

Capstone Design(2)

# 암거(Culvert)의 모델링 예

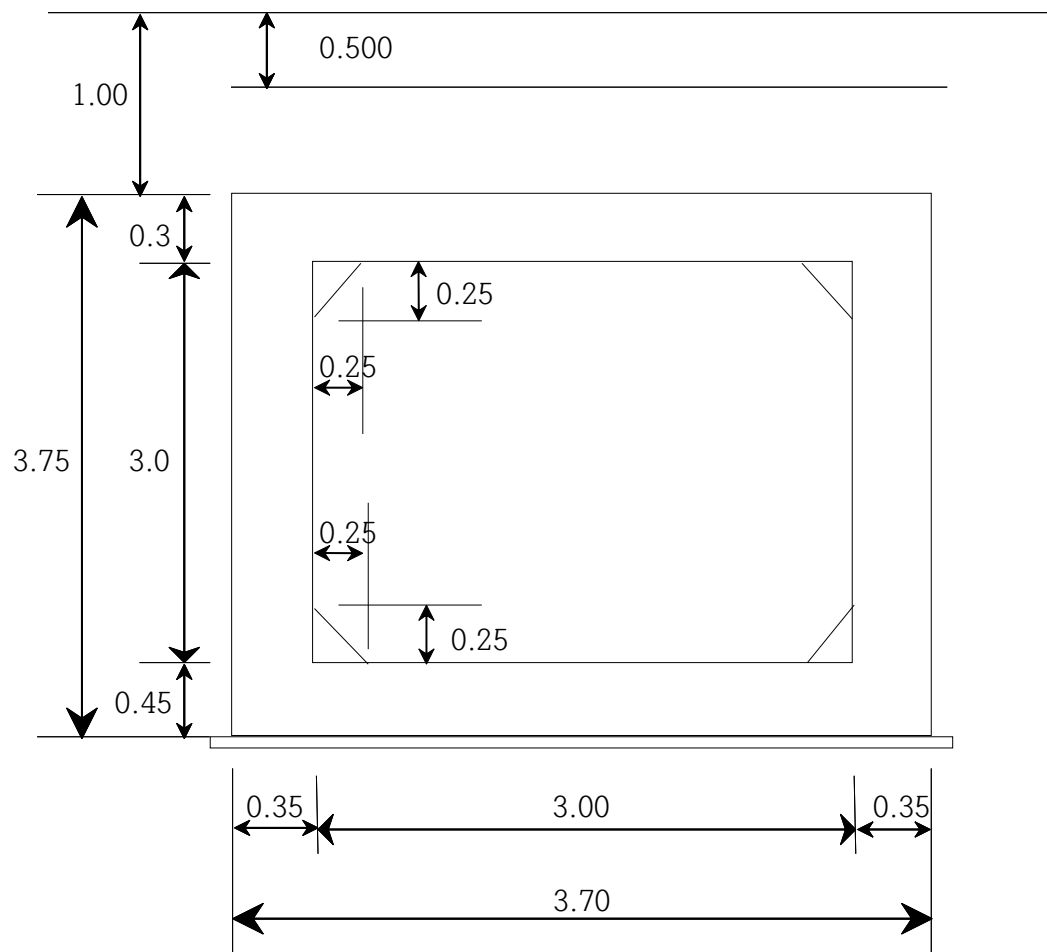
2018. 9

한라대학교 원치문

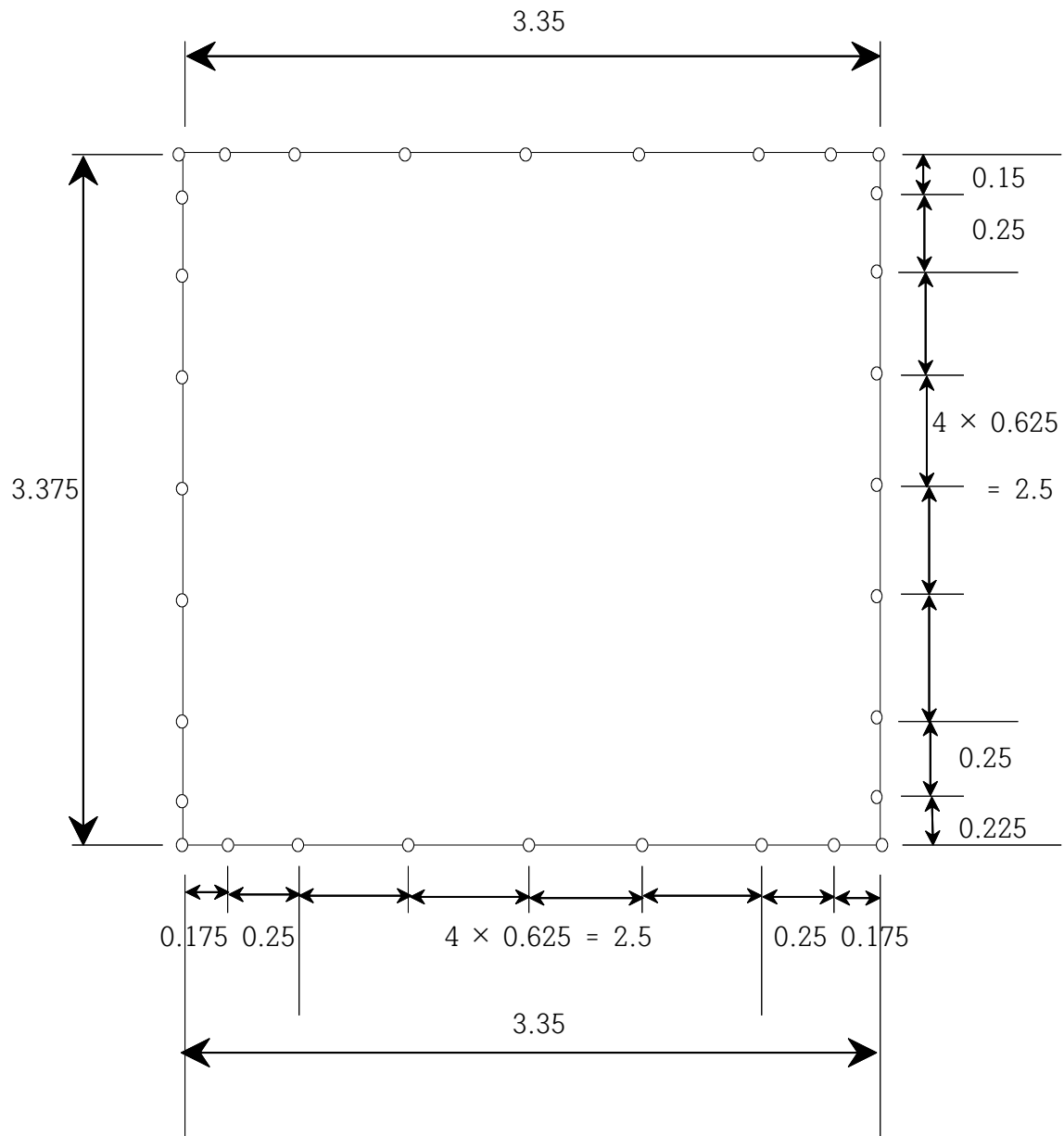
# 목 차

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1. 암거의 설치 상황 .....             | 1  |
| 2. 암거의 모델링 방안 .....            | 2  |
| 3. 해석 모델 설정 .....              | 3  |
| 3.1 단위 수정 .....                | 3  |
| 3.2 구조물 형식 선택 .....            | 3  |
| 3.3 모델링의 이동(선택항목 임) .....      | 5  |
| 3.4 구조물 유한요소 분할 .....          | 6  |
| 3.5 암거 모델링 절점번호 .....          | 10 |
| 3.6 암거 모델링 요소(Element)번호 ..... | 11 |
| 3.7 경계조건의 설정 .....             | 12 |
| 3.8 재료의 물성 지정 .....            | 13 |
| 3.9 단면의 성질 지정 .....            | 14 |
| 3.10 하중종류의 지정 .....            | 16 |
| 3.11 단면의 성질 부여 .....           | 18 |
| 3.12 하중의 재하 .....              | 19 |
| 3.13 모든 절점번호와 요소번호 재부여 .....   | 30 |
| 4. 구조해석 .....                  | 33 |
| 5. 구조해석 결과 분석 .....            | 34 |
| 5.1 재하 하중 확인 .....             | 34 |
| 5.2 처짐 및 처짐각 .....             | 36 |
| 5.3 단면력(전단력) .....             | 37 |
| 5.4 단면력(모멘트) .....             | 38 |

## 1. 암거의 설치 상황

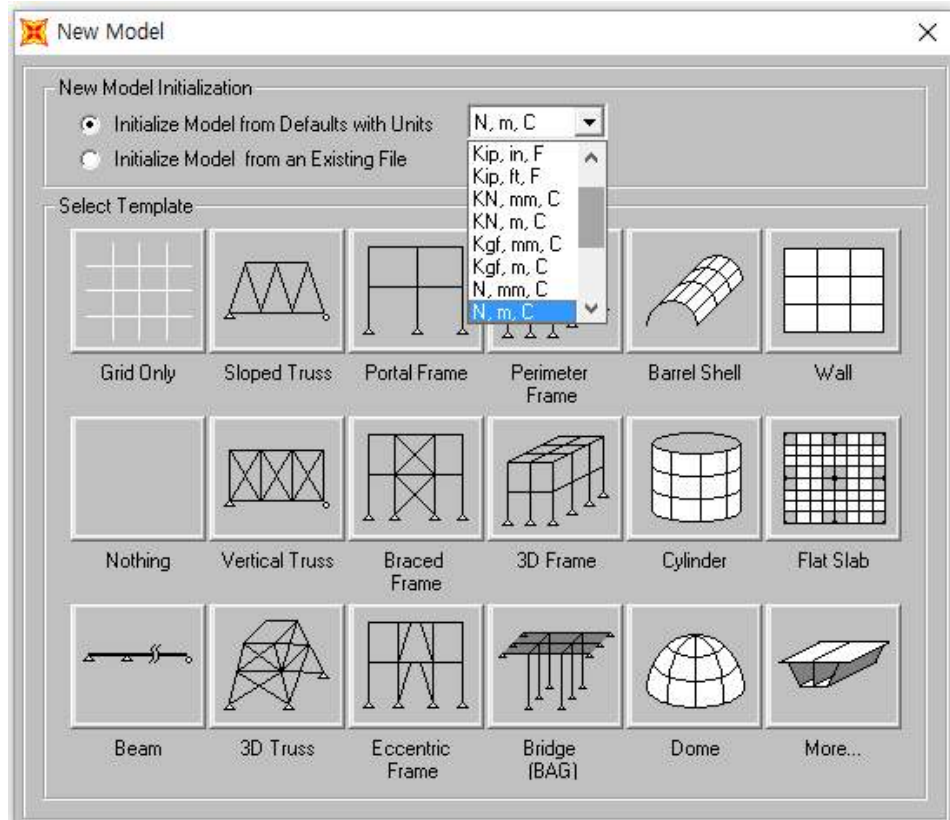


## 2. 암거의 모델링 방안



### 3. 해석 모델 설정

- 'File' → 'New Model' 클릭

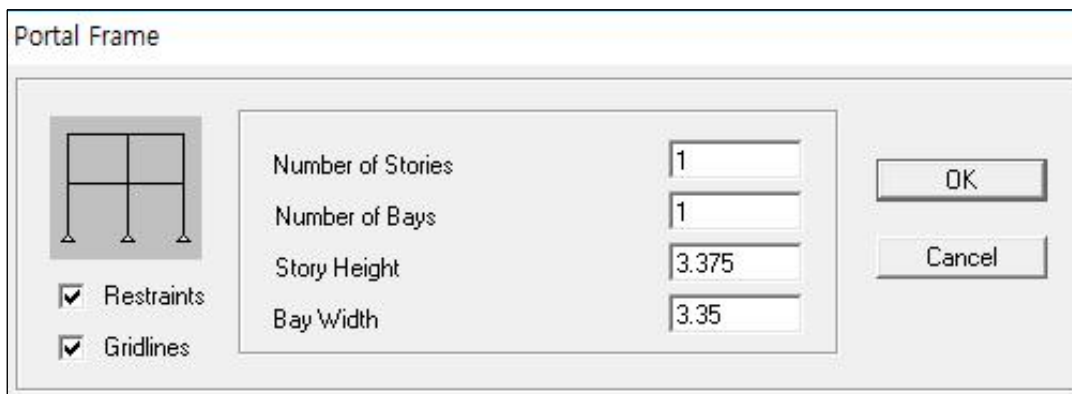


#### 3.1 단위 수정

위 'New Model' 화면 'New Model Initialization'항에서 사용할 단위를 설정한다.(N,m,C를 권장)

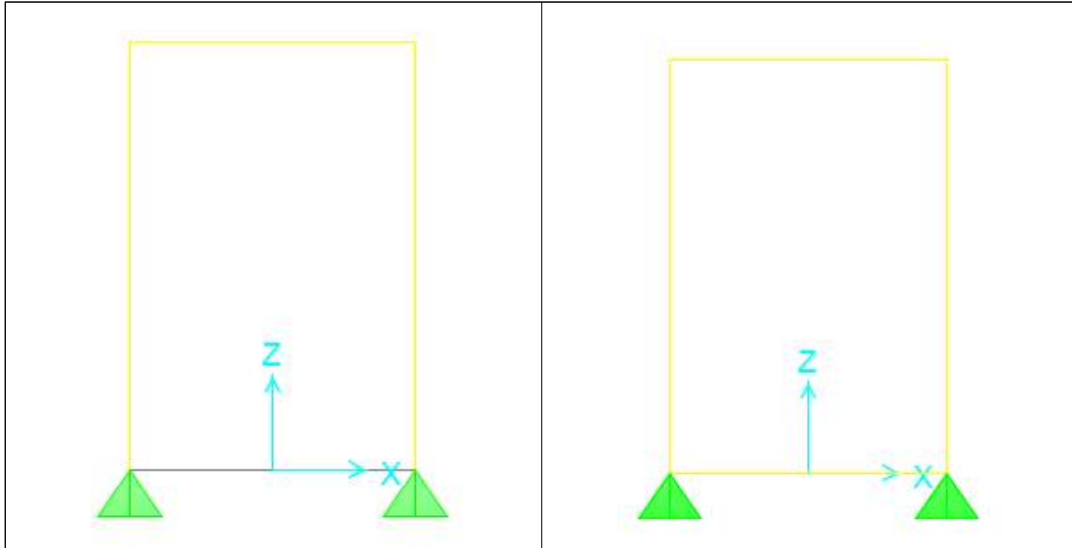
#### 3.2 구조물 형식 선택

'Select Template'항에서 'Portal Frame'을 클릭한다.

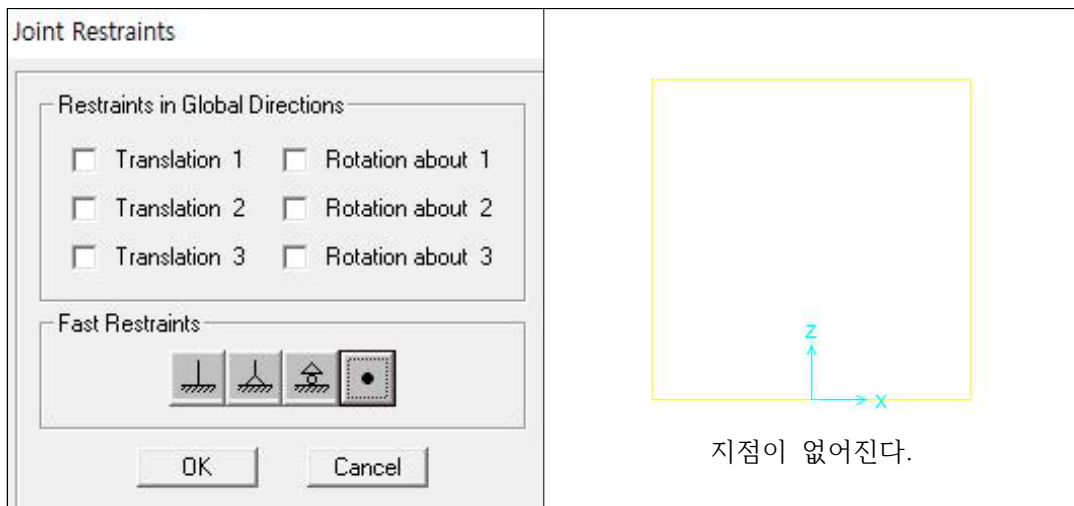


- Number of Stories : 해석할 라멘의 층수를 입력한다.(1층)
- Number of Bays : 해석할 라멘의 구역수를 입력한다.(1구역)

- Story Height : 해석할 라멘의 층 높이를 m단위로 입력한다.(3.375m)
- Bay Width : 해석할 라멘의 구역 폭을 m단위로 입력한다.(3.35m)
- 'OK'버튼을 클릭한다.(하단 좌측과 같은 Frame이 형성된다.)



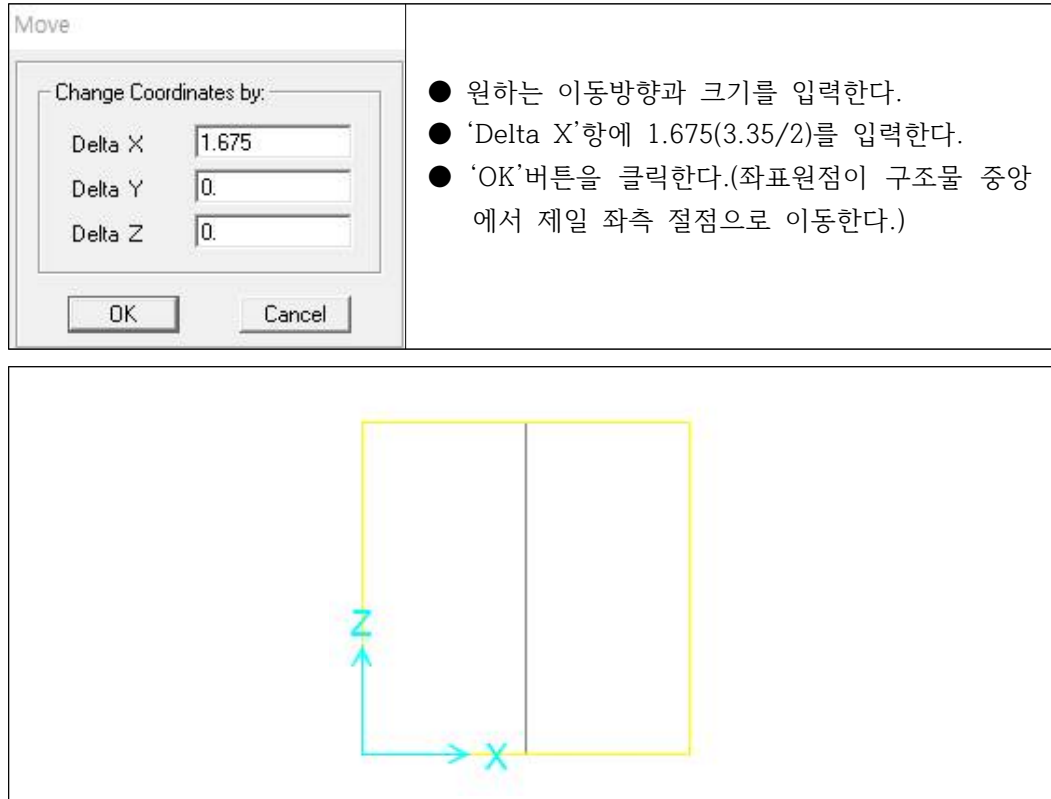
- Box형태 구성 : 'Draw' → 'Draw Frame/Cable'을 선택한 후 좌측마우스 버튼을 이용하여 좌측지점을 클릭하고 이어서 우측지점을 클릭한다.(상단 우측과 같이 Box형태의 라멘 모델링이 된다.)
- 좌우 지점의 제거 : 좌측마우스 버튼을 이용하여 좌측지점과 우측지점을 선택하고 'Assign' → 'Joint' → 'Restraints'를 클릭한 후 'Joint Restraints'화면이 나타나면 모든 자유도의 갈때기를 없앤다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.



### 3.3 모델링의 이동(선택항목 임)

3.3.1 좌측 마우스버튼을 이용하여 모든 구조물을 선택한다.

3.3.2 'Edit' → 'Move'를 선택하면 아래와 같이 'Move'화면이 나타난다.

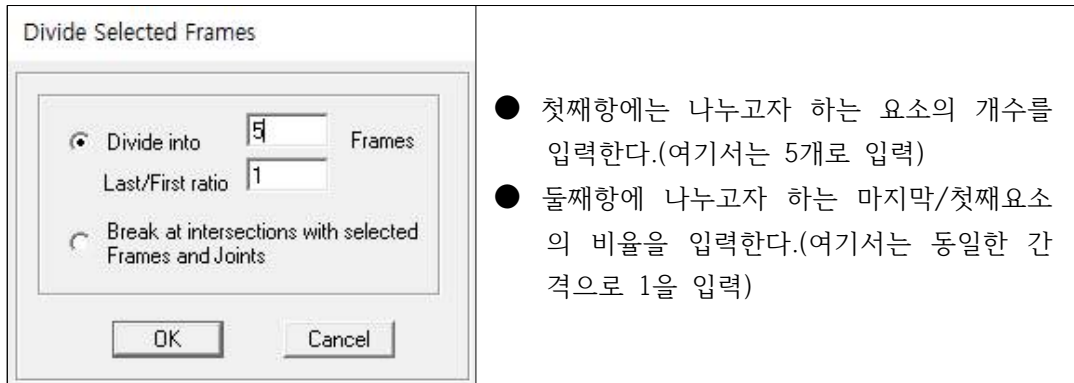


※ 'File' → 'Save As'버튼을 클릭하여 파일명(culvert)을 입력하고 '저장'버튼을 클릭한다.

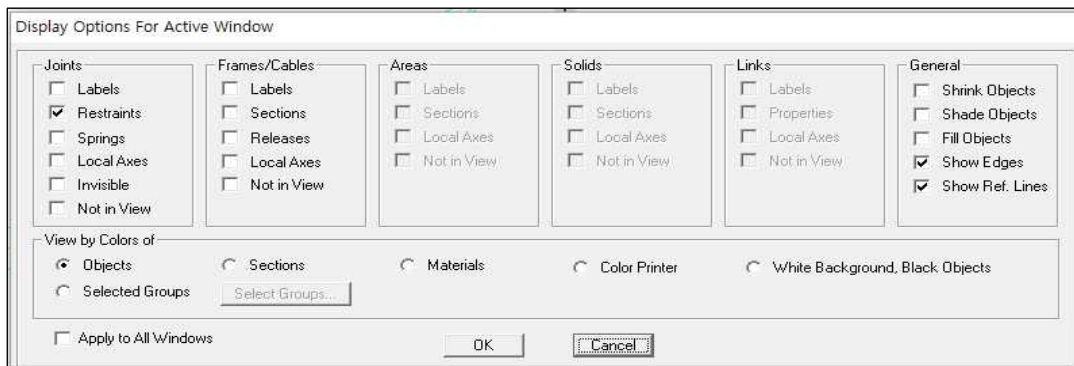
### 3.4 구조물 유한요소 분할

#### 3.4.1 하단부재의 요소 분할

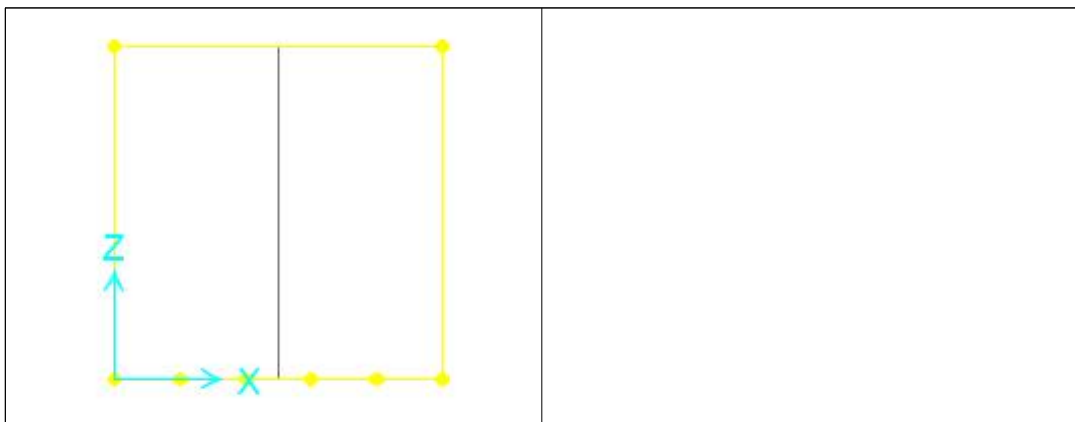
- (1) 좌측 마우스버튼을 이용하여 하단부재를 선택한 후 'Edit' → 'Divide Frames'를 클릭하면 'Divide Selected Frames'화면이 나타난다. '5'와 '1'을 입력한 후 'OK'버튼을 클릭한다.



- (2) 해석 모델을 분할하고 화면에서 분할된 절점을 보기 위해 'View' → 'Set Display Options'를 클릭하면 'Display Options For Active Window'창이 나타난다.



- 'Joints'항에 위치한 'Invisible'앞을 클릭하여 네모박스의 깔때기를 없앤 다음 'OK'버튼을 클릭한다.





- (3) 하단절점의 위치 조정 : 우측마우스 버튼을 이용하여 위치를 조정하고자 하는 절점을 클릭하면 아래와 같이 'Point Information'화면이 나타난다.(내부 절점 조정) 'OK'버튼을 클릭한다.

Point Information

Location

Assignments

Loads

Identification

Label 5

| Joint Coordinates |        |
|-------------------|--------|
| Coordinate System | GLOBAL |
| X                 | 0.175  |
| Y                 | 0.     |
| Z                 | 0.     |

| Connectivity |   |
|--------------|---|
| Frame        | 5 |
| Frame        | 6 |

Special Jt (User Def) No

Units

N, m, C

Reset

OK

Cancel

● 원하는 좌표를 X, Y, Z항에 입력하여 내부절점 4개의 위치를 조정하면 아래와 같이 변화된다.

- 5, 6, 7, 8절점에 대해 동일하게 위치를 조정한다.
- 절점6과 7사이에 위치한 중앙요소를 좌측 마우스버튼을 클릭하여 선택한 후 'Edit' → 'Divide Frames'를 클릭하면 'Divide Selected Frames'화면이 나타난다. 여기에 '4'와 '1'을 입력한 후 'OK'버튼을 클릭한다.

Divide Selected Frames

Divide into 4 Frames

Last/First ratio 1

Break at intersections with selected Frames and Joints

OK

Cancel

3.4.2 상단부재의 요소 분할 : 하단부재의 요소 분할과 동일하다.

3.4.3 좌우측 부재의 요소 분할 : 필요시 토압을 Assign한 후에 분할한다.

- (1) 좌측 마우스버튼을 이용하여 좌, 우측 부재를 선택한 후 'Edit' → 'Divide Frames'를 클릭하면 'Divide Selected Frames'화면이 나타난다. '5'와 '1'을 입력한 후 'OK'버튼을 클릭한다.

**Divide Selected Frames**

☒ Divide into  Frames  
 Last/First ratio

☐ Break at intersections with selected Frames and Joints

OK
Cancel

- 첫째항에는 나누고자 하는 요소의 개수를 입력한다.(여기서는 5개로 입력)
- 둘째항에 나누고자 하는 마지막/첫째요소의 비율을 입력한다.(여기서는 동일한 간격으로 1을 입력)

- (2) 좌우측 절점의 위치 조정 : 우측마우스 버튼을 이용하여 위치를 조정하고자 하는 절점을 클릭하면 아래와 같이 'Point Information'화면이 나타난다.(내부 절점 조정) 'OK'버튼을 클릭한다.

**Point Information**

Location
Assignments
Loads

Identification  
 Label

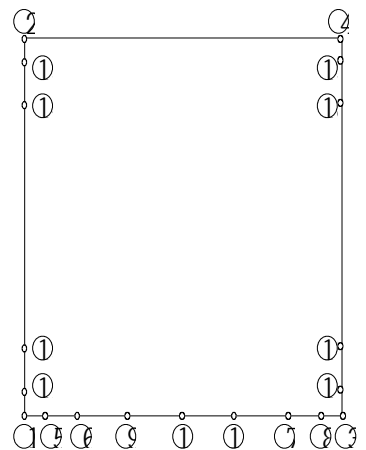
| Joint Coordinates     |        |
|-----------------------|--------|
| Coordinate System     | GLOBAL |
| X                     | -1.675 |
| Y                     | 0.     |
| Z                     | 0.475  |
| Connectivity          |        |
| Frame                 | 15     |
| Frame                 | 32     |
| Special Jt (User Def) | No     |

Units

Reset

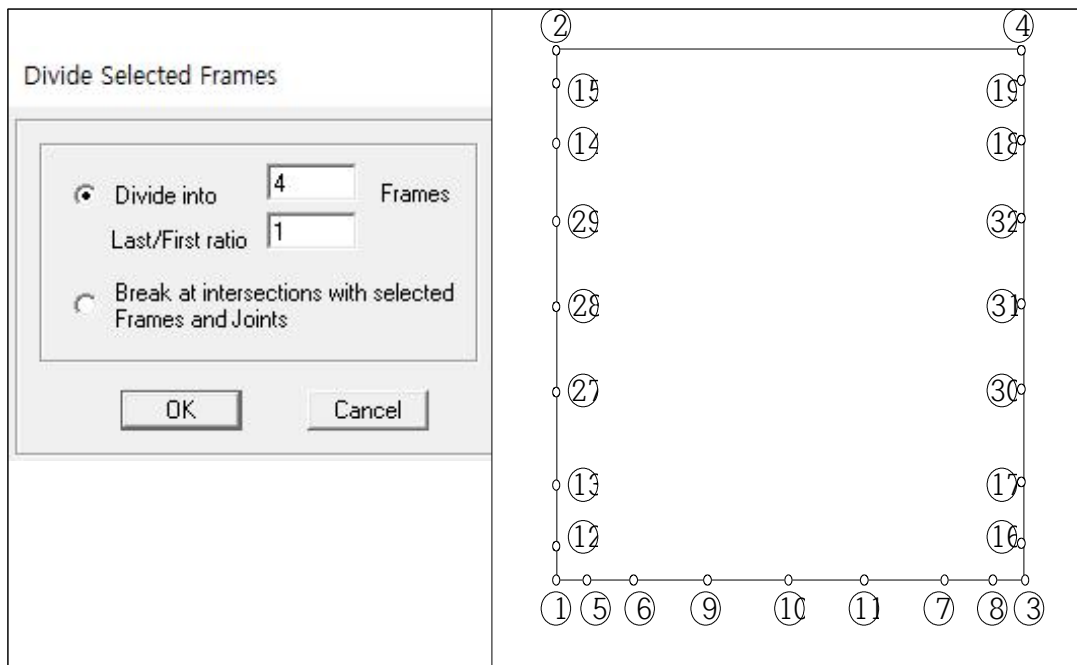
OK
Cancel

- 원하는 좌표를 X, Y, Z항에 입력하여 내부절점 좌, 우 각각 4개의 위치를 조정하면 아래와 같이 변화된다.

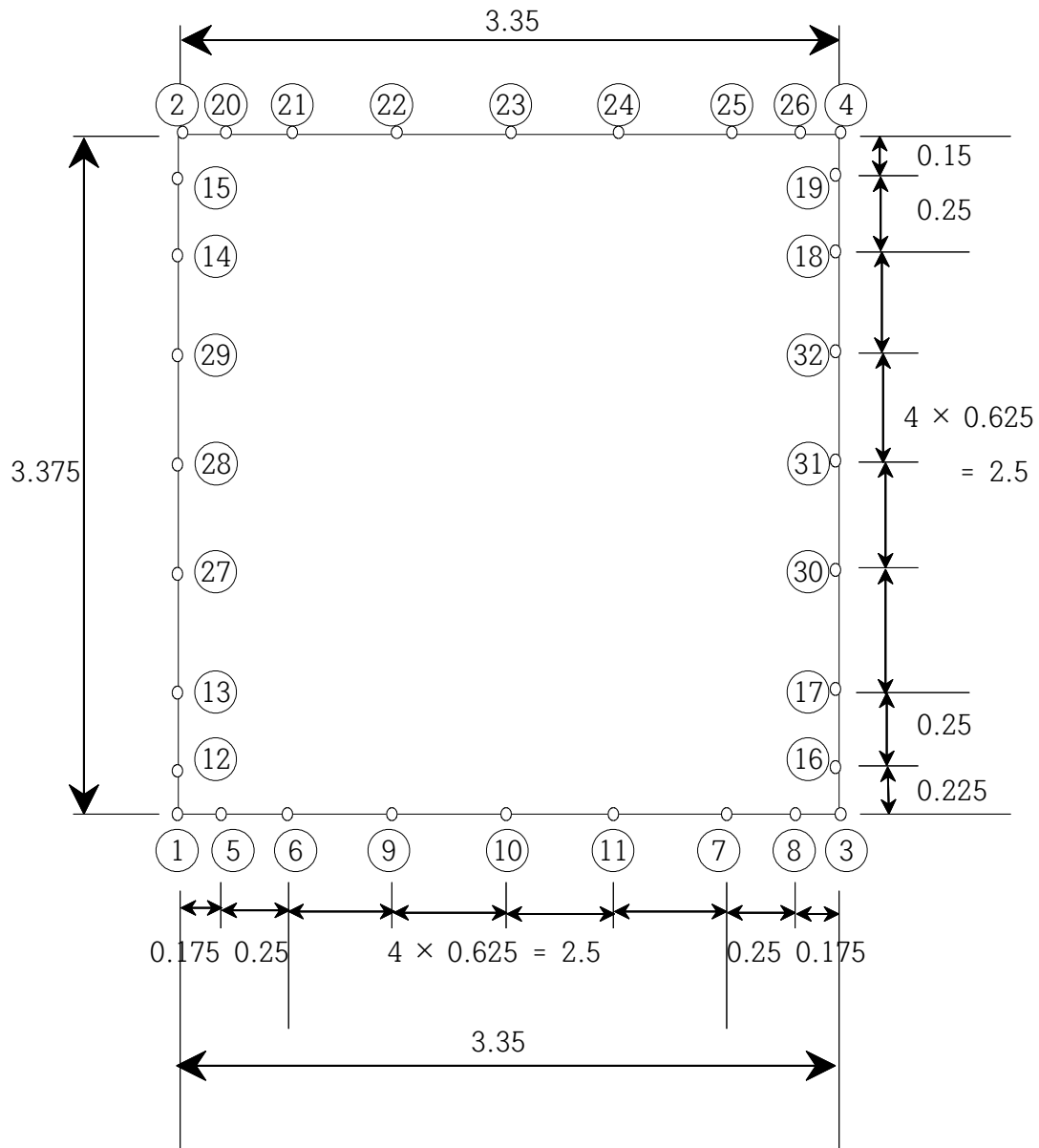


- 좌측 내부절점 12, 13, 14, 15와 우측 내부절점 16, 17, 18, 19절점에 대해 동일하게 위치를 조정한다.
- 절점13과 14사이에 위치한 요소와 절점 17과 18사이에 위치한 요소를 좌측 마우스버튼을 클릭하여 선택한 후 'Edit' → 'Divide Frames'를 클릭하면

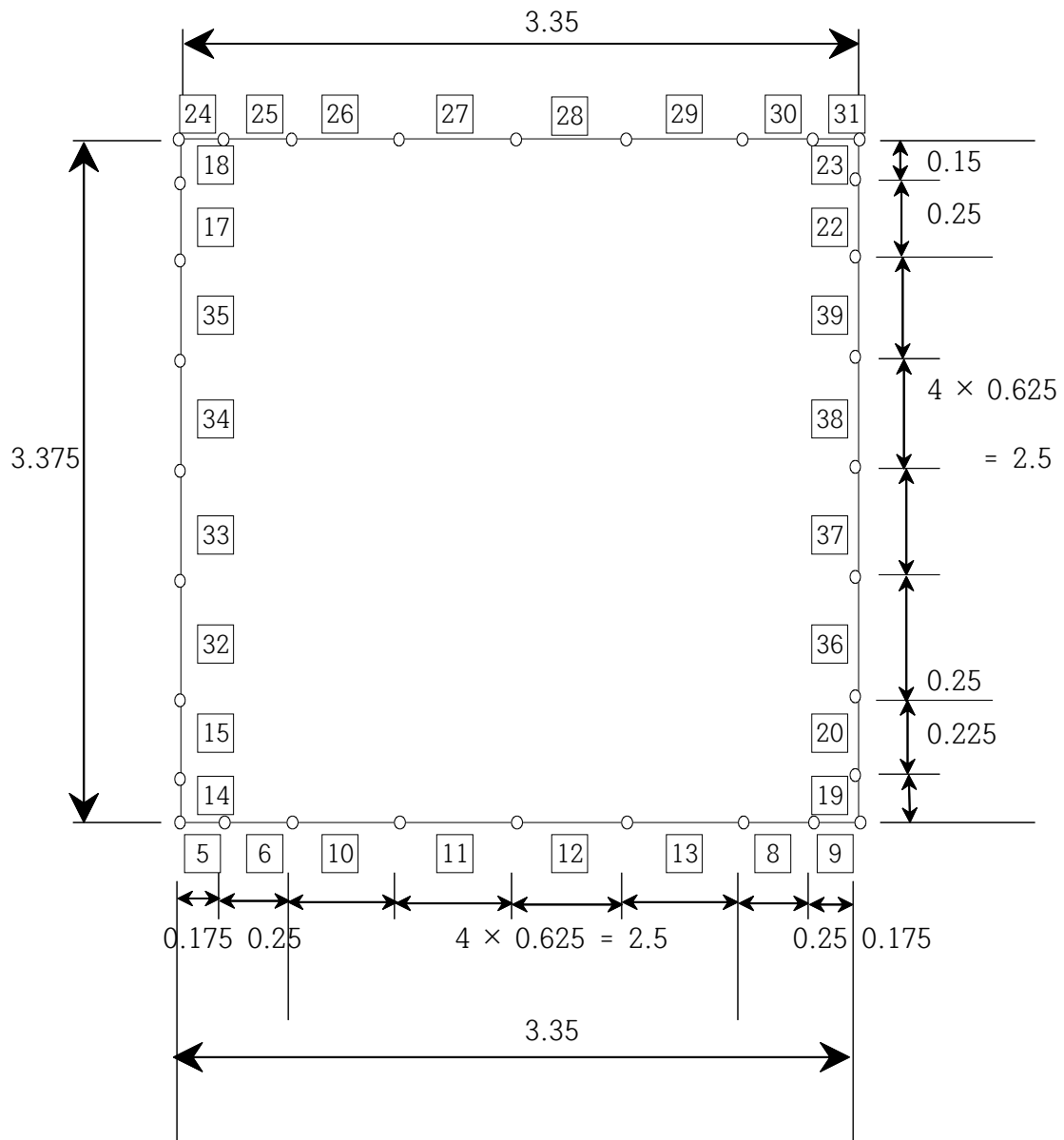
‘Divide Selected Frames’화면이 나타난다. 여기에 ‘4’와 ‘1’을 입력한 후 ‘OK’버튼을 클릭한다.



### 3.5 암거 모델링 절점번호



### 3.6 암거 모델링 요소(Element)번호



### 3.7 경계조건의 설정

#### 3.7.1 하부 부재 내측 절점의 Spring :

- 1, 3절점을 좌측마우스 버튼으로 선택한 후 'Assign' → 'Joint' → 'Springs'를 선택한다. 'Joint Springs'화면이 나타나면 'Spring Direction'항에서 'GLOBAL'을 선택한 후 엑셀시트에서 계산된 스프링계수(1,101,200 N/m)를 'Translation Global Z'항에 입력하고 'OK'버튼을 클릭한다.
- 5, 8절점을 좌측마우스 버튼으로 선택한 후 'Assign' → 'Joint' → 'Springs'를 선택한다. 'Joint Springs'화면이 나타나면 엑셀시트에서 계산된 스프링계수(2,674,350 N/m)를 'Translation Global Z'항에 입력하고 'OK'버튼을 클릭한다.

The image displays three sequential screenshots of the 'Joint Springs' dialog box, illustrating the process of updating the spring stiffness for a specific joint. Each dialog box has a title bar 'Joint Springs' and contains the following sections:

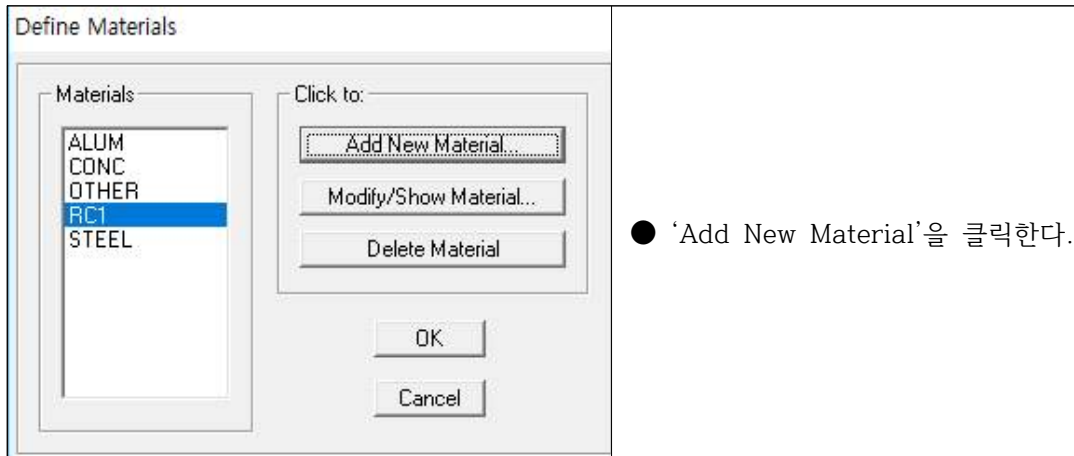
- Spring Direction:** A dropdown menu set to 'GLOBAL'.
- Spring Stiffness:** A group of input fields for Translation and Rotation about Global X, Y, and Z. In the first screenshot, 'Translation Global Z' is 1101200. In the second, it is 2674350. In the third, it is 5506010.
- Options:** Three radio buttons: 'Add to Existing Springs', 'Replace Existing Springs' (which is selected in all three), and 'Delete Existing Springs'.
- Buttons:** 'Advanced...', 'OK', and 'Cancel'.

The sequence shows the 'Translation Global Z' value being changed from 1101200 to 2674350 and then to 5506010, corresponding to the steps described in the text.

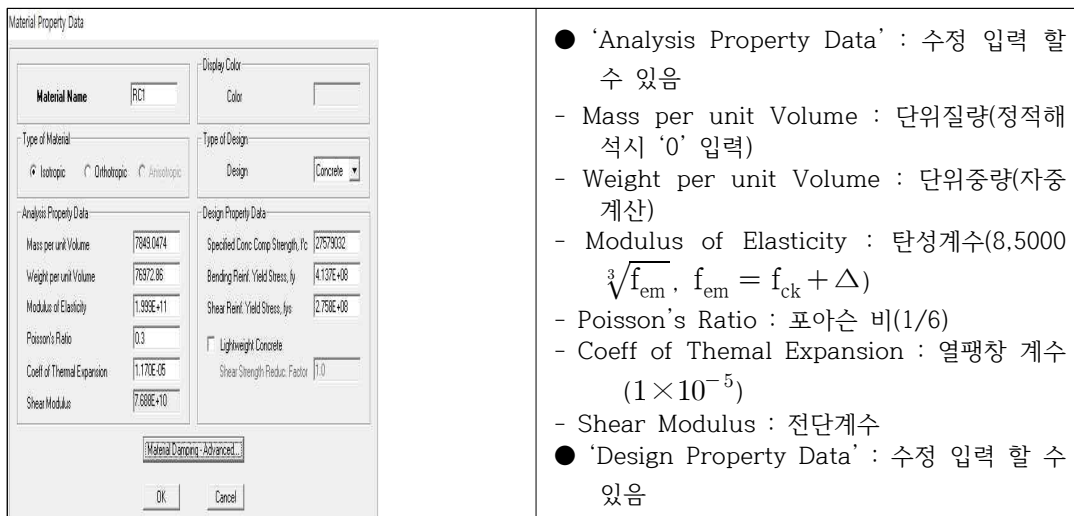
- 6, 7절점을 좌측마우스 버튼으로 선택한 후 'Assign' → 'Joint' → 'Springs'를 선택한다. 'Joint Springs'화면이 나타나면 엑셀시트에서 계산된 스프링계수(5,506,010 N/m)를 'Translation Global Z'항에 입력하고 'OK'버튼을 클릭한다.
- 9, 10, 11절점을 좌측마우스 버튼으로 선택한 후 'Assign' → 'Joint' → 'Springs'를 선택한다. 'Joint Springs'화면이 나타나면 엑셀시트에서 계산된 스프링계수(7,865,730 N/m)를 'Translation Global Z'항에 입력하고 'OK'버튼을 클릭한다.

### 3.8 재료의 물성 지정

3.8.1 'Define' → 'Materials'를 선택하면 'Define Materials'화면이 나타난다.



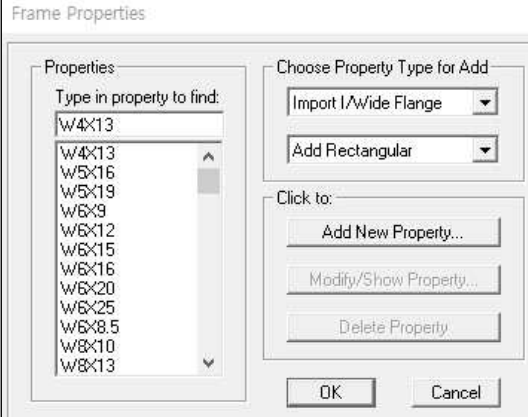
- 'Add New Material'을 클릭하면 아래와 같이 'Material Property Data'화면이 나타난다. 여기에서 'Material Name'(RC1)을 입력하고 'Type of Design'항에서 'Concrete'를 선택한다.



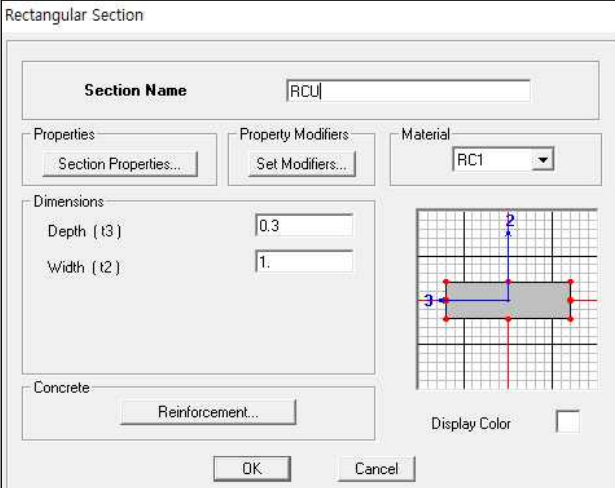
- 'OK'버튼을 클릭한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

### 3.9 단면의 성질 지정

3.9.1 상부슬래브 단면 정의 : 'Define' → 'Frame/Cable Sections'를 선택하면 'Frame Properties'화면이 나타난다.



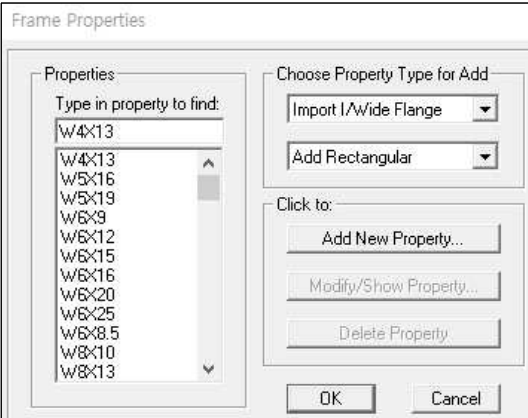
- 'Choose Property Type for Add'에서 'Add Rectangular'를 클릭한다.
- 'Click to'항에서 'Add New Property'를 클릭한다.



- 'Section Name'에 'RCU'를 입력하고
- 'Material'항은 'RC1'을 선택하며
- 'Dimension'항의 'Depth{t3}'에는 높이를 'Width{t2}'에는 폭을 입력한다.(여기서는 높이 0.3과 폭 1을 입력하였음)

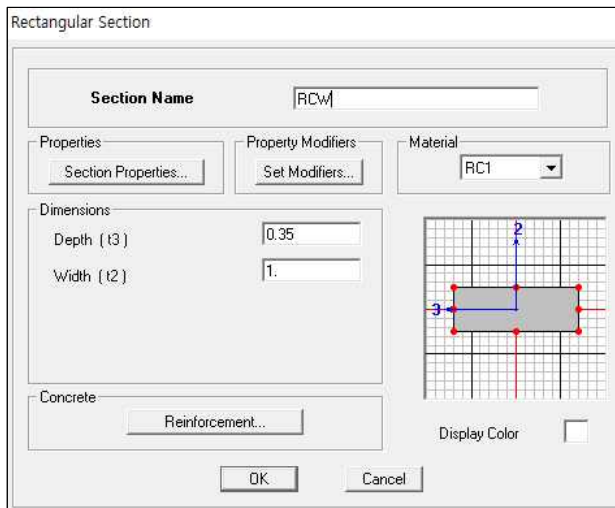
● 'OK'버튼을 클릭한다.

3.9.2 좌우 벽 부재 단면 정의 : 'Frame Properties'화면의 'Click to'항에서 'Add New Property'를 클릭한다.



- 'Click to'항에서 'Add New Property'를 클릭한다.

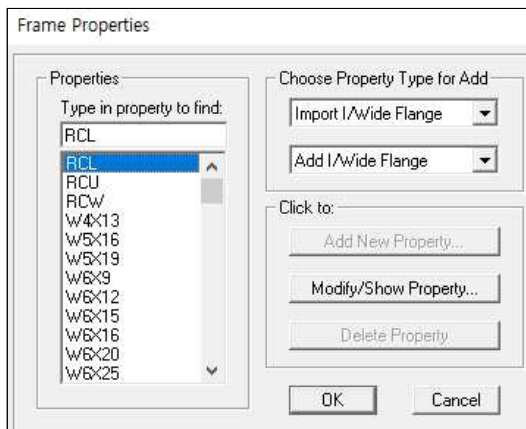




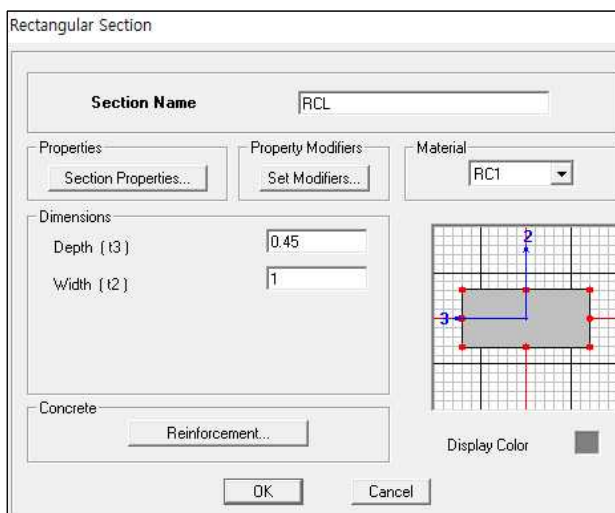
- 'Section Name'에 'RCW'를 입력하고
- 'Material'항은 'RC1'을 선택하며
- 'Dimension'항의 'Depth{t3}'에는 높이를 'Width{t2}'에는 폭을 입력한다.(여기서는 높이 0.35와 폭 1을 입력하였음)

- 'OK'버튼을 클릭한다.

3.9.3 하부 슬래브 단면 정의 : 'Frame Properties'화면의 'Click to'항에서 'Add New Property'를 클릭한다.



- 'Click to'항에서 'Add New Property'를 클릭한다.

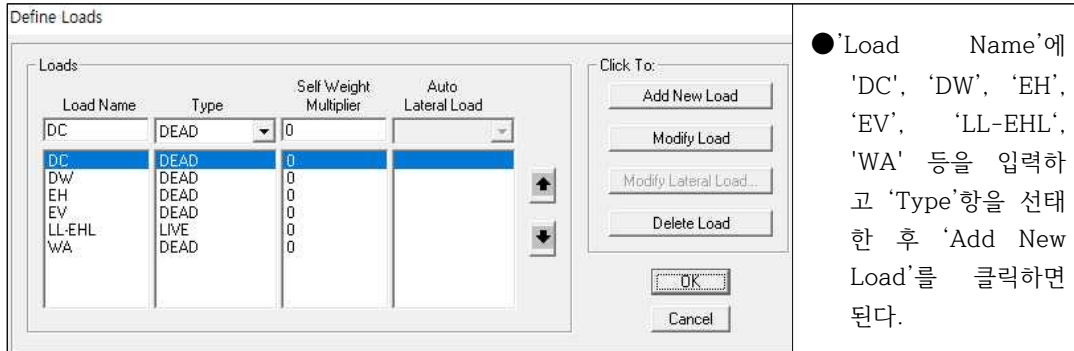


- 'Section Name'에 'RCL'을 입력하고
- 'Material'항은 'RC1'을 선택하며
- 'Dimension'항의 'Depth{t3}'에는 높이를 'Width{t2}'에는 폭을 입력한다.(여기서는 높이 0.45와 폭 1을 입력하였음)

- 'OK'버튼을 클릭한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

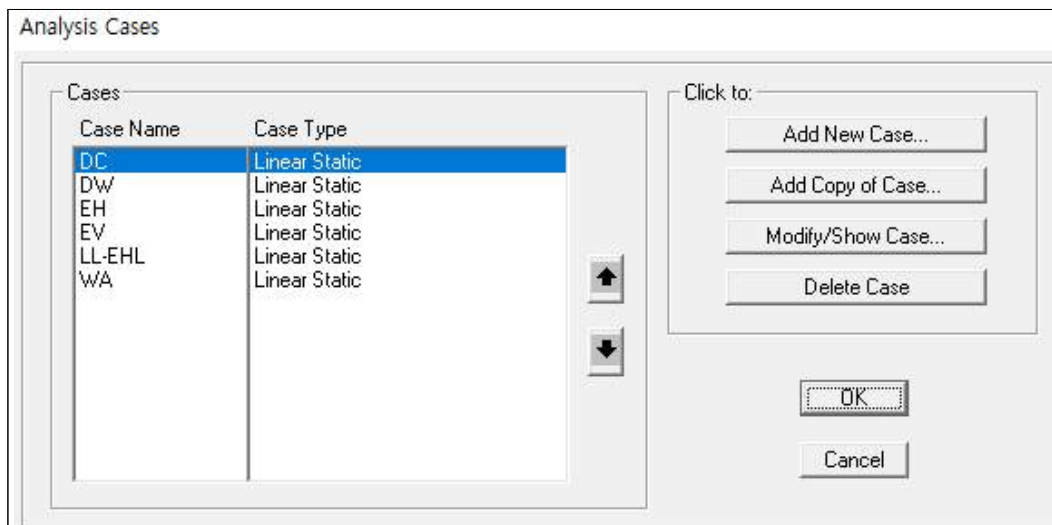
### 3.10 하중종류의 지정

3.10.1 Load Case : 'Define' → 'Load Cases'를 선택하면 'Define Loads'화면이 나타난다.



● 'OK'버튼을 클릭한다.

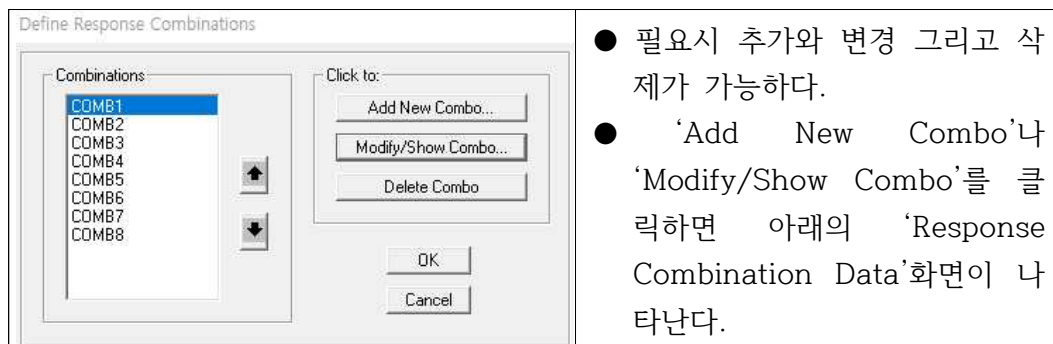
3.10.2 Analysis Case : 'Define' → 'Analysis Cases'를 선택하면 'Analysis Cases' 화면이 나타난다.



● 필요시 추가와 변경 그리고 삭제가 가능하다.

● 'OK'버튼을 클릭한다.

3.10.3 Combinations : 'Define' → 'Combinations'를 선택하면 'Define Response Combinations' 화면이 나타나며 여기에서 각종 하중조합을 구성할 수 있다.



**Response Combination Data**

**Response Combination Name** : COMB1

**Combination Type** : Linear Add

**Define Combination of Case Results**

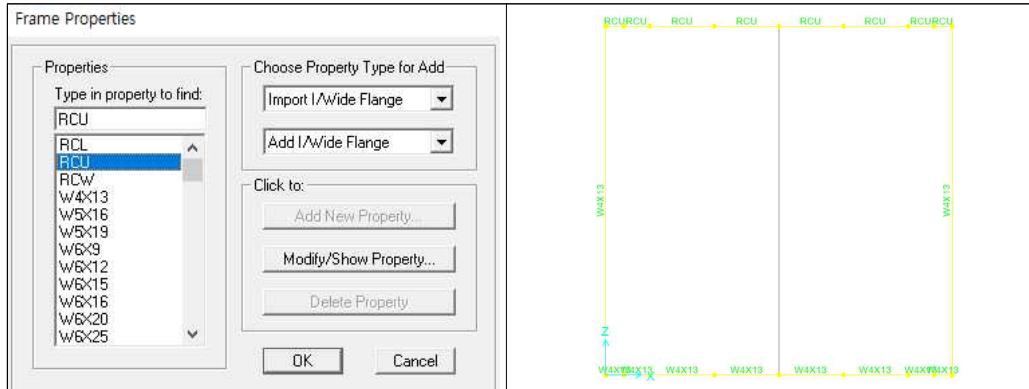
| Case Name | Case Type     | Scale Factor |
|-----------|---------------|--------------|
| DC        | Linear Static | 1.25         |
| DW        | Linear Static | 1.5          |
| EH        | Linear Static | 1.35         |
| EV        | Linear Static | 1.3          |
| LL-EHL    | Linear Static | 1.8          |
| WA        | Linear Static | 1            |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

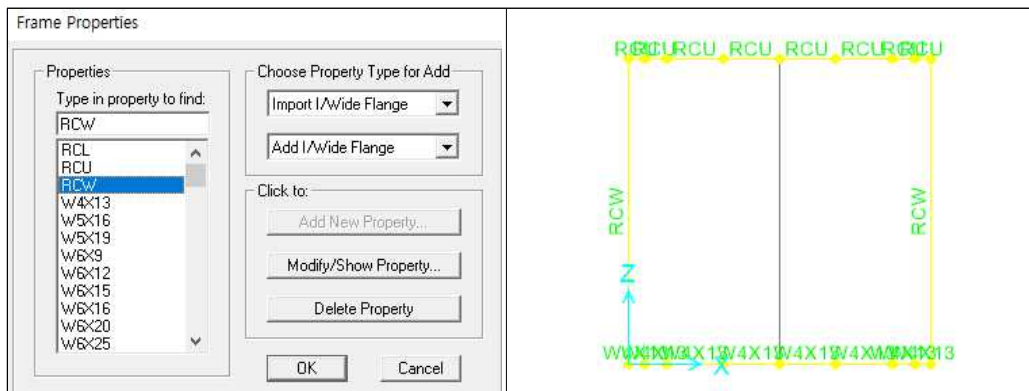
- 하중계수를 고려하여 경우의 수 만큼 하중조합을 입력한다.
- 필요시 추가와 변경 그리고 삭제가 가능하다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

### 3.11 단면의 성질 부여

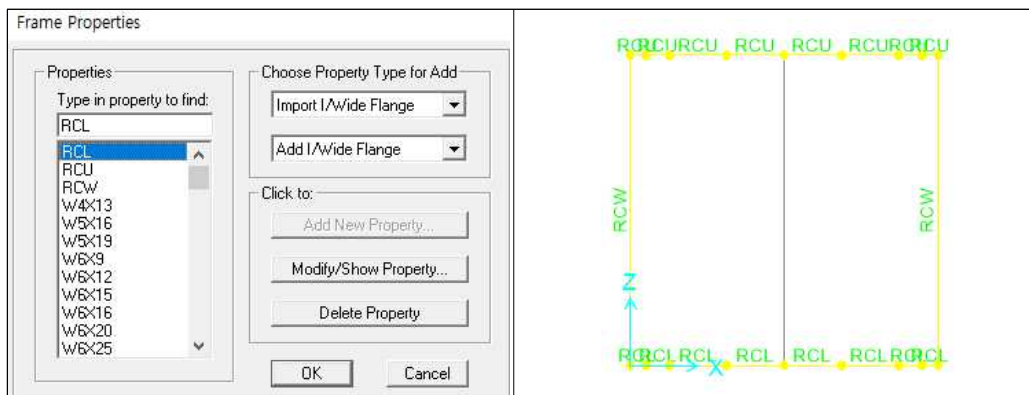
3.11.1 상부슬래브 단면 부여 : 모든 상부부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한 후 'Assign' → 'Frame/Cable' → 'Sections'를 선택하면 'Frame Properties' 화면이 나타난다. 여기에서 'RCU'를 선택하고 'OK'버튼을 클릭한다.



3.11.2 좌우측 벽의 단면 부여 : 모든 좌우측부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한 후 'Assign' → 'Frame/Cable' → 'Sections'를 선택하면 'Frame Properties' 화면이 나타난다. 여기에서 'RCW'를 선택하고 'OK'버튼을 클릭한다.



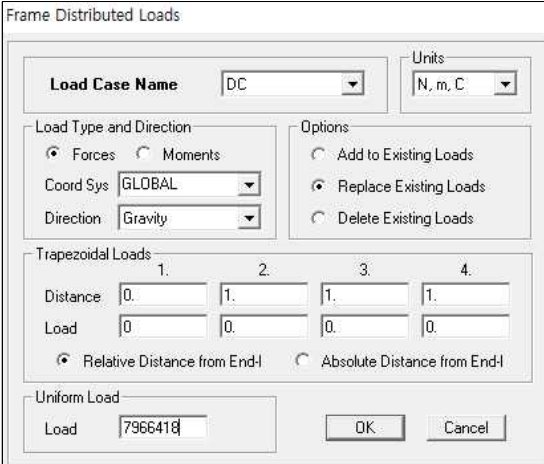
3.11.3 하부슬래브 단면 부여 : 모든 하부부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한 후 'Assign' → 'Frame/Cable' → 'Sections'를 선택하면 'Frame Properties' 화면이 나타난다. 여기에서 'RCL'을 선택하고 'OK'버튼을 클릭한다.



## 3.12 하중의 재하

### 3.12.1 자중(DC)의 재하

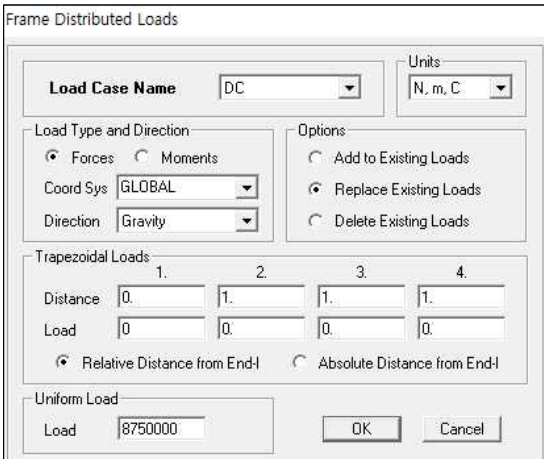
- (1) 등분포하중을 재하 할 모든 상부부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (2) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.



- 'Load Case Name'항에 'DC'를 선택하고 'Load Type and Direction'항 중 'Direction'항에 'Gravity'를 선택한다.
- 'Uniform Load'항에 엑셀에서 계산된 7,966,418 Pa를 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 'OK'버튼을 클릭한다.

- (3) 등분포하중을 재하 할 모든 좌, 우측 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (4) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.



- 'Load Case Name'항에 'DC'를 선택하고 'Load Type and Direction'항 중 'Direction'항에 'Gravity'를 선택한다.
- 'Uniform Load'항에 엑셀에서 계산된 8,750,000 Pa를 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 'OK'버튼을 클릭한다.

- (5) 등분포하중을 재하 할 모든 하단 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (6) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.

Frame Distributed Loads

Load Case Name:  Units:

Load Type and Direction: ☒ Forces ☐ Moments

Coord Sys:  Direction:

Options: ☐ Add to Existing Loads ☒ Replace Existing Loads ☐ Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads

|          | 1.                              | 2.                              | 3.                              | 4.                              |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Distance | <input type="text" value="0."/> | <input type="text" value="1."/> | <input type="text" value="1."/> | <input type="text" value="1."/> |
| Load     | <input type="text" value="0."/> | <input type="text" value="0."/> | <input type="text" value="0."/> | <input type="text" value="0."/> |

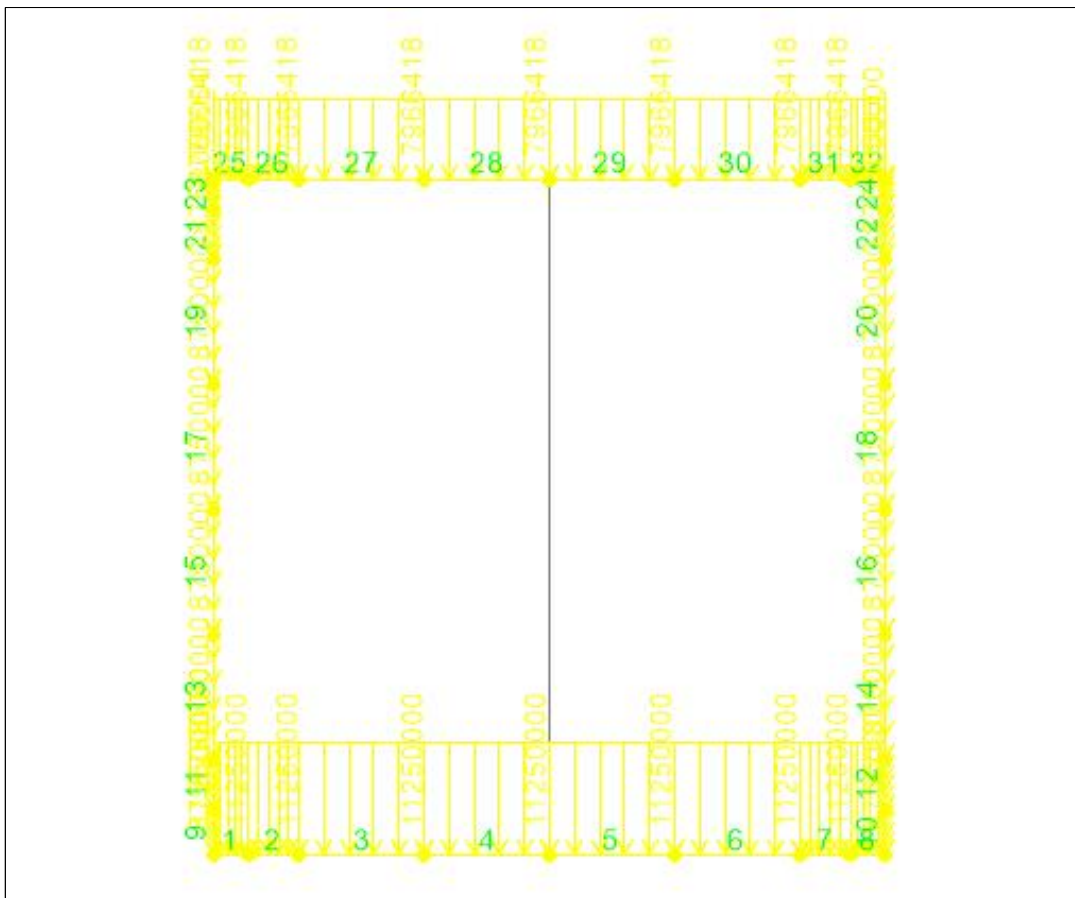
☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

Uniform Load

Load:  OK Cancel

- 'Load Case Name'항에 'DC'를 선택하고 'Load Type and Direction'항 중 'Direction'항에 'Gravity'를 선택한다.
- 'Uniform Load'항에 엑셀에서 계산된 11,250,000 Pa를 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 'OK'버튼을 클릭한다.



### 3.12.2 포장무게(DW)의 재하

- (1) 등분포하중을 재하 할 모든 상부부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (2) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.

Frame Distributed Loads

Load Case Name: PAVE Units: N, m, C

Load Type and Direction:   
☒ Forces ☐ Moments   
 Coord Sys: GLOBAL   
 Direction: Gravity

Options:   
☐ Add to Existing Loads   
☒ Replace Existing Loads   
☐ Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:   

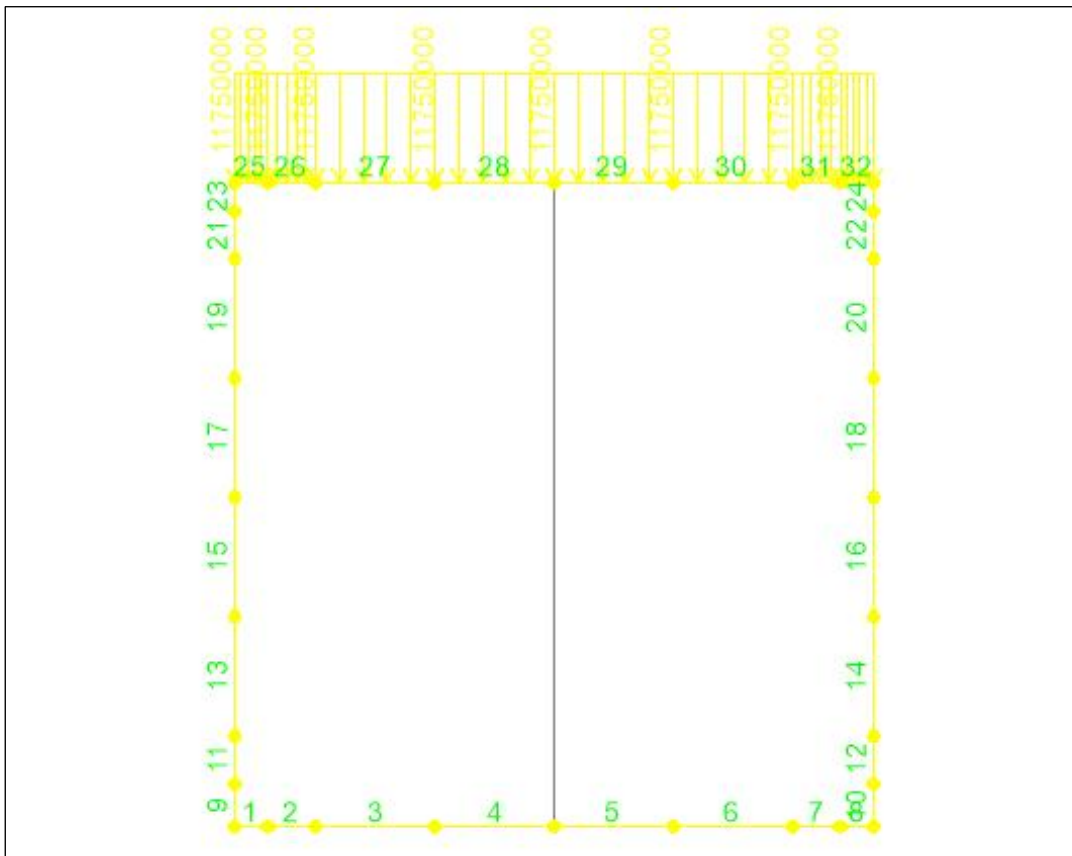
| 1.           | 2.   | 3.   | 4. |
|--------------|------|------|----|
| Distance: 0. | 0.25 | 0.75 | 1. |
| Load: 0.     | 0.   | 0.   | 0. |

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

Uniform Load:   
 Load: 11750000

- 'Load Case Name'항에 'DW'를 선택하고 'Load Type and Direction'항 중 'Direction'항에 'Gravity'를 선택한다.
- 'Uniform Load'항에 엑셀에서 계산된 11,750,000 Pa를 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 'OK'버튼을 클릭한다.





### 3.12.3 수평토압(EH)의 재하

- (1) 좌측 부재 중 최하단부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (2) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.

- 'Load Case Name'항에 'EH'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'X'를 선택한다.
- 'Trapezoidal Loads'항에서 'Distance'에 0, 1, 0, 0을 입력하고 'Load'에 46,125,000, 43,875,000, 0, 0을 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- (3) 좌측 부재 중 최하단에서 두 번째 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (4) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.

- 'Load Case Name'항에 'EH'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'X'를 선택한다.
- 'Trapezoidal Loads'항에서 'Distance'에 0, 1, 0, 0을 입력하고 'Load'에 43,875,000, 41,375,000, 0, 0을 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 좌측의 모든 부재에 대하여 동일한 방법으로 토압을 재하한다.
- (5) 우측 부재 중 최하단부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
  - (6) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.



Frame Distributed Loads

Load Case Name: EH Units: N, m, C

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Coord Sys: GLOBAL Direction: X

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

| 1.              | 2.        | 3. | 4. |
|-----------------|-----------|----|----|
| Distance: 0.    | 1.        | 1. | 1. |
| Load: -46125000 | -43875000 | 0. | 0. |

Relative Distance from End-I (selected) Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 0.

OK Cancel

- 'Load Case Name'항에 'EH'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'X'를 선택한다.
- 'Trapezoidal Loads'항에서 'Distance'에 0, 1, 0, 0을 입력하고 'Load'에 -46,125,000, -43,875,000, 0, 0을 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- (7) 우측 부재 중 최하단에서 두 번째 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (8) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.

Frame Distributed Loads

Load Case Name: EH Units: N, m, C

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Coord Sys: GLOBAL Direction: X

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

| 1.              | 2.        | 3. | 4. |
|-----------------|-----------|----|----|
| Distance: 0.    | 1.        | 1. | 1. |
| Load: -43875000 | -41375000 | 0. | 0. |

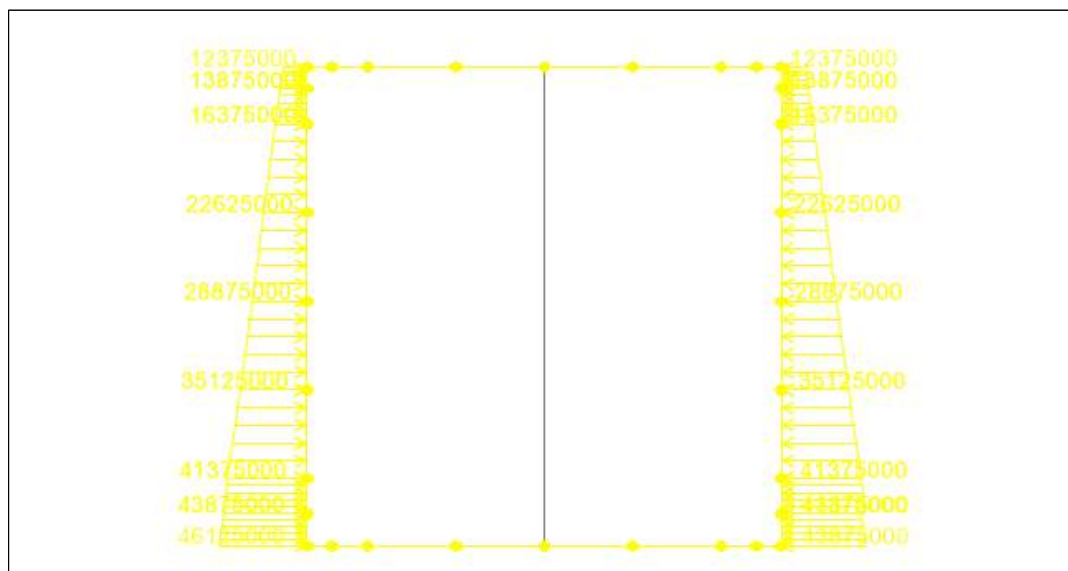
Relative Distance from End-I (selected) Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 0.

OK Cancel

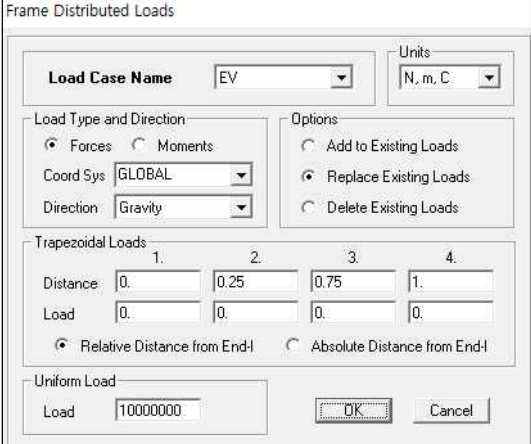
- 'Load Case Name'항에 'EH'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'X'를 선택한다.
- 'Trapezoidal Loads'항에서 'Distance'에 0, 1, 0, 0을 입력하고 'Load'에 -43,875,000, -41,375,000, 0, 0을 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 우측의 모든 부재에 대하여 동일한 방법으로 토압을 재하한다.
- 아래와 같이 하중이 재해된다.



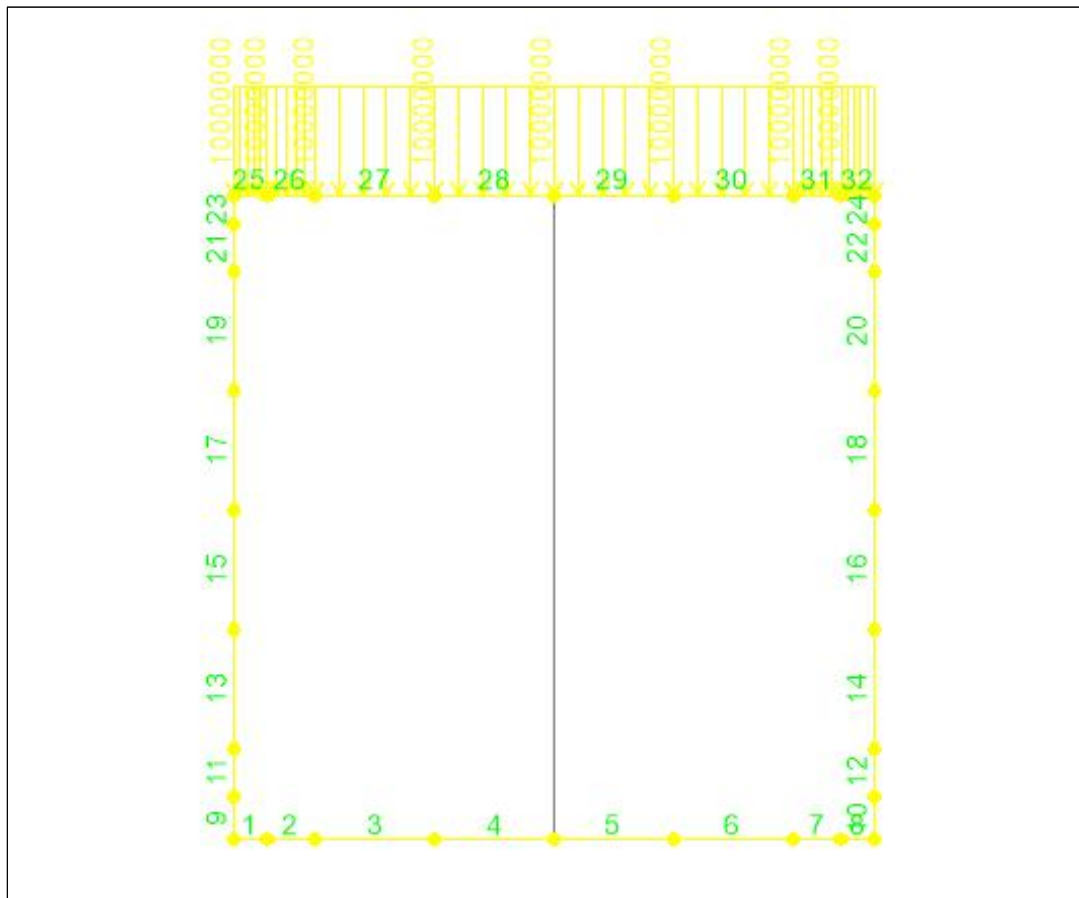
### 3.12.4 연직토압(EV)의 재하

- (1) 등분포 연직토압하중을 재하 할 모든 상단 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (2) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.



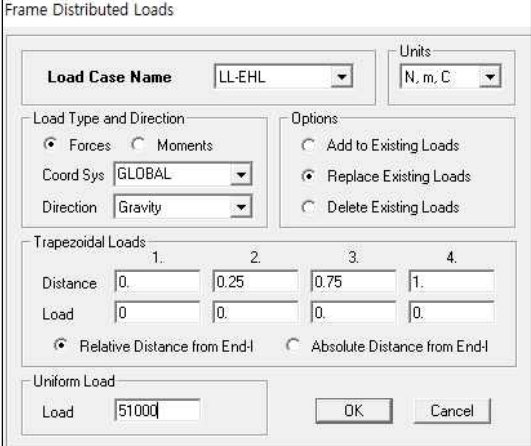
- 'Load Case Name'항에 'EV'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'Gravity'를 선택한다.
- 'Uniform Load'항에 10,000,000 Pa를 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 'OK'버튼을 클릭한다.



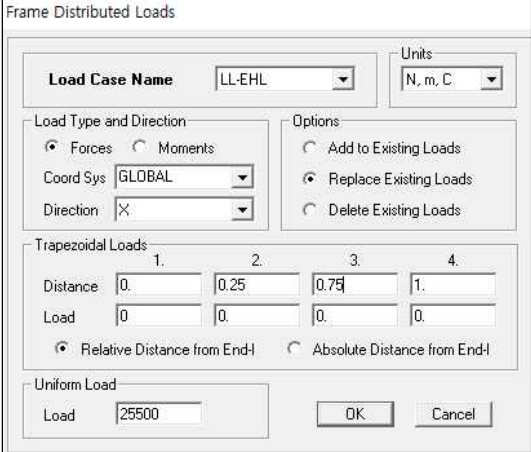
### 3.12.5 활하중(LL-EHL)의 재하

- (1) 등분포 활하중을 재하 할 모든 상단 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (2) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.



- 'Load Case Name'항에 'LL-EHL'을 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'Gravity'를 선택한다.
- 'Uniform Load'항에 51,000 Pa를 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- (3) 좌측 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (4) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.



- 'Load Case Name'항에 'LL-EHL'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'X'를 선택한다.
- 'Uniform Load'항에 25,500 Pa를 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 'OK'버튼을 클릭한다.
- (5) 우측 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
  - (6) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.

Frame Distributed Loads

Load Case Name: LL-EHL Units: N, m, C

Load Type and Direction: ☒ Forces ☐ Moments  
 Coord Sys: GLOBAL Direction: X

Options: ☐ Add to Existing Loads ☒ Replace Existing Loads ☐ Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

|          | 1. | 2.   | 3.   | 4. |
|----------|----|------|------|----|
| Distance | 0. | 0.25 | 0.75 | 1. |
| Load     | 0  | 0.   | 0.   | 0. |

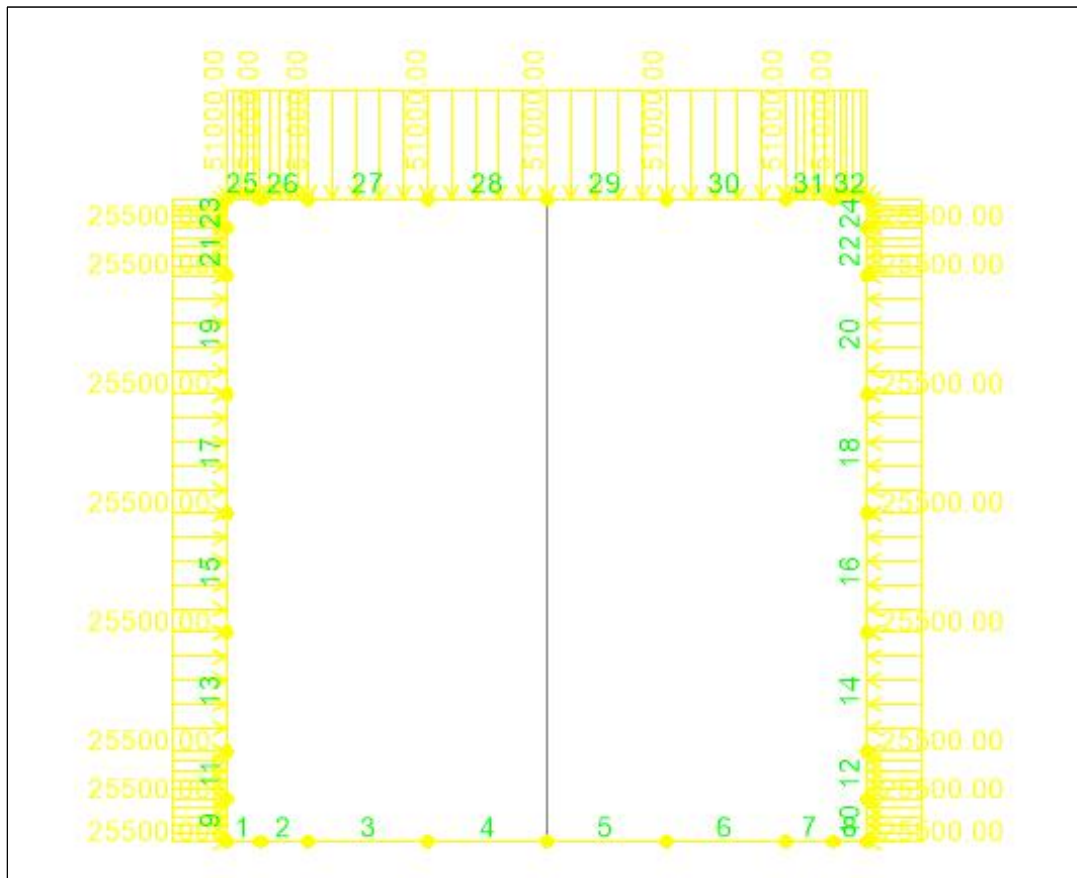
☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: -25500

OK Cancel

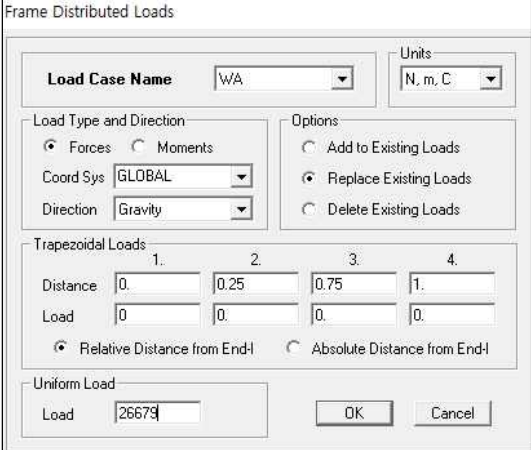
- 'Load Case Name'항에 'LL-EHL'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'X'를 선택한다.
- 'Uniform Load'항에 -25,500 Pa를 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 'OK'버튼을 클릭한다.



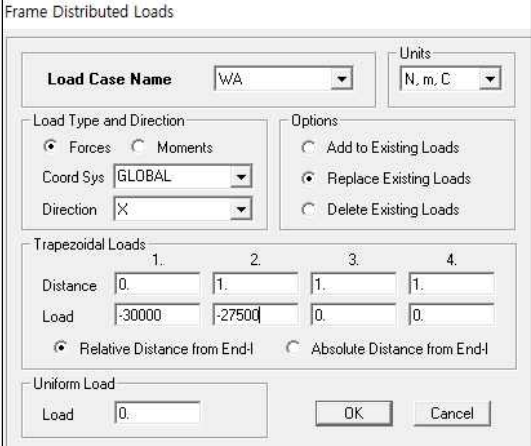
### 3.12.6 정수압(WA)의 재하

- (1) 등분포 활하중을 재하 할 모든 하단 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (2) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.



- 'Load Case Name'항에 'WA'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'Gravity'를 선택한다.
- 'Uniform Load'항에 26,679 Pa를 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- (3) 좌측 최하단에서 두 번째 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (4) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.



- 'Load Case Name'항에 'WA'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'X'를 선택한다.
- 'Trapezoidal Loads'항에서 'Distance'에 0, 1, 0, 0을 입력하고 'Load'에 -30,000, -27,500, 0, 0을 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- (5) 좌측 최하단에서 세 번째 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.
- (6) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.

Frame Distributed Loads

Load Case Name: WA Units: N, m, C

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Coord Sys: GLOBAL Direction: X

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

| 1.            | 2.      | 3. | 4. |
|---------------|---------|----|----|
| Distance: 0.  | 1.      | 1. | 1. |
| Load: -27500. | -21250. | 0. | 0. |

Relative Distance from End-I (selected), Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 0.

OK Cancel

- 'Load Case Name'항에 'WA'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'X'를 선택한다.
- 'Trapezoidal Loads'항에서 'Distance'에 0, 1, 0, 0을 입력하고 'Load'에 -27,500, -21,250, 0, 0을 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 좌측의 모든 부재에 대하여 동일한 방법으로 정수압을 재하한다.

(7) 우측 최하단에서 두 번째 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.

(8) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.

Frame Distributed Loads

Load Case Name: WA Units: N, m, C

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Coord Sys: GLOBAL Direction: X

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

| 1.           | 2.     | 3. | 4. |
|--------------|--------|----|----|
| Distance: 0. | 1.     | 1. | 1. |
| Load: 30000. | 27500. | 0. | 0. |

Relative Distance from End-I (selected), Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 0.

OK Cancel

- 'Load Case Name'항에 'WA'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'X'를 선택한다.
- 'Trapezoidal Loads'항에서 'Distance'에 0, 1, 0, 0을 입력하고 'Load'에 30,000, 27,500, 0, 0을 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

(9) 좌측 최하단에서 세 번째 부재를 좌측마우스 버튼으로 선택한다.

(10) 'Assign' → 'Frame Loads' → 'Distributed'를 선택하면 'Frame Distributed Loads'화면이 나타난다.

Frame Distributed Loads

Load Case Name: WA Units: N, m, C

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Coord Sys: GLOBAL Direction: X

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

| 1.           | 2.    | 3. | 4. |
|--------------|-------|----|----|
| Distance: 0. | 1.    | 1. | 1. |
| Load: 27500. | 21250 | 0. | 0. |

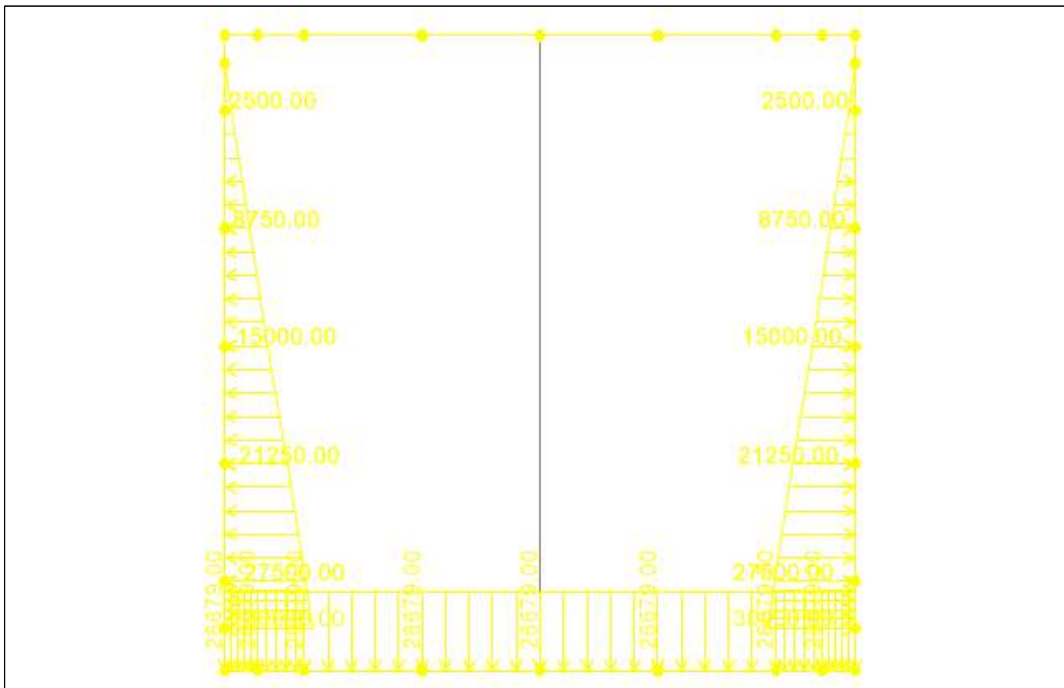
Relative Distance from End-I (selected), Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 0.

OK Cancel

- 'Load Case Name'항에 'WA'를 선택하고 'Load Type and Direction'에서 'Direction'항에 'X'를 선택한다.
- 'Trapezoidal Loads'항에서 'Distance'에 0, 1, 0, 0을 입력하고 'Load'에 -27,500, -21,250, 0, 0을 입력한다.
- 'OK'버튼을 클릭한다.

- 우측의 모든 부재에 대하여 동일한 방법으로 정수압을 재하한다.
- 아래와 같이 하중이 재해된다.

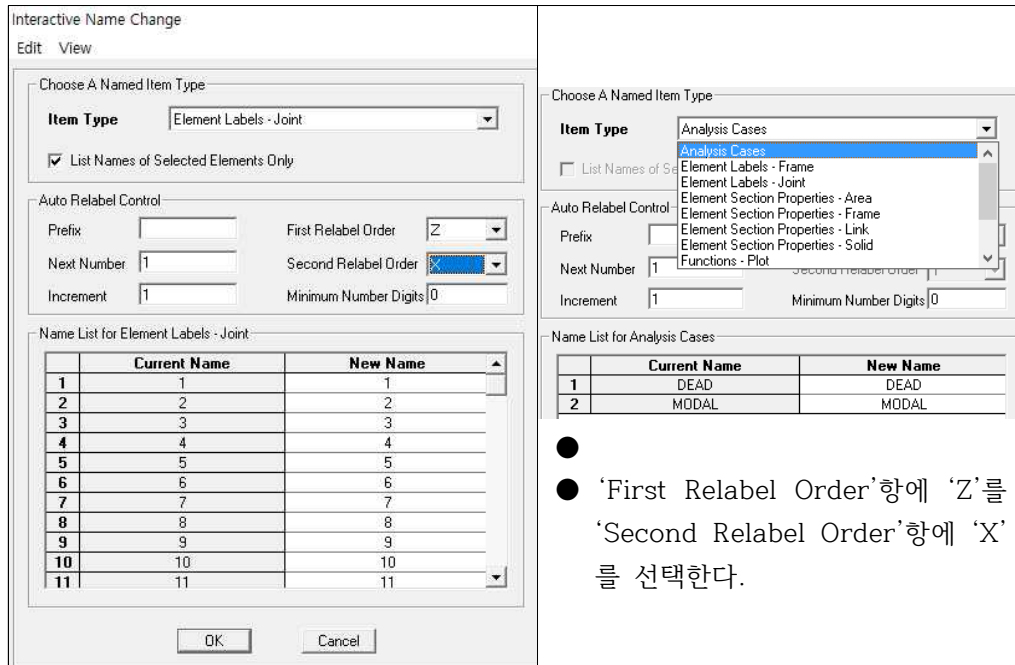




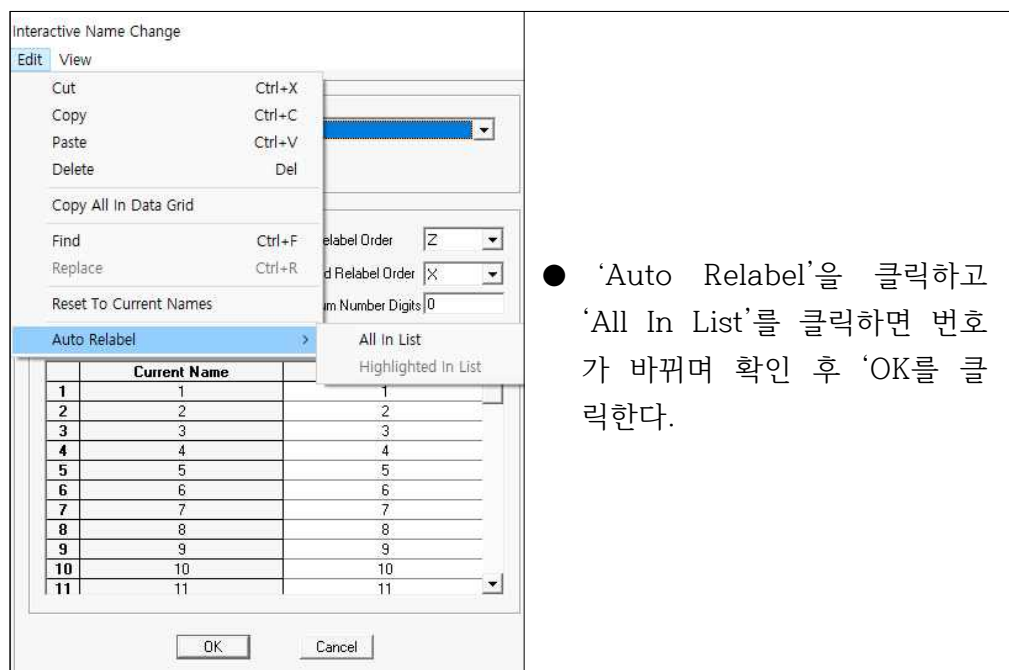
### 3.13 모든 절점번호와 요소번호 재부여

#### 3.13.1 절점번호 재부여

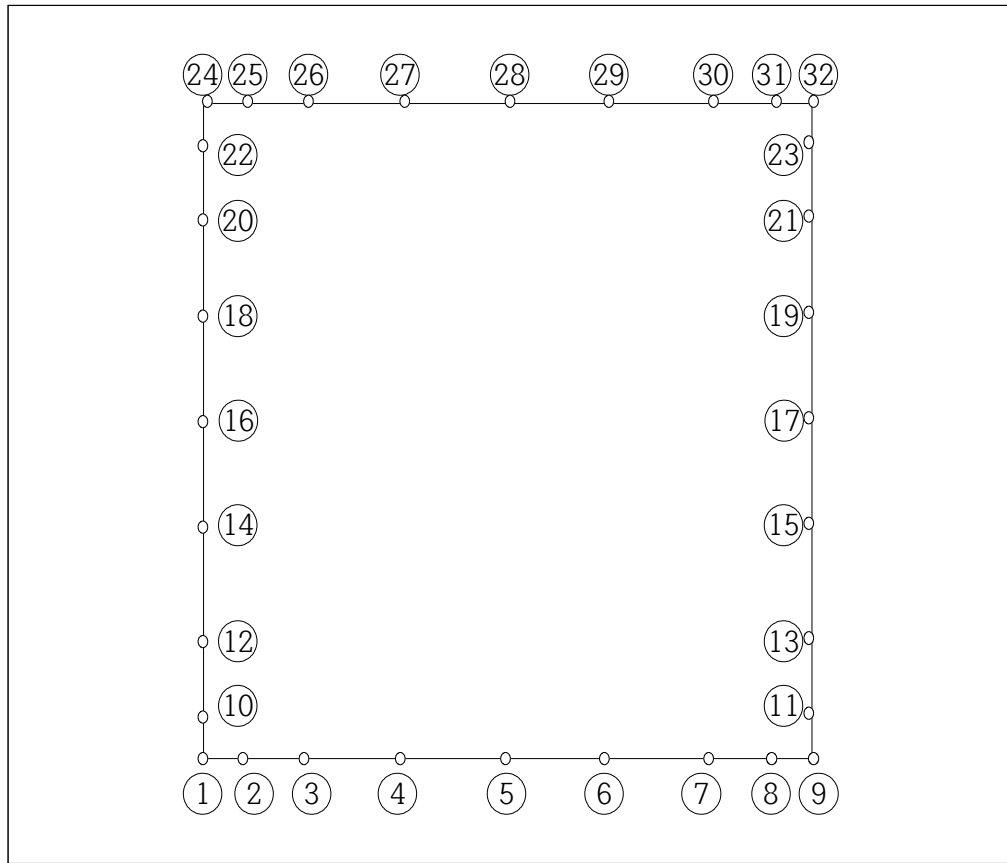
- (1) 좌측 마우스버튼을 이용하여 모든 절점을 선택한다.
- (2) 'Edit' → 'Change Labels'를 클릭하면 'Interactive Name Change'화면이 나타난다.



- (3) 'Item Type'에서 'Element Labels - Joint'를 선택하고 상단 좌측에 위치한 'Edit'를 클릭하면 아래와 같은 화면이 나타난다.







### 3.13.2 요소번호 재부여

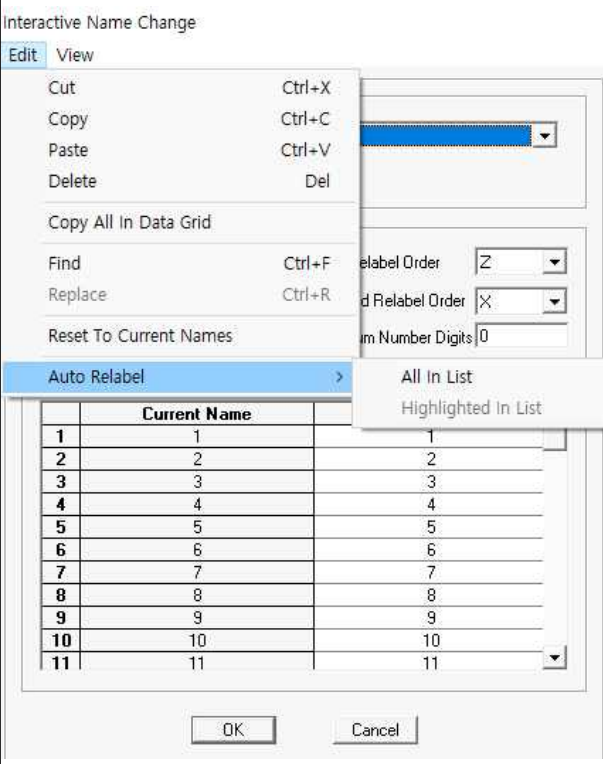
- (1) 좌측 마우스버튼을 이용하여 모든 요소를 선택한다.
- (2) 'Edit' → 'Chang Labels'를 클릭하면 'Interactive Name Change' 화면이 나타난다.

|    | Current Name | New Name |
|----|--------------|----------|
| 1  | 1            | 1        |
| 2  | 2            | 2        |
| 3  | 3            | 3        |
| 4  | 4            | 4        |
| 5  | 5            | 5        |
| 6  | 6            | 6        |
| 7  | 7            | 7        |
| 8  | 8            | 8        |
| 9  | 9            | 9        |
| 10 | 10           | 10       |
| 11 | 11           | 11       |

|   | Current Name | New Name |
|---|--------------|----------|
| 1 | DEAD         | DEAD     |
| 2 | MODAL        | MODAL    |

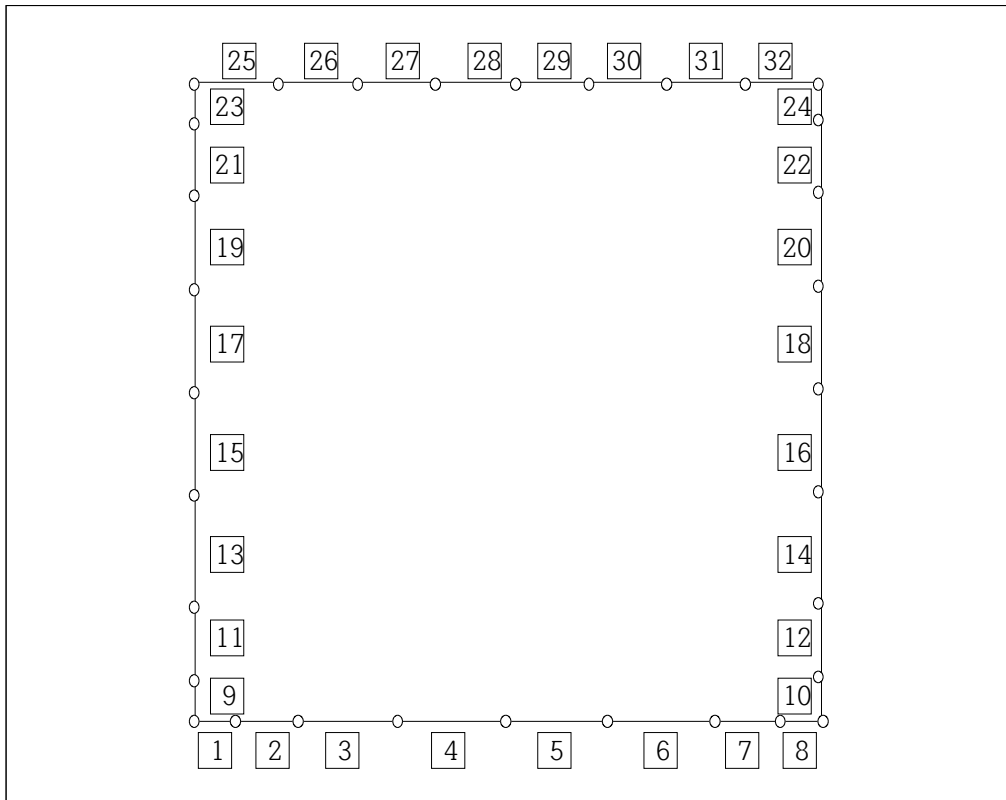
● 'First Relabel Order'항에 'Z'를  
'Second Relabel Order'항에 'X'를  
선택한다.

- (3) 'Item Type'에서 'Element Labels - Frame'을 선택하고 상단 좌측에 위치한 'Edit'을 클릭하면 아래와 같은 화면이 나타난다.



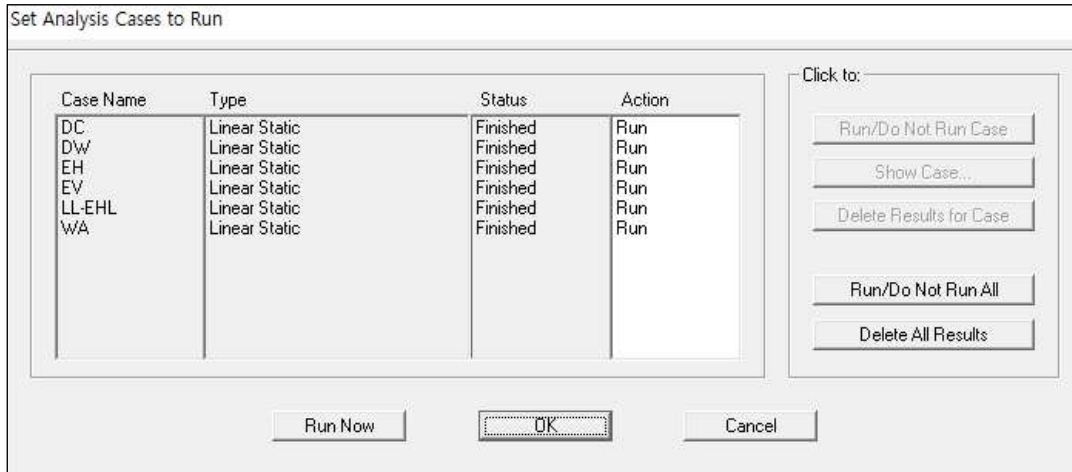
|    | Current Name | Highlighted In List |
|----|--------------|---------------------|
| 1  | 1            | 1                   |
| 2  | 2            | 2                   |
| 3  | 3            | 3                   |
| 4  | 4            | 4                   |
| 5  | 5            | 5                   |
| 6  | 6            | 6                   |
| 7  | 7            | 7                   |
| 8  | 8            | 8                   |
| 9  | 9            | 9                   |
| 10 | 10           | 10                  |
| 11 | 11           | 11                  |

● 'Auto Relabel'을 클릭하고 'All In List'를 클릭하면 번호가 바뀌며 확인 후 'OK'를 클릭한다.

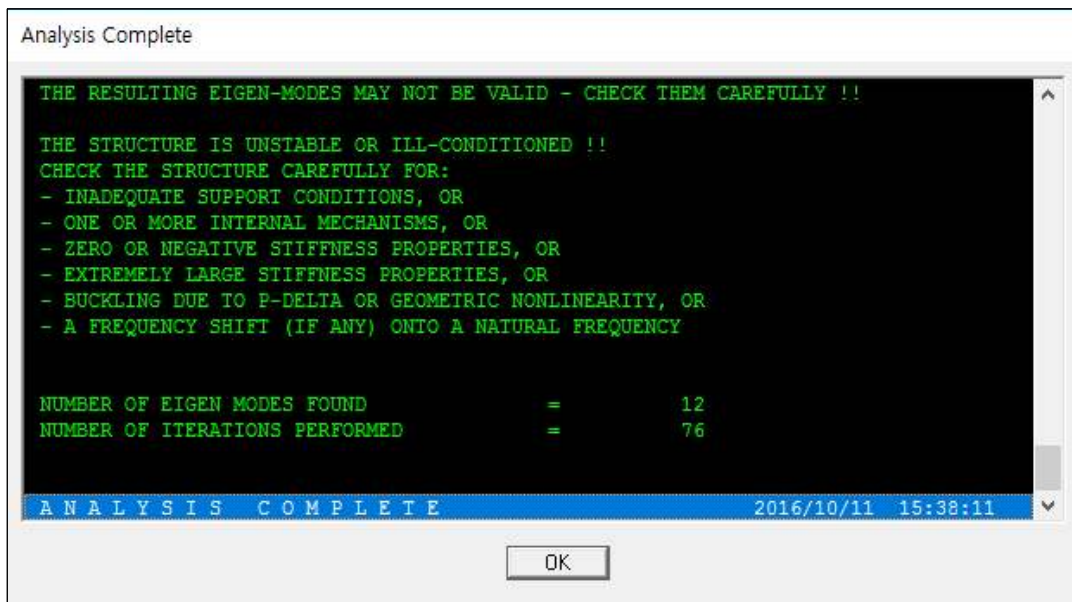


## 4. 구조해석

- (1) 'Analyze' → 'Run Analysis'를 선택하면 'Set Analysis Cases to Run'화면이 나타난다. (영어로 된 폴더에 저장하고 실행하여야 한다.)



- 'Run Now'버튼을 클릭한다.
- 아래와 같이 'ANALYSIS COMPLETE'가 표시되면 해석이 완료된다.

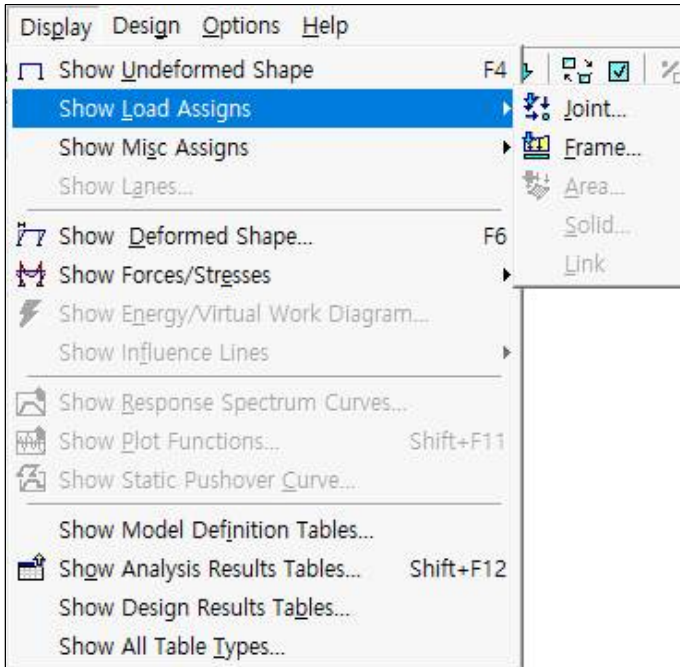


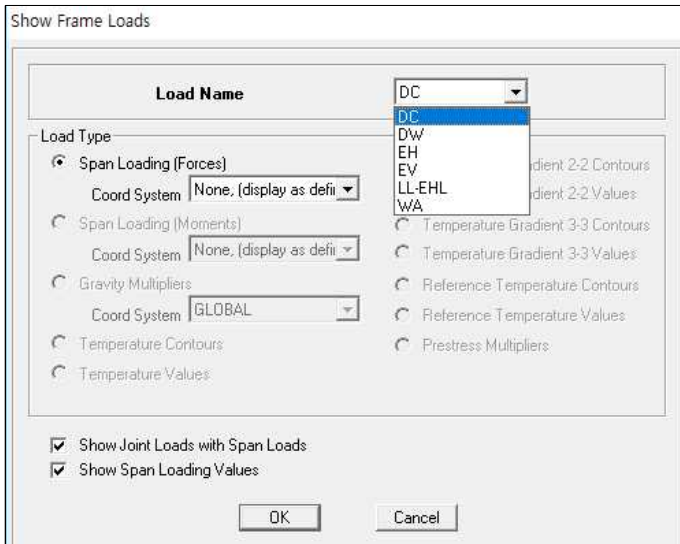
- 'OK'버튼을 클릭한다.

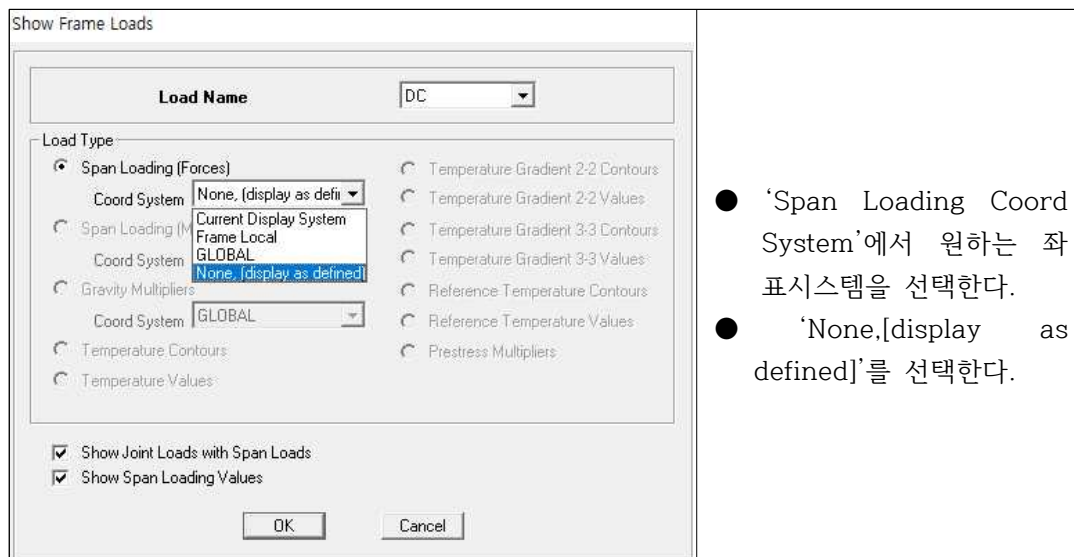
## 5. 구조해석 결과 분석

### 5.1 재하 하중 확인

‘Display’ → ‘Show Load Assigns’를 선택하면 아래와 같은 화면이 나타난다.

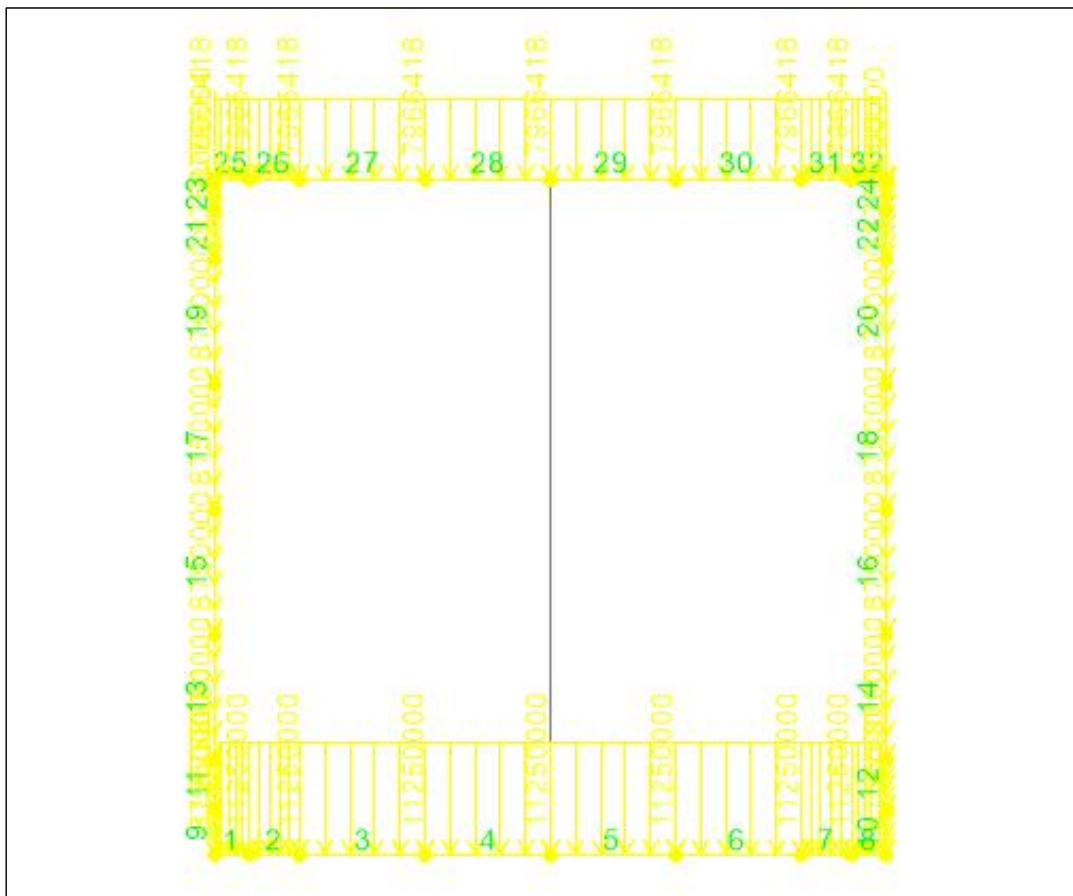
|  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 절점에 재하된 하중을 보기 위해서는 ‘Joint’를 선택하고 부재에 재하된 하중을 보기 위해서는 ‘Frame’을 선택한다.</li> <li>● 여기서는 부재에 재하된 하중만 존재하므로 ‘Frame’을 선택하면 ‘Show Frame Loads’ 화면이 나타난다.</li> </ul> |
|--|---|

|   |  |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ‘Load Name’항에서 하중의 종류를 선택한다.</li> <li>● DC, DW, EH, EV, LL-EHL, WA 중에서 확인을 원하는 하중을 선택한다.</li> </ul> |
|---|--|

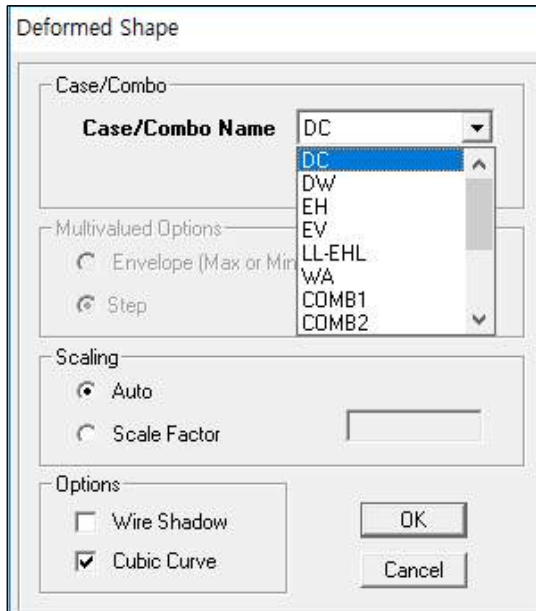


- 필요시 'Display' → 'Show Misc Assigns' → 'Joint or Frame'을 선택하여 단면, 부재좌표계, 등을 확인 할 수 있다.

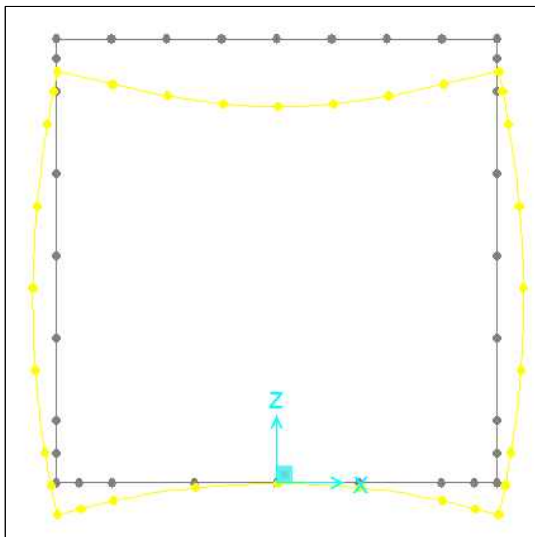
※ DC의 경우를 예로 하면 아래 화면과 같다.



5.2 처짐 및 처짐각 : 'Display' → 'Show Deformed Shape'를 선택하면 'Deformed Shape'화면이 나타난다.



- 'Case/Combo Name'에서 'DC'를 선택하고 'OK'버튼을 클릭한다.(자중)
- 'Wire Shadow'를 체크하면 원래 모양과 함께 변형된 모양이 보여진다.



- 'Wire Shadow'를 체크하여 원래 모양과 함께 변형된 모양이 보여진다.

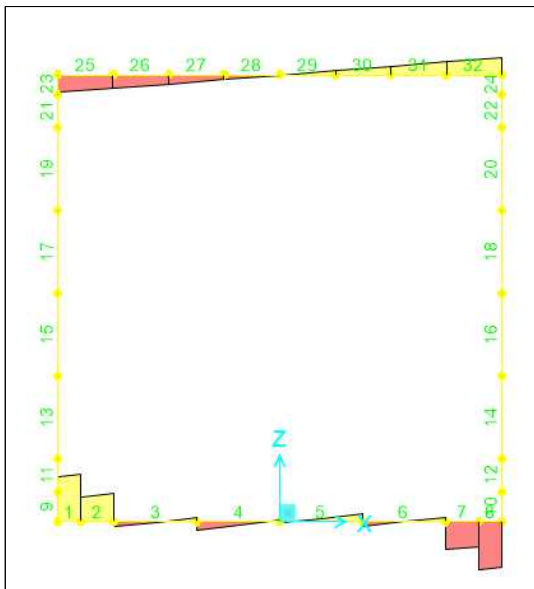
- 변형된 모양이 화면에 나타나면 원하는 절점에 우측마우스 버튼을 클릭하면 아래 그림('Joint Displacements')과 같이 방향별 변형량을 보여준다.

| Joint Displacements |         |         |          |
|---------------------|---------|---------|----------|
| Joint ID            | 9       |         |          |
|                     | 1       | 2       | 3        |
| Trans               | 0.39597 | 0.00000 | -8.08278 |
| Rotn                | 0.00000 | 7.87761 | 0.00000  |

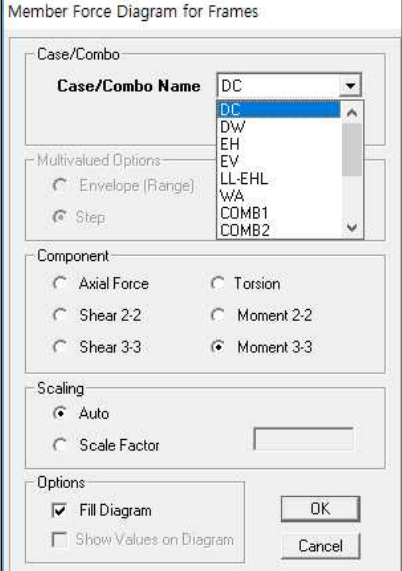
- 9번 절점의 변형방향과 변형량을 나타낸 것이다.(변위, 회전각)

5.3 단면력(전단력) : 'Display' → 'Show Forces/Stresses' → 'Frames/Cables'를 선택하면 'Member Force Diagram for Frames'화면이 나타난다.

- 'Case/Combo Name'에 'DC'를 선택하고 'Component'항에서 'Shear 2-2'을 선택하여 'OK'버튼을 클릭한다.
- 아래와 같이 'Shear Force 2-2 Diagram' 화면이 나타난다.
- 'Options'항에서 'Fill Diagram'을 체크한다.
- 'Options'항에서 'Show Values on Diagram'을 체크하면 전단력 값이 표기된다.



5.4 단면력(모멘트) : ‘Display’ → ‘Show Forces/Stresses’ → ‘Frames/Cables’를 선택하면 ‘Member Force Diagram for Frames’화면이 나타난다.



- ‘Case/Combo Name’에서 ‘DC’를 선택하고 ‘Component’항에서 ‘Moment 3-3’을 선택하여 ‘OK’버튼을 클릭한다.
- 아래와 같이 ‘Momet 3-3 Diagram’’화면이 나타난다.
- ‘Options’항에서 ‘Show Values on Diagram’을 체크하면 단면력(모멘트) 값이 그림과 함께 표시된다.

