

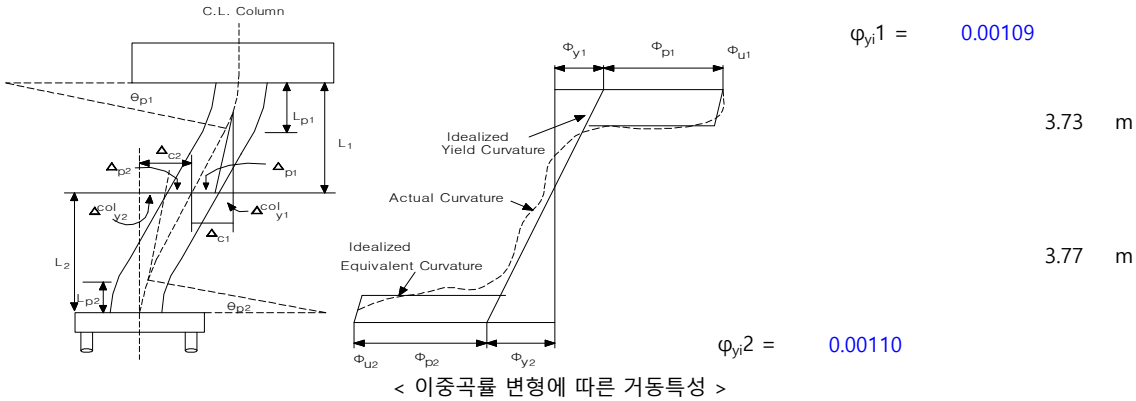
## 9. 교각부 평가

### 9.2 교각 2

#### 9.2.1 교각 거동 특성값

| 구 분                       | 교축방향         | 교직방향       | 비고                  |
|---------------------------|--------------|------------|---------------------|
| 거동형태                      | 1<br>(켄틸레버식) | 2<br>(라멘식) | 1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식   |
| 겉이음 판단                    | 3            | 3          | 1:100%, 2:50%, 3:0% |
| 교각높이 H (m)                | 7.500        | 7.500      | 교각높이                |
| 교각유효높이 H <sub>e</sub> (m) | 10.500       | 3.750      | 교직-상부구조 도심          |
| 진동주기(sec)                 | 1.373        | 0.535      | 해석결과                |

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(H<sub>e</sub>) 산정



$$\begin{aligned}
 \therefore \text{교축직각방향 상단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{y1} / (\phi_{y1} + \phi_{y2}) \\
 &= 7.500 \times 0.00109 / (0.00109 + 0.00110) = 3.73 \text{ m} \\
 \therefore \text{교축직각방향 하단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{y2} / (\phi_{y1} + \phi_{y2}) \\
 &= 7.500 \times 0.00110 / (0.00109 + 0.00110) = 3.77 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 9.2.2 휨성능 곡선 산정

##### 1) 교축방향

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^L &= M_y^L / H_e = 30,478 / 10.500 = 2,902.657 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^L &= M_u^L / H_e = 31,422 / 10.500 = 2,992.562 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

##### 2) 교축직각방향

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^T &= M_y^T / H_e = 30,481 / 3.769 = 8,087.291 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^T &= M_u^T / H_e = 31,430 / 3.769 = 8,338.976 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- 기둥상단

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^T &= M_y^T / H_e = 30,035 / 3.731 = 8,050.174 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^T &= M_u^T / H_e = 30,981 / 3.731 = 8,303.752 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$F_y^L, F_y^T$  : 교각의 항복시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)  
 $F_u^L, F_u^T$  : 교각의 극한상태시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)  
 $M_y^L, M_y^T$  : 교각의 항복시 항복휨모멘트(kN·m)  
 $M_u^L, M_u^T$  : 교각의 극한상태시 공칭휨모멘트(kN·m)  
 $H_e$  : 교각의 하중작용점 높이, m

#### 9.2.3 교각의 변위 및 공급연성도 산정

##### 1) 교축방향

###### ① 항복변위(Δ<sub>y</sub>)

$$\bullet \Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00145}{3} \times \frac{10.500^2}{3} = 0.0532 \quad \text{m}$$

② 소성변위( $\Delta_p$ )

$$\begin{aligned} \bullet L_p^L &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 10.5 + 0.022 \times 300 \times 0.029 = 1.029 \quad \text{m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383 \quad \text{m} \\ \bullet \theta_p^L &= (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00676 - 0.00145) \times 1.029 = 0.0055 \\ \bullet \Delta_p^L &= (M_U^L / m_Y^L - 1) \Delta_y^L + \theta_p^L (H_e^L - L_p^L / 2) \\ &= \left( \frac{31,422}{30,478} - 1 \right) \times 0.05316 + 0.00546 \times \left( 10.500 - \frac{1.029}{2} \right) \\ &= 0.0562 \quad \text{m} \end{aligned}$$

③ 극한변위( $\Delta_u^{Lf}$ )

$$\bullet \Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.05320 + 0.05620 = 0.1094 \quad \text{m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도} \quad \mu_{\Delta c}^L &= \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.1094}{0.0532} = 2.058 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.058 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.058** 로 제한  
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위( $\Delta_y^T$ )

$$\bullet \Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00145}{3} \times \frac{3.769^2}{3} = 0.0068 \quad \text{m}$$

② 소성변위( $\Delta_p$ )

$$\begin{aligned} \bullet L_p^T &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 3.769 + 0.022 \times 300 \times 0.029 = 0.490 \quad \text{m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383 \quad \text{m} \\ \bullet \theta_p^T &= (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00676 - 0.00145) \times 0.490 \\ &= 0.00260 \\ \bullet \Delta_p^T &= (M_U^T / m_Y^T - 1) \Delta_y^T + \theta_p^T (H_e^T - L_p^T / 2) \\ &= \left( \frac{31,430}{30,481} - 1 \right) \times 0.00685 + 0.00260 \times \left( 3.769 - \frac{0.490}{2} \right) \\ &= 0.0094 \quad \text{m} \end{aligned}$$

③ 극한변위( $\Delta_u^T$ )

$$\bullet \Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0068 + 0.0094 = 0.0162 \quad \text{m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도} \quad \mu_{\Delta c} &= \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.01620}{0.00685} = 2.365 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.365 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.365** 로 제한  
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

| 구 분        | 교축방향   |        | 교축직각방향(하단) |        | 교축직각방향(상단) |        | 비고 |
|------------|--------|--------|------------|--------|------------|--------|----|
|            | 항복시(y) | 극한시(u) | 항복시(y)     | 극한시(u) | 항복시(y)     | 극한시(u) |    |
| 휨강도 F (kN) | 2903   | 2993   | 8087       | 8339   | 8050       | 8304   |    |

|                 |        |        |        |        |        |        |  |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| 변위 $\Delta$ (m) | 0.0532 | 0.1094 | 0.0068 | 0.0162 | 0.0067 | 0.0163 |  |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|

휨강도, 항복 및 극한변위

## 9.2.4 전단성능곡선 산정

### 1) 교축방향 ( $V_c$ )

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 ( $V_c$ )

- 변위연성도  $\mu_\Delta \leq 2.0$  인 경우  $V_c$ )

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.294 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도  $\mu_\Delta \geq 5.0$  인 경우  $V_c$ )

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

$A_e$  : 유효 단면적

$A_{\text{gross}}$  : 4.524  $\text{m}^2$

$k$  : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도  $\mu_\Delta$  에 따른  $\Delta^L$ )

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.05316 = 0.10633 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.05316 = 0.26582 \text{ m}$$

### 2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 ( $V_c$ ) - 교각 하단

- 변위연성도  $\mu_\Delta \leq 2.0$  인 경우  $V_c$ )

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.263 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도  $\mu_\Delta \geq 5.0$  인 경우  $V_c$ )

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

$A_e$  : 유효 단면적

$A_{\text{gross}}$  : 4.524  $\text{m}^2$

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도  $\mu_\Delta$  에 따른  $\Delta^L$ )

▶  $\mu_\Delta = 2.0$ 인 경우  $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.00685 = 0.01370 \text{ m}$

▶  $\mu_\Delta = 5.0$ 인 경우  $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.00685 = 0.03425 \text{ m}$

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 ( $V_c$ ) - 교각 상단

- 변위연성도  $\mu_\Delta \leq 2.0$  인 경우  $V_c$ )

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.256 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도  $\mu_\Delta \geq 5.0$  인 경우  $V_c$ )

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

$A_e$  : 유효 단면적

$A_{gross}$  : 4.524  $\text{m}^2$

$k$  : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도  $\mu_\Delta$  에 따른  $\Delta^L$ )

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.00669 = 0.01339 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.00669 = 0.03347 \text{ m}$$

3) 교축방향 ( $V_s$ )

① 전단철근에 의한 전단강도 ( $V_s$ )

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023 \text{ kN}$$

여기서,  $A_v = 573 \text{ mm}^2$  (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> ( D19 - 2 EA ) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$  (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$$

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 ( $V_s$ )

① 전단철근이 부담하는 전단강도( $V_s$ ) - 교각 하단

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023.1 \text{ kN}$$

여기서,  $A_v = 573 \text{ mm}^2$  (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> ( D19 - 2 EA ) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$  (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$$

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도( $V_s$ ) - 교각 상단

$$\bullet V_s = \frac{\pi A_v f_y D'}{2 s}$$

$$= \frac{\pi \times 573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023.1 \text{ kN}$$

여기서,  $A_v = 573 \text{ mm}^2$  (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)  
 $\Rightarrow (D_{19} - 2EA) \times 2 \text{ 단 배근}$   
 $f_y = 300 \text{ Mpa}$  (횡방향 철근의 항복강도)  
 $D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$   
 $= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$   
 $= 2247.7 \text{ mm}$  (횡철근 중심간 거리)

##### 5) 교축방향 ( $V_p$ )

###### ① 축력에 의한 전단강도( $V_p$ )

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{11,020 \times 2.400}{10.500} = 378 \text{ kN}$$

여기서,  $P_{TOP} = 11,020 \text{ kN}$  (기둥당 상단고정하중)  
 $t_s^L = 2.400 \text{ m}$  ( $=D$ ) (교축방향 기둥 폭)  
 $L_s^L = 10.500 \text{ m}$  ( $=H_e^L$ ) (교각유효높이)

##### 6) 교축직각방향 ( $V_p$ )

###### ① 축력에 의한 전단강도( $V_p$ ) - 교각 하단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{11,020 \times 2.400}{3.769} = 1,053 \text{ kN}$$

여기서,  $P_{TOP} = 11,020 \text{ kN}$  (기둥당 상단고정하중)  
 $t_s = 2.400 \text{ m}$  ( $=D$ ) (교축직각방향 기둥 폭)  
 $L_s = 3.769 \text{ m}$  ( $=H_e$ ) (교각유효높이)

###### ② 축력에 의한 전단강도( $V_p$ ) - 교각 상단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{11,020 \times 2.400}{3.731} = 1,063 \text{ kN}$$

여기서,  $P_{TOP} = 11,020 \text{ kN}$  (교각 1기둥당 상단고정하중)  
 $t_s = 2.400 \text{ m}$  ( $=D$ ) (교축직각방향 기둥 폭)  
 $L_s = 3.731 \text{ m}$  ( $=H_e$ ) (교각유효높이)

##### 7) 교축방향 ( $V_n$ )

###### ① 교각의 전단강도( $V_n$ )

|                                      |                     |   |         |    |       |
|--------------------------------------|---------------------|---|---------|----|-------|
| ▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우            |                     |   |         |    |       |
| • $V_n$                              | $= V_c + V_s + V_p$ | = | 5,319   | +  | 2,023 |
|                                      |                     | = | 7,720   | kN |       |
| ▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 $\Delta^L$ | =                   |   | 0.10633 | m  |       |

|                                      |                     |   |         |    |       |
|--------------------------------------|---------------------|---|---------|----|-------|
| ▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우            |                     |   |         |    |       |
| • $V_n$                              | $= V_c + V_s + V_p$ | = | 0       | +  | 2,023 |
|                                      |                     | = | 2,401   | kN |       |
| ▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 $\Delta^L$ | =                   |   | 0.26582 | m  |       |

#### 8) 교축직각방향 ( $V_n$ )

##### ① 교각의 전단강도( $V_n$ ) - 교각 하단

|                                      |                     |   |         |    |       |
|--------------------------------------|---------------------|---|---------|----|-------|
| ▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우            |                     |   |         |    |       |
| • $V_n$                              | $= V_c + V_s + V_p$ | = | 5,319   | +  | 2,023 |
|                                      |                     | = | 8,395   | kN |       |
| ▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 $\Delta^L$ | =                   |   | 0.01370 | m  |       |

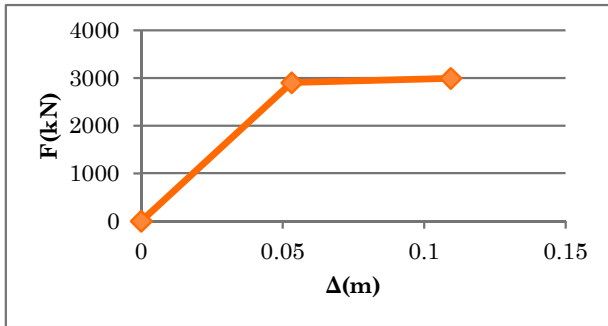
|                                      |                     |   |         |    |       |
|--------------------------------------|---------------------|---|---------|----|-------|
| ▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우            |                     |   |         |    |       |
| • $V_n$                              | $= V_c + V_s + V_p$ | = | 0       | +  | 2,023 |
|                                      |                     | = | 3,076   | kN |       |
| ▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 $\Delta^L$ | =                   |   | 0.03425 | m  |       |

##### ② 교각의 전단강도( $V_n$ ) - 교각 상단

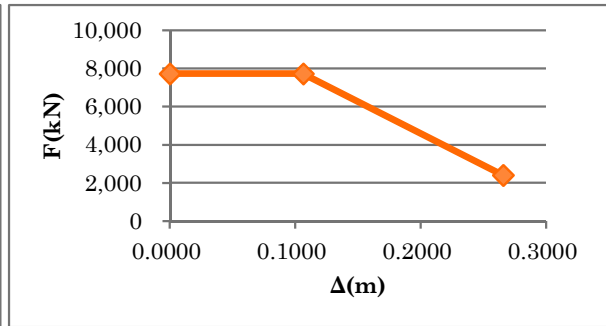
|                                      |                     |   |         |    |       |
|--------------------------------------|---------------------|---|---------|----|-------|
| ▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우            |                     |   |         |    |       |
| • $V_n$                              | $= V_c + V_s + V_p$ | = | 5,319   | +  | 2,023 |
|                                      |                     | = | 8,405   | kN |       |
| ▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 $\Delta^L$ | =                   |   | 0.01339 | m  |       |

|                                      |                     |   |         |    |       |
|--------------------------------------|---------------------|---|---------|----|-------|
| ▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우            |                     |   |         |    |       |
| • $V_n$                              | $= V_c + V_s + V_p$ | = | 0       | +  | 2,023 |
|                                      |                     | = | 3,086   | kN |       |
| ▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 $\Delta^L$ | =                   |   | 0.03347 | m  |       |

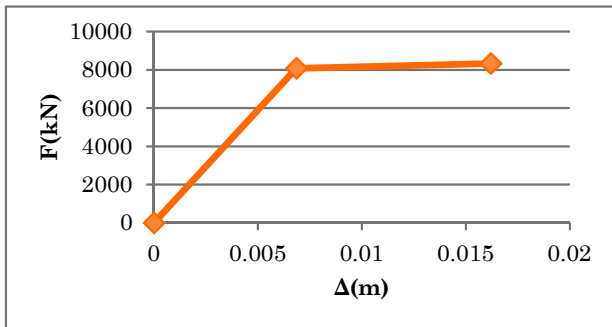
※ 힘·전단성능 곡선



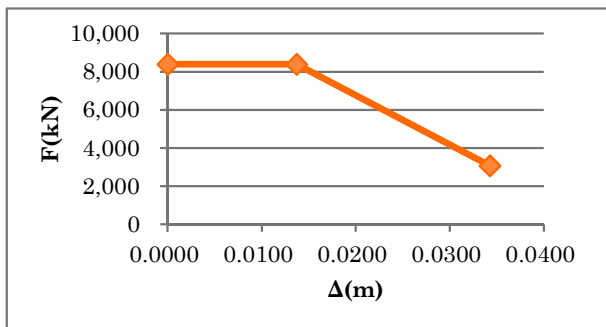
교축방향 휨성능 곡선



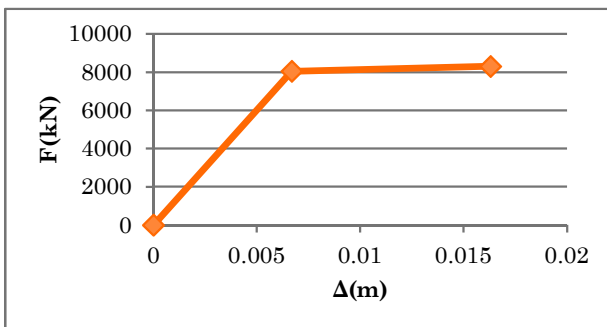
교축방향 전단성능 곡선



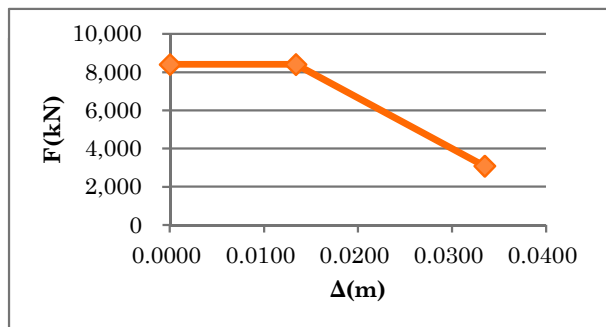
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



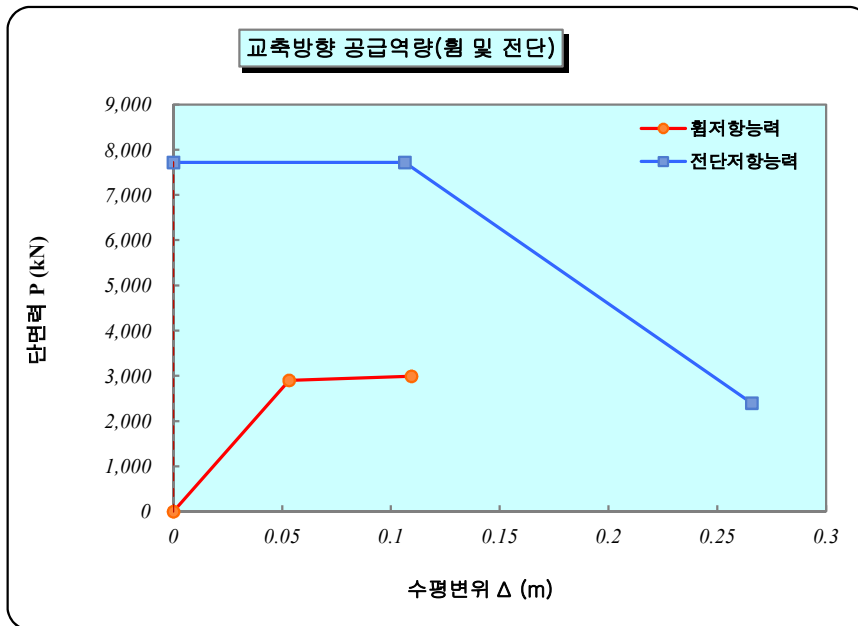
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

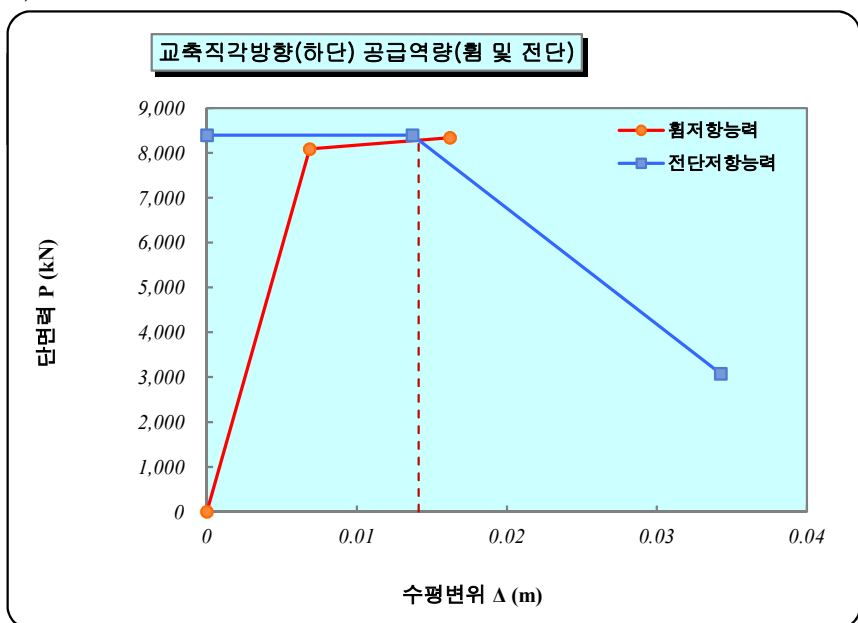
### 9.2.5 파괴모드 결정

#### 1) 교축방향



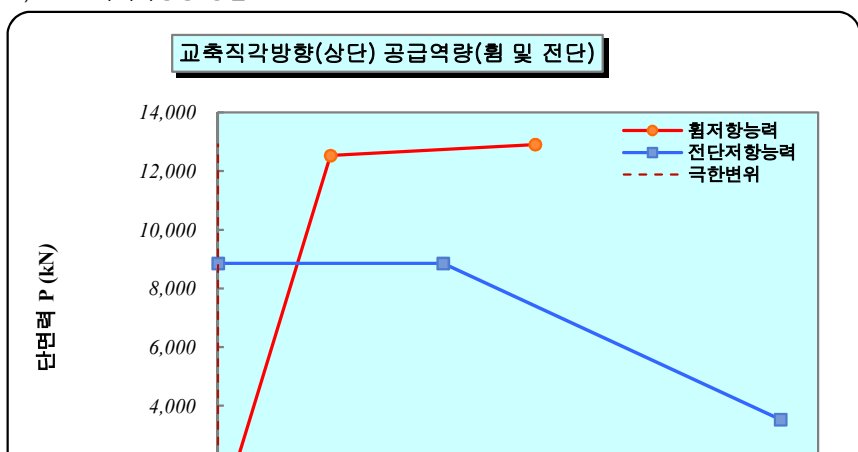
|                     |
|---------------------|
| 휨강도( $P_f$ )        |
| <b>2,993</b>        |
| (kN)                |
| 전단강도( $V_n$ )       |
| <b>7,720</b>        |
| (kN)                |
| 항복변위 ( $\Delta_y$ ) |
| <b>0.0532</b>       |
| (m)                 |
| 극한변위 ( $\Delta_u$ ) |
| <b>0.1094</b>       |
| (m)                 |
| 변위연성도( $\mu$ )      |
| <b>2.058</b>        |

#### 2) 교축직각방향-하단

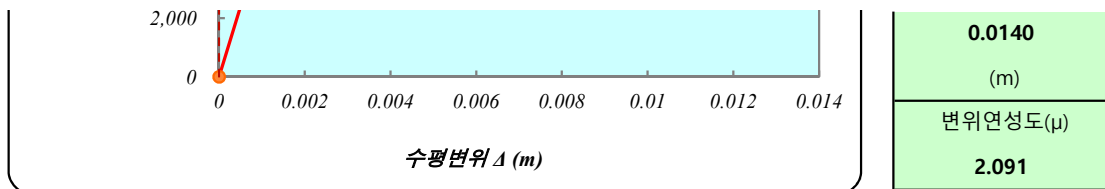


|                     |
|---------------------|
| 휨강도( $P_f$ )        |
| <b>8,283</b>        |
| (kN)                |
| 전단강도( $V_n$ )       |
| <b>8,395</b>        |
| (kN)                |
| 항복변위 ( $\Delta_y$ ) |
| <b>0.0068</b>       |
| (m)                 |
| 극한변위 ( $\Delta_u$ ) |
| <b>0.0141</b>       |
| (m)                 |
| 변위연성도( $\mu$ )      |
| <b>2.065</b>        |

#### 3) - 교축직각방향-상단



|                     |
|---------------------|
| 휨강도( $P_f$ )        |
| <b>8,243</b>        |
| (kN)                |
| 전단강도( $V_n$ )       |
| <b>8,405</b>        |
| (kN)                |
| 항복변위 ( $\Delta_y$ ) |
| <b>0.0067</b>       |
| (m)                 |
| 극한변위 ( $\Delta_u$ ) |
|                     |



## 9.2.6 소요성능 산정

### 1) 교축방향

#### ① 탄성 지진 조합력

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{E, pd}^L &= M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 43,864 + 11,020 \times 1.5 \times 0.07406 \\
 &= 45,088 \quad \text{kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

#### ② 단면강도비 RS

$$\bullet \quad R_s^L = \frac{M_{E, pd}}{M_y} = \frac{45,088}{30,478} = 1.479 \quad \rightarrow \quad \text{RS} \quad 1.479 \quad \text{적용}$$

- $T \geq 1.25 T_s$  일때,  $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$  일때,  $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 1.3730 초 이므로  
 $T \geq 1.25 T_s$  ( = 0.516 )  $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

| 구분         | 지반 종류  |        |        |        |        |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|            | S1     | S2     | S3     | S4     | S5     |
| $T_s$      | 0.3000 | 0.4131 | 0.4136 | 0.5609 | 0.7420 |
| $1.25 T_s$ | 0.3750 | 0.5164 | 0.5170 | 0.7011 | 0.9275 |

#### ④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.479 = 1.479$

#### 2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

##### ① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta E^L = 15,495 + 11,020 \times 1.5 \times 0.009$   
 $= 15,637 \text{ kN}\cdot\text{m}$

##### ② 단면강도비 $R_s$

- $R_s^T = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{15,637}{30,481} = 0.513 \rightarrow R_s 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서}$   
 거동

- $T \geq 1.25 T_s$  일때,  $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$  일때,  $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.5347 초 이므로  
 $T \geq 1.25 T_s$  ( = 0.516 )  $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

| 구분         | 지반 종류  |        |        |        |        |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|            | S1     | S2     | S3     | S4     | S5     |
| $T_s$      | 0.3000 | 0.4131 | 0.4136 | 0.5609 | 0.7420 |
| $1.25 T_s$ | 0.3750 | 0.5164 | 0.5170 | 0.7011 | 0.9275 |

#### ④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

- - 교축직각방향 상단

##### ① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta E^L = 14,923 + 11,020 \times 1.5 \times 0.009$   
 $= 15,064 \text{ kN}\cdot\text{m}$

##### ② 단면강도비 $R_s$

- $R_s = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{15,064}{30,035} = 1.000 \therefore \text{탄성영역상에서}$   
 거동

- $T \geq 1.25 T_s$  일때,  $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$  일때,  $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.5347 초 이므로  
 $T \geq 1.25 T_s$  ( = 0.516 )  $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

| 구분      | 지반 종류  |        |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | S1     | S2     | S3     | S4     | S5     |
| Ts      | 0.3000 | 0.4131 | 0.4136 | 0.5609 | 0.7420 |
| 1.25 Ts | 0.3750 | 0.5164 | 0.5170 | 0.7011 | 0.9275 |

④ 소요변위연성도  $\mu_{\Delta d}$

$$\bullet \quad \mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$$

## 9.2.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도)  $\mu_{\Delta C}^L = 2.058$
- 교축직각방향 하단(변위연성도)  $\mu_{\Delta C}^T = 2.065$
- 교축직각방향 상단(변위연성도)  $\mu_{\Delta C}^T = 2.091$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도)  $\mu_{\Delta d}^L = 1.479$
- 교축직각방향 하단(변위연성도)  $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$
- 교축직각방향 상단(변위연성도)  $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$

③ 평가

$$\begin{aligned} \therefore \text{교축방향(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^L}{\mu_{\Delta d}^L} = \frac{2.058}{1.479} = 1.391 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \\ \therefore \text{교축직각방향 하단(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.065}{1.000} = 2.065 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \end{aligned}$$

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도)

$$\frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.091}{1.000} = 2.091 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

#### !!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,720}{4,467} = 1.728 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(하단)

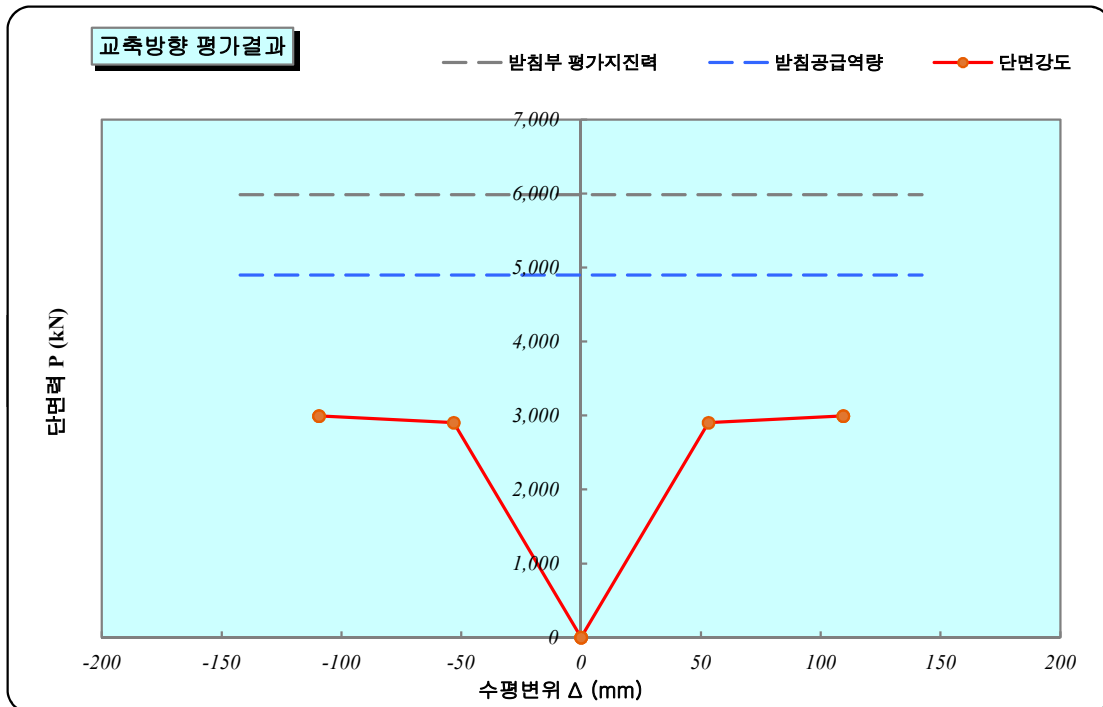
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{8,395}{4,078} = 2.058 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(상단)

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{8,405}{4,026} = 2.088 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

### 9.2.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향

