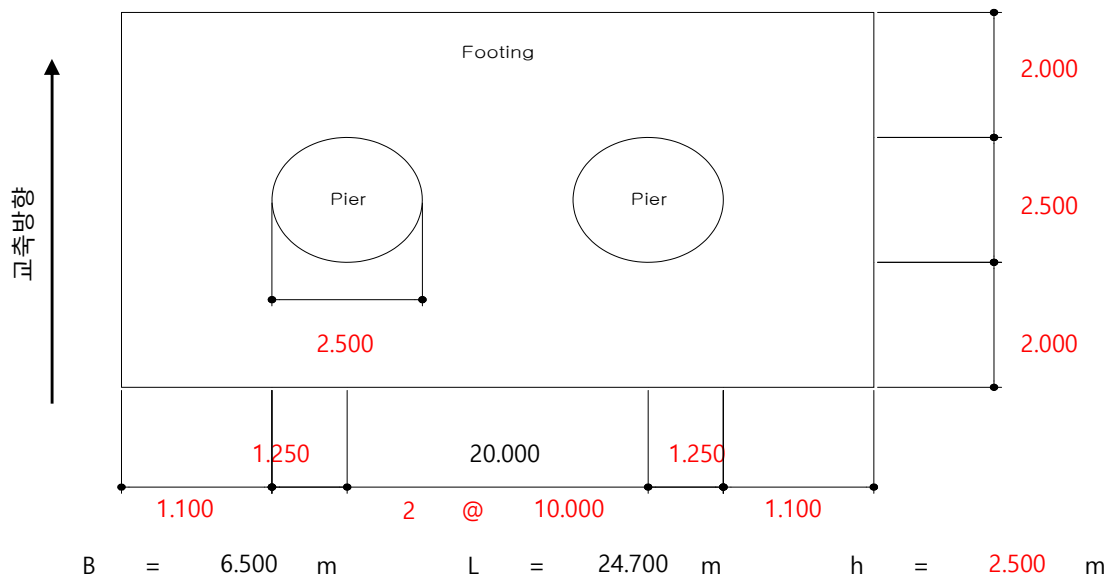


## 11. 기초부 평가

### 11.2 교각 4

#### 11.2.1 검토조건



#### 11.2.2 내진성능평가

##### 1) 기초의 두께 검토

| 구 분                   | 계 산 과 정                                       | 결 과               |
|-----------------------|-----------------------------------------------|-------------------|
| $\beta \cdot \lambda$ | 0.537 < 1.000                                 | 강제취급              |
| $\beta$               | $= \sqrt[4]{((3 \times k) / (E \times h^3))}$ | = 0.143 $m^{-1}$  |
| k                     | $= K_V = K_{V0} \times (B_V / 0.3)^{-3/4}$    | = 56334 $kN/m^3$  |
| $K_{V0}$              | $= 1/0.3 \times \alpha \times E_0$            | = 933333 $kN/m^3$ |
| $E_0$                 | $= 2800 \times N$                             | = 140000 $kN/m^2$ |
| E                     | $= 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}}$                    | = 25811 Mpa       |
| $\lambda$             | $= \text{Max}[l, b]$                          | = 3.750 m         |

##### 2) 안정성 검토

###### (a) 전도에 대한 안정성 검토

###### ① 전도에 대한 안정성 검토

| 구 분  | 계 산 과 정                            | 결 과 |
|------|------------------------------------|-----|
| 교축   | $e_L = M_L / V = 1.375 \leq 2.600$ | O.K |
| 교축직각 | $e_T = M_T / V = 0.809 \leq 9.880$ | O.K |

※ 지진시 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 바닥판 중심

으로부터 바닥판 폭×0.4 이내에 있어야 한다. ( $e < B \times 0.4$ )

(b) 지지력에 대한 안정성 검토

① 극한지지력 산정에 필요한 공통사항

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭,

$$B_f' = B_f - 2 \times e_L = 3.749 \text{ m}$$

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하길이,

$$L_f' = L_f - 2 \times e_T = 23.083 \text{ m}$$

- 기초의 근입깊이,

$$D_f = 6.300 \text{ m}$$

- 근입지반의 단위중량,

$$\gamma_1 = 19.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 단위중량,

$$\gamma_2 = 23.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 점착력,

$$c = 0$$

- 지지지반의 내부마찰각,

$$\Phi = 35^\circ$$

② Terzaghi 제안식에 의한 지반의 극한지지력( $q_u$ ) 산정

| 구 분  | 계 산 과 정                                                                                                            | 결 과        |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 교축   | $q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times B_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$ | 6.892 MPa  |
| 교축직각 | $q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times L_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$ | 16.850 MPa |

$$\text{형상계수, } \alpha = 1.079 \quad \beta = 0.474$$

$$N_c = 57.8 \quad N_q = 41.4 \quad N_r = 47.3$$

③ Meyerhof 제안식에 의한 지반의 극한지지력( $q_u$ ) 산정

| 구 분  | 계 산 과 정                                                                                                                                                                                | 결 과        |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 교축   | $q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$ | 7.838 MPa  |
| 교축직각 | $q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$ | 47.727 MPa |

$$\text{여기서, } K_p = \tan^2(45 + \Phi/2) = 3.690$$

$$\text{교축방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.120$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.060$$

$$\text{교축직각방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times L_f' / B_f' = 5.544$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times L_f' / B_f' = 3.272$$

$$\text{교축방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.646$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.323$$

$$\text{교축직각방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.105$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.052$$

$$\text{경사계수, } i_c = i_q = (1 - \beta/90)^2 = 1.000$$

$$i_r = (1 - \beta/\Phi)^2 = 1.000$$

$$N_c = 46.1 \quad N_q = 33.3 \quad N_r = 37.2$$

④ Hansen 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

| 구 분     | 계 산 과 정                                                                                                                                                                                                              | 결 과        |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 교 축     | $q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$ | #NAME?     |
| 교 축 직 각 | $q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$ | 27.505 MPa |

여기서는 경사계수 미고려

|                      |   |                                                                           |       |   |        |       |   |      |
|----------------------|---|---------------------------------------------------------------------------|-------|---|--------|-------|---|------|
| $N_c$                | = | 46.1                                                                      | $N_q$ | = | 33.3   | $N_r$ | = | 37.2 |
| 교 축 방 향 형 상 계 수,     |   | $s_c = 1 + B_f' / L_f' \times N_q / N_c$                                  |       | = | 1.117  |       |   |      |
|                      |   | $s_r = 1 - 0.4 \times B_f' / L_f' \geq 0.6$                               |       | = | 0.935  |       |   |      |
|                      |   | $s_q = 1 + B_f' / L_f' \times \tan \Phi$                                  |       | = | 1.114  |       |   |      |
| 교 축 직 각 방 향 형 상 계 수, |   | $s_c = 1 + L_f' / B_f' \times N_q / N_c$                                  |       | = | 5.447  |       |   |      |
|                      |   | $s_r = 1 - 0.4 \times L_f' / B_f' \geq 0.6$                               |       | = | 0.600  |       |   |      |
|                      |   | $s_q = 1 + L_f' / B_f' \times \tan \Phi$                                  |       | = | 5.311  |       |   |      |
| 교 축 방 향 깊 이 계 수,     |   | ( $D_f > B_f'$ )                                                          |       |   |        |       |   |      |
| $d_c$                | = | $1 + 0.4 \times \cot(D_f / B_f')$                                         |       | = | #NAME? |       |   |      |
| $d_r$                | = | 1                                                                         |       | = | 1.000  |       |   |      |
| $d_q$                | = | $1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times \cot(D_f / B_f')$ |       | = | #NAME? |       |   |      |
| 교 축 직 각 방 향 깊 이 계 수, |   | ( $D_f \leq L_f'$ )                                                       |       |   |        |       |   |      |
| $d_c$                | = | $1 + 0.4 \times D_f / L_f'$                                               |       | = | 1.109  |       |   |      |
| $d_r$                | = | $1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times D_f / L_f'$       |       | = | 1.070  |       |   |      |
| $d_q$                | = | 1                                                                         |       | = | 1.000  |       |   |      |
| 지 반 계 수 (수 평 지 반),   |   |                                                                           |       |   |        |       |   |      |
| $g_c$                | = | $1 - \psi^\circ / 147^\circ$                                              |       | = | 1.000  |       |   |      |
| $g_r$                | = | $g_q = (1 - 0.5 \tan \psi^\circ)^5$                                       |       | = | 1.000  |       |   |      |
| 기 초 계 수 (수 평 지 반),   |   |                                                                           |       |   |        |       |   |      |
| $g_c$                | = | $1 - \eta^\circ / 147^\circ$                                              |       | = | 1.000  |       |   |      |
| $b_r$                | = | $\exp(-2.7 \times \eta \times \tan \Phi)$                                 |       | = | 1.000  |       |   |      |
| $b_q$                | = | $\exp(-2 \times \eta \times \tan \Phi)$                                   |       | = | 1.000  |       |   |      |

⑤ 지반의 극한지지력(qu) 산정결과

| 구분      | Terzaghi   | Meyerhof   | Hansen     | 최소값 적용            |
|---------|------------|------------|------------|-------------------|
| 교 축     | 6.892 MPa  | 7.838 MPa  | #NAME?     | #NAME?            |
| 교 축 직 각 | 16.850 MPa | 47.727 MPa | 27.505 MPa | <b>16.850 MPa</b> |

⑥ 지반반력 산정

| 구 분     | 구 분  | 계 산 과 정                                            | 결 과                            |
|---------|------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| 교 축     | 작용폭  | $x_L = 3 \times (B/2 - e_L) = 5.624 \leq 6.500$    | 삼각형 분포                         |
|         | 지반반력 | $q_{\max} = (2 \times V)/(L \times x_L)$           | $q_{\max} = 0.705 \text{ MPa}$ |
|         |      |                                                    | $q_{\min} = 0.000 \text{ MPa}$ |
| 교 축 직 각 | 작용폭  | $x_T = 3 \times (L/2 - e_T) = 34.624 > 24.700$     | 사다리꼴 분포                        |
|         | 지반반력 | $q_{\max, \min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$ | $q_{\max} = 0.365 \text{ MPa}$ |
|         |      |                                                    | $q_{\min} = 0.245 \text{ MPa}$ |

⑦ 지지력에 대한 안정성 검토

| 구 분     | 계 산 과 정                             | 결 과       |
|---------|-------------------------------------|-----------|
| 교 축     | $q_u / q_a = \#NAME? \#NAME? 2.000$ | $\#NAME?$ |
| 교 축 직 각 | $q_u / q_a = 46.179 \geq 2.000$     | O.K       |

(c) 활동에 대한 안정성 검토

| 구 분     | 계 산 과 정                        | 결 과 |
|---------|--------------------------------|-----|
| 교 축     | $H_c / H_L = 5.406 \geq 1.200$ | O.K |
| 교 축 직 각 | $H_c / H_T = 4.385 \geq 1.200$ | O.K |

여기서,

전단저항력,  $H_c = c_B \times A' + V \times \tan \Phi_B$

기초저면과 지반의 부착력,

$$c_B = 0$$

기초저면과 지반과의 마찰계수,

$$\tan \Phi_B = 0.6$$

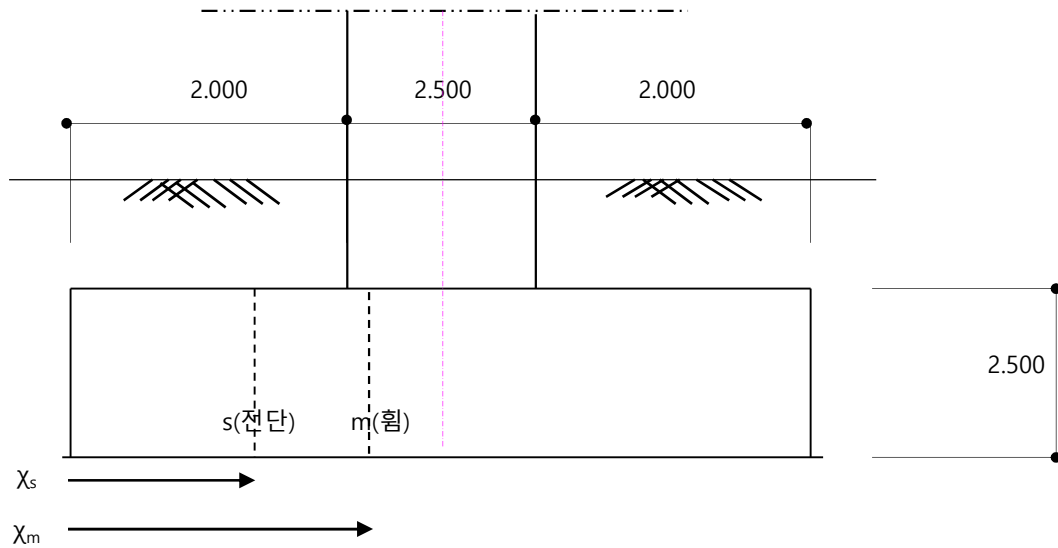
### 3) 단면 검토

#### (a) 교축방향

##### ① 위험단면 산정

| 구 분 | 계 산 과 정                              | 결 과     |
|-----|--------------------------------------|---------|
| 휨   | $\chi_m = 2.000 + (2.500 - 2.216)/2$ | 2.142 m |
| 전단  | $\chi_s = 2.142 - 2.400/2$           | 0.942 m |

##### ② 교축방향 위험단면



##### ③ 위험단면에서의 반력크기

| 구 분 | 계 산 과 정                                                                   | 결 과       |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 휨   | $q_m = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_m) / \chi_L) + q_{min}$ | 0.436 MPa |
| 전단  | $q_s = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_s) / \chi_L) + q_{min}$ | 0.587 MPa |

##### ④ 단면력 산정

| 구 분             | 계 산 과 정                                                                                          | 결 과        |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 기초자중에 의한<br>단면력 | $M_{기초} = h \times \chi_m \times L \times \gamma_c \times l$                                     | 3542 kN·m  |
|                 | $V_{기초} = h \times \chi_s \times L \times \gamma_c$                                              | 1455 kN    |
| 상재하중에 의한<br>단면력 | $M_{상재} = h' \times \chi_m \times L \times \gamma_t \times l$                                    | 4092 kN·m  |
|                 | $V_{상재} = h' \times \chi_s \times L \times \gamma_t$                                             | 1680 kN    |
| 지반반력에 의한<br>단면력 | $M_{지반} = [q_m \times \chi_m^2 / 2 + (q_{max} - q_m) / 2 \times 2 \times \chi_m^2 / 3] \times L$ | 34880 kN·m |
|                 | $V_{지반} = (q_s \times \chi_s + (q_{max} - q_s) / 2 \times \chi_s) \times L$                      | 15031 kN   |
| 기초의<br>단면력      | $M_u = M_{지반} - M_{기초} - M_{상재}$                                                                 | 27246 kN·m |
|                 | $V_u = V_{지반} - V_{기초} - V_{상재}$                                                                 | 11897 kN   |

⑤ 단면 검토

| 구 분 | 계 산 과 정                       | 결 과 |
|-----|-------------------------------|-----|
| 힘   | $\Phi M_n = 69482 \geq 27246$ | O.K |
| 전단  | $\Phi V_n = 48402 \geq 11897$ | O.K |

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 24700 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토      1단 : D 32 - 123 ea

$$A_s = 97687 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 58.2 \text{ mm}$$

- 전단 검토

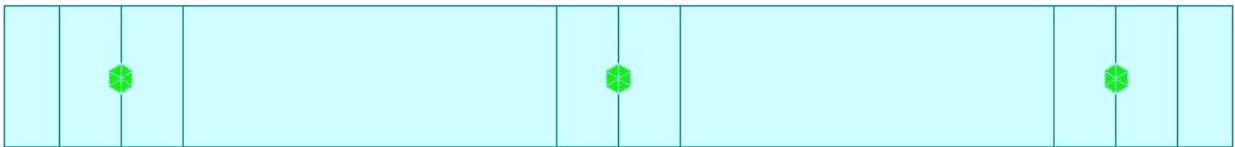
$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 48402 \text{ kN}$$

(b) 교축직각방향

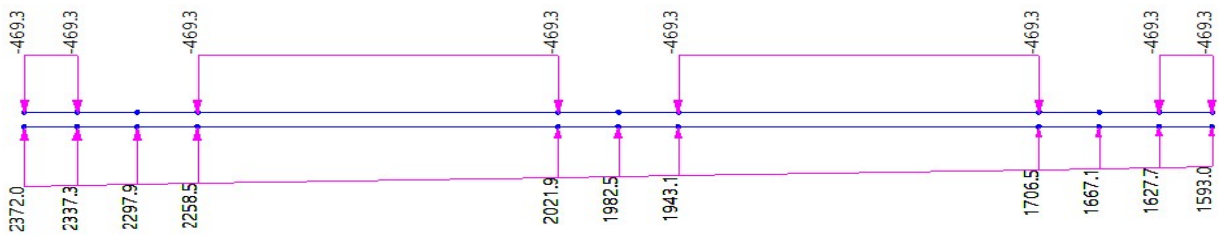
① 작용 지반반력

| 구 분  | 계 산 과 정                                           |         | 결 과       |
|------|---------------------------------------------------|---------|-----------|
| Qmax | $q_{\max,\min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$ | 사다리꼴 분포 | 2372 kN/m |
| Qmin |                                                   |         | 1593 kN/m |

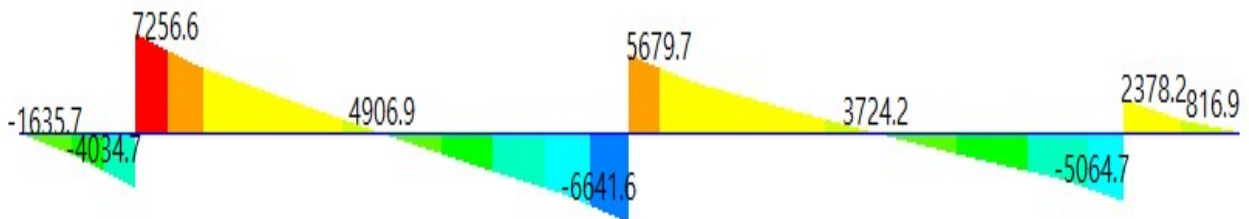
② 구조해석 모델링



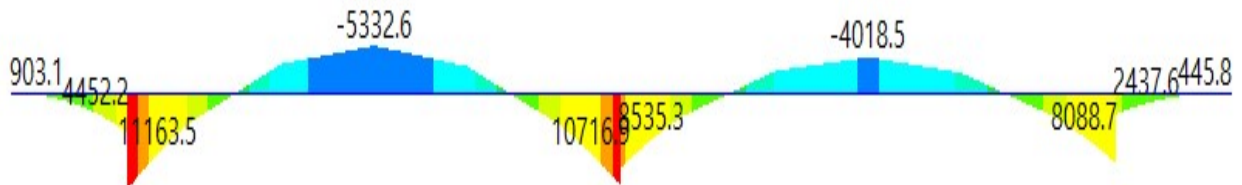
③ 하중재하도



④ 전단력도 (S.F.D)



⑤ 휨모멘트도 (B.M.D)



⑥ 최대 발생 단면력 집계

| 구 분        | 결 과           | 비 고  |
|------------|---------------|------|
| 최대 발생 휨모멘트 | $M_u = 11164$ | kN·m |
| 최대 발생 전단력  | $V_u = 7257$  | kN   |

⑦ 단면 검토

| 구 분 | 계 산 과 정    |   |       |        |       | 결 과 |
|-----|------------|---|-------|--------|-------|-----|
| 휨   | $\Phi M_n$ | = | 24193 | $\geq$ | 11164 | O.K |
| 전단  | $\Phi V_n$ | = | 12737 | $\geq$ | 7257  | O.K |

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 6500 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 32 - 43 ea

$$A_s = 34151 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 77.3 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 12737 \text{ kN}$$

4) 결과 요약

| 구 분    |     |      | 보유성능   | 소요성능  | S.F    | 판정     |
|--------|-----|------|--------|-------|--------|--------|
| 안정성 검토 | 전도  | 교축   | 2.600  | 1.375 | 1.890  | O.K    |
|        |     | 교축직각 | 9.880  | 0.809 | 12.217 | O.K    |
|        | 지지력 | 교축   | #NAME? | 2.000 | #NAME? | #NAME? |
|        |     | 교축직각 | 46.179 | 2.000 | 23.089 | O.K    |
|        | 활동  | 교축   | 5.406  | 1.200 | 4.505  | O.K    |
|        |     | 교축직각 | 4.385  | 1.200 | 3.654  | O.K    |
| 단면 검토  | 힘   | 교축   | 69482  | 27246 | 2.550  | O.K    |
|        |     | 교축직각 | 24193  | 11164 | 2.167  | O.K    |
|        | 전단  | 교축   | 48402  | 11897 | 4.069  | O.K    |
|        |     | 교축직각 | 12737  | 7257  | 1.755  | O.K    |