

## 4조 하모니

# 전농동 아동청소년 복합문화시설 건립 사업 건축 구조 계획

-2020871002 강성준

-2022871026 이유림

-2021871001 강동민

-2021871042 이문박

-2020871002 이상운

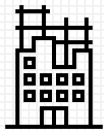
-2021871038 최재호

-2019871025 이재호



# CONTEXT

01



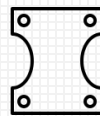
건축 계획

02



구조계획

03



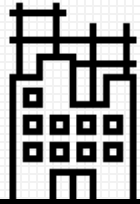
구조해석 및 부재설계

04



구조결과

# 01



## 건축 계획

- 프로젝트 개요
- 설계 목표

# 프로젝트 개요

- 건축계획



구분	내용
사업명	전농 아동 청소년복합 문화시설 건립
대지위치	동대문구 전농동 691-3
대지면적	16,899.30 m <sup>2</sup>
지역지구	제2종 일반주거지역, 정비구역, 재정비촉진지구
건물용도	노유자시설(아동복지시설), 운동시설
시설규모	지하 1층 / 지상 4층
연면적	7920 m <sup>2</sup>
건축면적	3,780 m <sup>2</sup>
건폐율	22.4%
용적률	46.9%

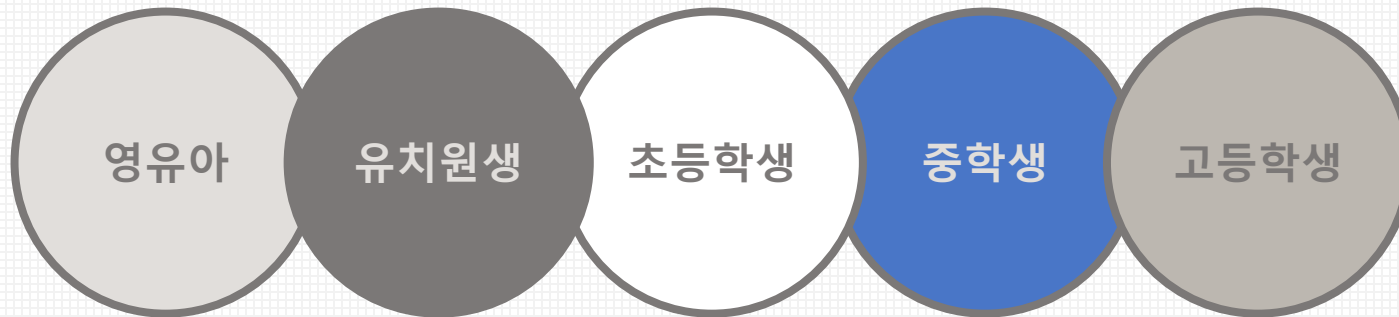
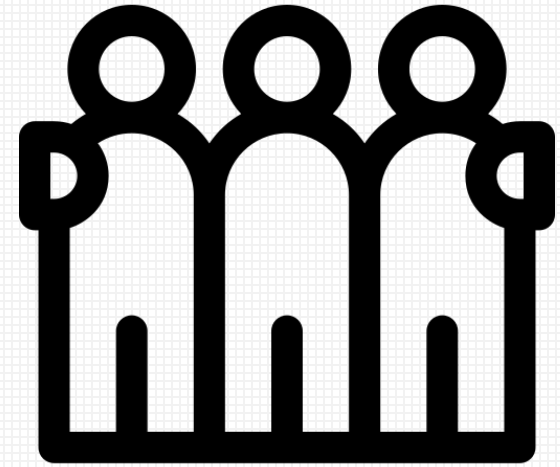
## “하모니(Harmony)”

### 존중

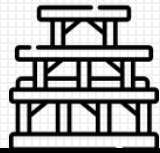
연령별로 필요한 공간을 각각 조닝한다.

### 교류

다양한 연령층이 함께 어울리는 조화로운 공간을 만든다.



# 02



## 구조 계획

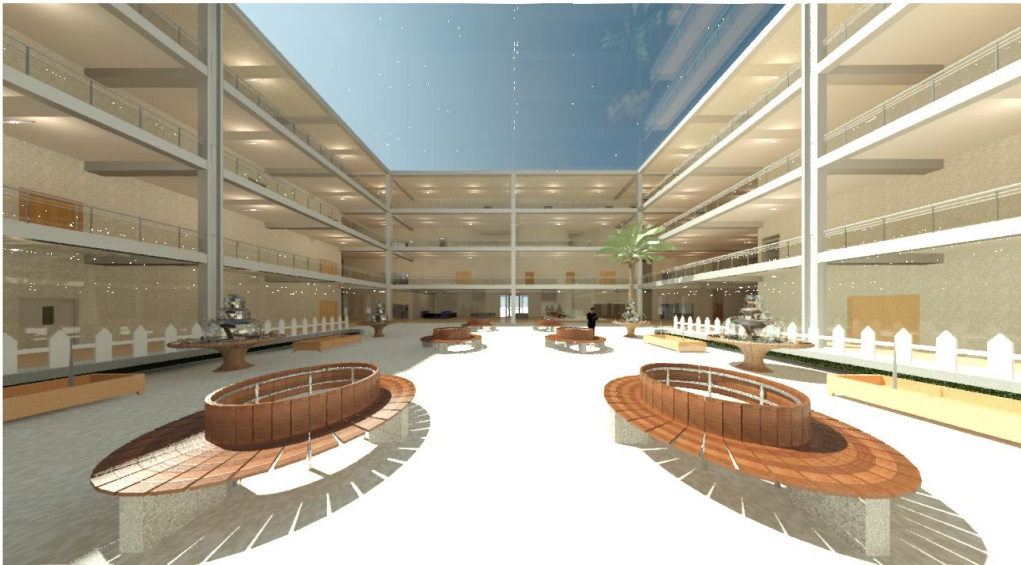
- 구조 계획 목표
- 구조 시스템 산정

# 구조 계획 목표

## ● 구조계획

◆ 설계 목표: 모든 세대가 함께할 수 있는 안정적이고 개방적인 공간 설계

메인홀



- 메인 홀 내부 기둥 최소화
- 넓고 개방적인 공간 설계

체육시설



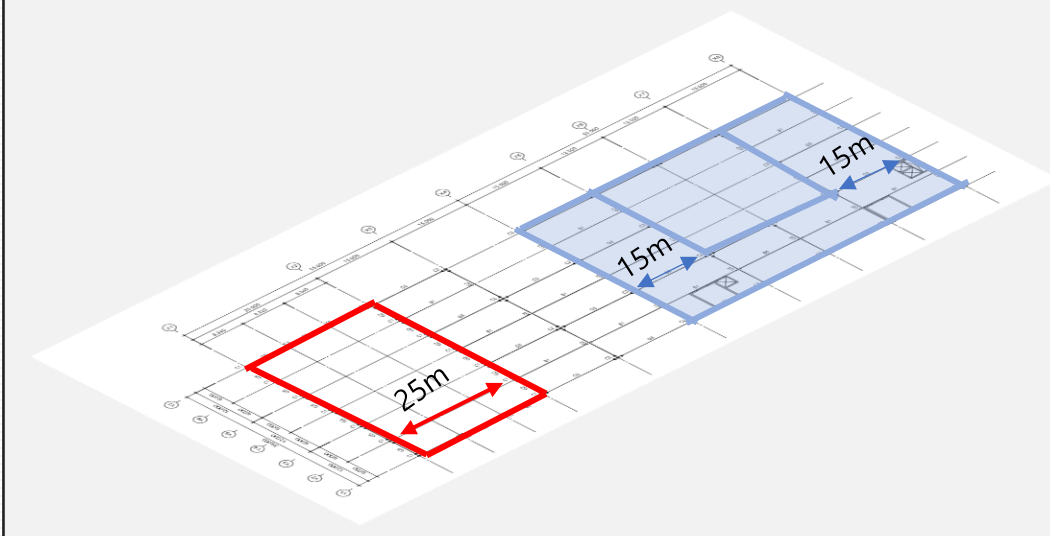
- 장스팬 구조 적용으로 충분한 활동 공간 확보
- 사용자 동선을 고려한 안전한 기둥 배치

➡ 구조 목표: 높은 층고와 긴 경간을 통한 개방적인 공간 실현

# 구조시스템 산정

## ● 구조계획

메인홀



장스팬 영역

- 체육 시설: 25m\*36m (내부에 기둥 금지)
- 본관 : 15m

체육시설 사례



상록수 체육관



경산 실내 체육관

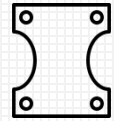
트러스 구조

- 축력에만 저항하고 힘에 저항하지 않음
- 장스팬이 필요한 대부분의 체육시설에서 사용됨

개방감 확보를 위해 메인 홀 기둥을 최소화하고,  
체육관 25m 장스팬을 효율적으로 설계하기 위해 건물 전체 구조 시스템을 철골조로 결정



# 03



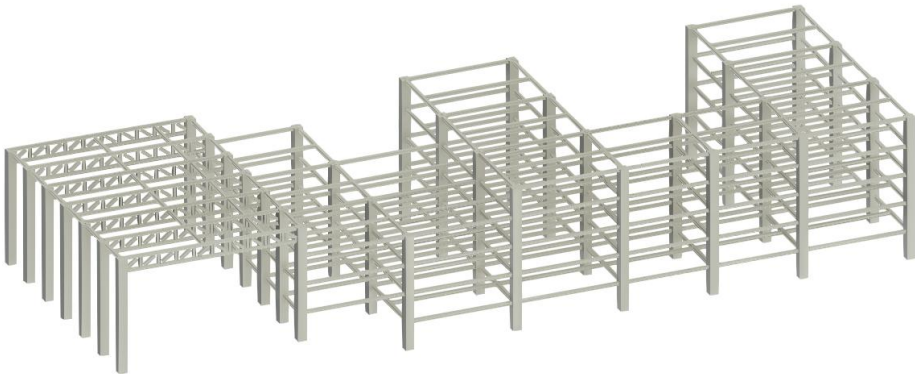
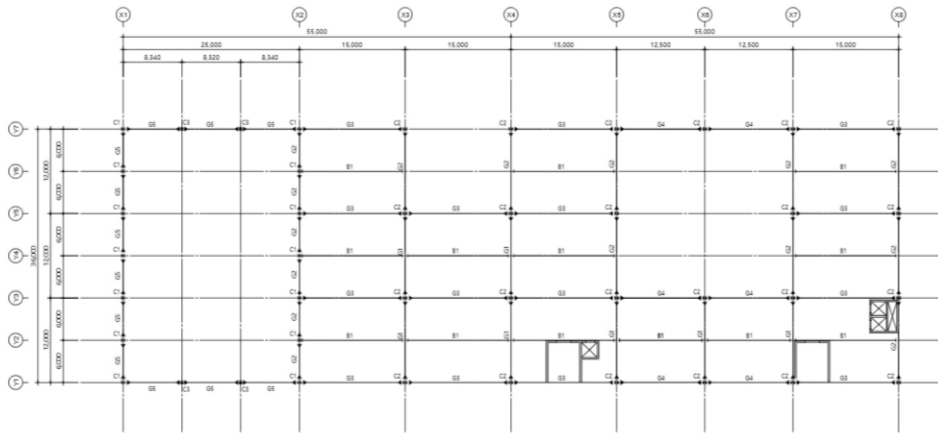
## 구조 해석 및 부재설계

- 구조 해석
- 부재 설계
- 목표 달성

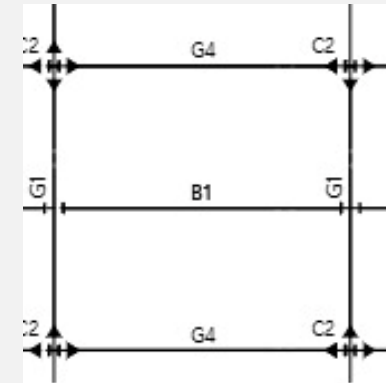
# 구조 해석

## • 구조해석 및 부재 설계

### 구조 평면과 3D 골조



### 모듈



- 하중은 등분포하중으로 B1과 G4에 작용
- B1에 작용한 하중은 전단접합으로 연결된 G1에 집중하중으로 전달
- G1과 G4에 전달된 하중은 강접합으로 연결된 C2로 연결되어 축력과 모멘트를 전달

# 구조 해석

## • 구조해석 및 부재 설계

### ◆ 소요하중 산정

활하중	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> 교실 3kN/m<sup>2</sup></div> <div><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> 놀이방 및 동아리실 4kN/m<sup>2</sup></div> <div><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> 계단 및 복도 5kN/m<sup>2</sup></div> <div><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> 놀이방 및 동아리실 4kN/m<sup>2</sup></div> <div><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black;"></span> 복도 5kN/m<sup>2</sup></div> </div>
고정하중	옥상 9kN/m <sup>2</sup> 실내 6kN/m <sup>2</sup>
설하중	0.5kN/m <sup>2</sup>
하중조합	1.2D+1.6L+0.5S



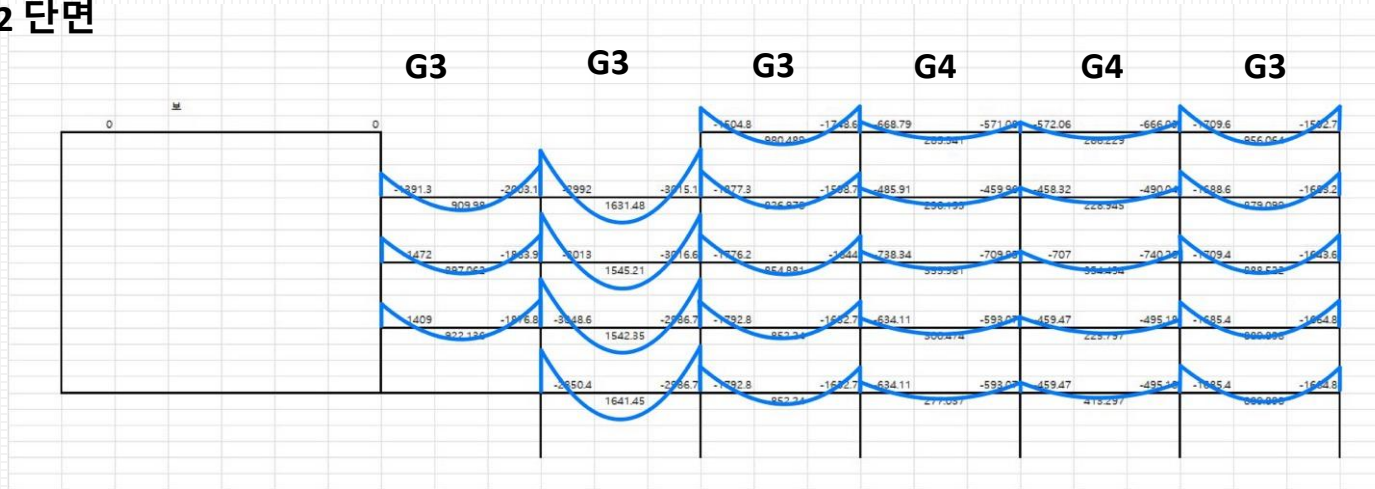
2 층

# 구조 해석

## ● 구조해석 및 부재 설계

### ◆ 모멘트 분배법을 통해 구한 각 부재의 모멘트

\* Y2 단면

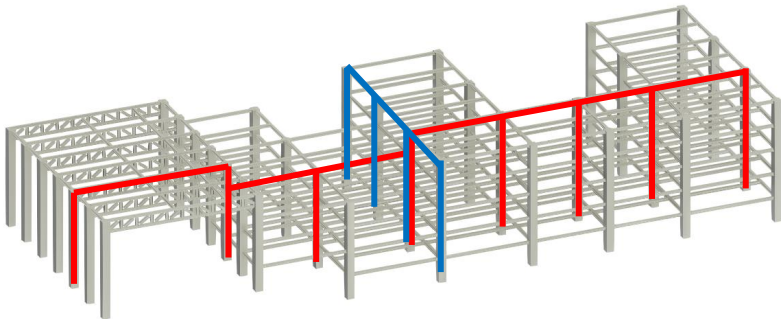


- G3의 최대모멘트 :  $1867 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- G4의 최대모멘트 :  $748 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- C1의 최대 모멘트 :  $826 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- C2의 최대 모멘트 :  $1510 \text{ kN} \cdot \text{m}$

\* X6 단면

	G2	G1	G1
	-970.368	-1063.46	-1099.67
	1075.587	1028.722	1075.937
	-876.259	-983.155	-2238.58
	906.2929	2397.278	2469.89
	-866.701	-972.998	-2253.16
	916.1507	2359.198	2438.706
	-871.47	-972.018	-2249.32
	914.2556	2360.277	2439.62
	-855.464	-988.671	-2224.62
	913.9327	2366.378	2439.508

- G1의 최대 모멘트 :  $1115 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- G2의 최대 모멘트 :  $2252 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- C2의 최대 모멘트 :  $920 \text{ kN} \cdot \text{m}$

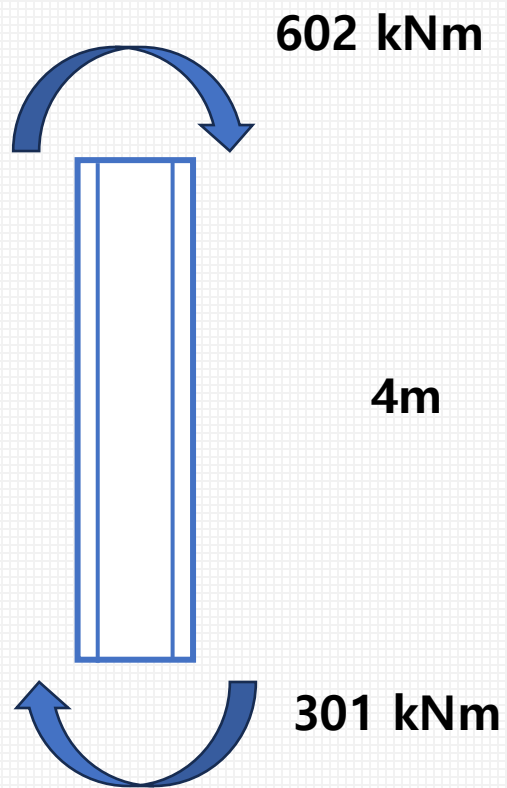
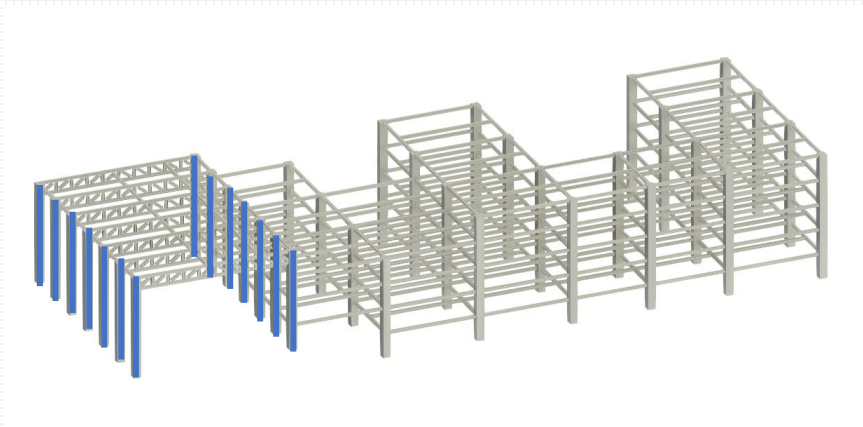


# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

C1 기둥



소요강도	$Max P_r = 3821 \text{ kN}$ $Max M_r = 602 \text{ kN} \cdot \text{m}$
규격	H - 414 X 405 X 18 X 28

\*중심압축력과 강축방향 힘을 받는 조합력 부재로 가정

# 부재 설계

## • 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### 기둥 설계

#### ◆ 소요힘강도 산정

$M_{nt} = 602 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,  $P_r = 3821 \text{ kN}$   
모멘트 증폭계수, B1 반영

$$\begin{aligned} - C_m &= 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0.4 \\ - P_e &= \frac{\pi^2 EI_x}{(KL)^2} = 120212 \text{ kN} \\ - B_1 &= \frac{C_m}{1 - P_r/P_e} = 0.41 \rightarrow 1.0 \text{으로 안전측으로 봄} \\ - M_r &= B_1 M_{nt} = \mathbf{602 \text{ kN} \cdot \text{m}} \end{aligned}$$

#### ◆ 설계압축강도 산정

위험좌굴축 결정(세장비 큰 축)

$$\begin{aligned} - \left( \frac{KL}{r} \right)_x &= 11.3, \left( \frac{KL}{r} \right)_y = 19.6 \rightarrow \left( \frac{KL}{r} \right)_{max} = 19.6 \text{ (약축 좌굴이 지배)} \\ - \left( \frac{KL}{r} \right) &< 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 116.2 \\ - F_e &= \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 \times 210,000}{19.6^2} = 5391 \text{ N/mm}^2 \\ - F_{cr} &= \left( 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) F_y = 336 \text{ N/mm}^2 \\ - P_c &= \phi_c F_{cr} A_g = \mathbf{8930 \text{ kN}} > P_r = 3821 \text{ kN} \quad <0.K> \end{aligned}$$

### 기둥 설계

#### ◆ 설계힘강도 산정

• 부재의 소성모멘트, 국부좌굴, 횡비틀림좌굴 강도 비교 최소값 선정

1) 소성모멘트 강도 :  $M_p = F_y Z_x = 1709 \text{ kN} \cdot \text{m}$

2) 국부좌굴을 고려한 힘강도

• 폭두께비 검토( $F_y = 345 \text{ N/mm}^2$ )

- 플랜지 폭두께비 :  $\lambda = \frac{b}{t_f} = 7.23, \lambda_{pf} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 9.38 \rightarrow \text{조밀단면}$

- 웨브 폭두께비 :  $\lambda = \frac{h}{t_w} = 17.44, \lambda_{pw} = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 92.77 \rightarrow \text{조밀단면}$

$\rightarrow \text{조밀단면 } M_p = F_y Z_x = 1709 \text{ kN} \cdot \text{m}$

3) 횡비틀림 좌굴을 고려한 힘강도

$L_b = 4\text{m}, L_p = 4.4\text{m}$

$\rightarrow L_b < L_p \rightarrow \text{Zone1(소성설계구간)에 해당}$

$M_{nx} = M_p = F_y Z_x = 1709 \text{ kN} \cdot \text{m}$

• 설계힘강도 산정

-  $M_{cx} = \phi_b M_{nx} = \mathbf{1538 \text{ kN} \cdot \text{m}} > M_{nt} = 815 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad <0.K>$

#### ◆ 조합력에 대한 내력 상관관계식 검토

-  $\frac{P_r}{P_c} = 0.43 > 0.2$  이므로

-  $\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) = 0.78 < 1.0$

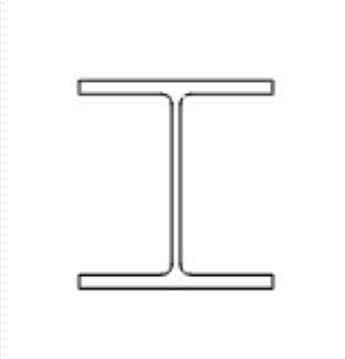
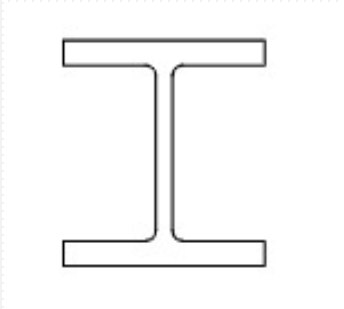
**<0.K>**

# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

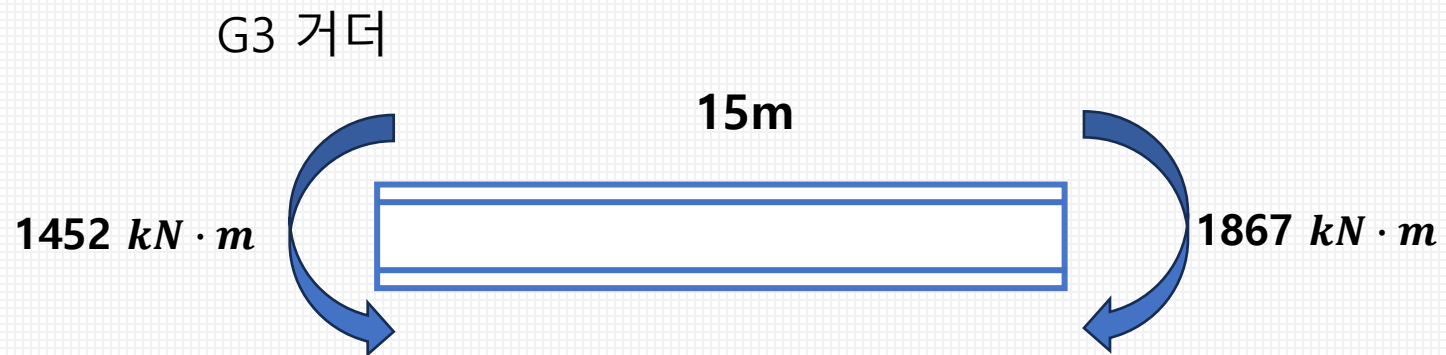
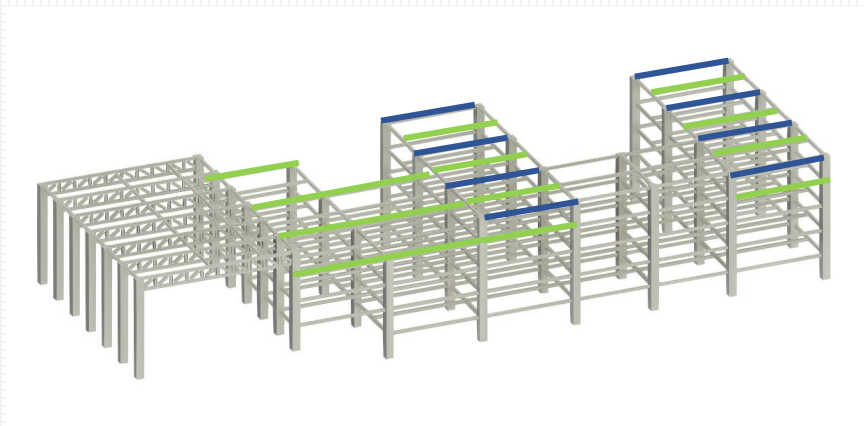
## 기둥 부재 일람표

	C1	C2
형태		
규격	H - 414 X 405 X 18 X 28	H - 472 X 422 X 35 X 52
강도	$F_y = 345 \text{ N/mm}^2$ ( $16 < t_2 \leq 40$ ), $F_u = 490 \text{ N/mm}^2$	$F_y = 335 \text{ N/mm}^2$ ( $40 < t_2 \leq 75$ ), $F_u = 490 \text{ N/mm}^2$

# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |



소요강도	$Max V_u = 723 \text{ kN}$ $Max M_u = 1867 \text{ kN} \cdot \text{m}$
규격	H - 452 X 416 X 29 X 47

\* 양단고정, 등분포하중이 작용하는 보



# 부재 설계

## • 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### 보 설계

#### ◆ 공칭휨강도 산정

##### • 폭두께비 검토

- 플랜지 폭두께비 :  $\lambda = \frac{b}{t_f} = 4.43$ ,  $\lambda_{pf} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 9.51 \rightarrow$  조밀단면
- 웨브 폭두께비 :  $\lambda = \frac{h}{t_w} = 10.83$ ,  $\lambda_{pw} = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 94.14 \rightarrow$  조밀단면

##### • 소성한계 및 비탄성한계 비지지길이 산정

- $L_p = 4.67m$ ,  $L_r = 30.77m$
- $L_b = 15m$ ,  $L_p < L_b < L_r$  이므로 Zone2 (비탄성형좌굴구간)

##### • 형좌굴강도 산정

- $C_b = 1.0$  적용
- $M_p = F_y Z_x = 2964 \text{ kN} \cdot m$
- $M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left\{ \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right\} \right] = 2503 \text{ kN} \cdot m$   
 $\leq M_p = 2964 \text{ kN} \cdot m$

##### • 설계휨강도 산정

- $\phi_b M_n = 2253 \text{ kN} \cdot m > M_u = 1867 \text{ kN} \cdot m$  <0.K>

### 보 설계

#### ◆ 공칭전단강도 산정

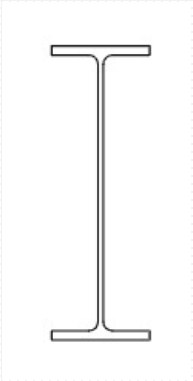
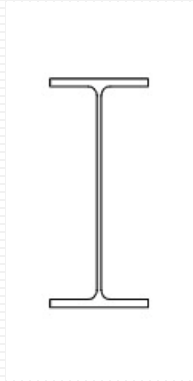
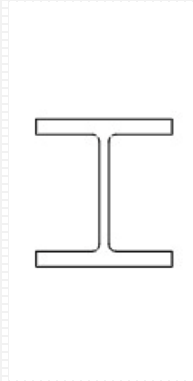
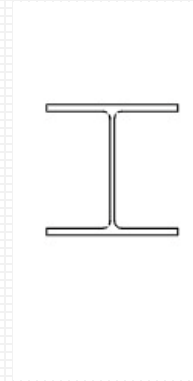
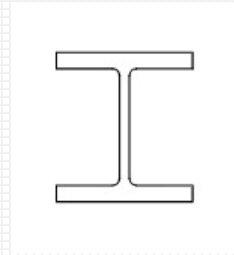
$$\frac{h}{t_w} = 10.83 < 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 56.08, \quad C_v = 1.0$$
$$\phi_b V_n = 0.6 F_y A_w C_v = 1830 \text{ kN} > V_u = 723 \text{ kN} \quad <0.K>$$

# 부재 설계

## ● 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

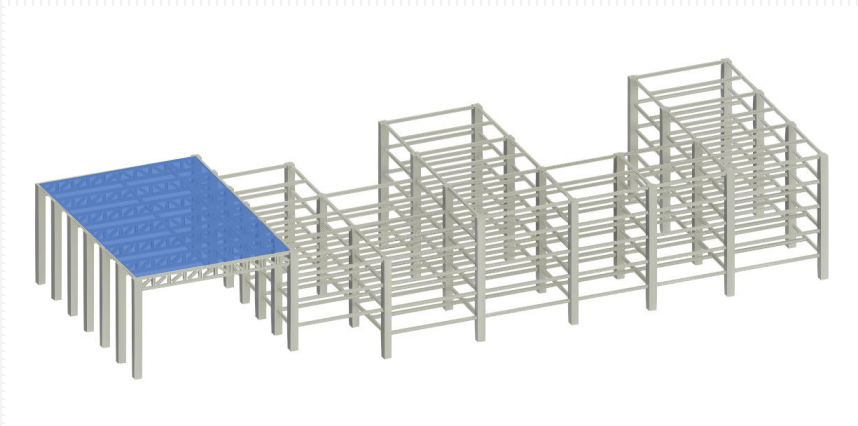
### 보 부재 일람표

	G1	G2	G3	G4	B1
형태					
규격	H - 900 X 300 X 16 X 28	H - 700 X 300 X 13 X 24	H - 452 X 416 X 29 X 47	H - 400 X 400 X 13 X 21	H - 458 X 417 X 30 X 50
강도	$F_y = 345 \text{ N/mm}^2 (16 < t_2 \leq 40), F_u = 490 \text{ N/mm}^2$		$F_y = 335 \text{ N/mm}^2 (40 < t_2 \leq 75), F_u = 490 \text{ N/mm}^2$	$F_y = 345 \text{ N/mm}^2 (16 < t_2 \leq 40), F_u = 490 \text{ N/mm}^2$	$F_y = 335 \text{ N/mm}^2 (40 < t_2 \leq 75), F_u = 490 \text{ N/mm}^2$

# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |



소요강도	$w_u = 23.4\text{kN/m}^2$
규격	THK 250, 단부 D16@180, 중앙부 D16@270



# 부재 설계

## ● 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### 슬래브 설계

#### ◆ 슬래브 가정

- 1방향 슬래브 검토

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{25000}{6000} = 4.2 > 2 \quad \therefore \text{1방향 슬래브}$$

#### ◆ 슬래브 두께 설정

- 처지지 않는 최소 두께

$$\frac{L}{28} = \frac{6000}{28} = 214.3 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{250mm}$$

#### ◆ 슬래브 소요하중 계산

$$w_u = 1.2w_D + 1.6w_L = \mathbf{23.4kN/m^2}$$

#### ◆ 휨 모멘트

- 단부 모멘트

$$M_u = -\frac{1}{11} \times w_u \times l_n^2 = \mathbf{-76.6kN \cdot m}$$

- 중앙부 모멘트

$$M_u = \frac{1}{16} \times w_u \times l_n^2 = \mathbf{52.7kN \cdot m}$$

### 슬래브 설계

#### ◆ 철근 설계

- 단부 소요철근량

$$A_u = \frac{M_u}{0.85f_yjd} = 1104.5\text{mm}^2 \quad (jd = 0.925d \text{가정})$$

$$a = 19\text{mm}, \quad jd = d - \frac{a}{2} = 182.4\text{mm}$$

$$A_s = 1075.6\text{mm}^2$$

- 중앙부 소요철근량

$$A_u = \frac{M_u}{0.85f_yb} = 759.34\text{mm}^2 \quad (jd = 0.925d \text{가정})$$

$$a = 13\text{mm}, \quad jd = d - \frac{a}{2} = 185.4\text{mm}$$

$$A_s = 727.5\text{mm}^2$$

- 최소 휨철근 결정

$$A_{s(min)} = 0.002bh = 500\text{mm}^2/\text{m}$$

$$S_{max} = \min(2h, 300\text{mm}) = 300\text{mm}$$

$$\text{단부} \quad s \leq \frac{1000 \times 198.6}{1075.6} = 184.6\text{mm} \rightarrow s = \mathbf{180mm} < 300\text{mm}$$

$$\text{중앙부} \quad s \leq \frac{1000 \times 198.6}{727.5} = 273.0\text{mm} \rightarrow s = \mathbf{270mm} < 300\text{mm}$$

∴ 단부  $S = 180\text{mm}$ , 중앙부  $s = 270\text{mm}$

# 부재 설계

## 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### 슬래브 설계

#### ◆ 전단 검토

$$\phi V_c = \phi \frac{\lambda}{6} \sqrt{f_{ck}} bd = 145.27 kN > 1.0 \times \frac{w_n l_n}{2} = 65.5 kN < o.k. >$$

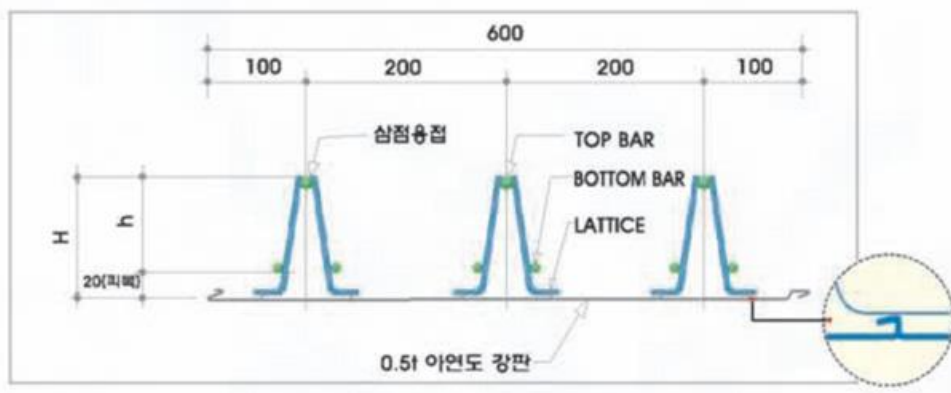
#### ◆ 수축 및 온도 철근 계산

$$A_{s \min} = 0.002bh = 500 mm^2/m$$

$$s < \frac{1000 \times A_b}{A_{s \min}} = 253.4 mm \rightarrow 250 mm$$

$$S_{max} \leq \min(5h, 450 mm, 250 mm) \rightarrow 250 mm$$

$$\therefore S=250$$

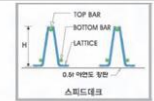


### 데크플레이트 선정

#### 철골구조 스펙트럼

» 철골구조 S조 (SD형 철선)

- 콘크리트 압축 강도:  $f_{ck}$  240kgf/cm<sup>2</sup>
- 철선의 항복 강도:  $f_y$  5000kgf/cm<sup>2</sup>
- TRUSS PITCH 200mm
- LATTICE:  $\phi$  5~ $\phi$  8
- 상부 피복: 2.0cm (조절가능)
- 하부 피복: 2.0cm (조절가능)
- 추가적입 하중: 150kgf/m<sup>2</sup> 고려



SPEED DECK				SPEED DECK				SPEED DECK				SPEED DECK			
TYPE	H (mm)	TOP BOTTOM	SLAB THK (mm)	TYPE	H (mm)	TOP BOTTOM	SLAB THK (mm)	TYPE	H (mm)	TOP BOTTOM	SLAB THK (mm)	TYPE	H (mm)	TOP BOTTOM	SLAB THK (mm)
SD 1A-70	90		120	SD 3-70	90		120	SD 6-70	90		120	SD 10-70	90		120
SD 1A-85	105		135	SD 3-85	105		135	SD 6-85	105		135	SD 10-85	105		135
SD 1A-100	120		150	SD 3-100	120		150	SD 6-100	120		150	SD 10-100	120		150
SD 1A-130	150	1-D10	180	SD 3-130	150	1-D10	180	SD 6-130	150	1-D12	180	SD 10-130	150	1-D18	180
SD 1A-150	170	2-D7	200	SD 3-150	170	2-D8	200	SD 6-150	170	2-D8	200	SD 10-150	170	2-D13	200
SD 1A-200	220		250	SD 3-200	220		250	SD 6-200	220		250	SD 10-200	220		250
SD 1A-250	270		300	SD 3-250	270		300	SD 6-250	270		300	SD 10-250	270		300
SD 1A-280	300		330	SD 3-280	300		330	SD 6-280	300		330	SD 10-280	300		330
SD 1-70	90		120	SD 4-70	90		120	SD 7-70	90		120				
SD 1-85	105		135	SD 4-85	105		135	SD 7-85	105		135				
SD 1-100	120		150	SD 4-100	120		150	SD 7-100	120		150				
SD 1-130	150	1-D10	180	SD 4-130	150	1-D13	180	SD 7-130	150	1-D12	180				
SD 1-150	170	2-D8	200	SD 4-150	170	2-D10	200	SD 7-150	170	2-D10	200				
SD 1-200	220		250	SD 4-200	220		250	SD 7-200	220		250				
SD 1-250	270		300	SD 4-250	270		300	SD 7-250	270		300				
SD 1-280	300		330	SD 4-280	300		330	SD 7-280	300		330				
SD 2-70	90		120	SD 5-70	90		120	SD 8-70	90		120				
SD 2-85	105		135	SD 5-85	105		135	SD 8-85	105		135				
SD 2-100	120		150	SD 5-100	120		150	SD 8-100	120		150				
SD 2-130	150	1-D10	180	SD 5-130	150	1-D13	180	SD 8-130	150	1-D13	180				
SD 2-150	170	2-D10	200	SD 5-150	170	2-D13	200	SD 8-150	170	2-D12	200				
SD 2-200	220		250	SD 5-200	220		250	SD 8-200	220		250				
SD 2-250	270		300	SD 5-250	270		300	SD 8-250	270		300				
SD 2-280	300		330	SD 5-280	300		330	SD 8-280	300		330				
SD 3A-70	90		120	SD 6A-70	90		120	SD 9-70	90		120				
SD 3A-85	105		135	SD 6A-85	105		135	SD 9-85	105		135				
SD 3A-100	120		150	SD 6A-100	120		150	SD 9-100	120		150				
SD 3A-130	150	1-D13	180	SD 6A-130	150	1-D12	180	SD 9-130	150	1-D18	180				
SD 3A-150	170	2-D7	200	SD 6A-150	170	2-D7	200	SD 9-150	170	2-D10	200				
SD 3A-200	220		250	SD 6A-200	220		250	SD 9-200	220		250				
SD 3A-250	270		300	SD 6A-250	270		300	SD 9-250	270		300				
SD 3A-280	300		330	SD 6A-280	300		330	SD 9-280	300		330				

주기 : • 상기 최대 순스팬은 보폭을 제외한 순스팬임  
• 슬래브 THK 120mm는 하부 피복이 20mm로 고정됨

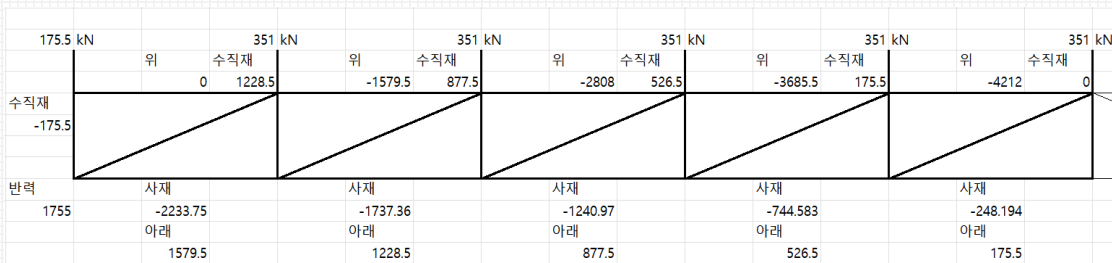
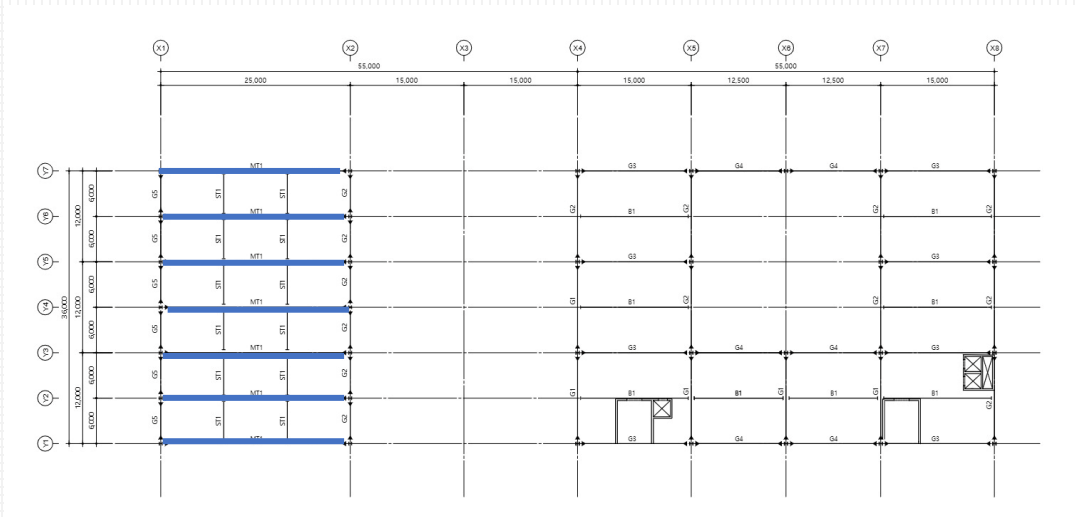
주기 : • 상기 최대 순스팬은 보폭을 제외한 순스팬임  
• 슬래브 THK 120mm는 하부 피복이 20mm로 고정됨

슬래브 두께와 시공시 최대 순스팬을 고려하여  
SD 10-200 데크플레이트 선정

# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |



## 수평·수직부재

소요강도	압축 $P_u = 4212\text{kN}$ 인장 $P_u = 1580\text{kN}$
규격	H - 350 × 350 × 12 × 19

## 사재

소요강도	압축 $P_u = 2234\text{kN}$
규격	H - 300 × 300 × 10 × 15

# 부재 설계

## • 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### 수평·수직부재 설계

#### 인장재 설계

##### ◆ 총단면항복

$$\phi_t P_n = \phi_t F_y A_g = \mathbf{5400.0kN}$$

##### ◆ 유효순단면적 파단

$$A_e = U \times A_u = 15635mm^2$$
$$\phi_t R_n = \phi_t F_u A_e = \mathbf{5616.9kN}$$

##### ◆ 블록 전단 파단

$$A_{gv} = 5370mm^2; A_{nt} = 694mm^2; A_{nv} = 3962mm^2$$
$$R_n = (0.6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}) = 2318.19kN$$
$$\leq (0.6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}) = 2507.2kN \quad < O.K >$$
$$\phi R_n = \mathbf{2318.2kN}$$

##### ◆ 설계 미끄럼 강도

M24(F13T 6개)

$$\phi R_n = \phi \mu h_f T_0 N_s = \mathbf{1848.0kN}$$

### 수평·수직부재 설계

#### ◆ 거셋플레이트 검토

첫번째 고장력볼트에서 양쪽으로 30°각도의 응력분포를 갖는 것으로 가정  
 $b = 323.3mm$  거셋플레이트 두께 = 13mm

##### • 인장항복

$$- \phi R_n = 0.9F_y A_g = \mathbf{2610.1kN}$$

##### • 인장파단

$$- \phi R_n = 0.9F_u A_n = \mathbf{3088.0kN}$$

$$\therefore \phi R_n = \mathbf{1848.0kN} \geq P_u = 1580kN$$

< O.K >

# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

## 수평·수직부재 설계

### 압축재 설계

#### ◆ 설계 압축강도

$$\frac{KL}{r} = 33.29 < 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 114.56$$

$$F_{cr} = \left[ 0.685 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y = 326.3 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = \phi F_{cr} A_g = \mathbf{5107 \text{ kN}} > 4212 \text{ kN} \quad < O.K. >$$

## 사재 설계

#### ◆ 설계 압축강도

$$\frac{KL}{r} = 33.29 < 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 114.56$$

$$F_{cr} = \left[ 0.685 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y = 327.9 \text{ kN}$$

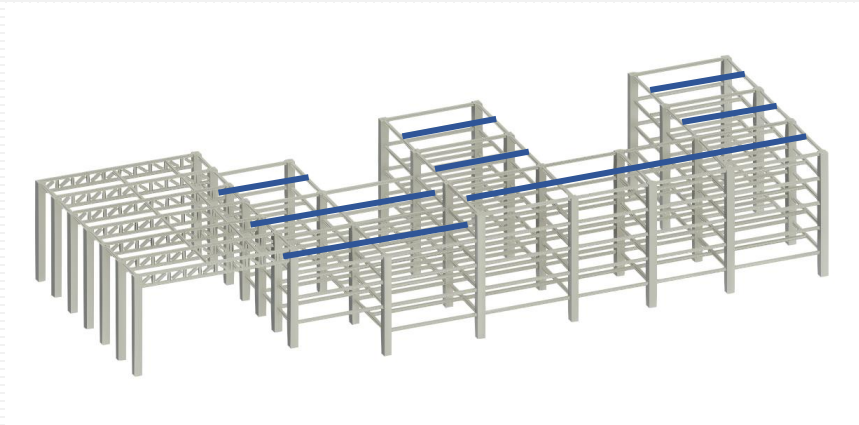
$$\phi P_n = \phi F_{cr} A_g = \mathbf{3535 \text{ kN}} > 2234 \text{ kN} \quad < O.K. >$$



# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |



## 전단접합

소요강도	$V_u = 697.5 \text{ kN}$
규격	GIRDER: H - 900 X 300 X 16 X 28 BEAM: H - 458 X 417 X 30 X 50

\*M24(F10T, 표준구멍) 고장력 볼트 사용

\*스티프너는 충분히 안전하다고 가정

# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

## 계산

### ◆ 고장력볼트의 설계미끄럼 강도

M24(F10T) 사용

$$\phi R_n = \phi \mu h_f T_0 N_s = 118.5kN$$

볼트 6개 사용시

$$\phi R_n = \mathbf{711kN} > V_u = 697.5kN \quad < o.k >$$

웹높이와 볼트 배치를 고려하여 **3개 X 2열 배치**

### ◆ 보 웹 설계전단항복강도

$$- \phi R_n = \phi(0.6F_y)A_{gv} = \mathbf{1568kN} > V_u = 697.5kN \quad < o.k >$$

### ◆ 보 웹 설계전단파단강도

$$- \phi R_n = \phi(0.6F_u)A_{nv} = \mathbf{1136kN} > V_u = 697.5kN \quad < o.k >$$

### ◆ 보 웹 설계블록전단파단강도

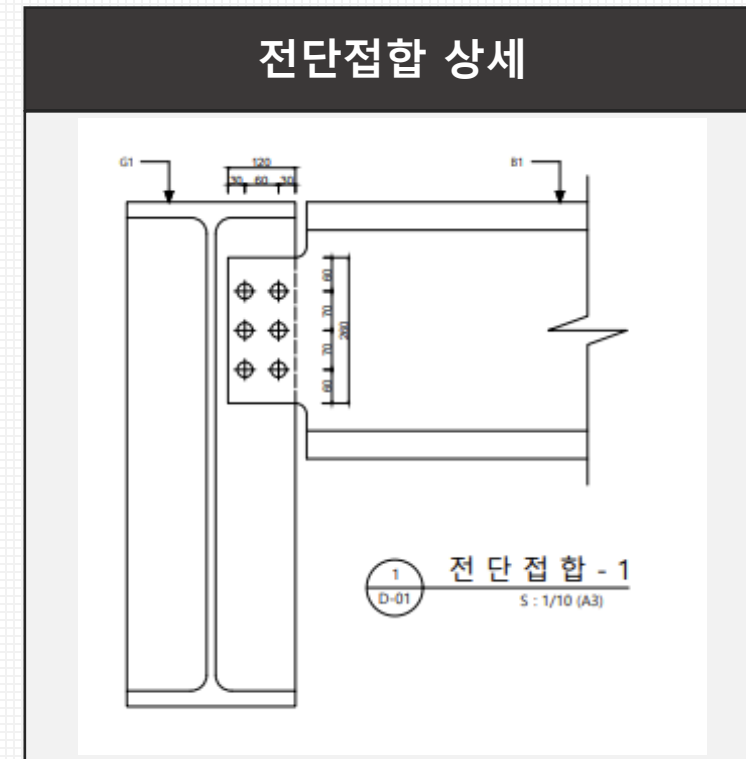
$$A_{gv} = 7500mm^2, A_{nv} = 3165mm^2, A_{nt} = 1485mm^2$$

$U_{bs} = 1.0$ (인장응력이 일정)

$$0.6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} = 1590kN < 0.6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} = 2813kN$$

$$\phi R_n = 0.75 \times 1590 = \mathbf{1193kN} > V_u = 697.5kN \quad < o.k >$$

## 전단접합 상세

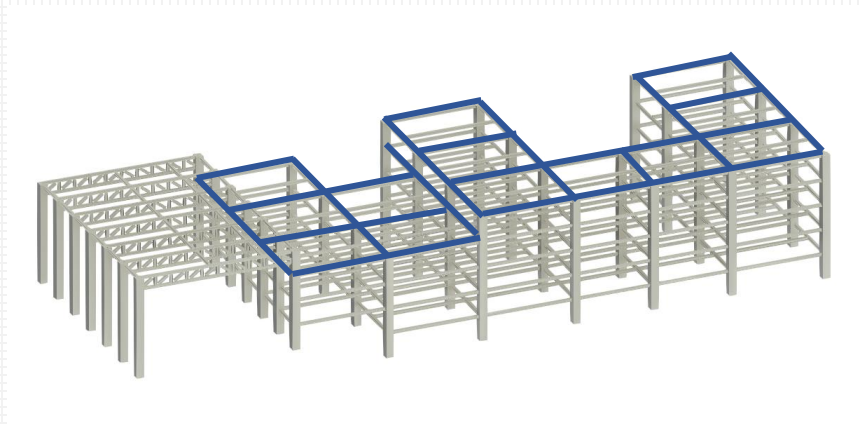


# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

## 강접합



소요강도	$V_u = 714 \text{ kN}$ $M_u = 3043 \text{ kN}$
규격	COLUMN: H - 472 X 422 X 35 X 52 GIRDER: H - 900 X 300 X 16 X 28 PLATE: PL - 13 X 100 X 450 (SM355)

\*M24(F10T, 표준구멍) 고장력 볼트 사용

\*스티프너는 충분히 안전하다고 가정

# 부재 설계

## ● 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### 계산

#### ◆ 고장력볼트의 설계미끄럼 강도

마찰접합, 완전 용입 그루브 용접 적용

**M24(F13T) 사용**

$$- \phi R_n = \phi \mu h_f T_0 N_s = 154kN$$

볼트 6개 사용시

$$- \phi R_n = 924kN$$

웹높이와 볼트 배치를 고려하여 **6개 X 1열 배치**

#### ◆ 기둥 플랜지의 플레이트 용접

-  $s = 9mm$ 로 가정(양면)

-  $a = 0.7s = 6mm$ ,  $l_e = 432mm$ ,  $A_w = 5443mm^2$

#### • 설계강도

$$\phi F_w A_w = 0.75(0.6F_{uw})A_w = 1200 kN$$

#### ◆ 보 웹 플레이트의 안정성 검토

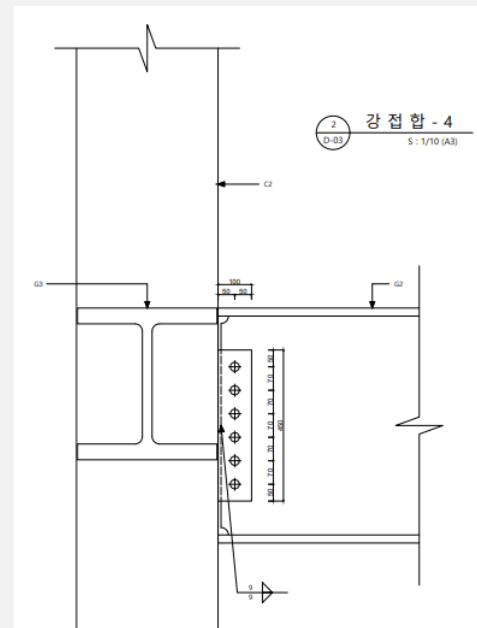
#### • 설계전단항복강도

$$\phi V_n = \phi(0.6F_y)A_{gv} = 1211kN < o.k >$$

#### • 설계전단파단강도

$$\phi V_n = \phi(0.6F_u)A_{nv} = 975kN < o.k >$$

### 강접합 상세



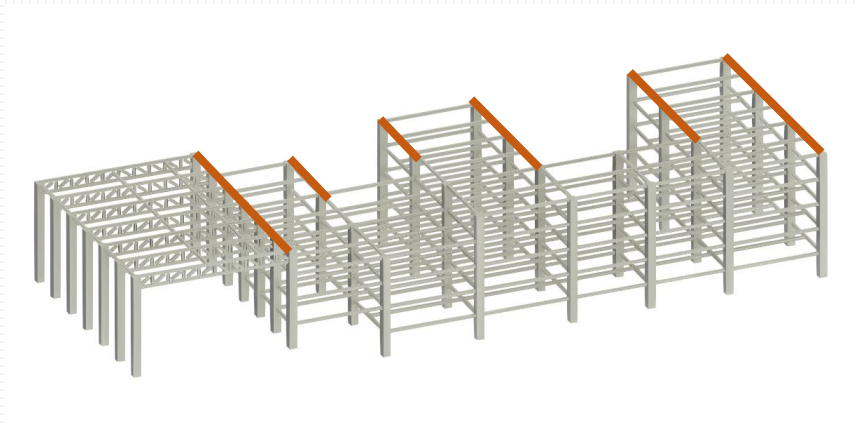
# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

## G2에 대한 보 이음부 설계

### ◆ G2



이음길이	12m → 3m/6m/3m 분할
소요강도	$M_u = 134kNm$ $V_u = 371kN$
규격	GIRDER: H - 700 X 300 X 16 X 28 (SM355) FLANGE 외부: PL-9× 470 × 300 FLANGE 내부: 2PL-20× 470 ×100 WEB: 2PL-9× 190 × 330

\*M22(F13T, 표준구멍) 고장력 볼트 사용

\*마찰면은 블라스트 후 페인트 및 필러 미사용

# 부재 설계

## • 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### 플랜지 이음판 검토

#### ◆ 플랜지 이음판의 소요인장강도

- 플랜지 이음판은 인장재로 설계

$$- T_u = \frac{M_{us}}{d - t_f} = \frac{(M_u, \phi M_n / 2)_{\max}}{700 - 28} = \mathbf{1160kN}$$

#### ◆ 마찰접합에 의한 설계미끄럼강도

M22(F13T) 2면전단

$$- \phi R_n = \phi \mu h_f T_o N_s = 259kN$$

6개 사용시

$$- \phi R_n = 259 \times 6 = \mathbf{1554kN} \geq T_u = 1160kN \quad <O.K>$$

#### ◆ 플랜지 이음판의 안전성 검토

외부 이음판 1장의 폭 300mm,  
내부 이음판 2장의 폭은 각각 100mm

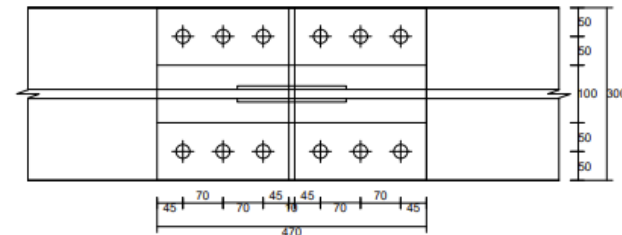
- 총단면의 인장항복에 대한 안전성 검토

$$- \phi R_n = \phi A_{gt} F_y = \mathbf{1438kN} > T_u = 1160kN \quad <O.K>$$

- 순단면의 인장파단에 대한 안전성 검토

$$- \phi R_n = \phi A_{nt} F_u = \mathbf{1336kN} > T_u = 1160kN \quad <O.K>$$

### 이음 상세



## [별해] 마찰접합의 설계강도

### ◆ 마찰접합에 의한 설계미끄럼강도

M22(F13T) 2면전단

$$- \phi R_n = \phi \mu h_f T_o N_s = 259kN$$

6개 사용시

$$- \phi R_n = 259 \times 6 = \mathbf{1554kN} \geq T_u = 1160kN \quad <O.K>$$

### ◆ 고장력볼트의 설계전단강도

$$- \phi R_n = \phi n_b F_{nv} A_b N_s = \mathbf{2223kN} \geq T_u = 1160kN \quad <O.K>$$

### ◆ 고장력볼트의 설계지압강도

$$- t = 28mm, \quad d=22mm$$

$$- \text{연단측 구멍 } L_c = 45 - 24/2 = 33mm$$

$$- \text{나머지 구멍 } L_c = 70 - 24 = 46mm$$

#### • 연단측 고장력볼트 구멍의 설계지압강도

$$- \phi R_n = \phi 1.2 L_c t F_u = 407kN \leq \phi 2.4 d t F_u = 543kN \quad <O.K>$$

#### • 나머지 고장력볼트 구멍의 설계지압강도

$$- \phi R_n = \phi 1.2 L_c t F_u = 568kN \leq \phi 2.4 d t F_u = 543kN \quad <N.G>$$

따라서  $\phi R_n = 543kN$

#### • 고장력볼트 6개에 대한 설계지압강도

$$- \phi R_n = (407 \times 2 + 543 \times 4) = \mathbf{2986kN} \geq T_u = 1160kN \quad <O.K>$$

# 부재 설계

## • 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### 웹 이음판 검토

#### ◆ 웹 이음판의 소요인장강도

웹 이음판은 전단력만 부담하는 것으로 설계  
이음판은 양쪽 면에 설치

$$\therefore V_{wu} = (V_u, \phi_v V_n / 2)_{\max} = (371, 1604 / 2)_{\max} = 802 \text{ kN}$$

#### ◆ 마찰접합에 의한 설계미끄럼강도

M22(F13T) 2면 전단

$$- \phi R_n = \phi \mu h_f T_o N_s = 259 \text{ kN/볼트}$$

4개 사용시

$$- \phi R_n = \phi \mu h_f T_o N_s = 259 \times 4 = 1036 \text{ kN} \geq V_{wu} = 802 \text{ kN} \quad < \text{O.K.}>$$

#### ◆ 웹 이음판의 안전성 검토

웹 이음판: 2PL-9×190×330

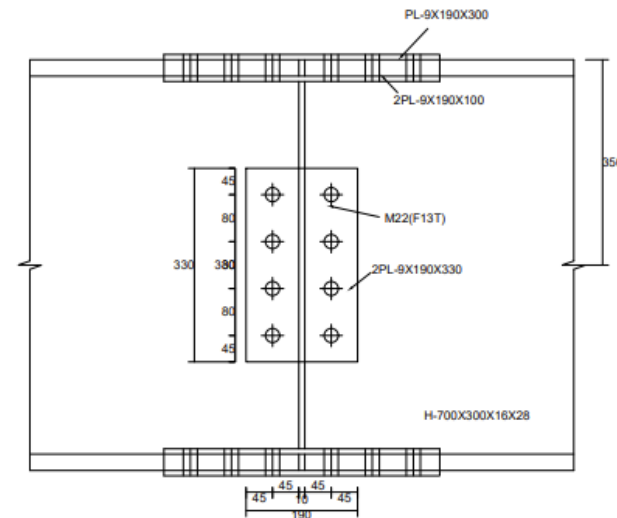
• 종단면의 전단항복에 대한 안전성 검토

$$- \phi R_n = \phi A_{gv} (0.6 F_y) = 2090 \text{ kN} > V_{wu} = 802 \text{ kN} \quad < \text{O.K.}>$$

• 순단면의 전단파단에 대한 안전성 검토

$$- \phi R_n = \phi A_{nv} (0.6 F_u) = 928 \text{ kN} > V_{wu} = 802 \text{ kN} \quad < \text{O.K.}>$$

### 이음 상세



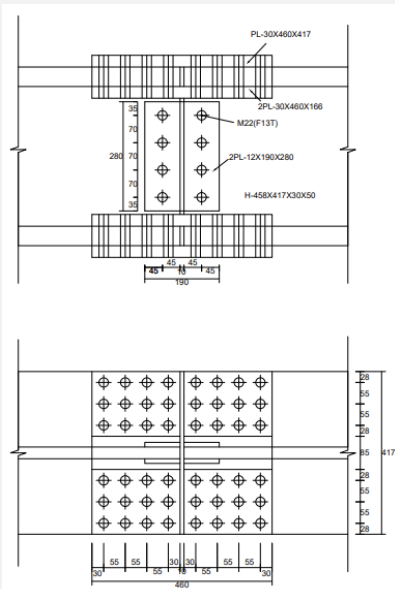


# 부재 설계

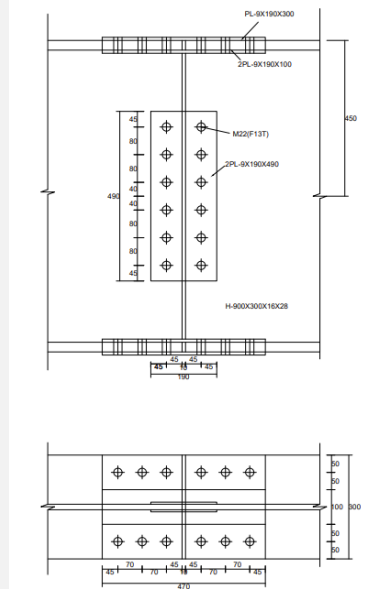
## ● 구조해석 및 부재 설계

기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부

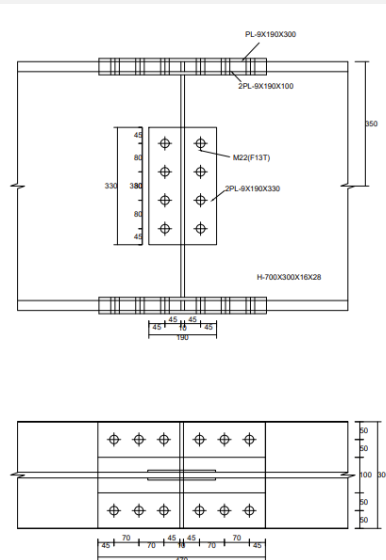
## B1 이음 상세



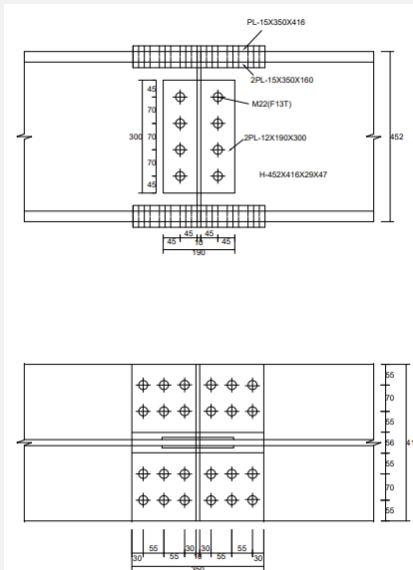
## G1 이음 상세



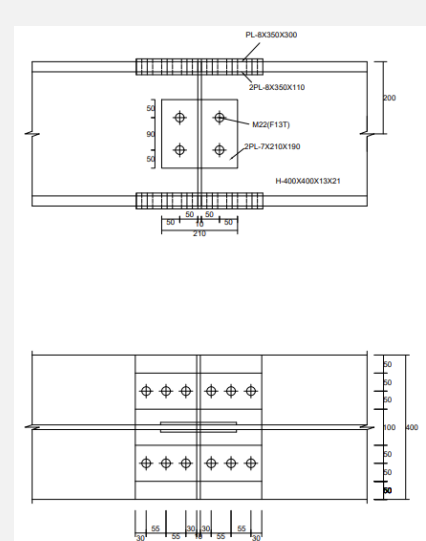
## G2 이음 상세



## G3 이음 상세



## G4 이음 상세



12m 보의 경우 3m/6m/3m  
12.5m 보의 경우 3m/6.5m/3  
15m 보의 경우 4m/7m/4m  
위 지점에서 이음

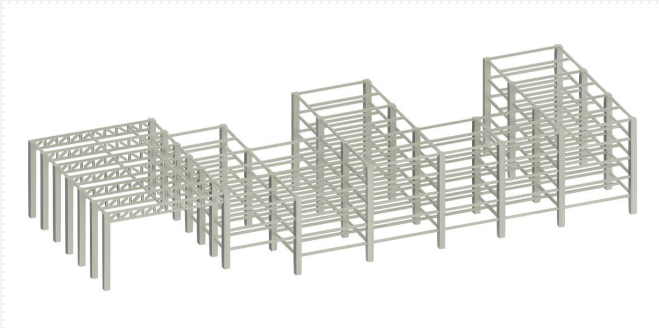
# 부재 설계

## ● 구조해석 및 부재 설계

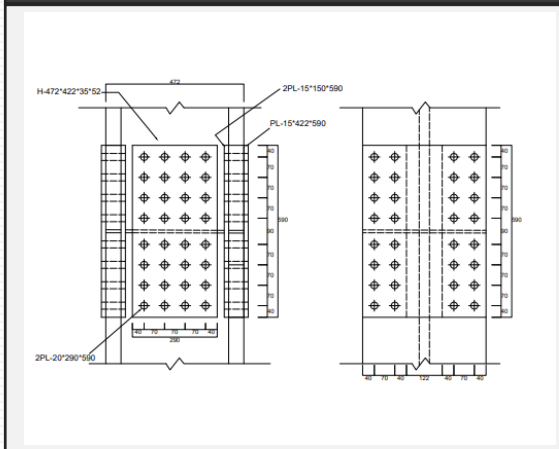
| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### C2 에 대한 기둥 이음부 설계

#### ◆ C2



#### 기둥 이음부 상세



이음길이	20m → 6m/8m/6m 분할	
소요강도	$P_u = 12366kN$ $M_u = 105kN \cdot m$ $V_u = 939kN$	
규격	Column:	H - 472 X 422 X 35 X 52 (SM355)
	FLANGE 외부:	PL-15× 422 × 590
	FLANGE 내부:	2PL-15× 150 × 590
	WEB:	2PL-20×290× 590

\*M22(F13T, 표준구멍) 고장력 볼트 사용

# 부재 설계

## • 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### 계산

#### ◆ 플랜지 이음판의 소요압축강도(메탈터치 적용)

- 존재응력: 플랜지 이음부의 계수하중에 의한 소요강도

$$P_u = P_{fu} = P_{cu} \frac{A_f}{A_g} + \frac{M_u}{d - t_f} = 4695kN$$

- 부재 설계강도의 50%

- 플랜지의 설계항복강도  $F_{fy} = 345N/mm^2$
- $\phi_b M_n = 0.9ZF_y = 3229kN \cdot m$

$$P_u = P_{fu} = \frac{\phi_b P_n A_f}{2 A_g} + \frac{\phi_b M_n / 2}{d - t_f} = \frac{1}{2} \phi_c F_y A_f + \frac{\phi_b M_n / 2}{d - t_f} = 7251kN$$
$$\leq \phi_c F_y A_f = 6814kN \quad \therefore P_u = 6814kN$$

- 소요압축강도: 존재응력과 부재 설계강도의 50% 중 큰 값 선택

- $P_u = (4695, 6814)_{max} = 6814kN$
  - 메탈터치이므로 산정한 값의 1/2을 이음부의 소요압축강도로 설계
- $$\therefore P_u = 6814/2 = 3407kN$$

### 계산

#### ◆ 플랜지 이음판 설계

- FLANGE 외부: PL-15× 422 × 590
- FLANGE 내부: 2PL-15× 150 × 590

- 설계미끄럼 강도 검토

M22(F13T) 2면 전단

- $\phi R_n = \phi \mu h_f T_o N_s = 259kN/bolt$

16개 사용시

- $\phi R_n = 259 \times 16 = 4144kN \geq P_u = 3407kN <O.K>$

- 플랜지 이음판의 압축항복에 대한 안정성 검토

$$\phi R_n = \phi_c A_{gc} F_y = 3460kN > P_u = 3407kN <O.K>$$

# 부재 설계

## • 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### 계산

#### ◆ 웨브 이음판의 소요압축강도

- 존재응력: 웨브 이음부의 계수하중에 의한 소요강도
  - 계수하중( $P_{cu}$ )에 의해 웨브에 작용하는 압축력을 소요강도로 설정

$$P_u = P_{cu} \frac{A_w}{A_g} = P_{cu} \left( 1 - \frac{2A_f}{A_g} \right) = 3476.3kN$$

- 부재설계강도의 50%
  - 웨브의 설계항복강도  $F_{wy} = 355N/mm^2$

$$P_u = \frac{1}{2} \phi_c F_y A_w = 2359.5kN$$

- 소요압축강도: '존재응력'과 '부재설계강도의 50%' 중 큰 값 선택

$$P_{wu} = (3476.3, 2359.5)_{max} = 3476.3kN$$

### 계산

#### ◆ 웨브이음판의 소요전단강도

- 존재응력: 계수하중에 의한 전단력

$$V_u = 629kN$$

- 부재설계강도의 50%

$$- h/t_w = \frac{472 - 2(52 + 22)}{35} = 9.26 \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 55.3$$

$$- \phi_v = 1.0$$

$$\phi_v V_n = 1.0(0.6F_y)A_w = 3518.8kN$$

$$\phi_v V_n / 2 = 1759.4kN$$

- 소요전단강도: '존재응력'과 '부재설계강도의 50%' 중 큰 값 선택

$$V_{wu} = (629, 1759.4)_{max} = 1759.4kN$$

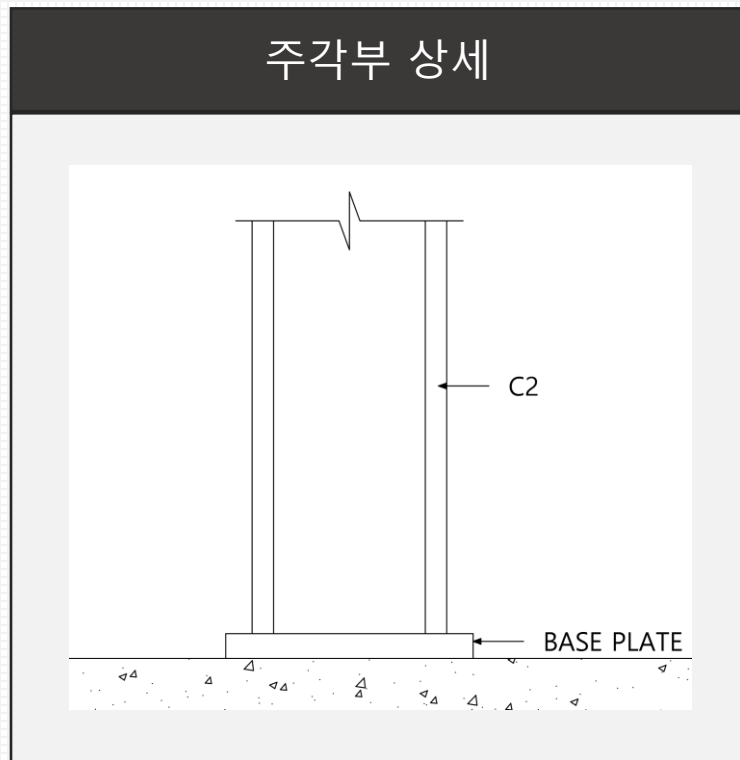


# 부재 설계

- 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

## ◆ 주각부 설계



소요강도	$P_u = 12366kN$
규격	COLUMN H - 472 X 422 X 35 X 52 (SM355)
	BASE PLATE PL-60 X 600 X 700

# 부재 설계

## • 구조해석 및 부재 설계

| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

### ◆ 베이스 플레이트 크기 결정

#### • 최소 베이스플레이트 크기 결정

- 기둥: H - 472 × 422 × 35 × 52 (SM355)
- $P_u = 12366kN$
- 매트기초 사용 ( $f_{ck} = 30MPa$ )
- 베이스플레이트 면적 ( $A_1$ )
- 콘크리트 지지부분 최대면적 ( $A_2$ )

$$A_1 = \frac{P_u}{\phi_c(0.85f_{ck})\sqrt{A_2/A_1}} = 373 \times 10^3 mm^2 \quad (\sqrt{A_2/A_1} = 2 \text{로 가정})$$

$$A_2 = 4A_1 = 1492 \times 10^3 mm^2$$

$$A_1 = 373 \times 10^3 mm^2 > db_f = 472 \times 422 = 199.2 \times 10^3 mm^2 \quad < O.K >$$

#### • 최적 베이스플레이트 크기 결정

$$\Delta = \frac{0.95d - 0.8b_f}{2} = 55.4mm$$

$$N = \sqrt{A_1} + \Delta = 666mm \rightarrow 700mm$$

$$B = A_1/N = 533mm \rightarrow 600mm$$

$$B \times N = 600mm \times 700mm = 420 \times 10^3 mm^2 > 373 \times 10^3 mm^2 \quad < O.K >$$

### 계산

### ◆ 베이스 플레이트의 설계지압강도 검토

$$A_2(\text{재계산}) = 4A_1 = 1680 \times 10^3 mm^2$$

$$\phi_c P_p = \phi_c 0.85 f_{ck} A_1 \sqrt{A_2/A_1} = 13923kN > 12366kN \quad < O.K >$$

### ◆ 베이스 플레이트의 소요두께 산정

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} = 126mm$$

$$n = \frac{B - 0.8b_f}{2} = 131.2mm$$

$$X = \frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \frac{P_u}{\phi_c P_p} = 0.885 \quad \lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} = 1.405 > 1.0 \rightarrow \lambda = 1.0$$

$$\lambda'_n = \frac{\lambda \sqrt{db_f}}{4} = 111.6mm$$

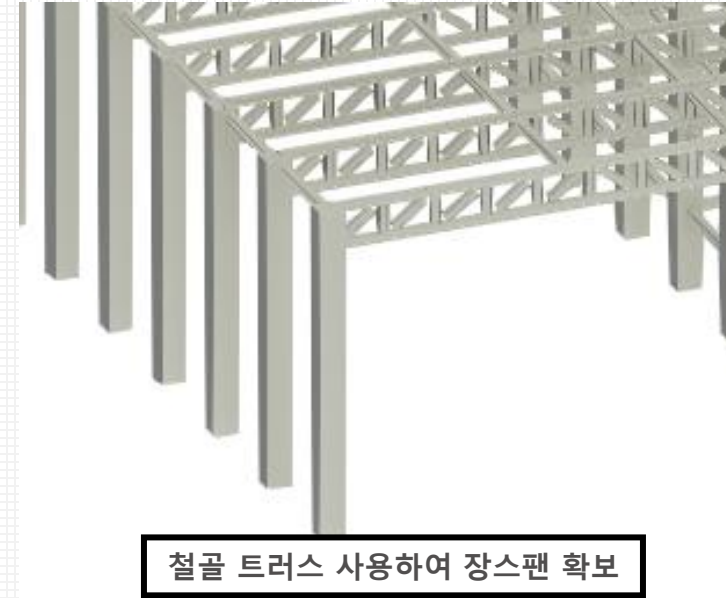
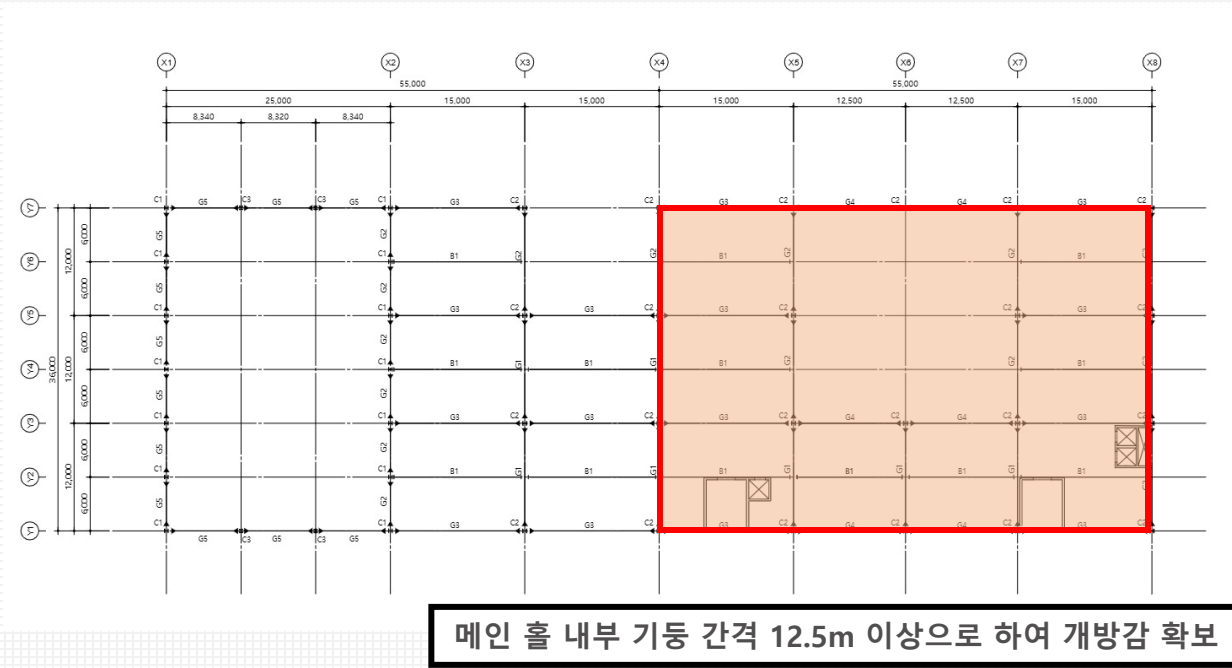
$$l = \max(m, n, \lambda'_n) = 131.2mm$$

$$t_{bp} \geq l \sqrt{\frac{2P_u}{0.9F_y B N}} = 57.1mm \rightarrow 60mm$$

베이스플레이트 PL-60×600×700 사용

# 목표 달성

## ● 구조 결과



### 1. 개방감 확보

- 메인 홀 내부 기둥 최소화
- 넓고 개방적인 공간 설계

### 2. 안전한 체육시설 구축

- 장스팬 구조 적용으로 충분한 활동 공간 확보
- 사용자 동선을 고려한 안전한 기둥 배치



# 04



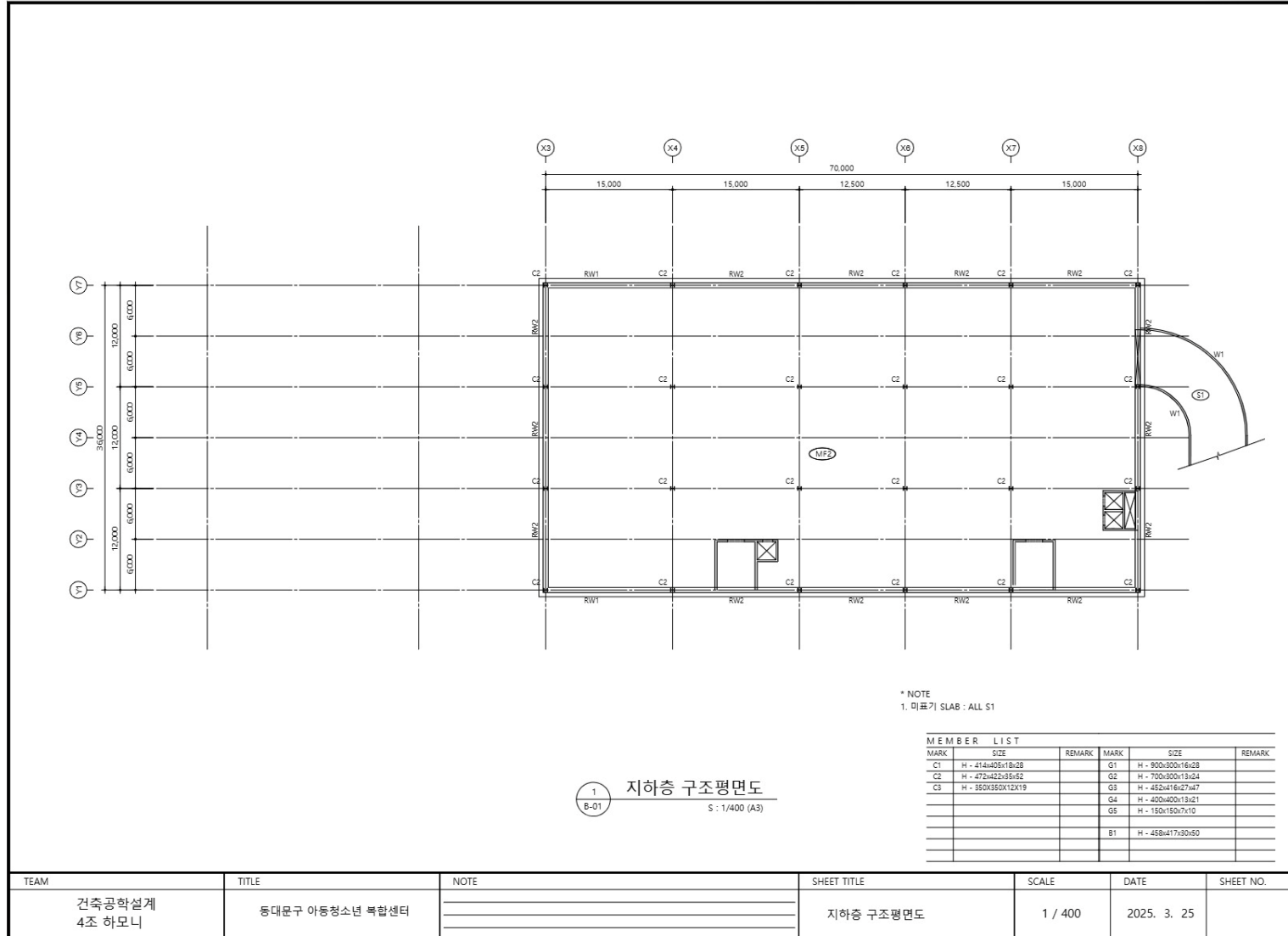
## 구조 결과

- 구조 도면
- 부재 일람표
- 상세도

# 구조 도면

## ● 구조 결과

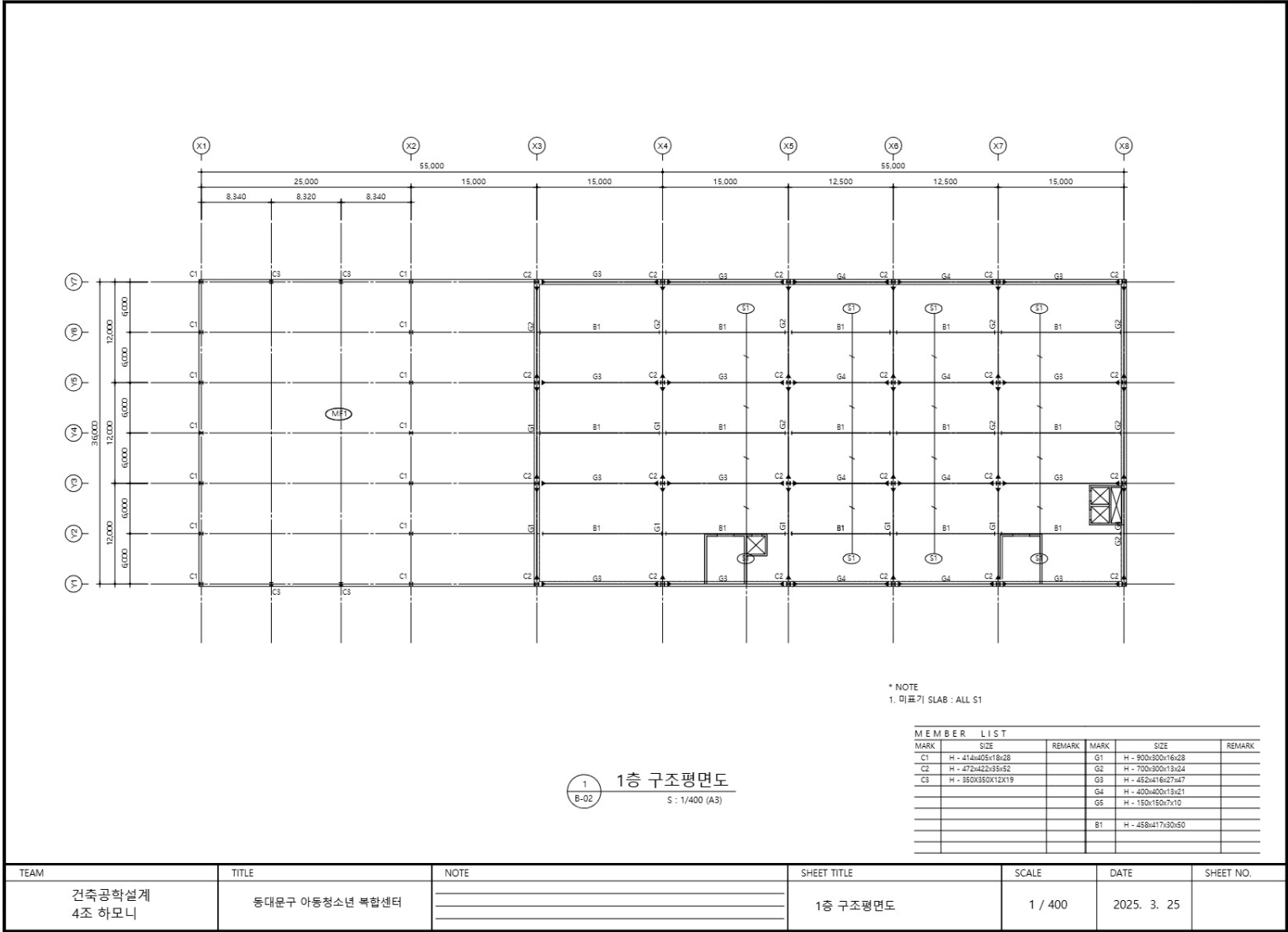
### ◆ 지하층



# 구조 도면

● 구조 결과

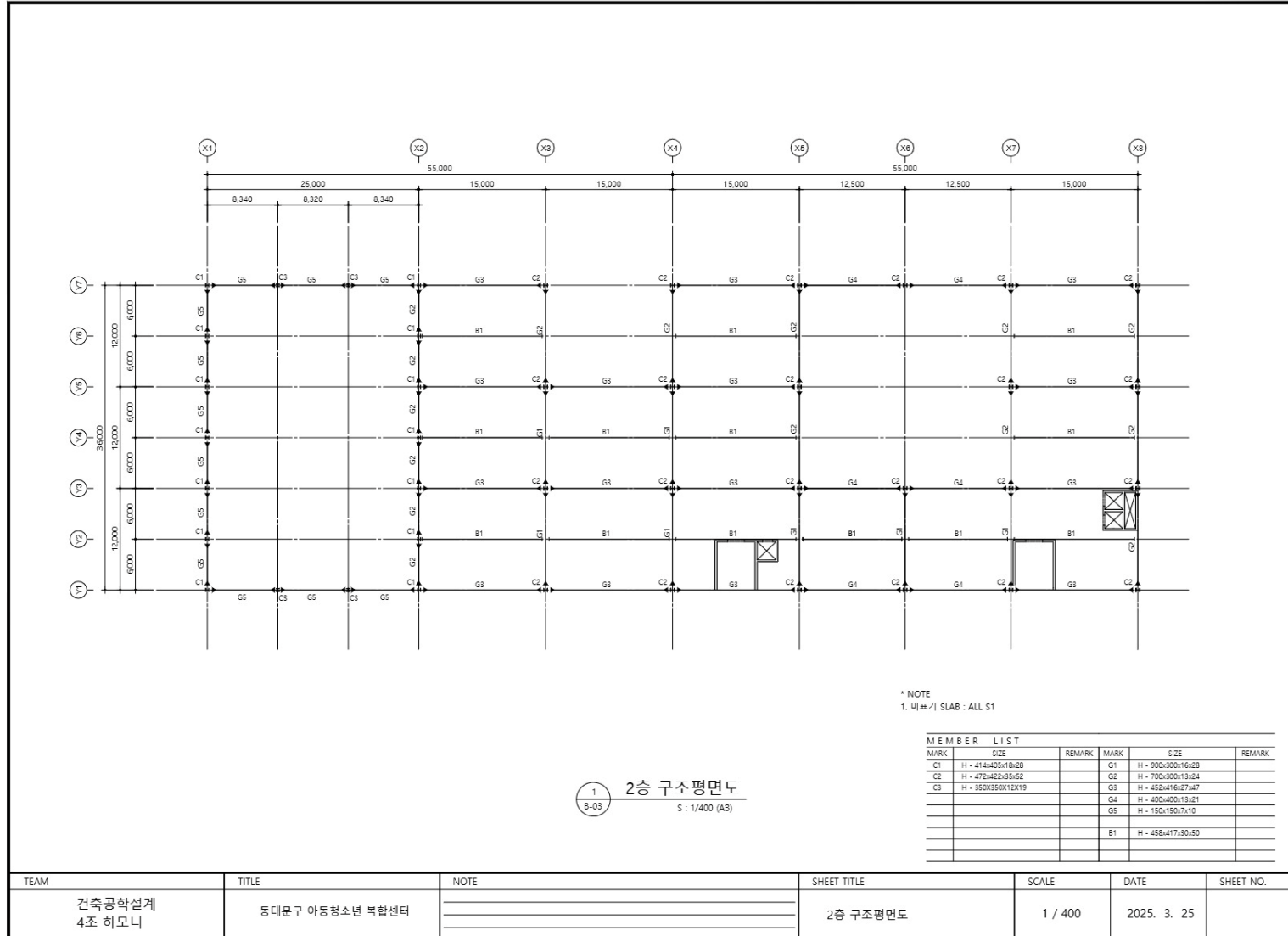
◆ 1층



# 구조 도면

## ● 구조 결과

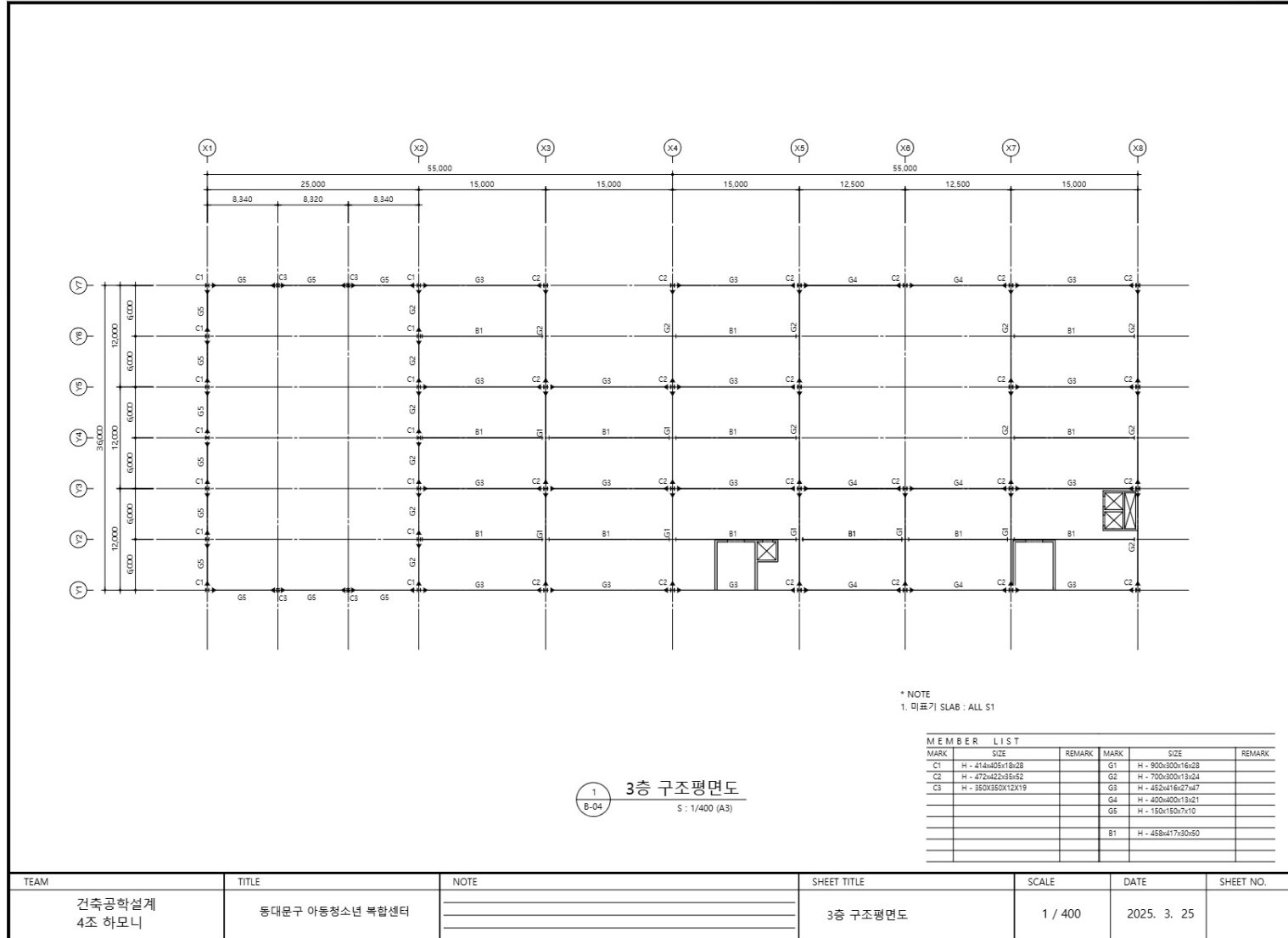
### ◆ 2층



# 구조 도면

## ● 구조 결과

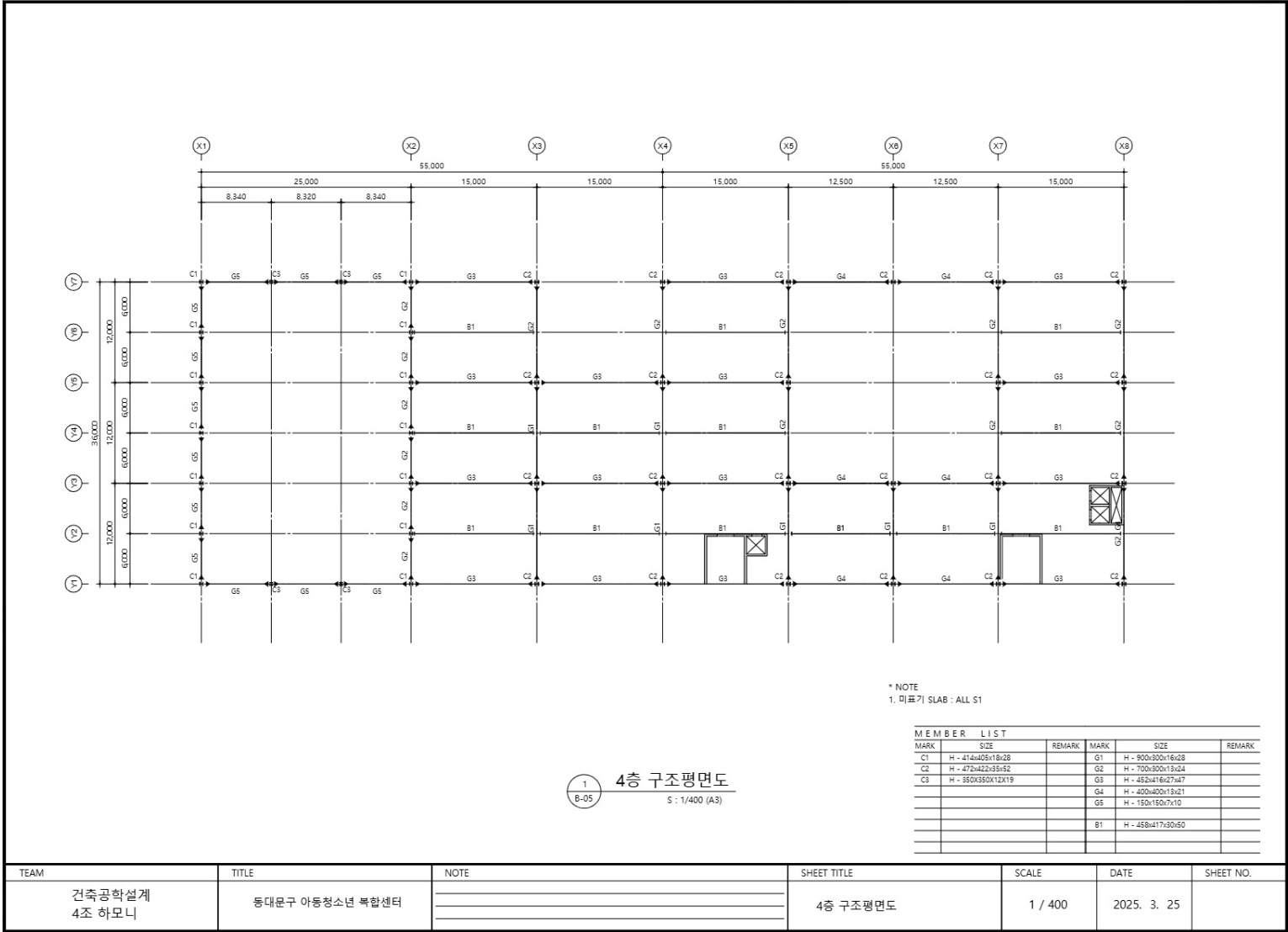
### ◆ 3층



# 구조 도면

● 구조 결과

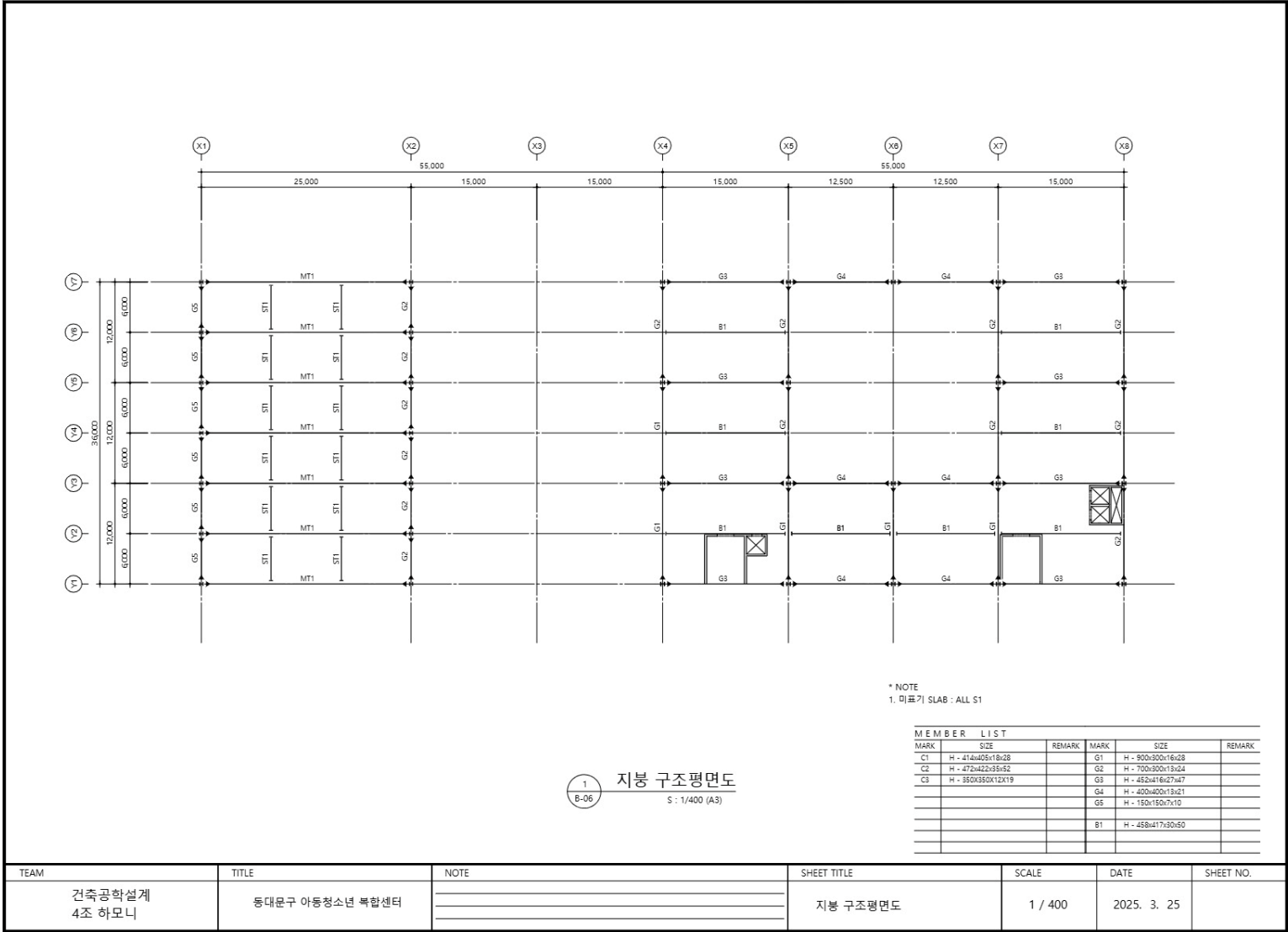
◆ 4층



# 구조 도면

● 구조 결과


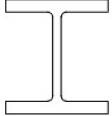

◆ 지붕








# 부재 일람표

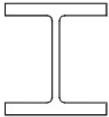
● 구조 결과

## ◆ 기둥 일람표

	C1	C2	C3
형태			
규격	H - 414 X 405 X 18 X 28	H - 472 X 422 X 35 X 52	H - 350 X 350 X 12 X 9
강도	$F_y = 355 \text{ N/mm}^2, F_u = 490 \text{ N/mm}^2$		

## ◆ 보 일람표

	G1	G2	G3	G4	G5
형태					
규격	H - 900 X 300 X 16 X 28	H - 700 X 300 X 13 X 24	H - 452 X 416 X 29 X 47	H - 400 X 400 X 13 X 21	H - 150 X 150 X 7 X 10
강도	$F_y = 355 \text{ N/mm}^2, F_u = 490 \text{ N/mm}^2$				

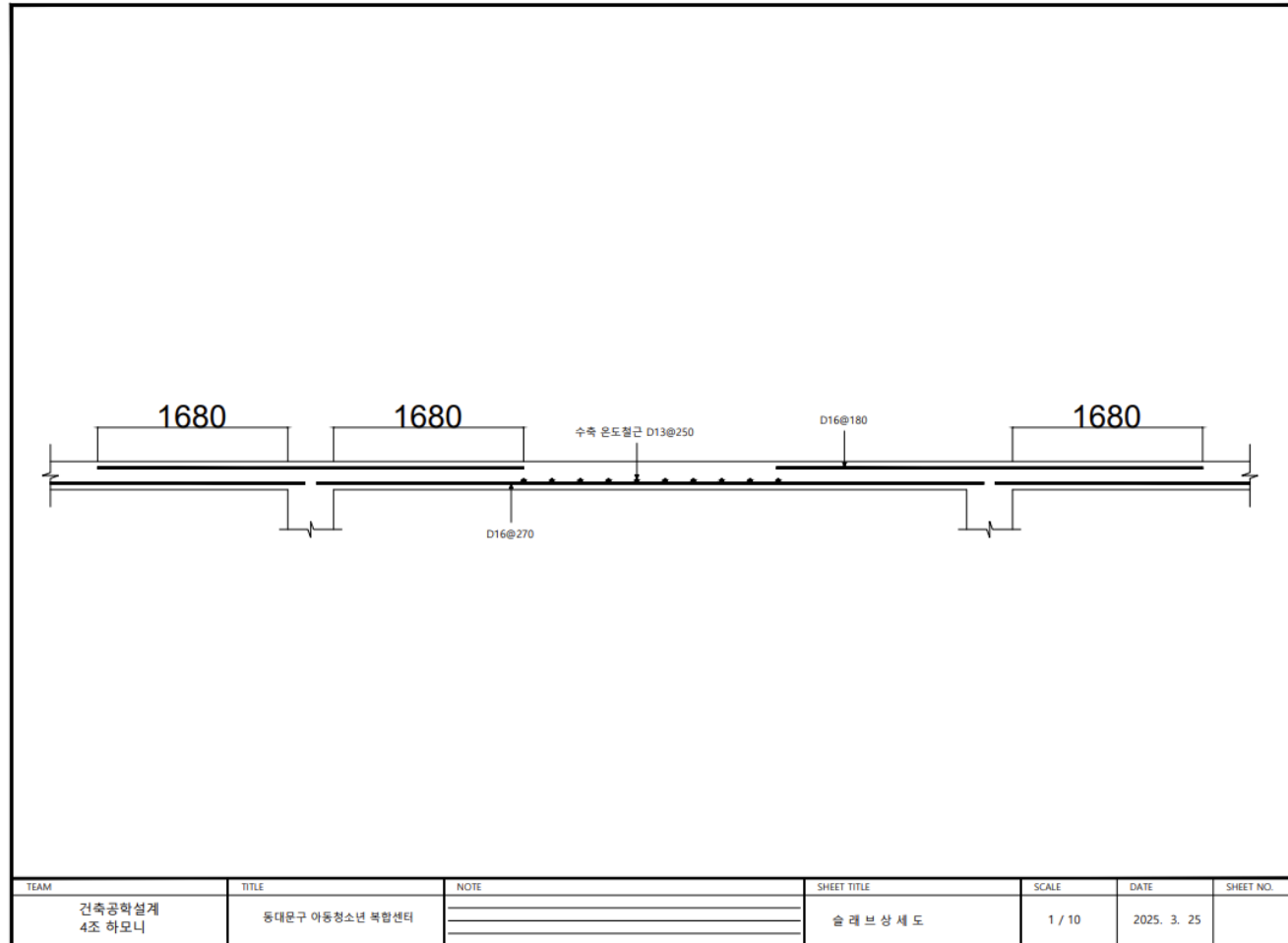
	B1
형태	
규격	H - 458 X 417 X 30 X 50
강도	$F_y = 355 \text{ N/mm}^2, F_u = 490 \text{ N/mm}^2$



# 슬래브 상세도

● 구조 결과

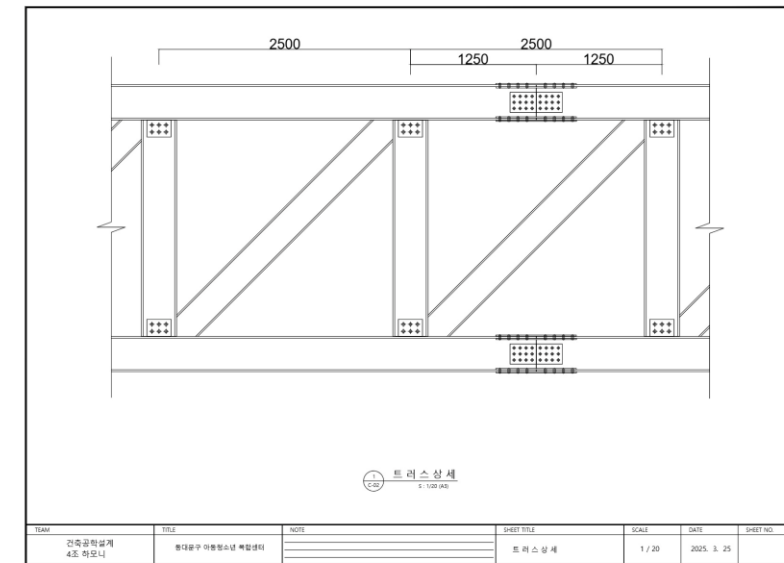
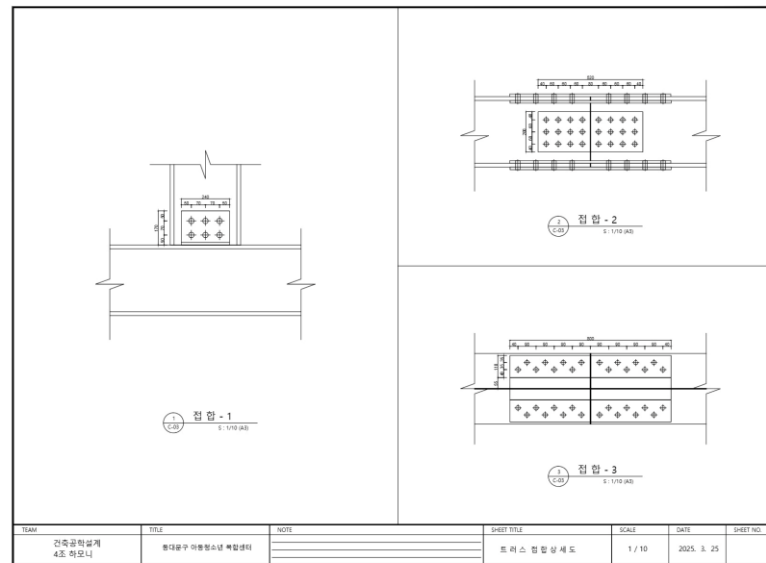
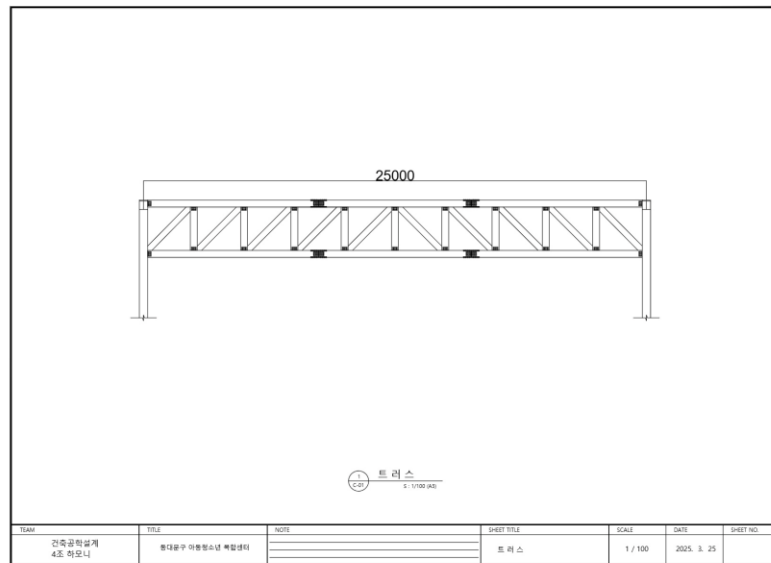
## ◆ 슬래브 상세도



# 트러스 상세도

● 구조 결과

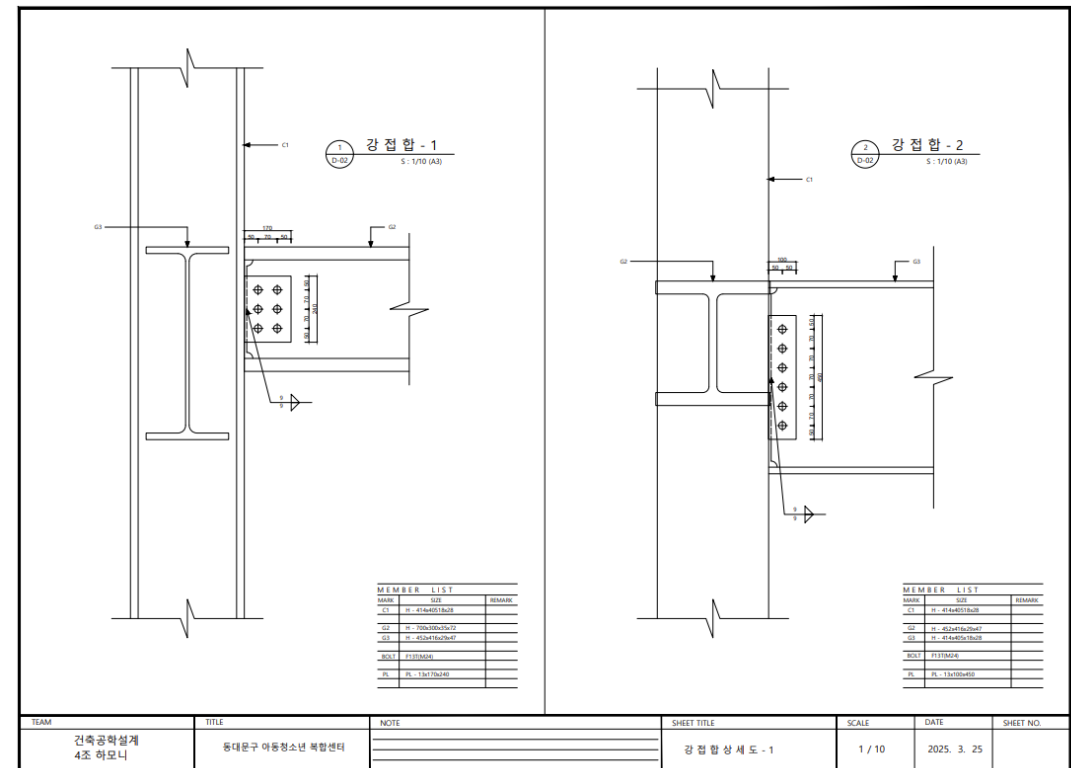
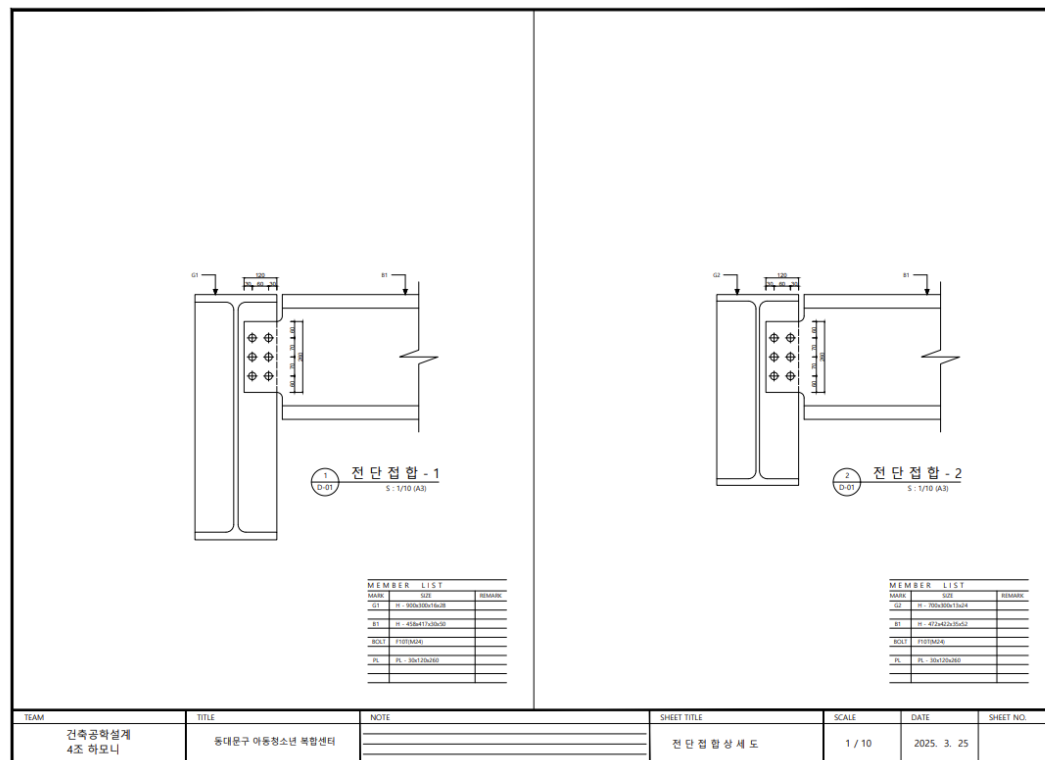
## ◆ 트러스 상세도



# 접합부 상세도

● 구조 결과

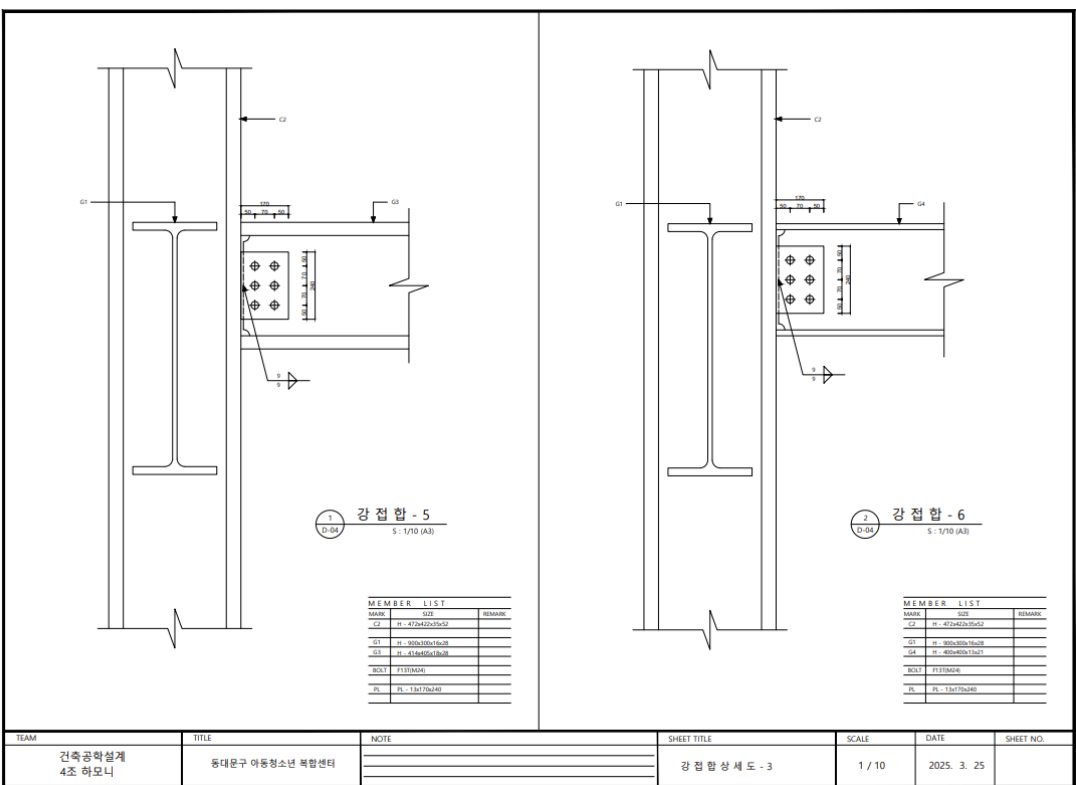
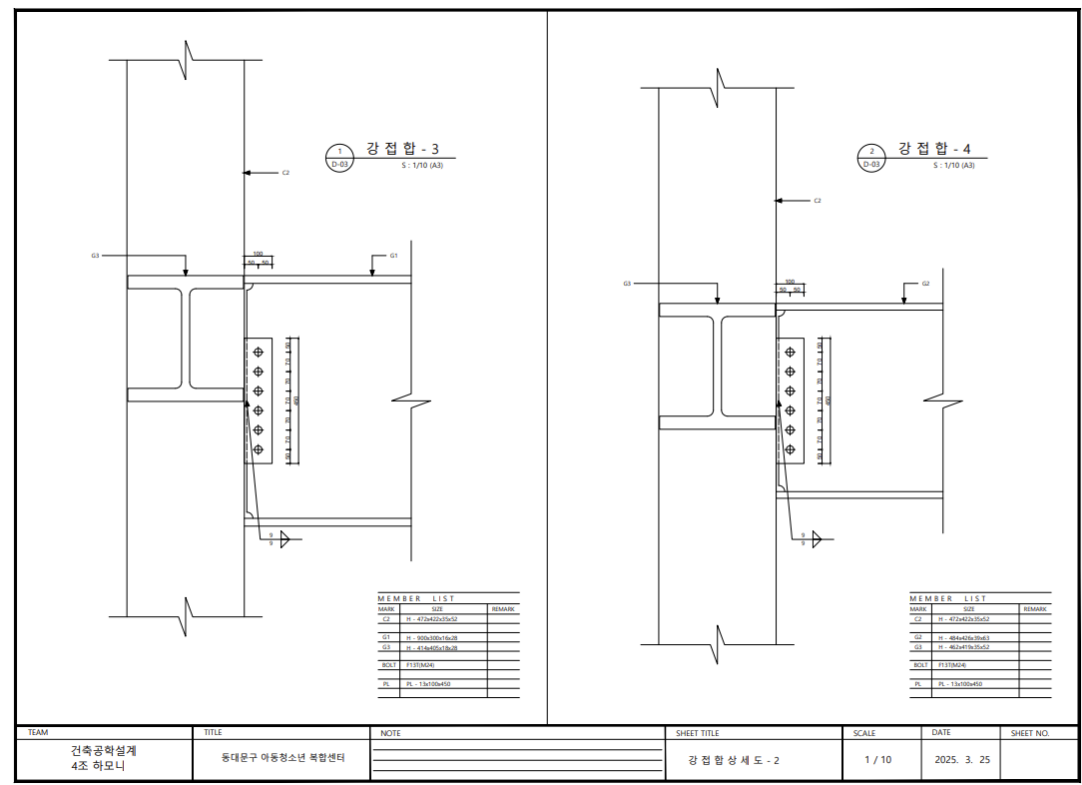
## ◆ 접합부 상세도



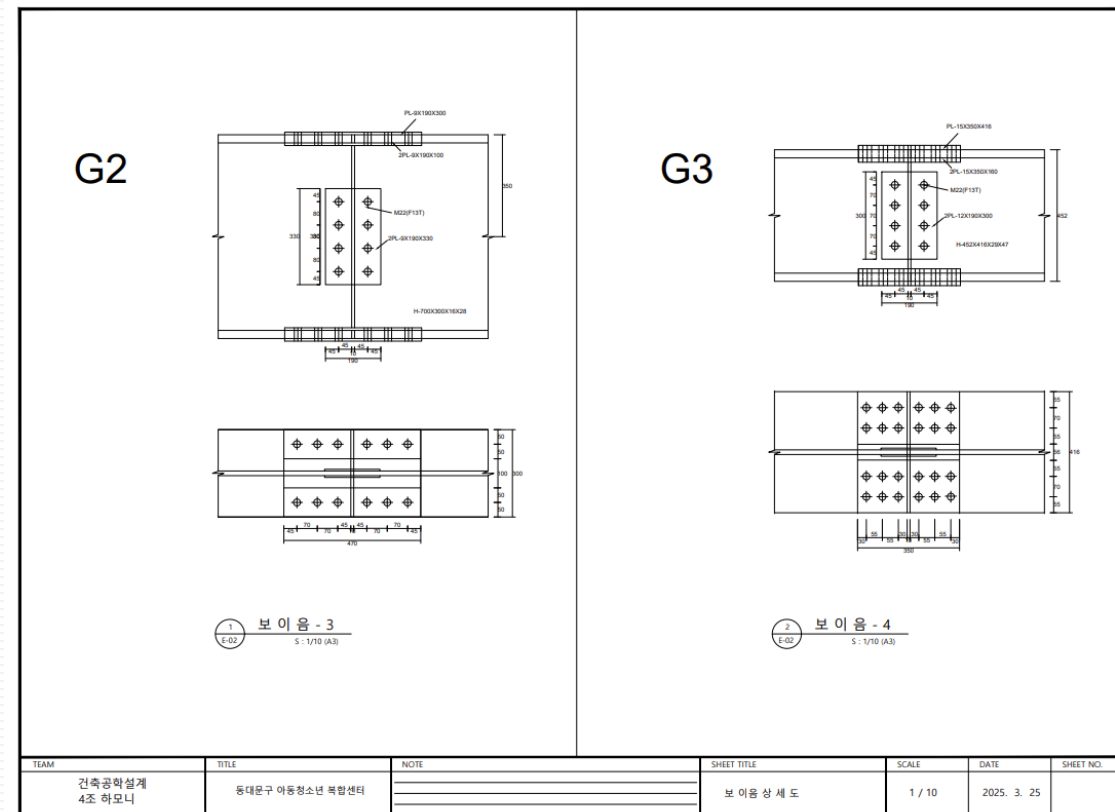
# 접합부 상세도

● 구조 결과

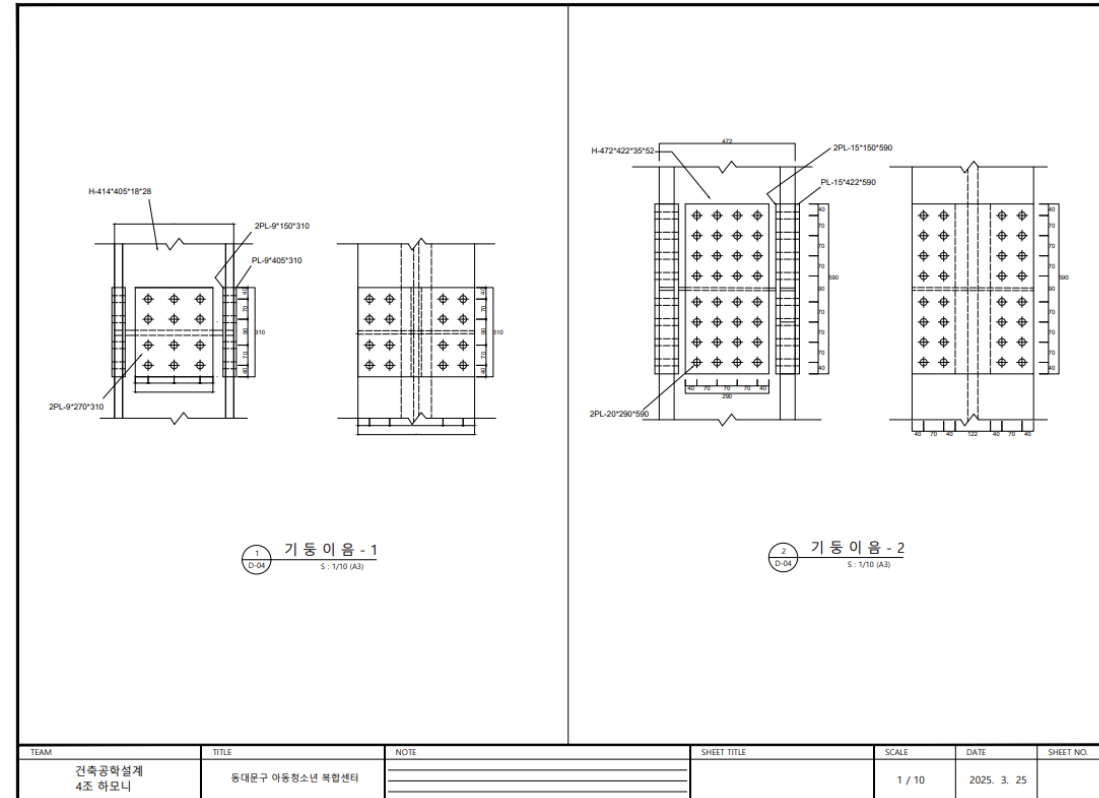
◆ 접합부 상세도



## ● 구조 결과



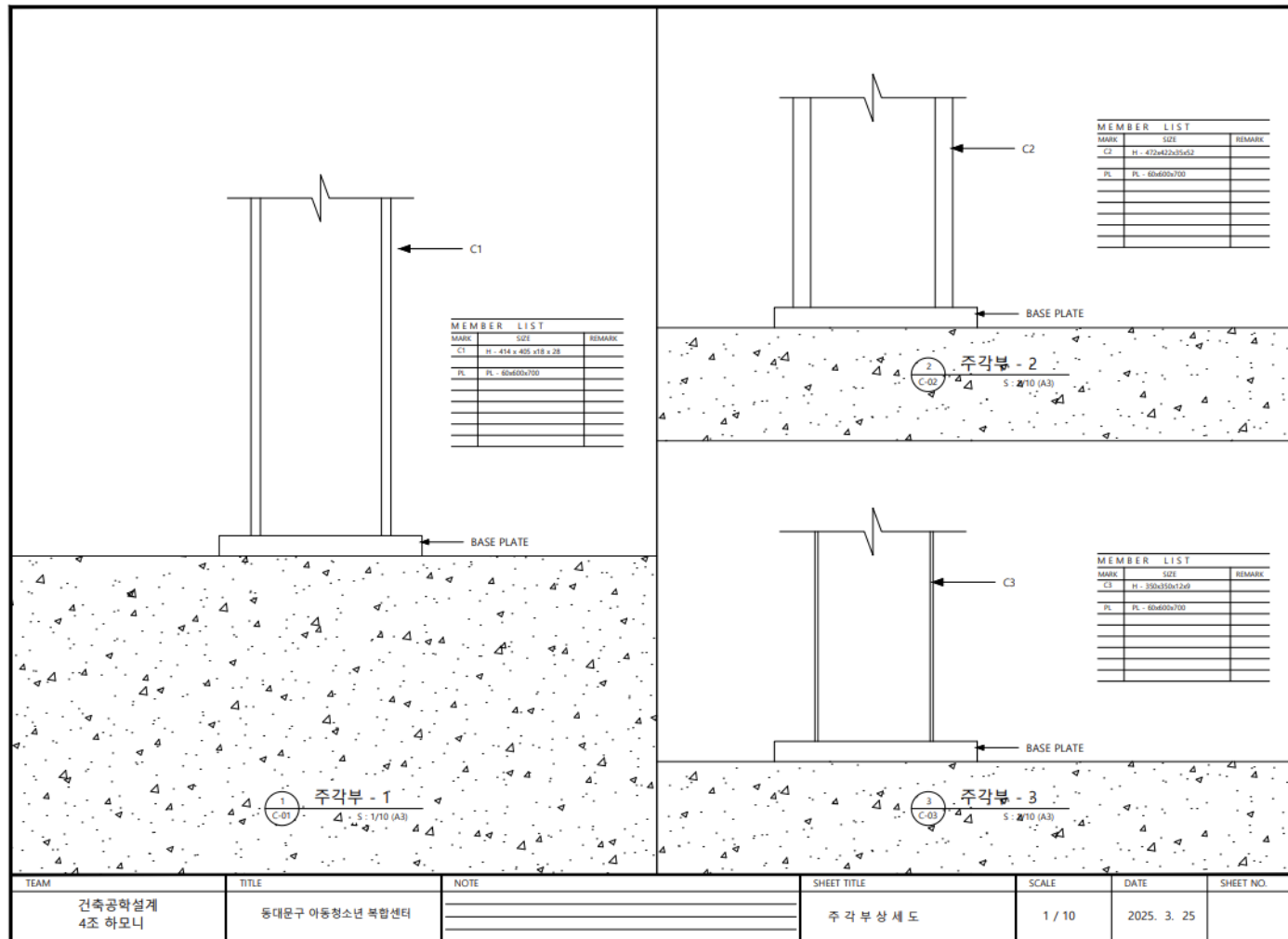
## ● 구조 결과

[illegible]

# 주각 상세도

● 구조 결과

## ◆ 주각 상세도



# 구조 3D 모델링

- 구조 결과

