

P1-부산방향 구조계산서

### 3. 설 계 조 건

#### 3.1 일 반 사 항

- |            |             |
|------------|-------------|
| 1) 구 조 형 식 | : T형 교각     |
| 2) 상 부 형 식 | : STEEL BOX |
| 3) 교 량 등 급 | : 1 등교      |
| 4) 기 초 형 식 | : 직접기초      |

#### 3.2 하 중

- |                 |                   |                      |
|-----------------|-------------------|----------------------|
| 1) 철근콘크리트의 단위중량 | : $\gamma_c$ =    | 25 kN/m <sup>3</sup> |
| 2) 기초지반의 단위중량   | : $\gamma_{s2}$ = | 20 kN/m <sup>3</sup> |
| 3) 교량받침 마찰계수    | : $f_s$ =         | 0.05                 |

#### 3.3 사 용 재 료 강 도

- |                     |              |            |           |
|---------------------|--------------|------------|-----------|
| 1) 콘크리트 설계기준 강도     | : $f_{ck}$ = | 두부보:       | 24 MPa    |
|                     |              | 기둥:        | 24 MPa    |
|                     |              | 기초:        | 24 MPa    |
| - 탄성계수              | : $E_c$ =    | 두부보:       | 25811 MPa |
|                     |              | 기둥:        | 25811 MPa |
|                     |              | 기초:        | 25811 MPa |
| 2) 철근의 항복 강도(SD3.0) | : $f_y$ =    | 두부보:       | 400 MPa   |
|                     |              | 기둥:        | 400 MPa   |
|                     |              | 기초:        | 400 MPa   |
| - 탄성계수              | : $E_s$ =    | 200000 MPa |           |

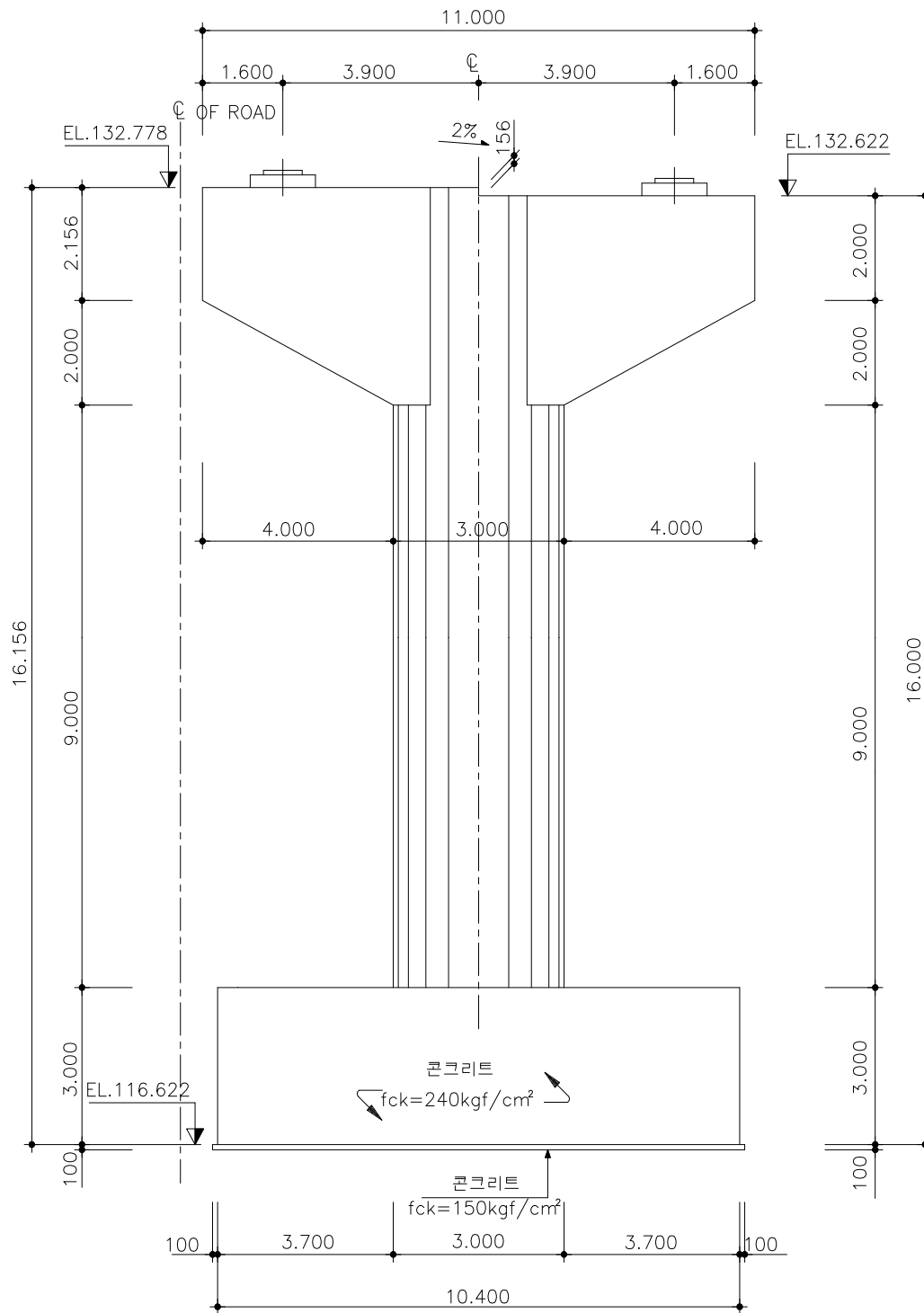
#### 3.5 설 계 방 법

- |              |            |
|--------------|------------|
| 1) 안 정 성 검 토 | : 허용응력 설계법 |
| 2) 단 면 설 계   | : 극한강도 설계법 |

#### 3.6 참 고 문 헌

- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| 1) 도로교 설계기준    | : 국토해양부 (2010)    |
| 2) 콘크리트구조 설계기준 | : 한국콘크리트학회 (2012) |
| 3) 도로설계 편람     | : 국토해양부 (2008)    |
| 4) 도로 설계 요령    | : 한국도로공사 (2009)   |

#### 4. 단 면 가 정



## 5. 하 중 계 산

### 5.1 상부반력 및 교각자중

| 교좌번호 | 고정하중(D)   | 활하중(L)    |
|------|-----------|-----------|
| 1    | -4624.696 | -600.133  |
| 2    | -4420.236 | -830.445  |
| 계    | -9044.932 | -1430.578 |

※ 교각자중은 25.000 kN/m<sup>3</sup> 의 값을 프로그램에서 자동재하

### 5.2 풍 하 중

#### 1) 교축직각방향 (W-TR)

##### ① 상부구조에 작용하는 풍하중

$$\begin{aligned}
 B/D &= 12.15 / 3.91 = 3.107 & \therefore W1 &= (4.0 - 0.2 \times (B / D)) \times D, D \geq 6.0 \\
 W1 &= (4.0 - 0.2 \times 3.107) \times 3.91 = 13.210 \text{ kN/m} \geq 6.0 \\
 P1 &= 13.21 \times (50 + 60) / 3 \times \sin 90 = 726.55 \text{ kN} \\
 \text{작용위치 } h &= 3.91 / 2 + 0.4 + 2.156 / 2 = 3.433 \text{ m} \\
 \text{작용모멘트 } My &= Ph \times h = 726.55 \times 3.433 = 2494.25 \text{ kN.m/m}
 \end{aligned}$$

##### ② 하부구조에 작용하는 풍하중

$$\begin{aligned}
 W'_{\text{copping}} &= 3 \times 4.156 \times 2.8 = 34.91 \text{ kN} \\
 W'_{\text{column}} &= 1.500 \times 3 = 4.500 \text{ kN/m (풍상측)}
 \end{aligned}$$

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

#### 2) 교축방향 (W-L0)

##### ① 하부구조에 작용하는 풍하중

$$\begin{aligned}
 W'_{\text{copping}} &= 71.148 \text{ kN (Copping 높이에 따라 재하)} \\
 W'_{\text{column}} &= 1.500 \times 3 = 4.500 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

### 5.3 활하중에 작용하는 풍하중(WL)

활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1.5kN/m의 풍하중이 재하되는 것으로 한다.

[도로설계기준 P19]

$$\begin{aligned}
 Ph &= 1.5 \times (50 + 60) / 2 \times \sin 90.0 = 82.500 \text{ kN} \\
 \text{작용위치 } h &= 3.48 + 1.500 + 2.156 / 2 = 6.058 \text{ m} \\
 \text{작용모멘트 } My &= Ph \times h = 82.5 \times 6.058 = 499.785 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

### 5.5 하중조합 : 사용하중 검토시

| 구분    | D    | L1   | W    | WL   |
|-------|------|------|------|------|
| SVB01 | 1.00 | 1.00 |      |      |
| SVB02 | 1.00 |      |      |      |
| SVB03 | 1.00 |      | 1.00 |      |
| SVB04 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 |
| SVB05 | 1.00 |      | 0.50 | 1.00 |

D = 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L = 활하중 또는 이에 따른 단면력

W = 풍하중 또는 이에 따른 단면력

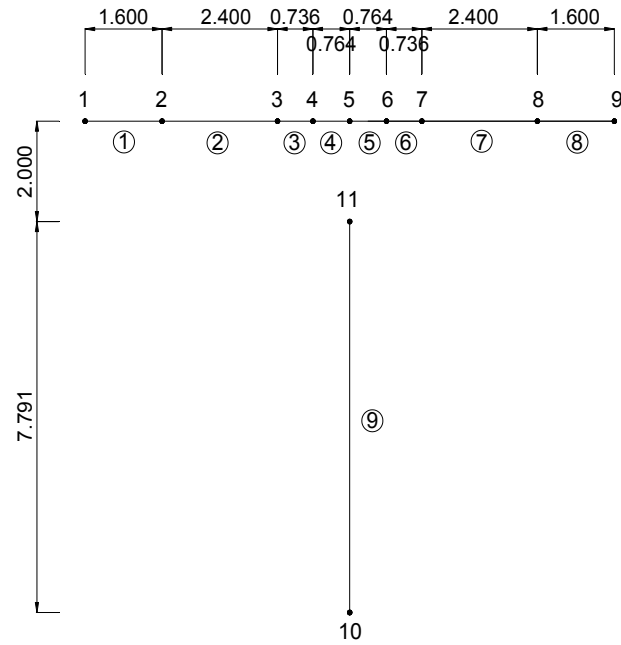
WL = 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력

### 5.6 하중조합 : 계수하중 검토시

| 구분    | D    | L1   | W    | WL   |
|-------|------|------|------|------|
| ULB01 | 1.30 | 2.15 |      |      |
| ULB02 | 1.30 |      |      |      |
| ULB03 | 1.30 |      | 1.30 |      |
| ULB04 | 1.30 | 1.30 | 0.65 | 1.30 |
| ULB05 | 1.30 |      | 0.65 | 1.30 |
| ULB06 | 1.30 | 1.30 |      |      |

## 6. 구조 해석

### 6.1 해석 모델링



### 6.2 절점 좌표

| 절점 | X     | Z      | 절점 | X      | Z      |
|----|-------|--------|----|--------|--------|
| 1  | 0.000 | 13.000 | 6  | 6.264  | 13.000 |
| 2  | 1.600 | 13.000 | 7  | 7.000  | 13.000 |
| 3  | 4.000 | 13.000 | 8  | 9.400  | 13.000 |
| 4  | 4.736 | 13.000 | 9  | 11.000 | 13.000 |
| 5  | 5.500 | 13.000 | 10 | 5.500  | 0.000  |

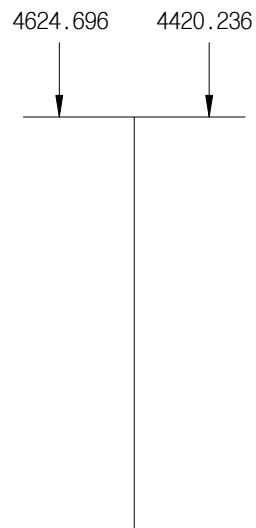
### 6.3 단면 제원

| 구분 | B(m)  | H(m)  | A(m <sup>2</sup> ) | I <sub>22</sub> (m <sup>4</sup> ) | I <sub>33</sub> (m <sup>4</sup> ) | 적용절점 |
|----|-------|-------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|
| ①  | 2.800 | 2.021 | 5.659              | 4.280225                          | 1.926086                          |      |
| ②  | 2.800 | 2.836 | 7.941              | 8.866244                          | 5.322252                          |      |
| ③  | 2.800 | 4.000 | 11.200             | 1.661982                          | 1.493333                          |      |
| ④  | 2.800 | 4.000 | 11.200             | 1.661982                          | 1.493333                          |      |
| ⑤  | 2.800 | 4.000 | 11.200             | 1.661982                          | 1.493333                          |      |
| ⑥  | 2.800 | 4.000 | 11.200             | 1.661982                          | 1.493333                          |      |
| ⑦  | 2.800 | 2.836 | 7.941              | 8.866244                          | 5.322252                          |      |
| ⑧  | 2.800 | 2.021 | 5.659              | 4.280225                          | 1.926086                          |      |
| ⑨  | 3.000 | 9.000 | 27.000             | 7.952156                          | 3.976078                          |      |

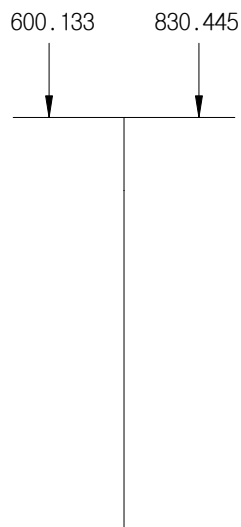
## 6.4 하중재하도

### 1) 연직하중

#### ① 고정하중 (D)



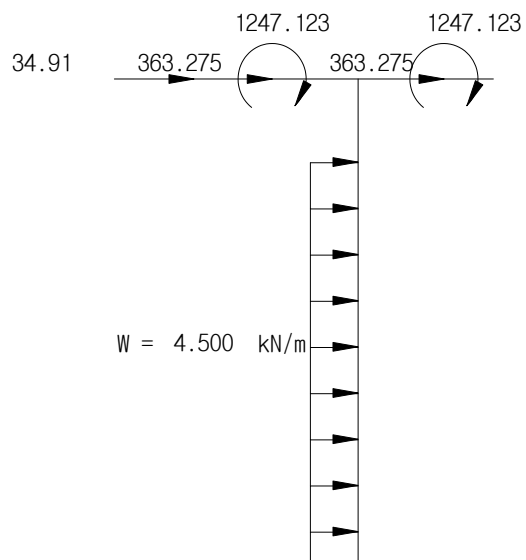
#### ② 활하중 : 만재하시 (L1)



### 2) 수평하중

#### ① 교축직각 방향

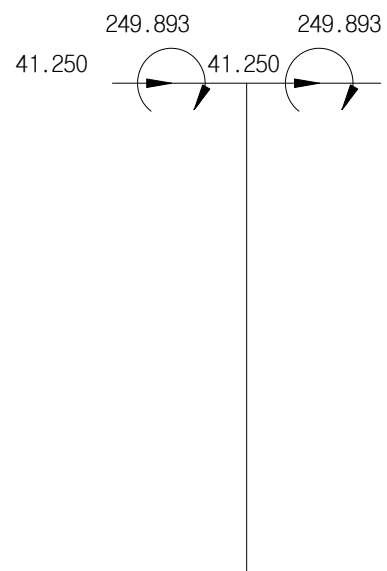
#### ㉠ 풍하중 : 구조물에 재하되는 풍하중 (W-TR)



$$P = 726.55 / 2 = 363.275 \text{ kN}$$

$$M = 2494.246 / 2 = 1247.123 \text{ kN}$$

㉞ 풍하중 : 활하중에 재하되는 풍하중 (WL)



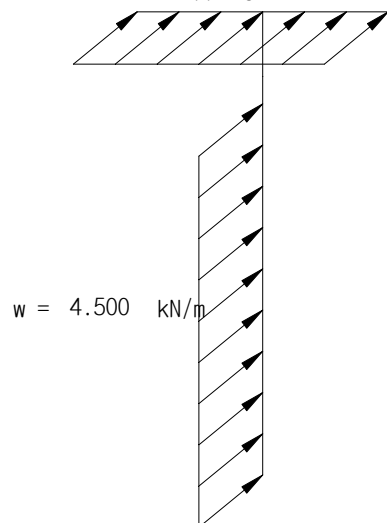
$$P = 82.5 / 2 = 41.250 \text{ kN}$$

$$M = 499.785 / 2 = 249.893 \text{ kN}$$

② 교축 방향

㉞ 풍하중 : 구조물에 재하되는 풍하중 (W-L0)

71.148 kN을 coping 형상에 따라 분포



## 7. 해석결과 집계

### 7.1 하중별 부재력 집계

① 기동 : 부재번호 9

| 하중   | 기동상단       |          |          | 기동하단       |           |          | 비고 |
|------|------------|----------|----------|------------|-----------|----------|----|
|      | P(kN)      | M(kN.m)  | V(kN)    | P(kN)      | M(kN.m)   | V(kN)    |    |
| D    | -11247.100 | -797.394 | 0.000    | -12806.800 | -797.394  | 0.000    |    |
| L    | -1430.580  | -898.217 | 0.000    | -1430.580  | -898.217  | 0.000    |    |
| W-L0 | 0.000      | 30.375   | -20.250  | 0.000      | -15.188   | 20.250   |    |
| W-TR | 0.000      | 4017.170 | -761.460 | 0.000      | 11052.600 | -801.960 |    |
| WL   | 0.000      | 664.786  | -82.500  | 0.000      | 1407.290  | -82.500  |    |

③ 두부보 : 내민보

| 하중   | 좌측 (부재2, 절점2) |          | 우측 (부재7, 절점8) |           | 비고 |
|------|---------------|----------|---------------|-----------|----|
|      | M(kN.m)       | V(kN)    | M(kN.m)       | V(kN)     |    |
| D    | -12370.275    | 5313.907 | -11879.571    | -5109.447 |    |
| L    | -1440.319     | 600.133  | -1993.068     | -830.445  |    |
| W-L0 | 7.451         | 18.628   | 7.451         | 18.628    |    |
| W-TR | 1247.123      | 0.000    | -1247.123     | 0.000     |    |
| WL   | 249.893       | 0.000    | -249.893      | 0.000     |    |

## 7.2 사용하중 조합시 부재력 집계

### 1) 교축직각방향

#### ① 기둥 : 부재번호 9

| 하중    | 기둥상단       |           |          | 기둥하단       |           |          | 비고 |
|-------|------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|----|
|       | P(kN)      | M(kN.m)   | V(kN)    | P(kN)      | M(kN.m)   | V(kN)    |    |
| SVB01 | -12677.680 | -1695.611 | 0.000    | -14237.380 | -1695.611 | 0.000    |    |
| SVB02 | -11247.100 | -797.394  | 0.000    | -12806.800 | -797.394  | 0.000    |    |
| SVB03 | -11247.100 | 3219.776  | -761.460 | -12806.800 | 10255.206 | -801.960 |    |
| SVB04 | -12677.680 | 977.760   | -463.230 | -14237.380 | 5237.979  | -483.480 |    |
| SVB05 | -11247.100 | 1875.977  | -463.230 | -12806.800 | 6136.196  | -483.480 |    |

### 2) 교축방향

#### ① 기둥 : 부재번호 9

| 하중    | 기둥상단       |           |          | 기둥하단       |           |          | 비고 |
|-------|------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|----|
|       | P(kN)      | M(kN.m)   | V(kN)    | P(kN)      | M(kN.m)   | V(kN)    |    |
| SVB01 | -12677.680 | -1695.611 | 0.000    | -14237.380 | -1695.611 | 0.000    |    |
| SVB02 | -11247.100 | -797.394  | 0.000    | -12806.800 | -797.394  | 0.000    |    |
| SVB03 | -11247.100 | 3219.776  | -761.460 | -12806.800 | 10255.206 | -801.960 |    |
| SVB04 | -12677.680 | 312.974   | -380.730 | -14237.380 | 3830.689  | -400.980 |    |
| SVB05 | -11247.100 | 1211.191  | -380.730 | -12806.800 | 4728.906  | -400.980 |    |

### 3) 두부보

#### ① 두부보 : 내민보

| 하중    | 좌측 (부재2, 절점2) |          | 우측 (부재7, 절점8) |           | 비고 |
|-------|---------------|----------|---------------|-----------|----|
|       | M(kN.m)       | V(kN)    | M(kN.m)       | V(kN)     |    |
| SVB01 | -13810.594    | 6822.277 | -15273.954    | -6817.475 |    |
| SVB02 | -12370.275    | 7137.387 | -12700.741    | -5694.782 |    |
| SVB03 | -11123.152    | 5905.219 | -15524.928    | -6926.975 |    |
| SVB04 | -12937.140    | 5369.797 | -12436.567    | -5160.085 |    |
| SVB05 | -11496.821    | 6822.277 | -15990.164    | -6817.475 |    |

### 7.3 계수하중 조합시 부재력 집계

#### 1) 교축직각방향

##### ① 기둥 : 부재번호 9

| 하중    | 기둥상단       |           |          | 기둥하단       |           |           | 비고 |
|-------|------------|-----------|----------|------------|-----------|-----------|----|
|       | P(kN)      | M(kN.m)   | V(kN)    | P(kN)      | M(kN.m)   | V(kN)     |    |
| ULB01 | -17696.977 | -2967.779 | 0.000    | -19724.587 | -2967.779 | 0.000     |    |
| ULB02 | -14621.230 | -1036.612 | 0.000    | -16648.840 | -1036.612 | 0.000     |    |
| ULB03 | -14621.230 | 4185.709  | -989.898 | -16648.840 | 13331.768 | -1042.548 |    |
| ULB04 | -16480.984 | 1271.088  | -602.199 | -18508.594 | 6809.373  | -628.524  |    |
| ULB05 | -14621.230 | 2438.770  | -602.199 | -16648.840 | 7977.055  | -628.524  |    |
| ULB06 | -16480.984 | -2204.294 | 0.000    | -18508.594 | -2204.294 | 0.000     |    |

#### 2) 교축방향

##### ① 기둥 : 부재번호 9

| 하중    | 기둥상단       |           |         | 기둥하단       |           |        | 비고 |
|-------|------------|-----------|---------|------------|-----------|--------|----|
|       | P(kN)      | M(kN.m)   | V(kN)   | P(kN)      | M(kN.m)   | V(kN)  |    |
| ULB01 | -17696.977 | -2967.779 | 0.000   | -19724.587 | -2967.779 | 0.000  |    |
| ULB02 | -14621.230 | -1036.612 | 0.000   | -16648.840 | -1036.612 | 0.000  |    |
| ULB03 | -14621.230 | -997.125  | -26.325 | -16648.840 | -1056.356 | 26.325 |    |
| ULB04 | -16480.984 | -2184.551 | -13.163 | -18508.594 | -2214.166 | 13.163 |    |
| ULB05 | -14621.230 | -1016.868 | -13.163 | -16648.840 | -1046.484 | 13.163 |    |
| ULB06 | -16480.984 | -2204.294 | 0.000   | -18508.594 | -2204.294 | 0.000  |    |

#### 3) 두부보

##### ① 두부보 : 내민보

| 하중    | 좌측 (부재2, 절점2) |          | 우측 (부재7, 절점8) |           | 비고 |
|-------|---------------|----------|---------------|-----------|----|
|       | M(kN.m)       | V(kN)    | M(kN.m)       | V(kN)     |    |
| ULB01 | -19178.043    | 8198.365 | -19728.539    | -8427.738 |    |
| ULB02 | -16081.358    | 6908.079 | -15443.442    | -6642.281 |    |
| ULB03 | -14460.098    | 6908.079 | -17064.702    | -6642.281 |    |
| ULB04 | -14297.667    | 6908.079 | -17227.133    | -6642.281 |    |
| ULB05 | -14945.867    | 6908.079 | -16578.933    | -6642.281 |    |
| ULB06 | -17953.772    | 7688.252 | -18034.431    | -7721.860 |    |

## 8. 코핑부 검토

### 8.1 내민보의 설계 : 좌측 (절점 2)

#### 1) 내민길이의 산정

: 원형이나 정다각형 기둥인 경우 내민 길이는 정사각형 기둥단면으로 치환하여 구한다.  
[도로교 설계기준 5.4.4.1]

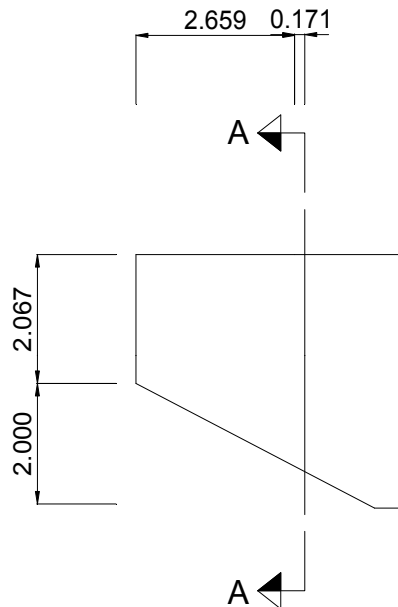
##### ① 기둥의 단면적

$$A = \pi \times 3^2 / 4 = 7.069 \text{ m}^2$$

##### ② 치환단면의 한변길이

$$L = \sqrt{7.069} = 2.659 \text{ m}$$

☞ 위험단면은 기둥끝단으로부터 0.171 m ( = 1.5 - 2.659 / 2 ) 에 위치한다.



#### 2) 브래킷 판정

##### ① 위험단면에서의 작용력 : 『단면력 집계』 참조

$$V_u = 8198.365 \text{ kN} - \text{"UL0-01"}$$

$$M_u = 19178.043 \text{ kN.m}$$

$$N_u = 0 \text{ kN}$$

##### ② 브래킷 판정

$$a = 19178.043 / 8198.365 = 2.339 \text{ m}$$

$$d = 4 - 0.115 = 3.886 \text{ m}$$

$$a/d = 2.339 / 3.8855 = 0.602 \leq 1.0 \therefore \text{브래킷으로 검토}$$

#### 3) 브래킷 검토

\* 단면제원 및 설계가정

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa}, f_y = 400 \text{ Mpa}, k_1 = 0.85, \phi_f = 0.80, \phi_v = 0.75$$

| B(mm)  | H(mm)  | d(mm)  | 피복(mm) | 외단깊이(mm) | Vu(kN) |
|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| 2800.0 | 4000.0 | 3885.5 | 100.0  | 3031.3   | 8198.4 |

$$a = 2339 \text{ mm}, d = 3885.5 \text{ mm}$$

$$a / d (= 0.602) \leq 1 \rightarrow \text{Bracket으로 설계. [도로교 설계기준] 4.4.6.8}$$

$$\text{지압면의 외단깊이} \geq 0.5d, 3031.3 \geq 0.5 \times 3885.5 = 1942.75 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

① 설계 단면력 산정

$$V_u = 8198.365 \text{ kN}$$

$$N_{uc} = 0.2 \times 19178.043 = 1639.673 \text{ kN}$$

$$M_u = M_u' + N_{uc} \times (h - d) = 19178.043 + 1639.673 \times (4.156 - 3.885) = 19621.575 \text{ kN.m}$$

② 전단마찰철근( $A_{vf}$ )의 설계

: 전단마찰철근이 전단면에 수직인 경우, [도로교 설계기준] 4.4.6.4

$$V_{n\_max} \leq 0.2 \times f_{ck} \times b_o \times d, 5.6 \times b_o \times d$$

$$\leq 0.2 \times 24 \times 2800 \times 3885.5 = 52221.120 \text{ kN}$$

$$\leq 5.6 \times 2800 \times 3885.5 = 60924.640 \text{ kN}$$

$$\Phi V_{n\_max} = 0.8 \times 60924.64 = 51785.944 \text{ kN} \geq v_u (=8198.365 \text{ kN}) \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\Phi v \times f_y \times \mu} \quad (\Phi v = 0.75, \mu = 1.4 \lambda, \lambda = 1.0)$$

$$= 8198.365 / (0.75 \times 400 \times 1.4 \times 1)$$

$$= 19519.917 \text{ mm}^2$$

③ 휨모멘트 철근( $A_f$ )의 설계

$$M_u = M_u' + N_{uc} \times (H - d) = 19178.043 + 1639.673 \times (4 - 3.8855) = 19365.786 \text{ kN.m}$$

$$a = \frac{M_u}{\Phi \times A_f \times f_y}$$

$$0.85 \times f_{ck} \times b$$

$M_n = M_u / \Phi = A_f \times f_y \times (d - a/2) \rightarrow$  위의  $a$ 를 대입하여  $A_f$ 를 이차방정식으로 푼다.

$$d - \sqrt{[d^2 - 4 \times M_u / (1.7 \times f_{ck} \times b \times \Phi)]}$$

$$A_f = \frac{2 \times f_y / (1.7 \times f_{ck} \times b)}{385.5 - \sqrt{[3885.5^2 - 4 \times 19365786 / (1.7 \times 24 \times 2800 \times 0.8) ]}}$$

$$A_f = \frac{2 \times 400 / (1.7 \times 24 \times 2800)}{385.5 - \sqrt{[3885.5^2 - 4 \times 19365786 / (1.7 \times 24 \times 2800 \times 0.8) ]}}$$

$$= 15800.337 \text{ mm}^2$$

④ 수평인장 철근( $A_n$ )의 설계

$$N_{uc} = 0.20 \times V_u = 0.2 \times 8198.365 = 1639.673 \text{ kN}$$

$$A_n = N_{uc} / (\Phi \times f_y) = 1639673 / (0.8 \times 400) = 5123.978 \text{ mm}^2$$

⑤ 주인장철근( $A_s$ )의 산정

주인장철근의 단면적은  $(A_f + A_n)$ 과  $(2/3 A_{vf} + A_n)$  중 큰값을 취한다.

$$\rightarrow A_s = 20924.315 \text{ mm}^2$$

$$A_{s(min)} = 0.04 \times (f_{ck} / f_y) \times b \times d$$

$$= 0.04 \times (24 / 400) \times 2800 \times 3885.5$$

$$= 26110.560 \text{ mm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 34689.600 \text{ mm}^2 \quad (\text{철근의 도심 } 114.500 \text{ mm})$$

$$1\text{단} : D29-14EA + D29-13EA, d_1 = 100 \text{ mm}$$

$$2\text{단} : D29-14EA + D29-13EA, d_1 = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Use } A_s \geq 20924.315 \text{ mm}^2, 26110.560 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{0.K!!!}$$

⑥ 폐쇄 스테럽, 띠철근(Ah)의 산정

$$Ah = 0.5 \times (As - An) = 0.5 \times (20924.315 - 5123.978) \\ = 7900.169 \text{ mm}^2$$

$$\text{사용철근량 (1단)} : D19 - 5EA = 286.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{철근의 배치 범위} : 2/3 d = 2/3 \times 3885.5 = 2590.333 \text{ mm} \text{ 구간에 11단 설치}$$

$$\blacktriangleright \text{사용철근량(11.0단)} : D19 - 55 EA = 15757.500 \text{ mm}^2 \geq 7900.169 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{O.K!!!}$$

4) 외측빔 검토 : 깊은보로 검토

: Ln이 부재깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재깊이의 2배거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어서 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용한다.

[콘크리트 구조설계기준 7.8.1.(1)]

$$a = 2.339 \text{ m} < 2d (= 7.800 \text{ m}) \quad \therefore \text{깊은보로 전단설계}$$

$$- a/2 = 1.1695 \text{ m} \quad ( < 3.900 \text{ m} ) \quad L \text{ 위험단면 위치}$$

$$- Vu = 210.925 \text{ kN}$$

$$\text{부재번호} : 1 \text{ (I단 : 절점1, J단 : 절점2) } \quad \text{부재길이(L)} : 1.600 \text{ m}$$

$$Vui = 0 \text{ kN (I단)} \quad Vuj = 288.568 \text{ kN (J단)}$$

$$\text{검토위치}(L_c) = 1.802 \text{ m} \quad (\text{두부보 좌측단에서의 거리})$$

$$Vu = Vui + (Vuj - Vui)/L \times (L_c - I \text{ 단 좌표})$$

$$= 0 + (288.568 - 0) / 1.6 \times (1.802 - 0)$$

$$= 325 \text{ kN}$$

\* 단면제원 및 설계가정

| B(mm)  | Ln(mm) | d(mm)  | Vu(kN) | fck(MPa) | fy(MPa) |
|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| 2800.0 | 4678.0 | 3885.5 | 325.0  | 24.0     | 400.0   |

\* 강도감소계수(Φ) 산정

$$T = As \times fy = 34689.6 \times 400 = 13875840.000$$

$$C = 0.85 \times fck \times a \times b = 0.85 \times 24 \times a \times 2800 = 57120.000 \times a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = \text{#### mm}, \quad c = a / \beta_1 = \text{#### mm}$$

$$\epsilon_y = fy / Es = 400 / 200000.00 = 0.0020$$

$$\epsilon_t = 0.0030 \times (dt - c) / c = 0.003 \times (3900 - 285.793) / 285.793 = 0.0379$$

$$\epsilon_t \geq 0.005 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \Phi = 0.85 \text{ 를 적용한다.}$$

\* 필요철근량 산정

$$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2) \quad \text{-----} \quad \textcircled{1}$$

$$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b) \quad \text{-----} \quad \textcircled{2}$$

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0, \quad As = 14712.102 \text{ mm}^2$$

$$\text{Use } As = 34689.600 \text{ mm}^2 \quad (\text{철근의 도심 } 114.500 \text{ mm}), \quad [\text{사용률} = 2.358]$$

$$1\text{단} : D29-14EA + D29-13EA, \quad d1 = 100 \text{ mm}$$

$$2\text{단} : D29-14EA + D29-13EA, \quad d1 = 200 \text{ mm}$$

★ 철근비 검토

$$\rho_{\min} : 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00306, \quad \rho_{\min} = 0.00306 \quad \text{적용}$$

$$\rho_{\max} = 0.64 \times P_b = 0.64 \times k_1 \times \Phi \times (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.01665$$

$$\rho_{\text{use}} = A_s / b d = 0.00319$$

$$\rho_{\max} \geq \rho_{\text{use}} \geq \rho_{\min} \rightarrow \text{철근비 만족 } 0.K!!!$$

★ 휨에 대한 검토

$$\Phi M_n = 0.85 \times 34689.6 \times 400 \times (3885.5 - 242.924 / 2) = 44394.811 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 242.924 \text{ mm}$$

$$\geq M_u (= 19178.043 \text{ kN.m}) \quad 0.K!!! \quad [ \text{안전률} = 2.315 ]$$

★ 최대전단강도 검토

$$\Phi V_n = \Phi \times 5 \times \sqrt{f_{ck}} / 6 \times b \times d$$

$$= 0.75 \times 5 \times \sqrt{(24)} / 6 \times 2800 \times 3885.5$$

$$= 33311.223 \text{ kN} \geq V_u (= 325 \text{ kN}) \quad 0.K!!!$$

★ 콘크리트의 전단강도

$$\Phi V_c = 0.85 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d$$

$$= 0.85 \times 1/6 \times \sqrt{(24)} \times 2800 \times 3885.5 = 7550.544 \text{ kN}, \quad \Phi V_c / 2 = 3775.272 \text{ kN}$$

$$\Phi V_c / 2 \geq V_u (= 325 \text{ kN}) \quad \text{전단보강 불필요.} \quad [ \text{안전률} = 11.616 ]$$

## 8.2 내민보의 설계 : 우측 (절점 8)

### 1) 내민길이의 산정

: 원형이나 정다각형 기둥인 경우 내민 길이는 정사각형 기둥단면으로 치환하여 구한다.

[도로교 설계기준 5.4.4.1]

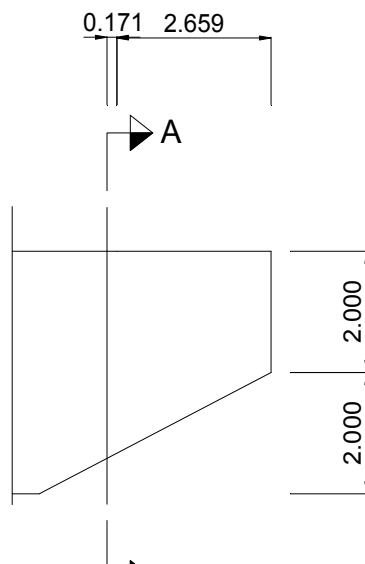
#### ① 기둥의 단면적

$$A = \pi \times 3^2 / 4 = 7.069 \text{ m}^2$$

#### ② 치환단면의 한변길이

$$L = \sqrt{7.069} = 2.659 \text{ m}$$

☞ 위험단면은 기둥끝단으로부터 0.171 m ( = 1.5 - 2.659 / 2 ) 에 위치한다.



## 2) 브래킷 판정

① 위험단면에서의 작용력 : 『단면력 집계』 참조

$$V_u = 8427.738 \text{ kN} - \text{"UL0-01"}$$

$$M_u = 19728.539 \text{ kN.m}$$

$$N_u = 0 \text{ kN}$$

② 브래킷 판정

$$a = 19728.539 / 8427.738 = 2.341 \text{ m}$$

$$d = 4 - 0.115 = 3.886 \text{ m}$$

$$a/d = 2.341 / 3.8855 = 0.602 \leq 1.0 \therefore \text{브래킷으로 검토}$$

## 3) 브래킷 검토

\* 단면제원 및 설계가정

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa}, f_y = 400 \text{ Mpa}, k_1 = 0.85, \phi_f = 0.80, \phi_v = 0.75$$

| B(mm)  | H(mm)  | d(mm)  | 피복(mm)   | 외단깊이(mm) | Vu(kN) |
|--------|--------|--------|----------|----------|--------|
| 2800.0 | 4000.0 | 3885.5 | 100000.0 | 2915.0   | 8427.7 |

$$a = 2341 \text{ mm}, d = 3885.5 \text{ mm}$$

$$a / d (= 0.602) \leq 1 \rightarrow \text{Bracket으로 설계. [도로교 설계기준] 4.4.6.8}$$

$$\text{지압면의 외단깊이} \geq 0.5d, 2915 \text{ mm} \geq 0.5 \times 3885.5 = 1942.75 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

① 설계 단면력 산정

$$V_u = 8427.738 \text{ kN}$$

$$N_{uc} = 0.2 \times 19728.539 = 1685.548 \text{ kN}$$

$$M_u = M_u' + N_{uc} \times (h - d) = 19728.539 + 1685.548 \times (4 - 3.8855) = 19921.534 \text{ kN.m}$$

② 전단마찰철근(Avf)의 설계

: 전단마찰철근이 전단면에 수직인 경우, [도로교 설계기준] 4.4.6.4

$$V_{n\_max} \leq 0.2 \times f_{ck} \times b_o \times d, 5.6 \times b_o \times d$$

$$\leq 0.2 \times 24 \times 2800 \times 3885.5 = 52221.120 \text{ kN}$$

$$\leq 5.6 \times 2800 \times 3885.5 = 60924.640 \text{ kN}$$

$$\phi V_{n\_max} = 0.8 \times 60924.64 = 51785.944 \text{ kN} \geq v_u (=8427.738 \text{ kN}) \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\phi_v \times f_y \times \mu} \quad (\phi_v = 0.75, \mu = 1.4 \lambda, \lambda = 1.0)$$

$$= 8427.738 / (0.75 \times 400 \times 1.4 \times 1)$$

$$= 20066.043 \text{ mm}^2$$

③ 휨모멘트 철근(Af)의 설계

$$M_u = M_u + N_{uc} \times (H - d) = 19728.539 + 1685.548 \times (4 - 3.8855) = 19921.534 \text{ kN.m}$$

$$a = \frac{M_u}{0.85 \times f_{ck} \times b}$$

$$M_n = M_u / \phi = A_f \times f_y \times (d - a/2) \rightarrow \text{위의 } a \text{를 대입하여 } A_f \text{를 이차방정식으로 푼다.}$$

$$d - \sqrt{[d^2 - 4 \times M_u / (1.7 \times f_{ck} \times b \times \phi)]}$$

$$A_f = \frac{M_u}{2 \times f_y / (1.7 \times f_{ck} \times b)}$$

$$Af = \frac{385.5 - \sqrt{[3885.5^2 - 4 \times 19921534 / (1.7 \times 24 \times 2800 \times 0.8)]}}{2 \times 400 / (1.7 \times 24 \times 2800)}$$

$$= 16260.607 \text{ mm}^2$$

④ 수평인장 철근(An)의 설계

$$Nuc = 0.20 \times Vu = 0.2 \times 8427.738 = 1685.548 \text{ kN}$$

$$An = Nuc / (\Phi \times fy) = 1685548 / (0.8 \times 400) = 5267.338 \text{ mm}^2$$

⑤ 주인장철근(As)의 산정

주인장철근의 단면적은 (Af + An)과 (2/3 Avf + An) 중 큰값을 취한다.

$$\rightarrow As = 21527.945 \text{ mm}^2$$

$$As(\min) = 0.04 \times (fck / fy) \times b \times d$$

$$= 0.04 \times (24 / 400) \times 2800 \times 3885.5$$

$$= 26110.560 \text{ mm}^2$$

$$Use As = 34689.600 \text{ mm}^2 \text{ ( 철근의 도심 } 114.500 \text{ mm )}$$

1단 : D29-14EA + D29-13EA , d1 = 100 mm

2단 : D29-14EA + D29-13EA , d1 = 200 mm

$$Use As \geq 21527.945 \text{ mm}^2, 26110.560 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{0.K!!!}$$

⑥ 폐쇄 스테럽, 띠철근(Ah)의 산정

$$Ah = 0.5 \times (As - An) = 0.5 \times (21527.945 - 5267.338)$$

$$= 8130.304 \text{ mm}^2$$

사용철근량 (1단) : D19 - 5EA = 286.5 mm<sup>2</sup>

철근의 배치 범위 : 2/3 d = 2/3 x 3885.5 = 2590.333 mm 구간에 11단 설치

$$\blacktriangleright \text{사용철근량(10.0단)} : D19 - 55 EA = 15757.500 \text{ mm}^2 \geq 8130.304 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{0.K!!!}$$

4) 외측빔 검토 : 깊은보로 검토

: Ln이 부재깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재깊이의 2배거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어서 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용한다.

[콘크리트 구조설계기준 7.8.1.(1)]

$$a = 2.341 \text{ m} < 2d (= 7.800 \text{ m}) \quad \therefore \text{깊은보로 전단설계}$$

$$- a/2 = 1.1705 \text{ m} \quad ( < 3.900 \text{ m} ) \quad L \text{ 위험단면 위치}$$

$$- Vu = 211.286 \text{ kN}$$

부재번호 : 10 (I단 : 절점8, J단 : 절점 부재길이(L) : 1.600 m

$$Vui = 288.568 \text{ kN (I단)} \quad Vuj = 0 \text{ kN (J단)}$$

검토위치(Lc) = 1.801 m (두부보 좌측단에서의 거리)

$$Vu = Vui + (Vuj - Vui)/L \times (Lc - I \text{ 단 좌표})$$

$$= 288.568 + (0 - 288.568) / 1.6 \times (1.801 - 9.4)$$

$$= 1659.086 \text{ kN}$$

\* 단면제원 및 설계가정

| B(mm)  | Ln(mm) | d(mm)  | Vu(kN) | fck(MPa) | fy(MPa) |
|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| 2800.0 | 4682.0 | 3885.5 | 1659.1 | 24.0     | 400.0   |

★ 강도감소계수(Φ) 산정

$$T = A_s \times f_y = 34689.6 \times 400 = 13875840.000$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 24 \times a \times 2800 = 57120.000 \times a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = \text{#### mm}, \quad c = a / \beta_1 = \text{#### mm}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s = 400 / 200000.00 = 0.0020$$

$$\epsilon_t = 0.0030 \times (d_t - c) / c = 0.003 \times (3900 - 285.793) / 285.793 = 0.0379$$

$$\epsilon_t \geq 0.005 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \Phi = 0.85 \text{ 를 적용한다.}$$

★ 필요철근량 산정

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y \times (d - a/2) \quad \text{-----} \quad \textcircled{1}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{-----} \quad \textcircled{2}$$

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로  $A_s$ 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0, \quad A_s = 15140.327 \text{ mm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 34689.600 \text{ mm}^2 \quad (\text{철근의 도심 } 114.500 \text{ mm}), \quad [\text{사용률} = 2.291 \quad ]$$

$$1\text{단} : D29-14EA + D29-13EA, \quad d_1 = 100 \text{ mm}$$

$$2\text{단} : D29-14EA + D29-13EA, \quad d_1 = 200 \text{ mm}$$

★ 철근비 검토

$$\rho_{\min} : 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00306, \quad \rho_{\min} = 0.00306 \text{ 적용}$$

$$\rho_{\max} = 0.64 \times P_b = 0.64 \times k_1 \times \Phi \times (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.01665$$

$$\rho_{\text{use}} = A_s / b d = 0.00319$$

$$\rho_{\max} \geq \rho_{\text{use}} \geq \rho_{\min} \rightarrow \text{철근비 만족 } 0.K!!!$$

★ 휨에 대한 검토

$$\Phi M_n = 0.85 \times 34689.6 \times 400 \times (3885.5 - 242.924 / 2) = 44394.811 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 242.924 \text{ mm}$$

$$\geq M_u (= 19728.539 \text{ kN.m}) \quad 0.K!!! \quad [\text{안전률} = 2.25 \quad ]$$

★ 최대전단강도 검토

$$\Phi V_n = \Phi \times 5 \times \sqrt{f_{ck}} / 6 \times b \times d$$

$$= 0.75 \times 5 \times \sqrt{(24)} / 6 \times 2800 \times 3885.5$$

$$= 33311.223 \text{ kN} \geq V_u (= 1659.086 \text{ kN}) \quad 0.K!!!$$

★ 콘크리트의 전단강도

$$\Phi V_c = 0.85 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d$$

$$= 0.85 \times 1/6 \times \sqrt{(24)} \times 2800 \times 3885.5 = 7550.544 \text{ kN}, \quad \Phi V_c/2 = 3775.272 \text{ kN}$$

$$\Phi V_c/2 \geq V_u (= 1659.086 \text{ kN}) \quad \text{전단보강 불필요.} \quad [\text{안전률} = 2.276 \quad ]$$

## 9. 기둥 설계

### 9.1 교축직각방향

1) 기둥부재력 집계 : 하단

| 구 분   | Pe(kN)     | Pu(kN)     | M1(kN.m)  | M2(kN.m)  | V(kN)     | Δ (m)   | 비 고   |
|-------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|---------|-------|
| UL001 | -12806.800 | -19724.587 | -2967.779 | -2967.779 | 0.000     | 0.00117 | 축력최대  |
| UL003 | -12806.800 | -16648.840 | 4185.709  | 13331.768 | -1042.548 | 0.00500 | 모멘트최대 |

註) Pe : 장기지속축력 (= 고정하중에 의한 축력 x 고정하중계수)

Pu : 전체축력, M1, M2 : 기둥상단, 하단 모멘트

Vu : 전단력, Δ : 기둥상단의 변위량

2) 기둥검토 요약

| 구 분   | 철 근 비 |       |       |     | 축방향력, 휨   |           |           |       |     |
|-------|-------|-------|-------|-----|-----------|-----------|-----------|-------|-----|
|       | Pmin  | Puse  | Pmax  | 비고  | ΦPn       | Pu        | Mu        | 안전도   | 비 고 |
| 축력최대  | 0.010 | 0.012 | 0.080 | 0.K | 91886.660 | 19724.587 | 2967.779  | 4.658 | 0.K |
| 모멘트최대 | 0.010 | 0.012 | 0.080 | 0.K | 55238.890 | 16648.840 | 13331.768 | 3.318 | 0.K |

3) 기둥단면 검토

① 축력최대 : (부재 9, UL001)

㉠설계조건 및 단면가정

$f_{ck} = 24 \text{ Mpa}$ ,  $f_y = 400 \text{ MPa}$ ,  $k_1 = 0.85$ ,  $\Phi_c = 0.65$ ,  $\theta = 90.000$  도 (중립축각도)

| 피복(mm)  | Pu(kN)    | Mu(kN.m) | e(mm)   |
|---------|-----------|----------|---------|
| 100.000 | 19724.587 | 2967.779 | 150.460 |

㉡ 압축부재의 장주효과

㉢ 총 안정지수 산정

$$Q = \sum Pu \cdot \Delta / (Vu \cdot L_c)$$

$$= 19724.587 \times 0.001172 / (0 \times 13)$$

$$= 0 \quad : \text{횡구속이 없는 구조물}$$

여기서,  $\sum Pu$  : 총전체의 수직하중

Δ : 총상단의 상대변위

Vu : 총전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이 13.000 m)

㉣ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정, 타단자유의 압축부재이므로,  $k = 2.000$

$$\text{세장비 } \lambda = k \times Lu / r < 22$$

$$= 2 \times 9 / 0.75$$

$$= 24 > 22 \therefore \text{장주}$$

여기서,  $r = \sqrt{I/A} = 0.750$  : 부재단면의 최소회전반경 (기둥지름/4)

Lu : 압축부재의 비지지길이 (9.000 m)

M1, M2 : 기둥 양끝단 모멘트 ( $M1 = -2967.779 \text{ kN.m}$ ,  $M2 = -2967.779 \text{ kN.m}$ )

M1/M2의 값이 단일곡률일 때 (+), 이중곡률일 때 (-)

$$M1/M2 \geq -0.5 = 1.000$$

㉤ 철근비 검토

• 1단 철근 : H25-88EA (  $d_c = 100.00 \text{ mm}$  )

• 2단 철근 : H25-81EA (  $d_c = 200.00 \text{ mm}$  )

• 총 사용철근량 :  $A_{st} = 85632.30 \text{ mm}^2$

㉔ 평행하중 산정

| $P_u$        | $M_u$        | $e$       |
|--------------|--------------|-----------|
| 20868.587 kN | 3514.71 kN.m | 150.46 mm |

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} \times d = 1740.00 \text{ mm} && : \text{중립축} \\
 P_b &= C_c + C_s + T_s = 75606.08 \text{ kN} && : \text{균형 하중} \\
 M_b &= M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 70026.18 \text{ kN} \cdot \text{m} && : \text{균형 모멘트} \\
 e_b &= M_b / P_b = 926.20 \text{ mm} && : P_u < 0 \quad \dots\dots \text{인장지배}
 \end{aligned}$$

㉕ 공칭강도 산정

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$$\begin{aligned}
 e' &= M_n / P_n = 150.46 \text{ mm} \quad \therefore e = 150.46 \text{ mm} \\
 P_n &= C_c + C_s + T_s = 141364.10 \text{ kN} \\
 M_n &= M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 21269.77 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\Phi = 0.65$$

$$\begin{aligned}
 \Phi P_n &= 91886.66 \text{ kN} \geq P_u && \dots\dots \text{OK} \\
 \Phi M_n &= 13825.35 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_u && \text{Text} \quad \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

② 모멘트최대 : (부재 9, UL003)

㉔ 설계조건 및 단면가정

$$f_{ck} = 24 \text{ MPa}, f_y = 400 \text{ MPa}, k_1 = 0.85, \Phi_c = 0.65, \theta = 90.000^\circ \text{ (중립축각도)}$$

| 피복(mm)  | $P_u(\text{kN})$ | $M_u(\text{kN.m})$ | $e(\text{mm})$ |
|---------|------------------|--------------------|----------------|
| 100.000 | 16648.840        | 13331.768          | 800.760        |

㉕ 압축부재의 장주효과

㉔ 층 안정지수 산정

$$\begin{aligned}
 Q &= \sum P_u \cdot \Delta / (V_u \cdot L_c) \\
 &= 16648.84 \times 0.004996 / (-1042.548 \times 13) \\
 &= 0.006 > 0.05 : \text{횡구속 구조물}
 \end{aligned}$$

여기서,  $\sum P_u$  : 층전체의 수직하중

$\Delta$  : 층상단의 상대변위

$V_u$  : 층전단력

$L_c$  : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이 13.000 m)

㉕ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정, 타단자유의 압축부재이므로,  $k = 1.000$

$$\text{세장비 } \lambda = k \times L_u / r \leq 34 - 12 (M_1/M_2)$$

$$= 1 \times 9 / 0.75$$

$$= 12 \leq 30 \therefore \text{단주, 장주효과 무시}$$

여기서,  $r = \sqrt{I/A} = 0.750$  : 부재단면의 최소회전반경(기둥지름/4)

$L_u$  : 압축부재의 비지지길이(= 9.000 m)

$M_1, M_2$  : 기둥 양끝단 모멘트 ( $M_1 = 4185.709 \text{ kN.m}$ ,  $M_2 = 13331.768 \text{ kN.m}$ )

$M_1/M_2$ 의 값이 단일곡률일 때(+), 이중곡률일 때(-)

$$M_1/M_2 \geq -0.5 = 0.314$$

㉔ 철근비 검토

- 1단 철근 : H25-88EA (  $d_c = 100.00 \text{ mm}$  )
- 2단 철근 : H25-81EA (  $d_c = 200.00 \text{ mm}$  )
- 총 사용철근량 :  $A_{st} = 85632.30 \text{ mm}^2$
- 철근비 검토 :  $\rho_{min} (= 0.0100) \leq \rho_{usr} (= 0.0121) \leq \rho_{max} (= 0.0800)$  **OK**

㉕ 평행하중 산정

| $P_u$       | $M_u$         | $e$       |
|-------------|---------------|-----------|
| 17792.84 kN | 14644.64 kN.m | 800.76 mm |

$$C_b = \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} \times d = 1740.00 \text{ mm} : \text{중립축}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_s = 75606.08 \text{ kN} : \text{균형 하중}$$

$$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 70026.18 \text{ kN} \cdot \text{m} : \text{균형 모멘트}$$

$$e_b = M_b / P_b = 926.20 \text{ mm} : e_b \geq e \quad \text{..... 압축지배}$$

㉖ 공칭강도 산정

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$$e' = M_n / P_n = 797.83 \text{ mm} \approx e = 800.76 \text{ mm}$$

$$P_n = C_c + C_s + T_s = 84982.91 \text{ kN}$$

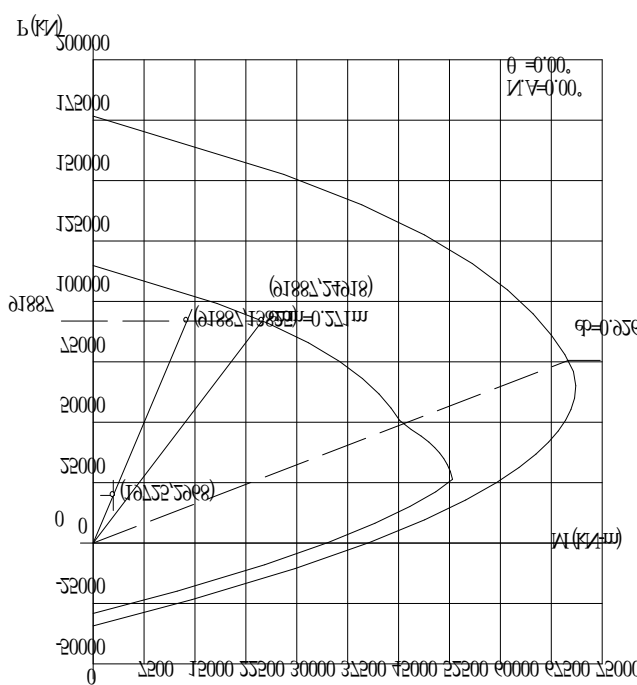
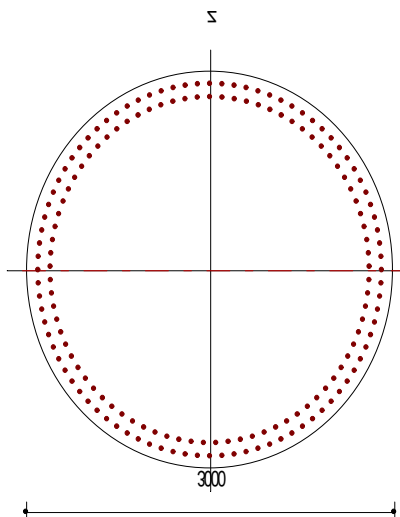
$$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 67801.49 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Phi = 0.65$$

$$\Phi P_n = 55238.89 \text{ kN} \geq P_u \quad \text{..... OK}$$

$$\Phi M_n = 44070.97 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_u \quad \text{Text} \quad \text{..... OK}$$

4) PM 상관도

| 검토단면 총실 원형<br>하중조합 UL001                                                            | 검토 조건                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|-----------|------------|---|-------------|------------|---|-----------------|-------|---|---------------|------------|---|-------------------------|------------|---|-------------------------|-------|---|----------------------------|----------|---|---|----------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--------|---|--------|-------|---|-------------|-------|---|----------------|----------|---|--------|
|   | <table><tr><td><math>f_{ck}</math></td><td>=</td><td>24.00 MPa</td></tr><tr><td><math>f_y</math></td><td>=</td><td>400.00 MPa</td></tr><tr><td><math>E_c</math></td><td>=</td><td>25811.01 MPa</td></tr><tr><td><math>E_s</math></td><td>=</td><td>200000.00 MPa</td></tr><tr><td><math>I_{yy}</math></td><td>=</td><td>3.976078 m<sup>4</sup></td></tr><tr><td><math>I_{zz}</math></td><td>=</td><td>3.976078 m<sup>4</sup></td></tr><tr><td><math>A_g</math></td><td>=</td><td>7068583.47 mm<sup>2</sup></td></tr><tr><td><math>I_{ux}</math></td><td>=</td><td>-</td></tr><tr><td><math>I_{uy}</math></td><td>=</td><td>-</td></tr><tr><td><math>k_x</math></td><td>=</td><td>-</td></tr><tr><td><math>k_y</math></td><td>=</td><td>-</td></tr><tr><td><math>\rho</math></td><td>=</td><td>0.0121</td></tr><tr><td><math>P_u</math></td><td>=</td><td>19724.59 kN</td></tr><tr><td><math>M_u</math></td><td>=</td><td>2967.78 kN · m</td></tr><tr><td><math>\theta</math></td><td>=</td><td>0.00 °</td></tr></table> | $f_{ck}$                   | = | 24.00 MPa | $f_y$      | = | 400.00 MPa  | $E_c$      | = | 25811.01 MPa    | $E_s$ | = | 200000.00 MPa | $I_{yy}$   | = | 3.976078 m <sup>4</sup> | $I_{zz}$   | = | 3.976078 m <sup>4</sup> | $A_g$ | = | 7068583.47 mm <sup>2</sup> | $I_{ux}$ | = | - | $I_{uy}$ | = | - | $k_x$ | = | - | $k_y$ | = | - | $\rho$ | = | 0.0121 | $P_u$ | = | 19724.59 kN | $M_u$ | = | 2967.78 kN · m | $\theta$ | = | 0.00 ° |
| $f_{ck}$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 24.00 MPa                  |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $f_y$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 400.00 MPa                 |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $E_c$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 25811.01 MPa               |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $E_s$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 200000.00 MPa              |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $I_{yy}$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3.976078 m <sup>4</sup>    |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $I_{zz}$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3.976078 m <sup>4</sup>    |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $A_g$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 7068583.47 mm <sup>2</sup> |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $I_{ux}$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -                          |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $I_{uy}$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -                          |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $k_x$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -                          |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $k_y$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -                          |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\rho$                                                                              | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.0121                     |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $P_u$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 19724.59 kN                |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $M_u$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2967.78 kN · m             |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\theta$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.00 °                     |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
|  | <div>▪ 평형편심상태</div> <table><tr><td><math>e_b</math></td><td>=</td><td>0.926 m</td></tr><tr><td><math>\Phi P_b</math></td><td>=</td><td>49143.95 kN</td></tr><tr><td><math>\Phi M_b</math></td><td>=</td><td>45517.02 kN · m</td></tr></table> <div>▪ 작용편심에서의 설계강도</div> <table><tr><td><math>e</math></td><td>=</td><td>0.150 m</td></tr><tr><td><math>\Phi P_n</math></td><td>=</td><td>91886.66 kN</td></tr><tr><td><math>\Phi M_n</math></td><td>=</td><td>13825.35 kN · m</td></tr></table> <div>▪ 사용철근량</div> <table><tr><td><math>A_s</math></td><td>=</td><td>85632.30 mm<sup>2</sup></td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $e_b$                      | = | 0.926 m   | $\Phi P_b$ | = | 49143.95 kN | $\Phi M_b$ | = | 45517.02 kN · m | $e$   | = | 0.150 m       | $\Phi P_n$ | = | 91886.66 kN             | $\Phi M_n$ | = | 13825.35 kN · m         | $A_s$ | = | 85632.30 mm <sup>2</sup>   |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $e_b$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.926 m                    |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\Phi P_b$                                                                          | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 49143.95 kN                |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\Phi M_b$                                                                          | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 45517.02 kN · m            |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $e$                                                                                 | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.150 m                    |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\Phi P_n$                                                                          | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 91886.66 kN                |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\Phi M_n$                                                                          | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 13825.35 kN · m            |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $A_s$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 85632.30 mm <sup>2</sup>   |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |

| 검토단면 중심 원형<br>하중조합 UL003 | 검토 조건                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | $f_{ck} = 24.00 \text{ MPa}$<br>$f_y = 400.00 \text{ MPa}$<br>$E_c = 25811.01 \text{ MPa}$<br>$E_s = 200000.00 \text{ MPa}$<br>$I_{yy} = 3.976078 \text{ m}^4$<br>$I_{zz} = 3.976078 \text{ m}^4$<br>$A_g = 7068583.47 \text{ mm}^2$<br>$I_{ux} = -$<br>$I_{uy} = -$<br>$k_x = -$<br>$k_y = -$<br>$\rho = 0.0121$<br>$P_u = 16648.84 \text{ kN}$<br>$M_u = 13331.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$<br>$\theta = 0.00^\circ$                                                                                                                                                                                               |
|                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>평형편심상태 <ul style="list-style-type: none"> <li><math>e_b = 0.926 \text{ m}</math></li> <li><math>\Phi P_b = 49143.95 \text{ kN}</math></li> <li><math>\Phi M_b = 45517.02 \text{ kN} \cdot \text{m}</math></li> </ul> </li> <li>작용편심에서의 설계강도 <ul style="list-style-type: none"> <li><math>e = 0.798 \text{ m}</math></li> <li><math>\Phi P_n = 55238.89 \text{ kN}</math></li> <li><math>\Phi M_n = 44070.97 \text{ kN} \cdot \text{m}</math></li> </ul> </li> <li>사용철근량 <ul style="list-style-type: none"> <li><math>A_s = 85632.30 \text{ mm}^2</math></li> </ul> </li> </ul> |

## 9.2 교축방향

### 1) 기동부재력 집계 : 하단

| 구 분   | Pe(kN)     | Pu(kN)     | M1(kN.m)  | M2(kN.m)  | V(kN)  | Δ (m)   | 비 고   |
|-------|------------|------------|-----------|-----------|--------|---------|-------|
| UL001 | -12806.800 | -19724.587 | -2967.779 | -2967.779 | 0.000  | 0.00117 | 축력최대  |
| UL004 | -12806.800 | -18508.594 | -2184.551 | -2214.166 | 13.163 | 0.00087 | 모멘트최대 |

註) Pe : 장기지속축력 (= 고정하중에 의한 축력 x 고정하중계수)

Pu : 전체축력, M1, M2 : 기동상단, 하단 모멘트

Vu : 전단력, Δ : 기동상단의 변위량

### 2) 기동검토 요약

| 구 분   | 철 근 비 |       |       |     | 축방향력, 휨   |           |          |       |     |
|-------|-------|-------|-------|-----|-----------|-----------|----------|-------|-----|
|       | Pmin  | Puse  | Pmax  | 비고  | ΦPn       | Pu        | Mu       | 안전도   | 비 고 |
| 축력최대  | 0.010 | 0.012 | 0.080 | 0.K | 91886.660 | 19724.587 | 2967.779 | 4.658 | 0.K |
| 모멘트최대 | 0.010 | 0.012 | 0.080 | 0.K | 91886.660 | 18508.594 | 2214.166 | 4.965 | 0.K |

### 3) 기동단면 검토

#### ① 축력최대 : (부재 9, UL001)

##### ㉠설계조건 및 단면가정

fck= 24 Mpa, fy= 400 MPa, k1= 0.85, Φc= 0.65, θ= 90.000 도(중립축각도)

| 피복(mm)  | Pu(kN)    | Mu(kN.m) | e(mm)   |
|---------|-----------|----------|---------|
| 100.000 | 19724.587 | 2967.779 | 150.460 |

#### ㉡ 압축부재의 장주효과

##### ㉢ 총 안정지수 산정

$$Q = \sum Pu \cdot \Delta / (Vu \cdot Lc)$$

$$= 19724.587 \times 0.001172 / (0 \times 13)$$

$$= 0 \quad : \text{횡구속이 없는 구조물}$$

여기서,  $\sum Pu$  : 총전체의 수직하중

Δ : 총상단의 상대변위

Vu : 총전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기동의 길이 13.000 m)

##### ㉣ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정, 타단자유의 압축부재이므로, k = 2.000

$$\text{세장비 } \lambda = k \times Lu / r < 22$$

$$= 2 \times 9 / 0.75$$

$$= 24 > 22 \therefore \text{장주}$$

여기서,  $r = \sqrt{I/A} = 0.750$  : 부재단면의 최소회전반경(기둥지름/4)

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 9.000 m)

M1, M2 : 기동 양끝단 모멘트 (M1= -2967.779 kN.m, M2= -2967.779 kN.m)

M1/M2의 값이 단일곡률일 때(+), 이중곡률일 때(-)

$$M1/M2 \geq -0.5 = 1.000$$

##### ㉤ 철근비 검토

- 1단 철근 : H25-88EA ( d<sub>c</sub>= 100.00 mm )
- 2단 철근 : H25-81EA ( d<sub>c</sub>= 200.00 mm )
- 총 사용철근량 : A<sub>st</sub> = 85632.30 mm<sup>2</sup>

㉔ 평행하중 산정

| $P_u$       | $M_u$        | $e$       |
|-------------|--------------|-----------|
| 19724.59 kN | 2967.78 kN.m | 150.46 mm |

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} \times d = 1740.00 \text{ mm} && : \text{중립축} \\
 P_b &= C_c + C_s + T_s = 75606.08 \text{ kN} && : \text{균형 하중} \\
 M_b &= M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 70026.18 \text{ kN} \cdot \text{m} && : \text{균형 모멘트} \\
 e_b &= M_b / P_b = 926.20 \text{ mm} && : P_u < 0 \quad \dots\dots \text{압축지배}
 \end{aligned}$$

㉕ 공칭강도 산정

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$$\begin{aligned}
 e' &= M_n / P_n = 168.42 \text{ mm} \quad \therefore e = 150.46 \text{ mm} \\
 P_n &= C_c + C_s + T_s = 141364.10 \text{ kN} \\
 M_n &= M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 21269.77 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\Phi = 0.65$$

$$\begin{aligned}
 \Phi P_n &= 91886.66 \text{ kN} \geq P_u && \dots\dots \text{OK} \\
 \Phi M_n &= 13825.35 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_u && \text{Text} \quad \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

② 모멘트최대 : (부재 9, UL004)

㉔ 설계조건 및 단면가정

$$f_{ck} = 0 \text{ MPa}, f_y = 0 \text{ MPa}, k_1 = 0.85, \Phi_c = 0.65, \theta = 90.000 \text{ 도 (중립축각도)}$$

| 피복(mm)  | $P_u(\text{kN})$ | $M_u(\text{kN.m})$ | $e(\text{mm})$ |
|---------|------------------|--------------------|----------------|
| 100.000 | 18508.594        | 2214.166           | 120.160        |

㉕ 압축부재의 장주효과

㉔ 층 안정지수 산정

$$\begin{aligned}
 Q &= \sum P_u \cdot \Delta / (V_u \cdot L_c) \\
 &= 18508.594 \times 0.0008706 / (13.163 \times 13) \\
 &= 0.094 > 0.05 : \text{횡구속 구조물}
 \end{aligned}$$

여기서,  $\sum P_u$  : 층전체의 수직하중

$\Delta$  : 층상단의 상대변위

$V_u$  : 층전단력

$L_c$  : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이 13.000 m)

㉕ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정, 타단자유의 압축부재이므로,  $k = 1.000$

$$\text{세장비 } \lambda = k \times L_u / r \leq 34 - 12 (M_1/M_2)$$

$$= 1 \times 9 / 0.75$$

$$= 12 \leq 22 \therefore \text{단주, 장주효과 무시}$$

여기서,  $r = \sqrt{I/A} = 0.750$  : 부재단면의 최소회전반경 (기둥지름/4)

$L_u$  : 압축부재의 비지지길이 (9.000 m)

$M_1, M_2$  : 기둥 양끝단 모멘트 ( $M_1 = -2184.551 \text{ kN.m}$ ,  $M_2 = -2214.166 \text{ kN.m}$ )

$M_1/M_2$ 의 값이 단일곡률일 때(+), 이중곡률일 때(-)

$$M_1/M_2 \geq -0.5 = 0.987$$

㉔ 철근비 검토

- 1단 철근 : H25-88EA (  $d_c = 100.00 \text{ mm}$  )
- 2단 철근 : H25-81EA (  $d_c = 200.00 \text{ mm}$  )
- 총 사용철근량 :  $A_{st} = 85632.30 \text{ mm}^2$
- 철근비 검토 :  $\rho_{min} (= 0.0100) \leq \rho_{usr} (= 0.0121) \leq \rho_{max} (= 0.0800)$  **OK**

㉕ 평행하중 산정

| $P_u$       | $M_u$        | $e$       |
|-------------|--------------|-----------|
| 18508.59 kN | 2214.17 kN.m | 120.16 mm |

$$C_b = \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} \times d = 1740.00 \text{ mm} : \text{중립축}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_s = 75606.08 \text{ kN} : \text{균형 하중}$$

$$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 70026.18 \text{ kN} \cdot \text{m} : \text{균형 모멘트}$$

$$e_b = M_b / P_b = 926.20 \text{ mm} : P_u < 0 \quad \dots\dots \text{압축지배}$$

㉖ 공칭강도 산정

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$$e' = M_n / P_n = 119.63 \text{ mm} \approx e = 120.16 \text{ mm}$$

$$P_n = C_c + C_s + T_s = 141364.10 \text{ kN}$$

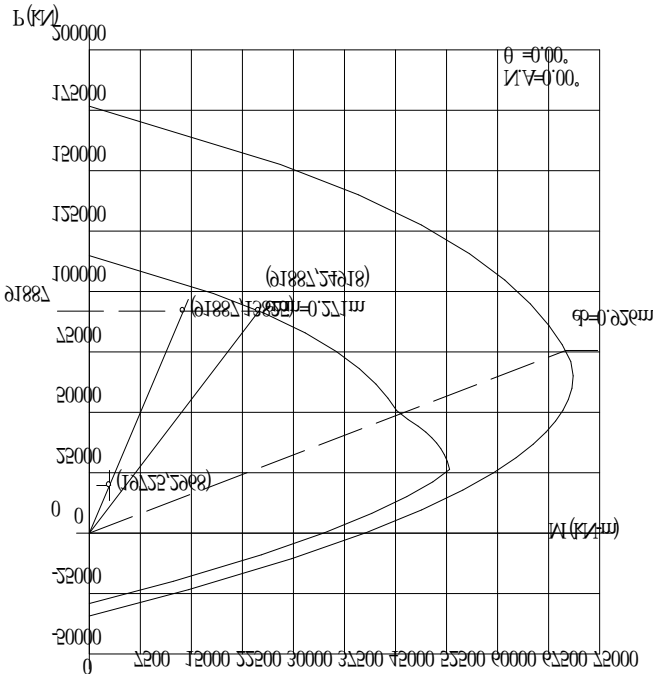
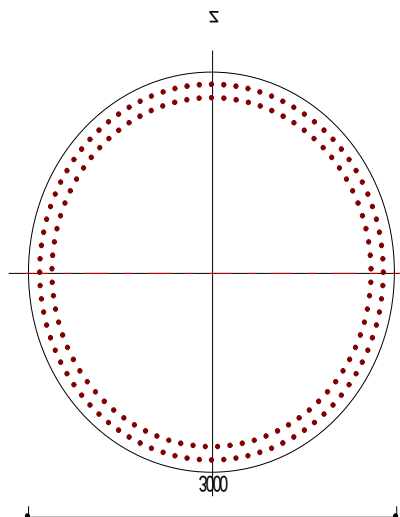
$$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 16911.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

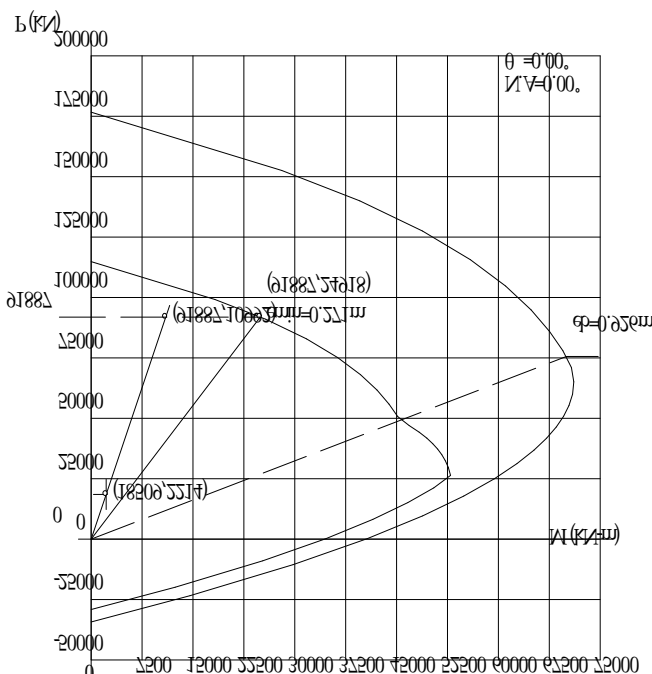
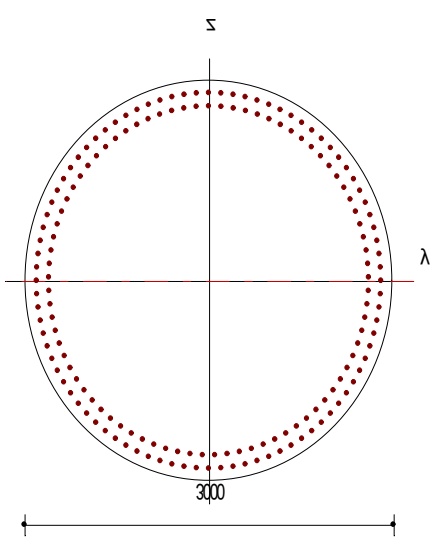
$$\Phi = 0.85$$

$$\Phi P_n = 91886.66 \text{ kN} \geq P_u \quad \dots\dots \text{OK}$$

$$\Phi M_n = 10992.32 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_u \quad \text{Text} \quad \dots\dots \text{OK}$$

4) PM 상관도

| 검토단면 총실 원형<br>하중조합 UL001                                                            | 검토 조건                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---|-----------|------------|---|-------------|------------|---|-----------------|-------|---|---------------|------------|---|-------------------------|------------|---|-------------------------|-------|---|----------------------------|----------|---|---|----------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|--------|---|--------|-------|---|-------------|-------|---|----------------|----------|---|--------|
|    | <table><tr><td><math>f_{ck}</math></td><td>=</td><td>24.00 MPa</td></tr><tr><td><math>f_y</math></td><td>=</td><td>400.00 MPa</td></tr><tr><td><math>E_c</math></td><td>=</td><td>25811.01 MPa</td></tr><tr><td><math>E_s</math></td><td>=</td><td>200000.00 MPa</td></tr><tr><td><math>I_{yy}</math></td><td>=</td><td>3.976078 m<sup>4</sup></td></tr><tr><td><math>I_{zz}</math></td><td>=</td><td>3.976078 m<sup>4</sup></td></tr><tr><td><math>A_g</math></td><td>=</td><td>7068583.47 mm<sup>2</sup></td></tr><tr><td><math>I_{ux}</math></td><td>=</td><td>-</td></tr><tr><td><math>I_{uy}</math></td><td>=</td><td>-</td></tr><tr><td><math>k_x</math></td><td>=</td><td>-</td></tr><tr><td><math>k_y</math></td><td>=</td><td>-</td></tr><tr><td><math>\rho</math></td><td>=</td><td>0.0121</td></tr><tr><td><math>P_u</math></td><td>=</td><td>19724.59 kN</td></tr><tr><td><math>M_u</math></td><td>=</td><td>2967.78 kN · m</td></tr><tr><td><math>\theta</math></td><td>=</td><td>0.00 °</td></tr></table> | $f_{ck}$                   | = | 24.00 MPa | $f_y$      | = | 400.00 MPa  | $E_c$      | = | 25811.01 MPa    | $E_s$ | = | 200000.00 MPa | $I_{yy}$   | = | 3.976078 m <sup>4</sup> | $I_{zz}$   | = | 3.976078 m <sup>4</sup> | $A_g$ | = | 7068583.47 mm <sup>2</sup> | $I_{ux}$ | = | - | $I_{uy}$ | = | - | $k_x$ | = | - | $k_y$ | = | - | $\rho$ | = | 0.0121 | $P_u$ | = | 19724.59 kN | $M_u$ | = | 2967.78 kN · m | $\theta$ | = | 0.00 ° |
| $f_{ck}$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 24.00 MPa                  |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $f_y$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 400.00 MPa                 |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $E_c$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 25811.01 MPa               |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $E_s$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 200000.00 MPa              |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $I_{yy}$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3.976078 m <sup>4</sup>    |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $I_{zz}$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3.976078 m <sup>4</sup>    |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $A_g$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 7068583.47 mm <sup>2</sup> |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $I_{ux}$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -                          |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $I_{uy}$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -                          |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $k_x$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -                          |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $k_y$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -                          |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\rho$                                                                              | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.0121                     |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $P_u$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 19724.59 kN                |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $M_u$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2967.78 kN · m             |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\theta$                                                                            | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.00 °                     |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
|  | <div>▪ 평형편심상태</div> <table><tr><td><math>e_b</math></td><td>=</td><td>0.926 m</td></tr><tr><td><math>\Phi P_b</math></td><td>=</td><td>49143.95 kN</td></tr><tr><td><math>\Phi M_b</math></td><td>=</td><td>45517.02 kN · m</td></tr></table> <div>▪ 작용편심에서의 설계강도</div> <table><tr><td><math>e</math></td><td>=</td><td>0.150 m</td></tr><tr><td><math>\Phi P_n</math></td><td>=</td><td>91886.66 kN</td></tr><tr><td><math>\Phi M_n</math></td><td>=</td><td>13825.35 kN · m</td></tr></table> <div>▪ 사용철근량</div> <table><tr><td><math>A_s</math></td><td>=</td><td>85632.30 mm<sup>2</sup></td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $e_b$                      | = | 0.926 m   | $\Phi P_b$ | = | 49143.95 kN | $\Phi M_b$ | = | 45517.02 kN · m | $e$   | = | 0.150 m       | $\Phi P_n$ | = | 91886.66 kN             | $\Phi M_n$ | = | 13825.35 kN · m         | $A_s$ | = | 85632.30 mm <sup>2</sup>   |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $e_b$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.926 m                    |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\Phi P_b$                                                                          | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 49143.95 kN                |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\Phi M_b$                                                                          | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 45517.02 kN · m            |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $e$                                                                                 | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.150 m                    |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\Phi P_n$                                                                          | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 91886.66 kN                |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $\Phi M_n$                                                                          | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 13825.35 kN · m            |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |
| $A_s$                                                                               | =                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 85632.30 mm <sup>2</sup>   |   |           |            |   |             |            |   |                 |       |   |               |            |   |                         |            |   |                         |       |   |                            |          |   |   |          |   |   |       |   |   |       |   |   |        |   |        |       |   |             |       |   |                |          |   |        |

| 검토단면 총실 원형<br>하중조합 UL004                                                            | 검토 조건                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | $f_{ck} = 24.00 \text{ MPa}$<br>$f_y = 400.00 \text{ MPa}$<br>$E_c = 25811.01 \text{ MPa}$<br>$E_s = 200000.00 \text{ MPa}$<br>$I_{yy} = 3.976078 \text{ m}^4$<br>$I_{zz} = 3.976078 \text{ m}^4$<br>$A_g = 7068583.47 \text{ mm}^2$<br>$I_{ux} = -$<br>$I_{uy} = -$<br>$k_x = -$<br>$k_y = -$<br>$\rho = 0.0121$<br>$P_u = 18508.59 \text{ kN}$<br>$M_u = 2214.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$<br>$\theta = 0.00^\circ$                                                                                                                                                                                                |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>평형편심상태 <ul style="list-style-type: none"> <li><math>e_b = 0.926 \text{ m}</math></li> <li><math>\Phi P_b = 49143.95 \text{ kN}</math></li> <li><math>\Phi M_b = 45517.02 \text{ kN} \cdot \text{m}</math></li> </ul> </li> <li>작용편심에서의 설계강도 <ul style="list-style-type: none"> <li><math>e = 0.120 \text{ m}</math></li> <li><math>\Phi P_n = 91886.66 \text{ kN}</math></li> <li><math>\Phi M_n = 10992.32 \text{ kN} \cdot \text{m}</math></li> </ul> </li> <li>사용철근량 <ul style="list-style-type: none"> <li><math>A_s = 85632.30 \text{ mm}^2</math></li> </ul> </li> </ul> |

### 9.3 합성부재력

1) 기동부재력 집계 : 하단

| 구 분   | Pu(kN)     | Mx(kN.m)  | My(kN.m)  | M2(kN.m) | 비 고   |
|-------|------------|-----------|-----------|----------|-------|
| UL001 | -19724.587 | -2967.779 | -2967.779 | 4197.073 | 축력최대  |
| UL003 | -16648.84  | 4185.709  | 13331.768 | 13973.41 | 모멘트최대 |
| UL004 | -18508.594 | -2214.166 | 6809.373  | 7160.314 | 모멘트최대 |

註) Pu : 축력, Mx : 교축방향 모멘트, My : 교축직각방향 모멘트

Mx, My는 확대 모멘트 값을 사용한다,  $M2 = \sqrt{(Mx^2 + My^2)}$

2) 기동검토 요약

| 구 분   | 철 근 비 |       |       |     | 축방향력, 휨   |           |           |       |     |
|-------|-------|-------|-------|-----|-----------|-----------|-----------|-------|-----|
|       | Pmin  | Puse  | Pmax  | 비 고 | ΦPn       | Pu        | Mu        | 안전도   | 비 고 |
| 축력최대  | 0.010 | 0.012 | 0.080 | 0.K | 91886.660 | 19724.587 | 4197.073  | 4.658 | 0.K |
| 모멘트최대 | 0.010 | 0.012 | 0.080 | 0.K | 53313.830 | 16648.840 | 13973.410 | 3.202 | 0.K |
| 모멘트최대 | 0.010 | 0.012 | 0.080 | 0.K | 82413.980 | 18508.594 | 7160.314  | 4.453 | 0.K |

3) 기동단면 검토

① 축력최대 : (부재 9, UL001)

㉞ 철근비 검토

- 1단 철근 : H25-88EA (  $d_c = 100.00 \text{ mm}$  )
- 2단 철근 : H25-81EA (  $d_c = 200.00 \text{ mm}$  )
- 총 사용철근량 :  $A_{st} = 85632.30 \text{ mm}^2$
- 철근비 검토 :  $\rho_{min} (= 0.0100) \leq \rho_{usi} (= 0.0121) \leq \rho_{max} (= 0.0800)$  **OK**

㉞ 평행하중 산정

| $P_u$       | $M_u$        | $e$       |
|-------------|--------------|-----------|
| 20868.59 kN | 4970.55 kN.m | 212.78 mm |

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} \times d = 1740.00 \text{ mm} && \text{: 종립축} \\
 P_b &= C_c + C_s + T_s = 75606.08 \text{ kN} && \text{: 균형 하중} \\
 M_b &= M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 70026.18 \text{ kN} \cdot \text{m} && \text{: 균형 모멘트} \\
 e_b &= M_b / P_b = 926.20 \text{ mm} && \text{: } P_u < 0 \quad \dots\dots \text{압축지배}
 \end{aligned}$$

㉞ 공칭강도 산정

종립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$$\begin{aligned}
 e' &= M_n / P_n = 213.11 \text{ mm} \quad \approx \quad e = 212.78 \text{ mm} \\
 P_n &= C_c + C_s + T_s = 141364.10 \text{ kN} \\
 M_n &= M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 30125.93 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 \Phi &= 0.65
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi P_n &= 91886.66 \text{ kN} \geq P_u && \dots\dots \text{OK} \\
 \Phi M_n &= 19581.85 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_u && \text{Text} \quad \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

② 축력최대 : (부재 9, UL003)

㉞ 철근비 검토

- 1단 철근 : H25-88EA (  $d_c = 100.00 \text{ mm}$  )
- 2단 철근 : H25-81EA (  $d_c = 200.00 \text{ mm}$  )
- 총 사용철근량 :  $A_{st} = 85632.30 \text{ mm}^2$
- 철근비 검토 :  $\rho_{min} (= 0.0100) \leq \rho_{usi} (= 0.0121) \leq \rho_{ma} (= 0.0800)$  **OK**

㉞ 평행하중 산정

| $P_u$       | $M_u$         | $e$       |
|-------------|---------------|-----------|
| 16648.84 kN | 13973.41 kN.m | 939.30 mm |

$$C_b = \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} \times d = 1740.00 \text{ mm} : \text{중립축}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_s = 75606.08 \text{ kN} : \text{균형 하중}$$

$$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 70026.18 \text{ kN} \cdot \text{m} : \text{균형 모멘트}$$

$$e_b = M_b / P_b = 926.20 \text{ mm} : P_u < 0 \dots\dots \text{압축지배}$$

㉞ 공칭강도 산정

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$$e' = M_n / P_n = 835.90 \text{ mm} \approx e = 939.30 \text{ mm}$$

$$P_n = C_c + C_s + T_s = 82021.28 \text{ kN}$$

$$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 68561.18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Phi = 0.65$$

$$\Phi P_n = 53313.83 \text{ kN} \geq P_u \dots\dots \text{OK}$$

$$\Phi M_n = 44564.77 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_u \quad \text{Text} \dots\dots \text{OK}$$

③ 모멘트최대 : (부재 9, UL004)

㉞ 철근비 검토

- 1단 철근 : H25-88EA (  $d_c = 100.00 \text{ mm}$  )
- 2단 철근 : H25-81EA (  $d_c = 101.00 \text{ mm}$  )
- 총 사용철근량 :  $A_{st} = 85632.30 \text{ mm}^2$
- 철근비 검토 :  $\rho_{min} (= 0.0100) \leq \rho_{usi} (= 0.0121) \leq \rho_{ma} (= 0.0800)$  **OK**

㉞ 평행하중 산정

| $P_u$       | $M_u$        | $e$       |
|-------------|--------------|-----------|
| 18508.59 kN | 7160.31 kN.m | 386.86 mm |

$$C_b = \frac{0.003}{0.003 + f_y/E_s} \times d = 1740.00 \text{ mm} : \text{중립축}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_s = 75606.08 \text{ kN} : \text{균형 하중}$$

$$M_b = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 70026.18 \text{ kN} \cdot \text{m} : \text{균형 모멘트}$$

$$e_b = M_b / P_b = 926.20 \text{ mm} : P_u < 0 \dots\dots \text{압축지배}$$

㉞ 공칭강도 산정

중립축을 가정하여 Trial & Error Method 로 검토한다.

$$e' = M_n / P_n = 388.84 \text{ mm} \approx e = 386.86 \text{ mm}$$

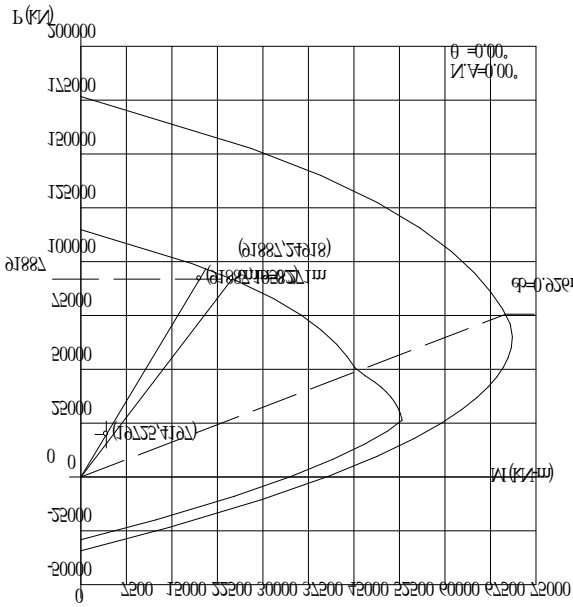
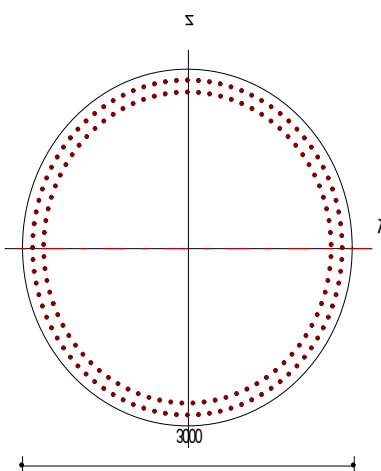
$$P_n = C_c + C_s + T_s = 126790.73 \text{ kN}$$

$$M_n = M_{cc} + M_{cs} + M_{ts} = 49300.78 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Phi = 0.65$$

$$\Phi P_n = 82413.98 \text{ kN} \geq P_u \dots\dots \text{OK}$$

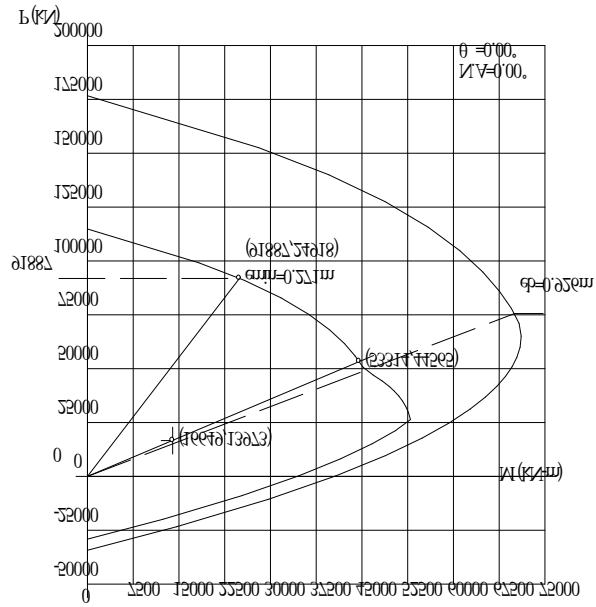
4) PM 상관도

| 검토단면 총실 원형<br>하중조합 UL001                                                            | 검토 조건                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | $f_{ck} = 24.00 \text{ MPa}$<br>$f_y = 400.00 \text{ MPa}$<br>$E_c = 25811.01 \text{ MPa}$<br>$E_s = 200000.00 \text{ MPa}$<br>$I_{yy} = 3.976078 \text{ m}^4$<br>$I_{zz} = 3.976078 \text{ m}^4$<br>$A_g = 7068583.47 \text{ mm}^2$<br>$I_{ux} = -$<br>$I_{uy} = -$<br>$k_x = -$<br>$k_y = -$<br>$\rho = 0.0121$<br>$P_u = 19724.59 \text{ kN}$<br>$M_u = 4197.07 \text{ kN} \cdot \text{m}$<br>$\theta = 0.00^\circ$                                                                                                                                                                                                |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>평형편심상태 <ul style="list-style-type: none"> <li><math>e_b = 0.926 \text{ m}</math></li> <li><math>\Phi P_b = 49143.95 \text{ kN}</math></li> <li><math>\Phi M_b = 45517.02 \text{ kN} \cdot \text{m}</math></li> </ul> </li> <li>작용편심에서의 설계강도 <ul style="list-style-type: none"> <li><math>e = 0.213 \text{ m}</math></li> <li><math>\Phi P_n = 91886.66 \text{ kN}</math></li> <li><math>\Phi M_n = 19581.85 \text{ kN} \cdot \text{m}</math></li> </ul> </li> <li>사용철근량 <ul style="list-style-type: none"> <li><math>A_s = 85632.30 \text{ mm}^2</math></li> </ul> </li> </ul> |

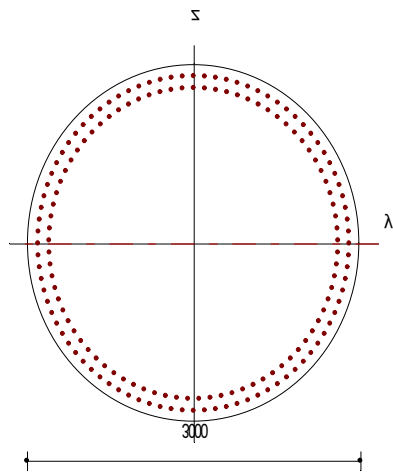
검토단면 총실 원형

하중조합 UL003

검토 조건



|          |   |                            |
|----------|---|----------------------------|
| $f_{ck}$ | = | 24.00 MPa                  |
| $f_y$    | = | 400.00 MPa                 |
| $E_c$    | = | 25811.01 MPa               |
| $E_s$    | = | 200000.00 MPa              |
| $I_{yy}$ | = | 3.976078 m <sup>4</sup>    |
| $I_{zz}$ | = | 3.976078 m <sup>4</sup>    |
| $A_g$    | = | 7068583.47 mm <sup>2</sup> |
| $I_{ux}$ | = | -                          |
| $I_{uy}$ | = | -                          |
| $k_x$    | = | -                          |
| $k_y$    | = | -                          |
| $\rho$   | = | 0.0121                     |
| $P_u$    | = | 16648.84 kN                |
| $M_u$    | = | 13973.41 kN · m            |
| $\theta$ | = | 0.00 °                     |

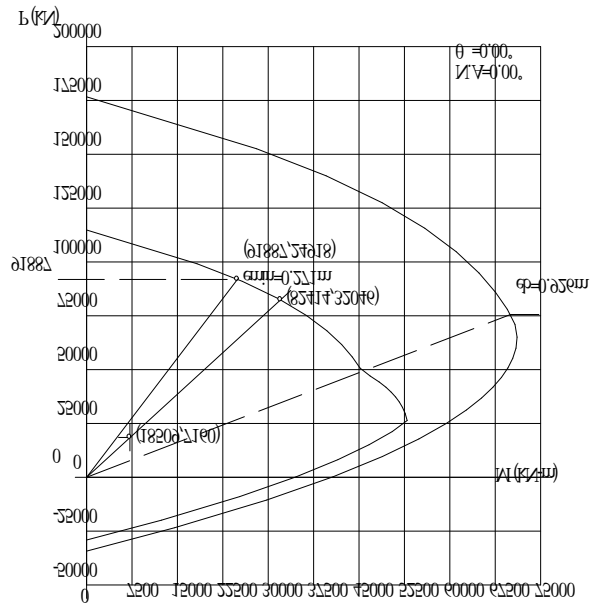


- 평형편심상태
  - $e_b$  = 0.926 m
  - $\Phi P_b$  = 49143.95 kN
  - $\Phi M_b$  = 45517.02 kN · m
- 작용편심에서의 설계강도
  - $e$  = 0.836 m
  - $\Phi P_n$  = 53313.83 kN
  - $\Phi M_n$  = 44564.77 kN · m
- 사용철근량
  - $A_s$  = 85632.30 mm<sup>2</sup>

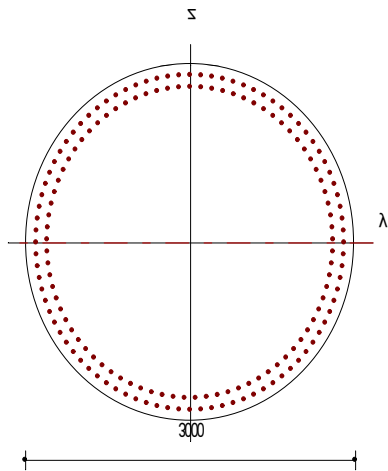
검토단면 총실 원형

하중조합 UL004

검토 조건



|          |   |                            |
|----------|---|----------------------------|
| $f_{ck}$ | = | 24.00 MPa                  |
| $f_y$    | = | 400.00 MPa                 |
| $E_c$    | = | 25811.01 MPa               |
| $E_s$    | = | 200000.00 MPa              |
| $I_{yy}$ | = | 3.976078 m <sup>4</sup>    |
| $I_{zz}$ | = | 3.976078 m <sup>4</sup>    |
| $A_g$    | = | 7068583.47 mm <sup>2</sup> |
| $I_{ux}$ | = | -                          |
| $I_{uy}$ | = | -                          |
| $k_x$    | = | -                          |
| $k_y$    | = | -                          |
| $\rho$   | = | 0.0121                     |
| $P_u$    | = | 18508.59 kN                |
| $M_u$    | = | 7160.31 kN · m             |
| $\theta$ | = | 0.00 °                     |



- 평형편심상태
  - $e_b$  = 0.926 m
  - $\Phi P_b$  = 49143.95 kN
  - $\Phi M_b$  = 45517.02 kN · m
- 작용편심에서의 설계강도
  - $e$  = 0.389 m
  - $\Phi P_n$  = 82413.98 kN
  - $\Phi M_n$  = 32045.51 kN · m
- 사용철근량
  - $A_s$  = 85632.30 mm<sup>2</sup>