

토목구조분야 기본교육

교육 내용

01 구조해석 기본교육

(구조해석 및 CIVIL NX 소개)

02 CIVIL NX 이해하기

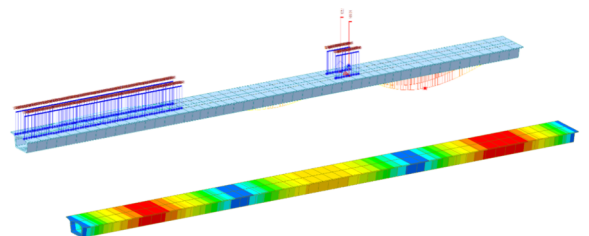
(슬래브교(단순보) 모델링 및 구조해석)

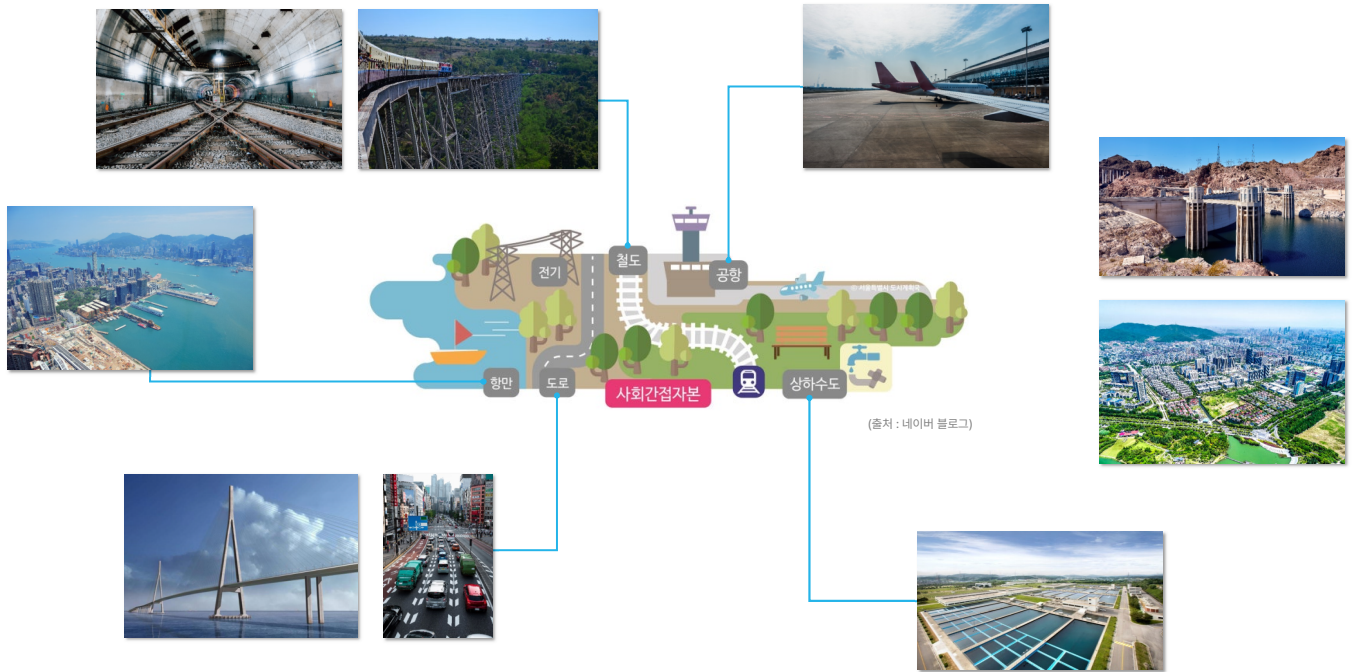
03 CIVIL NX 따라하기

(라멘교 모델링 및 구조해석)

04 CIVIL NX 활용하기

(강박스교 모델링 및 이동하중 해석)





© MIDAS IT Co., Ltd



© MIDAS IT Co., Ltd

[계획]

어디에,
어느 정도의 규모로,
사람이나 차는 얼마나 다닐지(통행량)
등 결정

설계 조건

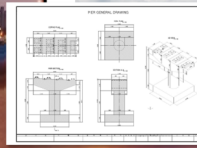
[구조설계]

주어진 조건을 만족하는
구조물을 최적으로 건설하기 위해
재료, 형태 및 치수등을 구체화

지반조건, 교량 제원, 대략의 하중 등

도면

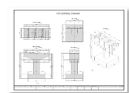
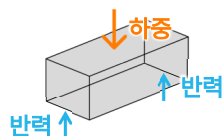
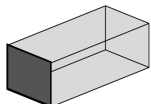
[시공]



[구조설계]

주어진 조건을 만족하는
구조물을 최적으로 건설하기 위해
재료, 형태 및 치수등을 구체화

구조계획, 단면치수 결정 > (프로그램을 이용한) 구조해석 > 단면설계 > 도면, 수량



두산백과

구조해석

[structural analysis , 構造解析]

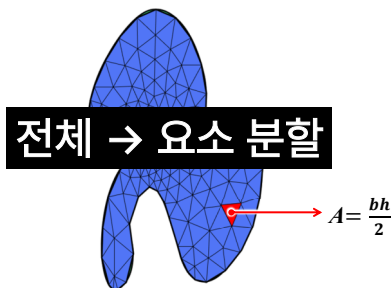
요약 설계단계에 있는 구조물이 실제 제작되었을 때, 설계자가 예상했던 외력이 가해지는 경우 가장 불리한 상

수치계산을 통해 근사값을 구하는 과정

기체요소나 기체요소를 조합한 기체 등의 구조물이 외력을 받았을 때, 구조물의 강성(剛性), 응력분포, 변형 등이 어떻게 되는가에 관해서 수치계산을 하여 그 근사값을 알아내는 것이다. 구조해석은 탄성영역에서의 선형해석과 소성영역에서의 비선형해석으로 대별된다.

수치계산 방법으로는 일반적으로 유한요소법(FEM)을 쓰는 경우가 많다. 최근에는 컴퓨터의 발달에 의하여 퍼스널 컴퓨터로도 용이하게 구조해석을 할 수 있는 범용구조해석 소프트웨어가 제품화되어 있다. 이들 소프트웨어의 대부분은 3차원CAD로 작성된 형상 데이터를 이용할 수 있다.

© MIDAS IT Co., Ltd

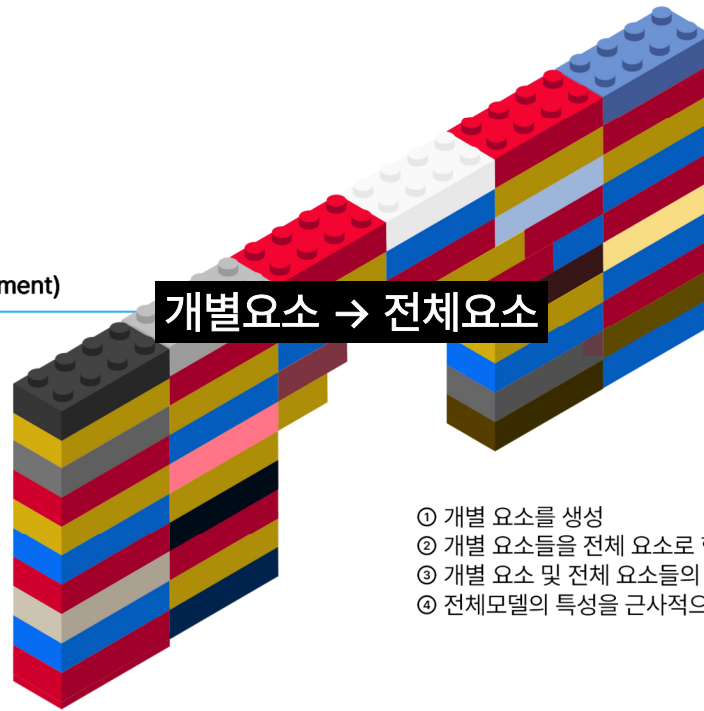


- ① 직접 계산하기 어려운 복잡한 모델(구조물)을 유한개의 요소로 분할
- ② 개별 요소의 특성을 계산
- ③ 전체 요소의 특성을 조합
- ④ 전체모델의 특성을 근사적으로 계산

© MIDAS IT Co., Ltd

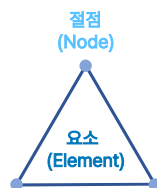
요소 (Element)

개별요소 → 전체요소



- ① 개별 요소를 생성
- ② 개별 요소들을 전체 요소로 형상화 (모델링)
- ③ 개별 요소 및 전체 요소들의 특성을 계산
- ④ 전체모델의 특성을 근사적으로 계산

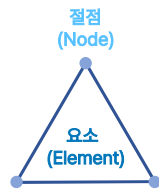
© MIDAS IT Co., Ltd



선 (Edge)	삼각형 (Tri) 사각형 (Quad)	사면체 (Tetra) 오면체 (Penta) 육면체 (Hexa)
1차원 요소	2차원 요소	3차원 요소

- 다양한 해석에 활용 가능
- 해석 대상의 형태에 제약이 없음
- 하중, 경계조건 사용에 제약이 없음
- 해석 모델의 각 부분마다 다른 거동, 재료 정의 가능
- 정확도 향상 방법 직관적 (조밀한 요소망)

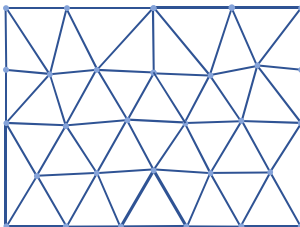
© MIDAS IT Co., Ltd



- 다양한 해석에 활용 가능
- 해석 대상의 형태에 제약이 없음
- 하중, 경계조건 사용에 제약이 없음
- 해석 모델의 각 부분마다 다른 거동, 재료 정의 가능
- 정확도 향상 방법 직관적 (조밀한 요소망)

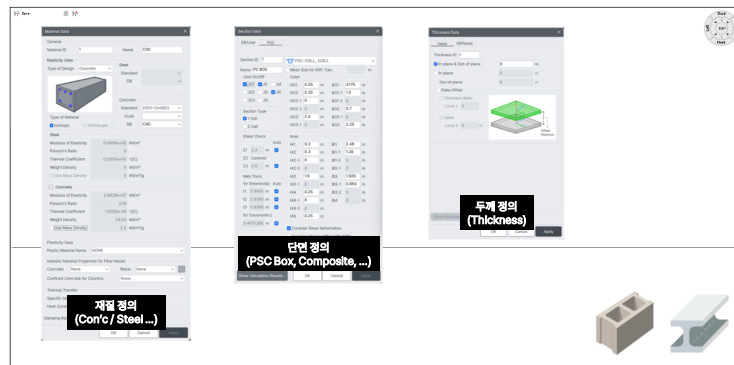
선 (Edge)	삼각형 (Tri) 사각형 (Quad)	사면체 (Tetra) 오면체 (Penta) 육면체 (Hexa)
1차원 요소	2차원 요소	3차원 요소

요소망 (Mesh)

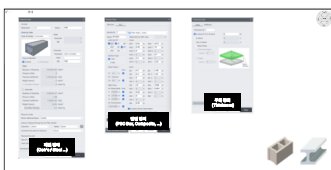


- 다양한 해석에 활용 가능
- 해석 대상의 형태에 제약이 없음
- 하중, 경계조건 사용에 제약이 없음
- 해석 모델의 각 부분마다 다른 거동, 재료 정의 가능
- 정확도 향상 방법 직관적 (조밀한 요소망)

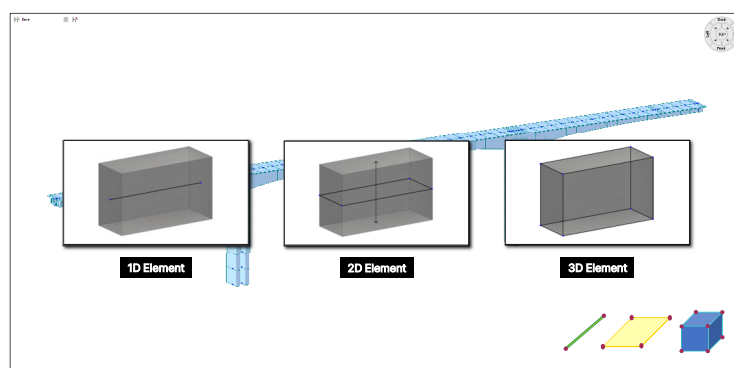
선 (Edge)	삼각형 (Tri) 사각형 (Quad)	사면체 (Tetra) 오면체 (Penta) 육면체 (Hexa)
1차원 요소	2차원 요소	3차원 요소



특성 정의



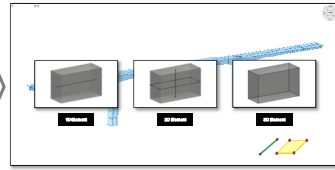
특성 정의



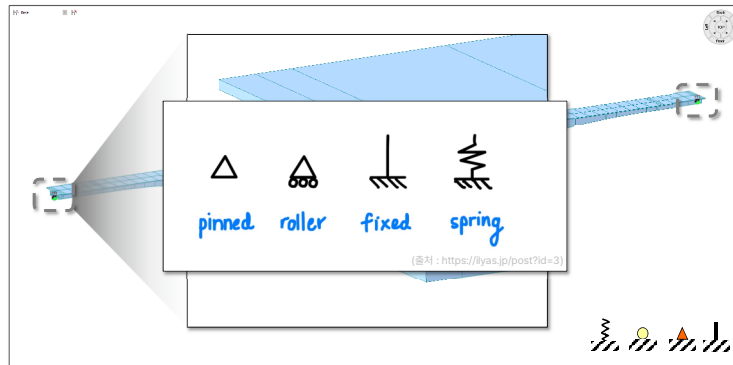
기하형상 모델링



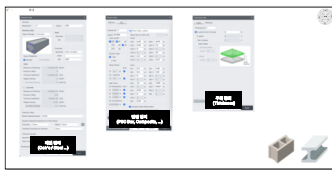
특성 정의



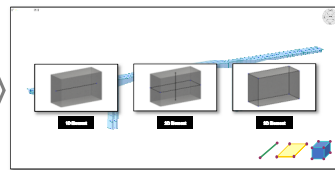
기하형상 모델링



경계조건 정의



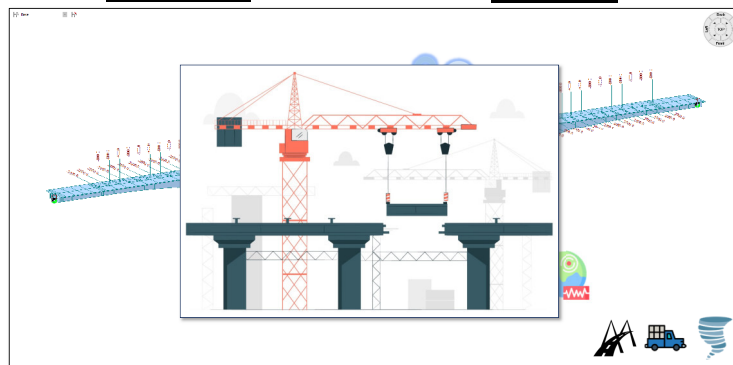
특성 정의



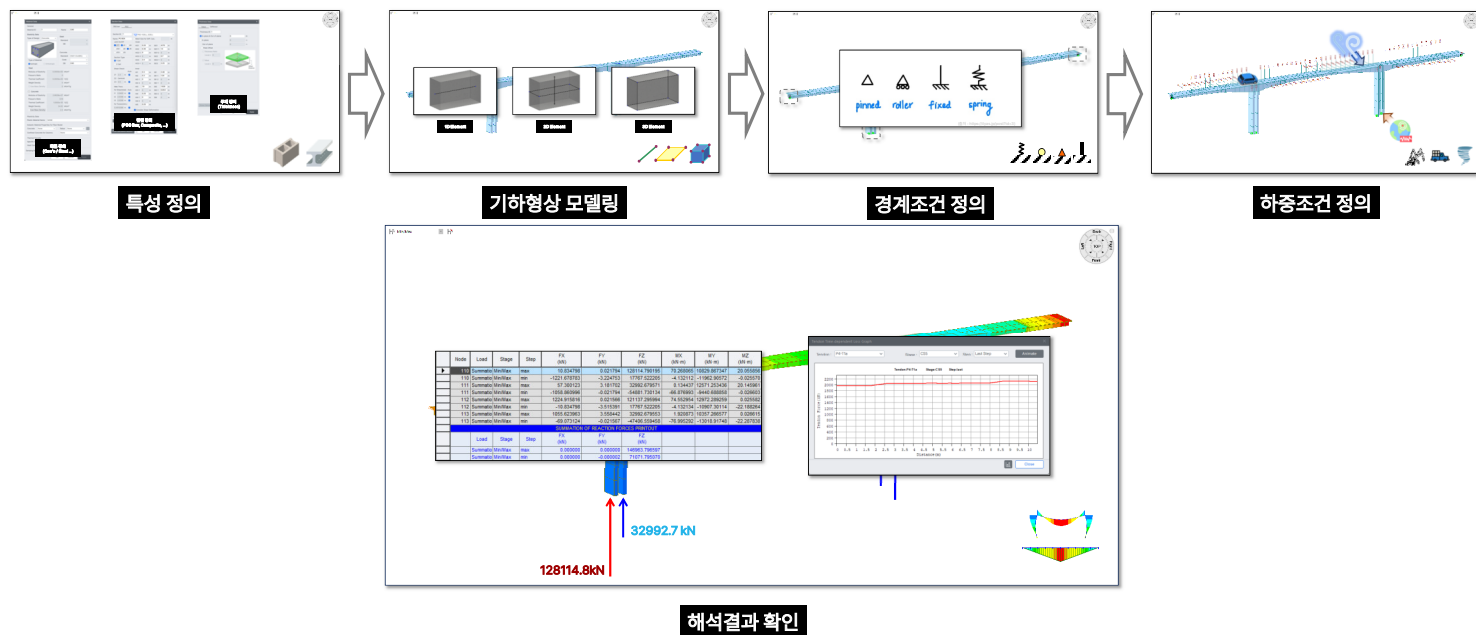
기하형상 모델링



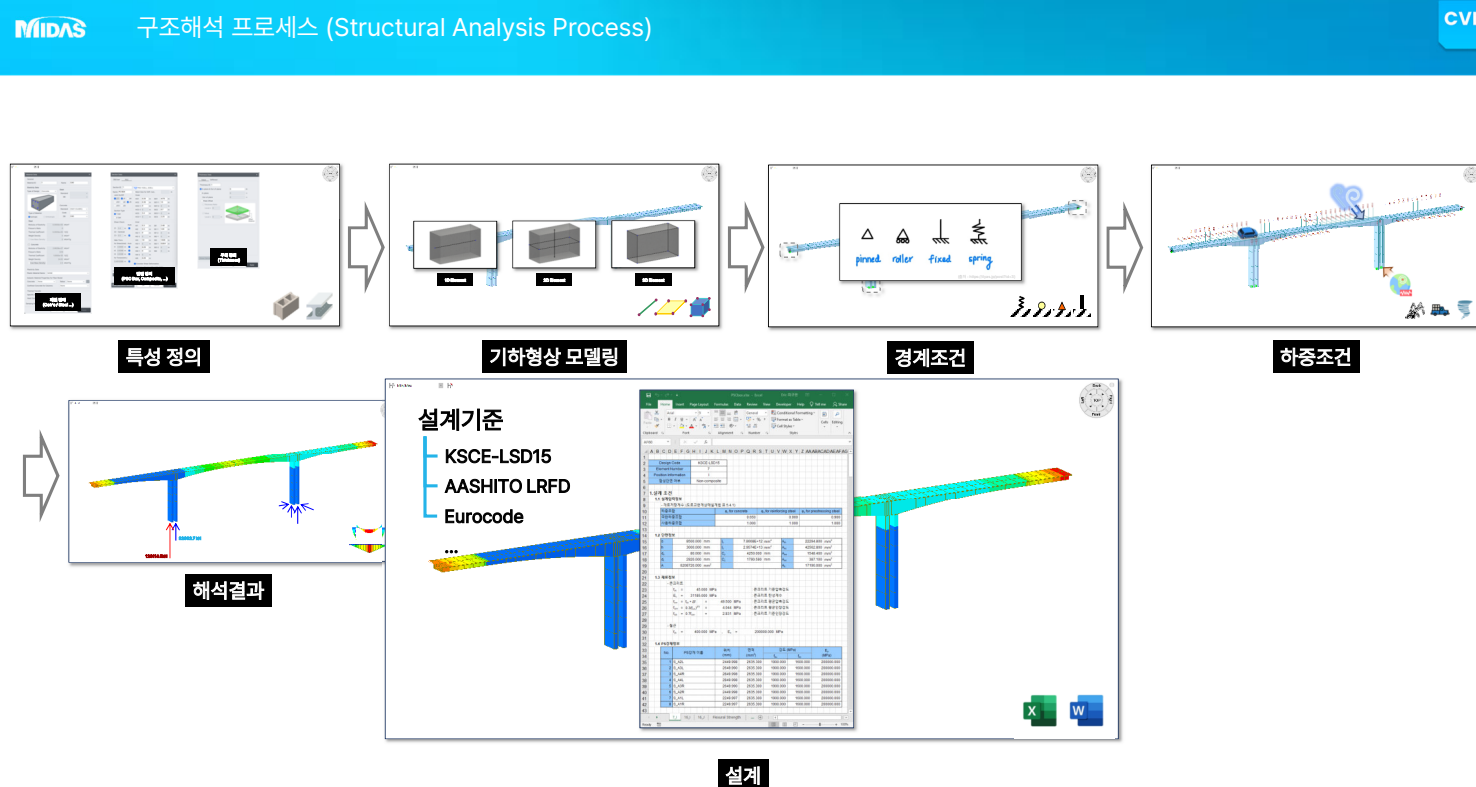
경계조건 정의



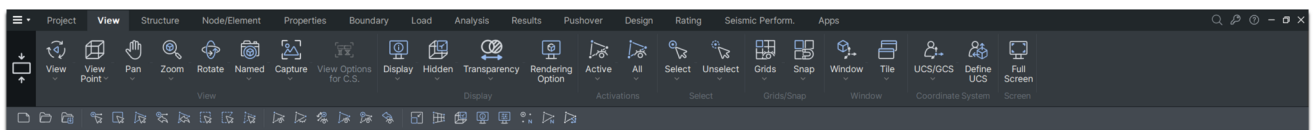
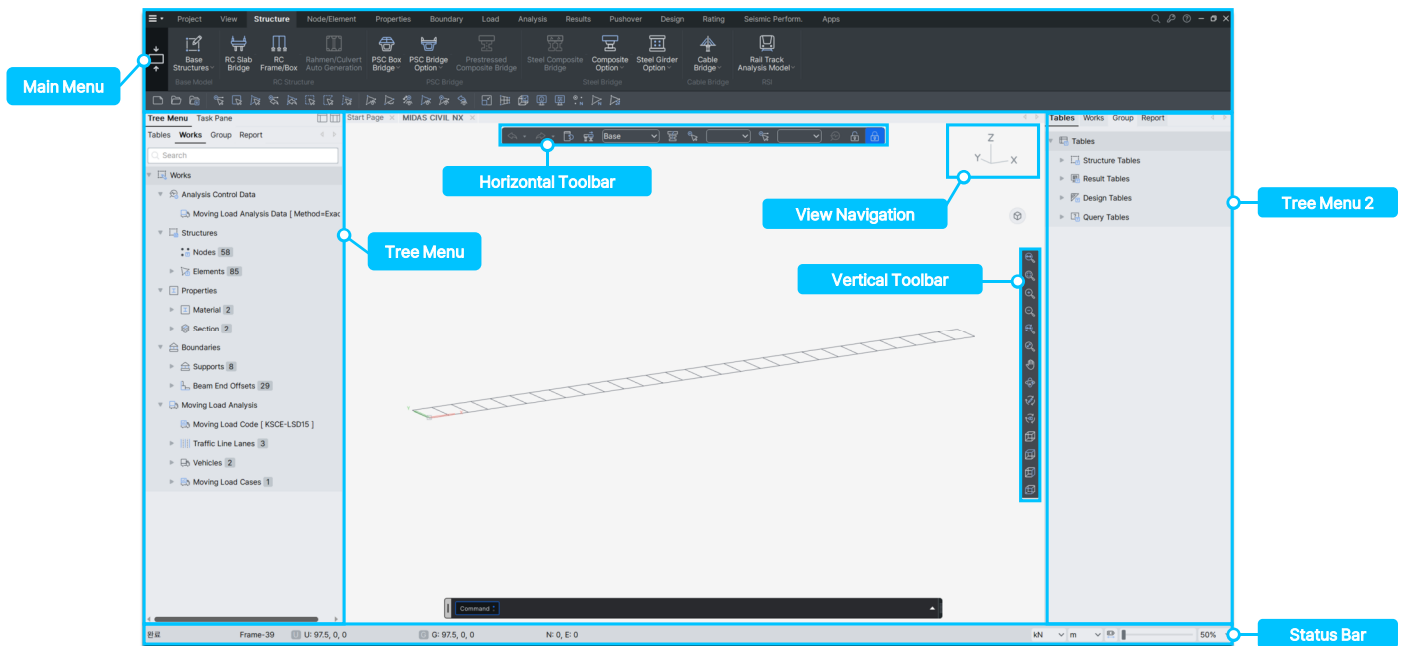
하중조건 정의



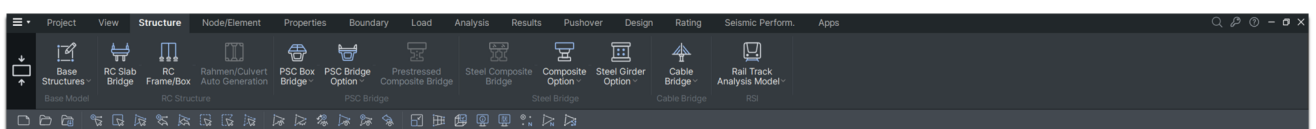
© MIDAS IT Co., Ltd



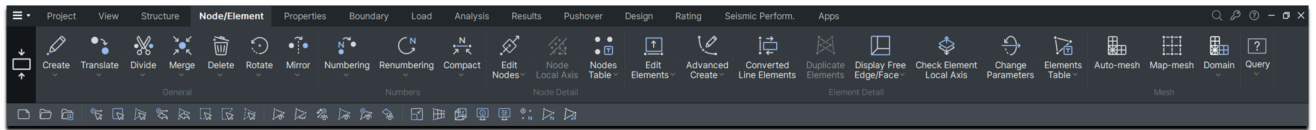
© MIDAS IT Co., Ltd



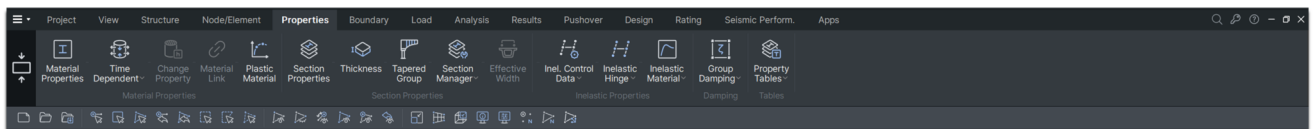
View 탭 : 모델의 시각적 표현방법, 조작, 선택, 활성화/비활성화 기능 등



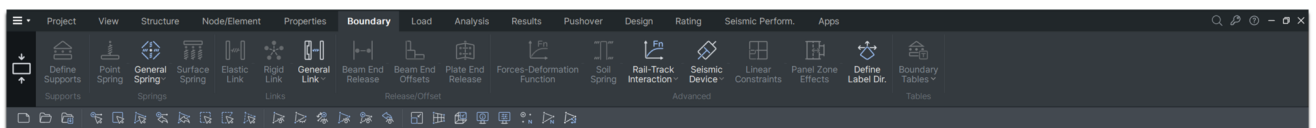
Structure 탭 : 각종 토목 구조물 자동생성 기능, Grid 입력 및 그룹 기능 등



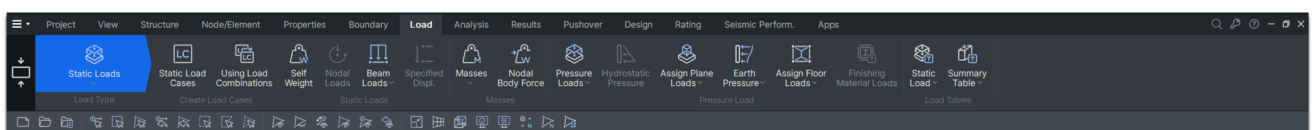
Node/Element 탭: 절점(Node), 요소(Element) 생성 및 수정 기능 등



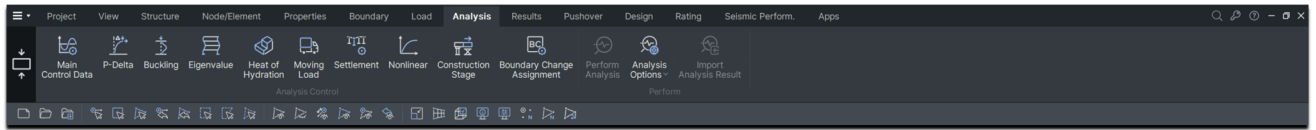
Properties 탭: 재료 성질, 단면 성질 입력 및 수정 기능 등



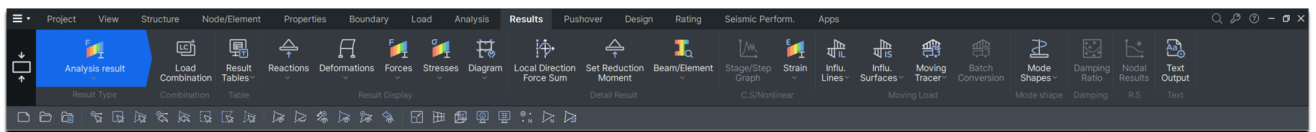
Boundary 탭: 경계조건 입력 및 수정 등



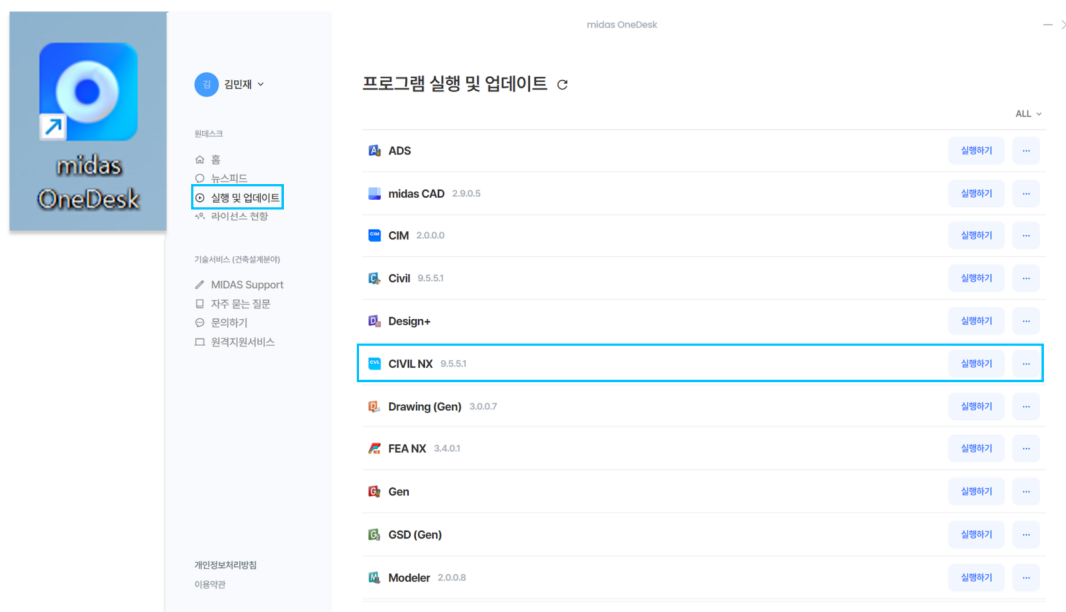
Load 탭: 각종 정적하중, 동적하중, 온도하중 및 이동하중 해석, 시공단계 해석, 수화열 해석 그리고 기하 비선형 해석에 필요한 데이터 입력 및 수정 등



Analysis 탭 : 해석 과정에 필요한 각종 제어데이터 입력, 해석 실행 기능 등



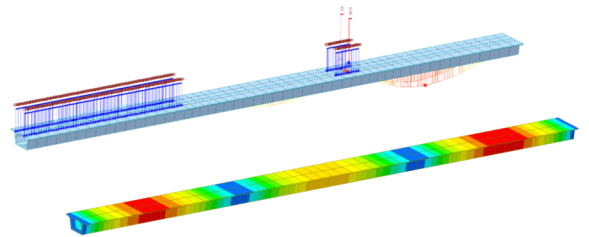
Result 탭 : 하중 조합 조건 입력, 해석 결과 도화처리 조회 및 분석 기능 등



교육 내용

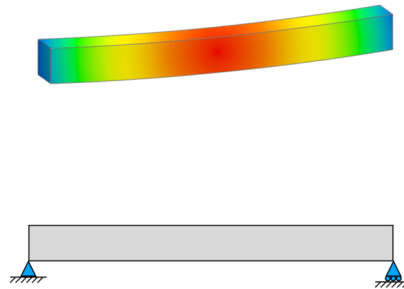
02 CIVIL NX 이해하기

(단순보 모델링 실습)



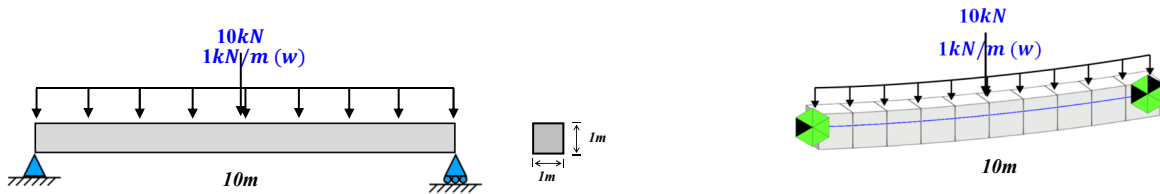
© MIDAS IT Co., Ltd

1. 슬래브교 모델링 및 해석



© MIDAS IT Co., Ltd

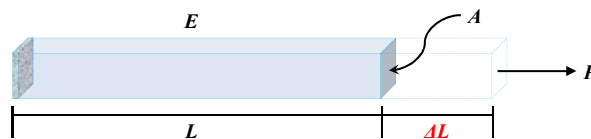
2. 대상 예제



© MIDAS IT Co., Ltd

3. 재질과 단면

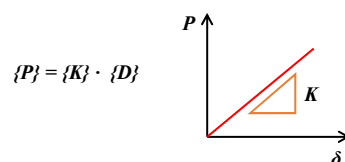
보에 축방향하중 P를 가하면 변위 ΔL 이 발생합니다. 이 때 ΔL 은 단면적(A)과 탄성계수(E)가 클수록 작아지고 하중(P)과 길이(L)가 길수록 커집니다.



이를 수식으로 정리하면 다음과 같습니다.

$$\Delta L = \frac{PL}{EA} \Rightarrow P = \frac{EA}{L} \cdot \Delta L$$

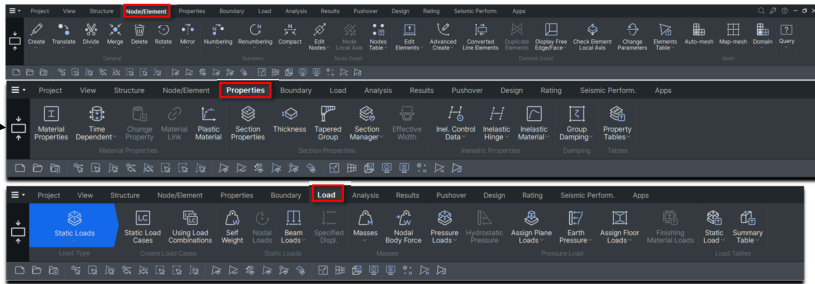
위 식을 좀 더 일반화하면, 다음과 같은 하중-변위 그래프로 표현할 수 있습니다. 여기서 기율기(K)는 구조물의 강성입니다.



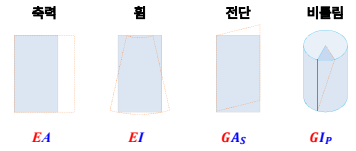
© MIDAS IT Co., Ltd

3. 재질과 단면

$$\{P\} = \{K\} \cdot \{D\}$$



Rigidity (Material / Section)



Material

Concrete	
Modulus of Elasticity :	2.7802e+07 kN/m²
Poisson's Ratio :	0.18
Thermal Coefficient :	1.0000e-05 1/°C
Weight Density :	24.52 kN/m³
☐ Use Mass Density :	2.5 kN/m³/g
Plasticity Data	
Plastic Material Name :	NONE
Inelastic Material Properties for Fiber Model	

Section

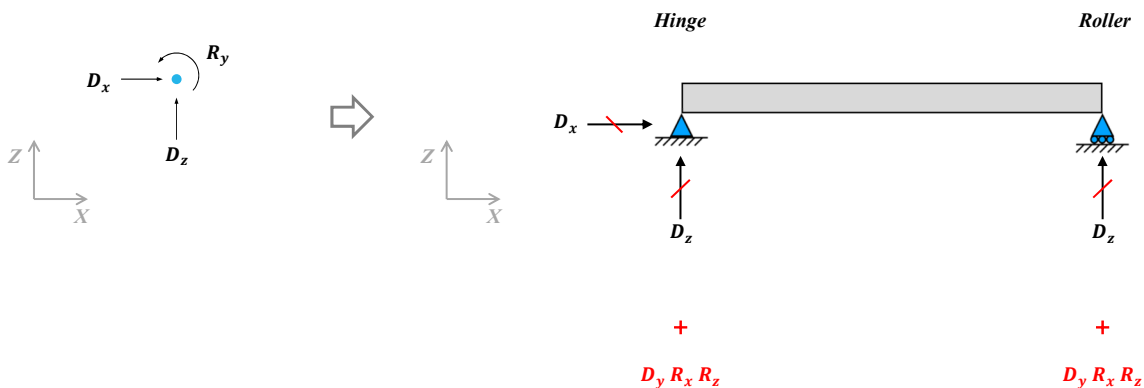
	Value	Unit
Area	8.020000e+05	mm²
Asy	2.054167e+05	mm²
Asx	7.425000e+05	mm²
Ixx	5.803690e+10	mm⁴
Iyy	1.320858e+11	mm⁴
Izz	2.668771e+10	mm⁴
Cyp	4.500000e+02	mm
Cxm	4.500000e+02	mm
Czm	7.187718e+02	mm
Cyb	2.583165e+05	mm²
Cyb	6.953125e+04	mm²
Peri.O	4.500000e+03	mm
Peri.I	0.000000e+00	mm
Center.y	4.500000e+02	mm

프로그램을 이용한 구조해석에서는 변위를 구하면 응력이나 부재력 같은 다른 결과도 계산할 수 있습니다. 변위를 구하기 위해서는 하중과 강성을 입력해야 합니다. 하중은 Load 메뉴에서, 강성은 Model 메뉴에서 입력합니다.

구조물의 강성(K)을 표현하는 식에서 분자항인 'EA'는 강도(Rigidity)라고 하며, 재질과 단면을 통해 계산할 수 있습니다. 축 강도는 'EA'로 정의하고, 휨, 전단, 비틀림 등 다른 형태의 하중에 대해서는 각각 다른 값을 가집니다. 이 값들은 모두 Material과 Section에서 입력한 값으로 계산됩니다.

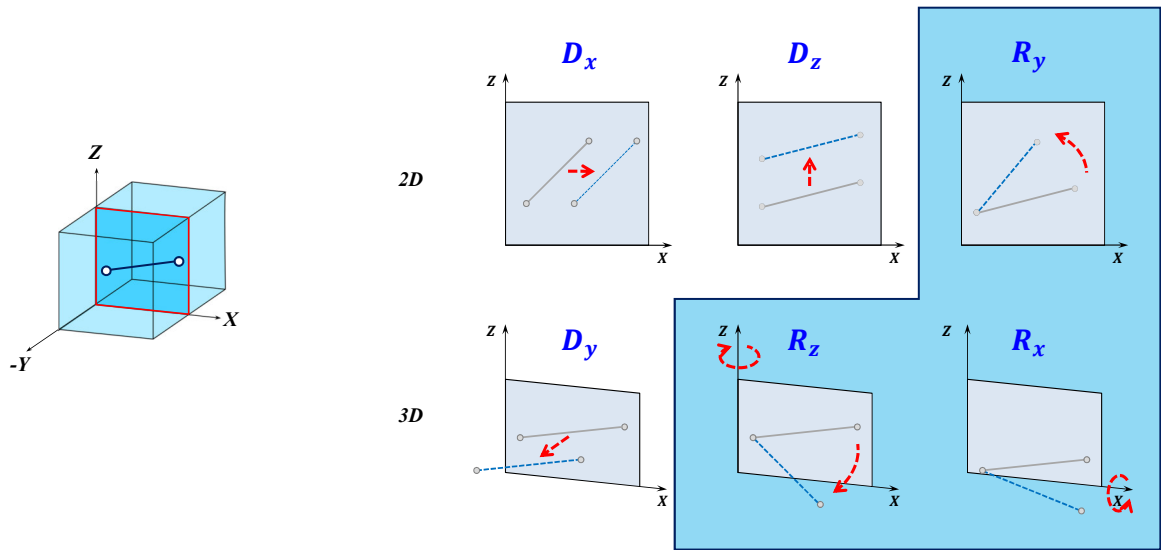
4. 경계조건과 자유도

2차원 평면에서 구조물의 거동에 대해 다루었지만, CIVIL NX에서는 3차원 공간상에서 구조물의 거동을 고려해야 합니다.



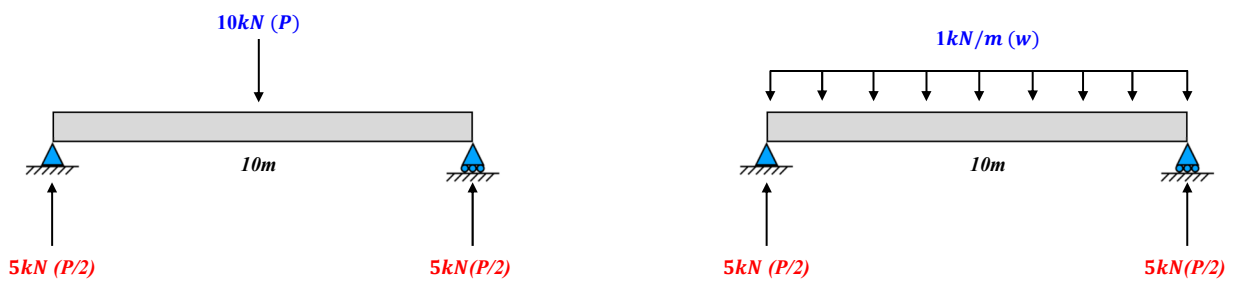
4. 경계조건과 자유도

3차원 공간에서 구조물의 6자유도는 아래와 같이 표시합니다.



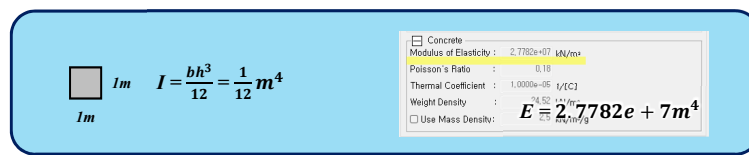
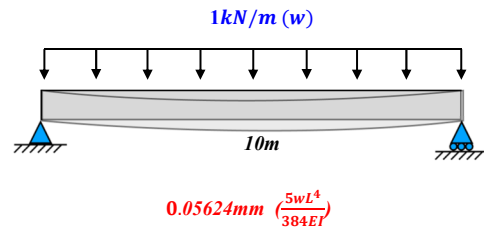
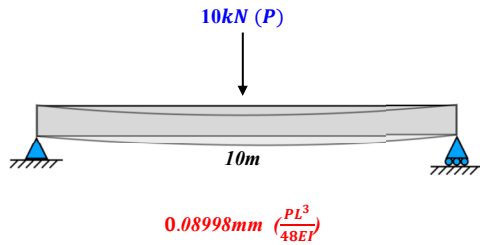
© MIDAS IT Co., Ltd

5. 해석결과 - 반력

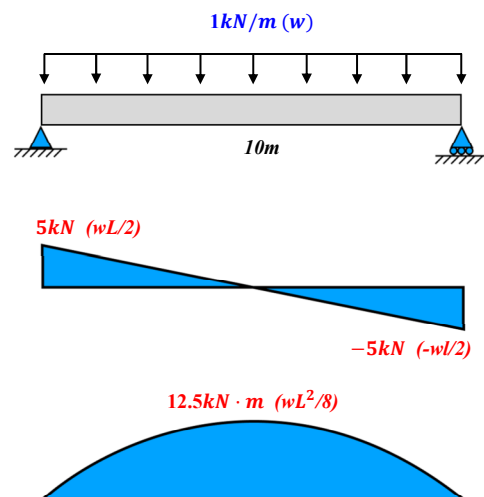
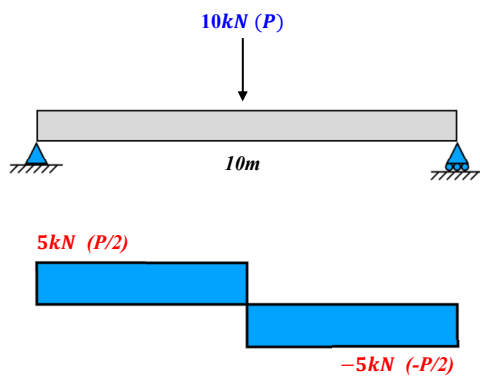


© MIDAS IT Co., Ltd

5. 해석결과 - 변위



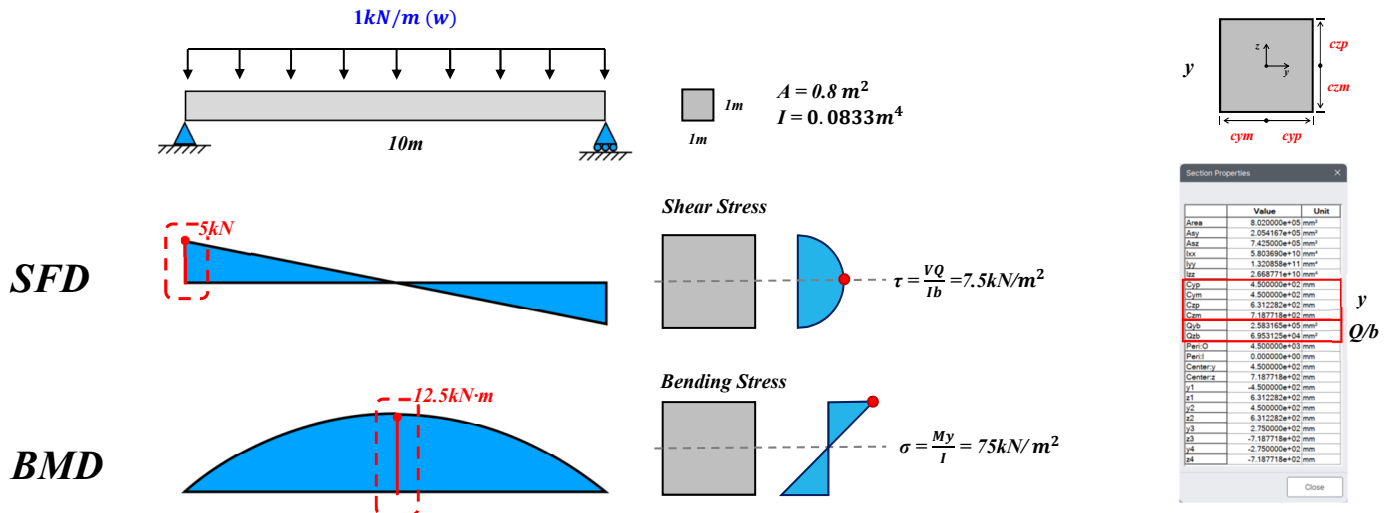
5. 해석결과 - 부재력(전단력 / 휨모멘트)



5. 해석결과 – 응력

응력은 단면내의 위치에 따라 각기 다른 값을 가집니다.

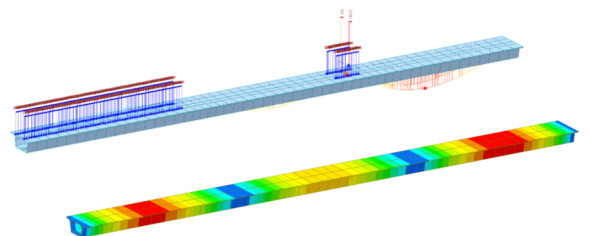
midas civil에서는 단면에서 한 점의 응력만 출력하며, 응력출력위치는 C값(Cyp, Cym, Czp, Czm)과 y, z 값(y1~4, z1~4)을 입력해 조정할 수 있습니다.



교육 내용

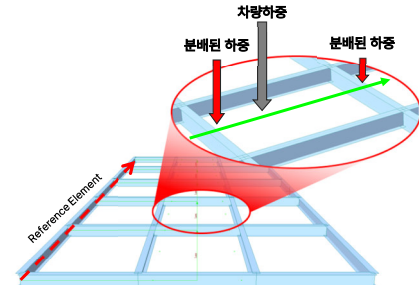
04 CIVIL NX 따라하기

(강박스교 모델링 및 이동하중 해석)

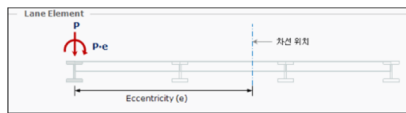


1. 이동하중 - 차선정의

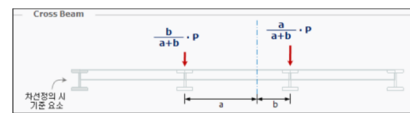
The screenshot shows the 'Define Design Traffic Line' dialog box in the MIDAS CVL software. The 'Lane Name' is 'L1'. The 'Traffic Lane Properties' section shows 'Lane Width' as 3.0 m, 'Eccentricity' as 0.0, and 'Wheel Spacing' as 1.8 m. The 'Vehicle Load Distribution' section shows 'Lane Element' selected. The 'Moving Direction' is set to 'Both'. The 'Selection by' is '2 Points'. The 'Operations' section shows 'Add', 'Insert', and 'Delete' buttons. Below the dialog box, a 3D model of a bridge deck is shown with lane markings. The 'Reference Element' is indicated by a red dashed line. The 'Lane Center' is indicated by a green dashed line. The 'Eccentricity' is indicated by a red arrow. The 'Wheel Spacing' is indicated by a green arrow.



<Line Element>



<Cross Beam>



© MIDAS IT Co., Ltd

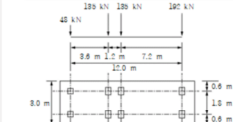
1. 이동하중

The screenshot shows the 'Define Standard Vehicular Load' dialog box in the MIDAS CVL software. The 'Standard Name' is 'KSCE-LS015'. The 'Vehicular Load Properties' section shows 'Vehicular Load Name' as 'KL-510TRK', 'Vehicular Load Type' as 'KL-510TRK', and 'Dynamic Load Allowance' as '25 %'. The 'Convert Point Load to Distributed Load' checkbox is checked. Below the dialog box, a diagram of a standard vehicular load is shown. The load is represented by four point loads (P1, P2, P3, P4) spaced at 3.0 m intervals. The total length of the load is 12.0 m. The load is applied to a bridge deck with a width of 12.0 m. The load is applied to a bridge deck with a width of 12.0 m.

도로교 설계기준 (한계상태설계법) - 표준차량

□ 4.3.1.3 설계 차량하중
교량이나 이에 부수되는 일반구조물의 노면에 작용하는 차량하중(KL-510으로 명명함)은 4.3.1.3에 규정된 표준트럭하중과 4.3.1.3.2에 규정된 표준차로하중으로 이루어져 있다.
이 하중들은 재하차로 내에서 횡 방향으로 3,000 mm의 폭을 점유하는 것으로 가정한다.

□ 4.3.1.3.1 표준트럭하중
표준트럭의 중량과 축간거리는 그림 4.3-1과 같다. 충격하중은 4.4에 규정된 대로 적용되어야 한다.



□ 4.3.1.3.2 표준차로하중
(1) 표준차로하중은 종방향으로 균등하게 분포된 하중으로 표 4.3-2의 값을 적용한다.
(2) 횡방향으로는 3,000mm의 폭으로 균등하게 분포되어 있다. 표준차로하중의 영향에는 충격하중을 적용하지 않는다.

표 4.3-2 표준차로하중

$L \leq 60m$	$w = 12.7 \text{ (kN/m)}$
$L > 60m$	$w = 12.7 \times \left(\frac{60}{L}\right)^{0.25} \text{ (kN/m)}$

L : 표준차로하중이 재하되는 부분의 길이

□ 4.4 충격하중 : IM

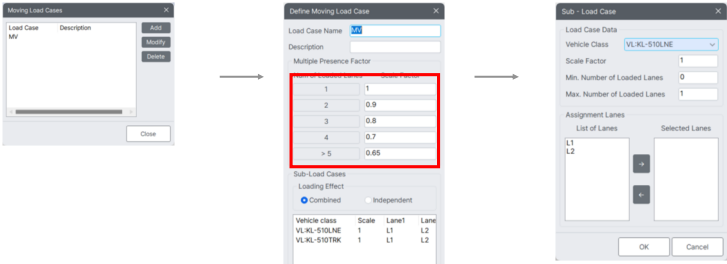
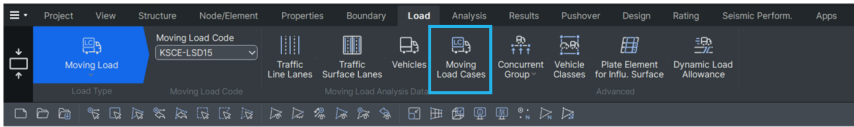
□ 4.4.1 일반사항
(1) 4.4.2와 4.4.3에서 적용한 경우를 제외하고 한계상태 적용에 따라 표 4.4-1에 규정된 충격하중의 비율에 따라 줄여주어야 한다.
(2) 충격하중은 적용사차와 항 충격하중계수는 다음과 같다. (1+IM/100)
(3) 충격하중은 보도폭중이나 표준차로하중에는 적용되지 않는다.
표 4.4-1 충격하중계수, IM

상부	IM
최소한의 충격하중을 제외한 모든 한계상태	25 %
최소한의 충격하중	15 %

● 신축이음부에 대한 충격하중계수는 [Dynamic Load Allowance]

© MIDAS IT Co., Ltd

1. 이동하중



□ 4.3.1.2 활하중의 동시재하
4.3.1.2는 재하차로수에 관계없이 한대의 피로설계트럭하중이 재하 되는 피로설계에는 적용되지 않는다. 특별한 언급이 없는 한, 활하중의 최대 영향은 표 4.3-1의 다차로 재하계수를 곱한 재하차로의 모든 가능한 조합에 의한 영향을 비교하여 결정되어야 한다. 4.3.4에 규정된 보도하중과 1차로 이상의 차량하중을 포함하는 하중조건인 경우에 보도하중을 하나의 재하차로로 취할 수 있다.

표 4.3-1 다차로 재하계수

재하차로의 수	다차로 재하계수, 'm'
1	1.0
2	0.9
3	0.8
4	0.7
5 이상	0.65

Independent

Case	Lane1	Lane2	Lane3
1	VL-1		
2		VL-1	
3			VL-1
4	VL-1	VL-1	
5	VL-1		VL-1
6		VL-1	VL-1
7	VL-1	VL-1	VL-1
8	VL-2		
9		VL-2	
10			VL-2
11	VL-2	VL-2	
12	VL-2		VL-2
13		VL-2	VL-2
14	VL-2	VL-2	VL-2

Combined

Case	Lane1	Lane2	Lane3
1	VL-1	VL-2	
2	VL-1		VL-2
3	VL-1	VL-2	VL-2
4	VL-2	VL-1	
5		VL-1	VL-2
6	VL-2	VL-1	VL-2
7	VL-2		VL-1
8		VL-2	VL-1
9	VL-2	VL-2	VL-1
10	VL-1	VL-1	VL-2
11	VL-1	VL-2	VL-1
12	VL-2	VL-1	VL-1
13	VL-1	VL-1	VL-1
14	VL-2	VL-2	VL-2

MIDAS CIVIL NX Tutorial

슬래브교(단순보) 구조해석

CONTENTS

슬래브교(단순보) 구조해석

01 개요

02 작업환경 설정 및 단면/재질/두께 정의

- 2-1 단위계 설정
 - 2-2 재질 정의
 - 2-3 단면 정의
 - 2-4 두께 정의
-

03 형상 모델링

- 3-1 절점 입력
 - 3-2 요소 입력
-

04 경계조건 설정

05 하중조건 정의

- 5-1 하중조건 정의
 - 5-2 집중하중 입력
 - 5-3 분포하중 입력
-

06 모델 확인 및 구조해석 수행

07 해석결과 확인

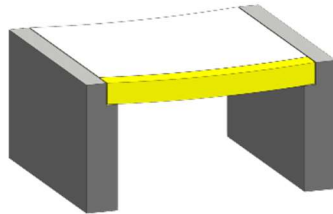
- 7-1 반력 확인
- 7-2 변위 확인
- 7-3 부재력 확인
- 7-4 응력 확인

01. 개요

이 예제에서 다룰 구조물은 한쪽이 힌지, 다른 한쪽은 롤러로 된 단순보입니다.

1. 대상 예제

Slab Bridge

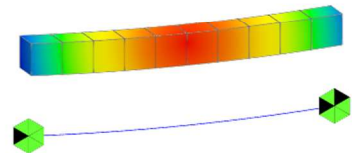


3차원 입체 구조물인 슬래브교를 2차원 빔 요소로 단순보처럼 해석해도 충분히 의미 있는 결과를 도출할 수 있습니다.

실제 슬래브교는 단순보로 해석할 수 있는 대표적인 구조물입니다.

슬래브교는 폭, 너비, 두께를 가진 입체 구조물이지만, 횡방향으로 동일한 변형을 나타내므로 단위폭 1m만을 잘라내어 분석해도 동일한 결과를 얻을 수 있습니다.

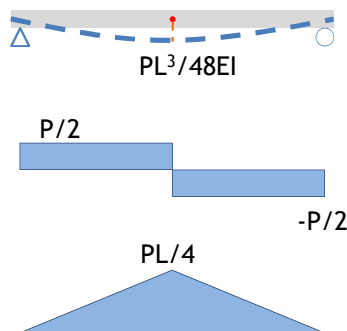
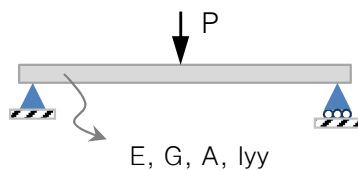
Beam Element



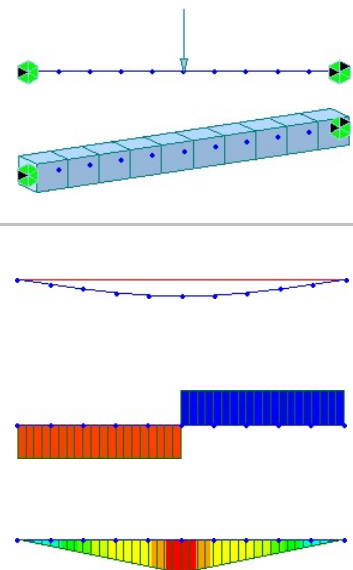
2. 학습내용

학부과정에서 수계산을 통해 반력, 변위, 부재력, 응력을 계산할 수 있었습니다. 이 계산과정에서 필요한 입력 변수들을 살펴보고, CIVIL NX에서 이 변수들을 입력하는 방법과 수계산을 통해 구했던 해석결과를 CIVIL NX에서 확인하는 방법을 알아봅니다.

Hand Calculation



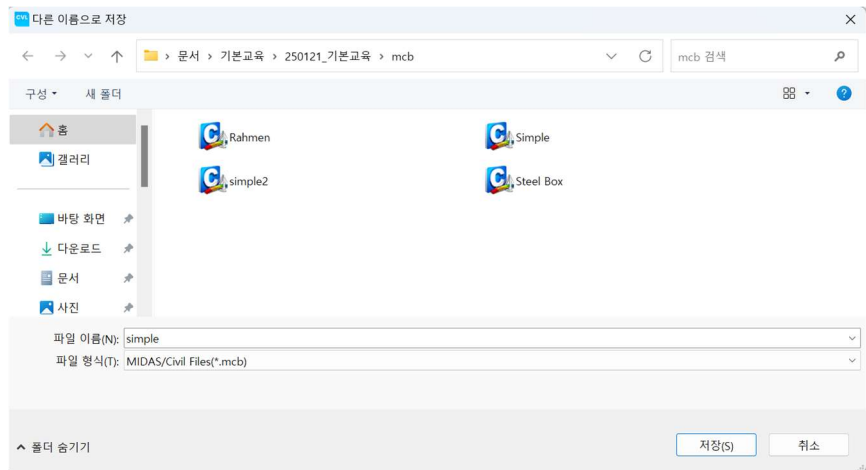
CIVIL NX



02. 작업환경 설정 및 단면/재질/두께 정의

단순보를 모델링하기 위해 새파일(New Project)을 열고, 'Simple.mcb' 파일로 저장(Save)합니다.

1. Main > **File** 클릭
2. **New Project** 클릭
3. **Save** 클릭
4. 파일 이름에 'Simple' 입력 후 저장

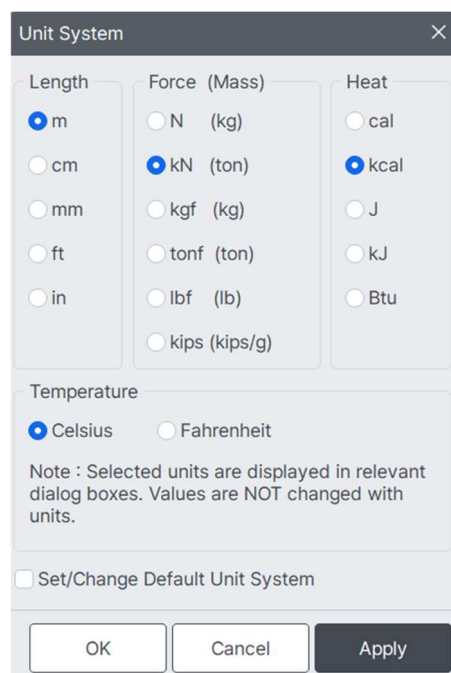


| 파일 저장 |

1. 단위계 설정

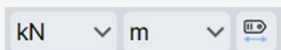
이 예제에서는 모델 입력시 사용할 단위계로 **m(Length)** , **kN(Force)**를 지정합니다.

1. 메인 메뉴에서 **[Project]탭 > [Settings]그룹 > Unit System**
2. Length 선택란에서 'm', Force(Mass) 선택란에서 'kN(ton)' 선택
3. 버튼 클릭



| 단위계 설정 |

화면 우측 하단의 **Status Bar**를 이용하여 간단히 단위계를 설정할 수도 있다.



02. 작업환경 설정 및 단면/재질/두께 정의

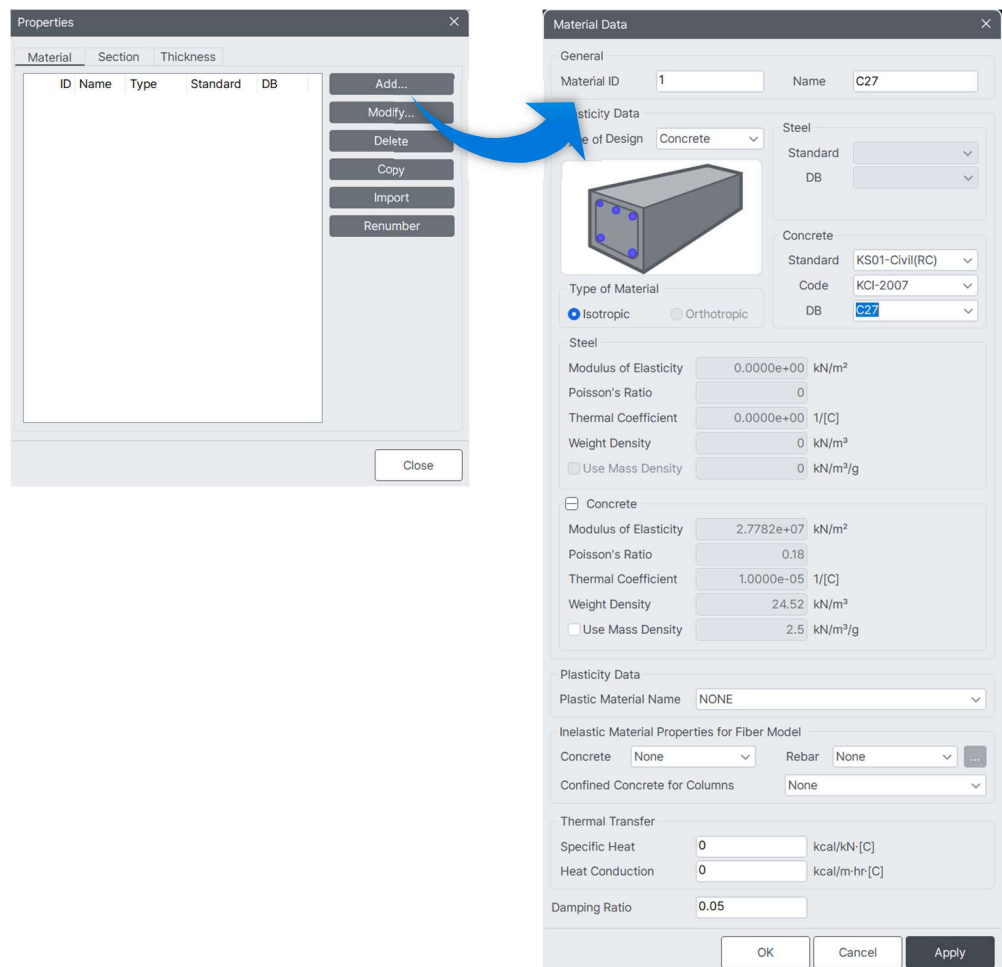
2. 재질 정의

재질을 입력합니다.

CIVIL NX에서는 구조재로 사용되는 강재와 콘크리트의 재질 정보를 내장하고 있습니다. Standard와 DB의 재질 목록에서 선택할 수도 있고, 재질 특성을 직접 입력할 수도 있습니다. 예제에서는 CIVIL NX에서 제공하는 DB를 사용합니다.

해석 종류와 입력할 하중에 따라 탄성계수 이외에 단위중량, 비열, 열전도율 등의 데이터가 추가로 필요한 경우도 있습니다. 탄성계수는 구조해석을 위한 필수 항목이므로, 반드시 입력해야 합니다.

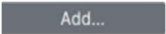
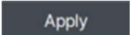
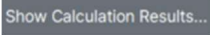
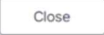
1. 메인 메뉴에서 **[Properties]탭 > [Material Properties]그룹 >  Material Properties**
2. **Add...** 버튼 클릭
3. Type of Design 선택란에서 **'Concrete'** 선택
4. Concrete의 Standard 선택란에서 **'KS01-Civil(RC)'** 선택
5. Code 선택란에서 **'KCI-2007'** 선택
6. DB 선택란에서 **'C27'** 선택
7. **OK** 버튼 클릭



02. 작업환경 설정 및 단면/재질/두께 정의

3. 단면 정의

단면을 정의합니다. CIVIL NX에서는 단면의 사이즈만 입력하면 단면적, 단면2차모멘트와 같은 구조해석에 쓰이는 단면의 특성치를 자동으로 계산합니다.

1. 'Section Property' 탭 클릭
2.  버튼 클릭
3. 'DB/User' 탭 선택
4. Name 입력란에서 'SR' 입력
5. 단면형태 선택란에서 'Solid Rectangle' 확인
6. DB와 User 선택란에서 'User' 선택
7. H 입력란에 '1', B 입력란에 '1' 입력
8.  버튼 클릭
9.  버튼 클릭
10. 단면특성정보 확인 후,  클릭

Show Calculation Results...

버튼을 클릭하면 프로그램에서 자동으로 계산한 단면특성을 확인할 수 있다.

Area : 단면적

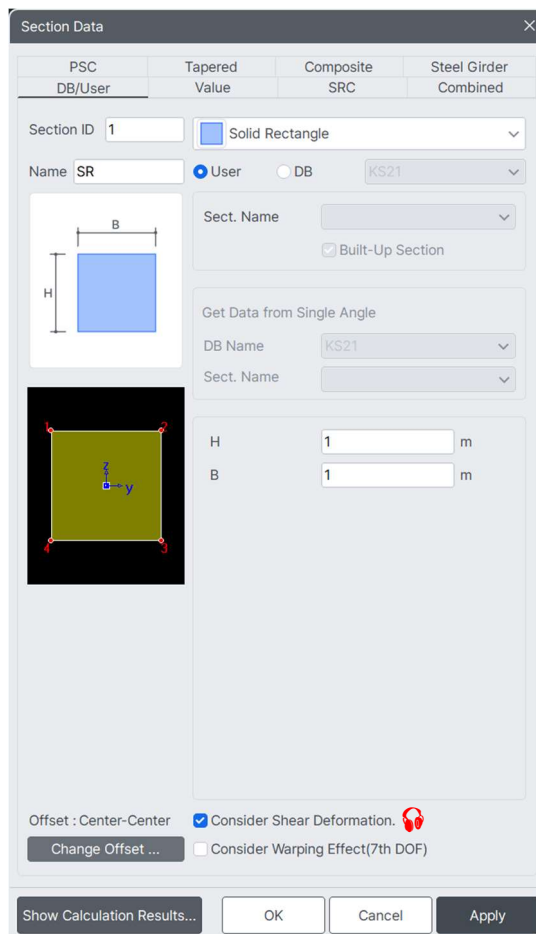
Asy : Local y 방향 전단에 대한 전단면적

Asz : Local z 방향 전단에 대한 전단면적

Ixx : 비틀림 상수

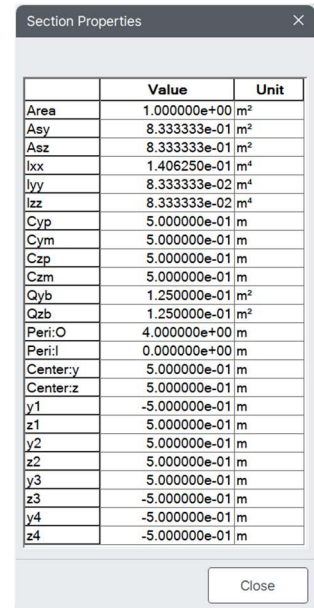
Iyy : Local y를 중립축으로 한 단면2차 모멘트

Izz : Local z를 중립축으로 한 단면2차 모멘트



The 'Section Data' dialog box is shown with the following settings:

- Section ID: 1
- Section Type: Solid Rectangle
- Name: SR
- DB/User: User
- Sect. Name: (empty)
- Built-Up Section: ☒
- Get Data from Single Angle: ☐
- H: 1 m
- B: 1 m
- Offset: Center-Center
- Consider Shear Deformation: ☒
- Consider Warping Effect(7th DOF): ☐



	Value	Unit
Area	1.000000e+00	m ²
Asy	8.333333e-01	m ²
Asz	8.333333e-01	m ²
Ixx	1.406250e-01	m ⁴
Iyy	8.333333e-02	m ⁴
Izz	8.333333e-02	m ⁴
Cyp	5.000000e-01	m
Cym	5.000000e-01	m
Czp	5.000000e-01	m
Czm	5.000000e-01	m
Qyb	1.250000e-01	m ²
Qzb	1.250000e-01	m ²
Peri:O	4.000000e+00	m
Peri:I	0.000000e+00	m
Center:y	5.000000e-01	m
Center:z	5.000000e-01	m
y1	-5.000000e-01	m
y2	5.000000e-01	m
z1	5.000000e-01	m
z2	5.000000e-01	m
y3	5.000000e-01	m
z3	-5.000000e-01	m
y4	-5.000000e-01	m
z4	-5.000000e-01	m

다음의 기능을 체크하면 전단변형을 고려하여 해석할 수 있다.

03. 형상 모델링

1. 절점 입력

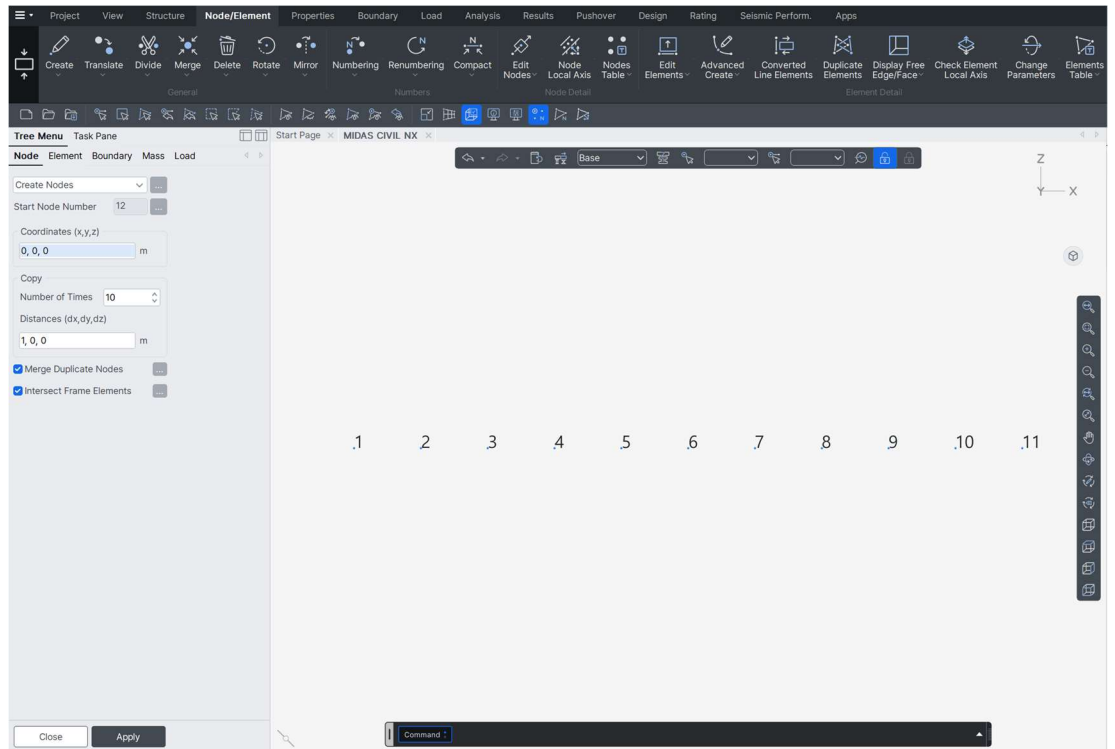
절점(Nodes)을 입력합니다.

Main Menu에서 **Node/Element** > **Create** > **Create Node**

1. Coordinates (x, y, z) 에서 '0, 0, 0' 확인
2. Copy의 Number of Times입력란에 '10' 입력
3. Distances (dx, dy, dz)입력란에 '1, 0, 0' 입력
4. **Apply** 버튼 클릭
5. **Auto Fitting**, **Display Node Numbers (Toggle on)**
6. **Front View**

🔊 Main Menu를 이용할 수도 있지만, Tabbed Toolbar의 Node탭을 이용해 Create Node 기능을 호출할 수 있다.

🔊 Auto Fitting 을 클릭하면, 모델이 전체화면에 꽉차게 들어오도록 자동으로 Zoom Size를 조절한다.



| 절점 입력 |

03. 형상 모델링

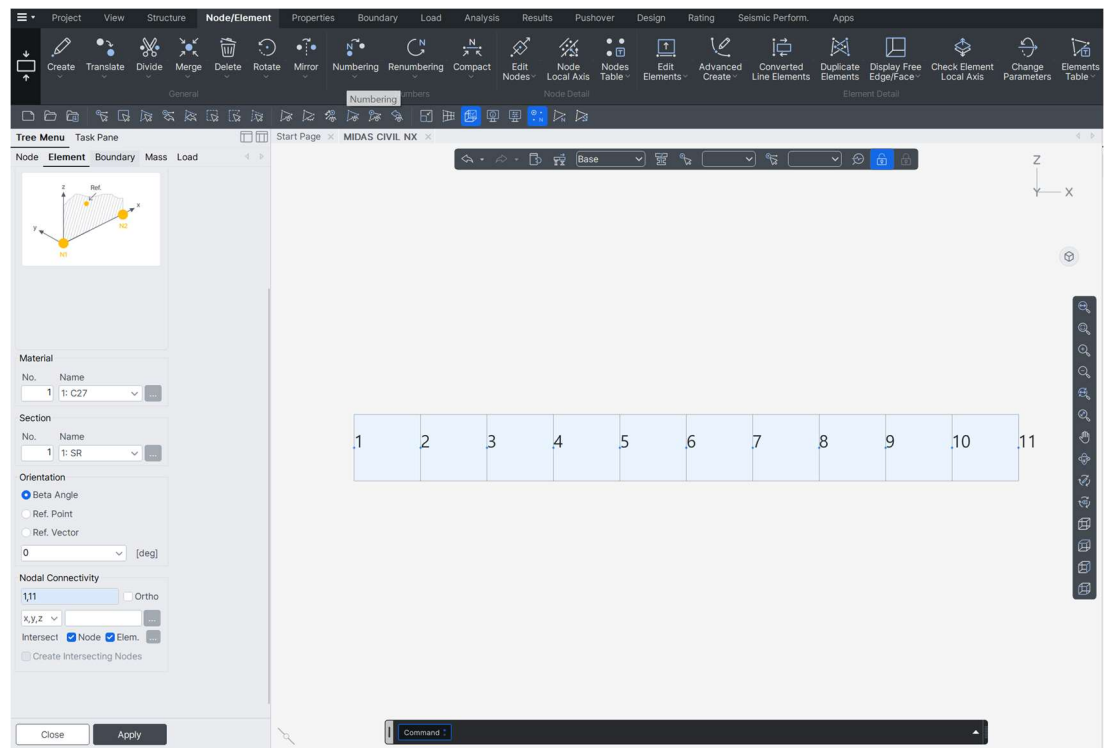
🔊 Element Type 에서 Truss, Beam, Plate, Solid 등 다양한 종류의 유한요소를 선택할 수 있다.

2. 요소 입력

요소(Elements)를 생성합니다.

Main Menu에서 **Node/Element** > **Create** > **Create Element**

1. Element Type 선택란에서 '**General beam/Tapered beam**' 확인 🎧
2. Material 선택란에서 '**1:C27**' 확인, Section 선택란에서 '**1: SR**' 확인
3. Intersect 옵션의 **Node** 항목에 Check on 확인
4. Node Snap 에 Check on 확인
5. Nodal Connectivity 항목을 마우스로 한번 클릭하여 활성화되면, Model View에서 마우스로 '**절점 1**'과 '**절점11**'을 차례로 클릭
6. **Display Element Numbers**, **Shrink** (Toggle on)
7. 요소분할 상태 확인
8. **Shrink**, **Display Node Numbers** (Toggle off)



| 요소 입력 |

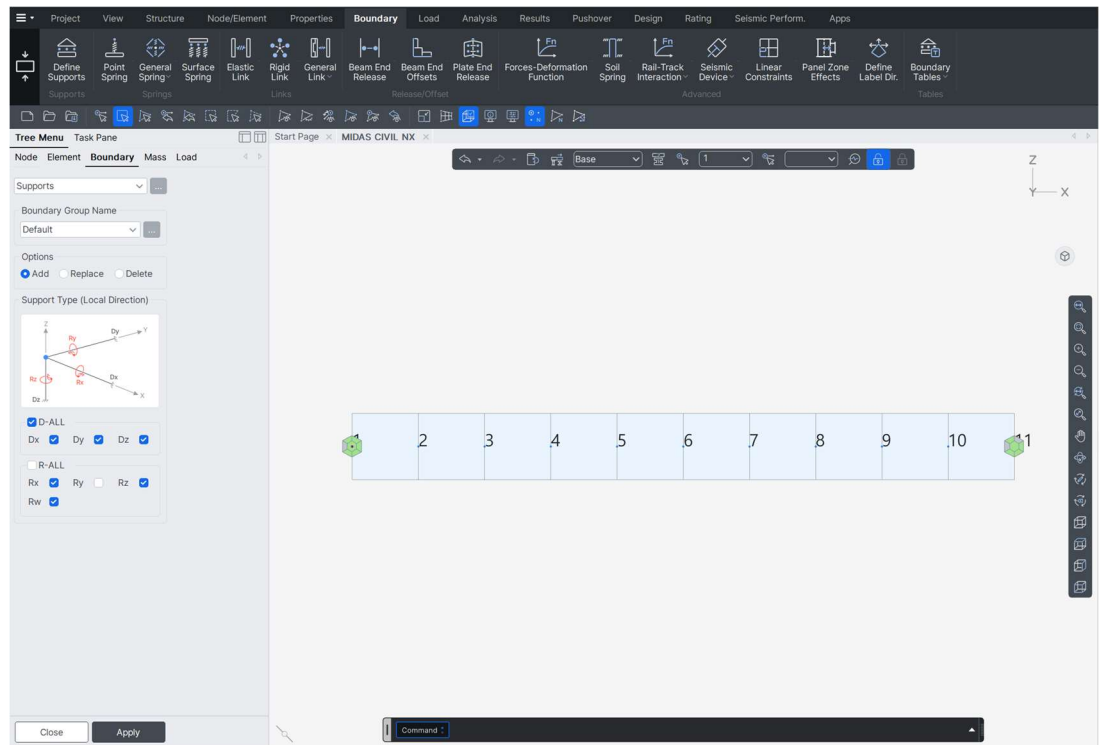
04. 경계조건 설정

1. Support 입력

경계조건을 입력합니다.

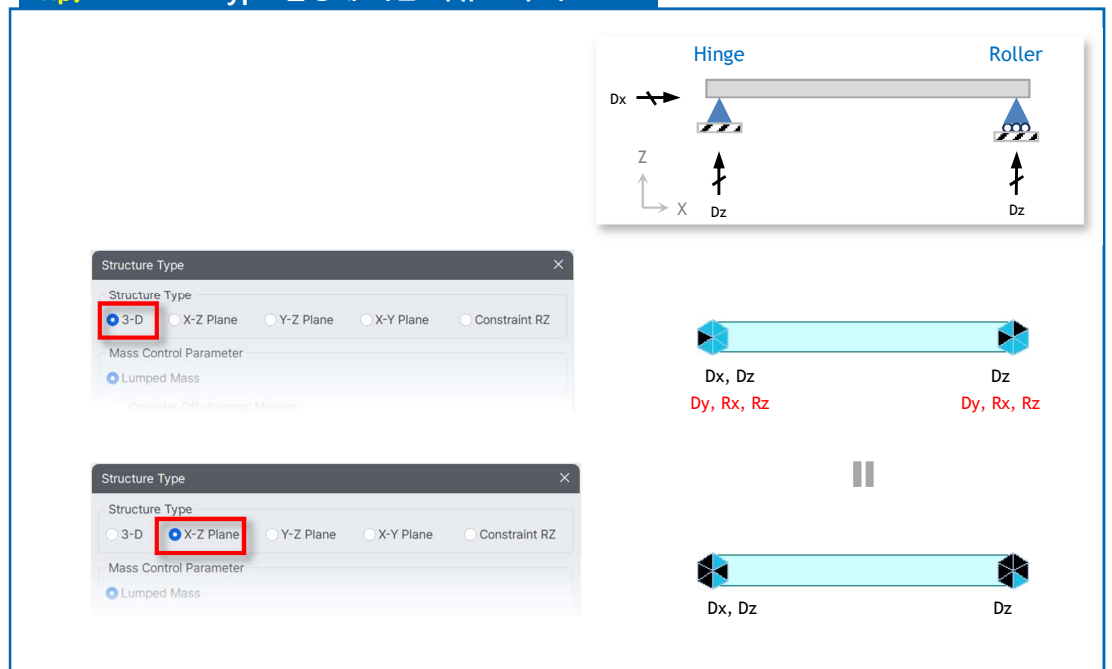
Main Menu에서 [*Boundary*] 탭> [*Supports*] 그룹 > Define Support

1. 'Dx, Dy, Dz, Rx, Rz, Rw' 항목에 Check on
2. Select by Window로 1번 절점 선택 후, 버튼 클릭
3. 'Dx' 항목에 Check off
4. Select by Window로 11번 절점 선택 후, 버튼 클릭



| Support 입력 |

Tip. Structure Type 설정에 따른 자유도 구속

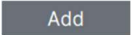


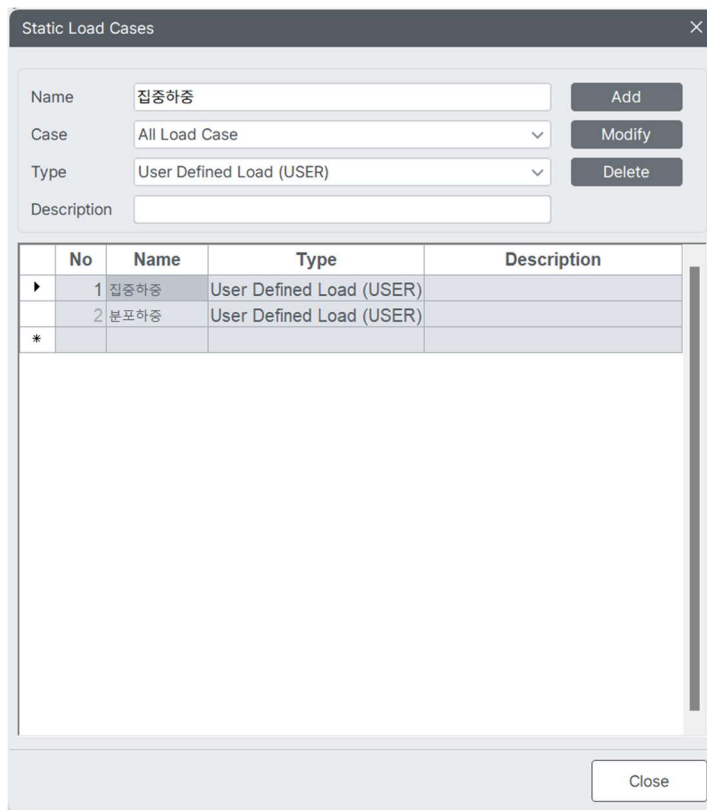
05. 하중조건 정의

1. 하중조건 정의

하중조건을 정의합니다.

Main Menu에서 **Load >  Static Load Cases**

1. Name 입력란에서 '집중하중' 입력
2. Type 선택란에서 'User Defined Load (USER)' 선택
3.  버튼 클릭
4. Name 입력란에서 '분포하중' 입력
5. Type 선택란에서 'User Defined Load (USER)' 선택
6.  버튼 클릭
7.  버튼 클릭



The dialog box titled "Static Load Cases" contains the following fields and buttons:

- Name:** Input field with "집중하중" entered.
- Case:** Dropdown menu with "All Load Case" selected.
- Type:** Dropdown menu with "User Defined Load (USER)" selected.
- Description:** Empty input field.
- Buttons:** Add, Modify, Delete, and Close.

Below the input fields is a table with the following data:

No	Name	Type	Description
1	집중하중	User Defined Load (USER)	
2	분포하중	User Defined Load (USER)	
*			

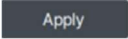
| 하중조건 정의 |

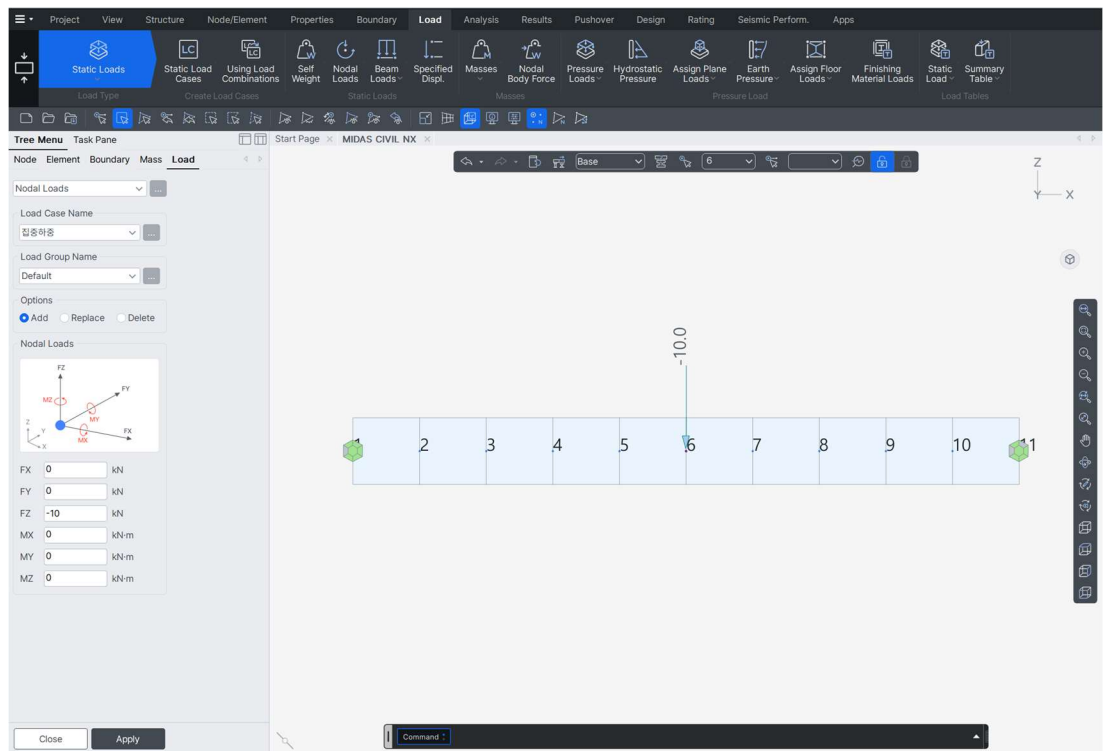
05. 하중조건 정의

2. 집중하중 입력

집중하중을 입력합니다.

Main Menu에서 **Load >  Nodal Loads**

1. Load Case Name 에서 '집중하중' 확인
2. Options 에서 'Add' 확인
3. Nodal Loads의 FZ입력란에 '-10' 입력
4.  **Select by Window**를 이용하여 단순보의 중앙인 '절점6' 선택
5.  버튼 클릭



| 집중하중 입력 |

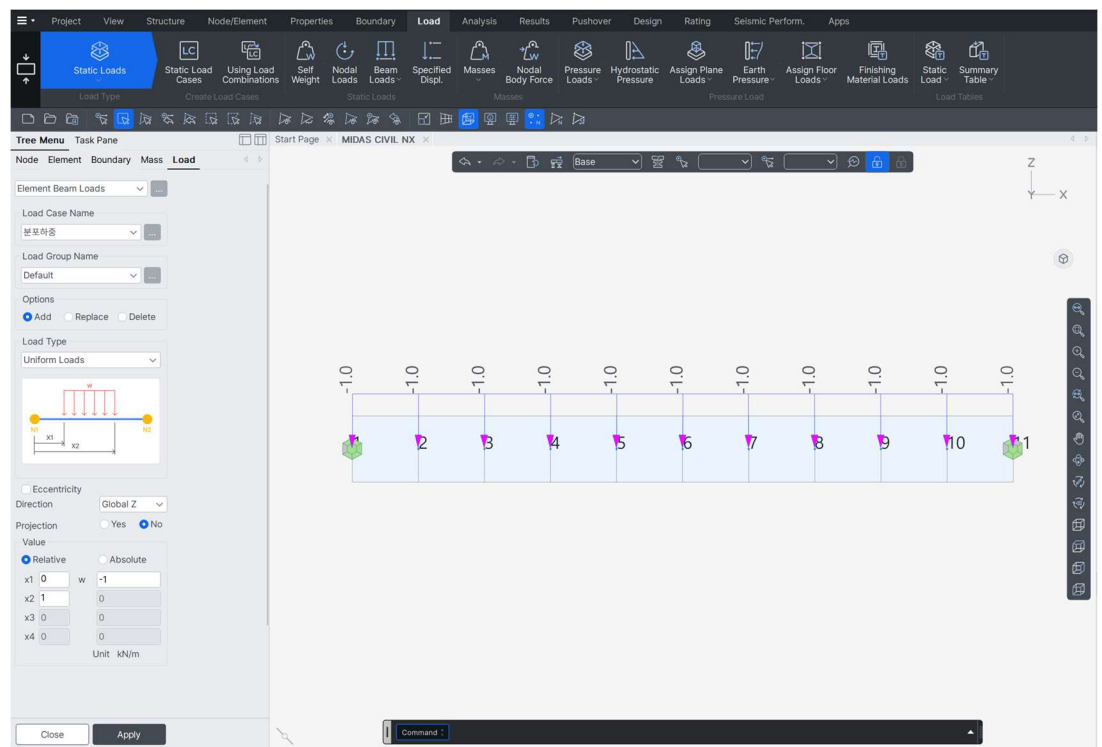
05. 하중입력

3. 분포하중 입력

분포하중을 입력합니다.

Main Menu에서 **Beam Road** >  **Element Beam Loads**

1. Load Case Name 에서 '분포하중' 선택
2. Options 에서 'Add' 확인
3. Load Type 선택란에서 'Uniform Load' 확인
4. Direction 선택란에서 'Global Z' 확인
5. Value 에서 'x1 : 0', 'x2 : 1' 확인 후, w 항목에 '-1' 입력
6.  **Select All**
7. **Apply** 버튼 클릭, **Close** 버튼 클릭



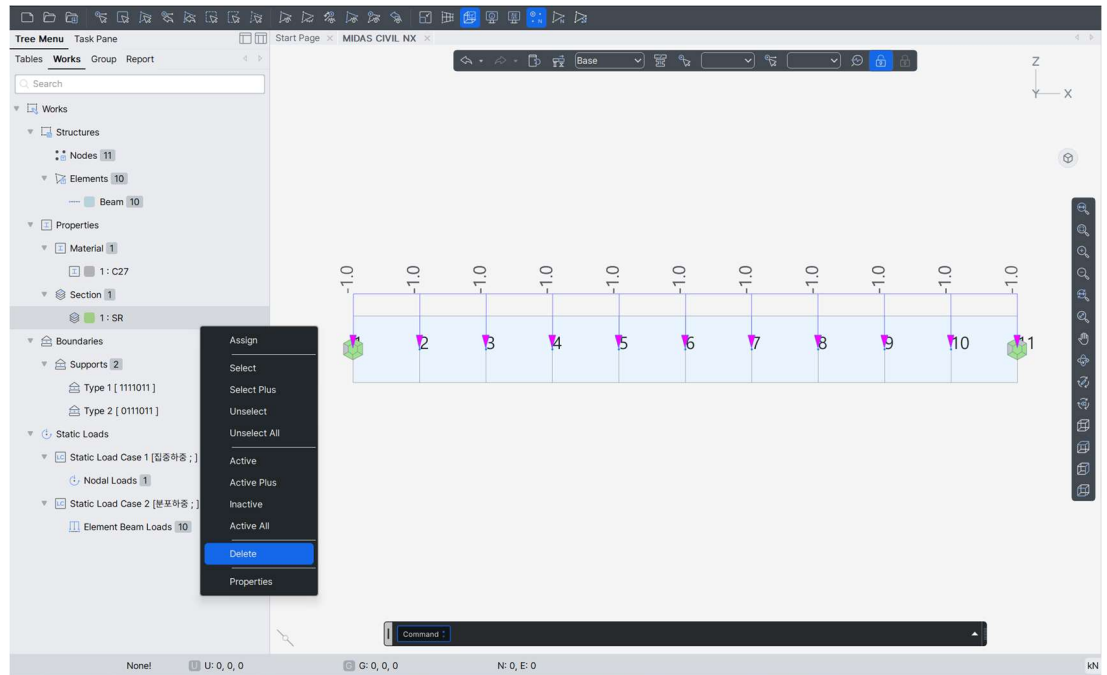
| 분포하중 입력 |

06. 모델확인 및 구조해석 수행

Work Tree를 이용하여 모델링 데이터를 확인합니다. Work Tree를 이용하면 입력데이터 확인 및 수정을 할 수 있습니다.

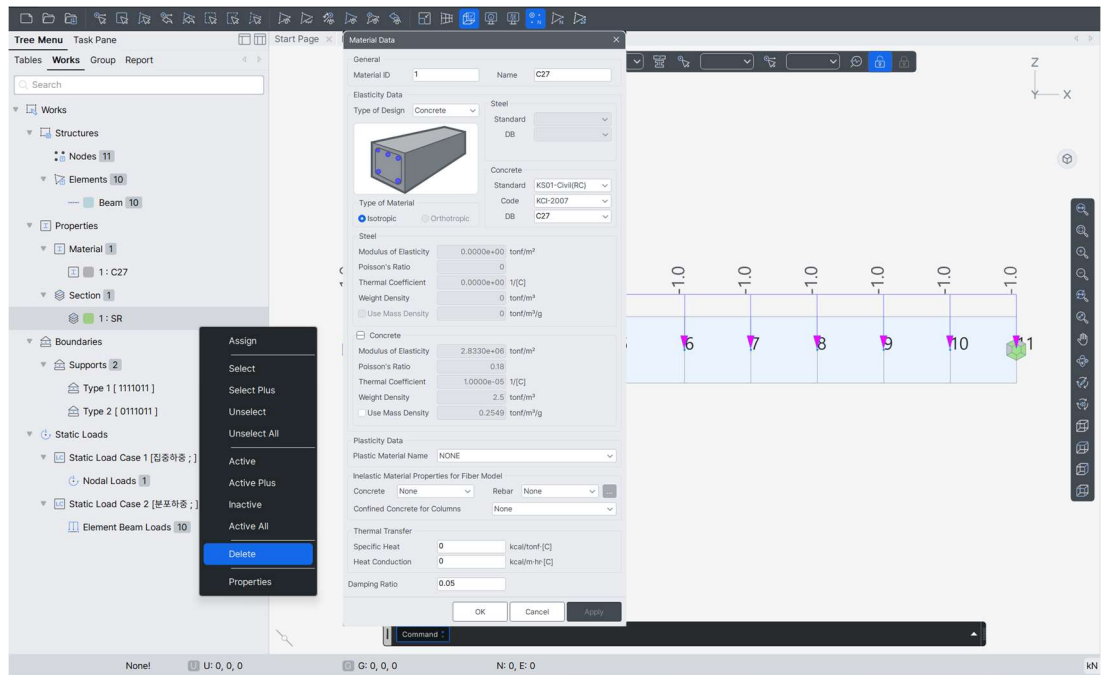
Work tree > Works

1. 입력한 데이터 우클릭 (Load Cases 및 Properties)
2. Display 또는 Properties 클릭
3. Model View 및 Property창 확인



| 입력데이터 확인 |

06. 모델확인 및 구조해석 수행



| 입력데이터 수정 |

🔊 CIVIL NX에서는 Horizontal Toolbar를 이용하여 Perform Analysis를 바로 수행할 수 있다.

모델링 및 해석조건 입력이 완료되면 구조해석을 수행합니다.

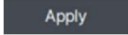
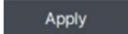
메인 메뉴에서 **[Analysis]탭 > [Perform]그룹 >  Perform Analysis** 클릭 (F5) 🔊

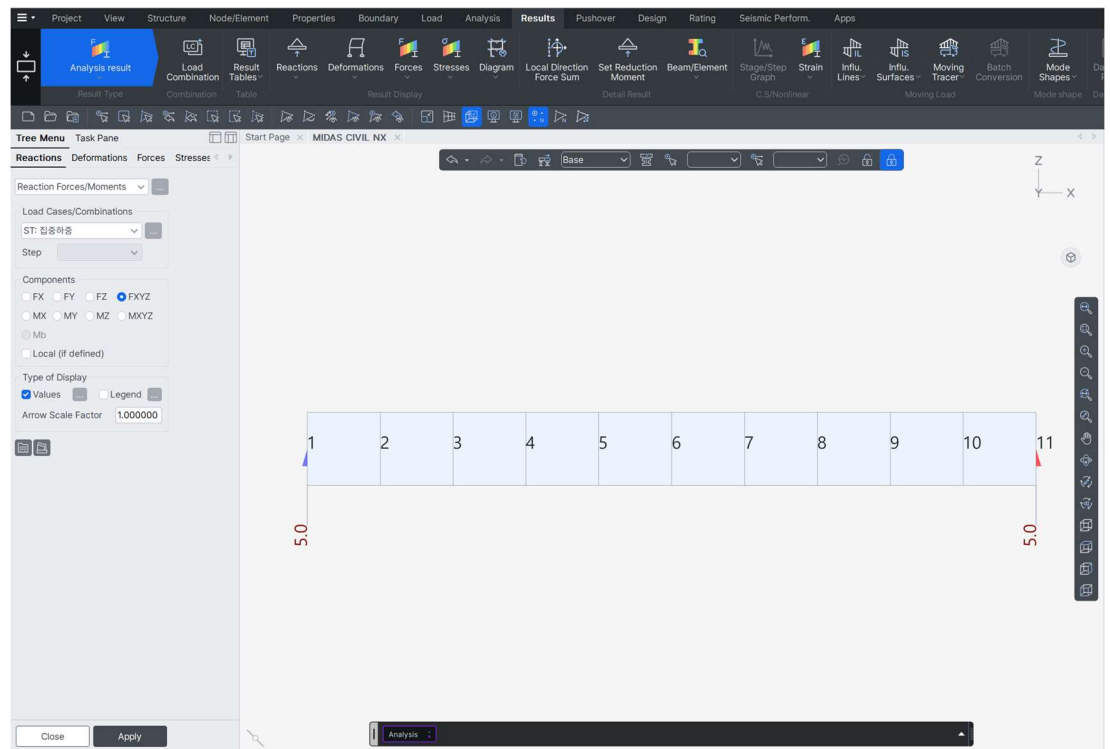
07. 해석결과 확인

1. 반력 확인

CIVIL NX에서 반력을 확인합니다.

Main Menu에서 **Results > Reactions >  Reaction Forces/Moments**

1. Load Cases / Combinations 선택란에서 'ST: 집중하중' 선택
2. Components에서 'FXYZ' 확인
3. Type of Display의 'Value', 'Legend' 옵션에 Check on
4.  버튼 클릭
5. Load Cases / Combinations 선택란에서 'ST: 분포하중' 선택
6.  버튼 클릭



| 반력 확인 |

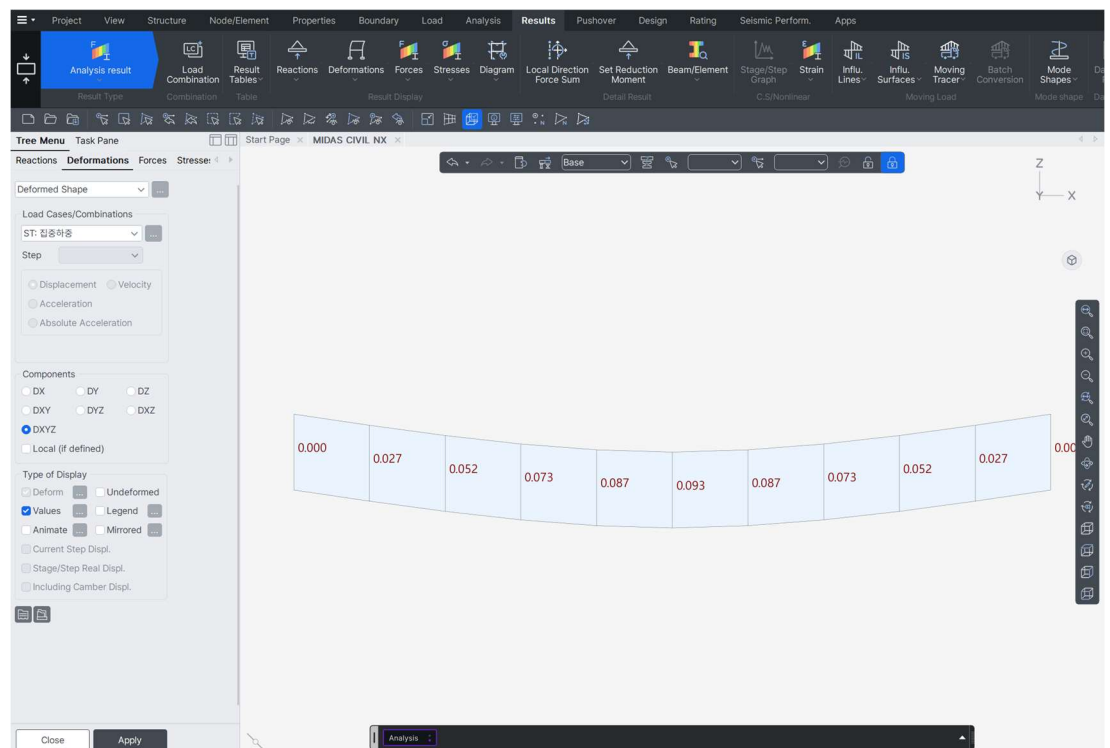
07. 해석결과 확인

2. 변위 확인

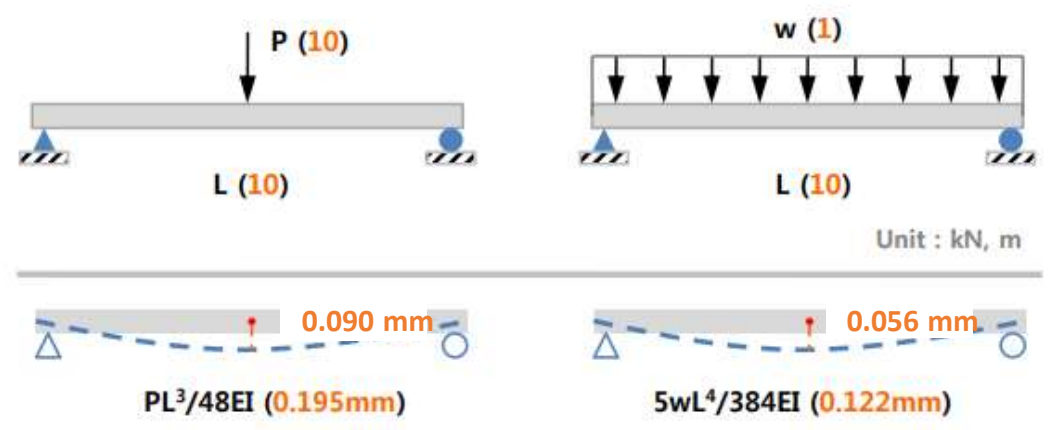
CIVIL NX에서 변위를 확인합니다.

Main Menu에서 **Results > Deformation >  Deformed Shape**

1. Load Cases / Combinations 선택란에서 'ST: 집중하중' 선택
2. Components에서 'DXYZ' 확인
3. Type of Display의 'Value', 'Legend' 옵션에 Check on
4. **Apply** 버튼 클릭
5. 화면 하단의 Status Bar에서 길이 단위를 'mm'로 변경



| 변위 확인 |



| 수계산 결과 |

07. 해석결과 확인

2. 변위 확인

수계산 결과와 CIVIL NX의 변위 결과가 차이를 보이는데, 이는 전단변형 때문입니다.

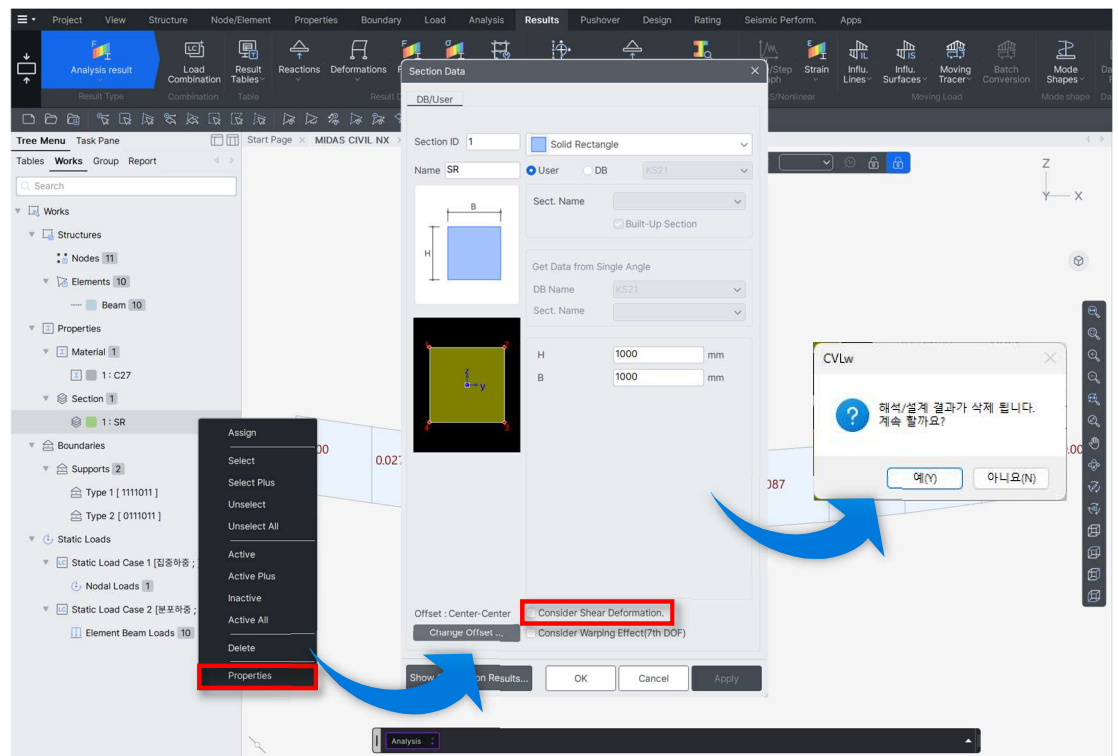
처짐공식은 전단변형을 고려하지 않지만, CIVIL NX에서는 기본적으로 전단변형을 고려하고 있습니다. 전단변형을 고려하도록 하는 옵션을 해제한 후, 다시 수계산으로 구한 변위와 비교해 보겠습니다.

Works Tree의 Section 항목에서 오른쪽 마우스를 클릭하여 **Properties**

1. 'Consider Shear Deformation' 옵션에 Check off

2. 버튼 클릭

3. '해석/설계 결과가 삭제됩니다. 계속할까요?' 메시지에 버튼 클릭



| 전단 변형을 고려하지 않은 옵션 설정 |

전단변형을 제외하고 다시 구조해석을 수행합니다.

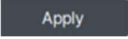
Main Menu에서 **Analysis > Perform Analysis (F5)**

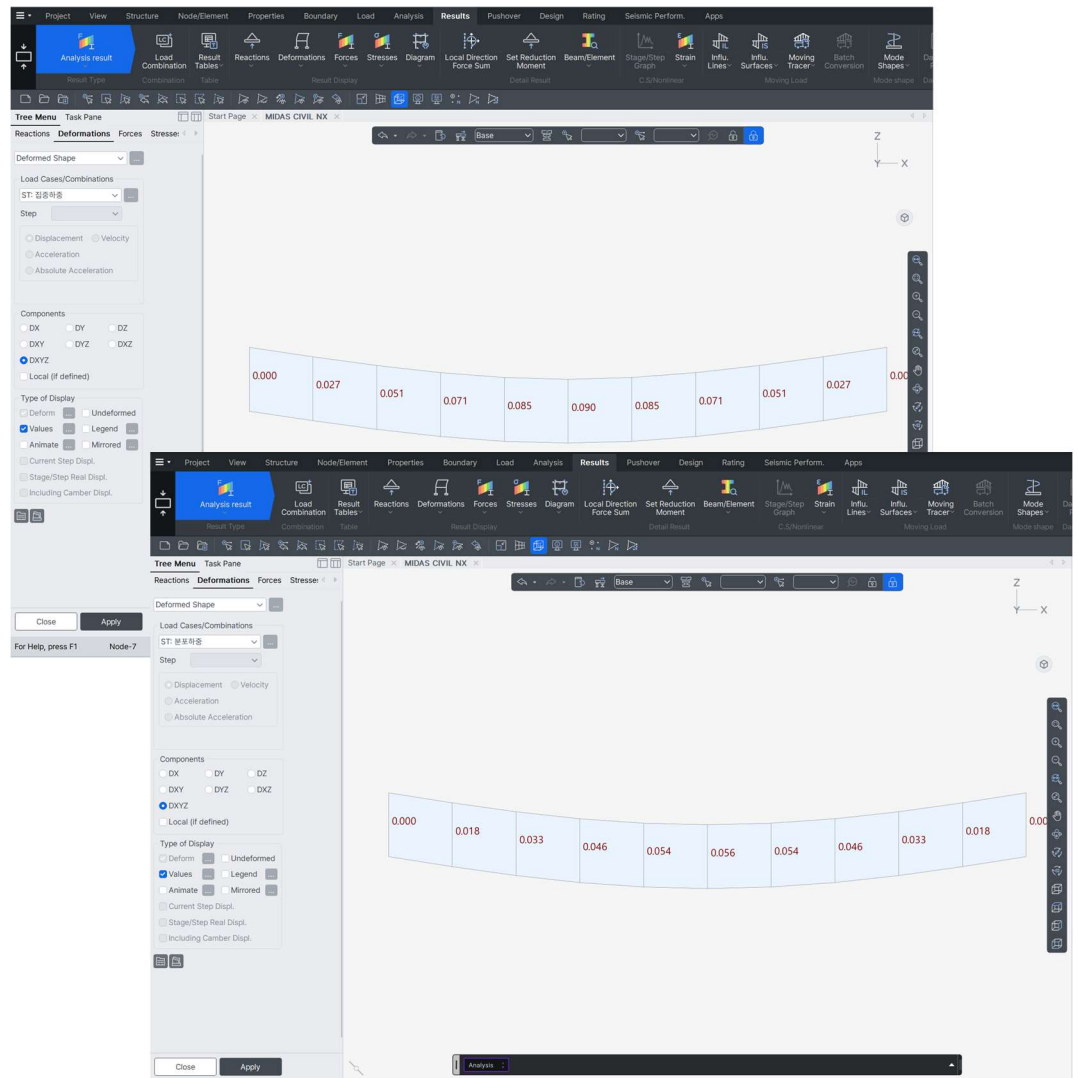
07. 해석결과 확인

2. 변위 확인

전단변형을 제외한 변위를 확인합니다.

Main Menu에서 **Results > Deformation >  Deformed Shape**

1. Load Cases / Combinations 선택란에서 'ST: 집중하중' 선택
2. Components에서 'DXYZ' 확인
3. Type of Display의 'Value', 'Legend' 옵션에 Check on
4.  버튼 클릭
5. Load Cases / Combinations 선택란에서 'ST: 분포하중' 선택
6.  버튼 클릭



| 변위 확인 |

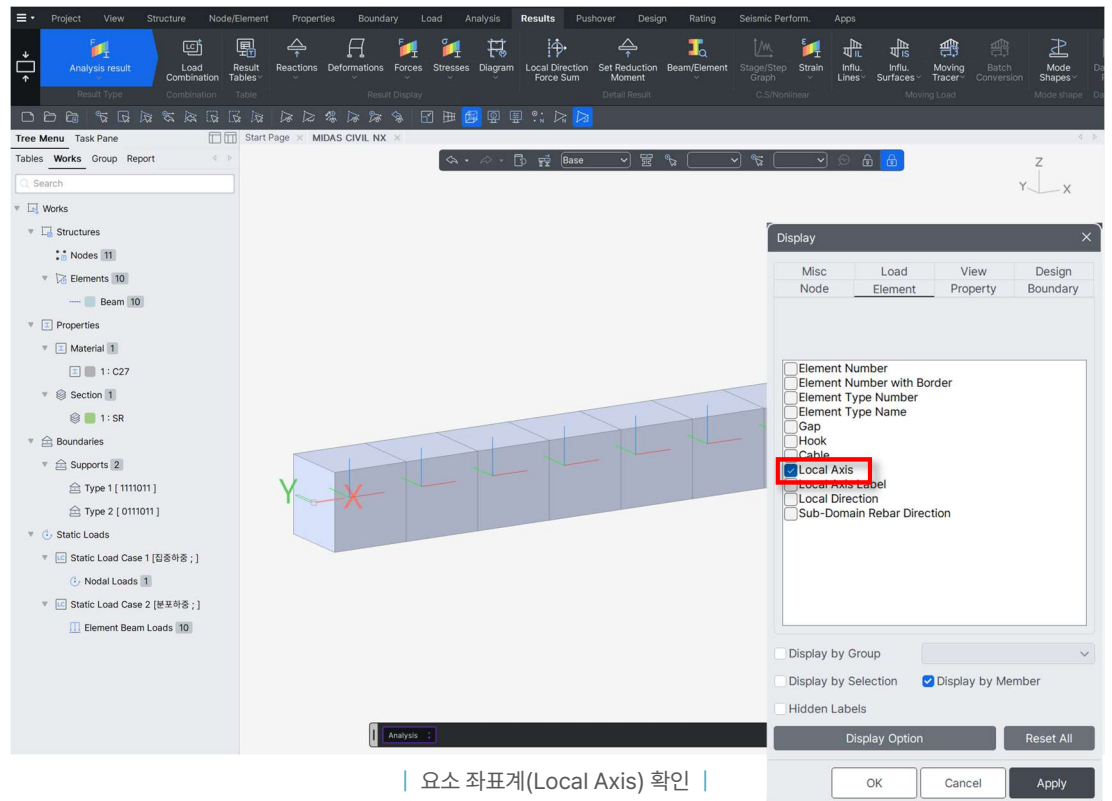
07. 해석결과 확인

3. 부재력 확인

CIVIL NX에서는 부재력을 확인할 때 그 표기방법이 요소좌표계에 따라 달라집니다. 따라서 부재력을 확인하기 전 먼저 요소좌표계를 확인할 필요가 있습니다.

Main Menu에서 **View >  Display (Ctrl + E)**

1. Display창에서 'Element' 탭 선택
2. Local Axis 옵션에 Check on
3.  버튼 클릭



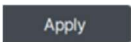
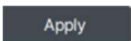
| 요소 좌표계(Local Axis) 확인 |

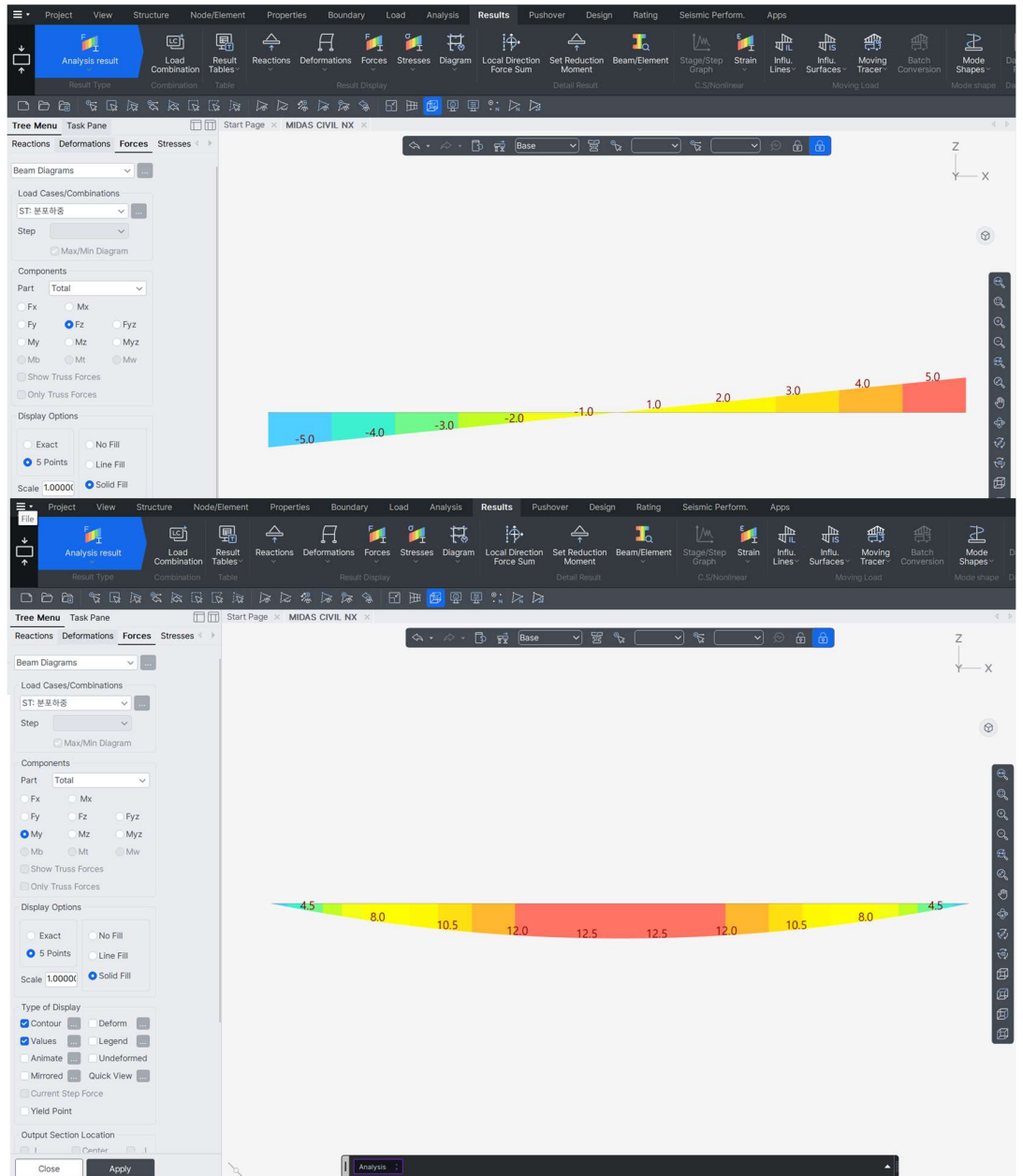
07. 해석결과 확인

3. 부재력 확인

전단력과 휨모멘트를 확인합니다.

Main Menu에서 **Results > Forces >  Beam Diagrams**

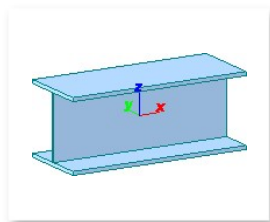
1. 화면 하단의 Status Bar에서 길이 단위를 'm'로 변경
2. Load Cases/Combinations 선택란에서 'ST: 분포하중' 선택
3. Components에서 'Fz' 선택
4. Display Option에서 'Solid Fill' 선택
5. Type of Display의 'Contour', 'Value' 옵션에 Check on
6.  버튼 클릭
7. Components에서 'My' 선택
8.  버튼 클릭



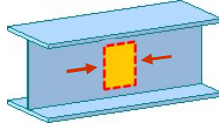
| 부재력 확인 |

07. 해석결과 확인

Tip. Force Components

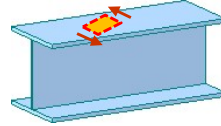


F_x



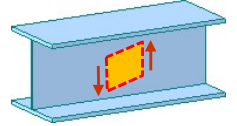
축력

F_y



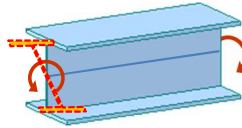
y방향(약축) 전단력

F_z



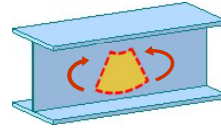
z방향(강축) 전단력

M_x



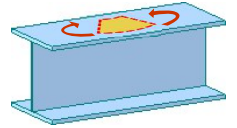
비틀림

M_y



y축에 대한(강축)
휨모멘트

M_z



z축에 대한(약축)
휨모멘트

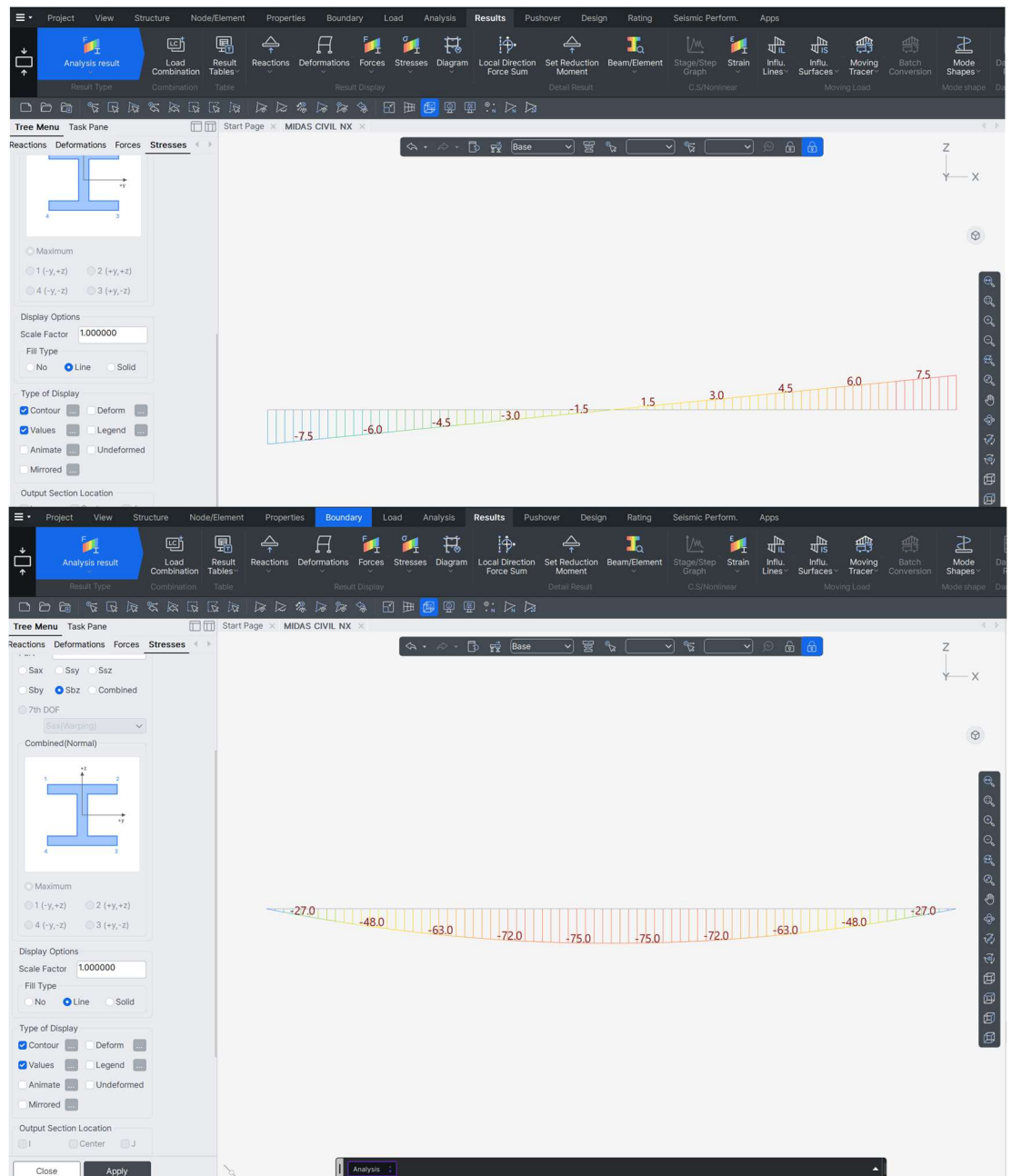
07. 해석결과 확인

4. 응력 확인

분포하중에 의한 전단력이 가장 큰 지점부의 전단응력과 휨모멘트가 가장 큰 중앙부의 휨응력을 확인합니다.

Main Menu에서 **Results > Stresses >  Beam Stresses Diagram**

1. Load Cases/Combinations 선택목록에서 'ST: 분포하중' 선택
2. Components에서 'Ssz' 선택
3. Type of Display 에서 'Contour', 'Value' 옵션에 Check on
4. **Apply** 버튼 클릭
5. Components에서 'Sbz' 선택
6. **Apply** 버튼 클릭



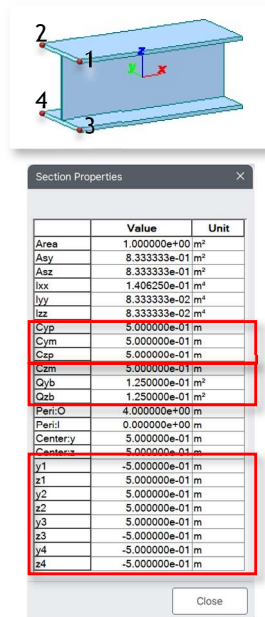
| 응력 확인 |

07. 해석결과 확인

Tip. Stress Components

요소좌표가 아래와 같을 때, 응력 기호와 계산방법은 다음과 같습니다.

응력의 계산방법에서 파란색은 부재력을 나타내며, 빨간색으로 표시한 부분의 좌표(y, z)를 적용해 응력기호를 나타냅니다.



Sax	축응력	$\frac{P}{A}$	$\frac{F_x}{Area}$
Ssy	약축 전단응력	$\frac{VQ}{Ib}$	$\frac{F_y}{I_{zz}} \cdot Q_{yb}$
Ssz	강축 전단응력		$\frac{F_z}{I_{yy}} \cdot Q_{zb}$
Sby	약축 휨응력	$\frac{M_y}{I}$	$\frac{M_z}{I_{zz}} \cdot C_y$
Sbz	강축 휨응력		$\frac{M_y}{I_{yy}} \cdot C_z$
Combined	수직응력	$\frac{P}{A} + \frac{M_y}{I}$	$\frac{F_x}{Area} + \frac{M_z}{I_{zz}} \cdot y + \frac{M_y}{I_{yy}} \cdot z$

MIDAS CIVIL NX Tutorial

라멘교 구조해석

CONTENTS

라멘교 구조해석

01 개요

02 작업환경 설정 및 단면/재질/두께 정의

- 2-1 단위계 설정
- 2-2 재질 정의
- 2-3 단면 정의
- 2-4 두께 정의

03 라멘구조 모델링

- 3-1 보요소 입력
- 3-2 판요소 입력

04 경계조건 입력

05 하중조건 정의

- 5-1 고정하중 입력
- 5-2 등분포하중 입력
- 5-3 사다리꼴하중 입력
- 5-4 온도요소하중 입력
- 5-5 온도구배하중 입력

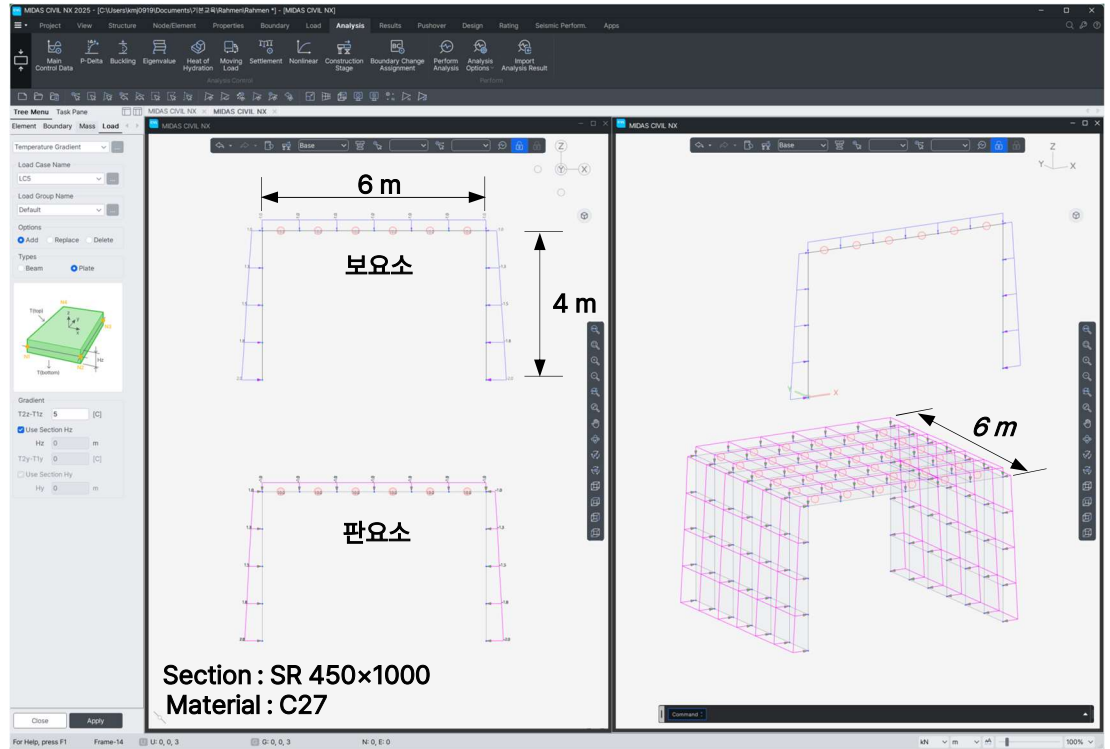
06 구조해석 수행

07 해석결과 확인

- 7-1 하중조합
- 7-2 반력 확인
- 7-3 보요소 부재력 확인
- 7-4 판요소 부재력 확인

01. 개요

본 예제는 다음그림과 같이 자중, 보하중, 온도하중, 압력하중이 재하되는 라멘 구조물을 보요소와 판요소로 모델링하고, 해석하는 방법에 대해 알아봅니다.

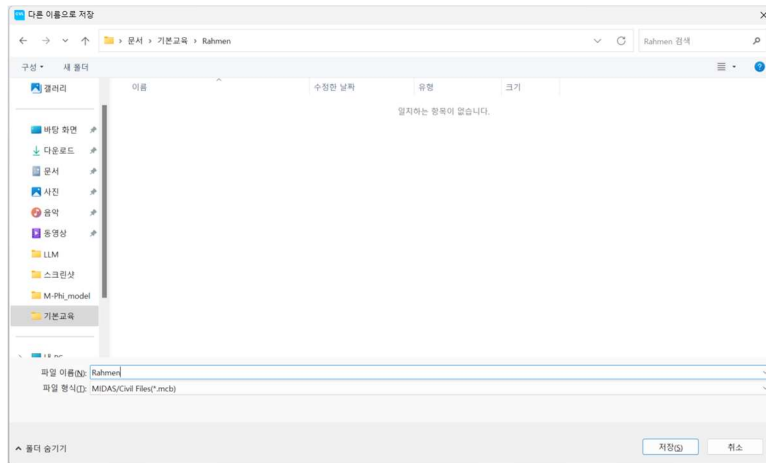


| 보요소와 판요소로 모델링 된 라멘 구조물 |

02. 작업환경 설정 및 단면/재질/두께 정의

라멘 구조물을 모델링하기 위해 새파일(New Project)을 열고, 'Rahmen.mcb' 파일로 저장 (Save)합니다.

1. Main > **File** 클릭
2. **New Project** 클릭
3. **Save** 클릭
4. 파일 이름에 'Rahmen' 입력 후 저장

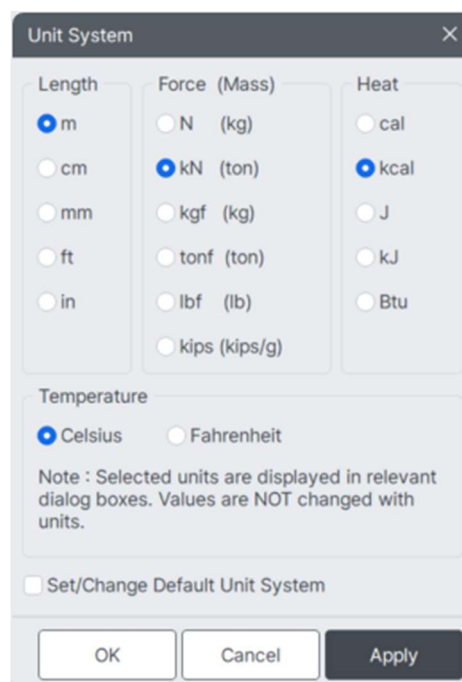


| 파일 저장 |

1. 단위계 설정

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

1. 메인 메뉴에서 **[Project]탭 > [Setting]그룹 > Unit System**
2. Length 선택란에서 'm', Force(Mass) 선택란에서 '**kN(ton)**' 선택
3. 버튼 클릭



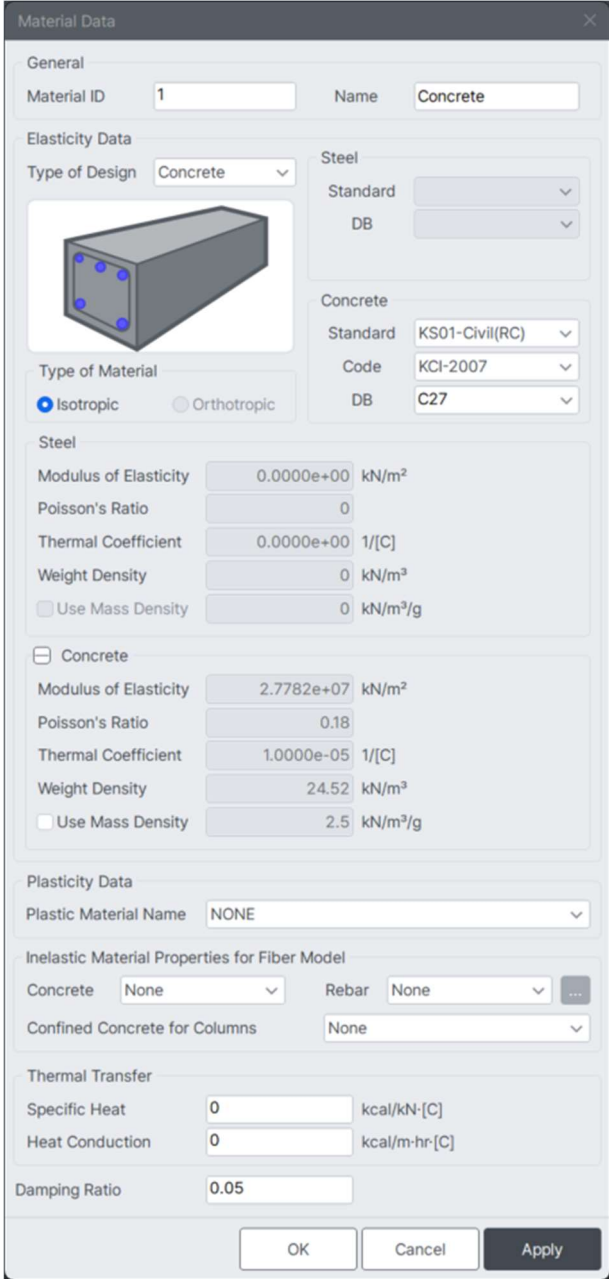
| 단위계 설정 |

02. 작업환경 설정 및 단면/재질/두께 정의

2. 재질 정의

모델링 시 DB에 내장된 C27(콘크리트) 재질을 정의하여 사용합니다.

1. 메인 메뉴에서 **[Properties]탭 > [Material Properties] 그룹 >  Material Properties**
2. **Add...** 버튼 클릭
3. Type 선택란에서 **'Concrete'** 선택
4. Concrete의 Standard 선택란에서 **'KS01-Civil(RC)'** 선택
5. Code 선택란에서 **'KCI-2007'** 선택
6. DB 선택란에서 **'C27'** 선택
7. **OK** 버튼 클릭



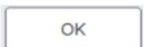
The image shows the 'Material Data' dialog box for defining concrete material properties. The 'General' tab is active, showing 'Material ID' as 1 and 'Name' as 'Concrete'. Under 'Elasticity Data', 'Type of Design' is set to 'Concrete'. A 3D model of a concrete beam is shown. The 'Type of Material' is set to 'Isotropic'. The 'Steel' section is collapsed. The 'Concrete' section is expanded, showing 'Standard' as 'KS01-Civil(RC)', 'Code' as 'KCI-2007', and 'DB' as 'C27'. The 'Plasticity Data' section shows 'Plastic Material Name' as 'NONE'. The 'Inelastic Material Properties for Fiber Model' section shows 'Concrete' as 'None', 'Rebar' as 'None', and 'Confined Concrete for Columns' as 'None'. The 'Thermal Transfer' section shows 'Specific Heat' as 0 kcal/kN-[C] and 'Heat Conduction' as 0 kcal/m-hr-[C]. The 'Damping Ratio' is set to 0.05. At the bottom, there are 'OK', 'Cancel', and 'Apply' buttons.

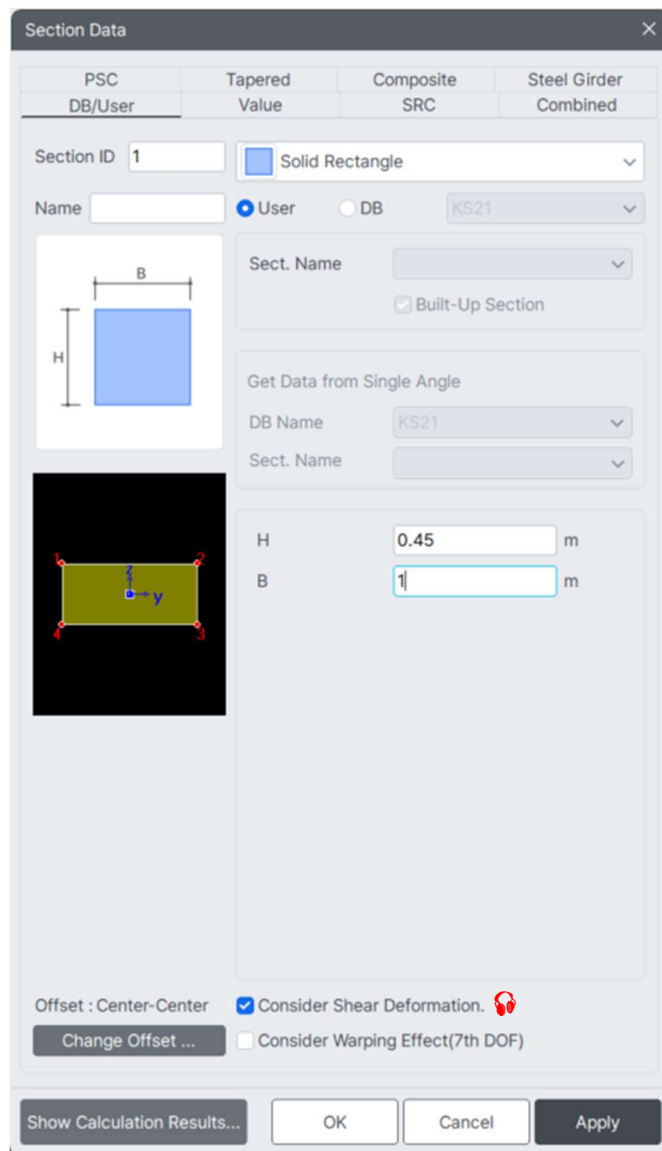
| 재질 정의 |

02. 작업환경 설정 및 단면/재질/두께 정의

3. 단면 정의

User Type의 사각형단면(0.45m × 1m)을 입력합니다.

1. 'Section Property'탭 클릭
2.  버튼 클릭
3. 'DB/User'탭 선택
4. Name 입력란에서 'SR' 입력
5. 단면형태 선택란에서 'Solid Rectangle' 확인
6. DB와 User 선택란에서 'User' 선택
7. H 입력란에 '0.45', B 입력란에 '1' 입력
8.  버튼 클릭



| 단면 정의 |

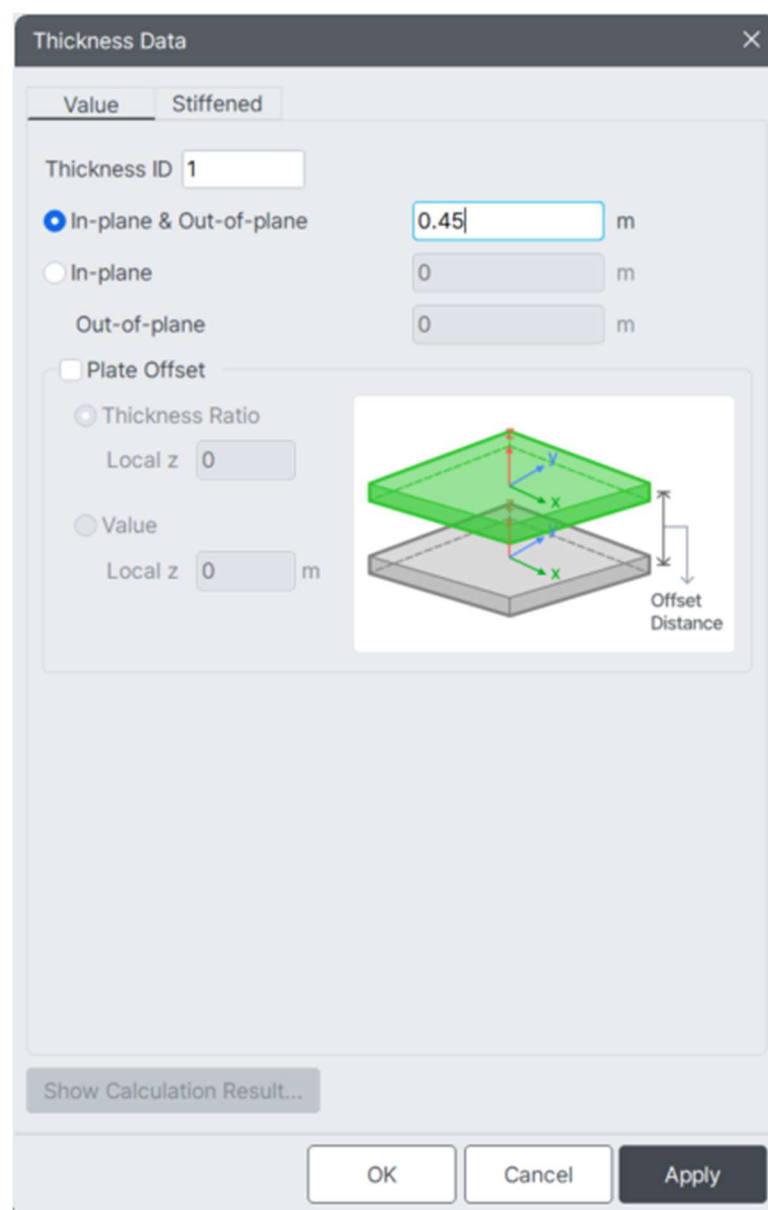
🔊 다음의 기능을 체크하면 전단변형을 고려하여 해석할 수 있다.

02. 작업환경 설정 및 단면/재질/두께 정의

4. 두께 정의

구조물 모델링시 판요소는 0.45m 두께를 사용합니다.

1. 'Thickness' 탭 클릭
2.  버튼 클릭
3. Value tab 에서 Thickness ID 입력란에 '1' 확인
4. In-plane & Out-of-plane 입력란에 '0.45' 입력
5.  버튼 클릭



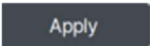
| 두께 정의 |

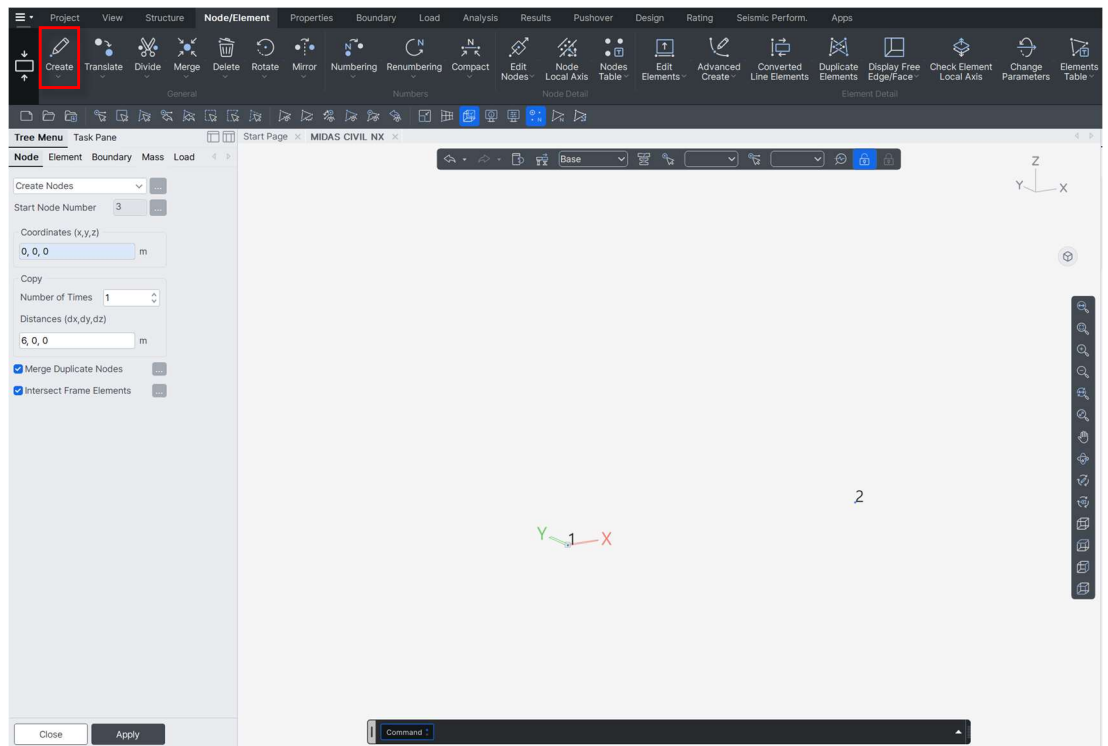
03. 라멘구조 모델링

1. 보요소 입력

지점부의 절점을 먼저 입력하고,  **Extrude Elements** 기능으로 이 절점을 보요소로 확장하여 벽체를 모델링합니다.

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

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

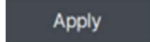


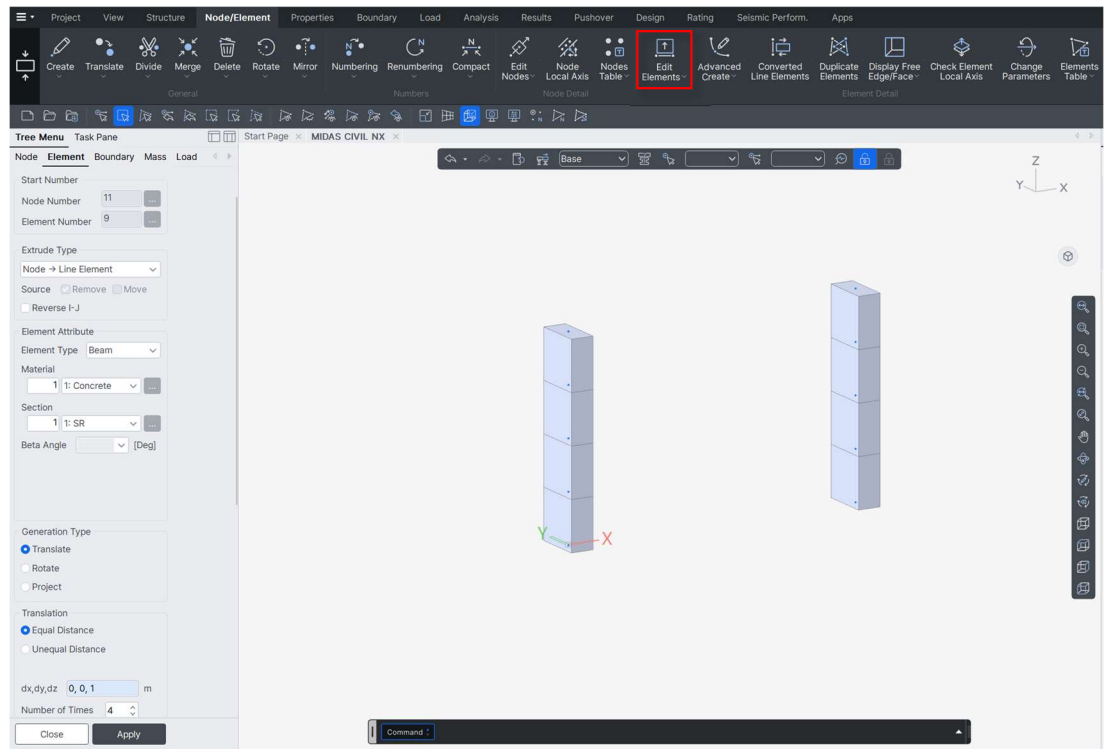
| 절점 입력 |

03. 라멘구조 모델링

메인 메뉴에서

[Node/Element]탭 > [Node Detail]그룹 > Edit Elements >  Extrude Elements

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



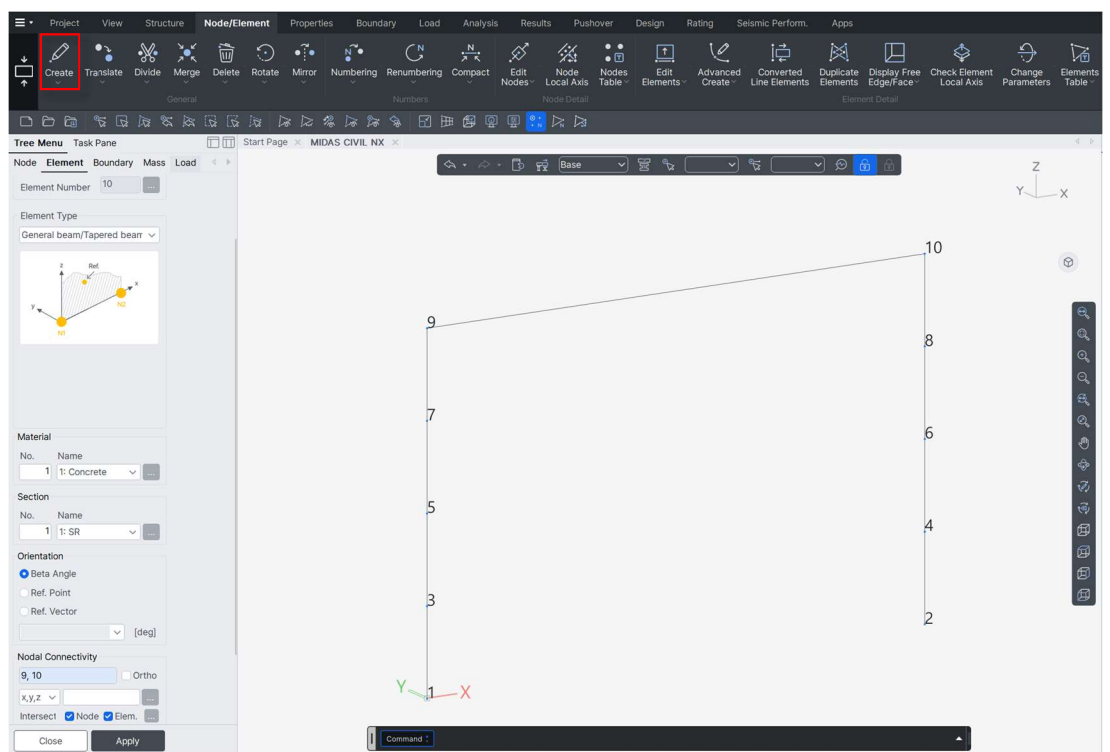
| 벽체 입력 |

03. 라멘구조 모델링

라멘 구조물의 슬래브 부분은 **Create Elements** 기능으로 하나의 보요소를 입력한 후 이 보요소를 **Divide Elements** 기능으로 등간격 분할합니다.

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

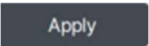
1. Element Type 선택란에서 'General beam/Tapered beam' 클릭
2. Material 선택란에서 '1:C27' 확인
3. Section 선택란에서 '1:SR' 확인
4. Beta Angle 선택 확인 후 입력란에 '0' 확인
5. Nodal Connectivity 입력란을 클릭하여 녹색 바탕으로 활성화 시킨 후 절점 '9, 10' 클릭

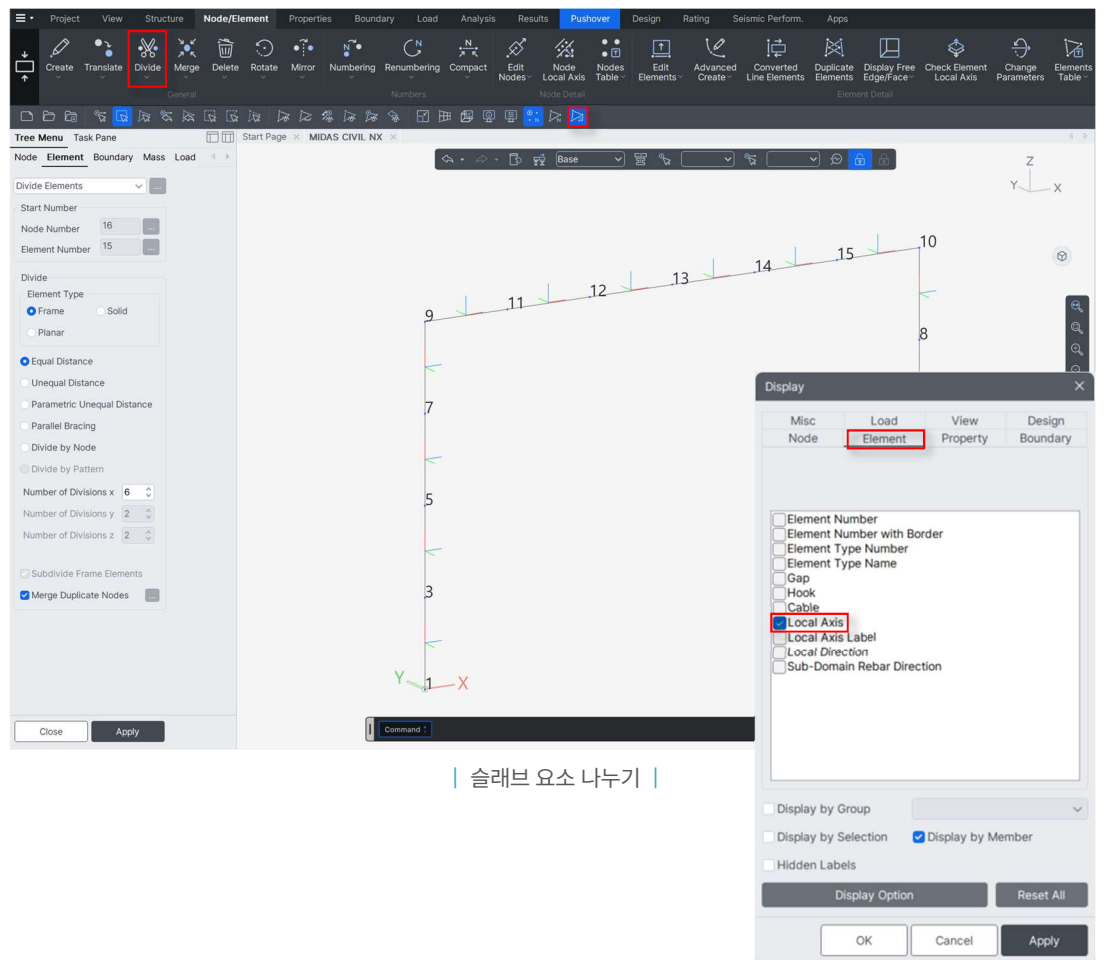


| 슬래브 입력 |

03. 라멘구조 모델링

메인 메뉴에서 **[Node/Element]탭 > [General]그룹 > [Divide] >  Divide Elements** 클릭

1.  **Select Recent Entities** 클릭
2. Divide의 Element Type 선택란에서 '**Frame**' 확인
3. **Equal Distance** 확인
4. Number of Divisions x 입력란에 '**6**' 입력
5.  버튼 클릭
6.  **Display** 클릭
7. Element 탭에서 '**Local Axis**' 에 Check on
8.  버튼 클릭



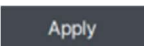
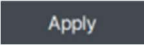
03. 라멘구조 모델링

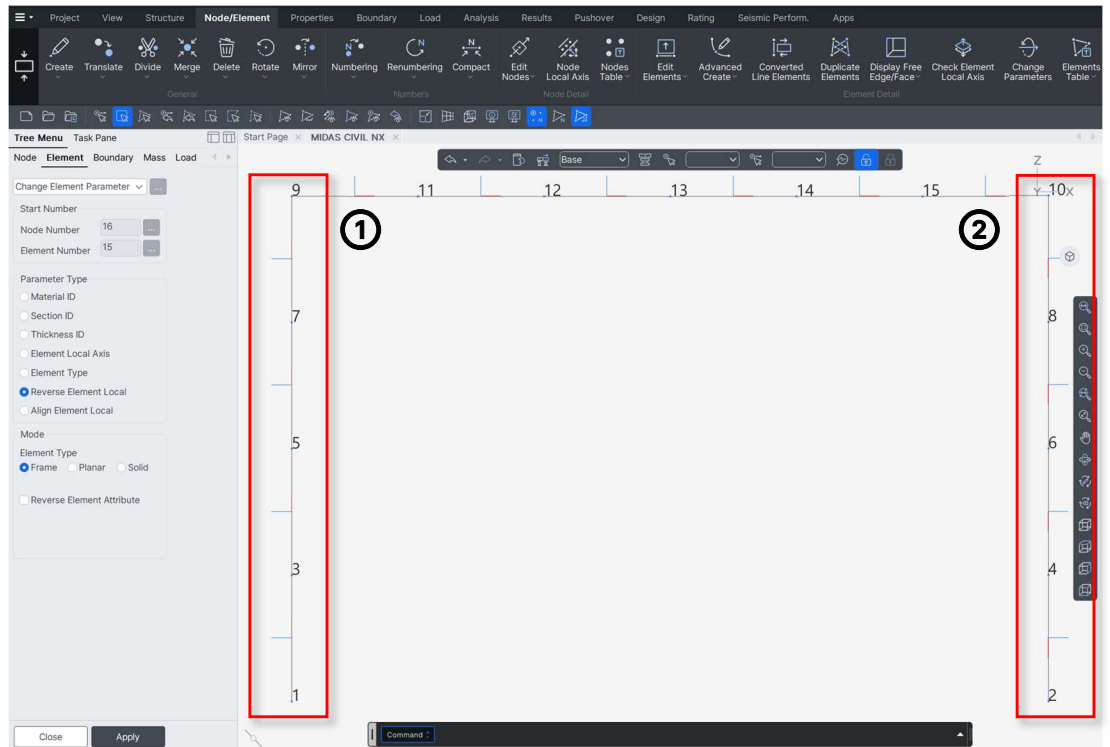
보요소로 이루어진 라멘 구조물의 기하형상 입력이 완료되면, 라멘 구조물 좌측 벽체의 Beta Angle을 수정합니다. 구조해석시 요소좌표계를 기준으로 해석결과가 출력되기 때문에 통일성 있는 해석결과를 구하기 위해 모든 요소의 요소좌표계를 동일하게 입력합니다.

보요소의 경우 하중입력 방향과 요소좌표 z축 방향이 반대가 되도록 입력하여 해석결과를 확인합니다.

메인 메뉴에서

[Node/Element]탭 > [Mesh]그룹 >  Change Parameters 클릭

1.  **Front View** 클릭
2. Parameter Type 선택란에서 '**Element Local Axis**' 선택
3. Mode의 Assign 선택란에서 '**Beta Angle**' 확인
4.  Select Window을 이용하여 Elements : 다음그림의 ① 부분 클릭
5. Beta Angle 입력란에 '**180**' 입력
6.  버튼 클릭
7. Parameter Type 선택란에서 '**Reverse Element Local**' 선택
8.  Select Window을 이용하여 Elements : 다음그림의 ② 부분 클릭
9. Element Type 선택란에서 '**Frame**' 확인
10.  버튼 클릭



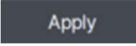
| 벽체 보요소의 Beta Angle 수정 |

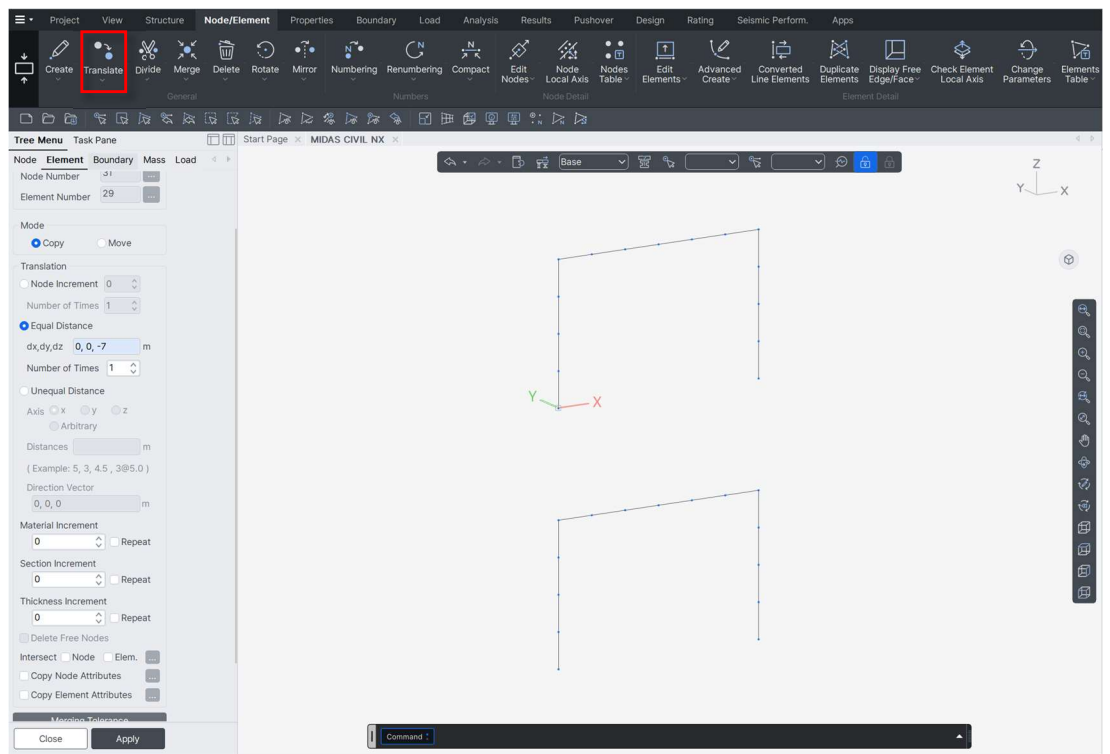
03. 라멘구조 모델링

2. 판요소 입력

보요소를 복사한 후  **Extrude Elements** 기능의 선요소(보요소, 트러스 등)를 판요소로 확장입력하는 방법으로 판요소의 라멘 구조물을 입력합니다.

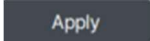
메인 메뉴에서 **[Node/Element]탭 > [General]그룹 >  Translate >  Translate Element**

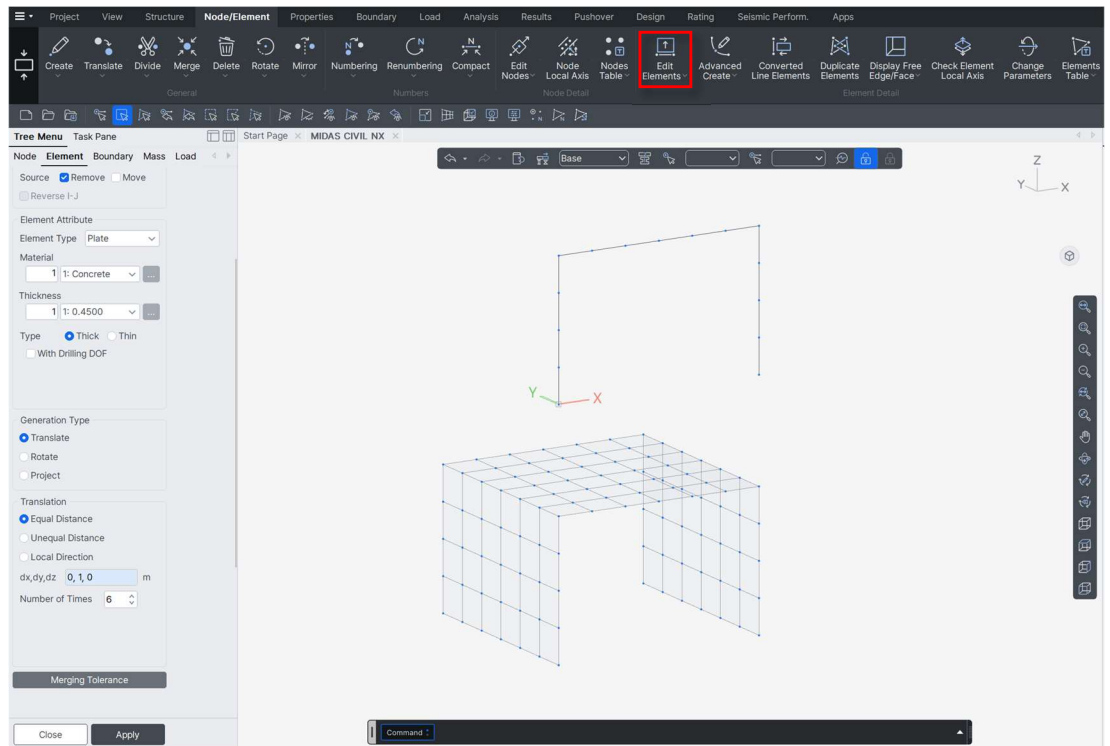
1.  **Display** 클릭 후 Element 탭에서 'Local Axis' Check off
2.  버튼 클릭
3.  **Iso View**,  **Node Number** (Toggle off)
4.  **Select All**클릭
5. Mode 선택란에서 'Copy' 확인
6. Translation 의 'Equal Distance' 확인
7. dx, dy, dz 입력란에 '0, 0, -7' 입력
8. Number of Times 입력란에 '1' 입력
9.  버튼 클릭



| 보요소 복사 |

03. 라멘구조 모델링

1. 메인 메뉴에서 **[Node/Element]탭 > [Element Detail]그룹 >  Edit Elements > Extrude**
2.  **Select Recent Entities** 클릭
3. Extrude Type 선택란에서 **'Line Elem.→Planar Elem.'** 선택
4. Source 선택란에서 **'Remove'** 에 Check on
5. Element Attribute의 Element Type 선택란에서 **'Plate'** 확인
6. Material 선택란에서 **'1:C27'** 확인 Thickness 선택란에서 **'1 : 0.45'** 확인
7. Type 선택란에서 **'Thick'** 확인
8. Generation Type 선택란에서 **'Translate'** 확인
9. Translation 선택란에서 **'Equal Distance'** 확인
10. dx, dy, dz 입력란에 **'0, 1, 0'** 입력 Number of Times 입력란에 **'6'** 확인
11.  버튼 클릭



| 판요소로 라멘 구조물 입력 |

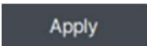
04. 경계조건 입력

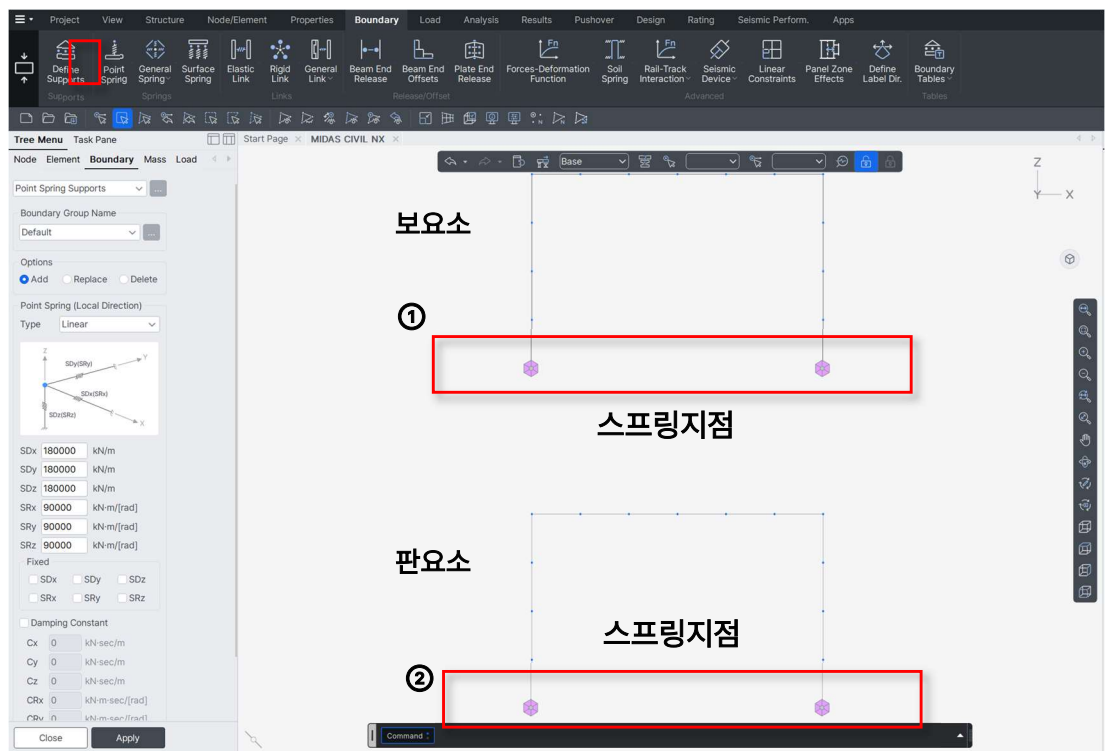
라멘 구조물에서 경계조건은 스프링강성을 다음과 같이 가정하여 스프링지점으로 입력합니다.

변위스프링 : 180000 kN/m

회전스프링 : 90000 kN·m/[rad]

메인 메뉴에서 **[Boundary]탭 > [Springs]그룹 >  Point Spring**

1.  **Front View**
2.  **Select Window**을 이용하여 Model View상에서 빨간색 박스 영역 모두 선택
3. Options 선택란에서 'Add' 확인
4. Point Spring 입력란에
 $SD_x (180000) ; SD_y (180000)$
 $SD_z (180000) ; SR_x (90000)$
 $Sr_y (90000) ; SR_z (90000)$ 입력
6.  버튼 클릭



| 라멘 구조물의 스프링지점 입력 |

05. 하중입력

라멘 구조물에 자중, 등분포하중, 사다리꼴하중, 온도하중(요소하중, 구배하중)을 입력됩니다.

하중조건 1 : 고정하중(Self Weight)

하중조건 2 : 등분포하중(Element Beam Loads, Pressure Loads)

하중조건 3 : 사다리꼴하중

(Line Beam Loads, Hydrostatic Pressure Loads)

하중조건 4 : 요소온도하중(Element Temperature)

하중조건 5 : 온도구배하중(Temperature Gradient)

먼저 하중조건을 설정합니다.

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

1. Name 입력란에 'LC1' 입력
2. Type 선택란에서 'Dead Load' 선택
3.  버튼 클릭
4. 위와 같은 방법으로 나머지 하중 조건 설정

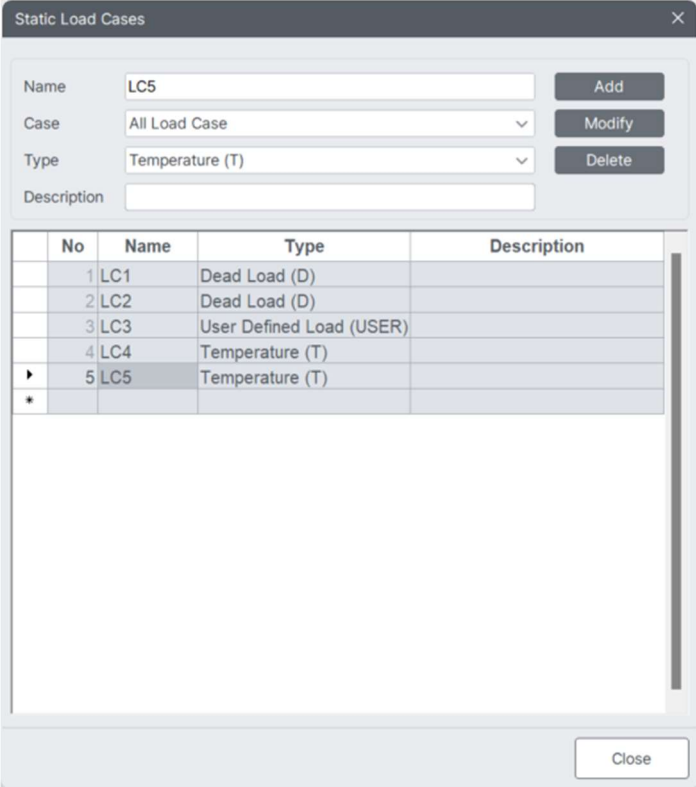
Name (LC2) ; Type>Dead Load

Name (LC3) ; Type>User Defined Load

Name (LC4) ; Type>Temperature

Name (LC5) ; Type>Temperature

6.  버튼 클릭



No	Name	Type	Description
1	LC1	Dead Load (D)	
2	LC2	Dead Load (D)	
3	LC3	User Defined Load (USER)	
4	LC4	Temperature (T)	
5	LC5	Temperature (T)	

| 하중조건 설정 |

05. 하중입력

1. 고정하중 입력

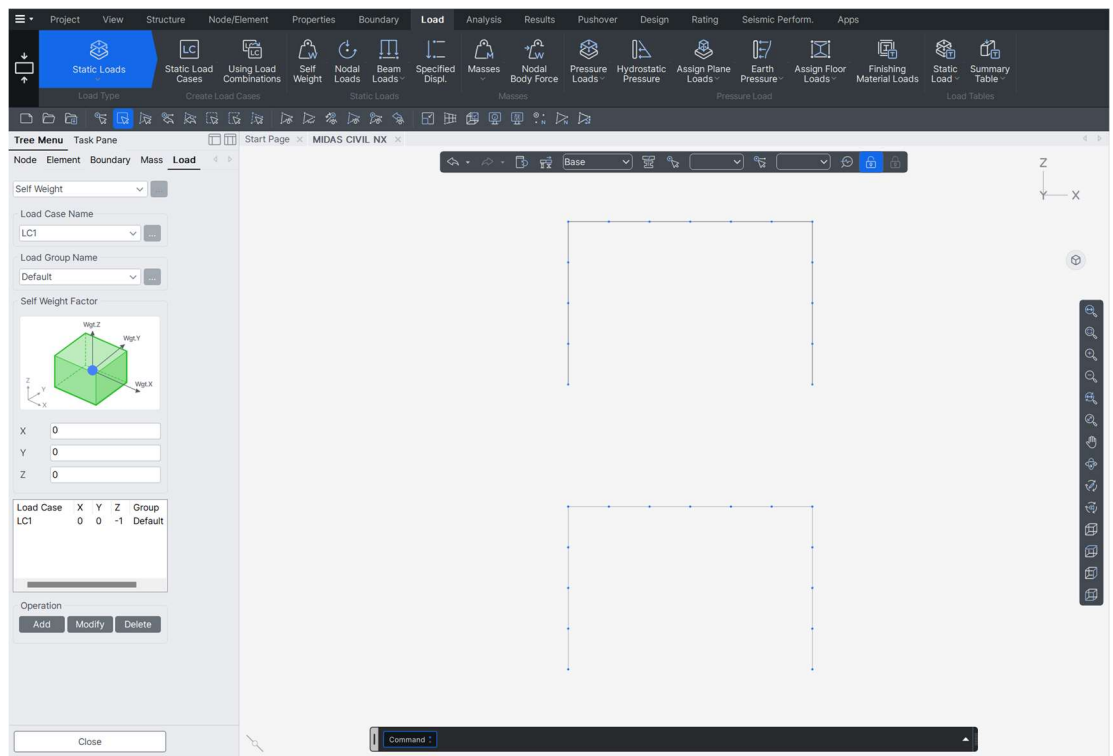
Self Weight기능으로 구조물의 자중을 입력합니다.

메인 메뉴에서

[Load]탭 > [Static Loads]그룹 >  Self Weight 클릭

1. Load Case Name 선택란에서 '**LC1**' 확인
2. Self Weight Factor의 Z 입력란에 '**-1**' 입력
3. Operation의 **Add** 버튼 클릭

Self Weight은 모델링시 사용된 단위중량(**Material**에서 입력되는 Weight Density)과 체적을 곱하여 자동으로 자중이 입력되는 기능입니다. **Self Weight**은 GCS 축 방향으로만 입력됩니다. 그리고 모델링된 구조물 전체의 고정하중이 입력되기 때문에 별도로 요소를 선택해줄 필요가 없습니다.



| 자중 입력(보요소, 판요소) |

05. 하중입력

2. 등분포하중 입력

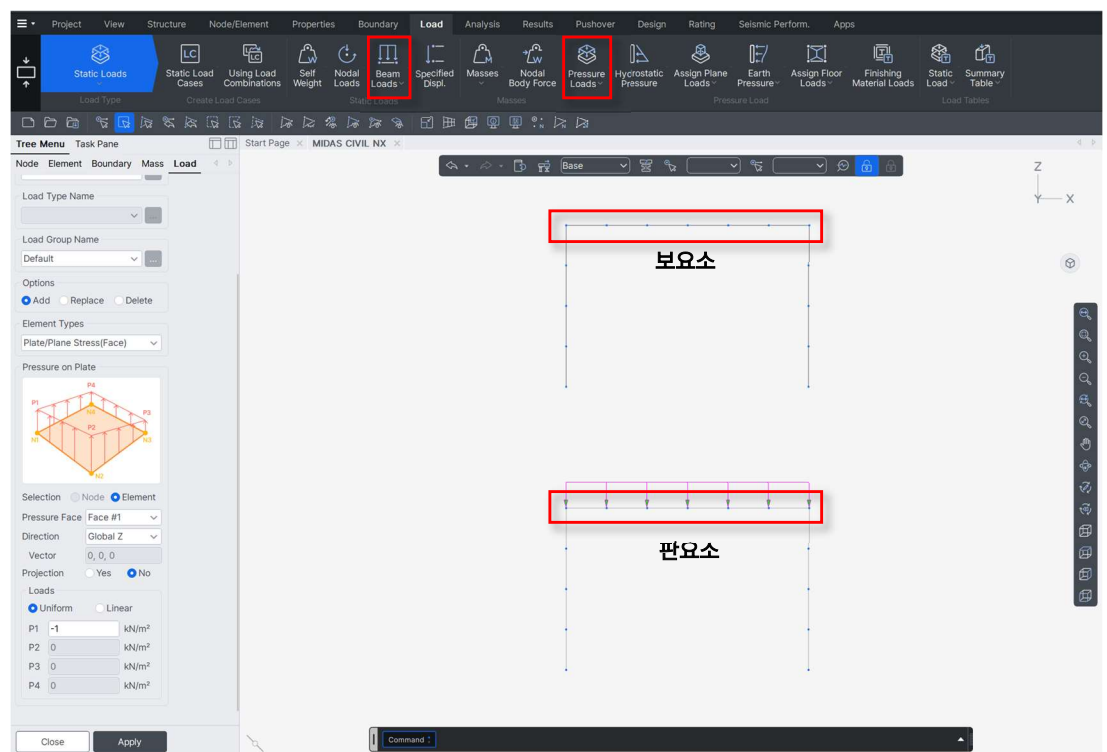
보요소에는 **Element Beam Loads** 기능으로, 판요소에는 **Pressure Loads** 기능으로 라멘 구조물의 상부에 등분포하중을 입력합니다.

메인 메뉴에서 **[Load]탭 > [Static Loads]그룹 >  [Beam Loads] > Element** 클릭

1.  **Select Window**을 이용하여 보요소의 상부슬래브 영역 선택
2. Load Case Name 선택란에서 '**LC2**' 선택
3. Load Type 선택란에서 '**Uniform Loads**' 확인
4. Direction 선택란에서 '**Global Z**' 확인 Projection 선택란에서 '**No**' 확인
5. Value 선택란에서 '**Relative**' 확인
6. x1 입력란에 '**0**', x2 입력란에 '**1**', w 입력란에 '**-1**' 입력
7. **Apply** 버튼 클릭

메인 메뉴에서 **[Load]탭 > [Pressure Load]그룹 >  Assign Pressure Loads**

1.  **Select Window**을 이용하여 판요소의 상부슬래브 영역 선택
2. Load Case Name 선택란에서 '**LC2**' 확인
3. Options 선택란에서 '**Add**' 확인
4. Element Types 선택란에서 '**Plate/Plane Stress(Face)**' 확인
5. Selection 선택란에서 '**Element**' 확인
6. Pressure on Plate의 Direction 선택란에서 '**Global Z**' 선택
7. Projection 선택란에서 '**No**' 확인
8. Loads 선택란에서 '**Uniform**' 확인하고 P1 '**-1**' 입력
9. **Apply** 버튼 클릭

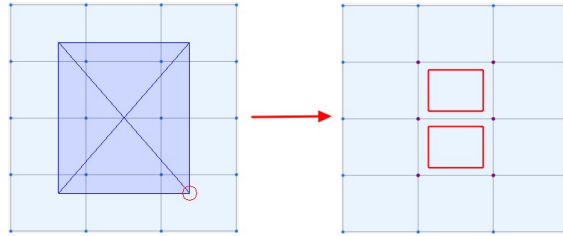


| 등분포하중 입력(보요소, 판요소) |

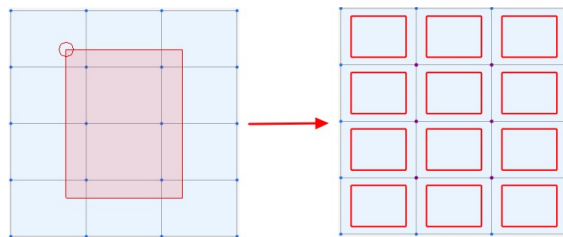
05. 하중입력

Tip. Select Window로 선택하기

Window Select 기능으로 선택 시, 좌측에서 우측으로 선택하면 실선으로 된 영역 안에 완전히 포함되는 요소(절점)가 선택됩니다.



우측에서 좌측으로 선택하면 점선으로 된 영역 안에 걸쳐지는 모든 요소(절점)가 선택됩니다.



05. 하중입력

🔊 Line Beam Loads에 관한 사항은 on-line manual 참조.

🔊 하중이 벽체와 수직방향으로 입력되기 때문에 하중입력 방향으로 Global X를 선택한다.

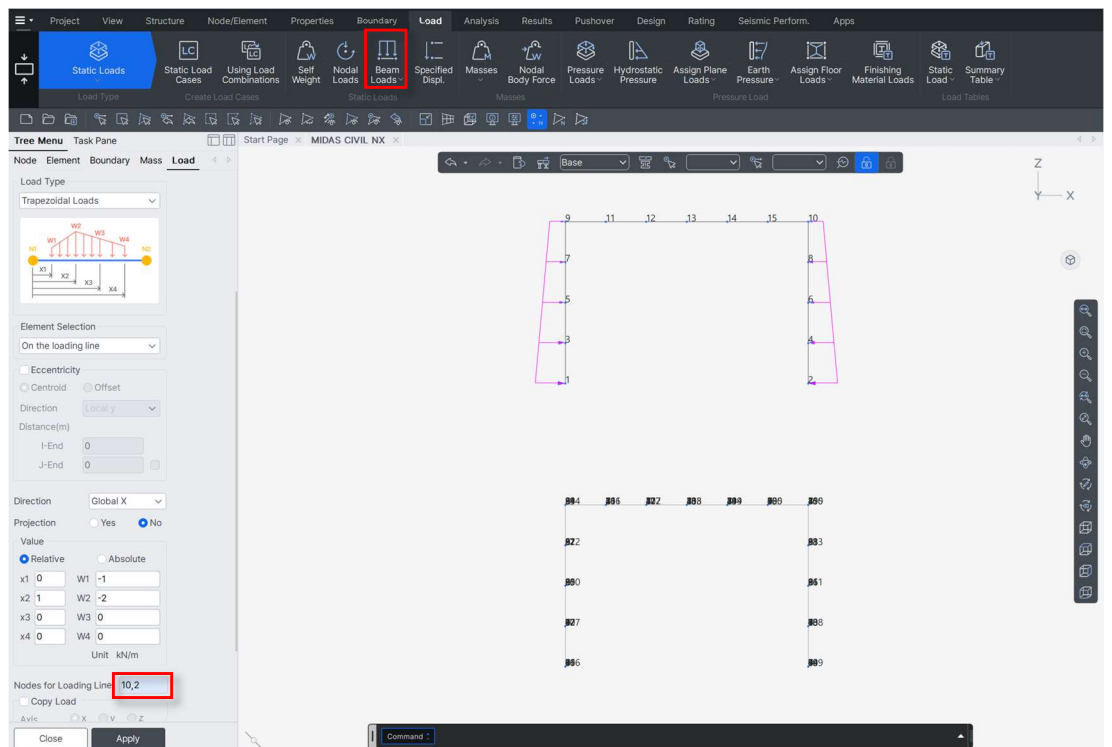
3. 사다리꼴하중 입력

보요소에는 **Line Beam Loads**기능으로, 판요소에는 **Hydrostatic Pressure Loads**기능으로 사다리꼴하중을 입력합니다.

먼저 보요소에 **Line Beam Loads**기능으로 사다리꼴하중을 입력합니다. 🗣

메인 메뉴에서 **[Load]탭 > [Static Loads]그룹 > [Beam Loads] > Line** 클릭

1. Load Case Name 선택란에서 'LC3' 선택
2. Load Type 선택란에서 'Trapezoidal Loads' 선택
3. Direction 선택란에서 'Global X' 선택 🗣
4. Projection 'No' 확인
5. Value에서 'Relative' 확인하고 x1 : '0', x2 : '1', x3 : '0', x4 : '0' 입력
6. W1 : '1', W2 : '2', W3 : '0', W4 : '0' 입력
7. Nodes for Loading Line 입력란에 절점 '9, 1' 입력
8. **Apply** 버튼 클릭
9. W1 : '-1', W2 : '-2', W3 : '0', W4 : '0' 입력
10. Nodes for Loading Line 입력란에 절점 '10, 2' 입력
11. **Apply** 버튼 클릭



| 보요소에 사다리꼴하중 입력 |

05. 하중입력

Hydrostatic Pressure Loads

에 관한 자세한 사항은 마이더스
고객지원 홈페이지

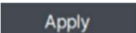
(support.midasuser.com)의
제품자료 > 제품메뉴얼 >
Hydrostatic Pressure Loads
자료 참고.

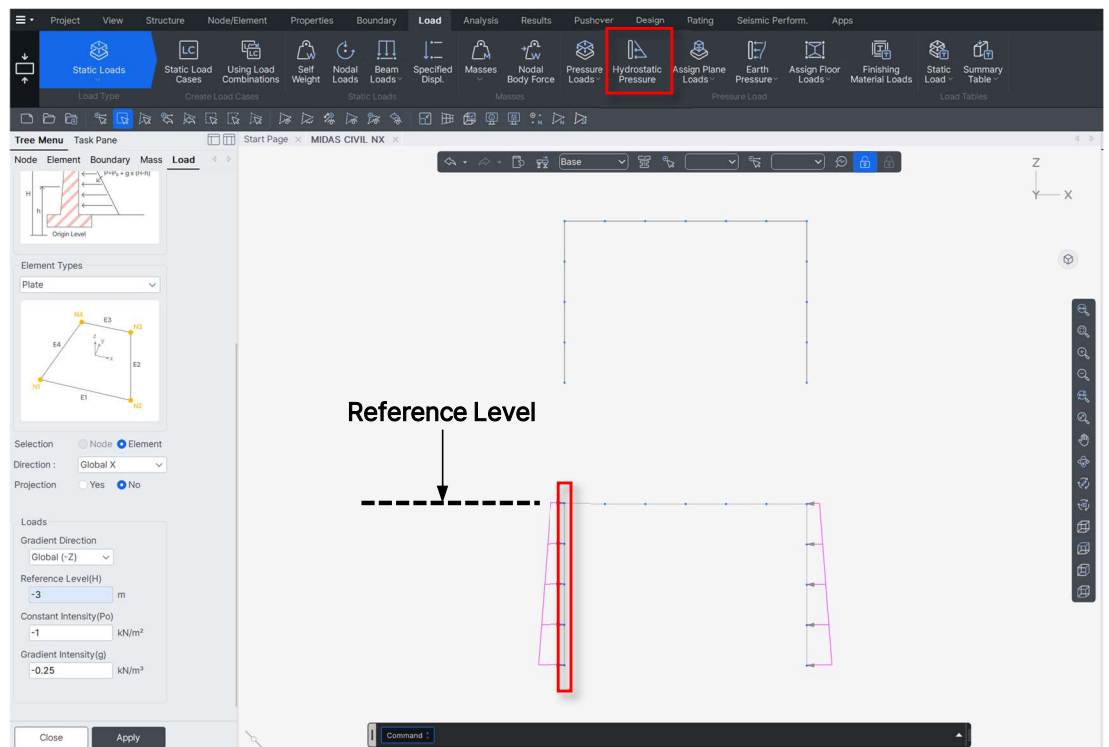
Reference Level은 P0값이 입
력되는 위치를 나타내기 때문에
mouse editor 기능으로 하중입
력 위치를 지정하면 전체좌표계
의 좌표값이 자동 입력된다.

판요소에 **Hydrostatic Pressure Loads** 기능으로 사다리꼴압력하중을 입력합니다. 🗨

Constant Intensity는 최상단에 작용하는 부가하중(상재하중)의 값을 나타내고, Gradient Intensity는 하중의 기울기(만약 토압의 경우 흙의 단위중량×토압계수)를 나타냅니다. 또한 Gradient Intensity는 설명 삽도에 제시된 식($P = P_0 + g \times (H-h)$)에 의해 산정할 수도 있습니다. 본 예제의 경우 좌측 벽체 최하단에 입력될 하중이 2이므로, ' $2 = 1 + g \times 4$ '의 식을 통해 0.25라는 값을 구할 수 있습니다.

메인 메뉴에서 **[Load] 탭 > [Pressure Load] 그룹 >  Hydrostatic Pressure** 클릭

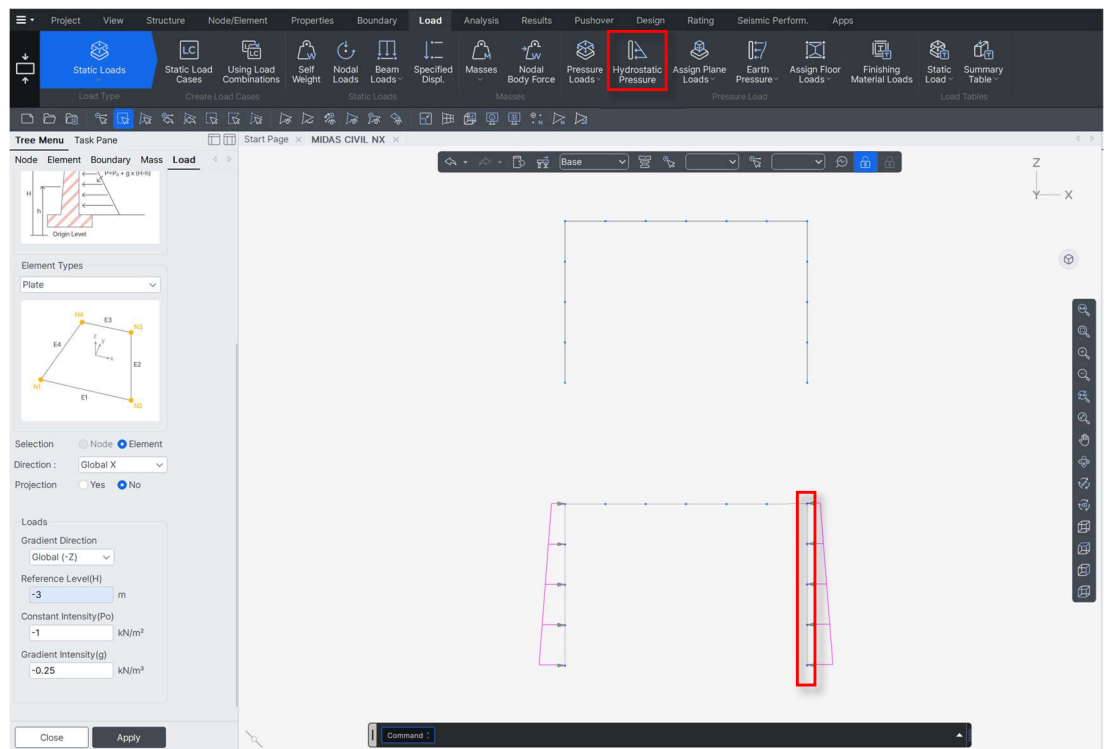
1.  **Select Window**을 이용하여 판요소의 좌측벽체 영역 선택
2. Load Case Name 선택란에서 '**LC3**' 확인
3. Options 선택란에서 '**Add**' 확인
4. Load Type 선택란에서 '**Linear Loads**' 확인
5. Element Types 선택란에서 '**Plate**' 확인
6. Direction 선택란에서 '**Global X**' 선택
7. Projection 선택란에서 '**No**' 확인
8. Loads의 Gradient Direction 선택란에서 '**Global(-Z)**' 확인
9. Reference Level(H) 입력란에 '**-3**' 입력 🗨
10. Constant Intensity(P0) 입력란에 '**1**' 입력
11. Gradient Intensity(g) 입력란에 '**0.25**' 입력
12.  버튼 클릭



| 판요소의 좌측벽체에 사다리꼴하중 입력 |

05. 하중입력

1.  Select Window을 이용하여 판요소의 우측벽체 영역 선택
2. Load Case Name 선택란에서 'LC3' 확인
3. Options 선택란에서 'Add' 확인
4. Load Type 선택란에서 'Linear Loads' 확인
5. Element Types 선택란에서 'Plate' 확인
6. Direction 선택란에서 'Global X' 선택
7. Projection 선택란에서 'No' 확인
8. Loads의 Gradient Direction 선택란에서 'Global(-Z)' 확인
9. Reference Level(H) 입력란에 '-3' 입력
10. Constant Intensity(P0) 입력란에 '-1' 입력
11. Gradient Intensity(g) 입력란에 '-0.25' 입력
12.  버튼 클릭



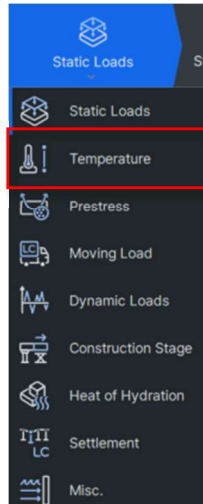
| 판요소의 우측벽체에 사다리꼴하중 입력 |

05. 하중입력

4. 요소온도하중 입력

Element Temperatures 하중은 구조물에 온도하중을 입력할 때 사용되는 데 본 예제에서는 10°C의 온도변화를 고려합니다.

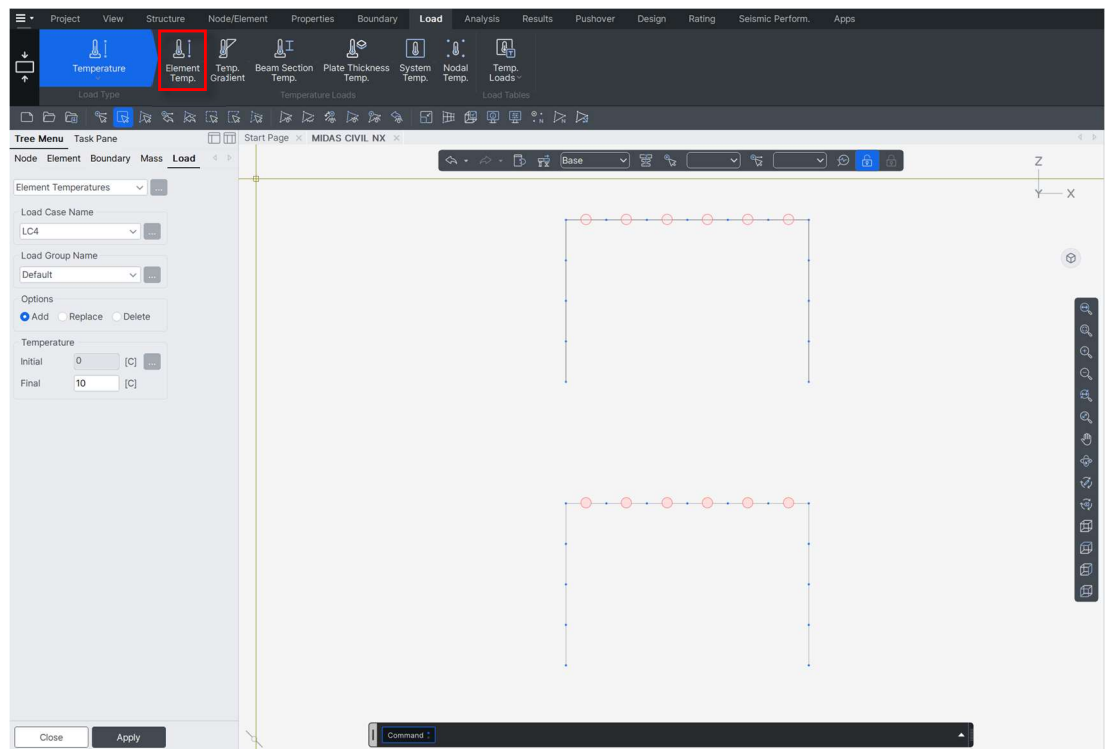
메인 메뉴에서 **[Load]탭 > [Load Type]그룹 > Temperature 선택**



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

1. **Select Window**을 이용하여 보요소와 판요소의 상부슬래브 영역 선택
2. Load Case Name 선택란에서 '**LC4**' 선택
3. Options 선택란에서 '**Add**' 확인
4. Temperature의 Initial 값 '**0**' 확인
5. Final Temperature 입력란에 '**10**' 입력
6. **Apply** 버튼 클릭

절점온도하중 입력시 초기온도 (Initial) 값은 Structure Type에서 변경하여 입력할 수 있다. Initial의 우측에 있는 버튼을 클릭하면 Structure Type으로 바로 연결된다.



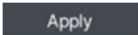
| 요소온도하중 입력 |

05. 하중입력

5. 온도구배하중 입력

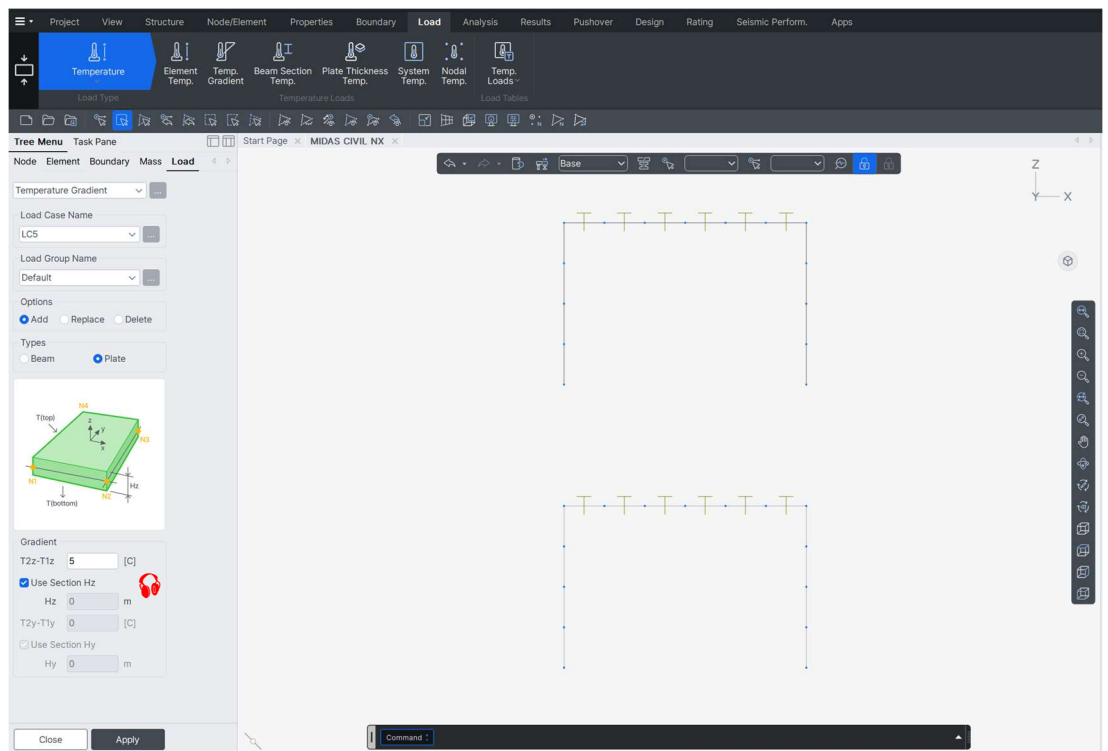
Temperature Gradient는 요소의 상하면 온도차를 입력하는 기능으로 본 예제에서는 라멘 구조물의 상부요소에 5°C의 온도구배하중을 입력합니다.

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

1.  Select Window을 이용하여 보요소의 상부슬래브 영역 선택
2. Load Case Name 선택란에서 '**LC5**' 선택
3. Options 선택란에서 '**Add**' 확인
4. Types 선택란에서 '**Beam**' 확인
5. Gradient의 T2z-T1z 입력란에 '**5**' 입력 
6.  버튼 클릭
7.  Select Window을 이용하여 판요소의 상부슬래브 영역 선택
8. Load Case Name 선택란에서 '**LC5**' 선택
9. Options 선택란에서 '**Add**' 확인
10. Types 선택란에서 '**Plate**' 선택
11. Gradient의 T2z-T1z 입력란에 '**5**' 입력
12.  버튼 클릭

 보요소에 온도구배하중 입력시 T2z-T1z는 요소좌표계 z 축의 온도변화 입력란이고 T2y-T1y는 y 축의 온도변화 입력란이다.

 온도구배하중에 의해 구조물에 발생하는 모멘트는 온도구배에 비례하고, 요소 높이에 반비례하기 때문에 요소 높이에 따라 동일한 온도구배하중을 입력하더라도 다른 하중이 입력될 수 있다. 그렇기 때문에 실제 모델링 시 사용된 보요소 높이나 판요소의 두께가 실제와 다르다면 'Use Section Hz' (다음그림의 ㉓ 부분)를 사용하여 실제 치수를 입력해야 한다.



| 온도구배하중 입력 |

06. 구조해석 수행

🔊 CIVIL NX 에서는 Horizontal Toolbar 를 이용하여 Perform Analysis를 바로 수행할 수 있다.

라멘 구조물의 입력이 완료되면 구조해석을 수행합니다.

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

07. 해석결과 확인

1. 하중조합

해석 완료 후 먼저 각각의 단위하중을 하중조합하는 방법을 알아봅니다.

본 예제에서는 하중조합하는 방법을 파악하기 위해 간단하게 다음의 두가지 경우만을 하중조합하고, 두 하중조합조건의 Envelope을 입력하여 결과를 확인합니다.

LCB 1 : 1.3 LC1 + 1.7 LC3

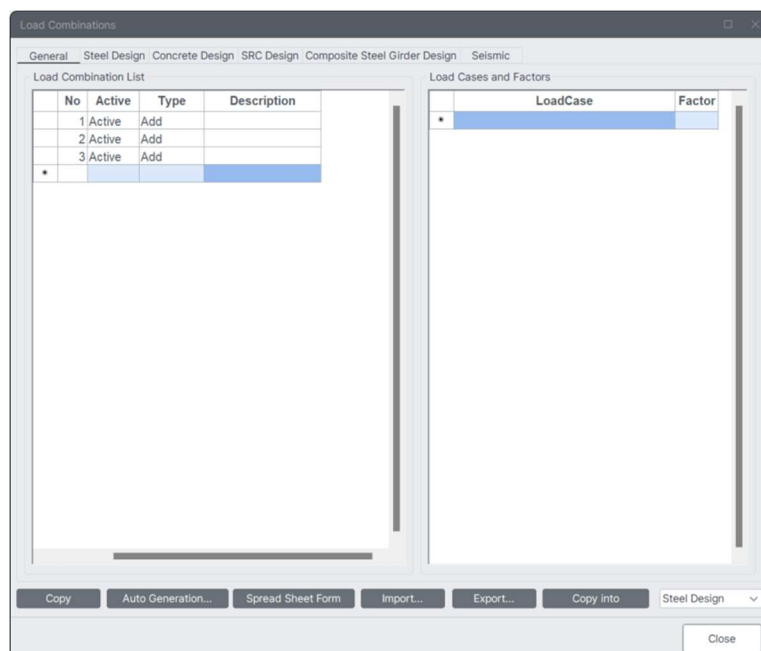
LCB 2 : 1.3 LC1 + 1.3 LC4

ENV 1 : 1.0 LCB1 + 1.0 LCB2

만약 (-) 온도하중에 대한 결과와 하중조합이 필요할 때에는 factor에 (-) 값을 입력합니다.

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

1. Load Combination List의 Name 입력란에 '**LCB1**' 입력
2. **Active** 확인, Type 선택란에서 '**Add**' 확인
3. LoadCase 선택란에서 '**LC1(ST)**' 선택, Factor 입력란에 '**1.3**' 입력
4. LoadCase 선택란에서 '**LC3(ST)**' 선택, Factor 입력란에 '**1.7**' 입력
5. Load Combination List의 Name 입력란에 '**LCB2**' 입력
6. **Active** 확인, Type 선택란에서 '**Add**' 확인
7. LoadCase 선택란에서 '**LC1(ST)**' 선택, Factor 입력란에 '**1.3**' 입력
8. LoadCase 선택란에서 '**LC4(ST)**' 선택, Factor 입력란에 '**1.3**' 입력
9. Load Combination List의 Name 입력란에 '**ENV1**' 입력
10. **Active** 확인, Type 선택란에서 '**Envelope**' 선택
11. LoadCase 선택란에서 '**LCB1(CB)**' 선택, Factor 입력란에 '**1**' 입력
12. LoadCase 선택란에서 '**LCB2(CB)**' 선택, Factor 입력란에 '**1**' 입력
13.  버튼 클릭



| 하중조합 및 envelope |

07. 해석결과 확인

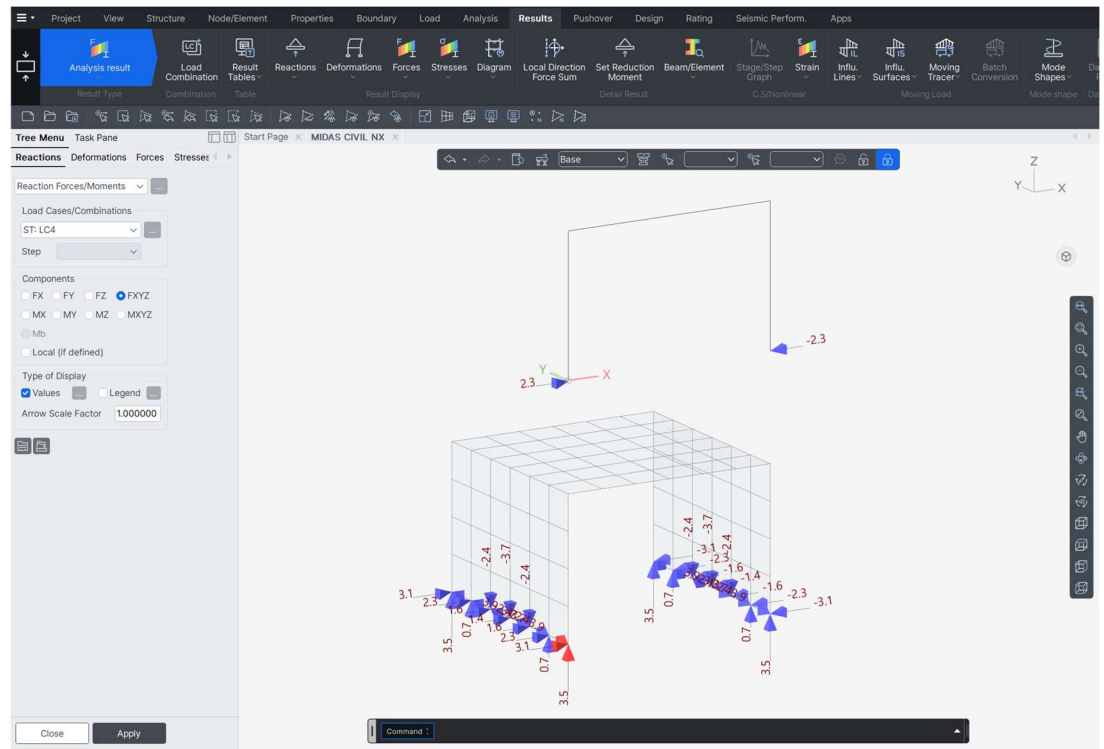
2. 반력 확인

요소온도하중(LC4)에 의한 구조물의 반력을 Model View에서 확인합니다.

메인 메뉴에서

[Results]탭 > [Results]그룹 > Reactions >  Reaction 클릭 Forces/Moments

1.  Iso View
2. Loadcase/Combination 선택란에서 'ST:LC4' 선택
3. Components 선택란에서 'FXYZ' 확인
4. Type of Display 선택란에서 'Values', 'Legend'에 Check on
5. Values의 우측  버튼 클릭
6. Number of Options의 Decimal Points 입력란에 '3' 입력
7.  버튼 클릭

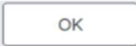


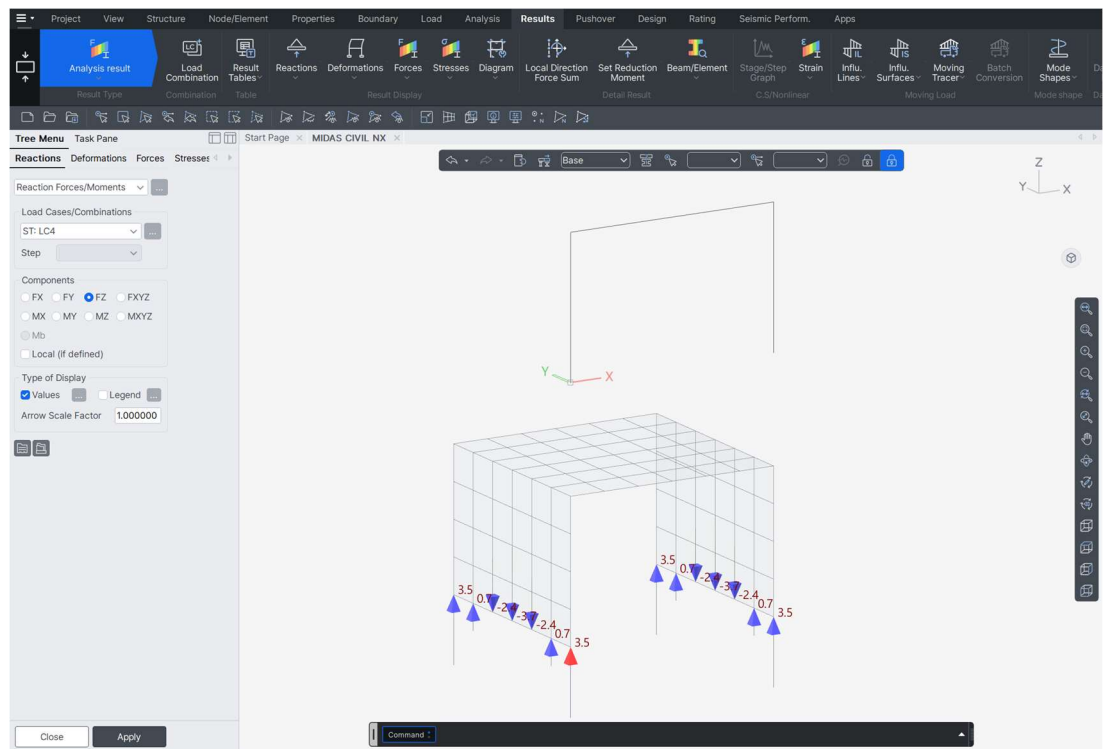
| 반력 확인 |

07. 해석결과 확인

요소온도하중에 의해 보요소 모델에는 수평반력이 발생합니다. 반면에 3차원 모델의 특성상 판요소 모델에는 요소온도하중에 의해 벽체의 휨변형이 발생하여 지점열에 미소하지만 수직반력이 존재하게 됩니다. 참고로 판요소에서의 수직반력을 살펴보면 다음과 같습니다.

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

1. Loadcase/Combination 선택란에서 'ST:LC4' 선택
2. Components 선택란에서 'FZ' 확인
3. Type of Display 선택란에서 'Values', 'Legend'에 Check on
4. Values의 우측  버튼 클릭
5. Number of Options의 Decimal Points 입력란에 '3' 입력
6.  버튼 클릭



| 요소온도하중에 의한 판요소의 지점열에 발생한 수직반력 |

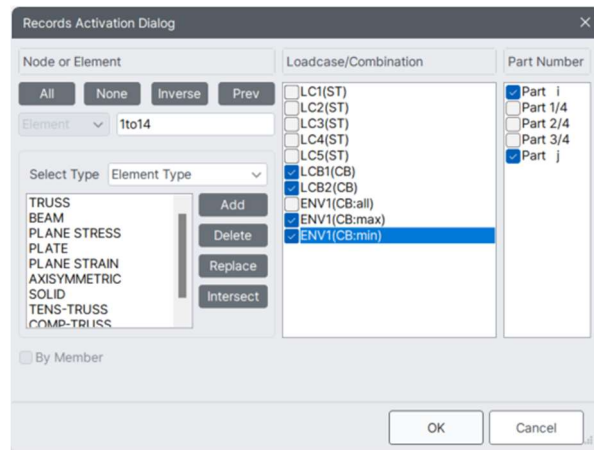
07. 해석결과 확인

3. 보요소의 부재력 확인

각각의 하중조합별 보요소의 부재력을 테이블로 확인합니다.

메인 메뉴에서 **[Result]탭 > [Tables]그룹 > Result Tables > Beam > Force**

1. Records Activation Dialog의 Loadcase/Combination 선택란에서 'LCB1(CB)', 'LCB2(CB)', 'ENV1(EN:max)', 'ENV1(EN:min)'에 Check on
2. Part Number 선택란에서 'Part i', 'Part j'에 Check on
3. 버튼 클릭



| 테이블결과 확인시 하중조건 선택 |

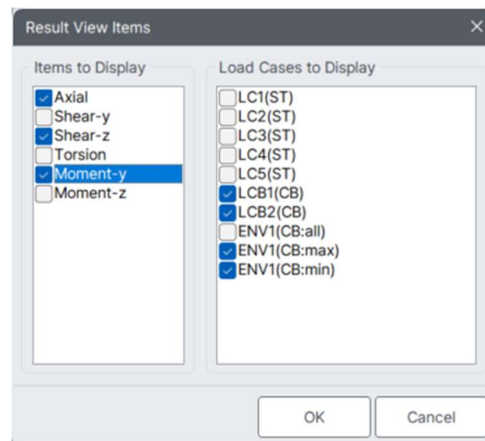
	Elem	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN-m)	Moment-y (kN-m)	Moment-z (kN-m)
▶	1	LCB1	I[1]	-100.40	0.00	3.06	0.00	3.42	0.00
	1	LCB1	J[3]	-86.05	0.00	6.25	0.00	-1.28	0.00
	2	LCB1	I[4]	-86.05	0.00	-6.25	0.00	-1.28	0.00
	2	LCB1	J[2]	-100.40	0.00	-3.06	0.00	3.42	0.00
	3	LCB1	I[3]	-86.05	0.00	6.25	0.00	-1.28	0.00
	3	LCB1	J[5]	-71.71	0.00	9.01	0.00	-8.94	0.00
	4	LCB1	I[6]	-71.71	0.00	-9.01	0.00	-8.94	0.00
	4	LCB1	J[4]	-86.05	0.00	-6.25	0.00	-1.28	0.00
	5	LCB1	I[5]	-71.71	0.00	9.01	0.00	-8.94	0.00
	5	LCB1	J[7]	-57.37	0.00	11.35	0.00	-19.16	0.00
	6	LCB1	I[8]	-57.37	0.00	-11.35	0.00	-19.16	0.00
	6	LCB1	J[6]	-71.71	0.00	-9.01	0.00	-8.94	0.00
	7	LCB1	I[7]	-57.37	0.00	11.35	0.00	-19.16	0.00
	7	LCB1	J[9]	-43.03	0.00	13.26	0.00	-31.51	0.00
	8	LCB1	I[10]	-43.03	0.00	-13.26	0.00	-31.51	0.00
	8	LCB1	J[8]	-57.37	0.00	-11.35	0.00	-19.16	0.00
	9	LCB1	I[9]	-13.26	0.00	-43.03	0.00	-31.51	0.00
	9	LCB1	J[11]	-13.26	0.00	-28.68	0.00	4.35	0.00
	10	LCB1	I[11]	-13.26	0.00	-28.68	0.00	4.35	0.00
	10	LCB1	J[12]	-13.26	0.00	-14.34	0.00	25.86	0.00
	11	LCB1	I[12]	-13.26	0.00	-14.34	0.00	25.86	0.00
	11	LCB1	J[13]	-13.26	0.00	0.00	0.00	33.03	0.00
	12	LCB1	I[13]	-13.26	0.00	0.00	0.00	33.03	0.00
	12	LCB1	J[14]	-13.26	0.00	14.34	0.00	25.86	0.00
	13	LCB1	I[14]	-13.26	0.00	14.34	0.00	25.86	0.00
	13	LCB1	J[15]	-13.26	0.00	28.68	0.00	4.35	0.00
	14	LCB1	I[15]	-13.26	0.00	28.68	0.00	4.35	0.00
	14	LCB1	J[10]	-13.26	0.00	43.03	0.00	-31.51	0.00
	1	LCB2	I[1]	-100.40	0.00	11.54	0.00	10.88	0.00

| 선택한 하중조건에 따른 결과테이블 |

07. 해석결과 확인

먼저 위와 같이 하중조건을 선택하여 결과 확인한 후, 각 부재력별로 하중조건에 대한 결과를 테이블로 확인합니다.

1. 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하여 Context Menu에서 **'View by Load Cases'** 선택
2. Items to Display 선택란에서 **'Axial', 'Shear-z', 'Moment-y'**에 Check on
3. Load Cases to Display 선택란에서 **'LCB1(CB)', 'LCB2(CB)', 'ENV1(EN:max)', 'ENV1(EN:min)'**에 Check on
4.  버튼 클릭



| 부재력별로 결과 확인시 부재력 및 하중조건 선택 |

	Elem	Part	LCB1	LCB2	ENV1	
					max	min
	Output Axial(kN)					
▶	1	I	-100	-100	-100	-100
	1	J	-86	-86	-86	-86
	2	I	-86	-86	-86	-86
	2	J	-100	-100	-100	-100
	3	I	-86	-86	-86	-86
	3	J	-72	-72	-72	-72
	4	I	-72	-72	-72	-72
	4	J	-86	-86	-86	-86
	5	I	-72	-72	-72	-72
	5	J	-57	-57	-57	-57
	6	I	-57	-57	-57	-57
	6	J	-72	-72	-72	-72
	7	I	-57	-57	-57	-57
	7	J	-43	-43	-43	-43
	8	I	-43	-43	-43	-43
	8	J	-57	-57	-57	-57
	9	I	-13	-12	-12	-13
	9	J	-13	-12	-12	-13
	10	I	-13	-12	-12	-13
	10	J	-13	-12	-12	-13
	11	I	-13	-12	-12	-13
	11	J	-13	-12	-12	-13
	12	I	-13	-12	-12	-13
	12	J	-13	-12	-12	-13
	13	I	-13	-12	-12	-13
	13	J	-13	-12	-12	-13
	14	I	-13	-12	-12	-13
	14	J	-13	-12	-12	-13

◀ ▶ | Axial / Shear-z / Moment-y |

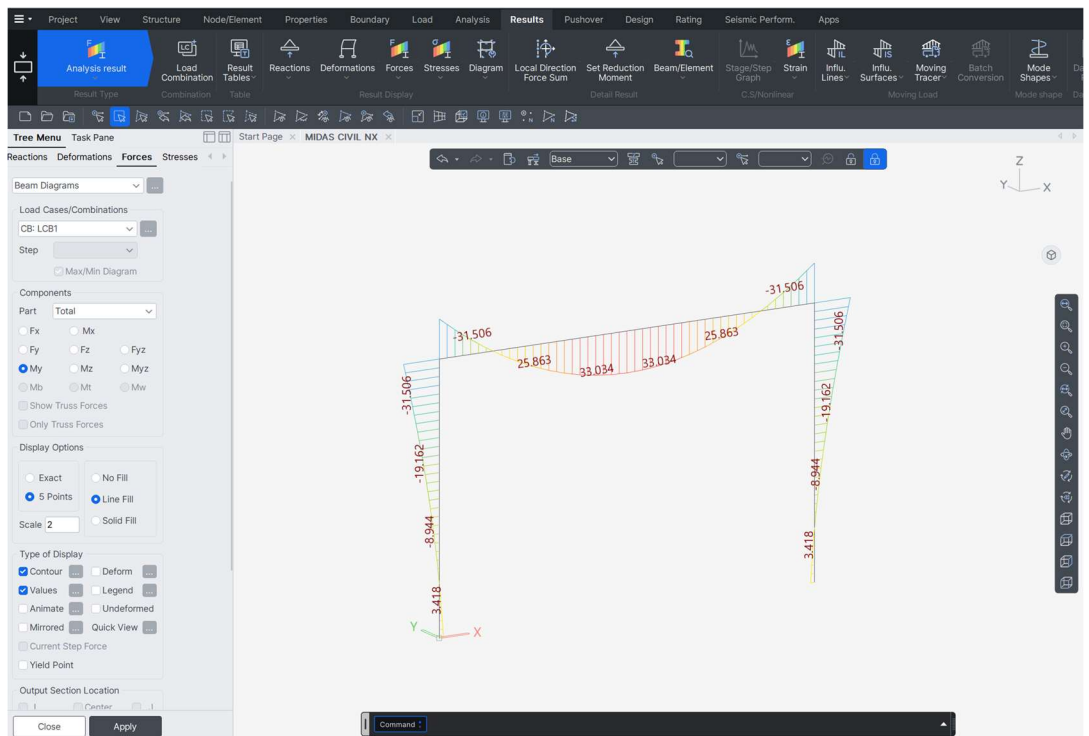
| 축력과 모멘트를 하중조건별로 정렬한 테이블 |

07. 해석결과 확인

LCB 1에 대한 판요소와 보요소의 휨모멘트 결과를 비교하기 위해 먼저 보요소에서 휨모멘트도를 확인합니다.

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

1. **Select Window**를 이용하여 Elements : 모든 보요소 선택
2. **Active**, **Iso View**
3. Load Cases/Combinations 선택란에서 '**CB:LCB1**' 선택
4. Components 선택란에서 '**My**' 확인
5. Display Options 선택란에서 '**5 Points**', '**Line Fill**' 확인
6. Scale 입력란에 '**2**' 입력
7. Type of Display 선택란에서 '**Contour**', '**Values**', '**Legend**'에 Check on
8. Output Section Location 선택란에서 '**Abs Max**'에 Check on
9. **Apply** 버튼 클릭



| LCB 1에 의한 보요소의 휨모멘트도 |

07. 해석결과 확인

4. 판요소의 부재력 확인

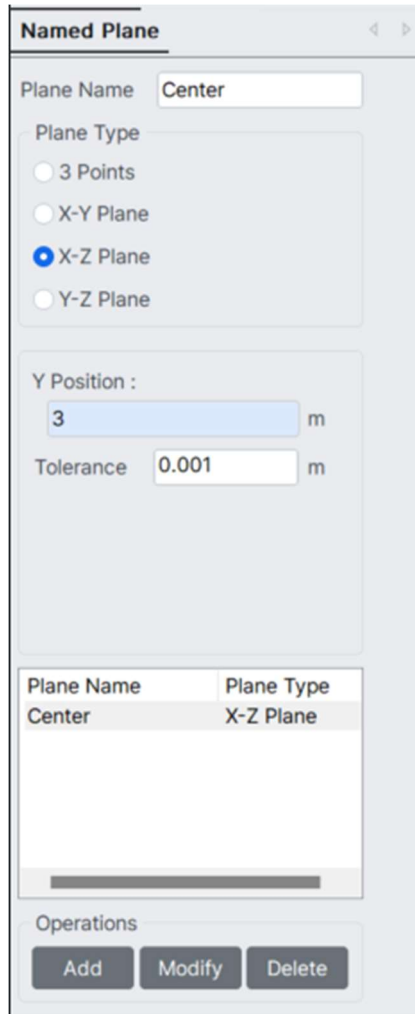
판요소에서의 모멘트를 확인하기 **위해서** *Cutting Diagram* 기능을 이용합니다.

*Cutting Diagram*은 판요소에서 원하는 위치에서의 단면력을 diagram으로 출력해주는 기능입니다. 본 예제에서는 라멘 구조물의 단부와 중앙부에서의 모멘트를 *Cutting Diagram* 기능으로 각각 확인해 봅니다. 라멘 구조물 중앙부에서의 부재력을 확인하기 위해서는 중앙면을 **Named Plane** 기능으로 먼저 정의해야 합니다.

메인 메뉴에서 **[Structure]탭 > [UCS/Plan]그룹 >  Named Plane**

1. Plane Name 입력란에 '**Center**' 입력
2. Plane Type 선택란에서 '**X-Z Plane**' 선택
3. Y Position 입력란에 '**3**' 입력 
4. Tolerance 입력란에 '**0.001**' 확인
5. **Add** 버튼 클릭

 Y Position 입력시 **Mouse Editor** 기능을 사용할 때에는 마우스로 라멘 구조물의 중앙부의 임의 절점을 클릭하면 절점의 Y 좌표가 자동으로 입력됨.



Plane Name	Plane Type
Center	X-Z Plane

| Named Plane 대화상자 |

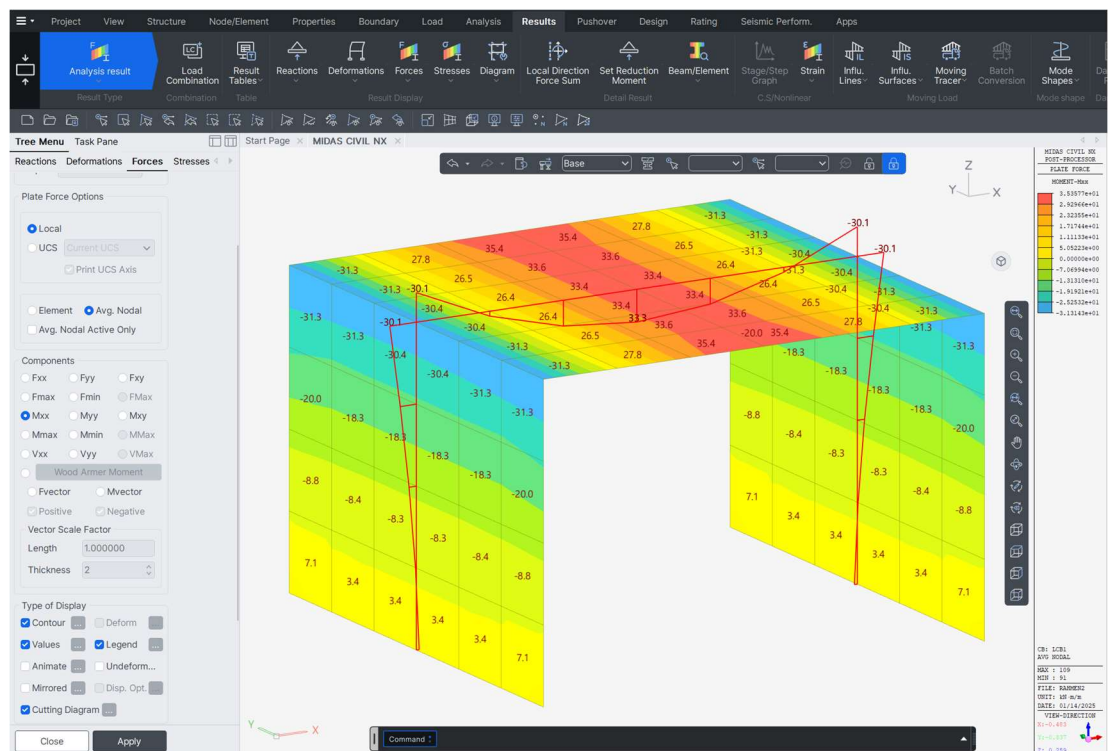
07. 해석결과 확인

먼저 라멘 구조물 중앙부에서의 휨모멘토를 확인합니다.

만약 휨모멘토의 방향을 반대로 출력하기 위해서는 Plate Cutting Diagram에서 'Reverse'를 선택해야 합니다.

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

1. **[View]탭 > [Activations]그룹 > All >  Inverse Active** 클릭
2. Load Cases/Combinations 선택란에서 'CB:LCB1' 확인
3. Plate Force Options 선택란에서 'Local' 확인, 'Avg. Nodal' 확인
4. Components 선택란에서 'Mxx' 선택
5. Type of Display 선택란에서 'Contour', 'Cutting Diagram'에 Check on
6. Cutting Diagram 오른쪽의  버튼 클릭
7. Cutting Diagram 대화상자의 Plate Cutting Diagram Mode 선택란에서 'Cutting Plane' 선택
8. Named Planes for Cutting 선택란에서 'Center'에 Check on
9. Plate Cutting Plane Detail 선택란에서 'Normal to plane' 선택
10. 'Draw continuous lines'에 Check on
11. Scale Factor 입력란에 '1.5' 입력
12. 'Reverse', 'Value Output'에 Check on
13. **Apply** 버튼 클릭

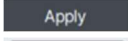


| 라멘 구조물 중앙부에서의 휨모멘토도 |

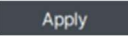
07. 해석결과 확인

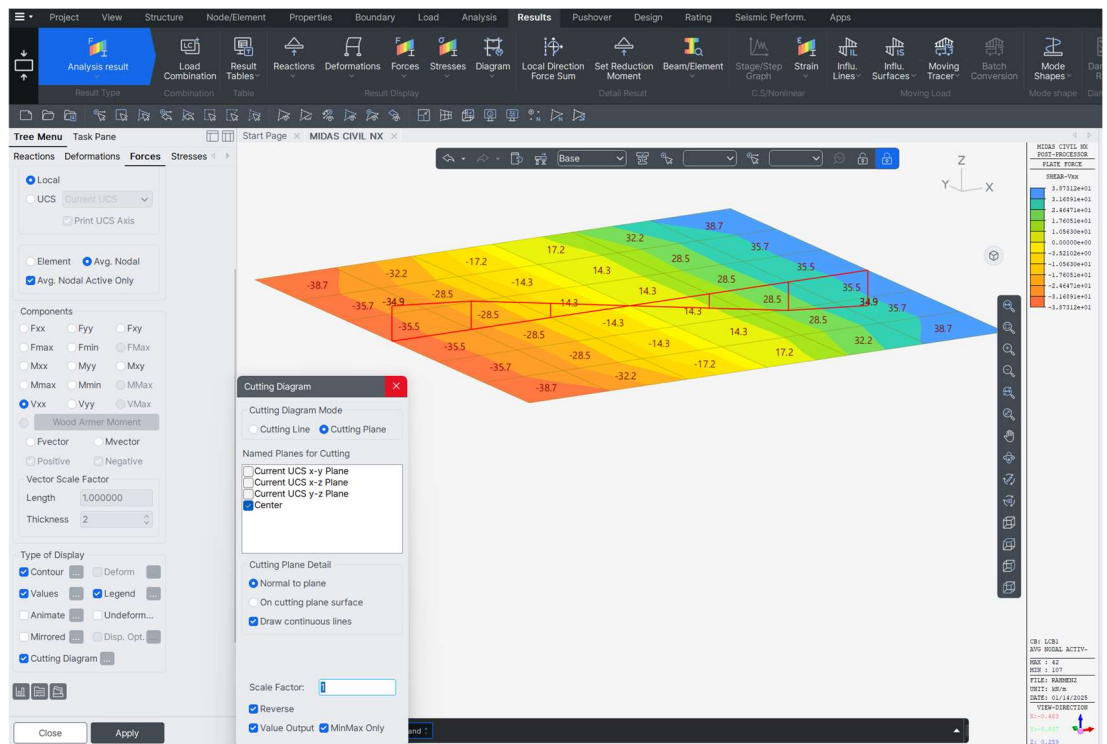
라멘 구조물의 슬래브만을 활성화시킨 후 전단력도를 확인합니다.

메인 메뉴에서 **[View]탭 > [Select]그룹 > Select >  Select Plane** 클릭

1. **'XY Plane'** 선택하고 Z Position에 **'-3'** 입력
2.  버튼 클릭
3.  버튼 클릭 후  **Active** 클릭

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

1. Load Cases/Combinations 선택란에서 **'CB:LCB1'** 확인
2. Plate Force Options 선택란에서 **'Local'** 확인, **'Avg. Nodal'** 확인
3. **'Avg. Nodal Active Only'**에 Check on
4. Components 선택란에서 **'Vxx'** 선택
5. Type of Display 선택란에서 **'Contour', 'Cutting Diagram'**에 Check on
6. Cutting Diagram의 우측  버튼 클릭
7. Plate Cutting Diagram Mode 선택란에서 **'Cutting Plane'** 선택
8. Named Planes for Cutting 선택란에서 **'Center'**에 Check on
9. Plate Cutting Plane Detail 선택란에서 **'Normal to plane'** 선택
10. **'Draw continuous lines'**에 Check on
11. Scale Factor 입력란에 **'1.5'** 입력
12. **'Reverse', 'Value Output'**에 Check on
13.  버튼 클릭



| 라멘 구조물 슬래브에서의 전단력도 |

MIDAS CIVIL NX Tutorial

강박스 거더교 이동하중 해석

CONTENTS

강박스 거더교 이동하중 해석

01 개요

02 작업환경 설정 및 단면/재질/두께 정의

- 2.1 재질 정의
 - 2.2 단면 정의
-

03 구조 모델링

- 3.1 주거더 모델링
 - 3.2 가로보 입력
-

04 경계 및 구속조건 입력

- 4.1 지점조건 입력
 - 4.2 가로보 offset 거리 입력
-

05 이동하중 입력

- 5-1 이동하중 코드선택
 - 5-2 Cross Beam 그룹 정의
 - 5-3 차선 정의
 - 5.4 차량하중 정의
 - 5.5 이동하중조건 정의
-

06 모델 확인 및 구조해석 수행

- 6.1 이동하중해서조건 정의
-

07 해석결과 확인

- 7.1 반력 확인
- 7.2 부재력 확인
- 7.3 교량 최대 정/부모멘트에 대한 영향선 결과 확인
- 7.4 Moving Load Tracer
- 7.5 동시발생부재력 확인

01. 개요

본 예제에서는 주거더와 가로보만 있는 단순화된 Steel Box Girder 교량의 **Moving Load Analysis** (이동하중해석) 결과를 확인하는 방법에 대해 알아봅니다.

이동하중해석은 발생할 수 있는 모든 상황에 대한 시뮬레이션을 해 본 후에 가장 불리한 조건에 대한 결과를 출력합니다. 이런 형식의 해석에서는 Min/Max/All의 3가지로 결과를 출력합니다. 정모멘트 구간에서는 최대값(Max)을, 부모멘트 구간에서는 최소값(Min)을 확인하여 가장 불리한 결과를 얻습니다.

이번 예제에서는 이동하중에 대한 횡분배를 고려하기 위해 Cross Beam 방식의 차선정의 방법을 사용합니다. 주거더 사이에 차선 입력시 Cross Beam 방식으로 차선을 정의하면, 인접 거더에 이동하중이 나누어 재하됩니다.

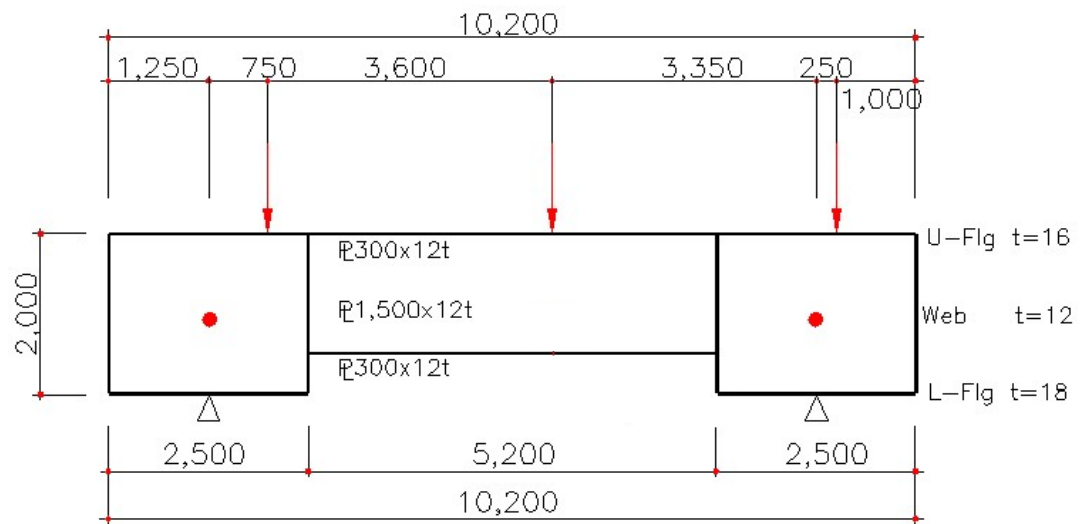
본 예제에 사용된 교량의 구성은 다음과 같습니다

지 간 구 성	: 45 m + 50 m + 45 m = 140 m
교 폭	: 11.4 m
주거더형식	: Steel Box Girder
설계차선수	: 3차선
사 용 재 질	: SM490(주부재), SM400(부부재)

교량 주거더와 가로보의 단면 및 치수는 다음 그림과 같습니다.

[단위 : mm]

횡 단 면 도

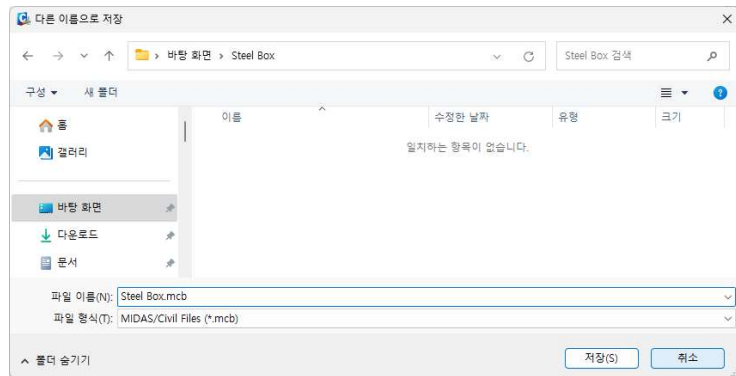


| 해석 모델 단면도 |

02. 작업환경 설정 및 재질/단면 정의

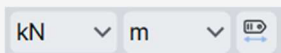
Steel Box Girder를 모델링하기 위해 새파일( New Project)을 열고, 'Steel Box.mcb' 파일로 저장( Save)합니다.

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



| 파일 저장 |

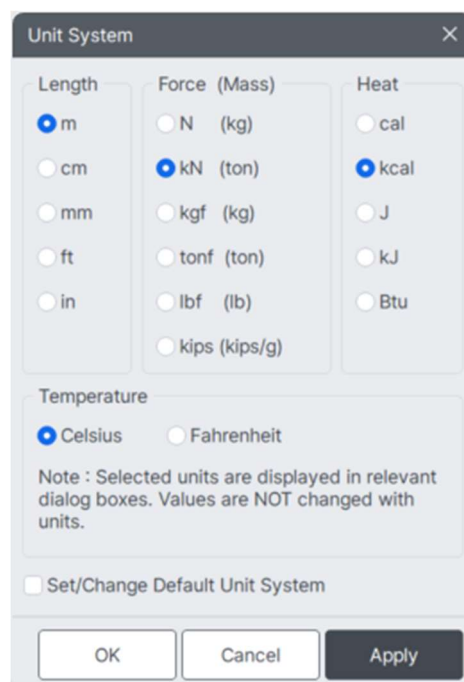
화면 우측 하단의 **Status Bar**를 이용하여 간단히 단위계를 설정할 수도 있다.



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.  버튼 클릭



| 단위계 설정 |

02. 작업환경 설정 및 재질/단면 정의

1. 재질 정의

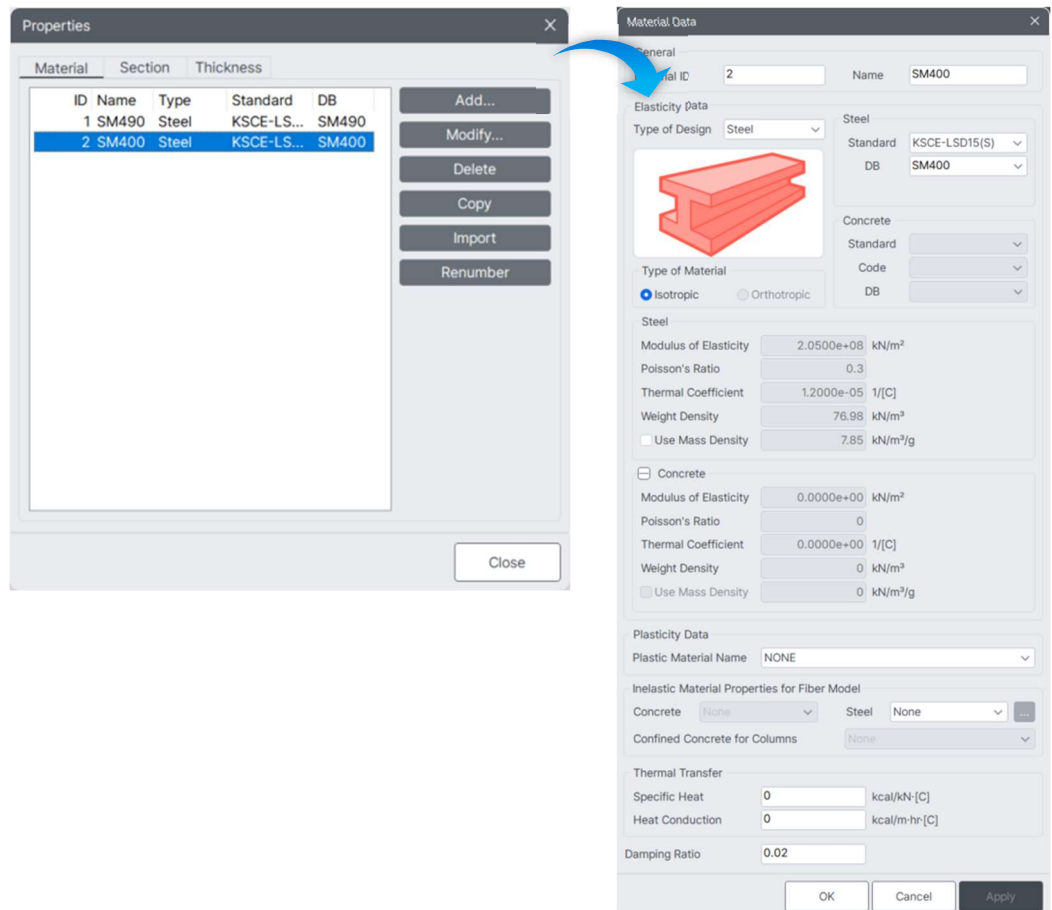
모델링 시 DB에 내장된 한국표준규격에 따른 재질을 사용합니다.

주부재 : SM490

부부재 : SM400

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

1. **Add...** 버튼 클릭
2. Material ID 입력란에 '1' 확인
3. Type of Design 선택란에서 'Steel' 선택
4. Standard 선택란에서 'KSCE-LSD15(S)' 선택
5. DB 선택란에서 'SM490' 선택
6. **Apply** 버튼 클릭
7. Material ID 입력란에 '2' 확인
8. Type of Design 선택란에서 'Steel' 선택
9. Concrete의 Standard 선택란에서 'KSCE-LSD15(S)' 선택
10. DB 선택란에서 'SM400' 선택
11. **OK** 버튼 클릭



02. 작업환경 설정 및 재질/단면 정의

2. 단면 정의

Midas civil의 User Type 단면 정의 방법을 사용하여 각 부재의 단면을 입력합니다.

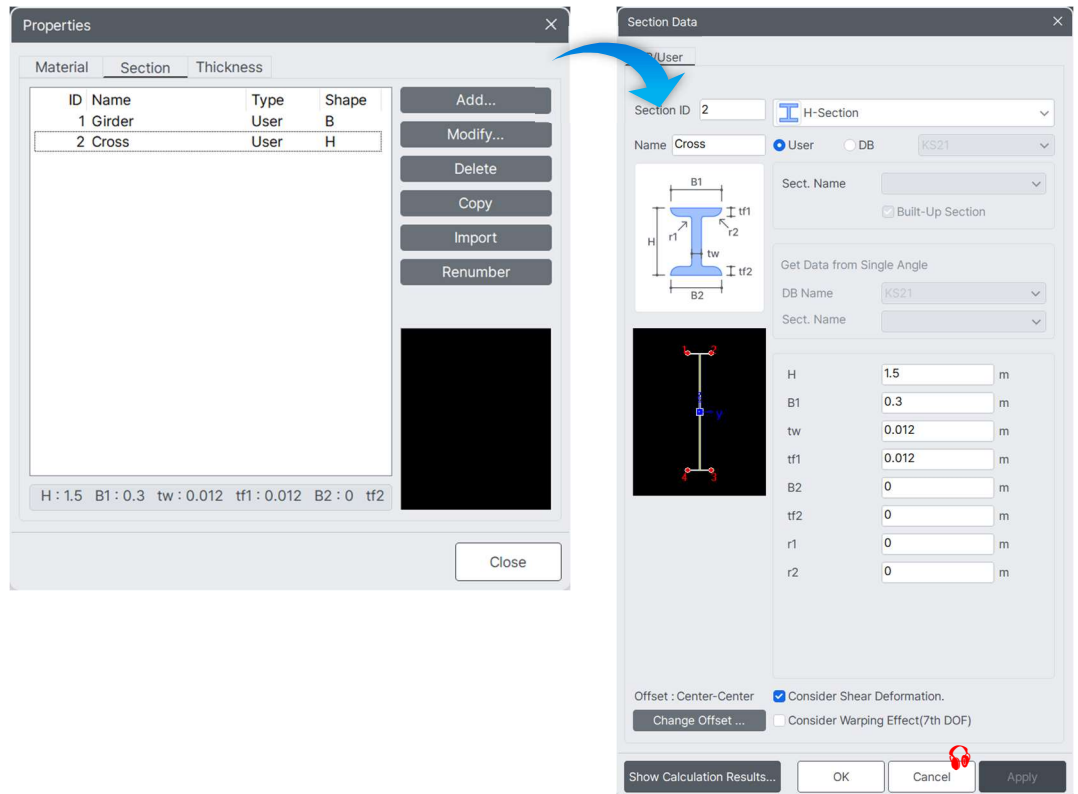
주거터 : Box 2000×2500×12×16/18

가로보 : H-Beam 1500×300×12×12/12

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

1. **Add...** 버튼 클릭
2. Name 입력란에서 '**Girder**' 입력
3. 단면형태 선택란에서 '**Box**' 선택
4. DB와 User 선택란에서 '**User**' 선택
5. H : '**2**', B : '**2.5**', tw : '**0.012**', tf1 : '**0.016**', C : '**2.3**', tf2 : '**0.018**' 입력
6. **Apply** 버튼 클릭
9. Name 입력란에서 '**Cross**' 입력
10. 단면형태 선택란에서 '**H-Section**' 선택
11. DB와 User 선택란에서 '**User**' 선택
12. H : '**1.5**', B1 : '**0.3**', tw : '**0.012**', tf1 : '**0.012**' 입력 
13. **OK** 버튼 클릭

 단면 치수 입력시 tf2에 값을 입력하지 않으면 자동으로 tf1과 동일한 값이 입력된다.



 전단변형을 고려하여 해석을 수행한다.

03. 구조 모델링

1. 주거더 모델링

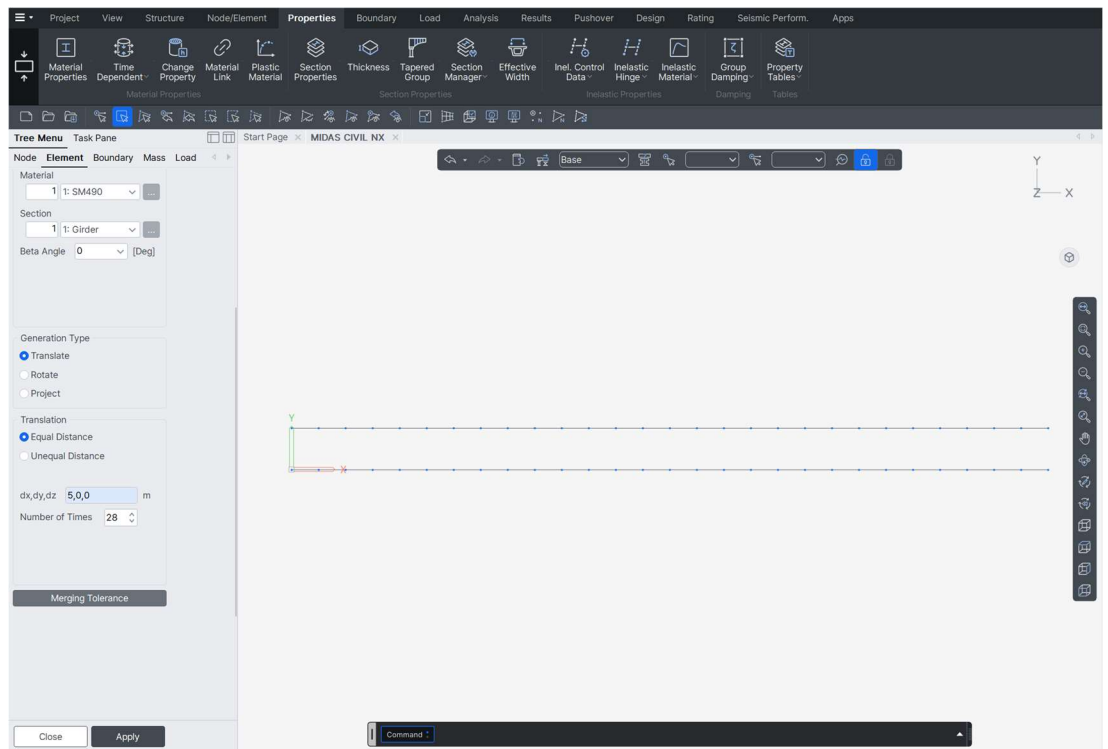
절점을  **Create Nodes** 기능으로 생성한 후,  **Extrude Elements** 기능으로 이 절점을 28@5 m의 보요소로 확장하여 거더를 생성합니다.

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

1.  **Top View**,  **Auto Fitting**
2. Coordinates 입력란에 '0, 0, 0' 확인
3. Copy의 Number of Times 입력란에 '1' 입력
4. Distances 입력란에 '0, 7.7, 0' 입력
5.  버튼 클릭

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

1.  **Select All** 클릭
2. Extrude Type 선택란에서 'Node→Line Element' 확인
3. Element Attribute의 Element Type 선택란에서 'Beam' 확인
4. Material 선택란에서 '1:SM490' 확인
5. Section 선택란에서 '1 : Girder' 확인
6. Generation Type 선택란에서 'Translate' 확인
7. Translation 선택란에서 'Equal Distance' 확인
8. dx, dy, dz 입력란에 '5, 0, 0' 입력
9. Number of Times 입력란에 '28' 확인
10.  버튼 클릭



| 주거더 입력 |

03. 구조 모델링

🔊 Nodal Connectivity 입력란을 한번 클릭하여 녹색으로 반전된 상태에서 점점 1, 점점 2를 클릭하여 요소 생성

2. 가로보 입력

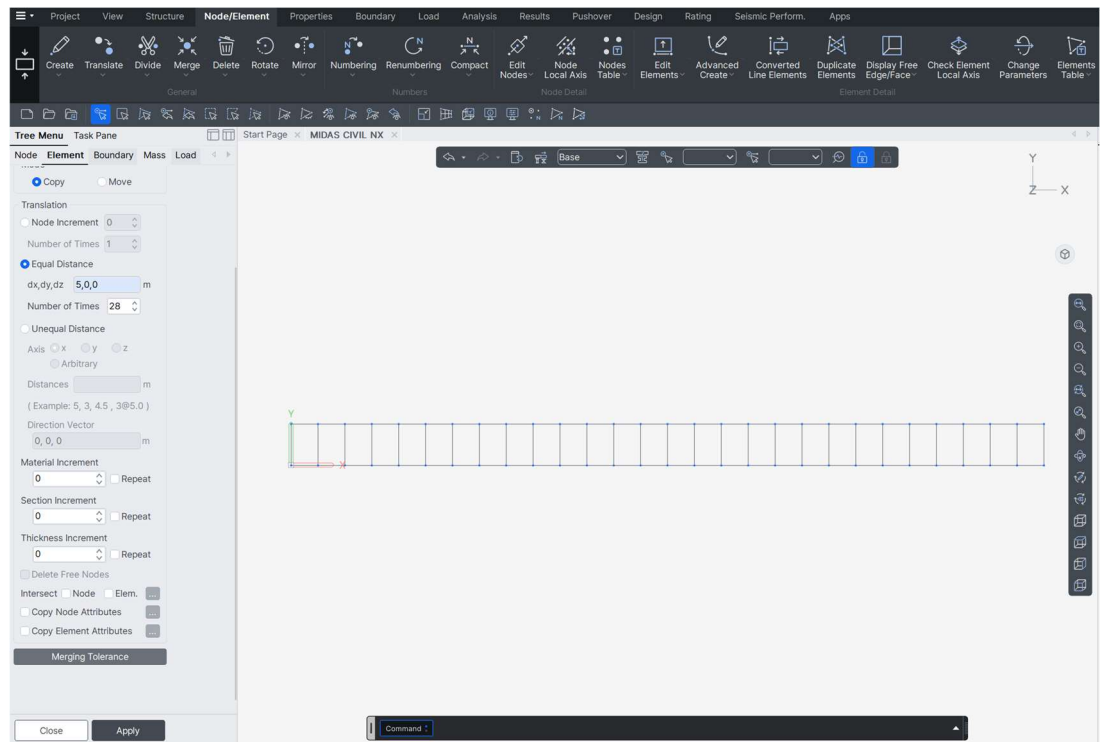
교량 시점의 가로보를  **Create Elements** 기능으로 하나 입력한 후, 이 요소를 교축 방향으로 복제하여 나머지 가로보를 생성합니다.

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

1.  **Display Node Number** 클릭 (Toggle on)
2. Element Type 선택란에서 '**General beam/Tapered beam**' 선택
3. Material 선택란에서 '**2:SM400**' 선택
4. Section 선택란에서 '**2:Cross**' 선택
5. Nodal Connectivity 입력란에 '**1, 2**' 입력 🔊
6. **Apply** 버튼 클릭

메인 메뉴에서 **[Node/Element]탭 > Translate >  Translate Element**

1.  **Select Single**을 이용하여 가로보 클릭
2. Mode 선택란에서 '**Copy**' 확인
3. Translation 선택란에서 '**Equal Distance**' 확인
4. dx, dy, dz 입력란에 '**5, 0, 0**' 입력
5. Number of Times '**28**' 입력
6. **Apply** 버튼 클릭



| 가로보 입력 |

04. 경계 및 구속조건 입력

1. 지점조건 입력

다음 그림을 참고하여 지점조건을 입력합니다.



| 받침배치도 |

Select Nodes by Identifying 기능을 이용하면 보다 쉽게 절점을 선택할 수 있다.

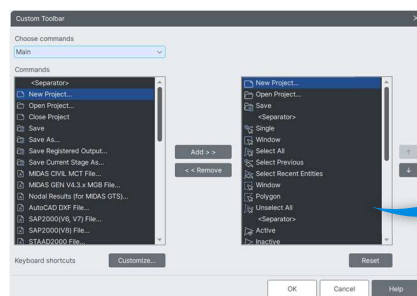


메인 메뉴에서 **[Boundary]탭 > [Supports]그룹 > Define Supports**

1. **Select Single**를 이용하여 절점 '19' 선택
2. Options 선택란에서 'Add' 확인
3. Support Type 선택란에서 'D-ALL'에 Check on
4. **Apply** 버튼 클릭
5. **Select Single**를 이용하여 절점 '1, 39, 57' 선택
6. Support Type 선택란에서 'Dy, Dz'에 Check on
7. **Apply** 버튼 클릭
8. **Select Single**를 이용하여 절점 '20' 선택
9. Support Type 선택란에서 'Dx, Dz'에 Check on
10. **Apply** 버튼 클릭
11. **Select Single**를 이용하여 절점 '2, 40, 58' 선택
12. Support Type 선택란에서 'Dz'에 Check on
13. **Apply** 버튼 클릭

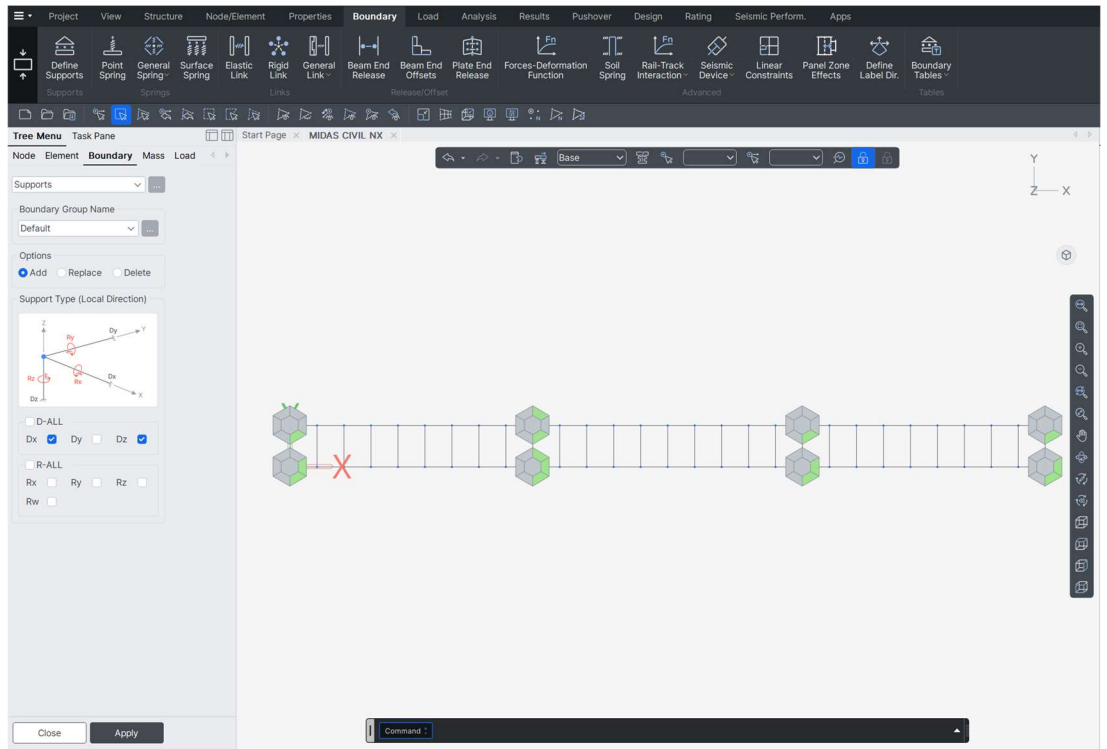
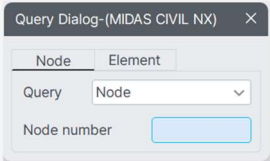
Tip. 사용하고자 하는 아이콘이 Toolbar에 없을 경우

아이콘이 Toolbar에 없을 경우, Toolbar메뉴에 마우스 우클릭을 한 후 Custom Toolbar창을 열어 Command중 원하는 기능을 Add >> 버튼을 통해 추가하거나 <<Remove 버튼을 통해 제거할 수 있다.



04. 경계 및 구속조건 입력

[Query] 탭 > Query Nodes 기능을 사용하면 입력된 절점의 정보가 화면 하단의 Command Window에 출력되어 간편하게 절점의 위치 및 절점간 상대거리를 확인할 수 있다.



| 지점조건 입력 |

04. 경계 및 구속조건 입력

2. 가로보 offset 거리 입력

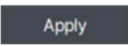
모델링시 모든 요소가 각각의 중립축을 기준으로 모델링 되기 때문에 다음 그림과 같이 주 거더 단면의 폭에 의해 겹쳐지는 가로보 부분(다음그림의 ① 부분)이 입력됩니다. 이 부분은 실제 존재하지 않기 때문에 Beam End Offsets 기능으로 강성 계산에서 제외되도록 거더 단면 폭의 반만큼 Offset 거리를 입력합니다.

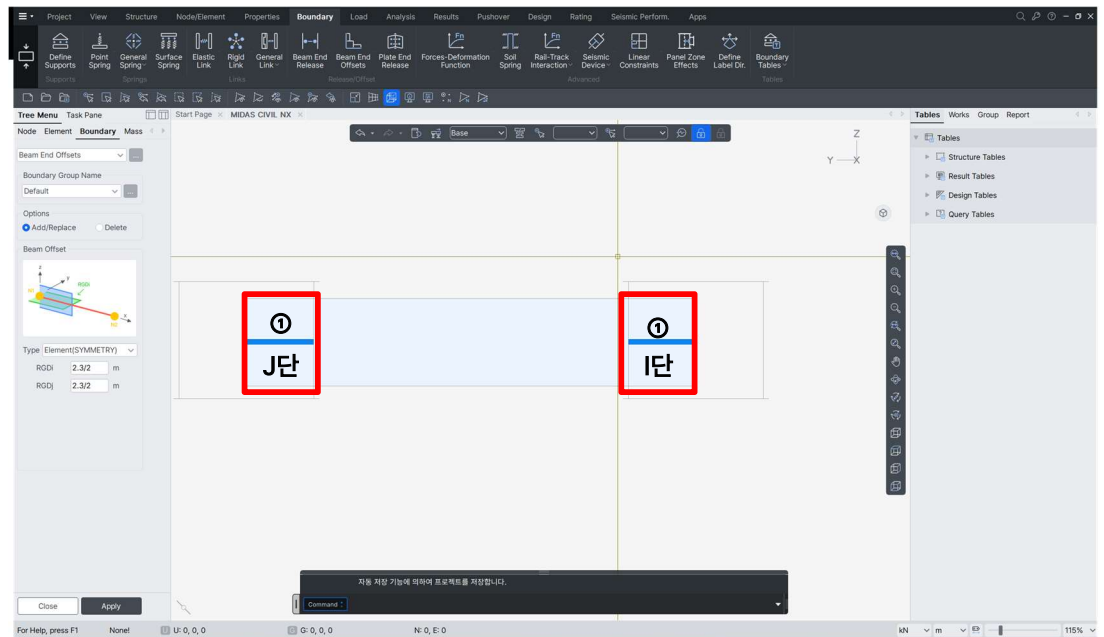
Offset 거리를 입력하는 방법 중 Global 방식의 경우 Offset 거리를 제외한 요소길이가 강성 계산 및 자중 계산시 사용되고, Offset 거리가 입력된 부분에는 하중이 입력되지 않습니다. 반면에 Element 방식은 Offset 거리가 강성계산에만 반영되고, 자중에도 포함되고, 하중도 입력됩니다. (자세한 사항은 Online manual 참조)

본 예제에서는 Element 방법을 사용하여 보요소의 강역길이를 입력합니다. 이 때 요소좌표계의 i, j 단에 보요소의 축방향 Offset 거리를 입력하기 때문에 보요소의 요소좌표계를 미리 확인합니다.

Select by Intersecting 기능은 임의 직선을 작성하여 이 직선과 교차되는 요소를 선택하는 기능으로 직선을 입력할 때 마지막 부분에 더블 클릭한다.

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

1.  **Left View**,  **Hidden** 클릭 (Toggle on),  **Node Number** 클릭 (Toggle off)
2.  Intersect Line 을 이용하여 '가로보' 선택 
5. Options 선택란에서 '**Add/Replace**' 확인
6. Beam Offset의 Type선택란에서 '**Element(SYMMETRIC)**' 확인
7. RGD_i 입력란에 '**2.3/2**' 입력
8. RGD_j 입력란에 '**2.3/2**' 입력
9.  버튼 클릭



| 가로보에 offset 거리 입력 |

05. 이동하중 입력

CIVIL NX 에서 이동하중을 재하기 위해 입력해야 할 사항은 다음과 같습니다.

이동하중코드 선택	: Define Moving Load Code
차선 정의	: Traffic Line Lanes
차량하중 정의	: Vehicles
이동하중조건 정의	: Moving Load Cases

Define Moving Load Code

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

Traffic Line Lane

차량하중이 재하될 위치를 정의합니다.

차선을 입력할 때 Lane 1과 Lane 3의 경우 거더 폭(2.3 m) 내에 차선이 정의되기 때문에 차선 입력 방법 중 "Lane Elements"를 사용하고, Lane 2의 경우 좌/우측 거더 사이에 입력되어 가로보에 의해 양쪽 거더에 이동하중이 분배되는 차선이기 때문에 "Cross Beam" 방법을 사용합니다.

"Cross Beam" 방법을 사용하기 전에 먼저 하중 분배시 사용될 가로보만을 선택하여 **Structure Group** 기능으로 별도로 지정합니다.

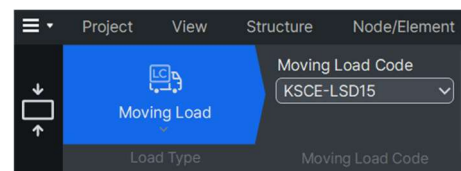
Vehicles

차량하중을 정의합니다.

1. 이동하중코드 선택

이동하중코드를 선택하면, 해당 코드에 필요한 입력항목과 차량DB 등이 활성화 됩니다. 해당 따라하기에서는 도로교 설계기준(한계상태설계법) 전용 이동하중인 "KSCE-LSD15"를 선택합니다.

메인 메뉴에서 **[Load]탭 > [Load Type]그룹 > Moving Load**



메인 메뉴에서 **[Load]탭 > [Moving Load Code]그룹 > Moving Load Code**

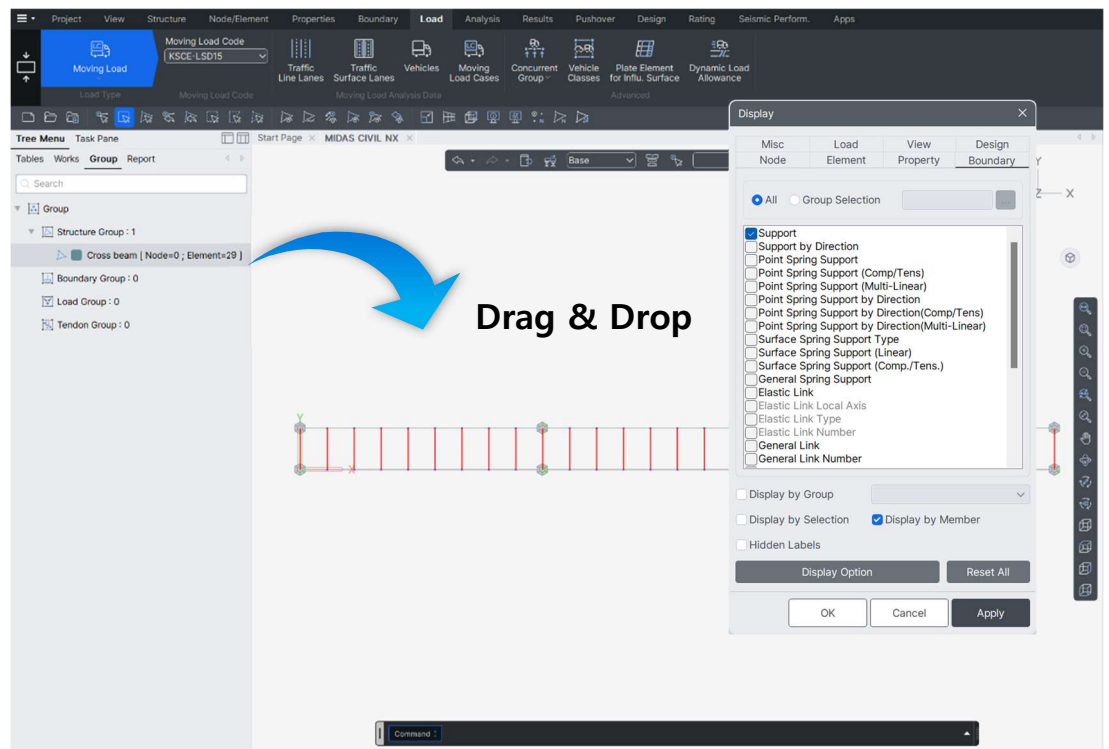
1. Moving Load Code 선택란에서 'KSCE-LSD15' 선택

05. 이동하중 입력

2. Cross Beam 그룹 정의

Lane 2를 정의할 때 "Cross Beam" 방법을 사용하기 위해 하중 분배시 사용될 가로보만을 선택하여 **Structure Group** 기능으로 별도로 지정합니다.

1. Hidden 클릭(Toggle off), Top View
2. [View]탭 > [Display]그룹 > Display (Ctrl + E)
3. Boundary 탭에서 'Supports'에 Check on
4. OK 버튼 클릭
5. Works Tree에서 Group 클릭
6. Structure Group의 오른쪽 버튼 클릭 후 활성화 되는 Context 메뉴에서 'New' 클릭
7. 'Cross beam' 입력
8. Select Previous 클릭
9. Group에서 Structure Group의 Cross beam Drag & Drop

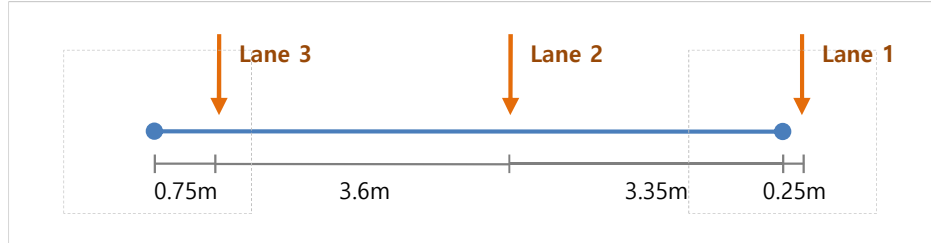


| 가로보의 Structure Group 지정 |

05. 이동하중 입력

3. 차선 정의

다음 그림의 차선 위치를 참고로 차선을 정의합니다.



| 차선 위치 |

다음 그림을 보면 Lane 1과 Lane 3은 Lane Element 방법으로 각각 좌/우측거더에서 +0.25, +0.75의 편심거리를 입력하여 정의합니다. 그리고, Lane 2는 Cross Beam 방법으로 우측 거더에서 -3.35의 편심거리를 입력하고, 가로보 요소 그룹을 Cross Beam Group으로 지정하여 정의합니다.

또한 차선 정의시 각 지간별 지간장을 고려한 충격계수를 구분입력합니다. 지점조건을 화면상에 표시하여 지간별 충격계수를 입력할 때 참고합니다.

2 Points는 교축 방향으로 직선인 교량의 경우 간편하게 차선을 정의할 수 있는 방법입니다. Mouse editor 기능으로 차선이 정의될 시점과 종점을 마우스로 지정하면 2 Points 입력란에 자동으로 해당 절점의 좌표가 입력됩니다.

본 예제에서는 우측거더, 좌측 거더를 기준으로 Lane 1, Lane 2, Lane 3을 각각 정의합니다. 차선 입력시 사용되는 편심거리에는 차량진행 방향으로, 입력될 차선이 기준요소의 우측에 있으면 양(+)의 편심값을, 좌측에 있으면 음(-)의 편심값을 입력해야 합니다.

먼저 Lane1은 Lane Element 방법으로 입력합니다.

메인 메뉴에서

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

1. Node Number 클릭 (Toggle on)
2. Add 버튼 클릭
3. Lane Name 입력란에 'L1' 입력
4. Eccentricity 입력란에 '0.25' 입력
5. Wheel Spacing 입력란에 '1.8' 확인
6. Vehicle Load Distribution 선택란에서 'Lane Element' 선택
7. Moving Direction 선택란에서 'Both' 선택
8. Selection by 선택란에서 '2 Points' 선택 후 Model View에서 절점 '1, 57' 선택
9. OK 버튼 클릭

이동하중해석 수행시 이동하중이 재하되는 방향을 지정하는 선택사항이다.

05. 이동하중 입력

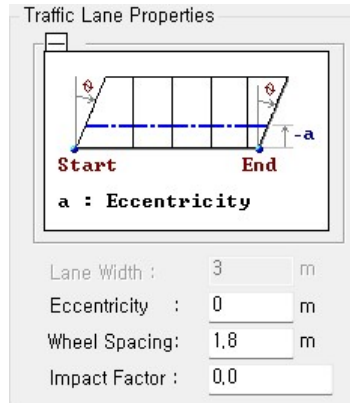
해당내용은 도로교설계기준 (한계상태설계법)의 3.7.1에 설명되어있습니다.

Tip. 변경된 LSD Moving Load 충격하중

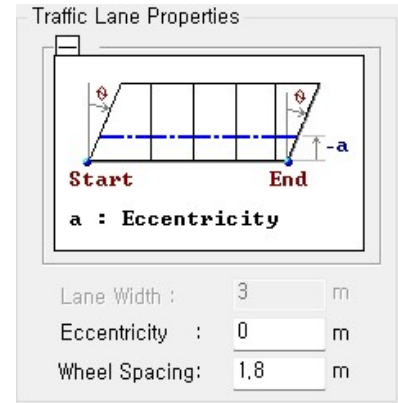
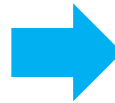
기존 도로교 설계기준(2010)에서의 충격하중은 지간의 함수별로 고려되었지만

$(I = \frac{15}{40+L} \leq 0.3)$ 도로교 설계기준(한계상태설계법)에서는 부재성분별로 충격하중계수를 별도로 적용하게 됩니다.

따라서 기존의 차선정의 대화상자의 충격계수 입력란은 삭제되었으며,

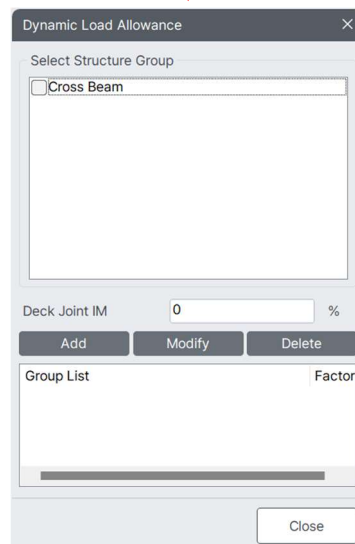
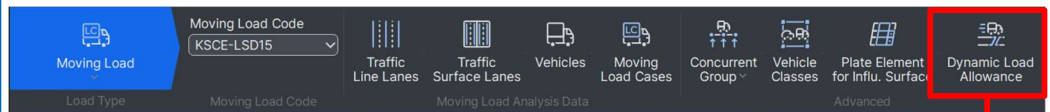


| 기존 차선정의 |



| 변경된 차선정의 |

충격하중은 새롭게 생성된 Dynamic Load Allowance 기능을 활용하여 입력합니다.



| Dynamic Load Allowance 대화상자 |

충격하중을 고려할 부재는 별도의 Structure Group을 지정하고 Dynamic Load Allowance 대화상자에서 설정된 그룹에 해당하는 충격계수를 정의하여 구조해석에 고려할 수 있습니다.

05. 이동하중 입력

Traffic Line Lanes
✕

Lane Name

L1

Add

Modify

Delete

Copy

Close

Define Design Traffic Line Lane
✕

Lane Name L1

Traffic Lane Properties

a : Eccentricity

Lane Width 3 m

Eccentricity 0.25 m

Wheel Spacing 1.8 m

☐ Transverse Lane Optimization

Allowable Width 3 m

Vehicular Load Distribution

☒ Lane Element ☐ Cross Beam

Cross Beam Group ▼

Skew

Start 0 End 0 [deg]

Moving Direction

☐ Forward ☐ Backward ☒ Both

Selection by

☒ 2 Points ☐ Picking ☐ Number

135, 0, 0 m

140, 0, 0 m

Operations

Add
Insert
Delete

No	Elem	Eccen. (m)
1	1	0.25
2	3	0.25
3	5	0.25
4	7	0.25

OK
Cancel
Apply

05. 이동하중 입력

하중분배 역할을 하는 가로 보 그룹을 선택한다.

경사교량의 경우 시/종점의 각도를 입력한다.

Lane 2는 Cross Beam 방식으로 입력합니다.

1. **Add** 버튼 클릭
2. Lane Name 입력란에 '**L2**' 입력
3. Eccentricity 입력란에 '**-3.35**' 입력
4. Wheel Spacing 입력란에 '**1.8**' 확인
5. Vehicle Load Distribution 선택란에서 '**Cross Beam**' 선택
6. Cross Beam Group 선택란에서 '**Cross Beam**' 확인
7. Skew의 Start 입력란에 '**0**', End 입력란에 '**0**' 확인
8. Moving Direction 선택란에서 '**Both**' 확인
9. Selection by 선택란에서 '**2 Points**' 선택 후 Model View에서 절점 '**1, 57**' 선택
10. **OK** 버튼 클릭

Traffic Line Lanes

Lane Name
L1
L2

Add
Modify
Delete
Copy

Close

Define Design Traffic Line Lane

Lane Name: L3

Traffic Lane Properties

Diagram showing lane geometry with Start and End points, angle θ , and eccentricity $-a$.

a : Eccentricity

Lane Width: 3 m

Eccentricity: 0 m

Wheel Spacing: 1.8 m

☐ Transverse Lane Optimization

Allowable Width: 3 m

Vehicular Load Distribution

☒ Lane Element ☐ Cross Beam

Cross Beam Group

Skew

Start: 0 End: 0 [deg]

Moving Direction

☐ Forward ☐ Backward ☒ Both

Selection by

☒ 2 Points ☐ Picking ☐ Number

0, 0, 0 m

0, 0, 0 m

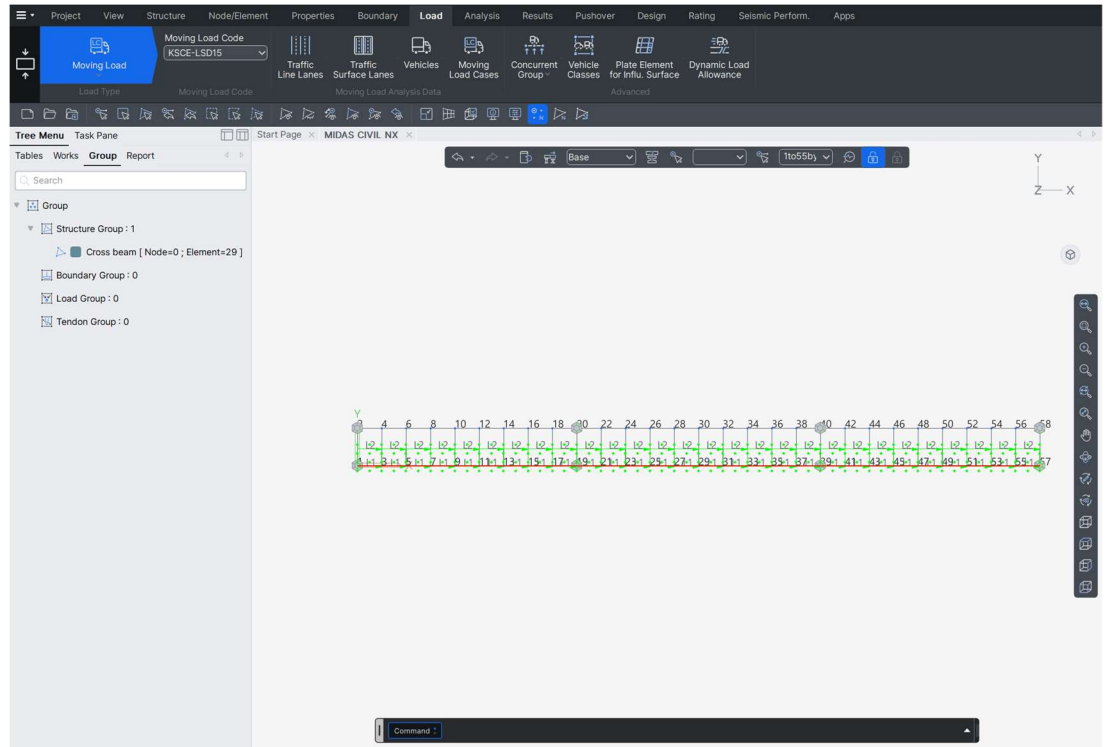
Operations

Add Insert Delete

No	Elem	Eccen. (m)
1	2	0.75
2	4	0.75
3	6	0.75
4	8	0.75

OK Cancel Apply

05. 이동하중 입력

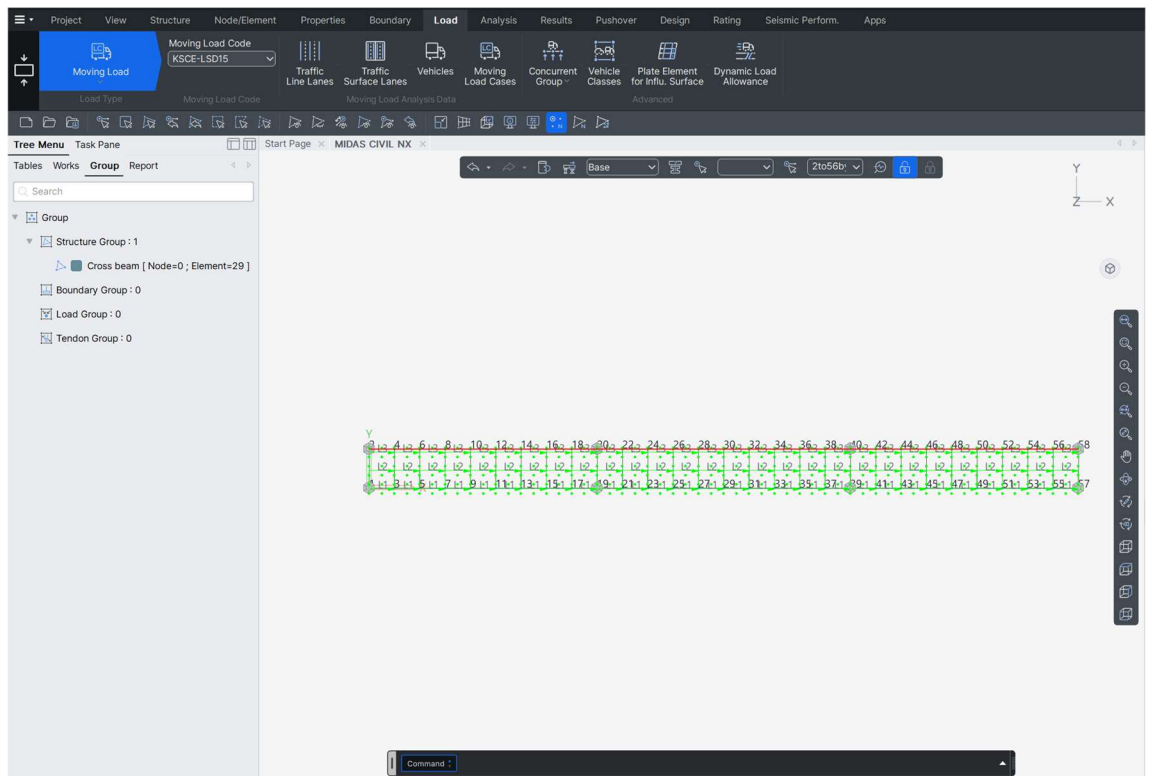
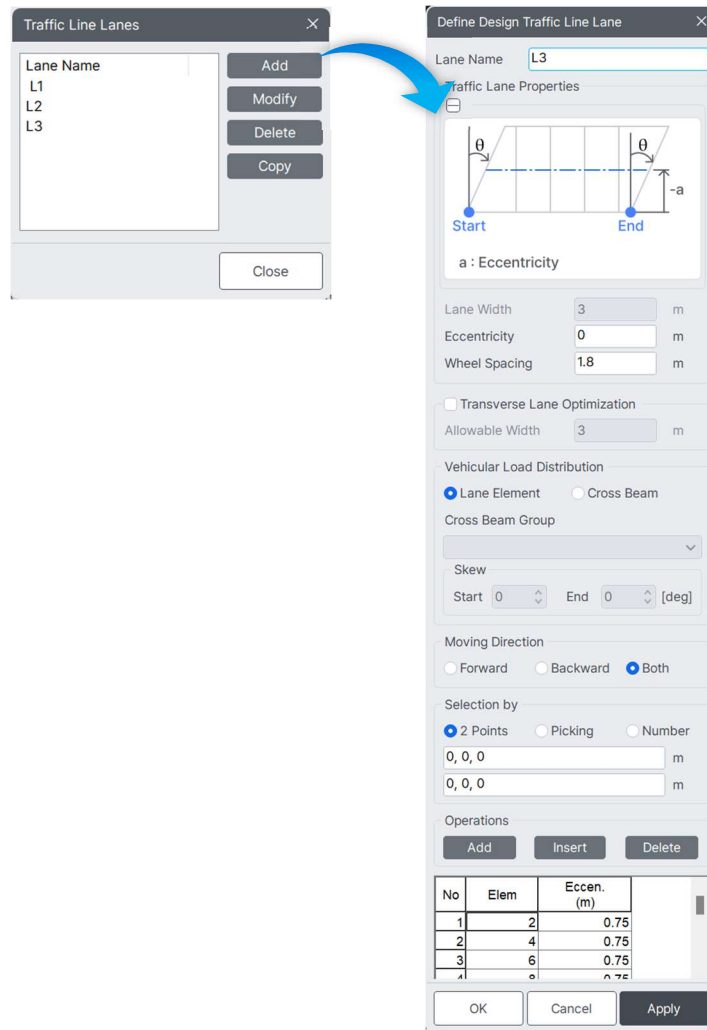


| Lane 2 정의 |

Lane 3은 Lane Element 방법으로 입력합니다.

1. **Add** 버튼 클릭
2. Lane Name 입력란에 '**L3**' 입력
3. Eccentricity 입력란에 '**0.75**' 입력
3. Wheel Spacing 입력란에 '**1.8**' 확인
4. Vehicle Load Distribution 선택란에서 '**Lane Element**' 확인
5. Moving Direction 선택란에서 '**Both**' 확인
6. Selection by 선택란에서 '**2 Points**' 선택 후 Model View에서 절점 '**2, 58**' 선택
7. **OK** 버튼 클릭
8. **Close** 버튼 클릭

05. 이동하중 입력



| Lane 3 정의 |

05. 이동하중 입력

🔊 도로교설계기준(한계상태설계법) 3.6.1.5 참고

🔊 표준차량하중에 없는 하중은 Add User Defined 방법으로 입력한다.

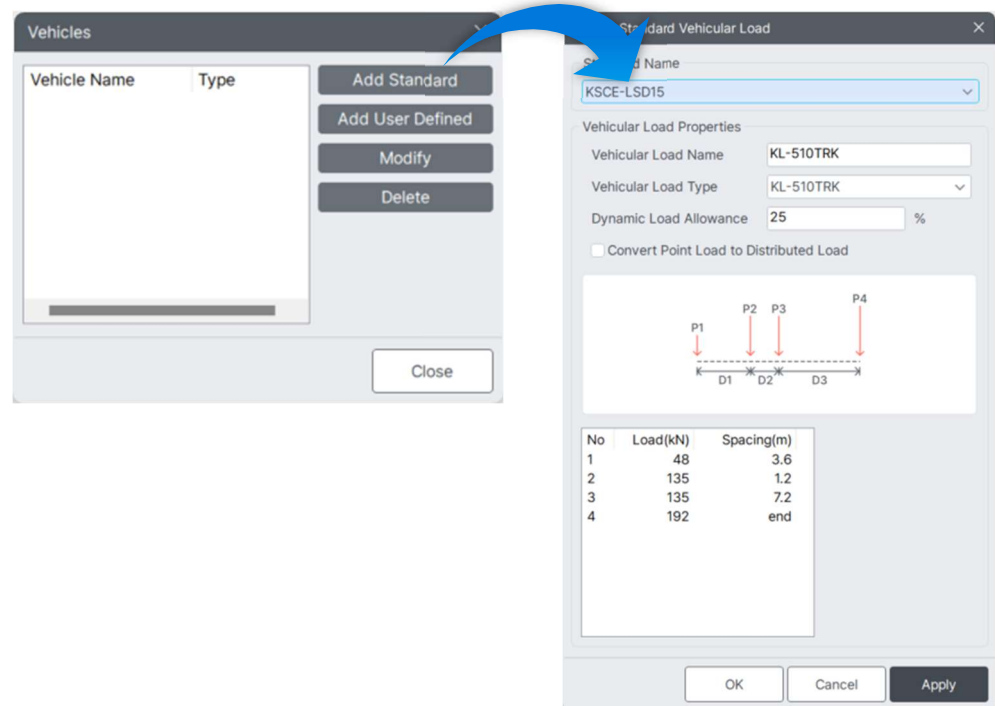
🔊 도로교설계기준(한계상태설계법) 3.6.1.7 참고

4. 설계차량하중 정의

도로교설계기준(한계상태설계법)에 제시된 표준트럭하중(KL-510TRK) 및 표준차로하중을 정의합니다. 참고로 주거터를 설계하는 경우 설계차량 활하중은 "표준트럭하중의 영향"과 "표준트럭하중의 영향의 75% + 표준차로하중의 영향"중 큰 값을 적용해야 합니다. 이때 충격하중은 피로한계상태를 제외한 모든 한계상태에 대해서 신축이음장치를 제외한 모든 다른 부재는 충격계수를 25%로 고려합니다. 🗣️
(바닥판 신축이음장치에 대한 충격계수 70%는 Moving Load Analysis Data > Dynamic Load Allowance에서 별도로 정의합니다.)

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

1. **Add Standard** 버튼 클릭 🗣️
2. Standard Name 선택란에서 '**KSCE-LSD15**' 확인
4. Vehicle Load Type 선택란에서 '**KL-510TRK**' 확인
5. **Apply** 버튼 클릭
6. Vehicle Load Type 선택란에서 '**KL-510LNE**' 선택
7. Length of Lane Load의 1st Model : User Define (L) 입력란에 **140(m)** 입력
8. **OK** 버튼 클릭
9. **Close** 버튼 클릭



| 설계차량하중 입력 |

Tip. 처짐 평가를 위한 하중 재하

처짐 평가를 위한 이동하중 재하는 "표준트럭하중만으로 얻어진 처짐결과"와 "표준트럭하중의 25%와 표준차로하중이 조합된 처짐결과" 중 큰 값을 적용해야 합니다.

Civil 2024의 Define Standard Vehicular Load에서는 주거터 설계시와 처짐 평가시에 대한 설계차량 활하중 조합을 선택하여 간편하게 적용할 수 있습니다. 🗣️

05. 이동하중 입력

🔊 Loading Effect에서 Independent를 선택하여 Sub-Load Case를 여러 개 지정할 경우, 각각의 Sub-Load Case 결과 중 최대/최소값을 산출하여 나타냅니다. 따라서 본 예제의 경우 차량하중과 차선하중에 의한 결과값의 Envelope 결과를 쉽게 확인할 수 있습니다.

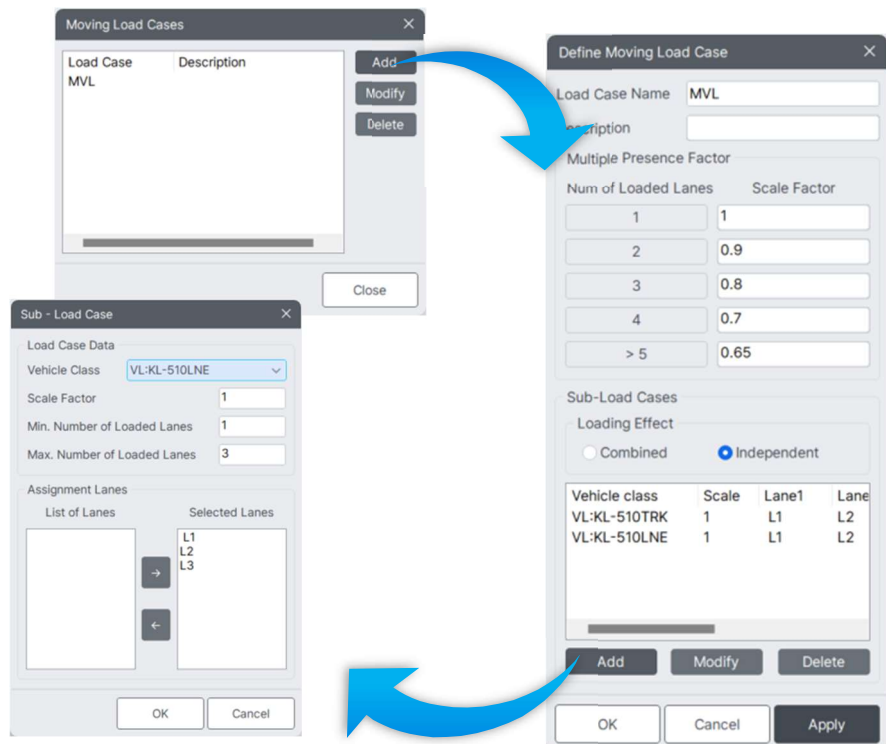
6. 이동하중조건 정의

KL-510TRK 하중과 KL-510LNE 하중에 대해 각각의 이동하중조건을 입력합니다.

이동하중조건을 입력할 때 Min. Number of Loaded Lanes와 Max. Number of Loaded Lanes는 해당 차량하중그룹이 재하되는 최소/최대 차선수를 의미하는데, 최대차선개수를 3으로 입력하면 차량하중그룹이 3개 차선에 동시 재하되는 경우까지 고려하는 것입니다. 본 예제에서는 차량하중그룹이 1개의 차선에만 재하되는 경우, 2개 차선에 재하되는 경우, 그리고 3개 차선에 동시에 재하되는 경우의 해석결과 중 Min/Max 값을 출력합니다.

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

1. **Add** 버튼 클릭
2. Moving Load Case 대화상자에서 Load Case Name 입력란에 'MVL' 입력
3. Sub-Load Cases의 Loading Effect 선택란에서 'Independent' 선택 🗣
4. Sub-Load Cases 선택란에서 **Add** 버튼 클릭
5. Load Case Data의 Vehicle Class 선택란에서 'VL :KL-510TRK' 선택
6. Scale Factor 입력란에서 '1' 입력
7. Min. Number of Loaded Lanes 입력란에 '1' 입력
8. Max. Number of Loaded Lanes 입력란에 '3' 입력
9. Assignment Lanes의 List of Lanes 선택란에서 'L1', 'L2', 'L3'선택
10. **→** 버튼 클릭 후 **OK** 버튼 클릭
11. **OK** 버튼 클릭
12. 위와 동일한 방법으로 'KL-510LNE' 입력
13. **OK** 버튼 클릭

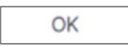


06. 구조해석 수행

1. 이동하중해석조건 정의

Moving Load Analysis Control에서 이동하중해석에 관련된 사항을 지정합니다.

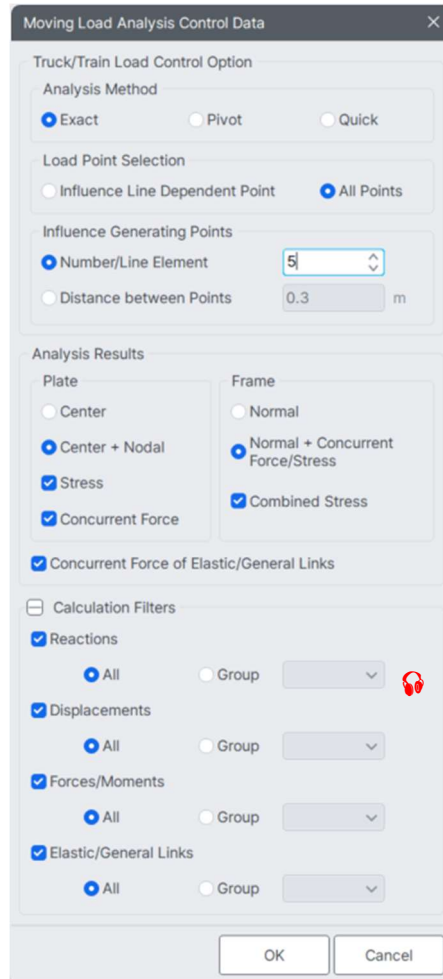
메인 메뉴에서 **[Analysis]탭 > [Analysis Control]그룹 >  Moving Load**

1. Truck/Train Load Control Option의 Analysis Method 선택란에서 **'Exact'** 확인
2. Load Point Selection Method 선택란에서 **'All Point'** 확인 
3. Influence Generating Point의 No./Line Element 입력란에 **'5'** 입력
4. Analysis Results의 Frame 선택란에서 **'Normal+Concurrent Force'** 확인 
5. Calculation Filters의 Reactions 선택란에서 **'All'** 확인 
6. Displacements 선택란에서 **'All'** 확인
7. Forces/Moments 선택란에서 **'All'** 확인
8.  버튼 클릭

 차량하중 재하 방법 중 All Point를 선택하면, 열차하중의 경우 하중 중간에 단절되지 않도록 재하된다.

 Concurrent Force는 이동하중해석시 발생하는 동시부재력을 의미한다.

 모델링된 구조물중 일부분에서의 결과값만을 출력하고자 할 때에는 Group을 선택하여 해석결과를 원하는 부분이 지정된 그룹을 선택한다.



| Moving Load Analysis Control 대화상자 |

Steel Box Girder 교량 모델과 해석조건 입력이 완료되면 구조해석을 수행합니다.

메인 메뉴에서 **[Analysis]탭 > [Perform]그룹 >  Perform Analysis (F5)**

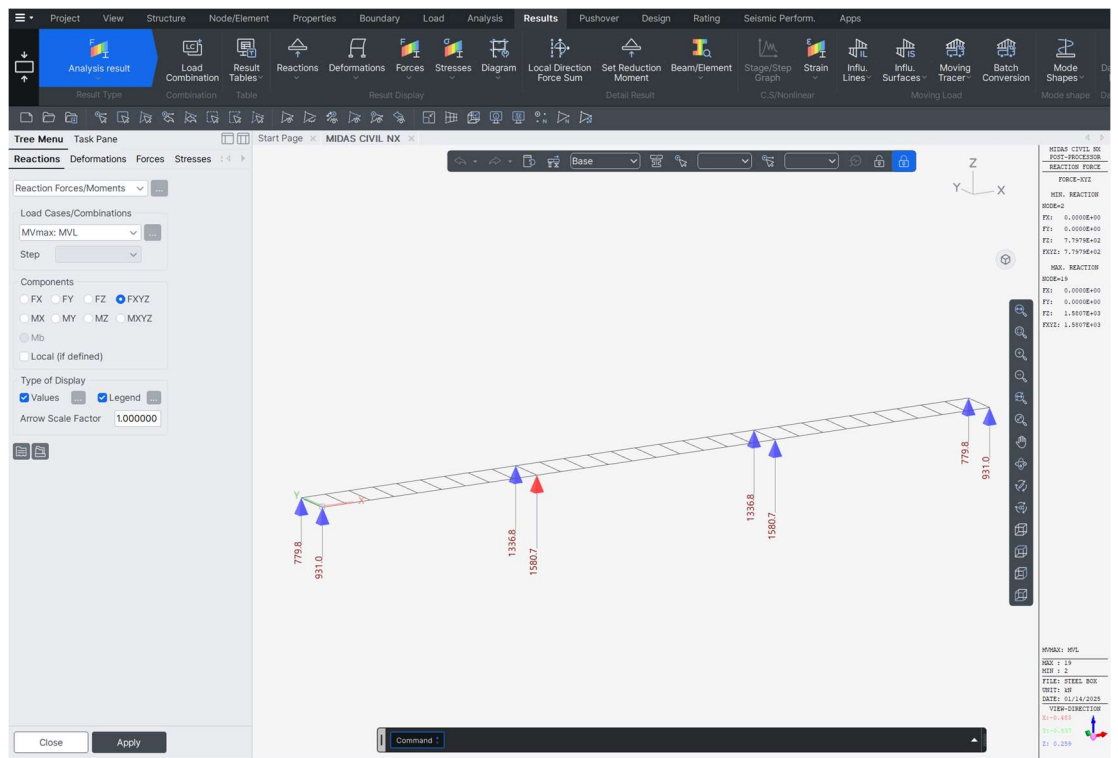
07. 결과 확인

1. 반력 확인

설계 차량하중에 의한 구조물의 최대반력을 Model View에서 확인합니다.

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

1. **Iso View (Ctrl + Shift + I)**
2. Load Cases/Combinations 선택란에서 **'MVmax: MVL'** 선택
3. Components 선택란에서 **'FXYZ'** 선택
4. Type of Display 선택란에서 **'Values'**에 Check on
5. **Apply** 버튼 클릭



| 반력 확인 |

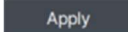
MVmax: MVL 하중조건은 설계 차량하중(KL-510TRK, KL-510LNE)을 여러 위치에서 재하해 본 후에 각각의 지점에서 발생한 반력 중 최대 반력을 추출한 것 입니다. 따라서 각각의 지점에서 출력된 반력을 발생시키는 DL하중의 위치는 모두 다를 수 있습니다.

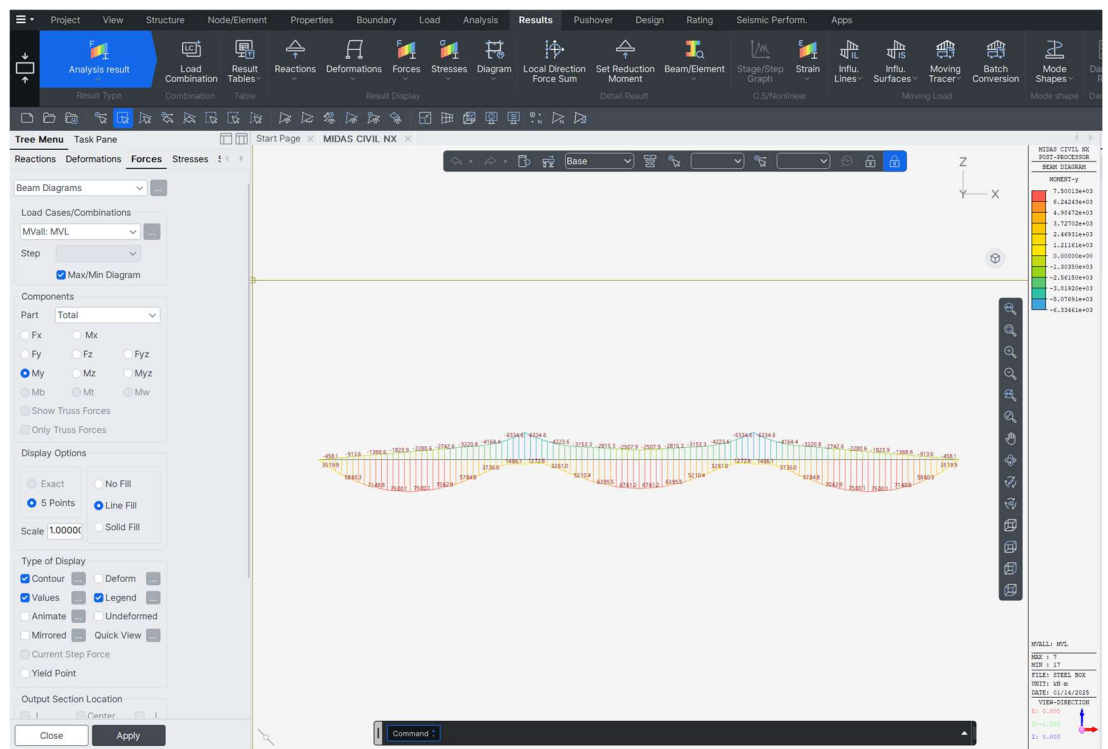
07. 결과 확인

2. 부재력 확인

우측 거더만을 활성화시켜 설계 차량하중에 의한 정/부 모멘트를 하나의 Diagram에서 확인해 봅니다.

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

-  **Top View**
-  **Select by Window**를 이용하여 Elements 모든 우측(View 상 하단) 거더 선택
-  **Active (F2),  Front View** 클릭
- Load Case/Combinations 선택란에서 '**MVall: MVL**' 선택
- Components 선택란에서 '**My**' 확인
- Display Options 선택란에서 '**5 Points**', '**Line Fill**' 확인
- Type of Display 선택란에서 '**Contour**', '**Values**'에 Check on
-  버튼 클릭



| 설계 차량하중에 의한 정/부 모멘트도 |

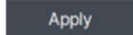
MVall: MVL 하중조건은 설계 차량하중을 여러 위치에서 재하해 본 후에 각각의 요소에서 발생한 휨모멘트 중 최대/최소 휨모멘트를 추출한 것입니다. 따라서 각각의 요소에서 출력된 휨모멘트를 발생시키는 설계 차량하중의 위치는 모두 다를 수 있습니다.

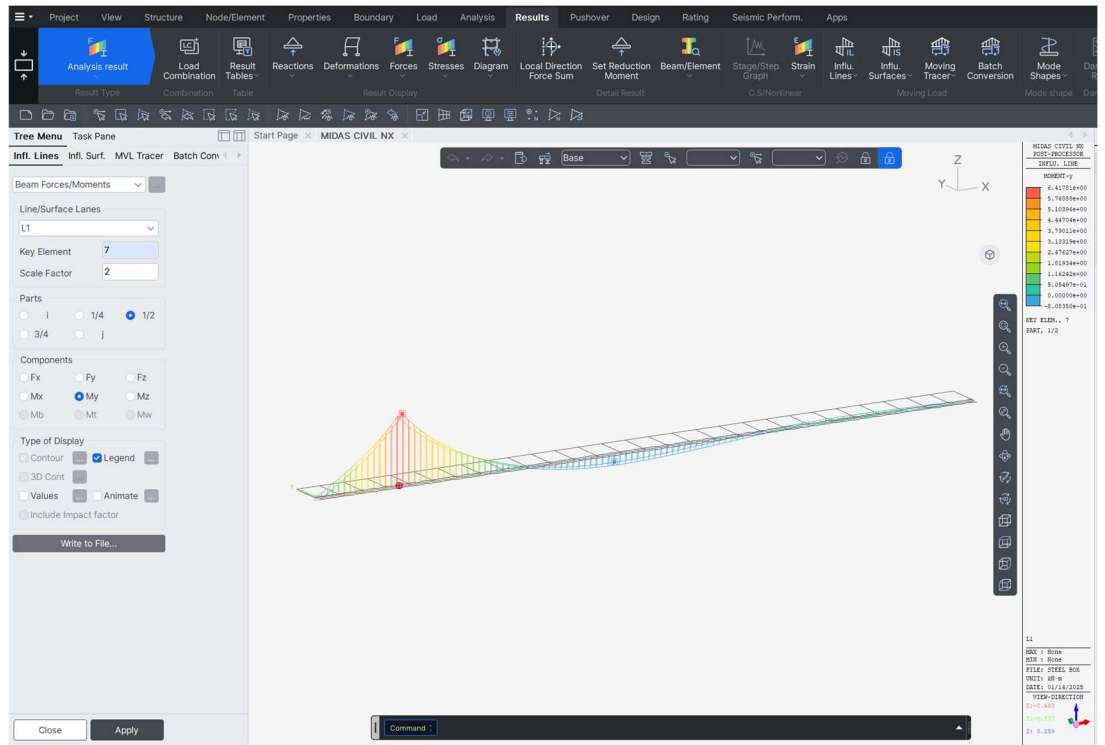
07. 결과 확인

3. 교량의 최대 정/부 모멘트에 대한 영향선 결과 확인

Lane 1의 첫번째 지간 중앙에서의 모멘트에 대한 영향선도를 살펴보면 다음과 같습니다.

메인 메뉴에서 **[Results]탭 > Moving Load > Influ. Lines > Beam Forces/Moments**

1.  **Iso View**,  **Activate All (Ctrl + A)** 클릭
2. Line/Surface Lanes 선택란에서 'L1' 선택
3. Key Element 입력란에 '7' 입력
4. Scale Factor 입력란에 '2' 입력
5. Parts 선택란에서 '1/2' 선택
6. Components 선택란에서 'My' 확인
7. Type of Display 선택란에서 'Legend'에 Check on
8.  **Apply** 버튼 클릭

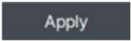


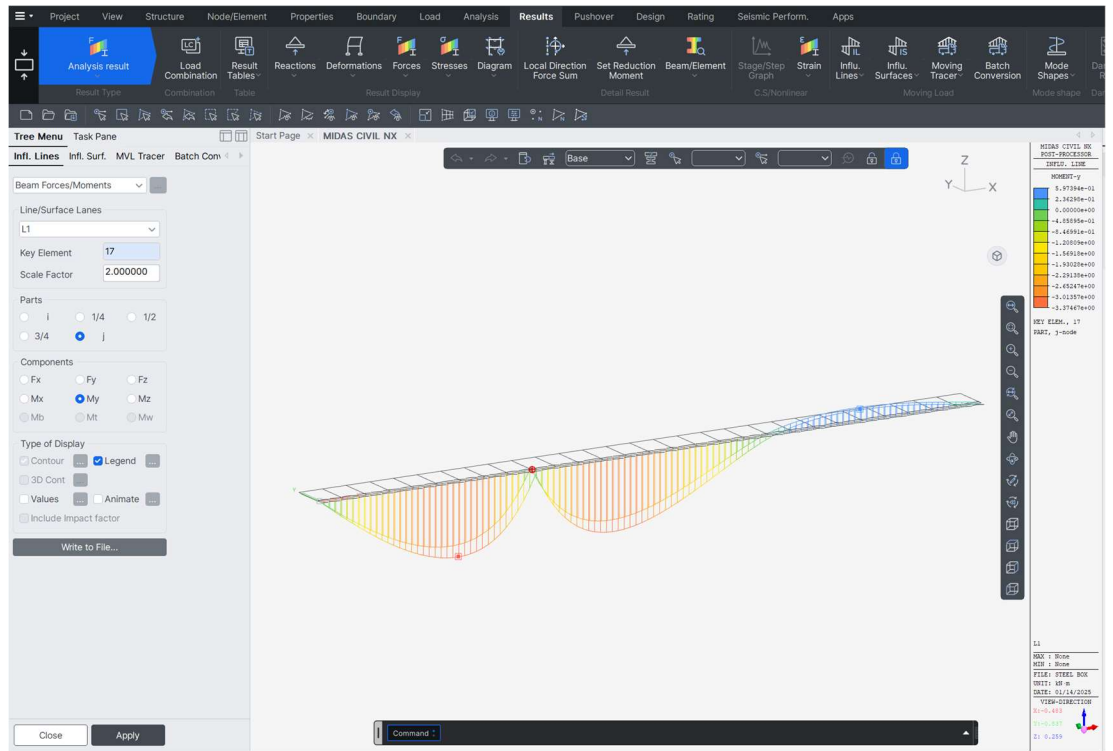
| 요소 7의 1/2 위치에서의 모멘트에 대한 영향선도 |

07. 결과 확인

Lane 1의 내부 지점부에서 부모멘트에 대한 영향선도를 살펴보면 다음과 같습니다.

메인 메뉴에서 **[Results]탭 > Moving Load > Infl. Lines >  Beam Forces/Moments**

1. Line/Surface Lanes 선택란에서 'L1' 선택
2. Key Element 입력란에 '17' 입력
3. Scale Factor 입력란에 '2' 입력
4. Parts 선택란에서 'j' 선택
5. Components 선택란에서 'My' 확인
6. Type of Display 선택란에서 'Legend'에 Check on
7.  버튼 클릭



| 요소 17의 j 단에서의 모멘트에 대한 영향선도 |

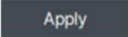
07. 결과 확인

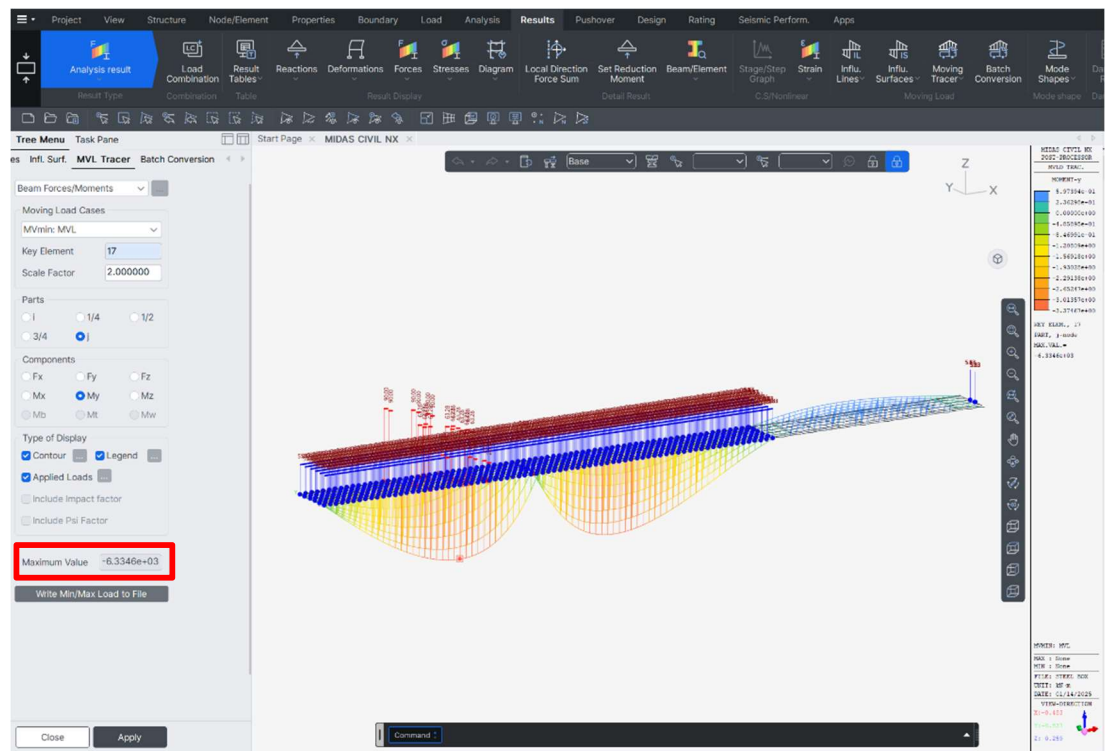
4. Moving Load Tracer

요소 17의 j 단에 발생하는 모멘트를 유발하는 차량하중의 재하위치를 **Moving Load Tracer** 기능으로 확인해 봅니다.

메인 메뉴에서

[Results]탭 > Moving Load > Moving Load Tracer >  Beam Forces/Moments

1. Moving Load Cases 선택란에서 'MVmin: MVL' 선택
2. Key Element 입력란에 '17' 입력
3. Scale Factor 입력란에 '2' 입력
4. Parts 선택란에서 'j' 선택
5. Components 선택란에서 'My' 선택
6. Type of Display 선택란에서 'Contour', 'Legend', 'Applied Loads' 에 Check on
7.  버튼 클릭



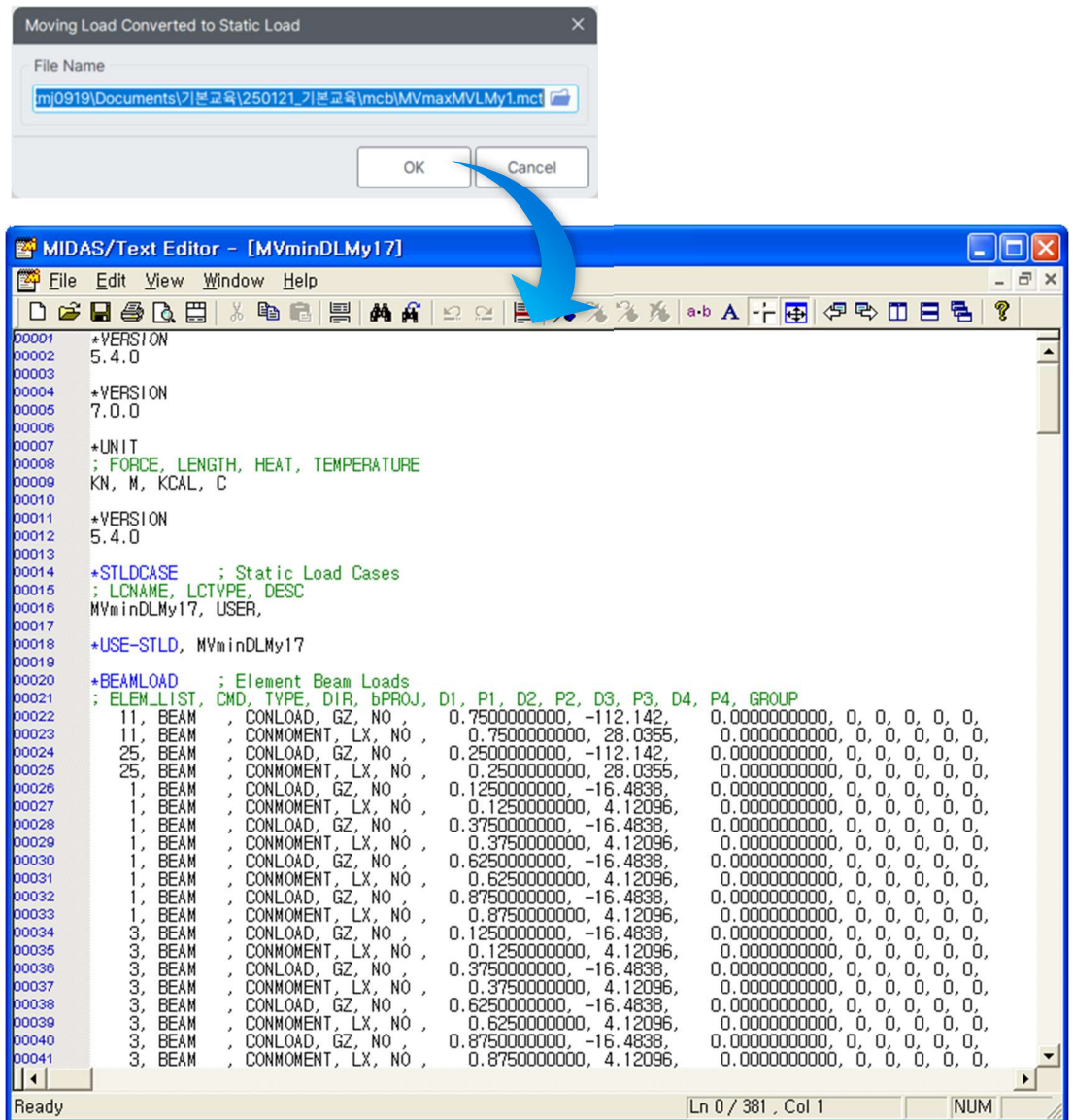
| 요소 17의 j 단에 발생하는 모멘트를 유발하는 이동하중 재하 위치 |

Moving Load Tracer에서 Maximum Value(위 그림의 빨간색 박스)에 출력되는 값이 보의 부재력입니다. 그리고 diagram에서 보여지는 Legend는 충격계수가 곱해지지 않은 영향선 값입니다.

07. 결과 확인

Moving Load Tracer 기능으로 부재력 발생시의 하중재하 위치를 확인한 후, 이동하중을 정적하중으로 치환하는 방법을 알아봅니다.

Moving Load Tracer 기능의 **Write Min/Max Load to File** 버튼을 클릭하면 정적하중으로 치환된 이동하중이 MCT 파일로 저장됩니다.
이렇게 작성된 MCT 파일을 미리 작성된 모델 파일에 **MCT Command Shell** 기능으로 실행시키면 정적하중이 모델에 입력됩니다. MCT Command Shell 기능에 관한 사항은 Online Manual을 참고하시기 바랍니다.



| 이동하중을 정적하중으로 자동 치환 |

07. 결과 확인

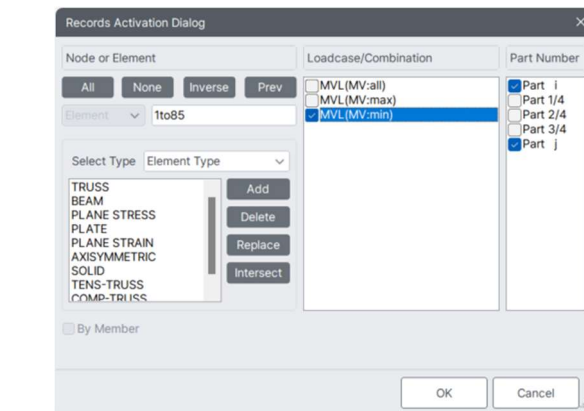
5. 동시발생부재력 확인

‘1. 반력 확인’, ‘2. 부재력 확인’ 에서 출력된 결과는 발생 가능한 최대/최소값을 추출한 것으로 서로 동시성이 없는 결과입니다.
 요소 17의 j 단에 발생하는 최대 부모멘트를 유발하는 차량하중이 재하될 때의 동시발생 부재력을 확인해 봅니다.

메인 메뉴에서 **[Results]탭 > [Tables]그룹 > Results Tables > Beam >  Force**

1. Loadcase/Combination 선택란에서 ‘MVL(MV:min)’ Check on
2. Part Number 선택란에서 ‘Part i, Part j’ Check on
3.  버튼 클릭
4. 출력된 테이블에서 오른쪽 마우스를 클릭하여 활성화 되는 Context메뉴에서 ‘View by Max Value Item’ 선택
5. **Items to Display** 에서 모든 항목에 Check on

동시발생력 출력에 대한 자세한 내용은 홈페이지의 ‘동시발생력 출력기능’ 기술자료를 참조



Start Page		MIDAS CIVIL NX		Result: Beam Force		Result By Max Value: Beam Force		
Elem	Load	Part	Axis	Shear x (kN)	Shear y (kN)	Torsion (kN-m)	Moment x (kN-m)	Moment y (kN-m)
1	MVL(MV:min)	E11	0.00	801.82	566.08	-0.01	0.00	0.00
2	MVL(MV:min)	E21	0.00	493.02	-598.08	-458.11	0.00	0.00
3	MVL(MV:min)	E31	0.00	237.48	-648.42	-0.01	0.00	0.00
4	MVL(MV:min)	E41	0.00	619.48	-479.52	-454.11	0.00	0.00
5	MVL(MV:min)	E51	0.00	407.44	-422.64	-458.11	0.00	0.00
6	MVL(MV:min)	E61	0.00	-531.22	-422.64	-913.55	0.00	0.00
7	MVL(MV:min)	E71	0.00	400.45	-403.84	-454.11	0.00	0.00
8	MVL(MV:min)	E81	0.00	508.81	-344.57	-913.55	0.00	0.00
9	MVL(MV:min)	E91	0.00	-402.57	-530.97	-913.55	0.00	0.00
10	MVL(MV:min)	E101	0.00	400.07	-530.97	-1308.57	0.00	0.00
11	MVL(MV:min)	E111	0.00	-475.32	-499.34	-913.55	0.00	0.00
12	MVL(MV:min)	E121	0.00	350.25	-447.25	-1308.57	0.00	0.00
13	MVL(MV:min)	E131	0.00	-380.71	-483.62	-1308.57	0.00	0.00
14	MVL(MV:min)	E141	0.00	-288.89	-443.82	-1523.86	0.00	0.00
15	MVL(MV:min)	E151	0.00	559.11	-403.89	-1308.56	0.00	0.00
16	MVL(MV:min)	E161	0.00	-273.01	-519.96	-1520.19	0.00	0.00
17	MVL(MV:min)	E171	0.00	-288.66	-530.55	-1523.85	0.00	0.00
18	MVL(MV:min)	E181	0.00	209.01	-545.31	-2280.56	0.00	0.00
19	MVL(MV:min)	E191	0.00	269.75	-447.98	-1528.19	0.00	0.00
20	MVL(MV:min)	E201	0.00	-182.47	-565.49	-2280.56	0.00	0.00
21	MVL(MV:min)	E211	0.00	224.85	-471.28	-2280.56	0.00	0.00
22	MVL(MV:min)	E221	0.00	-142.16	-644.38	-2742.58	0.00	0.00
23	MVL(MV:min)	E231	0.00	205.58	-639.04	-2280.56	0.00	0.00
24	MVL(MV:min)	E241	0.00	119.48	-647.89	-2732.51	0.00	0.00
25	MVL(MV:min)	E251	0.00	-162.88	-784.73	-2742.58	0.00	0.00
26	MVL(MV:min)	E261	0.00	45.77	-797.88	-3220.80	0.00	0.00
27	MVL(MV:min)	E271	0.00	-152.69	-806.56	-2732.51	0.00	0.00
28	MVL(MV:min)	E281	0.00	48.44	-807.80	-3167.44	0.00	0.00
29	MVL(MV:min)	E291	0.00	84.79	-872.21	-3220.80	0.00	0.00
30	MVL(MV:min)	E301	0.00	-32.30	-883.88	-4164.40	0.00	0.00
31	MVL(MV:min)	E311	0.00	105.29	-898.42	-3167.44	0.00	0.00
32	MVL(MV:min)	E321	0.00	-37.21	-899.42	-3949.05	0.00	0.00
33	MVL(MV:min)	E331	0.00	-58.85	-877.84	-4164.40	0.00	0.00
34	MVL(MV:min)	E341	0.00	-54.86	-938.88	-6334.61	0.00	0.00
35	MVL(MV:min)	E351	0.00	96.06	-933.57	-3949.05	0.00	0.00
36	MVL(MV:min)	E361	0.00	-73.58	-948.79	-5678.58	0.00	0.00
37	MVL(MV:min)	E371	0.00	995.19	-846.42	-6334.61	0.00	0.00
38	MVL(MV:min)	E381	0.00	-883.22	-846.91	-4223.00	0.00	0.00
39	MVL(MV:min)	E391	0.00	482.06	-817.88	-5678.58	0.00	0.00
40	MVL(MV:min)	E401	0.00	-779.61	-688.71	-4008.09	0.00	0.00
41	MVL(MV:min)	E411	0.00	-526.05	-713.47	-4223.00	0.00	0.00
42	MVL(MV:min)	E421	0.00	731.45	-713.47	-6153.27	0.00	0.00
43	MVL(MV:min)	E431	0.00	-765.98	-674.86	-4008.09	0.00	0.00
44	MVL(MV:min)	E441	0.00	688.86	-678.32	-2805.82	0.00	0.00
45	MVL(MV:min)	E451	0.00	-688.22	-605.28	-3153.27	0.00	0.00
46	MVL(MV:min)	E461	0.00	-586.01	-605.28	-3815.29	0.00	0.00
47	MVL(MV:min)	E471	0.00	459.02	-562.88	-3099.36	0.00	0.00
48	MVL(MV:min)	E481	0.00	-557.50	-491.40	-2805.82	0.00	0.00
49	MVL(MV:min)	E491	0.00	-114.08	-561.36	-2009.97	0.00	0.00
50	MVL(MV:min)	E501	0.00	473.15	-514.68	-2507.95	0.00	0.00
51	MVL(MV:min)	E511	0.00	-532.69	-467.53	-2805.82	0.00	0.00
52	MVL(MV:min)	E521	0.00	-442.59	-586.80	-2510.41	0.00	0.00
53	MVL(MV:min)	E531	0.00	446.42	-529.71	-2507.95	0.00	0.00
54	MVL(MV:min)	E541	0.00	-462.83	-529.71	-2505.09	0.00	0.00
55	MVL(MV:min)	E551	0.00	-421.07	-451.43	-2510.41	0.00	0.00
56	MVL(MV:min)	E561	0.00	-334.68	-561.36	-2009.97	0.00	0.00
57	MVL(MV:min)	E571	0.00	-345.75	-571.80	-2505.09	0.00	0.00
58	MVL(MV:min)	E581	0.00	265.82	-601.08	-2507.95	0.00	0.00
59	MVL(MV:min)	E591	0.00	-322.75	-509.96	-2509.97	0.00	0.00
60	MVL(MV:min)	E601	0.00	239.39	-482.41	-2510.41	0.00	0.00
61	MVL(MV:min)	E611	0.00	-272.88	-449.21	-2507.95	0.00	0.00
62	MVL(MV:min)	E621	0.00	-197.24	-602.34	-2815.29	0.00	0.00
63	MVL(MV:min)	E631	0.00	250.07	-608.61	-2510.41	0.00	0.00
64	MVL(MV:min)	E641	0.00	-176.01	-475.78	-2805.82	0.00	0.00
65	MVL(MV:min)	E651	0.00	290.76	-746.88	-2815.29	0.00	0.00
66	MVL(MV:min)	E661	0.00	-139.31	-810.61	-3153.27	0.00	0.00
67	MVL(MV:min)	E671	0.00	207.54	-819.21	-2805.82	0.00	0.00
68	MVL(MV:min)	E681	0.00	-133.59	-819.21	-3099.36	0.00	0.00
69	MVL(MV:min)	E691	0.00	-159.86	-887.63	-3153.27	0.00	0.00
70	MVL(MV:min)	E701	0.00	119.58	-899.36	-4223.00	0.00	0.00
71	MVL(MV:min)	E711	0.00	-165.37	-887.01	-3099.36	0.00	0.00
72	MVL(MV:min)	E721	0.00	-189.87	-887.01	-4008.09	0.00	0.00

Copy

Find...

Sorting Dialog...

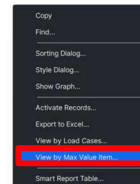
Show Graph...

Activate Results...

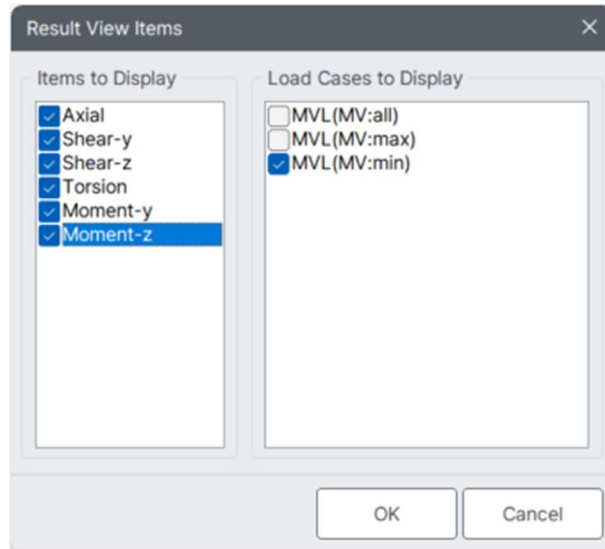
Export to Excel...

View by Load Cases

Smart Report Table...



07. 결과 확인



	Elem	Load	Part	Component	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN m)	Moment-y (kN m)	Moment-z (kN m)
▶	1	MVL(min)	I[1]	Axial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	MVL(min)	I[1]	Shear-y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	MVL(min)	I[1]	Shear-z	0.00	0.00	-801.82	-10.85	-0.00	0.00
	1	MVL(min)	I[1]	Torsion	0.00	0.00	-314.19	-566.08	0.01	0.00
	1	MVL(min)	I[1]	Moment-y	0.00	0.00	-598.82	627.11	-0.01	0.00
	1	MVL(min)	I[1]	Moment-z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	MVL(min)	J[3]	Axial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	MVL(min)	J[3]	Shear-y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	MVL(min)	J[3]	Shear-z	0.00	0.00	-683.62	65.02	3418.15	0.00
	1	MVL(min)	J[3]	Torsion	0.00	0.00	-314.19	-566.08	1570.97	0.00
	1	MVL(min)	J[3]	Moment-y	0.00	0.00	91.62	-7.90	-458.11	0.00
	1	MVL(min)	J[3]	Moment-z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	MVL(min)	I[2]	Axial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	MVL(min)	I[2]	Shear-y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	MVL(min)	I[2]	Shear-z	0.00	0.00	-737.04	485.72	0.00	0.00
	2	MVL(min)	I[2]	Torsion	0.00	0.00	-290.64	-568.42	-0.01	0.00
	2	MVL(min)	I[2]	Moment-y	0.00	0.00	-373.96	-466.65	-0.01	0.00
	2	MVL(min)	I[2]	Moment-z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	MVL(min)	J[4]	Axial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	MVL(min)	J[4]	Shear-y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	MVL(min)	J[4]	Shear-z	0.00	0.00	-619.48	345.76	3097.42	0.00
	2	MVL(min)	J[4]	Torsion	0.00	0.00	-163.92	-679.52	1760.87	0.00
	2	MVL(min)	J[4]	Moment-y	0.00	0.00	90.91	-6.44	-454.51	0.00
	2	MVL(min)	J[4]	Moment-z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	MVL(min)	I[3]	Axial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	MVL(min)	I[3]	Shear-y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	MVL(min)	I[3]	Shear-z	0.00	0.00	-627.44	2.64	3162.69	0.00
	3	MVL(min)	I[3]	Torsion	0.00	0.00	-324.24	-622.64	1604.31	0.00
	3	MVL(min)	I[3]	Moment-y	0.00	0.00	91.08	-11.40	-458.11	0.00
	3	MVL(min)	I[3]	Moment-z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

| 요소 17의 j 단에 최대 부모멘트가 발생하게 하는 하중이 재하될 때의 동시발생부재력 |