Civil 2012

TUTORIALS

2D 라멘교의 해석 및 설계

Revision No. : v.2.0
Revision Date : 2012.07.30
Program Version : Civil2012V.1.0.0
Mail to : mcivil@midasit.com

Contents

2D 라멘교의 해석 및 설계

1. 개요 / 03

2.작업환경 설정 및 재질/단면 정의 / 05
- 2-1 재질 정의
- 2-2 단면 정의

3. 구조모델링 / 07
- 3-1 벽체 모델링
- 3-2 슬래브 모델링
- 3-3 요소 좌표계 수정

4. 경계조건 입력 / 12
- 4-1 지점조건 입력
- 4-2 강역 설정

5. 자중입력 / 15

6. 부가사하중 입력 / 18

7. 토압 입력 / 19

8. 온도차하중 입력/ 21

9. 상하면온도차 입력 / 23

10. 건조수축 입력 / 24

11. 이동하중 입력 / 25
- 11-1 이동하중코드 선택
- 11-2 차선 정의
- 11-3 차량하중 정의
- 11-4 이동하중조건 정의

12. 부등침하하중 입력 / 31
- 11-1 침하그룹 정의
- 11-2 부등침하 조건 정의

13. 구조해석 수행 / 33

14. 결과확인 / 34
- 14-1 하중조합 생성
- 14-2 반력 확인
- 14-3 부재력 확인

15. 설계 하중조합의 생성 및 Design Code 입력 / 38

16. 철근 재질 Data 입력 / 39

17. 단일 부재의 지정 / 40

18. 단면검토(Beam) / 41
- 18-1 철근정보 입력
- 18-2 단면설계 실행
- 18-3 단면검토결과 확인

19. 계산서 확인(Beam) / 44

20. 단면검토(Wall) / 46
- 20-1 단면설계 실행
- 20-2 단면제원 입력

11. 계산서 확인(Wall) / 49

Civil 2012

01. 개요

본 예제에서는 라멘 구조물의 2차원 모델링 및 하중재하, 구조해석, 해석결과확인, 철근콘크리트 부재의 단면설계 방법을 알아봅니다.

본 예제에서 사용된 라멘구조물의 제원과 작용하중은 다음과 같습니다.

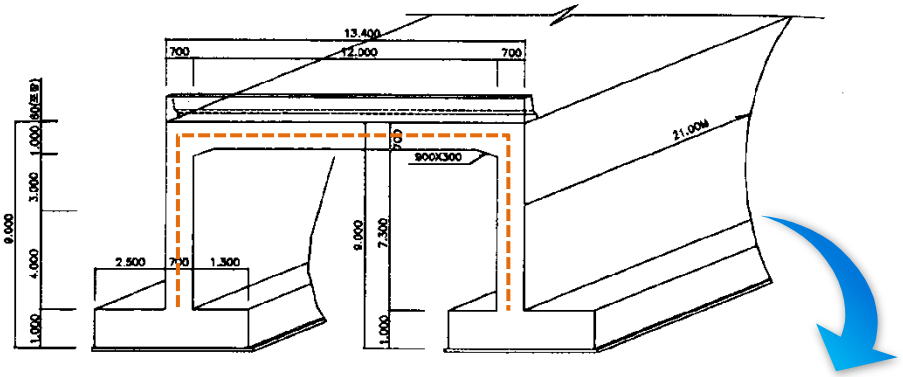
- 설계방법 : 강도설계법
- 사용재료 및 설계기준강도

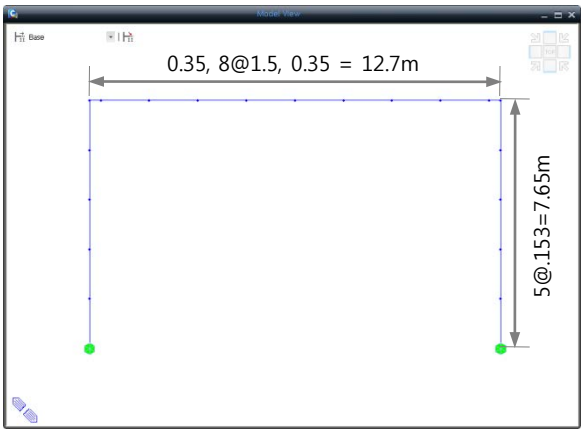
콘크리트	철근
f_{ck} = 27 MPa	F_y = 400 MPa

- 교량등급 : 1등교
- 기초형식 : 직접기초
- 하중
  - 고정하중

자중	철근콘크리트	프로그램에서 자동계산
부가사하중	아스팔트	γ_{aspalt} = 23 kN/m^3
	토사	γ_{ssoil} = 20 kN/m^3

  - 활 하 중 : DB-24, DL-24
  - 토 압 : 토사의 단위중량(γ) 19.62kN /m^3
    내부마찰각(Φ) 35˚
    정지토압계수(Ks) 1-sin Φ = 0.426
  - 온도하중 : 온도차 하중 ±10℃, 상하연 온도차 ±5℃
  - 지점침하 : 1.0cm



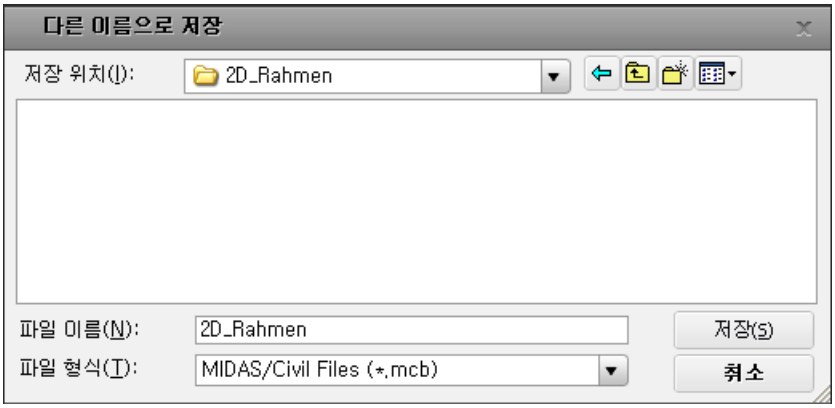


| 라멘 구조물의 제원 및 구조모델링 |

02. 작업환경 설정 및 재질/단면 정의

2D 라멘교를 모델링하기 위해 새파일(**New Project**)을 열고, **'2D_Rahmen.mcb'** 파일로 저장(**Save**)합니다.

1. **New Project** 클릭
2. **Save** 클릭
3. 파일 이름에 **'2D_Rahmen'** 입력 후 저장

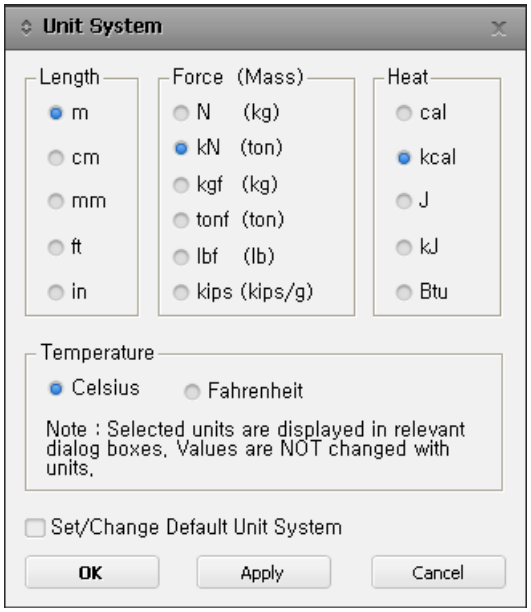


| 단위계 설정 |

본 예제에서는 모델 입력시 사용할 단위계로 kN(Force), m(Length) 를 지정합니다.

메인 메뉴에서 *[Tools]탭 > [Setting]그룹 >* *Unit System*

1. Length 선택란에서 **'m'**, Force(Mass) 선택란에서 **'kN(ton)'** 선택
2. OK 버튼 클릭



| 단위계 설정 |

02. 작업환경 설정 및 재질/단면 정의

1. 재질 정의

모델링 시 DB에 내장된 한국표준규격에 따른 재질을 사용합니다.

Concrete : C27

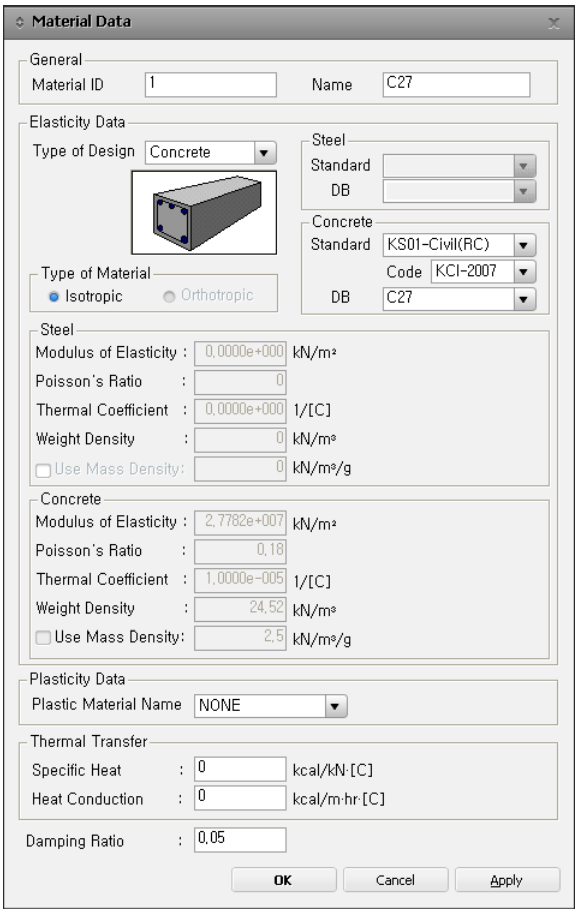
Civil2012의 RC설계기능을 이용하기 위해서는 반드시 Type of Design 선택란에서 'Concrete'로 선택해야 합니다. DB로 제공하는 재질 이외의 재질특성을 입력할 때에는 Standard에서 'None'을 선택합니다.

메인 메뉴에서 *[Properties]탭 > [Material]그룹 >* *Material Properties*

1. Add 버튼 클릭
2. Material ID 입력란에 **'1'** 확인
3. Type of Design 선택란에서 **'Concrete'** 선택
4. Standard 선택란에서 **'KS01-Civil(RC)'** 확인
5. Code 선택란에서 **'KCI-2007'** 확인
6. DB 선택란에서 **'C27'** 선택
7. OK 버튼 클릭

KS-Civil(RC)에서는 CGS단위계, KS01-Civil(RC)에서는 SI단위계를 적용한다.

KCI-2003 vs KCI-2007
KCI-2003의 경우 콘크리트의 압축강도 30MPa를 기준으로 콘크리트의 탄성계수를 구하는 식이 다른 반면, KCI-2007은 콘크리트의 단위질량이 일정 범위 내에 속하는 경우 동일한 식을 적용한다.



| 재질 정의 |

02. 작업환경 설정 및 재질/단면 정의

2. 단면 정의

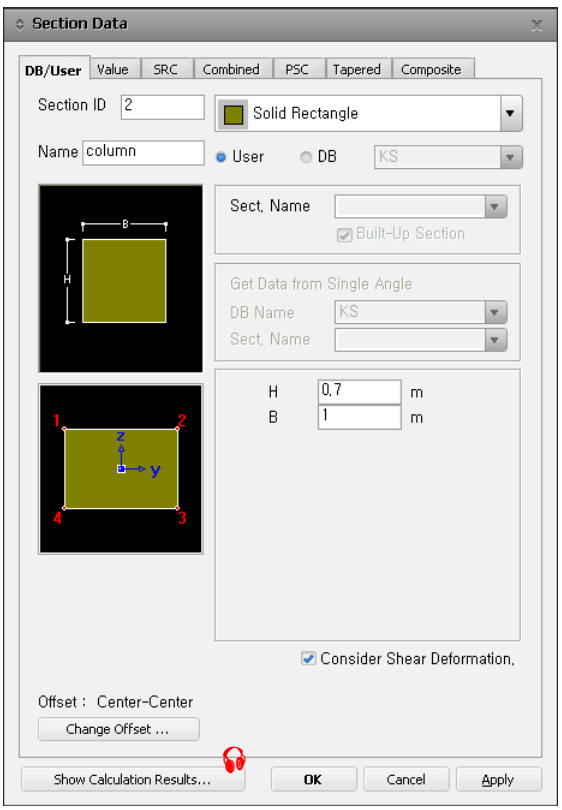
라멘교에 대한 2차원 해석을 수행하므로, 단면의 너비는 단위폭(1m)을 적용합니다.

Beam : Solid Rectangle 0.7m x 1m
Column : Solid Rectangle 0.7m x 1m

메인 메뉴에서 *[Properties]탭 > [Section]그룹 >* *Section Properties*

1. Add 버튼 클릭
2. DB/USER 탭 확인
3. Name 입력란에서 **'Beam'** 입력
4. 단면형태 선택란에서 **'Solid Rectangle'** 선택
5. DB와 User 선택란에서 **'User '** 선택
6. H : **'0.7'** , B : **'1'** 입력
7. Apply 버튼 클릭
9. Name 입력란에서 **'Column'** 입력
10. 단면형태 선택란에서 **'Solid Rectangle'** 선택
11. DB와 User 선택란에서 **'User '** 선택
12. H : **'0.7'** , B : **'1'** 입력
13. OK 버튼 클릭
14. Close 버튼 클릭

보부재에 설계 기능을 사용하기 위해서는 DB/USER 탭에서 제공하는 단면을 적용해야 한다.



| 단면 정의 |

Show Calculation Results 버튼을 클릭하면 해석에 사용하는 단면상수를 확인할 수 있다.

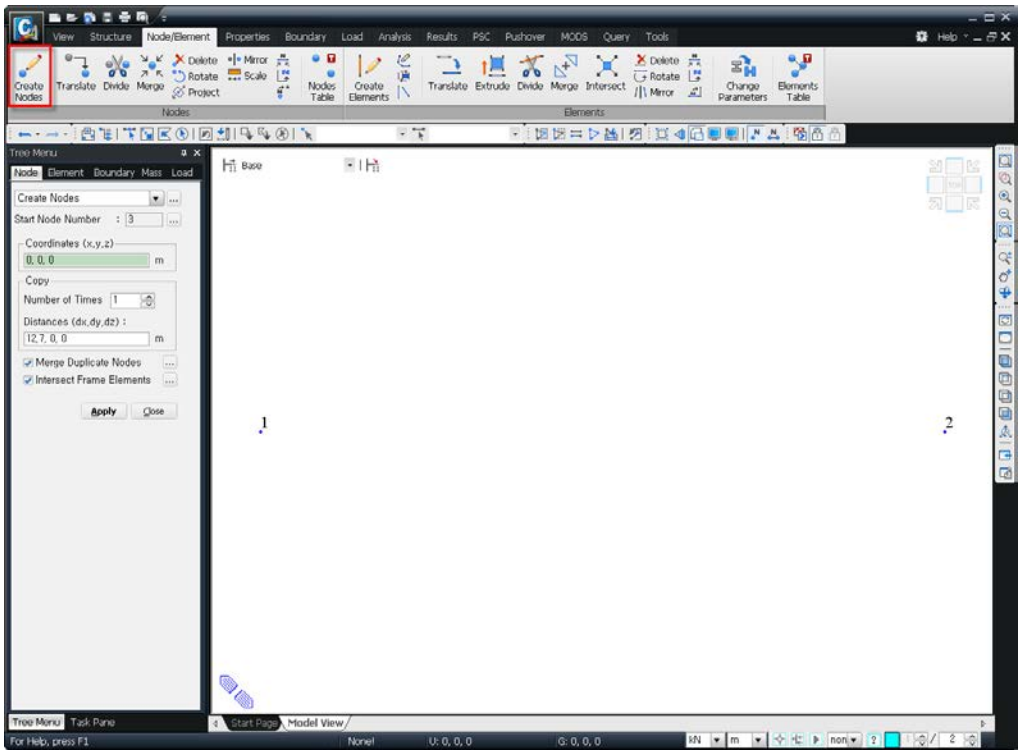
03. 구조 모델링

1. 벽체 모델링

Create Nodes 기능으로 절점을 생성한 후, *Extrude Elements* 기능을 통해 보요소로 확장하여 벽체를 생성합니다.

메인 메뉴에서 *[Node/Element]탭 > [Nodes]그룹 > Create Nodes*

1. **Front View, Auto Fitting , Hidden** 클릭 (Toggle off)
2. **Node Numbers** 클릭(toggle on)
3. Coordinates 입력란에 **'0, 0, 0'** 확인
4. Copy의 Number of Times 입력란에 **'1'**입력
5. Distances 입력란에 **'12.7, 0, 0'** 입력
6. Apply 버튼 클릭

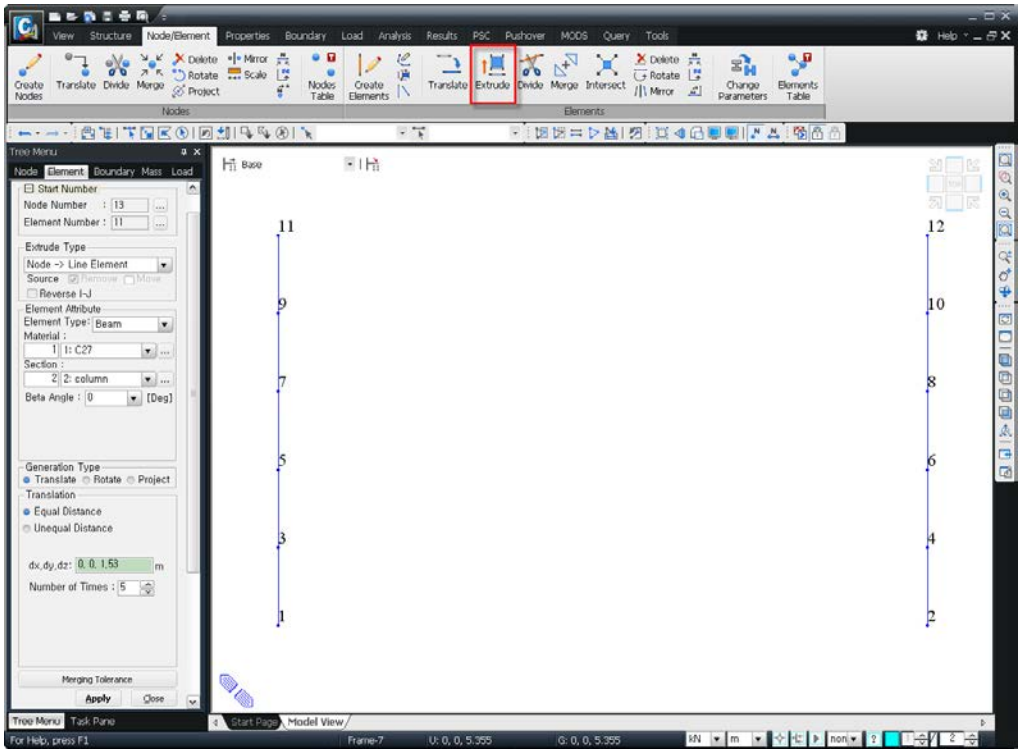


| 벽체 지점 생성 |

03. 구조 모델링

메인 메뉴에서 *[Node/Element]탭 > [Elements]그룹 >* *Extrude Elements*

1. **Select All** 클릭
2. Extrude Type 선택란에 **'Node→Line Element'** 확인
3. Element Attribute의 Element Type 선택란에 **'Beam'** 확인
4. Material 선택란에 **'1 : C27'** 확인
5. Section 선택란에 **'2 : Column'** 선택
6. Generation Type 선택란에서 **'Translate'** 확인
7. Translation 선택란에서 **'Equal Distance'** 확인
8. dx, dy, dz 입력란에 **'0, 0, 1.53'** 입력
9. Number of Times 입력란에 **'5'** 확인
10. Apply 버튼 클릭



| 벽체 모델링 |

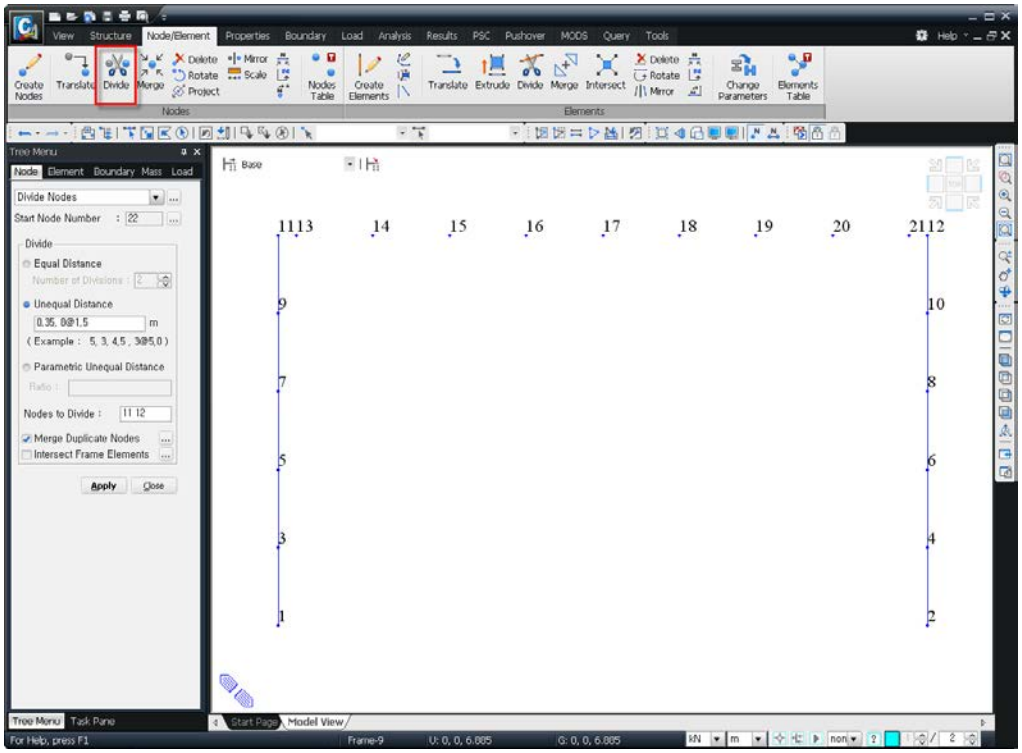
03. 구조 모델링

2. 슬래브 모델링

라멘 구조물의 슬래브 부분은 11번, 12번 절점 사이에 *Divide Nodes* 기능으로 절점을 생성하고, *Create Elements* 기능으로 11번, 12번 절점을 연결하는 요소를 생성합니다.

메인 메뉴에서 *[Node/Element]탭 > [Nodes]그룹 > Divide Nodes*

1. Unequal Distance 입력란에 **'0.35, 8@1.5'** 입력
2. Nodes to Divide 입력란에 **'11, 12'** 입력
3. Apply 버튼 클릭



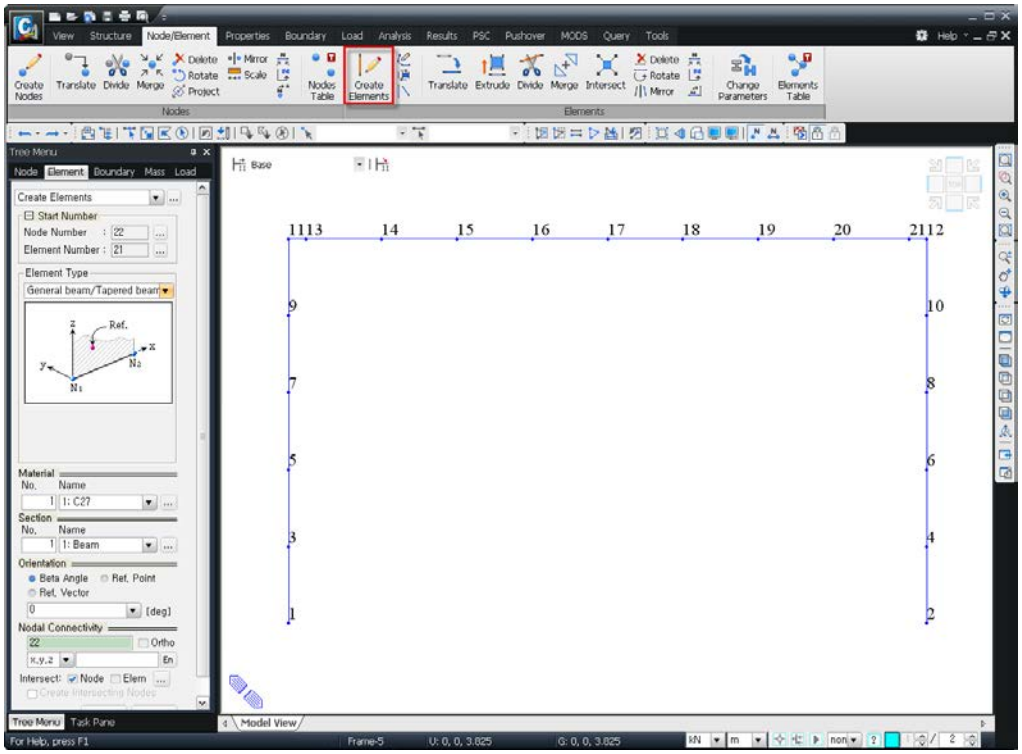
| 슬래브 지점 생성 |

03. 구조 모델링

Intersect Node가 선택되면, 요소상에 기존의 절점이 있는 경우, 해당 절점위치에서 요소가 분할 생성된다

메인 메뉴에서 *[Node/Element]탭 > [Elements]그룹 >* *Create Elements*

1. Material 선택란에서 **'1 : C27'** 확인
2. Section 선택란에서 **'Beam'** 확인
3. Intersect 선택란에서 **'Node'**에 Check on 확인
4. Nodal Connectivity 입력란을 한 번 클릭하여 녹색으로 반전시킨 후, **11번, 12번** 절점을 차례로 선택



| 슬래브 모델링 |

03. 구조 모델링

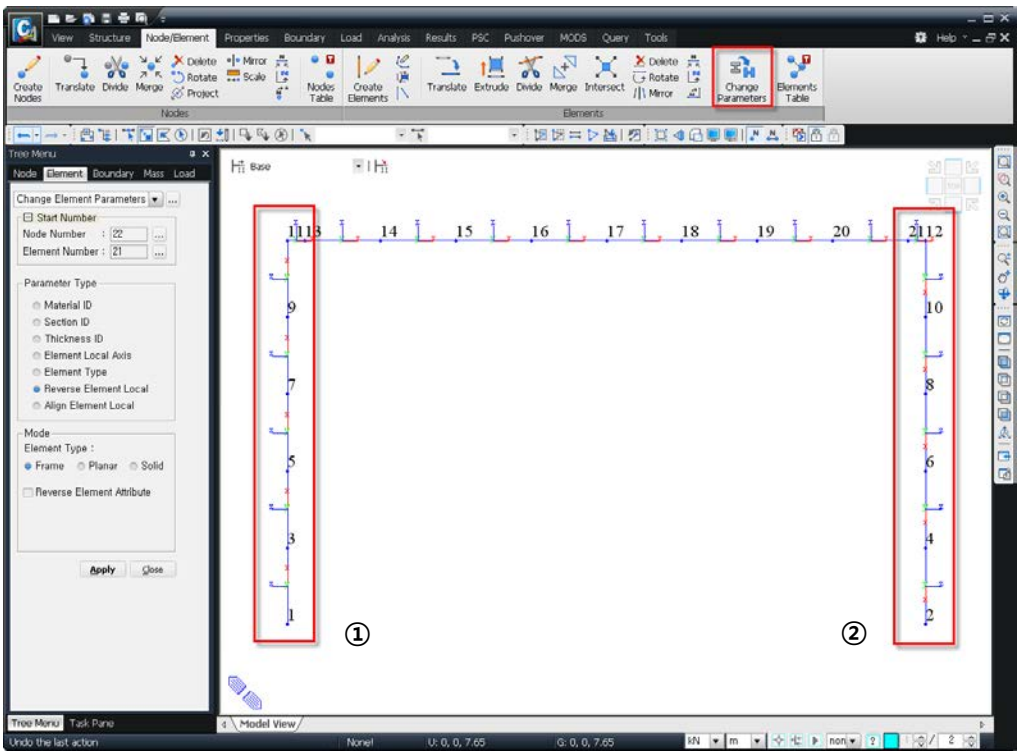
3. 요소 좌표계 수정

보요소로 이루어진 라멘 구조물의 기하형상 입력이 완료되면, 라멘 구조물의 요소 좌표계를 정렬합니다. 요소 좌표계를 기준으로 해석결과가 출력되기 때문에 통일성 있는 해석결과를 구하기 위해 모든 요소의 요소좌표계를 정렬합니다.

메인 메뉴에서

[Node/Element]탭 > [Elements]그룹 > Change Element Parameters

1. **Display** 클릭
2. Element 탭에서 **'Local Axis'**에 Check on
3. OK 버튼 클릭
4. Parameter Type 선택란에서 **'Element Local Axis'** 선택
5. Mode의 Assign 선택란에서 **'Beta Angle'** 확인
6. Beta Angle 입력란에 **'180'** 입력
7. **Select by Window**를 이용하여 Elements(아래 그림의 ①부분) 선택
8. Apply 버튼 클릭
9. Parameter Type 선택란에서 **'Reverse Element Local'** 선택
10. Element Type 선택란에 **'Frame'** 확인
11. **Select by Window**를 이용하여 Elements(아래 그림의 ②부분) 선택
12. Apply 버튼 클릭



| 요소 좌표계 수정 |

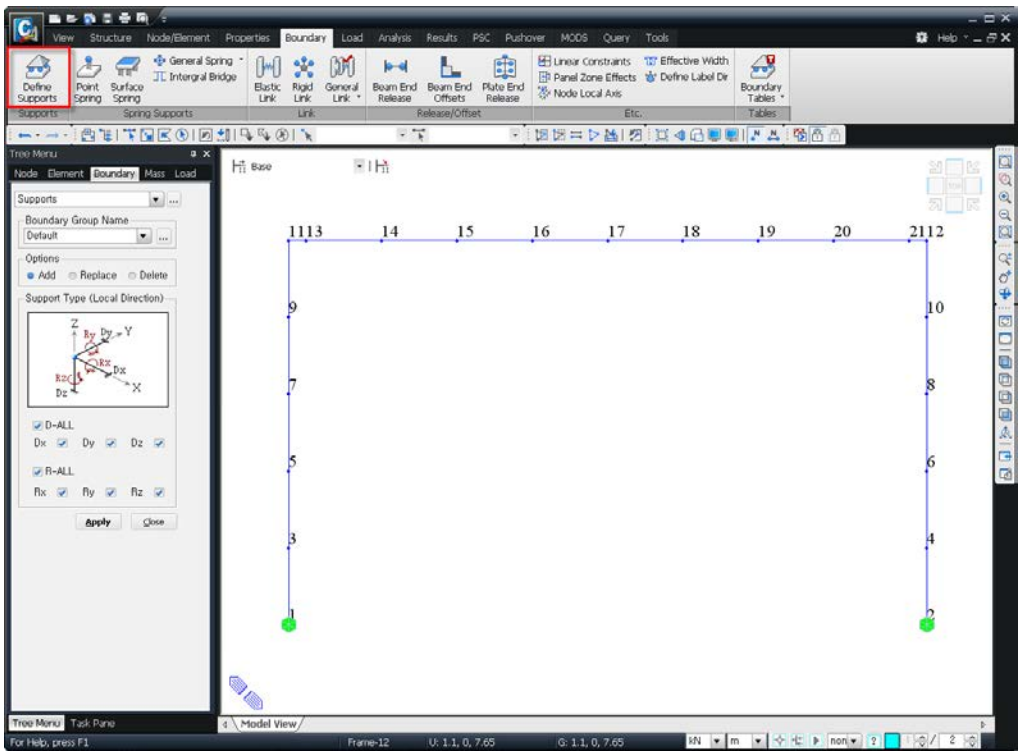
04. 경계조건 입력

1. 지점조건 입력

본 예제의 라멘 구조물은 직접기초를 적용한 경우로 기초상면을 고정단으로 간주합니다.

메인 메뉴에서 *[Boundary]탭 > [Supports]그룹 >* *Define Supports*

1. **Display** 클릭
2. Element 탭에서 **'Local Axis'**에 Check on
3. OK 버튼 클릭
4. **Select Single**을 이용하여 Node **1, 2** 선택
5. Option 선택란에서 **'Add'** 확인
6. Support Type 선택란에서 **'D-ALL'**, **'R-ALL'**에 Check on
5. Apply 버튼 클릭



| 지점조건 입력 |

04. 경계조건 입력

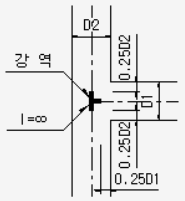
2. 강역 설정

라멘 구조물의 기둥과 보의 절점부에 있는 900 x 300(mm)의 헌치를 고려하여 강역을 입력합니다. 강역의 계산은 도로교 설계기준을 따릅니다.

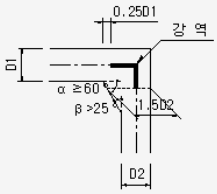
(가) 부재 단부가 다른 부재와 접합할 때는 그 부재단에서 부재두께의 1/4 안쪽점에서부터 절점 까지로 한다.
(나) 부재가 그 축선에 대해 25˚ 이상 경사진 헌치를 갖는 경우에는 부재두께가 1.5배가 되는 점에서부터 절점까지로 한다. 다만, 헌치의 경사가 60˚ 이상의 경우는 헌치의 시점에서 부재두께의 1/4 안쪽점에서부터 절점까지로 한다.

도로교 설계기준을 적용하여 절점부의 기둥 부분은 0.475m, 보 부분은 0.175m 만큼의 강역을 입력합니다.

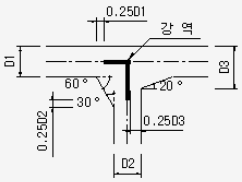
다음은 도로교 설계기준의 강역 산정 방법



(가)등단면의 경우



(나)변단면의 경우(1)



(다)변단면의 경우(2)

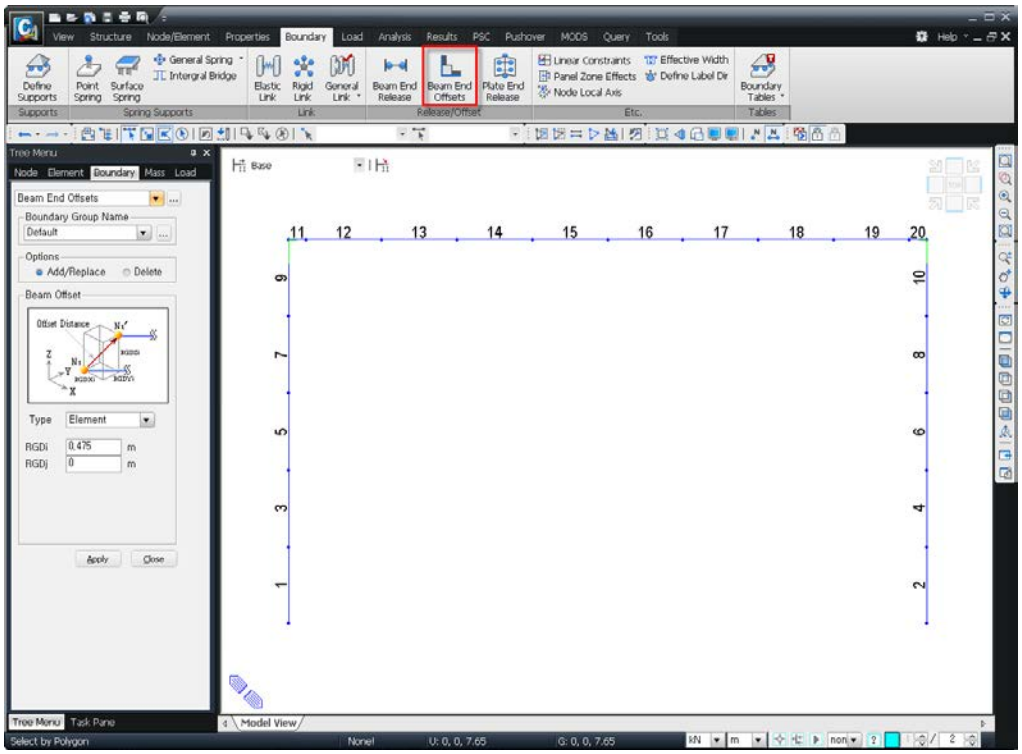
RGDi는 i 단부에서 요소좌표계 (+) x축 방향의 이격거리, RGDj는 j 단부에서 요소좌표계 (-) x축 방향의 이격거리를 나타낸다.

Element 방식은 offset 거리를 제외한 요소길이가 강성계산에 반영되고, 자중과 하중은 offset을 입력한 부분에도 입력된다.

메인 메뉴에서 *[Boundary]탭 > [Release/Offset]그룹 >* *Beam End Offsets*

1. **Element Number** 클릭 (Toggle on), **Node Number** 클릭 (Toggle off)
2. Options 선택란에 **'Add/Replace'** 확인
3. Beam Offset의 Type 선택란에 **'Element'** 확인
4. **Select Single**을 이용하여 요소 '**9**' 선택
5. RGDj 입력란에 **'0'** 입력
5. RGDj 입력란에 **'0.475'** 입력
6. Apply 버튼 클릭
7. 위와 같은 과정을 반복하여
   요소 '**11'의** RGDi **'0.175'** , RGDj **'0'**
   요소 **'20'의** RGDi **'0'** , RGDj **'0.175'**
   요소 '**10'**의 RGDi **'0.475'** , RGDj **'0'** 입력

04. 경계조건 입력



| 강역 설정 |

05. 자중 입력

하중을 입력하기 전에 먼저 하중 조건을 설정합니다.

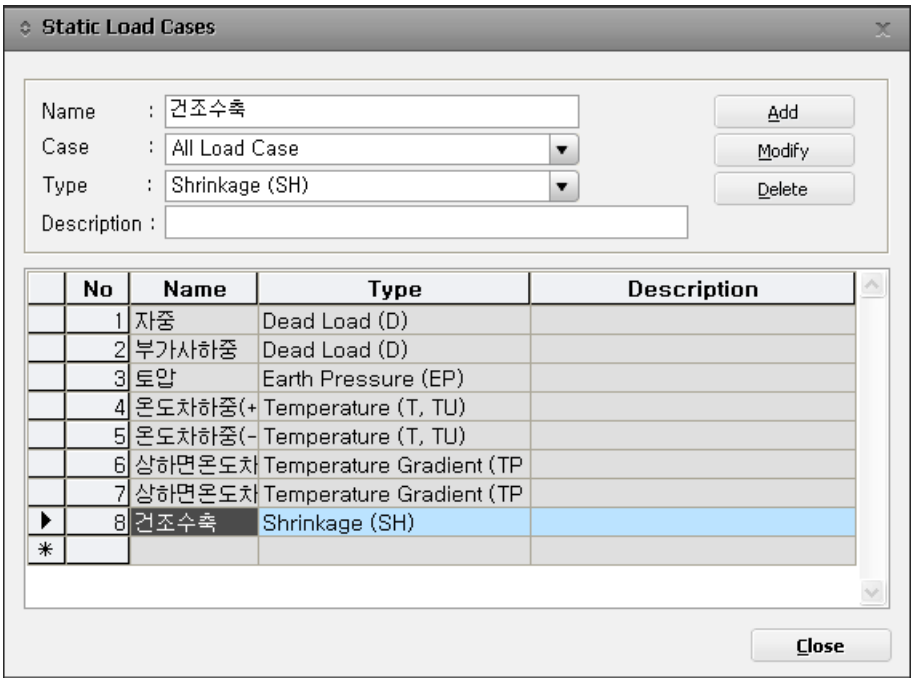
하중 조건 1 : 자중(Self Weight)
하중 조건 2 : 부가사하중(Element Beam Loads)
하중 조건 3 : 토압(Line Beam Loads)
하중 조건 4 : 온도차하중(+)(Element Temperatures)
하중 조건 5 : 온도차하중(-)(Element Temperatures)
하중 조건 6 : 상하면온도차(+)(Temperature Gradient)
하중 조건 7 : 상하면온도차(-)(Temperature Gradient)
하중 조건 8 : 건조수축(Element Temperatures)

메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Create Load Cases]그룹 >* *Static Load Cases*

1. Name 입력란에 **'자중'** 입력
2. Type 선택란에 **'Dead Load (D)'** 선택
3. Add 버튼 클릭
5. 위와 같은 방법으로 나머지 하중 조건 입력

   Name (부가사하중) : Type>Dead Load (D)
   Name (토압) : Type>Earth Pressure (EP)
   Name (온도차하중(+)) : Type>Temperature (T, TU)
   Name (온도차하중(-)) : Type>Temperature (T, TU)
   Name (상하면온도차(+)) : Type>Temperature Gradient (TPG, TG)
   Name (상하면온도차(-)) : Type>Temperature Gradient (TPG, TG)
   Name (건조수축) : Type>Shrinkage (SH)
6. Close 버튼 클릭

Type은 하중조합시 설계기준에 따른 자동하중조합 기능을 사용하기 위해 입력한다.



| 하중조건 설정 |

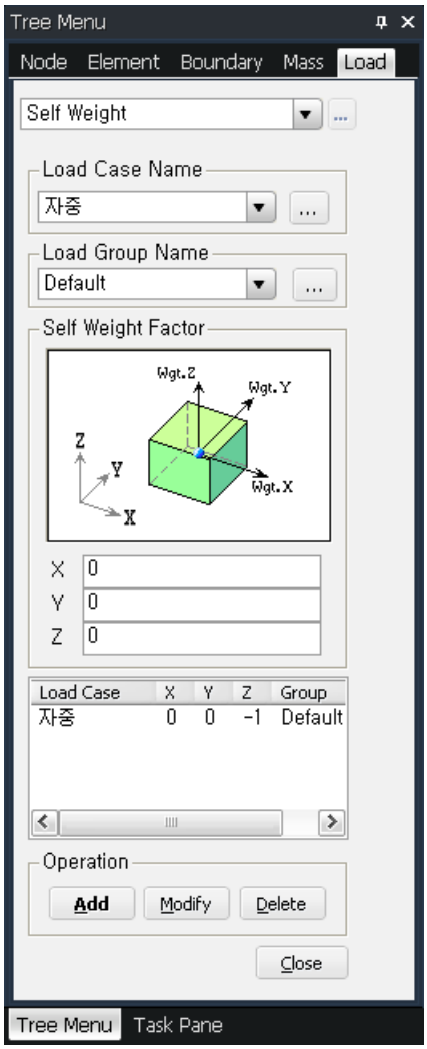
05. 자중 입력

Self Weight 기능으로 구조물의 자중을 입력합니다. *Self Weight*는 모델링시 사용된 단위 중량(*Material* 에서 입력한 Weight Density)과 체적을 곱하여 자동으로 자중이 입력되는 기능입니다. 그리고 모델링 된 구조물 전체에 대해 입력되기 때문에 별도로 요소를 선택해 줄 필요가 없습니다.

메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Structure Loads/Masses]그룹 >* *Self Weight*

1. Load Case Name 선택란에 **'자중'** 확인
2. Self Weight Factor의 Z 입력란에 **'-1'** 입력
3. Operation의 Add 버튼 클릭

자중의 크기는 프로그램에서 자동으로 계산하므로 재하 방향과 가중치만 입력한다.



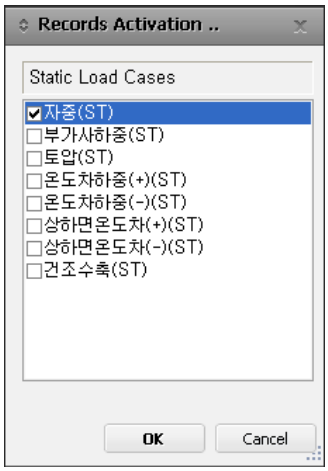
| 자중 입력 |

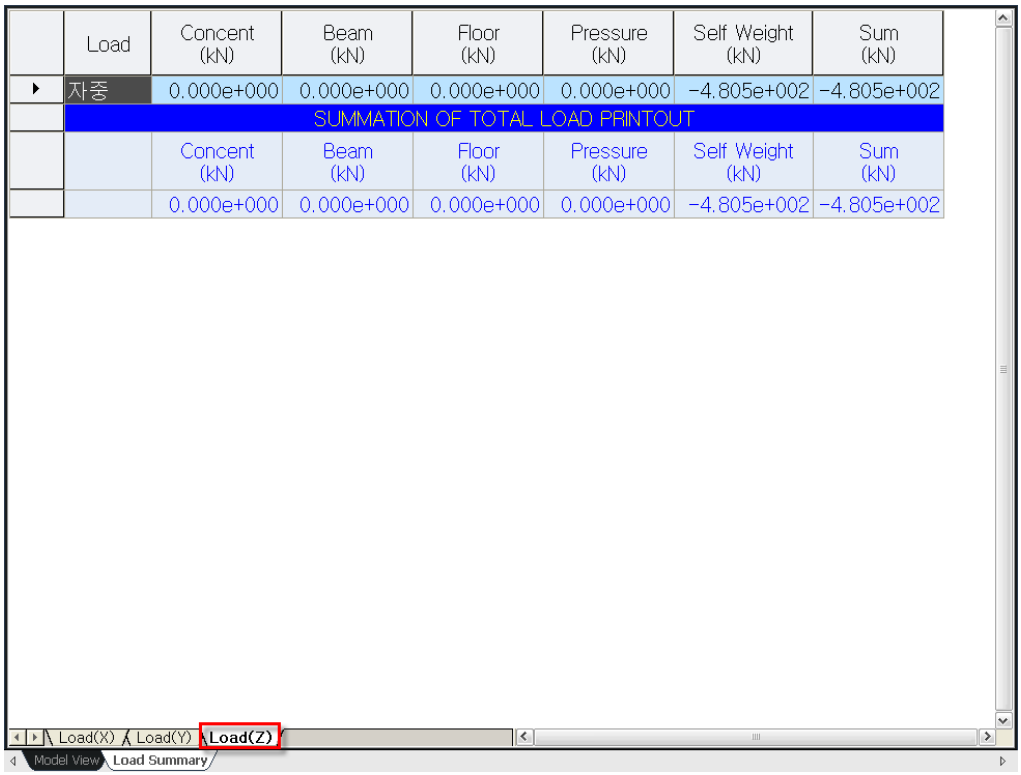
05. 자중 입력

입력한 자중의 크기를 확인하는 방법은 다음과 같습니다.

메인 메뉴에서 *[Query]탭 > [Mass/Load Table]그룹 >* *Load Summary Table*

1. Records Activation.. 대화상자에서 **'자중(ST)'** 선택
2. OK 버튼 클릭
3. Table 하단의 탭 중에서 **'Load(Z)'** 클릭





Load	Concent (kN)	Beam (kN)	Floor (kN)	Pressure (kN)	Self Weight (kN)	Sum (kN)
자중	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	-4.805e+002	-4.805e+002
SUMMATION OF TOTAL LOAD PRINTOUT						
	Concent (kN)	Beam (kN)	Floor (kN)	Pressure (kN)	Self Weight (kN)	Sum (kN)
	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	-4.805e+002	-4.805e+002

| Load Summary Table |

06. 부가사하중 입력

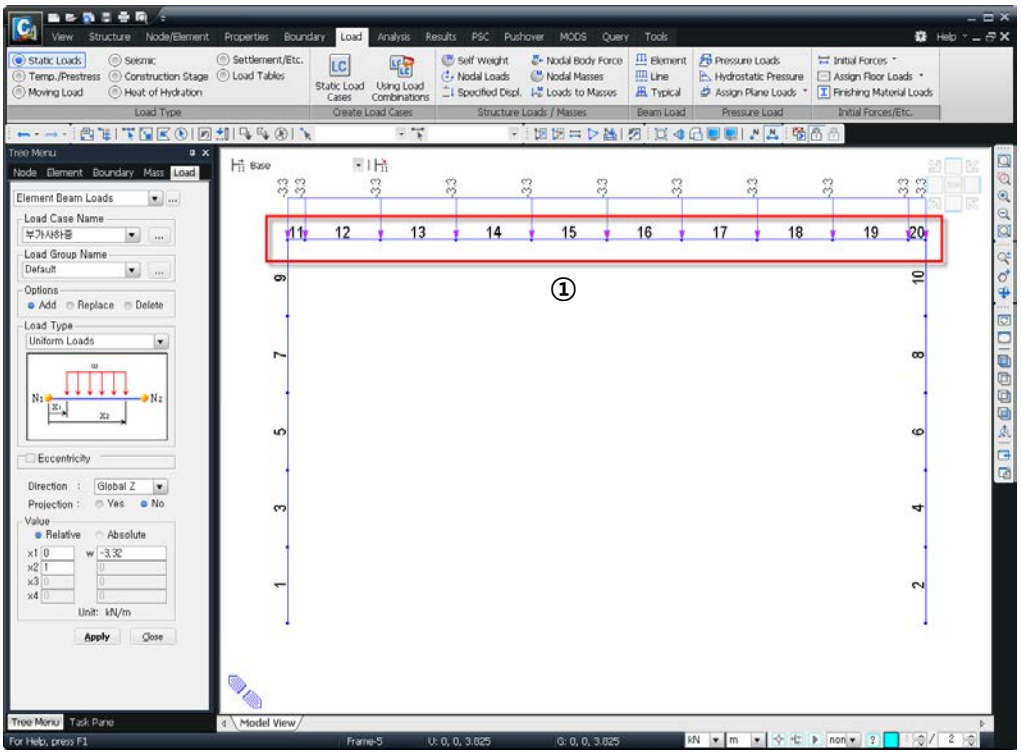
방호벽, ASCON, 헌치의 하중을 다음과 같은 등분포하중으로 입력합니다.

방호벽 + ASCON + 헌치 = 0.95 + 1.84 + 0.53 = 3.32KN/m

메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Beam Load]그룹 >* *Element*

1. Load Case 선택란에 **'부가사하중'** 확인
2. Options 선택란에 **'Add'** 확인
3. Load Type 선택란에 **'Uniform Loads'** 확인
4. Direction 선택란에 **'Global Z'** 확인
5. Projection 선택란에 **'No'** 확인
6. Value 선택란에 **'Relative'**확인
7. x1, x2 입력란에 **'0, 1'** 확인, w 입력란에 **'-3.32'** 입력
8. **Select by Window** 를 이용하여 Elements(다음 그림의 ①부분) 선택
9. Apply 버튼 클릭

Relative : 보하중의 재하위치를 보요소 전체길이에 대한 상대비율로 입력할 경우 지정
Absolute : 보하중의 재하위치를 실제 길이로 입력할 경우 지정



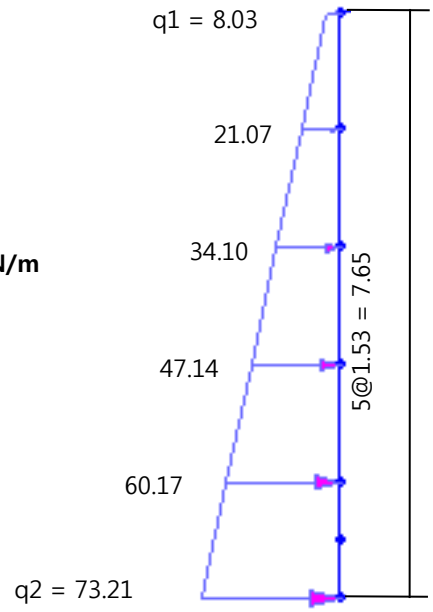
| 부가사하중 입력 |

07. 토압 입력

라멘 구조물의 벽체에 작용하는 토압을 입력합니다. 본 예제에서 라멘 구조물에 작용하는 토압은 다음과 같습니다.

토사의 단위중량 : γ= 20kN/m³,
내부마찰각 : Φ = 35˚
정지토압계수 : K_s = 1 - sin Φ = 0.426

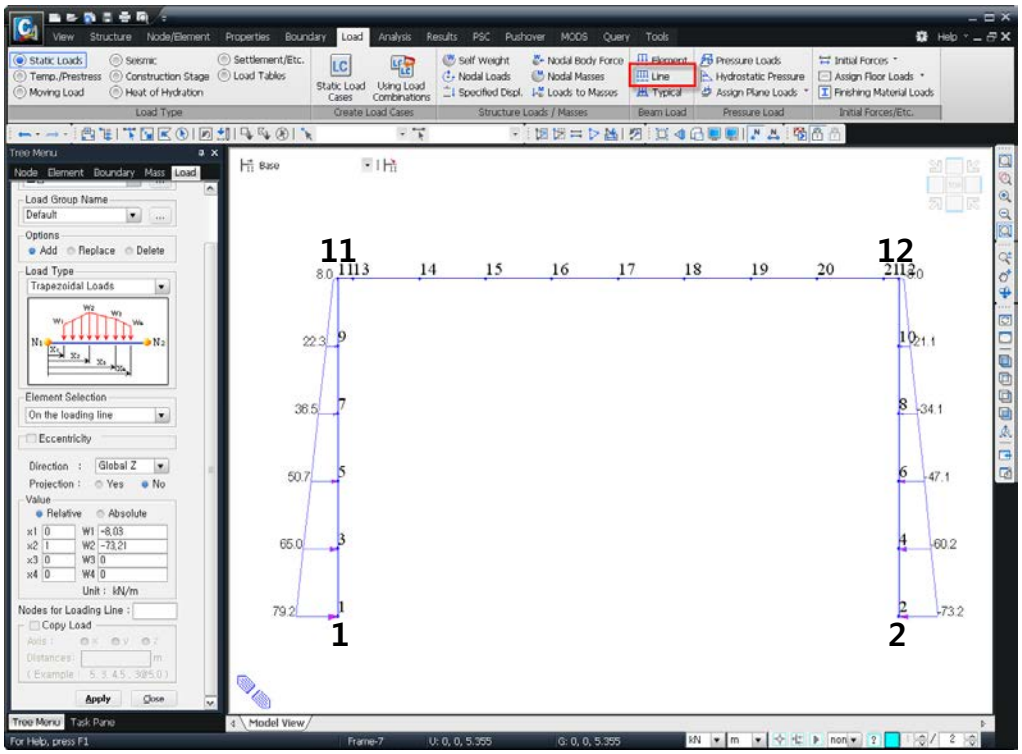
q1 = 8.03kN/m
q2 = 8.03 + 0.426 x 20 x 7.65 = 73.21kN/m



메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Beam Load]그룹 >* *Line*

1. **Node Numbers** 클릭 (Toggle on), **Element Numbers** 클릭 (Toggle off)
2. Load Case Name 선택란에 **'토압'** 선택
3. Options 선택란에 **'Add'** 확인
4. Load Type 선택란에 **'Trapezoidal Loads'** 선택
5. Direction 선택란에 **'Global X'** 선택
6. Projection 선택란에 **'No'** 확인
7. Value 선택란에 **'Relative'** 확인
8. x1, x2 입력란에 **'0, 1'** 입력, W1, W2 입력란에 **'8.03, 73.21'** 입력 ◻
9. Nodes for Loading Line 입력란을 한 번 클릭하여 녹색으로 반전한 상태에서 절점 '**11, 1**' 을 차례로 선택
10. W1, W2 입력란에 **'-8.03, -73.21'** 입력
11. 10번과 같은 방법으로 절점 '**12, 2**'를 차례로 선택

07. 토압 입력


Load
Static Loads
Temp./Prestress
Moving Load
Seismic
Construction Stage
Heat of Hydration
Settlement/Etc.
Load Tables
Static Load Cases
Using Load Combinations
Self Weight
Nodal Loads
Specified Displ.
Nodal Body Force
Nodal Masses
Loads to Masses
Element
Line
Typical
Pressure Loads
Hydrostatic Pressure
Assign Plane Loads
Initial Forces
Assign Floor Loads
Finishing Material Loads
Load Type
Create Load Cases
Structure Loads / Masses
Beam Load
Pressure Load
Initial Forces/Etc.
Tree Menu
Load Group Name
Default
Options
Add
Replace
Delete
Load Type
Trapezoidal Loads
Element Selection
On the loading line
Eccentricity
Direction : Global Z
Projection : Yes No
Value
Relative
Absolute
Unit : kN/m
Nodes for Loading Line :
Copy Load
Apply
Close
Base
11
12
1
2
Model View

| 토압 입력 |

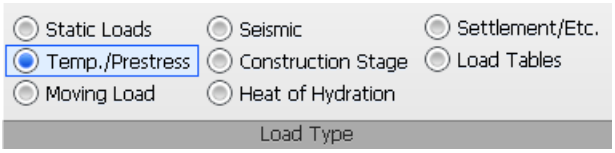
08. 온도차하중 입력

온도하중을 입력합니다. 온도차하중은 다음과 같은 열변형율과 그에 따른 부재내력을 발생시킵니다.

$$\varepsilon = \alpha (T_2 - T_1)$$

여기서, α = 선팽창계수 (Material에서 입력)
T_1 = 구조물의 초기온도
T_2 = 구조물의 최종온도

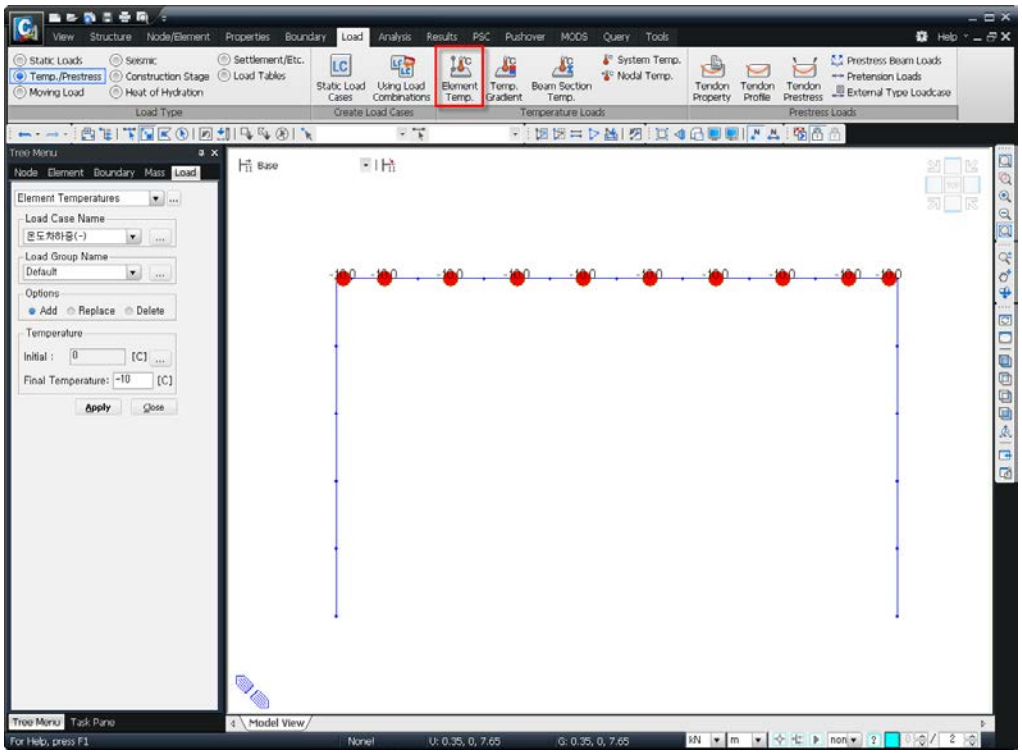
메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Load Type]그룹 > Temp./Prestress*



메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Temperature Loads]그룹 >* *Element Temp.*

1. **Node Numbers** 클릭 (Toggle off)
2. Load Case Name 선택란에 **'온도차하중(+)'** 선택
3. Options 선택란에 **'Add'** 확인
4. Final Temperature 입력란에 **'10'** 입력
5. **Select by Window**를 이용하여 구조물의 슬래브 부분 선택
6. Apply 버튼 클릭
7. **Select Previous** 클릭
8. Load Case Name 선택란에 **'온도차하중(-)'** 선택
9. Final Temperature 입력란에 **'-10'** 입력 □
10. Apply 버튼 클릭□

08. 온도차하중 입력



| 온도차하중 입력 |

09. 상하면온도차 입력

바닥판과 기타 부분 사이에 발생하는 5˚C의 온도차이를 온도구배하중으로 입력합니다.

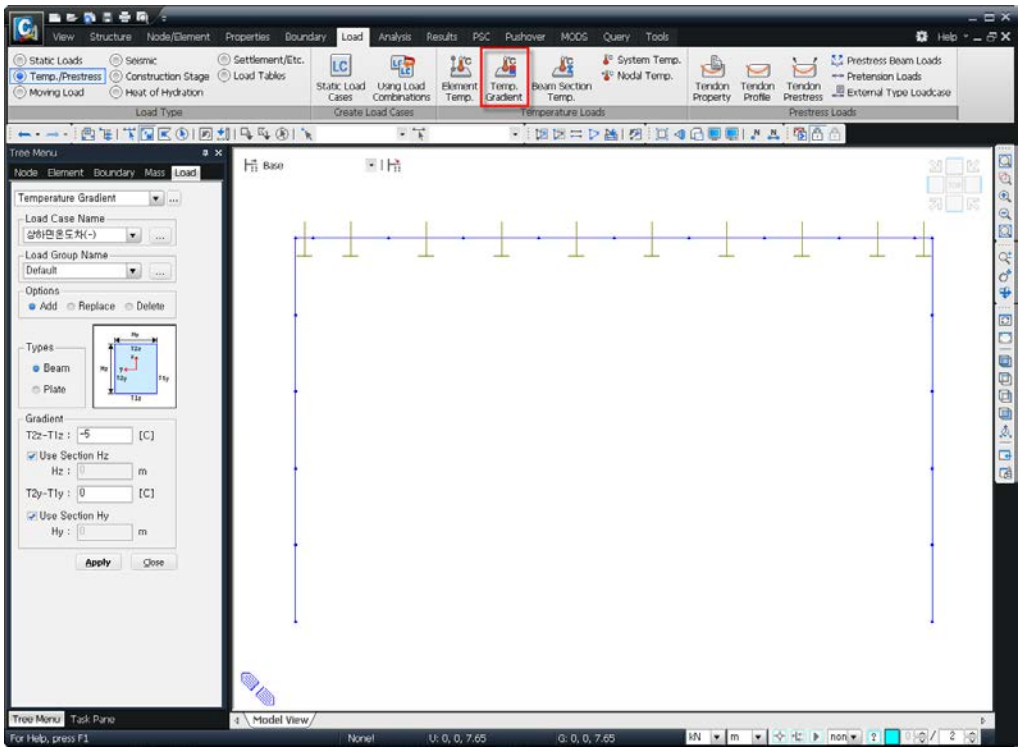
온도구배하중은 휨을 고려할 수 있는 보요소와 판요소에만 입력할 수 있으며, 다음과 같은 등가모멘트를 발생시킵니다.

$$M = \alpha \cdot EI\,\Delta T/h$$

여기서, α = 선팽창계수
E = 탄성계수
I = 해당축에 대한 단면 2차 모멘트
ΔT = 최외곽부에서의 온도차
h = 최외곽부까지의 거리

메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Temperature Loads]그룹 >* *Temp. Gradient*

1. **Select by Window**를 이용하여 구조물의 슬래브 부분 선택
2. Load Case Name 선택란에서 **'상하면온도차(+)'** 선택
3. Options 선택란에서 **'Add'** 확인
4. Types 선택란에서 **'Beam'** 확인
5. Gradient의 T2z-T1z 입력란에 **'5'** 입력
6. Apply 버튼 클릭
7. **Select Previous** 클릭
8. Load Case Name 선택란에서 **'상하면온도차(-)'** 선택
9. Gradient의 T2z-T1z 입력란에 **'-5'** 입력
10. Apply 버튼 클릭



| 상하면온도차 입력 |

10. 건조수축 입력

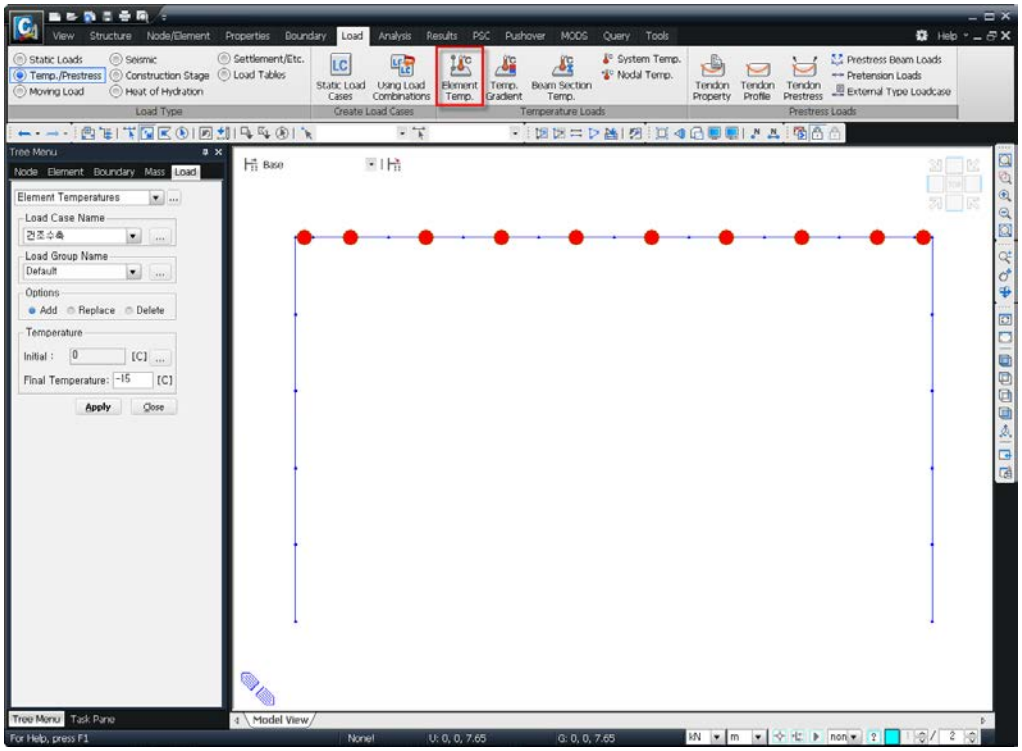
구조물에 발생하는 건조수축을 -15˚C의 온도하중으로 변환하여 입력합니다.

건조 수축률 : $\varepsilon = 15 \times 10^{-5}$
온도 선팽창성 지수 : $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$

$\Delta T = \varepsilon/\alpha = 15^{\circ}C$

메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Temperature Loads]그룹 >* *Element Temp.*

1. **Select by Window**를 이용하여 구조물의 슬래브 부분 선택
2. Load Case Name 선택란에서 **'건조수축'** 선택
3. Options 선택란에서 **'Add'** 확인
4. Final Temperature 입력란에 **'-15'** 입력
5. Apply 버튼 클릭



| 건조수축 입력 |

11. 이동하중 입력

본 예제에서 이동하중을 재하하기 위해 입력해야 할 사항은 다음과 같습니다.

1. **이동하중코드 선택 : Define Moving Load Code**
2. **차선 정의 : Traffic Line Lanes**
3. **차량하중 정의 : Vehicles**
4. **이동하중조건 정의 : Moving Load Cases**

Define Moving Load Code

이동하중은 국가별로 하중을 정의하는 방법이 상이합니다. 설계코드를 선택하면 해당 설계 코드에서 제시하는 방법에 따라 하중을 재하할 수 있도록 필요한 메뉴만 활성화 됩니다.

Traffic Line Lane

차량하중이 재하 될 위치인 차선을 정의합니다. 2차원 해석이므로 편심을 고려하지 않습니다.

- 충격계수 $i = \frac{15}{40+L} = \frac{15}{40+12.7} = 0.285$

Vehicles

차량하중을 정의합니다.

본 예제의 라멘 구조물은 1등교이므로 DB-24와 DL-24하중을 재하하며, 2차원 해석에서는 아래와 같은 방법으로 활하중의 크기를 산정합니다.

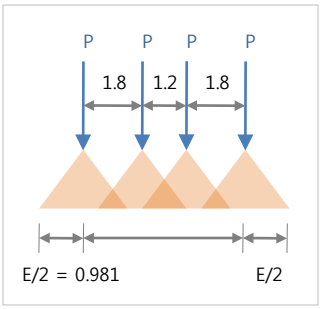
- 설계 유효 지간장 : 12.7m
- 유효폭 산정 : 1.962m ($E = 12 + 0.06L = 12 + (0.06 \times 12.7) = 1.962m$)
- 설계 차선수 : 5차선 (16.4 < Wc < 20.1)
- 차선 수에 따른 활하중 산정

▫ DB-24 하중

1) 2차선 재하시

$$P_r = \frac{4P(1+i)}{L} = \frac{4 \times 96 \times 1.285}{(2 \times 0.981) + (2 \times 1.8) + 1.2} = 72.97kN$$

$$P_f = \frac{4P(1+i)}{L} = \frac{4 \times 24 \times 1.285}{(2 \times 0.981) + (2 \times 1.8) + 1.2} = 18.24kN$$



| 2차선 재하시 |

2) 3차선 재하시 : P_r = 68.24kN , P_f = 17.06kN

3) 4차선 재하시 : P_r = 58.00kN , P_f = 14.5kN

4) 5차선 재하시 : P_r = 59.92kN , P_f = 14.67kN

∴ 가장 불리한 2차선 적용

▫ DL-24 하중

1) 등분포 하중 : $W_L = \frac{W(1+i)}{\text{점유폭}} = \frac{(12.7kN/m) \times (1+0.285)}{3m} = 5.44kN/m$

2) 모멘트 계산시 : $P_m = \frac{W(1+i)}{\text{점유폭}} = \frac{108 \times (1+0.285)}{3} = 46.26kN$

3) 전단력 계산시 : $P_s = \frac{W(1+i)}{\text{점유폭}} = \frac{156 \times (1+0.285)}{3} = 66.82kN$

Moving Load Cases

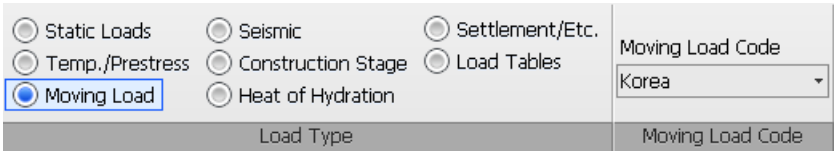
입력된 차량하중 또는 차량하중그룹과 차선을 사용하여 이동하중 조건을 입력합니다.

11. 이동하중 입력

1. 이동하중코드 선택

이동하중코드를 선택하면, 해당 코드에 필요한 입력항목과 차량DB 등이 활성화 됩니다.

메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Load Type]그룹 > Temp./Prestress*



메인 메뉴에서 *Load > Moving Load Code> Moving Load Code*

1. Moving Load Code 선택란에서 **'Korea'** 선택

2. 차선 정의

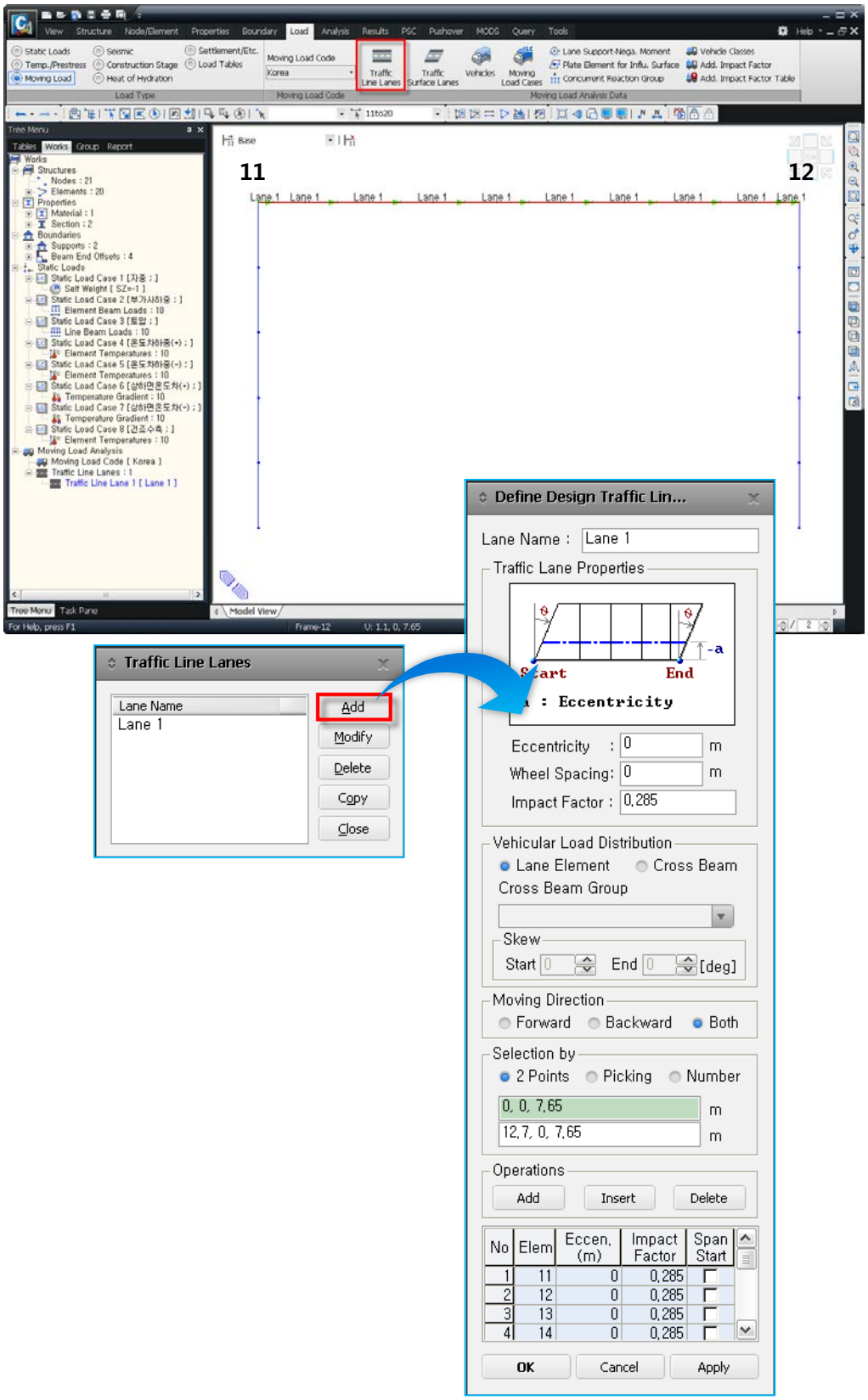
본 예제의 구조물은 2D 라멘교이므로 한 개의 차선만을 정의합니다.

메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Moving Load Analysis Data]그룹 > Traffic Line Lanes*

1. **Node Numbers** 클릭 (Toggle on)
2. Add 버튼 클릭
3. Lane Name 입력란에 **'Lane 1'** 입력
4. Eccentricity 입력란에 **'0'** 확인
5. Wheel Spacing에 **'0'** 입력
6. Impact Factor 입력란에 **'0.285'** 입력
7. Vehicle Load Distribution 선택란에서 **'Lane Element'** 선택
8. Moving Direction 선택란에서 **'Both'** 선택
9. Selection by 선택란에서 **'2 Points'** 선택 후, 첫번째 칸을 클릭하여 녹색으로 반전된 상태에서 Model View상의 절점 '**11, 12**' 선택
10. OK 버튼 클릭

Both를 선택하면 차선의 시점에서 종점, 종점에서 시점으로의 양방향 이동을 고려한다.

11. 이동하중 입력



| 이동하중조건 입력 |

11. 이동하중 입력

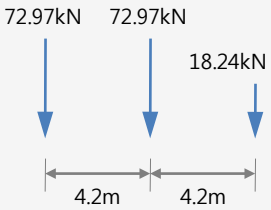
3. 차량하중 정의

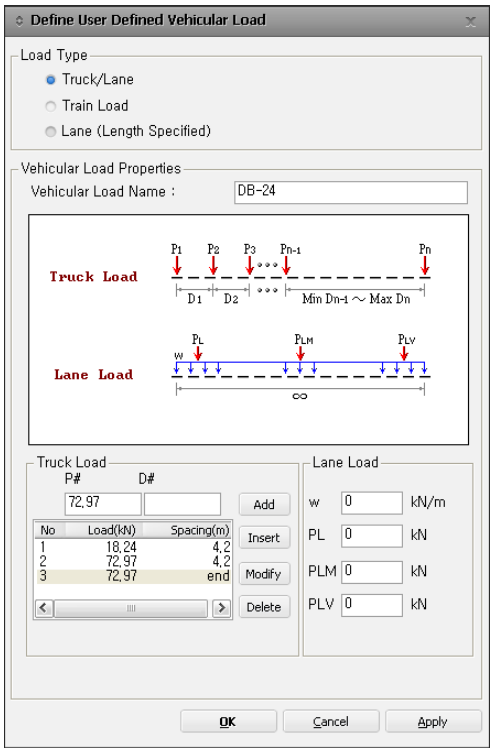
재하 할 차량하중(DB-24, DL-24)을 입력합니다.

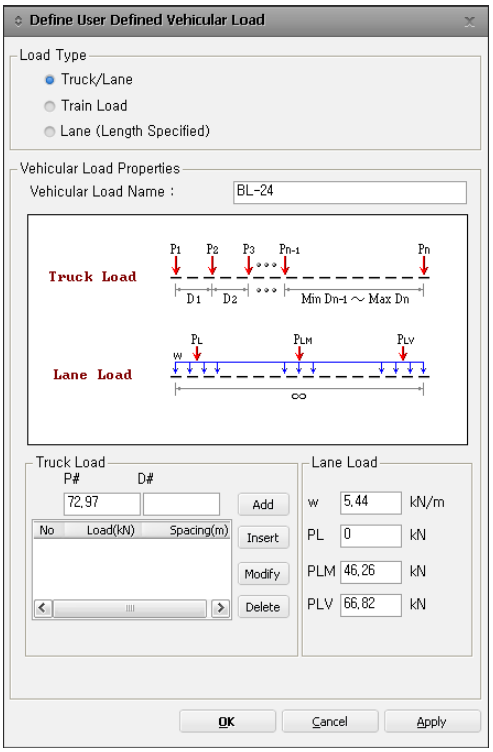
메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Moving Load Analysis Data]그룹 >* *Vehicles*

1. Add User Defined 버튼 클릭
2. Load Type 선택란에서 **'Truck/Lane'** 선택
3. Vehicular Load Properties의 Vehicular Load Name 입력란에 **'DB-24'** 입력
4. Truck Load의 P#, D# 입력란에 각각 **'18.24, 4.2'** 입력 후 Add 버튼 클릭
5. P#, D# 입력란에 각각 **'72.97, 4.2'** 입력 후 Add 버튼 클릭
6. P# 입력란에 **'72.97'** 입력 후 Add 버튼 클릭
7. Apply 버튼 클릭
8. Vehicular Load Properties의 Vehicular Load Name 입력란에 **'DL-24'** 입력
9. Truck Load의 No. 1, 2, 3을 각각 체크하고 Delete 버튼 클릭
10. Lane Load의 w, PL, PLM, PLV 입력란에 각각 **'5.44, 0, 46.26, 66.82'** 입력
11. OK 버튼 클릭
12. Close 버튼 클릭

2차선 재하시 DB-24 하중의 크기







| 차량하중 정의 |

11. 이동하중 입력

4. 이동하중조건 정의

DB-24 하중과 DL-24 하중에 대해 각각의 이동하중조건을 정의합니다.

이동하중조건을 입력할 때 Min. Number of Loaded Lanes와 Max. Number of Loaded Lanes는 해당 차량하중그룹이 재하되는 최소/최대 차선수를 의미하는데, 본 예제는 2D 라멘교이므로 최소/최대 차선수에 모두 1을 입력하도록 합니다.

Independent를 선택하면 DB-24와 DL-24 하중을 각각 독립적으로 재하하여 해석한 후 가장 불리한 결과를 출력한다.

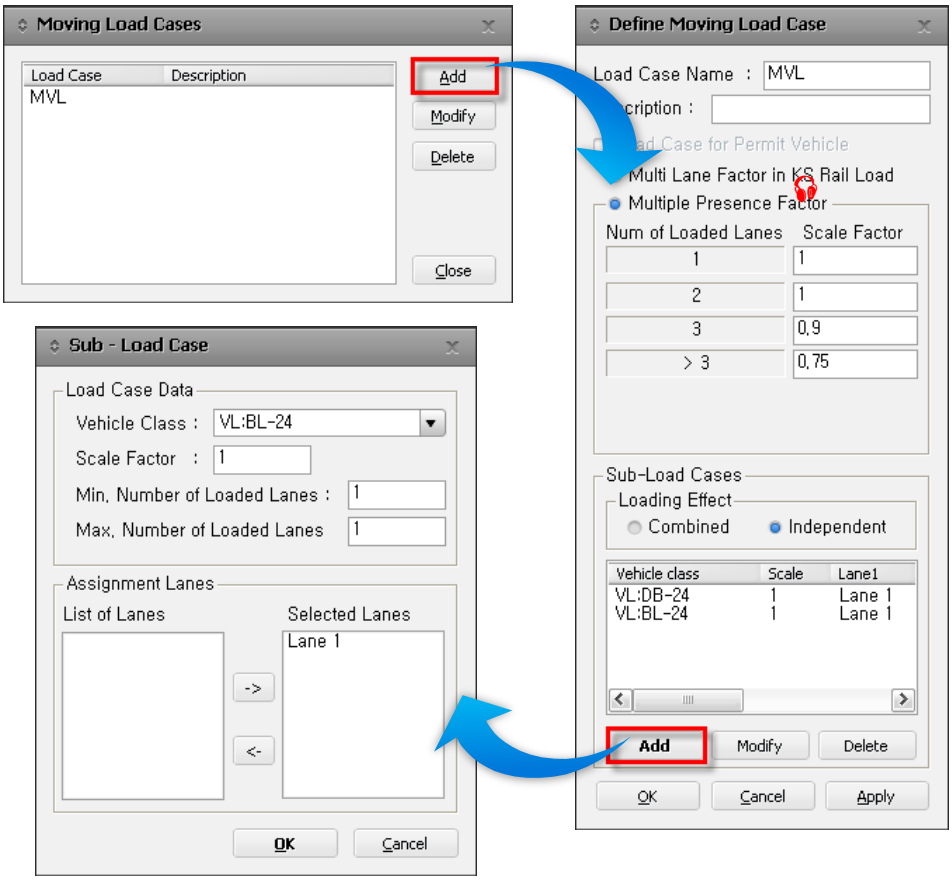
Combined와 Independent 옵션에 대한 자세한 내용은 Online Manual 참조

메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Moving Load Analysis Data]그룹 > Moving Load Cases*

1. Add 버튼 클릭
2. Load Case Name 입력란에 **'MVL'** 입력
3. Sub-Load Cases란의 Loading Effect 선택란에 **'Independent'** 선택
4. Sub-Load Cases란의 Add 버튼 클릭
5. Load Case Data의 Vehicle Class 선택란에 **'VL:DB-24'** 선택
6. Scale Factor 입력란에 **'1'** 확인
7. Min. Number of Loaded Lanes 입력란에 **'1'** 입력
8. Max. Number of Loaded Lanes 입력란에 **'1'** 입력
9. Assignment Lanes의 List of Lanes에서 **'Lane1'** 선택 후 -> 버튼 클릭
10. OK 버튼 클릭
11. Sub-Load Cases란의 Add 버튼 클릭
12. Vehicle Class 선택란에서 **'VL:DL-24'** 선택
13. Min. Number of Loaded Lanes 입력란에 **'1'** 입력
14. Max. Number of Loaded Lanes 입력란에 **'1'** 입력
15. Assignment Lanes의 List of Lanes에서 **'Lane1'** 선택 후 -> 버튼 클릭
16. OK 버튼 클릭
17. OK 버튼 클릭
18. Close 버튼 클릭

11. 이동하중 입력

3차로 이상의 활하중이 동시 재하할 경우에는 Multiple Presence Factor를 이용해 활하중을 감소한다.



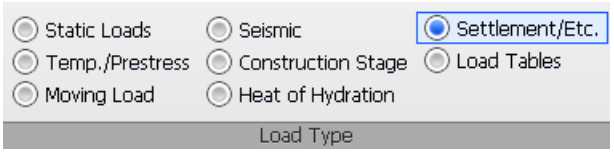
| 이동하중조건 정의 |

12. 부등침하하중 입력

1. 침하그룹 정의

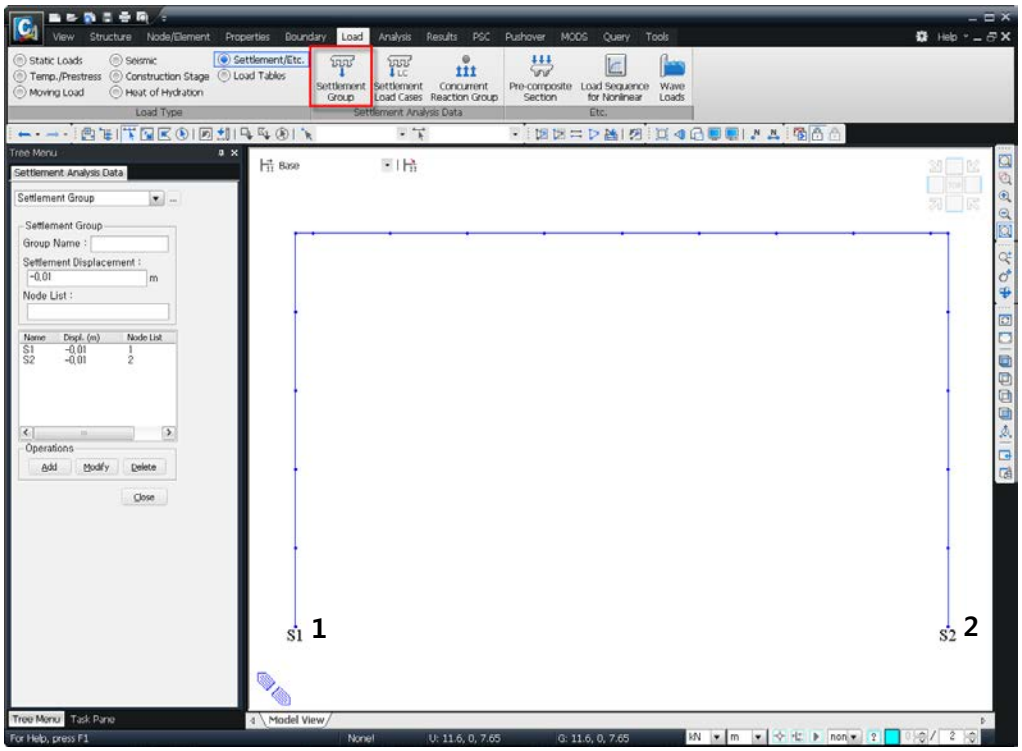
지점의 각 절점들을 선택하여 각각의 부등침하그룹을 정의합니다.

메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Load Type]그룹 > Settlement/Etc.*



메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Settlement Analysis Data]그룹 >* *Settlement Group*

1. Group Name 입력란에 **'S1'** 입력
2. Settlement Displacement 입력란에 **'-0.01'** 입력
3. **Select Single** 을 이용하여 Nodes **'1'** 선택
4. Operations의 Add 버튼 클릭
5. Group Name 입력란에 **'S2'** 입력
6. Settlement Displacement 입력란에 **'-0.01'** 확인
7. **Select Single** 을 이용하여 Nodes **'2'** 선택
8. Operations의 Add 버튼 클릭



| 침하그룹 정의 |

12. 부등침하하중 입력

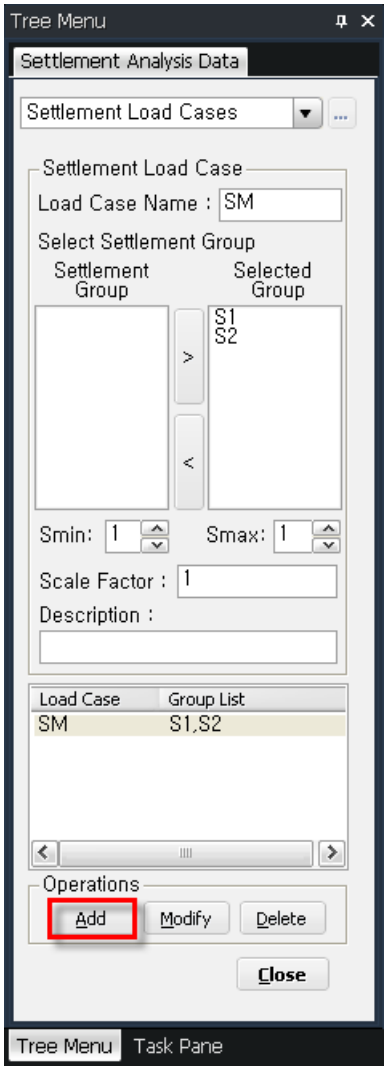
2. 부등침하 조건 정의

입력된 부등침하그룹을 이용해 부등침하 조건을 정의합니다.

메인 메뉴에서 *[Load]탭 > [Settlement Analysis Data]그룹 >* *Settlement Load Case*

1. Group Name 입력란에 **'SM'** 입력
2. Settlement Group에서 **'S1, S2'** 선택 후 > 버튼 클릭
3. Selected Group에서 **'S1, S2'** 확인
4. Smin 입력란에 **'1'** 확인
5. Smax 입력란에 **'1'** 입력
6. Operations의 Add 버튼 클릭

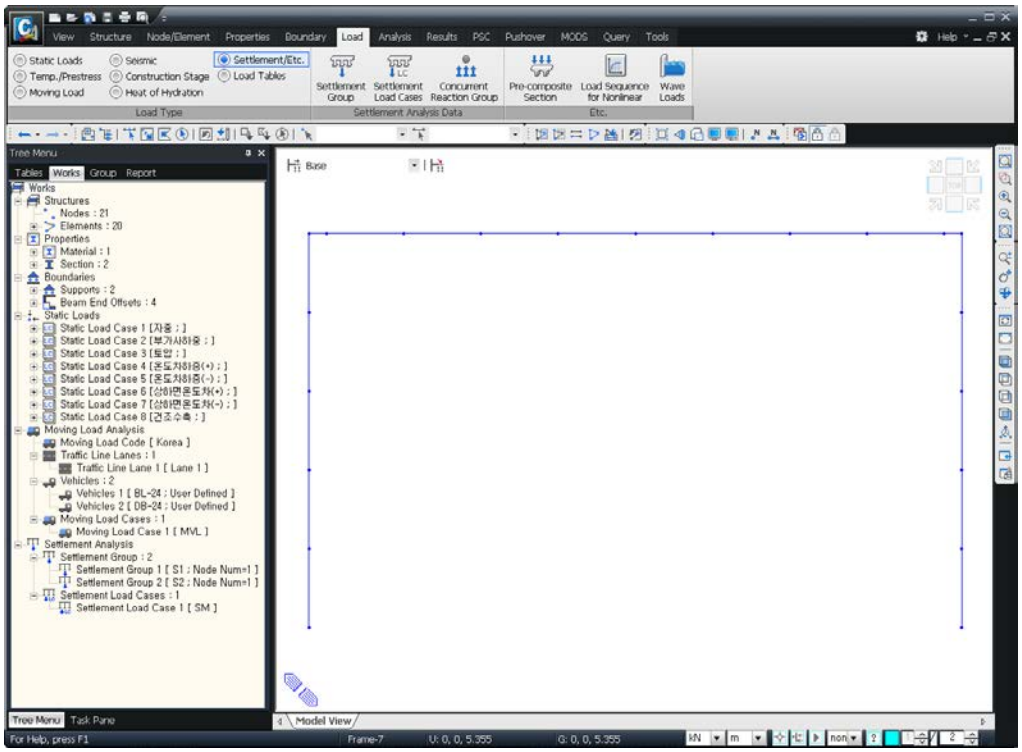
2개의 지점이 한꺼번에 침하하는 것은 침하가 발생하지 않은 것과 같으므로 Smax에 1을 입력한다.



| 부등침하 조건 정의 |

13. 구조해석 수행

지금까지 한 모델링과 하중 입력의 과정들을 Tree Menu의 Works탭을 통해 확인할 수 있습니다.



| 진행 과정 확인 |

2D 라멘교의 모델링과 하중 입력이 완료되면 구조해석을 수행합니다.

메인 메뉴에서 *[Analysis]탭 > [Perform]그룹 >* *Perform Analysis*

14. 결과 확인

1. 하중조합 생성

정적해석, 시공단계해석, 이동하중해석, 응답스펙트럼해석, 그리고 시간이력해석 결과들을 조합하기 위한 하중조합조건을 입력합니다.
Civil 2012에서는 다음과 같은 4가지 종류의 하중조합을 제공합니다.

General : 해석결과의 검증 또는 사용성 평가를 위한 하중조합조건을 입력합니다.
Steel Design : 철골부재를 철골 설계기준에 따라 설계하는데 적용될 하중조합조건을 입력합니다.
Concrete Design : RC 및 PC부재의 자동설계 또는 강도검증 기능에 적용할 하중조합조건을 입력합니다.
SRC Design : 철골철근콘크리트 합성부재를 SRC나 철골철근콘크리트 구조계산 기준에 따라 설계하는데 적용될 하중조합조건을 입력합니다.

※ 아래의 하중조합은 본 따라하기를 진행하기 위해 조합된 하중조합이며 실무 설계용으로 적용될 수 없습니다.

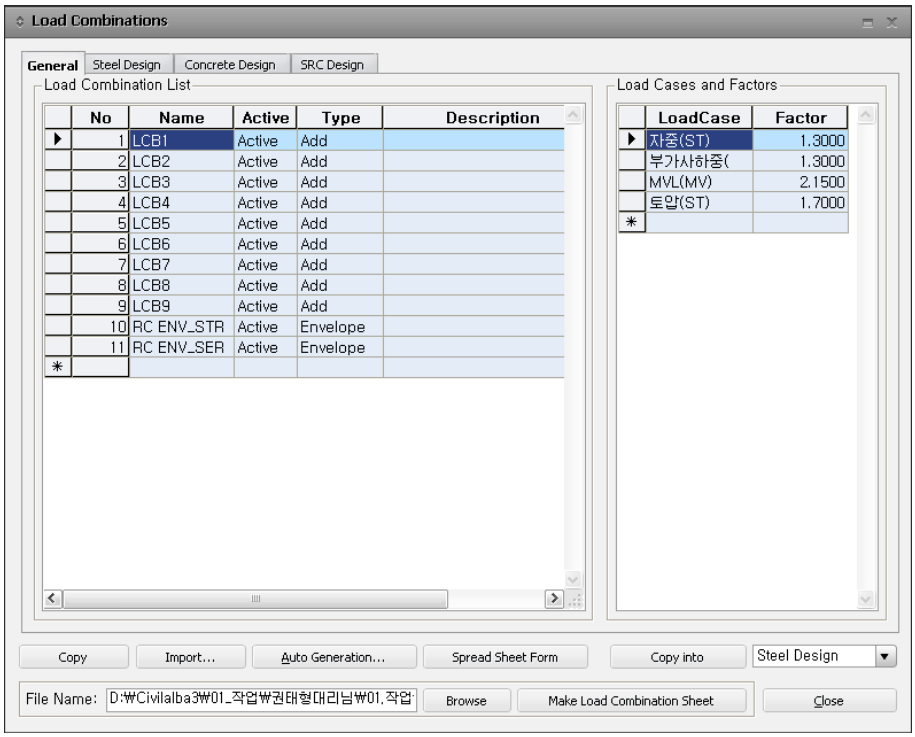
No	Name	Load Combination
1	LCB1	1.3자중 + 1.3부가사하중 + 2.15MVL + 1.7토압
2	LCB2	1.3자중 + 1.3부가사하중 + 1.3MVL + 1.7토압+ 1.3SM + 1.3건조수축 + 1.3온도차하중(+)+ 1.3상하면온도차(-)
3	LCB3	1.3자중 + 1.3부가사하중 + 1.3MVL + 1.7토압+ 1.3SM + 1.3건조수축 + 1.3온도차하중(-)+ 1.3상하면온도차(+)
4	LCB4	1.3자중 + 1.3부가사하중 + 1.3MVL + 1.7토압+ 1.3SM + 1.3건조수축 + 1.3온도차하중(-)+ 1.3상하면온도차(-)
5	LCB5	1.0자중 + 1.0부가사하중 + 1.0MVL + 1.0건조수축 + 1.0토압+ 1.0SM
6	LCB6	1.0자중 + 1.0부가사하중 + 1.0MVL + 1.0건조수축+ 1.0토압 + 1.0SM + 1.0온도차하중(+)+ 1.0상하면온도차(+)
7	LCB7	1.0자중 + 1.0부가사하중 + 1.0MVL + 1.0건조수축+ 1.0토압 + 1.0SM + 1.0온도차하중(+)+ 1.0상하면온도차(-)
8	LCB8	1.0자중 + 1.0부가사하중 + 1.0MVL + 1.0건조수축+ 1.0토압 + 1.0SM + 1.0온도차하중(-)+ 1.0상하면온도차(+)
9	LCB9	1.0자중 + 1.0부가사하중 + 1.0MVL + 1.0건조수축+ 1.0토압 + 1.0SM + 1.0온도차하중(-)+ 1.0상하면온도차(-)
10	RC ENV_STR	1.0LCB1 + 1.0LCB2 + 1.0LCB3 + 1.0LCB4
11	RC ENV_STR	1.0LCB5 + 1.0LCB6 + 1.0LCB7 + 1.0LCB8+1.0LCB9

| 하중조합 표 |

14. 결과 확인

메인 메뉴에서 *[Results]탭 > [Combination]그룹 > Load Combination*

1. Name 입력란에 **'LCB1'** 입력
2. Active 선택란에서 **'Active'** 선택
3. Type 선택란에서 **'Add'** 선택
4. Load Cases and Factors의 LoadCase 선택란에서 **'자중'** 선택
5. Factor 입력란에 **'1.3'** 입력
6. Load Cases and Factors의 LoadCase 선택란에서 **'부가사하중'** 선택
7. Factor 입력란에 **'1.3'** 입력
8. Load Cases and Factors의 LoadCase 선택란에서 **'MVL'** 선택
9. Factor 입력란에 **'1.3'** 입력
10. Load Cases and Factors의 LoadCase 선택란에서 **'토압'** 선택
11. Factor 입력란에 **'1.3'** 입력
12. 위의 1~11 과정을 반복하여 나머지 하중조합 완성(앞장의 하중조합 표를 참조)
13. Close 버튼 클릭



| 하중조합의 생성 |

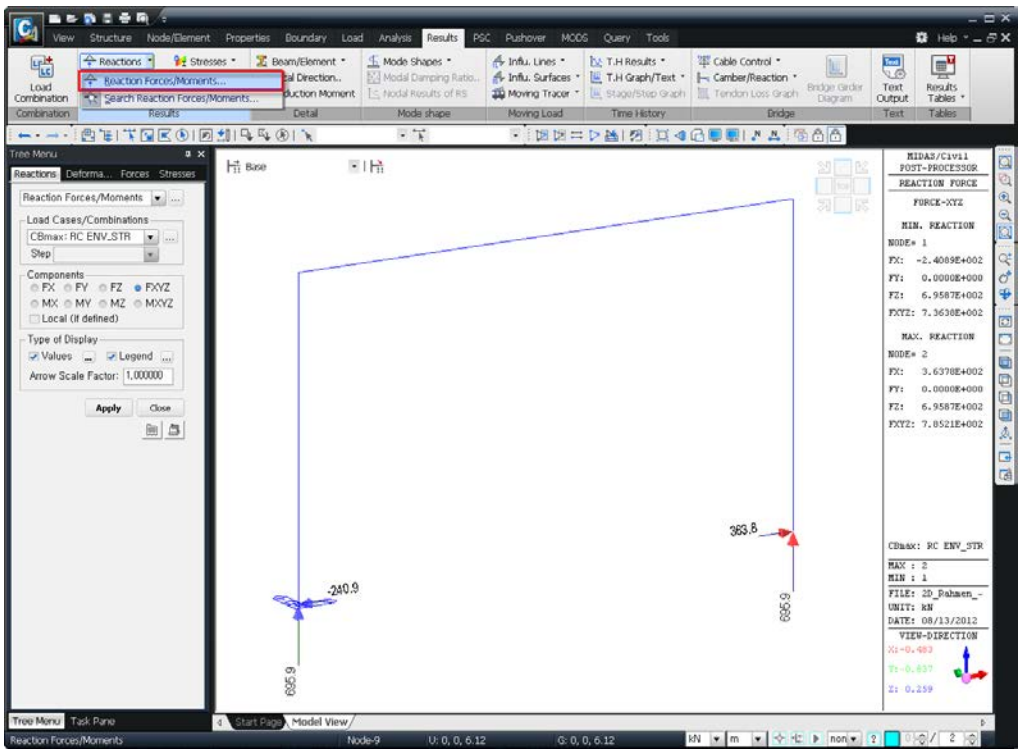
14. 결과 확인

2. 반력 확인

Envelop 하중에 의한 구조물의 반력을 Model View에서 확인합니다.

메인 메뉴에서 *[Results]탭 > [Reactions] 그룹 >* *Reaction Forces/Moments*

1. **Iso View**클릭
2. Load Cases/Combinations 선택란에서 **'CBmax:RC ENV_STR'** 선택
3. Components 선택란에서 **'FXYZ'** 선택
4. Type of Display 선택란에서 **'Values'**에 Check on
5. Values의 우측 ... 버튼 클릭
6. Number Options의 Decimal Points 입력란에 **'1'** 확인
7. OK 버튼 클릭



| 반력 확인 |

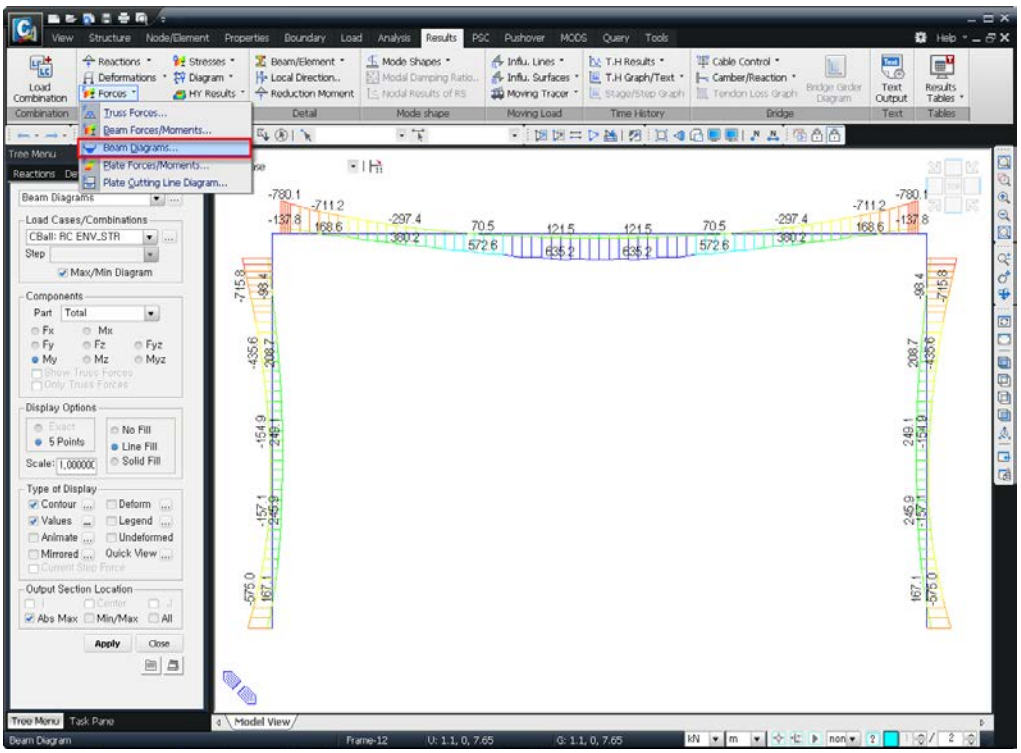
14. 결과 확인

3. 부재력 확인

Envelop 하중에 의한 정/부 모멘트를 하나의 Diagram에서 확인해 봅니다.

메인 메뉴에서 *[Results]탭 > [Forces] 그룹 >* *Beam Diagrams...*

1. **Front View** 클릭
2. Load Case/Combinations 선택란에 **'CBall:RC ENV_STR'** 선택
3. Components 선택란에 **'My'** 확인
4. Display Options 선택란에 **'5 Points', 'Line Fill'** 확인
5. Type of Display 선택란에 **'Contour', 'Values'**에 Check on
6. Values의 우측 ... 버튼 클릭
7. Number Options의 Decimal Points 입력란에 **'1'** 확인
8. OK 버튼 클릭
9. Output Section Location 선택란에 **'Abs Max'** 선택
10. Apply 버튼 클릭



| 부재력 확인 |

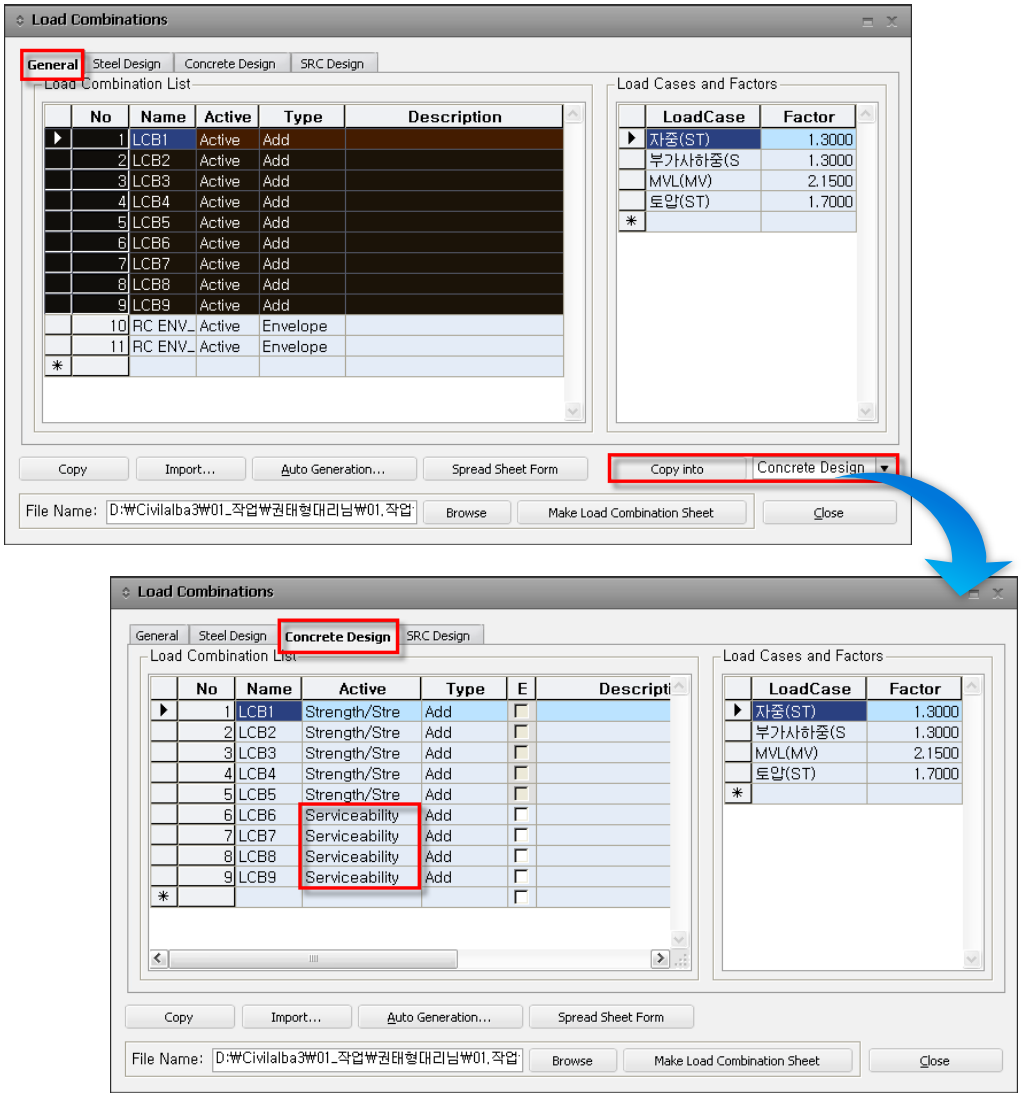
15. 설계 하중조합의 생성 및 Design Code 입력

활하중의 종류가 표준트럭하중, 표준차선하중, 탱크하중과 같이 여러 가지가 있는 경우 Civil 2009 이전 Version 에서는 각 활하중에 대하여 하중조합을 한 다음 Design에서 적용한 결과, 수많은 하중조합 경우를 발생시켰다. Civil 2009에서는 Design 하중조합 탭에서 활하중에 대한 조합을 Envelope Type으로 하중조합을 한 다음 이 하중조합을 다시 일반하중과 하중조합을 하여 Design에서 적용할 수 있어, 상대적으로 적은 하중조합을 사용하여 Design을 수행할 수 있다.

Civil 2012에서는 해석을 위한 하중조합(General탭)과 설계용 하중조합(Concrete, Steel, SRC탭을 구분하여 정의할 수 있습니다. 구조해석에 사용한 하중조합을 복사해서 설계용 하중조합을 생성합니다.

메인 메뉴에서 *[Results]탭 > [Combination]그룹 >* *Load Combination*

1. General 탭의 Load Combination List에서 가장 왼쪽의 셀을 드래그하여 아래 그림처럼 반전되도록 **No.1~No.10**을 선택
2. **'Concrete Design'**을 선택 후, Copy into 버튼 클릭
3. Concrete Design탭 선택 후, 복사 여부 확인
4. Active 선택란에서 **No.6~No.10**을 **'Serviceability'**로 변경
5. Close 버튼 클릭



| 설계용 하중조합 정의 |

16. 철근 재질 Data 입력

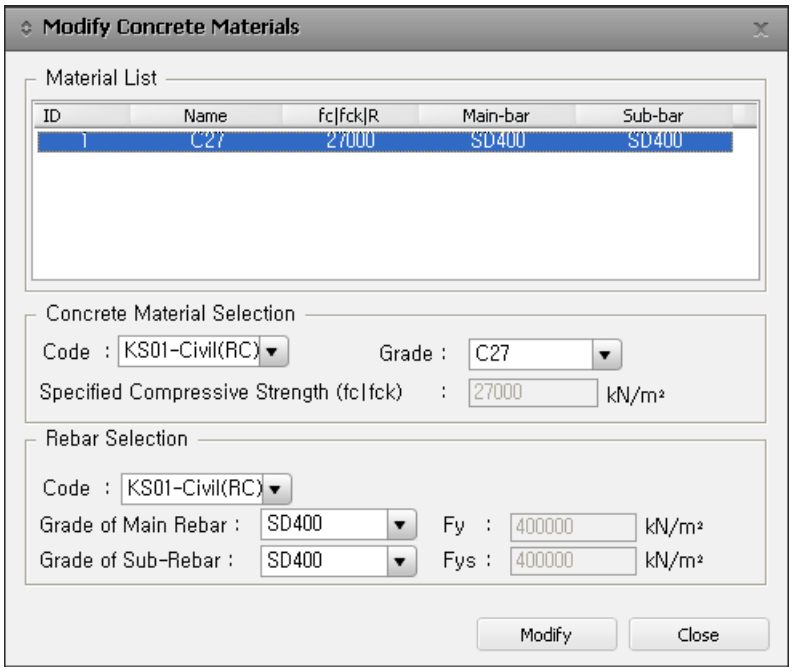
메인 메뉴의 **MODS > RC Design > Modify Concrete Material...** 을 선택하여 입력합니다.

입력한 콘크리트 및 철근의 재질에 대하여, 재질데이터의 일부를 수정하거나 입력된 재질데이터를 설계목적에 적합한 다른 재질데이터로 변경하려는 경우 사용합니다. 변경된 재질데이터는 RC Design 에서만 사용되며 구조해석에는 사용되지 않습니다. 변경사항이 없는 경우에는 해석모델 작성시 입력한 콘크리트 재질이 기본값으로 사용됩니다.

단면설계에 사용되는 철근 재질데이터는 해석모델 작성시 입력되지 않으므로 본 대화창에서 입력해 줍니다. 입력된 철근 재질데이터는 콘크리트 재질데이터와 하나의 ID로 저장되어 요소에 적용되기 때문에 동일한 콘크리트 재질에 서로 다른 철근 재질데이터를 사용하는 경우 Material 입력창에서 콘크리트 재질을 추가합니다. 철근 데이터의 경우 주철근과 전단철근의 재질을 각각 다르게 입력할 수 있습니다. 만약 철근의 재질을 입력하지 않으면 **Tools > Preferences>Environment>Design**에서 정의된 재질을 사용하여 Design을 수행합니다.

Main Menu에서 *MODS Module>RC Design>* *Modify Concrete Materials...*

1. Material List의 **'ID : 1'** 클릭
2. Concrete Material Section의 Code 선택란에 **'KS01-Civil(RC)'** 확인
3. Grade 선택란에 **'C27'** 확인
4. Rebar Selection의 Code 선택란에 **'KS01-Civil(RC)'** 선택
5. Grade of Main Rebar 선택란에 **'SD400'** 선택
6. Grade of Sub-Rebar 선택란에 **'SD400'** 선택
7. Modify 버튼 클릭
8. Close 버튼 클릭



| 철근 재질 Data 입력 |

17. 단일 부재의 지정

모델링 과정에서 하나의 부재가 몇 개의 선요소(보요소 또는 트러스요소)로 분할되는 경우 이러한 요소들을 단일 부재(Member)로 지정하여 설계합니다.

하나의 부재가 몇 개의 선요소로 분할되어 모델링 된 경우, Member 지정 후 설계 및 강도 검증을 수행하면 분할된 요소의 수에 관계없이 단일부재에 대한 결과를 출력할 수 있습니다.

벽체 설계의 경우, 구조해석을 위해 분할된 요소길이가 아닌 실제 부재길이를 적용하기 위해 단일부재로 지정합니다.

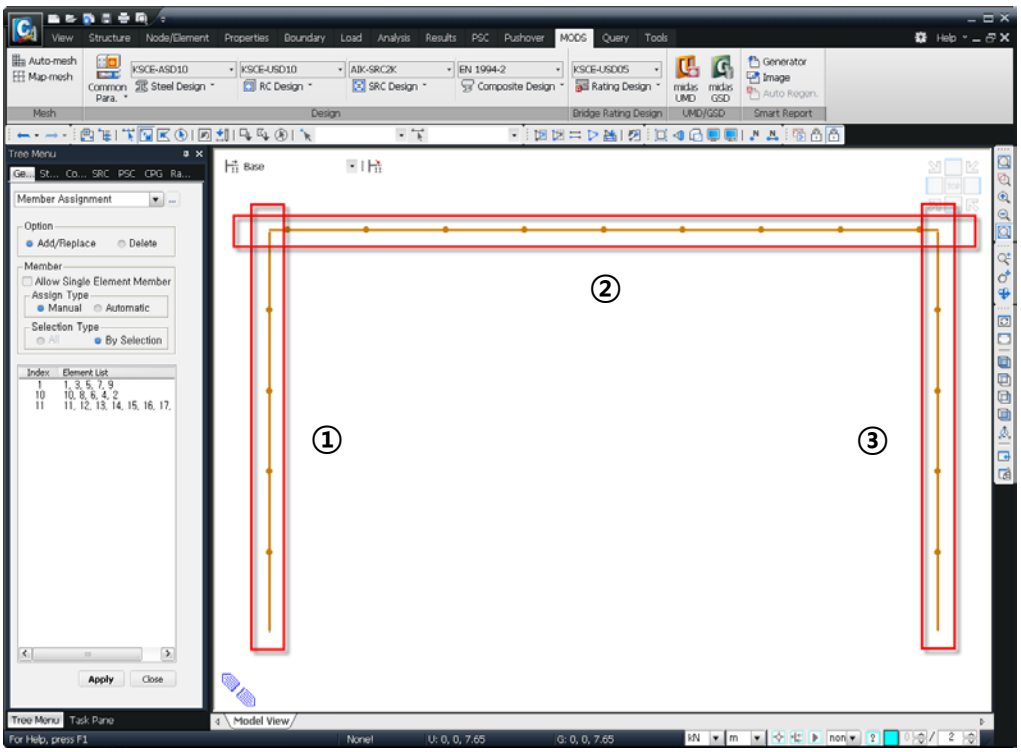
일반적으로 라멘교의 벽체는 Beam으로 설계하지만 본 따라하기에서는 Wall에 대한 프로그램 사용법 소개를 위해 벽체 Member Type을 Wall로 지정한다.

벽체를 보로 검토하고자 할 경우에는 수직 부재의 Member Type을 Beam으로 변경해야 한다.

메인 메뉴에서

[MODS]탭 > [Design]그룹 > Common Para. > Member Assignment

1. **Select by Window**을 이용하여 아래 그림의 ①부분 선택
2. Option 선택란의 **'Add/Replace'** 확인
3. Assign 선택란의 **'Manual'** 확인
4. Apply 버튼 클릭
5. **Select by Window**을 이용하여 아래 그림의 ②부분 선택
6. Apply 버튼 클릭
7. **Select by Window**을 이용하여 아래 그림의 ③부분 선택
8. Apply 버튼 클릭



| 단일부재의 지정 |

18. 단면검토(Beam)

1. 철근정보 입력

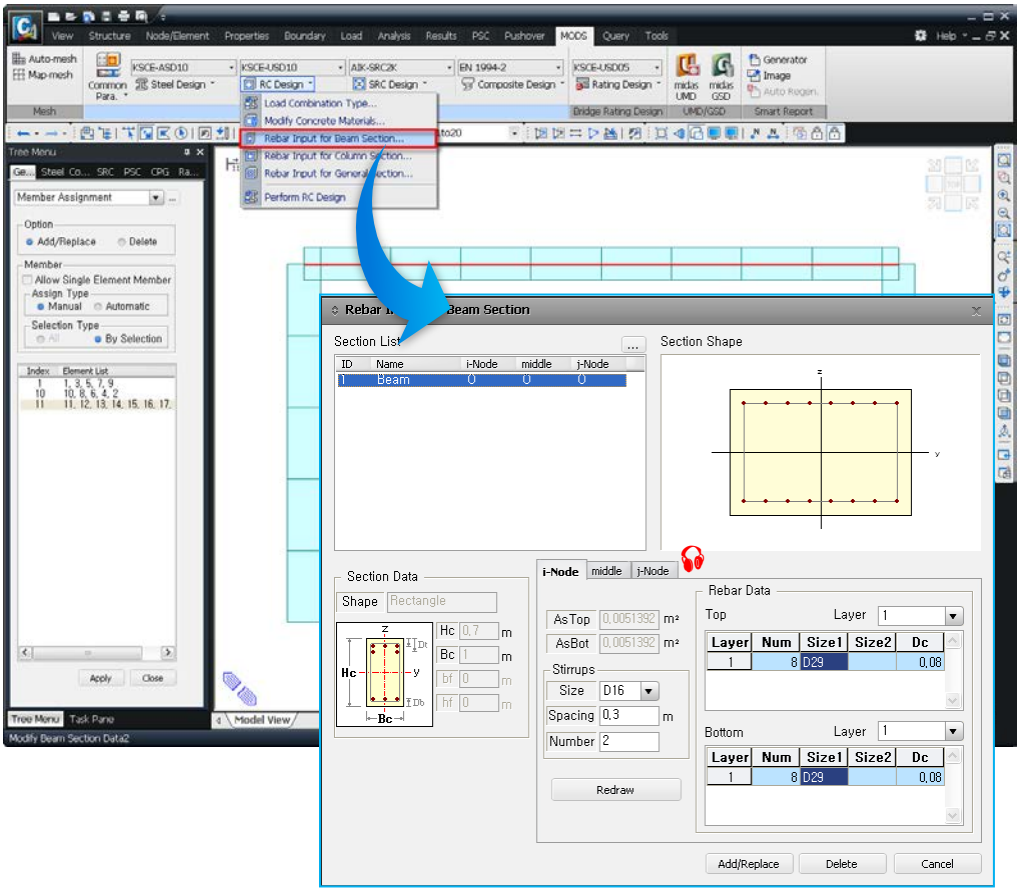
콘크리트 보 설계를 위한 철근정보를 입력합니다.

메인 메뉴에서 *[MODS]탭 > [Design]그룹 > RC Design*

1. 설계기준을 **'KSCE-USD10'** 으로 선택
2. Rebar Input for Beam Section 클릭
3. Section List에서 **'Beam'** 부재 선택
4. Rebar Data의 Top 위치에 **'Num : 8, Size1 : D25, DC : 0.08(m)'** 입력
5. Rebar Data의 Bottom 위치에 **'Num : 8, Size1 : D25, DC : 0.08(m)'** 입력
6. Stirrups에서 **'Size : D16, Spacing : 0.3(m), Number : 2'** 입력
7. Redraw 버튼을 클릭하여 Section Shape에 작도된 배근정보 확인
8. Add/Replace 버튼을 클릭하여 배근정보 등록

설계기능 실행아이콘 상단에 표시된 설계기준에 의해 단면설계가 수행되며, 표시된 설계기준을 클릭하면 설계기준 리스트가 화면상에 바로 보여지므로 직관적으로 설계기준을 변경할 수 있습니다.

단면설계를 위한 철근정보 입력은 요소의 좌측단부 / 중앙부 / 우측단부에 대하여 i-Node / Middle / j-Node로 각각 지정할 수 있습니다.



| 배근정보 입력 |

18. 단면검토(Beam)

2. 단면설계 실행

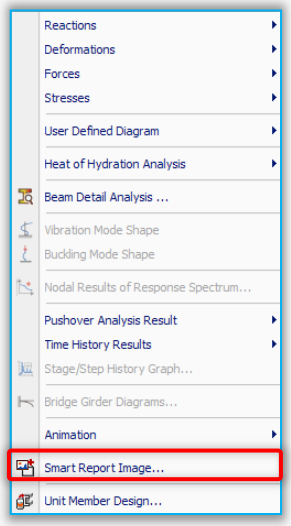
상부슬래브에 대한 단면검토 결과를 확인합니다.

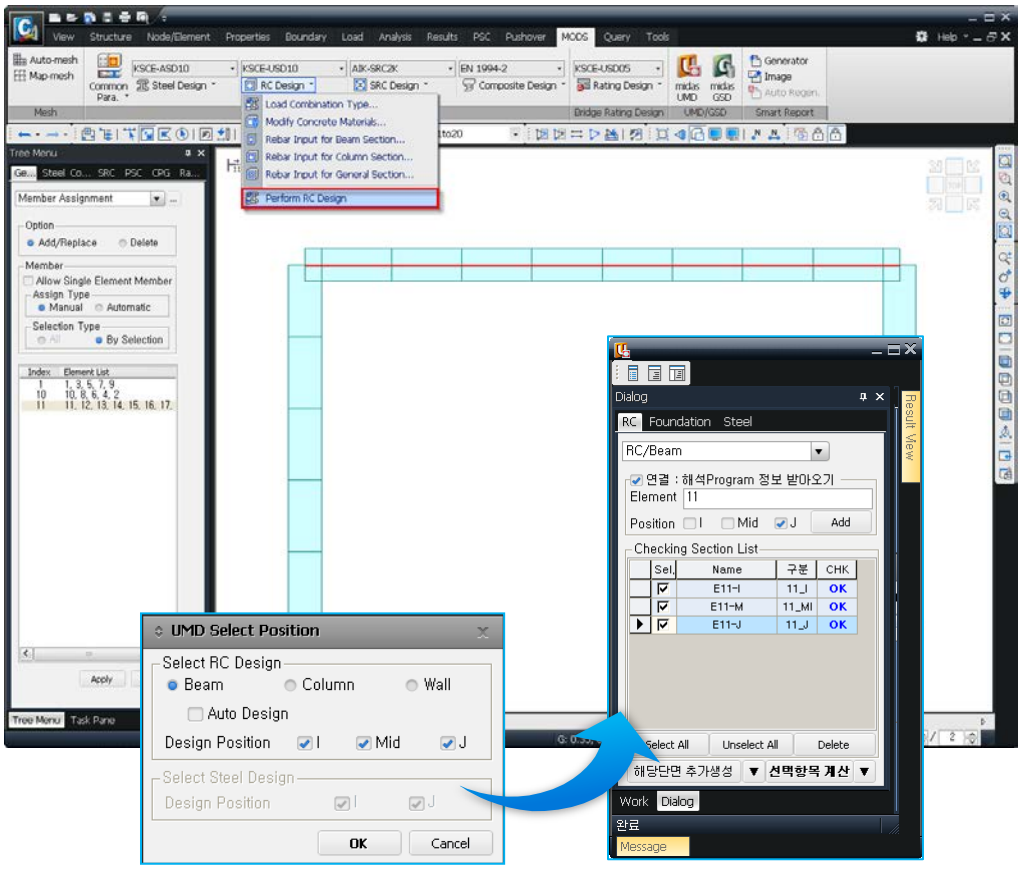
메인 메뉴에서

[MODS]탭 > [Design]그룹 > RC Design > Perform RC Design

1. Select by Elements Identifying클릭 후, *'11 to 20'* 요소 선택 (상부슬래브 부재 선택)
2. UMD Select Position의 Design Position에서 *'I, Mid, J'* 선택 후 OK 버튼 클릭
3. midas UMD에서 Select All 버튼을 클린한 후 **선택항목 계산** 버튼 클릭
4. 상부슬래브의 좌측 단부(E1-I), 중앙부(E1-M), 우측 단부(E1-J)의 단면검토 결과 확인

요소 선택 후 Context Menu 의 Unit Member Design을 클릭하여 빠른 단면설계를 수행할 수 있습니다.





| 설계위치 선택 | | midas UMD |

Tip. Design Position

하나의 요소 내에서도 요소의 시작부분(I)에서 끝부분(J)까지 부재력이 변화되고, 단면의 높이도 달라질 수 있으므로 단면설계를 위해서는 설계되는 단면의 위치를 지정해야만 합니다.

Member Assignment가 적용되어있을 경우 Member는 하나의 요소처럼 적용되므로 Member 시작부분(I), 중앙부분(Mid), 끝부분(J)으로 설계위치를 지정하면, 예제와 같은 상부슬래브의 경우 상부슬래브 좌측 단부, 중앙부, 우측단부를 고려한 단면설계를 수행할 수 있습니다.

18. 단면검토(Beam)

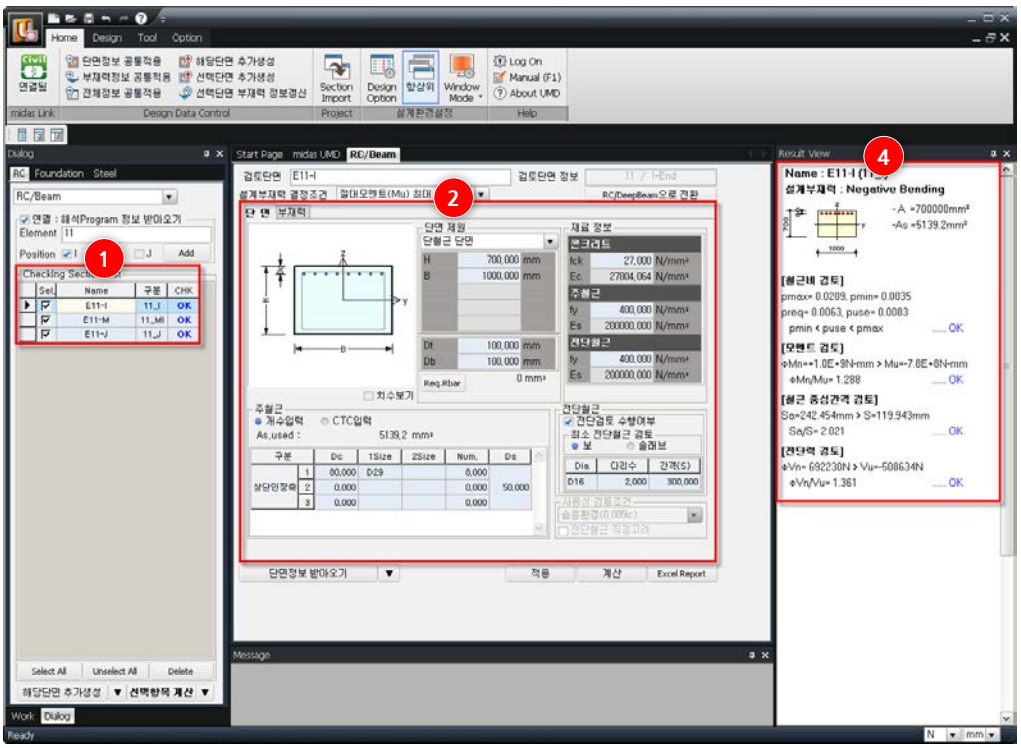
단면검토 결과를 확인하기 위해서 UMD창을 키운 후, Home 탭에서 Window Mode항목에서 Optimum Mode를 선택하면 그림과 같은 창으로 변환된다.

3. 단면검토결과 확인

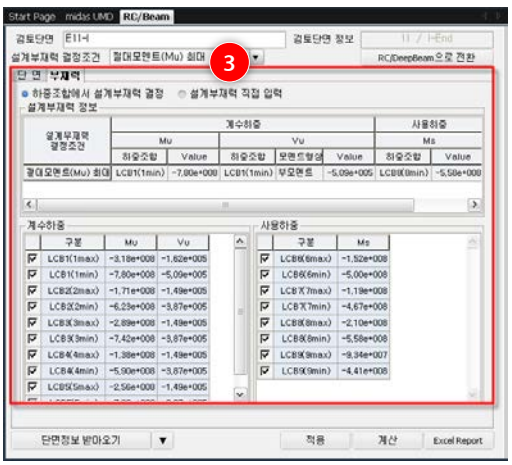
midas UMD에서 수행된 단면검토결과를 확인합니다.

midas UMD > RC/Beam

1. 단면검토 리스트 및 검토결과 확인
2. Civil 2012에서 자동입력된 단면 제원 및 철근정보 확인
3. Civil 2012에서 자동입력된 해석부재력 정보 확인
4. 단면검토 요약결과 확인



| 단면검토 결과 확인 |



| 설계부재력 확인 |

19. 계산서 확인(Beam)

◈ 단면검토 요약

▶ 설계단면력 요약

검토 부재	계수하중		사용하중	비 고
	M_u	V_u	M_s	
E11-I	-780.073	-508.634	-557.829	

▶ 휨설계 요약

검토 부재	유효높이 d(mm)	피복 d'(mm)	$_{applied}A_s$ (㎟)	$_{used}A_s$ (㎟)		M_u (kN·m)	ΦM_n (kN·m)	S.F	비 고
E11-I	620	80	3915.15	H29@8EA	5139.2	-780.073	1005.039	1.288	OK

▶ 전단설계 요약

검토 부재	$_{applied}A_v$ (㎟)	$_{used}A_v$	s (mm)	V_u (kN)	ΦV_c (kN)	ΦV_s (kN)	S.F	비 고
E11-I	262.5	H16-2legs	300	-508.634	429.549	262.682	-1.361	OK

▶ 철근 중심간격 검토 요약

검토 부재	인장응력 f_s (MPa)	사용철근간격 s (mm)	허용철근간격 s_a (mm)	비 고
E11-I	193.63	119.943	242.454	..... OK

1. E11-I

1) 계산조건

설계기준강도	f_{ck}	=	27.00 MPa	부재폭	b_w	=	1000.00 mm
인장철근항복강도	f_y	=	400.00 MPa	부재의 총 높이	h	=	700.00 mm
전단철근항복강도	f_{yt}	=	400.00 MPa	유효높이	d	=	620.00 mm
계수 모멘트	M_u	=	-780.07 kN·m	최외측 인장철근중심에서 인장연단까지의 거리	d_c	=	80.00 mm
계수 전단력	V_u	=	-508.63 kN				
휨강도 감소계수	φ_f	=	0.85	사용휨철근량	A_s	=	5139.20 mm²
전단강도 감소계수	φ_s	=	0.8	사용전단철근량	A_v	=	397.20 mm²

2) 휨철근량 산정

$_{req}A_s$ = 3915.15 mm²

$_{req}\varepsilon_s$ = 0.02016

$_{req}\varphi_f$ = 0.85

a_{req} = 68.27 mm

최소허용변형률($\varepsilon_{s\ allow}$) 검토

$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu} \cdot (h-d_c-c)/c = 0.0147 \geq \varepsilon_{s\ allow} = 0.004$ ..... OK

여기서, ε_s, ε_{cu} 는 각각 철근의 변형률과 압축연단에서 콘크리트의 극한 변형률을 나타낸다.

$$\rho_b = \left(\frac{0.85 \times f_{ck} \times \beta_1}{f_y}\right) x \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + f_y/E_s}\right) = 0.0293$$

$$\rho_{b'} = \left(\frac{0.85 \times f_{ck} \times \beta_1}{f_y}\right) x \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{s\ allow}}\right) = 0.0209$$

$_{max}A_s = \rho_{b'} \cdot b_w \cdot d = 12958.55$ mm²

최소철근량 검토

$_{min}A_{s1} = 0.25 \cdot \sqrt{f_{ck}} / f_y \cdot b_w \cdot d = 2013.51$ mm²

$_{min}A_{s2} = 1.4 / f_y \cdot b_w \cdot d = 2170.00$ mm²

$_{min}A_s = \max[\ _{min}A_{s1}, \ _{min}A_{s2}\ ] = 2170.00$ mm²

$_{max}A_s$	$_{min}A_s$	$_{req}A_s$	$_{(4/3)req}A_s$	$_{applied}A_s$
12958.55 mm²	2170.00 mm²	3915.15 mm²	5220.20 mm²	3915.15 mm²

사용철근량 A_s = 5139.20 mm² ≥ $_{applied}A_s$ ..... OK

H29-8.00EA = 5139.20 mm²

19. 계산서 확인(Beam)

설계모멘트 강도

φM_n	=	0.85	$\cdot A_s \cdot f_s \cdot (d-a/2)$ =	1005.04 kN·m	≥	M_u	=	-780.07 kN·m		..... OK
a	=	89.63 mm								
ε_s	=	0.01464								
f_s	=	400.00 MPa								

3) 전단철근량 산정

φV_c = $\Phi \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot b_w \cdot d$ = 429.55 kN : 콘크리트 공칭전단강도

구 분	φV_c	$\varphi V_c/2$	V_u
보	429.55 kN	214.77 kN	-508.63 kN

∴ $\varphi V_c < V_u$ 이므로 전단보강 필요

$$_{req}A_v = \frac{(V_u - \Phi V_c) \cdot s}{\Phi \cdot f_{yt} \cdot d} = 119.59\ mm^2$$

$_{min}A_{v,1}$	=	$0.35 \cdot b_w \cdot s / f_{yt}$		=	262.50 mm²				
$_{min}A_{v,2}$	=	$0.0625\sqrt{f_{ck}} \cdot b_w \cdot s / f_{yt}$		=	243.57 mm²				
$_{min}A_v$	=	max $[_{min}A_{v,1},\ _{min}A_{v,2}]$		=	262.50 mm²				
필요철근량	$_{applied}A_v$	=	max $[_{req}A_v,\ _{min}A_v]$	=	262.50 mm²				
사용철근량	A_v	=	H16 - 2.00 Legs	=	397.20 mm²	≥	$_{min}A_v$		..... OK
수평간격	s	=	300.00 mm	≤	min[0.5d, 600mm]	=	310.00 mm		..... OK
최대철근전단강도	V_{smax}	=	$2/3 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot b_w \cdot d$	=	2147.74 kN				
철근설계전단강도	φV_s	=	$\varphi \cdot A_v \cdot f_{yt} \cdot d/s$	=	262.68 kN				
설계전단강도	φV_n	=	$\varphi \cdot (V_c + V_s)$	=	692.23 kN	≥	V_u	= -508.63 kN	..... OK

4) 철근 중심간격 검토

사용하중모멘트	M_s	=	-557.83 kN·m	인장철근 도심까지의 거리	y	=	80.00 mm
철근탄성계수	E_s	=	200000.00 MPa	최외측 인장철근중심까지의 거리	d_c	=	80.00 mm
콘크리트탄성계수	E_c	=	27804.06 MPa	인장철근량	A_s	=	5139.20 mm²
탄성계수비	n	=	7				

ρ	=	$A_s / (b_w \cdot d)$	= 0.008289	:	철근비
k	=	$-n\rho + \sqrt{((n\rho)^2 + 2n\rho)}$	= 0.287539	:	중립축비
x	=	$k \cdot d$	= 178.27 mm	:	압축측 연단에서 중립축까지 거리
I_{cr}	=	$1/3\ b \cdot x^3 + n \cdot As \cdot (d-x)^2$			
		=	8908003926.86 mm⁴	:	중립축에 대한 환산단면 2차모멘트

철근의 응력

f_s = $n \cdot M_s \cdot (h-x-d_c) / I_{cr}$ = 193.63 MPa ≤ f_y = 400.00 MPa ∴ f_s = 193.63 MPa

허용 철근간격 검토

s_{a1}	=	$375 \cdot (210 / f_s) - 2.5 \cdot C_c$	=	242.45 mm				
s_{a2}	=	$300 \cdot (210 / f_s)$	=	325.36 mm				
min[s_{a1}, s_{a2}] =	242.45 mm	≥	s	=	119.94 mm			..... OK

여기서, C_c는 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 최소두께를 나타냄. C_c = 65.70 mm

20. 단면검토(Wall)

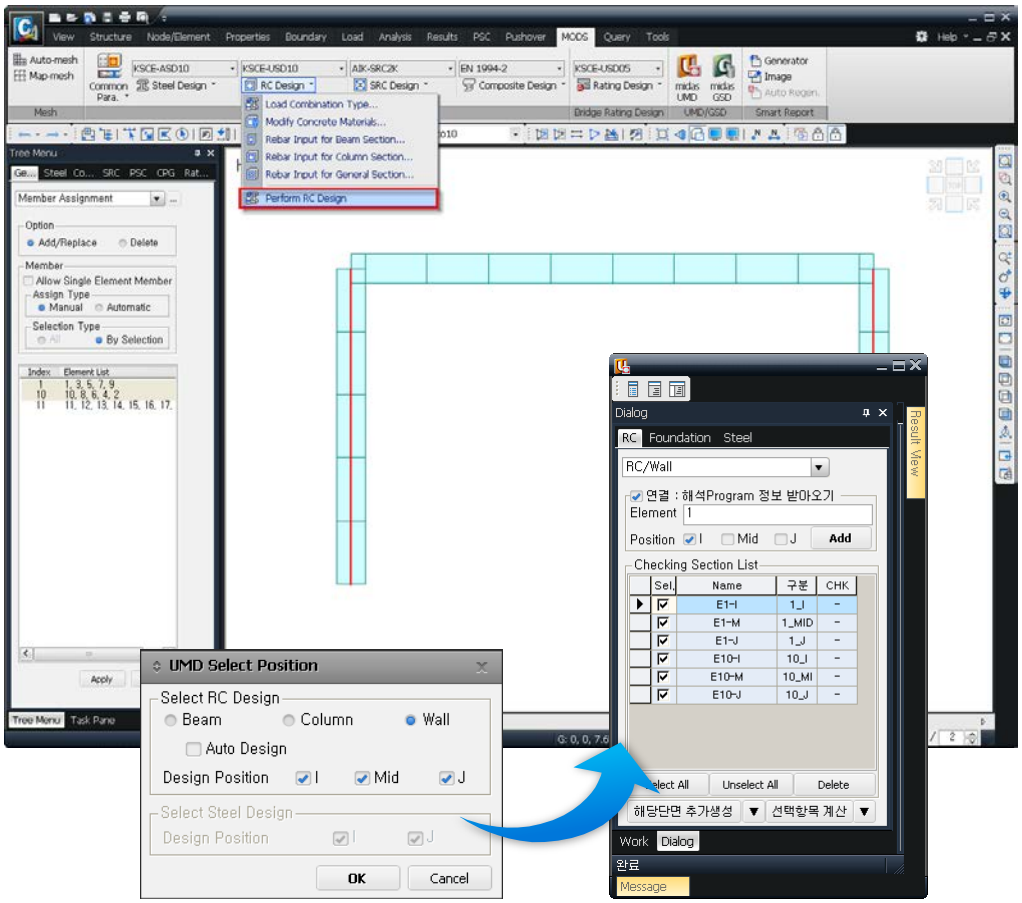
1. 단면설계 실행

좌우 벽체에 대한 단면검토 결과를 확인합니다.

메인 메뉴에서

[MODS]탭 > [Design]그룹 > RC Design > Perform RC Design

1. Select by Elements Identifying클릭 후, **'1 to 10'** 요소 선택 (좌우 벽체 부재 선택)
2. UMD Select Position의 Design Position에서 **'I, Mid, J'** 선택 후 OK 버튼 클릭
3. midas UMD에서 Select All 버튼을 클릭한 후 **선택항목 계산** 버튼 클릭
4. 상부슬래브의 좌측 단부(E1-I), 중앙부(E1-M), 우측 단부(E1-J)의 단면검토 결과 확인



| 설계위치 선택 | | midas UMD |

Tip. Design Position

하나의 요소 내에서도 요소의 시작부분(I)에서 끝부분(J)까지 부재력이 변화되고, 단면의 높이도 달라질 수 있으므로 단면설계를 위해서는 설계되는 단면의 위치를 지정해야만 합니다.

Member Assignment가 적용되어있을 경우 Member는 하나의 요소처럼 적용되므로 Member 시작부분(I), 중앙부분(Mid), 끝부분(J)으로 설계위치를 지정하면, 예제와 같은 상부슬래브의 경우 상부슬래브 좌측 단부, 중앙부, 우측단부를 고려한 단면설계를 수행할 수 있습니다.

20. 단면검토(Wall)

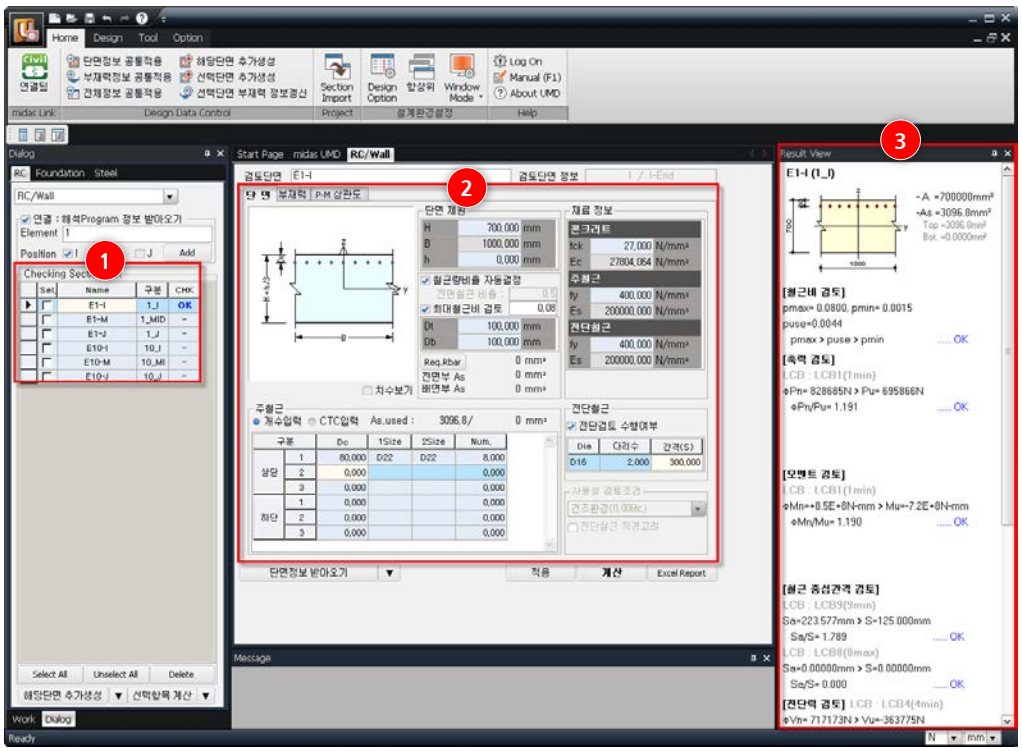
Wall 검토시 Beam, Column 과는 다르게 주철근 및 전단철근의 제원을 직접 입력해 주어야 단면검토를 수행할 수 있다.

2. 단면제원 입력

midas UMD에서 수행할 단면검토를 위해 단면제원을 입력합니다.

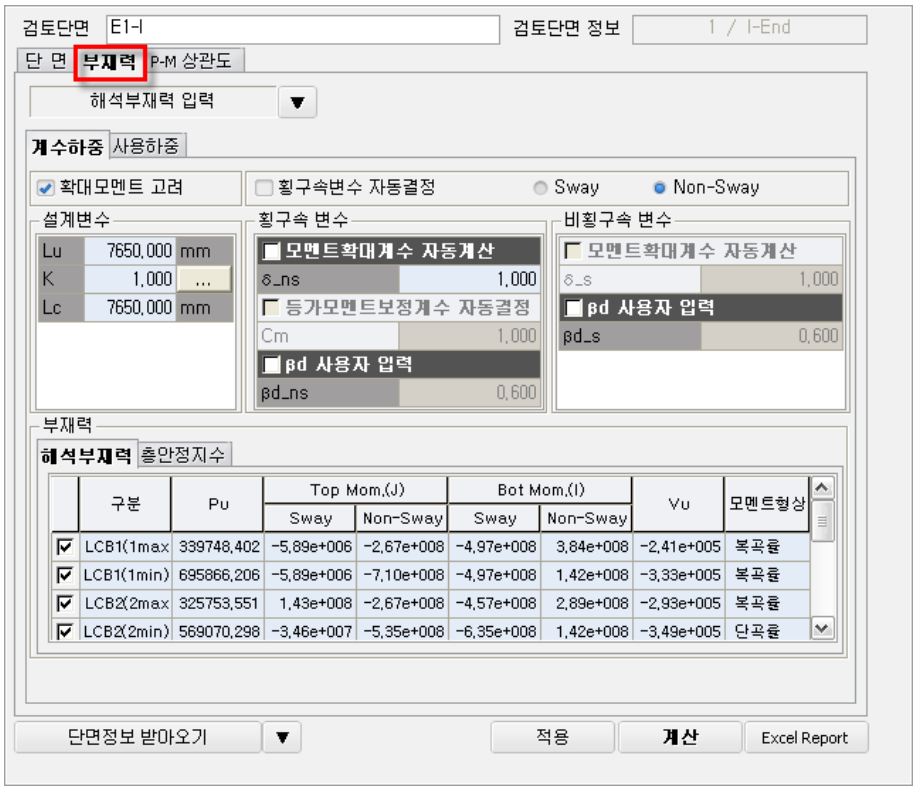
midas UMD > Wall

1. Checking Section List에서 **'E1-I'**를 클릭하여 검토단면 **'E1-I'** 선택
2. 주철근 상단 입력란에 ' **DC : 80(mm), Size1 : D22, Size2 : D22, Num : 8**' 입력
3. 전단철근에서 **전단검토 수행여부** Check on
4. 전단철근 입력란에 **'Dia : D16, 다리수 : 2, 간격(s) : 300(mm)'** 입력
5. Civil 2012에서 자동입력된 해석부재력 정보 및 P-M 상관도 확인
6. [적용] 버튼 클릭 후 [계산] 버튼 클릭
7. [Excel Report] 버튼 클릭하여 Excel Report출력 후 단면검토 요약결과 확인

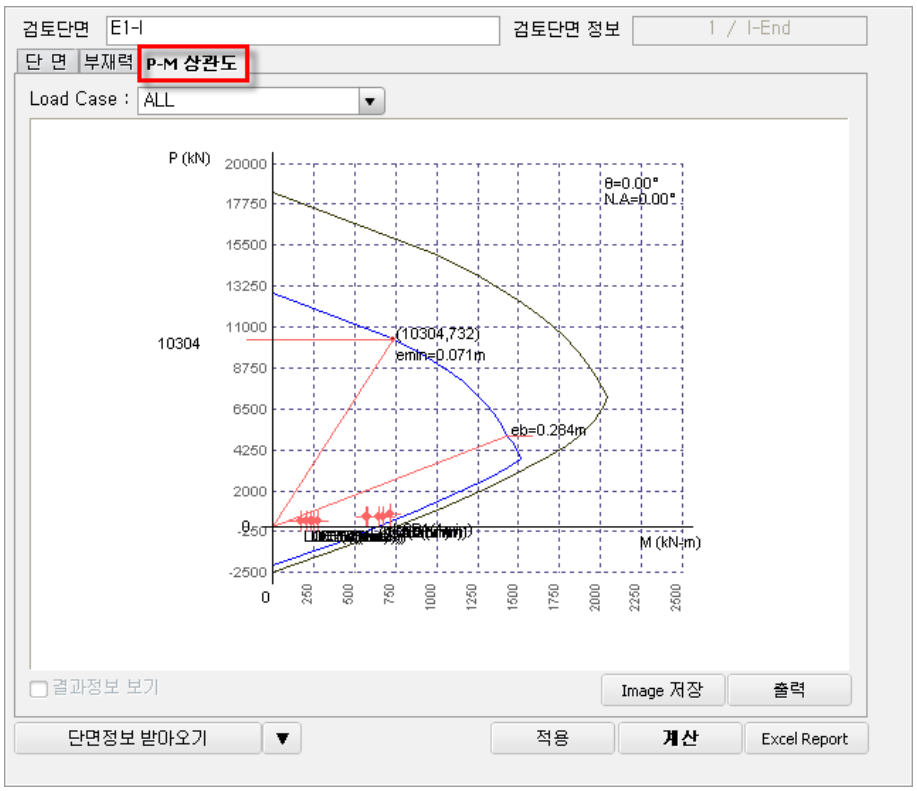


| 단면검토 결과 확인 |

20. 단면검토(Wall)



| 설계부재력 확인 |



| 설계부재력 확인 |

22. 계산서 확인(Wall)

◈ 단면검토 요약

▶ 벽체 단면설계 요약

E1-I	사용철근 (전면/배면)	철근비 (ρ)	P_u (kN)	ΦP_n (kN)	축력비	δM_u (kN · m)	ΦM_n (kN · m)	모멘트비	비 고
LCB1(1max)	H22-8EA / 0	0.0044	339.75	1168.73	3.44	-273.11	935.35	3.425	OK
LCB1(1min)	H22-8EA / 0	0.0044	695.87	828.69	1.191	-715.79	852.1	1.19	OK
LCB2(2max)	H22-8EA / 0	0.0044	325.75	2211.55	6.789	-168.29	1153.7	6.855	OK
LCB2(2min)	H22-8EA / 0	0.0044	569.07	851.36	1.496	-569.68	857.84	1.506	OK
LCB3(3max)	H22-8EA / 0	0.0044	325.75	1395.43	4.284	-231.71	987.56	4.262	OK
LCB3(3min)	H22-8EA / 0	0.0044	569.07	692.67	1.217	-677.11	817.14	1.207	OK
LCB4(4max)	H22-8EA / 0	0.0044	325.75	1236.74	3.797	-251.01	951.29	3.79	OK
LCB4(4min)	H22-8EA / 0	0.0044	569.07	851.36	1.496	-575.04	857.84	1.492	OK
LCB5(5max)	H22-8EA / 0	0.0044	325.75	1667.47	5.119	-205.85	1046.74	5.085	OK
LCB5(5min)	H22-8EA / 0	0.0044	569.07	715.34	1.257	-651.25	823.03	1.264	OK

▶ 전단설계 요약

E1-I	$_{applied}A_v$ (㎟)	$_{used}A_v$	s (mm)	V_u (kN)	ΦV_c (kN)	ΦV_s (kN)	S.F	비 고
LCB1(1max)	262.5	H16-2legs	300	-240.89	444.44	262.68	-2.94	OK
LCB1(1min)	262.5	H16-2legs	300	-333.39	460.05	262.68	-2.17	OK
LCB2(2max)	262.5	H16-2legs	300	-292.72	443.83	262.68	-2.41	OK
LCB2(2min)	262.5	H16-2legs	300	-348.64	454.49	262.68	-2.06	OK
LCB3(3max)	262.5	H16-2legs	300	-269.77	443.83	262.68	-2.62	OK
LCB3(3min)	262.5	H16-2legs	300	-325.69	454.49	262.68	-2.2	OK
LCB4(4max)	262.5	H16-2legs	300	-307.85	443.83	262.68	-2.29	OK
LCB4(4min)	262.5	H16-2legs	300	-363.78	454.49	262.68	-1.97	OK
LCB5(5max)	262.5	H16-2legs	300	-284.9	443.83	262.68	-2.48	OK
LCB5(5min)	262.5	H16-2legs	300	-340.83	454.49	262.68	-2.1	OK

▶ 철근 중심간격 검토 요약

검토 부재	인장응력 f_s (MPa)	사용철근간격 s (mm)	허용철근간격 s_a (mm)	비 고
E1-I	198.95	125	223.5766	..... OK
E1-I	0.00	0	0.	..... OK

22. 계산서 확인(Wall)

1. E1-I

1.1 설계단면력

구 분	축 력 (kN)	모멘트 (kN · m)				V (kN)	δ (㎜)
		Top		Bottom			
		Sway	Non Sway	Sway	Non Sway		
LCB1(1max)	339.748	-5.894	-267.218	-496.502	384.083	-240.893	0.000
LCB1(1min)	695.866	-5.894	-709.894	-496.502	142.129	-333.386	0.000
LCB2(2max)	325.754	143.147	-267.432	-456.933	288.641	-292.717	0.000
LCB2(2min)	569.070	-34.588	-535.097	-634.668	142.344	-348.643	0.000
LCB3(3max)	325.754	35.726	-267.432	-399.696	288.641	-269.768	0.000
LCB3(3min)	569.070	-142.009	-535.097	-577.431	142.344	-325.694	0.000
LCB4(4max)	325.754	168.998	-267.432	-539.653	288.641	-307.849	0.000
LCB4(4min)	569.070	-8.737	-535.097	-717.387	142.344	-363.775	0.000
LCB5(5max)	325.754	61.577	-267.432	-482.416	288.641	-284.900	0.000
LCB5(5min)	569.070	-116.157	-535.097	-660.150	142.344	-340.826	0.000

▶ 확대 모멘트의 계산

1) 횡구속여부 판단 : 사용자 정의 - 횡구속

2) 임계하중 산정

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k \cdot l_u)^2}$$

$$EI = \frac{0.4E_cI}{1+\beta_d}$$

β_d : 고정하중 계수축력/전체 계수축력, 최대계수 지속전단력/전체계수전단력

EI : 휨강성

E_c = 27804.06 MPa

k : 유효좌굴길이계수

I : 단면2차모멘트 = 0.028583 m⁴

l_u : 비지지길이 = 7.650 m

구 분	k	β_d	EI(kN·㎡)	P_c (kN)	비 고
LCB1(1max)	1.000	0.600	198683.205	33507.192	
LCB1(1min)	1.000	0.600	198683.205	33507.192	
LCB2(2max)	1.000	0.600	198683.205	33507.192	
LCB2(2min)	1.000	0.600	198683.205	33507.192	
LCB3(3max)	1.000	0.600	198683.205	33507.192	
LCB3(3min)	1.000	0.600	198683.205	33507.192	
LCB4(4max)	1.000	0.600	198683.205	33507.192	
LCB4(4min)	1.000	0.600	198683.205	33507.192	
LCB5(5max)	1.000	0.600	198683.205	33507.192	
LCB5(5min)	1.000	0.600	198683.205	33507.192	

3) 횡구속 골조인 경우의 확대모멘트 계산

· 세장비 검토

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \le 34-12 \cdot \frac{M_1}{M_2}$$

M_1, M_2 : 기둥의 양끝단 모멘트

M_1/M_2 의 값이 단일곡률일 때 (+), 이중곡률일 때 (-)

M_1/M_2 ≥ -0.5

$r = \sqrt{I/A}$: 회전반경 = 0.202 m

구 분	k	$(k \cdot l_u) / r$	$34-12(M_1/M_2)$	판단	비 고
LCB1(1max)	1.000	37.858	38.939	단주	
LCB1(1min)	1.000	37.858	39.941	단주	
LCB2(2max)	1.000	37.858	40.000	단주	
LCB2(2min)	1.000	37.858	23.630	장주	
LCB3(3max)	1.000	37.858	39.752	단주	
LCB3(3min)	1.000	37.858	26.289	장주	
LCB4(4max)	1.000	37.858	38.706	단주	
LCB4(4min)	1.000	37.858	22.651	장주	
LCB5(5max)	1.000	37.858	40.000	단주	
LCB5(5min)	1.000	37.858	24.459	장주	

22. 계산서 확인(Wall)

· 확대모멘트

$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2$

$\delta_{ns} = \dfrac{C_m}{1 - \dfrac{P_u}{0.75P_c}} \geq 1.0$

$\delta_{ns} = 0.6 + 0.4\dfrac{M_1}{M_2} \geq 0.4$

기둥 양단 사이에 횡하중이 있는 경우, $C_m = 1.0$

$M_{2min} = P_u \cdot e_{min}$ 이상이어야 함

$e_{min} = 15 + 0.03 \cdot h$ (mm)

$= 36.00$ mm

구 분	C_m	P_u (kN)	P_c (kN)	δ	M_u (kN·m)		$\delta \cdot M_2$ (kN·m)
					M_u	M_{2min}	
LCB1(1max)	-	-	-	1.000	-273.112	12.231	-273.112
LCB1(1min)	-	-	-	1.000	-715.788	25.051	-715.788
LCB2(2max)	-	-	-	1.000	-168.292	11.727	-168.292
LCB2(2min)	-	-	-	1.000	-569.685	20.487	-569.685
LCB3(3max)	-	-	-	1.000	-231.706	11.727	-231.706
LCB3(3min)	-	-	-	1.000	-677.105	20.487	-677.105
LCB4(4max)	-	-	-	1.000	-251.012	11.727	-251.012
LCB4(4min)	-	-	-	1.000	-575.044	20.487	-575.044
LCB5(5max)	-	-	-	1.000	-205.855	11.727	-205.855
LCB5(5min)	-	-	-	1.000	-651.254	20.487	-651.254

▶ **설계 단면력**

구 분	P_u (kN)	δM_u (kN·m)	V_u (kN)	비 고
LCB1(1max)	339.75	-273.11	-240.89	
LCB1(1min)	695.87	-715.79	-333.39	
LCB2(2max)	325.75	-168.29	-292.72	
LCB2(2min)	569.07	-569.68	-348.64	
LCB3(3max)	325.75	-231.71	-269.77	
LCB3(3min)	569.07	-677.11	-325.69	
LCB4(4max)	325.75	-251.01	-307.85	
LCB4(4min)	569.07	-575.04	-363.78	
LCB5(5max)	325.75	-205.85	-284.90	
LCB5(5min)	569.07	-651.25	-340.83	

1.2 벽체 단면 설계조건

1) 설계조건

설계기준강도	f_{ck}	=	27.00 MPa	부재폭 (단위폭)	B	=	1000.00 mm
인장철근항복강도	f_y	=	400.00 MPa	부재의 총두께	H	=	700.00 mm
전단철근항복강도	f_{yt}	=	400.00 MPa				

사용철근량

배면 철근 (A_{sb}) = 0.00 mm²

전면 철근 (A_{st}) = 3096.80 mm²

1 단 : H22-4.00EA + H22-4.00EA = 3096.80 mm²

2) 수직철근비 검토

ρ_{min} = 0.0015 ≤ ρ_{use} = 0.0044 ≤ ρ_{max} = 0.0800 ..... OK

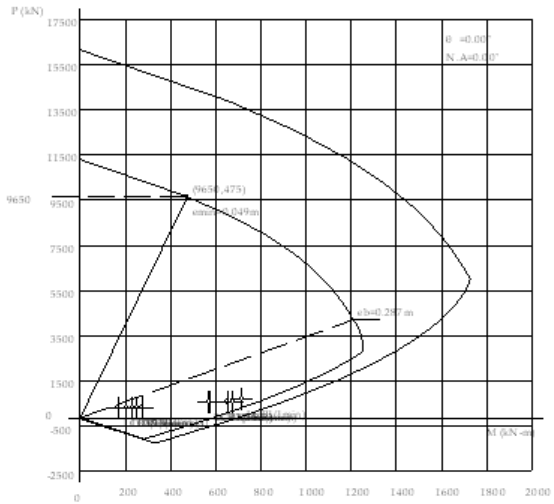
22. 계산서 확인(Wall)

1.3 벽체 단면 검토

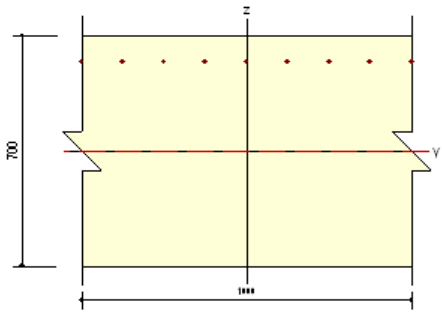
▶ **ALL**

1) P-M상관도

검토단면 : 충실사각형 하중조합 : ALL	검토조건



f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
ΦP_b	=	4212.65 kN
ΦM_b	=	1208.92 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

▶ **LCB1(1max)**

1) 작용하중

계수 모멘트	M_u	=	-273.11 kN·m	계수 축력	P_u	=	339.75 kN
계수 전단력	V_u	=	-240.89 kN	편심거리	e	=	803.86 mm

2) 평형상태 계산

c_b	=	$\frac{0.003}{0.003+f_y/E_s}$ x d	=	372.00 mm	:	중립축
P_b	=	$C_c + C_s + T_s$	=	6018.07 kN	:	균형 하중
M_b	=	$M_{cc} + M_{cs} + M_{ts}$	=	1727.03 kN·m	:	균형 모멘트
e_b	=	M_b / P_b	=	286.97 mm	:	e_b < e ..... **인장지배**

22. 계산서 확인(Wall)

3) 단면강도검토

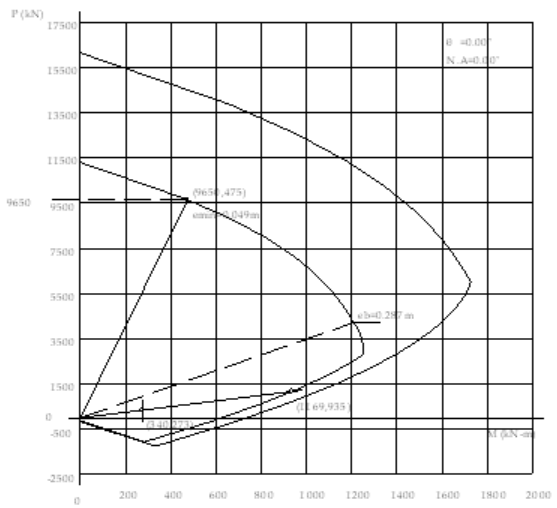
중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

e'	=	M_n / P_n	=	800.31 mm	≒	e	=	803.86 mm	..... OK
P_n	=	$C_c + C_s + T_s$	=	1374.98 kN					
M_n	=	$M_{cc} + M_{cs} + M_{ts}$	=	1100.42 kN·m					
Φ	=	0.850							

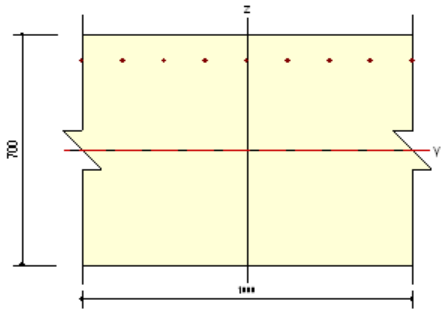
공칭축하중	:	$ΦP_n$	=	1168.73 kN	≥	P_u	..... OK
공칭모멘트	:	$ΦM_n$	=	935.35 kN·m	≥	M_u	..... OK

4) P-M상관도

검토단면	:	충실사각형	검토조건
하중조합	:	LCB1(1max)	



f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044
P_u	=	339.75 kN
M_u	=	-273.11 kN·m
θ	=	0.00 °



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
$ΦP_b$	=	4212.65 kN
$ΦM_b$	=	1208.92 kN·m

▪ 작용편심에서의 설계강도

e	=	803.86 mm
$ΦP_n$	=	1168.73 kN
$ΦM_n$	=	935.35 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

5) 단면 전단 검토

인장철근들의 도심과 압축연단까지의 거리

d = 620.00 mm

콘크리트 공칭전단강도

$$V_c = \frac{1}{6}\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{f_{ck}} \cdot b_w \cdot d = 555.550\ \text{kN}$$

22. 계산서 확인(Wall)

φV_c	$\varphi V_c/2$	V_u (V_{max})	비 고
444.44 kN	222.22 kN	-240.89 kN	

∴ $\Phi V_c/2 < V_u < \Phi V_c$ 이므로 최소전단철근 보강

$_{min}A_{v1} = 0.35 \cdot \dfrac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 262.50$ ㎟

$_{min}A_{v2} = \dfrac{0.0625 \cdot \sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = 243.57$ ㎟

$_{min}A_v = \max[\,_{min}A_{v1}, \,_{min}A_{v2}\,] = 262.50$ ㎟

사용철근량	A_v	=	H16 - 2.00 Legs	=	397.20 ㎟	≥	$_{min}A_v$		..... OK
수평간격	s	=	300.0 mm	≤	min[0.5d, 600mm]	=	310.0 mm		..... OK

▶ **LCB1(1min)**

1) 작용하중

계수 모멘트	M_u	=	-715.79 kN·m	계수 축력	P_u	=	695.87 kN
계수 전단력	V_u	=	-333.39 kN	편심거리	e	=	1028.63 mm

2) 평형상태 계산

$c_b = \dfrac{0.003}{0.003+f_y/E_s} \times d = 372.00$ mm : 중립축

$P_b = C_c + C_s + T_s = 6018.07$ kN : 균형 하중

$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1727.03$ kN·m : 균형 모멘트

$e_b = M_b / P_b = 286.97$ mm : $e_b < e$ ..... **인장지배**

3) 단면강도검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$e' = M_n / P_n = 1028.26$ mm ≒ $e = 1028.63$ mm ..... OK

$P_n = C_c + C_s + T_s = 974.92$ kN

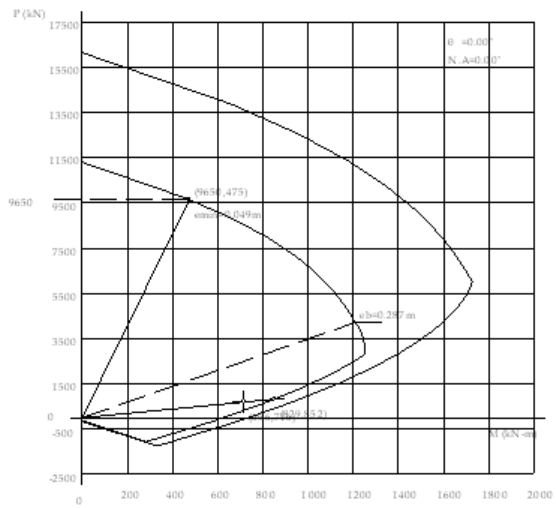
$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1002.47$ kN·m

$\Phi = 0.850$

공칭축하중	:	ΦP_n	=	828.69 kN	≥	P_u	..... OK
공칭모멘트	:	ΦM_n	=	852.10 kN·m	≥	M_u	..... OK

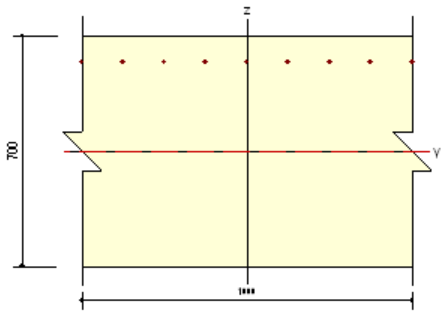
4) P-M상관도

검토단면 : 충실사각형 하중조합 : LCB1(1min)	검토조건



f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044
P_u	=	695.87 kN
M_u	=	-715.79 kN·m
θ	=	0.00 °

22. 계산서 확인(Wall)



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
ΦP_b	=	4212.65 kN
ΦM_b	=	1208.92 kN·m

▪ 작용편심에서의 설계강도

e	=	1028.63 mm
ΦP_n	=	828.69 kN
ΦM_n	=	852.10 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

5) 단면 전단 검토

인장철근들의 도심과 압축연단까지의 거리

d = 620.00 mm

콘크리트 공칭전단강도

$$V_c = \frac{1}{6}\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot d = 575.062\ \text{kN}$$

φV_c	$\varphi V_c/2$	V_u (V_{max})	비 고
460.05 kN	230.02 kN	-333.39 kN	

∴ $\Phi V_c/2 < V_u < \Phi V_c$ 이므로 최소전단철근 보강

$$_{min}A_{v1} = 0.35 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 262.50\ ㎟$$

$$_{min}A_{v2} = \frac{0.0625 \cdot \sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = 243.57\ ㎟$$

$$_{min}A_v = \max[\ _{min}A_{v1},\ _{min}A_{v2}\ ] = 262.50\ ㎟$$

사용철근량	A_v	=	H16 - 2.00 Legs	=	397.20 ㎟	≥	$_{min}A_v$		..... OK
수평간격	s	=	300.0 mm	≤	min[0.5d, 600mm]	=	310.0 mm		..... OK

▶ **LCB2(2max)**

1) 작용하중

계수 모멘트	M_u	=	-168.29 kN·m	계수 축력	P_u	=	325.75 kN
계수 전단력	V_u	=	-292.72 kN	편심거리	e	=	516.62 mm

2) 평형상태 계산

$$c_b = \frac{0.003}{0.003+f_y/E_s} \times d = 372.00\ \text{mm}$$: 중립축

$P_b = C_c + C_s + T_s = 6018.07$ kN : 균형 하중

$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1727.03$ kN·m : 균형 모멘트

$e_b = M_b / P_b = 286.97$ mm : $e_b < e$ ..... **인장지배**

3) 단면강도검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$e' = M_n / P_n = 521.67$ mm ≒ e = 516.62 mm ..... OK

$P_n = C_c + C_s + T_s = 2601.82$ kN

$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1357.30$ kN·m

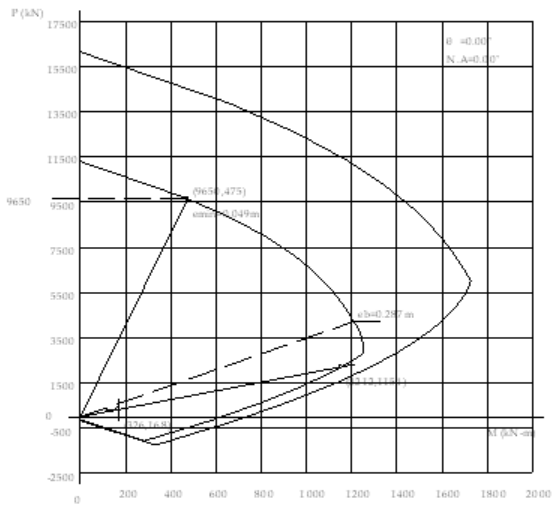
$\Phi = 0.850$

공칭축하중	:	ΦP_n	=	2211.55 kN	≥	P_u	..... OK
공칭모멘트	:	ΦM_n	=	1153.70 kN·m	≥	M_u	..... OK

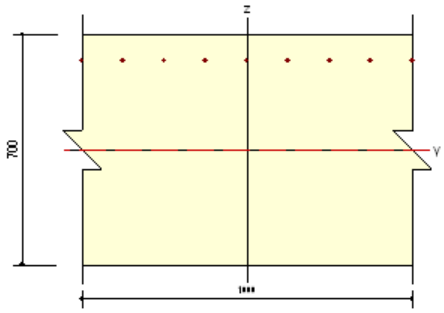
22. 계산서 확인(Wall)

4) P-M상관도

검토단면 : 충실사각형 하중조합 : LCB2(2max)	검토조건



f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044
P_u	=	325.75 kN
M_u	=	-168.29 kN·m
θ	=	0.00 °



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
$ΦP_b$	=	4212.65 kN
$ΦM_b$	=	1208.92 kN·m

▪ 작용편심에서의 설계강도

e	=	516.62 mm
$ΦP_n$	=	2211.55 kN
$ΦM_n$	=	1153.70 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

5) 단면 전단 검토

인장철근들의 도심과 압축연단까지의 거리

d = 620.00 mm

콘크리트 공칭전단강도

$$V_c = \frac{1}{6}\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot d = 554.784 \text{ kN}$$

$φV_c$	$φV_c/2$	V_u (V_{max})	비 고
443.83 kN	221.91 kN	-292.72 kN	

∴ $ΦV_c/2 < V_u < ΦV_c$ 이므로 최소전단철근 보강

$$_{min}A_{v1} = 0.35 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 262.50 \text{ ㎟}$$

$$_{min}A_{v2} = \frac{0.0625 \cdot \sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = 243.57 \text{ ㎟}$$

$$_{min}A_v = \max[\,_{min}A_{v1}, \,_{min}A_{v2}\,] = 262.50 \text{ ㎟}$$

사용철근량	A_v	=	H16 - 2.00 Legs	=	397.20 ㎟	≥	$_{min}A_v$		..... OK
수평간격	s	=	300.0 mm	≤	min[0.5d, 600mm]	=	310.0 mm		..... OK

22. 계산서 확인(Wall)

▶ **LCB2(2min)**

1) 작용하중

계수 모멘트	M_u	=	-569.68 kN·m	계수 축력	P_u	=	569.07 kN
계수 전단력	V_u	=	-348.64 kN	편심거리	e	=	1001.08 mm

2) 평형상태 계산

$c_b = \dfrac{0.003}{0.003+f_y/E_s} \times d = 372.00$ mm : 중립축

$P_b = C_c + C_s + T_s = 6018.07$ kN : 균형 하중

$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1727.03$ kN·m : 균형 모멘트

$e_b = M_b / P_b = 286.97$ mm : $e_b < e$ ..... **인장지배**

3) 단면강도검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$e' = M_n / P_n = 1007.61$ mm ≒ $e = 1001.08$ mm ..... OK

$P_n = C_c + C_s + T_s = 1001.59$ kN

$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1009.22$ kN·m

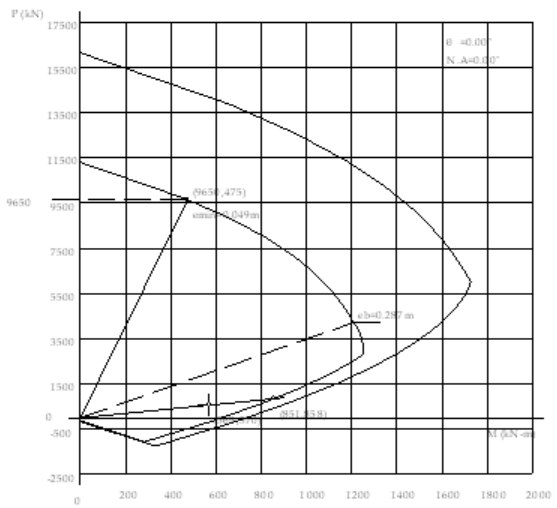
$\Phi = 0.850$

공칭축하중 : $\Phi P_n = 851.36$ kN ≥ P_u ..... OK

공칭모멘트 : $\Phi M_n = 857.84$ kN·m ≥ M_u ..... OK

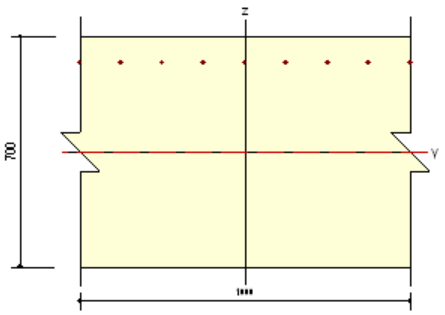
4) P-M상관도

검토단면	:	충실사각형
하중조합	:	LCB2(2min)



검토조건

f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044
P_u	=	569.07 kN
M_u	=	-569.68 kN·m
θ	=	0.00 °



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
ΦP_b	=	4212.65 kN
ΦM_b	=	1208.92 kN·m

▪ 작용편심에서의 설계강도

e	=	1001.08 mm
ΦP_n	=	851.36 kN
ΦM_n	=	857.84 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

22. 계산서 확인(Wall)

5) 단면 전단 검토

인장철근들의 도심과 압축연단까지의 거리

d = 620.00 mm

콘크리트 공칭전단강도

$$V_c = \frac{1}{6}\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot d = 568.115\ \text{kN}$$

φV_c	$\varphi V_c/2$	V_u (V_{max})	비 고
454.49 kN	227.25 kN	-348.64 kN	

∴ $\Phi V_c/2 < V_u < \Phi V_c$ 이므로 최소전단철근 보강

$$_{min}A_{v1} = 0.35 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 262.50\ \text{㎟}$$

$$_{min}A_{v2} = \frac{0.0625 \cdot \sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = 243.57\ \text{㎟}$$

$$_{min}A_v = \max\left[\ _{min}A_{v1},\ _{min}A_{v2}\right] = 262.50\ \text{㎟}$$

사용철근량	A_v	=	H16 - 2.00 Legs	=	397.20 ㎟	≥	$_{min}A_v$	..... OK
수평간격	s	=	300.0 mm	≤	min[0.5d, 600mm]	=	310.0 mm	..... OK

▶ **LCB3(3max)**

1) 작용하중

계수 모멘트	M_u	=	-231.71 kN·m	계수 축력	P_u	=	325.75 kN
계수 전단력	V_u	=	-269.77 kN	편심거리	e	=	711.29 mm

2) 평형상태 계산

$$c_b = \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} \times d = 372.00\ \text{mm}$$: 중립축

$P_b = C_c + C_s + T_s = 6018.07$ kN : 균형 하중

$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1727.03$ kN·m : 균형 모멘트

$e_b = M_b / P_b = 286.97$ mm : $e_b < e$ ..... **인장지배**

3) 단면강도검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$e' = M_n / P_n = 707.71$ mm ≒ e = 711.29 mm ..... OK

$P_n = C_c + C_s + T_s = 1641.68$ kN

$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1161.84$ kN·m

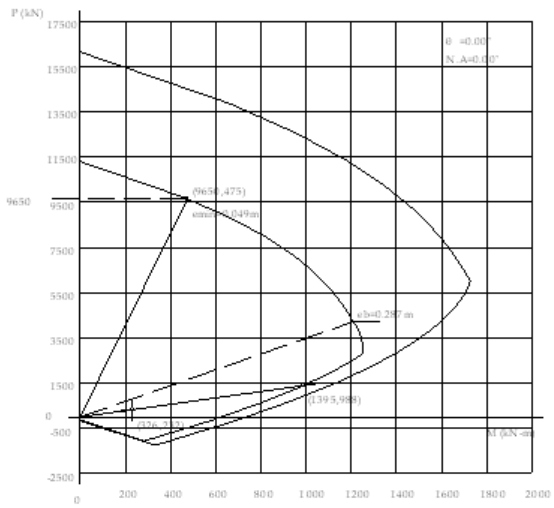
$\Phi = 0.850$

공칭축하중	:	ΦP_n	=	1395.43 kN	≥	P_u	..... OK
공칭모멘트	:	ΦM_n	=	987.56 kN·m	≥	M_u	..... OK

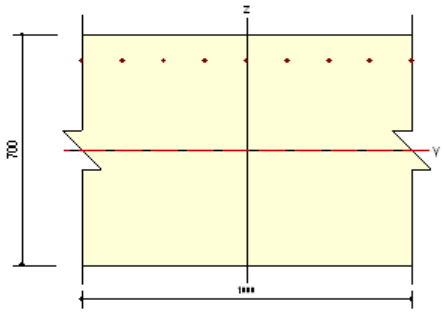
22. 계산서 확인(Wall)

4) P-M상관도

검토단면 : 충실사각형 하중조합 : LCB3(3max)	검토조건



f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044
P_u	=	325.75 kN
M_u	=	-231.71 kN·m
θ	=	0.00 °



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
ΦP_b	=	4212.65 kN
ΦM_b	=	1208.92 kN·m

▪ 작용편심에서의 설계강도

e	=	711.29 mm
ΦP_n	=	1395.43 kN
ΦM_n	=	987.56 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

5) 단면 전단 검토

인장철근들의 도심과 압축연단까지의 거리

d = 620.00 mm

콘크리트 공칭전단강도

$$V_c = \frac{1}{6}\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot d = 554.784 \text{ kN}$$

φV_c	$\varphi V_c/2$	V_u (V_{max})	비 고
443.83 kN	221.91 kN	-269.77 kN	

∴ $\Phi V_c/2 < V_u < \Phi V_c$ 이므로 최소전단철근 보강

$$_{min}A_{v1} = 0.35 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 262.50 \text{ ㎟}$$

$$_{min}A_{v2} = \frac{0.0625 \cdot \sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = 243.57 \text{ ㎟}$$

$$_{min}A_v = \max[\,_{min}A_{v1}, \,_{min}A_{v2}\,] = 262.50 \text{ ㎟}$$

사용철근량	A_v	=	H16 - 2.00 Legs	=	397.20 ㎟	≥	$_{min}A_v$		..... OK
수평간격	s	=	300.0 mm	≤	min[0.5d, 600mm]	=	310.0 mm		..... OK

22. 계산서 확인(Wall)

▶ **LCB3(3min)**

1) 작용하중

계수 모멘트	M_u	=	-677.11 kN·m	계수 축력	P_u	=	569.07 kN
계수 전단력	V_u	=	-325.69 kN	편심거리	e	=	1189.84 mm

2) 평형상태 계산

$c_b = \dfrac{0.003}{0.003+f_y/E_s} \times d = 372.00$ mm : 중립축

$P_b = C_c + C_s + T_s = 6018.07$ kN : 균형 하중

$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1727.03$ kN·m : 균형 모멘트

$e_b = M_b / P_b = 286.97$ mm : $e_b < e$ ..... **인장지배**

3) 단면강도검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$e' = M_n / P_n = 1179.70$ mm ≒ $e = 1189.84$ mm ..... OK

$P_n = C_c + C_s + T_s = 814.90$ kN

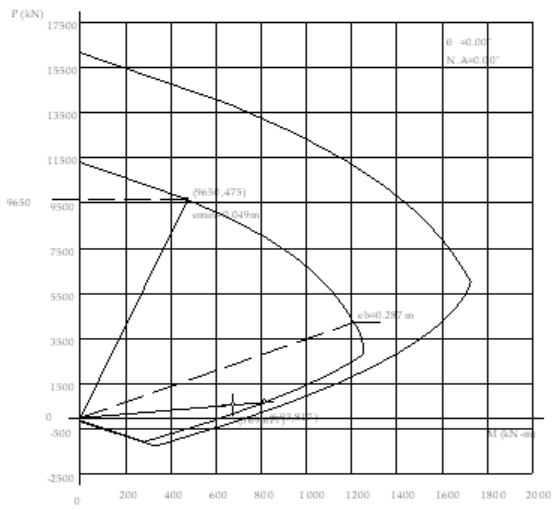
$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 961.34$ kN·m

$\Phi = 0.850$

공칭축하중	:	ΦP_n	=	692.67 kN	≥	P_u	..... OK
공칭모멘트	:	ΦM_n	=	817.14 kN·m	≥	M_u	..... OK

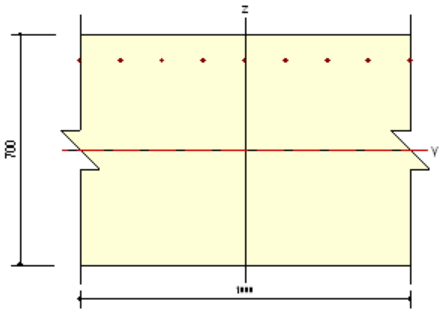
4) P-M상관도

검토단면	:	충실사각형
하중조합	:	LCB3(3min)



검토조건

f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044
P_u	=	569.07 kN
M_u	=	-677.11 kN·m
θ	=	0.00 °



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
ΦP_b	=	4212.65 kN
ΦM_b	=	1208.92 kN·m

▪ 작용편심에서의 설계강도

e	=	1189.84 mm
ΦP_n	=	692.67 kN
ΦM_n	=	817.14 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

22. 계산서 확인(Wall)

5) 단면 전단 검토

인장철근들의 도심과 압축연단까지의 거리

$d = 620.00$ mm

콘크리트 공칭전단강도

$$V_c = \frac{1}{6}\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot d = 568.115 \text{ kN}$$

φV_c	$\varphi V_c/2$	V_u (V_{max})	비 고
454.49 kN	227.25 kN	-325.69 kN	

∴ $\Phi V_c/2 < V_u < \Phi V_c$ 이므로 최소전단철근 보강

$${}_{min}A_{v1} = 0.35 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 262.50 \text{ ㎟}$$

$${}_{min}A_{v2} = \frac{0.0625 \cdot \sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = 243.57 \text{ ㎟}$$

$${}_{min}A_v = \max[\,{}_{min}A_{v1}, {}_{min}A_{v2}\,] = 262.50 \text{ ㎟}$$

사용철근량	A_v	=	H16 - 2.00 Legs	=	397.20 ㎟	≥	${}_{min}A_v$	..... OK
수평간격	s	=	300.0 mm	≤	min[0.5d, 600mm]	=	310.0 mm	..... OK

▶ **LCB4(4max)**

1) 작용하중

계수 모멘트	M_u	=	-251.01 kN·m	계수 축력	P_u	=	325.75 kN
계수 전단력	V_u	=	-307.85 kN	편심거리	e	=	770.56 mm

2) 평형상태 계산

$$c_b = \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} \times d = 372.00 \text{ mm}$$: 중립축

$P_b = C_c + C_s + T_s = 6018.07$ kN : 균형 하중

$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1727.03$ kN·m : 균형 모멘트

$e_b = M_b / P_b = 286.97$ mm : $e_b < e$ ..... **인장지배**

3) 단면강도검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$e' = M_n / P_n = 769.19$ mm ≒ $e = 770.56$ mm ..... OK

$P_n = C_c + C_s + T_s = 1454.99$ kN

$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1119.17$ kN·m

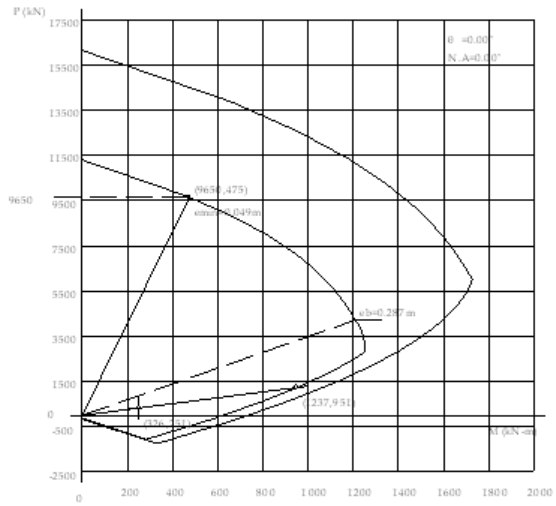
$\Phi = 0.850$

공칭축하중	:	ΦP_n	=	1236.74 kN	≥	P_u	..... OK
공칭모멘트	:	ΦM_n	=	951.29 kN·m	≥	M_u	..... OK

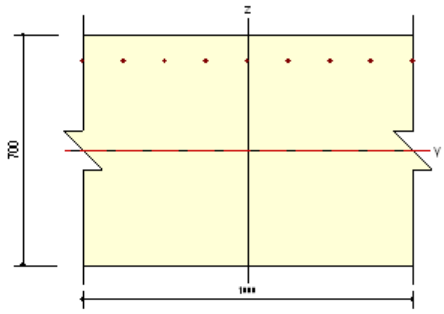
22. 계산서 확인(Wall)

4) P-M상관도

검토단면 :	충실사각형	검토조건
하중조합 :	LCB4(4max)	



f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044
P_u	=	325.75 kN
M_u	=	-251.01 kN·m
θ	=	0.00 °



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
ΦP_b	=	4212.65 kN
ΦM_b	=	1208.92 kN·m

▪ 작용편심에서의 설계강도

e	=	770.56 mm
ΦP_n	=	1236.74 kN
ΦM_n	=	951.29 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

5) 단면 전단 검토

인장철근들의 도심과 압축연단까지의 거리

d = 620.00 mm

콘크리트 공칭전단강도

$$V_c = \frac{1}{6}\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot d = 554.784 \text{ kN}$$

φV_c	$\varphi V_c/2$	V_u (V_{max})	비 고
443.83 kN	221.91 kN	-307.85 kN	

∴ $\Phi V_c/2 < V_u < \Phi V_c$ 이므로 최소전단철근 보강

$$_{min}A_{v1} = 0.35 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 262.50 \text{ ㎟}$$

$$_{min}A_{v2} = \frac{0.0625 \cdot \sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = 243.57 \text{ ㎟}$$

$$_{min}A_v = \max[\,_{min}A_{v1}, \,_{min}A_{v2}\,] = 262.50 \text{ ㎟}$$

사용철근량	A_v	=	H16 - 2.00 Legs	=	397.20 ㎟	≥	$_{min}A_v$		..... OK
수평간격	s	=	300.0 mm	≤	min[0.5d, 600mm]	=	310.0 mm		..... OK

22. 계산서 확인(Wall)

▶ **LCB4(4min)**

1) 작용하중

계수 모멘트	M_u	=	-575.04 kN·m	계수 축력	P_u	=	569.07 kN
계수 전단력	V_u	=	-363.78 kN	편심거리	e	=	1010.50 mm

2) 평형상태 계산

$c_b = \dfrac{0.003}{0.003+f_y/E_s} \times d = 372.00$ mm : 중립축

$P_b = C_c + C_s + T_s = 6018.07$ kN : 균형 하중

$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1727.03$ kN·m : 균형 모멘트

$e_b = M_b / P_b = 286.97$ mm : $e_b < e$ ..... **인장지배**

3) 단면강도검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$e' = M_n / P_n = 1007.61$ mm ≒ $e = 1010.50$ mm ..... OK

$P_n = C_c + C_s + T_s = 1001.59$ kN

$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1009.22$ kN·m

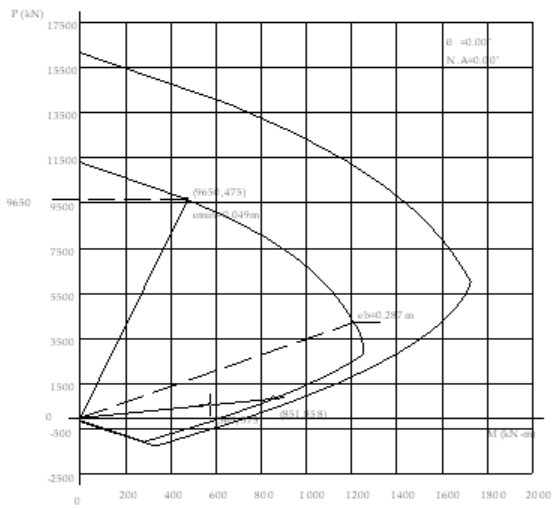
$\Phi = 0.850$

공칭축하중 : $\Phi P_n = 851.36$ kN ≥ P_u ..... OK

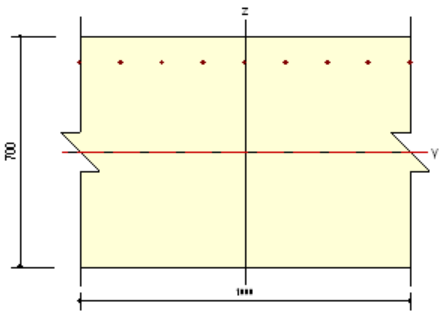
공칭모멘트 : $\Phi M_n = 857.84$ kN·m ≥ M_u ..... OK

4) P-M상관도

검토단면 : 충실사각형 하중조합 : LCB4(4min)	검토조건



f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044
P_u	=	569.07 kN
M_u	=	-575.04 kN·m
θ	=	0.00 °



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
ΦP_b	=	4212.65 kN
ΦM_b	=	1208.92 kN·m

▪ 작용편심에서의 설계강도

e	=	1010.50 mm
ΦP_n	=	851.36 kN
ΦM_n	=	857.84 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

22. 계산서 확인(Wall)

5) 단면 전단 검토

인장철근들의 도심과 압축연단까지의 거리

d = 620.00 mm

콘크리트 공칭전단강도

$$V_c = \frac{1}{6}\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot d = 568.115\ \text{kN}$$

φV_c	$\varphi V_c/2$	V_u (V_{max})	비 고
454.49 kN	227.25 kN	-363.78 kN	

∴ $\Phi V_c/2 < V_u < \Phi V_c$ 이므로 최소전단철근 보강

$$_{min}A_{v1} = 0.35 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 262.50\ \text{㎟}$$

$$_{min}A_{v2} = \frac{0.0625 \cdot \sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = 243.57\ \text{㎟}$$

$$_{min}A_v = \max\left[\ _{min}A_{v1},\ _{min}A_{v2}\ \right] = 262.50\ \text{㎟}$$

사용철근량	A_v	=	H16 - 2.00 Legs	=	397.20 ㎟	≥	$_{min}A_v$	..... OK
수평간격	s	=	300.0 mm	≤	min[0.5d, 600mm]	=	310.0 mm	..... OK

▶ **LCB5(5max)**

1) 작용하중

계수 모멘트	M_u	=	-205.85 kN·m	계수 축력	P_u	=	325.75 kN
계수 전단력	V_u	=	-284.90 kN	편심거리	e	=	631.93 mm

2) 평형상태 계산

$$c_b = \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} \times d = 372.00\ \text{mm}$$: 중립축

$P_b = C_c + C_s + T_s = 6018.07$ kN : 균형 하중

$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1727.03$ kN·m : 균형 모멘트

$e_b = M_b / P_b = 286.97$ mm : $e_b < e$ ..... **인장지배**

3) 단면강도검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$e' = M_n / P_n = 627.74$ mm ≒ e = 631.93 mm ..... OK

$P_n = C_c + C_s + T_s = 1961.73$ kN

$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1231.46$ kN·m

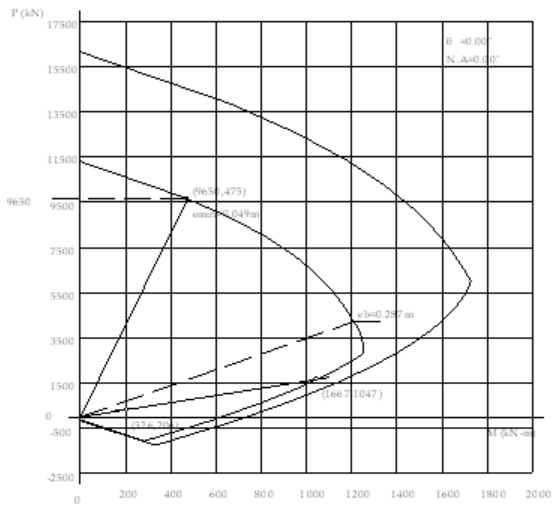
$\Phi = 0.850$

공칭축하중	:	ΦP_n	=	1667.47 kN	≥	P_u	..... OK
공칭모멘트	:	ΦM_n	=	1046.74 kN·m	≥	M_u	..... OK

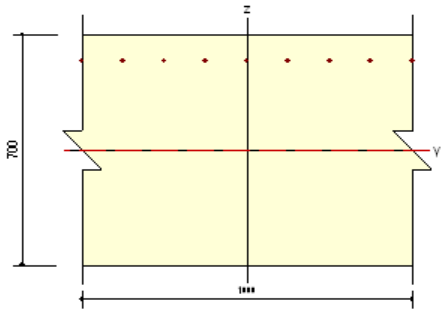
22. 계산서 확인(Wall)

4) P-M상관도

검토단면 : 충실사각형 하중조합 : LCB5(5max)	검토조건



f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044
P_u	=	325.75 kN
M_u	=	-205.85 kN·m
θ	=	0.00 °



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
$ΦP_b$	=	4212.65 kN
$ΦM_b$	=	1208.92 kN·m

▪ 작용편심에서의 설계강도

e	=	631.93 mm
$ΦP_n$	=	1667.47 kN
$ΦM_n$	=	1046.74 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

5) 단면 전단 검토

인장철근들의 도심과 압축연단까지의 거리

d = 620.00 mm

콘크리트 공칭전단강도

$$V_c = \frac{1}{6}\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot d = 554.784\ \text{kN}$$

$φV_c$	$φV_c/2$	V_u (V_{max})	비 고
443.83 kN	221.91 kN	-284.90 kN	

∴ $ΦV_c/2 < V_u < ΦV_c$ 이므로 최소전단철근 보강

$$_{min}A_{v1} = 0.35 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 262.50\ ㎟$$

$$_{min}A_{v2} = \frac{0.0625 \cdot \sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = 243.57\ ㎟$$

$$_{min}A_v = \max[\ _{min}A_{v1},\ _{min}A_{v2}\ ] = 262.50\ ㎟$$

사용철근량	A_v	=	H16 - 2.00 Legs	=	397.20 ㎟	≥	$_{min}A_v$		..... OK
수평간격	s	=	300.0 mm	≤	min[0.5d, 600mm]	=	310.0 mm		..... OK

22. 계산서 확인(Wall)

▶ **LCB5(5min)**

1) 작용하중

계수 모멘트	M_u	=	-651.25 kN·m	계수 축력	P_u	=	569.07 kN
계수 전단력	V_u	=	-340.83 kN	편심거리	e	=	1144.42 mm

2) 평형상태 계산

$c_b = \dfrac{0.003}{0.003+f_y/E_s} \times d = 372.00$ mm : 중립축

$P_b = C_c + C_s + T_s = 6018.07$ kN : 균형 하중

$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 1727.03$ kN·m : 균형 모멘트

$e_b = M_b / P_b = 286.97$ mm : $e_b < e$ ..... **인장지배**

3) 단면강도검토

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$e' = M_n / P_n = 1150.55$ mm ≒ $e = 1144.42$ mm ..... OK

$P_n = C_c + C_s + T_s = 841.57$ kN

$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 968.27$ kN·m

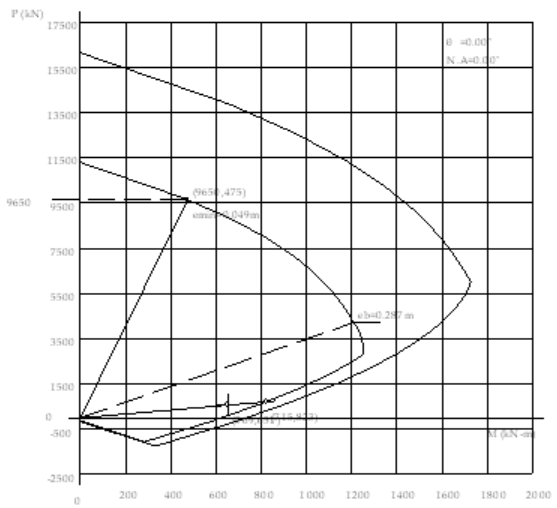
$\Phi = 0.850$

공칭축하중 : $\Phi P_n = 715.34$ kN ≥ P_u ..... OK

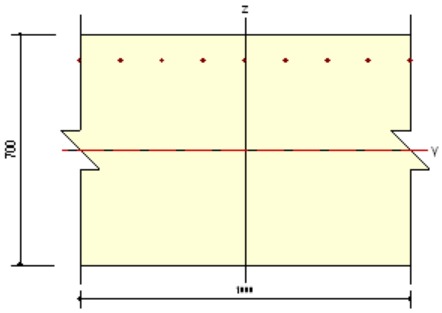
공칭모멘트 : $\Phi M_n = 823.03$ kN·m ≥ M_u ..... OK

4) P-M상관도

검토단면 : 충실사각형 하중조합 : LCB5(5min)	검토조건



f_{ck}	=	27.00 MPa
f_y	=	400.00 MPa
E_c	=	27804.06 MPa
E_s	=	200000.00 MPa
l_{uy}	=	7.650 m
k_y	=	1.000
ρ	=	0.0044
P_u	=	569.07 kN
M_u	=	-651.25 kN·m
θ	=	0.00 °



▪ 평형편심상태

e_b	=	286.97 mm
ΦP_b	=	4212.65 kN
ΦM_b	=	1208.92 kN·m

▪ 작용편심에서의 설계강도

e	=	1144.42 mm
ΦP_n	=	715.34 kN
ΦM_n	=	823.03 kN·m

▪ 사용철근량

A_s	=	3096.80 ㎟

22. 계산서 확인(Wall)

5) 단면 전단 검토

인장철근들의 도심과 압축연단까지의 거리

$d = 620.00$ mm

콘크리트 공칭전단강도

$$V_c = \frac{1}{6}\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot d = 568.115 \text{ kN}$$

φV_c	$\varphi V_c/2$	V_u (V_{max})	비 고
454.49 kN	227.25 kN	-340.83 kN	

∴ $\Phi V_c/2 < V_u < \Phi V_c$ 이므로 최소전단철근 보강

$$_{min}A_{v1} = 0.35 \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 262.50 \text{ ㎟}$$

$$_{min}A_{v2} = \frac{0.0625 \cdot \sqrt{(f_{ck})} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = 243.57 \text{ ㎟}$$

$$_{min}A_v = \max[\,_{min}A_{v1}, \,_{min}A_{v2}\,] = 262.50 \text{ ㎟}$$

사용철근량 A_v = H16 - 2.00 Legs = 397.20 ㎟ ≥ $_{min}A_v$ ..... OK

수평간격 s = 300.0 mm ≤ min[0.5d, 600mm] = 310.0 mm ..... OK

1.4 최외곽 인장철근 중심간격 검토

▶ **전면 : LCB9(9min)**

사용하중모멘트	M_s	=	-352.48 kN·m	인장철근 도심까지의 거리	y	=	80.00 mm
철근탄성계수	E_s	=	200000.00 MPa	최외측 인장철근중심까지의 거리	d_c	=	80.00 mm
콘크리트탄성계수	E_c	=	27804.06 MPa	인장철근량	A_s	=	3096.80 ㎟
탄성계수비	n	=	7				

$\rho = A_s / (b_w \cdot d) = 0.004995$: 철근비

$k = -n\rho+\sqrt{((n\rho)^2+2n\rho)} = 0.231776$: 중립축비

$x = k \cdot d = 143.70$ mm : 압축측 연단에서 중립축까지 거리

$I_{cr} = 1/3\, b \cdot x^3 + n \cdot As \cdot (d-x)^2$

$= 5906937121.91$ ㎟ : 중립축에 대한 환산단면 2차모멘트

철근의 응력

$f_s = n \cdot M_s \cdot (h-x-d_c) / I_{cr} = 198.95$ MPa ≤ f_y = 400.00 MPa ∴ f_s = 198.95 MPa

허용 철근간격 검토

$s_{a1} = 375 \cdot (210 / f_s) - 2.5 \cdot C_c = 223.58$ ㎜

$s_{a2} = 300 \cdot (210 / f_s) = 316.66$ ㎜

min[s_{a1}, s_{a2}] = 223.58 ㎜ ≥ s = 125.00 ㎜ ..... OK

여기서, C_c는 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 최소두께를 나타냄. C_c = 68.90 ㎜

▶ **배면 : LCB8(8max)**

사용하중모멘트	M_s	=	4.44 kN·m	인장철근 도심까지의 거리	y	=	0.00 mm
철근탄성계수	E_s	=	200000.00 MPa	최외측 인장철근중심까지의 거리	d_c	=	100.00 mm
콘크리트탄성계수	E_c	=	27804.06 MPa	인장철근량	A_s	=	0.00 ㎟
탄성계수비	n	=	7				

$\rho = A_s / (b_w \cdot d) = 0.$: 철근비

$k = -n\rho+\sqrt{((n\rho)^2+2n\rho)} = 0.$: 중립축비

$x = k \cdot d = 0.00$ mm : 압축측 연단에서 중립축까지 거리

$I_{cr} = 1/3\, b \cdot x^3 + n \cdot As \cdot (d-x)^2$

$= 0.00$ ㎟ : 중립축에 대한 환산단면 2차모멘트

철근의 응력

$f_s = n \cdot M_s \cdot (h-x-d_c) / I_{cr} = 0.00$ MPa ≤ f_y = 400.00 MPa ∴ f_s = 0.00 MPa

허용 철근간격 검토

$s_{a1} = 375 \cdot (210 / f_s) - 2.5 \cdot C_c = 0.00$ ㎜

$s_{a2} = 300 \cdot (210 / f_s) = 0.00$ ㎜

min[s_{a1}, s_{a2}] = 0.00 ㎜ ≥ s = 0.00 ㎜ ..... OK

여기서, C_c는 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 최소두께를 나타냄. C_c = 100.00 ㎜