng V1. Sử dụng lệnh  và chọn 6 mặt nhỏ và mặt đáy như hình sau:

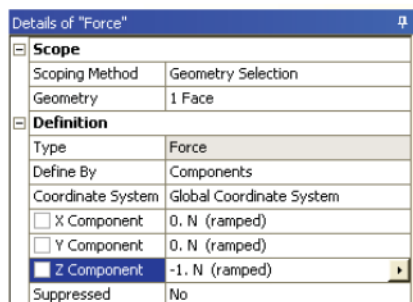


Giả sử đặt lực (Force) tại mặt ngoài cùng trên phần chiều dài của lực góc.



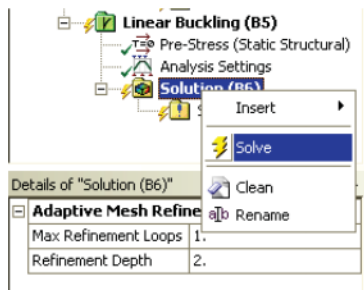
Trong đó, các thông số trong hộp thoại Details of Force như sau:

- Define By: Component
- X Component: 0 N
- Y Component: 0 N
- Z component: -1 N

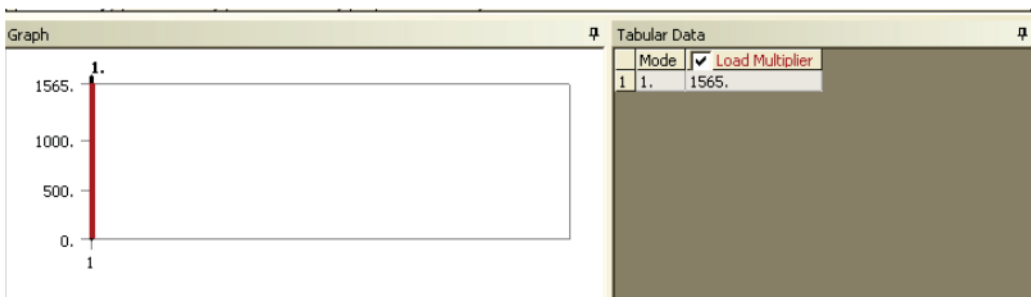


### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Trong Linear Buckling (B5) → nhấp chuột phải lên Solution (B6) → chọn Solve.

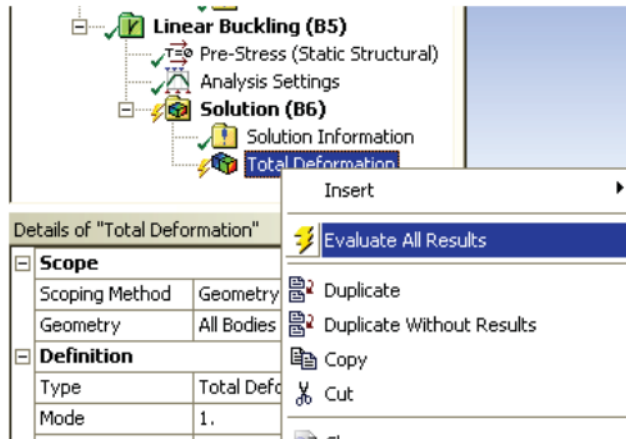


Bảng Graph và Tabular Data xuất hiện với kết quả phân tích về hệ số nhân cho lực tới hạn.

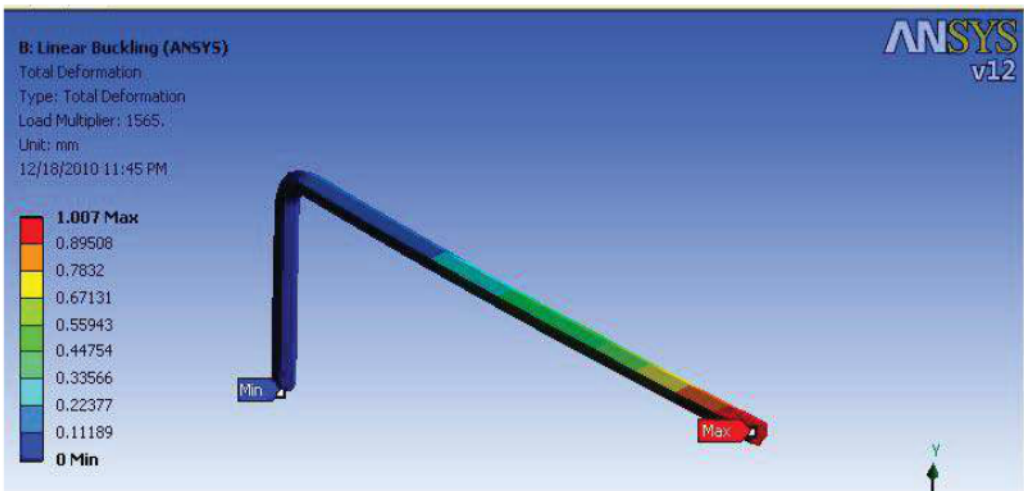


Như vậy kết quả lực tới hạn của bài toán này là :  $F_{th} = 1 \times 1565 = 1565 \text{ N}$ .

Để xem kết quả, tiến hành như sau:

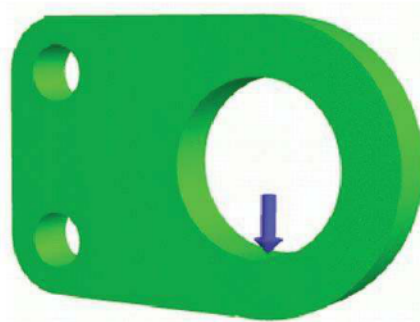


Kết quả biến dạng lớn nhất là 1.007 mm; lực tới hạn = 1565 N.



#### 11.4. BÀI TOÁN 11.4

Phân tích bền, tìm lực tới hạn và biến dạng của chi tiết giá đỡ chịu lực như hình 11.4. Các giá trị về các kích thước, ràng buộc,... được thể hiện ở các bước giải của bài toán.

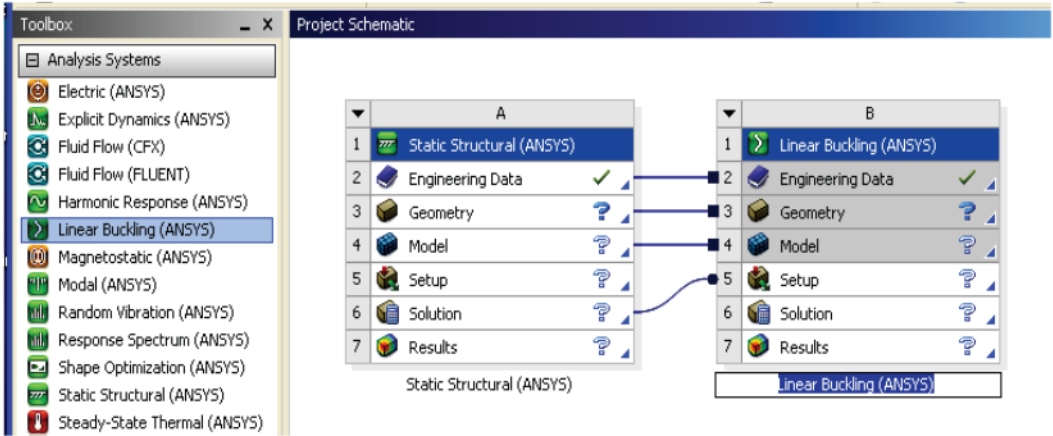


Hình 11.4



## Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

Tương tự như bài toán 11.2, chọn mô đun phân tích kết hợp: Static Structural và Linear Buckling.



## Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

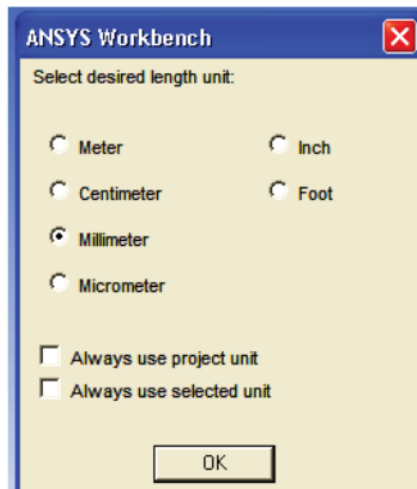
Vật liệu thép kết cấu (Structural Steel) theo mặc định của phần mềm.

## Bước 3: Xây dựng mô hình hình học

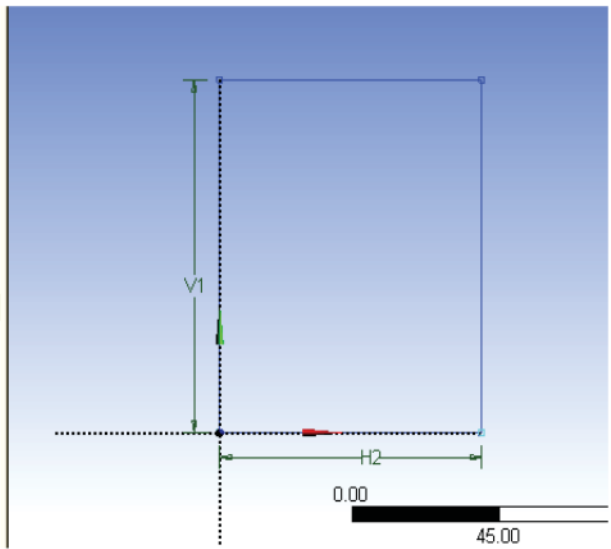
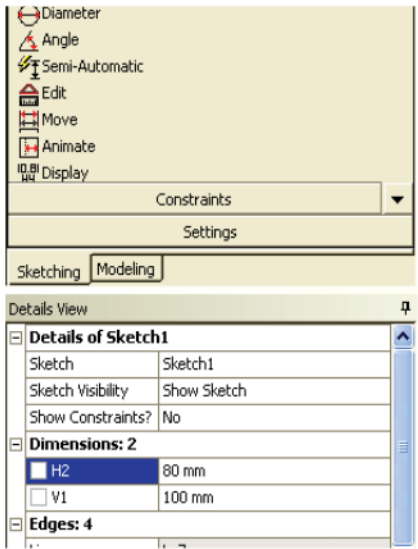
Sử dụng phần tử khối (Solid) theo mặc định.

Nhấp đúp chuột vào ô Geometry → môi trường Design Modeler xuất hiện.

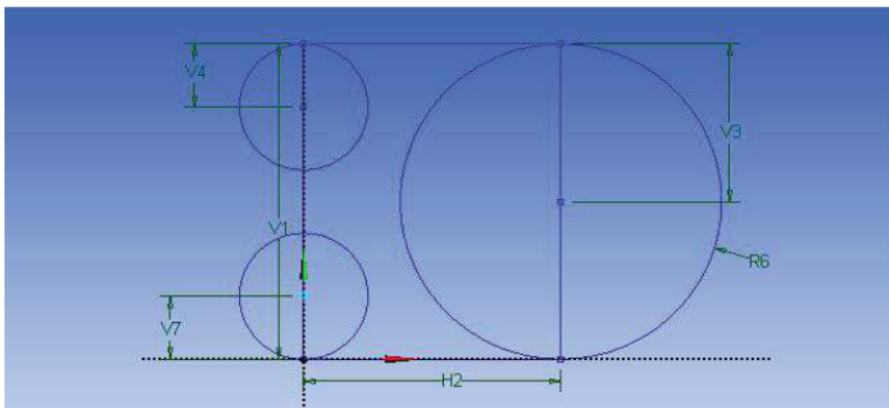
Chọn đơn vị Milimeter.



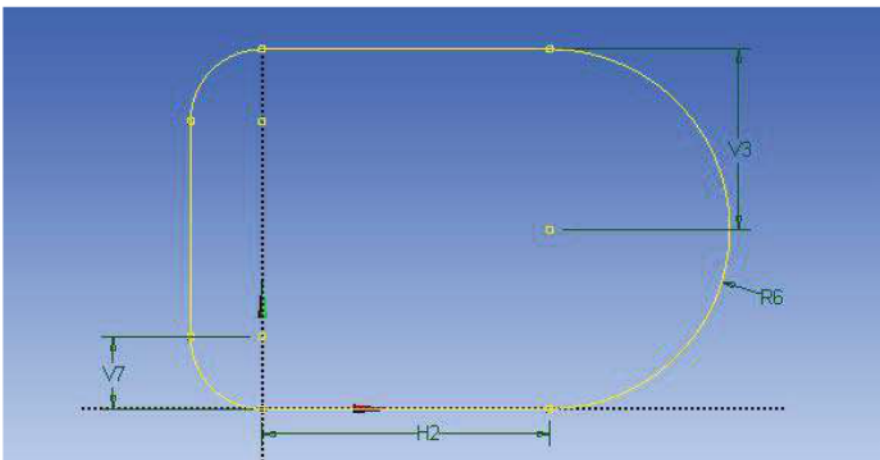
Trước tiên xây dựng mô hình 2D trong mặt phẳng XY. Vẽ hình chữ nhật và định kích thước là 80 x 100 (mm).



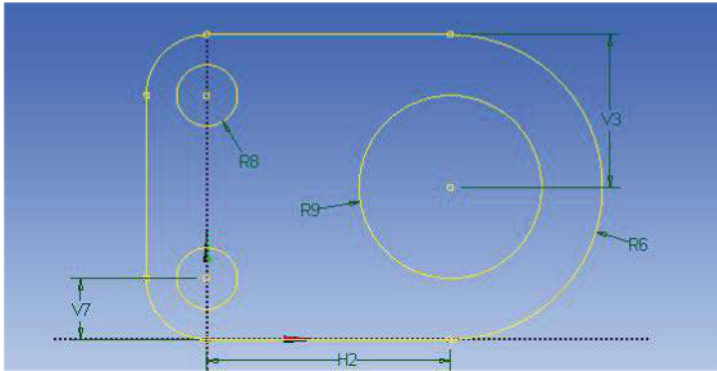
Tiếp theo vẽ 3 vòng tròn (bán kính: 50 mm, 20 mm, 20 mm) tại các vị trí như sau:



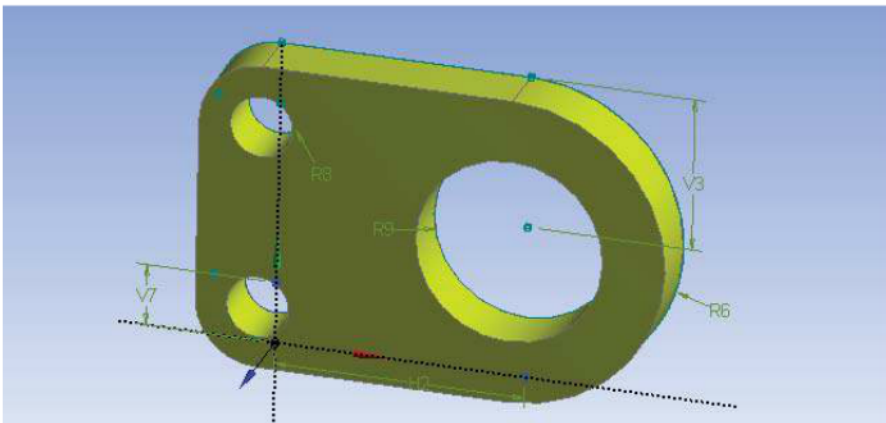
Trong Details View, đặt các giá trị  $V3 = 50$ ,  $V4 = 20$ ,  $V7 = 20$ ,  $R6 = 50$ . Tiếp theo dùng lệnh Line by 2 Tangent và Trim để tạo biên dạng.



Tại tâm của 3 đường tròn cũ, vẽ tiếp 3 vòng tròn mới (bán kính: 30 mm, 10 mm, 10 mm).



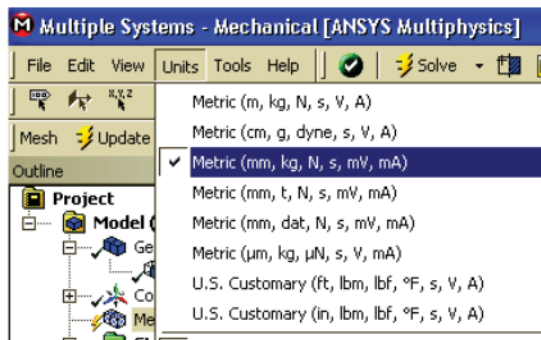
Tiếp theo sử dụng lệnh Extrude để tạo khối 3D. Chọn thẻ Modeling → Extrude và nhập chiều dày 20 mm, thu được khối Solid như sau:



Như vậy ta đã xây dựng xong mô hình cho bài toán và có thể thoát khỏi Design Modeler.

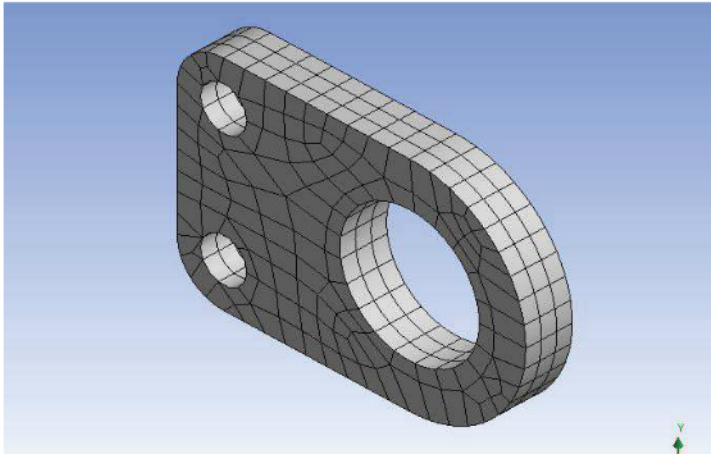
#### Bước 4: Gán vật liệu và chia lưới

Thực hiện trong môi trường Mechanical (Workbench → Static Structural → Model) và đơn vị sử dụng là Metric (mm, kg, N, s, mV, mA).



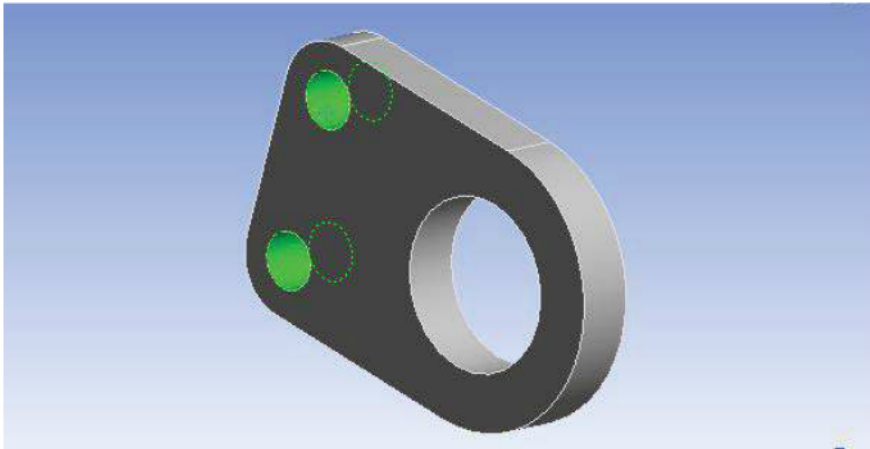
Chia lưới theo mặc định của phần mềm.



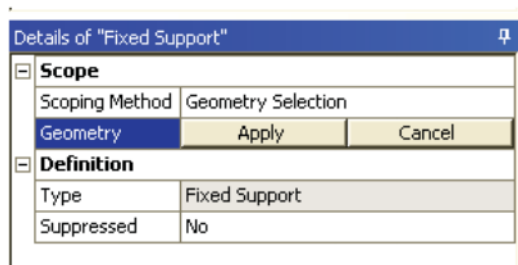


### Bước 5: Đặt các ràng buộc và tải trọng

Đặt ràng buộc cố định (Fixed Support) tại mặt trong của hai lỗ nhỏ (bán kính 20 mm).



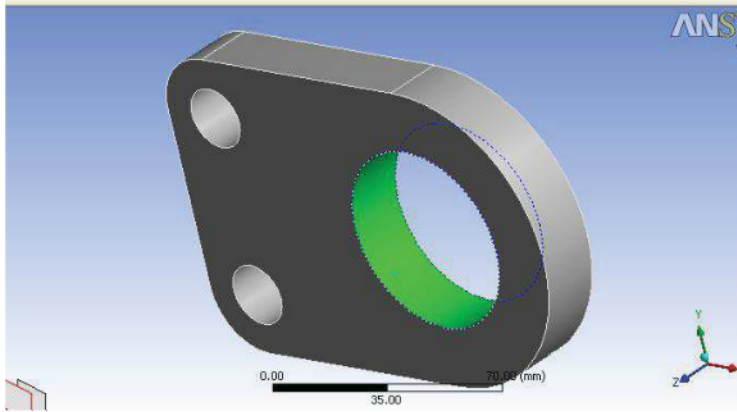
Sau đó chọn Apply trong Details of Fixed Support.



Đặt tải trọng (Remote Force) lên mặt trong của lỗ lớn (bán kính 50 mm) → chọn Apply trong Details of Remote Force.

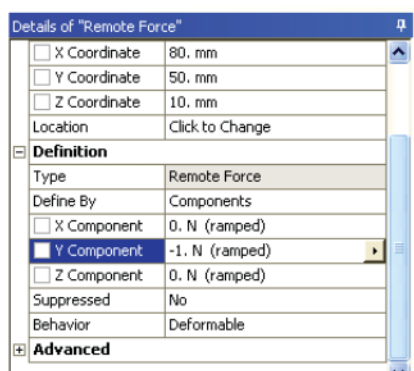




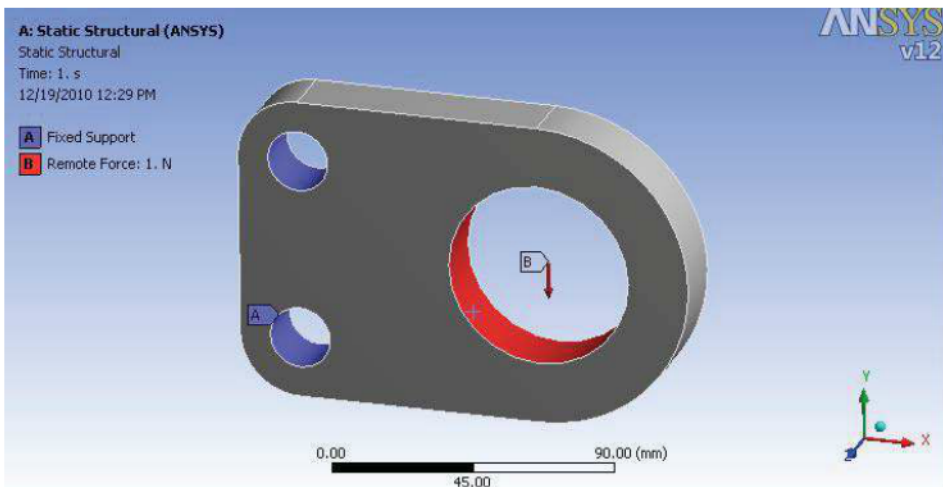


Trong hộp thoại Details of Remote Force, xác định các thông số sau:

- Define By: chọn Component.
- X Component : 0 N
- Y Component : -1 N
- Z Component : 0 N

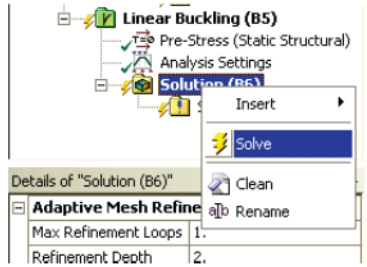


Để kiểm tra lại tải trọng và các ràng buộc, nhấp chuột vào Static Structural.

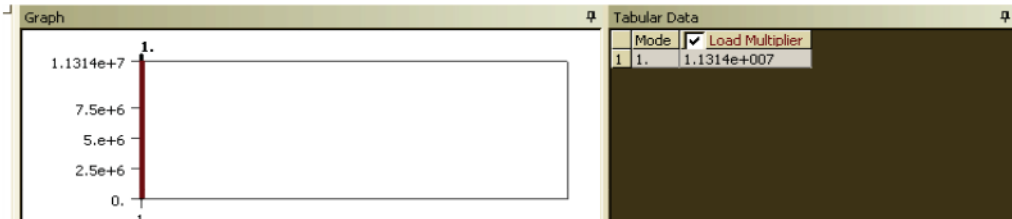


## Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

Chọn Linear Buckling (B5) → nhấp chuột phải lên Solution (B6) → chọn Solve.

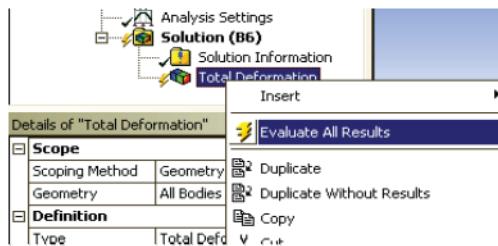


Bảng kết quả Graph và Tabular Data như sau:

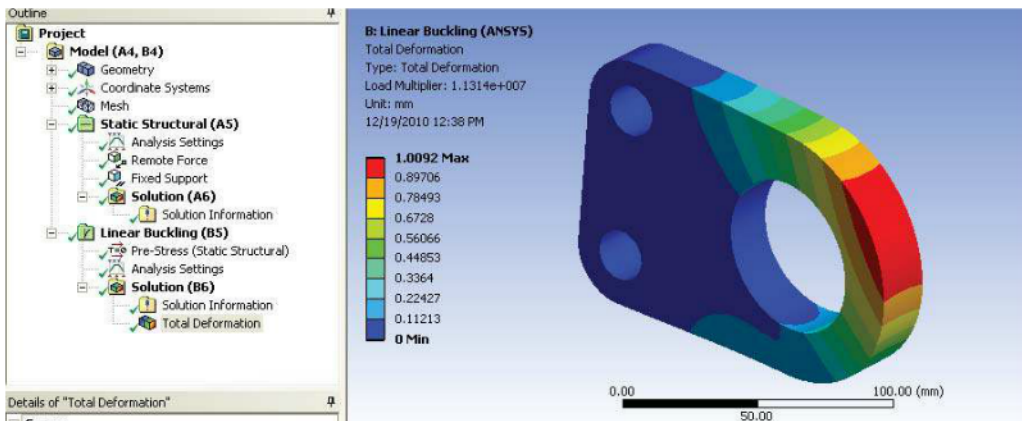


Ta thấy Load Multiplier tìm được là 1.1314e7 N (vì lực tác dụng ta đặt lên chi tiết là 1N nên kết quả Load Multiplier tìm ra đúng bằng lực tối hạn).

Tiếp theo xem kết quả biến dạng của bài toán tại thời điểm tối hạn.



Kết quả Total Deformation (biến dạng tổng) được thể hiện như sau:

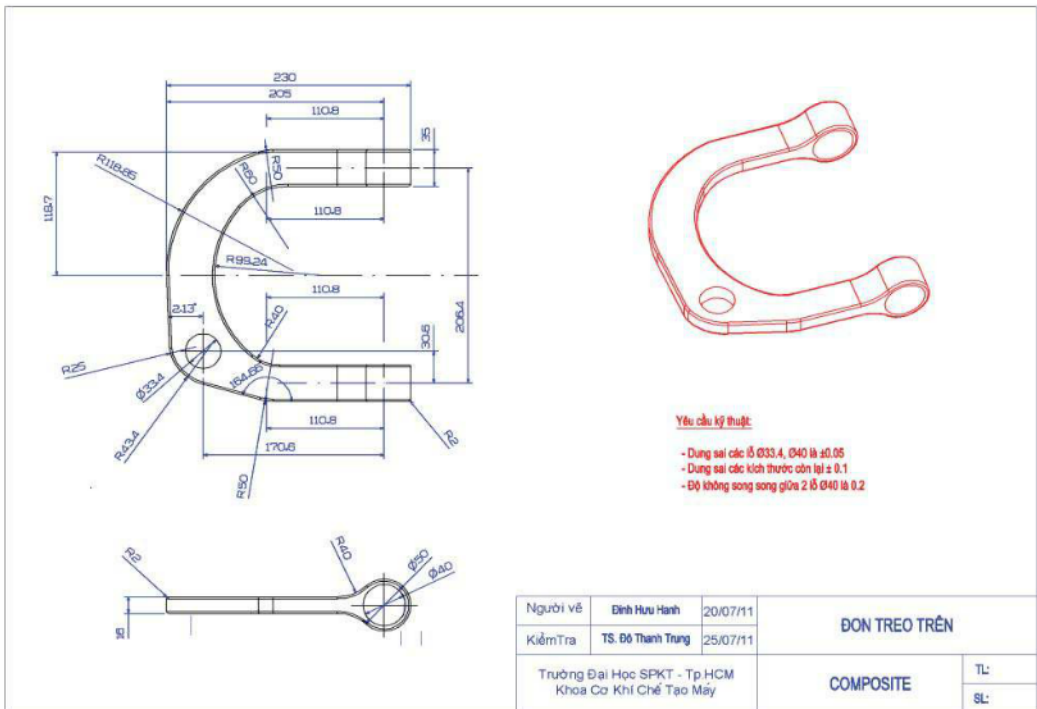


Giá trị chuyển vị lớn nhất là 1.0092 mm.

## Chương 12

### PHÂN TÍCH CHI TIẾT ĐÒN TREO TRÊN

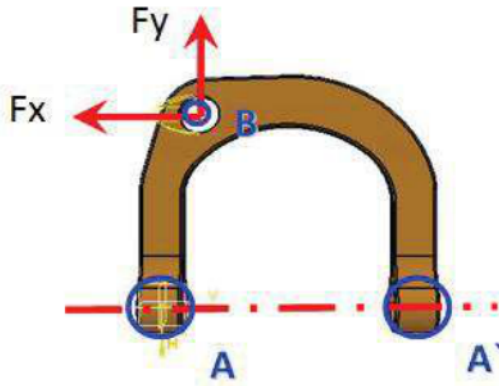
Cho chi tiết đòn treo trên (hình 12.1), được chế tạo bằng vật liệu Composite với các thông số mô đun đàn hồi, hệ số Poisson được cho trong bảng 12.1. Điều kiện biên là: cố định (Fixed Support) tại A và A', lực tác dụng (Bearing Load) tại B với  $F_x = 19.600 \text{ N}$  và  $F_y = 9.800 \text{ N}$  (hình 12.2). Phân tích ứng suất và biến dạng của chi tiết đòn treo trên với các điều kiện cho ở trên.



**Hình 12.1**

**Bảng 12.1.** Thông số vật liệu Composite

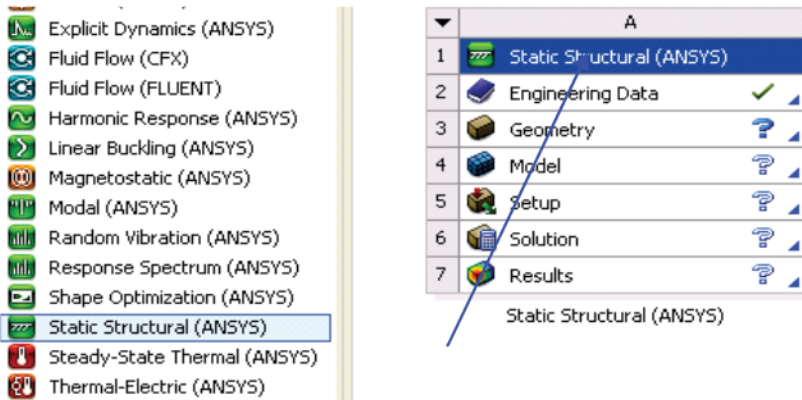
Tên	Mô đun đàn hồi (GPa)	Hệ số Poisson	Ứng suất chảy (MPa)	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )
Nylon66+G/F50%	15	0.32	230	1.58



Hình 12.2

### Bước 1: Khởi động ANSYS Workbench

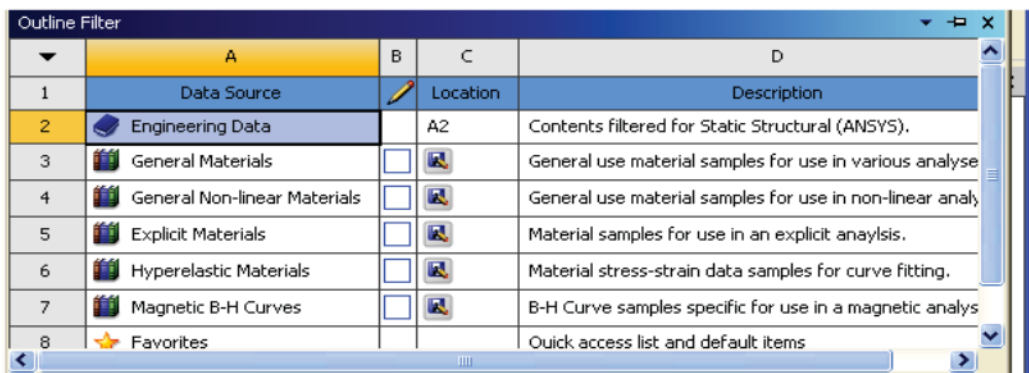
Chọn mô đun phân tích là phân tích tĩnh - Static Structural.



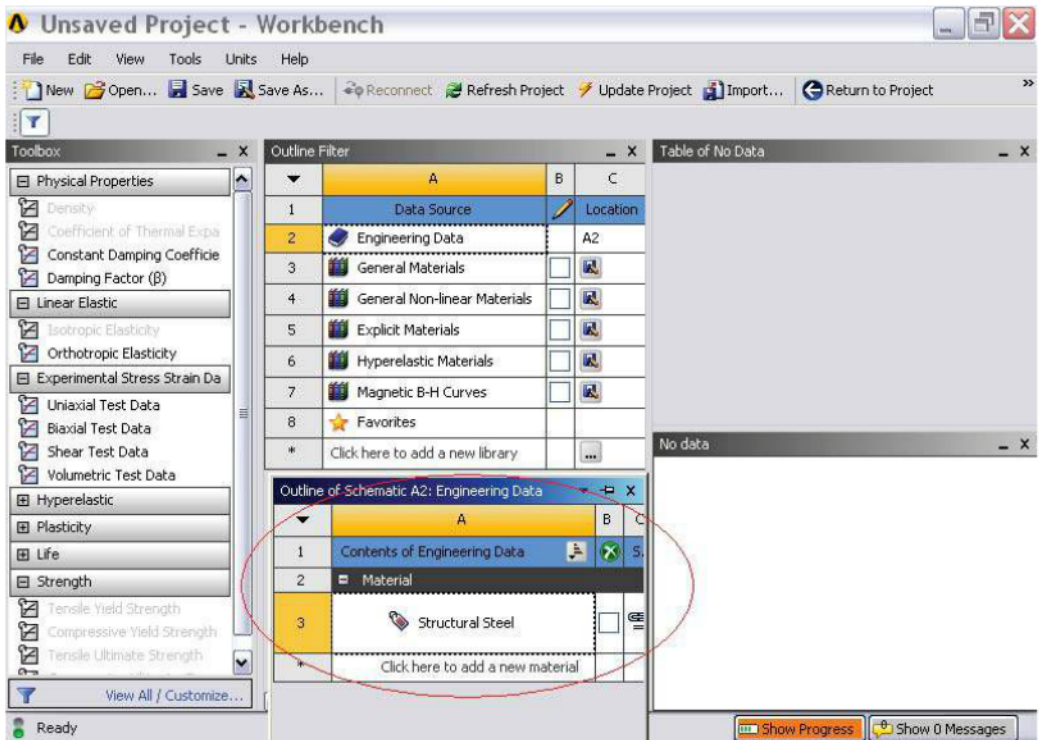
### Bước 2: Thiết lập vật liệu cho bài toán

Vật liệu của bài toán không có trong thư viện của phần mềm nên ta phải tạo thêm vật liệu mới với các thông số cho trong bảng 12.1. Cách thực hiện như sau:

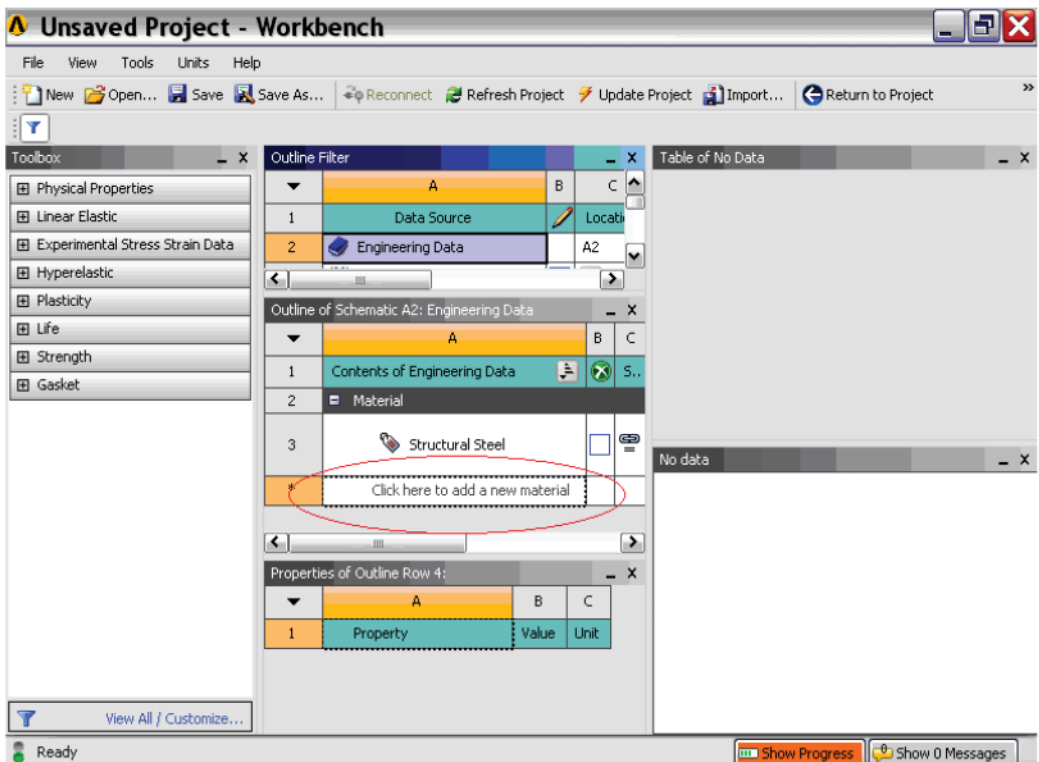
Nhấp đúp chuột vào ô Engineering Data → xuất hiện hộp thoại Outline Filter → chọn Engineering Data (A2).



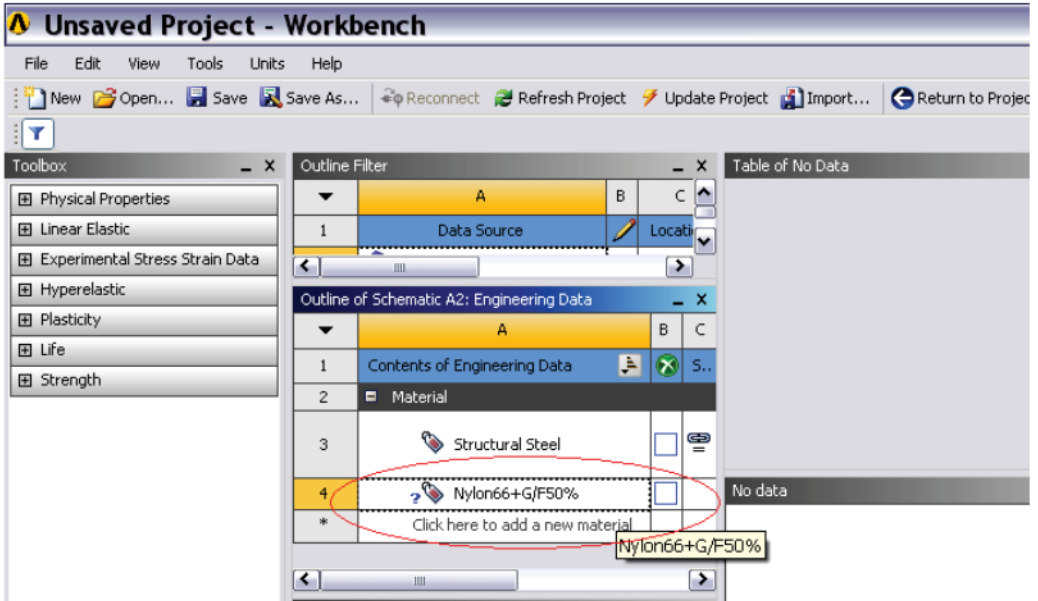
Sau đó chọn View trên thanh công cụ → Outline → xuất hiện hộp thoại Outline.



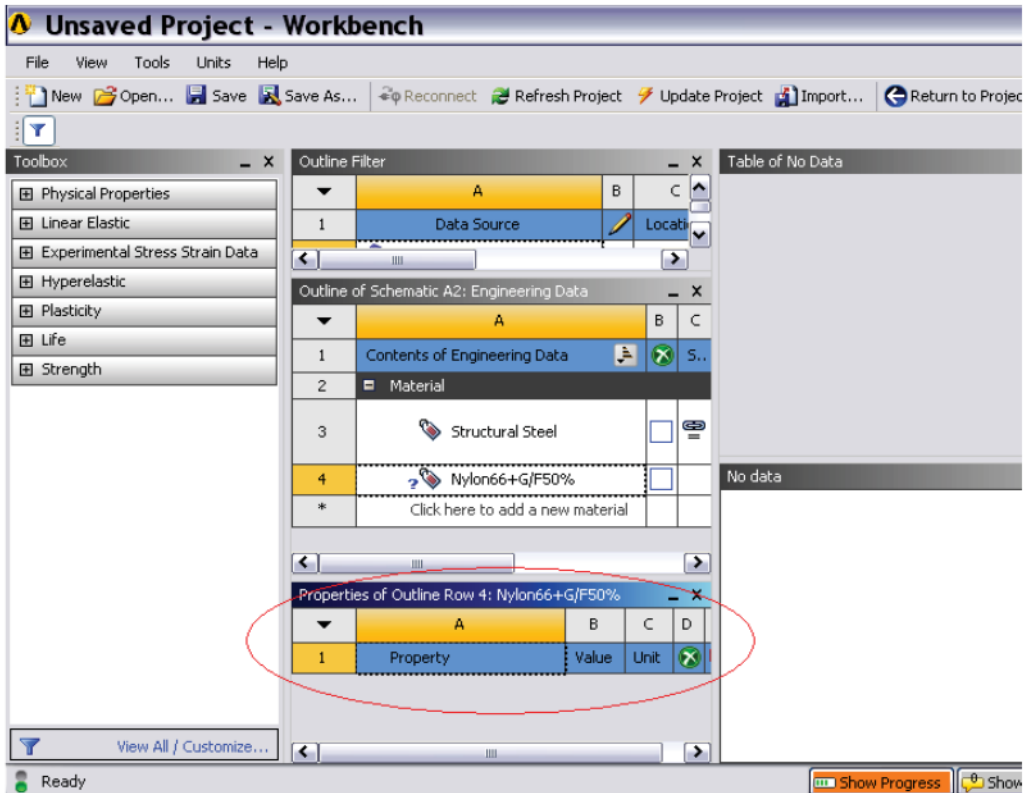
Nhấp chuột vào ô “Click here to add a new material”.



Và đặt tên vật liệu cần tạo là Nylon66+G/F50%.

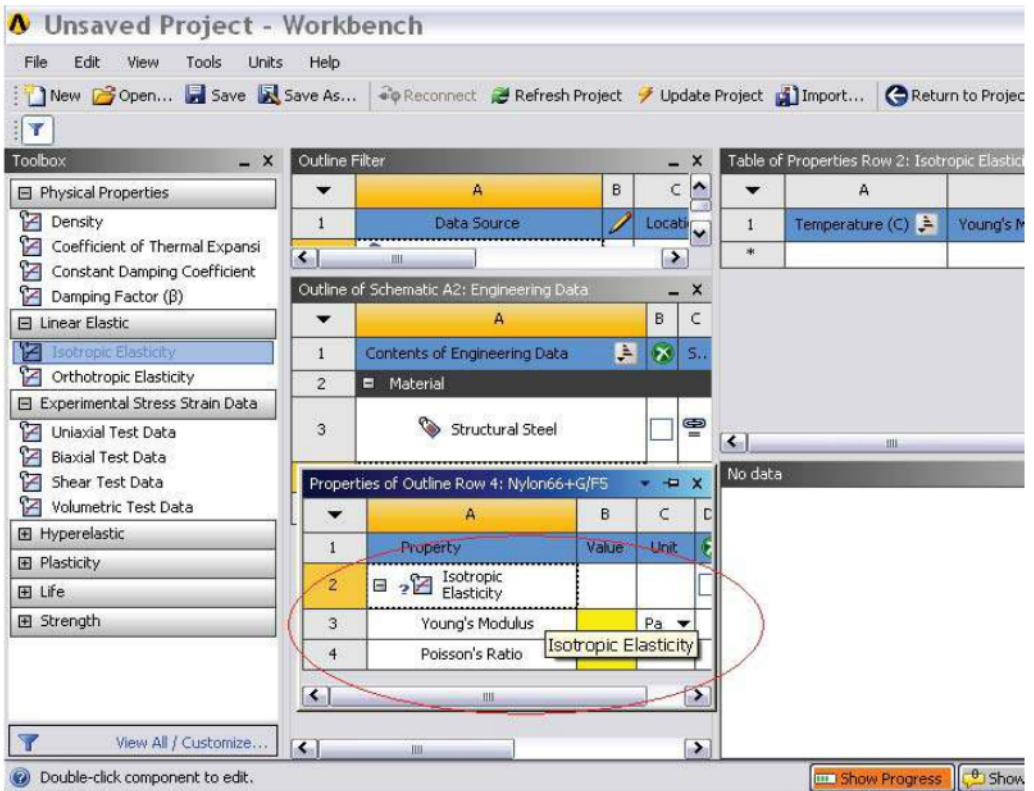


Nhấp chuột vào vật liệu vừa tạo và chọn Properties để hiệu chỉnh các thông số của vật liệu này tại hộp thoại sau đây:

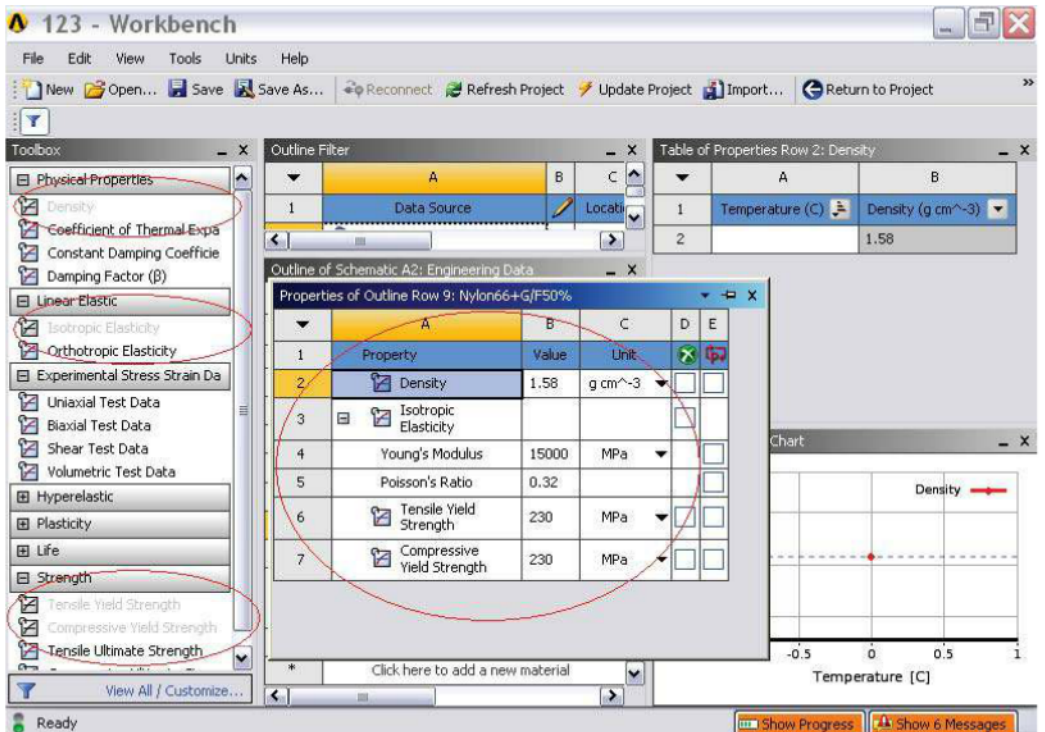


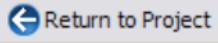
Tiếp theo xóa Tab Linear Elastic và kéo thả “Isotropic Elasticity” vào hộp thoại “Property of Outline Row 4”.





Thực hiện tương tự như trên, kéo thả các yếu tố khác của vật liệu vào hộp thoại “Property of Outline Row 4” và điền các thông số còn lại của vật liệu.



Sau khi thiết lập xong các thông số, ta quay lại môi trường Project Schematic bằng cách nhấp chuột vào biểu tượng .

Như vậy ta đã thiết lập xong các thông số cho vật liệu mới trong thư viện vật liệu của phần mềm phù hợp với yêu cầu của bài toán.

### Bước 3: Xây dựng mô hình hình học cho bài toán

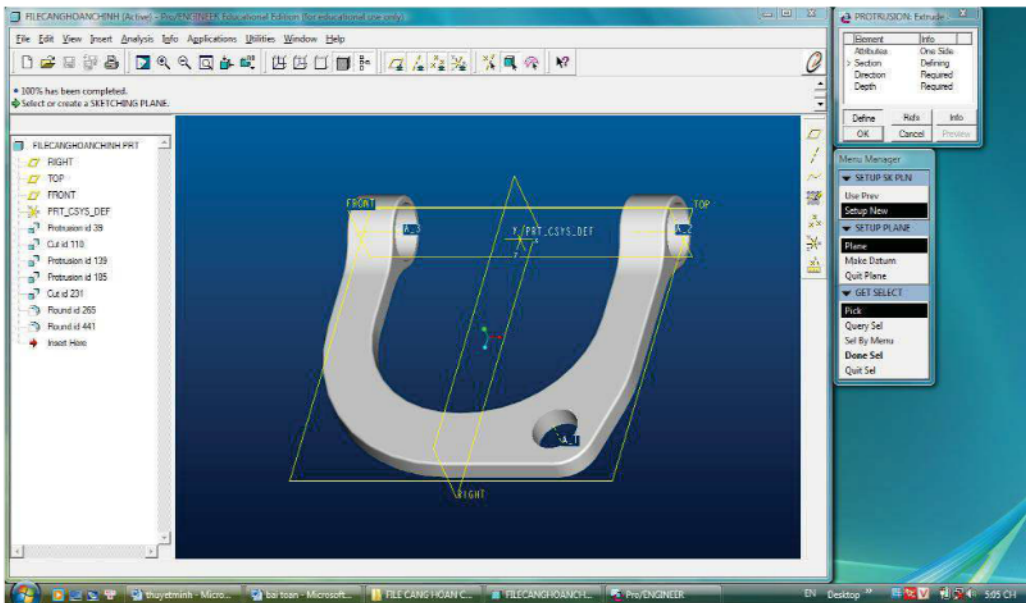
+ Chọn phần tử phân tích: *Line Bodies*

Trước khi xây dựng mô hình cho bài toán ta phải xác định phần tử mà phần mềm sẽ căn cứ để giải quyết bài toán bằng cách: nhấp chuột phải vào Geometry → chọn Properties.

No data		
	A	B
1	Property	Value
6	Basic Geometry Options	
7	Solid Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Surface Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Line Bodies	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Parameters	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Parameter Key	DS
12	Attributes	<input type="checkbox"/>

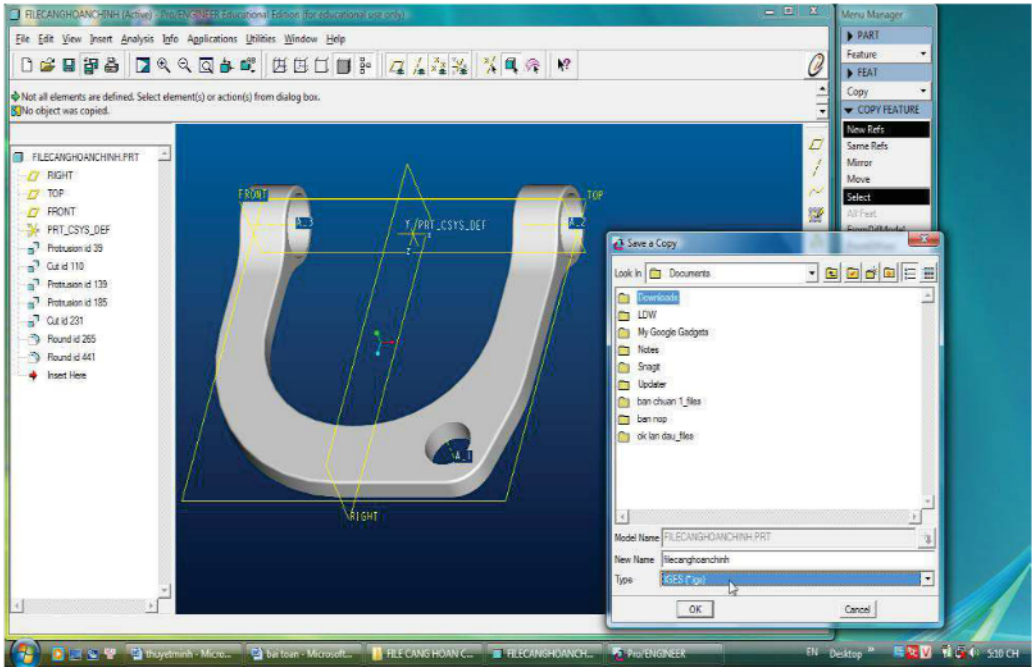
Sau khi hộp thoại trên xuất hiện, vào Basic Geometry Options → chọn phần tử Line Bodies bằng cách đánh dấu vào ô vuông bên phải và đóng hộp thoại này.

+ Tạo mô hình khối (Solid) trên phần mềm ProE 2001

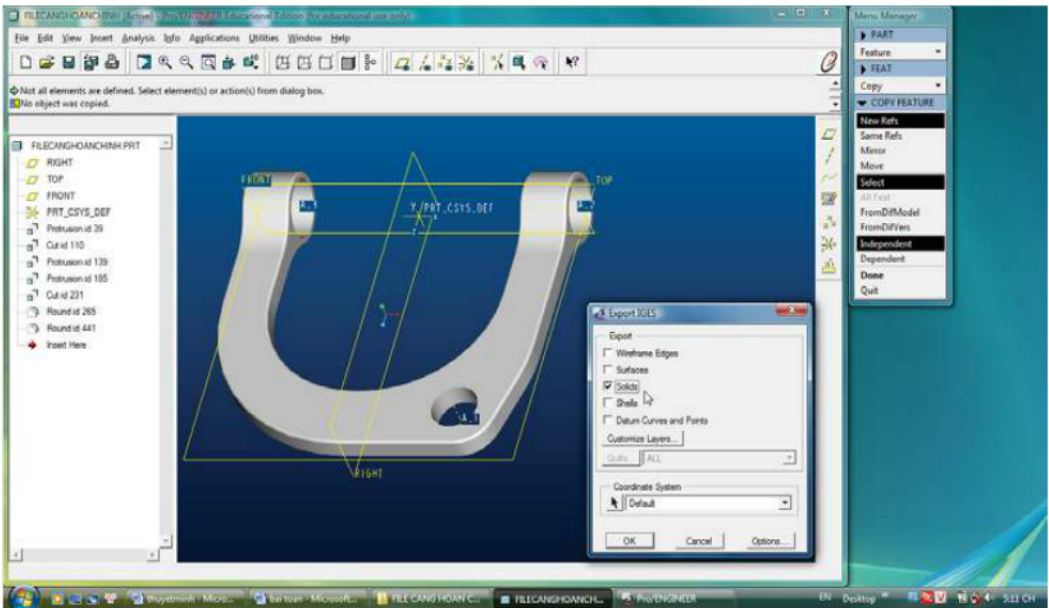




Tiến hành xuất file sang ANSYS dưới dạng \*.igs.



Chọn dạng xuất file là Solid.

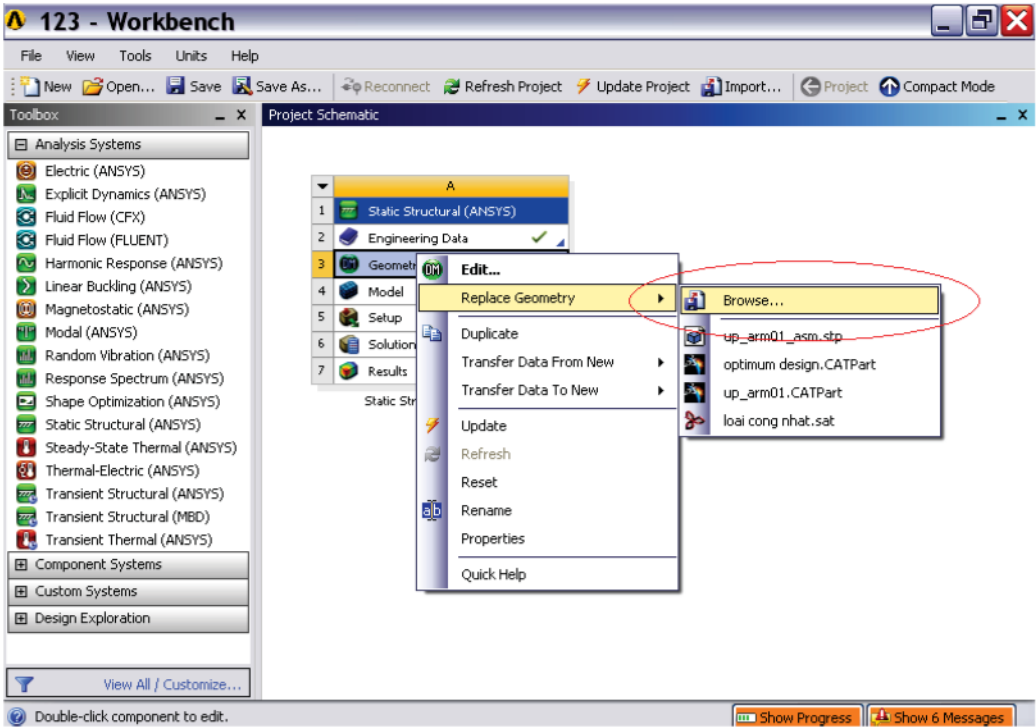


Chi tiết phân tích ở dạng khối (Solid Bodies) giống như mặc định về phần tử bài toán của phần mềm nên ta không phải chọn lại phần tử (Bodies) cho bài toán.

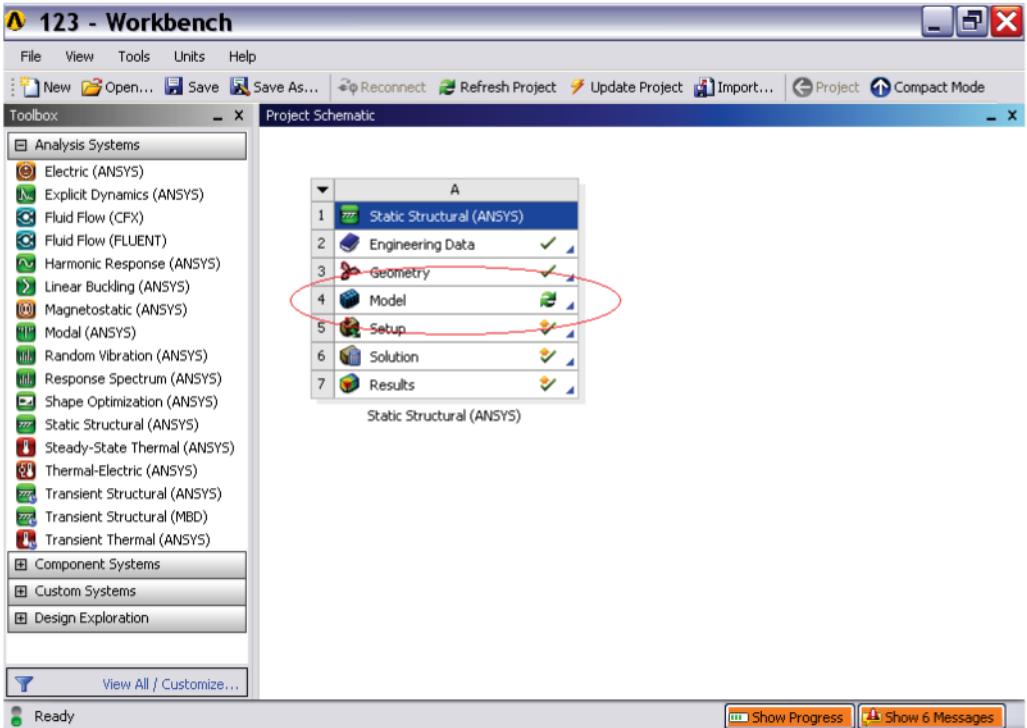
Ngoài ra, ta cũng có thể tạo mô hình khối trên chính phần mềm ANSYS hoặc các phần mềm khác: AutoCAD, CATIA,... Sau đó xuất ra file ở dạng \*.x\_t, \*.sat.

## + Nhập mô hình hình học vào phần mềm ANSYS

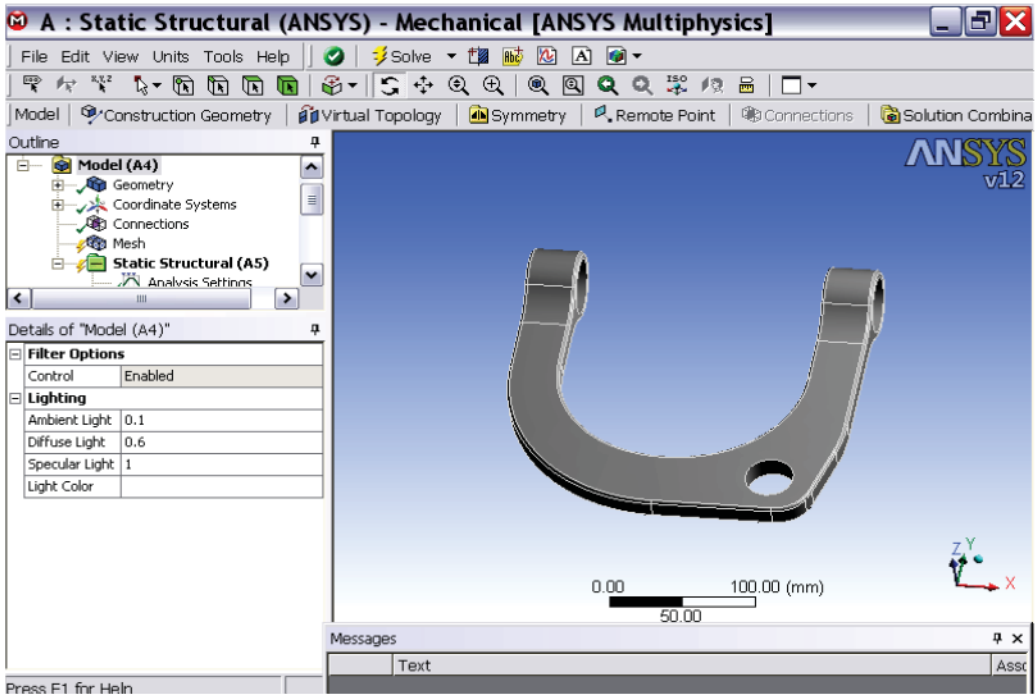
Vào Workbench → nhấp chuột phải lên Geometry → chọn Browse → tìm đến file đã được tạo ra ở trên.



Sau đó nhấp đúp chuột vào Model.



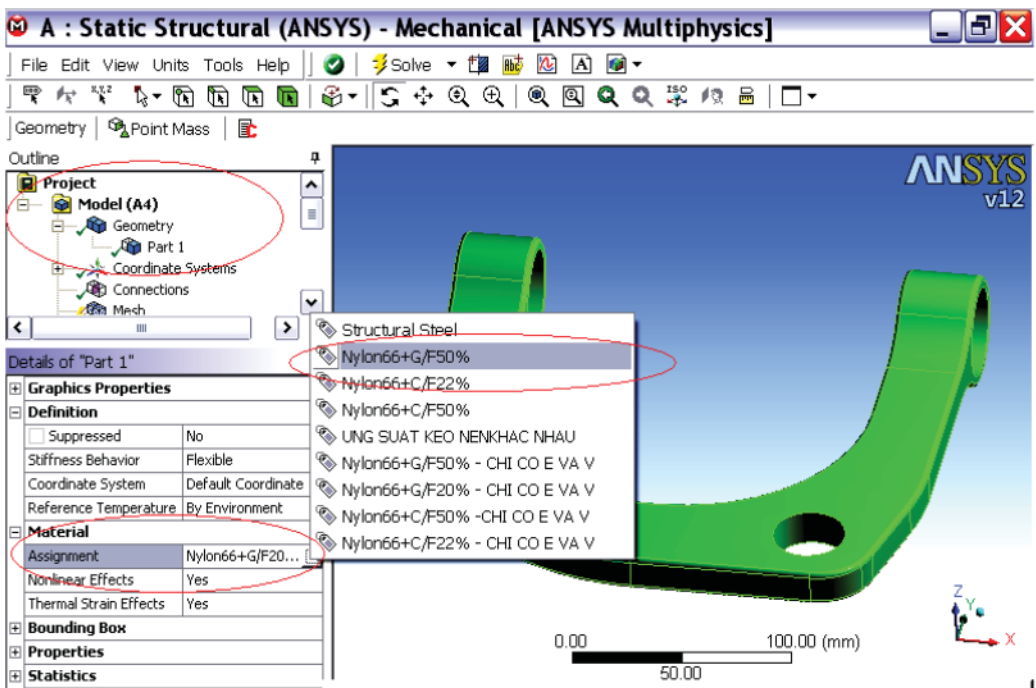
Kết quả thu được như sau:



#### Bước 4: Gán vật liệu và chia lưới

Trong Project → chọn Model → Geometry → Part1: chọn Part 1.

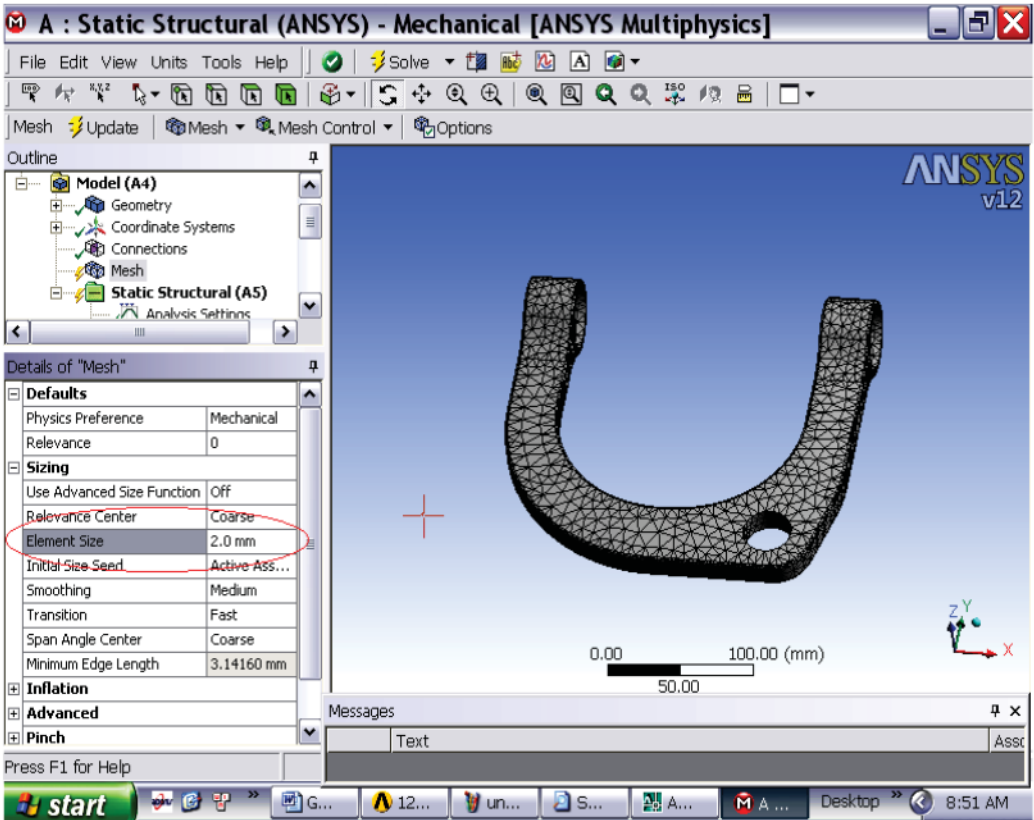
Trong Details of Part 1 → Material → chọn vật liệu Nylon66+G/F50%.



Vào môi trường Mechanical, trong môi trường này ta thấy hộp thoại Outline có chứa các bước tiếp theo phải thực hiện để phân tích bài toán. Các bước này được trình bày ở dạng cây thư mục.


Chọn Unit → thiết lập đơn vị Metric (mm, kg, N, s, mV, mA).

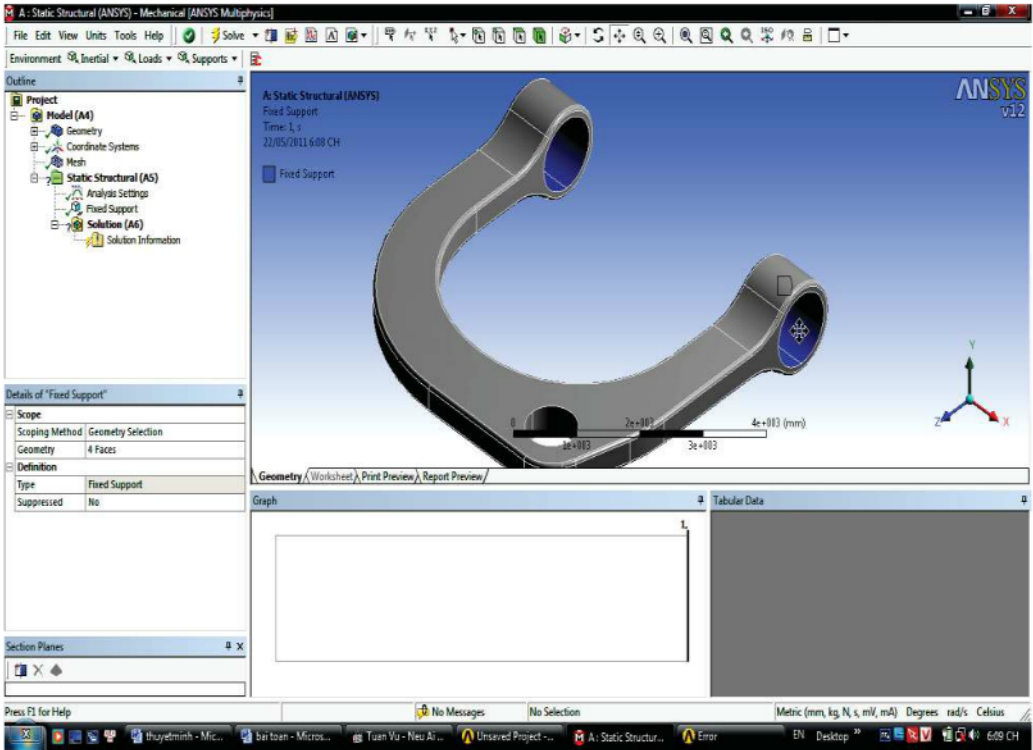
Tiến hành chia lưới phần tử bằng cách: nhấp chuột phải vào Mesh → chọn Generate Mesh. Ta cũng có thể vào Details of Mesh để xem hoặc điều chỉnh lại các thông số chia lưới.



## Bước 5: Đặt các ràng buộc và tải lên chi tiết

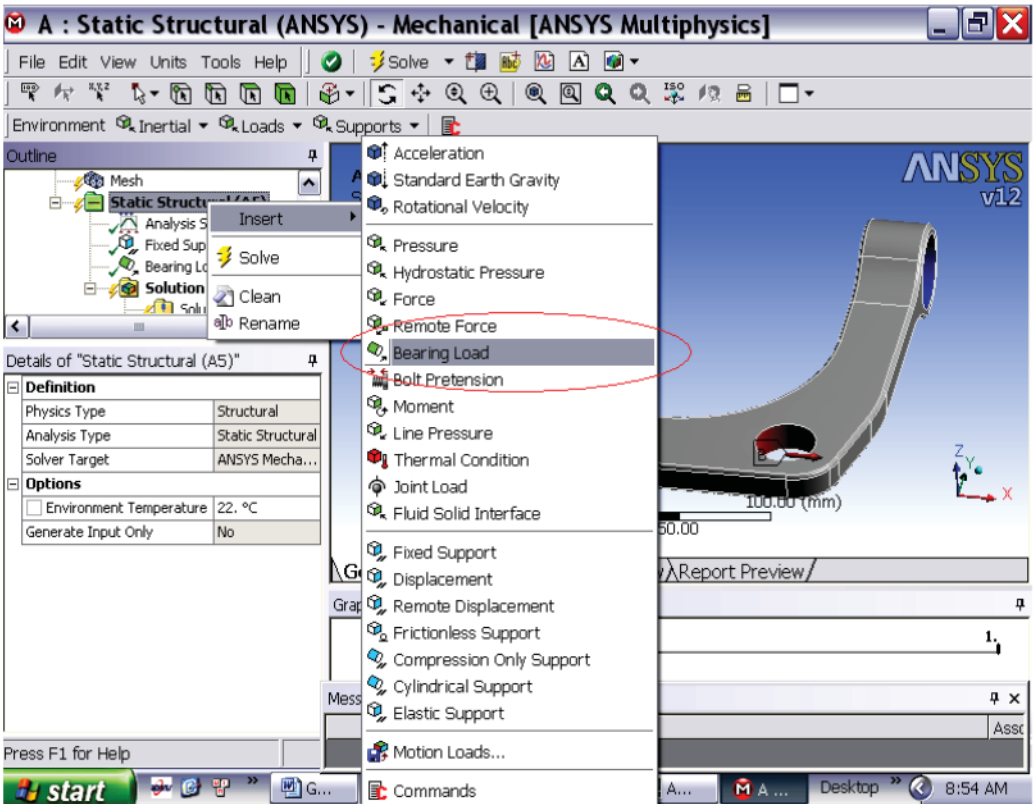
+ *Đặt ràng buộc*

Nhấp chuột phải vào Static Structural → chọn Insert → Fixed Support → chọn mặt trong lỗ cần giữ cố định tại A và A' (sử dụng biểu tượng  để chọn mặt) → chọn Apply trong Details of Fixed Support.



+ Đặt tải trọng

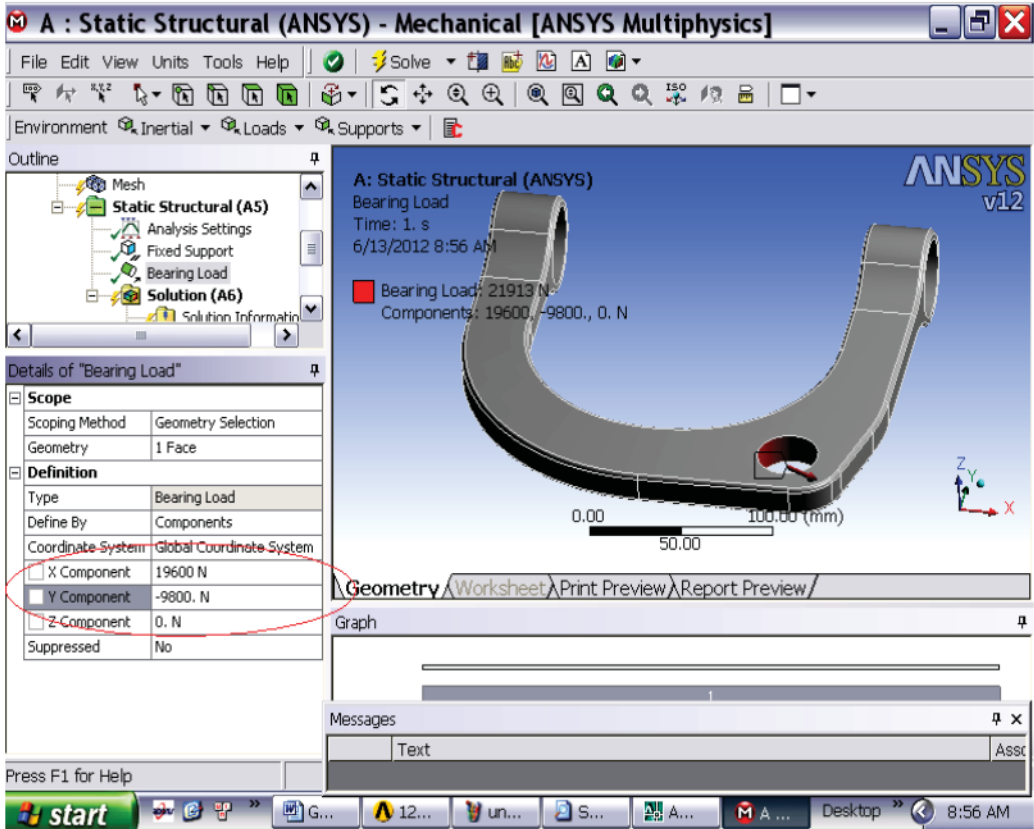
Nhấp chuột phải lên Static Structural → chọn Insert → Bearing Load.



Trong Details of Bearing:

- Scope\Geometry: chọn mặt trụ trong (vị trí B) → chọn Apply.
- Definition\Define By: Components.
- X component: 19600 N
- Y component = -9800 N

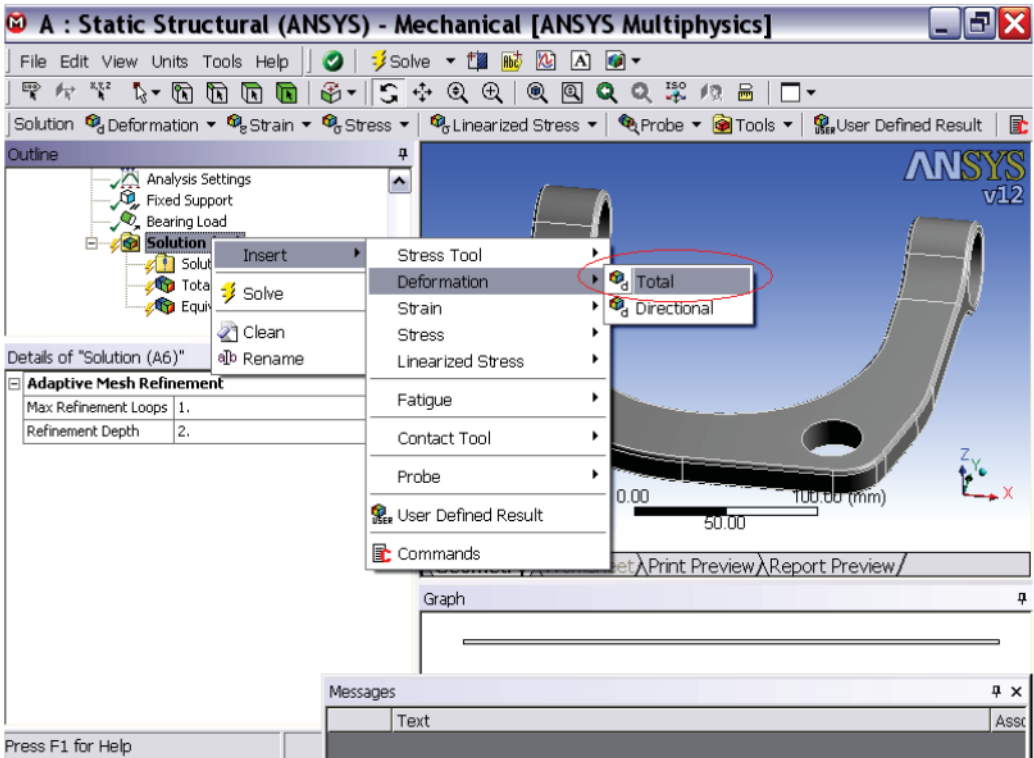
Nhấp chuột vào dòng Static Structural để xem kết quả bước đặt ràng buộc và tải trọng:



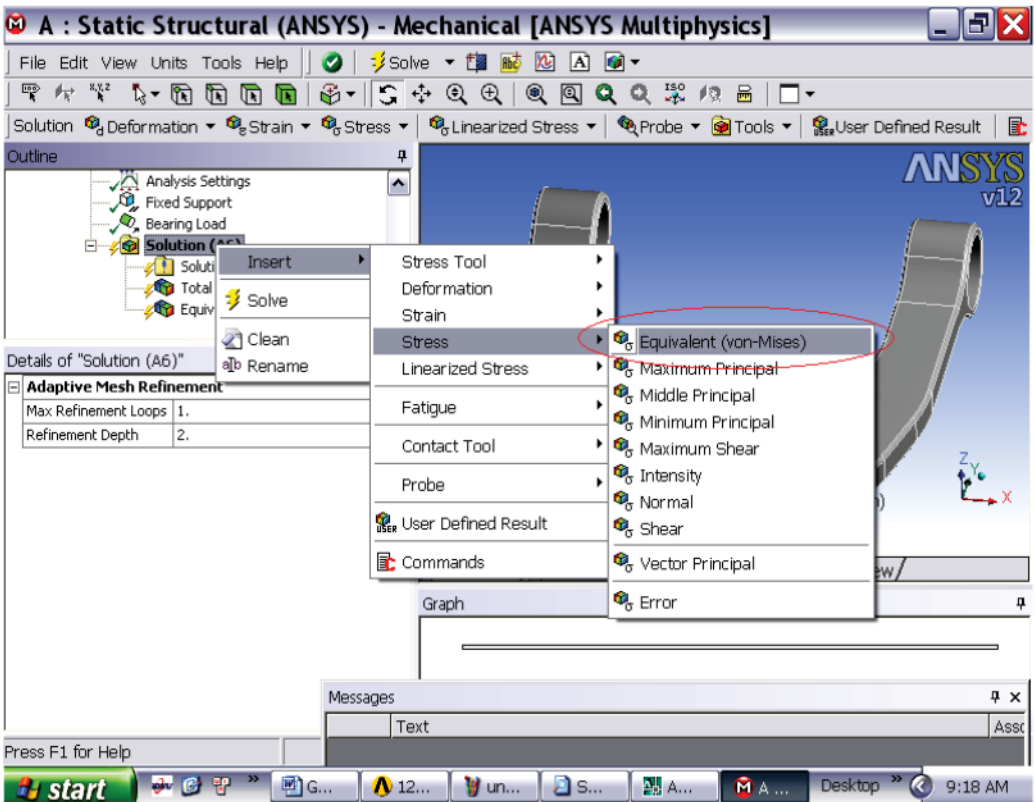
Như vậy ta đã tiến hành thiết lập xong các điều kiện biên cho bài toán. Tiếp theo là xử lý và xem kết quả tính toán của phần mềm.

### Bước 6: Xử lý và xem kết quả bài toán

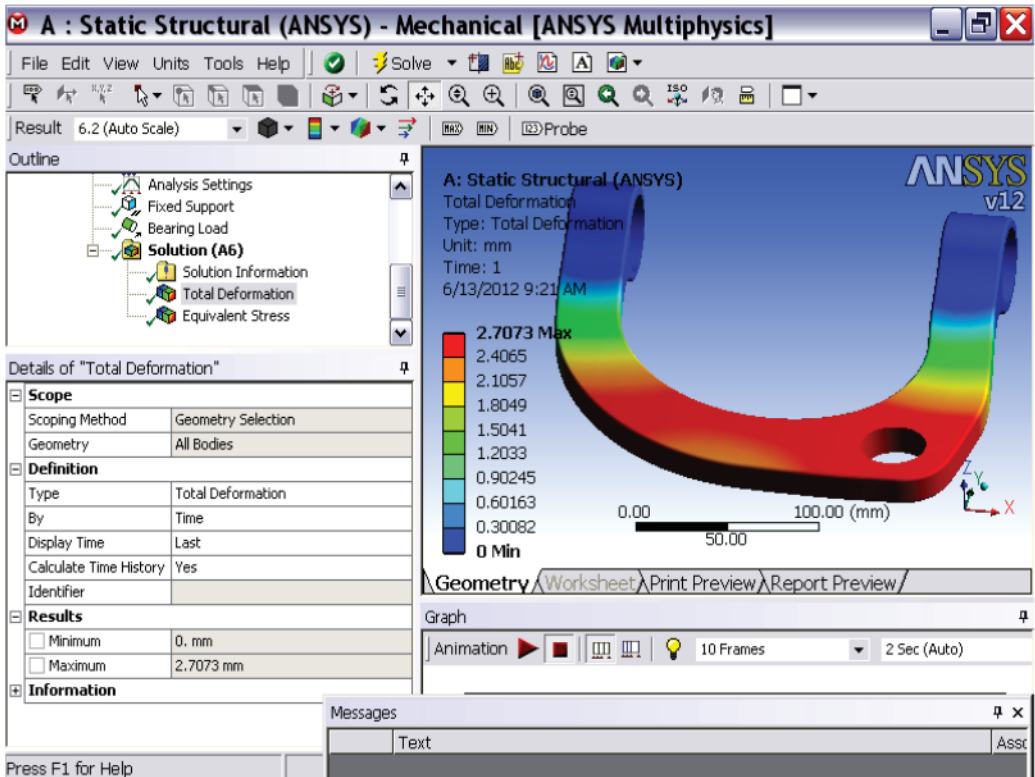
Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Deformation → Total để xem kết quả biến dạng tổng.



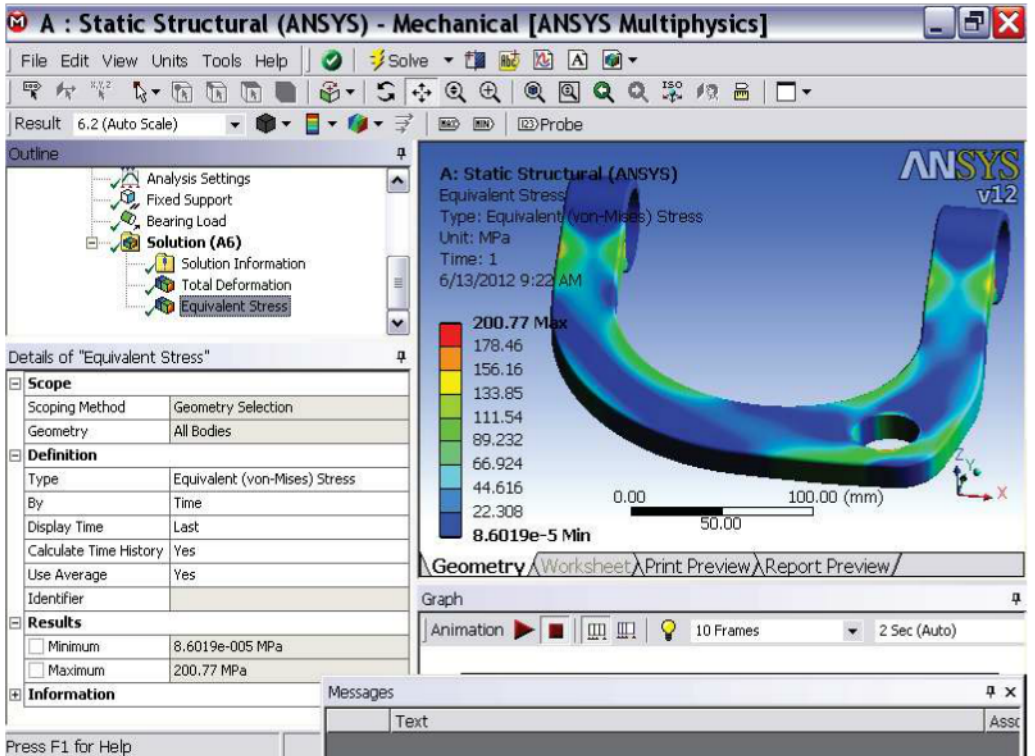
Nhấp chuột phải vào dòng Solution (A6) → chọn Insert → Stress → Equivalent (von-Mises) để xem ứng suất.



Sau đó chọn lệnh **Solve** để phần mềm xử lý với kết quả như sau:



Kết quả tính chuyển vị lớn nhất: 2.7073 mm.





Kết quả ứng suất lớn nhất: 200.77 MPa.

**\* Thảo luận kết quả mô phỏng**

+ *Chuyển vị:*

Với điều kiện biên đã xác định như trên thì kết quả mô phỏng rõ ràng đã cho chúng ta thấy được rằng:

- Chuyển vị lớn nhất ở gần vị trí lực tác dụng (vị trí B).
- Chuyển vị giảm dần từ vị trí lực tác dụng đến vị trí cố định (chuyển vị bằng 0).

+ *Ứng suất:*

Ứng suất tập trung lớn nhất ở gần 2 cổ của đòn treo, các chỗ cong và thành mỏng gần lỗ.

+ *Kết luận:*

Với kết quả mô phỏng bằng phần mềm ANSYS, ta xác định được các kết quả về biến dạng và ứng suất, kiểm tra được kết cấu của các chi tiết thiết kế trước khi tiến hành gia công và sản xuất thực tế. Từ đó, giảm được đáng kể chi phí và thời gian chế tạo thử.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Văn Phái, Trương Tích Thiện, Nguyễn Tường Long và Nguyễn Đình Giang, Giải bài toán cơ kỹ thuật bằng chương trình ANSYS, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [2] Đinh Bá Trụ và Hoàng Văn Lợi, Hướng dẫn sử dụng ANSYS, Học viện Kỹ thuật Quân sự - Bộ môn Gia công áp lực khoa Cơ khí, 2003.
- [3] Chu Quốc Thắng, Phương Pháp Phần Tử Hữu Hạn, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [4] Vũ Quốc Anh và Phạm Thanh Hoan, Tính kết cấu bằng phần mềm ANSYS version 10.0, Nhà xuất bản Xây dựng, 2006.
- [5] Fereydoon Dadkhah and Jack Zecher P. E, ANSYS Workbench Software Tutorial, Delphi Electronics & Safety - Indiana University - Purdue University Indianapolis.
- [6] T. A. Stolarski, Y. Nakasone and S. Yoshimoto, Engineering Analysis with Ansys Software, Tokyo University of Science - Brunel University.
- [7] <http://www.ansys.com>
- [8] <http://courses.cit.cornell.edu/ansys/>
- [9] <http://www.scribd.com/search?query=ansys>
- [10] <http://vi.wikipedia.org>



**Giáo trình**  
**ANSYS – PHÂN TÍCH ỨNG SUẤT**  
**VÀ BIẾN DẠNG**

**TS. Đỗ Thành Trung**

---

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH**

Khu phố 6, Phường Linh Trung, Quận Thủ Đức, TPHCM

Số 3 Công trường Quốc tế, Quận 3, TP. HCM

ĐT: 38 239 172 - 38 239 170

Fax: 38 239 172

E-mail: vnuhp@vnuhcm.edu.vn

\*\*\*

*Chịu trách nhiệm xuất bản*

**TS HUỖNH BÁ LÂN**

*Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền*

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HCM**

*Biên tập*

**NGUYỄN ĐỨC MAI LÂM**

*Sửa bản in*

**THUYỀN DƯƠNG**

*Thiết kế bìa*

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HCM**

**GT.01.KT(V) 126-2013/CXB/177-07/ĐHQGTPHCM**

**ĐHQG.HCM-13**

**KT.GT.417 – 13 (T)**

---

In 300 cuốn khổ 16 x 24cm, tại Công ty TNHH In và Bao bì Hưng Phú. Số đăng ký kế hoạch xuất bản: 126-2013/CXB/177-07/ĐHQGTPHCM. Quyết định xuất bản số: 126/QĐ-ĐHQGTPHCM cấp ngày 21/6/2013 của Nhà xuất bản ĐHQGTPHCM. In xong và nộp lưu chiểu Quý II, 2013.





ISBN: 978-604-73-1702-8



9 786047 317028

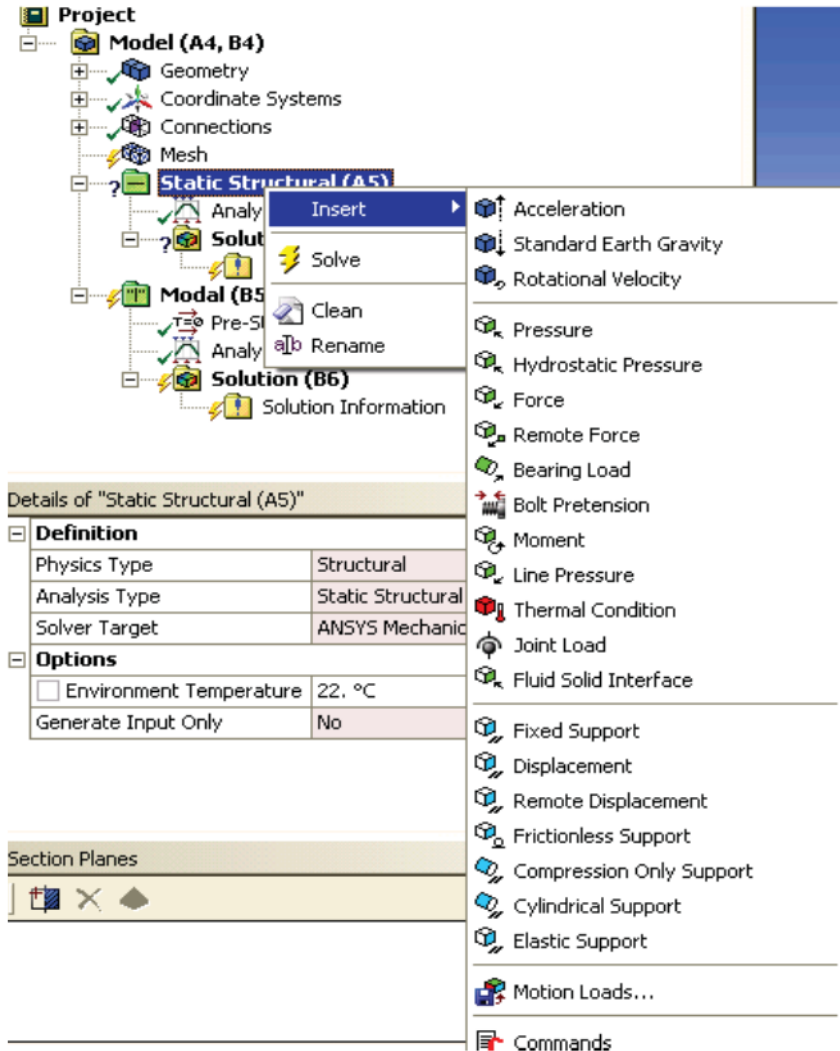




tùy chọn về tải trọng, về lực tác dụng và về các ràng buộc như trong bài toán phân tích tĩnh.

Nhấp chuột phải lên dòng Static Structural, chọn Insert và sau đó đặt lên chi tiết những ràng buộc, lực, tải trọng...sao cho chính xác với yêu cầu của bài toán đặt ra.

Ta có thể thấy rõ các lựa chọn sau:



### ❖ Bước 6. Solution (A6)

Sau khi đặt các ràng buộc đầy đủ ta tiến hành bước phân tích Solution ở Static Structural.

Nhấp chuột phải lên dòng Solution (A6) → chọn Solve. Chờ trong ít phút và phần mềm sẽ tự động đưa toàn bộ kết quả phân tích này sang bước B5 (Modal) để đưa ra kết quả phân tích ở dạng bài toán dao động riêng và tìm tần số riêng.

