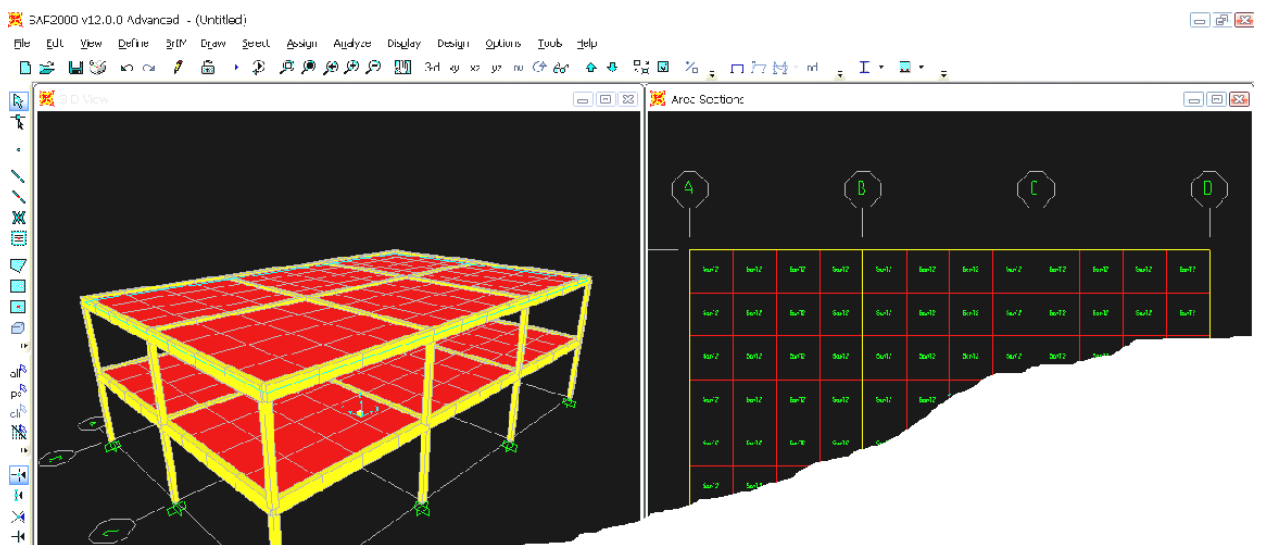


TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI  
KHOA CÔNG TRÌNH  
BỘ MÔN KẾT CẤU CÔNG TRÌNH  
=====o0o=====

# HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG

## SAP2000

(Version 12.0.0)



*Biên soạn:* Ths. Hồng Tiến Thắng

*Hà Nội - 01/2010*

# PHẦN I

## KIẾN THỨC CƠ BẢN

## **BÀI 1 : MỞ ĐẦU – CÁC QUI ƯỚC CƠ BẢN**

### **I. Giới thiệu:**

- SAP 2000 (Structural Analysis Program) ra đời vào năm 1998 (Version 6.11) – ĐH Avenue – Mỹ.
- Các phiên bản của SAP 2000 :
  - + Nonlinear Version : phiên bản phi tuyến.
  - + Standard Version : phiên bản chuẩn.
  - + Plus Version : phiên bản nâng cao.
  - + Education Version : phiên bản dành cho học tập.
- SAP 2000 dựa vào các phần tử mẫu như: pt thanh, pt vỏ... để mô tả các dạng kết cấu.
- SAP 2000 tiến hành phân tích kết cấu dựa theo phương pháp PTHH (dựa vào mô hình tương thích), tìm ra chuyển vị tại các điểm nút của các phần tử, từ đó tính được nội lực, ứng suất...v...v...của phần tử.
- Khả năng của SAP2000:
  - + Tính năng giao tiếp: dễ sử dụng, dễ mô tả các dạng kết cấu, sửa đổi-in ấn thuận tiện...  
 Kết quả tính toán có thể xem trực tiếp trên màn hình hay đọc ở dạng văn bản.
  - + Khả năng tính toán-thiết kế:
    - Tính toán xác định ứng suất – nội lực của kết cấu.
    - Tải trọng có thể là tĩnh tải, hoạt tải, nhiệt độ...
    - Thiết kế KCBTCT theo các tiêu chuẩn: BS, ACI, AASHTO, CSA, EUROCODE, NZS.
    - Giải các bài toán kiểm tra kết cấu thép theo các tiêu chuẩn: BS, AISC, EUROCODE, CISC, AASHTO.
- Các File dữ liệu:
  - \*.SDB : file dữ liệu chính.
  - \*.S2k: file dữ liệu dưới dạng text, có thể dùng các phần mềm soạn thảo văn bản để tạo dữ liệu hoặc sửa chữa.
  - \*.OUT, \*.TXT : file dữ liệu chứa các kết quả được xuất ra.

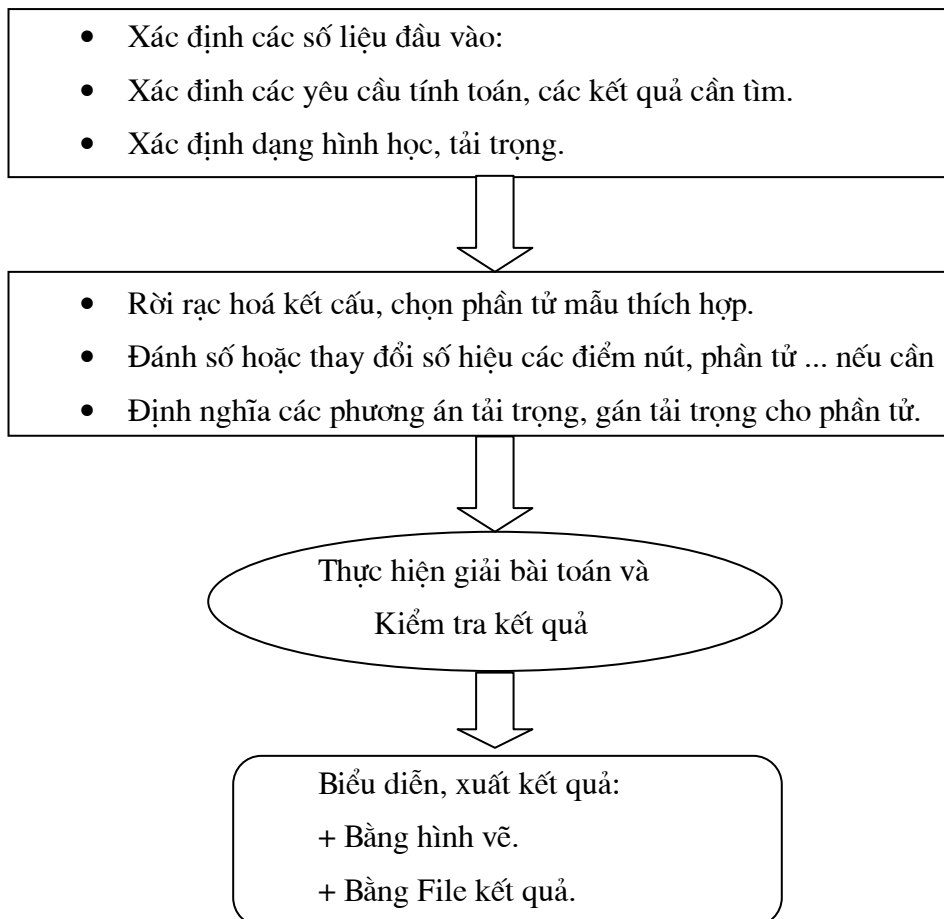
### **II. Giao diện:**

- Hệ thống menu (Menu bar): **File Edit View Define Draw Select ...**
- Hệ thống thanh công cụ ( Tool bar) : .....
- Các cửa sổ hiển thị: có thể hiển thị từ 1÷4 cửa sổ cùng một lúc.
- Thanh trạng thái + hộp đơn vị chuẩn:

Để xây dựng mô hình kết cấu và thực hiện tính toán được nhanh chóng cần sử dụng kết hợp hệ thống Menu, hệ thống các thanh công cụ...

### **III. Trình tự giải bài toán kết cấu bằng phần mềm SAP2000:**

1. Xác định hệ đơn vị.
2. Tạo các đường lưới.
3. Xây dựng các mô hình kết cấu.
4. Định nghĩa và gán các thuộc tính cho đối tượng:
  - + Vật liệu
  - + Tiết diện
  - + Điều kiện biên
  - + Tải trọng
  - + Tổ hợp tải trọng
5. Thực hiện tính toán ( chạy chương trình).
6. Xem, biểu diễn, xuất kết quả.



**IV. Các qui ước cơ bản:****1. Hệ thống đơn vị (Unit system):**

Tùy từng bài toán mà chọn một đơn vị tính toán cho phù hợp. Khi tính toán chương trình tự động chuyển toàn bộ về hệ đơn vị đã chọn ban đầu.

**2. Các hệ thống tọa độ (Coordinate systems):**

- Hệ tọa độ tổng thể (*Global coordinate system*): OXYZ các trục tọa độ vuông góc với nhau và hợp thành một tam diện thuận. Có một hệ tọa độ tổng thể.
- Hệ tọa độ con : để dễ dàng cho quá trình mô tả một bộ phận nào đó của kết cấu.
- Hệ tọa độ địa phương (*Local coordinate system*):

Mỗi nút, phần tử đều có hệ tọa độ riêng của nó, các trục của hệ tọa độ địa phương được kí hiệu là: **1, 2, 3**.

\* Với phần tử thanh:

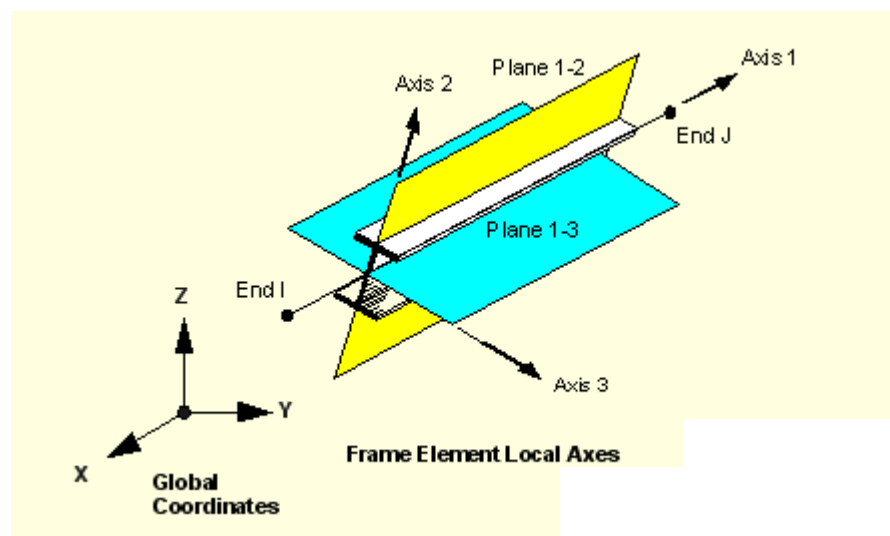
+ *Trục 1 (màu đỏ)* : đi dọc theo phần tử và có chiều dương hướng từ nút i đến nút j của phần tử .

+ Trục 1 và trục 2 hợp thành mặt phẳng thẳng đứng // Z.

+ *Trục 2 (màu trắng)* : hướng theo chiều trục +Z, hoặc +X (khi phần tử thẳng đứng).

+ *Trục 3 (màu xanh)* : song song với mặt phẳng XY.

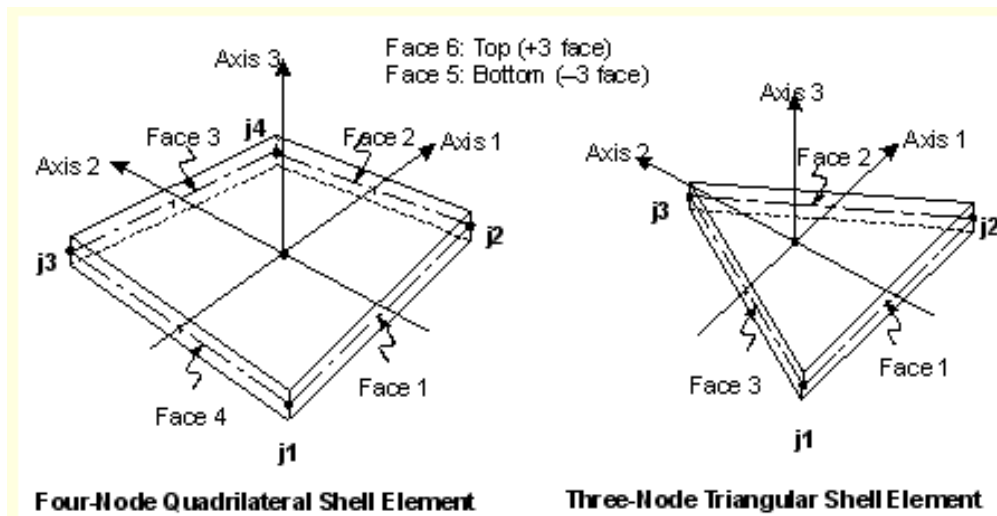
Các trục tọa độ địa phương tuân theo qui tắc tam diện thuận.



\* Với phần tử tấm vỏ:

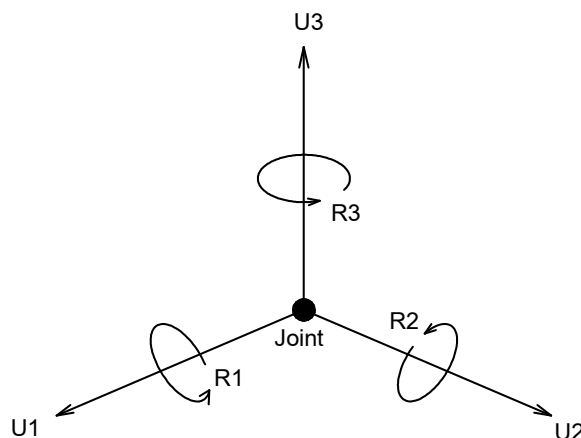
- + Trục 3 (màu xanh): là trục pháp tuyến với phần tử (vuông góc với mặt phần tử).
- + Trục 2 và trục 3 hợp thành mặt phẳng thẳng đứng  $\parallel Z$ .
- + Trục 2 (màu trắng) : hướng theo chiều + Z hoặc +Y(khi phần tử nằm ngang).
- + Trục 1 (màu đỏ) : nằm ngang  $\parallel mp(X-Y)$ .

\* Hệ toạ độ địa phương của nút (1, 2, 3) song song với các trục (X, Y, Z) của hệ toạ độ tổng thể.



### 3. Bậc tự do của nút (DOF – Degree Of Freedom):

- Là số thành phần chuyển vị của nút đó (DOF).
- Mỗi nút có 6 bậc tự do.
- Các thành phần chuyển vị của nút được khống chế bằng điều kiện biên của nút (*Joint Restraints*) hoặc dùng Menu *Analyze > Set Analysis options...* để khống chế các chuyển vị của nút.



- Bậc tự do của nút ứng với các phần tử khác nhau được thể hiện ở bảng sau:

Loại phần tử	Các thành phần chuyển vị					
	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$R_1$	$R_2$	$R_3$
Khung dầm phẳng (mp X-Y)	0	0	1	1	1	0
Khung dầm phẳng (mp Y-Z)	1	0	0	0	1	1
Khung dầm phẳng (mp Z-X)	0	1	0	1	0	1
Khung dầm không gian	0	0	0	0	0	0
Dàn không gian	0	0	0	1	1	1
Hệ dầm giao nhau	1	1	0	0	0	1
Tấm và Vỏ	0	0	0	0	0	0
Phần tử phẳng (mp X-Y)	0	0	1	1	1	1
Phần tử phẳng (mp Y-Z)	1	0	0	1	1	1
Phần tử phẳng (mp Z-X)	0	1	0	1	1	1
Phần tử khối	0	0	0	1	1	1

0: thành phần chuyển vị không bị khống chế.

1: thành phần chuyển vị bị khống chế.

$U_i$ : các thành phần chuyển vị thẳng theo trục  $i$ .

$R_i$ : các thành phần chuyển vị xoay quanh trục  $i$ .

### V. Hệ thống kết cấu mẫu:

#### 1. Hệ thống lưới tọa độ (Grid line system)

- Khai báo hệ lưới trong hệ tọa độ:

Menu **File > New Model (Ctrl+N) > Grid Only**

☐ *Cartersian* : hệ tọa độ lưới vuông góc.  
☐ *Cylindrical* : hệ tọa độ cầu.

- Hiệu chỉnh hệ lưới:

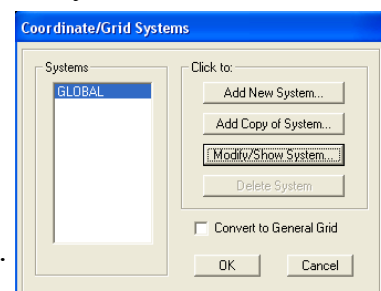
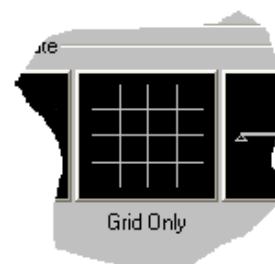
Menu **Define > Coordinate Systems/Grids ...> Modify/Show System...**

Tại đây ta có thể thêm, xóa, di chuyển lưới.

+ *Units*: Hệ đơn vị muốn hiển thị.

+ *Display Grids as*: Xác định cách hiển thị lưới.

*Ordinates*: Hiển thị lưới theo hệ trục tọa độ.



- Spacing:* Hiển thị lưới theo khoảng cách giữa các đường lưới.
- + *Hide All Grid Lines:* Ẩn tất cả các đường lưới trong hệ tọa độ đó.
- + *Glue to Grid Lines:* Dính các nút vào lưới (khi di chuyển lưới, nút cũng bị kéo theo).
- + *Bubble Size:* Kích thước ô hiển thị chỉ dẫn lưới.
- + *Reset to Default Color:* Trở lại màu hiển thị lưới theo chế độ mặc định của máy.
- + *Reorder Ordinates:* Sắp xếp lại lưới theo thứ tự tăng dần.
- + *Locate System Origin:* Định vị trí hệ tọa độ đang xét.

**Define Grid System Data**

System Name: GLOBAL Units: KN, m, C

**X Grid Data**

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	A	0.	Primary	Show	End	
2	B	6.	Primary	Show	End	
3	C	12.	Primary	Show	End	
4	D	18.	Primary	Show	End	
5						
6						
7						
8						

**Y Grid Data**

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	0.	Primary	Show	Start	
2	2	6.	Primary	Show	Start	
3	3	12.	Primary	Show	Start	
4	4	18.	Primary	Show	Start	
5						
6						
7						
8						

**Z Grid Data**

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	Z1	0.	Primary	Show	End	
2	Z2	3.	Primary	Show	End	
3	Z3	6.	Primary	Show	End	
4	Z4	9.	Primary	Show	End	
5	Z5	12.	Primary	Show	End	
6						
7						
8						

**Grid Lines**

Quick Start...

Display Grids as: ☒ Ordinates ☐ Spacing

☐ Hide All Grid Lines

☐ Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1.25

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

OK Cancel

## 2. Các loại kết cấu mẫu (Template)

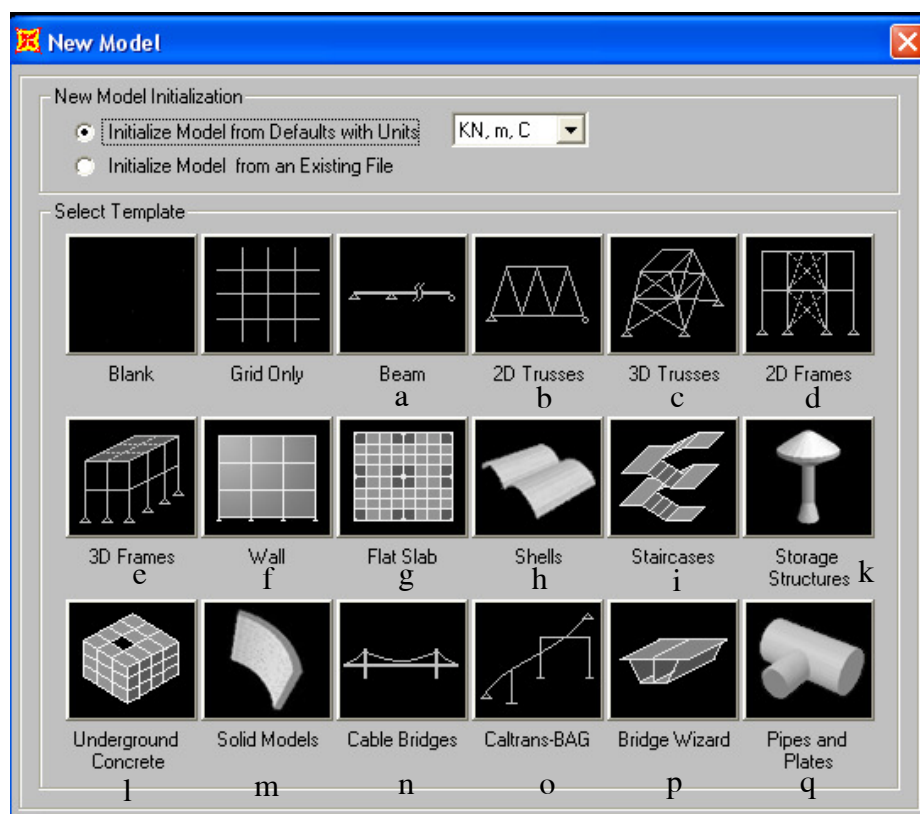
SAP2000 có sẵn 16 loại kết cấu mẫu thường gặp trong thực tế, từ các kết cấu mẫu này ta có thể thêm, bớt, sửa đổi... để được kết cấu mong muốn một cách dễ dàng.

Để chọn một kết cấu mẫu:

Menu Menu **File > New Model** (Ctrl+N)

Ngoại trừ hai lựa chọn đầu tiên (*Blank*; *Grid Only*), còn lại 16 lựa chọn còn lại là 16 dạng kết cấu mẫu thường gặp trong thực tế.





**a. Hệ dầm liên tục: (Beam)**

*Beam Dimensions:*

*Number of Span :*

*Span length :*

*Use Custom Grid Spacing and Locate Origin:* Dùng hệ thống lưới để xác định vị trí và kích thước dầm.

*Section Properties :*

*Beams :*

Kích thước dầm.

Số nhịp.

Chiều dài một nhịp .

Đặc trưng tiết diện.

Chọn loại tiết diện dầm (tiết diện mặc định theo các tiêu chuẩn của nước ngoài: chữ I, chữ T...).

*Restraints :* Vẽ các liên kết mặc định.

**b. Hệ dàn phẳng (2D Trusses)**

*Number of Divisions :* Số khoảng chia

*Division length :* Chiều dài một khoảng chia

*Height :* Chiều cao của dàn

**c. Hệ thanh dàn không gian (3D Trusses)**

*Number of Stories* : Số tầng  
*Top (Bottom) width along X,Y* : Bề rộng của đỉnh (đáy) dàn theo phương X, Y  
*Story height* : Chiều cao 1 tầng.

**d. Hệ khung phẳng (2D Frames)**

*Number of Stories* : Số tầng  
*Story height* : Chiều cao một tầng  
*Number of Bays* : Số nhịp  
*Bay Width* : Chiều rộng một nhịp

**e. Hệ khung không gian (3D Frames)**

*Number of Stories* : Số tầng  
*Story height* : Chiều cao 1 tầng  
*Number of Bays along X,Y* : Số nhịp theo hướng X,Y  
*Bay Width* : Chiều rộng 1 nhịp

**f. Vách cứng: (Wall)**

*Number of Divisions X, Z* : Số ô lưới theo trục X,Z  
*Divisions Width X, Z* : Chiều rộng một ô lưới theo trục X-Z tương ứng

**g. Kết cấu sàn phẳng (Flat Slab)**

*Number of Divisions X, Y* : Số khoảng chia theo hướng X,Y  
*Divisions width along X, Y* : Độ dài của mỗi khoảng chia theo hướng X,Y  
*Milddle Strip width X, Y* : Độ rộng của dải qua các gối đỡ theo phương X,Y

**h. Phần tử vỏ (Shell)**

*Number of Divisions, Z* : Số khoảng lưới theo chiều cao của mặt trụ.  
*Number of Divisions, Angular* : Số khoảng lưới theo chu vi  
*Cylinder height, radius* : Chiều cao, bán kính mặt trụ.

.....

## BÀI 2 : CÔNG CỤ XÂY DỰNG HÌNH HỌC

### A. CÔNG CỤ XÂY DỰNG MÔ HÌNH KẾT CẤU

#### 1. Nút (Joint):

##### a. Vẽ nút:

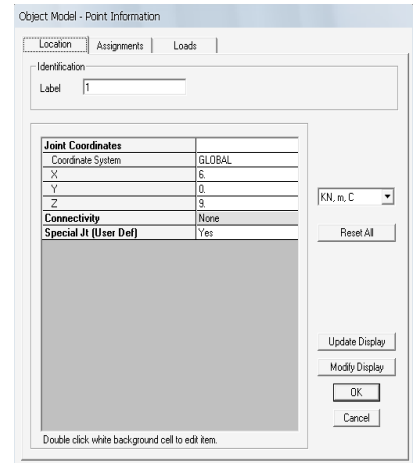
- Dùng Menu: **Draw > Draw Special Joint** – Chỉ định vị trí nút.
- Dùng thanh công cụ – Chỉ định vị trí nút



##### b. Xem thông tin về nút:

Chọn nút cần xem thông tin và click phải chuột trên nút.

+ <i>Location:</i>	Định vị.
<i>Identification :</i>	Tên của ràng buộc chuyển vị.
<i>Label:</i>	Số hiệu nút.
<i>Joint Coordinates:</i>	Tọa độ nút.
<i>Connectivity:</i>	Nút liên kết các phần tử...
<i>Special Jt (User Def):</i>	Định nghĩa đặc biệt gán cho nút.
+ <i>Assignments:</i>	Các yếu tố đã gán cho nút.
<i>Constraint:</i>	Ràng buộc chuyển vị.
<i>Restrains:</i>	Các thành phần chuyển vị không chế.
<i>Local axes:</i>	Góc xoay tương đối giữa ba trục của hệ tọa độ địa phương của nút với ba trục tương ứng của hệ tọa độ tổng thể.
<i>Springs:</i>	Các thành phần của liên kết đàn hồi.
<i>Name:</i>	Tên của ràng buộc chuyển vị.
<i>Type :</i>	Loại ràng buộc (body, weld, diaphragm...).
<i>Mass:</i>	Các thành phần khối lượng ngoài đặt tập chung tại nút.
<i>Panel Zone:</i>	Nhóm nút có một số đặc điểm giống nhau.
<i>Joint Pattern :</i>	Nút thuộc pattern ....
<i>Group:</i>	Nút thuộc nhóm...
<i>Generalized Displs:</i>	Các thành phần chuyển vị nút.
<i>RS Named Sets:</i>	Các thành phần của nút được chọn để xuất ra cơ sở dữ liệu.
<i>Plot Functions:</i>	
+ <i>Load:</i>	Các thành phần lực tập chung tại nút.



Chức năng chủ yếu của hộp thoại này là để ta xem các thông tin về nút và thay đổi vị trí nút.

## **2. Phân tử thanh (Frame):**

### **a. Vẽ phần tử thanh:**

- Dùng Menu: **Draw menu > Frame/Cable/Tendon** – Lần lượt bấm trái chuột vào các điểm cần tạo Frame, bấm ESC khi hoàn thành.

**Draw menu > Quick Draw Frame/Cable/Tendon.** (vẽ nhanh) – Bấm vào đường lưới cần tạo Frame, bấm ESC khi hoàn thành.

- Dùng thanh công cụ: cũng có thể thực hiện được hai chức năng như trên.



Để tạo điều kiện thuận lợi cho việc vẽ bằng cách chỉ trực tiếp trên màn hình, Sap2000 có hỗ trợ chế độ bắt điểm tự động (khi đang vẽ phần tử):

- + Dùng Menu: **Draw > Snap to...** point / Line ends and midpoints / Intersection / Perpendicular projections / Lines and edges.

- + Dùng thanh công cụ: bấm các nút .... trên thanh công cụ khi đang vẽ phần tử.



### **b. Xem thông tin phần tử Frame:**

Chọn phần tử Frame cần xem thông tin và click phải chuột trên phần tử đó.

+ <i>Location:</i>	Định vị.
<i>Identification :</i>	Tên của ràng buộc chuyển vị.
<i>Label:</i>	Số hiệu phần tử.
<i>Design procedure:</i>	Phần tử được sử dụng cho việc thiết kế: Kết cấu thép, Kết cấu bê tông,....
<i>Length:</i>	Chiều dài phần tử thanh.
<i>Line Object Type:</i>	Dạng của phần tử thanh.
<i>Start Joint(I):</i>	Nút bắt đầu của phần tử thanh (nút I).
<i>Coordinate System:</i>	Hệ tọa độ mà nút bắt đầu của phần tử thanh (I) tham chiếu.
<i>X, Y, Z:</i>	Tọa độ nút bắt đầu của phần tử thanh (nút I).
<i>End Joint(J):</i>	Nút cuối của phần tử thanh (nút J).
<i>Coordinate System:</i>	Hệ tọa độ mà nút cuối của phần tử thanh (nút J) tham chiếu.
<i>X, Y, Z:</i>	Tọa độ nút cuối của phần tử thanh (nút J).
+ <i>Assignments:</i>	Các yếu tố ràng buộc đã gán cho phần tử thanh.
<i>Section Property:</i>	Tên tiết diện đã gán cho phần tử thanh.
<i>Releases:</i>	Các liên kết được giải phóng cho phần tử thanh.
<i>Local axes:</i>	Hệ tọa độ địa phương của phần tử thanh.

Group:

Thanh thuộc nhóm...

.....

+ Load:

Các thành phần tải trọng đã gán cho phần tử thanh.

Object Model - Line Information

Location Assignments Loads Design

Identification

Label 120 Design Procedure Concrete Frame

Length	1.5
Line Object Type	Straight Frame
Start Joint (I)	213
Coordinate System	GLOBAL
X	-1.5
Y	6.
Z	6.
End Joint (J)	218
Coordinate System	GLOBAL
X	0.
Y	6.
Z	6.

KN, m, C

Reset All

Update Display

Modify Display

OK

Cancel

Double click white background cell to edit item.

Object Model - Line Information

Location Assignments Loads Design

Identification

Label 120 Design Procedure Concrete Frame

Load Pattern	DEAD
Distributed Force	
Coordinate System	GLOBAL
Load Direction	Z
Start Force/Length	-100. at 0.
End Force/Length	-100. at 1.5

Assign Load...

KN, m, C

Reset All

Update Display

Modify Display

OK

Cancel

Double click white background cell to edit item.

### 3. Phần tử tấm vỏ (Shell):

#### a. Vẽ phần tử Shell:

- Dùng Menu:

**Draw > Draw Poly Area :**

Vẽ phần tử vỏ tứ giác.

**> Draw Rectangular Area:**

Vẽ phần tử vỏ chữ nhật.

**> Quick Draw Area:**

Vẽ nhanh phần tử chữ nhật.

- Dùng thanh công cụ ta cũng có thể thực hiện được ba chức năng trên:



#### b. Xem thông tin phần tử Shell:

Chọn phần tử *Shell* cần xem thông tin và click phải chuột trên phần tử đó.

Object Model - Area Information

Location Assignments Loads

Identification

Label 161

Area	2.25
Number of Points	4
Point 1	188
Coordinate System	GLOBAL
X	-7.5
Y	0.
Z	6.
Point 2	196
Coordinate System	GLOBAL
X	-6.
Y	0.
Z	6.
Point 3	197
Coordinate System	GLOBAL
X	-6.
Y	1.5
Z	6.
Point 4	189
Coordinate System	GLOBAL
X	-7.5

KN, m, C

Reset All

Update Display

Modify Display

OK

Cancel

Double click white background cell to edit item.

Object Model - Area Information

Location Assignments Loads

Identification

Label 178

Load Pattern	DEAD
Uniform Load	
Coordinate System	GLOBAL
Load Direction	Z
Force/Area	-20

Assign Load...

KN, m, C

Reset All

Update Display

Modify Display

OK

Cancel

Double click white background cell to edit item.

## **B. QUAN SÁT VÀ BIỂU DIỄN VẬT THỂ**

### **1. Cửa sổ làm việc:**

Ta có thể cùng lúc hiển thị từ 1÷4 cửa sổ làm việc trên màn hình.

Để định số cửa sổ làm việc: Menu **Option > Windows**



### **2. Chế độ biểu diễn và quan sát vật thể:**

- Các xác lập để biểu diễn và quan sát vật thể nằm hầu hết trong Menu **View**.
- Chỉ có tác dụng với cửa sổ hiện hành.

#### **a. Hiển thị 3D:**

Menu **View>Set 3D View...** (Shift+F3)

- *Plane* : Xoay trên mặt bằng.
- *Elevation*: Chọn cao độ.
- *Aperture*: Chọn góc tù.

Có thể dùng *Fast View* để chọn nhanh cách hiển thị.

#### **b. Hiển thị 2D:**

Menu **View>Set 2D View...** (Shift+Ctrl+F1)

- Chọn mặt phẳng.
- Vị trí của mặt phẳng.

#### **c. Giới hạn không gian quan sát:**

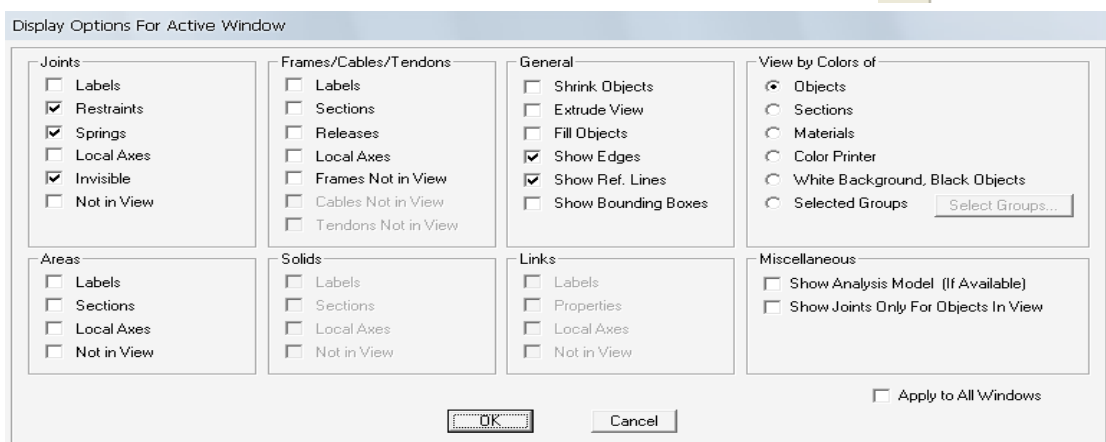
Menu **View>Set Limit...**

- Đặt khoảng giới hạn theo các trục.
- *Ignore Limit Settings*: bỏ qua các xác lập giới hạn.

#### **d. Xác lập các thông số biểu diễn vật thể:**

Menu **View>Set Display Options...** (Ctrl+E)

Bấm phím tắt trên thanh công cụ:



**Joint:** Các chức năng hiển thị trên màn hình của nút:

- + *Labels* : bật/tắt hiển thị số hiệu của nút.
- + *Restraints* : bật/tắt hiển thị ký hiệu điều kiện biên của nút.
- + *Spring* : bật/tắt hiển thị ký hiệu liên kết lò xo.
- + *Mass* : bật/tắt hiển thị ký hiệu khối lượng tập trung tại nút.
- + *Local axes* : bật/tắt hiển thị hệ tọa độ địa phương của nút.
- + *Invisible* : bật/tắt hiển thị nút.
- + *Not in View* : Tắt tất cả các thông tin về nút.

**Frames/Cables/Tendons:** Các chức năng hiển thị trên màn hình của phần tử thanh:

- + *Labels* : bật/tắt hiển thị số hiệu của phần tử thanh.
- + *Sections* : bật/tắt hiển thị số hiệu đặc trưng hình học của thanh.
- + *Releases*: bật/tắt hiển thị ký hiệu giải phóng liên kết ở hai đầu phần tử thanh.
- + *Local axes* : bật/tắt hiển thị hệ tọa độ địa phương của phần tử thanh.
- + *Frames Not in View* : Tắt tất cả các thông tin về thanh.

**Areas:** Các chức năng hiển thị trên màn hình của phần tử tấm/vỏ.

- + *Labels* : bật/tắt hiển thị số hiệu của phần tử .
- + *Sections* : bật/tắt hiển thị số hiệu đặc trưng hình học của phần tử.
- + *Local axes* : bật/tắt hiển thị hệ tọa độ địa phương của phần tử vỏ.
- + *Not in View* : Tắt tất cả các thông tin về tấm/vỏ.

**Links:** Các chức năng hiển thị trên màn hình của phần tử phi tuyến NLLink.

- + *Labels* : bật/tắt hiển thị số hiệu của phần tử .
- + *Local axes* : bật/tắt hiển thị hệ tọa độ địa phương của phần tử.
- + *Properties*: bật/tắt hiển thị số hiệu đặc tính của phần tử.
- + *Not in View* : Tắt tất cả các thông tin về phần tử phi tuyến.

**Solids:** Các chức năng hiển thị trên màn hình của phần tử khối.







- + *Labels* : bật/tắt hiển thị số hiệu của phần tử .
- + *Sections* : bật/tắt hiển thị số hiệu đặc trưng hình học của phần tử.
- + *Local axes* : bật/tắt hiển thị hệ tọa độ địa phương của phần tử khối.
- + *Not in View* : Tắt tất cả các thông tin về khối.

**General:** Các thông tin hiển thị chung.

- + *Shirk Objects* : bật/tắt chế độ vẽ các phần tử rời nhau ra (co ngót).

- + *Extrude View*: bật/tắt hiển thị các phần tử ở chế độ kích thước thực 3D .
- + *Fill Objects* : bật/tắt tô kín bề mặt phần tử.
- + *Show Edges*: bật/tắt chế độ vẽ đường biên chu vi phần tử.

#### e. Phóng to – Thu nhỏ – Di chuyển hình ảnh

- |  |   |            |   |
|--|---|------------|---|
| - Phóng to:                                  | Menu <b>View &gt; Zoom In One Step</b>  | (Shift+F8) |  |
| - Phóng to trong khung hình chữ nhật:        | Menu <b>View &gt; Rubber Band Zoom</b>  | (F2)       |  |
| - Thu nhỏ:                                   | Menu <b>View &gt; Zoom Out One Step</b> | (Shift+F9) |  |
| - Thể hiện toàn bộ vật thể trong khung hình: | Menu <b>View &gt; Restore Full View</b> | (F3)       |  |
| - Di chuyển hình ảnh                         | Menu <b>View &gt; Pan</b>               | (F8)       |  |
| - Bật/Tắt các đường lưới:                    | Menu <b>View &gt; Show grid</b>         | (F7)       |   |
| - Bật/Tắt biểu tượng hệ tọa độ:              | Menu <b>View &gt; Show Axes</b>         |            |   |
| - Vẽ lại toàn bộ cửa sổ:                     | Menu <b>View &gt; Refresh View</b>      | (F11)      |  |

### C.CÔNG CỤ BIẾN ĐỔI HÌNH HỌC



#### 1. Thêm một khối từ thư viện mẫu vào kết cấu:

Đưa thêm vào kết cấu đang có sẵn một khối kết cấu từ thư viện mẫu.

Menu **Edit > Add to Model From Template** (Ctrl+T)

#### 2. Chọn đối tượng:

Các cách chọn đối tượng (Select) và huỷ chọn đối tượng (Deselect) nằm trong Menu *Select*

- |  |   |   |
|--|---|---|
| - Chọn kiểu cửa sổ:                            | Menu <b>Select &gt; Select &gt; Pointer/Window</b>    |  |
| - Chọn theo đường thẳng cắt qua các đối tượng: | Menu <b>Select &gt; Select &gt; Intersecting Line</b> |  |
| - Chọn theo nhóm:                              | Menu <b>Select &gt; Select &gt; Groups..</b>          |   |

Trước khi chọn các đối tượng theo nhóm, ta phải:

+ Định nghĩa tên các nhóm trong Menu **Define > Groups**

+ Chọn các đối tượng muốn gán cùng một nhóm sau đó vào

Menu **Assign > Group Name...**

- .....

- Để huỷ chọn đối tượng: Menu **Select > Deselect > .....**



### **3. Sao chép, cắt dán, xoá, di chuyển, tạo bản sao đối tượng:**

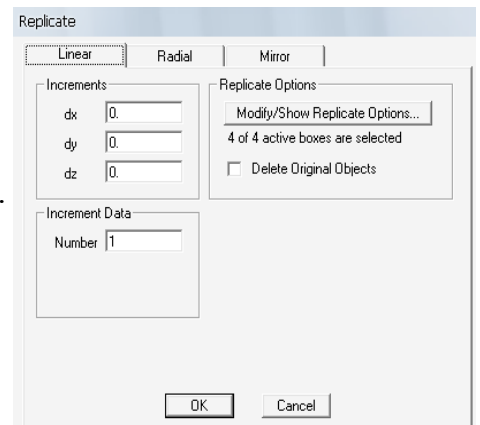
- Sao chép (Copy) : + Chọn đối tượng.  
+ Menu **Edit > Copy** (Ctrl+C).  
+ Menu **Edit > Paste** (Ctrl+V): Nhập độ dịch chuyển của đối tượng mới so với đối tượng gốc.
- Cắt dán (Cut):.....
- Xoá đối tượng : + Chọn đối tượng.  
+ Menu **Edit > Delete** (Bấm phím *Delete*).
- Di chuyển đối tượng: + Chọn đối tượng.  
+ Menu **Edit > Move..** (Ctrl+M), nhập độ dịch chuyển của đối tượng mới so với vị trí ban đầu.
- Tạo bản sao đối tượng (Replicate):  
+ Chọn các đối tượng muốn tạo bản sao.  
+ Menu **Edit > Replicate...** (Ctrl+R).

*Linear* : phát sinh tuyến tính.

*Radial* : phát sinh quay quanh một trục.

*Mirror* : phát sinh đối xứng qua một mặt phẳng.

Ordinate : (X,Y,Z) vị trí gương.



### **4. Chia nhỏ phần tử:**

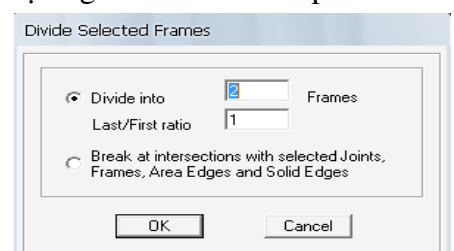
Để kết quả tính toán đạt độ chính xác cao và để xem kết quả tại các vị trí khác nhau, cần chia phần tử ban đầu thành nhiều phần tử có kích thước nhỏ hơn.

#### **a. Chia nhỏ phần tử thanh:**

- Chọn phần tử thanh cần chia.
- Menu **Edit > Edit Lines > Divide Frames...**  
+ *Divide in to* : Số đoạn chia.  
+ *Last/ First ratio* : Tỷ số chiều dài giữa hai đoạn cuối và đầu.  
+ *Break at....*: Phần tử ban đầu được ngắt ra tại vị trí giao nhau với các phần tử và các nút khác được chọn trước.

#### **b. Chia nhỏ phần tử tấm vỏ (Shell):**

- Chọn phần tử vỏ cần chia nhỏ.
- Menu **Edit > Edit Areas > Divide Areas...**



- + *Devide Area into This Number of Objects*: Chia tấm theo số lượng phần tử thiết đặt tại các cạnh của tấm.
- + *Devide Area into Objects of this Maximum size*: Chia phần tử tấm bằng cách đặt trước kích cỡ các tấm nhỏ
- + *Devide Area Based On Points on Area Edges*: Chia phần tử tấm dựa trên các điểm nút đã có trên cạnh tấm
- + ....

### 5. Nối các phần tử thanh:

Để gộp các phần tử thanh cạnh nhau, nằm trên cùng một đường thẳng thành một phần tử.

- Chọn các phần tử thanh cạnh nhau (nằm trên cùng một đường thẳng).
- Menu **Edit > Edit Lines > Joint Frames**

### 6. Nối và cắt đứt các phần của kết cấu:

Tại cùng một vị trí trong không gian có thể có hai điểm nút cùng tọa độ, hai điểm nút này thuộc về hai phần khác nhau của kết cấu.

#### **a. Tách rời các phần kết cấu:**

- Chọn các nút thuộc các vùng muốn tách rời.
- Menu **Edit > Edit Points > Disconnect**

#### **b. Nối các phần kết cấu vào nhau:**

- Chọn các nút thuộc các vùng muốn nối liền nhau.
- Menu **Edit > Edit Points > Connect**

(Để phát hiện trong kết cấu có các nút hay các phần tử trùng nhau

Menu **Edit > Show Duplicate**).

### 7. Thay đổi số hiệu đối tượng:

- Chọn các đối tượng cần thay đổi số hiệu.
- Menu **Edit > Change Labels...**

	Current Name	New Name
1	66	66
2	141	141
3	142	142
4	143	143
5	145	145
6	146	146
7	147	147
8	148	148
9	149	149
10	150	150
11	151	151

## BÀI 3 : ĐỊNH NGHĨA - GÁN CÁC ĐẶC TRƯNG VẬT LIỆU, HÌNH HỌC

### 1. Định nghĩa loại vật liệu:

Các loại vật liệu sau khi được định nghĩa sẽ được gán vào các tiết diện, các tiết diện sẽ được gán cho các phần tử (thanh, tấm vỏ,...).

Để định nghĩa các loại vật liệu ta làm như sau:

- Menu **Define > Materials**

+ *Add New Material* :

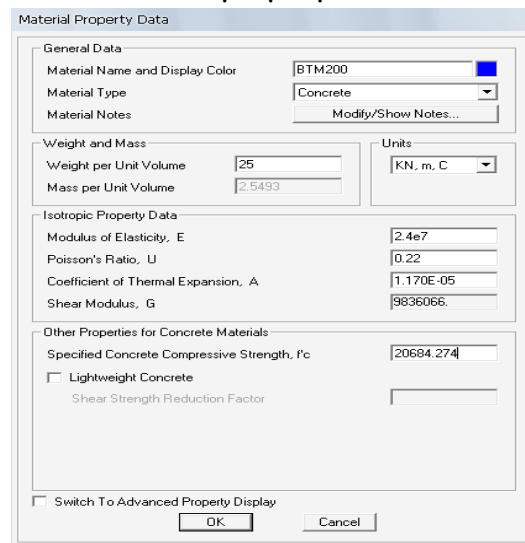
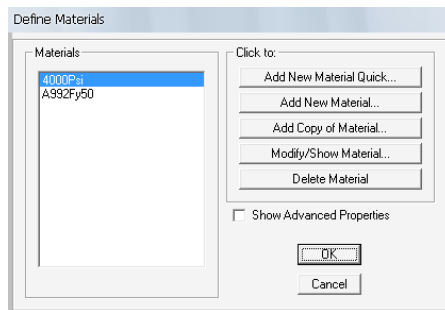
Thêm một loại vật liệu mới.

+ *Modify / Show Material*:

Hiển thị, chỉnh sửa loại vật liệu đã tồn tại.

+ *Delete Material* :

Xoá bỏ loại vật liệu.



+ *Material Name*:

Tên loại vật liệu.

+ *Material Type*:

Kiểu vật liệu.

*Concrete* :

Bê tông.

*Steel*:

Thép.

*Aluminum* :

Nhôm.

+ *Weight and Mass*

*Weight per unit Volume*:

Trọng lượng thể tích.

*Mass per unit Volume*:

Khối lượng thể tích.

+ *Isotropic Property Data*

*Modulus of Elasticity*:

Mô đun đàn hồi của vật liệu.

*Poisson's Ratio*:

Hệ số Poisson.

*Coeff of thermal expansion*:

Hệ số giãn nở vì nhiệt.

+ *Other Properties for Concrete Materials*: Dữ liệu phục vụ cho bài toán thiết kế.

*Specified Conc Comp strength, f'c*: Cường độ chịu nén của bê tông.

*Shear Reinf. Yield stress, fys*: Giới hạn chảy (do cắt) của cốt thép.

*Bending Reinf. Yield stress, fy*: Giới hạn chảy dẻo của thép

## 2. Định nghĩa tiết diện (đặc trưng hình học):

Tiết diện được định nghĩa sau khi các loại vật liệu dùng cho kết cấu đã được định nghĩa.

Để định nghĩa tiết diện ta làm như sau:

### a. Định nghĩa tiết diện cho phần tử thanh (Frame):

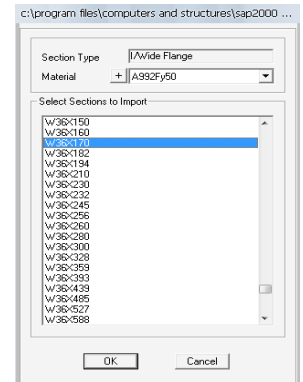
- Menu **Define > Section Properties > Frame Sections...**

- Choose Property Type to Add

+ **Import....**: Chọn các tiết diện đã có sẵn trong thư viện mẫu

(do SAP đã tạo sẵn và được

lưu trong File \*.pro).



Các tiết diện được chọn sẽ được bổ xung vào cột *Fine this property*, sau này ta có thể gán loại tiết diện đó cho các phần tử thanh trong kết cấu.

+ **Add New Property...** : Khai báo tiết diện do người sử dụng tự định nghĩa.

*Frame Section Property Type*: Kiểu tiết diện của phần tử thanh

*Section Name*: Tên tiết diện.

*Properties*: Các tính chất tiết diện.

*Section Properties* : Các đặc trưng hình học của tiết diện ngang.

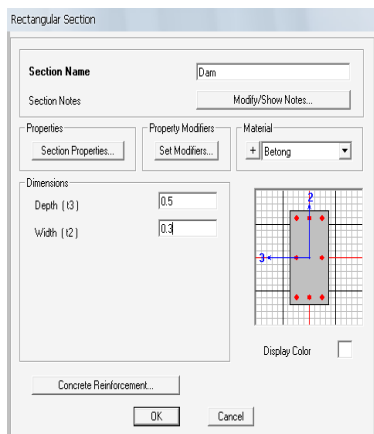
*Set Modifiers*: Hệ số nhân cho các giá trị đặc trưng hình học.

*Material*: Loại vật liệu dùng cho tiết diện.

*Dimensions*: Kích thước tiết diện.

*Depth* : Độ dài của cạnh theo hướng trục 2 của tiết diện.

*Width*: Độ dài của cạnh theo hướng trục 3 của tiết diện.



- Các loại tiết diện khi định nghĩa có thể chọn từ các thư viện mẫu tiết diện sẵn có hoặc tự định nghĩa theo ý người sử dụng.

- Các loại tiết diện thường dùng là : *Rectangular* ( chữ nhật), *I/Wide Flange* (chữ I), *Pipe* (hình ống tròn)....

- Một số loại tiết diện khác:

+ Tiết diện chưa định hình : tự khai báo các đặc trưng hình học của tiết diện mà không quan tâm đến hình dáng tiết diện.

Menu **Define > Section Properties > Frame Sections..** *Frame Section Property type*: Other ; chọn *General*

*Cross section area*: Diện tích tiết diện mặt cắt ngang.

*Torsional constant*: Mômen chống xoắn của tiết diện.

<i>Moment of inertia about 3,2 axis:</i>	Mô men quán tính $I_{33}, I_{22}$ .
<i>Shear area in 2, 3 direction:</i>	Diện tích chịu cắt hiệu dụng của tiết diện theo phương 2, 3.
<i>Section modulus about 3, 2 axis:</i>	$W_{33}, W_{22}$
<i>Plastic modulus about 3, 2 axis:</i>	
<i>Radius of Gyration about 3, 2 axis:</i>	Bán kính quán tính của tiết diện đối với trục 3, 2.

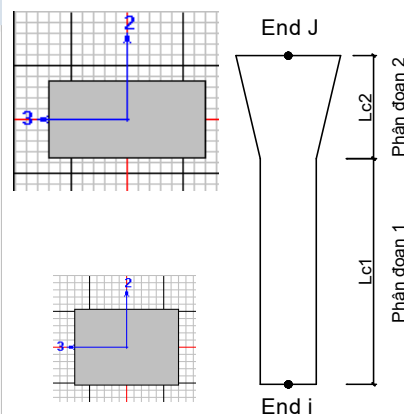
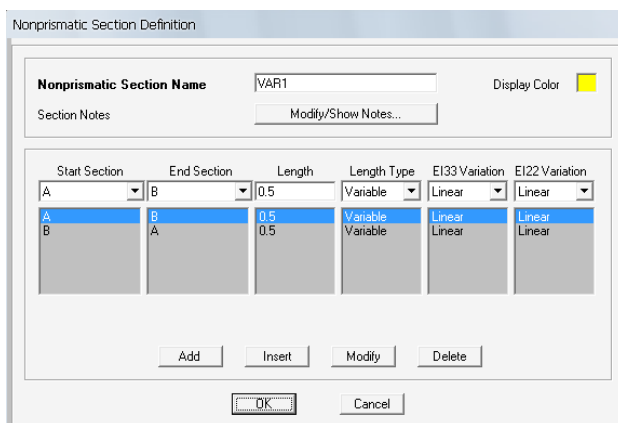
Sau khi khai báo các đặc trưng hình học tiết diện, SAP2000 sẽ tự đưa ra một loại tiết diện nào phù hợp với các đặc trưng đã được khai báo ở trên.

Cách khai báo này thường dùng để định nghĩa tiết diện cho các thanh dầm.

+ Tiết diện thay đổi (không lăng trụ): là tiết diện mà mặt cắt ngang theo chiều dài phần tử không giống nhau.

Menu **Define > Section Properties > Frame Sections..** *Frame Section Property type*: Other ; chọn **Nonprismatic**

Khai báo tiết diện thay đổi chỉ thực hiện được khi đã khai báo tối thiểu hai tiết diện.



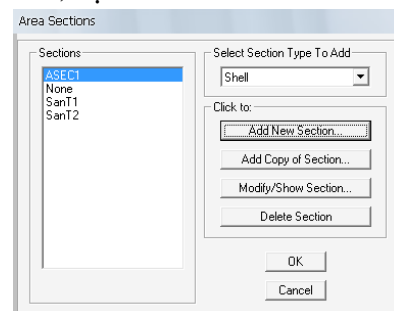
<i>Nonprismatic Section Name:</i>	Tên của tiết diện thay đổi.
<i>Start, End Section:</i>	Tiết diện đầu, cuối một phân đoạn.
<i>Length:</i>	Chiều dài một phân đoạn.
<i>Length Type:</i>	Kiểu chiều dài một phân đoạn.
<i>EI33, EI22 Variation:</i>	Quy luật thay đổi các cạnh của tiết diện theo phương 3 và phương 2.
<i>Linear, Parabolic, Cubic:</i>	Tuyến tính, bậc hai, bậc ba.

## b. Định nghĩa tiết diện cho phần tử tấm vỏ (Shell):

- Menu **Define > Section property > Area Sections... >**

**Add New Section...**

+ *Section Name:* Tên loại tiết diện.



- + *Material angle*: Góc vật liệu, góc của hướng chuẩn đang định nghĩa với hướng làm việc thực của phần tử, mặc định góc này bằng 0.
- + *Area Type*: Kiểu tiết diện .
- Shell*: Phần tử tấm vỏ thường.
- Plane*: Tấm vỏ phẳng.
- Asolid*: Phần tử tấm vỏ đối xứng trục.
- + *Thickness*: Độ dày của phần tử.
- Membrane*: Độ dày màng.
- Bending*: Độ dày uốn.
- + *Type*: Loại phần tử.
- Plate*: Phần tử tấm chịu uốn thuần túy.
- Shell*: Phần tử vỏ tổng quát.
- Thick Plate*: Phần tử tấm dày.
- Membrane*: Phần tử màng.

### 3. Gán các tiết diện đã định nghĩa cho phần tử

(Gán các đặc trưng hình học của tiết diện cho phần tử)

- Chọn phần tử thanh – Menu **Assign > Frame > Frame Sections...**
- Chọn phần tử tấm vỏ – Menu **Assign > Area > Sections...**
- Chọn phần tử – Dùng thanh công cụ



## BÀI 4 : ĐỊNH NGHĨA - GÁN TẢI TRỌNG

### 1. Định nghĩa trường hợp tải trọng:

Một kết cấu có thể chịu nhiều trường hợp tải trọng khác nhau, các trường hợp tải trọng lại được tổ hợp trong các tổ hợp tải trọng.

Để định nghĩa các trường hợp tải trọng ta làm như sau:

#### a. Khai báo các trường hợp tải trọng tĩnh (Load Case Names)

- Menu **Define > Load Patterns...**

*Load:* Tên trường hợp tải trọng.

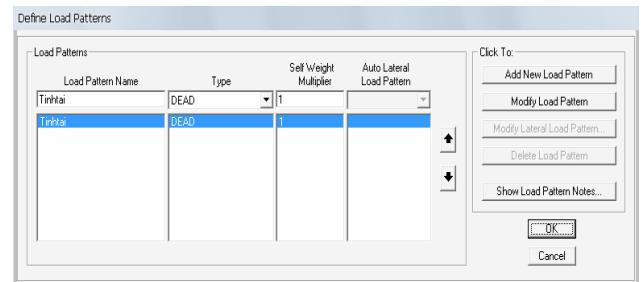
*Type:* Loại tải trọng.

*Self Weight Multiplier:* Hệ số nhân tải trọng bản thân.

Lưu ý: + Khi hệ số nhân tải trọng bản thân

bằng không thì trường hợp tải trọng đó không tính đến trọng lượng bản thân.

+ Khi tính đến trọng lượng bản thân, yêu cầu trọng lượng thể tích của vật liệu (khi định nghĩa các loại vật liệu) phải được điền chính xác.



Weight per unit Volume 2.5

#### b. Khai báo các trường hợp tải trọng động (Bridge Loads)

- Menu **Define > Bridge Loads > ...**

### 2. Gán tải trọng:

#### a. Gán tải trọng cho phần tử thanh:

Chọn các phần tử thanh muốn gán tải trọng.

Menu **Assign > Frame Loads > ...**

- Tải trọng bản thân:

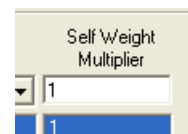
+ Khai báo hệ số trọng lượng bản thân trong

**Define > Load Patterns..**

(Hướng mặc định của trọng lượng bản thân ngược chiều trục Z, tất cả các phần tử trong kết cấu đều được tính trọng lượng bản thân).

+ Menu **Assign > Frame Loads > Gravity...**

Với cách này ta có thể gán trọng lượng bản thân của một số phần tử trong kết cấu, theo một hướng nào đó (X, Y, Z....).



- Tải trọng tập trung trên phần tử thanh (Frame):

+ Menu **Assign > Frame Loads > Point...**

+ Dùng thanh công cụ:



*Load Case Name:* Tên trường hợp tải trọng.

**Load Type and Direction:** Loại tải trọng và hướng tác dụng của tải trọng.

**Coord Sys:** Hệ tọa độ dùng định hướng.

**Direction:** Hướng tác dụng của tải trọng.

**Point Loads:** Tải trọng tập trung.

Ta có thể gán tải trọng tập trung lên phần tử theo vị trí tương đối (Relative...) hoặc tuyệt đối (Absolute...)

- Tải trọng phân bố trên phần tử thanh (Frame):

+ Menu **Assign > Frame Loads > Distributed...**

+ Dùng thanh công cụ:



**Load Case Name:** Tên trường hợp tải trọng.

**Load Type and Direction:** Loại tải trọng và hướng tác dụng của tải trọng.

**Trapezoidal Loads:** Tải trọng phân bố bất kì.

Ta có thể gán tải trọng tập trung lên phần tử Theo vị trí tương đối (Relative...) hoặc tuyệt đối (Absolute...)

**Uniform Loads:** Tải trọng phân bố đều.

**Options:** Các tùy chọn.

**Add to existing loads:** Thêm vào tải trọng đã tồn tại.

**Replace existing loads:** Thay thế tải trọng đã tồn tại.

**Delete existing loads:** Xóa bỏ các tải trọng đã gán cho phần tử.

Lưu ý: Chiều của mô men được tính theo chiều vặn nút chai (có giá trị dương khi tiến theo chiều dương của trục tọa độ).

- Tải trọng do nhiệt độ:

+ Menu **Assign > Frame Loads > Temperature...**

+ Dùng thanh công cụ:

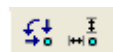


**b. Gán tải trọng cho nút (Joint):**

Chọn các nút muốn gán tải trọng.

+ Menu **Assign > Joint Loads >...**

+ Dùng thanh công cụ



- Tải trọng tập trung, mô men:

+ Menu **Assign > Joint Loads > Forces...**

- Chuyển vì cưỡng bức:



+ Menu **Assign > Joint Loads > Displacements...**

### c. Gán tải trọng cho phần tử tấm vỏ (Shell):

Chọn các phần tử Shell muốn gán tải trọng.

+ Menu **Assign > Area Loads > ...**

+ Dùng thanh công cụ

- Tải trọng bản thân:

+ Menu **Assign > Area Loads > Gravity...**

- Tải trọng phân bố đều trên phần tử Shell:

+ Menu **Assign > Area Loads > Uniform (Shell) ..**

+ Dùng thanh công cụ

- Tải trọng áp lực tác dụng lên bề mặt phần tử Shell:

+ Menu **Assign > Area Loads > Surface Pressure...**

*By Element Pressure:* Gán trực tiếp áp lực tác dụng lên bề mặt phần tử.

*Face:* Mặt tải trọng tác dụng.

*By Joint Pattern:* Gán áp lực tác dụng lên bề mặt phần tử thông qua các *Joint Pattern* đã được định nghĩa.

*Pattern:* Tên loại *Pattern* đã định nghĩa.

*Multiplier:* Hệ số nhân cho *Joint Pattern*.

(Cách định nghĩa và khai báo các thông số cho *Joint Pattern* xem Bài 5).

- Tải trọng do nhiệt độ:

+ Menu **Assign > Area Loads > Temperature...**

+ Dùng thanh công cụ



### 3. Tổ hợp tải trọng:

Là sự kết hợp các trường hợp tải trọng có thể xảy ra đồng thời.

Tổ hợp tải trọng được khai báo sau khi đã khai báo các trường hợp tải trọng.

Để khai báo tổ hợp tải trọng:

Menu **Define > Load Combinations...**



*Load Combination Name:* Tên tổ hợp tải trọng.

*Load Combination Type:* Loại tổ hợp tải trọng.

*ADD:* Cộng tác dụng (Dùng cho các trường hợp tải trọng tĩnh).

*ENVELOPE:* Biểu đồ bao.

(Lấy giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của các trường hợp tải trọng, áp dụng cho phần tử thanh trong kết cấu, cho các loại tải trọng tĩnh, tải trọng di động. Giá trị lớn nhất và nhỏ nhất có thể mang dấu +, -).

*ABS:* Trị tuyệt đối .

(Giá trị tuyệt đối của từng trường hợp tải trọng được cộng lại với nhau)

*SRSS:* Bình phương cực tiểu.

*Define Combination of Case Results:* Định nghĩa tổ hợp tải trọng.

*Case Name:* Trường hợp tải.

*Scale Factor:* Hệ số nhân cho trường hợp tải.

(Sau khi thực hiện tính toán, kết quả nội lực, chuyển vị... có thể được hiển thị cho các trường hợp tải trọng và tổ hợp tải trọng).

## BÀI 5 : CÁC ĐỊNH NGHĨA VÀ KHAI BÁO KHÁC

### 1. Khai báo điều kiện biên của nút:

- Chọn các nút muốn khai báo điều kiện biên.

Menu **Assign > Joint > Restraints...**

- Chọn các nút muốn khai báo điều kiện biên.

Dùng thanh công cụ



### 2. Khai báo Joint Pattern:

Thường dùng để khai báo dạng của tải trọng áp lực (phân bố đều hay phân bố dạng hình thang) mà sau này ta sẽ gán lên phần tử tấm vỏ (Shell).

- Định nghĩa Joint Pattern:

Menu **Define > Joint Patterns..**

- Khai báo Joint Pattern:

+ Chọn các nút muốn khai báo Joint Pattern.

+ Menu **Assign > Joint Patterns...**

Các hệ số của Joint Pattern được xác định thông

qua hàm:  $P_{patt}^i = A.x_i + B.y_i + C.z_i + D$

$A, B, C, D$  : Các hệ số được chỉ định trước.

$x_i, y_i, z_i$  : Tọa độ của điểm nút.

Use all value: Dùng tất cả các giá trị của hàm (+, -).

Zero Negative value: Chỉ lấy các giá trị dương, giá trị âm được gán bằng Zero.

Zero Positive values: Chỉ lấy các giá trị âm, giá trị dương được gán bằng Zero.

- Gán tải trọng áp lực (lên phần tử tấm vỏ) thông qua các Joint Pattern:

(Xem thêm Bài 4 mục 2., Bài 7 mục 3..)

### 3. Thay đổi trục tọa độ địa phương của nút, phần tử:

#### a. Phần tử thanh (Frame):

- Chọn các thanh muốn thay đổi trục tọa độ địa phương.

Menu **Assign > Frame > Local Axes...**

Angle in Degrees: Góc quay (quanh trục 1).

Advanced Axes: Cho phép đổi chiều trục tọa độ địa phương quanh các mặt phẳng.

#### b. Phần tử tấm vỏ (Shell):

- Chọn các tấm vỏ muốn thay đổi trục tọa độ địa phương.

Menu **Assign > Area > Local Axes...**

Angle in Degrees: Góc quay (quanh trục 3).

Advanced Axes: Cho phép đổi chiều trục tọa độ địa phương quanh các mặt phẳng.

### c. Nút (Joint):

Mặc định hệ tọa độ địa phương của nút (1, 2, 3) song song với hệ trục tọa độ tổng thể (X,Y, Z).

Khi muốn thay đổi hệ trục tọa độ địa phương của nút ta làm như sau:

- Chọn các nút muốn thay đổi hệ trục tọa độ địa phương.
- Menu **Assign > Joint > Local Axes...**

About Z, Y', X'': Góc quay quanh các trục Z, Y', X''.

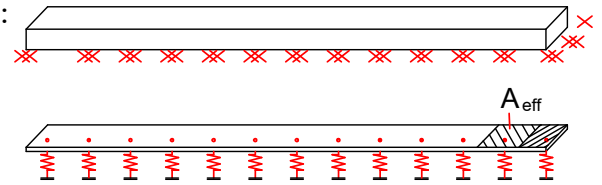
### 4. Khai báo liên kết đàn hồi của nút:

Khi kết cấu tựa lên các môi trường không phải là cứng tuyệt đối thì cần phải khai báo liên kết đàn hồi tại các nút liên kết với môi trường đó.

SAP 2000 chỉ cung cấp các liên kết đàn hồi bằng các liên kết lò xo.

Độ cứng của lò xo được xác định theo công thức:

$$K_{Lx} = k_s \cdot A_{eff} \quad (\text{kN/m})$$



Trong đó:  $+ k_s$ : hệ số nền ( $\text{kN/m}^3$ ).  
 $+ A_{eff}$ : diện tích vùng ảnh hưởng của nút ( $\text{m}^2$ ).

Để khai báo liên kết đàn hồi cho nút ta làm như sau:

- Chọn các nút muốn khai báo liên kết đàn hồi.
- Menu **Assign > Joint > Springs...**

*Spring Stiffness*: Độ cứng lò xo theo các hướng.

(Tính theo hệ trục tọa độ địa phương của nút, luôn dương).

*Option*: Các tùy chọn.

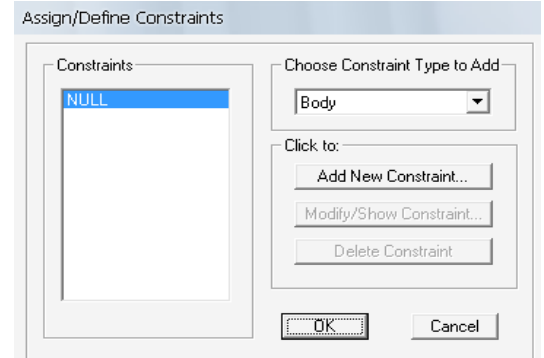
Bấm vào nút **Advanced** cho phép khai báo chi tiết ma trận độ cứng của liên kết.

### 5. Khai báo ràng buộc chuyển vị của nút:

Khi một số thành phần chuyển vị của nút hay nhóm nút được xem là có giá trị gần bằng nhau, thì chúng có quan hệ ràng buộc lẫn nhau (Sàn tuyệt đối cứng, tường cứng...).

Để khai báo ràng buộc chuyển vị cho các nút ta làm như sau:

- Chọn các nút muốn khai báo ràng buộc chuyển vị.
- Menu **Assign > Joint > Constraints...**
- Chọn dạng ràng buộc chuyển vị trong hộp **Choose...**  
(Diaphragm, Body, Plate....)
- Đặt tên ràng buộc, chọn mặt phẳng ràng buộc....
- OK.



### 6. Giải phóng liên kết thanh:

Ta thực hiện điều này khi một số thành phần chuyển vị của thanh cần được giải phóng.

Luôn luôn được chỉ định theo hệ trục tọa độ địa phương của phần tử và không ảnh hưởng đến phần tử khác nối với nó.

Để giải phóng liên kết cho thanh ta làm như sau:

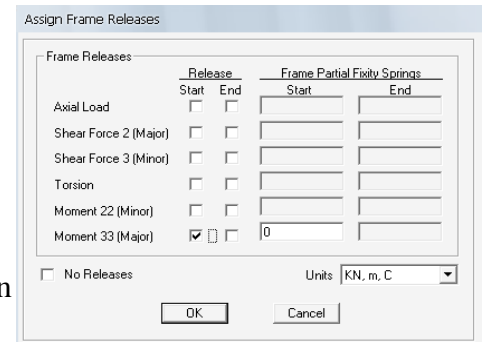
- Chọn thanh muốn giải phóng liên kết.
- Menu **Assign > Frame > Releases/Partial Fixity...**

*Axial Load:* Giải phóng lực dọc (P).

*Shear Force 2, 3 (Major):* Giải phóng các thành phần lực cắt  $V_2, V_3$ .

*Torision:* Giải phóng mô men xoắn (T).

*Moment 22, 33 (Major):* Giải phóng hai thành phần mô men uốn ( $M_2, M_3$ ).



### 7. Khai báo vùng cứng trong liên kết thanh:

Khi phân tích kết cấu, các phần tử thanh trong kết cấu đều được gán một loại tiết diện nào đó. Do đó tại vùng liên kết sẽ có sự chồng lấp kích thước của hai tiết diện (**ioff, joff**).

Khi ta khai báo vùng cứng cho phần tử thì chiều dài tính toán của nó sẽ giảm xuống:

$$L_c = L - \text{rigrid}(\text{ioff} + \text{joff})$$

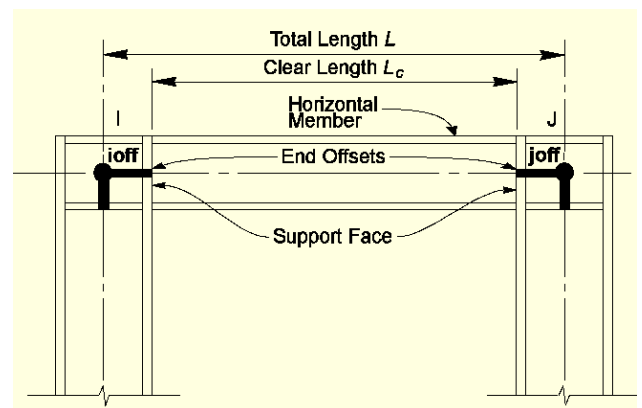
(rigrid: độ cứng)

Vùng cứng được chỉ định bằng hai tham số **ioff** và **joff** tương ứng ở hai đầu.

Để khai báo vùng cứng trong liên kết thanh, ta làm như sau:

- Chọn thanh hay nhóm thanh muốn giải phóng liên kết.

- Menu **Assign > Frame > End (Length) Offsets...**



*Define Lengths:* Tự định chiều dài **ioff** và **joff**.

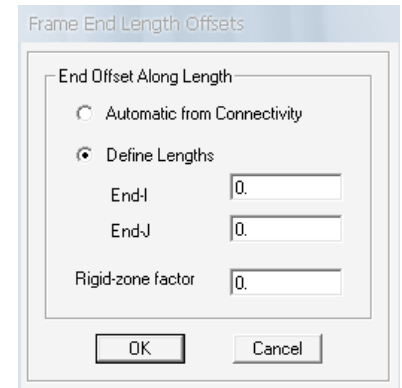
*End-I, End-J:* Chiều dài **ioff** và **joff**.

*Update Length from Current Connectivity:*

Chương trình tự động tính **ioff** và **joff** từ chiều dài, liên kết, kích thước tiết diện của phần tử.

*Rigid-Zone Factor:*

Hệ số độ cứng (hệ số được dùng để thay đổi kích thước của **ioff** và **joff**, thông thường nên cho giá trị này bằng 1).



### **8. Khai báo số lượng mặt cắt xuất kết quả:**

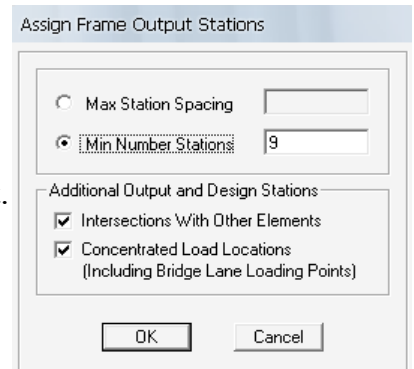
Mặc định chương trình chia phần tử thành 4 phân đoạn và xuất kết quả nội lực tại hai đầu của từng phân đoạn (xuất kết quả ra File dạng văn bản \*.out, \*.txt).

Trong trường hợp cần thiết ta có thể chỉ định lại số phân đoạn xuất kết quả bằng cách:

- Chọn thanh hay nhóm thanh muốn định lại số phân đoạn xuất kết quả.

- Menu **Assign > Frame > Output Stations...**

*Min Number Stations:* Số phân đoạn xuất kết quả ít nhất.



### **9. Thiết định tính toán, xuất kết quả:**

- Chọn số bậc tự do tồn tại của bài toán (**Available DOFS**):

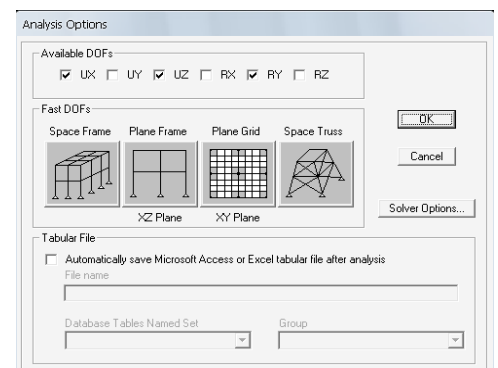
Ở chế độ mặc định chương trình sẽ tự động không chế các bậc tự do “thừa” còn lại. Tuy nhiên, nếu chúng được chủ động khai báo loại bỏ sẽ tốt hơn (chương trình tính toán nhanh hơn, ít sai sót hơn).

Để chọn số bậc tự do của nút cho toàn bộ kết cấu ta làm như sau:

Menu **Analyze > Set Analysis Options...**

*Available DOFS:* Số bậc tự do tồn tại.

*Fast DOFS:* Khai báo nhanh số bậc tự do của nút cho toàn bộ kết cấu.



### **10. Định nghĩa trường hợp tính toán:**

Ta có thể định nghĩa các trường hợp tính toán để khi tính toán ta có thể tính toán riêng cho từng trường hợp (không nhất thiết lúc nào cũng phải tính toán cho tất cả các trường hợp).

Khi chạy chương trình (bấm F5) bảng *Set Load Case to Run* hiện ra, tại đây ta có thể lựa chọn các trường hợp tải trọng cần hay không cần tính (**Run/Do not Run Case**).

## PHẦN II

# TÍNH TOÁN ỨNG DỤNG

## BÀI 6 : TÍNH TOÁN KẾT CẤU HỆ THANH

### 1. Tính toán kết cấu hệ khung:

#### a. Đặc điểm:

- Kết cấu hệ khung được mô hình hoá bằng các nút và các phần tử thanh (*Frame Elements*).
- Mỗi nút của phần tử thanh có 6 bậc tự do gồm 3 thành phần chuyển vị thẳng ( $U_1, U_2, U_3$ ) và 3 thành phần chuyển vị xoay ( $R_1, R_2, R_3$ ).
- Tải trọng tác dụng lên phần tử thanh có thể là tải trọng tập trung, phân bố hay trọng lượng bản thân.

#### b. Những lưu ý khi mô hình hoá tính toán:

- Khi định nghĩa đặc trưng vật liệu (**Define > Materials...**) cần phải khai báo các đại lượng sau:


Trọng lượng riêng	W
Khối lượng riêng	M
Mô đun đàn hồi của vật liệu	E
Hệ số Poisson	U.
Hệ số dẫn nở vì nhiệt (nếu có tải nhiệt độ)	A

- Khi định nghĩa đặc trưng hình học của tiết diện (**Define > Frame Sections...**) cần phải khai báo các đại lượng sau:

Diện tích mặt cắt ngang	A
Mô men quán tính uốn	$I_2, I_3$
Diện tích cắt	$A_{s2}, A_{s3}$
Mô men quán tính xoắn	J
Loại vật liệu tương ứng của tiết diện.	

Nếu ta khai báo các giá trị kích thước mặt cắt ngang tiết diện thì các đại lượng  $A, I_2, I_3, A_{s2}, A_{s3}, J$  sẽ được chương trình tự tính toán.

- Giải bài toán được tiến hành theo các bước như đã trình bày ở **Bài 1**.

(Giải bài toán (F5) )

Kết thúc quá trình giải nếu thấy khoá trên thanh công cụ sẽ chìm xuống là quá trình giải thành công.



Xem **Ví dụ 1** ở phần **Phụ lục**.

#### c. Xem kết quả tính toán:

- Xem trên màn hình:

Hiển thị nội lục:

Menu **Display > Show Forces /Stresses > Frames/Cables...**





Hiển thị biến dạng:

Menu **Display > Show Deformed Shape...** (F6)



Hiển thị phản lực nút:

Menu **Display > Show Forces /Stresses > Joints...**



- Xem kết quả tính qua File số liệu: (\*.out, \*.txt).

Ví dụ: Kết quả tính toán nội lực của một phần tử thanh có dạng:

Table: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m
1	0.00000	DEAD	LinStatic	-57.772	-18.442	0.000	0.0000	0.0000
1	1.50000	DEAD	LinStatic	-57.005	-18.442	0.000	0.0000	0.0000
1	3.00000	DEAD	LinStatic	-56.238	-18.442	0.000	0.0000	0.0000
2	0.00000	DEAD	LinStatic	-135.197	-1.471E-15	0.000	0.0000	0.0000
2	1.50000	DEAD	LinStatic	-134.430	-1.471E-15	0.000	0.0000	0.0000
2	3.00000	DEAD	LinStatic	-133.663	-1.471E-15	0.000	0.0000	0.0000
Số hiệu phần tử	Vị trí tuyệt đối	Trường hợp tải trọng	Loại tải trọng	Lực dọc	Lực cắt theo phương 2	Lực cắt theo phương 3	Mô men xoắn	Mô men uốn quanh trục 2

Table: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame Text	Station m	OutputCase Text	M3 KN-m
1	0.00000	DEAD	-15.6757
1	1.50000	DEAD	11.9872
1	3.00000	DEAD	39.6501
2	0.00000	DEAD	-6.162E-16
2	1.50000	DEAD	1.590E-15
2	3.00000	DEAD	3.797E-15
Số hiệu phần tử	Vị trí tuyệt đối	Trường hợp tải trọng	Mô men uốn quanh trục 3

## 2. Tính toán hệ kết cấu dàn:

### a. Đặc điểm:

- Kết cấu dàn là kết cấu mà thành phần nội lực chỉ có duy nhất lực dọc.
- Kết cấu hệ dàn được mô hình hoá bằng các nút và các phần tử thanh (*Frame Elements*).
- Mỗi nút của phần tử thanh trong dàn không gian có 3 bậc tự do là 3 thành phần chuyển vị thẳng ( $U_1, U_2, U_3$ ), với dàn phẳng là hai thành phần chuyển vị thẳng.
- Các tải trọng tập trung (chỉ có các thành phần lực, không có thành phần mô men) chỉ được đặt tại nút.

### b. Những lưu ý khi mô hình hoá tính toán:

- Khi định nghĩa đặc trưng vật liệu (**Define > Materials...**) cần phải khai báo các đại lượng

sau:

Khối lượng riêng = 0  
 Trọng lượng riêng = 0  
 Mô đun đàn hồi của vật liệu E  
 Hệ số Poisson U.  
 Hệ số dẫn nở vì nhiệt = 0

- Weight and Mass		Units
Weight per Unit Volume	0	KN, m, C
Mass per Unit Volume	0.	
- Isotropic Property Data		
Modulus of Elasticity, E	2.1e6	
Poisson's Ratio, U	0.3	
Coefficient of Thermal Expansion, A	0	
Shear Modulus, G	807692.3	

- Khi định nghĩa đặc trưng hình học của tiết diện

(Define > Section Properties > Frame Sections.. *Frame Section Property type: Other* ; chọn *General*) chỉ quan tâm đến diện tích mặt cắt ngang, các đại lượng khác gán = 0.

SAP2000 sẽ tự đưa ra cho ta một loại tiết diện, ta chấp nhận loại tiết diện đó mà không thay đổi gì.

- Giải bài toán được tiến hành theo các bước như đã trình bày ở **Bài 1**.

- Học viên tự giải **Ví dụ 2** ở **Phụ lục**.

### c. Xem kết quả tính toán:

- Xem trên màn hình:

*Hiển thị nội lực:*

Menu **Display > Show Forces /Stresses > Frames/Cables...**



*Axial Forces:* Lực dọc.

*Hiển thị biến dạng:*

Menu **Display > Show Deformed Shape...** (F6)



*Hiển thị phản lực nút:*

Menu **Display > Show Forces /Stresses > Joints...**



- Xem kết quả tính qua File số liệu: (\*.out, \*.txt).

Table: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P KN	V2 KN	V3 KN
1	0.00000	DEAD	LinStatic			75.000	0.000	0.000
1	0.50000	DEAD	LinStatic			75.000	0.000	0.000
1	1.00000	DEAD	LinStatic			75.000	0.000	0.000
1	1.50000	DEAD	LinStatic			75.000	0.000	0.000
1	2.00000	DEAD	LinStatic			75.000	0.000	0.000
1	2.50000	DEAD	LinStatic			75.000	0.000	0.000
1	3.00000	DEAD	LinStatic			75.000	0.000	0.000
Số hiệu Mô men	Vị trí tuyệt đối	Trường hợp tải trọng	Loại tải trọng			Lực dọc	Lực cắt theo phương 2	Lực cắt theo phương 3

### **3. Một số lưu ý khi xem kết quả nội lực:**

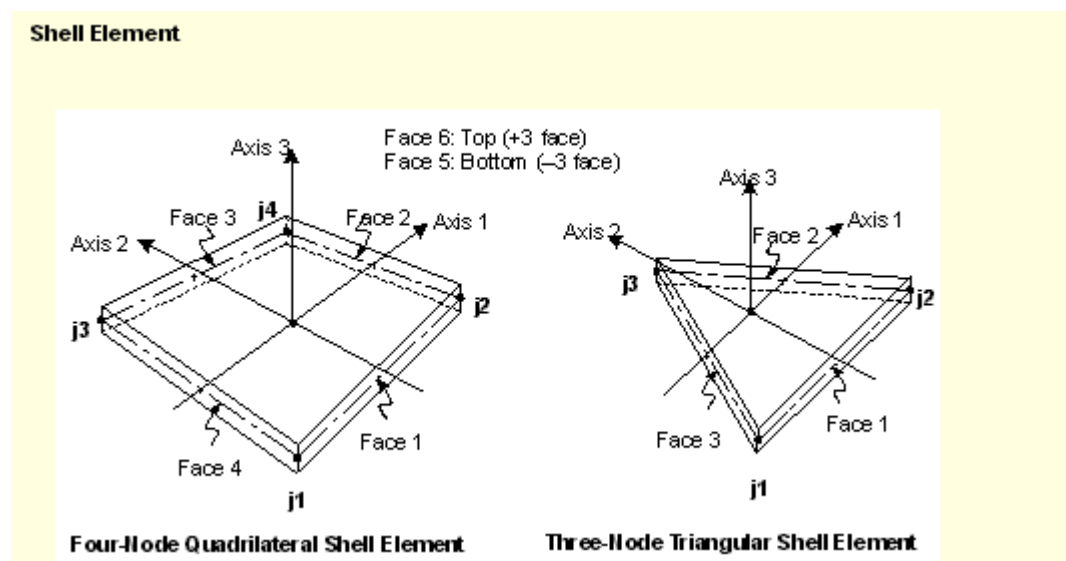
- **Lực dọc** có giá trị khi phần tử chịu kéo, chiều lực hướng ra ngoài mặt cắt.
- **Moment xoắn** dương khi quay ngược chiều kim đồng hồ (nhìn từ ngoài vào mặt cắt).
- **Lực cắt** dương theo chiều quay của lực dọc một góc  $90^\circ$  ngược chiều kim đồng hồ trong mặt phẳng đang xét.
- **Mô men** dương khi làm nén các mặt theo chiều dương của trục 2 và 3.
- Một số kí hiệu khác:

<i>Shear 2-2</i>	<b>V<sub>2</sub>:</b>	Lực cắt trong mặt phẳng 1 – 2.
<i>Shear 3-3</i>	<b>V<sub>3</sub>:</b>	Lực cắt trong mặt phẳng 1 – 3.
<i>Torsion</i>	<b>T :</b>	Mô men xoắn.
<i>Moment 2-2</i>	<b>M<sub>2</sub> :</b>	Mô men uốn trong mặt phẳng 1-3 (quanh trục 2).
<i>Moment 3-3</i>	<b>M<sub>3</sub> :</b>	Mô men uốn trong mặt phẳng 1-2 (quanh trục 3).
<i>Axial Force</i>	<b>P :</b>	Lực dọc.
<i>Reactions</i>	<b>F<sub>x</sub>, F<sub>y</sub>, F<sub>z</sub>, M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub>, M<sub>z</sub></b>	: Phản lực.
<i>Wire Shadow</i>		Hiển thị hình dạng ban đầu.
<i>Cubic Curve</i>		Biểu diễn chuyển vị của thanh bằng hàm xấp xỉ bậc ba.

## BÀI 7 : KẾT CẤU TẤM VỎ

### 1. Đặc điểm chung:

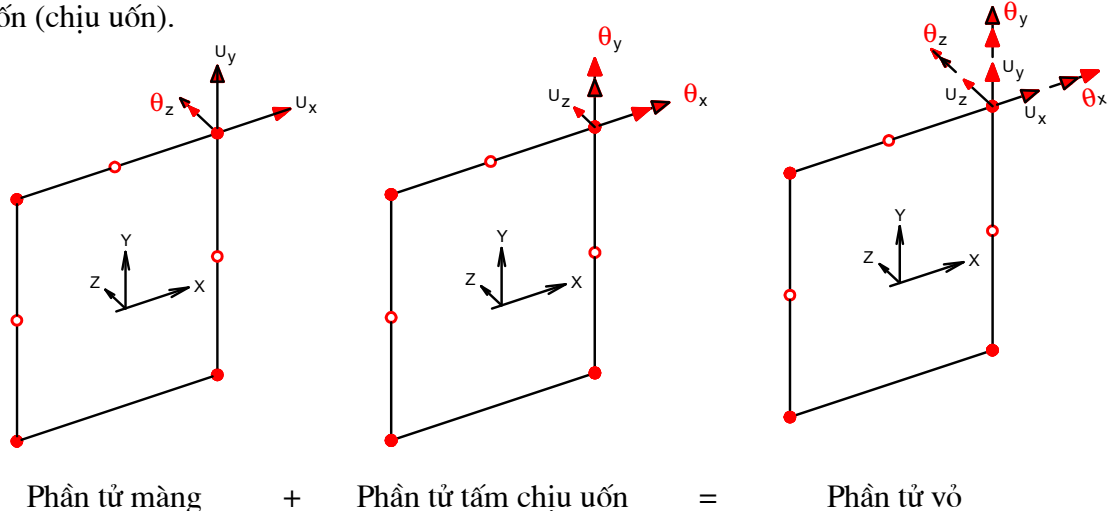
- Kết cấu tấm vỏ là kết cấu có chiều dày ( $h$ ) rất nhỏ so với các chiều còn lại.
- Kết cấu tấm vỏ được phần mềm SAP2000 mô tả bằng các phần tử vỏ tổng quát (*General Shell Finite Element*).
- Phần tử vỏ tổng quát là phần tử phẳng tam giác (3 nút) hay tứ giác (4 nút) không có độ cong và được biểu diễn bởi mặt trung bình của nó.
- Phần tử vỏ tam giác có 5 mặt (không có mặt 4) và phần tử vỏ tứ giác có 6 mặt được thể hiện trên hình vẽ.



- Tải trọng tác dụng lên phần tử *Shell* có thể tác dụng lên mặt trung bình hay bất cứ mặt nào của phần tử.

### 2. Bác tự do của nút:

- Phần tử vỏ trong chương trình là sự kết hợp của phần tử màng (chịu kéo nén) và phần tử tấm uốn (chịu uốn).



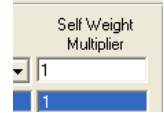
- Mỗi nút của phần tử vỏ luôn làm việc với 6 bậc tự do, khi xem phần tử vỏ làm việc ở trạng thái **tấm chịu uốn** (*Plate*) hay **màng** (*Membrane*) thì bắt buộc phải khống chế các thành phần chuyển vị cần thiết.

*Cách định nghĩa hệ trục tọa độ địa phương, vật liệu, tiết diện.... xem ở các bài trước.*

### 3. Tải trọng tác dụng lên phần tử Shell:

#### **a. Tải trọng bản thân (Self-weight load):**

- Mặc định tải trọng bản thân có chiều hướng xuống (-Z).  
- Trong **Define > Load Patterns...** nếu để hệ số *Self Weight Multiplier* bằng 1, máy sẽ tự động tính trọng lượng bản thân vào trường hợp tải trọng đó.



- Ta có thể gán tải trọng bản thân theo các hướng khác nhau bằng cách:

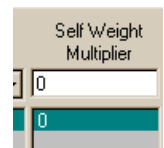
+ Khai báo hệ số trọng lượng bản thân bằng 0 trong

**Define > Load Patterns...**

+ Chọn các phần tử *Shell* muốn gán trọng lượng bản thân.

Menu **Assign > Area Loads > Gravity (All)...**

Với cách này ta có thể gán trọng lượng bản thân của một số phần tử *Shell* trong kết cấu, theo một hướng nào đó (X, Y, Z....).

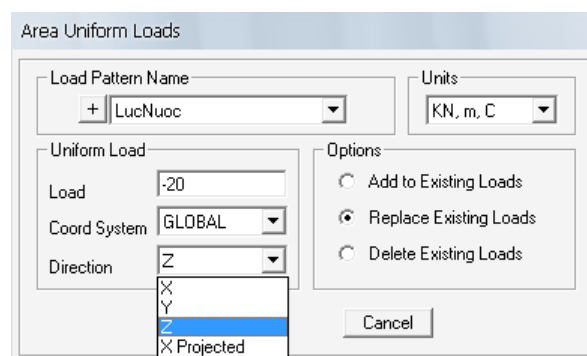


#### **b. Tải trọng phân bố đều (Uniform load):**

- Là tải trọng tác dụng lên mặt trung bình của phần tử *Shell*.  
- Ta có thể gán tải trọng phân bố đều theo các hướng khác nhau của hệ trục tọa độ hiện hành.  
- Để gán tải trọng phân bố đều lên phần tử *Shell* ta làm như sau:

Chọn các phần tử *Shell* muốn gán tải trọng phân bố đều.

Menu **Assign > Area Loads > Uniform (Shell) ...**



#### **c. Tải trọng áp lực tác dụng lên bề mặt phần tử (Surface Pressure):**

- Là tải trọng tác dụng lên các mặt bao quanh phần tử *Shell*.  
- Tải trọng có thể là *phân bố đều hoặc phân bố dạng bất kì lên mặt phần tử*.  
- Hướng của lực luôn vuông góc với mặt của phần tử mà nó tác dụng, chiều dương cùng chiều với hướng pháp tuyến của mặt đó.

- Gán tải trọng áp lực dạng *phân bố đều lên bề mặt phần tử*.

- + Chọn các phần tử *Shell* muốn gán tải trọng áp lực dạng phân bố đều.
- + Menu **Assign > Area Loads > Surface Pressure...**

*By Element* : áp lực tác dụng lên các phần tử được chọn.

*Pressure* : giá trị áp lực.

*Face* : mặt tác dụng của áp lực.

- Gán tải trọng áp lực dạng phân bố bất kì lên bề mặt phần tử.

Tải trọng áp lực dạng phân bố bất kì lên bề mặt phần tử được gán thông qua các lực nút được định nghĩa trước bởi *Joint pattern*.

Cách định nghĩa, khai báo *Joint pattern* xem Bài 5 mục 2...

- + Chọn các phần tử *Shell* muốn gán tải trọng áp lực dạng phân bố bất kì.

- + Menu **Assign > Area Loads > Surface Pressure...**

*By Joint pattern*: áp lực tác dụng lên các phần tử thông qua các lực nút được định nghĩa bởi *Joint pattern*.

*Multiplier* : Hệ số nhân cho *Joint pattern*.

*Face* : mặt tác dụng của áp lực.

- Trình tự giải bài toán phần tử vỏ được tiến hành theo các bước như đã trình bày ở **Bài 1**.

Xem **Ví dụ 4** ở **Phụ lục** để biết trình tự cụ thể thực hiện bài toán.

## PHẦN III

# PHỤ LỤC

## PHỤ LỤC

### CÁC VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP ÁP DỤNG

**1. Ví dụ 1:** Cho một hệ khung có kích thước

và chịu tải trọng như hình vẽ.

- Vật liệu là bê tông có các chỉ tiêu sau:

$$E = 2.5 \times 10^7 \text{ kN/m}^2.$$

$$\nu = 0.2.$$

$$\gamma = 2.4 \quad \text{T/m}^3.$$

- Kích thước của các bộ phận như sau:

Kích thước cột: 30x50 cm.

Kích thước dầm 30x60 cm.

- Tải trọng tập trung  $P = 50 \text{ kN}$ .

*Yêu cầu: Tính chuyển vị và nội lực của hệ khung.*

Giải bài toán:

**Bước 1:** Mô tả hình học kết cấu:

- Chọn hệ đơn vị kN, m, C.
- Từ thư viện mẫu của kết cấu Menu

**File > New Model ...> 2D Frames.**

Number of Stories : 1

Story height : 4

Number of Bays : 2

Bay Width : 5

- Hiệu chỉnh sơ đồ hình học:

Bấm đúp vào lưới, hiện bảng **Define Grid Data..**

Chọn [v] *Glue to Grid Lines.*

Sửa giá trị *Ordinate* của lưới x3 (Grid ID: C) thành 3 (giá trị trước đó là 5).

**Bước 2:** Định nghĩa đặc trưng vật liệu và tiết diện hình học:

- Định nghĩa đặc trưng vật liệu:

Menu **Define > Materials..> Add New Material**

+ *Material Name:* BETONG.

+ *Material Type:* Concrete.

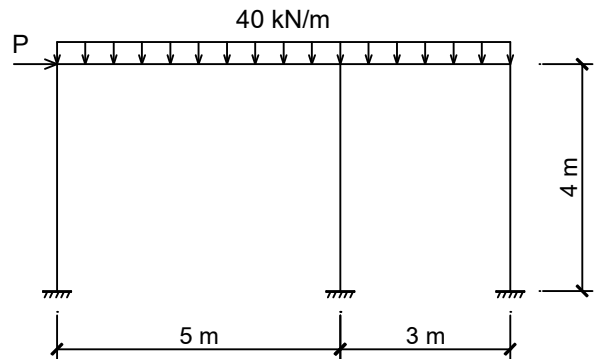
+ *Isotropic Property Data*

*Weight per unit Volume:* 24

*Modulus of Elasticity:* 2.5e7

*Poisson's Ratio:* 0.2

- Định nghĩa tiết diện (đặc trưng hình học):





Menu **Define > Section Properties > Frame Sections...> Add New property..**

Frame Section Property type: Concrete

Click to add a concrete section: Chọn **Rectangular**

Section Name: DAM (COT)

Lần lượt định nghĩa dầm và cột với kích thước tương ứng và vật liệu là BETONG.

- Gán các đặc trưng hình học cho dầm và cột.

Chọn các phần tử dầm

Menu **Assign > Frame > Frame Sections...**



Chọn loại tiết diện là DAM – OK.

Làm tương tự như vậy đối với cột.

**Bước 3:** Khai báo điều kiện biên của nút:

Chọn ba nút dưới cùng - Menu **Assign > Joint > Restraints...**



Bấm vào biểu tượng:



**Bước 4:** Định nghĩa trường hợp tải trọng và gán tải trọng:

- Định nghĩa trường hợp tải trọng - Menu **Define > Load Patterns...**

Khai báo một trường hợp tải trọng là TINHTAI với hệ số nhân tải trọng bản thân là 1.

- Gán tải trọng:

+ Chọn các phần tử DAM

Menu **Assign > Frame Loads > Distributed...**



+ Chọn phần tử COT ở bên trái

Menu **Assign > Frame Loads > Point...**



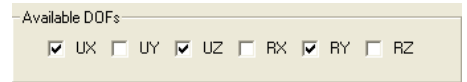
**Bước 5:** Khai báo các thống số cho quá trình giải và xuất kết quả:

- Menu **Analyze > Set Analysis Options...**

(Bấm XZ Plane)

- Lưu và giải bài toán (F5)

- Nếu thấy khoá trên thanh công cụ sẽ chìm xuống là quá trình giải thành công.



#### Bước 6: Xem kết quả chuyển vị, nội lực...

- Xem trên màn hình:

Hiển thị nội lực:

Menu **Display > Show Forces /Stresses > Frames/Cables...**



Hiển thị biến dạng:

Menu **Display > Show Deformed Shape...** (F6)



Hiển thị phản lực nút:

Menu **Display > Show Forces /Stresses > Joints...**

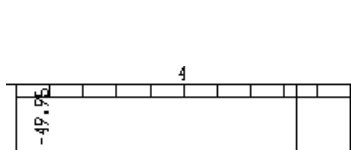


- Xem kết quả tính qua File số liệu: (\*.out, \*.txt)

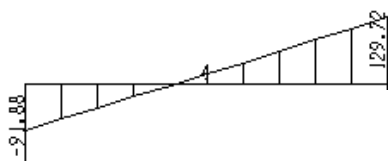
Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P KN	V2 KN	V3 KN
4	0.00000	DEAD	LinStatic			-49.946	-91.877	0.000
4	0.50000	DEAD	LinStatic			-49.946	-69.717	0.000
4	1.00000	DEAD	LinStatic			-49.946	-47.557	0.000
4	1.50000	DEAD	LinStatic			-49.946	-25.397	0.000
4	2.00000	DEAD	LinStatic			-49.946	-3.237	0.000
4	2.50000	DEAD	LinStatic			-49.946	18.923	0.000
4	3.00000	DEAD	LinStatic			-49.946	41.083	0.000
4	3.50000	DEAD	LinStatic			-49.946	63.243	0.000
4	4.00000	DEAD	LinStatic			-49.946	85.403	0.000
4	4.50000	DEAD	LinStatic			-49.946	107.563	0.000
4	5.00000	DEAD	LinStatic			-49.946	129.723	0.000

Table: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

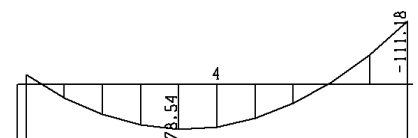
Frame Text	Station m	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
4	0.00000	DEAD			0.0000	0.0000	-16.5713
4	0.50000	DEAD			0.0000	0.0000	23.8274
4	1.00000	DEAD			0.0000	0.0000	53.1461
4	1.50000	DEAD			0.0000	0.0000	71.3848
4	2.00000	DEAD			0.0000	0.0000	78.5435
4	2.50000	DEAD			0.0000	0.0000	74.6222
4	3.00000	DEAD			0.0000	0.0000	59.6209
4	3.50000	DEAD			0.0000	0.0000	33.5396
4	4.00000	DEAD			0.0000	0.0000	-3.6217
4	4.50000	DEAD			0.0000	0.0000	-51.8630
4	5.00000	DEAD			0.0000	0.0000	-111.1843



Lực dọc



Lực cắt



Mô men

**2. Ví dụ 2:** Cho hệ kết cấu dàn như hình vẽ.

- Vật liệu là thép có các chỉ tiêu sau:

$$E = 2.1 \times 10^8 \text{ kN/m}^2.$$

$$\nu = 0.3.$$

- Diện tích các thanh như sau:

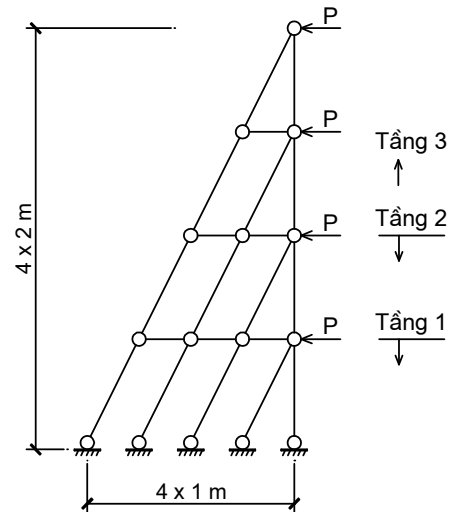
$$\text{Tầng 1 : } A_1 = 14 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Tầng 2 : } A_2 = 12 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Tầng 3 : } A_3 = 10 \text{ cm}^2.$$

- Tải trọng  $P = 2,5 \text{ kN}$ .

*Yêu cầu: Tính và vẽ biểu đồ nội lực cho hệ.*



**3. Ví dụ 3:** Tính toán nội lực dầm trên nền đàn hồi chịu tải trọng như hình vẽ.

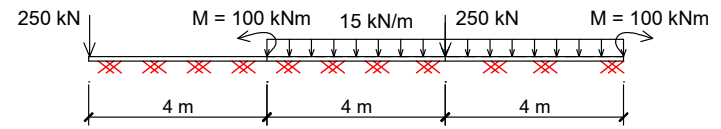
- Vật liệu là bê tông có các chỉ tiêu sau:

$$E = 2.9 \times 10^7 \text{ kN/m}^2.$$

$$\nu = 0.2$$

$$\gamma = 2.45 \text{ T/m}^3.$$

- Dầm rộng 1m, cao 0,5m .
- Hệ số nền ( $k_s$ ): 50000 kN/m<sup>3</sup>.



Hướng dẫn giải bài toán:

- Chia dầm làm 24 đoạn, mỗi đoạn dài 0,5m.
- Độ cứng lò xo (giả thiết dầm làm việc trong mặt phẳng XZ) theo phương 3 của nút được xác định :

+ Tại hai nút biên:

$$K_{lx1} = 0,25\text{m} \times 1\text{m} \times 50000 \text{ kN/m}^3 = 12500 \text{ kN/m}.$$

+ Tại các nút bên trong:

$$K_{lx2} = 2 \times K_{lx1} = 25000 \text{ kN/m}.$$

- Chọn hai nút ở đầu dầm và gán độ cứng:

Menu **Assign > Joint > Springs...**

Translation 3 : 12500 (kN/m).

- Chọn các nút trong dầm và gán độ cứng:

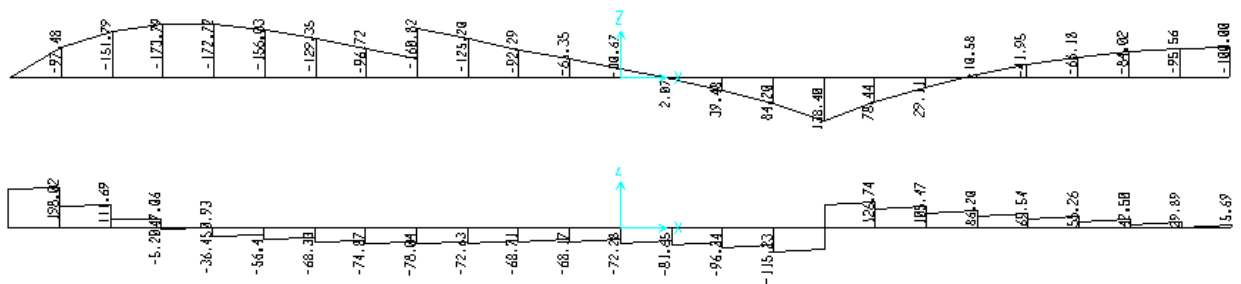
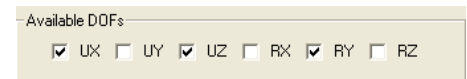
Menu **Assign > Joint > Springs...**

Translation 3 : 25000 (kN/m).

- Nút ở đầu phải của dầm gán thêm độ cứng theo phương 1 = 0,5 (kN/m).

(Để dầm không bị biến hình).

- Thiết định và thực hiện tính toán (**Analyze > Set Analysis Options...**).



**4. Ví dụ 4:** Bể nước hình chữ nhật có kích thước

và chịu áp lực nước như hình vẽ:

- Vật liệu là bê tông có các chỉ tiêu sau:

$$E = 2.65 \times 10^7 \text{ kN/m}^2.$$

$$\nu = 0.2.$$

$$\gamma = 2.45 \text{ T/m}^3.$$

- Kích thước của các bộ phận như sau:

Thành bể dày 12 cm.

Đáy bể dày 15 cm.

- Giả thiết bốn góc đáy bể chịu liên kết khớp.

*Yêu cầu: Phân tích nội lực và biến dạng của kết cấu.*

Giải bài toán:

**Bước 1:** Mô tả hình học kết cấu:

- Chọn hệ đơn vị kN-m.
- Từ thư viện mẫu của kết cấu Menu  
**File > New Model... > Wall.**

Number of Divisions, X, Z: 4, 3

Division width, X, Z : 1, 1

- Tạo thêm lưới theo chiều vuông góc với trục Y tại tọa độ Y=-2, Y=2.
- Xóa bỏ liên kết tại các nút ở phía dưới của phần tử.
- Chọn tất cả các phần tử và di chuyển ngược chiều trục Y một đoạn = -2.
- Chia nhỏ các phần tử *Shell* (2 x 2).
- Chọn tất cả các phần tử và tạo ra các bản sao của thành bể.

(Menu **Edit > Replicate...**)

- Định nghĩa hai nhóm THANH, DAY.

(Menu **Define > Groups...**)

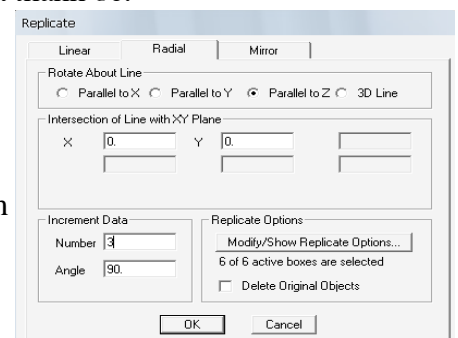
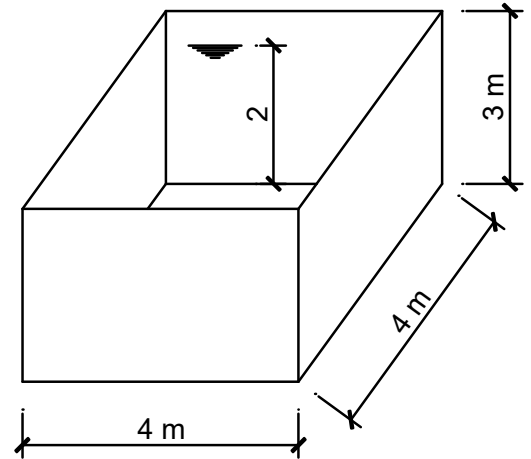
- Chọn tất cả các phần tử vừa tạo và gán cho nhóm THANH.

(Menu **Assign > Assign to Group...**)

- Vẽ đáy bể bằng một phần tử *Shell*.
- Chia đáy bể thành 8x8 phần tử *Shell*.
- Chọn các phần tử đáy bể và gán cho nhóm DAY.

**Bước 2:** Định nghĩa – gán vật liệu, kích thước hình học cho thành bể và đáy bể:

**Bước 3:** Khai báo - gán tải trọng:



- Khai báo *Joint Pattern*.

(Menu **Define > Joint Pattern...** Đặt tên là: ALNUOC).

- + Chọn các phần tử *Shell* thành bể (Menu **Select > Select > Groups..-THANH**)

- + Menu **Assign > Joint Patterns...**

C = -10      D = 20.

- Gán tải trọng áp lực tác dụng lên thành bể và đáy bể:

- + Chọn các phần tử thành bể.

Menu **Assign > Area Loads > Surface Pressure...**

- *By Joint Pattern....*

- *Face: Bottom*

- + Chọn các phần tử đáy bể và gán tải trọng áp lực dạng phân bố

Menu **Assign > Area Loads > Surface Pressure...**

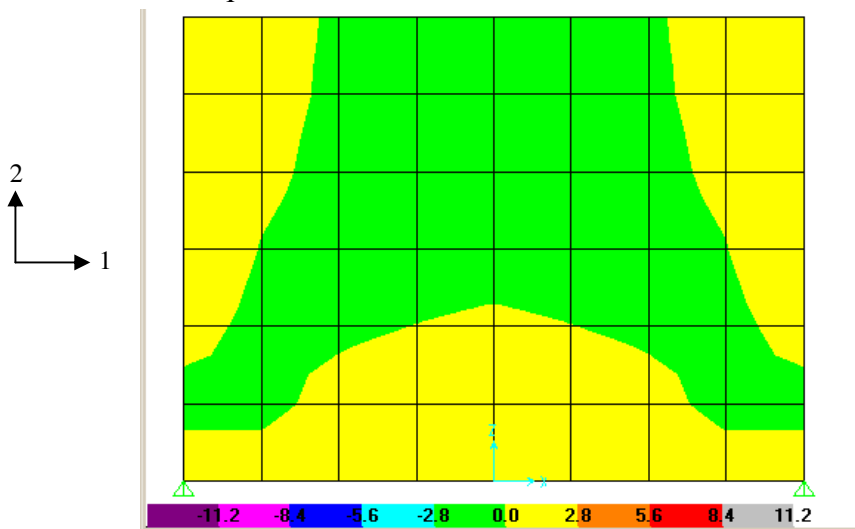
- *By Element* - *Pressure = -20.*

**Bước 4:** Áp đặt điều kiện biên cho 4 góc (liên kết khớp).

**Bước 5:** Thực hiện giải bài toán.

**Bước 6:** Xem và biểu diễn kết quả tính toán:

- Xem kết quả trên màn hình.



Biểu đồ mô men M11 ở thành bể

- Xem kết quả tính qua File số liệu: (\*.out, \*.txt)

+ Các thành phần lực màng và mô men uốn (tấm):

S H E L L   E L E M E N T   R E S U L T A N T S										
SHELL	LOAD	JOINT	F11	F22	F12	M11	M22	M12	V13	V23
13	LOAD1									
		1	-102.92	-313.51	-91.01	9.735E-01	3.38	-6.598E-01	-4.46	5.33
		21	-33.25	34.85	-49.33	1.07	5.00	-1.40	-4.46	13.81
		23	-54.55	-303.83	-88.78	-8.889E-01	-1.38	6.515E-01	4.01	5.33
		22	15.12	44.52	-47.10	-7.559E-01	1.837E-01	-8.763E-02	4.01	13.81
14	LOAD1									
		23	-16.96	-115.87	-31.31	-1.410E-01	6.755E-01	-2.964E-02	-4.14	-3.76
		22	-1.16	-36.85	-40.36	-1.01	5.787E-01	5.851E-01	-4.14	8.03
		4	-14.16	-115.31	-22.52	3.893E-01	-3.860E-01	2.854E-02	7.65	-3.76
		24	1.64	-36.29	-31.57	-4.950E-01	-5.001E-01	6.433E-01	7.65	8.03
15	LOAD1									
		21	18.66	45.23	11.60	7.105E-01	5.35	-1.80	-9.48	3.79
		2	15.89	31.41	25.79	1.79	8.15	-1.76	-9.48	18.35
		22	-39.35	33.63	-52.03	-3.588E-01	-1.552E-01	3.163E-01	5.09	3.79
		25	-42.11	19.81	-37.85	7.570E-01	2.57	3.611E-01	5.09	18.35

+ Các thành phần ứng suất ở mặt trên và dưới phần tử:

S H E L L   E L E M E N T   S T R E S S E S										
SHELL	LOAD	JOINT	S11-BOT	S22-BOT	S12-BOT	S11-TOP	S22-TOP	S12-TOP	S13-AVG	S23-AVG
13	LOAD1									
		1	-452.04	-1205.55	-1033.34	-1263.30	-4019.53	-483.50	-37.19	44.46
		21	167.85	2375.07	-993.97	-722.00	-1794.21	171.78	-37.19	115.06
		23	-824.98	-3108.13	-468.41	-84.26	-1955.73	-1011.30	33.41	44.46
		22	-188.99	447.59	-429.04	440.94	294.49	-356.02	33.41	115.06
14	LOAD1									
		23	-200.08	-684.07	-273.29	-82.61	-1247.02	-248.58	-34.50	-31.31
		22	-431.79	-65.93	-92.57	412.50	-548.18	-580.17	-34.50	66.95
		4	44.21	-1121.72	-175.74	-280.24	-800.03	-199.53	63.75	-31.31
		24	-192.56	-510.77	4.97	219.93	-94.01	-531.11	63.75	66.95
15	LOAD1									
		21	451.53	2606.11	-653.60	-140.56	-1852.22	847.00	-78.97	31.59
		2	879.11	3655.70	-516.77	-614.21	-3132.21	946.54	-78.97	152.94
		22	-477.41	215.60	-301.77	-178.37	344.93	-565.39	42.38	31.59
		25	-35.53	1235.76	-164.95	-666.33	-905.62	-465.85	42.38	152.94

**5. Ví dụ 5:** Cho hệ khung chịu tải trọng như hình vẽ.

- Vật liệu là bê tông có các chỉ tiêu sau:

$$E = 2.9 \times 10^7 \text{ kN/m}^2.$$

$$\nu = 0.18$$

$$\gamma = 2.4 \quad \text{T/m}^3.$$

- Kích thước của dầm và cột như sau:

Dầm: 25x50 cm.

Cột : 25x40 cm.

- Tải trọng :

+ Tĩnh tải : trọng lượng bản thân,  
tải trọng phân bố trên các  
dầm và tải tập trung  $P = 25 \text{ kN}$ .

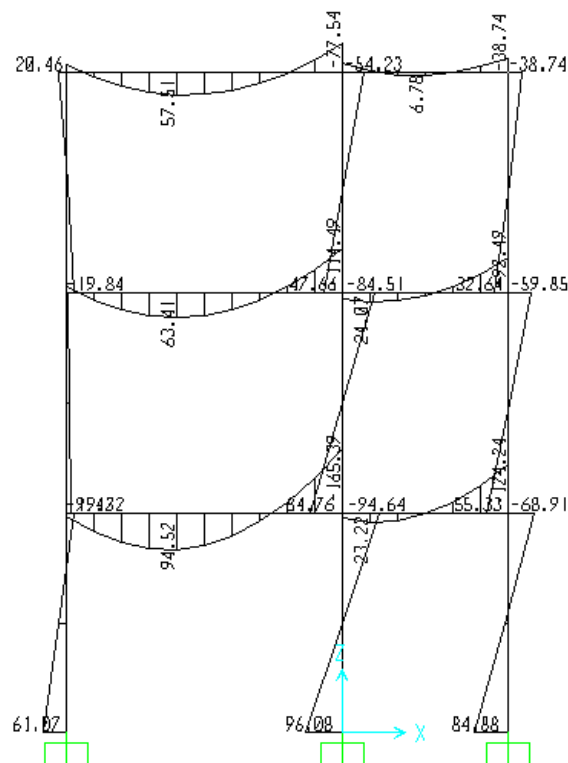
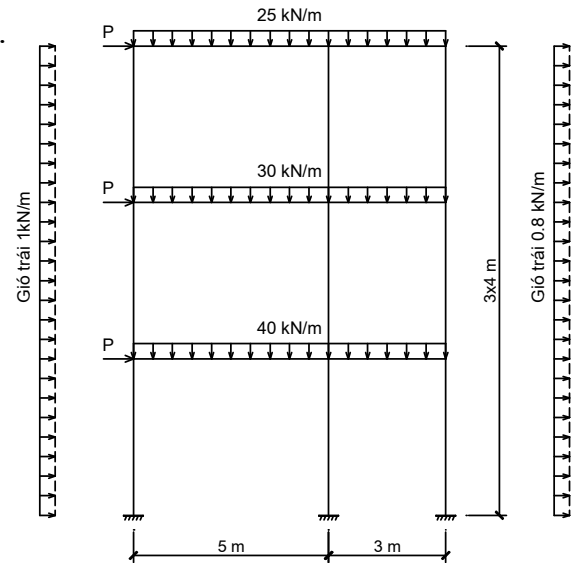
+ Hoạt tải : Tải trọng gió trái.

*Yêu cầu: Tính và vẽ biểu đồ nội lực cho hệ*

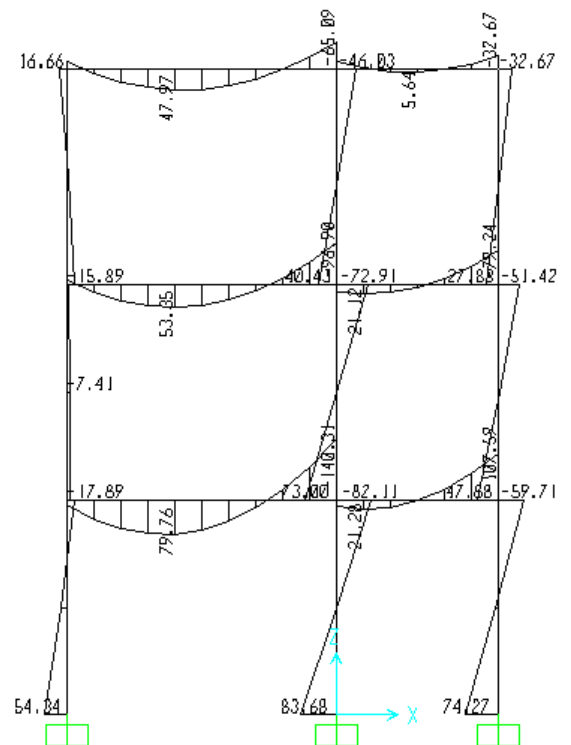
*Với các tổ hợp tải trọng sau:*

*Tổ hợp 1 : 1.2(Tĩnh tải) + 0.9(Hoạt tải).*

*Tổ hợp 2 : 1.0(Tĩnh tải) + 1.0(Hoạt tải).*



Biểu đồ mô men với tổ hợp 1



Biểu đồ mô men với tổ hợp 2



**6. Bài tập 6:** Một đoạn cống ngầm dài 14m nằm dưới thân đập có mặt cắt ngang và chịu tác dụng của tải trọng như hình vẽ.

- Vật liệu là bê tông có các chỉ tiêu sau:

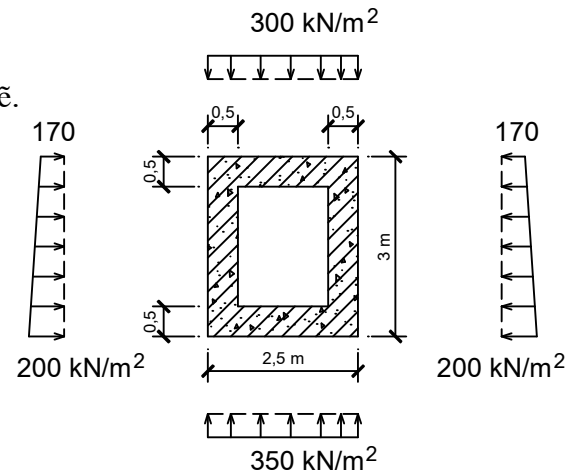
$$E = 2.65 \times 10^7 \text{ kN/m}^2.$$

$$\nu = 0.20.$$

$$\gamma = 2.45 \text{ T/m}^3.$$

- Cống được đặt trên nền đất có hệ số nền ( $k_s$ ) = 50000 kN/m<sup>3</sup>.

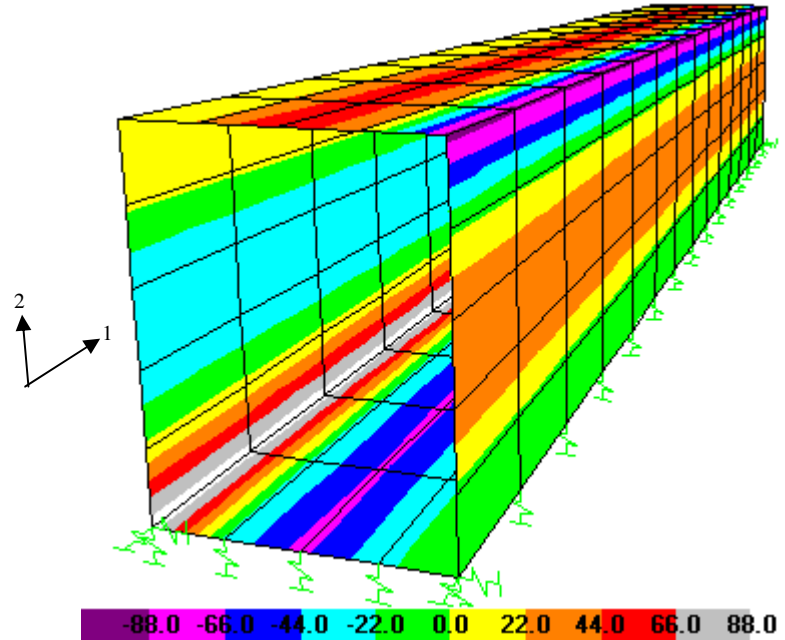
*Yêu cầu: Xác định các biểu đồ ứng suất, nội lực cho cống.*



Hướng dẫn giải bài toán:

- Mô hình hoá các bộ phận của cống bằng phần tử vỏ (*Shell*).
- Định nghĩa các *Joint Pattern* và gán tải trọng lên thành cống thông qua các *Join Pattern*
- Tải trọng tác dụng lên trần cống và đáy cống gán dưới dạng tải trọng phân bố đều.
- Liên kết với nền được gán bằng các liên kết lò xo thông qua các nút (ở đáy cống).

*Kết quả tính toán:*



Biểu đồ mô men M22

**7. Bài tập 7:** Một tường chắn đất có sườn chống chịu

tác dụng của áp lực đất như hình vẽ.

- Vật liệu là bê tông có các chỉ tiêu sau:

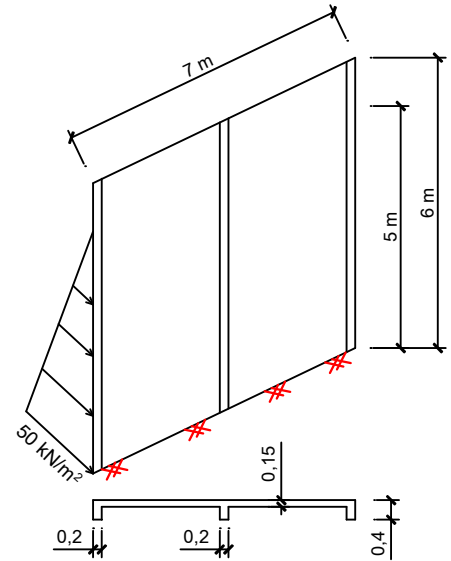
$$E = 2.9 \times 10^7 \text{ kN/m}^2.$$

$$\nu = 0.22.$$

$$\gamma = 2.5 \quad \text{T/m}^3.$$

- Kích thước của các bộ phận như hình vẽ.
- Coi tường liên kết với đất là ngàm cứng.

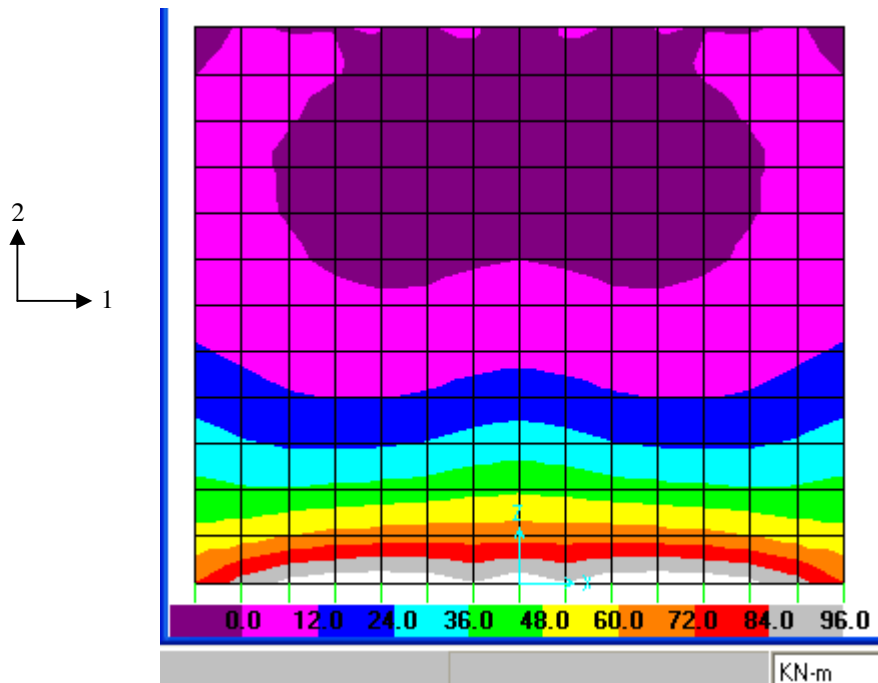
*Yêu cầu:* Xác định các biểu đồ ứng suất, nội lực cho hệ trên.



Hướng dẫn giải bài toán:

- Mô hình hoá tường bằng các phần tử vỏ (*Shell*).
- Sườn chống được mô hình hoá bằng các phần tử thanh (*Frame*).
- Định nghĩa *Joint Pattern* và gán tải trọng lên tường thông qua *Joint Pattern*.

*Kết quả tính toán:*



Biểu đồ mô men M22 của tấm