

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

TS. VŨ QUỐC ANH (*chủ biên*)

THS. PHẠM THANH HOAN

TÍNH KẾT CẤU

BẰNG PHẦN MỀM

ANSYS

VERSION 10.0

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

HÀ NỘI - 2006

<http://vietnam12h.com>

LỜI NÓI ĐẦU

Nhằm ứng dụng tin học vào nghiên cứu khoa học trong tính toán kết cấu công trình, chúng tôi biên soạn cuốn "Tinh kết cấu bằng phần mềm ANSYS VERSION 10.0" làm tài liệu phục vụ tính toán thiết kế, giảng dạy và học tập về Phần tử hữu hạn. Phần mềm ANSYS đã được dùng để nghiên cứu và giảng dạy tại rất nhiều các trường đại học khắp nơi trên thế giới. Sách có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho kỹ sư các ngành xây dựng, giao thông vận tải, thủy lợi, cơ khí, động cơ, ... trong thiết kế và nghiên cứu khoa học.

ANSYS có thể giải các bài toán phân tích tĩnh, động học các kết cấu, phân tích đàn hồi đến phân tích đàn hồi dẻo, đàn hồi nhớt, phi tuyến hình học, phi tuyến vật liệu, phân tích ổn định cho các kết cấu hệ thanh, hệ bản, hệ vỏ theo các mô hình khác nhau.

Trong quá trình biên soạn, chúng tôi đã nhận được sự trợ giúp quý báu của nhiều bạn đồng nghiệp. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn TS. Lê Anh Tuấn và KS. Nguyễn Quang Huy đã đọc toàn bộ bản thảo và có nhiều đề nghị cải tiến bổ ích.

Tuy đã có rất nhiều cố gắng trong quá trình biên soạn, song không tránh khỏi những thiếu sót, vì vậy chúng tôi rất mong nhận được những góp ý của các bạn đọc để lần xuất bản sau cuốn sách được tốt hơn. Các ý kiến đóng góp xin gửi về Phòng biên tập sách Khoa học kỹ thuật - Nhà xuất bản Xây dựng - 37 Lê Đại Hành - Hà Nội.

Các tác giả

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG ANSYS

Chương 1

GIỚI THIỆU VỀ PHẦN MỀM ANSYS

Phần mềm ANSYS do Công ty Phần mềm ANSYS (Hoa Kỳ) phát triển là một gói phần mềm dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn để mô phỏng ứng xử của một hệ vật lý khi chịu tác động của các loại tải trọng khác nhau.

Phần mềm ANSYS được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật: kết cấu, dòng chảy, nhiệt, điện, điện từ, âm học, sinh học .v.v. ANSYS gồm nhiều môđun khác nhau như: ANSYS/Multiphysics, ANSYS/Mechanical, ANSYS Structural, ANSYS Professional, ANSYS DesignSpace, ANSYS CFX, ANSYS Emag, ANSYS AUTODYN, ANSYS LS-DYNA, ANSYS ICEM CFD, ANSYS AI* Environment, ANSYS TurboGrid, ANSYS DesignModeler, ANSYS BladeModeler, ANSYS DesignXplorer, ANSYS DesignXplorer VT, ANSYS Fatigue, ANSYS ParaMesh, ANSYS ED...

Ở đây ta chỉ nghiên cứu đến vấn đề phân tích kết cấu. Phân tích kết cấu được sử dụng 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 lực học và một số phân tích kết cấu khác như phân tích phổ, phân tích dao động riêng, mất ổn định, kết cấu con...

ANSYS là một phần mềm mạnh. Tuy nhiên, để giải các bài toán mà số phần tử lớn thì đòi hỏi cấu hình máy cao. Với ANSYS v10.0 thì cấu hình máy tính nên sử dụng là bộ xử lý Pentium hay Itanium với ít nhất 512 MB RAM (1GB với bộ xử lý Itanium), 950 MB trống trong ổ cứng, ổ CDROM, 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).

Để phân tích một bài toán kết cấu chúng ta phải trải qua 5 bước:

- 1- Mô tả hình học kết cấu;
- 2- Xây dựng mô hình phần tử hữu hạn;
- 3- Đặt tải, các điều kiện biên;
- 4- Phân tích kết cấu;
- 5- Xử lý kết quả.

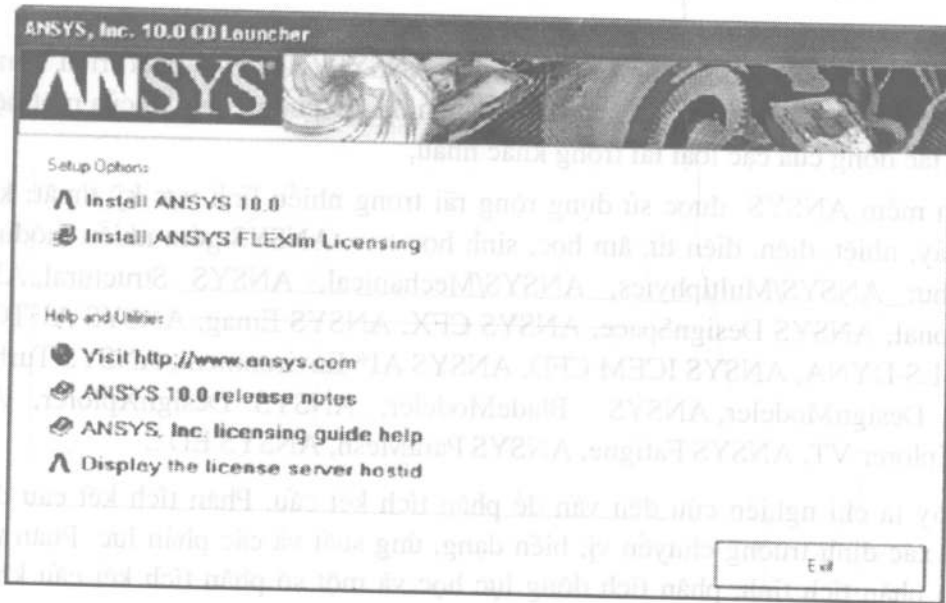
Việc thao tác trong ANSYS có thể qua cửa sổ dòng lệnh hay qua các menu. Trong cuốn sách này trình bày thao tác qua các menu để tương tác với ANSYS.

1.1. Cách cài đặt ANSYS

Ở đây, chúng tôi hướng dẫn cách cài đặt ANSYS v10.0, cách cài đặt ANSYS các version khác cũng tương tự như vậy. Để sử dụng được ANSYS thực hiện hai bước, đó là cài đặt ANSYS và cài đặt giấy phép sử dụng (licence server).

1.1.1. Cài đặt ANSYS

Đưa đĩa cài ANSYS vào ổ CD, nếu ổ đĩa CD của bạn có chế độ tự chạy tự động quá trình cài đặt sẽ tự kích hoạt, nếu không trong màn hình của cửa sổ Window bạn dùng chuột nhấp chọn **Start > Run...** và gõ **E:\autoexec** (E là tên ổ CD của bạn).



Thực hiện các bước sau đây:

1. Chọn cài đặt ANSYS 10.0.
2. Hộp hội thoại "ANSYS License Agreement" xuất hiện, nếu bạn chấp nhận điều kiện đó nhấn Yes.
3. Trong hộp hội thoại "Choose Destination Location" chọn thư mục mà bạn muốn chương trình ANSYS 10.0 sẽ được cài (nếu chấp nhận thông số ngầm định, nhấn Next).
4. Lựa chọn các thành phần cần cài đặt, nhấn Next, quá trình cài đặt bắt đầu.
5. Sau khi quá trình cài đặt xong, bắt đầu quá trình cài đặt giấy phép sử dụng (licence server).

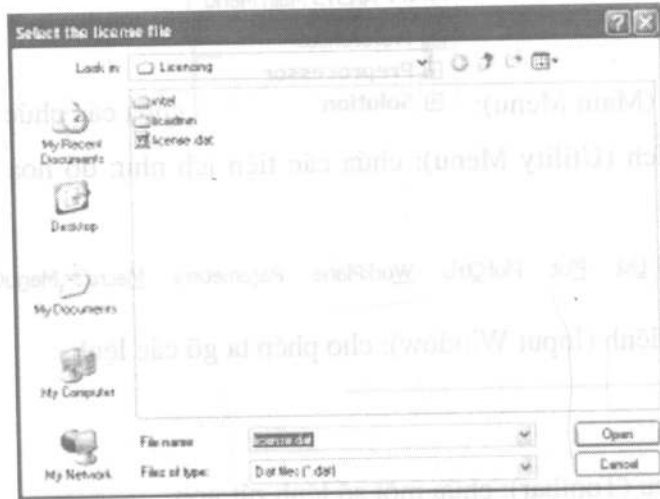
1.1.2. Cài đặt License Manager (giấy phép sử dụng)

Thực hiện các bước sau đây:

1. Chọn ngôn ngữ sử dụng (ngầm định là tiếng Anh).

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

2. Nếu bạn có file ghi các thông số cho phép sử dụng chương trình, chọn tên file và vị trí của nó.

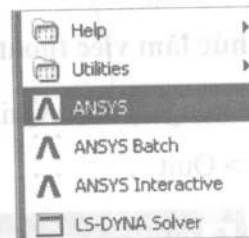


Quá trình cài đặt kết thúc, bạn có thể khởi động được ANSYS ngay mà không cần khởi động lại máy.

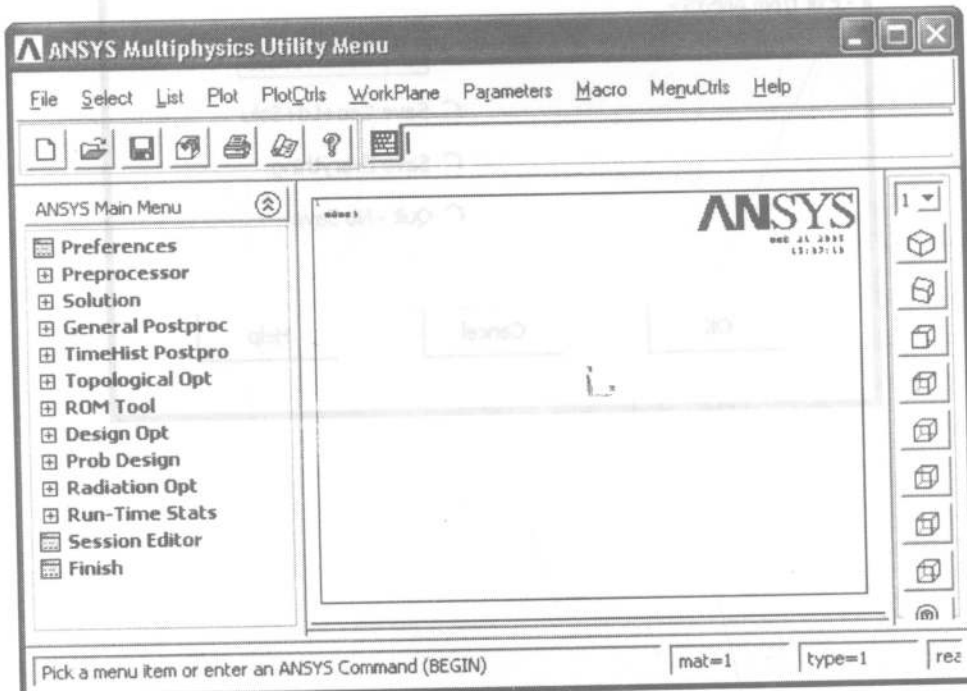
1.2. Khởi động ANSYS

- Chúng ta khởi động ANSYS qua biểu tượng ANSYS, qua thanh task bar của windows.

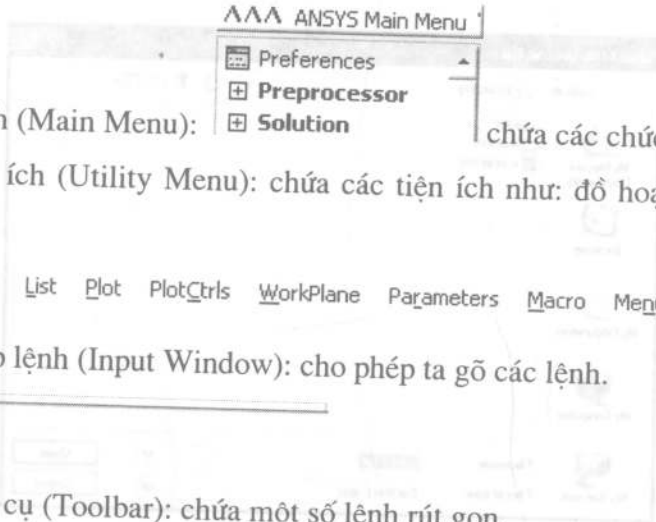
Start > Programs > ANSYS



1.3. Giao diện ANSYS



ANSYS có giao diện như hình trên.



* Menu chính (Main Menu): chứa các chức năng cần thiết.

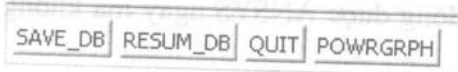
* Menu tiện ích (Utility Menu): chứa các tiện ích như: đồ họa kiểm soát tệp, trợ giúp trực tuyến...



* Cửa sổ nhập lệnh (Input Window): cho phép ta gõ các lệnh.



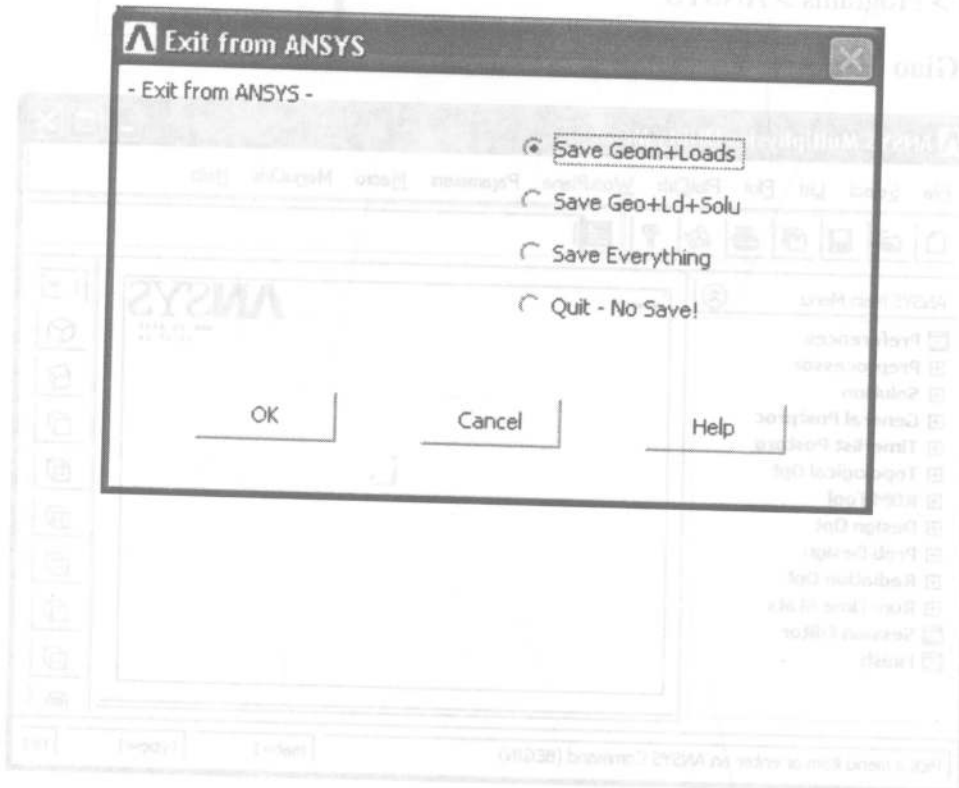
* Thanh công cụ (Toolbar): chứa một số lệnh rút gọn.



1.4. Kết thúc làm việc thoát khỏi ANSYS

Trên thanh công cụ chọn Quit

+ Toolbar > Quit



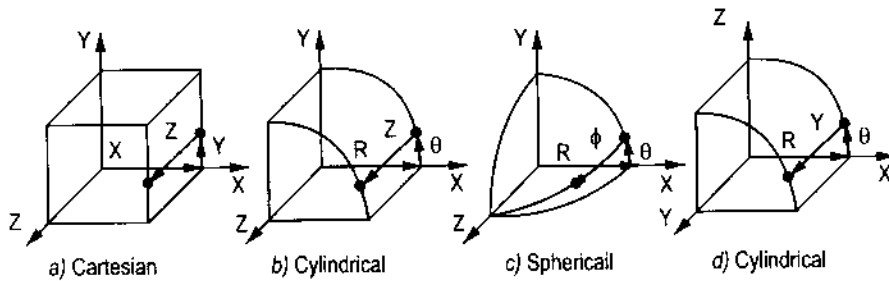
Chương 2

MÔ TẢ HÌNH HỌC KẾT CẤU

2.1. Các hệ tọa độ trong ANSYS

* *Hệ trục tọa độ tổng thể (Global Coordinate) system*

ANSYS có các hệ tọa độ tổng thể sau:



- Hệ tọa độ Đêcac tổng thể.
- Hệ tọa độ trụ tổng thể (Cylindrical Coordinate) theo trục z hay trục y.
- Hệ tọa độ cầu tổng thể (Spherical Coordinate).

Các hệ tọa độ đều tuân theo quy tắc bàn tay phải và có chung một gốc. Chúng được xác định qua số của hệ tọa độ: 0 cho hệ tọa độ Đêcac, 1 cho hệ tọa độ trụ, 2 cho hệ tọa độ cầu.

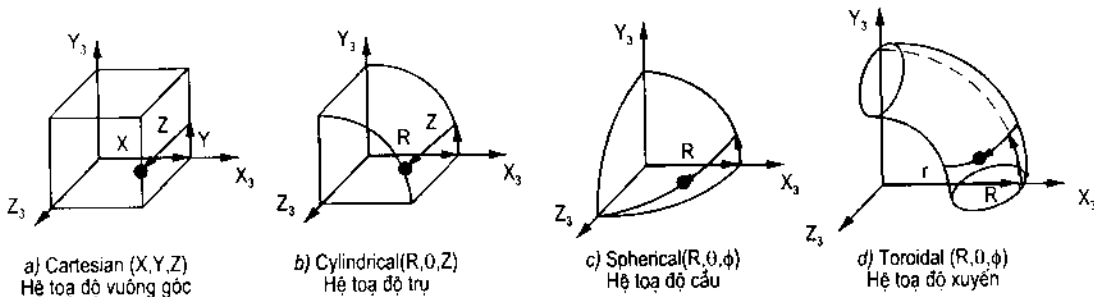
* *Hệ trục tọa độ địa phương (Local coordinate system)*

- Là hệ tọa độ người dùng định nghĩa tại vị trí mong muốn.
- Có thể là hệ tọa độ Đêcac, trụ hoặc cầu.

Để định nghĩa hệ trục tọa độ địa phương

+ Utility Utility Menu > WorkPlane > Local Coordinate Systems > Create Local CS > ...

Hệ tọa độ định nghĩa mới này có thể là một trong 4 hệ tọa độ toán học sau:



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

* Mặt phẳng làm việc (Working plane)

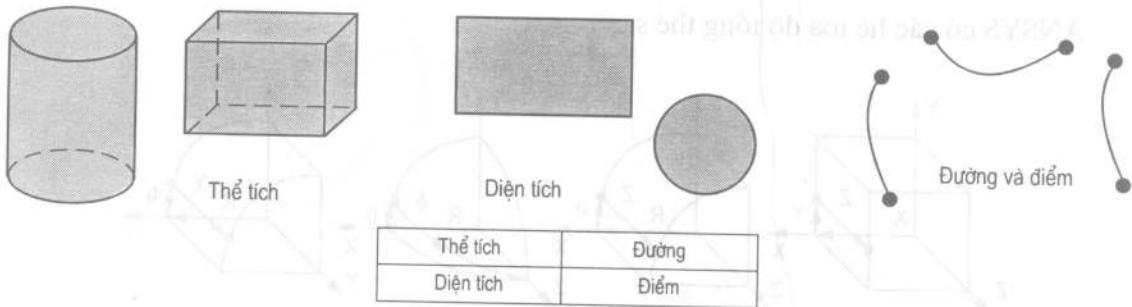
- Là mặt phẳng mà chúng ta hiện đang làm việc,
- Tất cả các lệnh mô tả hình học bị ảnh hưởng của mặt phẳng này.

Để định nghĩa mặt phẳng làm việc:

+ Utility Menu > WorkPlane > Align WP with > ...

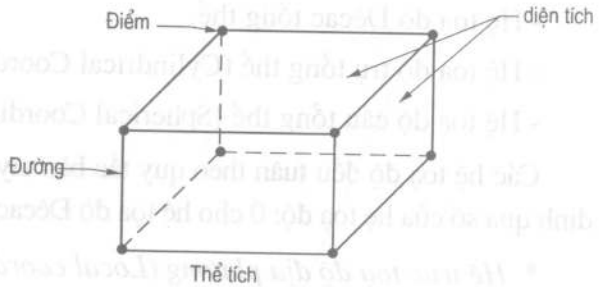
2.2. Các đối tượng hình học của Ansys

- ANSYS có các đối tượng sau: điểm (point), đường (line), diện tích (area), thể tích (solid).



- Mọi mô hình hình học được xác định bởi các thể tích, diện tích, các đường và điểm.

- Các thể tích được giới hạn bởi các diện tích, các diện tích được giới hạn bởi các đường, các đường được giới hạn bởi các điểm.

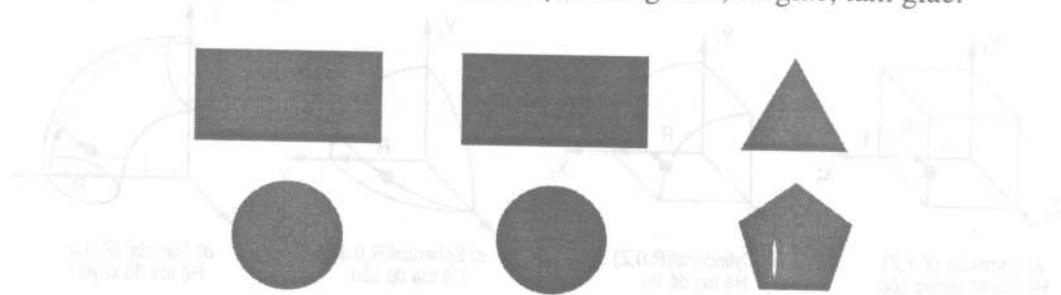


- Thứ bậc các thực thể từ thấp lên cao: điểm -> đường -> diện tích -> thể tích. Chúng ta không thể xóa một thực thể nếu như một thực thể bậc cao hơn đang được gắn với nó.

- Các khối thể tích và mặt được xây dựng từ các hình học cơ bản.

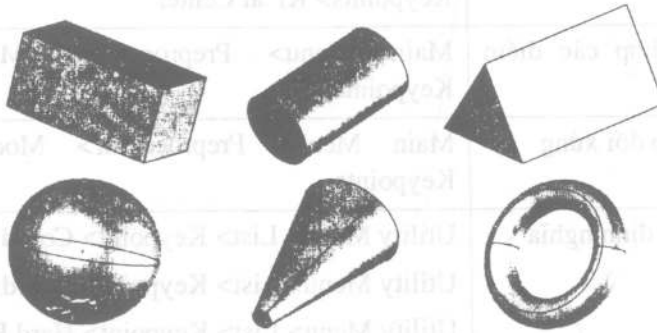
- ANSYS có các dạng hình học cơ bản sau (primitives):

+ Các primitives 2D gồm các hình chữ nhật, đường tròn, đa giác, tam giác.



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

+ Các primitives 3D bao gồm các khối hộp trụ, lăng trụ, cầu nón và xuyên.

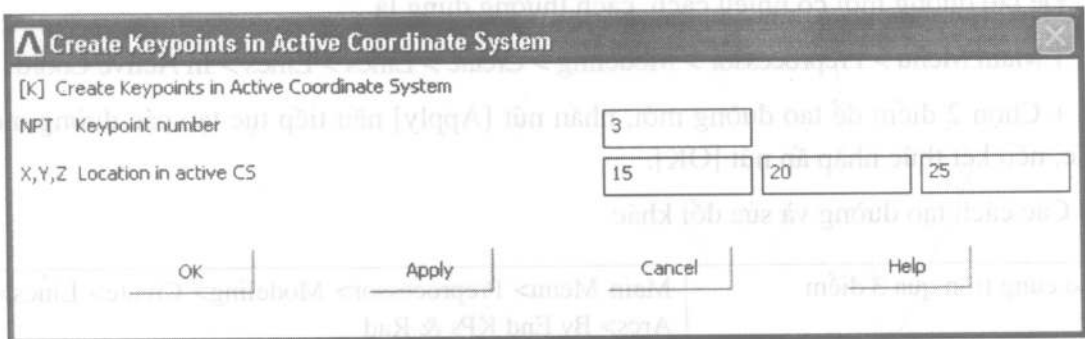


Từ các hình khối cơ bản này qua các lệnh hình học khác tạo ra mô hình hình học cuối cùng mà chúng ta cần.

2.3. Cách tạo các điểm (keypoints)

Để tạo điểm mới có nhiều cách, cách thường dùng là

+ Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS



+ Gõ tên điểm, tọa độ của điểm (X, Y, Z, nhấn nút [Apply] nếu tiếp tục nhập các điểm mới khác, nếu kết thúc nhập ấn nút [OK]. Ví dụ: tên điểm là 3, điểm này có tọa độ (x, y, z) là (15, 20, 25).

Các cách tạo điểm và sửa đổi khác

Tạo các điểm thuộc một đường cho trước	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> On Line Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> On Line w/Ratio
Tạo điểm giữa 2 điểm cho trước	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> KP between KPs
Điền các điểm giữa 2 điểm cho trước	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> Fill between KPs

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Tạo điểm tại tâm của đường tròn hay cung tròn	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Keypoints> KP at Center
Tạo điểm từ tập hợp các điểm cho trước	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Copy> Keypoints
Tạo điểm bằng phép đối xứng	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Reflect> Keypoints
Liệt kê các điểm đã định nghĩa	Utility Menu> List> Keypoint> Coordinates +Attributes Utility Menu> List> Keypoint> Coordinates only Utility Menu> List> Keypoint> Hard Points
Hiển thị các điểm chọn	Utility Menu> Plot> Keypoints> Keypoints Utility Menu> Plot> Specified Entities> Keypoints
Xoá điểm	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Delete> Keypoints

2.4. Cách tạo các đường (Lines)

Để tạo đường mới có nhiều cách, cách thường dùng là

+ Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Lines > In Active Coord

+ Chọn 2 điểm để tạo đường mới, nhấn nút [Apply] nếu tiếp tục tạo các đường mới khác, nếu kết thúc nhập ấn nút [OK].

Các cách tạo đường và sửa đổi khác

Tạo cung tròn qua 3 điểm	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Arcs> By End KPs & Rad Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Arcs> Through 3 KPs
Nối tròn các điểm thành đường cong	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Splines> Spline thru KPs Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Splines> Spline thru Locs Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Splines> With Options> Spline thru KPs Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Splines> With Options> Spline thru Locs Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Splines> Segmented Spline Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Splines> With Options> Segmented Spline

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Tạo đường tròn	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Arcs> By Cent & Radius Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Arcs> Full Circle
Tạo đường thẳng tạo 1 góc với đường cho trước	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Lines> At Angle to Line Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Lines> Normal to Line Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Lines> Angle to 2 Lines Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Lines> Lines> Norm to 2 Lines
Tạo đường từ đường có trước	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Copy> Lines Main Menu> Preprocessor> Modeling> Move/Modify> Lines
Tạo đường bằng phép đối xứng	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Reflect> Lines
Chia đường có trước thành những đường nhỏ	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Line into 2 Ln's Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Line into N Ln's Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Lines w/ Options
Nối đường	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Add> Lines
Kéo dài đường	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Extend Line
Liệt kê đường	Utility Menu> List> Lines Utility Menu> List> Picked Entities> Lines
Hiển thị đường	Utility Menu> Plot> Lines Utility Menu> Plot> Specified Entities> Lines
Xoá đường	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Delete> Line and Below Main Menu> Preprocessor> Modeling> Delete> Lines Only

2.5. Cách tạo các diện tích (Areas)

Để tạo diện tích mới có nhiều cách, cách thường dùng là

+ Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Arbitrary > Through KPs

+ Chọn các điểm để tạo diện tích mới, nhấn nút [Apply] nếu tiếp tục tạo các diện tích mới khác, nếu kết thúc nhập ấn nút [OK].

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Các cách tạo diện tích và sửa đổi khác:

Tạo diện tích bằng các đường cho trước	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Arbitrary> By Lines
Tạo diện tích bằng di chuyển 1 đường theo 1 đường dẫn	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Extrude> Along Lines
Quay diện tích	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate>Extrude> About Axis
Tạo diện tích bằng diện tích cho trước	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Copy> Areas Main Menu> Preprocessor> Modeling> Move/Modify> Areas> Areas
Tạo diện tích bằng phép đối xứng	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Reflect> Areas
Tạo diện tích bằng cách offset	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Areas> Arbitrary> By Offset
Liệt kê diện tích	Utility Menu> List> Areas Utility Menu> List> Picked Entities> Areas
Hiển thị diện tích	Utility Menu> Plot> Areas Utility Menu> Plot> Specified Entities> Areas
Xoá diện tích	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Delete> Area and Below Main Menu> Preprocessor> Modeling> Delete> Areas Only

2.6. Cách tạo các thể tích (Volumes)

Để tạo thể tích mới có nhiều cách, cách thường dùng là:

+ Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Volumes > Arbitrary > Through KPs

+ Chọn các điểm để tạo thể tích mới, nhấn nút [Apply] nếu tiếp tục tạo các thể tích mới khác, nếu kết thúc nhập ấn nút [OK].

Các cách tạo thể tích và sửa đổi khác

Tạo thể tích từ các diện tích cho trước	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Create> Volumes> Arbitrary> By Areas
Tạo thể tích bằng di chuyển 1 diện tích theo 1 đường dẫn	Main Menu> Preprocessor> Operate> Extrude> Along Lines
Tạo thể tích bằng cách quay	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Extrude> About Axis
Tạo khối bằng cách offset	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Extrude> Areas> Along Normal
Tạo khối từ khối cho trước	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Copy> Volumes Main Menu> Preprocessor> Modeling> Move/Modify> Volumes

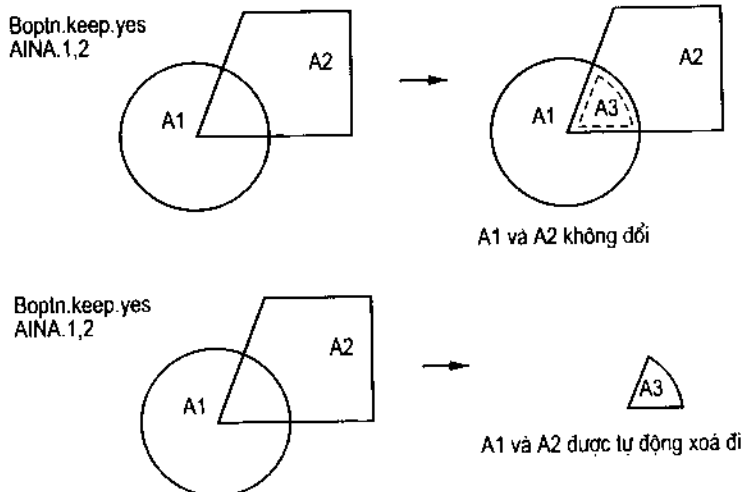
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Tạo khối bằng phép đối xứng	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Reflect> Volumes
Liệt kê khối	Utility Menu> List> Picked Entities> Volumes Utility Menu> List> Volumes
Hiển thị khối	Utility Menu> Plot> Specified Entities> Volumes Utility Menu> Plot> Volumes
Xoá khối	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Delete> Volume and Below Main Menu> Preprocessor> Modeling> Delete> Volumes Only

2.7. Các toán tử logic (Boolean) tạo khối hình học

2.7.1 Phép toán Keep

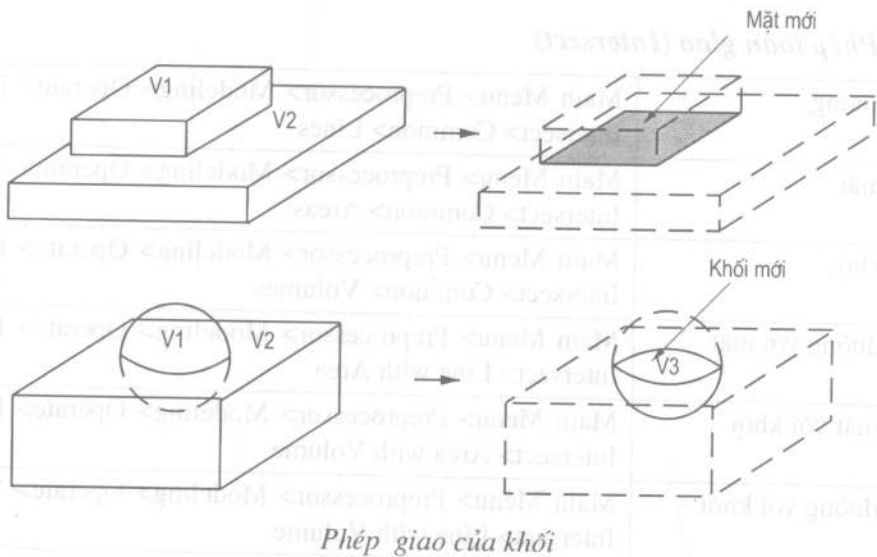
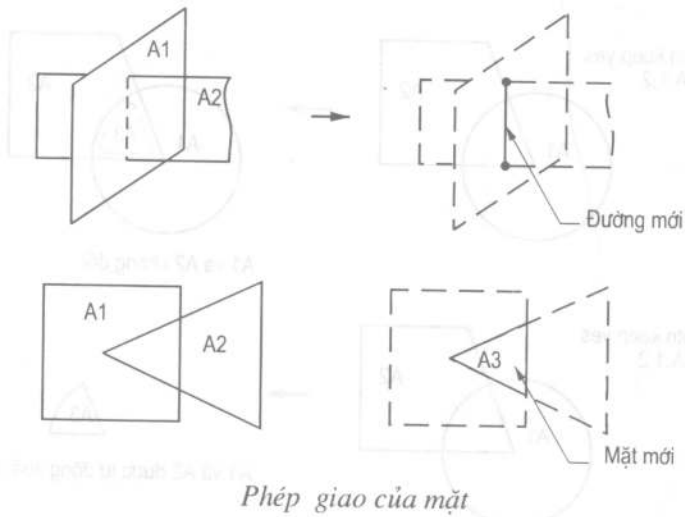
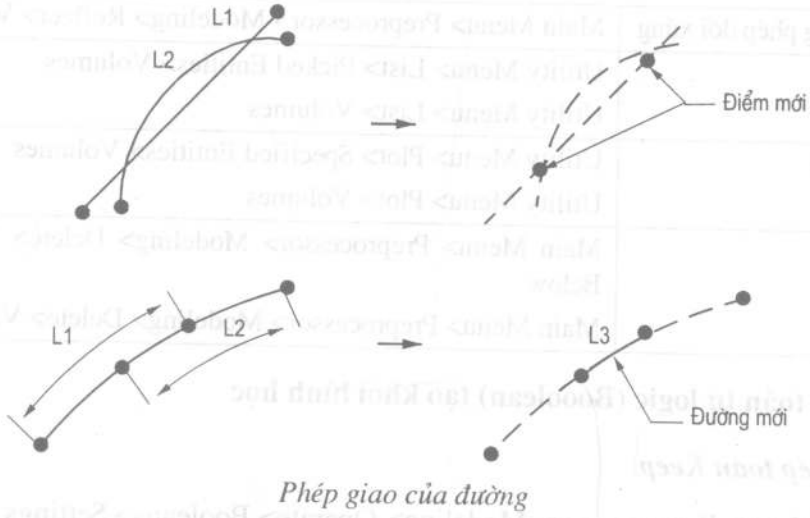
+ Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Settings

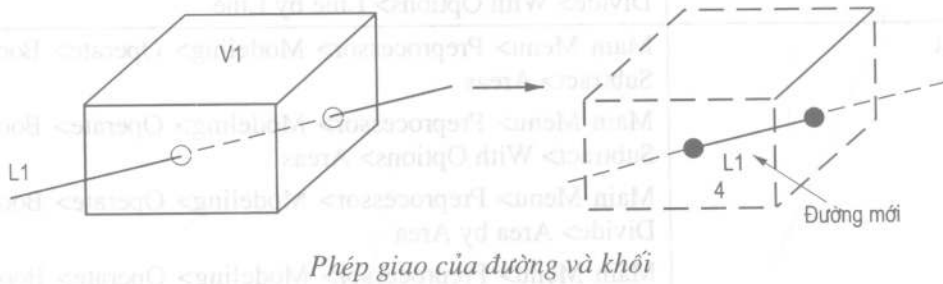
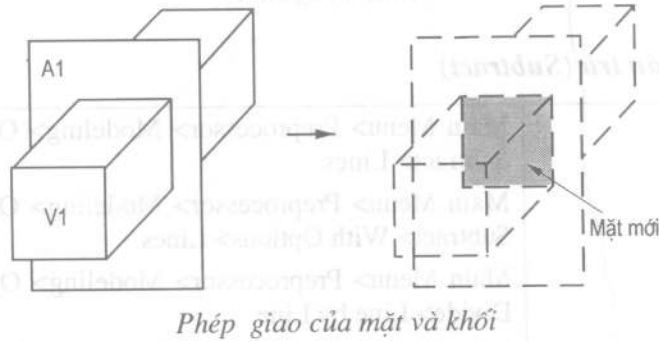
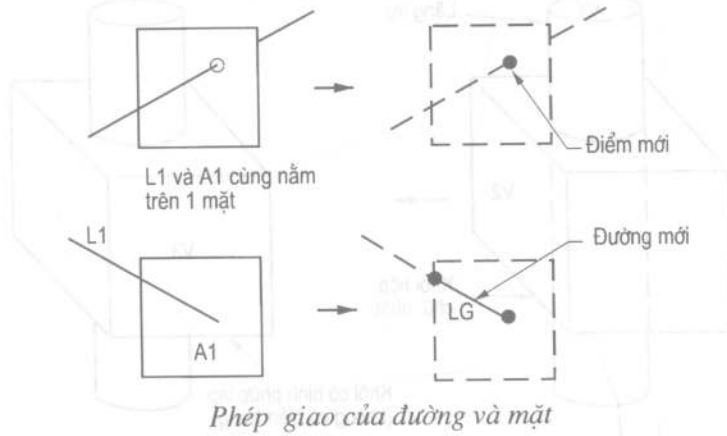


2.7.2. Phép toán giao (Intersect)

Giao của đường	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Intersect> Common> Lines
Giao của mặt	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Intersect> Common> Areas
Giao của khối	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Intersect> Common> Volumes
Giao của đường với mặt	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Intersect> Line with Area
Giao của mặt với khối	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Intersect> Area with Volume
Giao của đường với khối	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Intersect> Line with Volume

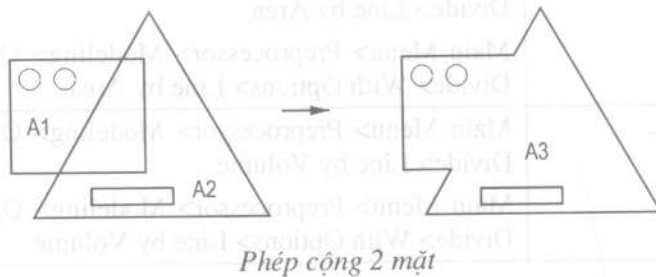
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam



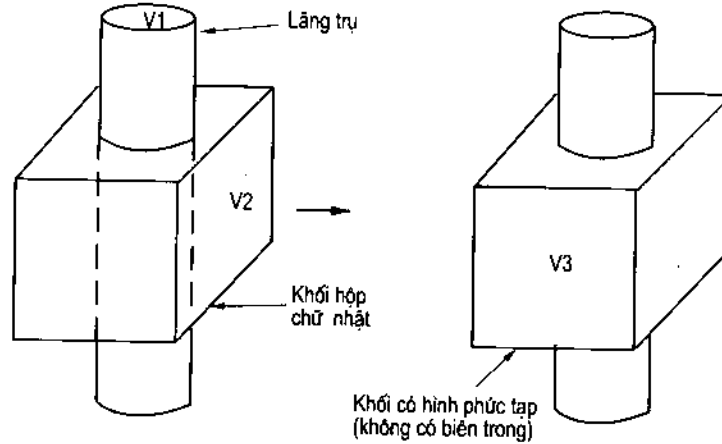


2.7.3. Phép toán cộng (Add)

Cộng mặt	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Add> Areas
Cộng khối	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Add> Volumes



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam



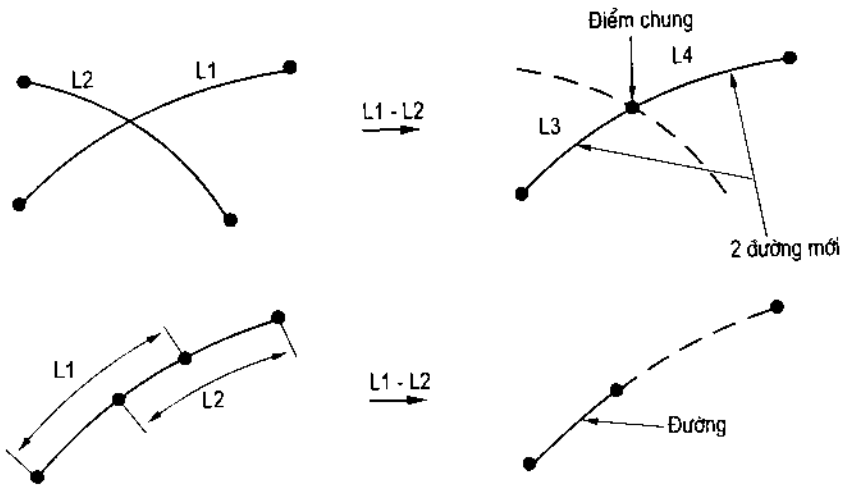
Phép cộng khối

2.7.4. Phép toán trừ (Subtract)

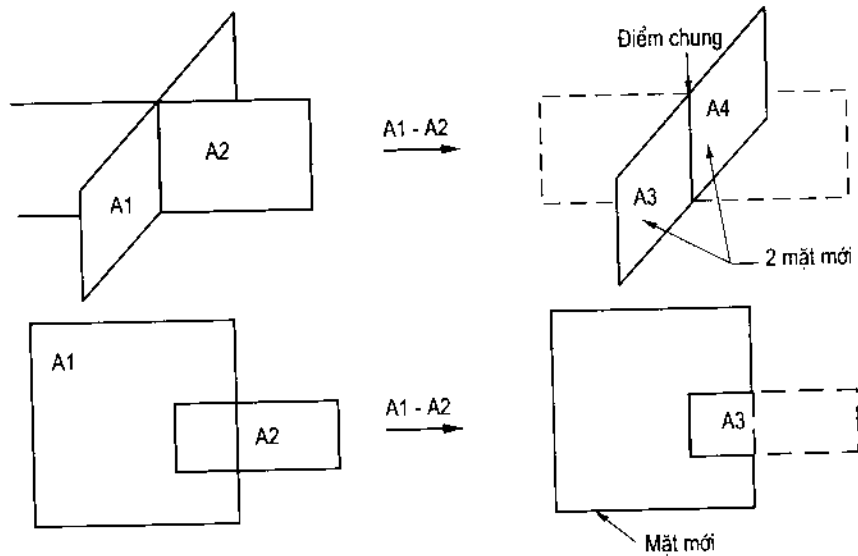
Trừ đường	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> Lines Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> With Options> Lines Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Line by Line Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Line by Line
Trừ mặt	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> Areas Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> With Options> Areas Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Area by Area Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Area by Area
Trừ khối	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> Volumes Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Subtract> With Options> Volumes
Đường trừ mặt	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Line by Area Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Line by Area
Đường trừ khối	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Line by Volume Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Line by Volume

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

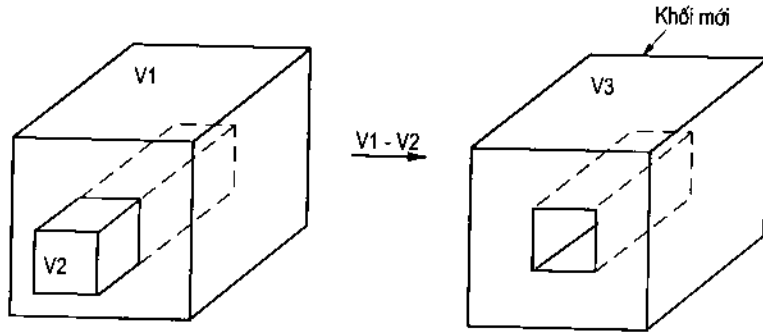
Mặt trừ khối	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Area by Volume Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Area by Volume
Mặt trừ đường	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Area by Line Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Area by Line
Khối trừ mặt	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> Volume by Area Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Divide> With Options> Volume by Area



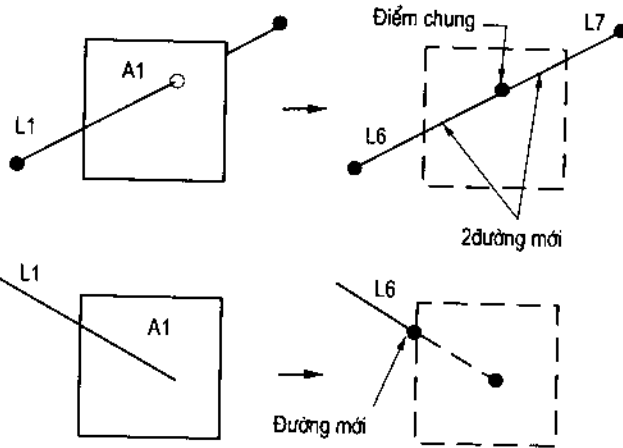
Phép trừ đường



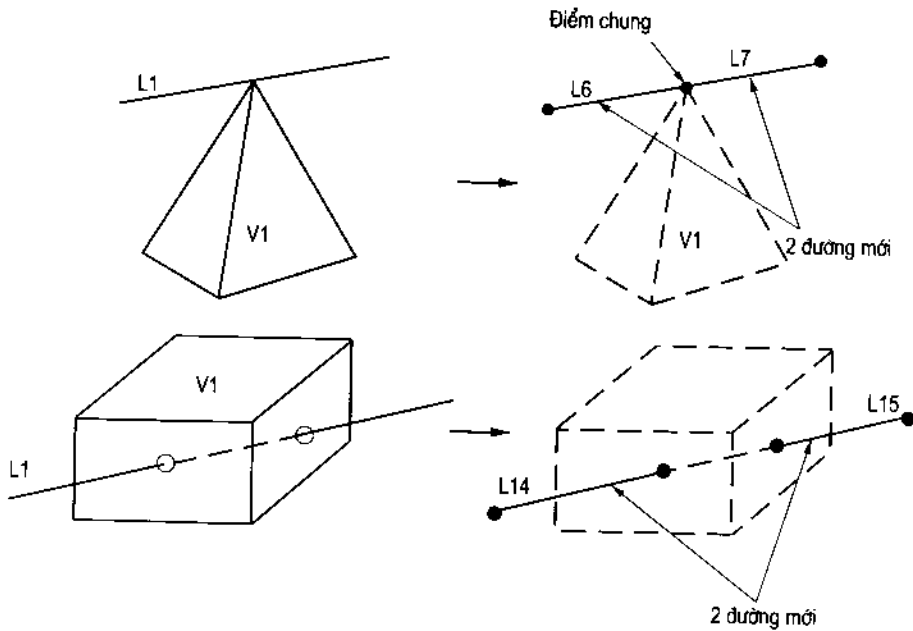
Phép trừ mặt



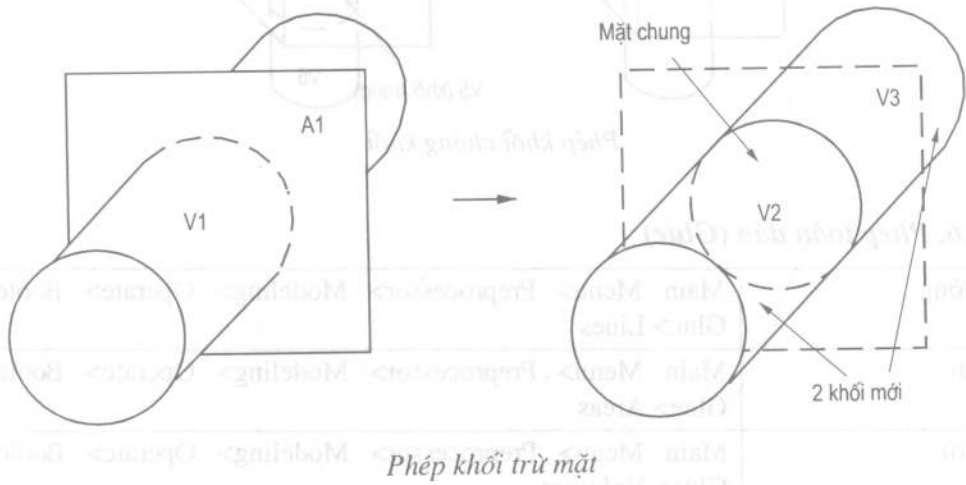
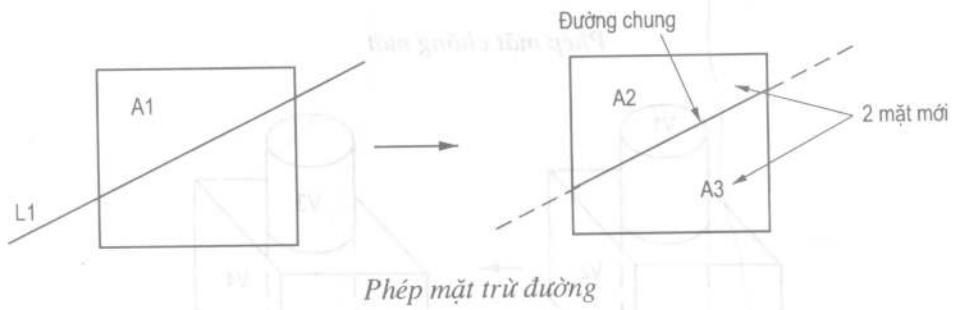
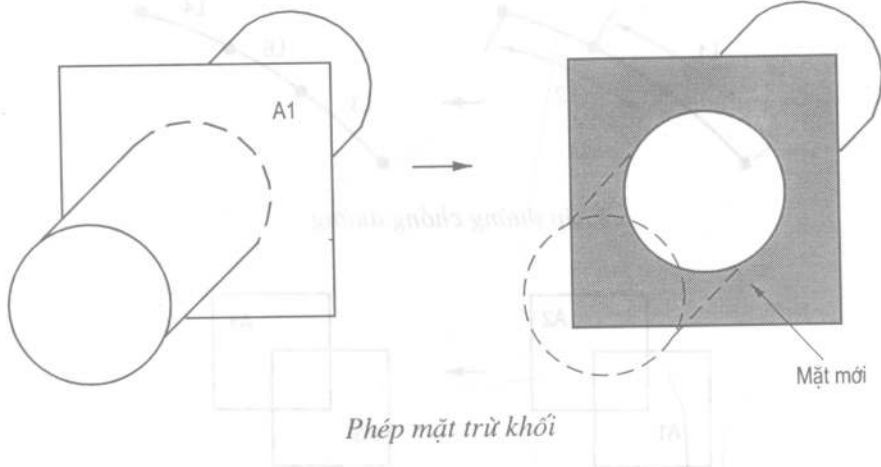
Phép trừ khối



Phép đường trừ mặt

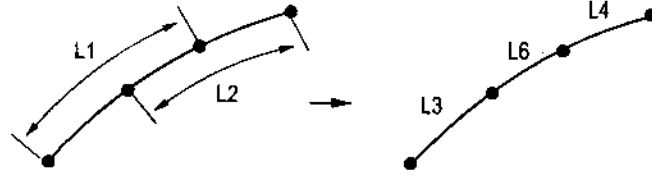


Phép đường trừ khối

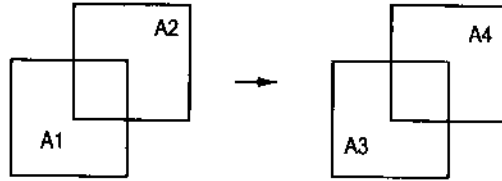


2.7.5. Phép toán chồng (Overlap)

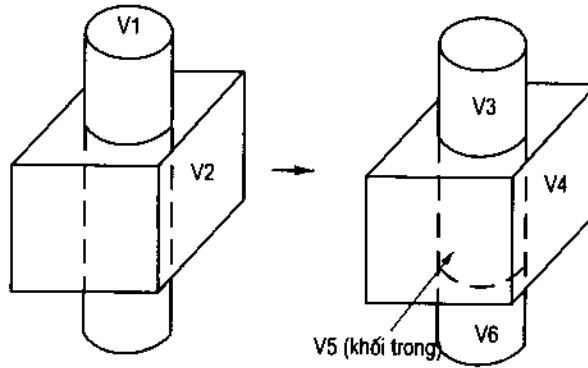
Đường chồng đường	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Overlap> Lines
Mặt chồng mặt	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Overlap> Areas
Khối chồng khối	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Overlap> Volumes



Phép đường chống đường



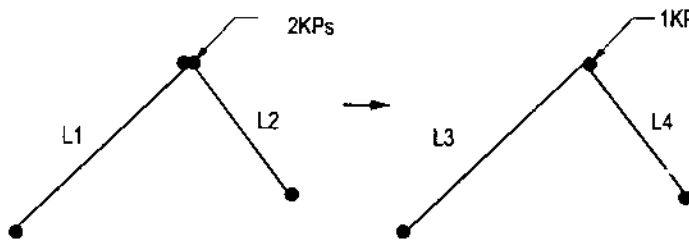
Phép mặt chống mặt



Phép khối chống khối

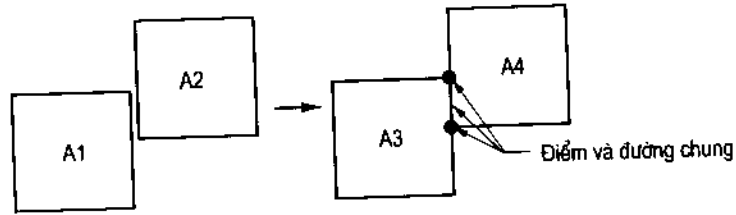
2.7.6. Phép toán dán (Glue)

Dán đường	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Glue> Lines
Dán mặt	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Glue> Areas
Dán khối	Main Menu> Preprocessor> Modeling> Operate> Booleans> Glue> Volumes

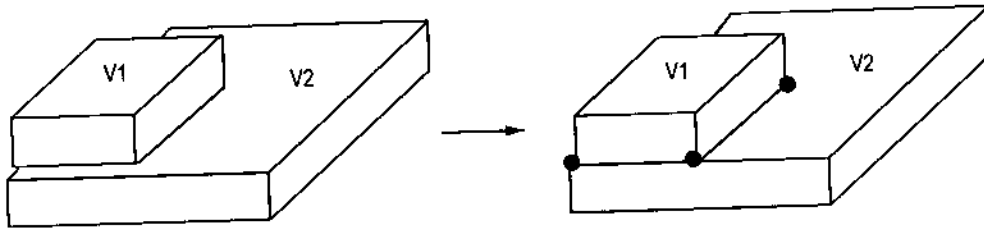


Phép dán đường

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam



Phép dán mặt



V3 và V4 có chung 4 điểm
4 đường và 1 mặt

Phép dán khối

Chương 3

XÂY DỰNG MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN

Có 3 bước để tạo lưới phần tử hữu hạn (PTHH):

- + Định nghĩa các thuộc tính phần tử;
- + Xác định các thông số điều khiển việc chia lưới;
- + Tạo lưới phần tử hữu hạn.

3.1. Định nghĩa các thuộc tính phần tử

Thuộc tính phần tử là những đặc trưng của phần tử mà người dùng phải thiết lập trước khi chia lưới. Chúng bao gồm:

- + Các kiểu phần tử (ví dụ phần tử BEAM3, SHELL61, v.v.);
- + Các hằng số đặc trưng (thường là các thông số hình học của phần tử như chiều dày, hay mật cắt ngang);
- + Các tính chất của vật liệu (ví dụ mô đun đàn hồi, hệ số truyền nhiệt).

3.1.1. Các kiểu phần tử

Chọn kiểu phần tử là một bước quan trọng, nó xác định những đặc trưng dưới đây của phần tử:

- + **Bậc tự do (degrees of freedom DOF).** Ví dụ một phần tử nhiệt có 1 bậc tự do TEMP (nhiệt độ), trong khi một kiểu phần tử kết cấu có thể có tới 6 dof: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ (3 thành phần chuyển vị dài theo 3 trục và 3 thành phần chuyển vị góc quanh 3 trục);

- + **Dạng phần tử:** tam giác, tứ giác, tứ diện, lục diện,..;
- + **Không gian:** 2D hoặc 3D;
- + **Dạng giả thiết của trường chuyển vị:** bậc nhất hoặc bậc hai.

Ansys 10.0 có 1 thư viện gồm khoảng 200 kiểu phần tử để người dùng Ansys lựa chọn, để có thêm thông tin về các phần tử này chúng ta xem tham khảo qua tài liệu của Ansys.

* Phân loại phần tử

Ansys đưa ra nhiều loại phần tử khác nhau. Các phần tử thông dụng bao gồm:

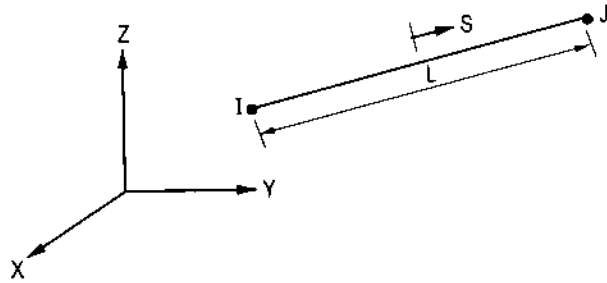
- + Các phần tử một chiều (line elements);

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

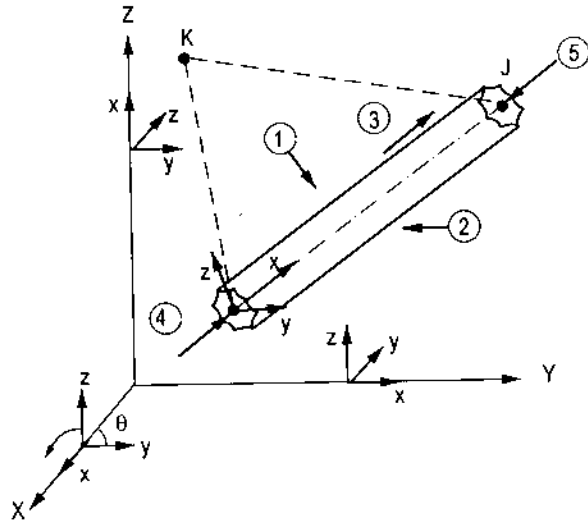
- + Các phần tử vỏ (shells);
- + Các phần tử phẳng 2D (2D solids);
- + Các phần tử khối 3D (3D solids).

* Phần tử một chiều

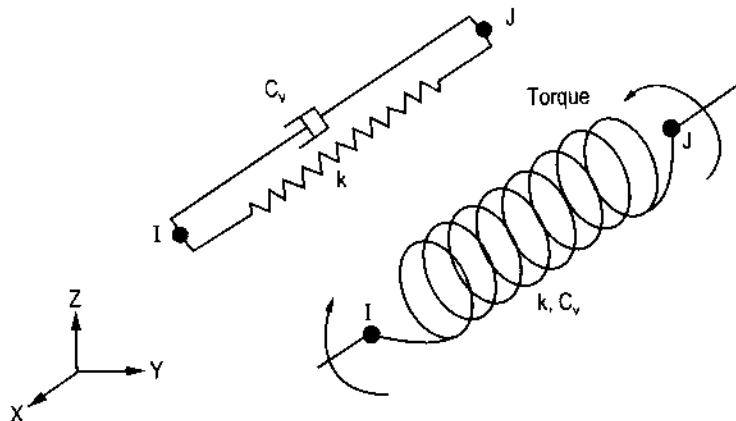
- Các phần tử thanh (spar) được dùng để mô hình hóa lò xo và hệ thanh dàn. Phần tử thanh có 2 điểm nút i và j chịu biến dạng dọc trục, chịu tải trọng dọc trục thanh, có các chuyển vị nút dọc theo thanh (ví dụ phần tử LINK1, LINK10, LINK160,...).



- Các phần tử dầm (beam) được dùng để mô hình hoá kết cấu dạng ống, thép hình hoặc bất kỳ kết cấu dài mảnh mà ta chỉ quan tâm đến ứng suất màng và uốn. Phần tử dầm trên mặt cắt ngang của nó có thể tồn tại cả lực dọc, lực cắt và mômen (ví dụ phần tử BEAM3, BEAM4, BEAM44,...).



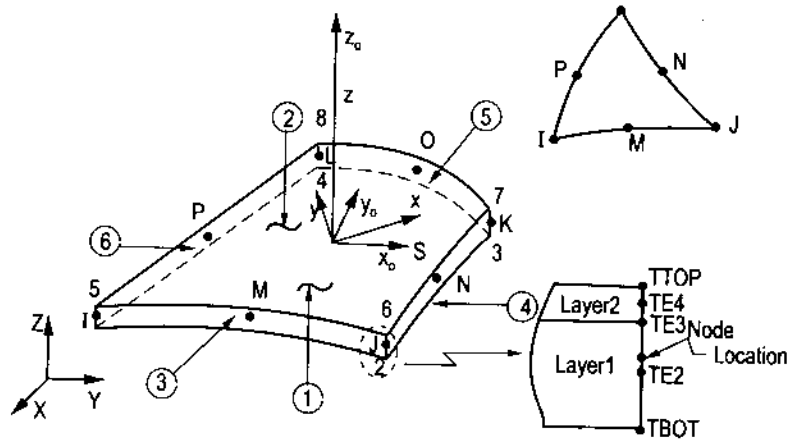
- Các phần tử lò xo (spring) được dùng để mô hình hoá lò xo, kết cấu dài mảnh, hoặc để thay thế các phần tử phức tạp bằng độ cứng tương đương (ví dụ phần tử COMBI165, COMBIN14, COMBIN39,...).



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

* Phần tử vỏ

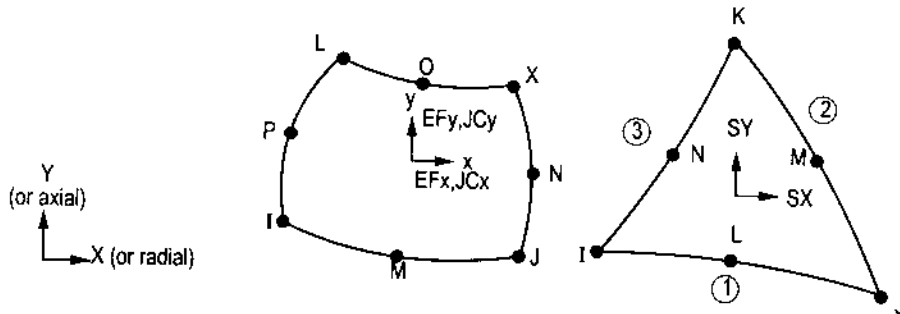
- Dùng để tạo mô hình những bản mỏng hoặc những mặt cong (ví dụ phần tử SHELL131, SHELL132, SHELL150,...).



- Khái niệm mỏng phụ thuộc vào từng trường hợp cụ thể, thường thì các kích thước lớn của vỏ ít nhất cũng phải gấp 10 lần chiều dày của nó.

* Phần tử phẳng 2D

- Dùng để mô hình hóa các bài toán phẳng (ví dụ phần tử PLANE2, PLANE145, PLANE121,...).



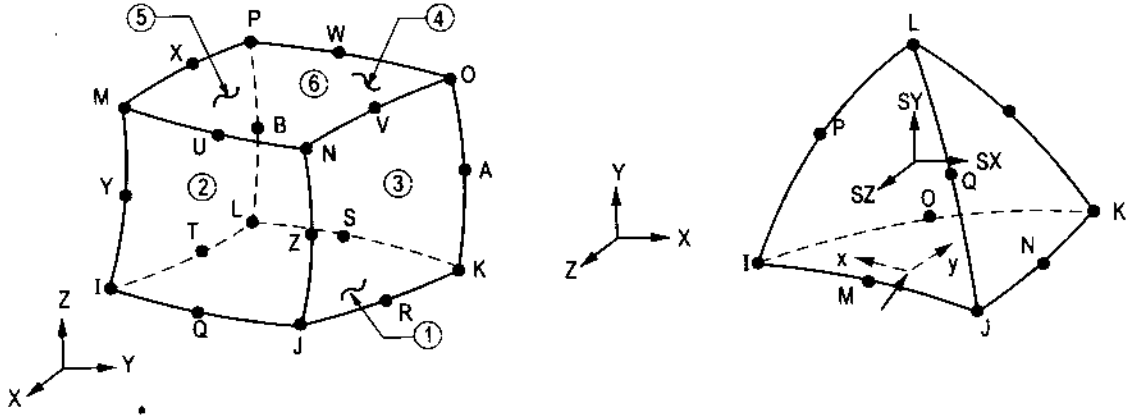
- Ứng xử của phần tử có thể thuộc 1 trong các bài toán sau:

- + Ứng suất phẳng.
- + Biến dạng phẳng.
- + Đối xứng trục.
- + Điều hoà đối xứng trục.

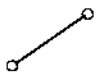

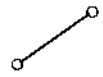

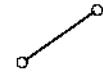
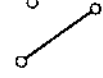

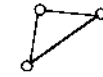
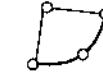
* Phần tử khối 3D

- Dùng để cho những kết cấu mà do mô hình hình học, vật liệu hoặc do yêu cầu kết quả chi tiết không thể mô hình hoá bằng phần tử đơn giản được (ví dụ phần tử SOLID95, SOLID97, SOLID187,...).


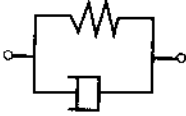

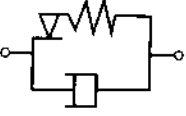


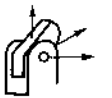
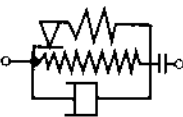
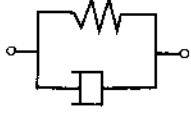



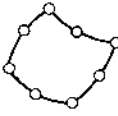


Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam





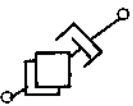
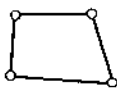

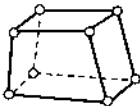
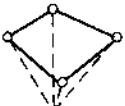


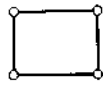

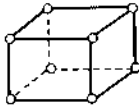
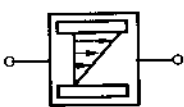
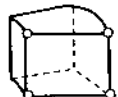
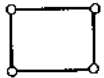
* Bảng liệt kê các phần tử trong ANSYS v10.0

<p>Structural 2-D Beam</p> 	<p>BEAM3 2-D Elastic Beam 2 nodes 2-D space DOF: UX, UY, ROTZ</p>	<p>Structural 3-D Beam</p> 	<p>BEAM44 3-D Elastic Tapered Unsymmetric Beam 2nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>
<p>Structural 3-D Beam</p> 	<p>BEAM4 3-D Elastic Beam 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>	<p>Structural 2-D Beam</p> 	<p>BEAM54 2-D Elastic Tapered Unsymmetric Beam 2 nodes 2-D space DOF: UX, UV, ROTZ</p>
<p>Structural 2D Beam</p> 	<p>BEAM23 2-D Plastic Beam 2 nodes 2-D space DOF: UX, UY, ROTZ</p>	<p>Explicit Dynamis</p> 	<p>BEAM161 Explicit 3-D Beam 3 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ, VX, VY, AX, AY, AZ</p>
<p>Structural 3-D Beam</p> 	<p>BEAM24 3-D Thin-Walle Beam 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>	<p>Structural 3-D Beam</p> 	<p>BEAMI88 3-D Linear Finite Strain Beam 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>
		<p>Structural 3-D Beam</p> 	<p>BEAMI89 3-D Quadratic Finite Strain Beam 3 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>


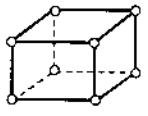

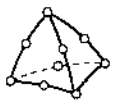
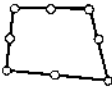


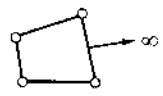
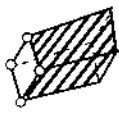
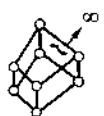
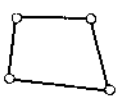
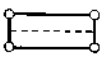
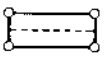

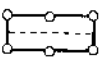
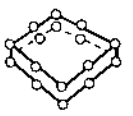
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

<p>Coupled-Fiedl</p> 	<p>CIRCU94 Piezoelectric Circuit 2 or 3 nodes 2-D space DOF: VOLT, CURR</p>	<p>Combination</p> 	<p>COMBINI4 Spring-Damper 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>
<p>Megnetic Electric</p> 	<p>CIRCU124 Electric Circuit 2-6 nodes 3-D space DOF: VOLT, CURR, EMF</p>	<p>Combination</p> 	<p>COMBIN37 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ, PRES, TEMP</p>
<p>Megnetic Electric</p> 	<p>CIRCU125 Diode 2nodes 3-D space DOF: VOLT</p>	<p>Combination</p> 	<p>COMBIN39 Nonlinear Spring 2nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ, PRES, TEMP</p>
<p>Combination</p> 	<p>COMBIN7 Revolute Joint 5 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>	<p>Combination</p> 	<p>COMBIN40 Combination 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ, PRES, TEMP</p>
		<p>Explicit Dynamics</p> 	<p>COMBII65 Explicit Spring-Damper 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ, VX, VY, VZ, AX, AV, AZ</p>
<p>Contact</p> 	<p>CONTAC12 2-D Point to-Point Contact 2 nodes 2-D space DOF: UX, UY</p>	<p>Contact</p> 	<p>CONTA173 3-D 4-Node Surface-to-Surface Contact 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, TEMP, VOLT, MAG</p>
<p>Contact</p> 	<p>CONTAC52 3-D Point-to-Point Contact 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Contact</p> 	<p>CONTA174 3-D 8-Node Surface-to-Surface Contact 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, TEMP, VOLT, MAG</p>
<p>Contact</p> 	<p>CONTA171 2-D 2-Node Surface-to-Surface Contact 2 nodes 2-D space DOF: UX, UY, TEMP, VOLT, AZ</p>	<p>Contact</p> 	<p>CONTA175 2-D/3-D Node-to-Surface Contact 1 node 2-D/3-D space DOF: UX, UY, UZ, TEMP, VOLT, AX, MAG</p>

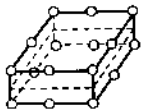
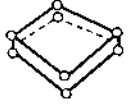
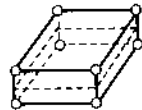



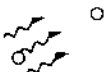

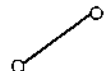
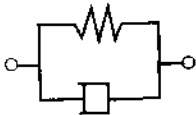
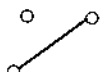

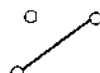

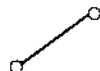
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

<p>Contact</p> 	<p>CONTA172 2-D 3-Node Surface-to-Surface Contact 3 nodes 2-D space DOF: UX, UY, TEMP, VOLT, AZ</p>	<p>Contact</p> 	<p>CONTA176 3-D Line-to-Line Contact 3 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>
		<p>Contact</p> 	<p>CONTA178 3-D Node-to-Node Contact 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>
<p>Fluid</p> 	<p>ELUID29 2-D Acoustic Fluid 4 nodes 2-D space DOF: UX, UY, PRES</p>	<p>Fluid</p> 	<p>Fluid 129 2-D Infinite Acoustic 2 nodes 2-D space DOF: Pres</p>
<p>Fluid</p> 	<p>FLUID30 3-D Acoustic Fluid 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, PRES</p>	<p>Fluid</p> 	<p>Fluid1130 3-D Infinite Acoustic 4 nodes 3-D space DOF: PRES</p>
<p>Fluid</p> 	<p>FLUID38 Dynamic Fluid Coupling 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Fluid</p> 	<p>Fluid 136 3-D Squeeze Film Fluid 4, 8 nodes 3-D space DOF: PRES</p>
<p>Fluid</p> 	<p>FLUID79 2-D Contained Fluid 4 nodes 2-D space DOF: UX, UY</p>	<p>Fluid Link</p> 	<p>Fluid 138 3-D Viscous Fluid Link 4 nodes 3-D space DOF: PRES</p>
<p>Fluid</p> 	<p>FLUID80 3-D Containe Fluid 8 node 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Fluid</p> 	<p>Fluid 139 3-D Slide Film Fluid 2,32 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>
<p>Fluid</p> 	<p>FLUID81 Axisymmetric-Harmonic Contained Fluid 4 nodes 2-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Fluid</p> 	<p>Fluid 141 2-D Fluid-Thermal 4 nodes 2-D space DOF: VX, VY, VZ, PRES, TEMP, ENKE, ENDS</p>


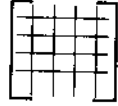

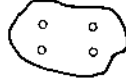

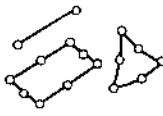







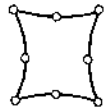
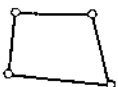

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

<p>Fluid</p> 	<p>FLUID116 Coupled Thermal-Fluid Pipe 2 nodes 2-D space DOF: PRES, TEMP</p>	<p>Fluid</p> 	<p>Fluid 142 3-D Fluid-Thermal 8 nodes 3-D space DOF: VX, VY, VZ, PRES, TEMP, ENKE, ENDS</p>
<p>Follower Load</p> 	<p>FOLLW201 3-D Follower Load 1 node 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>	<p>Magnetic Electric</p> 	<p>HF119 3-D High-Frequency Magnetic Tetrahedral Solid 10 nodes 3-D space DOF: AX</p>
<p>Magnetic Electric</p> 	<p>HF118 2-D High-Frequency Magnetic Quadrilateral Solid 8 nodes 2-D space DOF: AX</p>	<p>Magnetic Electric</p> 	<p>HF120 3-D High-Frequency Magnetic Brick Solid 10 nodes 3-D space DOF: AX</p>
<p>Infinite</p> 	<p>INFIN9 2-D Infinite Boundary 2 nodes 2-D space DOF: AZ, TEMP</p>	<p>Infinite</p> 	<p>INFIN110 2-D Infinite Solid 4 or 8 nodes 2-D space DOF: AZ, VOLT, TEMP</p>
<p>Infinite</p> 	<p>INFIN47 3-D Infinite Boundary 2 nodes 3-D space DOF: MAG, TEMP</p>	<p>Infinite</p> 	<p>INFIN111 2-D Infinite Solid 4 or 20 nodes 2-D space DOF: MAG, AX, AY, AZ, VOLT, TEMP</p>
<p>Magnetic Electric</p> 	<p>INTER115 3-D Magnetic Interface 4 nodes 3-D space DOF: AX, AY, AZ, MAG</p>	<p>Structural 2-D Interface</p> 	<p>INFIN202 2-D 4-Node Cohesive Zone 4 nodes 2-D space DOF: UX, UY</p>
<p>Structural 2-D Interface</p> 	<p>INTER192 2-D 4-Node Gasket 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY</p>	<p>Structural 2-D Interface</p> 	<p>INFIN203 2-D 6-Node Cohesive Zone 6 nodes 2-D space DOF: UX, UY</p>
<p>Structural 2-D Interface</p> 	<p>INTER193 2-D 6-Node Gasket 4 nodes 2-D space DOF: UX, UY</p>	<p>Structural 3-D Interface</p> 	<p>INFIN204 3-D 16-Node Cohesive Zone 6 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>




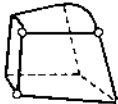

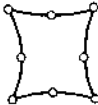
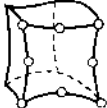

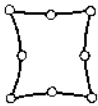

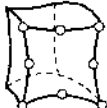

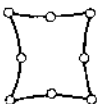
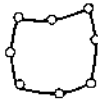
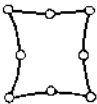
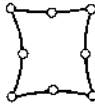
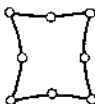
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

<p>Structural 3-D Interface</p> 	<p>INTER194 3-D 16-Node Gasket 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Structural 3-D Interface</p> 	<p>INFIN205 2-D 8-Node Cohesive Zone 6 nodes 2-D space DOF: UX, UY, UZ</p>
<p>Structural 3-D Interface</p> 	<p>INTER195 3-D 8-Node Gasket 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>		
<p>Structural 2-D Line</p> 	<p>LINK1 2-D Spar (or Truss) 2 nodes 2-D space DOF: UX, UY</p>	<p>Thermal Line</p> 	<p>LINK33 3-D Conduction Bar 2 nodes 3-D space DOF: TEMP</p>
<p>Structural 2-D Line</p> 	<p>LINK8 3-D Spar (or Truss) 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Thermal Line</p> 	<p>LINK34 Convection Link 2 nodes 3-D space DOF: TEMP</p>
<p>Structural 3-D Line</p> 	<p>LINK10 Tension-only or Compressiononly Spar 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Thermal Electric</p> 	<p>LINK68 Coupled Thermal-Electric Line 2 nodes 3-D space DOF: TEMP, VOLT</p>
<p>Structural 2-D Line</p> 	<p>LINK11 Linear Actuator 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Explicit Dynamics</p> 	<p>LINK160 Explicit 3-D Spar (or Truss) 3 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, VX, VY, VZ, AX, AY, AZ</p>
<p>Thermal Line</p> 	<p>LINK31 Radiation Link 2 nodes 3-D space DOF: TEMP</p>	<p>Explicit Dynamics</p> 	<p>LINK167 Explicit Tension-Only Spar 3 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, VX, VY, VZ, AX, AY, AZ</p>
<p>Thermal Line</p> 	<p>LINK32 2-D Conduction Bar 2 nodes 2-D space DOF: TEMP</p>	<p>Structural 3-D Line</p> 	<p>LINK180 3-D Finite Strain Spar (or Truss) 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>

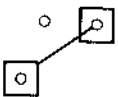
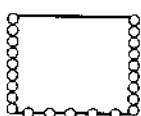
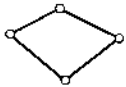
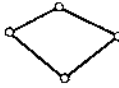
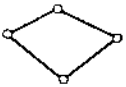




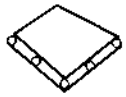
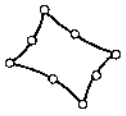
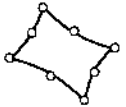
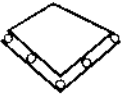
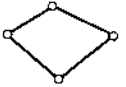
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Structural Point 	MASS21 Structural Mass 1 node 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	Matrix 	MATRIX27 Stiffness, Damping, or Mass Matrix 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ
Thermal Point 	MASS71 Thermal Mass 1 node 3-D space DOF: TEMP	Matrix 	MATRIX50 Superelement (or Substructure) 2-D or 3-D space DOF: Determined from included element types
Explicit Dynamics 	MASS166 Explicit 3-D Structural Mass 1 node 3-D space DOF: UX, UY, UZ, VX, VY, VZ, AX, AY, AZ	Meshing 	MESH200 Meshing Facet 2-20 nodes 2-D/3-D space DOF: None KEYOPT Dependent
Structural Pipe 	PIPE16 Elastic Straight Pipe 3 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	Structural Pipe 	PIPE20 Plastic Straight Pipe 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ
Structural Pipe 	PIPE17 Elastic Pipe Tee 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	Structural Pipe 	PIPE59 Immersed Pipe or Cable 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ
Structural Pipe 	PIPE18 Elastic Curved Pipe (Elbow) 3 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	Structural Pipe 	PIPE60 Plastic Curved Pipe (Elbow) 3 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ
Structural 2-D Solid 	PLANE2 2-D 6-Node Triangular Structural Solid 6 nodes 2-D space DOF: UX, UY,	Magnetic Electric 	PLANE53 2-D 8-Node Magnetic Solid 8 nodes 2-D space DOF: VOLT, AZ, CURR, EMF
Coupled-Field 	PLANE13 2-D Coupled-Field Solid 4 nodes 2-D space DOF: TEMP, AZ, UX, UV, VOLT	Thermal 2-D Solid 	PLANE55 2-D Thermal Solid 4 nodes 2-D space DOF: TEMP


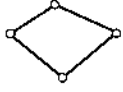
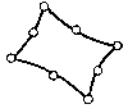




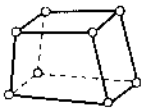
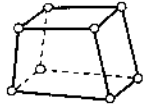
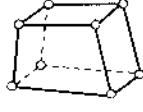
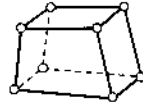

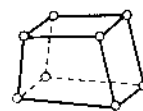
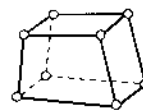

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Structural 2-D Solid 	PLANE25 Axisymmetric-Harmonic 4-Node Structural Solid 4 nodes 2-D space DOF: UX, UY, UZ	Thermal Electric 	PLANE67 2-D Coupled Thermal-Electric Solid 4 nodes 2-D space DOF: TEMP, VOLT
Thermal 2-D Solid 	PLANE35 2-D 6-Node Triangular Thermal Solid 6 nodes 2-D space DOF: TEMP	Thermal 2-D Solid 	PLANE75 Axisymmetric-Harmonic 4- Node Thermal Solid 4 nodes 2-D space DOF: TEMP
Structural 2-D Solid 	PLANE42 2-D Structural Solid 4 nodes 2-D space DOF: UX, UY	Thermal 2-D Solid 	PLANE77 2-D 8-Node Thermal Solid 8 nodes 2-D space DOF: TEMP
Thermal 2-D Solid 	PLANE78 Axisymmetric-Harmonic 8-Node Thermal Solid 8 nodes 2-D space DOF: TEMP	Structural 2-D Solid 	PLANE46 2-D Triangular Structural Solid p-Element 6 nodes 2-D space DOF: UX, UY
Structural 2-D Solid 	PLANE82 2-D 8-Node Structural Solid 8 nodes 2-D space DOF: UX, UY	Explicit Dynamics 	PLANE162 Explicit 2-D Structural Solid 4 nodes 2-D space DOF: UX, UY, VX, VY, AX, AY
Structural 2-D Solid 	PLANE83 Axisymmetric-Harmonic 8-Node Structural Solid 8 nodes 2-D space DOF: UX, UY, UZ	Structural 2-D Solid 	PLANE182 2-D 4-Node Structural Solid 6 nodes 2-D space DOF: UX, UY
Electrostatic 	PLANE121 2-D 8-Node Electrostatic Solid 8 Nodes 2-D space DOF: VOLT	Structural 2-D Solid 	PLANE183 2-D 8-Node Structural Solid 8 nodes 2-D space DOF: UX, UY
Structural 2-D Solid 	PLANE145 2-D Quadrilateral Structural Solid 8 Nodes 2-D space DOF: UX, UY	Coupled-Field Solid 	PLANE223 2-D 8-Node Coupled-Field Solid 8 nodes 2-D space DOF: UX, UY, TEMP, VOLT
		Electric 	PLANE230 2-D 8-Node Electric Solid 8 nodes 2-D space DOF: VOLT

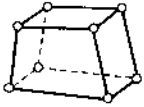
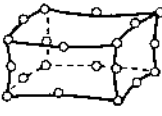
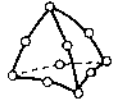
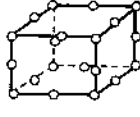
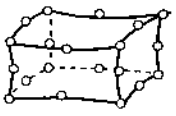
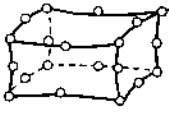
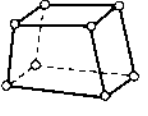
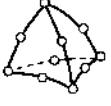
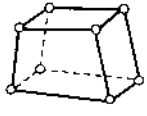


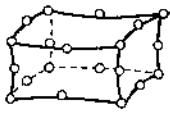



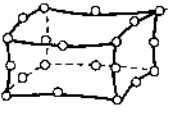
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

<p>Combination</p> 	<p>PRETS179 2-D/3-D Pretension 3 nodes 2-D/3-D space DOF: UX</p>	<p>Coupled-Field</p> 	<p>ROM144 Reduced Order Electrostatic Structural 20 or 30 nodes 3-D space DOF: EMF, VOLT, UX</p>
<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL28 Shear/Twist Panel 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>	<p>Thermal Shell</p> 	<p>SHELL57 Thermal Shell 4 nodes 3-D space DOF: TEMP</p>
<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL41 Membrane Shell 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Structural 2-D Shell</p> 	<p>SHELL61 Axisymmetric-Harmonic Structural Shell 2 nodes 2-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTZ</p>
<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL43 4-Node Plastic Large Strain Shell 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>	<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL63 Elastic Shell 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>
<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL51 Axisymmetric Structural Shell 2 nodes 2-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTZ</p>	<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL91 Nonlinear Layered Structural Shell 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>
<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL93 8-Node Structural Shell 2 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>	<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL150 8-Node Structural Shell p-Element 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>
<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL99 Linear Layered Structural Shell 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>	<p>Thermal Electric</p> 	<p>SHELL157 Thermal-Electric Shell 8 nodes 3-D space DOF: TEMP, VOLT</p>

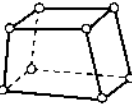
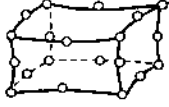


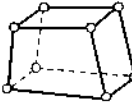
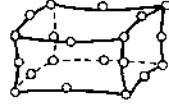


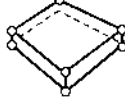


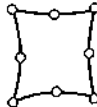
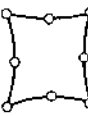




Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam



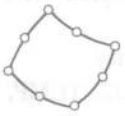

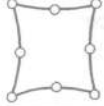
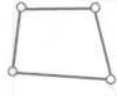
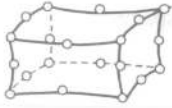
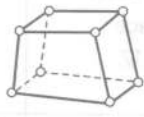
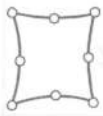
<p>Thermal Shell</p> 	<p>SHELL131 4 Node Layered Thermal Shell 4 nodes 3-D space DOF: TBOT, TE2, TE3, TE4,... TTOP</p>	<p>Explicit Dynamics</p> 	<p>SHELL163 Explicit Thin Structural Shell 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, VX, VY, VZ, AX, AY, AZ, ROTX, ROTY, ROTZ.</p>
<p>Thermal Shell</p> 	<p>SHELL132 8 Node Layered Thermal Shell 4 nodes 3-D space DOF: TBOT, TE2, TE3, TE4,... TTOP</p>	<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL181 4-Node Finite Strain Layered 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, VX, VY, VZ, AX, AY, AZ, ROTX, ROTY, ROTZ.</p>
<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL143 4-Node Plastic Small Strain Shell 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ</p>	<p>Structural 3-D Shell</p> 	<p>SHELL208 Axisymmetric Structural Shell 2 nodes 2-D space DOF: UX, UY, ROTZ</p>
		<p>Structural 2-D Shell</p> 	<p>SHELL209 Axisymmetric Structural Shell 3 nodes 2-D space DOF: UX, UY, ROTZ</p>
<p>Coupled-Field</p> 	<p>SOLID5 3-D Coupled-Field Solid 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, TEMP, VOLT, MAG</p>	<p>Structural 2-D Solid</p> 	<p>SOLID65 3-D Reinforced Concrete Solid 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>
<p>Structural 3-D Solid</p> 	<p>SOLID45 3-D Structural Solid 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Thermal Electric</p> 	<p>SOLID69 3-D Coupled Thermal-Electric Solid 8 nodes 3-D space DOF: TEMP, VOLT</p>
<p>Structural 3-D Solid</p> 	<p>SOLID46 3-D-Node Layered Structural Solid 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Thermal 3-D Solid</p> 	<p>SOLID70 3-D Thermal Solid 8 nodes 3-D space DOF: TEMP</p>
<p>Coupled-Field</p> 	<p>SOLID62 3-D Magneto-Structural Solid 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, AX, AY, AZ, VOLT</p>	<p>Thermal 3-D Solid</p> 	<p>SOLID87 3-D 10-Node Tetrahedral Thermal Solid 10 nodes 3-D space DOF: TEMP</p>

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

<p>Structural 3-D Solid</p> 	<p>SOLID64 3-D Anisotropic Structural Solid 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Thermal 3-D Solid</p> 	<p>SOLID90 3-D 20-Node Thermal Solid 20 nodes 3-D space DOF: TEMP</p>
<p>Structural 3-D Solid</p> 	<p>SOLID92 3-D 10-Node Tetrahedral Structural Solid 10 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Magnetic Electric</p> 	<p>SOLID117 3-D 20-Node Magnetic Edge 20 nodes 3-D space DOF: AZ</p>
<p>Structural 3-D Solid</p> 	<p>SOLID95 3-D 20-Node Structural Solid 20 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Electrostatic</p> 	<p>SOLID122 3-D 20-Node Electrostatic Solid 20 nodes 3-D space DOF: VOLT</p>
<p>Magnetic Electric</p> 	<p>SOLID96 3-D Magnetic Scalar Solid 8 nodes 3-D space DOF: MAG</p>	<p>Electrostatic</p> 	<p>SOLID123 3-D 10-Node Tetrahedral Electrostatic Solid 10 nodes 3-D space DOF: VOLT</p>
<p>Magnetic Electric</p> 	<p>SOLID97 3-D Magnetic Solid 8 nodes 3-D space DOF: AX, AY, AZ, VOLT, CURR, EMF</p>	<p>Electrostatic</p> 	<p>SOLID127 3-D Tetrahedral Electrostatic Solid p-Element 10 nodes 3-D space DOF: VOLT</p>
<p>Coupled-Field</p> 	<p>SOLID98 Tetrahedral Coupled-Field Solid 10 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, TEMP, VOLT, MAG</p>	<p>Electrostatic</p> 	<p>SOLID1128 3-D Brick Electrostatic Solid p-Element 20 nodes 3-D space DOF: VOLT</p>
<p>Structural 3-D Solid</p> 	<p>SOLID147 3-D Brick Structural Solid p-Element 20 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Structural 3-D Solid</p> 	<p>SOLID187 3-D 10-Node Tetrahedral Structural Solid 10 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>
<p>Structural 3-D Solid</p> 	<p>SOLID148 3-D Tetrahedral Structural Solid p-Element 20 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Structural 3-D Solid</p> 	<p>SOLID191 3-D 20-Node Layered Structural Solid 20 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

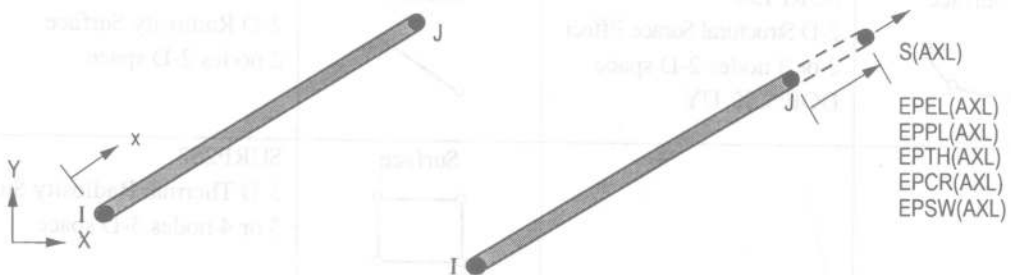
<p>Explicit Dynamics</p> 	<p>SOLID164 Explicit 3-D Structural Solid 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, VX, VY, VZ, AX, AY, AZ</p>	<p>Coupled-Field Solid</p> 	<p>SOLID226 3-D 20-Node Coupled-Field Solid 20 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, TEMP, VOLT</p>
<p>Explicit Dynamics</p> 	<p>SOLID168 Explicit 10-Node Tetrahedral Structural Solid 10 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, VX, VY, VZ, AX, AY, AZ</p>	<p>Coupled-Field Solid</p> 	<p>SOLID227 3-D 10-Node Coupled-Field Solid 10 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ, TEMP, VOLT</p>
<p>Structural 3-D Solid</p> 	<p>SOLID185 3-D 8-Node Structural Solid 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Electric</p> 	<p>SOLID231 d-D 20-Node Electric Solid 20 nodes 3-D space DOF: VOLT</p>
<p>Structural 3-D Solid or Layered Solid</p> 	<p>SOLID186 3-D 20-Node Structural Solid or Layered Solid 20 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Electric</p> 	<p>SOLID232 3-D 10-Node Tetrahedral Electric Solid 10 nodes 3-D space DOF: VOLT</p>
<p>Structural Layered Solid Shell</p> 	<p>SOLSH190 Structural Layered Solid Shell 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	<p>Magnetic Electric</p> 	<p>SOURC36 Current Source 3 nodes 3-D space DOF: None</p>
<p>Surface</p> 	<p>SURE151 2-D Thermal Surface Effect 2 or 4 nodes 2-D space DOF: TEMP</p>	<p>Surface</p> 	<p>SURF154 3-D Structural Surface Effect 4 to 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>
<p>Surface</p> 	<p>SURE152 3-D Thermal Surface Effect 4 to 9 nodes 3-D space DOF: TEMP</p>	<p>Surface</p> 	<p>SURF156 3-D Structural Surface Line Load 4 to 4 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>
<p>Surface</p> 	<p>SURF153 2-D Structural Surface Effect 2 or 3 nodes 2-D space DOF: UX, UY</p>	<p>Surface</p> 	<p>SURF251 2-D Radiosity Surface 2 nodes 2-D space</p>
		<p>Surface</p> 	<p>SURF252 3-D Thermal Radiosity Surface 3 or 4 nodes 3-D space</p>

 <p>Contact</p>	<p>TARGE169 2-D Target Segment 3 nodes 2-D space DOF: UX, UY, ROTZ, TEMP</p>	 <p>Electromechanical</p>	<p>TRANS109 2-D Electromechanical Solid 3 nodes 2-D space DOF: UX, UY, VOLT</p>
 <p>Contact</p>	<p>TARGE170 2-D Target Segment 8 nodes 2-D space DOF: UX, UY, UZ, TEMP</p>	 <p>Electromechanical</p>	<p>TRANS126 Electromechanical Transducer 2 nodes 3-D space DOF: UX, VOLT, UY-VOLT, UZ-VOLT</p>
 <p>Visco Solid</p>	<p>VISCO88 2-D 8-Node Viscoelastic Solid 8 nodes 2-D space DOF: UX, UY</p>	 <p>Visco Solid</p>	<p>VISCO106 2-D 4-Node Viscoelastic Solid 4 nodes 2-D space DOF: UX, UY, UZ</p>
 <p>Visco Solid</p>	<p>VISCO89 3-D 20-Node Viscoelastic Solid 20 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>	 <p>Visco Solid</p>	<p>VISCO107 3-D 8-Node Viscoelastic Solid 8 nodes 3-D space DOF: UX, UY, UZ</p>
		 <p>Visco Solid</p>	<p>VISCO108 2-D 8-Node Viscoelastic Solid 8 nodes 2-D space DOF: UX, UY, UZ</p>

Để biết thêm thông tin về phần tử (ví dụ: bậc tự do, số liệu đầu vào, số liệu đầu ra...) tham khảo ở phần Help của ANSYS.

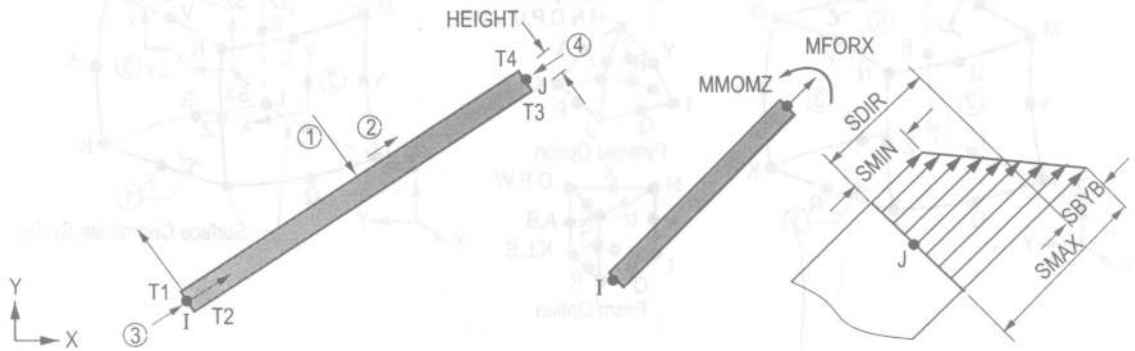
Dưới đây là quy ước dấu của tải trọng tác dụng lên phần tử và dấu nội lực trong phần tử thường dùng.

Phần tử LINK1 (S(AXL)) là ứng suất trong phần tử.

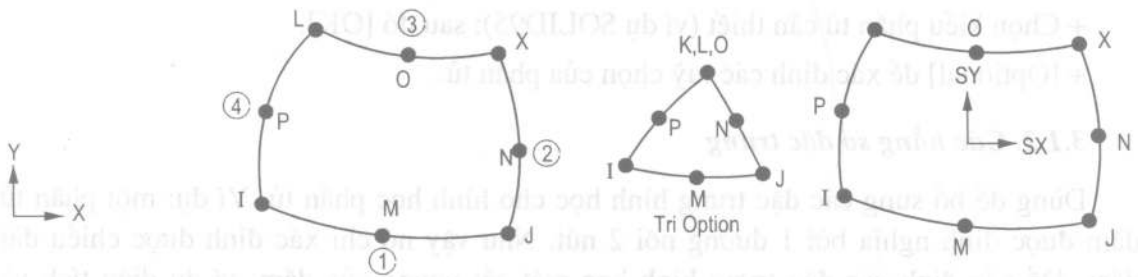


Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

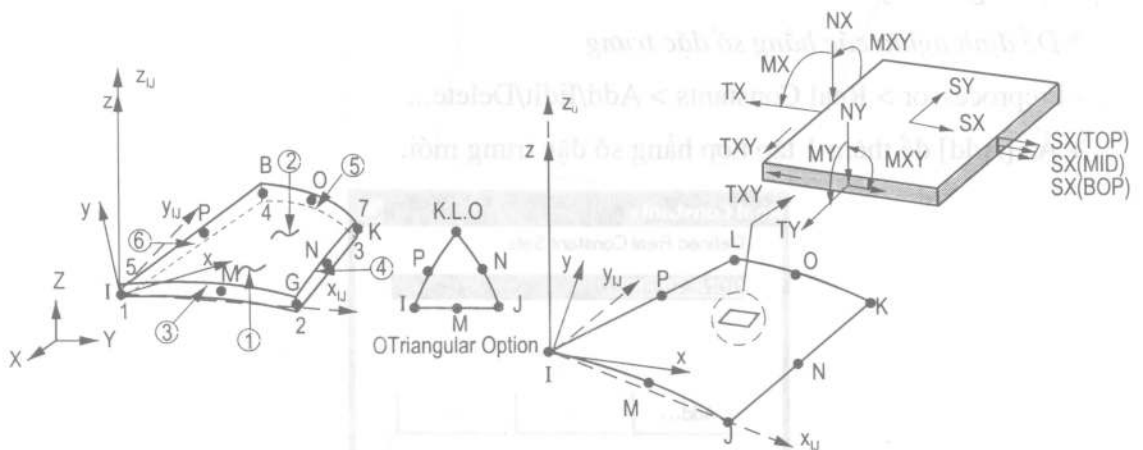
Phần tử BEAM3 (T1, T2, T3, T4 là tải trọng nhiệt độ các góc, (1), (2), (3), (4) là tải trọng bề mặt hay tải trọng phân bố, MFORX là lực dọc theo phương x, MMOMZ là mô men theo phương z).



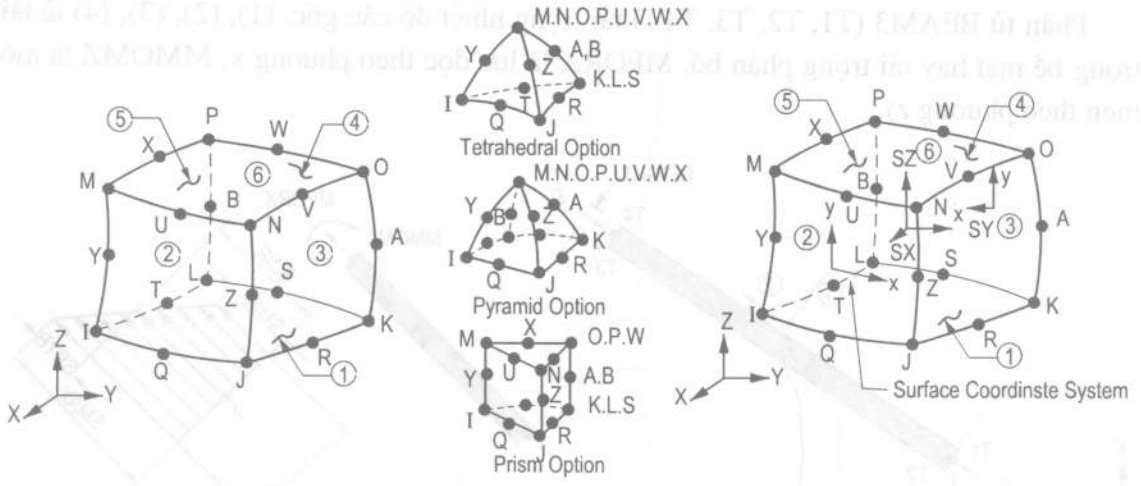
Phần tử PLANE82 (I, J, K, L, M, N, O, P là tên các nút; áp lực tác dụng vào phần tử mang dấu dương; SX, SY là ứng suất theo phương x và y).



Phần tử SHELL93 (I, J, K, L, M, N, O, P là tên các nút; (1), (2), (3), (4), (5), (6) là tải trọng bề mặt tác dụng vào phần tử mang dấu dương).



Phần tử SOLID95 (I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, A, B là tên các nút; (1), (2), (3), (4), (5), (6) là tải trọng bề mặt tác dụng vào phần tử mang dấu dương).



* Để định nghĩa 1 kiểu phần tử

- Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete...

+ Ấn [Add] để thêm kiểu phần tử mới.

+ Chọn kiểu phần tử cần thiết (ví dụ SOLID95); sau đó [OK].

+ [Optional] để xác định các tùy chọn của phần tử.

3.1.2. Các hằng số đặc trưng

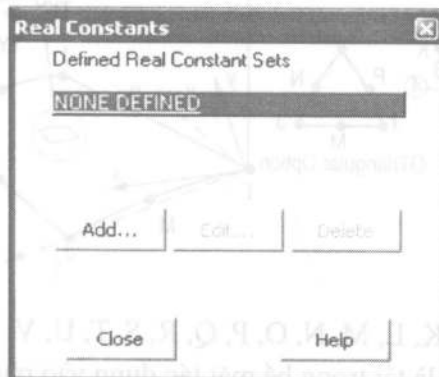
Dùng để bổ sung các đặc trưng hình học cho hình học phần tử. Ví dụ: một phần tử dầm được định nghĩa bởi 1 đường nối 2 nút. Như vậy nó chỉ xác định được chiều dài dầm. Để xác định các đặc trưng hình học mặt cắt ngang của dầm, ví dụ diện tích và momen quán tính, chiều cao dầm ta sử dụng các hằng số đặc trưng.

Hầu hết các phần tử khối 3D không đòi hỏi hằng số đặc trưng vì hình học phần tử được định nghĩa đầy đủ bởi các nút của nó.

* Để định nghĩa các hằng số đặc trưng

- Preprocessor > Real Constants > Add/Edit/Delete...

+ Ấn [Add] để thêm 1 tập hợp hằng số đặc trưng mới.



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

3.1.3. Các tính chất vật liệu

Tùy thuộc vào loại phân tích mà đòi hỏi nhập vào 1 vài thuộc tính vật liệu: mô đun đàn hồi Ex đối với những phần tử kết cấu, độ dẫn nhiệt Kxx đối với những phần tử nhiệt.

Tham khảo chương 4 để biết thêm chi tiết.

3.1.4. Các thuộc tính kết hợp của phần tử

Nếu kết cấu cần phân tích của chúng ta có nhiều kiểu phần tử, nhiều hàng số đặc trưng và nhiều loại vật liệu cần đảm bảo cho mỗi phần tử được ấn định cho những thuộc tính kết hợp. Có 3 cách để thực hiện việc này:

- + Ấn định thuộc tính cho mô hình trước khi chia lưới.
- + Ấn định tổng thể cho vật liệu, kiểu phần tử và hàng số đặc trưng trước khi chia lưới.
- + Thay đổi thuộc tính phần tử sau khi chia lưới.

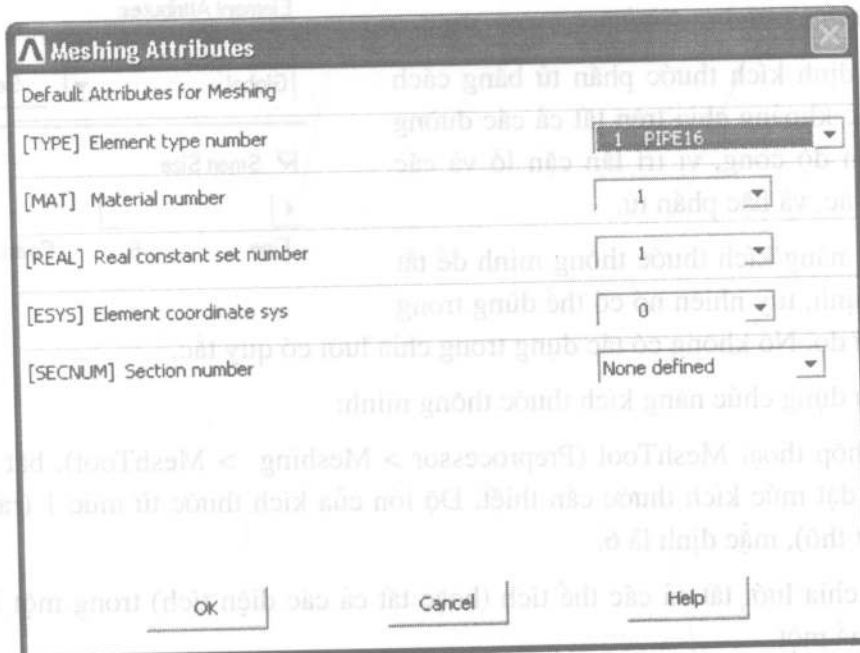
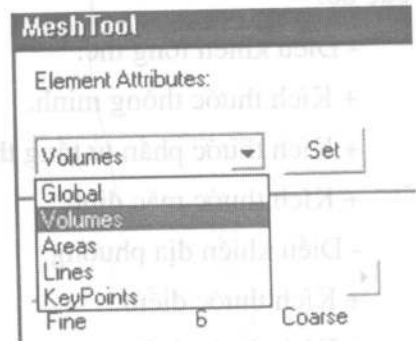
Nếu không có 1 ấn định nào được thực hiện, Ansys sử dụng các giá trị mặc định: MAT=1, TYPE=1 và REAL=1 cho tất cả các phần tử trong mô hình.

* Ấn định thuộc tính cho mô hình hình học

- Định nghĩa các kiểu phần tử, vật liệu, tập hàng số đặc trưng cần thiết.

- Sau đó sử dụng mục 'Element Attributes' của Mesh Tool (Preprocessor > Mesh Tool)

+ Chọn kiểu thực thể và ấn vào nút [Set].



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

+ Đặt những thuộc tính thích hợp trong các hộp hội thoại tiếp theo.

- Khi chia lưới 1 thực thể, các thuộc tính của nó được chuyển tự động đến các phần tử.

* *Ấn định các thuộc tính tổng thể*

- Định nghĩa các kiểu phần tử, vật liệu và tập hằng số đặc trưng cần thiết.

- Sau đó sử dụng mục 'Element Attributes' của Mesh Tool (Preprocessor > Mesh Tool)

* *Thay đổi các thuộc tính phần tử sau khi chia lưới*

- Định nghĩa các kiểu phần tử, vật liệu và tập hằng số đặc trưng cần thiết,

+ Preprocessor > Meshing > Mesh Attributes > Default Attribs...

3.2. Xác định các thông số điều khiển việc chia lưới

ANSYS cung cấp nhiều công cụ điều khiển mật độ lưới, nằm ở hai mức tổng thể và cục bộ:

- Điều khiển tổng thể:

+ Kích thước thông minh.

+ Kích thước phần tử tổng thể.

+ Kích thước mặc định.

- Điều khiển địa phương:

+ Kích thước điểm.

+ Kích thước đường.

+ Kích thước diện tích.

* *Kích thước thông minh*

- Xác định kích thước phần tử bằng cách ấn định các khoảng chia trên tất cả các đường có tính đến độ cong, vị trí lân cận lỗ và các đặc tính khác, và bậc phần tử.

- Chức năng kích thước thông minh để tắt theo mặc định, tuy nhiên nó có thể dùng trong chia lưới tự do. Nó không có tác dụng trong chia lưới có quy tắc.

- Để sử dụng chức năng kích thước thông minh:

+ Bật hộp thoại MeshTool (Preprocessor > Meshing > MeshTool), bật chức năng SmartSize, đặt mức kích thước cần thiết. Độ lớn của kích thước từ mức 1 (rất mịn) đến mức 10 (rất thô), mặc định là 6.

+ Nên chia lưới tất cả các thể tích (hoặc tất cả các diện tích) trong một lần, hơn là từng thực thể một.

MeshTool

Element Attributes:

Global

Set

Smart Size

Fine

6

Coarse

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

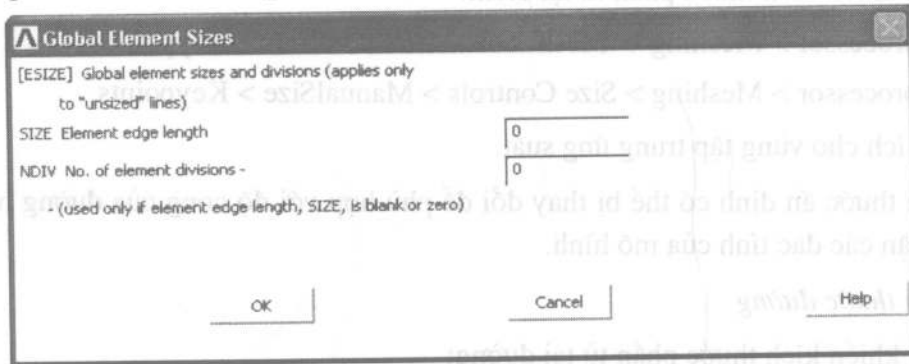
* Kích thước phần tử tổng thể

- Cho phép ấn định kích thước cạnh phần tử lớn nhất cho toàn bộ mô hình (hoặc số khoảng chia trên mỗi đường):

+ Preprocessor > Meshing > MeshTool > "Size Controls – Global".

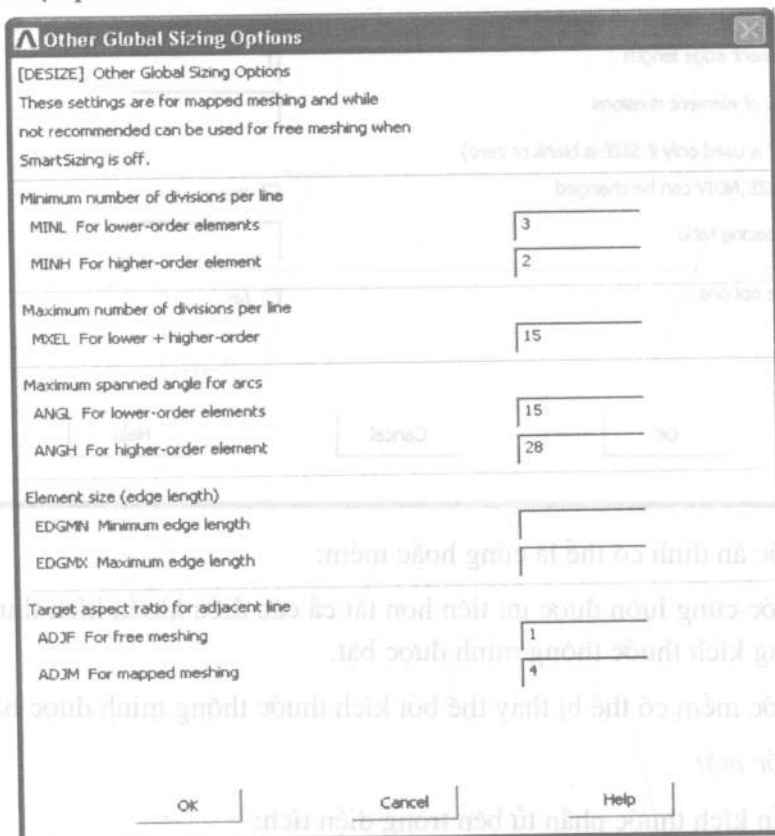
hoặc:

+ Preprocessor > Meshing > Size Controls > ManualSize > Global > Size.



* Kích thước mặc định

- Nếu ta không sử dụng một tính năng điều khiển nào thì Ansys sẽ sử dụng kích thước mặc định, nó sẽ ấn định các khoảng chia cạnh lớn nhất và nhỏ nhất, tỉ lệ tương quan... dựa vào bậc phần tử.



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Chủ yếu dùng cho chia lưới có quy tắc, tuy nhiên cũng dùng cho chia lưới tự do nếu tắt chức năng kích thước thông minh.

- Việc điều chỉnh kích thước mặc định qua Preprocessor > Meshing > Size Controls > ManualSize > Global > Other.

* Kích thước điểm

- Điều khiển kích thước phần tử tại điểm:

+ Preprocessor > Meshing > MeshTool > "Size Controls – Keypoints".

+ Preprocessor > Meshing > Size Controls > ManualSize > Keypoints.

- Hữu ích cho vùng tập trung ứng suất.

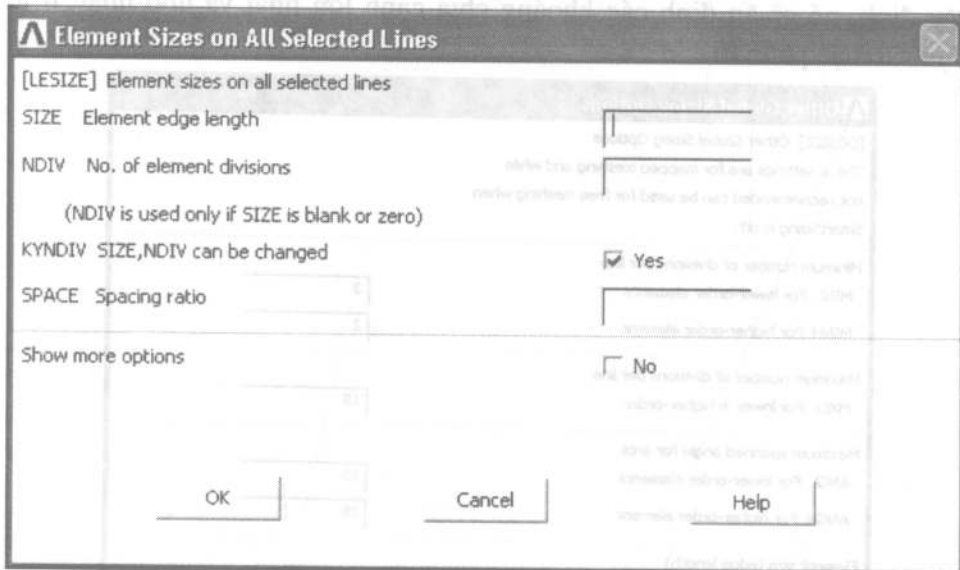
- Kích thước ấn định có thể bị thay đổi để phù hợp với độ cong của đường hoặc các vị trí lân cận các đặc tính của mô hình.

* Kích thước đường

- Điều khiển kích thước phần tử tại đường:

+ Preprocessor > Meshing > MeshTool > "Size Controls – Lines".

+ Preprocessor > Meshing > Size Controls > ManualSize > Lines.



- Kích thước ấn định có thể là cứng hoặc mềm:

+ Kích thước cứng luôn được ưu tiên hơn tất cả các điều khiển kích thước khác ngay cả khi chức năng kích thước thông minh được bật.

+ Kích thước mềm có thể bị thay thế bởi kích thước thông minh được bật.

* Kích thước mặt

- Điều khiển kích thước phần tử bên trong diện tích:

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

+ Preprocessor > Meshing > MeshTool > “Size Controls – Areas”.

+ Preprocessor > Meshing > Size Controls > ManualSize > Areas.

- Kích thước ấn định có thể bị thay đổi để phù hợp với độ cong của đường hoặc các vị trí lân cận các đặc tính của mô hình.

3.3 Tạo lưới phần tử hữu hạn

Có 2 phương pháp chia lưới: tự do và có quy tắc.

* Chia lưới tự do

+ Không hạn chế dạng phần tử. Lưới không đi theo bất kỳ một mẫu nào.

+ Thích hợp cho những dạng thể tích và diện tích phức tạp.

* Chia lưới có quy tắc

+ Hạn chế dạng phần tử dạng tứ giác cho diện tích và dạng lục diện cho thể tích.

+ Diễn hình là có một mẫu đều đặn với những dãy phần tử rõ ràng.

+ Thích hợp duy nhất cho những thể tích hoặc diện tích đều đặn ví dụ như hình chữ nhật hoặc hình hộp.

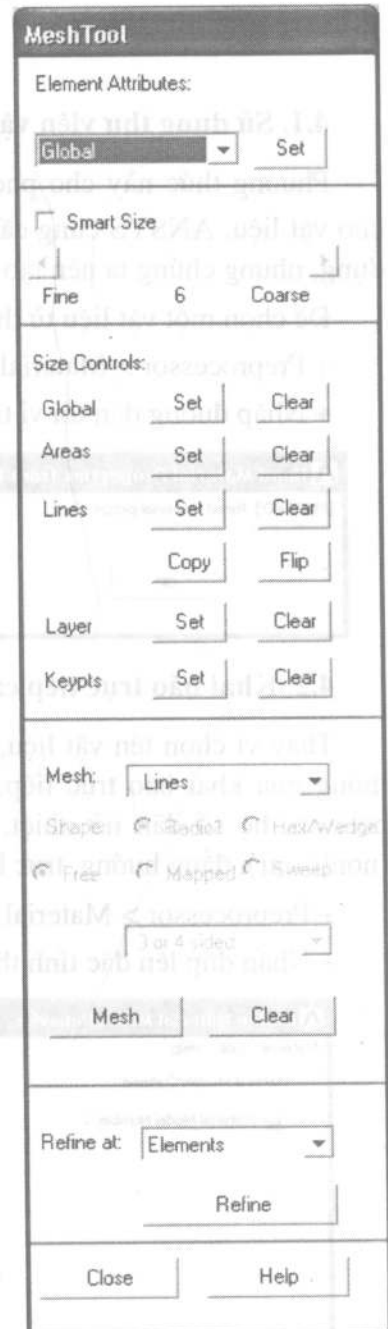
Trong tài liệu này chúng ta chỉ nghiên cứu đến kiểu chia lưới tự do vì các kết cấu mà chúng ta quan tâm không thoả mãn kiểu chia lưới có quy tắc.

* Để tạo chia lưới tự do

+ Bật hộp thoại Mesh Tool và kiểm tra mặc định chia lưới tự do.

+ Kích thước thông minh thường được khuyến nghị với chia lưới tự do, do đó ta kích hoạt nó và chỉ định mức kích thước.

+ Bắt đầu chia lưới bằng cách ấn nút [Mesh], ấn nút [PickAll] trên hộp thoại để chọn tất cả các thực thể.



Chương 4

CÁC THUỘC TÍNH VẬT LIỆU

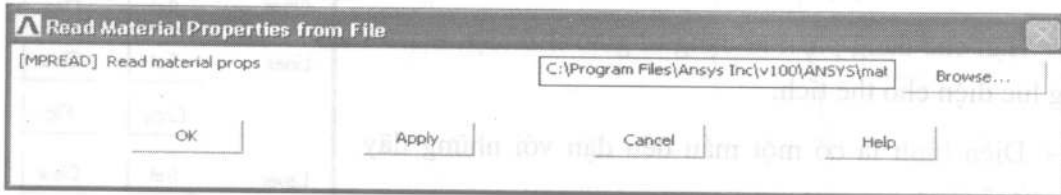
4.1. Sử dụng thư viện vật liệu

Phương thức này cho phép chúng ta chọn một tính chất đã được định nghĩa trước cho vật liệu. ANSYS cung cấp các tính chất cơ học đặc trưng cho một số vật liệu thông dụng, nhưng chúng ta nên tạo ra một thư viện vật liệu cho riêng mình.

Để chọn một vật liệu từ thư viện:

+ Preprocessor > Material Props > Read from File

+ Nhập đường dẫn tới vị trí file dữ liệu chứa thư viện vật liệu.

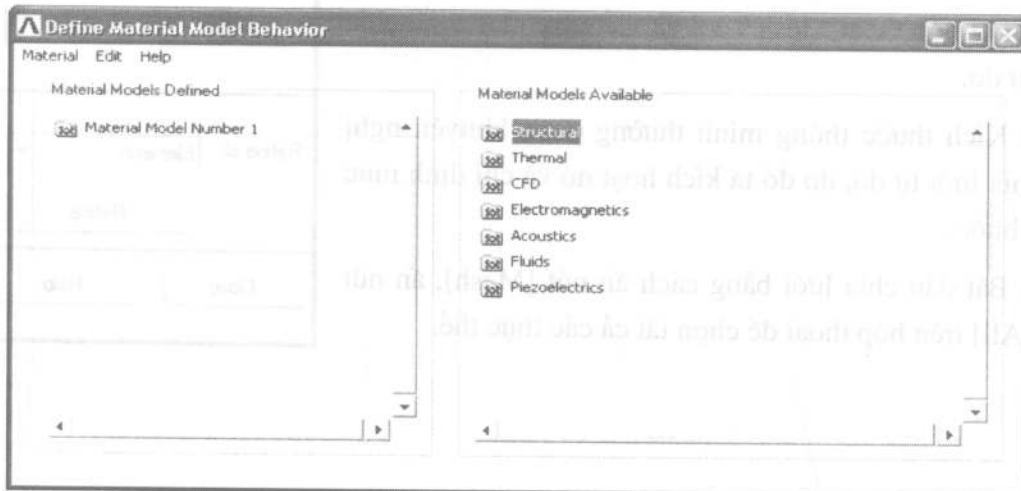


4.2. Khai báo trực tiếp các thông số vật liệu

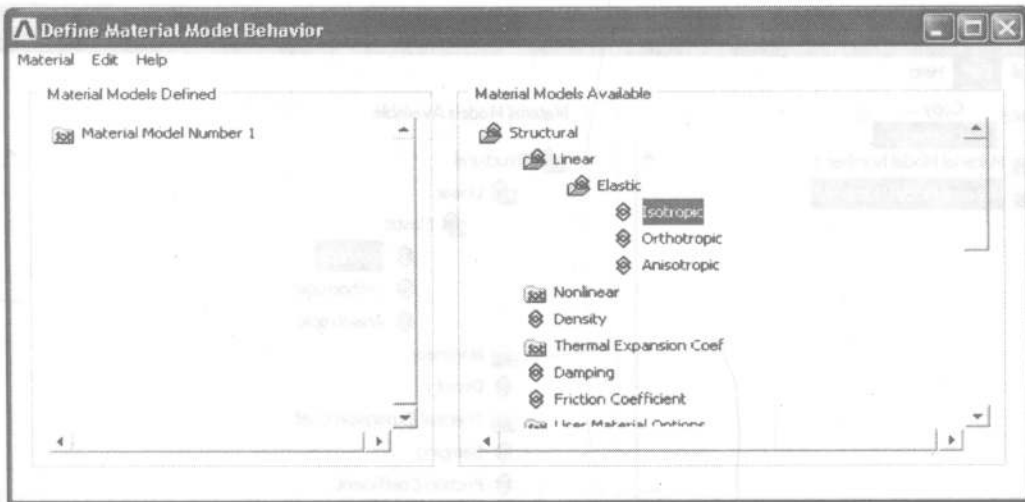
Thay vì chọn tên vật liệu, phương thức này xác định các thông số vật liệu cần thiết thông qua khai báo trực tiếp. Các thông số vật liệu có thể là mô đun đàn hồi, hệ số poisson, hệ số dẫn nở nhiệt, ..., vật liệu có thể là tuyến tính (linear) hay phi tuyến (nonlinear), đẳng hướng, trục hướng, dị hướng, ...

+ Preprocessor > Material Props > Material Model

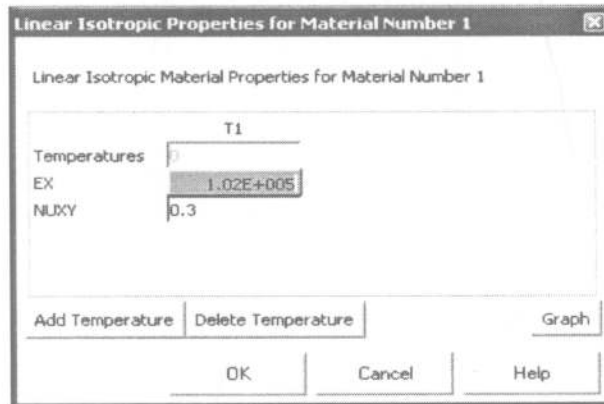
+ Nhấn đúp lên đặc tính thích hợp đã được định nghĩa.



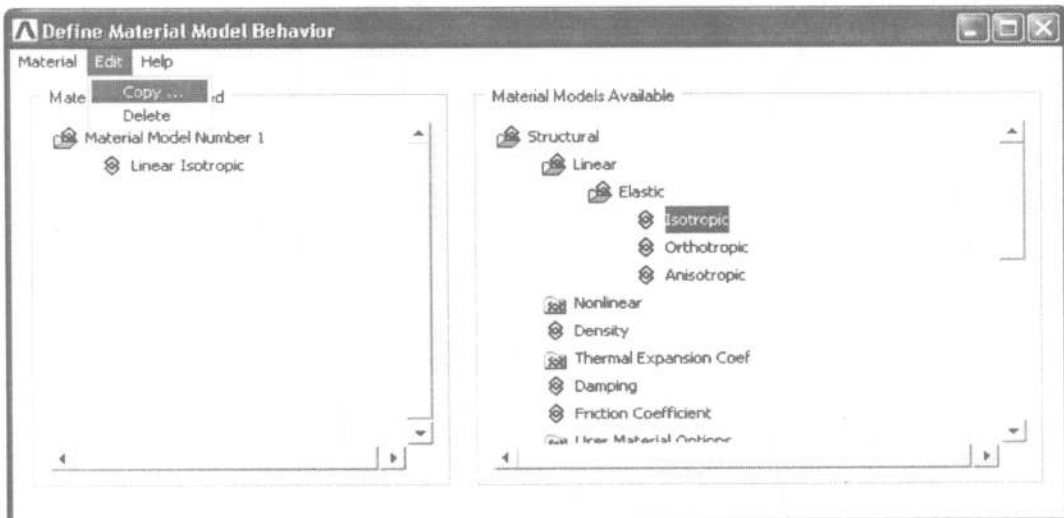
+ Thực hiện công việc tham nhập cấu trúc cây tới kiểu vật liệu đã được định nghĩa.



+ Sau đó nhập giá trị từng thông số một. Ví dụ: Vật liệu là tuyến tính đẳng hướng có mô đun đàn hồi là 1.02×10^5 KN/m² và hệ số poisson là 0.3.

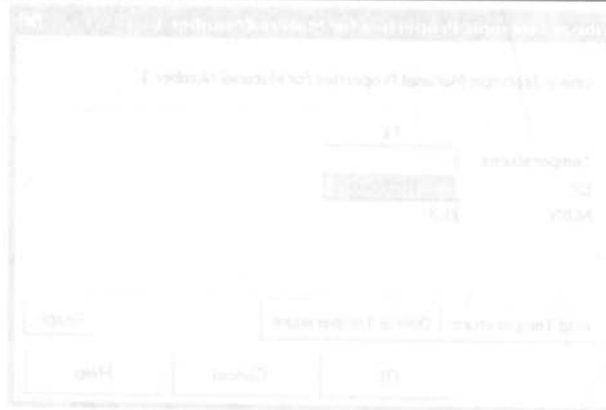
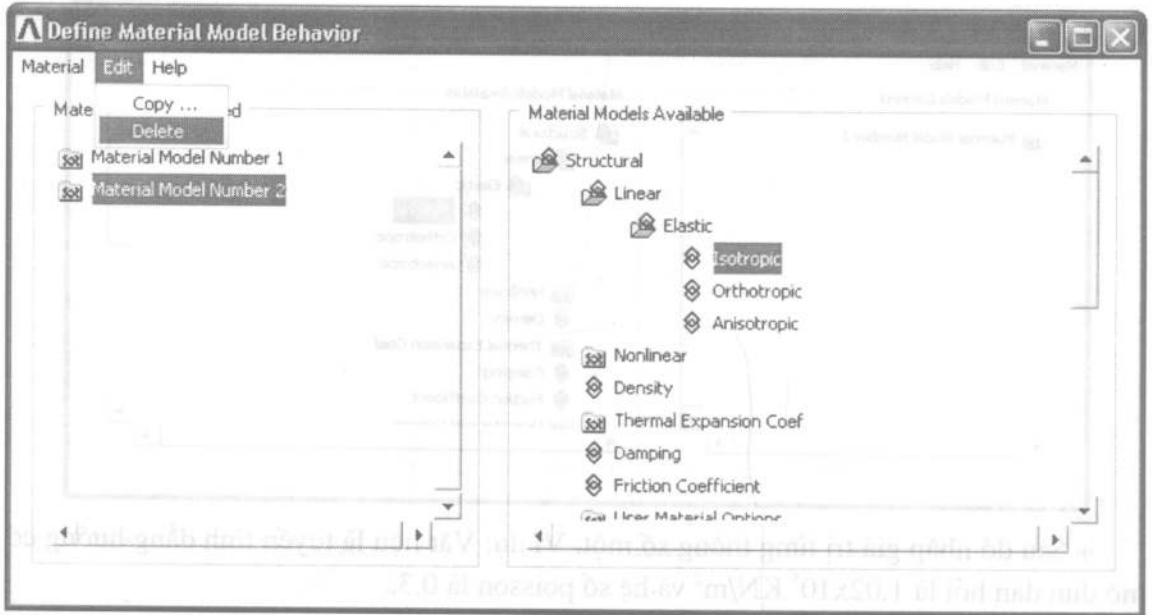


Để sao chép các mô hình vật liệu từ một bảng tới bảng khác.



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

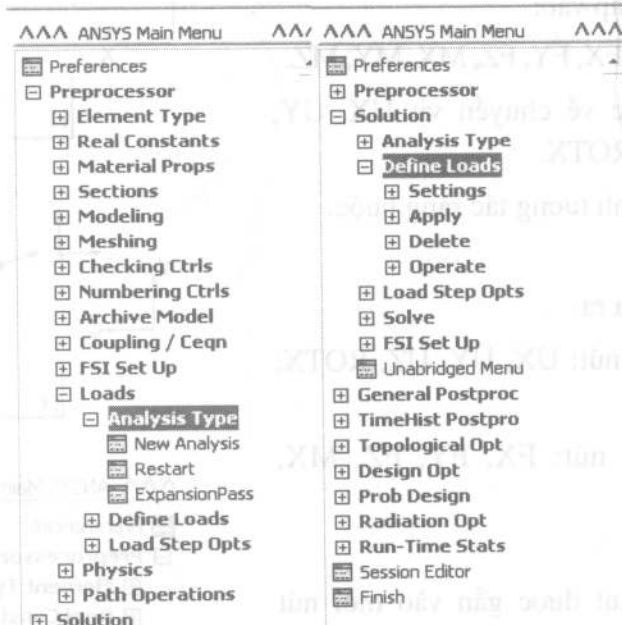
Để xoá các mô hình vật liệu.



Chương 5 ĐẶT TẢI

5.1. Định nghĩa tải

Ta có thể đặt tải trong menu Preprocessor hoặc menu Solution



Có năm loại tải sau:

- + Những ràng buộc chuyển vị: áp đặt bằng DOF, ví dụ như chuyển vị trong một phân tích ứng suất, hoặc nhiệt độ trong một phân tích nhiệt.
- + Tải trọng tập trung (Concentrated Load): tải đặt vào điểm, ví dụ lực tập trung hay mô men trong phân tích kết cấu.
- + Tải phân bố bề mặt (Surface Load): tải phân bố trên toàn bộ một bề mặt, ví dụ như áp suất.
- + Tải phân bố thể tích (Body Load): tải phân bố thể tích hoặc tải trường, ví dụ như nhiệt độ hoặc sự sinh nhiệt bên trong.
- + Tải quán tính (Inertia Load): tải khối lượng kết cấu hoặc tải quán tính, ví dụ trọng lực hoặc vận tốc quay.

Có thể đặt tải trên mô hình hình học hoặc trực tiếp trên mô hình FEA (các nút và các phần tử).

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

+ Đặt tải trên mô hình hình học dễ hơn vì phải chọn ít thực thể hơn. Tải đặt trên mô hình hình học không phụ thuộc vào lưới. Do đó không cần đặt lại tải khi thay đổi lưới.

+ Dù cho các đặt tải như thế nào, thì FEA cũng cần có tải trên mô hình phần tử hữu hạn. Vì thế, tải đặt trên mô hình hình học sẽ được tự động chuyển đổi đến các nút và các phần tử trong quá trình chia phần tử.

5.2. Hệ tọa độ nút (Nodal coordinate system – NCS)

Tất cả các lực, chuyển vị nút phụ thuộc vào hướng khác được biểu diễn trong hệ tọa độ nút.

Các đại lượng nhập vào:

+ Lực và mômen: $F_X, F_Y, F_Z, M_X, M_Y, M_Z$.

+ Các ràng buộc về chuyển vị: $U_X, U_Y, U_Z, R_{OTX}, R_{OTY}, R_{OTZ}$.

+ Các phương trình tương tác ràng buộc.

+...

Các đại lượng đưa ra:

+ Các chuyển vị nút: $U_X, U_Y, U_Z, R_{OTX}, R_{OTY}, R_{OTZ}$.

+ Các phản lực nút: $F_X, F_Y, F_Z, M_X, M_Y, M_Z$.

+...

Một hệ tọa độ nút được gắn vào mỗi nút trong mô hình.

Mặc định, NCS song song với hệ tọa độ tổng thể, có nghĩa là tất cả các lực và chuyển vị áp đặt được biểu diễn trong hệ tọa độ tổng thể theo mặc định.

Nếu cần ta có thể quay NCS sang một hướng khác. Ví dụ:

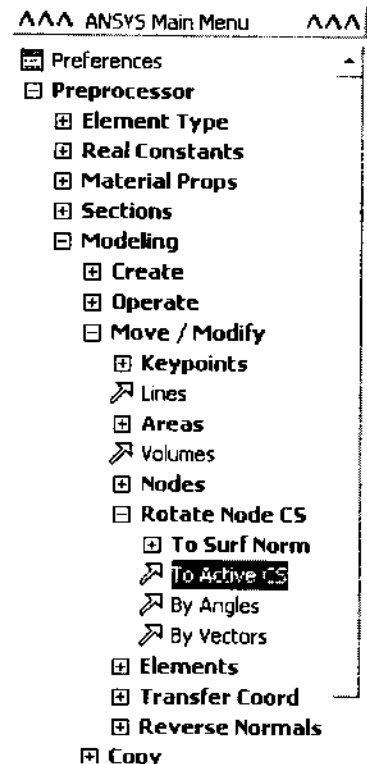
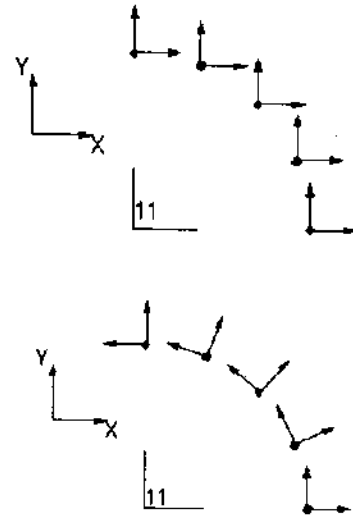
+ Để mô phỏng ổ đỡ bi đặt nghiêng.

+ Để đặt lực hướng tâm.

+ Để đặt các ràng buộc hướng tâm.

Để quay NCS của nút, dùng thủ tục gồm bốn bước

1. Chọn các nút cần phải quay hệ tọa độ.



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

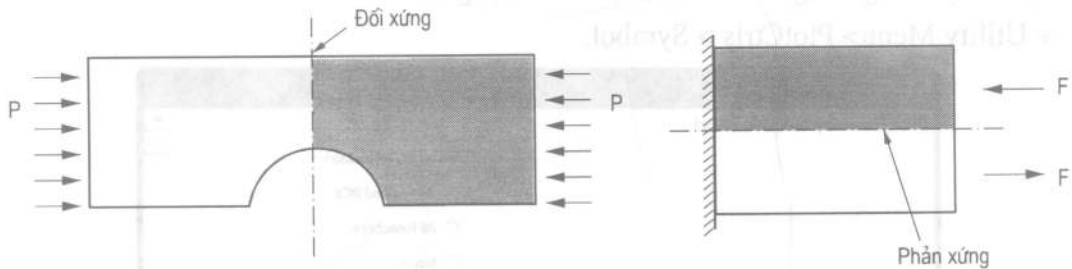
2. Kích hoạt hệ tọa độ (hoặc tạo một hệ tọa độ địa phương) trên nút.

3. Chọn Preprocessor> Modeling> Move/Modify> Rotate Node CS> To Active CS, rồi ấn [Pick All] trên hộp thoại lựa chọn.

4. Kích hoạt lại tất cả các nút.

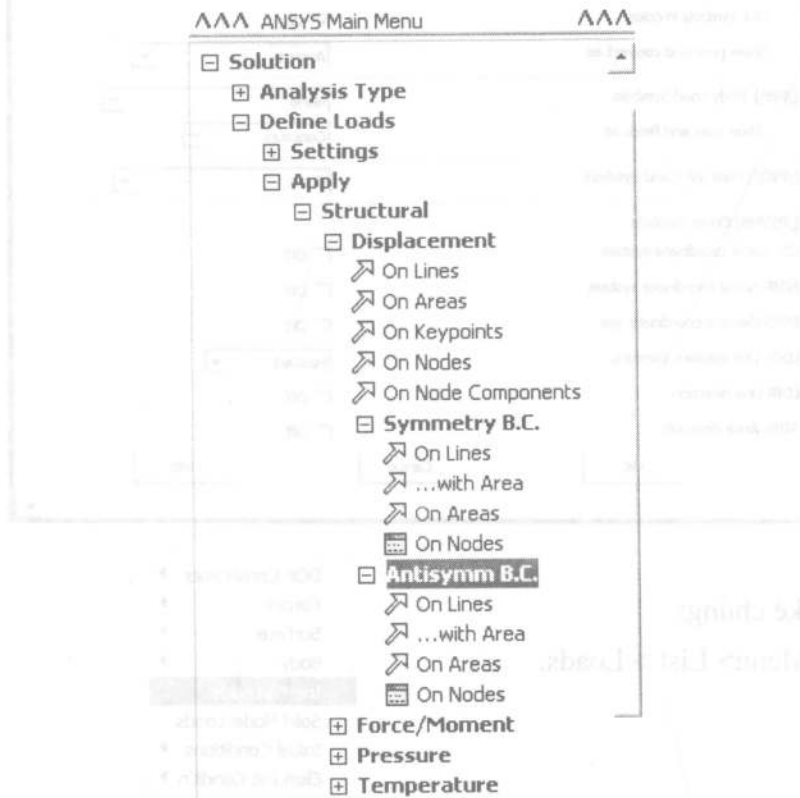
5.3. Các ràng buộc chuyển vị

Các ràng buộc chuyển vị cũng được dùng để đặt các điều kiện biên (Boundary Condition, BC) đối xứng hoặc phản xứng.



+ Điều kiện biên đối xứng: chuyển vị dài ngoài mặt phẳng và chuyển vị góc trong mặt phẳng được cố định.

+ Điều kiện biên phản xứng: chuyển vị dài trong mặt phẳng và chuyển vị góc ngoài mặt phẳng được cố định.



5.4. Lực tập trung

Lực tải tập trung được đặt ở nút hoặc điểm.

Lực tập trung thích hợp cho các mô hình phần tử đường như dầm, thanh.

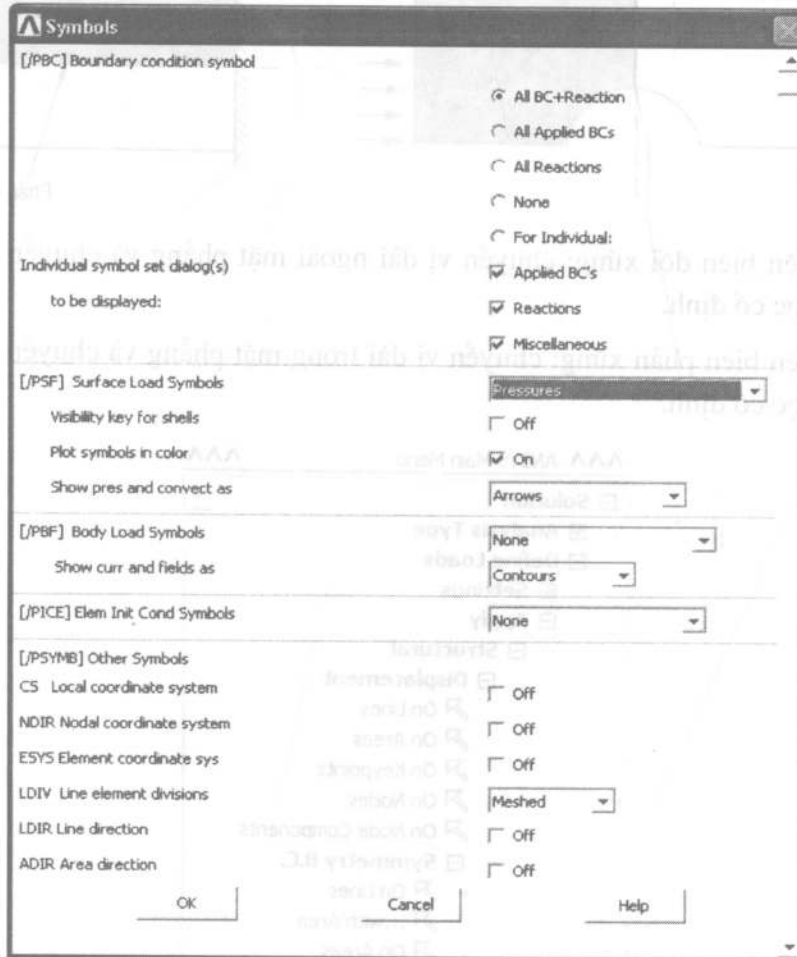
Chú ý cho các mô hình đối xứng trục:

- Giá trị lực nhập vào được tính trên toàn bộ 360 độ;
- Các giá trị đưa ra (phản lực) cũng được tính trên toàn bộ 360 độ.

5.5. Hiển thị tải

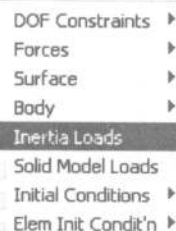
Hiển thị chúng bằng cách kích hoạt biểu tượng tải:

+ Utility Menu > PlotCtrls > Symbol.



Hoặc liệt kê chúng:

+ Utility Menu > List > Loads.



Chương 6

CÁC BƯỚC TÍNH TOÁN

6.1. Các phương pháp giải

Chức năng của môđun phân tích kết cấu là để giải hệ phương trình cân bằng (lực, nhiệt..) theo phương pháp PTHH.

Thời gian tính toán có thể kéo dài từ vài giây đến nhiều giờ phụ thuộc vào kích thước mô hình và tốc độ của máy tính.

Một phép phân tích tuyến tính với một bước tải chỉ yêu cầu một lời tính toán như vậy, nhưng một phép phân tích phi tuyến có thể yêu cầu mười, một trăm hoặc thậm chí hàng nghìn lời giải. Do đó phương pháp mà chúng ta chọn để giải sẽ rất quan trọng.

Các phương pháp giải trong Ansys có thể được phân loại thành 3 dạng sau:

+ Các phương pháp khử trực tiếp

- Frontal.
- Spare (mặc định).

+ Các phương pháp lặp

- PCG (Pre-conditioned Conjugate Gradient).
- ICCG (Incomplete Cholesky Conjugate Gradient).
- JCG (Jacobi Conjugate Gradient).

+ Các phương pháp thực hiện song song

- AMG (Algebraic Multgrid).
- DDS (Distributed Domain Solver).

** Phương pháp khử trực tiếp giải theo các bước sau:*

1. Thiết lập các ma trận phần tử.

2. Đọc vào các bậc tự do (DOF) cho phần tử đầu tiên.

3. Khử bất kỳ DOF nào mà đã biết giá trị hoặc không độc lập (có thể biểu diễn như một hàm của các DOF khác), sau đó viết phương trình vào tệp *.tri. Các DOF còn lại sẽ tạo thành wavefront.

4. Lặp lại bước 2 và 3 cho tất cả các phần tử cho đến khi tất cả các DOF đã được khử. Tệp *.tri bây giờ chứa một ma trận tam giác.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

5. Tính các DOF bằng phương pháp thế ngược, sau đó sử dụng các ma trận phần tử để tính cho các phần tử.

- Wavefront là số DOF còn lại trong quá trình tam giác hoá vì chúng vẫn cần chưa được khử. Nó phình ra và co lại trong quá trình giải, và cuối cùng bằng 0 khi tất cả các DOF được khử.

- Giá trị của wavefront trực tiếp tác động đến thời gian giải: wavefront càng cao thì thời gian giải càng lớn.

* Phương pháp lập giải theo các bước sau:

1. Thiết lập các ma trận phần tử.

2. Thiết lập ma trận độ cứng tổng thể.

3. Bắt đầu với giả thiết là các DOF đều có giá trị bằng không, rồi giải lặp tới khi hội tụ.

4. Sử dụng các ma trận phần tử để tính cho các phần tử.

- Sự khác nhau giữa các phương pháp lập PCG, ICG, ICCG là cách khởi tạo điều kiện ban đầu.

Phương pháp giải	Sử dụng	Kích thước mô hình (DOF)	Sử dụng bộ nhớ	Sử dụng đĩa
Frontal	Khi yêu cầu cấu hình mạnh (phân tích phi tuyến) hoặc khi bộ nhớ bị giới hạn	<50k	Thấp	Cao
Sparse	Khi đòi hỏi tốc độ giải (phân tích phi tuyến), đối với phân tích tuyến tính khi các phương pháp lập chậm hội tụ (nhất là khi các ma trận không chuẩn, ví dụ như các kích thước của phần tử không đều).	10k-500k (mô hình vỏ và dầm có thể lớn hơn)	Trung bình	Cao
PCG	Khi tốc độ giải là quan trọng (phân tích tuyến tính cho các mô hình lớn nhất là các mô hình khối).	50k-1000k	Cao	Thấp
ICCG	Khi tốc độ giải là quan trọng trong các bài toán tương tác nhiều môi trường. Xử lý các mô hình khó hội tụ bằng các phương pháp giải lập khác (các ma trận gần như không xác định).	50k-1000k	Cao	Thấp
JCG	Khi tốc độ giải là quan trọng trong các bài toán tương tác một môi trường.	50k-1000k	Trung bình	Thấp

* Phương pháp giải song song:

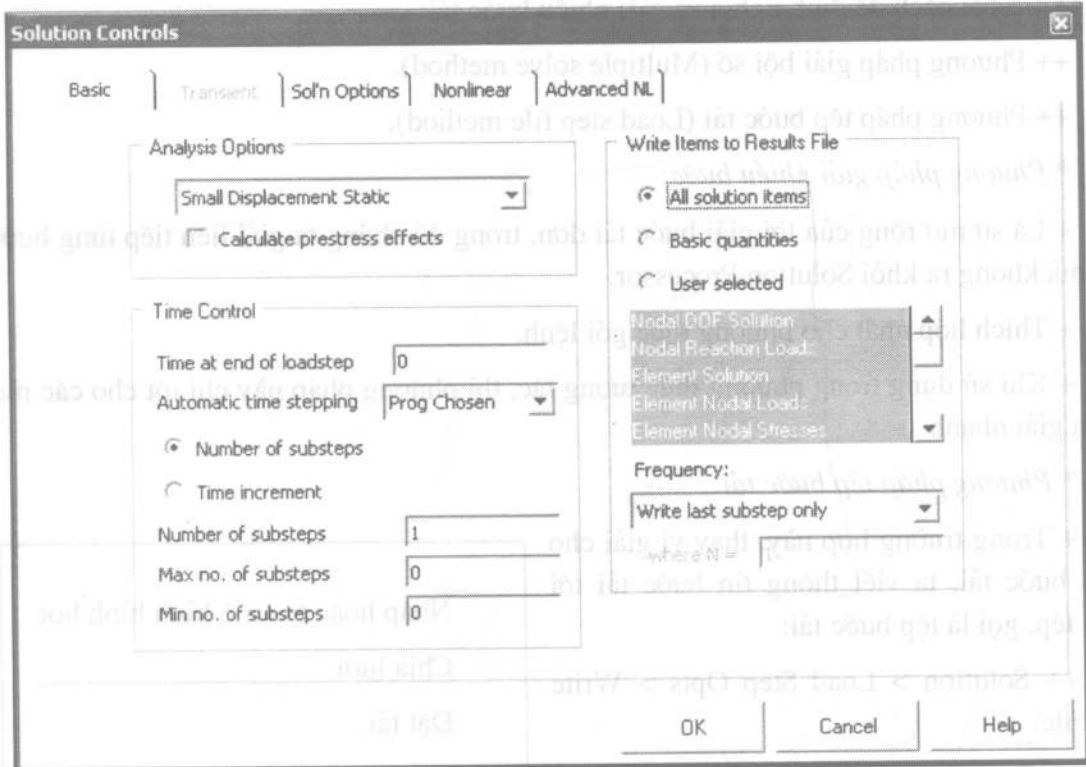
+ AMG là phương pháp lập mà có thể được sử dụng trong các môi trường đơn và đa xử lý.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

+ DDS là phương pháp chia các mô hình lớn thành các miền nhỏ hơn, rồi gửi các miền này đến giải trong các bộ xử lý riêng biệt.

* Để chọn phương pháp giải:

+ Solution > Analysis Type > Sol'n Control, rồi chọn tab Sol'n Options trên hộp thoại.



6.2. Nhiều bước tải (multiple loadsteps)

Chúng ta đã biết làm thế nào để giải bài toán với một tập các điều kiện tải trọng, tức là một bước tải.

- + Nhập hoặc tạo mô hình hình học.
- + Chia lưới.
- + Đặt tải.
- + Giải (một bước tải).
- + Khai thác kết quả.

Nếu chúng ta có nhiều điều kiện tải trọng, chúng ta có thể chọn một trong hai cách:

- + Giải cho tất cả các tải trọng đồng thời trong một bước tải.
- + Hoặc đặt riêng từng điều kiện tải trọng và giải nhiều bước tải.

Một bước tải có thể được định nghĩa là một tập các tải và cung cấp một lời giải tương ứng.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Bằng cách sử dụng nhiều bước tải, chúng ta có thể:

- + Tách kết quả của kết cấu ứng với mỗi điều kiện tải.
- + Kết hợp các kết quả này theo nhu cầu bất kỳ khi xử lý kết quả, cho phép chúng ta nghiên cứu các giả lập.

+ Có hai cách để định nghĩa và giải nhiều bước tải:

- ++ Phương pháp giải bội số (Multiple solve method).
- ++ Phương pháp tệp bước tải (Load step file method).

* *Phương pháp giải nhiều bước:*

+ Là sự mở rộng của lời giải bước tải đơn, trong đó chúng ta giải liên tiếp từng bước tải mà không ra khỏi Solution Processor.

+ Thích hợp nhất cho phương thức gói lệnh.

+ Khi sử dụng trong phương thức tương tác, thì phương pháp này chỉ tốt cho các mô hình giải nhanh.

* *Phương pháp tệp bước tải*

+ Trong trường hợp này, thay vì giải cho mỗi bước tải, ta viết thông tin bước tải tới một tệp, gọi là tệp bước tải:

++ Solution > Load Step Opts > Write LS File.

+ Tệp bước tải được đặt tên là jobname.s01, jobname.s02, jobname.s03..

+ Sau khi các bước tải đã được viết ra, chúng ta có thể sử dụng một lệnh Solution > Solve > From LS File để đọc liên tiếp tải trọng trong mỗi file và giải.

+ Thuận lợi của phương thức file bước tải là chúng ta có thể đặt tất cả các bước tải ngay cho cả một mô hình lớn một cách tương tác và sau đó không cần can thiệp trong quá trình giải.

* *Đối với cả hai phương pháp:*

+ Các tải trọng được đặt trong bước tải trước sẽ nằm lại trong cơ sở dữ liệu trừ khi chúng bị xoá. Cho nên cần xoá mọi tải trọng không còn thuộc bước tải hiện thời.

Nhập hoặc tạo mô hình hình học

Chia lưới.

Đặt tải.

Giải (bước tải 1).

Đặt tải khác.

Giải (bước tải 2).

Đặt tải khác.

Giải (bước tải 3).

V.V...

Khai thác kết quả.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

+ Các kết quả cho mỗi bước tải được viết vào các file kết quả và được nhận biết như bước tải 1, bước tải 2, v.v...

+ Trong giai đoạn khai thác kết quả, đầu tiên chúng ta đọc vào tập hợp các kết quả mong muốn và sau đó xem lại chúng.

- [-] **General Postproc**
- [-] Data & File Opts
- [-] Results Summary
- [-] **Read Results**
- [-] First Set
- [-] Next Set
- [-] Previous Set
- [-] Last Set
- [-] By Pick
- [-] By Load Step
- [-] By Time/Freq
- [-] By Set Number

Nhập hoặc tạo mô hình hình học

Chia lưới.

Đặt tải.

Viết vào file LS (.s01).

Đặt tải khác.

Viết vào file LS (.s02).

Đặt tải khác.

Viết vào file LS (.s03).

v.v...

Giải từ các file LS.

Khai thác kết quả.

+ Cơ sở dữ liệu chứa các tải trọng và các kết quả của bước tải giải cuối cùng.

Chương 7

PHÂN TÍCH KẾT CẤU

7.1. Xử lý ban đầu

Trong chương này, chúng ta sẽ mô tả cách sử dụng ANSYS để tiến hành phân tích kết cấu.

7.1.1. Hình học

Có thể được tạo trong Ansys hoặc được nhập vào từ các chương trình CAD (xem chương 9).

Bao gồm chi tiết để hoàn thiện lời giải:

- + Cần đủ thông tin để mô hình hoá độ cứng của kết cấu.
- + Bổ sung chi tiết để tránh tập trung ứng suất của kết cấu.
- + Loại bỏ chi tiết ngoài vùng quan tâm (ví dụ loại trừ các lỗ rất nhỏ).
- + Bổ sung chi tiết để cải thiện các điều kiện biên (ví dụ đặt áp suất trên một diện tích tốt hơn là sử dụng tải tập trung).

7.1.2. Chia lưới

* *Chọn kiểu phần tử:*

+ Bảng dưới đây đưa ra các kiểu phần tử kết cấu hay sử dụng.

	Phần tử 2D	Khối 3D	Vỏ 2D	Các phần tử đường
Tuyến tính	PLANE42	SOLID45	SHELL63 SHELL181	BEAM3 BEAM4
Bậc hai	PLANE82 PLANE4	SOLID95 SOLID92	SHELL93	

+ Các DOF nút có thể là: UX, UY, UZ (tịnh tiến), ROTX, ROTY, ROTZ (quay).

* *Chọn các thuộc tính vật liệu:*

+ Yêu cầu tối thiểu là mô đun đàn hồi EX.

+ Đặt dạng phân tích kết cấu để giao diện người dùng chỉ hiện thị các thuộc tính vật liệu kết cấu.

* *Chọn hằng số đặc trưng:*

+ Chỉ cần cho các phần tử vỏ hoặc phần tử đường.

7.1.3. Định nghĩa tải trọng (Load)

Các điều kiện load trên kết cấu có thể là:

- + Các ràng buộc DOF: các vùng trên mô hình có chuyển vị xác định;
- + Các lực tập trung: các ngoại lực được đơn giản hoá như một tải điểm;
- + Áp lực: các bề mặt có diện tích xác định;
- + Nhiệt độ đều: nhiệt độ đặt vào như một lực thể tích kết hợp với một nhiệt độ tham chiếu để mô phỏng ứng suất nhiệt.

7.1.4. Các ràng buộc về chuyển vị

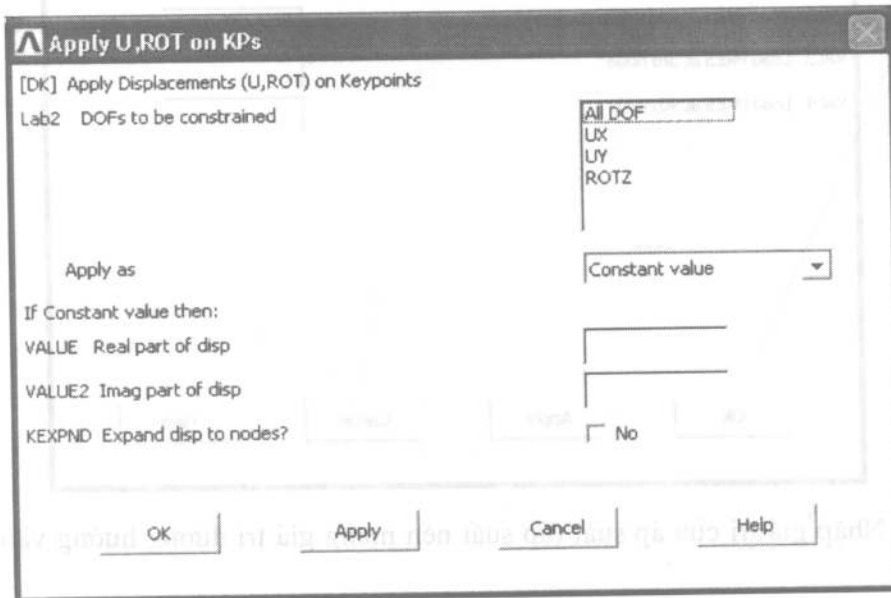
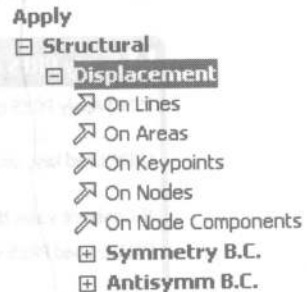
Sử dụng để xác định vị trí có liên kết của mô hình (vị trí có chuyển vị bằng 0) hoặc để mô phỏng một chuyển vị cưỡng bức (có thể khác 0).

Để áp đặt các ràng buộc chuyển vị:

+ Solution > Define Loads > Apply > Structural > Displacement

++ Chọn loại thực thể muốn đặt ràng buộc.

++ Chọn thực thể muốn ràng buộc trên màn hình.



++ Chọn hướng ràng buộc (giá trị mặc định là bằng 0).

7.1.5. Lực tập trung

Để đặt một lực cần quan tâm những thông tin dưới đây:

+ Chỉ số nút hoặc điểm đặt tải.

- + Cường độ của lực
- + Hướng của lực.

Dùng: Solution > Define Loads > Apply > Structural > Force/Moment

7.1.6. Áp lực

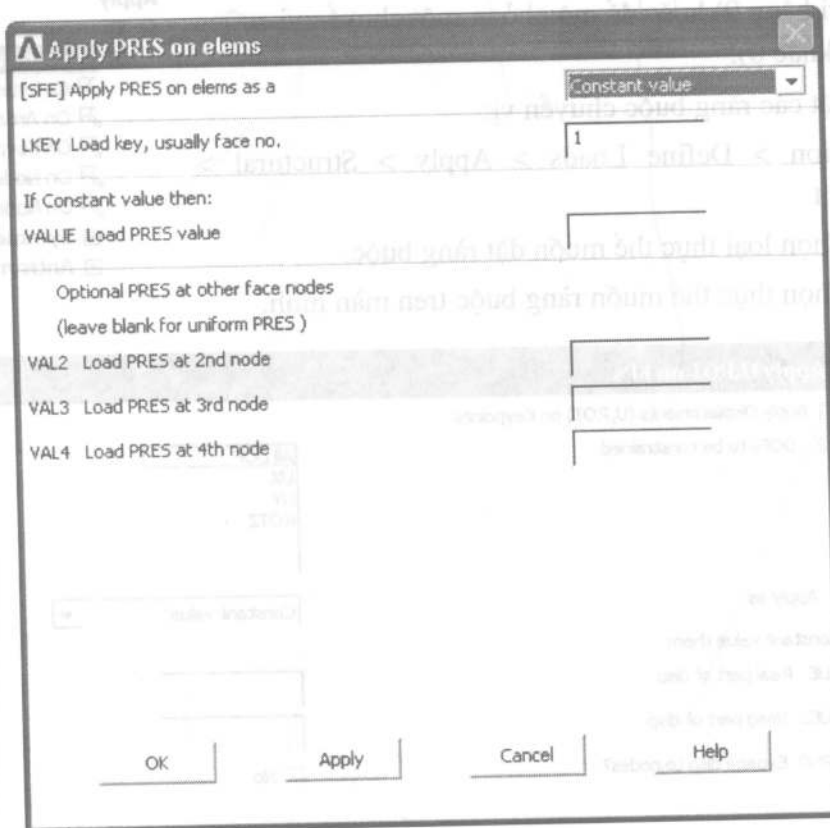
Để gán tải áp lực:

+ Solution > Define Loads > Apply > Structural > Pressure

++ Chọn loại đối tượng muốn đặt áp lực – thường là trên đường cho mô hình 2D, trên mặt cho mô hình 3D.

++ Chọn đối tượng muốn đặt áp lực trên màn hình.

- Pressure
 - On Lines
 - On Areas
 - On Nodes
 - On Node Components
 - On Elements
 - On Element Components
 - From Fluid Analy
 - On Beams
- Temperature



++ Nhập giá trị của áp suất (áp suất nén mang giá trị dương hướng vào tâm của phần tử).

Với một mô hình 2D, áp suất thường được đặt trên một đường, ta có thể ấn định một áp suất thay đổi tuyến tính bằng cách nhập vào các giá trị cho cả hai đầu nút I (VALI) và J (VALJ) của đường.

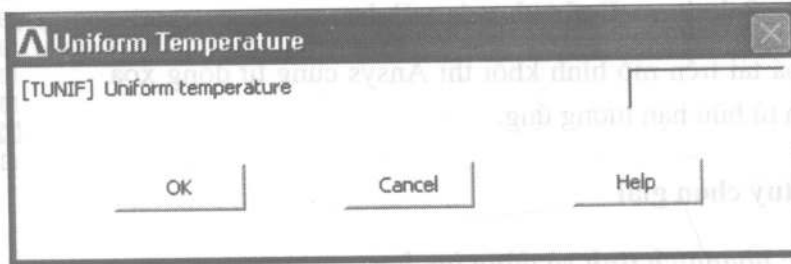
I và J được xác định bởi hướng của đường. Nếu thấy hướng thay đổi tải ngược với hướng mong muốn thì đặt áp lực theo hướng ngược lại.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

7.1.7. Nhiệt độ

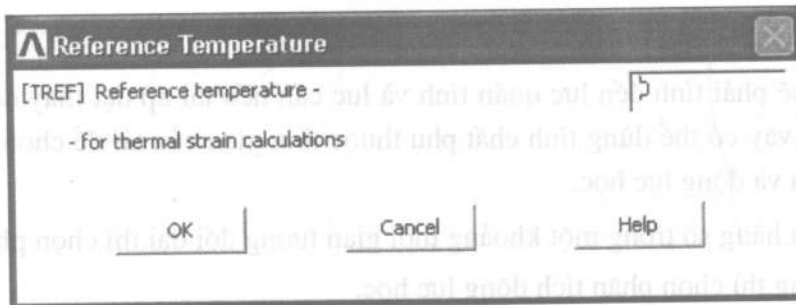
Để gán tải nhiệt độ không đổi

+ Solution > Define Loads > Apply > Structural > Temperature > Uniform Temp



Để định nghĩa nhiệt độ quy chiếu

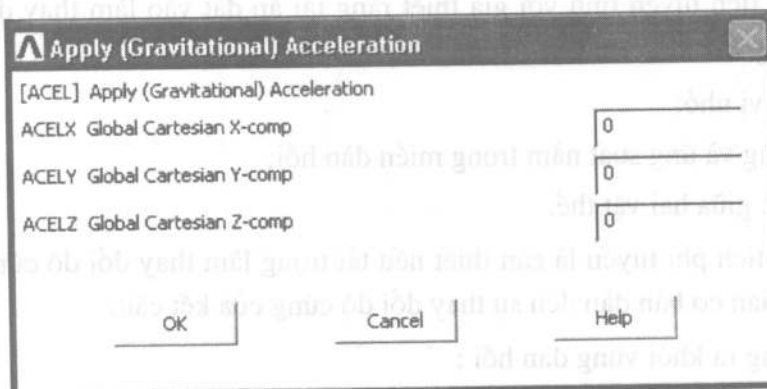
+ Solution > Load Step Opts > Other > Reference Temp



7.1.8. Trọng lực

Để đặt gia tốc trọng trường

+ Solution > Define Loads > Apply > Structural > Inertia > Gravity



Một giá trị gia tốc dương có nghĩa là chuyển dịch sẽ theo hướng âm. Ví dụ, nếu trục Y là hướng lên, một giá trị gia tốc dương sẽ dẫn đến kết cấu di chuyển xuống dưới.

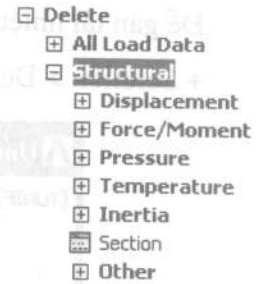
Khối lượng riêng (hoặc dạng khác của khối lượng) phải được định nghĩa cho trọng lực và các tải quán tính khác.

7.1.9. Thay đổi và xoá các tải đã đặt

Để thay đổi một giá trị tải chỉ cần đặt lại tải với một giá trị mới.

Để xoá tải: Solution > Define Loads > Delete >

Khi ta xoá tải trên mô hình khối thì Ansys cũng tự động xoá tất cả tải phần tử hữu hạn tương ứng.



7.2. Các tùy chọn giải

7.2.1. Các phân tích tĩnh và động lực học

Một phân tích tĩnh được giả thiết rằng chỉ có các lực liên quan đến độ cứng là quan trọng.

Một phân tích động lực học tính đến cả ba dạng lực.

Thường sẽ phải tính đến lực quán tính và lực cản nếu tải áp đặt thay đổi nhanh theo thời gian. Vì vậy có thể dùng tính chất phụ thuộc thời gian của tải để chọn giữa hai kiểu phân tích tĩnh và động lực học.

Nếu tải là hằng số trong một khoảng thời gian tương đối dài thì chọn phân tích tĩnh.

Còn không thì chọn phân tích động lực học.

Thông thường nếu tần số kích thích nhỏ hơn 1/3 lần tần số riêng nhỏ nhất của kết cấu thì có thể chấp nhận phân tích tĩnh.

7.2.2. Phân tích tuyến tính và phi tuyến

Một phân tích tuyến tính với giả thiết rằng tải áp đặt vào làm thay đổi không đáng kể đến độ cứng của kết cấu. Các dấu hiệu điển hình:

- + Chuyển vị nhỏ;
- + Biến dạng và ứng suất nằm trong miền đàn hồi;
- + Tiếp xúc giữa hai vật thể.

Một phân tích phi tuyến là cần thiết nếu tải trọng làm thay đổi độ cứng của kết cấu. Các nguyên nhân cơ bản dẫn đến sự thay đổi độ cứng của kết cấu:

- + Biến dạng ra khỏi vùng đàn hồi ;
- + Chuyển vị lớn, ví dụ như tải áp đặt trên một cần cầu;
- + Tiếp xúc giữa hai vật thể.

7.2.3. Khai thác kết quả

Khai thác kết quả của một phân tích ứng suất thường bao gồm:

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

+ Trường chuyển vị;

+ Trường ứng suất;

+ Các phản lực.

* Trường chuyển vị:

+ Nhanh chóng chỉ ra xem tải áp đặt có đúng hướng không.

+ Hiện thị các cột chú giải cho chuyển vị lớn nhất, DMX.

+ Cũng có thể mô phỏng động trường chuyển vị.

+ Để hiện thị trường chuyển vị:

++ General Postproc > Plot Results > Deformed Shape

+ Để mô phỏng động:

++ Utility Menu > PlotCtrls > Animate > Deformed Shape

* Trường ứng suất:

+ Đối với mô hình 3D Ansys có các dạng ứng suất sau:

++ Các ứng suất thành phần: SX, SY, SZ, SXY, SYZ, SXZ (mặc định là trong hệ toạ độ Đécac).

++ Các ứng suất: S1, S2, S3 (ứng suất chính), SEQV (ứng suất tương đương Von Mises), SINT (cường độ ứng suất).

+ Các đường đồng mức cho phép định vị nhanh các điểm nóng hoặc vùng nguy hiểm

++ Lời giải nút (Nodal Solution): các ứng suất được tính trung bình tại các nút, hiện thị bằng các đường đồng mức trơn và liên tục.

++ Lời giải phần tử (Element Solution): không tính trung bình do đó các đường đồng mức sẽ không liên tục.

+ Để hiện thị đường đồng mức ứng suất:

++ General Postproc > Plot Results > Nodal Solu... và

++ General Postproc > Plot Results > Element Solu...

+ Cũng có thể mô phỏng động trường ứng suất:

++ Utility Menu > PlotCtrls > Animate > Deformed Results..

* Các phản lực:

+ Tổng của phản lực theo mỗi hướng phải bằng tổng các tải áp đặt theo hướng đó. Quan sát tốt nhất là liệt kê:

+ General Postproc > List Results > Reaction Solution...

```
PRRSOL Command
File
PRINT REACTION SOLUTIONS PER NODE
***** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING *****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN GLOBAL COORDINATES
      NODE      FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
      1      0.0000      100.00      0.0000      0.0000      0.0000      50000.
TOTAL VALUES
VALUE      0.0000      100.00      0.0000      0.0000      0.0000      50000.
```

7.2.4. Kiểm tra các kết quả

Luôn cần tiến hành 'kiểm tra bản chất vật lý' để đảm bảo lời giải là khả dĩ.

Những thông số cần kiểm tra phụ thuộc vào kiểu bài toán, chẳng hạn một vài câu hỏi cần phải trả lời:

- + Lời giải FEA có phù hợp với kết quả tính tay hay kết quả thực nghiệm không ?
- + Lời giải cho trường chuyển vị có đúng không ? Trước hết cần kiểm tra lời giải chuyển vị FEA vì trường ứng suất FEA là các kết quả dẫn xuất.
- + Các phản lực có cân bằng với tải áp đặt không ?
- + Ứng suất lớn nhất nằm ở vị trí nào ?
- + Giá trị ứng suất có vượt quá giới hạn đàn hồi hay không ?
- + Lưới FEA có phù hợp hay không ?

Chương 8

XỬ LÝ KẾT QUẢ

8.1. Các lựa chọn

Có nhiều cách để khai thác các kết quả trong phần xử lý tổng quát kết quả (general postprocessor, POST1) trong đó một số cách đã được trình bày trong các chương trước.

Trong chương này chúng ta sẽ khai thác thêm 2 phương pháp - lựa chọn kết quả bằng cách nhấn chuột chọn điểm (query) và lựa chọn kết quả theo đường (path) - và cũng giới thiệu về sai lệch kết quả, đánh giá sai số, và kết hợp các trường hợp tải.

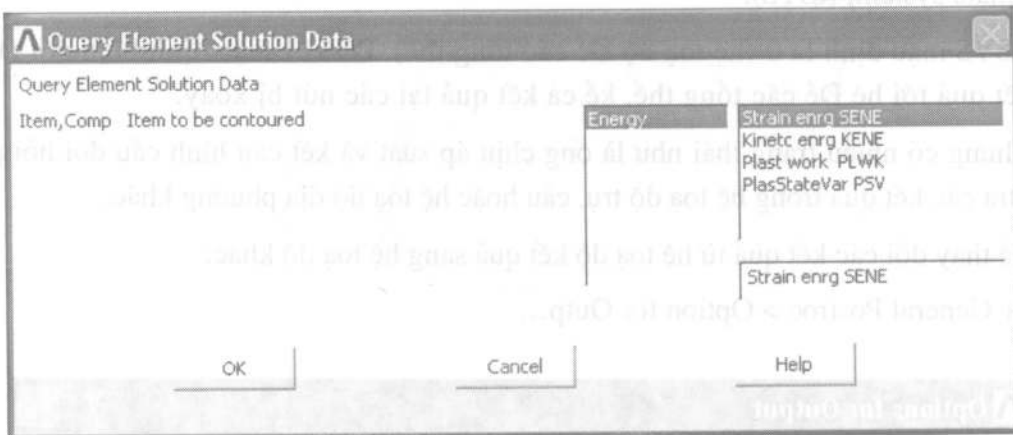
Lựa chọn theo query (query picking):

+ Lựa chọn bằng cách nhấn chuột trái chọn điểm cho phép chúng ta ‘thăm dò’ mô hình về ứng suất, chuyển vị hoặc các đại lượng kết quả khác tại một vị trí chọn bất kỳ.

+ Chúng ta cũng có thể định vị nhanh chóng các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của đại lượng đang được yêu cầu.

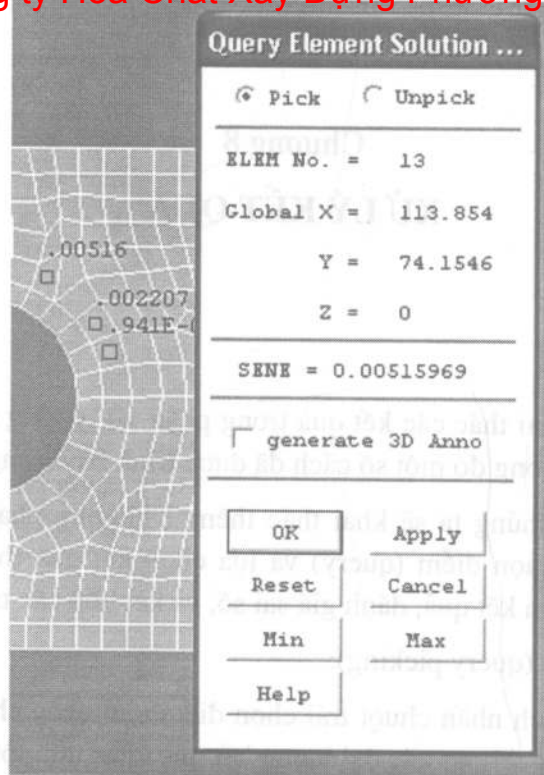
+ Chỉ có hiệu lượng thông qua GUI (không dùng được câu lệnh):

++ General Postroc > Query Results > Nodal hoặc Element hoặc Subgrid Solu...



++ Chọn đại lượng kết quả và nhấn [OK].

++ Chọn một điểm bất kỳ trong mô hình để xem giá trị các kết quả tại điểm đó, Min và Max sẽ chỉ ra các vị trí có giá trị nhỏ nhất và lớn nhất. Sử dụng Reset để xoá tất cả các giá trị và bắt đầu lại. Chú ý rằng chỉ số thực thể, vị trí của nó và giá trị các kết quả cũng được chỉ ra trong hộp chọn (Picker).



8.2. Hệ tọa độ kết quả

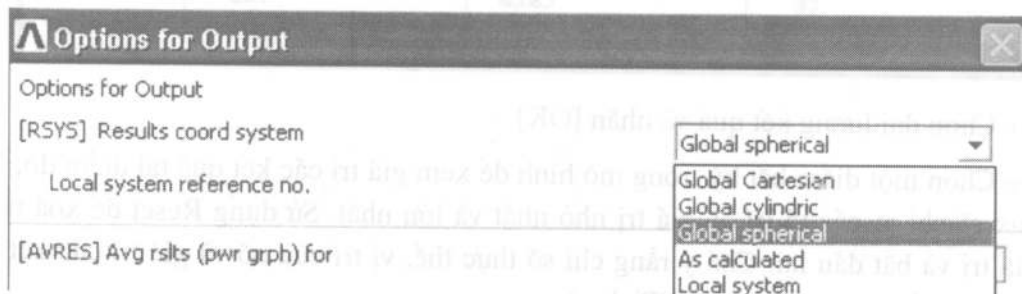
Tất cả các đại lượng phụ thuộc hướng mà ta khai thác trong POST1 như các ứng suất thành phần, các chuyển vị, các phản lực được thông báo trong hệ tọa độ kết quả (results coordinate system, RSYS).

RSYS mặc định là 0 (hệ tọa độ Đề các tổng thể). POST1 mặc định biến đổi tất cả các kết quả tới hệ Đề các tổng thể, kể cả kết quả tại các nút bị xoay.

Nhưng có nhiều trạng thái như là ống chịu áp suất và kết cấu hình cầu đòi hỏi phải kiểm tra các kết quả trong hệ tọa độ trụ, cầu hoặc hệ tọa độ địa phương khác.

Để thay đổi các kết quả từ hệ tọa độ kết quả sang hệ tọa độ khác:

++ General Postproc > Option for Outp...



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Sau đó tất cả các biểu đồ đồng mức, các liệt kê, các lựa chọn theo query, v.v.. sẽ cho các giá trị trong hệ tọa độ mới.

Nếu chọn RSYS là as calculated thì tất cả các biểu đồ đường đồng mức, các danh sách, các lựa chọn theo query, v.v.. sẽ cho các giá trị trong hệ tọa độ nút và hệ tọa độ phân tử.

+ Các kết quả chuyển vị và các phản lực sẽ được thông báo trong hệ tọa độ nút.

+ Các ứng suất, biến dạng, v.v... sẽ được thông báo trong hệ tọa độ phân tử (hướng của hệ tọa độ phân tử phụ thuộc vào kiểu phân tử và thuộc tính ESYS của phân tử. Ví dụ hầu hết các phân tử khối mặc định theo hệ tọa độ Đề các tổng thể).

8.3. Lựa chọn kết quả theo đường (Path Operation)

Cách khác để hiển thị các kết quả là thông qua path operation, cách này sẽ cho phép chúng ta thực hiện:

+ Ánh xạ các kết quả lên một đường tùy ý trên mô hình;

+ Thực hiện các phép toán theo đường, bao gồm cả tích phân và vi phân;

+ Hiển thị một bản vẽ kết quả trên đường – xem một loại kết quả thay đổi theo một đường kết quả.

Chỉ có hiệu lực đối với các mô hình chứa các phân tử khối 2D và 3D hoặc các phân tử vỏ.

Ba bước để tạo ra một bản vẽ theo đường:

+ Định nghĩa một đường (define a path);

+ Ánh xạ kết quả lên đường đó;

+ Hiển thị kết quả.

8.3.1. Định nghĩa một đường kết quả

Yêu cầu có các thông tin sau:

+ Các điểm xác định đường (từ 2 tới 1000). Chúng ta có thể sử dụng các nút đã tồn tại hoặc các vị trí trên mặt phẳng làm việc.

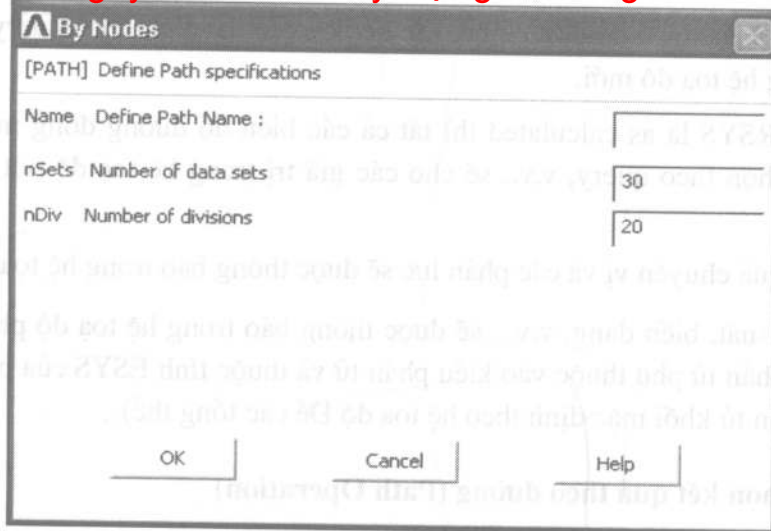
+ Độ cong của đường, xác định bởi hệ tọa độ hiện thời (CSYS).

+ Đặt tên đường.

Đầu tiên kích hoạt hệ tọa độ mong muốn (CSYS).

+ General Postproc > Path Operations > Define Path > By Nodes hoặc On Working Plane.

+ Chọn các nút hoặc các vị trí WP để thiết lập đường mong muốn và nhấn [OK].

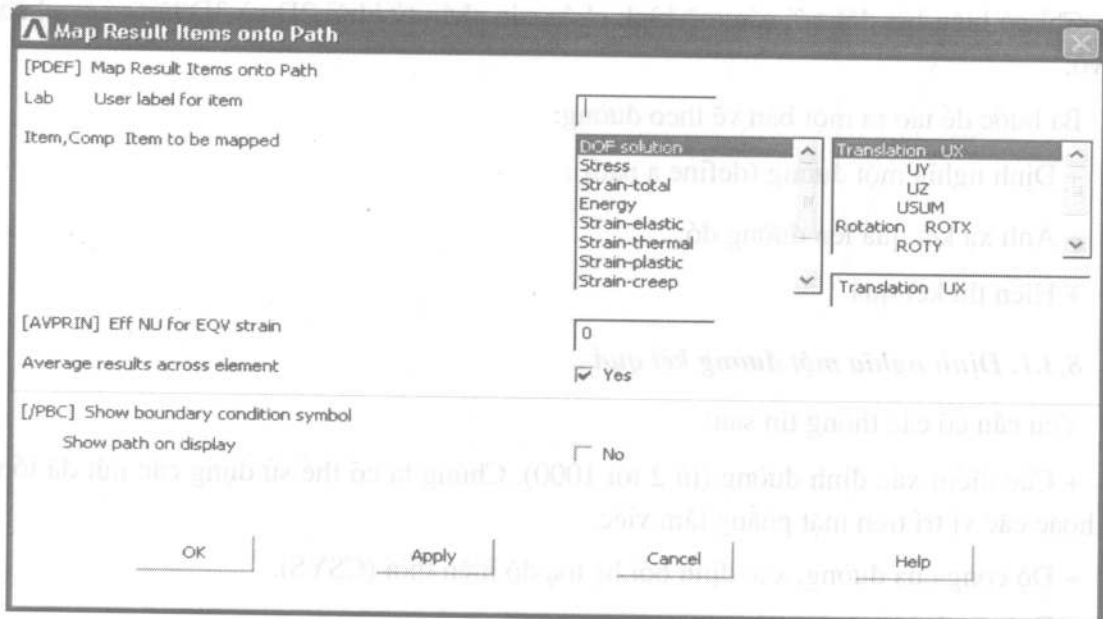


+ Lựa chọn tên đường. Trong hầu hết các trường hợp tốt nhất là để mặc định các tham số nSets và nDiv.

8.3.2. Ảnh xạ kết quả lên đường

General Postproc > Path Operatons > Map onto Path...

+ Lựa chọn đại lượng yêu cầu, chẳng hạn SX.



+ Nhập một nhãn cho đại lượng đó, sẽ được sử dụng trên các bản vẽ và các bảng liệt kê.

Hiển thị đường

+ General Postproc > Path Operatons > Plot Paths

8.3.3. *Hiện thị kết quả*

Chúng ta có thể hiện thị các đại lượng theo đường trên đồ thị:

+ General Postproc > Path Operatons > On Graph...

Hoặc dọc theo hình học của đường:

+ General Postproc > Path Operatons > On Geometry...

Ansys cho phép chúng ta xây dựng nhiều đường, mỗi đường với một tên duy nhất do chúng ta đặt cho. Tuy nhiên tại một thời điểm chỉ kích hoạt được một đường.

8.4. **Đánh giá sai số**

Bài toán phần tử hữu hạn tính toán ứng suất trên cơ sở ứng suất phần tử, tức là các ứng suất được tính toán trong mỗi phần tử.

Tuy nhiên các đường đồng mức ứng suất nút được hiển thị trong POST1 lại là các đường trơn đó là vì ứng suất đã được trung bình hóa tại các nút. Nếu hiển thị kết quả theo phần tử, thì ta sẽ thấy dữ liệu không được trung bình hoá, có sự gián đoạn giữa các phần tử.

Sự khác biệt giữa các ứng suất được trung bình hoá và các ứng suất không được trung bình hoá cho ta hình dung được độ tốt xấu của lưới chia. Đây là cơ sở để đánh giá sai số.

Đánh giá sai số chỉ có trong POST1 và chỉ đúng với các phân tích kết cấu tĩnh tuyến tính và nhiệt ổn định tuyến tính, các phần tử khối 2D và 3D và các phần tử vỏ, giao diện đồ họa đầy đủ. Nếu không có đủ các điều kiện này thì Ansys tự động tắt chế độ đánh giá sai số.

Để kích hoạt hoặc tắt chế độ đánh giá sai số:

+ General Postproc > Option for Outp..

POST1 đánh giá các sai số sau:

+ Phân tích ứng suất:

++ Sai số phần trăm theo chỉ tiêu năng lượng (SEPC);

++ Độ lệch ứng suất phần tử (SDSG);

++ Sai số năng lượng phần tử (SERR);

++ Giới hạn trên và dưới của ứng suất (SMXB, SMNB).

+ Phân tích nhiệt.

* *Sai số phần trăm theo tiêu chuẩn năng lượng (SEPC)*

- SEPC là một ước lượng thô của sai số ứng suất (hoặc chuyển vị, nhiệt độ, hoặc dòng nhiệt) trên toàn bộ tập hợp các phần tử được chọn.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Có thể được sử dụng để so sánh các mô hình tương tự của các kết cấu tương tự chịu tải trọng tương tự.

- SEPC nằm ở cột chú giải trong hiển thị biến dạng kết cấu. Ta cũng có thể xem giá trị của SEPC bằng General Postproc > List Results > Percent Error.

- Thường thì SEPC nên nhỏ hơn 10%. Nếu nó lớn hơn thì cần phải:

+ Kiểm tra các tải điểm hoặc các ứng suất kỳ dị khác rồi huỷ chọn các phần tử trong vùng lân cận;

+ Nếu vẫn còn lớn hơn ta hãy hiển thị sai số năng lượng phần tử. Các phần tử có sai số năng lượng lớn sẽ cần được chia lưới mịn hơn.

* Độ lệch ứng suất phần tử (SDSG)

- SDSG là số đo sự khác biệt giữa ứng suất của phần tử với ứng suất trung bình tại các nút của nó.

- Chúng ta có thể vẽ đường đồng mức SDSG bằng General Postproc > Plot Results > Element Solu...

- Giá trị lớn của SDSG không nhất thiết là xấu, quan trọng là giá trị tương đối của nó so với các ứng suất danh định trong kết cấu. Ví dụ mô hình của một tấm có lỗ thường chỉ có 1.5% độ lệch ứng suất trong vùng quan tâm.

* Sai số năng lượng phần tử (SERR)

- SERR là năng lượng gắn với tính không tương thích của ứng suất tại các nút của phần tử. Đây là thước đo sai số cơ bản để dẫn xuất ra các đại lượng đánh giá sai số khác. SERR có thứ nguyên năng lượng.

- Để vẽ các đường đồng mức SERR dùng General Postproc > Plot Results > Element Solu...

- Thông thường các phần tử có giá trị SERR lớn nhất sẽ cần chia lưới mịn hơn. Tuy nhiên vì giá trị SERR sẽ luôn luôn lớn nhất tại nơi có ứng suất kỳ dị, trước hết sẽ phải huỷ chọn trong các phần tử này.

* Các giới hạn ứng suất (SMXB và SMNB)

- Các giới hạn ứng suất có thể giúp chúng ta xác định tiềm năng ảnh hưởng của sai số do chia lưới lên ứng suất cực đại.

- Chúng được hiển thị trên biểu đồ các đường đồng mức ứng suất trong cột chú giải là SMXB (giới hạn trên) và SMNB (giới hạn dưới).

- Các giới hạn này không đánh giá được các giá trị cực đại và cực tiểu thực sự của kết cấu nhưng chúng cũng khá tin cậy. Không có các kiểm tra trợ giúp khác, chúng ta không thể chắc chắn là giá trị ứng suất cực đại thực sự trong kết cấu nhỏ hơn SMXB.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Nếu chúng ta không huỷ chọn các phần tử ở gần các điểm ứng suất kỳ dị thì các giới hạn ứng suất là vô nghĩa.

8.5. Kết hợp các trường hợp tải

Mỗi khi chúng ta giải với nhiều bước tải, các kết quả của mỗi bước tải được lưu trữ thành các tập hợp riêng biệt trong file kết quả (được nhận biết bởi số bước tải).

Kết hợp các trường hợp tải là một phép toán giữa hai tập kết quả được gọi là trường hợp tải (load cases).

+ Phép toán xuất hiện giữa một trường hợp tải trong cơ sở dữ liệu và trường hợp tải thứ hai trong file kết quả.

+ Kết quả của phép toán trường hợp tải kết hợp được lưu trữ trở lại cơ sở dữ liệu.

* *Kết hợp trường hợp tải gồm các bước:*

+ Tạo các trường hợp tải;

+ Đọc một trường hợp tải vào cơ sở dữ liệu (bộ nhớ);

+ Thực hiện phép toán yêu cầu.

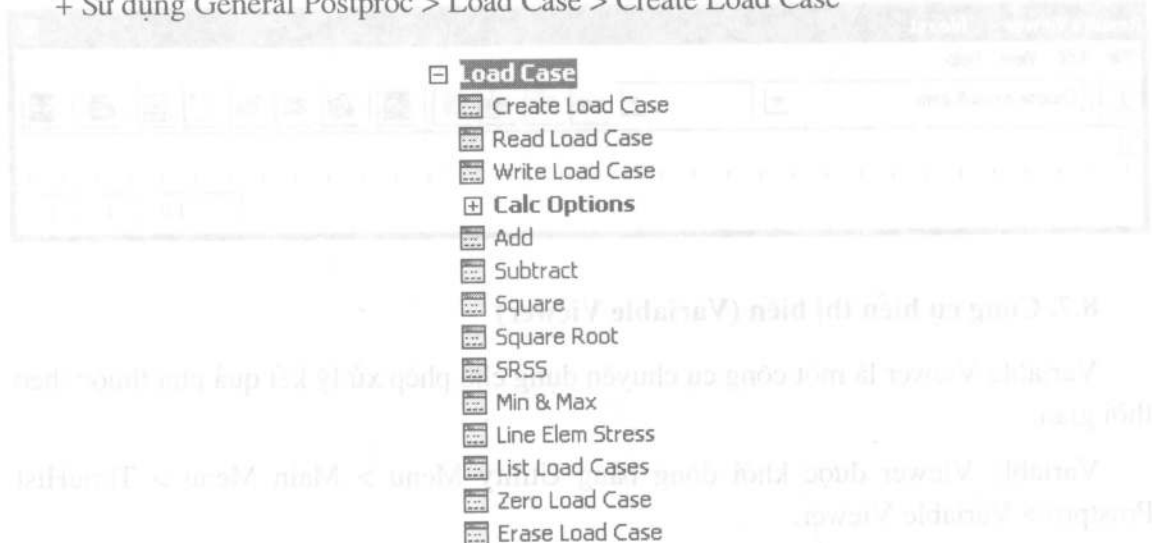
* *Tạo các trường hợp tải*

- Trường hợp tải tác động như một con trỏ tới tập hợp các kết quả. Nó yêu cầu hai mẫu thông tin sau:

+ Một chỉ số ID duy nhất.

+ Tập kết quả sẽ hiển thị: chỉ số bước tải (load step number) và chỉ số bước tải con (substep number).

+ Sử dụng General Postproc > Load Case > Create Load Case



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

* *Đọc một trường hợp tải vào cơ sở dữ liệu (bộ nhớ)*

- Tập kết quả được nhận biết bởi chỉ số trường hợp tải của nó General Postproc > Load Case > Read Load Case

* *Thực hiện phép toán yêu cầu*

- Nhiều phép toán có sẵn như General Postproc > Load Case > Add, Subtract, v.v...

- Các kết quả của phép toán được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu (bộ nhớ).

* *Có hai tùy chọn hữu ích để lưu trữ trường hợp tải kết hợp:*

- Ghi vào file trường hợp tải General Postproc > Write Results.

- Thêm trường hợp tải vào file kết quả General Postproc > Load Case > Write Load Case cho phép chúng ta thêm vào trường hợp tải kết hợp tới file kết quả và nhận biết nó cùng với số bước tải đưa vào và giá trị thời gian.

8.6. Dụng cụ hiển thị các kết quả (Results Viewer)

Results Viewer là hệ thống menu và giao diện đồ họa xử lý kết quả chuyên dụng.

+ Giao diện đồ họa nhanh cho các mô hình lớn hoặc các mô hình có nhiều bước thời gian.

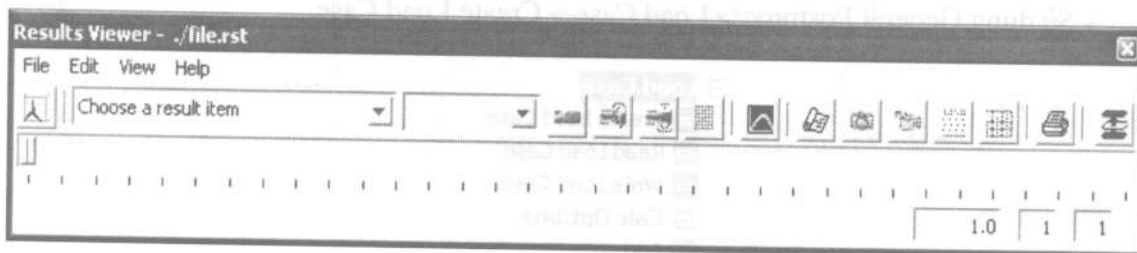
+ Dễ dàng sử dụng hệ thống menu để hiển thị nhanh các kết quả.

* *Có thể được tạo bằng hai cách khác nhau:*

+ Sử dụng Solution > Output Ctrl > PGR file

+ Sử dụng General Postproc > Write PGR file

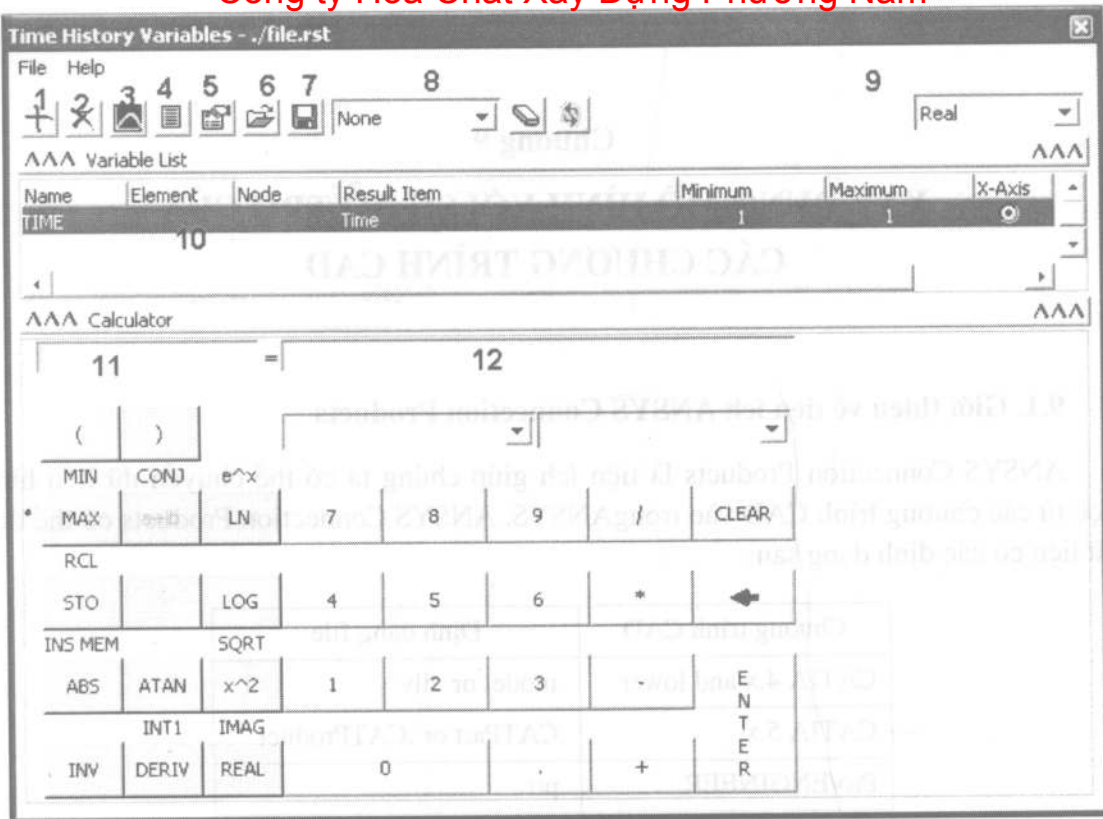
Mở Results Viewer từ General Post Processor



8.7. Công cụ hiển thị biến (Variable Viewer)

Variable Viewer là một công cụ chuyên dụng cho phép xử lý kết quả phụ thuộc theo thời gian.

Variable Viewer được khởi động bằng Utility Menu > Main Menu > TimeHist Prostopro > Variable Viewer.



1. Nút tạo thêm biến;
2. Nút xoá biến;
3. Nút vẽ biến;
4. Nút liệt kê biến;
5. Nút thuộc tính;
6. Nút nhập dữ liệu;
7. Nút xuất dữ liệu;
8. Kiểu xuất dữ liệu;
9. Các thành phần thực ảo;
10. Liệt kê biến;
11. Ô nhập tên biến;
12. Ô nhập biểu thức.

ANSYS	ANSYS
ANSYS	ANSYS
ANSYS	ANSYS
ANSYS	ANSYS
ANSYS	ANSYS

Chương 9

XÂY DỰNG MÔ HÌNH VỚI SỰ HỖ TRỢ CỦA CÁC CHƯƠNG TRÌNH CAD

9.1. Giới thiệu về tiện ích ANSYS Connection Products

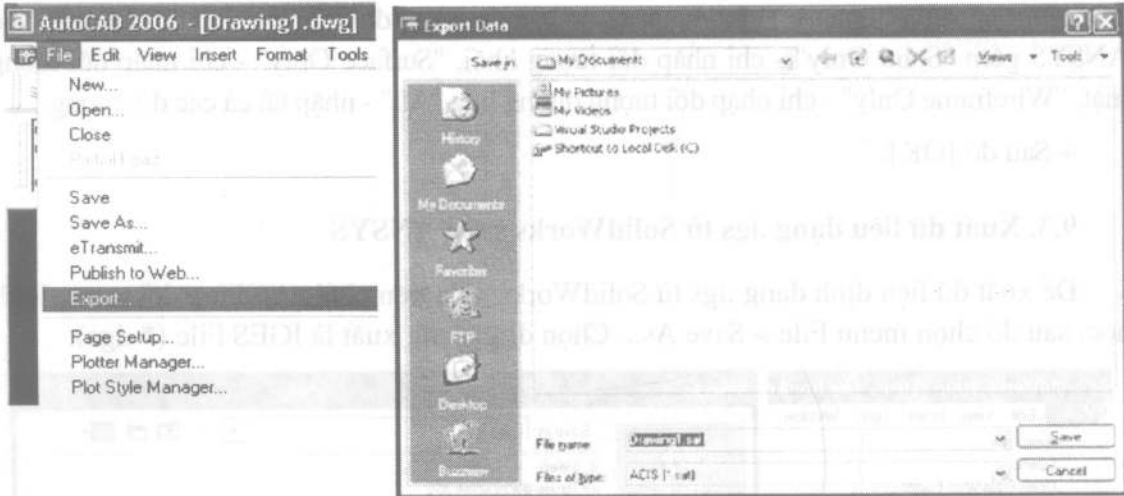
ANSYS Connection Products là tiện ích giúp chúng ta có thể chuyển dữ liệu hình học từ các chương trình CAD vào trong ANSYS. ANSYS Connection Products có thể đọc dữ liệu có các định dạng sau:

Chương trình CAD	Định dạng file
CATIA 4.x and lower	.model or .dlv
CATIA 5.x	.CATPart or .CATProduct
Pro/ENGINEER	.prt
Unigraphics	.prt
Parasolid	.x_t or .xmt_txt
Solid Edge	.x_t or .xmt_txt
SolidWorks	.x_t hoặc .igs
Unigraphics	.x_t or .xmt_txt
AutoCAD	.sat
Mechanical Desktop	.sat
SAT ACIS	.sat
Solid Designer	.sat

Những chương trình CAD giới thiệu trên có khả năng tạo đối tượng hình học rất mạnh, phổ biến trong ngành kết cấu đó là AutoCAD và SolidWork. Ở chương này chúng tôi chỉ giới thiệu cách chuyển dữ liệu từ các chương trình CAD đó vào ANSYS thông qua định dạng .sat và .igs.

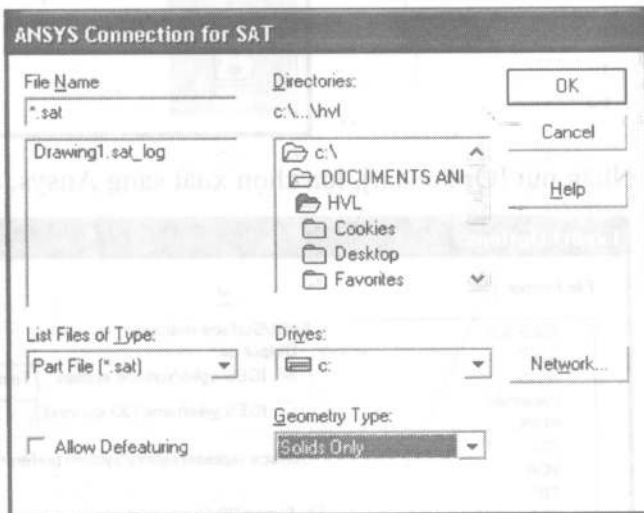
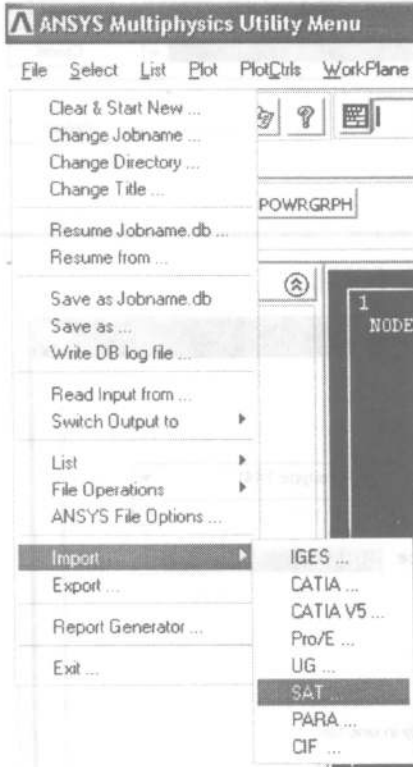
9.2. Xuất dữ liệu dạng .sat từ AutoCAD sang ANSYS

Để xuất dữ liệu định dạng .sat từ AutoCAD, đầu tiên phải xây dựng đối tượng hình học 3D (phải là đối tượng solid 3D), sau đó chọn menu File > Export... Chọn định dạng xuất là .sat.



Khởi động ANSYS sau đó thực hiện các bước sau:

+ Utility File > Import > SAT...



+ Chọn file .sat cần nhập

+ Chọn thông số "Allow Defeaturing" nếu dự định chuyển mô hình vào ANSYS, mô hình còn được hiệu chỉnh lại (xóa hoặc vẽ thêm đối tượng hình học trong ANSYS). Nếu không chọn thông số này thì có nghĩa là mô hình không cần hiệu chỉnh mà dùng ngay vào việc chia lưới phần tử.

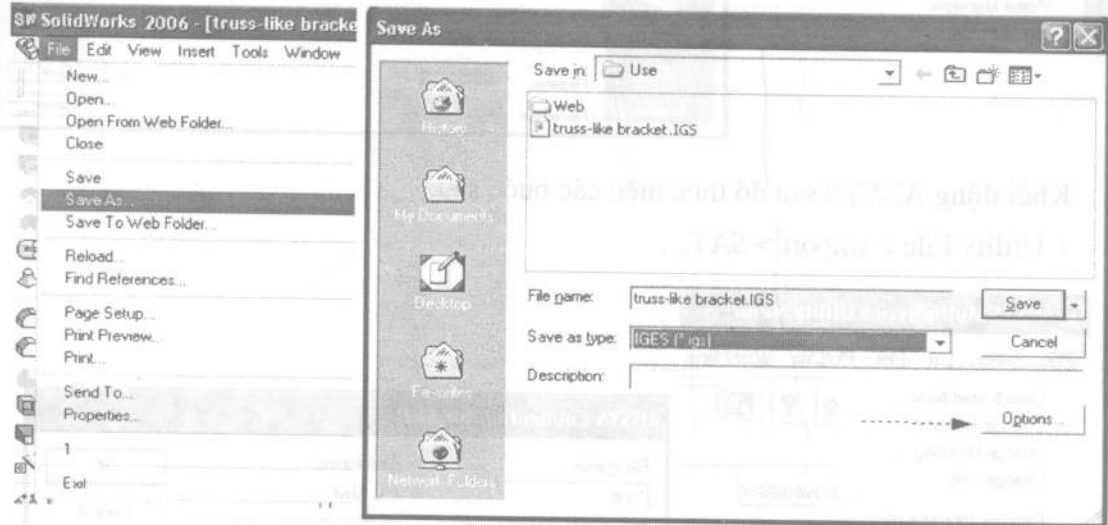
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

+ Thông số "Geometry Type" là thông số lựa chọn loại đối tượng hình học cần nhập vào ANSYS gồm "Solid Only" - chỉ nhập đối tượng khối, "Surface Only" - chỉ nhập đối tượng mặt, "Wireframe Only" - chỉ nhập đối tượng đường hay "All" - nhập tất cả các đối tượng.

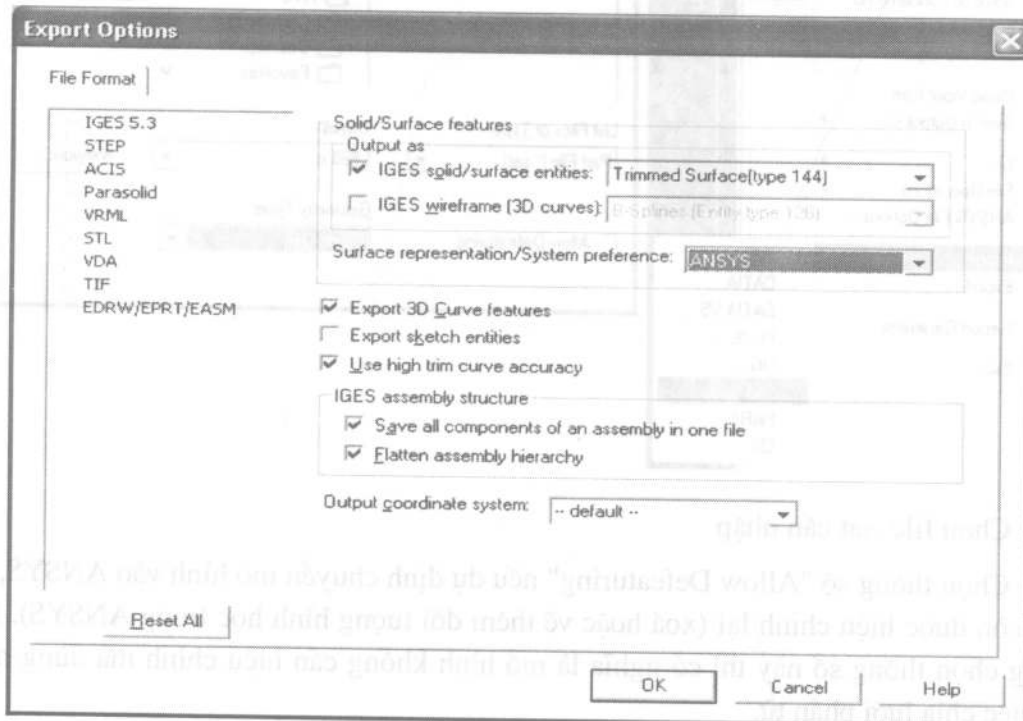
+ Sau đó [OK].

9.3. Xuất dữ liệu dạng .igs từ SolidWorks sang ANSYS

Để xuất dữ liệu định dạng .igs từ SolidWorks, đầu tiên phải xây dựng đối tượng hình học, sau đó chọn menu File > Save As... Chọn định dạng xuất là IGES File (*.igs).



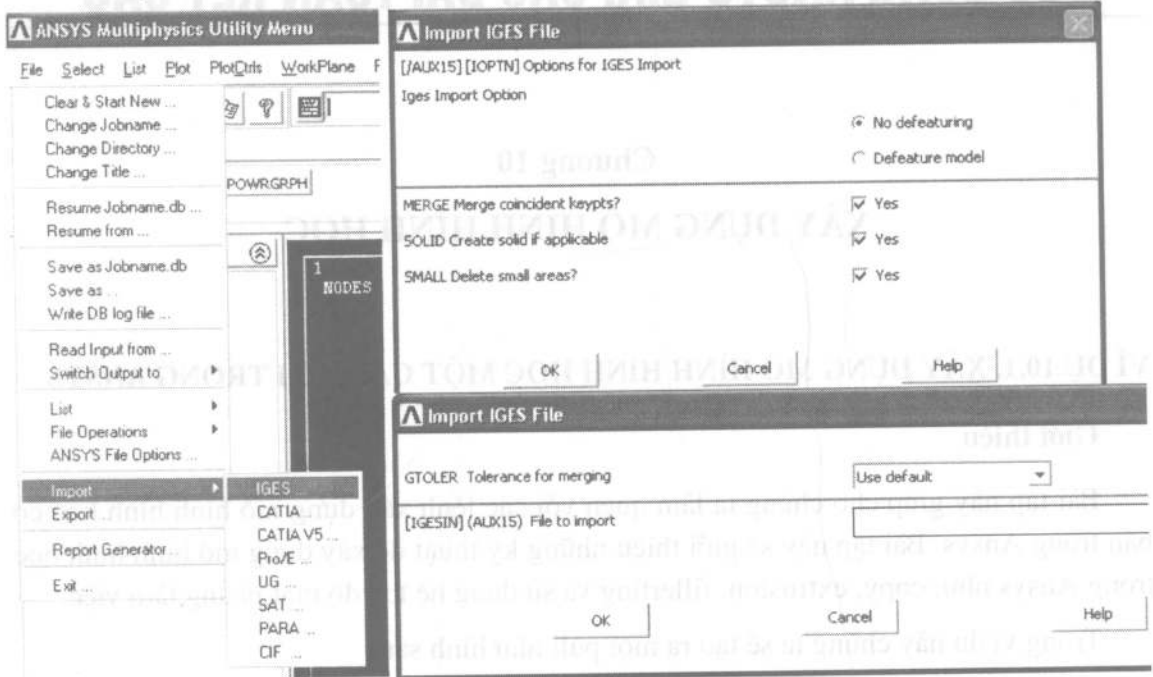
Nhấn nút [Options...], lựa chọn xuất sang Ansys, ấn [OK].



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Khởi động ANSYS sau đó thực hiện các bước sau:

+ Utility File > Import > IGES...



+ Chọn file. igs cần nhập.

+ Chọn thông số "Defeature model" nếu dự định chuyển mô hình vào ANSYS, mô hình còn được hiệu chỉnh lại (xoá hoặc vẽ thêm đối tượng hình học trong ANSYS). Nếu chọn thông số "No defeaturing" thì có nghĩa là mô hình không cần hiệu chỉnh mà dùng ngay vào việc chia lưới phần tử.

+ Sau đó [OK].