

1. 설계조건

1.1 구조형식 : 철근콘크리트 라멘조

1.2 재료의 성질

- ▶ 콘크리트의 설계기준강도 : $f_{ck} = 24$ MPa
- ▶ 콘크리트의 탄성계수 : $E_c = 26,986$ MPa
- ▶ 콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 24.5$ kN/m³
- ▶ 철근의 설계기준강도 : $f_y = 400$ MPa
- ▶ 철근의 탄성계수 : $E_s = 200,000$ MPa

1.3 토질 조건

- ▶ 흙의 단위중량 : $\gamma_t = 19.0$ kN/m³
- ▶ 흙의 포화 단위중량 : $\gamma_{sub} = 10.0$ kN/m³
- ▶ 물의 단위중량 : $\gamma_w = 10.0$ kN/m³
- ▶ 흙의 내부마찰각 : $\Phi = 30.0$ °
- ▶ 토압계수(정지토압계수) : $K_0 = 1 - \sin\Phi = 0.5$
- ▶ 성토재의 N치 가정값 : $N = 15$
- ▶ 성토재의 포아송 비의 가정값 : $\nu = 0.45$

1.4 활하중

- ▶ 노면 활하중 : DB - 24 적용 = 34.909 kN/m² (∵ 토피 : 1.000 m)

1.5 지진계수

- ▶ 내진등급 : II 등급 (배수구조물)
- ▶ 성능수준 : 붕괴방지수준(부분기능유지, 조기복구가능)
- ▶ 재현주기 : 500년 => 위험도 계수 : 1.00
- ▶ 구역계수 : 0.11 <= 경기도

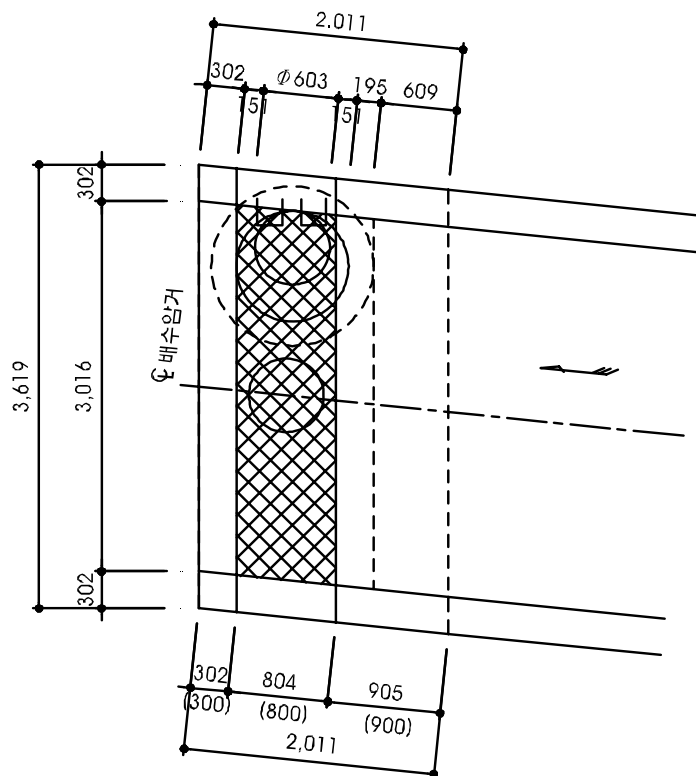
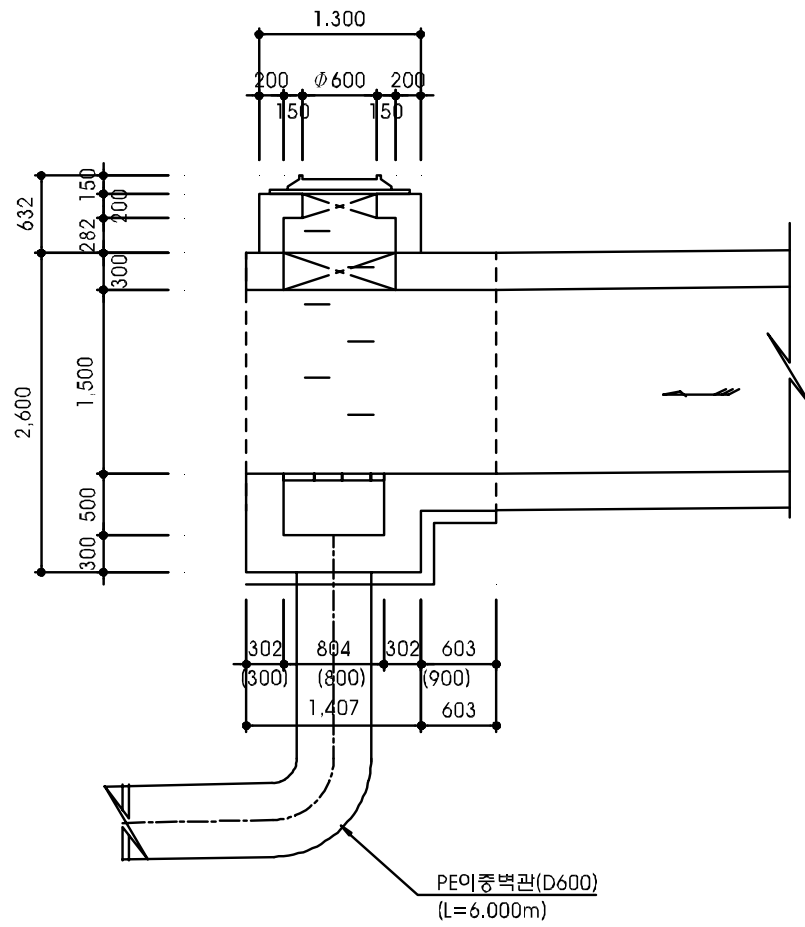
1.6 설계방법

- ▶ 강도설계법 : 부재의 단면검토(슬래브, 벽체, 보, 기둥)
- ▶ 허용응력 설계법 : 사용성 검토(처짐, 균열, 절점부 보강 등)

1.7 참고문헌

- ▶ 콘크리트구조설계기준 해설 (2007) - 한국콘크리트학회
- ▶ 도로교 설계기준 (2005) - 건설교통부
- ▶ 구조물기초설계기준 해설 (2003) - 한국지반공학회
- ▶ 도로암거표준도 (2008) - 국토해양부

2. 검토단면



3. 안정성 검토

3.1 구체 자중

▶ 상부 슬래브 :	24.5	×	3.60	×	2.000	×	0.300	×	1EA	=	52.920	kN
▶ 하부 슬래브 :	24.5	×	3.60	×	1.200	×	0.300	×	1EA	=	31.752	kN
	24.5	×	3.60	×	1.400	×	0.300	×	1EA	=	37.044	kN
	24.5	×	3.60	×	0.200	×	0.300	×	2EA	=	10.584	kN
	24.5	×	0.80	×	0.500	×	0.300	×	2EA	=	5.880	kN
▶ 외 측 벽 체 :	24.5	×	1.50	×	2.000	×	0.300	×	2EA	=	44.100	kN
											Σ	= 182.280 kN

3.2 토피 하중

▶ 흙의 자중(지하수위 이상) :	19.0	×	3.60	×	2.000	×	1.000	=	136.800	kN
								Σ	=	136.800 kN

3.3 부력

▶ 부력 :	10.0	×	3.60	×	0.600	×	3.100	=	66.960	kN
	10.0	×	3.60	×	1.400	×	3.600	=	181.440	kN
							Σ	=	248.400	kN

3.4 완공 후 부력 검토

▶ 부력에 대한 안전률 $F_s = 1.2$ (R/B)

$$R = 182.280 + 136.800 = 319.080 \text{ kN}$$

$$B = 248.400 \text{ kN}$$

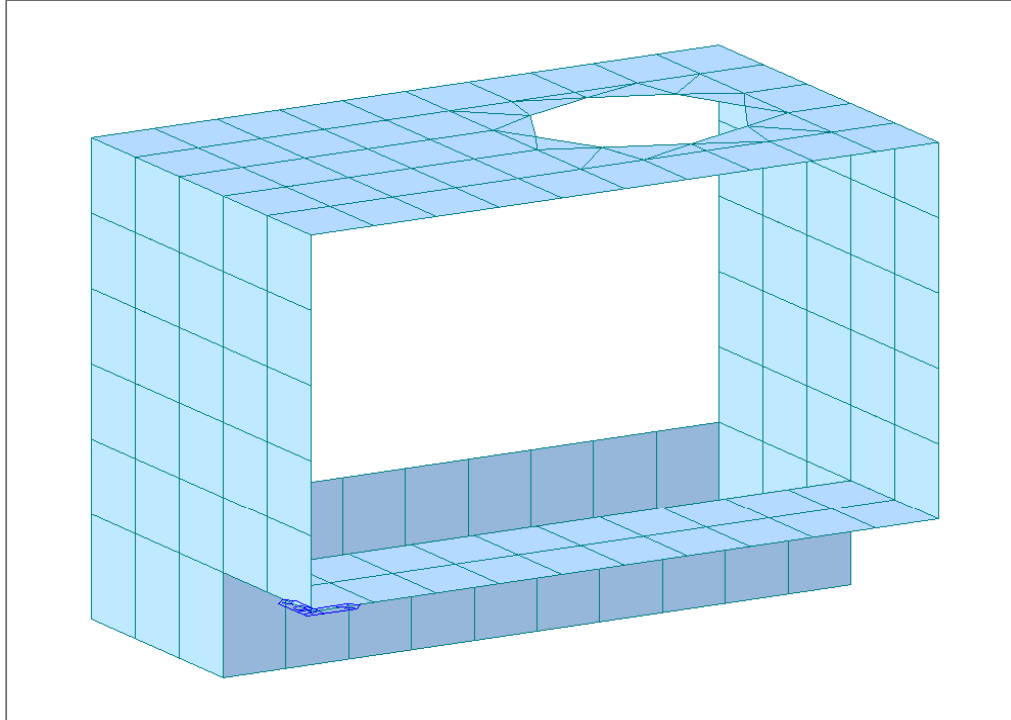
$$R =$$

$$F_s = R / B = 319.080 / 248.400 = 1.28 > 1.20 \therefore \text{O.K !!!}$$

4. 해석모델 및 단면제원

4.1 해석모델

모델링은 재래의 2차원으로 FRAME요소만으로 해석하는 것으로도 구조적 안정을 검토하고, 그 거동을 추측할 수 있었다. 그러나, 본 구조물은 단면의 형상이 복잡하므로 3차원 정밀해석을 수행하여 부재력의 상호작용, 힘의 전달 및 하중분배 등을 충분히 고려할 수 있도록 하였으며 해석 프로그램은 Midas/Civil을 사용하였다.



4.2 단면제원

MEMBER	THICK (H : m)	요소종류
상부슬래브	0.300	PLATE
하부슬래브	0.300	PLATE
외부벽체	0.300	PLATE

4.3 지반반력계수 산정(상시)

▶ 연직방향 지반반력계수

$$K_v = K_{v0} \left(\frac{B_v}{0.3} \right)^{-3/4} = 27,071 \quad \text{kN/m}^3$$

여기서, K_v : 연직방향 지반반력계수 (kN/m^3)

K_{v0} : 지름 0.3m의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 지반반력 계수(kN/m^3)로서 각종 토질시험·조사에 의해 구한 변형계수로부터 추정하는 경우는 다음 식으로 구한다.

$$K_{v0} = 1/0.3 \times \alpha \times E_0 = 140,000 \quad \text{kN/m}^3$$

B_v : 기초의 재하환산폭(m)은 다음 식으로 구한다.

다만 저면이 원형인 경우는 그 지름이 B_v 이다.

$$B_v = \sqrt{A_v} = 2.683 \quad \text{m}$$

$$A_v : \text{연직방향의 재하면적} = 3.600 \times 2.000 = 7.200 \quad \text{m}^2$$

E_0 : 지반의 변형계수(kN/m^2)

$$E_0 = 2,800 \times N = 42,000 \quad \text{kN/m}^2$$

α : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 $\alpha = 1$

☞ 각 절점의 연직 지반반력계수(K_v) - 전산해석프로그램의 면적스프링 자동설정에 의해 구성

▶ 전단 지반반력계수

$$K_s = \lambda \cdot k_v = \frac{1}{3.5} \times 27,071 = 7,735 \quad \text{kN/m}^3$$

4.4 지반반력계수 산정(지진시)

▶ 지반탄성계수의 산정

$$\text{- 초기상태 전단파 속도}(V_0) = 80 \times N^{1/3} = 197.3 \quad \text{m/sec}$$

$$\text{- 붕괴방지수준의 전단파 속도}(V_s) = 0.5 \times V_0 = 98.7 \quad \text{m/sec}$$

$$\text{- 전단탄성계수}(G_d) = w / g \times V_s^2 = 18867.7 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{여기서, } w : \text{흙의 단위중량} = 19.0 \quad \text{kN/m}^3$$

$$g : \text{중력계수} = 9.81 \quad \text{m/sec}^2$$

$$\begin{aligned} \text{- 탄성계수}(E_s) &= 2 \times (1 + \nu) \times G_d \\ &= 2 \times (1 + 0.5) \times 18867.7 = 54716.3 \quad \text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } \nu : \text{흙의 포아송비} = 0.5$$

▶ 지반반력계수의 산정

① 상부슬래브의 지반반력계수

☞ 연직방향 지반반력계수

$$A_{uv} = 3.600 \times 2.000 = 7.200 \quad \text{m}^2$$

$$B_{uv} = \sqrt{A_{uv}} = 2.683 \quad \text{m}$$

$$K_{uv0} = 1/0.3 \times \alpha \times E_d = 364,775 \quad \text{kN/m}^3$$

여기서, $\alpha = 2$

$$K_{uv} = K_{uv0} \left(\frac{B_{uv}}{0.3} \right)^{-3/4} = 70,534 \quad \text{kN/m}^3$$

☞ 전단 지반반력계수

$$K_{us} = \lambda \cdot k_{uv} = \frac{1}{3.5} \times 70,534 = 20,153 \quad \text{kN/m}^3$$

② 하부슬래브의 지반반력계수

☞ 연직방향 지반반력계수

$$A_{bv} = 3.600 \times 2.000 = 7.200 \quad \text{m}^2$$

$$B_{bv} = \sqrt{A_{bv}} = 2.683 \quad \text{m}$$

$$K_{bv0} = 1/0.3 \times \alpha \times E_d = 364,775 \quad \text{kN/m}^3$$

여기서, $\alpha = 2$

$$K_{bv} = K_{bv0} \left(\frac{B_{bv}}{0.3} \right)^{-3/4} = 70,534 \quad \text{kN/m}^3$$

☞ 전단 지반반력계수

$$K_{bs} = \lambda \cdot k_{bv} = \frac{1}{3.5} \times 70,534 = 20,153 \quad \text{kN/m}^3$$

③ 측벽의 지반반력계수

☞ 연직방향 지반반력계수

$$A_{wh} = 2.000 \times 2.100 = 4.200 \quad \text{m}^2$$

$$B_{wh} = \sqrt{A_{wh}} = 2.049 \quad \text{m}$$

$$K_{wh0} = 1/0.3 \times \alpha \times E_d = 364,775 \quad \text{kN/m}^3$$

여기서, $\alpha = 2$

$$K_{wh} = K_{wh0} \left(\frac{B_{wh}}{0.3} \right)^{-3/4} = 86,340 \quad \text{kN/m}^3$$

☞ 전단 지반반력계수

$$K_{ws} = \lambda \cdot k_{wh} = \frac{1}{3.5} \times 86,340 = 24,669 \quad \text{kN/m}^3$$

5. 하중계산(상시)

5.1 고정하중

▶ 구체자중 - 프로그램 내에서 자동계산

▶ 토피하중(지하수 미고려)

$$19.0 \times 1.00 = 19.000 \text{ kN/m}^2$$

▶ 토피하중(지하수 고려)

$$19.0 \times 1.00 + 10.0 \times 0.00 = 19.000 \text{ kN/m}^2$$

5.2 활하중

▶ 노면 활하중 : DB - 24 적용 (토피 : 1.000 m)

① 충격계수

토피두께 D(m)	$0.15 \leq D < 1$	$1 \leq D < 2$	$2 \leq D < 3$	$D \geq 3$
충격계수 i	0.3	0.2	0.1	0.0

$$i = 0.2$$

② 상부 슬래브에 작용하는 하중(W_{11})

$$P_r = 96.0 \text{ kN/m}$$

$$W_{11} = \frac{P_r \times (1 + i)}{(1.5 \times W_1)} = \frac{96.0 \times (1 + 0.2)}{(1.5 \times 2.2)} = 34.909 \text{ kN/m}^2$$

③ 측벽에 작용하는 하중(W_{12})

$$W_{12} = 10.0 \times 0.5 = 5.000 \text{ kN/m}^2$$

5.3 수평토압

▶ 지하수위 미고려

- 벽체 상단에 작용하는 수평토압

$$0.5 \times 19.0 \times 1.150 = 10.925 \text{ kN/m}^2$$

- 벽체 하단에 작용하는 수평토압

$$10.925 + 0.5 \times 19.0 \times 1.800 = 28.025 \text{ kN/m}^2$$

- 벽체 하단에 작용하는 수평토압

$$28.025 + 0.5 \times 19.0 \times 0.500 = 32.775 \text{ kN/m}^2$$

▶ 지하수위 고려

- 벽체 상단에 작용하는 수평토압

$$0.5 \times (19.0 \times 1.0 + 10.0 \times 0.150) = 10.250 \text{ kN/m}^2$$

- 벽체 하단에 작용하는 수평토압

$$10.250 + 0.5 \times 10.0 \times 1.800 = 19.250 \text{ kN/m}^2$$

- 벽체 하단에 작용하는 수평토압

$$19.250 + 0.5 \times 10.0 \times 0.500 = 21.750 \text{ kN/m}^2$$

5.4 지하수압

- 상부슬래브에 작용하는 지하수압

$$10.0 \times 0.000 = 0.000 \text{ kN/m}^2$$

- 벽체 상단에 작용하는 지하수압

$$10.0 \times 0.150 = 1.500 \text{ kN/m}^2$$

- 벽체 하단에 작용하는 지하수압

$$1.500 + 10.0 \times 1.800 = 19.500 \text{ kN/m}^2$$

- 벽체 하단에 작용하는 지하수압

$$19.500 + 10.0 \times 0.500 = 24.500 \text{ kN/m}^2$$

- 하부슬래브에 작용하는 지하수압

$$10.0 \times 2.100 = 21.000 \text{ kN/m}^2$$

- 하부슬래브에 작용하는 지하수압

$$21.000 + 10.0 \times 0.500 = 26.000 \text{ kN/m}^2$$

5.5 온도하중

- 15°C의 온도하중으로 변환 설계.

- 건조수축계수 $\varepsilon = 15 \times 10^{-5}$

- 온도선팽창 계수 $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$

- $\Delta T = -\frac{\varepsilon}{\alpha} = 15^\circ\text{C}$

6. 하중계산(지진시)

6.1 지반계수 산정

▶ 위험도 계수(I)

내진성능 목표

설계지진	성능기준 재현주기	기 능 수 행	붕괴방지
	50년	Ⅱ 등급	
	100년	Ⅰ 등급	
	200년	특 등급	
	500년		Ⅱ 등급
	1000년		Ⅰ 등급
	2400년		특 등급

위험도 계수

재현주기 (년)	50	100	200	500	1000	2400
위험도계수, I	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00

▶ 지진구역 계수(Z)

지역구역 구분

지진구역	행정구역		구역계수, Z
Ⅰ	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시	0.11
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부	
Ⅱ	도	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도	0.07

▶ 설계 지반 종류

지반 분류	지반종류의 호칭	상부 30m에 대한 평균 지반 특성		
		전단파 속도 Z(m/s)	표준관입시험 N(Nch) (blow/foot)	비배수전단강도 Su(kPa)
S _a	경암지반	1500 초과	-	-
S _b	보통암지반	760에서 1500		
S _c	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360에서 760	> 50	> 100
S _d	단단한 토사지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
S _e	연약한 토사지반	180 미만	< 15	< 50
S _f	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

▶ 지진계수 C_a, C_v

지역 구역		지진계수	
		C_a	C_v
I	S_a	0.09	0.09
	S_b	0.11	0.11
	S_c	0.13	0.18
	S_d	0.16	0.23
	S_e	0.22	0.37
II	S_a	0.05	0.05
	S_b	0.07	0.07
	S_c	0.08	0.11
	S_d	0.11	0.16
	S_e	0.17	0.23

▶ 설계 수평 지진계수(K_h)

☞ 지표면의 설계 수평지진 계수(붕괴방지수준) : $K_h = I \times C_a = 0.220$

6.2 고유주기(T_g)

$$T_g' = \sum_{i=1}^N \frac{4 \cdot H_i}{V_{si}}$$

지반	$H_i(m)$	$V_{si}(m/sec)$	$\gamma(kN/m^3)$	$T_g'(sec)$
성토재	2.10	98.70	19.0	0.085
계				0.085

$$T_g = 1.25 \times T_g' = 1.25 \times 0.085 = 0.106 \text{ sec}$$

6.3 통제주기(T_s)

$$T_s = C_v / (2.5 \times C_a) = 0.37 / (2.5 \times 0.22) = 0.673 \text{ sec}$$

$$T_0 = 0.2 \times T_s = 0.20 \times 0.673 = 0.135 \text{ sec}$$

6.4 감쇠율에 대한 보정계수(C_d)

▶ 성능수준별 감쇠율(h)

☞ 붕괴방지수준 : 0.2

▶ 보정계수

$$C_d = \frac{1.5}{40h+1} + 0.5 = 0.667$$

6.5 가속도 응답스펙트럼(S_a)

▶ $0 \leq T < T_0$ 일때

$$S_a = [C_a + \frac{(2.5 \times C_a - C_a)}{T_0} \times T] \times g \times I \times C_d$$

▶ $T_0 \leq T < T_s$ 일때

$$S_a = 2.5 \times C_a \times g \times I \times C_d = 3.599 \text{ m/s}^2$$

▶ $T \geq T_s$ 일때

$$C_a$$

6.6 속도 응답스펙트럼(S_v)

$$S_v = \frac{T_s}{2\pi} \times S_s = 0.061 \quad \text{m/s}$$

6.7 상부슬래브 지반변위 하중

▶ 상부슬래브 심도(Z_u) = 1.150 m

▶ 하부슬래브 심도(Z_b) = 3.450 m

▶ 기반암 심도(H) = 30.000 m

$$U(Z_u) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.061 \times 0.106 \times \cos(\pi \times 1.150 / (2 \times 30))$$

$$= 0.001308 \quad \text{m}$$

$$U(Z_b) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.061 \times 0.106 \times \cos(\pi \times 3.450 / (2 \times 30))$$

$$= 0.001289 \quad \text{m}$$

$$P_0 = K_{uv} \times (U(Z_u) - U(Z_b))$$

$$= 20153 \times (0.001308 - 0.001289) = 0.383 \quad \text{kN/m}^2$$

6.8 측벽 지반변위 하중

$$P(z) = K_{wh} \times (U(Z_h) - U(Z_b))$$

Z(m)	K_{wh}	$U(Z_h)$ (m)	$U(Z_h) - U(Z_b)$ (m)	$P(z)$ (kN/m ²)
1.150	86340	0.001308	0.000019	1.640
1.510	86340	0.001306	0.000017	1.468
1.870	86340	0.001304	0.000015	1.295
2.230	86340	0.001301	0.000012	1.036
2.590	86340	0.001298	0.000009	0.777
2.950	86340	0.001295	0.000006	0.518
3.450	86340	0.001289	0.000000	0.000

6.9 주면 전단력

$$U(h_u) = \frac{1}{\pi} \times 0.061 \times 0.106 \times \sin(\pi \times 1.150 / (2 \times 30.00))$$

$$= 0.000004 \quad \text{m}$$

$$U(h_b) = \frac{1}{\pi} \times 0.061 \times 0.106 \times \sin(\pi \times 3.450 / (2 \times 30.00))$$

$$= 0.000012 \quad \text{m}$$

$$V_u = 18867.7 \times 0.000004 = 0.075 \quad \text{kN/m}^2$$

$$V_b = 18867.7 \times 0.000012 = 0.226 \quad \text{kN/m}^2$$

$$V_s = (V_u - V_b) / 2 = 0.151 \quad \text{kN/m}^2$$

6.10 구체 관성력

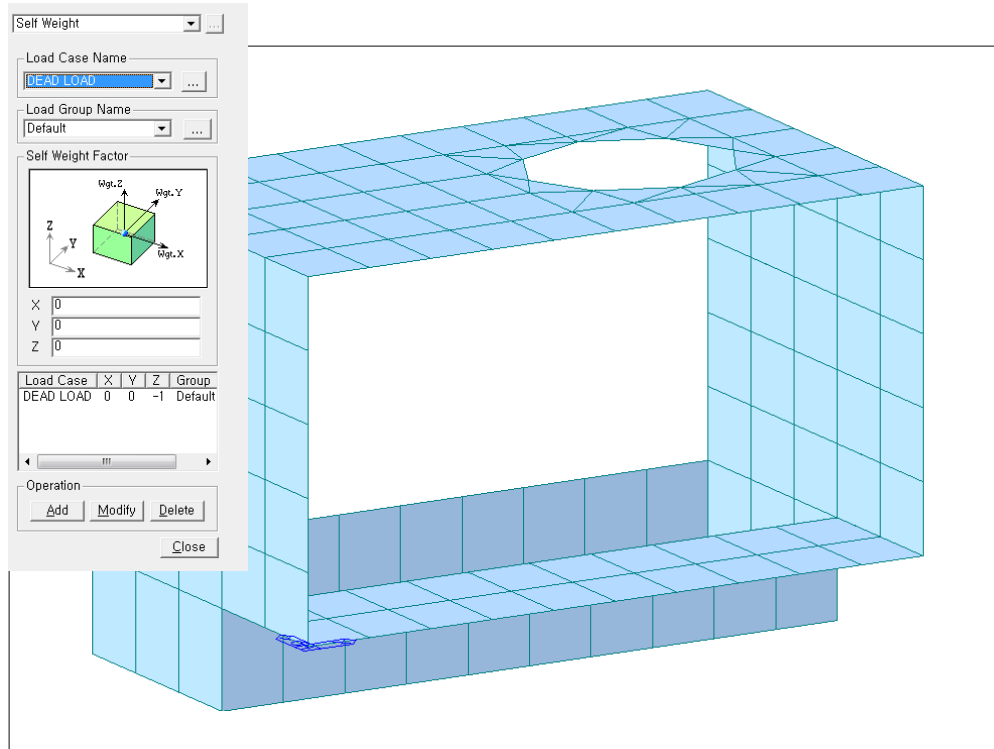
▶ 고정하중에 의한 관성력 = 0.220 × 고정하중

(지진시 관성력은 고정하중에 설계수평지진계수를 곱합값을 적용 : 프로그램 내에서 자동계산)

7. 하중재하

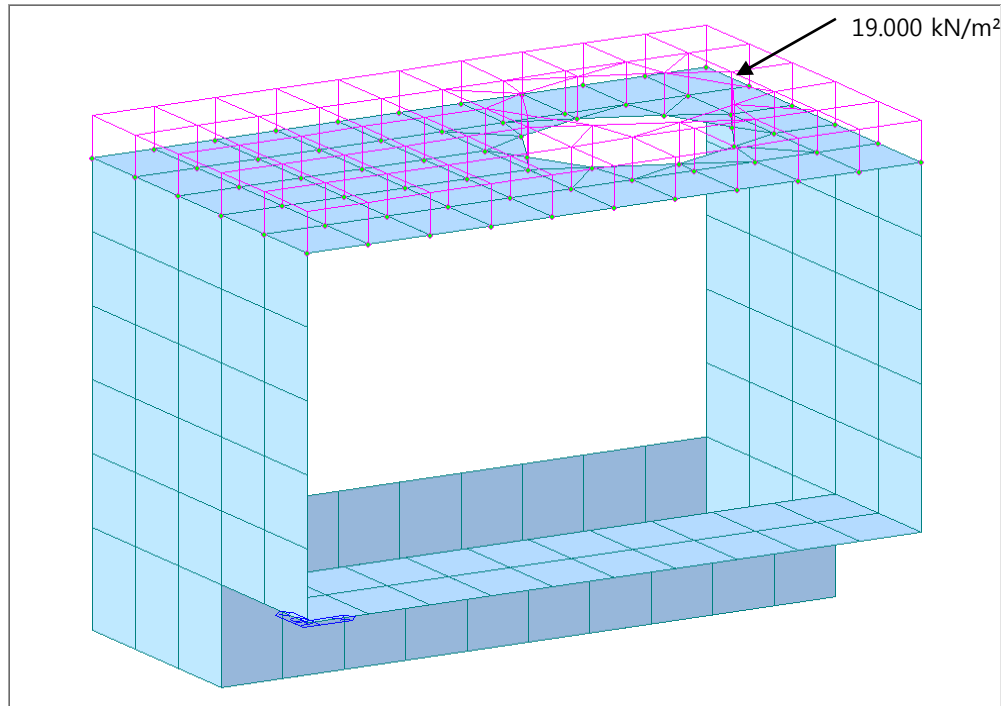
7.1 고정하중

- ▶ 구체하중 - 프로그램 내에서 자동계산

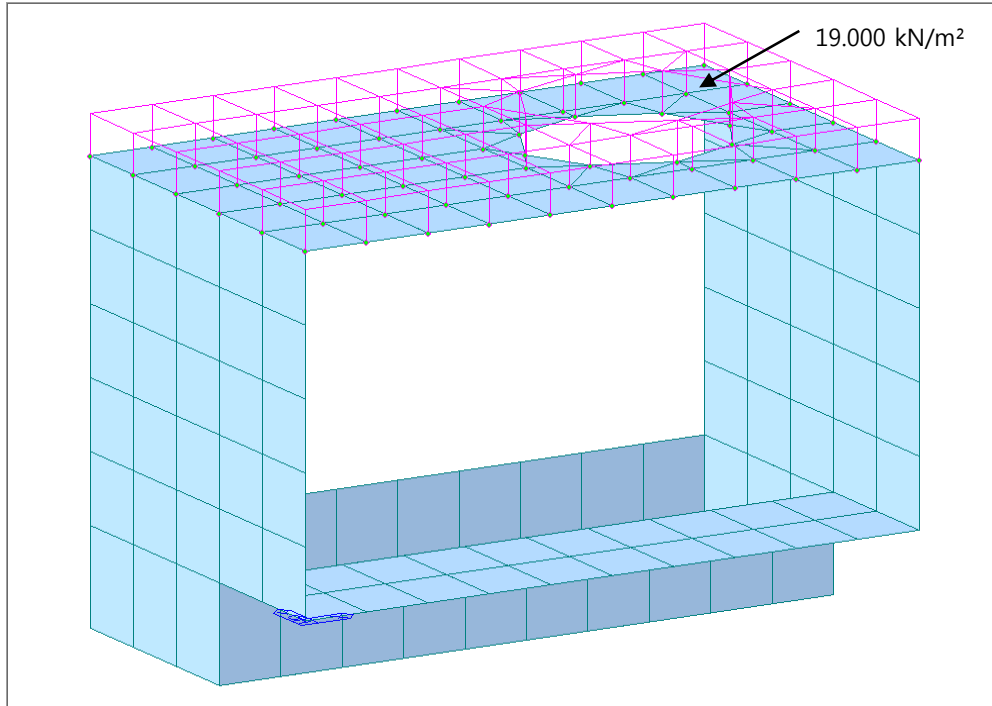


7.2 연직하중

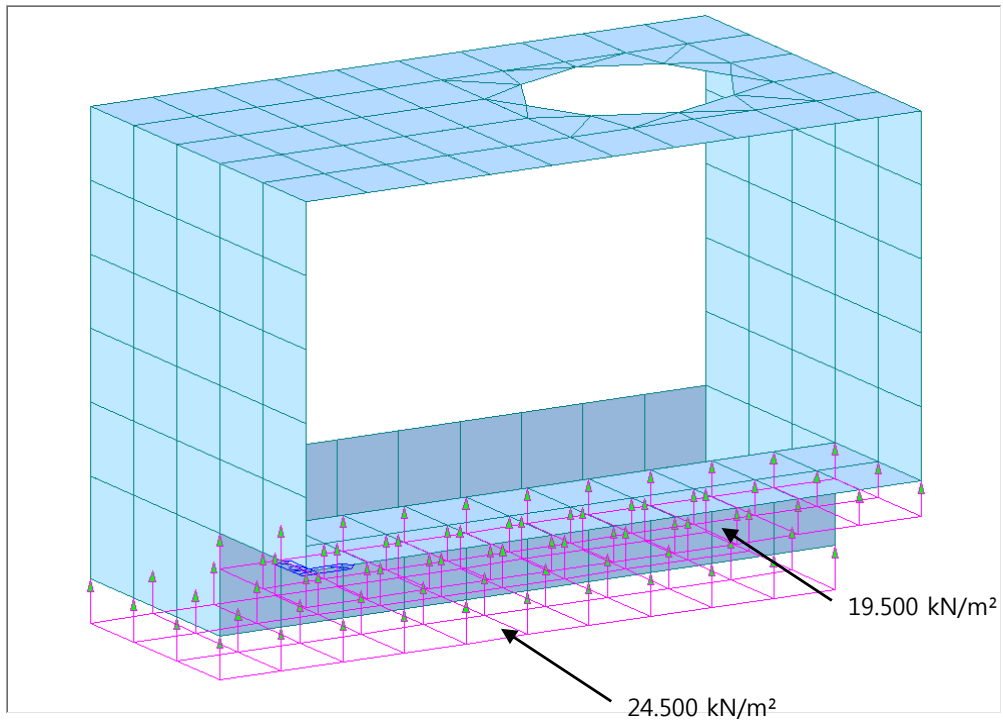
- ▶ 토피하중(지하수위 미고려)



▶ 토피하중(지하수위 고려)

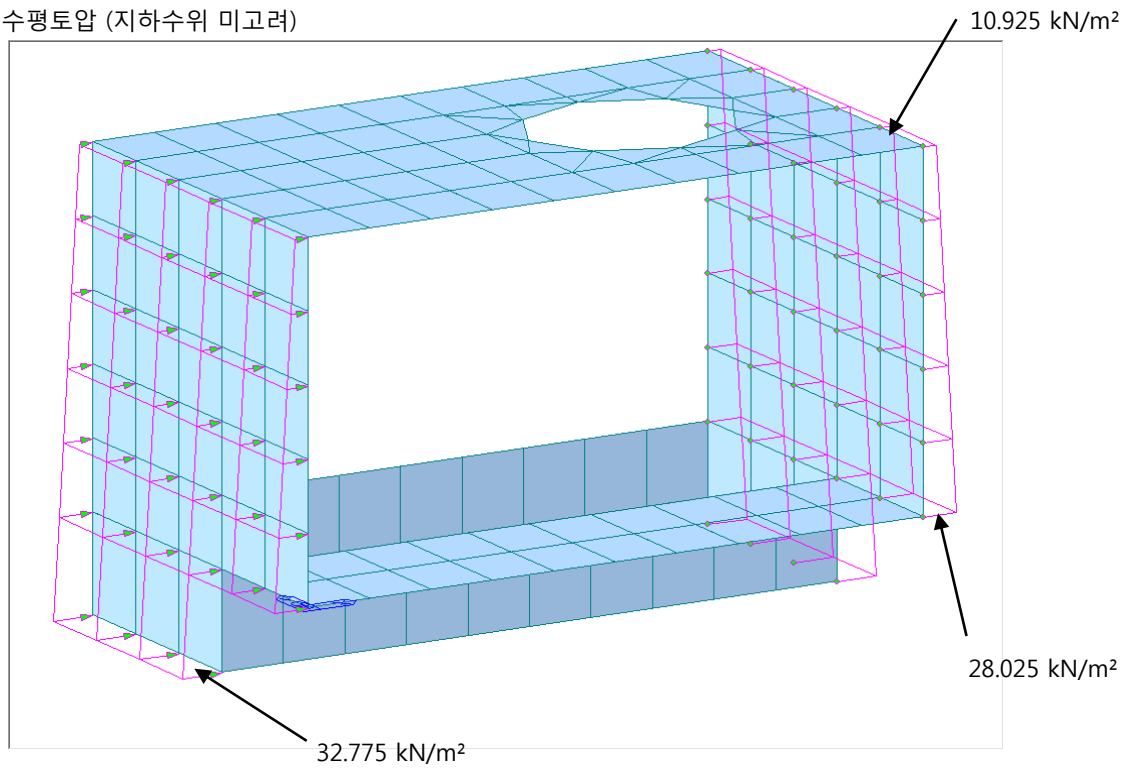


▶ 상부 및 하부슬래브에 작용하는 지하수압

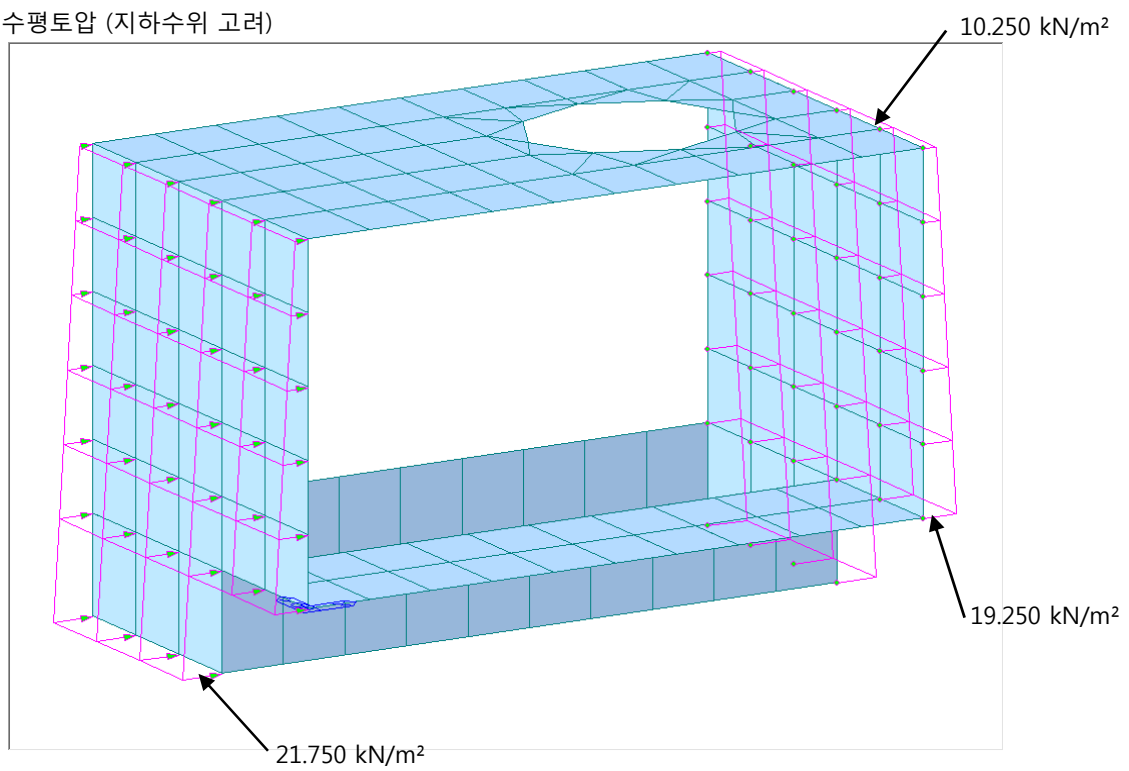


7.3 수평하중

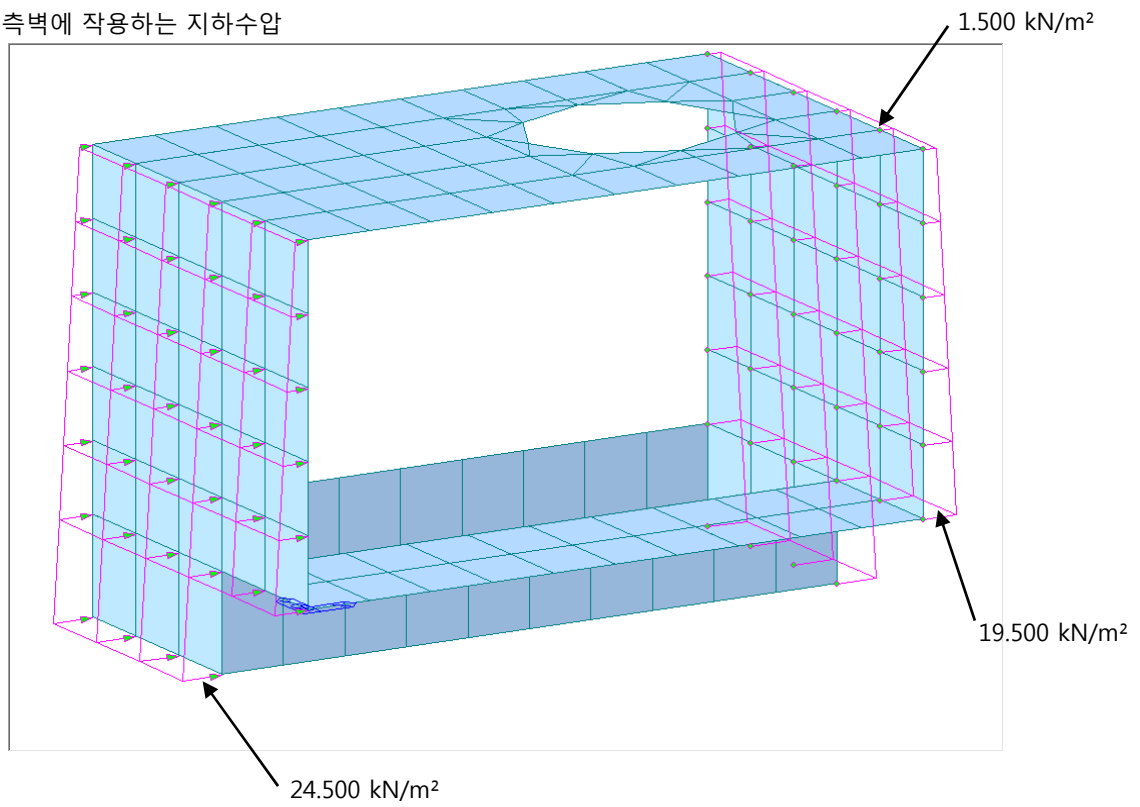
▶ 수평토압 (지하수위 미고려)



▶ 수평토압 (지하수위 고려)

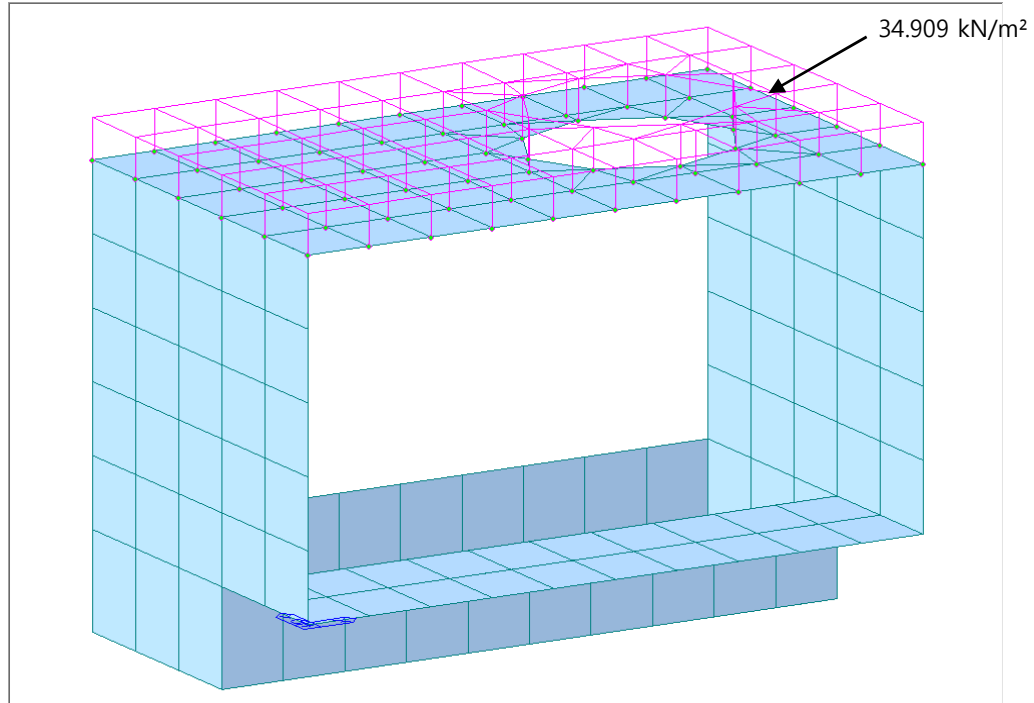


▶ 측벽에 작용하는 지하수압

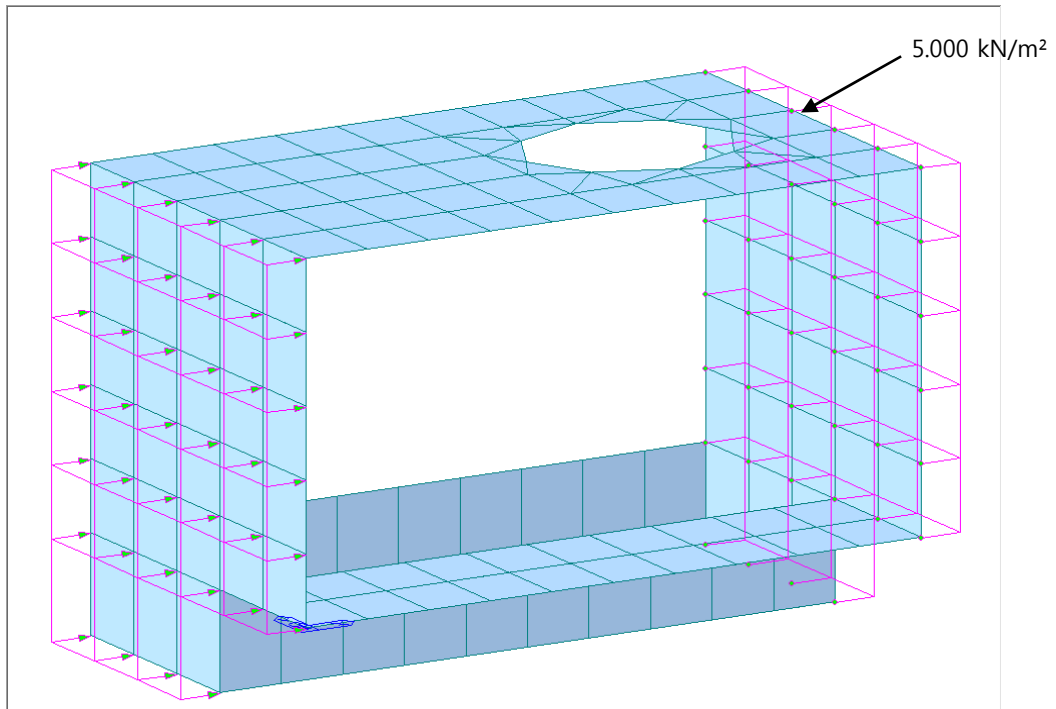


7.4 활하중

▶ 상부슬래브에 작용하는 활하중

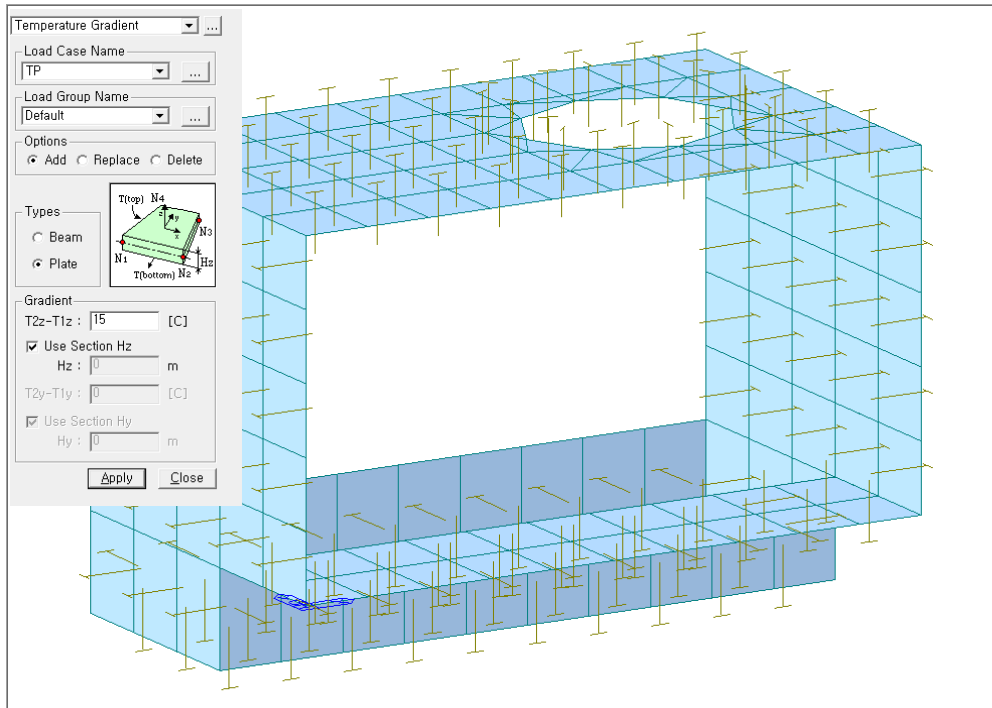


▶ 측벽에 작용하는 활하중



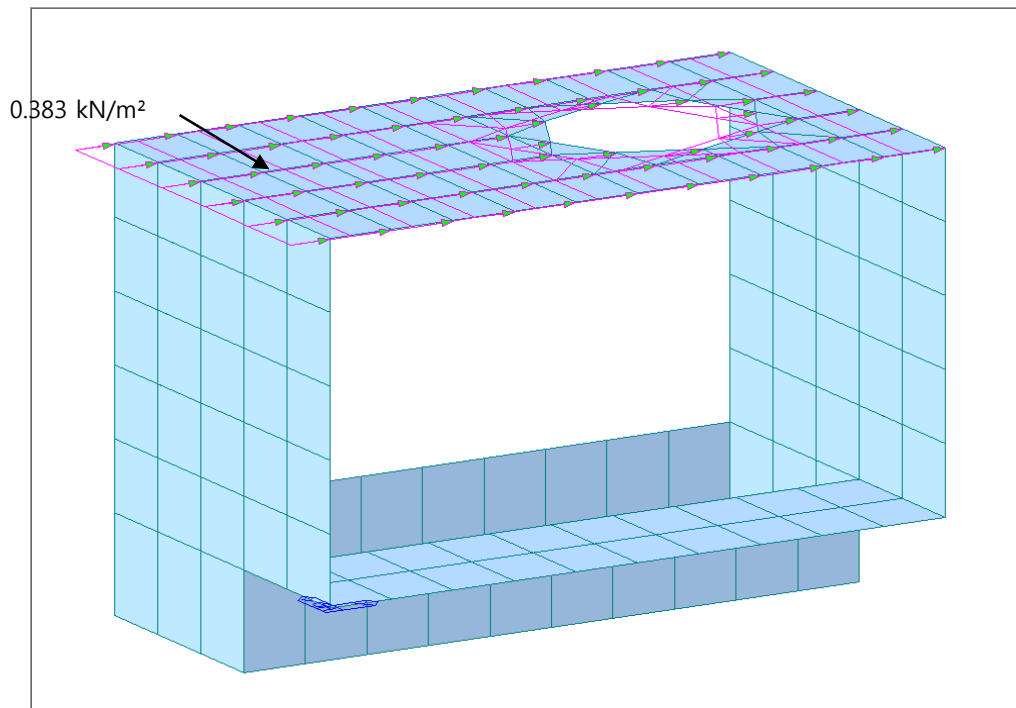
7.5 온도하중

- ▶ 토피 1.0m 이하, 단면두께 70cm 미만 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 고려

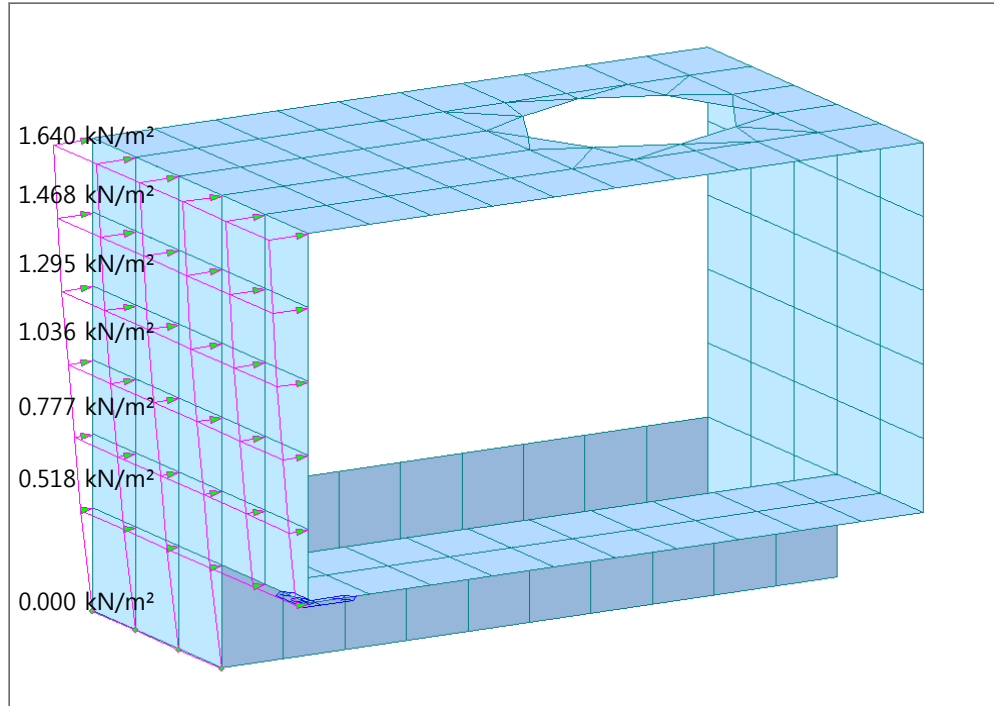


7.6 지진하중

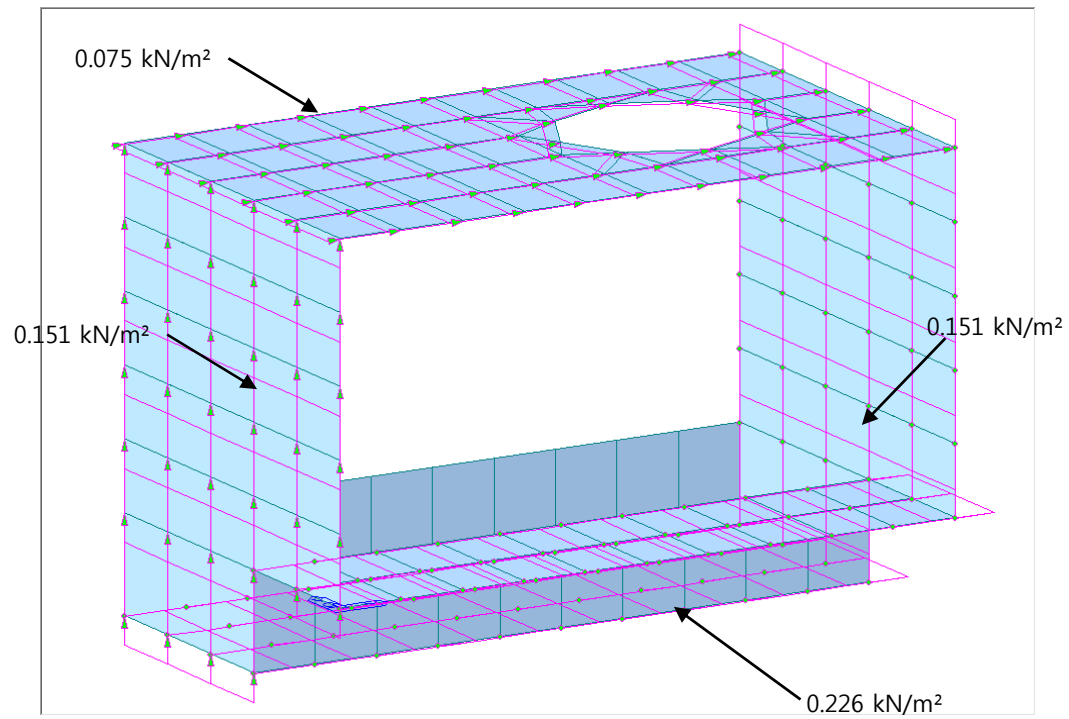
- ▶ 상부슬래브에 작용하는 지반변위하중



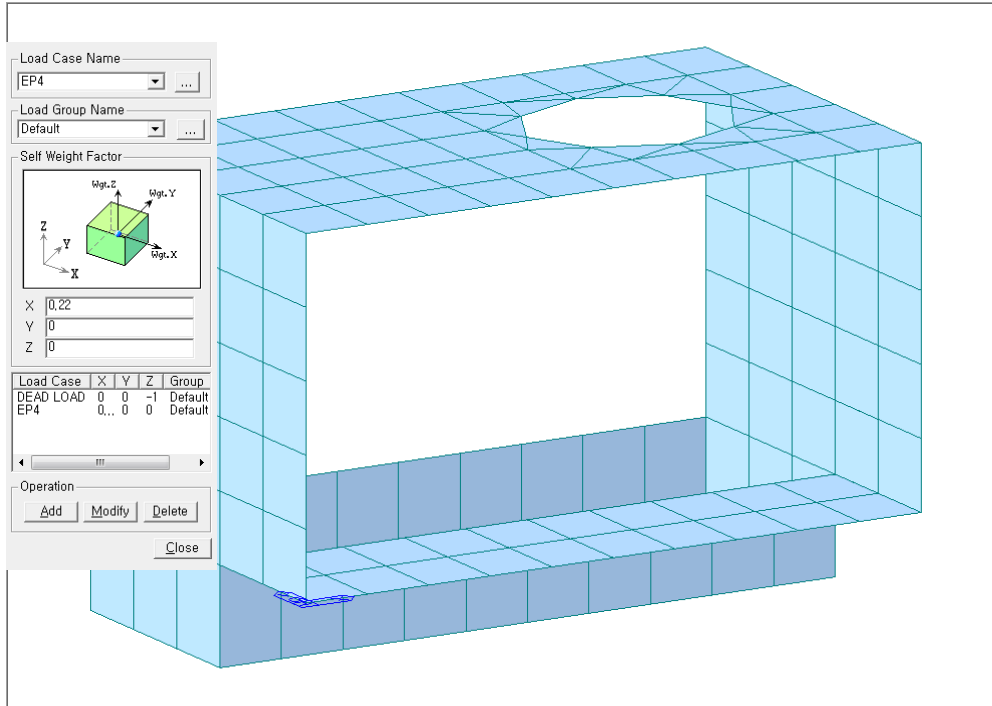
▶ 측벽에 작용하는 지반변위하중



▶ 주면전단력



▶ 관성력



8. 하중조합

▶ α_H : 토피의 두께에 따른 연직방향 하중 H_v 에 대한 보정계수

$h \leq 2.0 \text{ m}$ 에 대해서, $\alpha_H = 1.0$

$h > 2.0 \text{ m}$ 에 대해서, $\alpha_H = 1.05 - 0.025 \times h = 1.025 \geq 0.875$ ($h = 1.000$)

$\therefore \alpha_H = 1.025$

8.1 계수하중 검토시

▶ 상시

Load Comb.	고정 하중	연직하중		수평하중		활하중	온도 하중
		지하수 무	지하수 유	지하수 무	지하수 유		
Comb 1	1.400	1.400					
Comb 2	1.400		1.400				
Comb 3	1.200	1.640		1.600		1.600	1.200
Comb 4	1.200		1.640		1.600	1.600	1.200
Comb 5	1.200	1.640		0.800		1.600	1.200
Comb 6	1.200		1.640		0.800	1.600	1.200
Comb 7	0.900	1.640		1.600			
Comb 8	0.900		1.640		1.600		

▶ 지진시

Load Comb.	고정 하중	연직 하중	수평 하중	활하중	지진하중
Comb 1	1.000			1.000	1.000
Comb 2	1.000	1.025	1.000		1.000

3.6.2 사용하중 검토시

Load Comb.	고정 하중	연직하중		수평하중		활하중	온도 하중
		지하수 무	지하수 유	지하수 무	지하수 유		
Comb 1	1.000	1.000					
Comb 2	1.000		1.000				
Comb 3	1.000	1.025		1.000		1.000	1.000
Comb 4	1.000		1.025		1.000	1.000	1.000
Comb 5	1.000	1.025		0.500		1.000	1.000
Comb 6	1.000		1.025		0.500	1.000	1.000
Comb 7	0.500	1.025		1.000			
Comb 8	0.500		1.025		1.000		

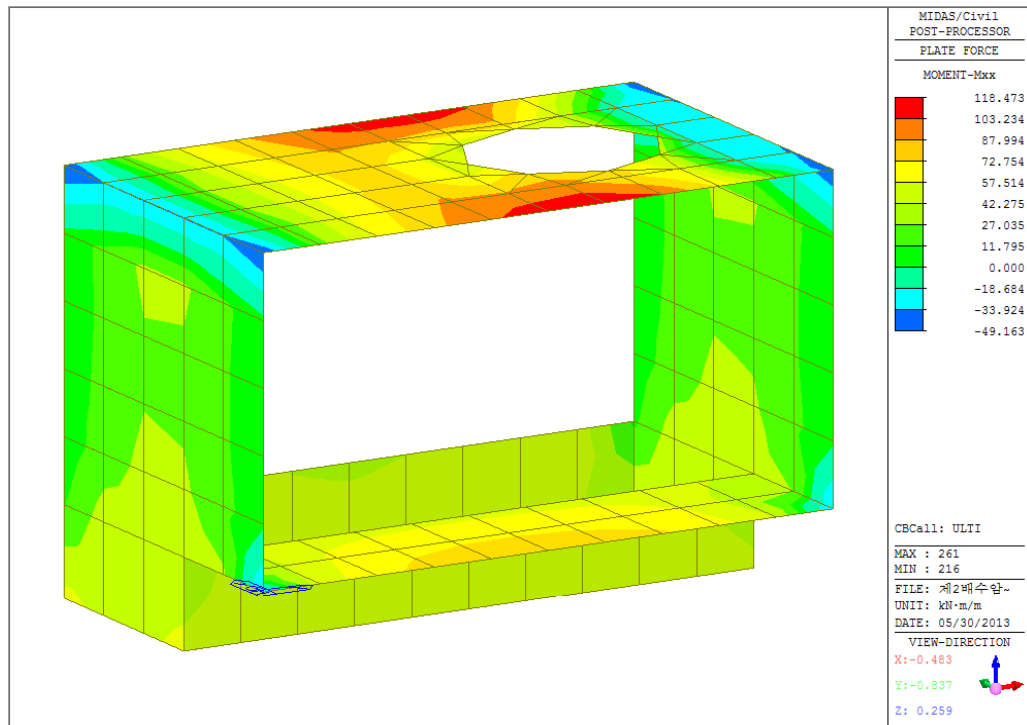
9. 단면력 정리

9.1 계수하중 검토시

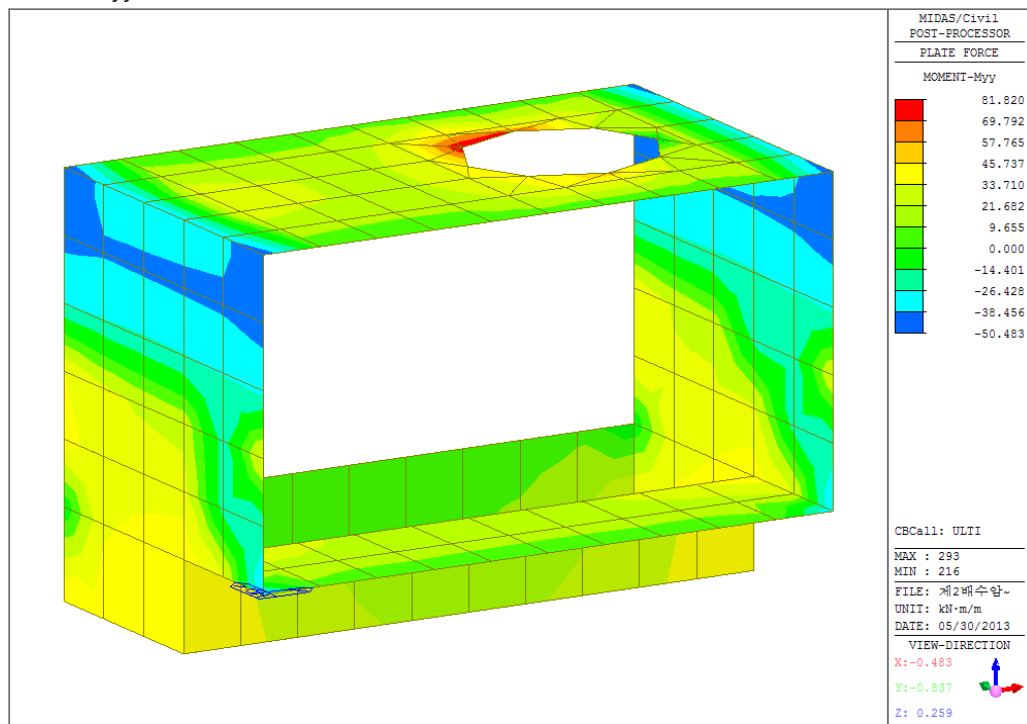
① 상시

▶ 전체분

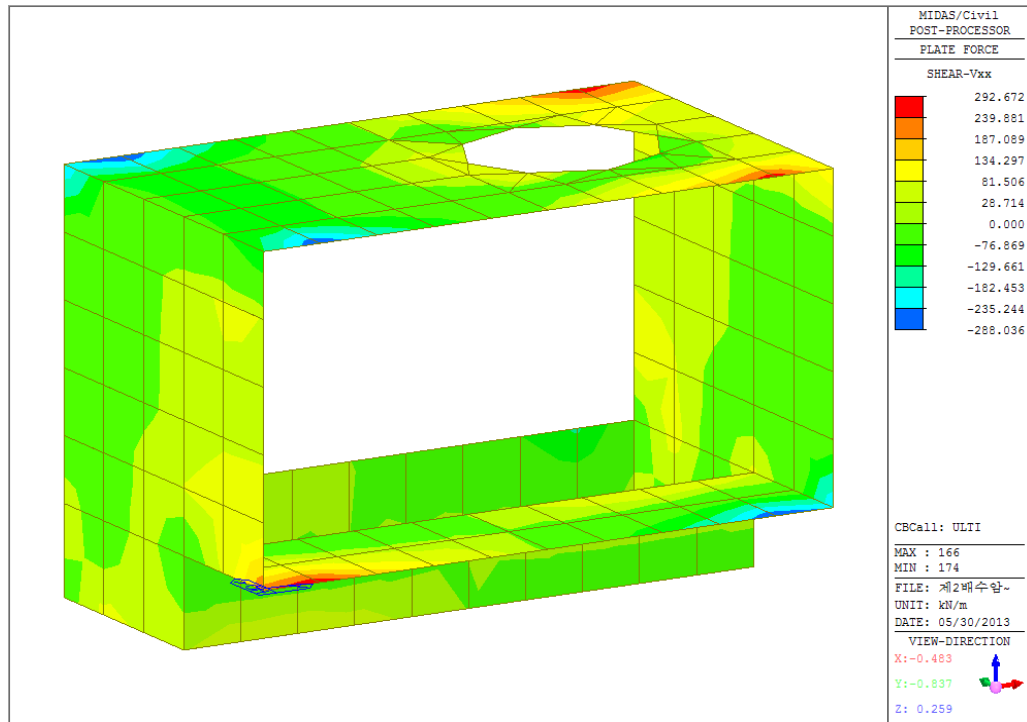
- 모멘트도(Mxx)



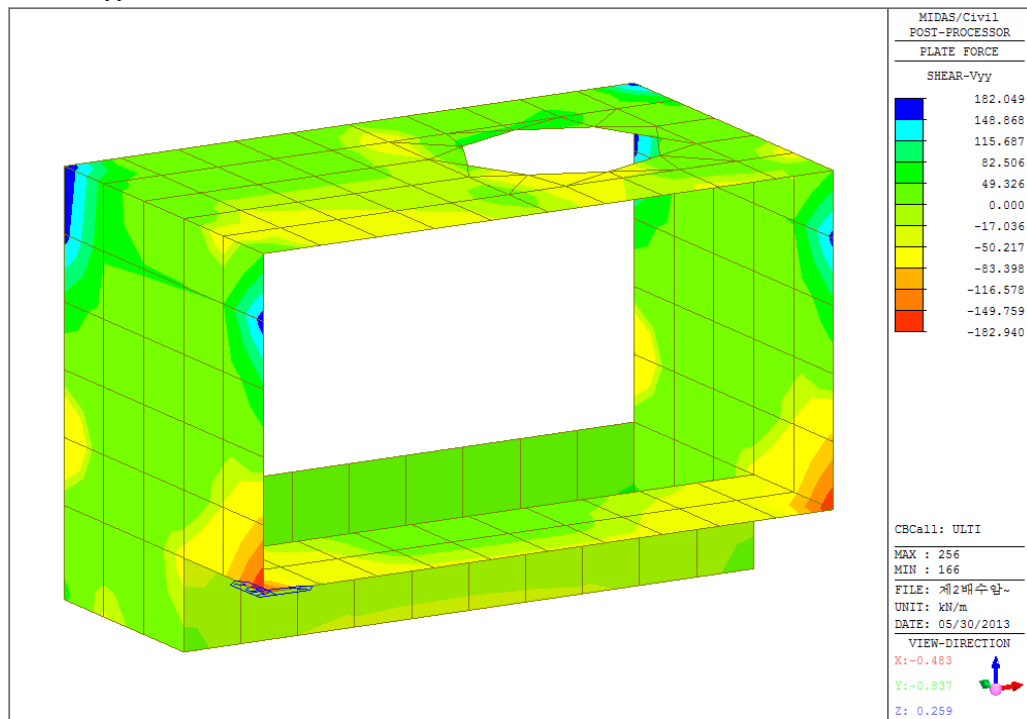
- 모멘트도(Myy)



- 전단력도(Vxx)

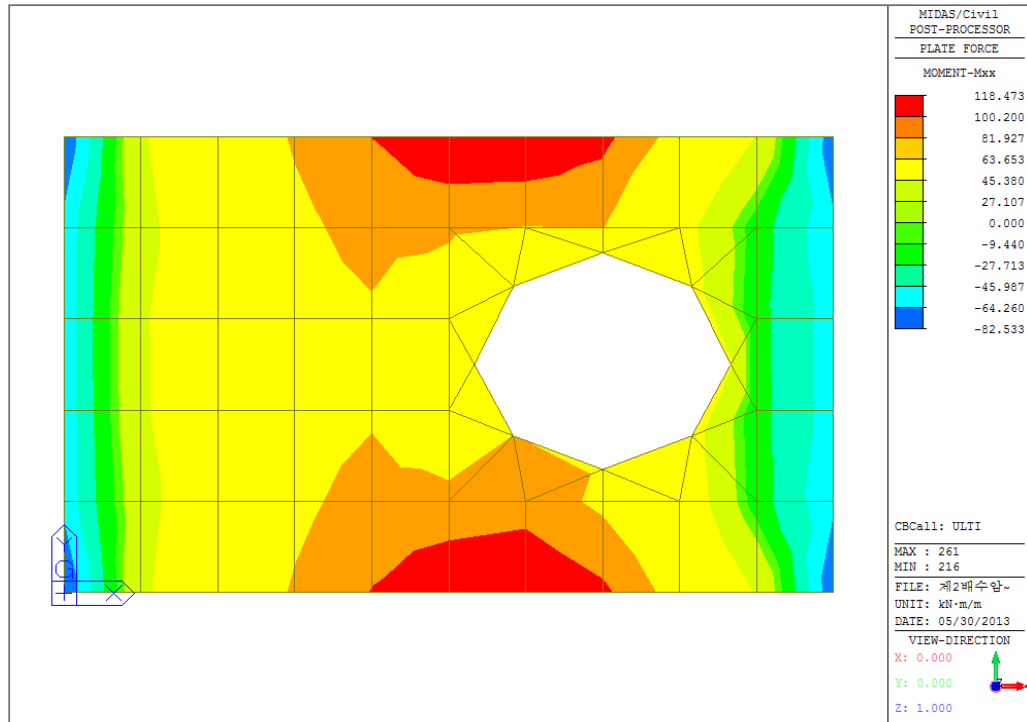


- 전단력도(Vyy)

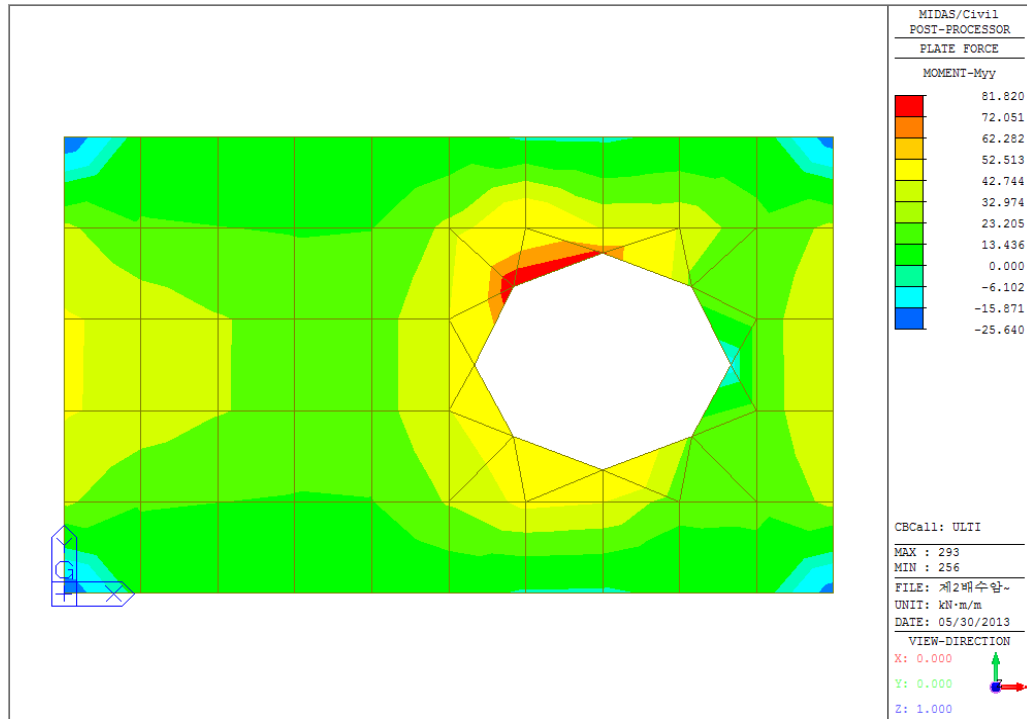


▶ 상부슬래브

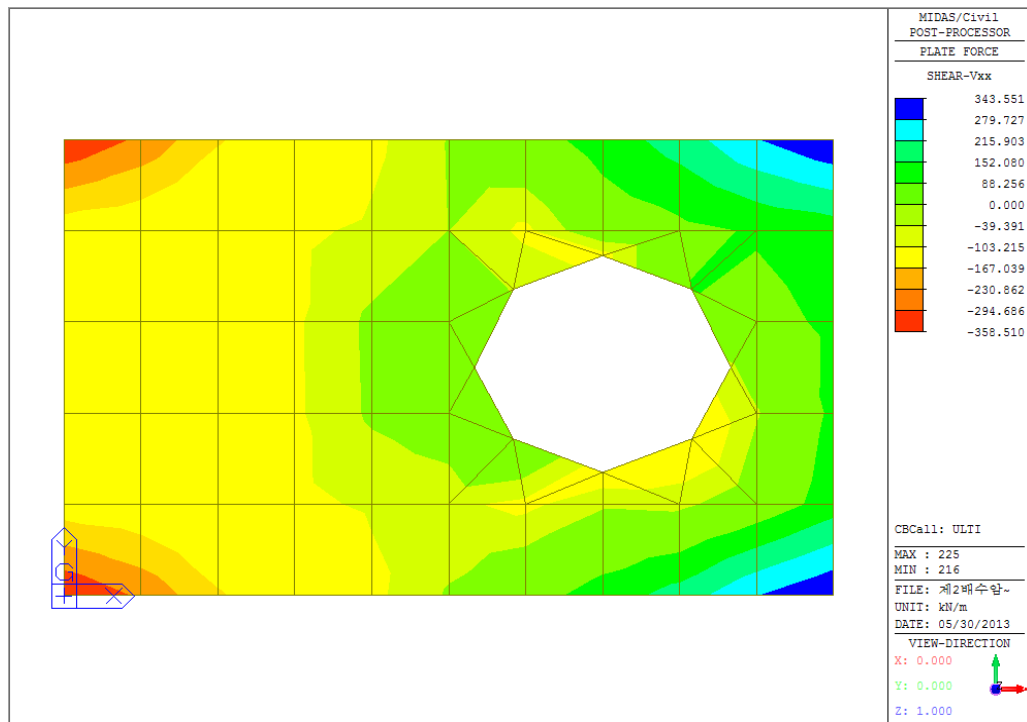
- 모멘트도(Mxx)



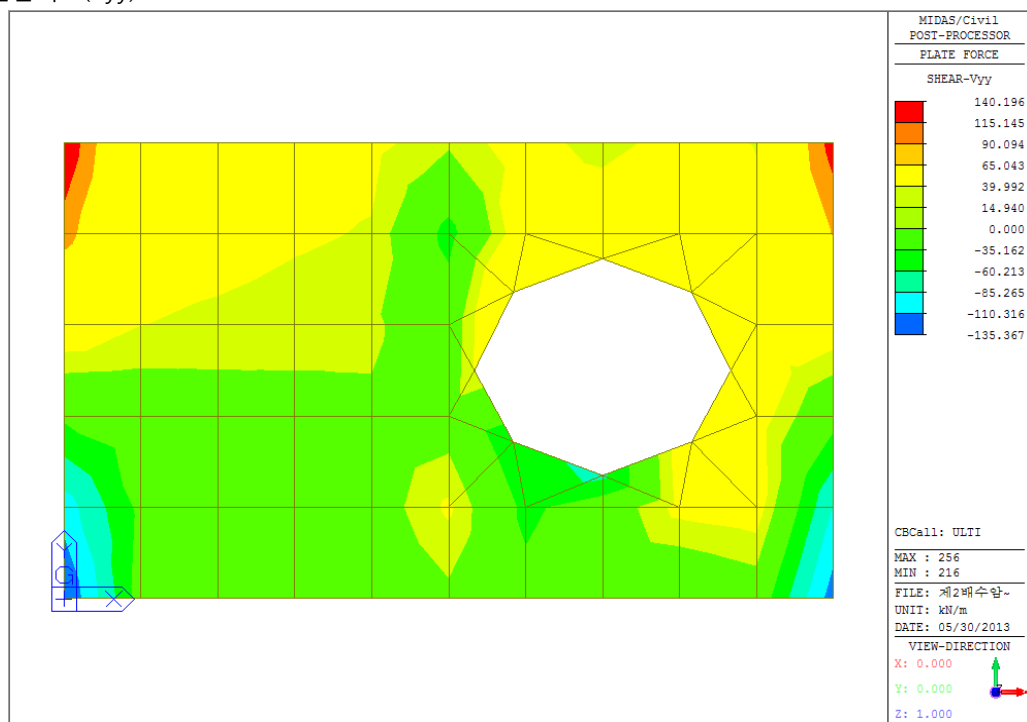
- 모멘트도(Myy)



- 전단력도(Vxx)

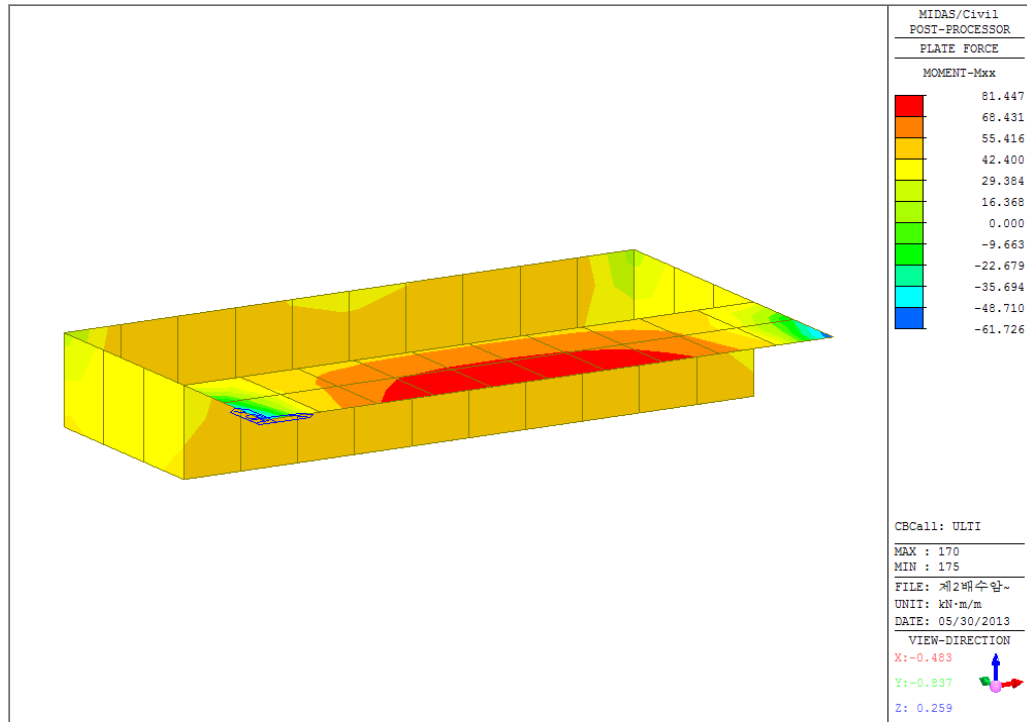


- 전단력도(Vyy)

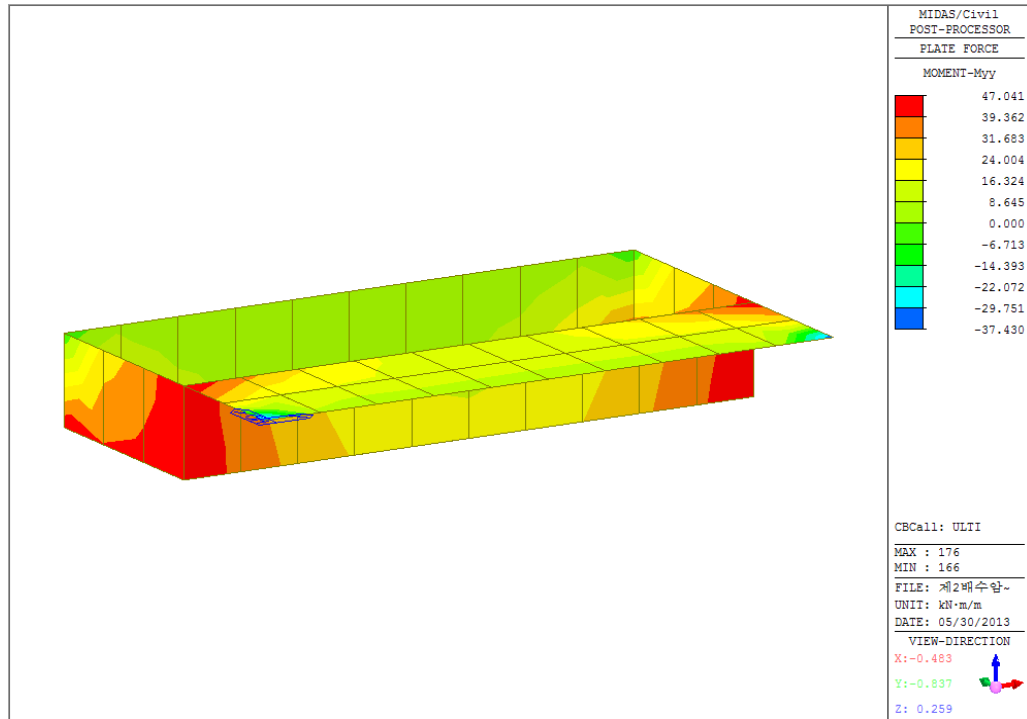


▶ 하부슬래브

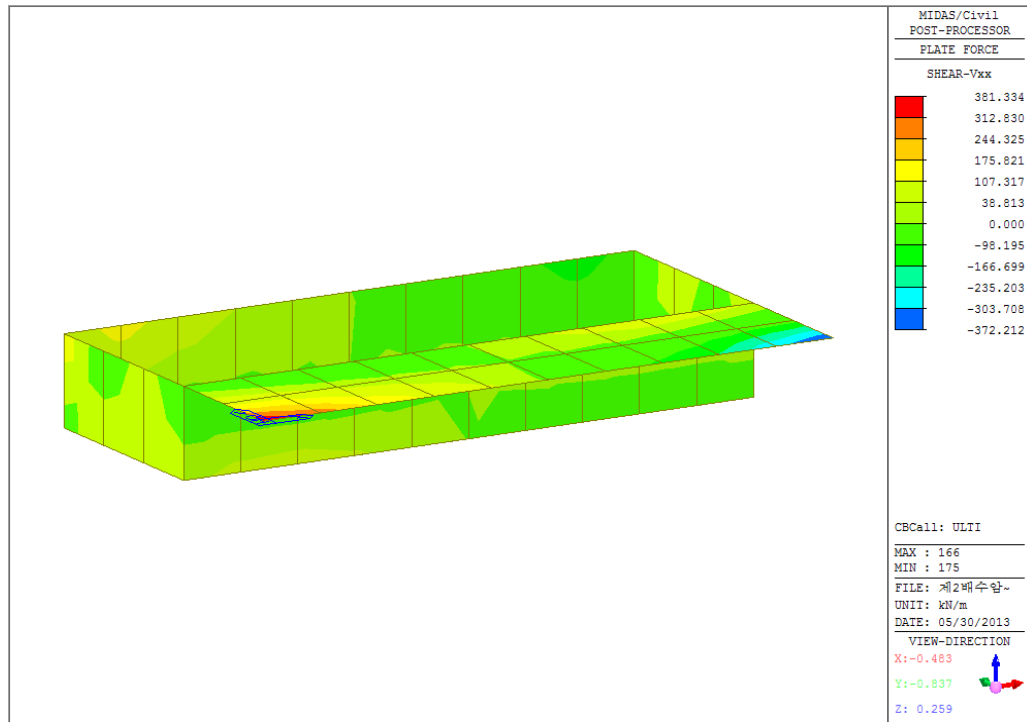
- 모멘트도(Mxx)



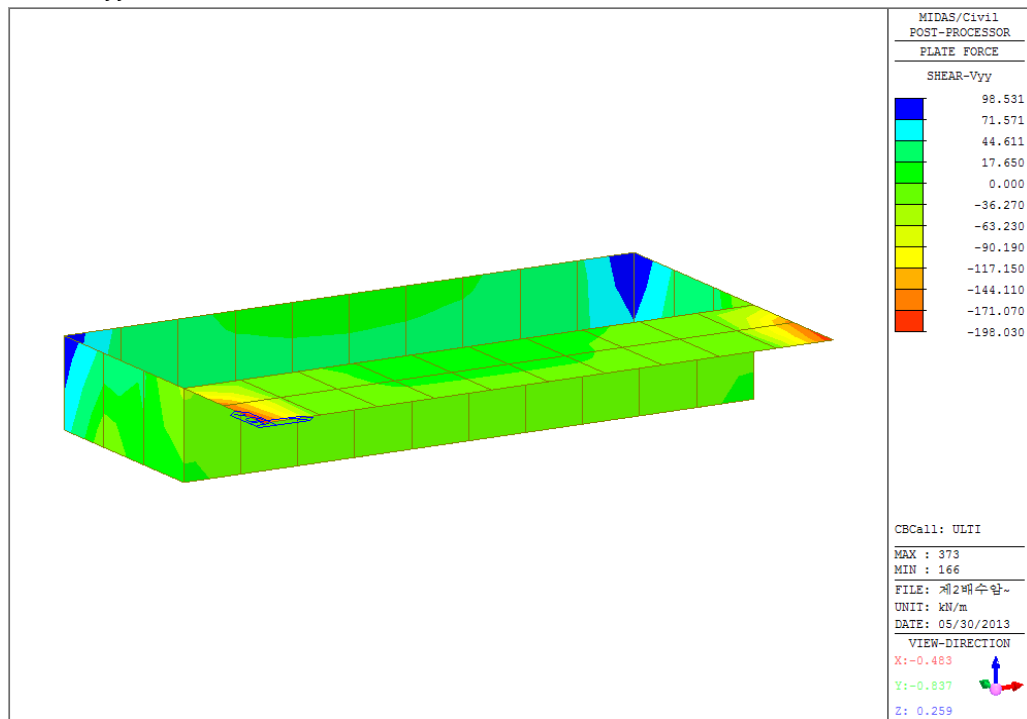
- 모멘트도(Myy)



- 전단력도(Vxx)

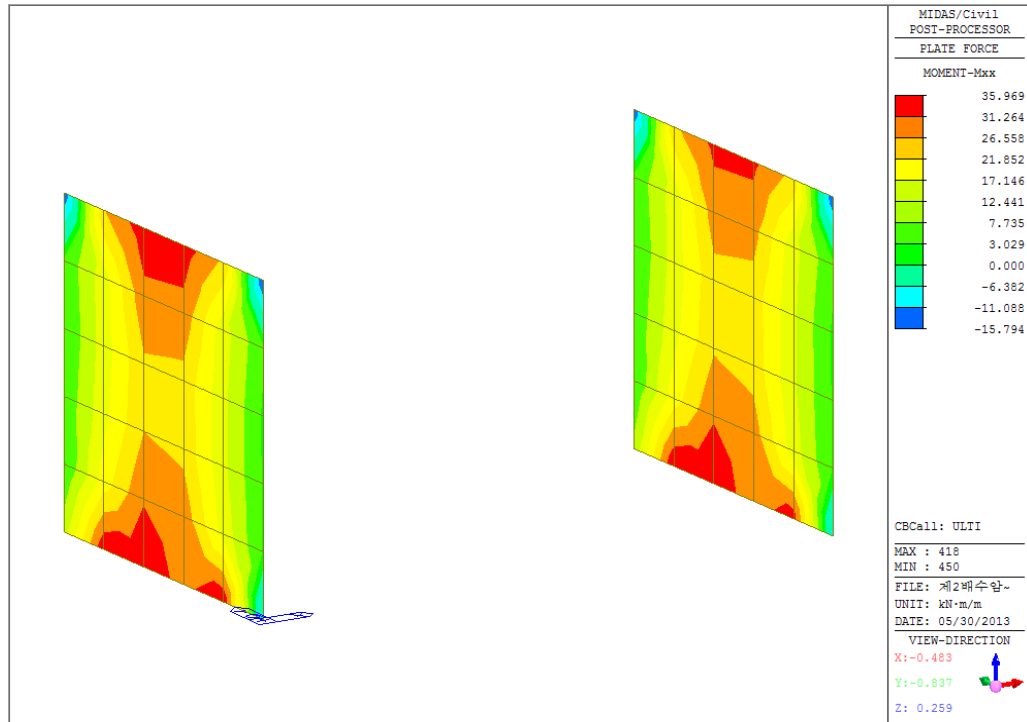


- 전단력도(Vyy)

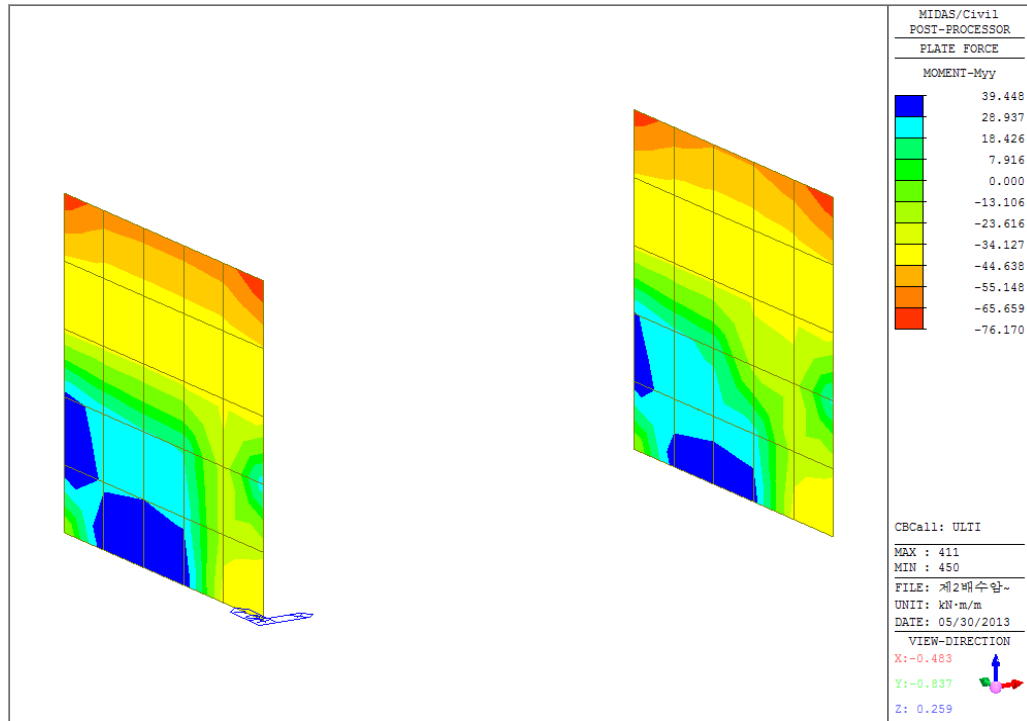


▶ 외부벽체

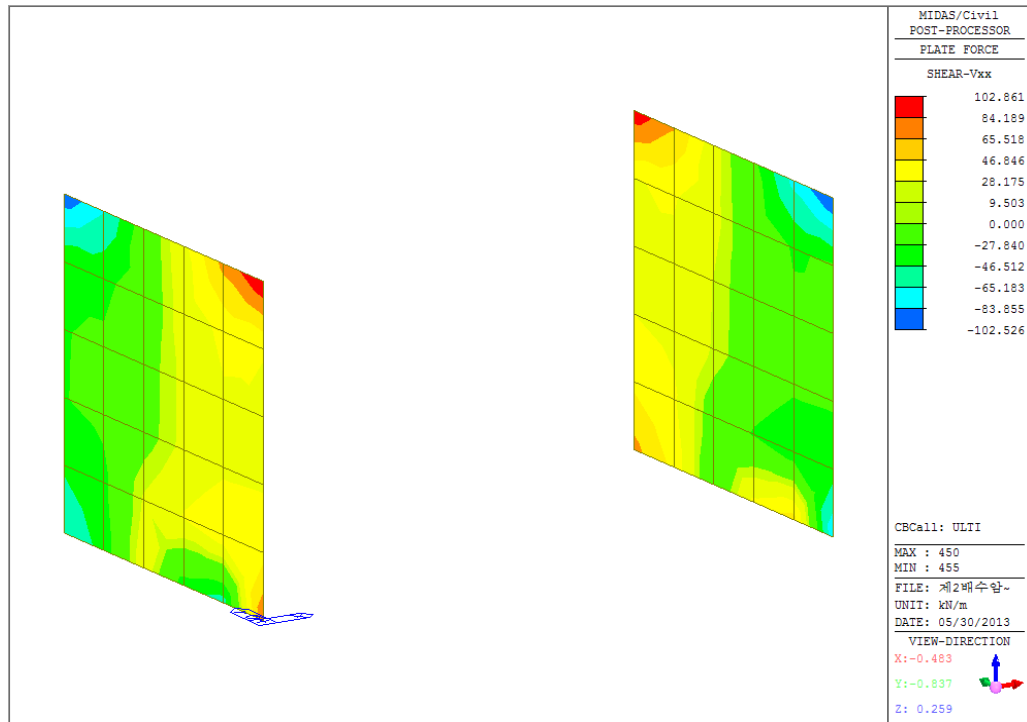
- 모멘트도(Mxx)



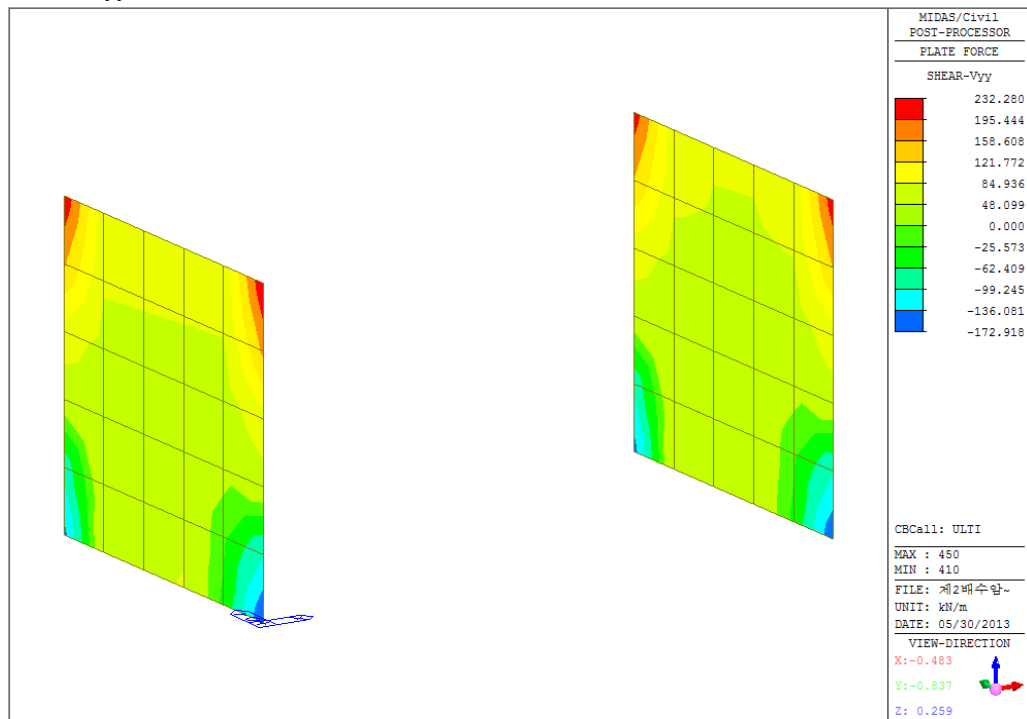
- 모멘트도(Myy)



- 전단력도(Vxx)



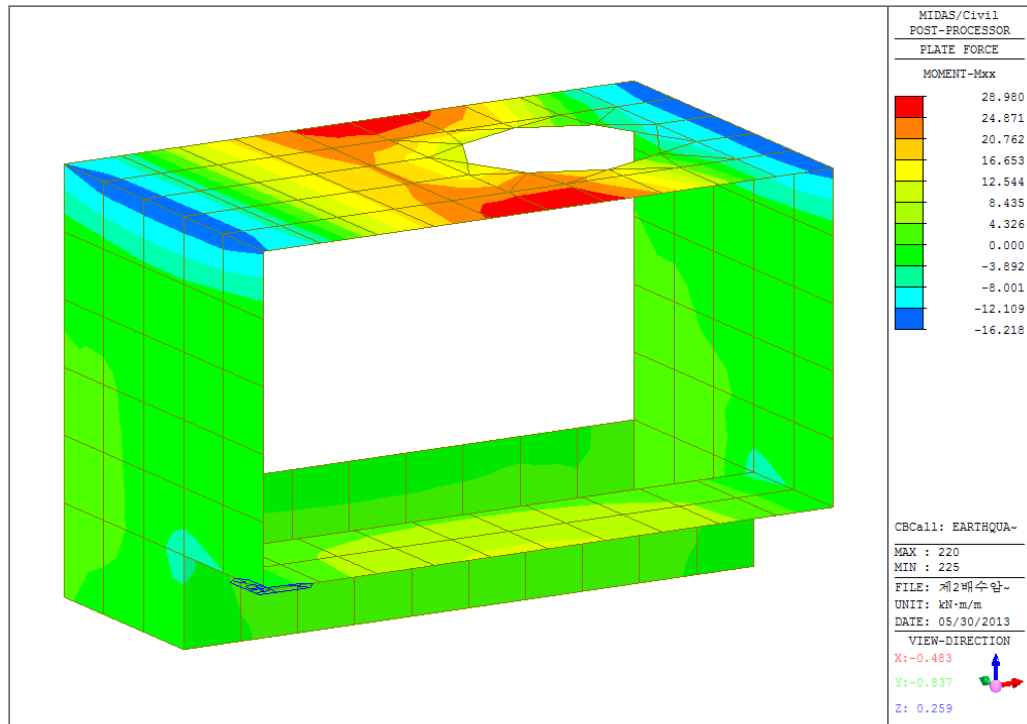
- 전단력도(Vyy)



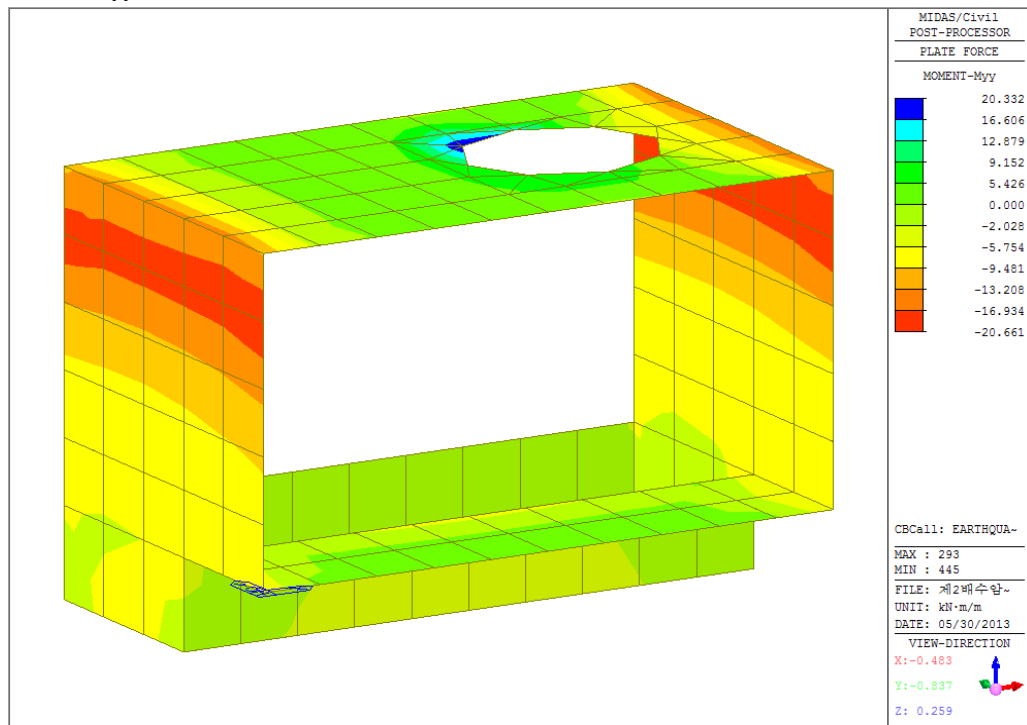
② 지진시

▶ 전체분

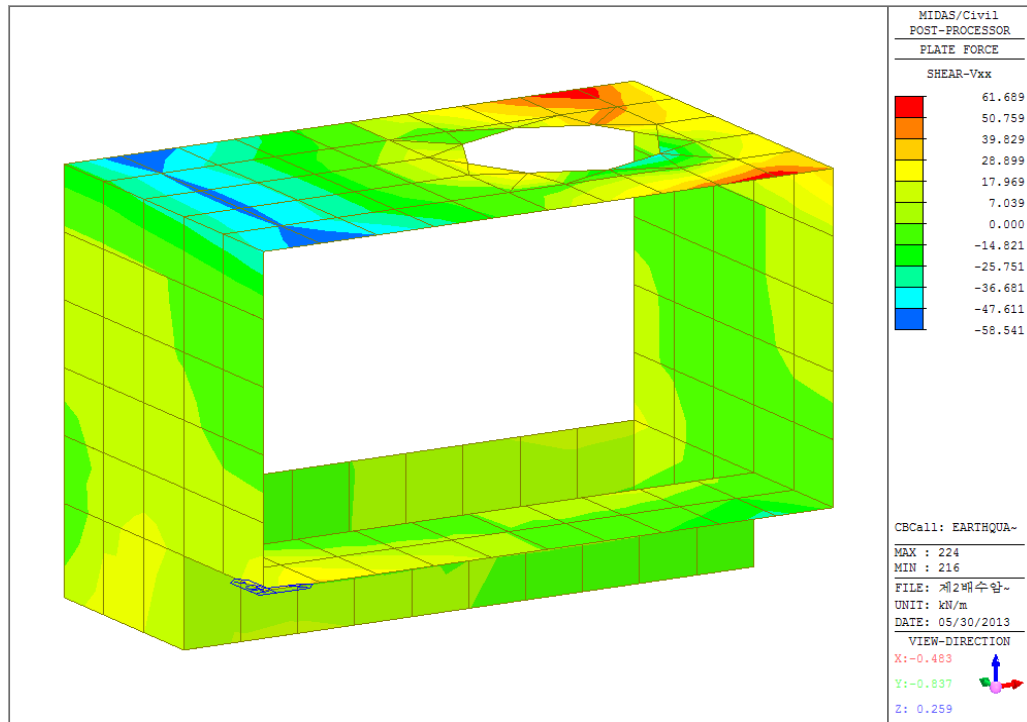
- 모멘트도(Mxx)



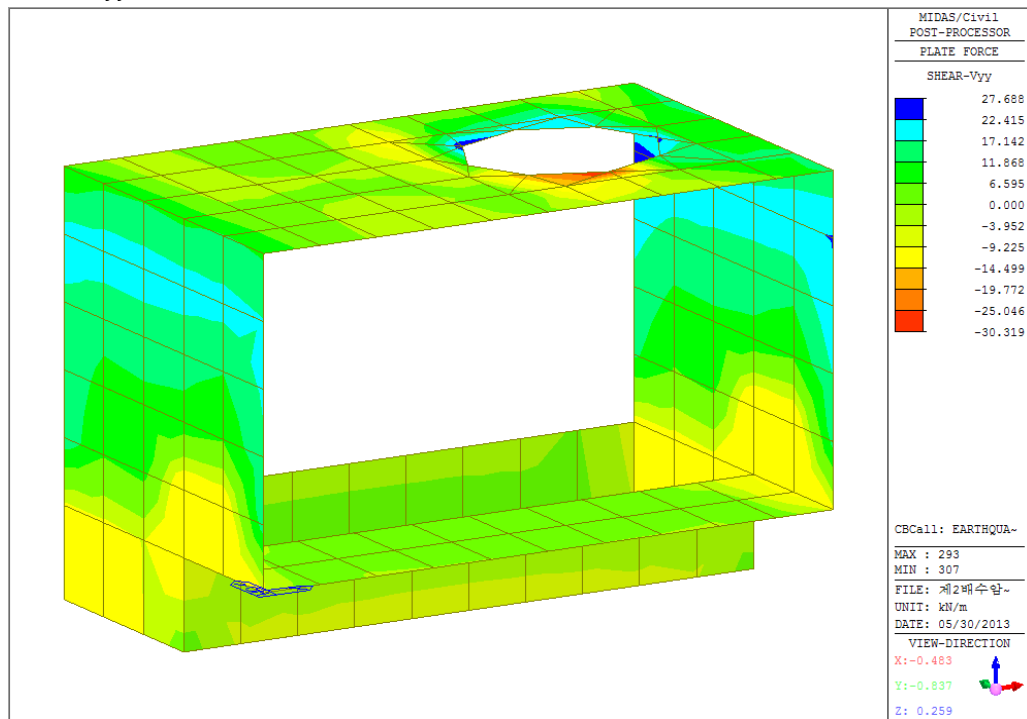
- 모멘트도(Myy)



- 전단력도(Vxx)

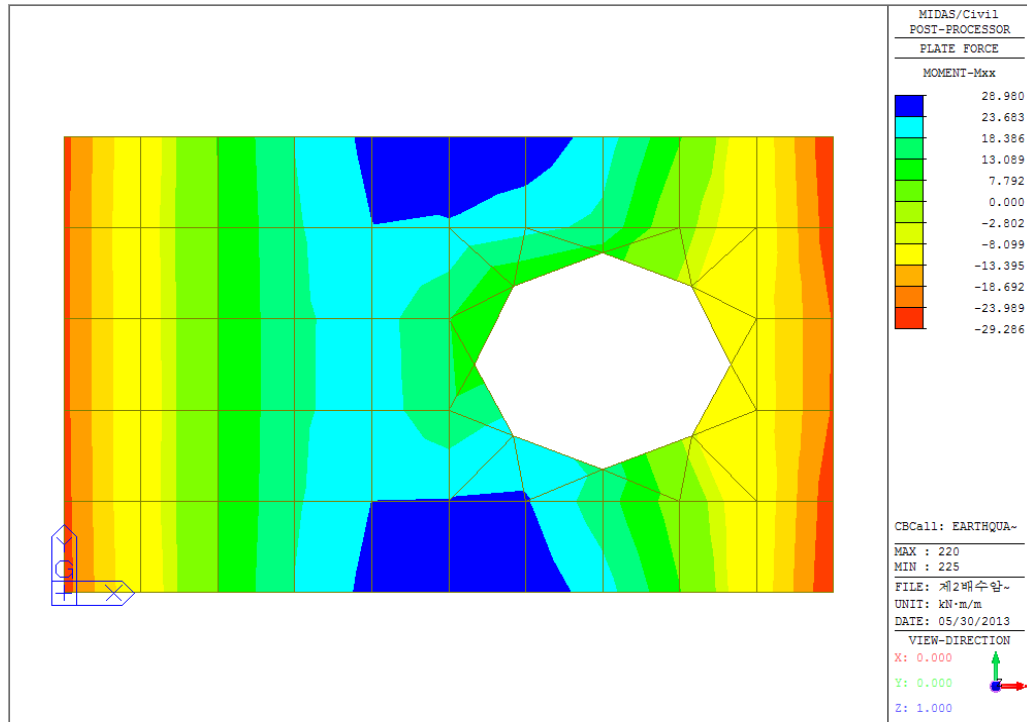


- 전단력도(Vyy)

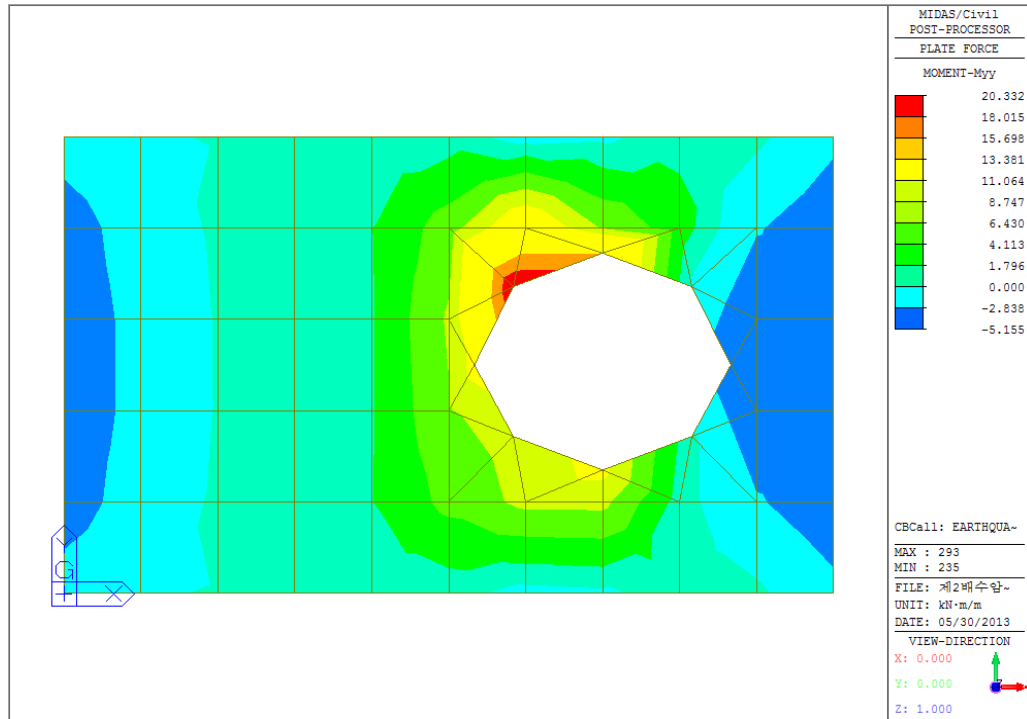


▶ 상부슬래브

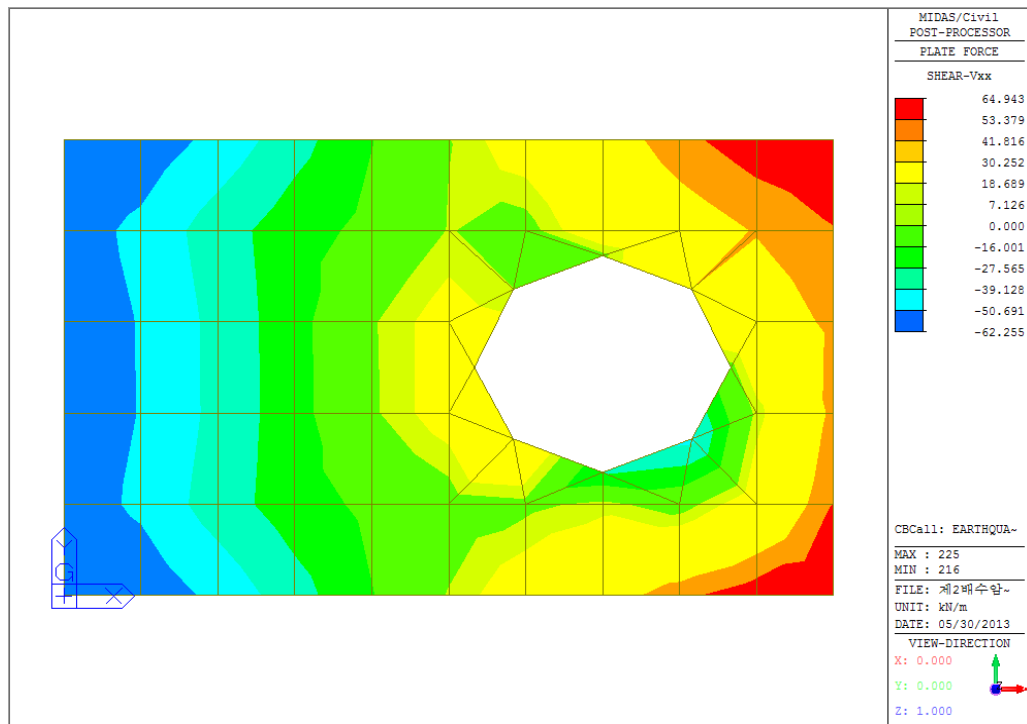
- 모멘트도(Mxx)



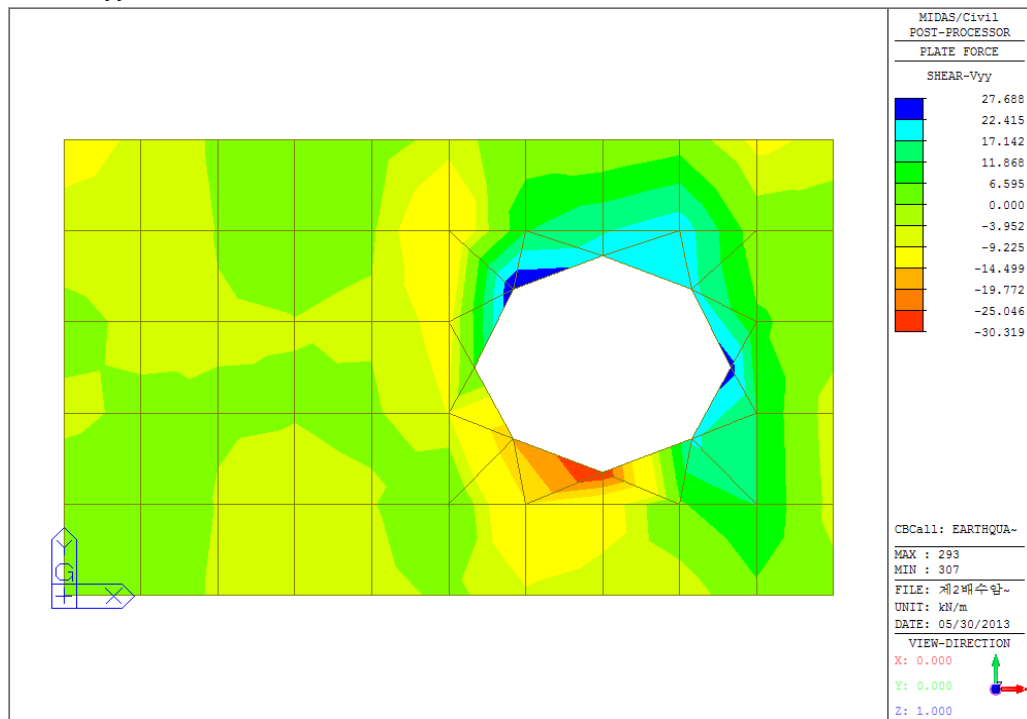
- 모멘트도(Myy)



- 전단력도(Vxx)

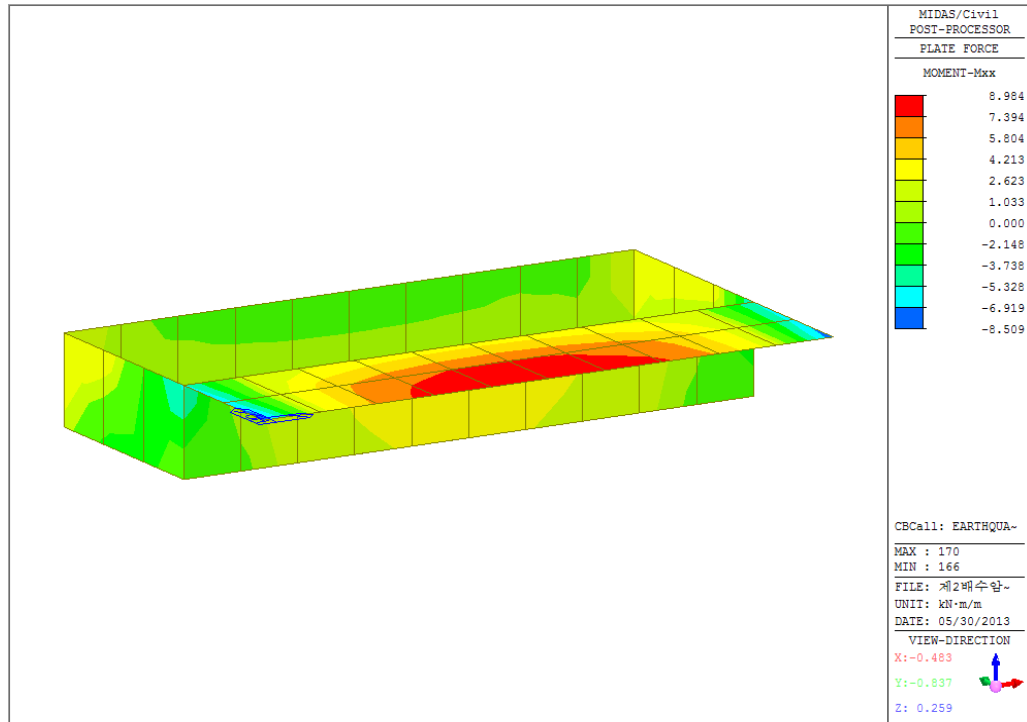


- 전단력도(Vyy)

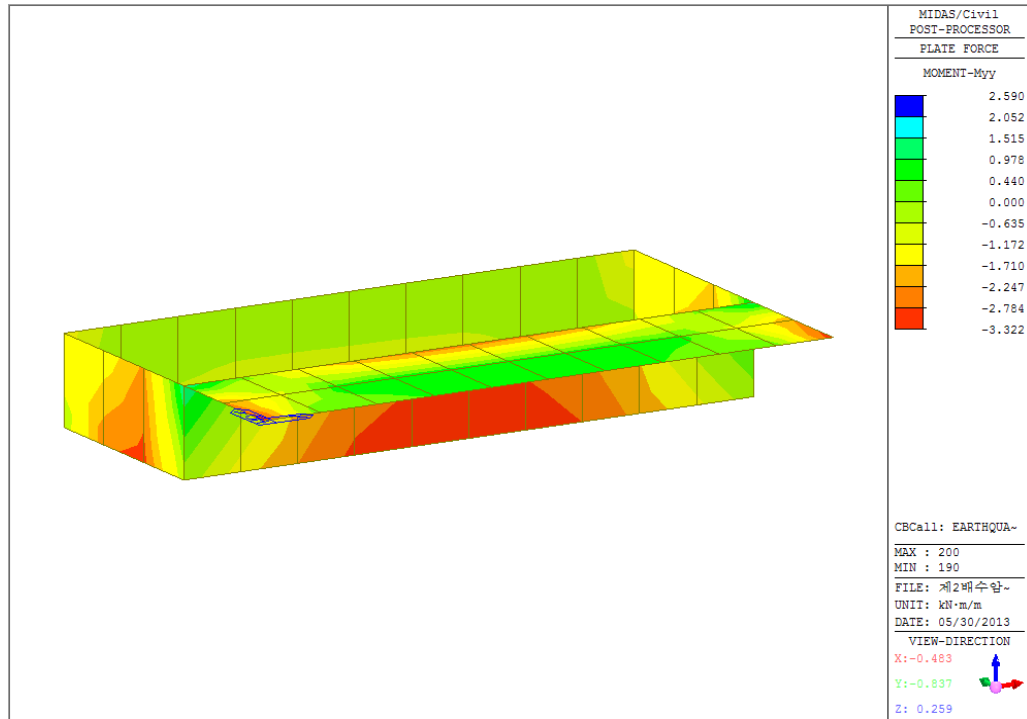


▶ 하부슬래브

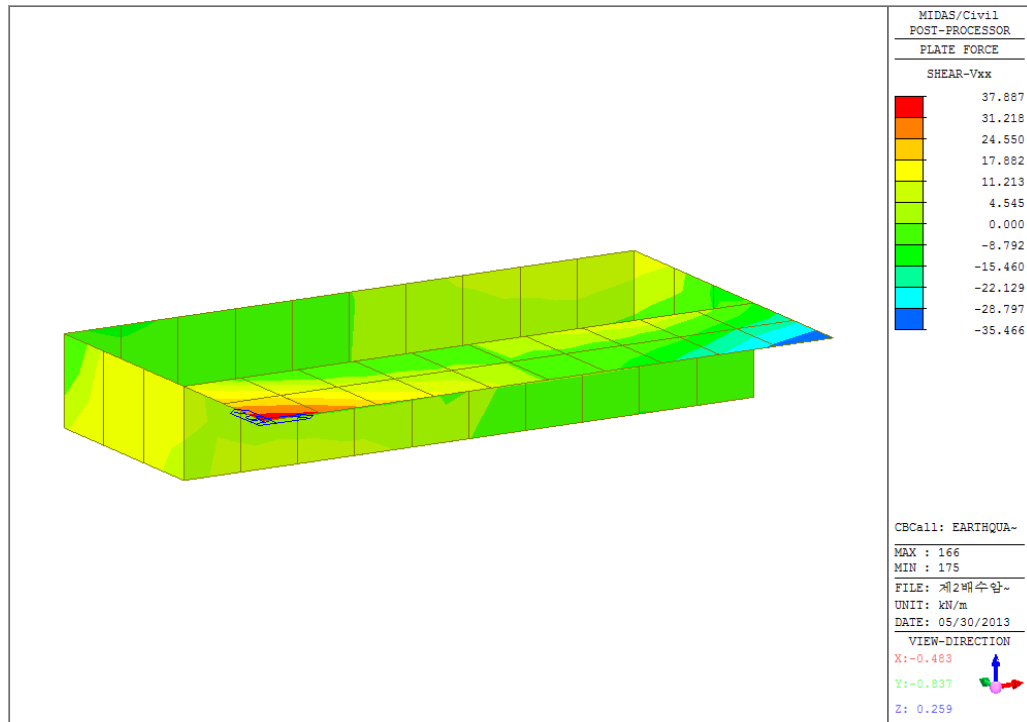
- 모멘트도(Mxx)



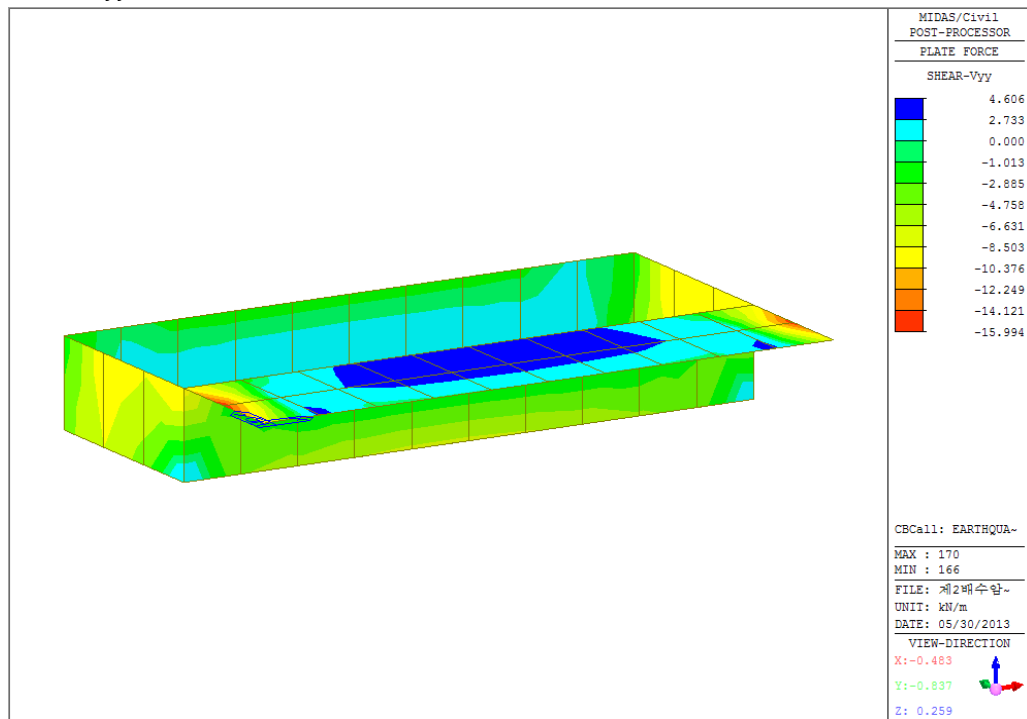
- 모멘트도(Myy)



- 전단력도(Vxx)

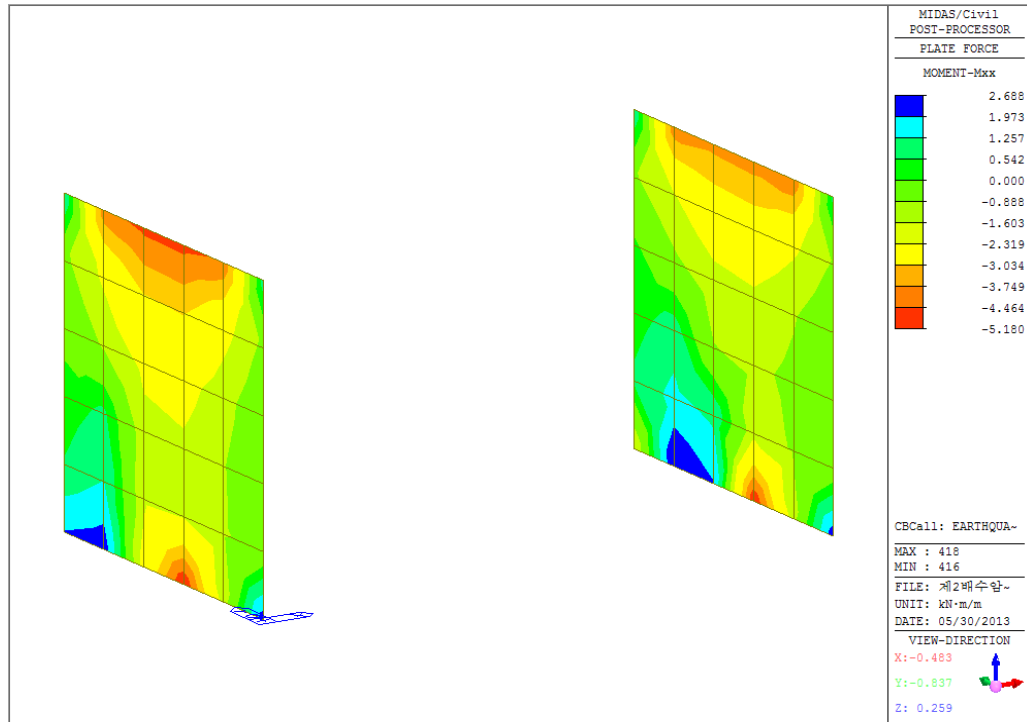


- 전단력도(Vyy)

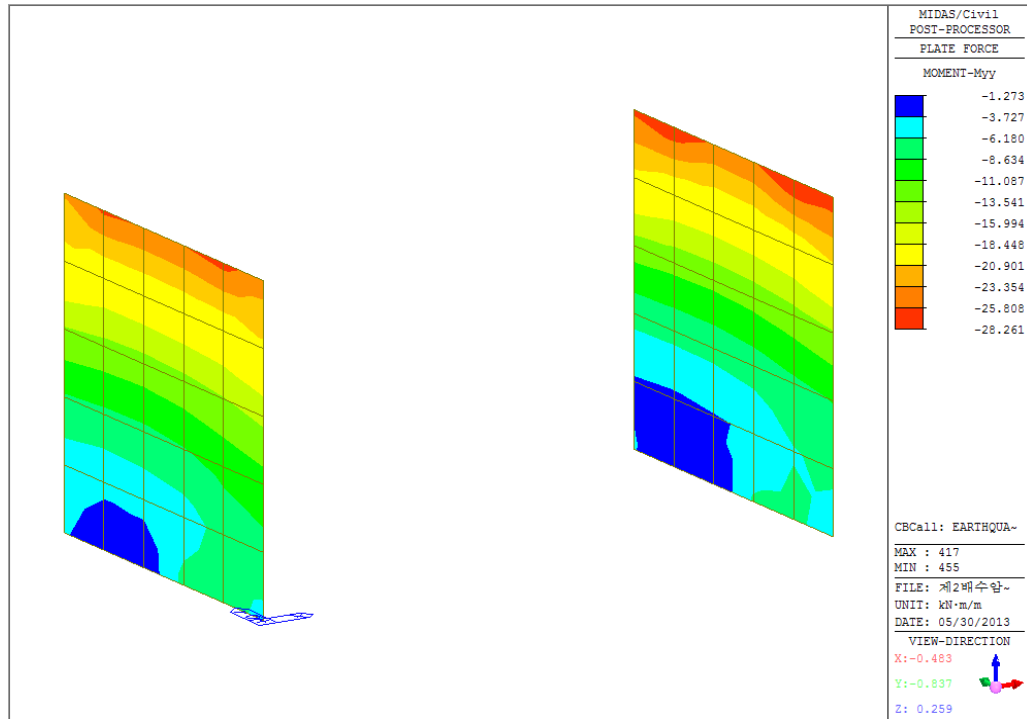


▶ 외부벽체

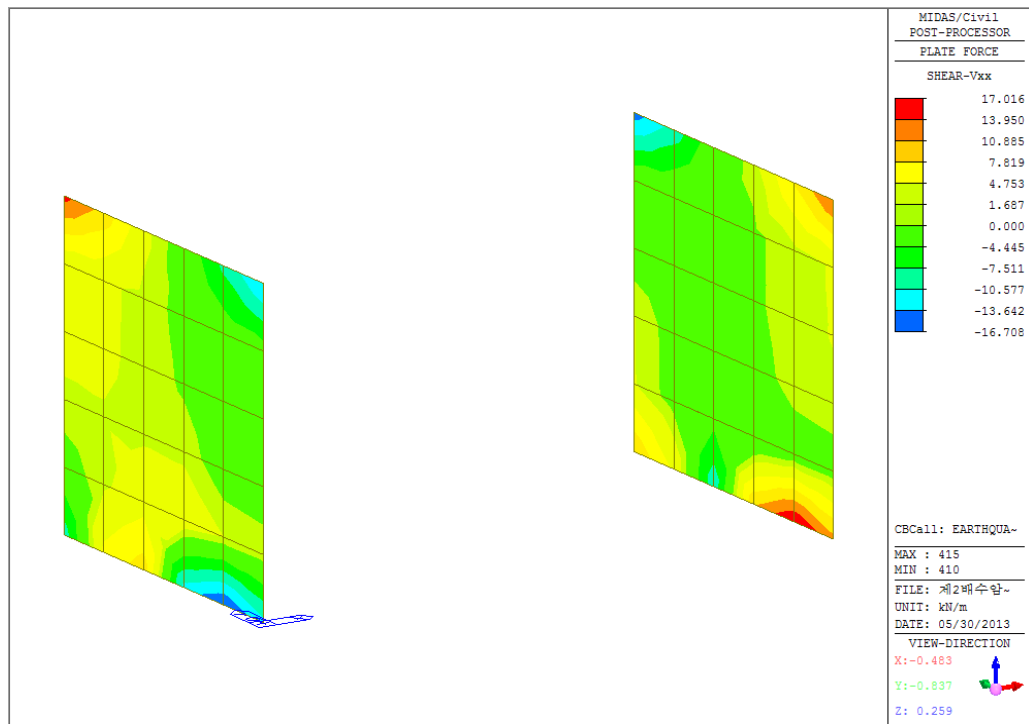
- 모멘트도(Mxx)



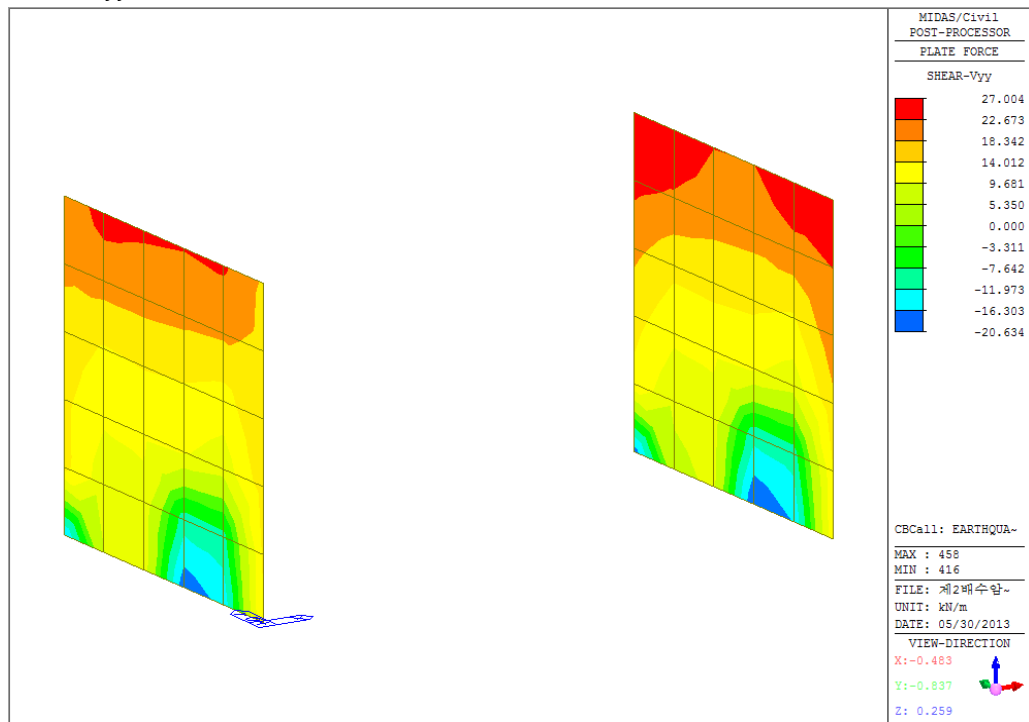
- 모멘트도(Myy)



- 전단력도(Vxx)



- 전단력도(Vyy)

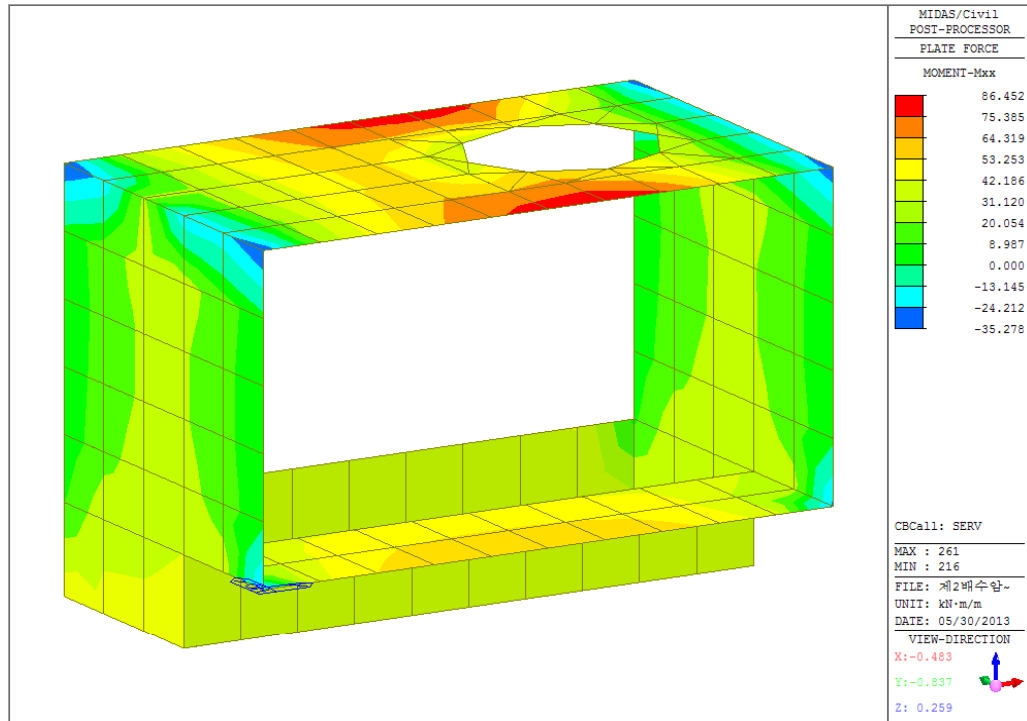


9.2 사용하중 검토시

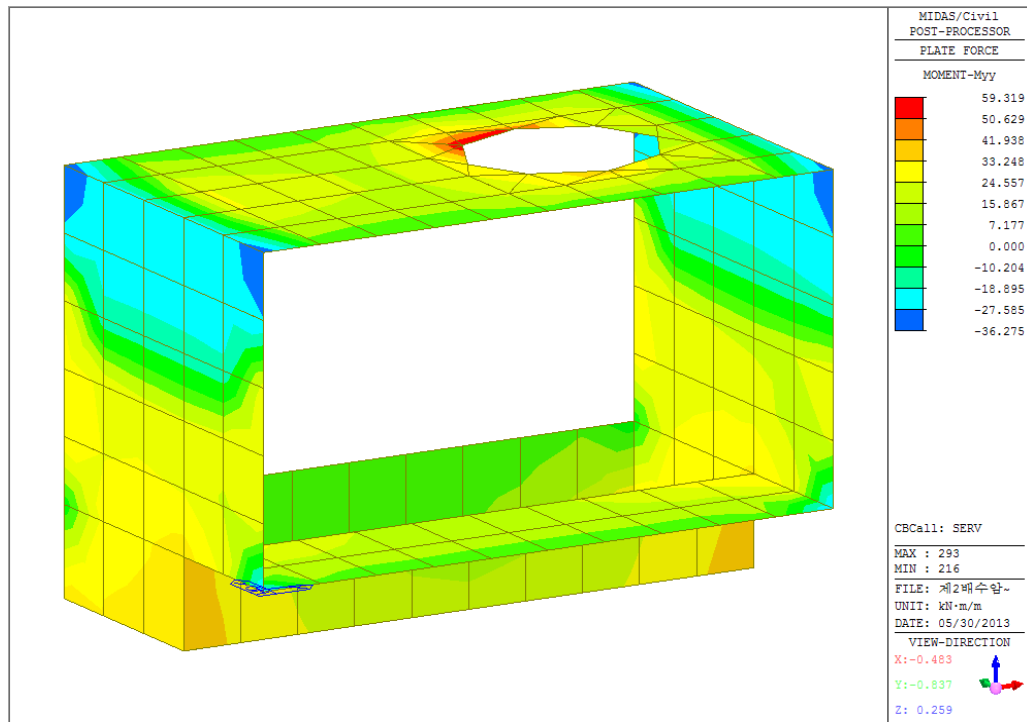
① 상시

▶ 전체분

- 모멘트도(Mxx)

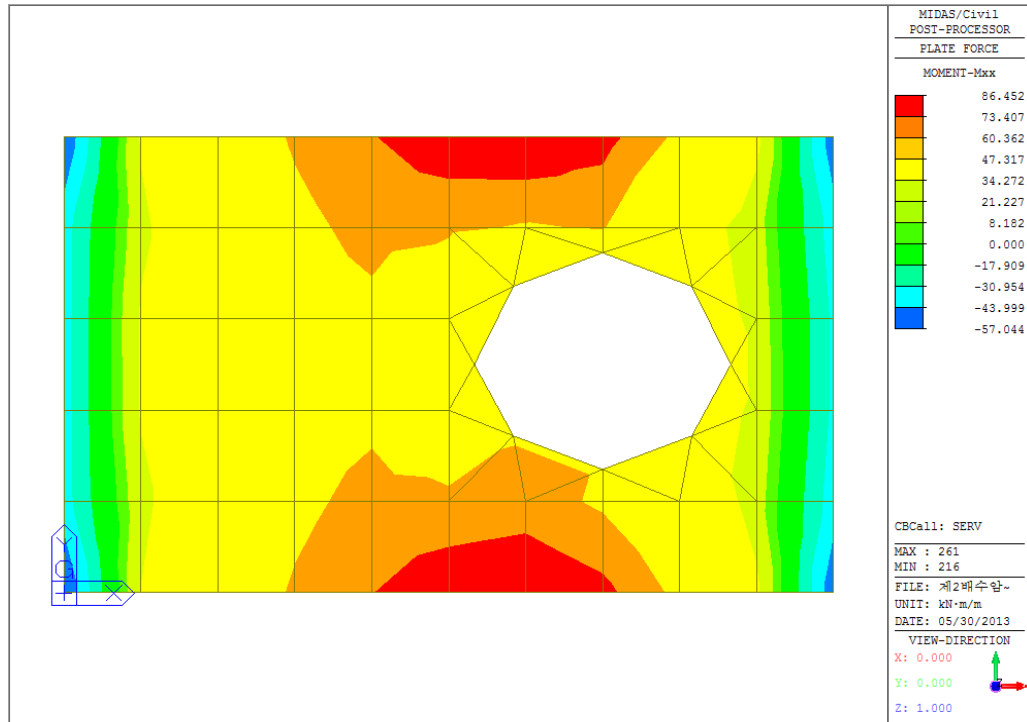


- 모멘트도(Myy)

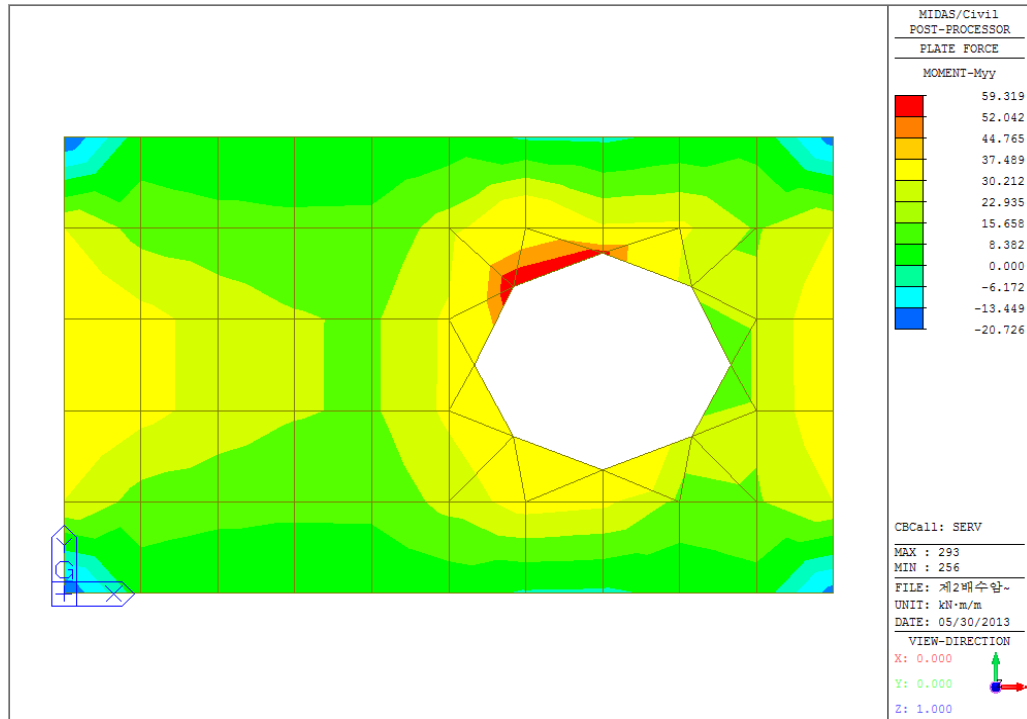


▶ 상부슬래브

- 모멘트도(Mxx)

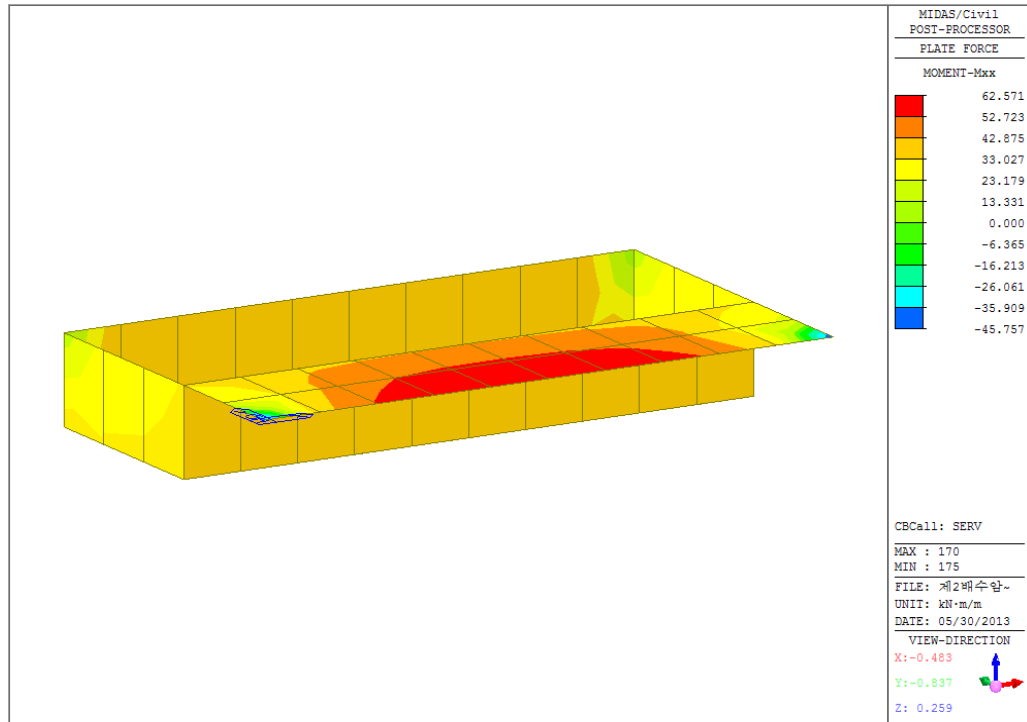


- 모멘트도(Myy)

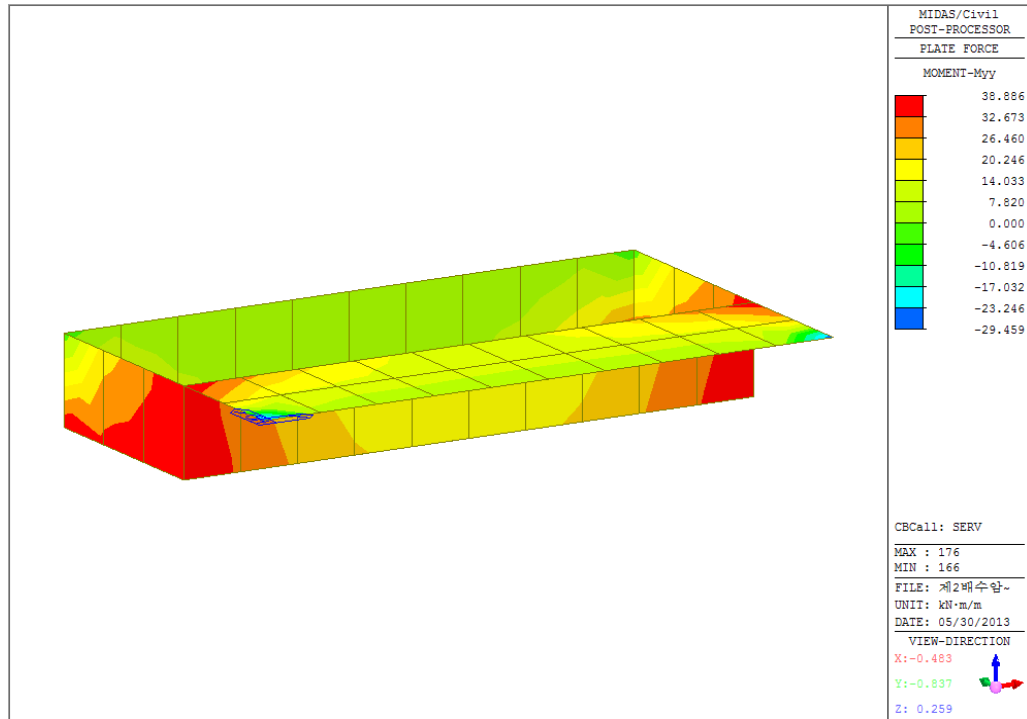


▶ 하부슬래브

- 모멘트도(Mxx)

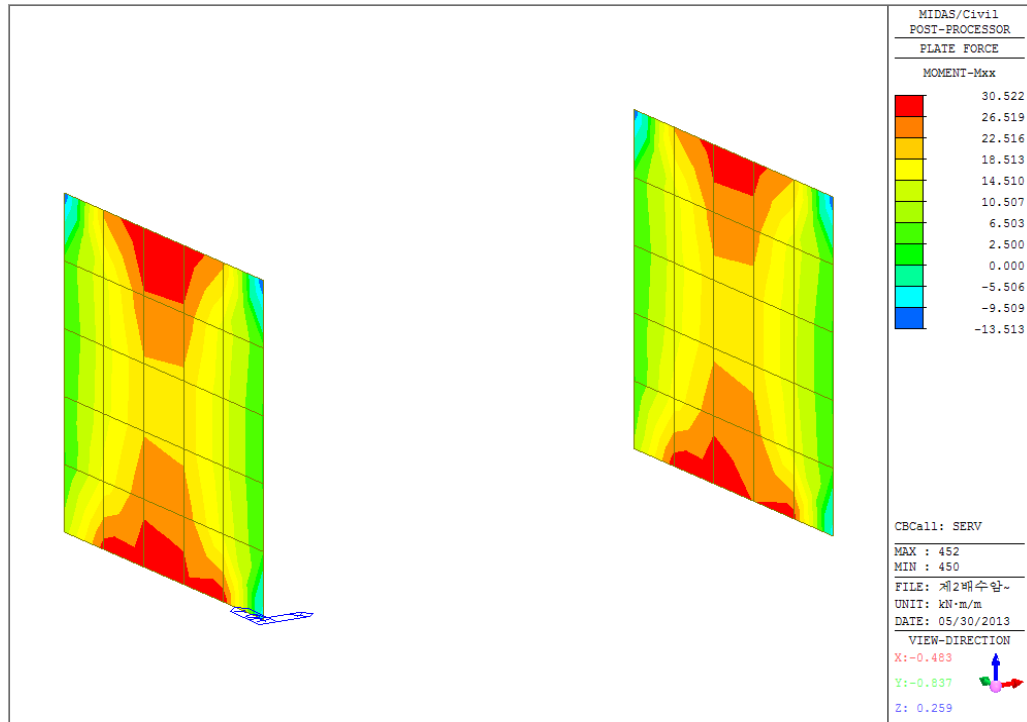


- 모멘트도(Myy)

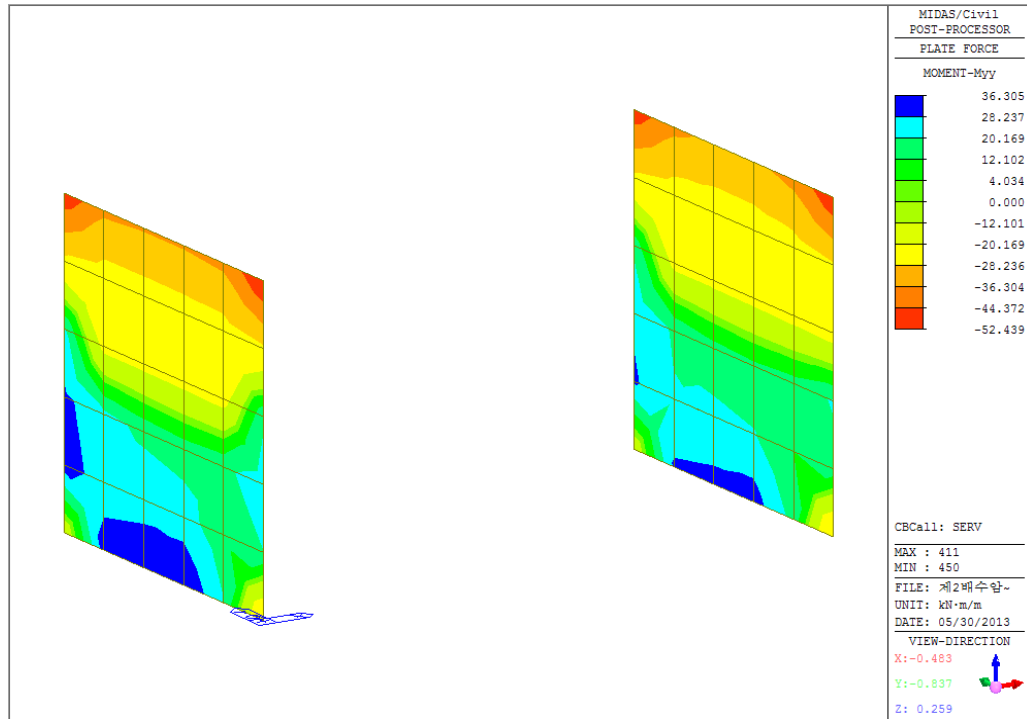


▶ 외부벽체

- 모멘트도(Mxx)



- 모멘트도(Myy)



9.3 단면력 집계

① 상시

구분			Mu (kN·m)	Su (kN)	Ms (kN·m)
상부슬래브	종방향	상면	82.533	358.510	57.044
		하면	118.473	0.000	86.452
	횡방향	상면	25.640	140.196	20.726
		하면	81.820	0.000	59.319
하부슬래브	종방향	상면	81.447	0.000	62.571
		하면	61.726	381.334	45.757
	횡방향	상면	47.041	0.000	38.886
		하면	37.430	198.030	29.459
외부벽체	수평방향	외측	35.969	102.861	30.522
		내측	15.794	0.000	13.513
	수직방향	외측	76.170	232.280	52.439
		내측	39.440	0.000	36.305

② 지진시

구분			Mu (kN·m)	Su (kN)	
상부슬래브	종방향	상면	29.286	64.943	
		하면	28.980	0.000	
	횡방향	상면	20.332	30.319	
		하면	5.155	0.000	
하부슬래브	종방향	상면	8.984	0.000	
		하면	8.509	37.887	
	횡방향	상면	2.590	0.000	
		하면	3.322	15.994	
외부벽체	수평방향	외측	5.180	17.016	
		내측	2.688	0.000	
	수직방향	외측	28.261	27.004	
		내측	1.273	0.000	

③ 설계 단면력

구분			Mu (kN·m)	Su (kN)	Ms (kN·m)
상부슬래브	종방향	상면	82.533	358.510	57.044
		하면	118.473	0.000	86.452
	횡방향	상면	25.640	140.196	20.726
		하면	81.820	0.000	59.319
하부슬래브	종방향	상면	81.447	0.000	62.571
		하면	61.726	381.334	45.757
	횡방향	상면	47.041	0.000	38.886
		하면	37.430	198.030	29.459
외부벽체	수평방향	외측	35.969	102.861	30.522
		내측	15.794	0.000	13.513
	수직방향	외측	76.170	232.280	52.439
		내측	39.440	0.000	36.305

10. 단면설계

10.1 상부슬래브 (종방향 - 상면) : T = 366.67 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned}
 f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\
 \text{계수모멘트 } M_u &= 82.533 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 358.510 \text{ kN} \\
 \text{단면의 두께 } H &= 366.67 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\
 \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 316.67 \text{ mm} \\
 P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\
 P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\
 P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350
 \end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned}
 \text{사용철근량} &= H \text{ 16 @ 150 mm} + H \text{ 0 @ 150 mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\
 &= H \text{ 0 @ 150 mm} + H \text{ 0 @ 150 mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\
 &= 1324.000 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00418 \\
 \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 25.961 \text{ mm} \\
 \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 136708865.320 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 &= 136.709 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 82.533 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!}
 \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned}
 \text{소요등가응력 깊이 } a &= 15.405 \text{ mm로 가정} \\
 A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 785.662 \text{ mm}^2 \\
 a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 15.405 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\
 P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00248 \quad \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00331 \\
 \therefore \text{필요철근량 } \text{req. } A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 785.342 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \quad \therefore \text{O.K!!!} \\
 \text{철근비 검토 : } P_{\min} &\leq P \leq P_{\max} \quad \therefore \text{O.K!!!}
 \end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned}
 \Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 193.920 \text{ kN} \\
 V_u &> \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요하다.} \\
 \text{Used } A_v &= H \text{ 13 } \times \text{ 3.33 ea/m} = 421.911 \text{ mm}^2 \quad (\text{간격 } s = 200.0 \text{ mm}) \\
 \Phi_v \cdot V_s &= \Phi_v \cdot A_v \cdot f_y \cdot D / (s \times 1000) = 200.410 \text{ kN} \\
 \Phi_v \cdot V_n &= \Phi_v \cdot V_c + \Phi_v \cdot V_s = 394.330 \text{ kN} \geq V_u \quad \therefore \text{O.K!!!}
 \end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

사용하중 모멘트 $M_o = 57.044 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$n = E_s / E_c = 7$

$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00267$

$k = -n \cdot p + \sqrt{((n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p)} = 0.176$, $j = 0.941$

$x = k \cdot D = 55.734 \text{ mm}$

$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 6.867 \text{ MPa}$

$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 226.555 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \dots \therefore \text{O.K!!!}$

$d_y = 50.00 \text{ mm}$, $d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$

$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 15000.000 \text{ mm}^2$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 238.85$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 278.08$$

여기서, $c_c = d_c - d_b/2 = 43.50 \text{ mm}$

최외단 철근의 평균배근간격 = $150.00 \text{ mm} \leq 238.85 \text{ mm} \dots \therefore \text{O.K!!!}$

10.2 상부슬래브 (중방향 - 하면) : T = 300.00 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\ \text{계수모멘트 } M_u &= 118.473 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 0.000 \text{ kN} \\ \text{단면의 두께 } H &= 300.00 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\ \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 250.00 \text{ mm} \\ P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\ P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\ P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350 \end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned} \text{사용철근량} &= H \text{ } 19 \text{ @ } 150 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 150 \text{ mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\ &\quad H \text{ } 0 \text{ @ } 150 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 150 \text{ mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\ &= 1910.000 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00764 \\ \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 37.451 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 150189660.300 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 150.190 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 118.473 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned} \text{소요등가응력 깊이 } a &= 29.013 \text{ mm로 가정} \\ A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 1479.659 \text{ mm}^2 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 29.013 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\ P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00592 \quad \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00789 \\ \therefore \text{필요철근량 req. } A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 1480.000 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \dots \text{O.K!!!} \\ \text{철근비 검토 : } P_{\min} &\leq P \leq P_{\max} \dots \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned} \Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 153.093 \text{ kN} \\ V_u &\leq \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요없다.} \end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

$$\text{사용하중 모멘트 } M_o = 86.452 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 7$$

$$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00764$$

$$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.278, \quad j = 0.907$$

$$x = k \cdot D = 69.500 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 10.968 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 199.542 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

$$d_y = 50.00 \text{ mm}, \quad d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 15000.000 \text{ mm}^2$$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 293.4$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 315.72$$

$$\text{여기서, } c_c = d_c - d_b/2 = 40.50 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 철근의 평균배근간격} = 150.00 \text{ mm} \leq 293.4 \text{ mm} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

10.3 상부슬래브 (횡방향 - 상면) : T = 300.00 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\ \text{계수모멘트 } M_u &= 25.640 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 140.196 \text{ kN} \\ \text{단면의 두께 } H &= 300.00 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\ \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 250.00 \text{ mm} \\ P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\ P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\ P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350 \end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned} \text{사용철근량} &= H \text{ } 13 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\ &\quad H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\ &= 633.500 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00253 \\ \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 12.422 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 52509712.710 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 52.510 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 25.640 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned} \text{소요등가응력 깊이 } a &= 5.986 \text{ mm로 가정} \\ A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 305.302 \text{ mm}^2 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 5.986 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\ P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00122 \quad \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00163 \\ \therefore \text{필요철근량 } \text{req.} A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 305.000 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \dots \text{O.K!!!} \\ \text{철근비 검토 : } 4/3 P_{\text{req}} &\leq P < P_{\min} \dots \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned} \Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 153.093 \text{ kN} \\ V_u &\leq \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요없다.} \end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

$$\text{사용하중 모멘트 } M_o = 20.726 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 7$$

$$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00253$$

$$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.171, \quad j = 0.943$$

$$x = k \cdot D = 42.750 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 4.113 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 138.777 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

$$d_y = 50.00 \text{ mm}, \quad d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 20000.000 \text{ mm}^2$$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 458.71$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 453.97$$

$$\text{여기서, } c_c = d_c - d_b/2 = 43.50 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 철근의 평균배근간격} = 200.00 \text{ mm} \leq 453.97 \text{ mm} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

10.4 상부슬래브 (횡방향 - 하면) : T = 300.00 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\ \text{계수모멘트 } M_u &= 81.820 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 0.000 \text{ kN} \\ \text{단면의 두께 } H &= 300.00 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\ \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 250.00 \text{ mm} \\ P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\ P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\ P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350 \end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned} \text{사용철근량} &= H \text{ } 19 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\ &\quad H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\ &= 1432.500 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00573 \\ \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 28.088 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 114922369.800 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 114.922 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 81.820 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned} \text{소요등가응력 깊이 } a &= 19.646 \text{ mm로 가정} \\ A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 1001.957 \text{ mm}^2 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 19.646 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\ P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00401 \quad \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00535 \\ \therefore \text{필요철근량 req. } A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 1002.500 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \dots \text{O.K!!!} \\ \text{철근비 검토 : } P_{\min} &\leq P \leq P_{\max} \dots \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned} \Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 153.093 \text{ kN} \\ V_u &\leq \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요없다.} \end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

$$\text{사용하중 모멘트 } M_o = 59.319 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 7$$

$$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00573$$

$$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.246, \quad j = 0.918$$

$$x = k \cdot D = 61.500 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 8.406 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 180.433 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

$$d_y = 50.00 \text{ mm}, \quad d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 20000.000 \text{ mm}^2$$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 335.2$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 349.16$$

$$\text{여기서, } c_c = d_c - d_b/2 = 40.50 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 철근의 평균배근간격} = 200.00 \text{ mm} \leq 335.2 \text{ mm} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

10.5 하부슬래브 (중방향 - 상면) : T = 366.67 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned}f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\ \text{계수모멘트 } M_u &= 81.447 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 0.000 \text{ kN} \\ \text{단면의 두께 } H &= 366.67 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\ \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 316.67 \text{ mm} \\ P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\ P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\ P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350\end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned}\text{사용철근량} &= H \text{ 16 @ 150 mm} + H \text{ 0 @ 150 mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\ &\quad H \text{ 0 @ 150 mm} + H \text{ 0 @ 150 mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\ &= 1324.000 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00418 \\ \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 25.961 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 136708865.320 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 136.709 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 81.447 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!}\end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned}\text{소요등가응력 깊이 } a &= 15.197 \text{ mm로 가정} \\ A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 775.063 \text{ mm}^2 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 15.197 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\ P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00245 \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00327 \\ \therefore \text{필요철근량 req. } A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 775.842 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \dots \text{O.K!!!} \\ \text{철근비 검토 : } P_{\min} &\leq P \leq P_{\max} \dots \text{O.K!!!}\end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned}\Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 193.920 \text{ kN} \\ V_u &\leq \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요없다.}\end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

$$\text{사용하중 모멘트 } M_o = 62.571 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 7$$

$$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00418$$

$$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.214, \quad j = 0.929$$

$$x = k \cdot D = 67.767 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 6.279 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 160.701 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

$$d_y = 50.00 \text{ mm}, \quad d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 15000.000 \text{ mm}^2$$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 385.04$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 392.03$$

$$\text{여기서, } c_c = d_c - d_b/2 = 42.00 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 철근의 평균배근간격} = 150.00 \text{ mm} \leq 385.04 \text{ mm} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

10..6 하부슬래브 (중방향 - 하면) : T = 366.67 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\ \text{계수모멘트 } M_u &= 61.726 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 381.334 \text{ kN} \\ \text{단면의 두께 } H &= 366.67 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\ \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 316.67 \text{ mm} \\ P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\ P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\ P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350 \end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned} \text{사용철근량} &= H \text{ } 16 @ 150 \text{ mm} + H \text{ } 0 @ 150 \text{ mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\ &\quad H \text{ } 0 @ 150 \text{ mm} + H \text{ } 0 @ 150 \text{ mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\ &= 1324.000 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00418 \\ \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 25.961 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 136708865.320 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 136.709 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 61.726 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned} \text{소요등가응력 깊이 } a &= 14.669 \text{ mm로 가정} \\ A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 586.894 \text{ mm}^2 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 11.508 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷하지 않음 N.G!!!} \\ P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00184 \quad \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00245 \\ \therefore \text{필요철근량 } \text{req.} A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 582.673 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \quad \therefore \text{O.K!!!} \\ \text{철근비 검토 : } P_{\min} &\leq P \leq P_{\max} \quad \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned} \Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 193.920 \text{ kN} \\ V_u &> \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요하다.} \\ \text{Used } A_v &= H \text{ } 13 \times 3.33 \text{ ea/m} = 421.911 \text{ mm}^2 \quad (\text{간격 } s = 200.0 \text{ mm}) \\ \Phi_v \cdot V_s &= \Phi_v \cdot A_v \cdot f_y \cdot D / (s \times 1000) = 200.410 \text{ kN} \\ \Phi_v \cdot V_n &= \Phi_v \cdot V_c + \Phi_v \cdot V_s = 394.330 \text{ kN} \geq V_u \quad \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

사용하중 모멘트 $M_o = 45.757 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$n = E_s / E_c = 7$

$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00418$

$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.214$, $j = 0.929$

$x = k \cdot D = 67.767 \text{ mm}$

$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 4.592 \text{ MPa}$

$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 117.518 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \dots \therefore \text{O.K!!!}$

$d_y = 50.00 \text{ mm}$, $d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$

$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 15000.000 \text{ mm}^2$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 565.11$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 536.09$$

여기서, $c_c = d_c - d_b/2 = 42.00 \text{ mm}$

최외단 철근의 평균배근간격 = $150.00 \text{ mm} \leq 536.09 \text{ mm} \dots \therefore \text{O.K!!!}$

10.7 하부슬래브 (횡방향 - 상면) : T = 300.00 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned}f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\ \text{계수모멘트 } M_u &= 47.041 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 0.000 \text{ kN} \\ \text{단면의 두께 } H &= 300.00 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\ \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 250.00 \text{ mm} \\ P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.02601 \\ P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\ P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350\end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned}\text{사용철근량} &= H \text{ } 16 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\ &\quad H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\ &= 993.000 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00397 \\ \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 19.471 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 81118100.490 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 81.118 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 47.041 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!}\end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned}\text{소요등가응력 깊이 } a &= 11.098 \text{ mm로 가정} \\ A_s &= M_u / \{\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2)\} = 565.986 \text{ mm}^2 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 11.098 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\ P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00226 \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00301 \\ \therefore \text{필요철근량 req. } A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 565.000 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \dots \text{O.K!!!} \\ \text{철근비 검토 : } P_{\min} &\leq P \leq P_{\max} \dots \text{O.K!!!}\end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned}\Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 153.093 \text{ kN} \\ V_u &\leq \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요없다.}\end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

$$\text{사용하중 모멘트 } M_o = 38.886 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 7$$

$$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00397$$

$$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.210, \quad j = 0.930$$

$$x = k \cdot D = 52.500 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 6.371 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 168.431 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

$$d_y = 50.00 \text{ mm}, \quad d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 20000.000 \text{ mm}^2$$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 362.55$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 374.04$$

$$\text{여기서, } c_c = d_c - d_b/2 = 42.00 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 철근의 평균배근간격} = 200.00 \text{ mm} \leq 362.55 \text{ mm} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

10.8 하부슬래브 (횡방향 - 하면) : T = 300.00 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned}
 f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\
 \text{계수모멘트 } M_u &= 37.430 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 198.030 \text{ kN} \\
 \text{단면의 두께 } H &= 300.00 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\
 \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 250.00 \text{ mm} \\
 P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\
 P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\
 P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350
 \end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned}
 \text{사용철근량} &= H \text{ 13 @ 200 mm} + H \text{ 0 @ 200 mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\
 &\quad H \text{ 0 @ 200 mm} + H \text{ 0 @ 200 mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\
 &= 633.500 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00253 \\
 \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 12.422 \text{ mm} \\
 \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 52509712.710 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 &= 52.510 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 37.430 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!}
 \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned}
 \text{소요등가응력 깊이 } a &= 8.789 \text{ mm로 가정} \\
 A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 448.232 \text{ mm}^2 \\
 a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 8.789 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\
 P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00179 \quad \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00239 \\
 \therefore \text{필요철근량 req. } A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 447.500 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \dots \text{O.K!!!} \\
 \text{철근비 검토 : } 4/3 P_{\text{req}} &\leq P < P_{\min} \dots \therefore \text{O.K!!!}
 \end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned}
 \Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 153.093 \text{ kN} \\
 V_u &> \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요하다.} \\
 \text{Used } A_v &= H \text{ 13} \times 5.00 \text{ ea/m} = 633.500 \text{ mm}^2 \quad (\text{간격 } s = 300.0 \text{ mm}) \\
 \Phi_v \cdot V_s &= \Phi_v \cdot A_v \cdot f_y \cdot D / (s \times 1000) = 158.375 \text{ kN} \\
 \Phi_v \cdot V_n &= \Phi_v \cdot V_c + \Phi_v \cdot V_s = 311.468 \text{ kN} \geq V_u \quad \therefore \text{O.K!!!}
 \end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

$$\text{사용하중 모멘트 } M_o = 29.459 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 7$$

$$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00253$$

$$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.171, \quad j = 0.943$$

$$x = k \cdot D = 42.750 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 5.846 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 197.251 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

$$d_y = 50.00 \text{ mm}, \quad d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 20000.000 \text{ mm}^2$$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 290.49$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 319.39$$

$$\text{여기서, } c_c = d_c - d_b/2 = 43.50 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 철근의 평균배근간격} = 200.00 \text{ mm} \leq 290.49 \text{ mm} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

10.9 외부벽체 (수평방향 - 외측) : T = 300.00 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\ \text{계수모멘트 } M_u &= 35.969 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 102.861 \text{ kN} \\ \text{단면의 두께 } H &= 300.00 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\ \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 250.00 \text{ mm} \\ P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\ P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\ P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350 \end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned} \text{사용철근량} &= H \text{ } 13 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\ &\quad H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\ &= 633.500 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00253 \\ \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 12.422 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 52509712.710 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 52.510 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 35.969 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned} \text{소요등가응력 깊이 } a &= 8.440 \text{ mm로 가정} \\ A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 430.43 \text{ mm}^2 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 8.440 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\ P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00172 \quad \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00229 \\ \therefore \text{필요철근량 } \text{req.} A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 430.000 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \dots \text{O.K!!!} \\ \text{철근비 검토 : } 4/3 P_{\text{req}} &\leq P < P_{\min} \dots \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned} \Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 153.093 \text{ kN} \\ V_u &\leq \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요없다.} \end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

$$\text{사용하중 모멘트 } M_o = 30.522 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 7$$

$$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00253$$

$$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.171, \quad j = 0.943$$

$$x = k \cdot D = 42.750 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 6.057 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 204.369 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

$$d_y = 50.00 \text{ mm}, \quad d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 20000.000 \text{ mm}^2$$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 276.58$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 308.27$$

$$\text{여기서, } c_c = d_c - d_b/2 = 43.50 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 철근의 평균배근간격} = 200.00 \text{ mm} \leq 276.58 \text{ mm} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

10..10 외부벽체 (수평방향 - 내측) : T = 300.00 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\ \text{계수모멘트 } M_u &= 15.794 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 0.000 \text{ kN} \\ \text{단면의 두께 } H &= 300.00 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\ \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 250.00 \text{ mm} \\ P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\ P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\ P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350 \end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned} \text{사용철근량} &= H \text{ } 13 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\ &\quad H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\ &= 633.500 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00253 \\ \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 12.422 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 52509712.710 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 52.510 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 15.794 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned} \text{소요등가응력 깊이 } a &= 3.670 \text{ mm로 가정} \\ A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 187.186 \text{ mm}^2 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 3.670 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\ P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00075 \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00100 \\ \therefore \text{필요철근량 } \text{req.} A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 187.500 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \dots \text{O.K!!!} \\ \text{철근비 검토 : } 4/3 P_{\text{req}} &\leq P < P_{\min} \dots \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned} \Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 153.093 \text{ kN} \\ V_u &\leq \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요없다.} \end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

$$\text{사용하중 모멘트 } M_o = 13.513 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 7$$

$$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00253$$

$$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.171, \quad j = 0.943$$

$$x = k \cdot D = 42.750 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 2.682 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 90.48 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

$$d_y = 50.00 \text{ mm}, \quad d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 20000.000 \text{ mm}^2$$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 761.61$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 696.29$$

$$\text{여기서, } c_c = d_c - d_b/2 = 43.50 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 철근의 평균배근간격} = 200.00 \text{ mm} \leq 696.29 \text{ mm} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

10..11 외부벽체 (수직방향 - 외측) : T = 300.00 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\ \text{계수모멘트 } M_u &= 76.170 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 232.280 \text{ kN} \\ \text{단면의 두께 } H &= 300.00 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\ \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 250.00 \text{ mm} \\ P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\ P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\ P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350 \end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned} \text{사용철근량} &= H \text{ } 16 \text{ @ } 150 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\ &\quad H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\ &= 1324.000 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00530 \\ \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 25.961 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 106696698.120 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 106.697 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 76.170 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned} \text{소요등가응력 깊이 } a &= 18.236 \text{ mm로 가정} \\ A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 930.038 \text{ mm}^2 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 18.236 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\ P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00372 \quad \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00496 \\ \therefore \text{필요철근량 } \text{req.} A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 930.000 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \dots \text{O.K!!!} \\ \text{철근비 검토 : } P_{\min} &\leq P \leq P_{\max} \dots \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned} \Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 153.093 \text{ kN} \\ V_u &> \Phi_v \cdot V_c \dots \therefore \text{전단철근이 필요하다.} \\ \text{Used } A_v &= H \text{ } 13 \times 3.33 \text{ ea/m} = 421.911 \text{ mm}^2 \quad (\text{간격 } s = 200.0 \text{ mm}) \\ \Phi_v \cdot V_s &= \Phi_v \cdot A_v \cdot f_y \cdot D / (s \times 1000) = 158.217 \text{ kN} \\ \Phi_v \cdot V_n &= \Phi_v \cdot V_c + \Phi_v \cdot V_s = 311.310 \text{ kN} \geq V_u \dots \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

$$\text{사용하중 모멘트 } M_o = 52.439 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 7$$

$$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00530$$

$$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.238, \quad j = 0.921$$

$$x = k \cdot D = 59.500 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 7.658 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 172.077 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

$$d_y = 50.00 \text{ mm}, \quad d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 15000.000 \text{ mm}^2$$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 352.64$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 366.12$$

$$\text{여기서, } c_c = d_c - d_b/2 = 42.00 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 철근의 평균배근간격} = 150.00 \text{ mm} \leq 352.64 \text{ mm} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

10..12 외부벽체 (수직방향 - 내측) : T = 300.00 mm

▶ 검토조건

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 24 \text{ MPa}, & f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0.85, & \Phi_f &= 0.85, & \Phi_v &= 0.75 \\ \text{계수모멘트 } M_u &= 39.440 \text{ kN}\cdot\text{m}, & \text{계수전단력 } V_u &= 0.000 \text{ kN} \\ \text{단면의 두께 } H &= 300.00 \text{ mm}, & \text{단면 폭 } B &= 1000.00 \text{ mm} \\ \text{피복 두께 } d_c &= 50.00 \text{ mm}, & \text{유효 깊이 } d &= 250.00 \text{ mm} \\ P_b &= (0.85 \times \beta_1 \times f_{ck} / f_y) \times \{ 600 / (600 + f_y) \} = 0.02601 \\ P_{\max} &= 0.75 \times P_b = 0.01951 \\ P_{\min} &= \max(0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y, 1.4 / f_y) = 0.00350 \end{aligned}$$

▶ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

$$\begin{aligned} \text{사용철근량} &= H \text{ } 13 \text{ @ } 150 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c1} = 50 \text{ mm}) \\ &\quad H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} + H \text{ } 0 \text{ @ } 200 \text{ mm} \quad (d_{c2} = 150 \text{ mm}) \\ &= 844.667 \text{ mm}^2 \quad \therefore P = A_s / (B \cdot D) = 0.00338 \\ \text{공칭강도시 등가응력깊이 } a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 16.562 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \Phi_f \cdot f_y \cdot A_s \cdot (D - a/2) = 69418473.880 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 69.418 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_u = 39.440 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

- 필요철근량 및 철근비 검토

$$\begin{aligned} \text{소요등가응력 깊이 } a &= 9.270 \text{ mm로 가정} \\ A_s &= M_u / \{ \Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2) \} = 472.765 \text{ mm}^2 \\ a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f_{ck} \cdot B) = 9.270 \text{ mm} \quad \therefore \text{가정과 비슷함 O.K!!!} \\ P_{\text{req}} &= [M_u / (\Phi_f \cdot f_y \cdot (D - a/2))] / (B \cdot D) = 0.00189 \quad \Rightarrow 4/3 P_{\text{req}} = 0.00252 \\ \therefore \text{필요철근량 req. } A_s &= P_{\text{req}} \times (B \cdot D) = 472.500 \text{ mm}^2 \leq \text{사용철근량} \dots \text{O.K!!!} \\ \text{철근비 검토 : } 4/3 P_{\text{req}} &\leq P < P_{\min} \dots \therefore \text{O.K!!!} \end{aligned}$$

▶ 전단력 검토

$$\begin{aligned} \Phi_v \cdot V_c &= \Phi_v \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 153.093 \text{ kN} \\ V_u &\leq \Phi_v \cdot V_c \quad \therefore \text{전단철근이 필요없다.} \end{aligned}$$

▶ 사용성 검토

$$\text{사용하중 모멘트 } M_o = 36.305 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$n = E_s / E_c = 7$$

$$P = A_s / (B \cdot D) = 0.00338$$

$$k = -n \cdot p + \sqrt{(n \cdot p)^2 + 2 \cdot n \cdot p} = 0.195, \quad j = 0.935$$

$$x = k \cdot D = 48.750 \text{ mm}$$

$$f_c = 2 \cdot M_o / (B \cdot x \cdot (D - x/3)) = 6.372 \text{ MPa}$$

$$f_s = M_o / (A_s \cdot (D - x/3)) = 183.878 \text{ MPa} \leq 0.6 \cdot f_y = 240.0 \text{ MPa} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$

$$d_y = 50.00 \text{ mm}, \quad d_{c1} = 50.00 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot d_y \cdot B) / \text{철근개수} = 15000.000 \text{ mm}^2$$

콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격은 다음 식으로 계산된 값

중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 \quad c_c = 319.52$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) = 342.62$$

$$\text{여기서, } c_c = d_c - d_b/2 = 43.50 \text{ mm}$$

$$\text{최외단 철근의 평균배근간격} = 150.00 \text{ mm} \leq 319.52 \text{ mm} \quad \dots \therefore \text{O.K!!!}$$