

KBS 송신부지 복합문화타운  
건립사업 설계 공모

구조계산서



**서울시립대학교**  
**UNIVERSITY OF SEOUL**

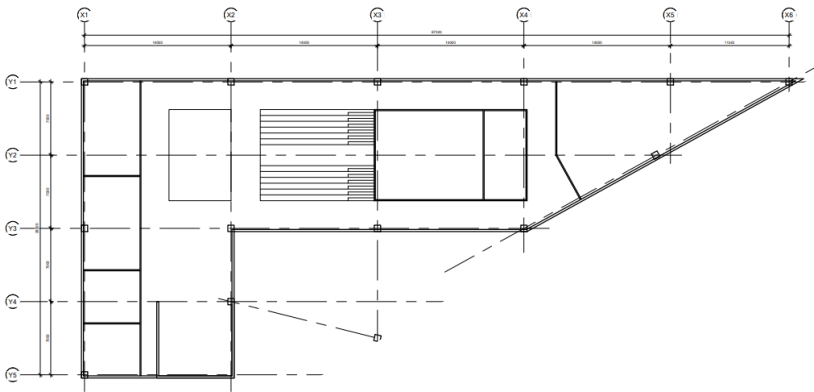
5조 구로마루(GM)

김도연 김호진 이기범 전민우 조재석 진수영 현석호 홍다혜

2022년 4-1 건축공학종합설계

# 슬래브 설계

## (1) 교육연구동



- 조건 -

$$b_w = 600\text{mm}$$

$$f_{ck} = 24\text{MPa}$$

$$f_y = 400\text{MPa}$$

등분포하중) 교육연구동 :  $3\text{kN/m}^2$

학교	교실	3.0
	일반 실험실	3.0
	중량물 실험실	5.0
	1층 외의 모든 층 복도	4.0

### ① 1방향 슬래브인지 검토

$$\frac{\text{장변}}{\text{단변}} = \frac{14}{7} = 2 \geq 2 \therefore 1\text{방향 슬래브로 설계 가능}$$

### ② 바닥두께 산정

: 처짐을 계산하지 않는 경우의 보 or 1방향 슬래브의 최소 두께를 적용

부재	최소두께(h)			
	큰 처짐에 의해 손상되기 쉬운 칸막이 벽이나 기타 구조물을 지지 또는 부착하지 않은 부재			
	단순지지	1단연속	양단연속	캔틸레버
1방향 슬래브	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
· 보 · 리브가 있는 1방향 슬래브	$l/16$	$l/18.5$	$l/21$	$l/8$

• 단부경간(1단연속) :  $\text{최소 } h = \frac{1}{24} = \frac{7000 - \frac{600}{2}}{24} = 279.2\text{mm}$

• 내부경간(양단연속) :  $\text{최소 } h = \frac{1}{28} = \frac{7000}{28} = 250\text{mm}$

$\therefore 279.2\text{mm}$  보다 약간 두꺼운 **300mm** 슬래브를 시도한다.

두께를 최종적으로 결정하기 전에, 휨모멘트 및 전단에 대해 충분한지 검토한다.

### ③ 단면가정

$$h = 300\text{mm}$$

피복두께 : 20mm (옥외의 공기나 흠에 직접 접하지 않는 D35 이하의 철근의 경우)

D16 철근 사용 (공칭직경 : 15.9mm)

$$\therefore \text{유효깊이 } d = 300 - \left(20 + \frac{15.9}{2}\right) = 272.05(\text{mm})$$

### ④ 구조기준의 근사해법 적용 가능여부 확인

ACI 모멘트계수를 적용하기 위한 조건 [구조기준 3.4.1(4)]

1. 2경간 이상인 경우
2. 인접 2경간의 차이가 짧은 경간의 20%이상 차이가 나지 않는 경우
3. 균등한 하중이 작용하는 경우
4. 활하중이 고정하중의 3배를 초과하지 않는 경우
5. 부재의 단면크기가 일정한 경우

#### ■ 고정하중

$$\begin{aligned} \bullet \text{ 슬래브의 고정하중} &: (0.30 \times 1.0 \times 1.0)\text{m}^3 \times 2,300\text{kg/m}^3 \times 9.81\text{m/sec}^2 = 6768.9 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}^2 \\ &= 6768.9 \text{ N} \\ &\Rightarrow \text{바닥면적 } 1\text{m}^2\text{당 } 6.77\text{kN} \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ 바닥피복 고정하중} : 0.025\text{kN/m}^2$$

$$\text{기계장비 고정하중} : 0.20\text{kN/m}^2$$

$$\therefore \text{총 고정하중 } W_D = 6.77 + 0.025 + 0.20 = 7.0 \text{ kN/m}^2$$

#### ■ 활하중

$$\text{활하중 } W_L = 3.0 \text{ kN/m}^2$$

$$\Rightarrow W_L \leq 3 \times W_D \quad \dots < \text{o.k.}>$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ 계수하중 } W_u &= 1.2W_D + 1.6W_L = 1.2 \times 7.0\text{kN/m}^2 + 1.6 \times 3.0\text{kN/m}^2 \\ &= 13.2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$\therefore$  슬래브 설계 스트립에 가해지는 미터 당 하중은  $1\text{m} \times 13.2\text{kN/m}^2 = 13.2\text{kN/m}$ 이다.

### ⑤ 휨모멘트 계산

모멘트 계수( $C_m$ )	-1/24	1/14	-1/10	-1/11	1/16	-1/11	-1/11
전단력 계수( $C_v$ )	1.0	*	1.15	1.0	*	1.0	1.0

(c) 모멘트계수-지지점과 일체가 된 불연속 단부, 받침부가 테두리 보인 경우

$$M_u = C_m (w_u \cdot l_n^2)$$

$$C_m (\text{첫번째 내부받침면 외측면}) = \frac{1}{10}$$

$$l_n (\text{인접경간의 순경간의 평균치}) = \frac{(7000-600-\frac{600}{2})+(7000-600)}{2} = 6250(\text{mm})$$

$$\therefore M_u = \frac{1}{10} \times 13.2\text{kN/m} \times (6250\text{mm})^2 = \text{슬래브의 미터폭 당 } 51.56\text{kN} \cdot \text{m}$$

### ⑥ 철근 설계

- 팔거리 jd 구하기

최대모멘트에서 요구되는 철근과 상응하는 모멘트 팔거리  $jd = d - \frac{a}{2}$  를 계산하고, 기타 단면에서 이 jd 값을 이용한다. (기타 단면에서는 모멘트가 작으므로 이 jd값은 안전측에 있고, 이를 이용하여 계산된  $A_s$  값도 약간 큰 안전측 값을 줄 것이다.)

$jd = 0.925d$  라고 가정.

$$\begin{aligned} \text{단위 m당 } A_{s,\text{소요}} &= \frac{M_u (\text{kN} \cdot \text{m})}{\phi \cdot f_y \cdot jd \left( \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \text{mm} \right)} = \frac{M_u \times 10^6}{\phi \cdot f_y \cdot jd} (\text{mm}^2) \\ &= \frac{51.56 \times 10^6}{0.85 \cdot 400 \cdot (0.925 \times 272.05)} (\text{mm}^2) \\ &= 602.62 (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

$0.85f_{ck}ab = A_s f_y$  를 이용하여 a값을 구해보면,

$$a = \frac{602.62 \times 400}{0.85 \times 24 \times 1000} = 11.82 (\text{mm})$$

$$\therefore jd = d - \frac{a}{2} = 272.05 - \frac{11.82}{2} = 266.14 (\text{mm})$$

첫번째  $A_{s,\text{소요}}$  계산은 jd의 추정에 근거하였으므로, 요구되는  $A_s$  를 다시 계산

$$\begin{aligned} \text{단위 m당 } A_{s,\text{소요}} &= \frac{M_u \times 10^6}{\phi \cdot f_y \cdot jd} (\text{mm}^2) = \frac{51.56 \times 10^6}{0.85 \cdot 400 \cdot 266.14} \\ &= 569.80 (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

- 최소휨철근 결정

철근의 최대간격(위험단면) :  $s_{max} \leq \min [2h, 300mm]$

$$= \min [2 \times 300mm, 300mm] = 300mm$$

$$A_{s,min} = 0.0020bh = 0.0020 \times 1000 \times 300$$

$$= 600mm^2 \text{ (미터 당)}$$

300mm 선택

간격계산(최외단 받침부 내면)  $\rightarrow A_{s,min} \leq \frac{1000}{s} \times A_b$

D16@300, 1m 배치

$$s \leq \frac{1000}{600} \times 198.6 = 331 \text{ (mm)}$$

$$A_{s,배치} = \frac{1000}{300} \times 198.6 = 662 \text{ mm}^2 \text{ (미터 당)}$$

$\therefore A_{s,설계} = 794.4 \text{ mm}^2$  (4 - D16)  $\rightarrow$  **휨철근은 D-16철근을 중심간격 300mm 으로 배치**

## ⑦ 전단 검토

- 첫번째 내부 받침면

$$l_n = 7000 - 600 - \frac{600}{2} = 6100 \text{ mm}$$

$$V_u = 1.15 \frac{w_u l_n}{2} = 1.15 \times \frac{13.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 6100 \text{ mm}}{2} = 46.30 \text{ kN}$$

- 그 외 내부 받침면

$$l_n = 7000 - 600 = 6400 \text{ mm}$$

$$V_u = 1.0 \frac{w_u l_n}{2} = 1.0 \times \frac{13.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 6400 \text{ mm}}{2} = 42.24 \text{ kN}$$

- 슬래브 전단강도  $\phi V_c$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \frac{\lambda}{6} \sqrt{f_{ck}} bd = 0.75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{24} \times 1000 \times 272.05 \\ &= 166.60 \text{ kN} \end{aligned}$$

$\therefore V_u = 46.30 \text{ kN} < \phi V_c = 166.60 \text{ kN}$  ... <0.k.>

⑧ 수축·온도철근 계산 (슬래브 경간에 직각방향으로 배치)

$$A_{s,min} = 0.0020bh = 0.0020 \times 1000 \times 300$$

$$= 600 \text{ mm}^2 \text{ (미터 당)}$$

$$s_{max} \leq \min [5h, 450\text{mm}]$$

$$= \min [5 \times 300\text{mm}, 450\text{mm}] = 450\text{mm}$$

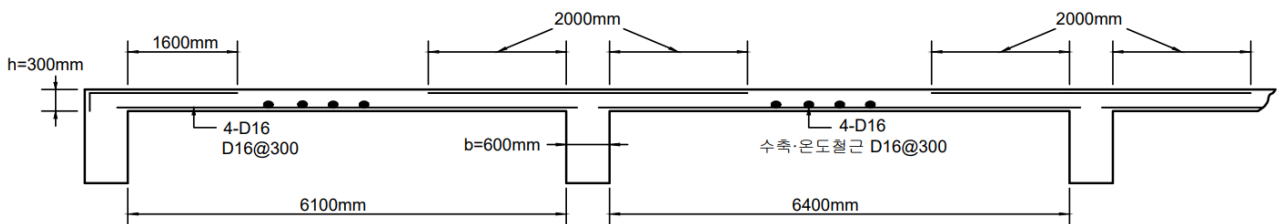
간격계산  $\rightarrow A_{s,min} \leq \frac{1000}{s} \times A_b$

D16, 1m 배치  $s \leq \frac{1000}{600} \times 198.6 = 331 \text{ (mm)}$

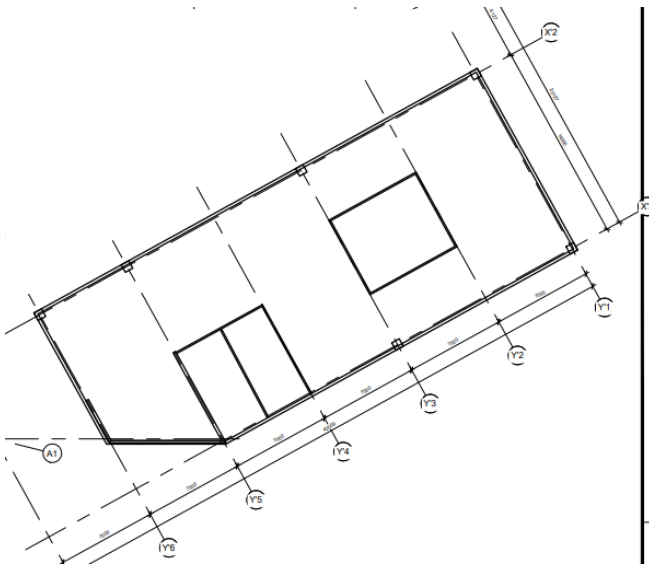
$$A_{s,배치} = \frac{1000}{300} \times 198.6 = 662 \text{ mm}^2 \text{ (미터 당)}$$

$\therefore A_{s,설계} = 794.4 \text{ mm}^2$  (4 - D16)  $\rightarrow$  수축·온도에 대한 보강으로 D-16철근을 중심간격 300mm 으로 배치

⑨ (교육연구동) 슬래브 설계 완료



## (2) 도서관동



- 조건 -

$$b_w = 600\text{mm}$$

$$f_{ck} = 24\text{MPa}$$

$$f_y = 400\text{MPa}$$

등분포활하중)

도서관동 :  $7.5\text{kN/m}^2$

	열람실	3.0
도서관	서고	7.5
	1층 외의 모든 층 복도	4.0

### ① 1방향 슬래브인지 검토

$$\frac{\text{장변}}{\text{단변}} = \frac{14}{7} = 2 \geq 2 \therefore 1\text{방향 슬래브로 설계 가능}$$

### ② 바닥두께 산정

: 처짐을 계산하지 않는 경우의 보 or 1방향 슬래브의 최소 두께를 적용

부재	최소두께(h)			
	큰 처짐에 의해 손상되기 쉬운 칸막이 벽이나 기타 구조물을 지지 또는 부착하지 않은 부재			
	단순지지	1단연속	양단연속	캔틸레버
1방향 슬래브	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
· 보 · 리브가 있는 1방향 슬래브	$l/16$	$l/18.5$	$l/21$	$l/8$

- 단부경간(1단연속) : 최소  $h = \frac{1}{24} = \frac{7000 - \frac{600}{2}}{24} = 279.2\text{mm}$

- 내부경간(양단연속) : 최소  $h = \frac{1}{28} = \frac{7000}{28} = 250\text{mm}$

$\therefore$  279.2mm 보다 약간 두꺼운 300mm 슬래브를 시도한다.

두께를 최종적으로 결정하기 전에, 휨모멘트 및 전단에 대해 충분한지 검토한다.

### ③ 단면가정

$$h = 300\text{mm}$$

피복두께 : 20mm (옥외의 공기나 흠에 직접 접하지 않는 D35 이하의 철근의 경우)

D19 철근 사용 (공칭직경 : 19.1mm)

$$\therefore \text{유효깊이 } d = 300 - \left(20 + \frac{19.1}{2}\right) = 270.45 \text{ (mm)}$$

### ④ 구조기준의 근사해법 적용 가능여부 확인

ACI 모멘트계수를 적용하기 위한 조건 [구조기준 3.4.1(4)]

1. 2경간 이상인 경우
2. 인접 2경간의 차이가 짧은 경간의 20%이상 차이가 나지 않는 경우
3. 균등한 하중이 작용하는 경우
4. 활하중이 고정하중의 3배를 초과하지 않는 경우
5. 부재의 단면크기가 일정한 경우

#### ■ 고정하중

- 슬래브의 고정하중 :  $(0.30 \times 1.0 \times 1.0)\text{m}^3 \times 2,300\text{kg/m}^3 \times 9.81\text{m/sec}^2 = 6768.9 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}^2$   
 $= 6768.9 \text{ N}$   
 $\Rightarrow \text{바닥면적 } 1\text{m}^2\text{당 } 6.77\text{kN}$

- 바닥피복 고정하중 :  $0.025\text{kN/m}^2$

기계장비 고정하중 :  $0.20\text{kN/m}^2$

$$\therefore \text{총 고정하중 } W_D = 6.77 + 0.025 + 0.20 = 7.0 \text{ kN/m}^2$$

#### ■ 활하중

$$\text{활하중 } W_L = 7.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\Rightarrow W_L \leq 3 \times W_D \quad \dots < \text{o.k.} >$$

$$\begin{aligned} \text{■ 계수하중 } W_u &= 1.2W_D + 1.6W_L = 1.2 \times 7.0\text{kN/m}^2 + 1.6 \times 7.5\text{kN/m}^2 \\ &= 20.4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$\therefore$  슬래브 설계 스트립에 가해지는 미터 당 하중은  $1\text{m} \times 20.4\text{kN/m}^2 = 20.4 \text{ kN/m}$  이다.



⑤ 휨모멘트 계산

모멘트 계수( $C_m$ )	-1/24	1/14	-1/10	-1/11	1/16	-1/11	-1/11
전단력 계수( $C_v$ )	1.0	*	1.15	1.0	*	1.0	1.0

(e) 모멘트계수-지지점과 일체가 된 불연속 단부, 받침부가 테두리 보인 경우

$$M_u = C_m (w_u \cdot l_n^2)$$

$$C_m (\text{첫번째 내부받침면 외측면}) = \frac{1}{10}$$

$$l_n (\text{인접경간의 순경간의 평균치}) = \frac{(7000-600-\frac{600}{2})+(7000-600)}{2} = 6250(\text{mm})$$

$$\therefore M_u = \frac{1}{10} \times 20.4\text{kN/m} \times (6250\text{mm})^2 = \text{슬래브의 미터폭 당 } 79.69 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

⑥ 철근 설계

- 팔거리 jd 구하기

최대모멘트에서 요구되는 철근과 상응하는 모멘트 팔거리  $jd = d - \frac{a}{2}$  를 계산하고, 기타 단면에서 이 jd 값을 이용한다. (기타 단면에서는 모멘트가 작으므로 이 jd값은 안전측에 있고, 이를 이용하여 계산된  $A_s$  값도 약간 큰 안전측 값을 줄 것이다.)

$jd = 0.925d$  라고 가정.

$$\begin{aligned} \text{단위 m당 } A_{s, \text{소요}} &= \frac{M_u (\text{kN} \cdot \text{m})}{\phi \cdot f_y \cdot jd \left( \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \text{mm} \right)} = \frac{M_u \times 10^6}{\phi \cdot f_y \cdot jd} (\text{mm}^2) \\ &= \frac{79.69 \times 10^6}{0.85 \cdot 400 \cdot (0.925 \times 272.45)} (\text{mm}^2) \\ &= 930.03 (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

$0.85f_{ck}ab = A_s f_y$  를 이용하여 a값을 구해보면,

$$a = \frac{930.03 \times 400}{0.85 \times 24 \times 1000} = 18.24 (\text{mm})$$

$$\therefore jd = d - \frac{a}{2} = 272.05 - \frac{18.24}{2} = 262.93 (\text{mm})$$

첫번째  $A_{s, \text{소요}}$  계산은 jd의 추정에 근거하였으므로, 요구되는  $A_s$  를 다시 계산

$$\begin{aligned} \text{단위 m당 } A_{s, \text{소요}} &= \frac{M_u \times 10^6}{\phi \cdot f_y \cdot jd} (\text{mm}^2) = \frac{79.69 \times 10^6}{0.85 \cdot 400 \cdot 262.93} \\ &= 891.42 (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

- 최소힘철근 결정

철근의 최대간격(위험단면) :  $s_{max} \leq \min [2h, 300mm]$

$$= \min[2 \times 300mm, 300mm] = 300mm$$

$$A_{s,min} = 0.0020bh = 0.0020 \times 1000 \times 300$$

$$= 600mm^2 \text{ (미터 당)}$$

300mm 선택

간격계산(최외단 받침부 내면)  $\rightarrow A_{s,min} \leq \frac{1000}{s} \times A_b$

D19@300, 1m 배치

$$s \leq \frac{1000}{600} \times 286.5 = 477.5 \text{ (mm)}$$

$$A_{s,배치} = \frac{1000}{300} \times 286.5 = 955 \text{ mm}^2 \text{ (미터 당)}$$

$\therefore A_{s,설계} = 1146 \text{ mm}^2$  (4 - D19)  $\rightarrow$  힘철근) D-19철근을 중심간격 300mm 으로 배치

## ⑦ 전단 검토

- 첫번째 내부 받침면

$$l_n = 7000 - 600 - \frac{600}{2} = 6100 \text{ mm}$$

$$V_u = 1.15 \frac{w_u l_n}{2} = 1.15 \times \frac{20.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 6100 \text{ mm}}{2} = 62.22 \text{ kN}$$

- 그 외 내부 받침면

$$l_n = 7000 - 600 = 6400 \text{ mm}$$

$$V_u = 1.0 \frac{w_u l_n}{2} = 1.0 \times \frac{20.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 6400 \text{ mm}}{2} = 65.28 \text{ kN}$$

- 슬래브 전단강도  $\phi V_c$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \frac{\lambda}{6} \sqrt{f_{ck}} bd = 0.75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{24} \times 1000 \times 272.45 \\ &= 166.84 \text{ kN} \end{aligned}$$

$\therefore V_u = 65.28 \text{ kN} < \phi V_c = 166.84 \text{ kN} \quad \dots <0.k.>$

⑧ 수축·온도철근 계산 (슬래브 경간에 직각방향으로 배치)

$$A_{s,min} = 0.0020bh = 0.0020 \times 1000 \times 300$$

$$= 600 \text{ mm}^2 \text{ (미터 당)}$$

$$s_{max} \leq \min [5h, 450\text{mm}]$$

$$= \min [5 \times 300\text{mm}, 450\text{mm}] = 450\text{mm}$$

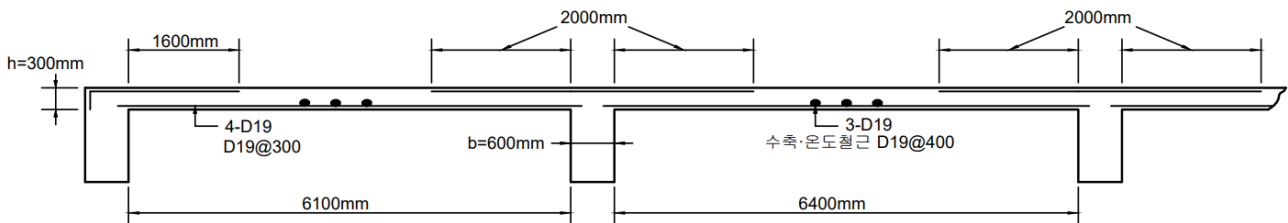
간격계산  $\rightarrow A_{s,min} \leq \frac{1000}{s} \times A_b$

D16, 1m 배치  $s \leq \frac{1000}{600} \times 286.5 = 477.5 \text{ (mm)}$

$$A_{s,배치} = \frac{1000}{400} \times 286.5 = 716.25 \text{ mm}^2 \text{ (미터 당)}$$

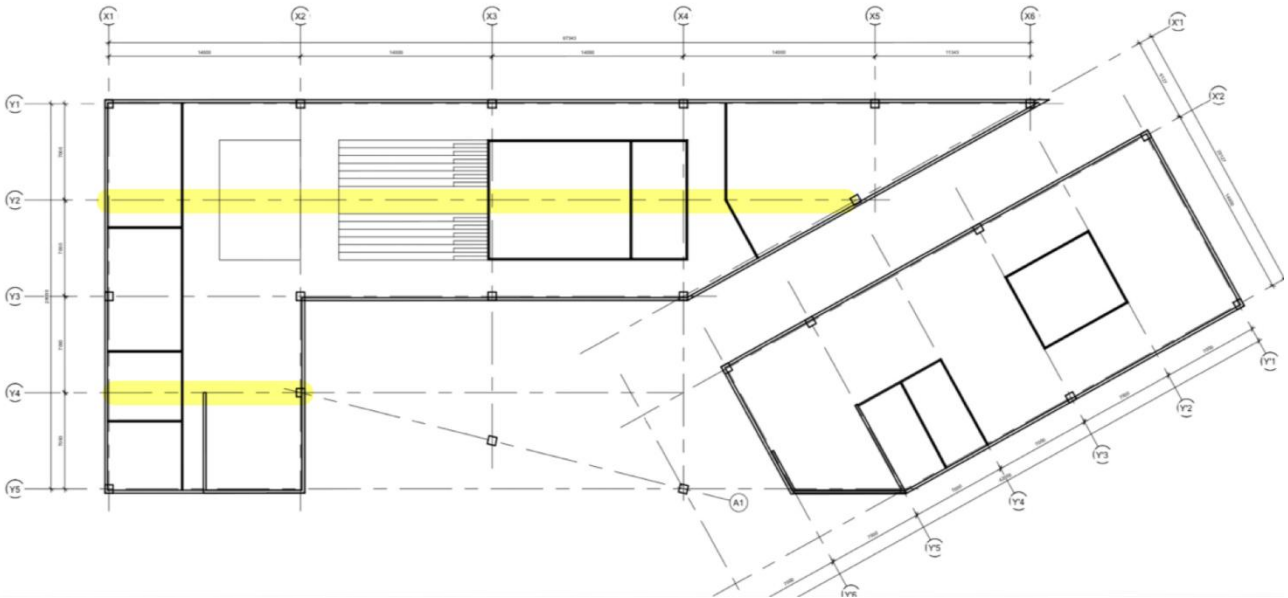
$\therefore A_{s,설계} = 859.5 \text{ mm}^2$  (3 - D19)  $\rightarrow$  수축·온도에 대한 보강) D-19철근을 중심간격 400mm으로 배치

⑨ (도서관동) 슬래브 설계 완료



## <보 설계>

### ✓ Beam 1



부재 초기힘세장비를 15로 가정, 따라서 부재의 높이  $\Rightarrow \frac{14}{15} = 0.93\text{m} \approx 900\text{mm}$

$b_w = 600\text{mm}$ 일 경우 슬라브 두께는  $\frac{7000 - \frac{600}{2}}{24} = 279.2\text{mm} \approx 280\text{mm}$ 로 설계가능

-> 300mm 슬라브 <o.k.>

#### >> $B_{req}$ 값 검토

$$B_{req} = 2(30 + 10) + (22 \times 4) + 25 \times 3 = 243\text{mm}$$

$$\therefore B_{\text{설계}} = 600\text{mm} > B_{req} = 243\text{mm} <\text{o.k.}>$$

#### >> $M_u$ 값 계산

$$D.L = g_s = 0.3\text{m} \times 3.5\text{m} \times 24\text{kN/m}^3 = 26\text{kN/m}$$

$$L.L = 3\text{kN/m}^2 \times 3.5\text{m} = 11\text{kNm/m} \quad (*\text{교실활하중 } 3\text{kN/m}^2)$$

5	학교	1층 외의 모든 층 복도	4.0
		교실	3.0
		일반 실험실	3.0
		중량물 실험실	5.0
		1층 외의 모든 층 복도	4.0

(KDS 41 10 15 / 3.2.1)

$$\Rightarrow 1.2DL+1.6LL=49\text{kN/m}$$

$$\therefore M_u = \frac{WL^2}{12} = \frac{49 \times 14^2}{12} = 797\text{kN} \cdot \text{m}$$

### » 철근량 산정

$$C = T = A_s \cdot f_y \quad (f_y = f_s \text{ 라고 가정})$$

이때,  $c = 100\text{mm}$ 라고 가정하면,

$$A_{s,\text{req}} = \frac{0.85 \cdot 24 \cdot a \cdot b}{400} = \frac{0.85 \cdot 24 \cdot (0.85 \cdot 100) \cdot 600}{400} \quad (f_{ck} = 24\text{Mpa})$$

$$= 2601\text{mm}^2$$

$$\therefore A_{s,\text{설계}} = 3547 \text{ mm}^2 \quad (7 - D25)$$

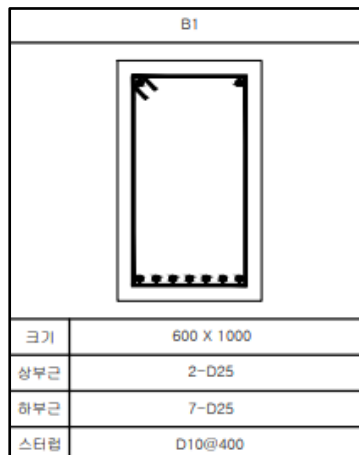
단면의 폭	b	600	mm
단면의 높이	h	1000	mm
압축 철근 직경	d'b	25.4	mm
인장 철근 직경	db	25.4	mm
압축 철근 갯수		2	
인장 철근 갯수		7	
압축연단으로부터 인장철근 중심까지의 거리	d	937.3	mm
압축연단으로부터 압축철근 중심까지의 거리	d'	62.7	mm
압축연단으로부터 최외단철근의 중심까지의 거리	dt	937.3	mm
콘크리트의 압축강도	fc	24	MPa
콘크리트의 항복변형률	$\epsilon_{cu}$	0.003	
형상 계수	$\beta_1$	0.85	
철근의 항복강도	fy	400	MPa
철근의 탄성계수	Es	200000	MPa
인장철근의 단면적	As	3547.0	mm <sup>2</sup>
압축철근의 단면적	A's	1013.4	mm <sup>2</sup>
철근의 항복변형률	$\epsilon_y$	0.002	
최외단 철근의 변형률	$\epsilon_t$	0.02587	

인장철근 항복? 압축철근 항복?

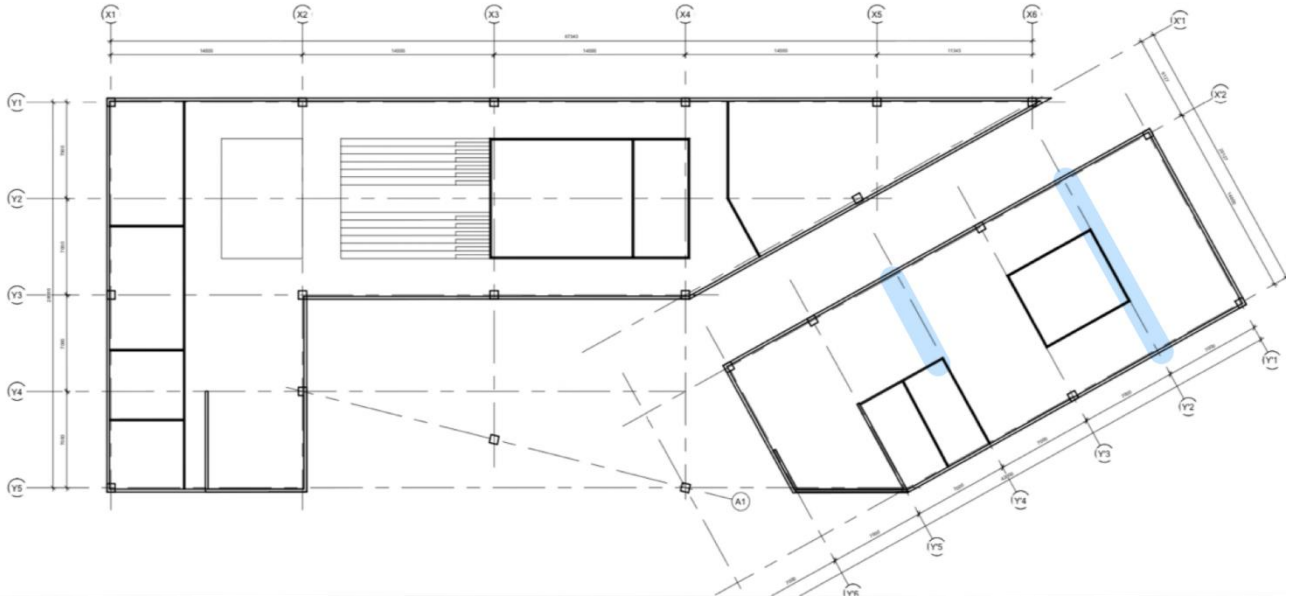
a (mm)	c (mm)	$\epsilon_s$	$\epsilon'_s$	fs=fy ?	f's=fy?	재검토 a	재검토 c	Mn (kN*m)	$\phi$	$\phi Mn$
82.8	97.4	0.02587	0.00107	fs=fy	f's=fy	94.31	110.95	1027.80	0.85	873.63
최대철근비 만족?		최소 철근비 만족?							$\mu$	$\phi Mn > \mu ?$
Okay		Okay							797	Okay

Av	71.3	piVc	97.57603628	kN
s,소요	-274.356	Vu	24.5	kN
smax		필요Vs	-97.43471503	kN

<B1 부재도>



✓ Beam 2



부재 초기힘세장비를 15로 가정, 따라서 부재의 높이 =>  $\frac{14}{15}=0.93\text{m}\approx 900\text{mm}$

$b_w=500\text{mm}$ 일 경우 슬라브 두께는  $\frac{7000-500}{24} = 281.1\text{mm}$ 로 설계가능

-> 300mm 슬라브 < o.k >

>>  $B_{req}$  값 검토

$$B_{req} = 2(30 + 10) + (25 \times 5) + 25 \times 4 = 305\text{mm}$$

$\therefore B_{설계} = 500\text{mm} > B_{req} = 305\text{mm} < \text{o.k.} >$

>>  $M_u$  값 계산

$$D.L = g_s = 0.3\text{m} \times 3.5\text{m} \times 24\text{kN/m}^3 = 26\text{kN/m}$$

$$L.L = 7.5\text{kN/m}^2 \times 3.5\text{m} = 26\text{kN/m} \quad (*\text{서고활하중 } 7.5\text{ kN/m}^2)$$

9	도서관	열람실	3.0
		서고	7.5
		1층 외의 모든 층 복도	4.0

(KDS 41 10 15 / 3.2.1)

$\Rightarrow 1.2DL+1.6LL=73kN/m$

$\therefore M_u = \frac{WL^2}{12} = \frac{72 \times 14^2}{12} = 1194kN \cdot m$

>> 철근량 산정

$C = T = A_s \cdot f_y$  ( $f_y = f_s$  라고 가정)

이때,  $c = 200mm$ 라고 가정하면,

$A_{s,req} = \frac{0.85 \cdot 24 \cdot a \cdot b}{400} = \frac{0.85 \cdot 24 \cdot (0.85 \cdot 200) \cdot 600}{400}$  ( $f_{ck} = 24Mpa$ )  
 $= 4941mm^2$

$\therefore A_{s,설계} = 5067mm^2$  (10 - D25)

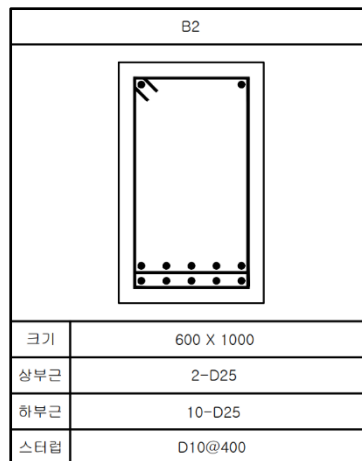
단면의 폭	b	600	mm
단면의 높이	h	1000	mm
압축 철근 직경	d'b	25.4	mm
인장 철근 직경	db	25.4	mm
압축 철근 갯수	2		
인장 철근 갯수	10		
압축연단으로부터 인장철근 중심까지의 거리	d	937.3	mm
압축연단으로부터 압축철근 중심까지의 거리	d'	62.7	mm
압축연단으로부터 최외단철근의 중심까지의 거리	de	937.3	mm
콘크리트의 압축강도	fck	24	MPa
콘크리트의 항복변형률	εcu	0.003	
형상 계수	β1	0.85	
철근의 항복강도	fy	400	MPa
철근의 탄성계수	Es	200000	MPa
인장철근의 단면적	As	5067.1	mm <sup>2</sup>
압축철근의 단면적	A's	1013.4	mm <sup>2</sup>
철근의 항복변형률	εy	0.002	
최외단 철근의 변형률	εt	0.01504	

인장철근 항복? 압축철근 항복?

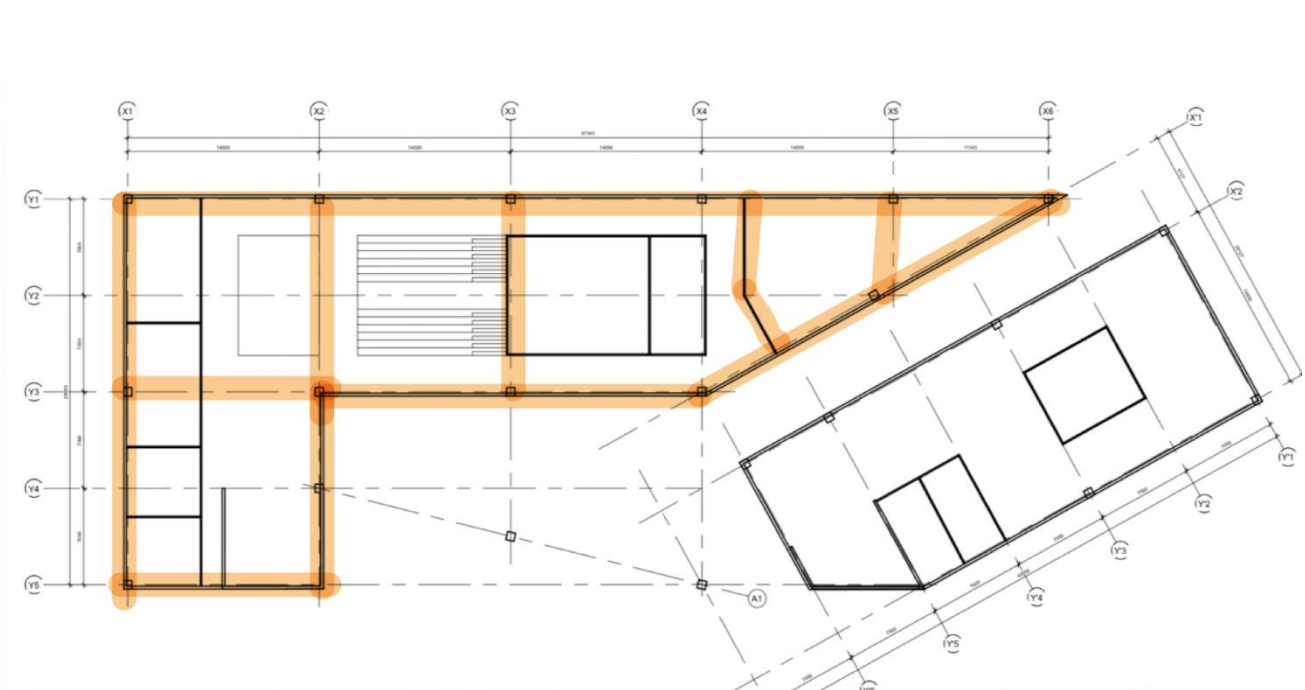
a (mm)	c (mm)	εs	ε's	fs=fy ?	f's=fy?	재검토 a	재검토 c	Mn (kN*m)	φ	φMn
132.5	155.9	0.01504	0.00179	fs=fy	f's=fy	135.46	159.36	1442.13	0.85	1225.81
최대철근비 만족?				최소 철근비 만족?					Mu	φMn>Mu ?
Okay				Okay					1194	Okay
	Av	71.3		piVc	97.57603628	kN				
	s,소요	-274.356		Vu	24.5	kN				
	smax			필요Vs	-97.43471503	kN				



### <B2 부재도>



### ✓ Girder 1



부재 초기힘세장비를 15로 가정, 따라서 부재의 높이  $\Rightarrow \frac{14}{15} = 0.93\text{m} \approx 900\text{mm}$

$b_w = 600\text{mm}$ 일 경우 슬라브 두께는  $\frac{7000 - \frac{600}{2}}{24} = 279.2\text{mm} \approx 280\text{mm}$ 로 설계가능

-> 300mm 슬라브 <O.k>

≫ B<sub>req</sub> 값 검토

$$B_{req} = 2(30 + 10) + (25 \times 8) + 25 \times 7 = 455\text{mm}$$

$$\therefore B_{설계} = 600\text{mm} > B_{req} = 455\text{mm} < \text{o.k.} >$$

≫ M<sub>u</sub> 값 계산

$$D.L = g_s + g_b = 0.3\text{m} \times 3.5\text{m} \times 24\text{kN/m}^3 + 0.7\text{m} \times 0.6\text{m} \times 24\text{kN/m}^3 = 35\text{kN/m}$$

$$L.L = 3\text{kN/m}^2 \times 3.5\text{m} = 11\text{kN/m}$$

$$\Rightarrow 1.2DL + 1.6LL = 60\text{kN/m}$$

$$\therefore M_u = \frac{WL^2}{12} = \frac{60 \times 14^2}{12} = 980\text{kN} \cdot \text{m}$$

≫ 철근량 산정

$$C = T = A_s \cdot f_y \quad (f_y = f_s \text{ 라고 가정})$$

이때, c = 200mm라고 가정하면,

$$A_{s,req} = \frac{0.85 \cdot 24 \cdot a \cdot b}{400} = \frac{0.85 \cdot 24 \cdot (0.85 \cdot 200) \cdot 600}{400} \quad (f_{ck} = 24\text{Mpa})$$
$$= 5202\text{mm}^2$$

$$\therefore A_{s,설계} = 6080.5\text{mm}^2 \quad (12 - D25)$$

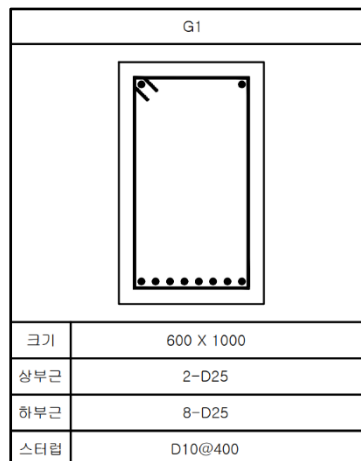
단면의 폭	b	600	mm
단면의 높이	h	1000	mm
압축 철근 직경	d'b	25.4	mm
인장 철근 직경	db	25.4	mm
압축 철근 갯수	2		
인장 철근 갯수	8		
압축연단으로부터 인장철근 중심까지의 거리	d	937.3	mm
압축연단으로부터 압축철근 중심까지의 거리	d'	62.7	mm
압축연단으로부터 최외단철근의 중심까지의 거리	dt	937.3	mm
콘크리트의 압축강도	fck	24	MPa
콘크리트의 항복변형률	$\epsilon_{cu}$	0.003	
형상 계수	$\beta_1$	0.85	
철근의 항복강도	fy	400	MPa
철근의 탄성계수	Es	200000	MPa
인장철근의 단면적	As	4053.7	mm <sup>2</sup>
압축철근의 단면적	A's	1013.4	mm <sup>2</sup>
철근의 항복변형률	$\epsilon_y$	0.002	
최외단 철근의 변형률	$\epsilon_t$	0.02106	

인장철근 항복? 압축철근 항복?

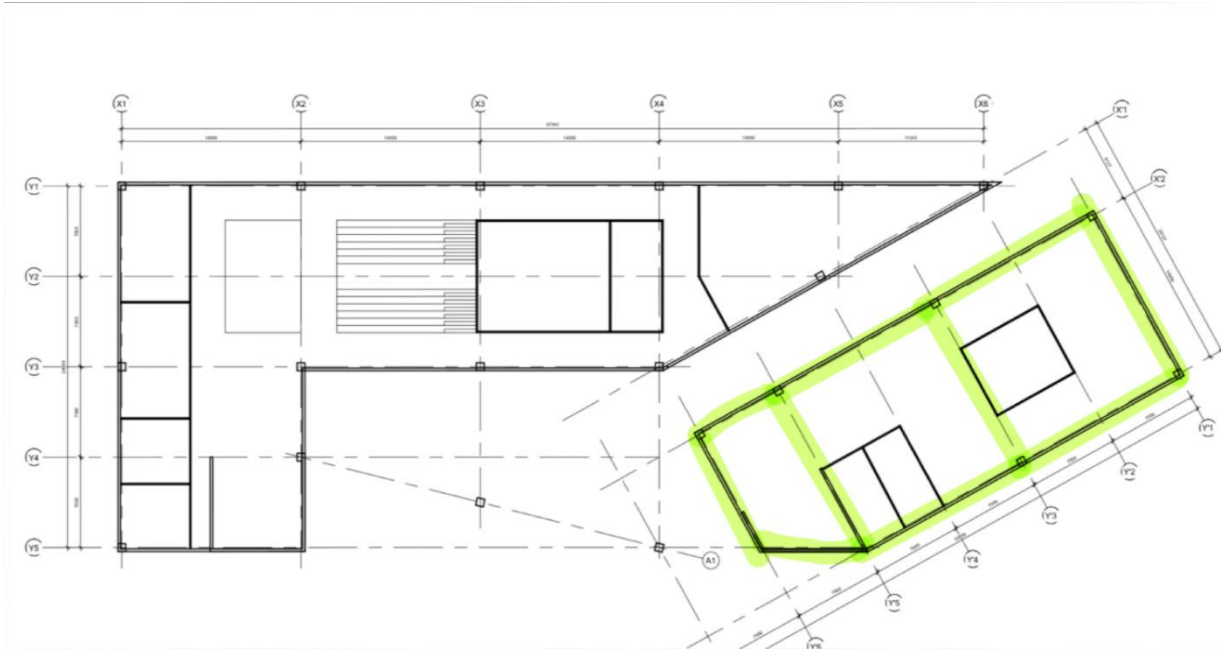
a (mm)	c (mm)	$\epsilon_s$	$\epsilon'_s$	fs=fy ?	f's=fy?	재검토 a	재검토 c	Mn (kN*m)	$\phi$	$\phi M_n$
99.4	116.9	0.02106	0.00139	fs=fy	f's≠fy	107.44	126.40	1162.25	0.85	987.91
최대철근비 만족?		최소 철근비 만족?							$\mu_u$	$\phi M_n > \mu_u ?$
Okay		Okay							980	Okay

Av	71.3	piVc	97.57603628	kN
s,소요	-274.356	Vu	24.5	kN
smax		필요Vs	-97.43471503	kN

### <G1 부재도>



✓ Girder 2



부재 초기힘세장비를 14로 가정, 따라서 부재의 높이  $\Rightarrow \frac{14}{15} = 0.93\text{m} \approx 900\text{mm}$

$b_w = 600\text{mm}$ 일 경우 슬라브 두께는  $\frac{7000 - \frac{600}{2}}{24} = 279.2\text{mm} \approx 280\text{mm}$ 로 설계가능

-> 300mm 슬라브 <o.k.>

>>  $B_{req}$  값 검토

$$B_{req} = 2(30 + 10) + (25 \times 9) + 25 \times 8 = 505\text{mm}$$

$$\therefore B_{s, \text{설계}} = 600\text{mm} > B_{req} = 505\text{mm} <\text{o.k.}>$$

>>  $M_u$  값 계산

$$D.L = g_s + g_b = 0.3\text{m} \times 3.5\text{m} \times 24\text{kN/m}^3 + 0.7\text{m} \times 0.6\text{m} \times 24\text{kN/m}^3 = 35\text{kN/m}$$

$$L.L = 7.5\text{kN/m}^2 \times 3.5\text{m} = 26\text{kN/m}$$

$$\Rightarrow 1.2DL + 1.6LL = 84\text{kN/m}$$

$$\therefore M_u = \frac{WL^2}{12} = \frac{84 \times 14^2}{12} = 1372\text{kN} \cdot \text{m}$$

» 철근량 산정

$$C = T = A_s \cdot f_y \quad (f_y = f_s \text{ 라고 가정})$$

이때,  $c = 210\text{mm}$ 라고 가정하면,

$$A_{s,req} = \frac{0.85 \cdot 24 \cdot a \cdot b}{400} = \frac{0.85 \cdot 24 \cdot (0.85 \cdot 210) \cdot 600}{400} \quad (f_{ck} = 24\text{Mpa})$$

$$= 5462\text{mm}^2$$

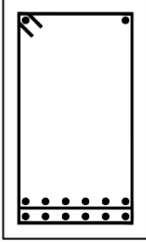
$\therefore A_{s,설계} = 6080.5\text{mm}^2 \text{ (25 - D25)}$

단면의 폭	b	600	mm
단면의 높이	h	1000	mm
압축 철근 직경	d'b	25.4	mm
인장 철근 직경	db	25.4	mm
압축 철근 갯수	2		
인장 철근 갯수	12		
압축연단으로부터 인장철근 중심까지의 거리	d	937.3	mm
압축연단으로부터 압축철근 중심까지의 거리	d'	62.7	mm
압축연단으로부터 최외단철근의 중심까지의 거리	dt	937.3	mm
콘크리트의 압축강도	$f_{ck}$	24	MPa
콘크리트의 항복변형률	$\epsilon_{cu}$	0.003	
형상 계수	$\beta_1$	0.85	
철근의 항복강도	$f_y$	400	MPa
철근의 탄성계수	$E_s$	200000	MPa
인장철근의 단면적	$A_s$	6080.5	mm <sup>2</sup>
압축철근의 단면적	$A's$	1013.4	mm <sup>2</sup>
철근의 항복변형률	$\epsilon_y$	0.002	
최외단 철근의 변형률	$\epsilon_t$	0.01143	

인장철근 항복? 압축철근 항복?

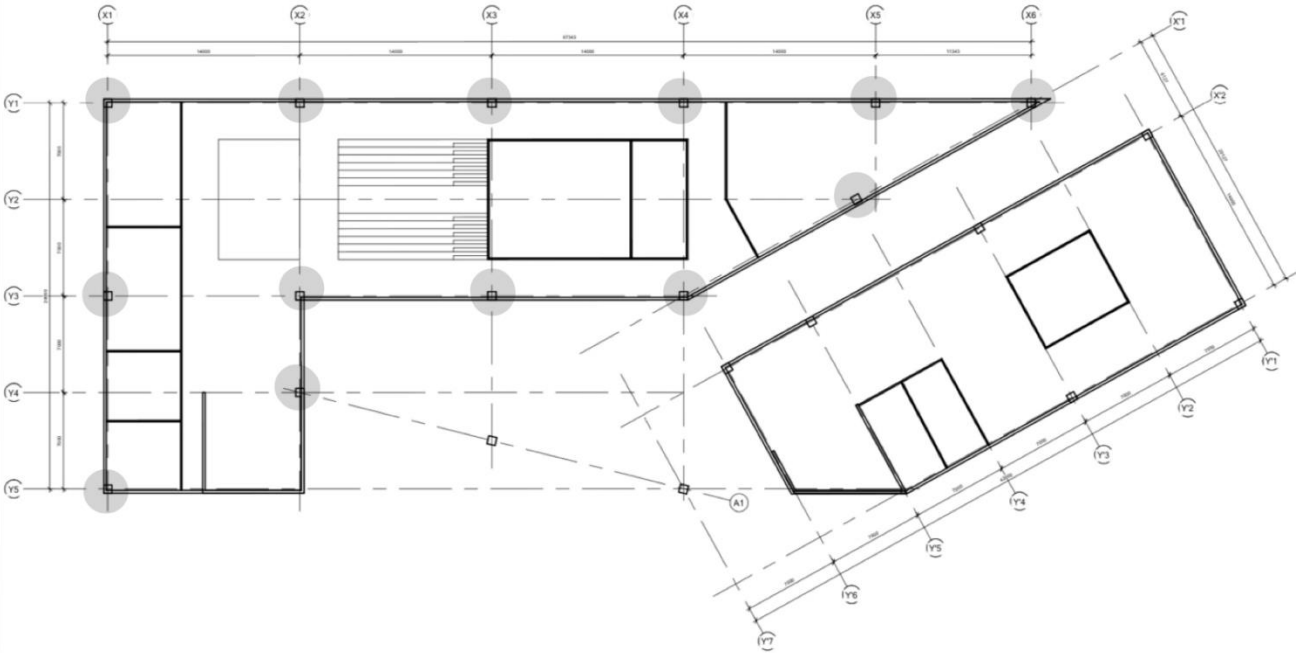
a (mm)	c (mm)	$\epsilon_s$	$\epsilon'_s$	$f_s=f_y ?$	$f'_s=f_y ?$	재검토 a	재검토 c	Mn (kN*m)	$\phi$	$\phi M_n$	
165.6	194.8	0.01143	0.00203	$f_s=f_y$	$f'_s=f_y$	No need	No need	2086.47	0.85	1773.50	
최대철근비 만족?				최소 철근비 만족?						Mu	$\phi M_n > M_u ?$
Okay				Okay						1372	Okay
	Av	71.3		piVc	97.57603628	kN					
	s,소요	-274.356		Vu	24.5	kN					
	smax			필요Vs	-97.43471503	kN					

<G2 부재도>

G2	
	
크기	600 X 1000
상부근	2-D25
하부근	12-D25
스터럽	D10@400

## <기둥 설계>

### ✓ Column 1



기둥의 단면을 600mm × 600mm 이라 가정하면,

#### ① 계수축하중 계산

D.L = 슬래브 \* 3층

$$= (0.3\text{m} \times 7\text{m} \times 14\text{m}) \times 3 \times 24\text{kN/m}^3$$

$$= 2117\text{kN}$$

L.L =  $(3\text{kN/m}^2 \times 7\text{m} \times 14\text{m}) \times 3 = 882\text{kN}$

$$\therefore P_u = 1.2 \times D.L + 1.6 \times L.L = \mathbf{3952\text{kN}}$$

#### ② 기둥의 단면산정

콘크리트 압축강도  $f_{ck}$  와, 작용하는 축응력  $\sigma = \frac{P}{A}$  를 이용하면

$\sigma < f_{ck}$  를 만족해야 하므로,  $\frac{P}{A} < f_{ck}$  를 만족해야 함.

$$\therefore A > \frac{P_u}{f_{ck}} = \frac{3952\text{kN}}{24\text{MPa}} = 164650\text{mm}^2 \Rightarrow \text{정사각형 단면일 경우, 한 변 최소길이는 } 405\text{mm} \text{ 이다.}$$

$\therefore 600\text{mm} \times 600\text{mm}$  단면으로 기둥설계 가능

### ③ 장주/단주 판단

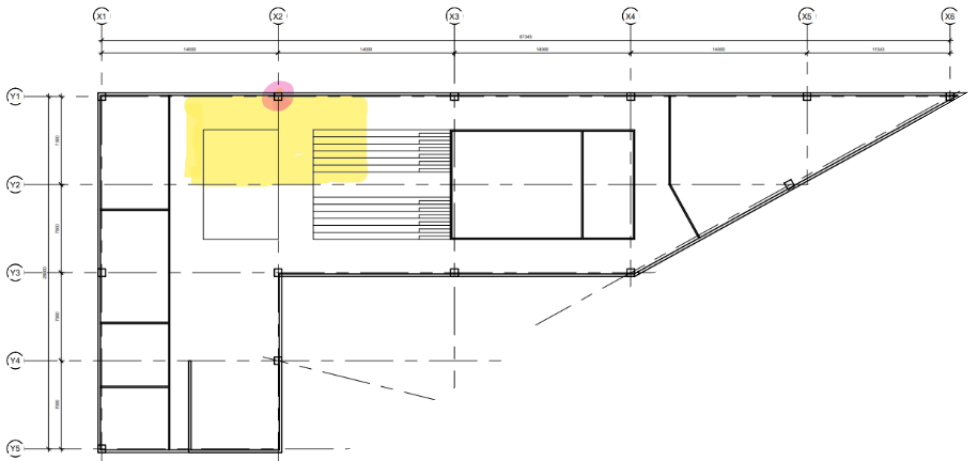
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{단주: } \lambda \leq 30 \\ \text{중간주: } 30 < \lambda \leq 100 \\ \text{장주: } \lambda > 100 \end{array} \right.$$

$\lambda(\text{유효세장비}) = \frac{k \cdot l_u}{r}$  (이때, 유효좌굴길이계수(k) 값은 1을 적용한다.)

$$= \frac{1.0 \times 4000}{0.3 \times 600} = 22.2 \leq 30$$

→ “단주”

### ④ 모멘트분배법



i) 분배율

$$\mu_{FB} = \frac{1.5}{1.5 + 1.5 + 3} = \frac{1}{4}$$

$$\mu_{FJ} = \frac{1.5}{1.5 + 1.5 + 3} = \frac{1}{4}$$

$$\mu_{FE} = \frac{3}{1.5 + 1.5 + 3} = \frac{1}{2}$$

ii) 도달 모멘트

$$C_{BF} = -\frac{wl^2}{12} = -\frac{9 \times 14^2}{12} = -147 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$C_{FB} = +\frac{wl^2}{12} = +\frac{9 \times 14^2}{12} = +147 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$C_{FJ} = -\frac{wl^2}{12} = -\frac{9 \times 14^2}{12} = -147 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$C_{JF} = +\frac{wl^2}{12} = +\frac{9 \times 14^2}{12} = +147 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



iii) 모멘트 분배

	B		F			J			E	
	BF	Mr	FB	FE	FJ	Mr	JF	Mr	EF	Mr
DF			0.25	0.5	0.25					
FEM	-147	147	147	0	-147	0	147	-147	0	0
DM1	0		0	0	0		0		0	
CM1									0	0
DM2										
$\Sigma$				0					0	

⇒ 기둥 EF에 작용하는 모멘트 = 0

∴ 축하중에 대해서만 검토하면 된다.

### ⑤ 철근배근

i) 종방향 철근 D25를 적용 (최소1%~최대8%)

$$8\text{-D29} \rightarrow \rho = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{6424}{(600 \times 600) - 6424} = 2\% < 0.8\% >$$

∴ 종방향철근 10-D29로 설계

ii) 횡방향 철근 D13 적용

$$\text{간격} : s : \min(16 \times 28.6, 48 \times 12.7, 600)$$

∴ 수직간격 457.6mm로 배치

iii) 설계축하중강도

$$P_0 = 0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + A_s \cdot f_y = 0.85(24)(600^2 - 6424) + 6424(400) \\ = 9782550\text{N} = 9783\text{kN}$$

$$\phi P_{n,max} = 0.65(0.8)9783 = 5087\text{kN}$$

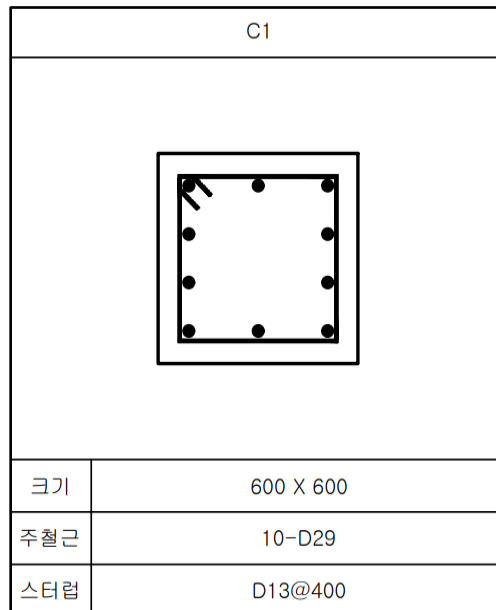
⑥ Check  $P_u < \phi P_n$

$$P_u = 3867\text{kN}$$

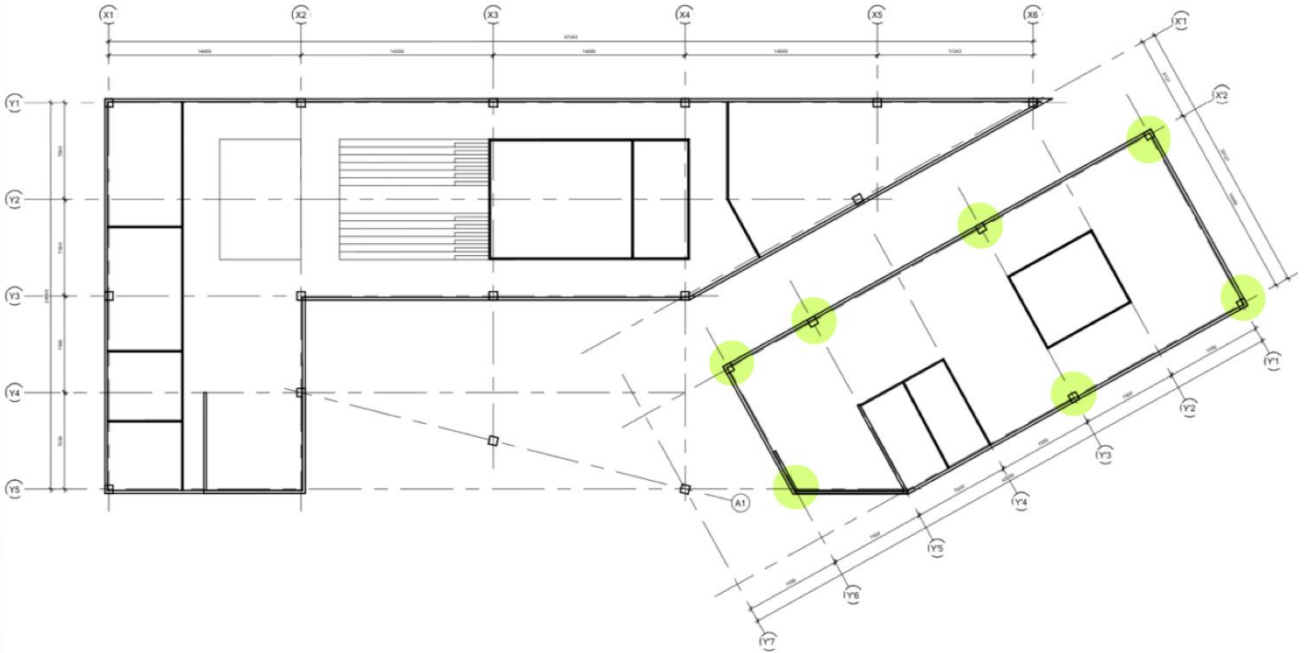
$$\phi P_n = 3952\text{kN}$$

$$\rightarrow P_u < \phi P_n < \text{o.k.}>$$

<C1 부재도>



✓ Column 2



기둥의 단면을 600mm × 600mm 이라 가정하면,

① 계수축하중 계산

D.L = 슬래브 \* 3

$$= (0.3\text{m} \times 7\text{m} \times 14\text{m}) \times 3 \times 24\text{kN/m}^3$$

$$= 2117\text{kN}$$

L.L = (7.5kN/m<sup>2</sup> × 7m × 14m) × 3 = 2205kN

$$\therefore P_u = 1.2 \times D.L + 1.6 \times L.L = \mathbf{6068\text{kN}}$$

② 기둥의 단면산정

콘크리트 압축강도  $f_{ck}$  와, 작용하는 축응력  $\sigma = \frac{P}{A}$  를 이용하면

$\sigma < f_{ck}$  를 만족해야 하므로,  $\frac{P}{f_{ck}} < A$  를 만족해야 함.

$$\therefore A > \frac{P_u}{f_{ck}} = \frac{6068\text{kN}}{24\text{MPa}} = 252833\text{mm}^2 \Rightarrow \text{정사각형 단면일 경우, 한 변 최소길이는 502mm 이다.}$$

$\therefore 600\text{mm} \times 600\text{mm}$  단면으로 기둥설계 가능

### ③ 장주/단주 판단

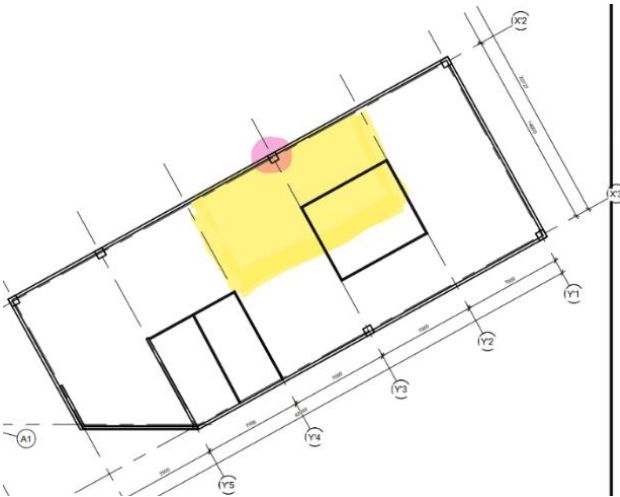
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{단주: } \lambda \leq 30 \\ \text{중간주: } 30 < \lambda \leq 100 \\ \text{장주: } \lambda > 100 \end{array} \right.$$

$\lambda(\text{유효세장비}) = \frac{k \cdot l_u}{r}$  (이때, 유효좌굴길이계수(k) 값은 1을 적용한다.)

$$= \frac{1.0 \times 4000}{0.3 \times 600} = 22.2 \leq 30$$

→ “단주”

### ④ 모멘트분배법



i) 분배율

$$\mu_{GB} = \frac{1.5}{1.5 + 1.5 + 3} = \frac{1}{4}$$

$$\mu_{GL} = \frac{1.5}{1.5 + 1.5 + 3} = \frac{1}{4}$$

$$\mu_{GF} = \frac{3}{1.5 + 1.5 + 3} = \frac{1}{2}$$

ii) 도달 모멘트

$$C_{BG} = -\frac{wl^2}{12} = -\frac{33 \times 14^2}{12} = -539 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$C_{GB} = +\frac{wl^2}{12} = +\frac{33 \times 14^2}{12} = +539 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$C_{GL} = -\frac{wl^2}{12} = -\frac{25.5 \times 14^2}{12} = -416.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$C_{LG} = +\frac{wl^2}{12} = +\frac{25.5 \times 14^2}{12} = +416.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

iii) 모멘트 분배

	B		G			L		F		
	BG	Mr	GB	GF	GL	Mr	LG	Mr	FG	Mr
DF			0.25	0.5	0.25					
FEM	-539	539	539	0	-416.5	-122.5	416.5	-416.5	0	0
DM1	0		-28.13	-56.25	-28.13		0		0	
CM1	-14.07	14.07	0	0	0	0	-14.07	14.07	-28.13	28.13
DM2	0		0	0	0		0		0	
Σ				-56.25					-28.13	

⇒ 기둥 FG에 작용하는 모멘트 = -56.25 kN·m

### ⑤ 철근 배근

i) 종방향 철근 D25를 적용 (최소1%~최대8%)

$$18-D29 \rightarrow \rho = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{115632}{(600 \times 600) - 115632} = 2\% < 0.8\% >$$

∴ 종방향철근 18-D29로 설계

ii) 횡방향 철근 D13 적용

$$\text{간격} : s : \min(16 \times 28.6, 48 \times 12.7, 600)$$

∴ 수직간격 457.6mm로 배치

iii) 설계축하중강도

$$P_0 = 0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + A_s \cdot f_y = 0.85(24)(600^2 - 115632) + 115632(400) = 11733\text{kN}$$

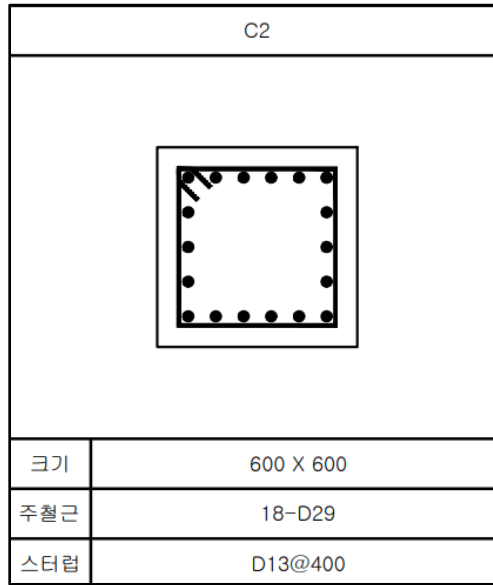
$$\phi P_{n,max} = 0.65(0.8)10270 = 6101\text{kN}$$

### ⑥ Check $P_u < \phi P_n$

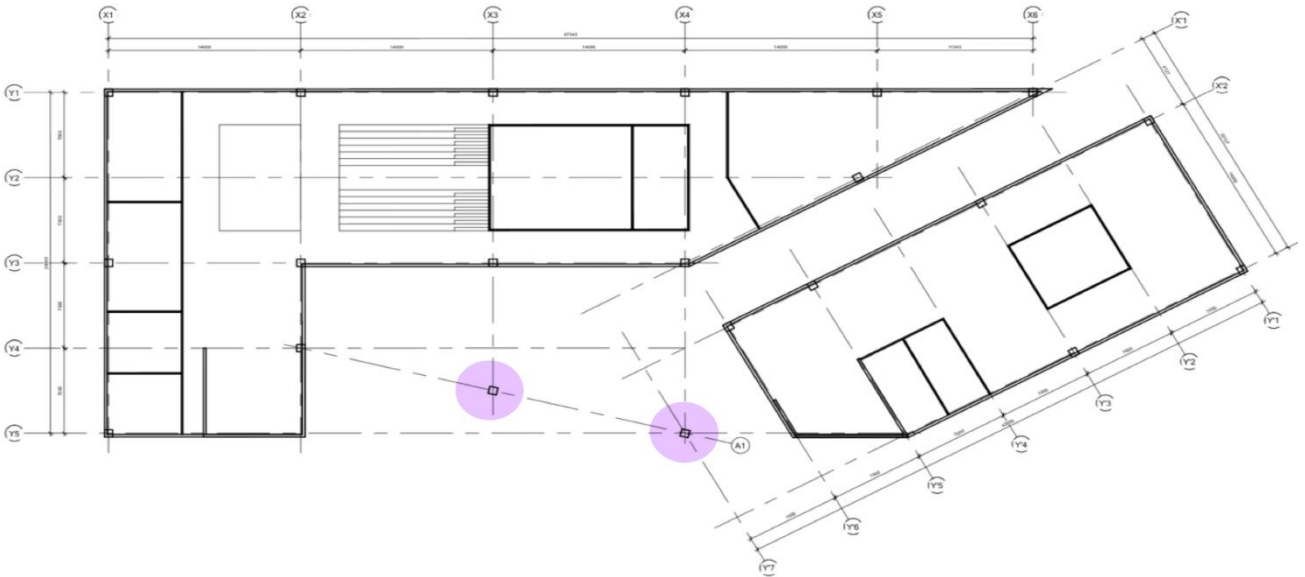
$$P_u = 6068\text{kN}$$

$$\phi P_n = 6101\text{kN} \rightarrow P_u < \phi P_n$$

<C2 부재도>



✓ 연결동 기둥 확인사항



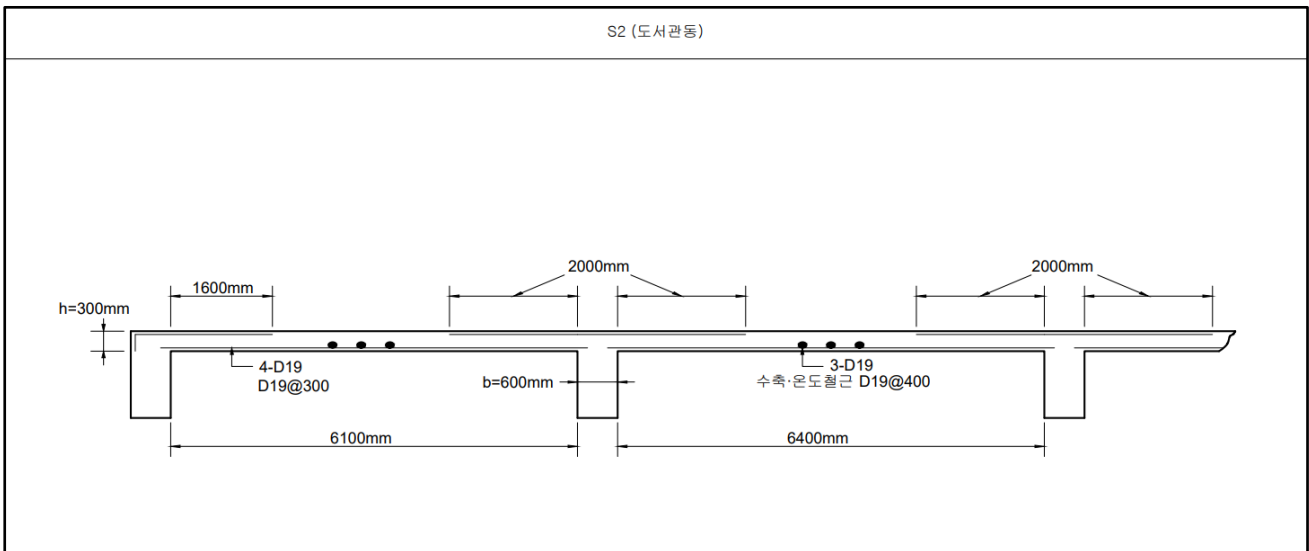
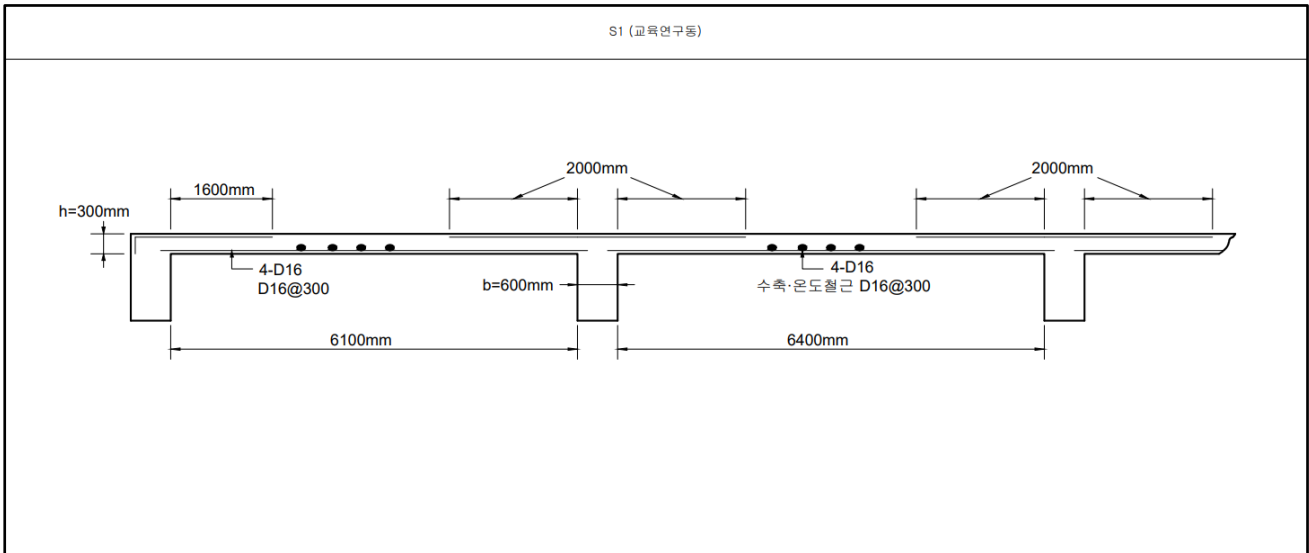
- 단주 :  $\lambda \leq 30$
- 중간주 :  $30 < \lambda \leq 100$
- 장주 :  $\lambda > 100$

$\lambda(\text{유효세장비}) = \frac{k \cdot l_u}{r}$  (이때, 유효좌굴길이계수(k) 값은 1을 적용한다.)

$$= \frac{1.0 \times 8000}{0.3 \times 600} = 44.4 < 100$$

→ “중간주” <O.K> -> 장주에 해당하지 않음

<부재도>





작은 보 (Beam)			
B1		B2	
크기	600 X 1000	크기	600 X 1000
상부근	2-D25	상부근	2-D25
하부근	7-D25	하부근	10-D25
스터럽	D10@400	스터럽	D10@400

큰 보 (Girder)			
G1		G2	
크기	600 X 1000	크기	600 X 1000
상부근	2-D25	상부근	2-D25
하부근	8-D25	하부근	12-D25
스터럽	D10@400	스터럽	D10@400

기둥			
C1		C2	
크기	600 X 600	크기	600 X 600
주철근	10-D29	주철근	18-D29
스터럽	D13@400	스터럽	D13@400