

전농동 아동청소년 복합문화시설 건립 사업

건축 구조 계획

-2020871002 강성준

-2022871026 이유림

-2021871001 강동민

-2021871042 이문박

-2020871002 이상운

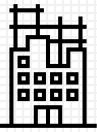
-2021871038 최재호

-2019871025 이재호



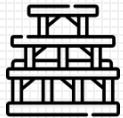
CONTEXT

01



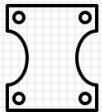
건축 계획

02



구조계획

03



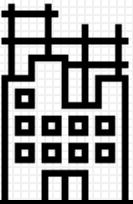
구조해석 및 부재설계

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 ²
지역지구	제2종 일반주거지역, 정비구역, 재정비촉진지구
건물용도	노유자시설(아동복지시설), 운동시설
시설규모	지하 1층 / 지상 4층
연면적	7920 m ²
건축면적	3,780 m ²
건폐율	22.4%
용적률	46.9%

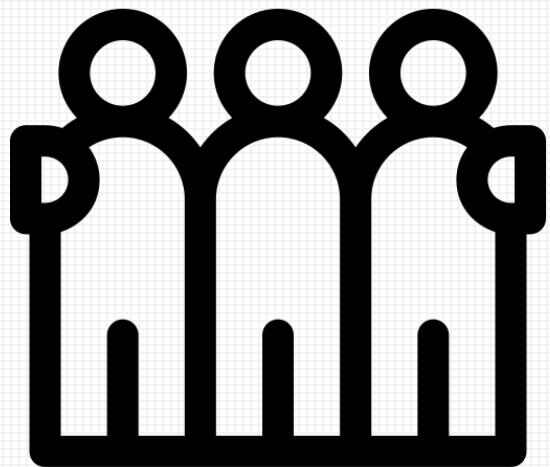
“하모니(Harmony)”

존중

연령별로 필요한 공간을 각각 조닝한다.

교류

다양한 연령층이 함께 어울리는 조화로운 공간을 만든다.



영유아

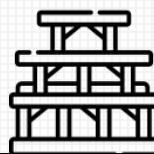
유치원생

초등학생

중학생

고등학생

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

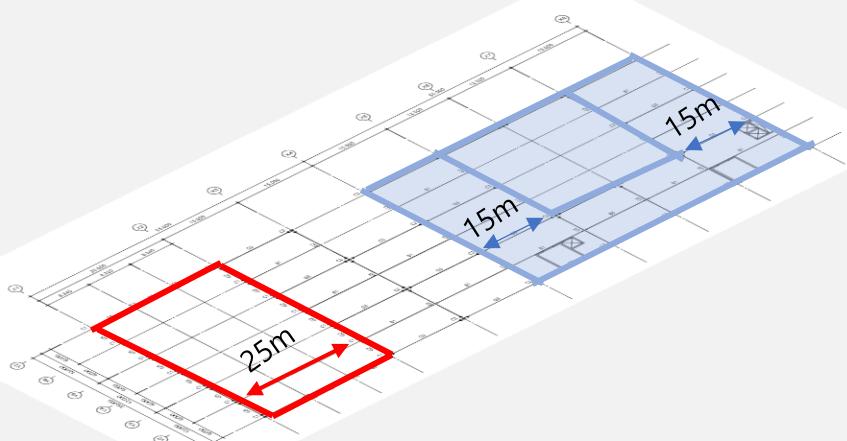


구조 목표: 높은 층고와 긴 경간을 통한 개방적인 공간 실현

구조시스템 산정

• 구조계획

메인홀



장스팬 영역

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

체육시설 사례



상록수 체육관



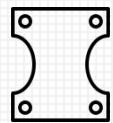
경산 실내 체육관

트러스 구조

- 축력에만 저항하고 흔에 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



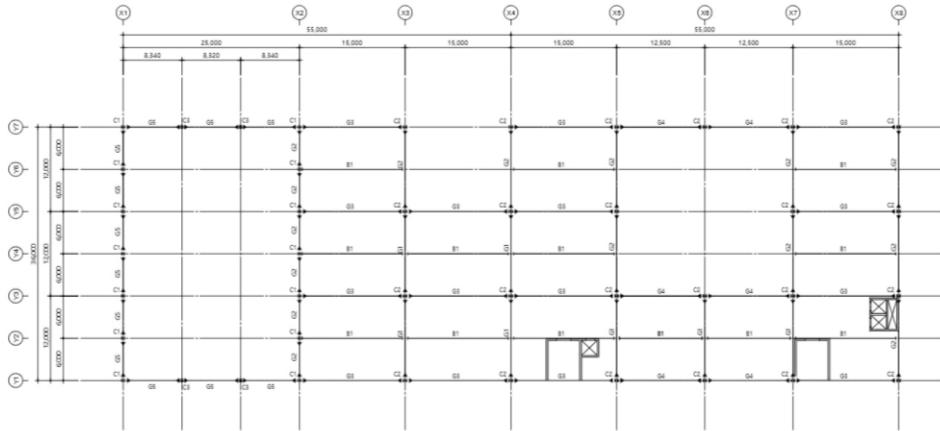
구조 해석 및 부재설계

- 구조 해석
- 부재 설계
- 목표 달성

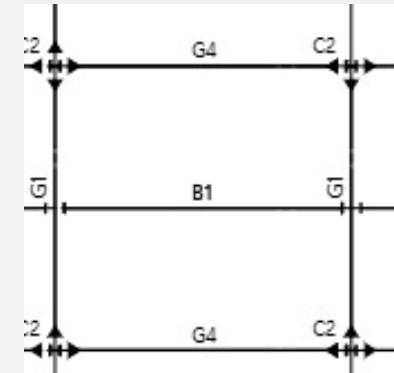
구조 해석

● 구조해석 및 부재 설계

구조 평면과 3D 골조



모듈



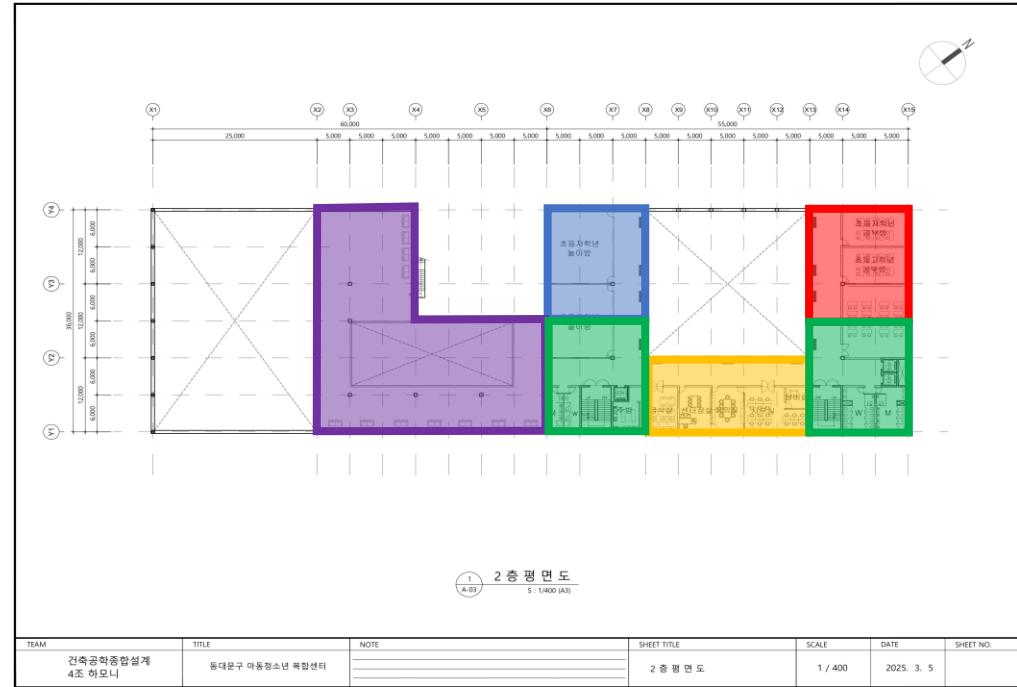
- 하중은 등분포하중으로 B1과 G4에 작용
- B1에 작용한 하중은 전단접합으로 연결된 G1에 집중하중으로 전달
- G1과 G4에 전달된 하중은 강접합으로 연결된 C2로 연결되어 축력과 모멘트를 전달

구조 해석

• 구조해석 및 부재 설계

◆ 소요하중 산정

활하중	교실 $3\text{kN}/\text{m}^2$ 놀이방 및 동아리실 $4\text{kN}/\text{m}^2$ 계단 및 복도 $5\text{kN}/\text{m}^2$ 놀이방 및 동아리실 $4\text{kN}/\text{m}^2$ 복도 $5\text{kN}/\text{m}^2$
고정하중	옥상 $9\text{kN}/\text{m}^2$ 실내 $6\text{kN}/\text{m}^2$
설하중	$0.5\text{kN}/\text{m}^2$
하중조합	$1.2D + 1.6L + 0.5S$



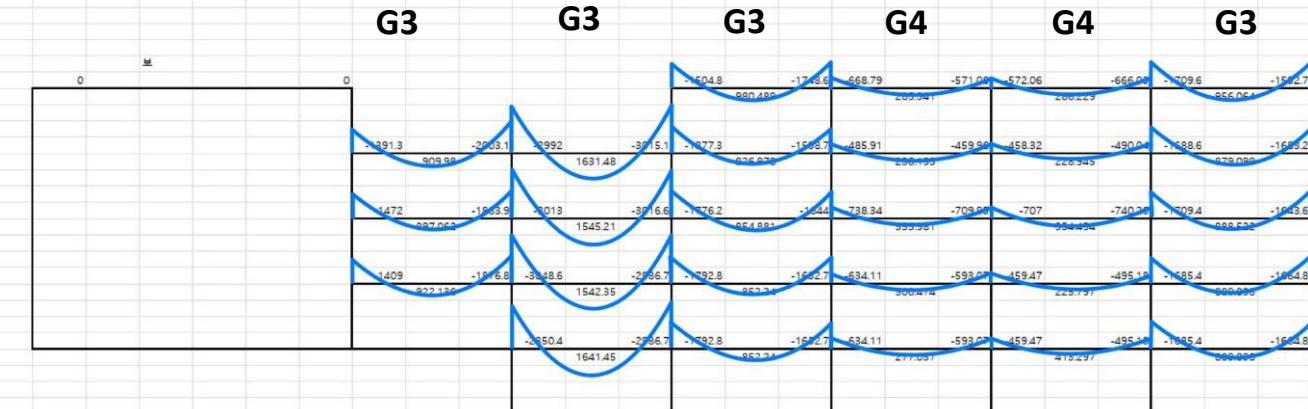
2 층

구조 해석

• 구조해석 및 부재 설계

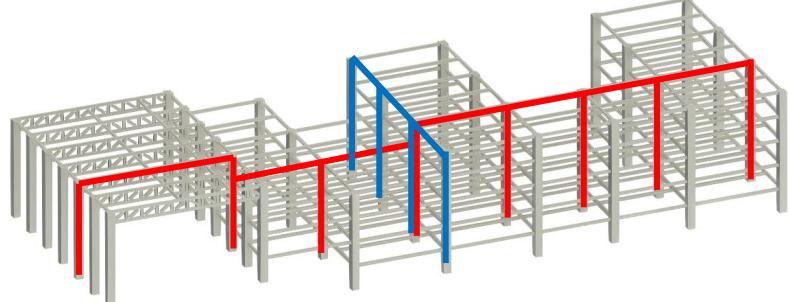
◆ 모멘트 분배법을 통해 구한 각 부재의 모멘트

* Y2 단면



- G3의 최대모멘트 : 1867 kN · m
- G4의 최대모멘트 : 748 kN · m
- C1의 최대 모멘트 : 826 kN · m
- C2의 최대 모멘트 : 1510 kN · m

* X6 단면



G2 G1 G1

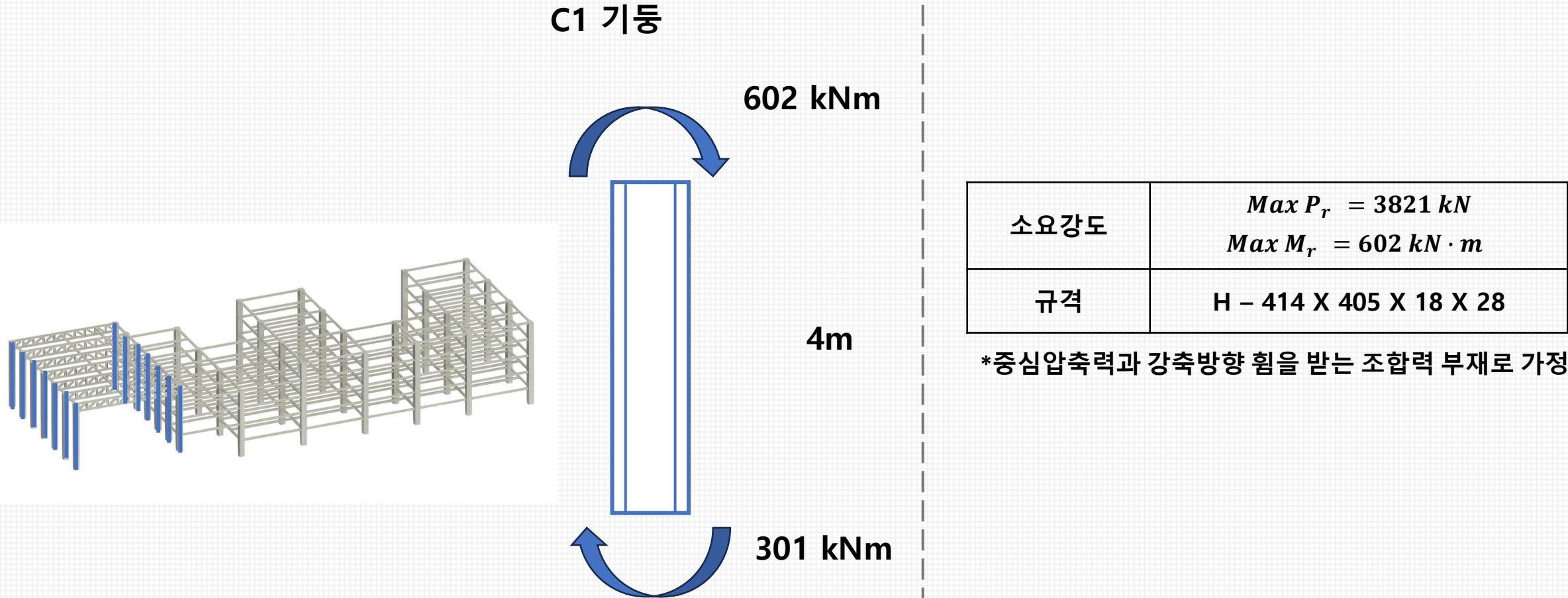
-970.368	-1063.46	-1099.67	-1027.89	-1088.24	-944.89
1075.587		1028.722		1075.937	
-876.259	-983.155	-2238.58	-2434.86	-2511.17	-2233.05
906.2929		2397.278		2469.89	
-866.701	-972.998	-2253.16	-2388.44	-2472.95	-2225.64
916.1507		2359.198		2438.706	
-871.47	-972.018	-2249.32	-2390.12	-2475.27	-2221.49
914.2556		2360.277		2439.62	
-855.464	-988.671	-2224.62	-2402.63	-2474.73	-2222.25
913.9327		2366.378		2439.508	

- G1의 최대 모멘트 : 1115 kN · m
- G2의 최대 모멘트 : 2252 kN · m
- C2의 최대 모멘트 : 920 kN · m

부재 설계

• 구조해석 및 부재 설계

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



부재 설계

● 구조해석 및 부재 설계

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

기둥 설계

◆ 소요휨강도 산정

$$M_{nt} = 602 \text{ kN}\cdot\text{m}, P_r = 3821 \text{ kN}$$

모멘트 증폭계수, B1 반영

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

◆ 설계압축강도 산정

위험좌굴축 결정(세장비 큰 축)

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

<0.K>

기둥 설계

◆ 설계휨강도 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 휨강도

• 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 휨강도

$L_b = 4m, L_p = 4.4m$

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

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

• 설계휨강도 산정

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

◆ 조합력에 대한 내력 상관관계식 검토

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

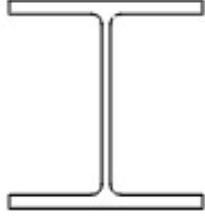
- $\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) = 0.78 < 1.0 < 0.K >$

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	$F_y = 345 \text{ N/mm}^2 (16 < t_2 \leq 40), F_u = 490 \text{ N/mm}^2$	$F_y = 335 \text{ N/mm}^2 (40 < t_2 \leq 75), F_u = 490 \text{ N/mm}^2$

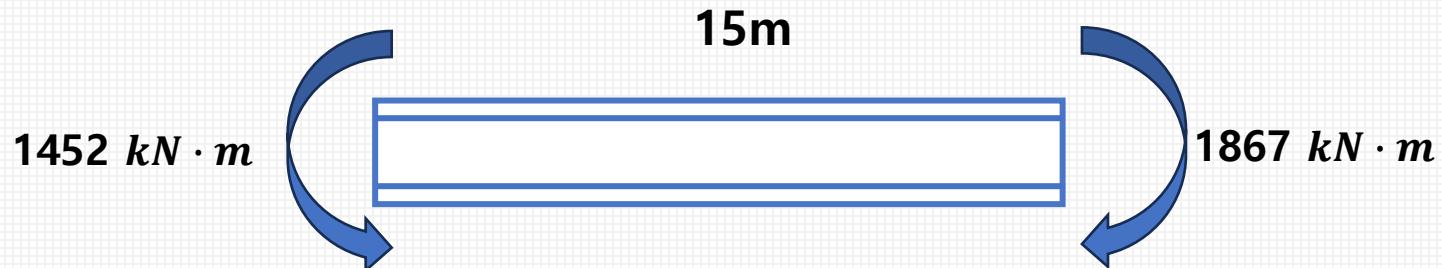
부재 설계

• 구조해석 및 부재 설계

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



G3 거더



소요강도	$\text{Max } V_u = 723 \text{ kN}$ $\text{Max } M_u = 1867 \text{ kN} \cdot \text{m}$
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 (비탄성횡좌굴구간)

• 횡좌굴강도 산정

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

• 설계휨강도 산정

- $\emptyset_b M_n = 2253 kN \cdot m > M_u = 1867 kN \cdot m$ <0.K>

보 설계

◆ 공칭전단강도 산정

$$\frac{h}{t_w} = 10.83 < 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 56.08, \quad C_v = 1.0$$

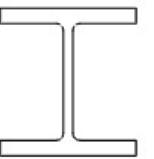
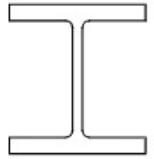
$$\emptyset_b V_n = 0.6F_y A_w C_v = 1830 kN > V_u = 723 kN \quad <0.K>$$

부재 설계

● 구조해석 및 부재 설계

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

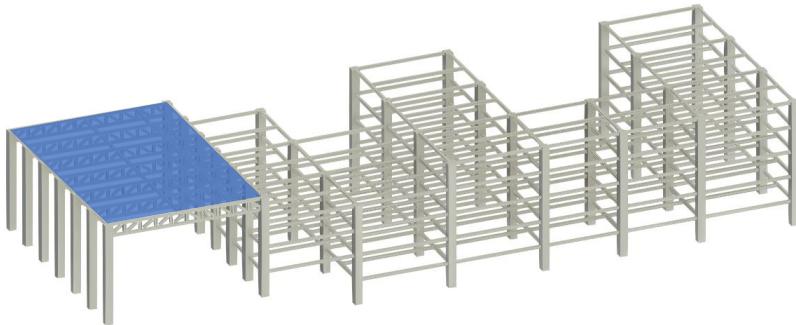
보 부재 일람표

	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	$F_y = 345 \text{ N/mm}^2 (16 < t_2 \leq 40), F_u = 490 \text{ N/mm}^2$	$F_y = 335 \text{ N/mm}^2 (40 < t_2 \leq 75), F_u = 490 \text{ N/mm}^2$	$F_y = 345 \text{ N/mm}^2 (16 < t_2 \leq 40), F_u = 490 \text{ N/mm}^2$	$F_y = 335 \text{ N/mm}^2 (40 < t_2 \leq 75), F_u = 490 \text{ N/mm}^2$	

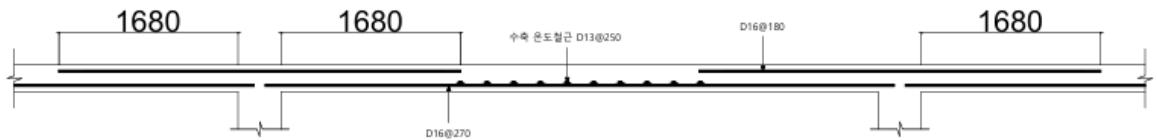
부재 설계

● 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

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

◆ 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

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

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

$$A_s = 1075.6mm^2$$

- 중앙부 소요철근량

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

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

$$A_s = 727.5mm^2$$

- 최소 흡철근 결정

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

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

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

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

∴ 단부 **s = 180mm**, 중앙부 **s = 270mm**

부재 설계

● 구조해석 및 부재 설계

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

슬래브 설계

◆ 전단 검토

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

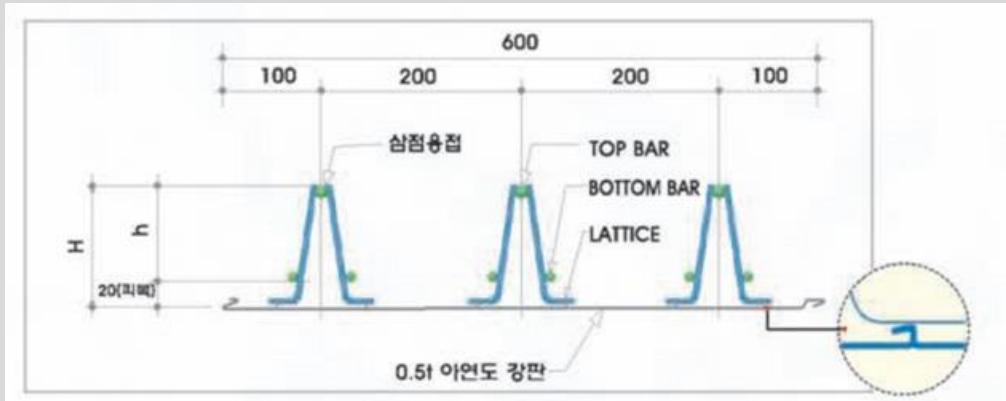
◆ 수축 및 온도 철근 계산

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

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

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

$\therefore S=250$

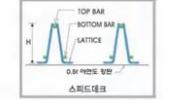


데크플레이트 산정

철골조 스판표

» 철골구조 S조 (SD형 철골)

- 콘크리트 압축 강도 f_{ck} 240kgf/cm²
- 철골의 항복 강도 f_y 500kgf/cm²
- LATTCIE: #5 ~ #8
- 상부 피복 2.0cm(조절가능)
- 하부 피복 2.0cm(조절가능)
- 추가작업 하중 150kgf/m² 고려



SPEED DECK											
TYPE	H (mm)	TOP BOTTOM									
SD 1a-70	90	120	SD 1-70	90	120	SD 6-70	90	120	SD 10-70	90	120
SD 1a-85	105	135	SD 2-85	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	180	SD 3-130	150	180	SD 6-130	150	180	SD 10-130	150	180
SD 1a-150	170	200	SD 3-150	170	200	SD 6-150	170	200	SD 10-150	170	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 13-70	90	120
SD 1-85	105	135	SD 4-85	105	135	SD 7-85	105	135	SD 13-85	105	135
SD 1-100	120	150	SD 4-100	120	150	SD 7-100	120	150	SD 13-100	120	150
SD 1-130	150	180	SD 4-130	150	180	SD 7-130	150	180	SD 13-130	150	180
SD 1-150	170	200	SD 4-150	170	200	SD 7-150	170	200	SD 13-150	170	200
SD 1-200	220	250	SD 4-200	220	250	SD 7-200	220	250	SD 13-200	220	250
SD 1-250	270	300	SD 4-250	270	300	SD 7-250	270	300	SD 13-250	270	300
SD 1-280	300	330	SD 4-280	300	330	SD 7-280	300	330	SD 13-280	300	330
SD 2-70	90	120	SD 5-70	90	120	SD 8-70	90	120	SD 14-70	90	120
SD 2-85	105	135	SD 5-85	105	135	SD 8-85	105	135	SD 14-85	105	135
SD 2-100	120	150	SD 5-100	120	150	SD 8-100	120	150	SD 14-100	120	150
SD 2-130	150	180	SD 5-130	150	180	SD 8-130	150	180	SD 14-130	150	180
SD 2-150	170	200	SD 5-150	170	200	SD 8-150	170	200	SD 14-150	170	200
SD 2-200	220	250	SD 5-200	220	250	SD 8-200	220	250	SD 14-200	220	250
SD 2-250	270	300	SD 5-250	270	300	SD 8-250	270	300	SD 14-250	270	300
SD 2-280	300	330	SD 5-280	300	330	SD 8-280	300	330	SD 14-280	300	330
SD 3a-70	90	120	SD 6-70	90	120	SD 9-70	90	120	SD 15-70	90	120
SD 3a-85	105	135	SD 6-85	105	135	SD 9-85	105	135	SD 15-85	105	135
SD 3a-100	120	150	SD 6-100	120	150	SD 9-100	120	150	SD 15-100	120	150
SD 3a-130	150	180	SD 6-130	150	180	SD 9-130	150	180	SD 15-130	150	180
SD 3a-150	170	200	SD 6-150	170	200	SD 9-150	170	200	SD 15-150	170	200
SD 3a-200	220	250	SD 6-200	220	250	SD 9-200	220	250	SD 15-200	220	250
SD 3a-250	270	300	SD 6-250	270	300	SD 9-250	270	300	SD 15-250	270	300
SD 3a-280	300	330	SD 6-280	300	330	SD 9-280	300	330	SD 15-280	300	330

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

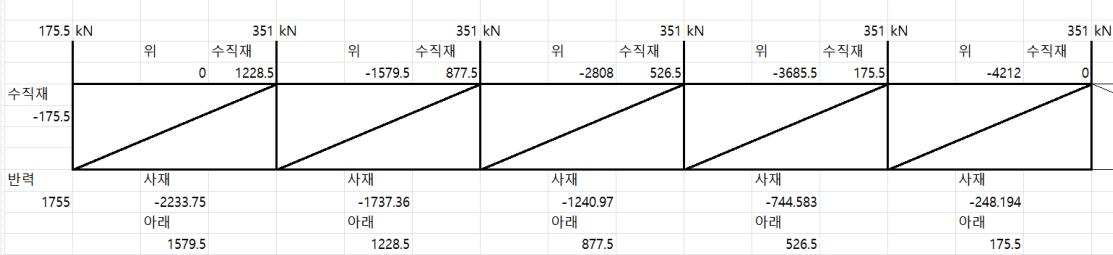
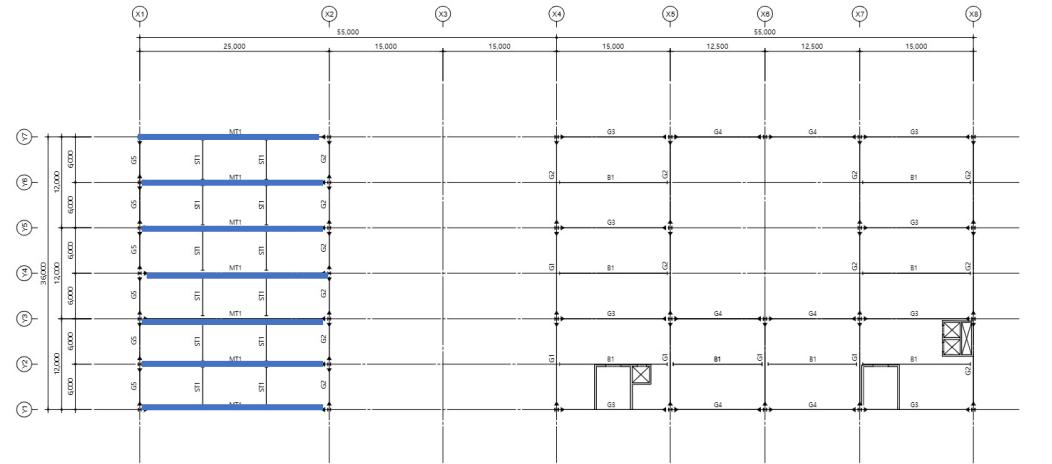
주기 : *상기 최대 순스팬은 보폭을 제외한 순스팬임.
• 슬래브 THK 120mm는 하부 피복이 20mm로 고정됨.

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

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

◆ 유효순단면적 파단

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

◆ 블록 전단 파단

$$A_{gv} = 5370mm^2; A_{nt} = 694mm^2; A_{nv} = 3962mm^2$$

$$R_n = (0.6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}) = 2318.19kN$$

$$\leq (0.6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}) = 2507.2kN \quad < O.K >$$

$$\emptyset R_n = \mathbf{2318.2kN}$$

◆ 설계 미끄럼 강도

M24(F13T 6개)

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

수평·수직부재 설계

◆ 거셋플레이트 검토

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

• 인장항복

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

• 인장파단

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

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

< O.K >

부재 설계

● 구조해석 및 부재 설계

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

수평·수직부재 설계

압축재 설계

◆ 설계 압축강도

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

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

$$\emptyset P_n = \emptyset F_{cr} A_g = \mathbf{5107kN} > 4212kN$$

< O.K >

사재 설계

◆ 설계 압축강도

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

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

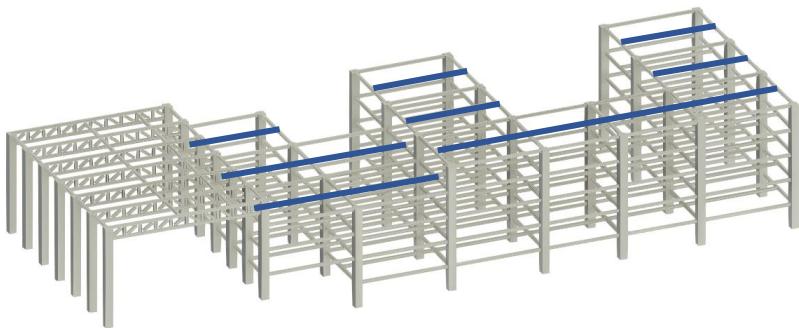
$$\emptyset P_n = \emptyset F_{cr} A_g = \mathbf{3535kN} > 2234kN$$

< 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

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

볼트 6개 사용시

$$\emptyset R_n = \mathbf{711kN} > V_u = 697.5kN$$

< o.k >

웨브높이와 볼트 배치를 고려하여 3개 X 2열 배치

◆ 보 웨브 설계전단항복강도

$$- \emptyset R_n = \emptyset (0.6F_y) A_{gv} = \mathbf{1568kN} > V_u = 697.5kN$$

< o.k >

◆ 보 웨브 설계전단파단강도

$$- \emptyset R_n = \emptyset (0.6F_u) A_{nv} = \mathbf{1136kN} > V_u = 697.5kN$$

< o.k >

◆ 보 웨브 설계블록전단파단강도

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

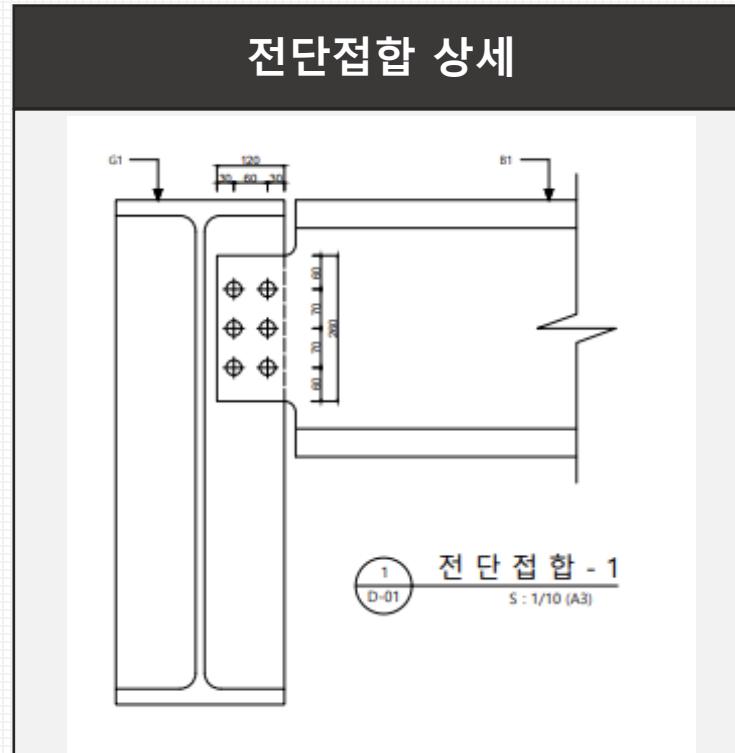
$U_{bs} = 1.0$ (인장응력이 일정)

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

$$\emptyset R_n = 0.75 \times 1590 = \mathbf{1193kN} > V_u = 697.5kN$$

< o.k >

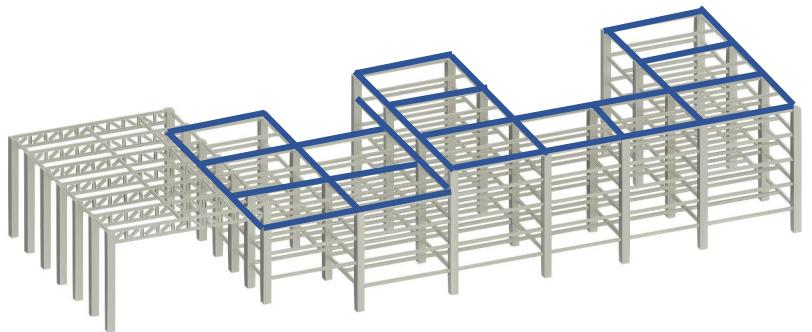
전단접합 상세



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

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

볼트 6개 사용시

$$-\varnothing R_n = 924kN$$

웨브높이와 볼트 배치를 고려하여 **6개 X 1열 배치**

◆ 기둥 플랜지의 플레이트 용접

- $s = 9mm$ 로 가정(양면)

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

• 설계강도

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

◆ 보 웨브 플레이트의 안정성 검토

• 설계전단항복강도

$$\varnothing V_n = \varnothing(0.6F_y)A_{gv} = \mathbf{1211kN}$$

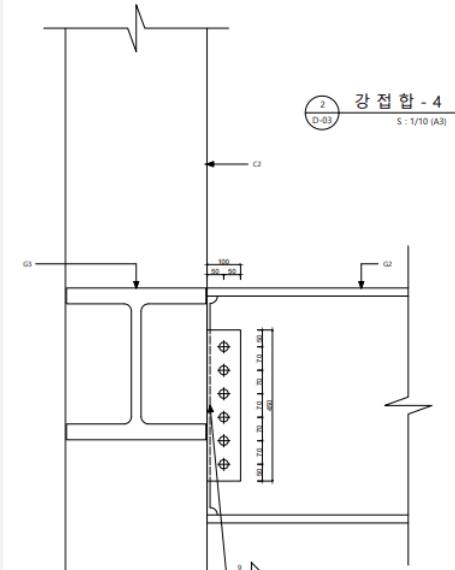
< o.k >

• 설계전단파단강도

$$\varnothing V_n = \varnothing(0.6F_u)A_{nv} = \mathbf{975kN}$$

< 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

$$- T_u = \frac{M_{us}}{d-t_f} = \frac{(M_{u,0}M_n/2)_{max}}{700-28} = 1160kN$$

◆ 마찰접합에 의한 설계미끄럼강도

M22(F13T) 2면전단

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

6개 사용시

$$- \emptyset R_n = 259 \times 6 = 1554kN \geq T_u = 1160kN \quad <O.K>$$

◆ 플랜지 이음판의 안전성 검토

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

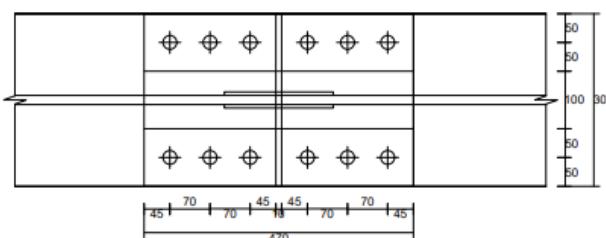
• 총단면의 인장항복에 대한 안전성 검토

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

• 순단면의 인장파단에 대한 안전성 검토

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

이음 상세



[별해] 마찰접합의 설계강도

◆ 마찰접합에 의한 설계미끄럼강도

M22(F13T) 2면전단

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

6개 사용시

$$- \emptyset R_n = 259 \times 6 = \mathbf{1554kN} \geq T_u = 1160kN \quad <0.K>$$

◆ 고장력볼트의 설계전단강도

$$- \emptyset R_n = \emptyset n_b F_{nv} A_b N_s = \mathbf{2223kN} \geq T_u = 1160kN \quad <0.K>$$

◆ 고장력볼트의 설계지압강도

- $t = 28mm, d=22mm$
- 연단축 구멍 $L_c = 45 - 24/2 = 33mm$
- 나머지 구멍 $L_c = 70 - 24 = 46mm$

• 연단축 고장력볼트 구멍의 설계지압강도

$$- \emptyset R_n = \emptyset 1.2 L_c t F_u = 407kN \leq \emptyset 2.4 d t F_u = 543kN \quad <0.K>$$

• 나머지 고장력볼트 구멍의 설계지압강도

$$- \emptyset R_n = \emptyset 1.2 L_c t F_u = 568kN \leq \emptyset 2.4 d t F_u = 543kN \quad <0.K>$$

따라서 $\emptyset R_n = 543kN$

• 고장력볼트 6개에 대한 설계지압강도

$$- \emptyset R_n = (407 \times 2 + 543 \times 4) = \mathbf{2986kN} \geq T_u = 1160kN \quad <0.K>$$

부재 설계

● 구조해석 및 부재 설계

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

웨브 이음판 검토

◆ 웨브 이음판의 소요인장강도

웨브 이음판은 전단력만 부담하는 것으로 설계
이음판은 양쪽 면에 설치

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

◆ 마찰접합에 의한 설계미끄럼강도

M22(F13T) 2면 전단

$$- \emptyset R_n = \emptyset \mu h_f T_o N_s = \mathbf{259kN}/볼트$$

4개 사용시

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

◆ 웨브 이음판의 안전성 검토

웨브 이음판: 2PL-9×190×330

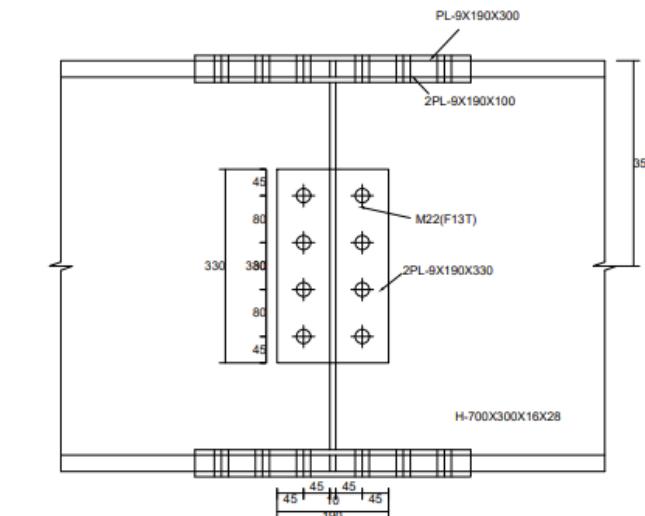
• 총단면의 전단항복에 대한 안전성 검토

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

• 순단면의 전단파단에 대한 안전성 검토

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

이음 상세

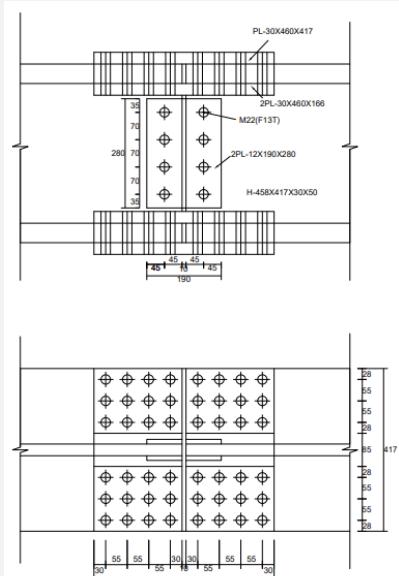


부재 설계

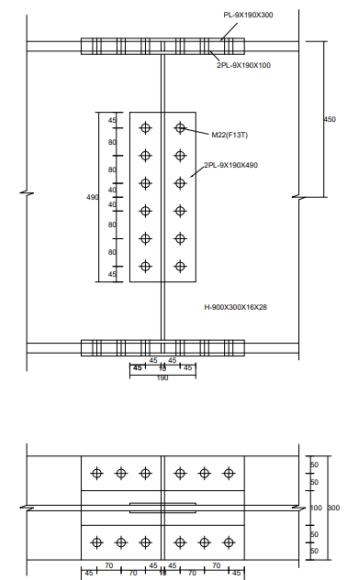
● 구조해석 및 부재 설계

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

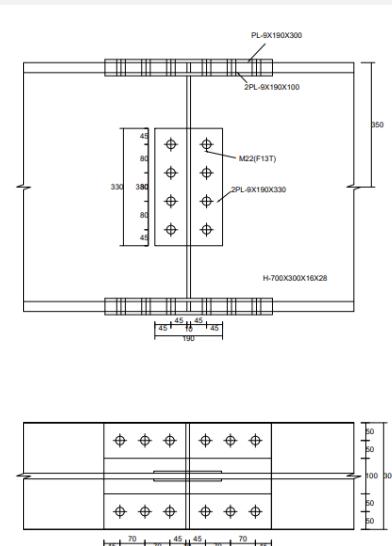
B1 이음 상세



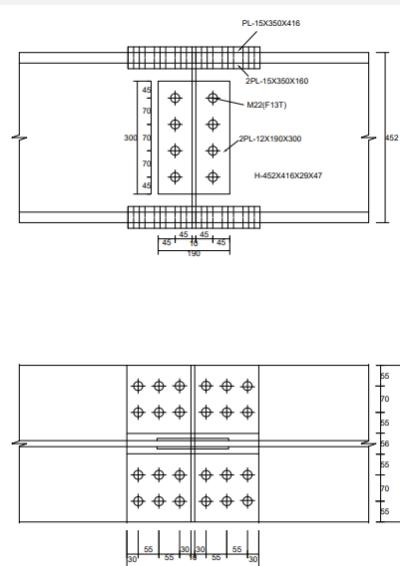
G1 이음 상세



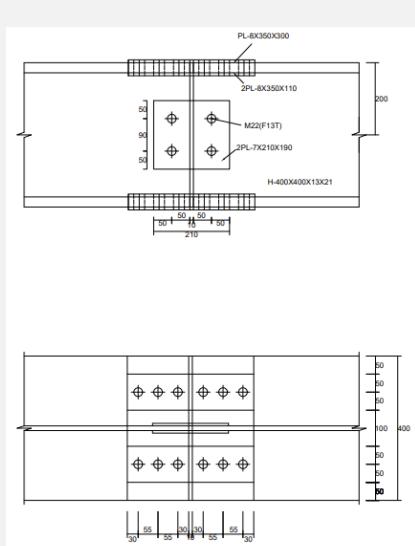
G2 이음 상세



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

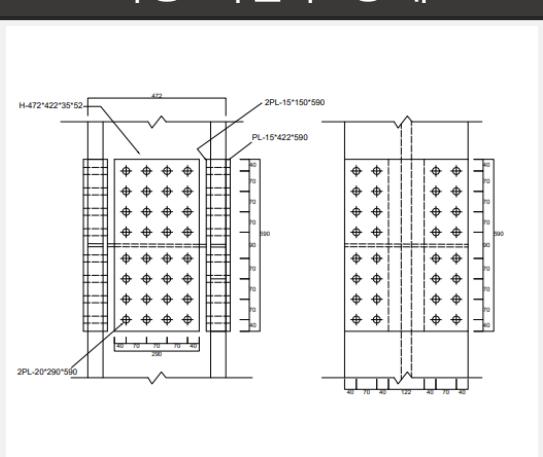
| 기둥 | 보 | 슬래브 | 트러스 | 접합부 | 이음부 | 주각부 |

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

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

- 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

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

16개 사용시

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

- 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 |

계산

◆ 웨브 이음판 설계

• 설계 미끄럼 강도 검토

이음판에 작용하는 압축력과 전단력에 의해 고장력볼트에 실제 작용하는 조합력: $\sqrt{3476.3^2 + 629^2} = 3552.7kN$

\therefore 고장력볼트의 소요전단강도 : $(3476.3, 2359.5, 3532.7)_{max} = 3532.7kN$

M22(F13T) 2면 전단

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

4개 사용시

$$- \phi R_n = 259 \times 16 = 4144kN \geq P_u = 3532.7kN \quad <0.K>$$

• 웨브 이음판의 압축항복에 대한 안정성 검토

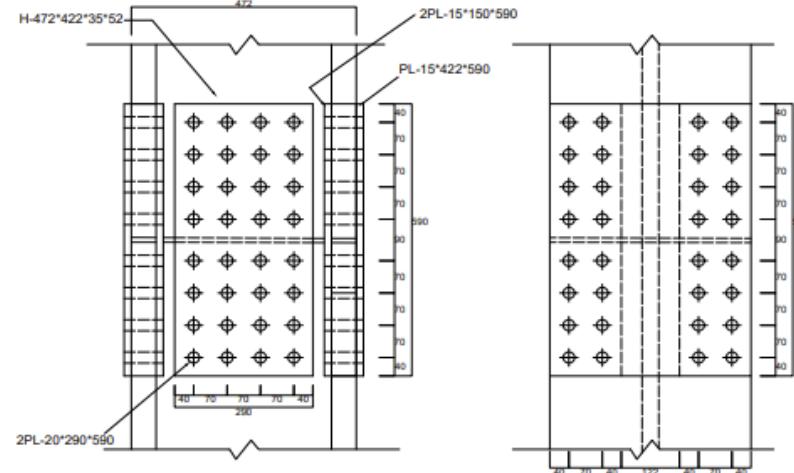
$$\phi R_n = \phi c A_{gc} F_y = 3706.2kN > P_{uw} = 3476.3kN \quad <0.K>$$

• 웨브 이음판의 전단항복과 전단파단에 대한 안정성 검토

$$\phi R_n = \phi A_{gv} (0.6F_y) = 2470.8kN > V_{uw} = 1759.4kN \quad <0.K>$$

$$\phi R_n = \phi A_{nv} (0.6F_u) = 2134.4kN > V_{uw} = 1759.4kN \quad <0.K>$$

기둥 이음부 상세

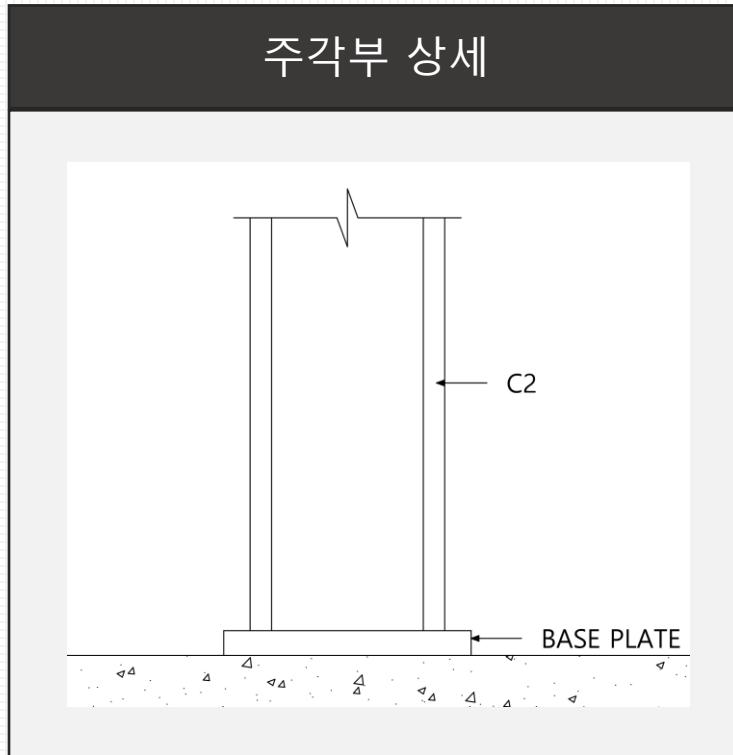


부재 설계

● 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)

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

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

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

• 최적 베이스플레이트 크기 결정

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

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

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

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

계산

◆ 베이스 플레이트의 설계지압강도 검토

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

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

◆ 베이스 플레이트의 소요두께 산정

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

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

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

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

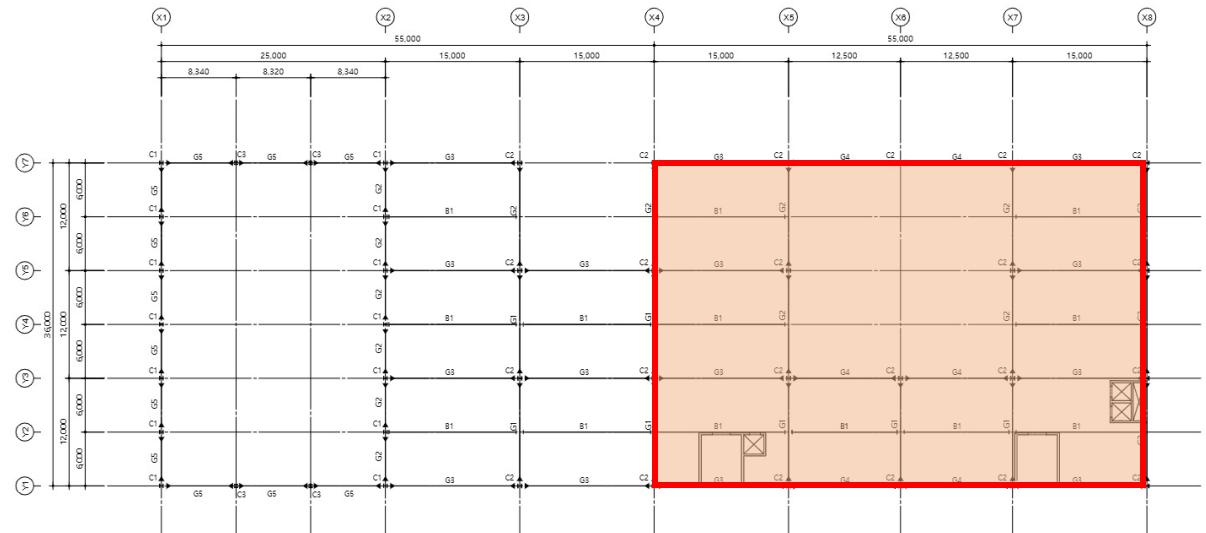
$$l = \max(m, n, \lambda'_n) = 131.2mm$$

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

베이스플레이트 PL-60×600×700 사용

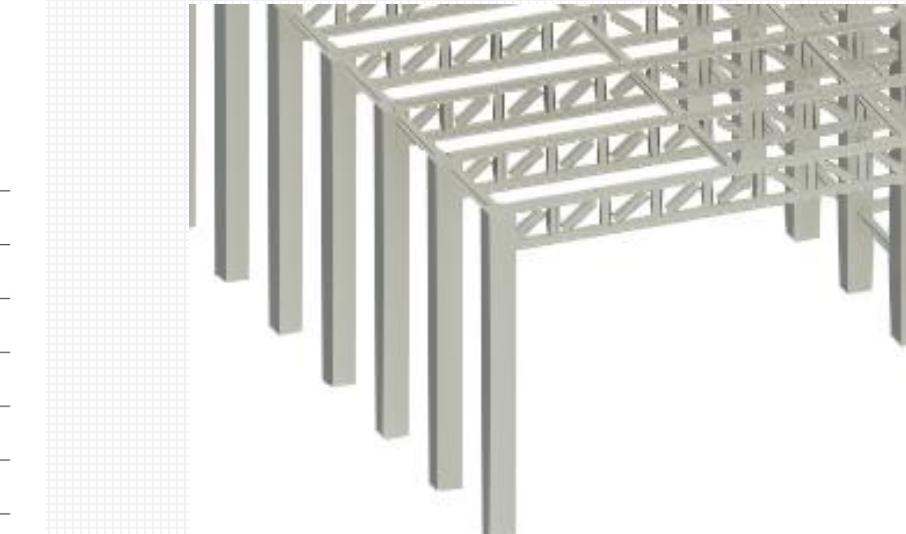
목표 달성

• 구조 결과



1. 개방감 확보

- 메인 홀 내부 기둥 최소화
- 넓고 개방적인 공간 설계



철골 트러스 사용하여 장스팬 확보

2. 안전한 체육시설 구축

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

04



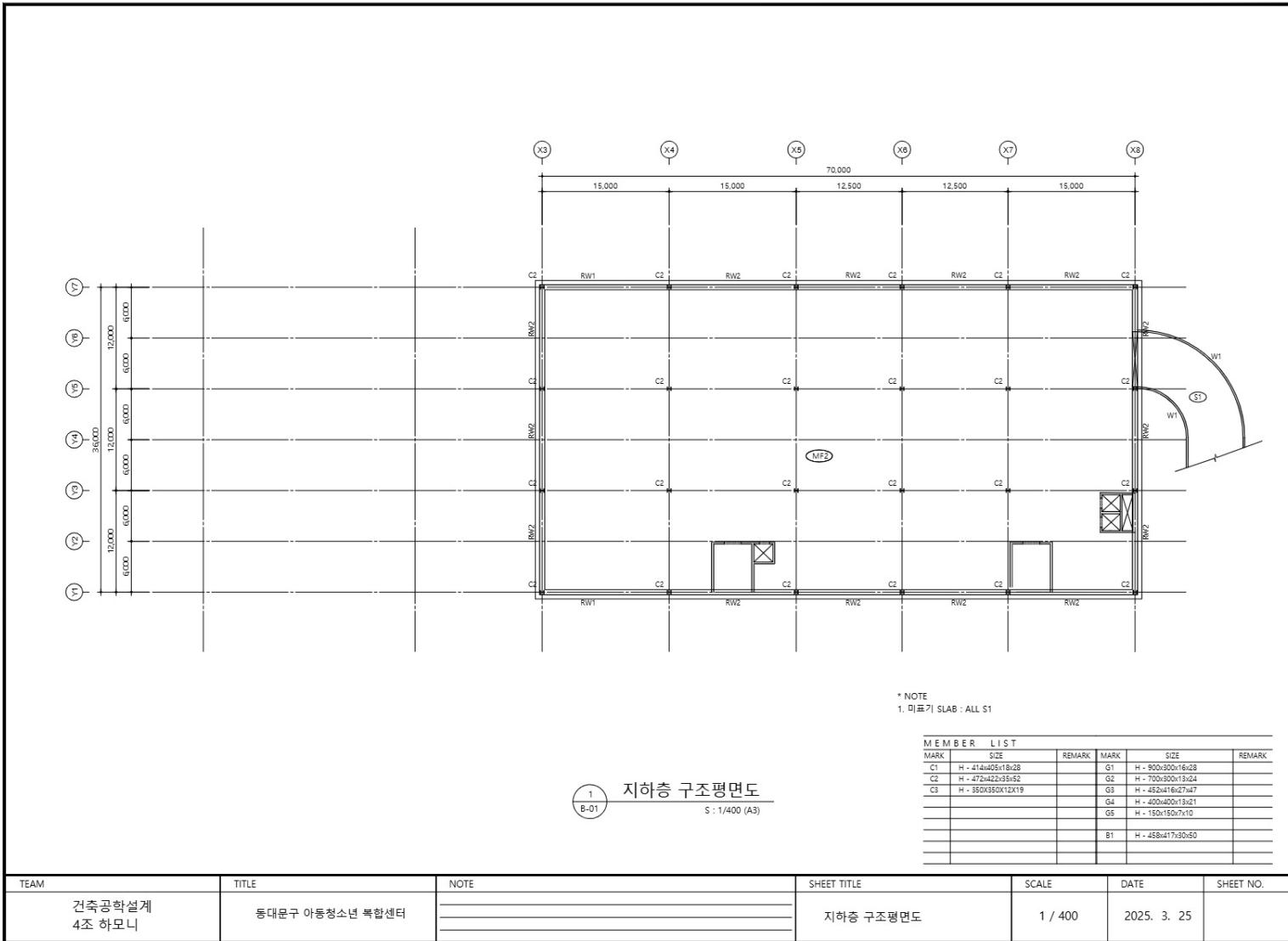
구조 결과

- 구조 도면
- 부재 일람표
- 상세도

구조 도면

● 구조 결과

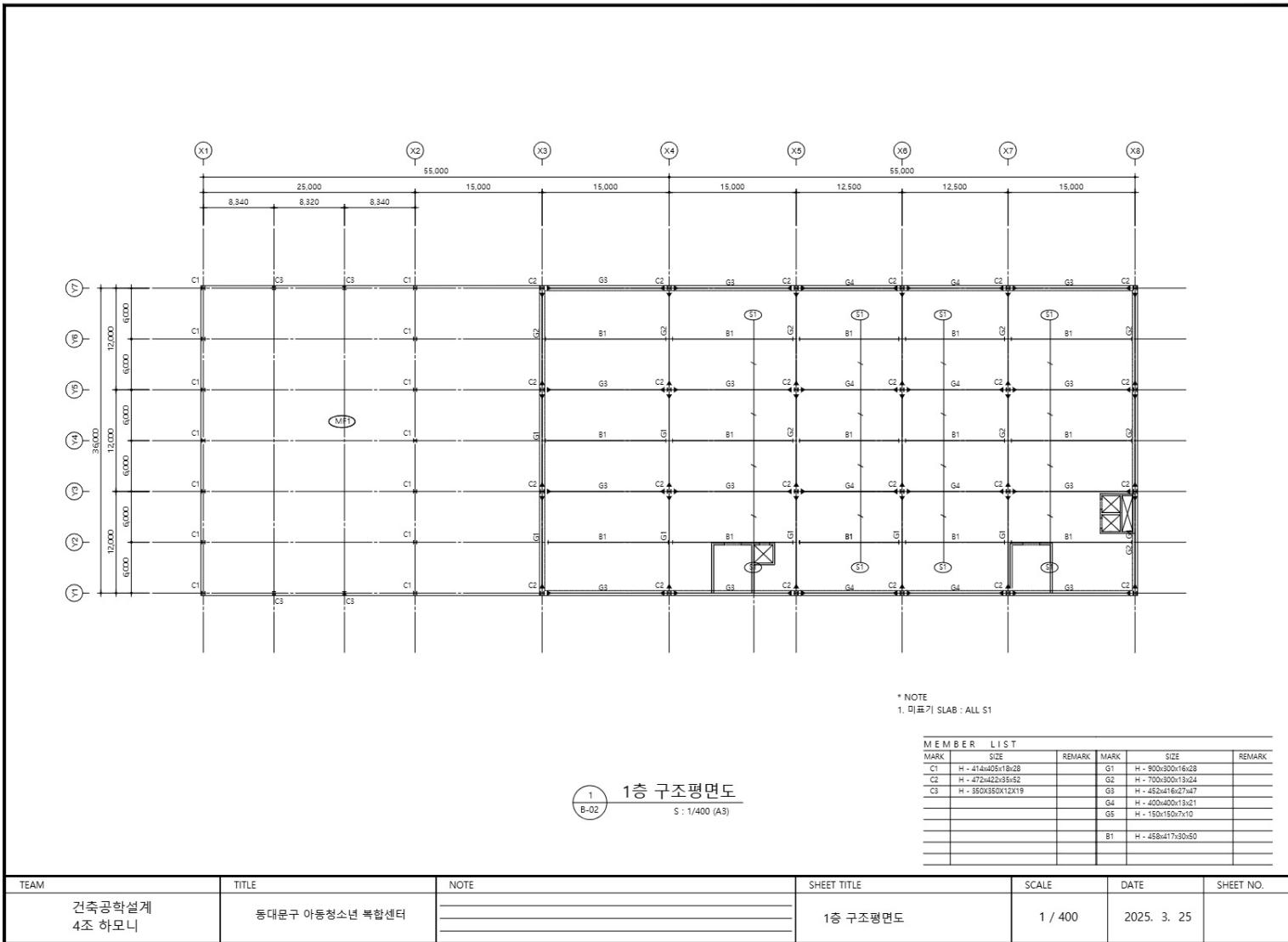
◆ 지하층



구조 도면

● 구조 결과

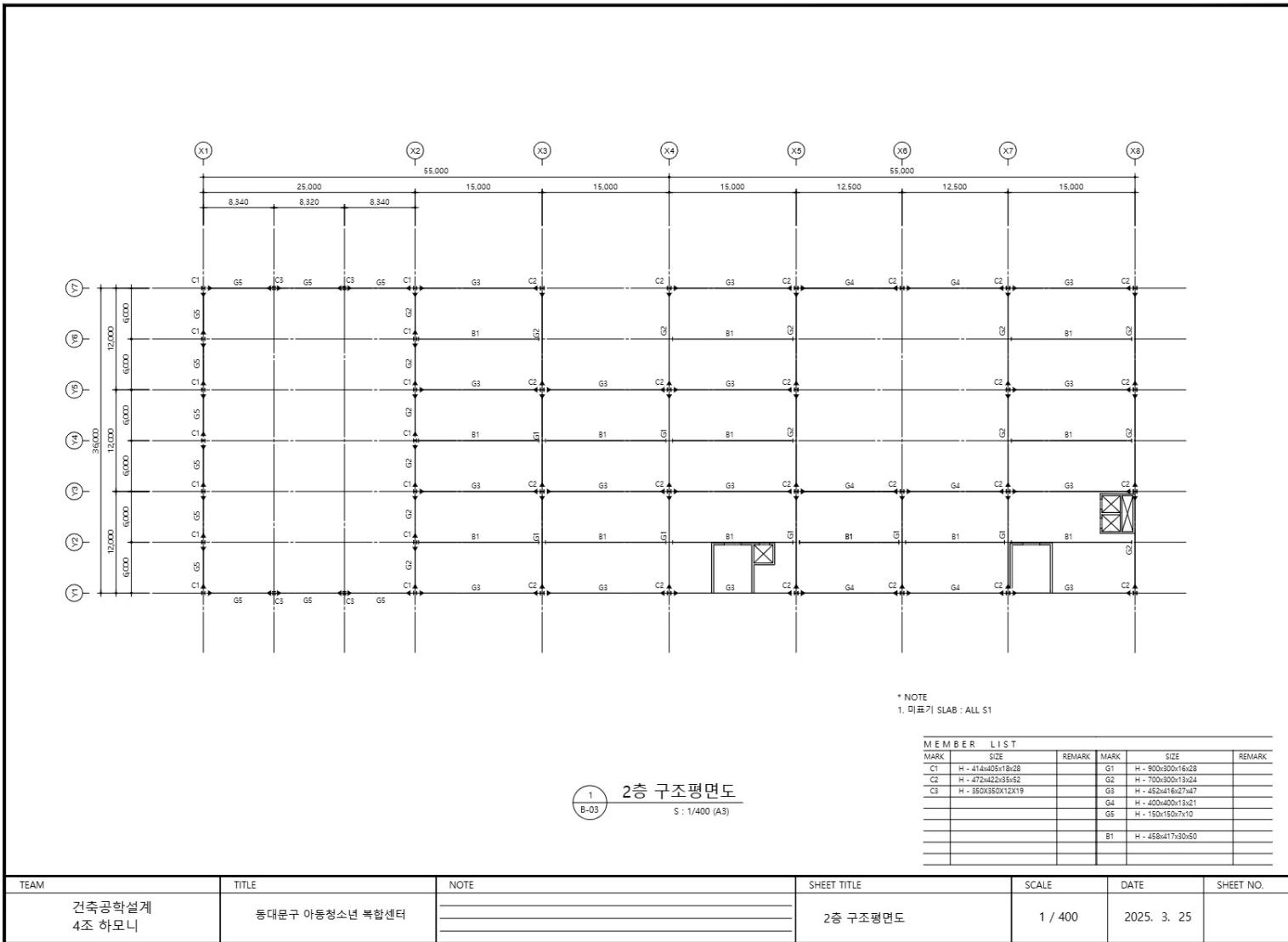
◆ 1층



구조 도면

● 구조 결과

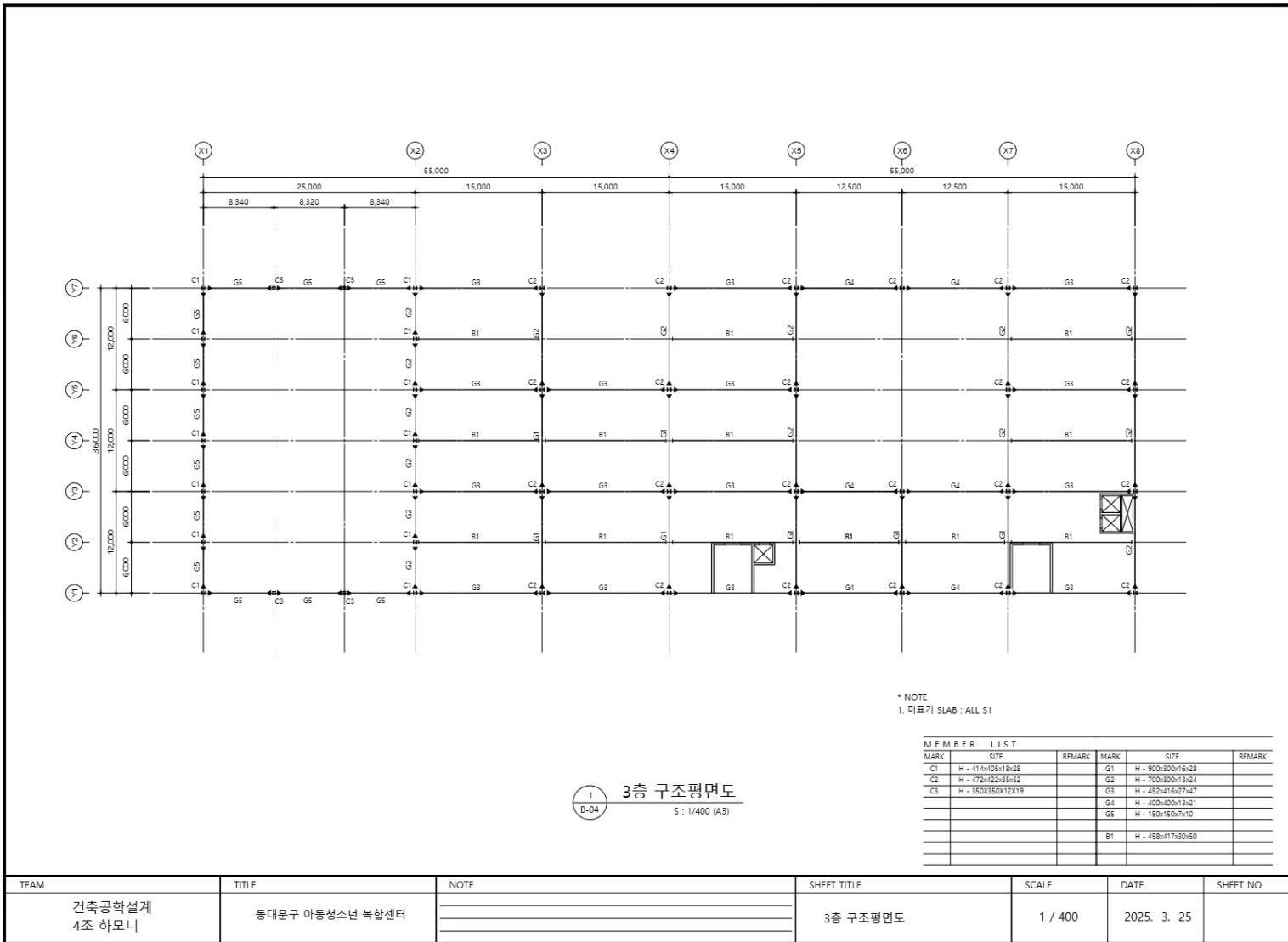
◆ 2층



구조 도면

● 구조 결과

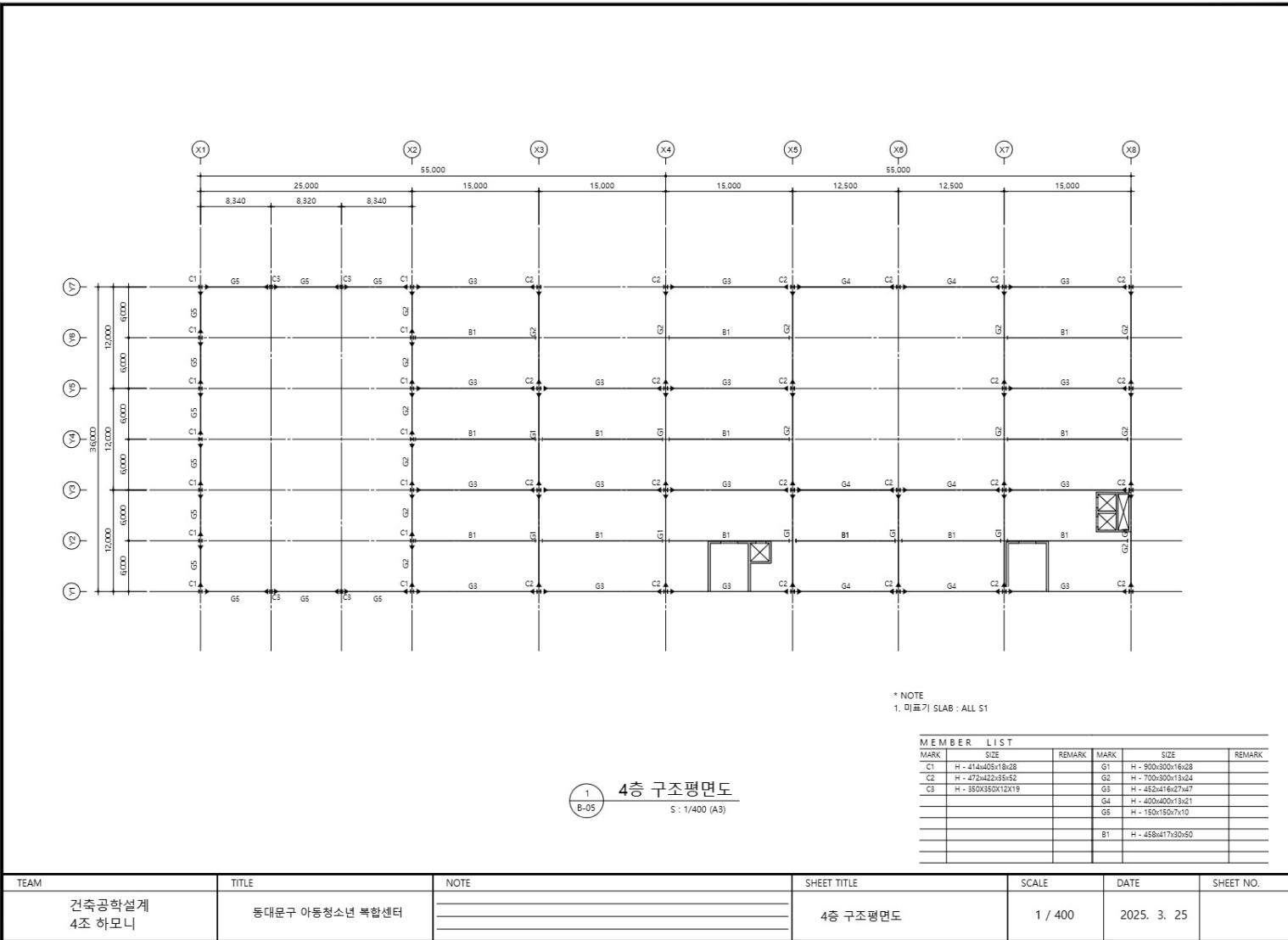
◆ 3층



구조 도면

● 구조 결과

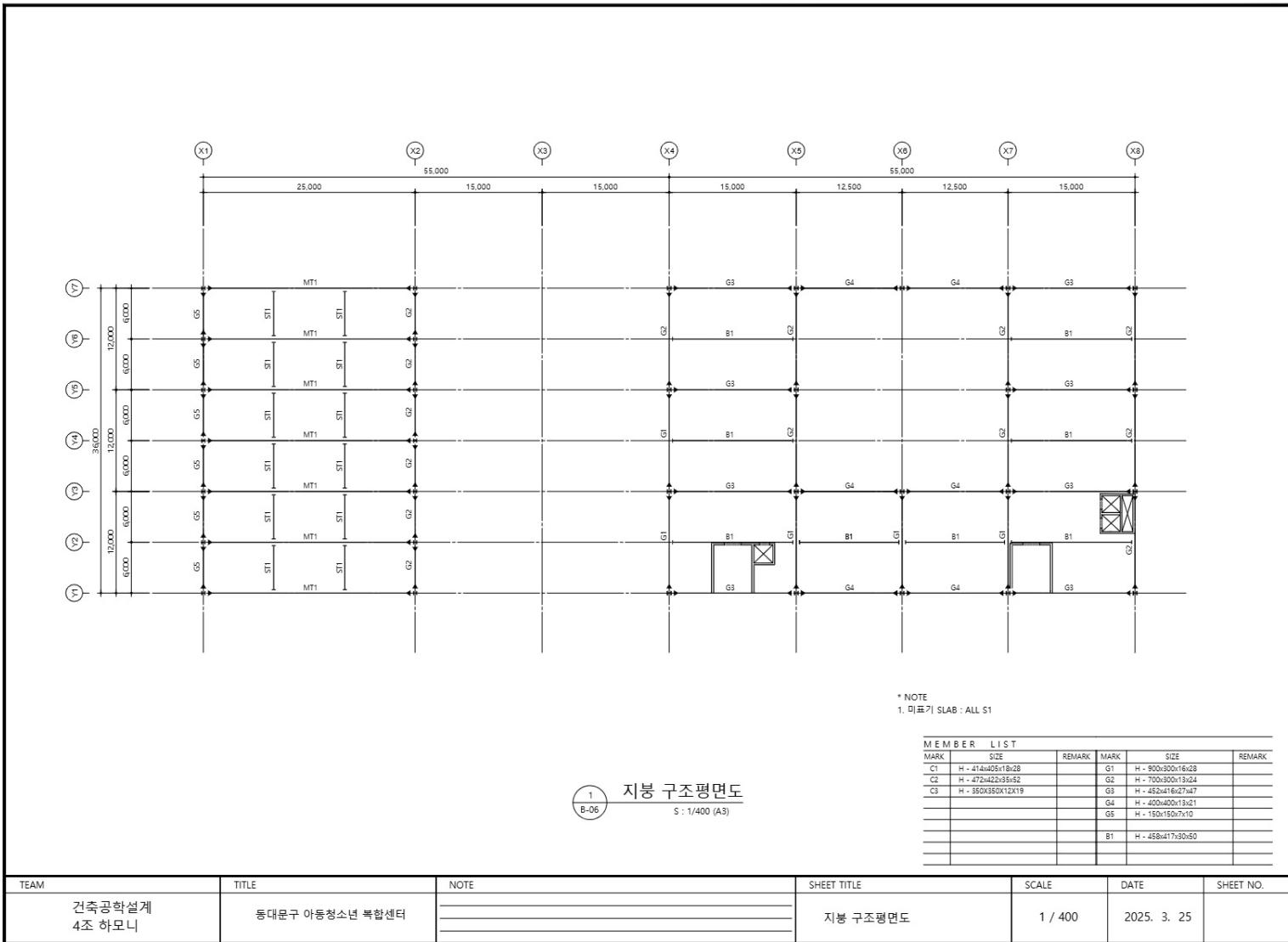
◆ 4층



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

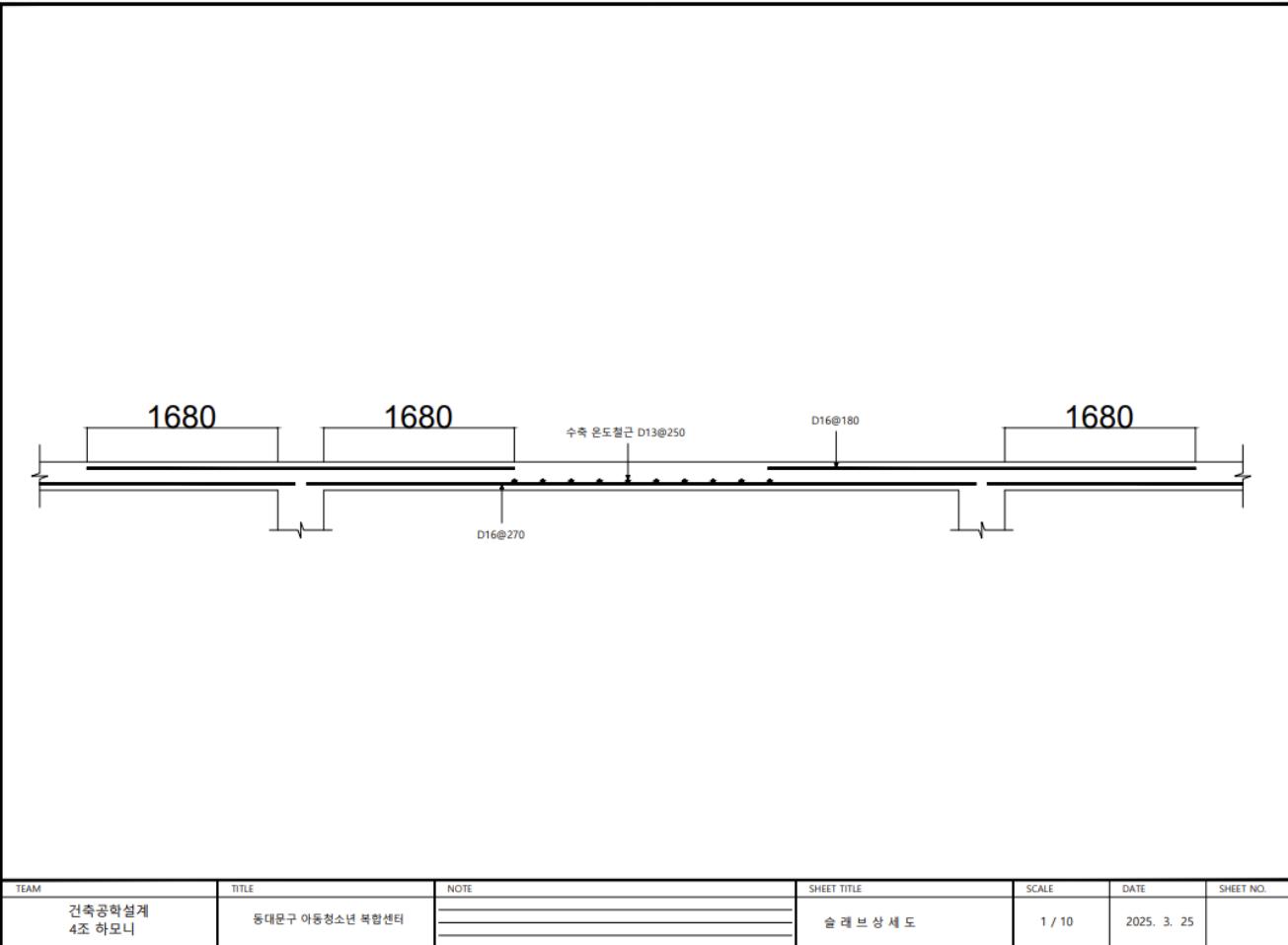
	G1	G2	G3	G4	G5
형태					
규격	H - 900 X 300 X 16 X 28	H - 700 X 300 X 13 X 24	H - 452 X 416 X 29 X 47	H - 400 X 400 X 13 X 21	H - 150 X 150 X 7 X 10
강도	$F_y = 355 \text{ N/mm}^2, F_u = 490 \text{ N/mm}^2$				

	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

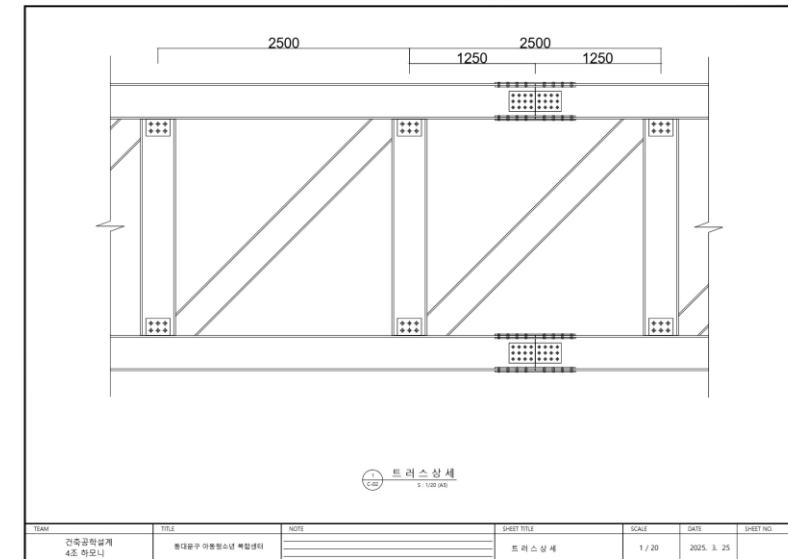
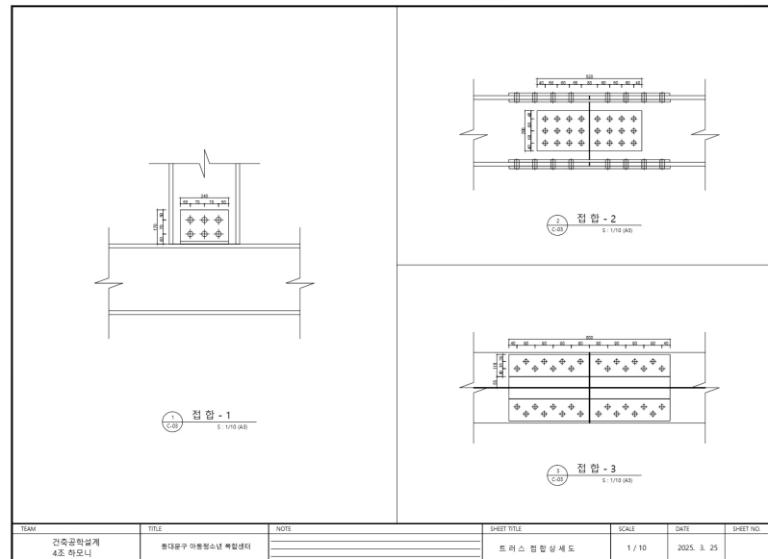
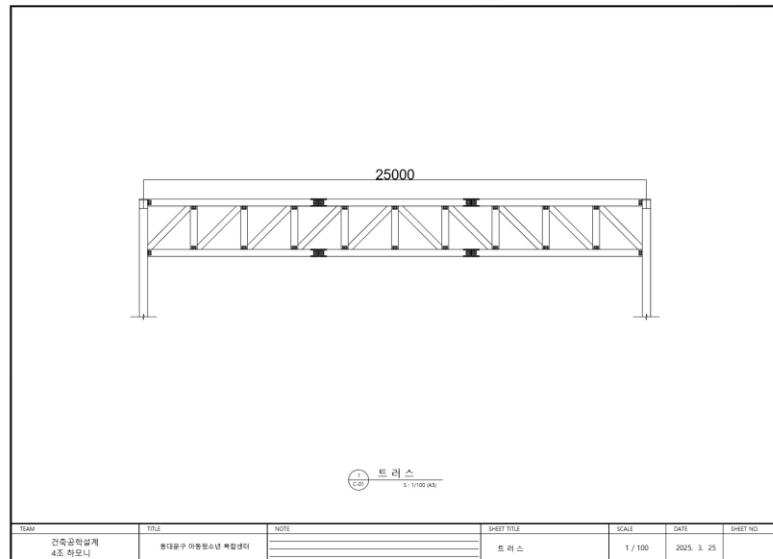
◆ 슬래브 상세도



트러스 상세도

• 구조 결과

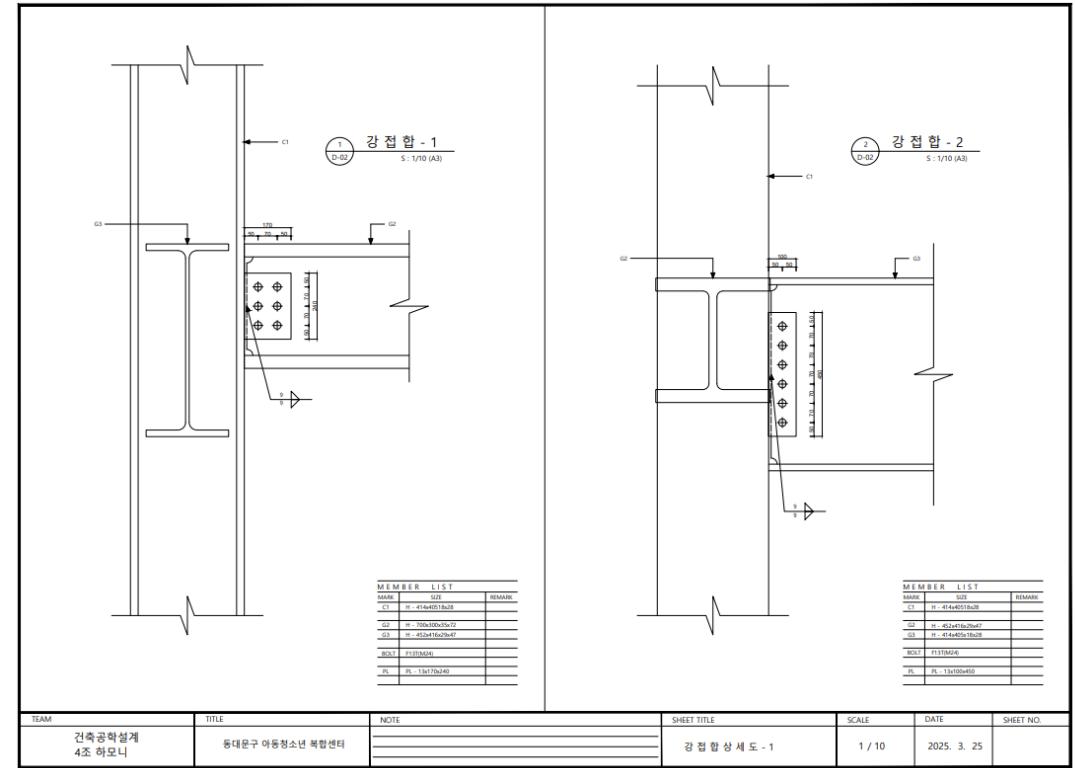
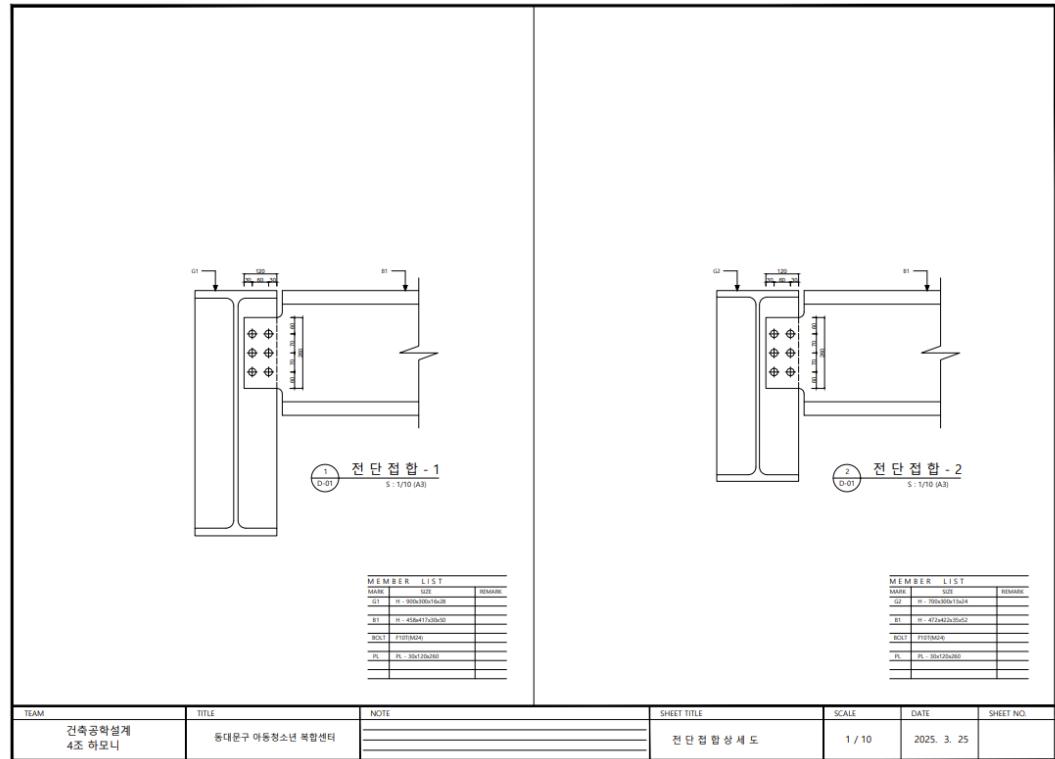
◆ 트러스 상세도



접합부 상세도

● 구조 결과

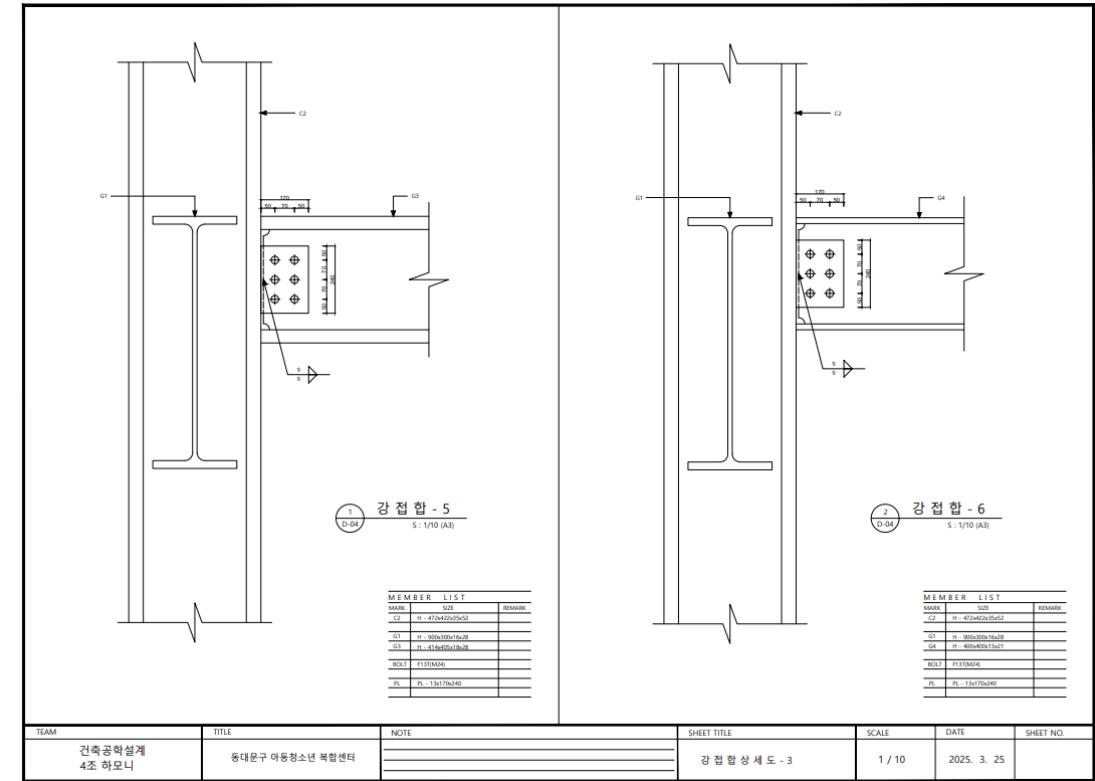
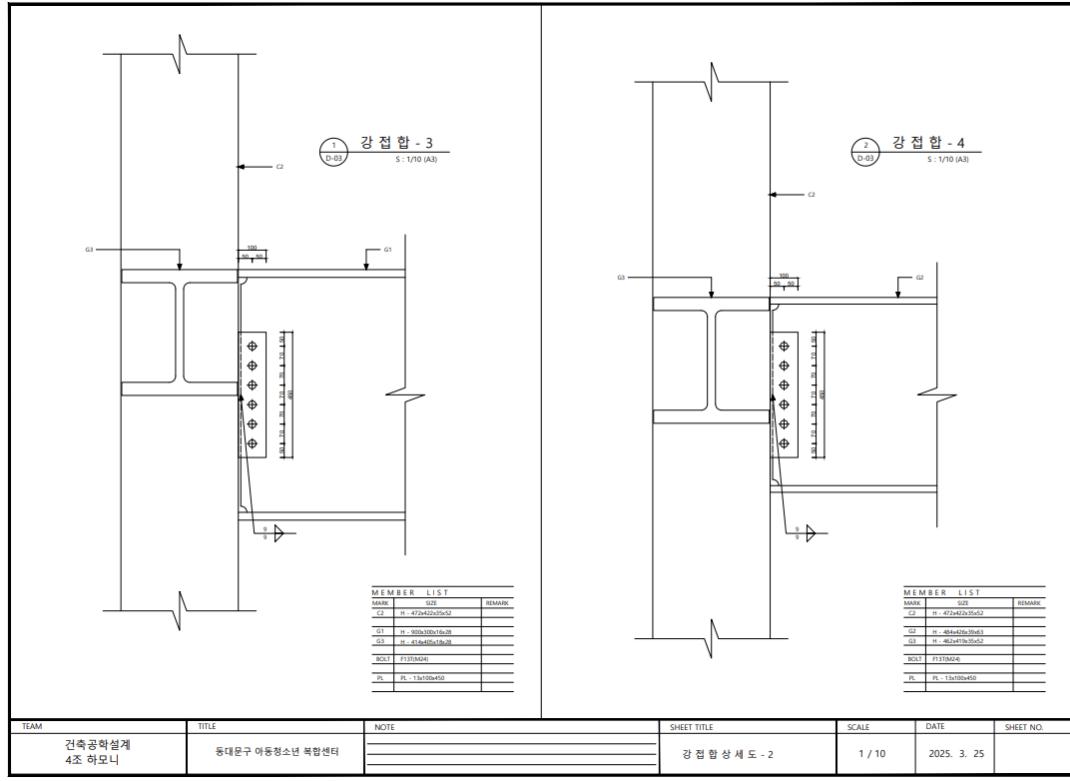
◆ 접합부 상세도



접합부 상세도

● 구조 결과

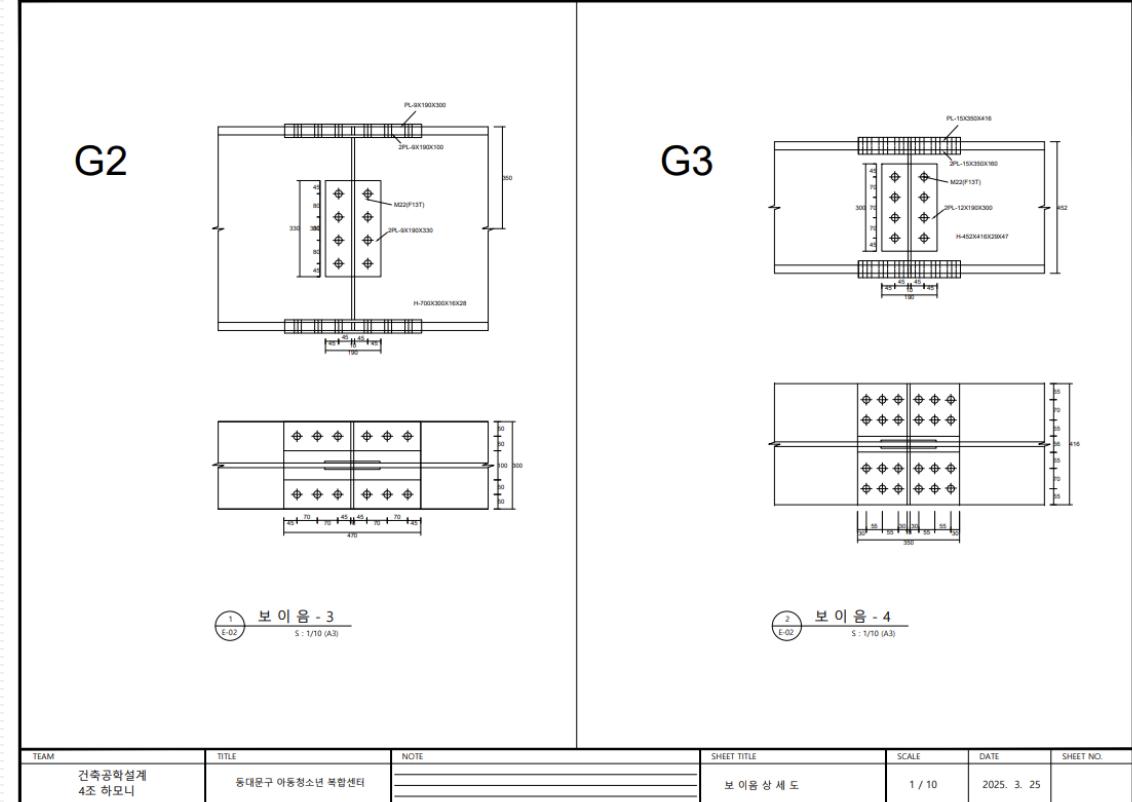
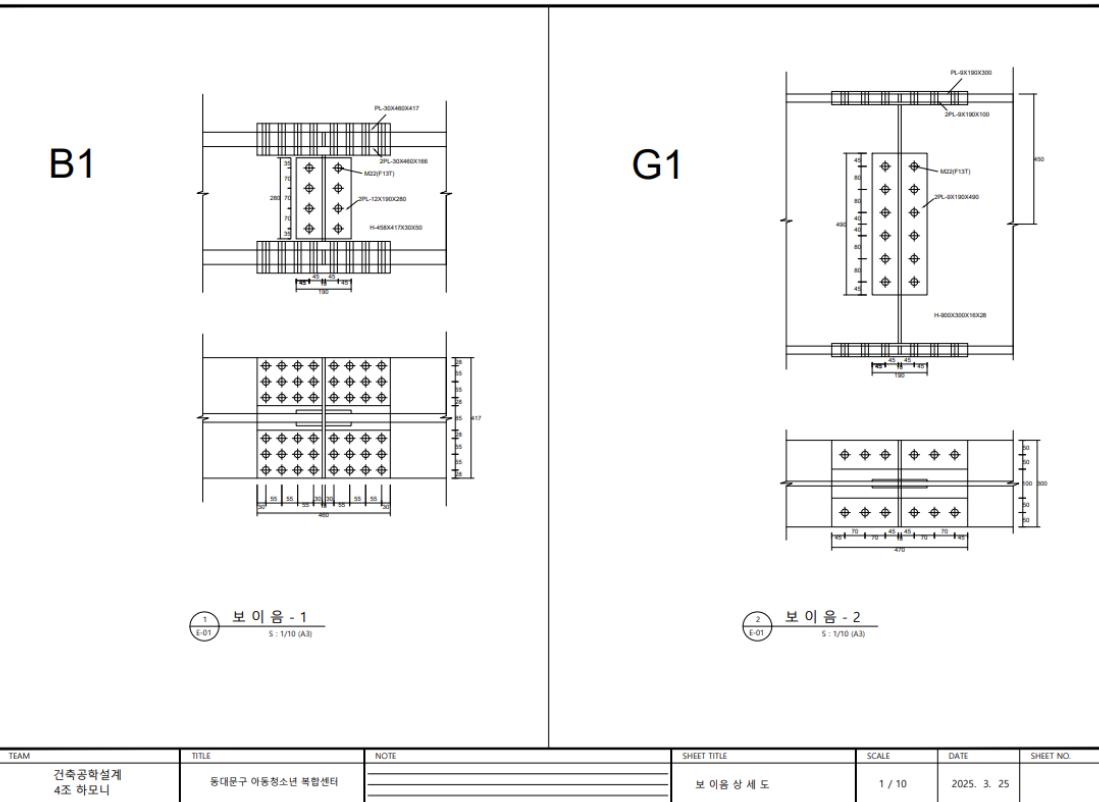
◆ 접합부 상세도



이음 상세도

● 구조 결과

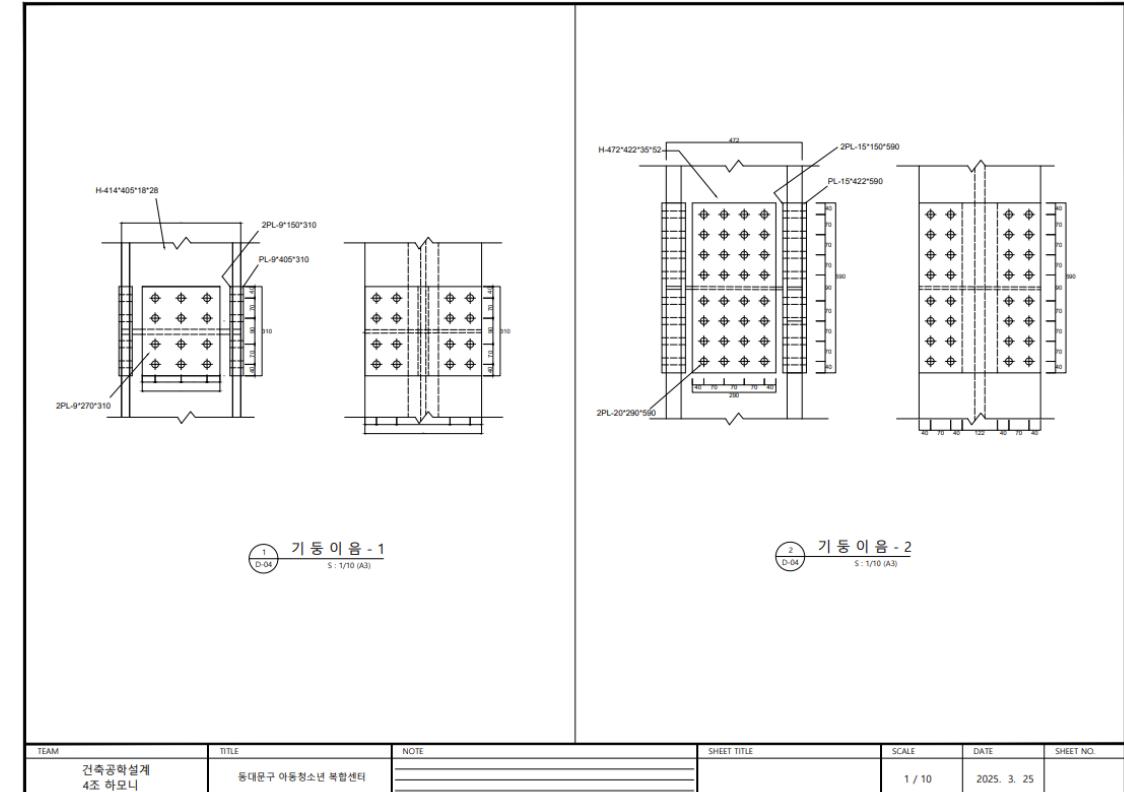
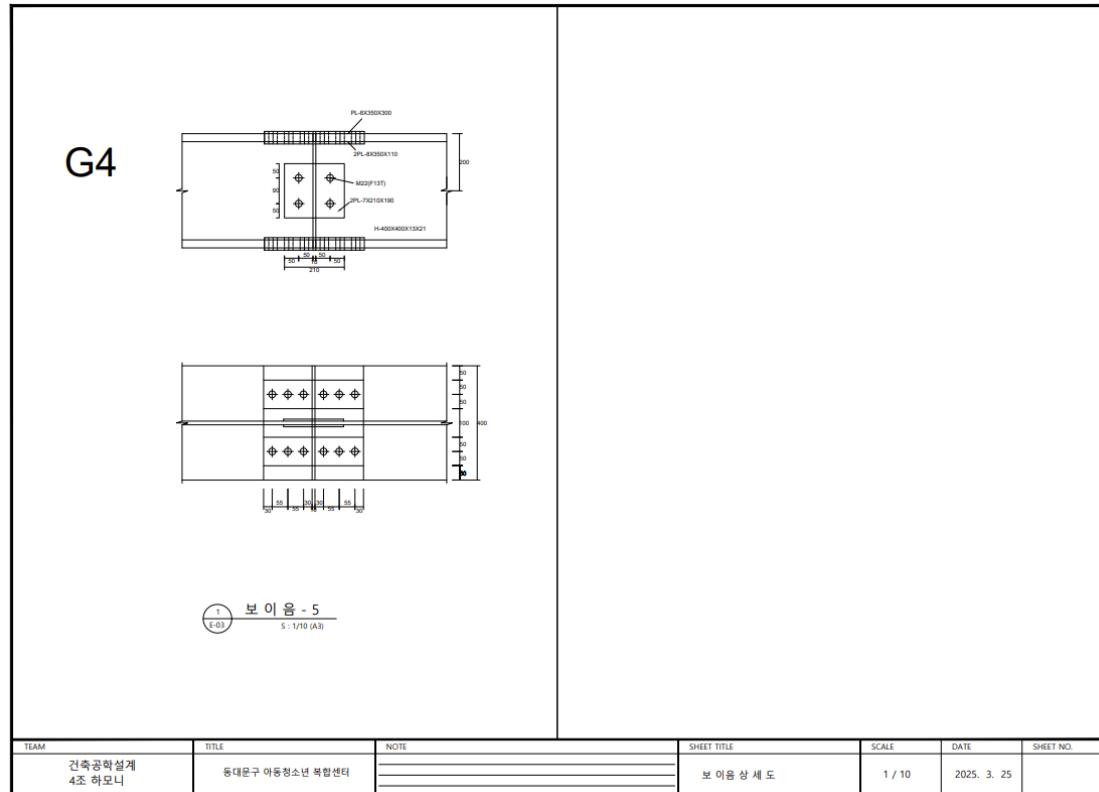
◆ 이음 상세도



이음 상세도

● 구조 결과

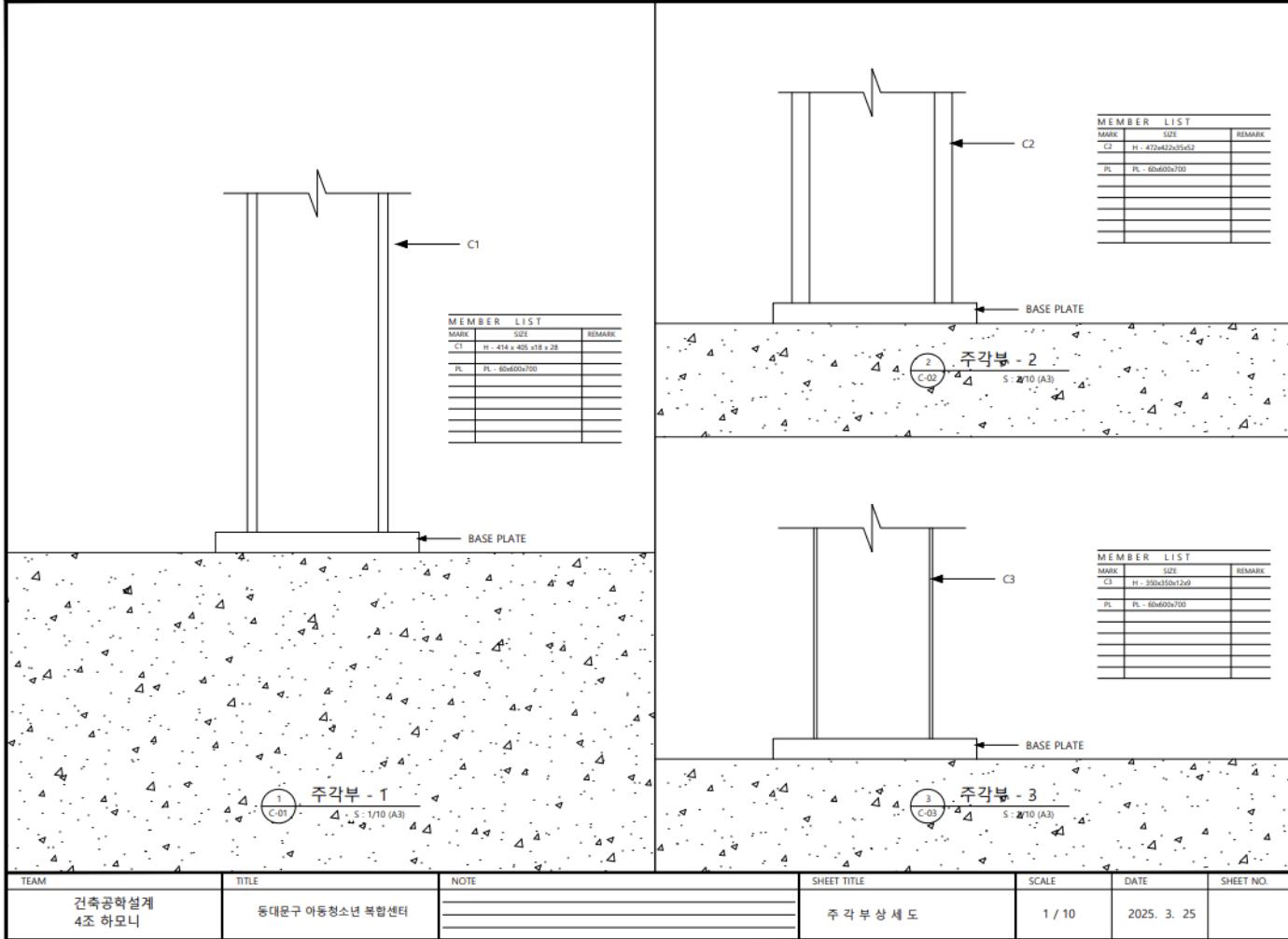
◆ 이음 상세도



주각 상세도

● 구조 결과

◆ 주각 상세도



구조 3D 모델링

• 구조 결과

