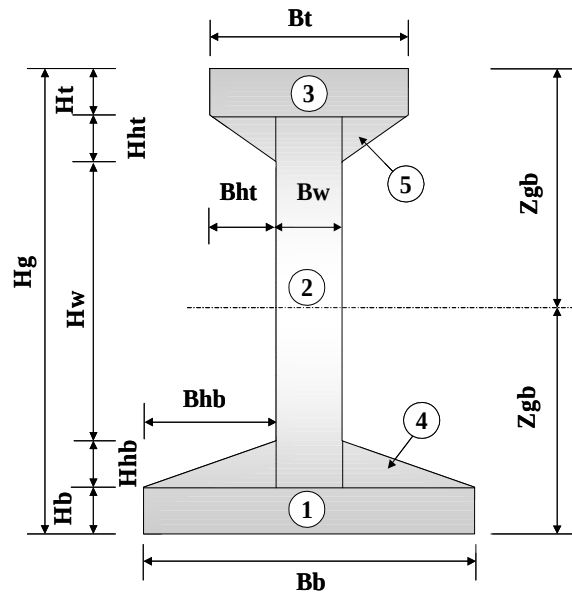


## 5. 단 면 성 질

### 5.1 총 단 면

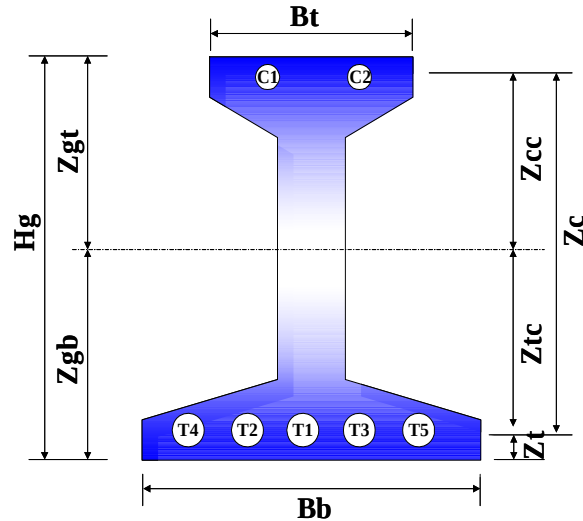


< 단위 : m >

| 요 소     | B × H         | A       | z     | A × z   | A × z <sup>2</sup> | Io       |
|---------|---------------|---------|-------|---------|--------------------|----------|
| ① 하부플랜지 | 1.100 × 0.300 | 0.33000 | 0.150 | 0.04950 | 0.00743            | 0.002475 |
| ② 복 부   | 0.200 × 2.100 | 0.42000 | 1.350 | 0.56700 | 0.76545            | 0.154350 |
| ③ 상부플랜지 | 0.800 × 0.200 | 0.16000 | 2.500 | 0.40000 | 1.00000            | 0.000533 |
| ④ 하부현치  | 0.450 × 0.200 | 0.09000 | 0.367 | 0.03300 | 0.01210            | 0.000200 |
| ⑤ 상부현치  | 0.300 × 0.150 | 0.04500 | 2.350 | 0.10575 | 0.24851            | 0.000056 |
| Σ 합 계   |               | 1.04500 | 1.106 | 1.15525 | 2.03349            | 0.157615 |

- 거더하단에서 중립축까지의 거리(zgb) =  $\sum (A \times z) / \sum A = -1.105502 \text{ m}$
- 거더상단에서 중립축까지의 거리(zgt) =  $H_g - Z_{gb} = 1.494498 \text{ m}$
- 중립축에 대한 단면 2차모멘트(Iyy) =  $\sum I_o + \sum (A \times z^2) - \sum A \times z_{gb}^2 = 0.913970 \text{ m}^4$

## 5.2 순 단 면



▷ PS 강봉 쉬스

< 단위 : m >

| 번호 | 직경(mm) | A       | z     | $A \times z$ | $A \times z^2$ | $I_o$     |
|----|--------|---------|-------|--------------|----------------|-----------|
| C1 | 55     | 0.00238 | 2.475 | 0.00588      | 0.01455        | 4.492E-07 |
| C2 | 55     | 0.00238 | 2.475 | 0.00588      | 0.01455        | 4.492E-07 |
| Σ  |        | 0.00475 | 2.475 | 0.01176      | 0.02911        | 8.984E-07 |

- 쉬스 도심에 대한 단면 2차모멘트( $I_{yy}$ ) =  $\sum I_o + \sum (A \times z^2) - \sum A \times z_c^2$  : 0.000001 m<sup>4</sup>

▷ PS 강연선 쉬스

< 단위 : m >

| 번호 | 직경(mm) | A       | z     | $A \times z$ | $A \times z^2$ | $I_o$     |
|----|--------|---------|-------|--------------|----------------|-----------|
| T1 | 70     | 0.00385 | 0.115 | 0.00044      | 0.00005        | 1.179E-06 |
| T2 | 90     | 0.00636 | 0.125 | 0.00080      | 0.00010        | 3.221E-06 |
| T3 | 90     | 0.00636 | 0.125 | 0.00080      | 0.00010        | 3.221E-06 |
| T4 | 90     | 0.00636 | 0.125 | 0.00080      | 0.00010        | 3.221E-06 |
| T5 | 90     | 0.00636 | 0.125 | 0.00080      | 0.00010        | 3.221E-06 |
| Σ  |        | 0.02930 | 0.124 | 0.00362      | 0.00045        | 1.406E-05 |

- 쉬스 도심에 대한 단면 2차모멘트( $I_{yy}$ ) =  $\sum I_o + \sum (A \times z^2) - \sum A \times z_t^2$  : 0.000014 m<sup>4</sup>

▷ 순단면

< 단위 : m >

| 요 소       | A        | z     | $A \times z$ | $A \times z^2$ | $I_o$     |
|-----------|----------|-------|--------------|----------------|-----------|
| 총 단 면     | 1.04500  | 1.106 | 1.15525      | 1.27713        | 0.913970  |
| PS 강봉 쉬스  | -0.00475 | 2.475 | -0.01176     | -0.02911       | -0.000001 |
| PS 강연선 쉬스 | -0.02930 | 0.124 | -0.00362     | -0.00045       | -0.000014 |
| Σ         | 1.01095  | 1.128 | 1.13987      | 1.24758        | 0.913955  |

- 거더하단에서 중립축까지의 거리( $z_{gb}$ ) =  $\sum (A \times z) / \sum A$  = -1.127517 m

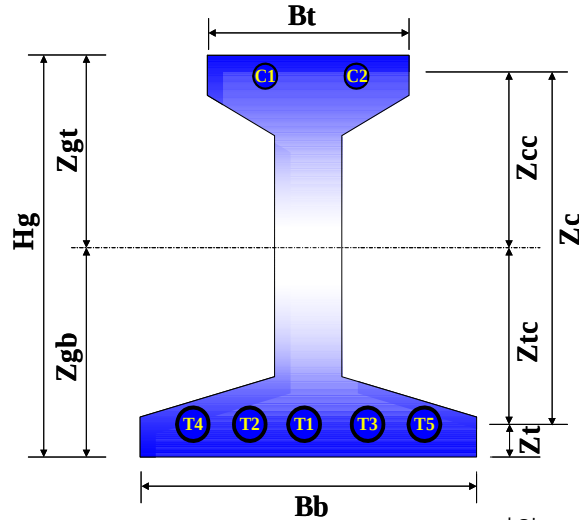
- 거더상단에서 중립축까지의 거리( $z_{gt}$ ) =  $H_g - Z_{gb}$  = 1.472483 m

- PS 강봉 쉬스 도심에서 중립축까지의 거리( $z_{cc}$ ) =  $z_c - z_{gb}$  = 1.347483 m

- PS 강연선 쉬스 도심에서 중립축까지의 거리( $z_{tc}$ ) =  $z_{gb} - z_t$  = -1.003830 m

- 중립축에 대한 단면 2차모멘트( $I_{yy}$ ) =  $\sum I_o + \sum (A \times y^2) - \sum A \times z_{gb}^2$  : 0.876314 m<sup>4</sup>

### 5.3 PS강재 환산단면



▷ PS 강봉

< 단위 : m >

| 번호 | 직경(mm) | A       | z     | A×z     | A×z <sup>2</sup> | lo        |
|----|--------|---------|-------|---------|------------------|-----------|
| C1 | 40     | 0.00126 | 2.475 | 0.00311 | 0.00770          | 1.257E-07 |
| C2 | 40     | 0.00126 | 2.475 | 0.00311 | 0.00770          | 1.257E-07 |
| Σ  |        | 0.00251 | 2.475 | 0.00622 | 0.01540          | 2.513E-07 |

- PS 강봉 도심에 대한 단면 2차모멘트( $I_{yy}$ ) =  $\Sigma lo + \Sigma(A \times z^2) - \Sigma A \times zc^2 = 2.513E-07 \text{ m}^4$

▷ PS 강연선

< 단위 : m >

| 번호 | 가닥수 | A       | y     | A×z     | A×z <sup>2</sup> | lo        |
|----|-----|---------|-------|---------|------------------|-----------|
| T1 | 7   | 0.00097 | 0.115 | 0.00011 | 0.00001          | 7.501E-08 |
| T2 | 16  | 0.00222 | 0.125 | 0.00028 | 0.00003          | 3.919E-07 |
| T3 | 16  | 0.00222 | 0.125 | 0.00028 | 0.00003          | 3.919E-07 |
| T4 | 16  | 0.00222 | 0.125 | 0.00028 | 0.00003          | 3.919E-07 |
| T5 | 16  | 0.00222 | 0.125 | 0.00028 | 0.00003          | 3.919E-07 |
| Σ  |     | 0.00985 | 0.124 | 0.00122 | 0.00015          | 1.643E-06 |

- PS 강연선 도심에 대한 단면 2차모멘트( $I_{yy}$ ) =  $\Sigma lo + \Sigma(A \times z^2) - \Sigma A \times zt^2 = 1.7302E-06 \text{ m}^4$

▷ 단면의 합성

< 단위 : m >

| 요 소    | n     | A       | z     | A×z     | A×z <sup>2</sup> | lo        |
|--------|-------|---------|-------|---------|------------------|-----------|
| 순 단 면  | 1.000 | 1.01095 | 1.128 | 1.13987 | 1.28522          | 0.876314  |
| PS 강봉  | 6.474 | 0.01628 | 2.475 | 0.04028 | 0.09970          | 1.627E-06 |
| PS 강연선 | 6.474 | 0.06375 | 0.124 | 0.00791 | 0.00098          | 1.120E-05 |
| Σ      |       | 1.09098 | 1.089 | 1.18805 | 1.38590          | 0.876327  |

- 거더하단에서 중립축까지의 거리( $z_{gb}$ ) =  $\Sigma(A \times z) / \Sigma A = -1.088977 \text{ m}$

- 거더상단에서 중립축까지의 거리( $z_{gt}$ ) =  $H_g - Z_{gb} = 1.511023 \text{ m}$

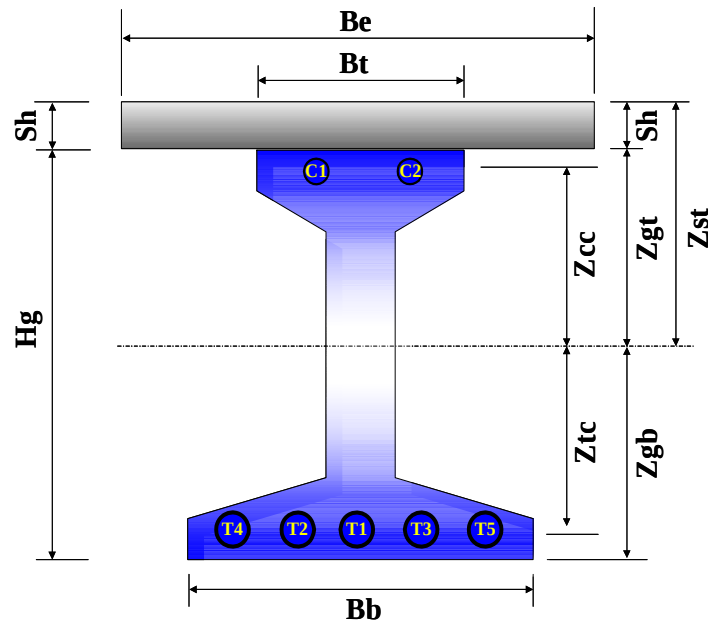
- PS 강봉 도심에서 중립축까지의 거리( $z_{cc}$ ) =  $z_c - z_{gb} = 1.386023 \text{ m}$

- PS 강연선 도심에서 중립축까지의 거리( $z_{tc}$ ) =  $z_{gb} - z_t = -0.964963 \text{ m}$

- 중립축에 대한 단면 2차모멘트( $I_{yy}$ ) =  $\Sigma lo + \Sigma(A \times y^2) - \Sigma A \times z_{gb}^2 = 0.968459 \text{ m}^4$

## 5.4 바닥판 합성단면

### 5.4.1 G1 거더



- 유효폭 산정(도로교 설계기준 4.2.2.6 )

※ b1 = 복부폭을 포함한 바닥판 캔틸레버 길이 = 1.420 m

거더 경간의 1/12 + b1 = 5.503 m

6 × 바닥판 두께 + b1 = 2.860 m

인접거더와의 순경간의 1/2 + b1 = 2.695 m

압축플랜지의 유효폭(최소값) = 2.695 m

< 단위 : m >

| 요 소       | n     | A       | z     | A×z     | A×z <sup>2</sup> | lo       |
|-----------|-------|---------|-------|---------|------------------|----------|
| PS강재 환산단면 | 1.000 | 1.09098 | 1.089 | 1.18805 | 1.29376          | 0.968459 |
| 바닥판       | 0.900 | 0.58212 | 2.720 | 1.58337 | 4.30676          | 0.002794 |
| Σ         |       | 1.67310 | 1.656 | 2.77142 | 5.60052          | 0.971254 |

- 거더하단에서 중립축까지의 거리(zgb) =  $\sum(A \times z) / \sum A = -1.656456$  m

- 거더상단에서 중립축까지의 거리(zgt) =  $H_g - Z_{gb} = 0.943544$  m

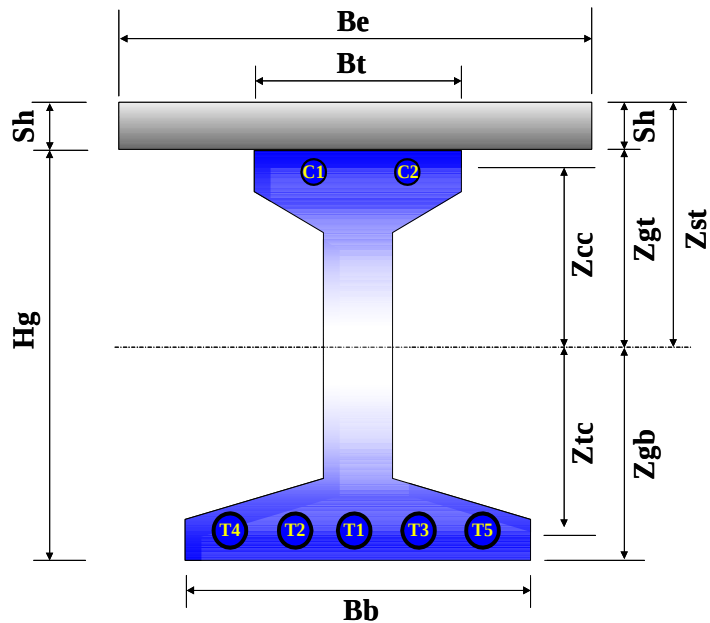
- PS 강봉 도심에서 중립축까지의 거리(zcc) =  $z_c - z_{gb} = 0.818544$  m

- PS 강연선 도심에서 중립축까지의 거리(ztc) =  $z_{gb} - z_t = -1.532442$  m

- 바닥판 상연에서 중립축까지의 거리(zst) =  $z_{gt} + sh = 1.183544$  m

- 중립축에 대한 단면 2차모멘트(I<sub>yy</sub>) =  $\sum I_o + \sum(A \times y^2) - \sum A \times z_{gb}^2 = 1.981037$  m<sup>4</sup>

#### 5.4.2 G2~G8 거더



- 유효폭 산정(도로교 설계기준 4.2.2.6 )

$$\text{거더 경간의 } 1/4 = 12.25 \text{ m}$$

$$12 \times \text{바닥판 두께} + \text{복부폭} = 3.080 \text{ m}$$

$$\text{양쪽 바닥판의 중심간 거리} = 2.750 \text{ m}$$

$$\text{압축플랜지의 유효폭(최소값)} = 2.750 \text{ m}$$

< 단위 : m >

| 요 소       | n     | A       | z     | $A \times z$ | $A \times z^2$ | $I_o$    |
|-----------|-------|---------|-------|--------------|----------------|----------|
| PS강재 환산단면 | 1.000 | 1.09098 | 1.089 | 1.18805      | 1.29376        | 0.968459 |
| 바닥판       | 0.900 | 0.59400 | 2.720 | 1.61568      | 4.39465        | 0.002851 |
| $\Sigma$  |       | 1.68498 | 1.664 | 2.80373      | 5.68841        | 0.971311 |

$$\text{- 거더하단에서 중립축까지의 거리}(z_{gb}) = \Sigma(A \times z) / \Sigma A = -1.663955 \text{ m}$$

$$\text{- 거더상단에서 중립축까지의 거리}(z_{gt}) = H_g - Z_{gb} = 0.936045 \text{ m}$$

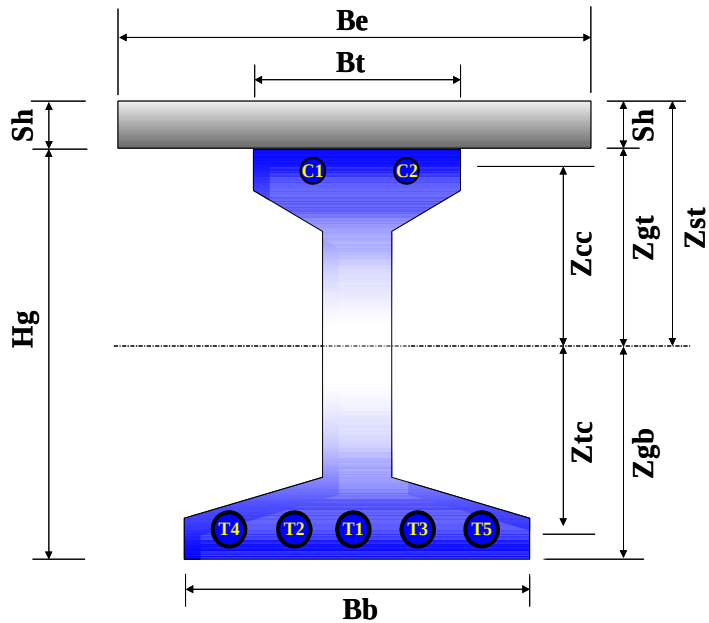
$$\text{- PS 강봉 도심에서 중립축까지의 거리}(z_{cc}) = z_c - z_{gb} = 0.811045 \text{ m}$$

$$\text{- PS 강연선 도심에서 중립축까지의 거리}(z_{tc}) = z_{gb} - z_t = -1.539941 \text{ m}$$

$$\text{- 바닥판 상연에서 중립축까지의 거리}(z_{st}) = z_{gt} + sh = 1.176045 \text{ m}$$

$$\text{- 중립축에 대한 단면 2차모멘트}(I_{yy}) = \Sigma I_o + \Sigma(A \times y^2) - \Sigma A \times z_{gb}^2 = 1.994437 \text{ m}^4$$

#### 5.4.3 G9 거더



- 유효폭 산정(도로교 설계기준 4.2.2.6 )

※ b1 = 복부폭을 포함한 바닥판 캔틸레버 길이 = 1.420 m

거더 경간의 1/12 + b1 = 5.503 m

6 × 바닥판 두께 + b1 = 2.860 m

인접거더와의 순경간의 1/2 + b1 = 2.695 m

압축플랜지의 유효폭(최소값) = 2.695 m

< 단위 : m >

| 요 소       | n     | A       | z     | A×z     | A×z <sup>2</sup> | lo       |
|-----------|-------|---------|-------|---------|------------------|----------|
| PS강재 환산단면 | 1.000 | 1.09098 | 1.089 | 1.18805 | 1.29376          | 0.968459 |
| 바닥판       | 0.900 | 0.58212 | 2.720 | 1.58337 | 4.30676          | 0.002794 |
| Σ         |       | 1.67310 | 1.656 | 2.77142 | 5.60052          | 0.971254 |

- 거더하단에서 중립축까지의 거리(zgb) =  $\sum(A \times z) / \sum A = -1.656456$  m

- 거더상단에서 중립축까지의 거리(zgt) =  $H_g - Z_{gb} = 0.943544$  m

- PS 강봉 도심에서 중립축까지의 거리(zcc) =  $z_c - z_{gb} = 0.818544$  m

- PS 강연선 도심에서 중립축까지의 거리(ztc) =  $z_{gb} - z_t = -1.532442$  m

- 바닥판 상연에서 중립축까지의 거리(zst) =  $z_{gt} + sh = 1.183544$  m

- 중립축에 대한 단면 2차모멘트( $I_{yy}$ ) =  $\sum I_o + \sum(A \times y^2) - \sum A \times z_{gb}^2 = 1.981037$  m<sup>4</sup>

## 5.5 단면성질 요약

### 5.5.1 G1 거더

< 단위 : m >

| 구 분       | A       | l <sub>yy</sub> | z <sub>st</sub> | z <sub>gt</sub> | z <sub>gb</sub> | z <sub>cc</sub> | z <sub>tc</sub> |
|-----------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 총 단 면     | 1.04500 | 0.913970        |                 | 1.494           | -1.106          |                 |                 |
| 순 단 면     | 1.01095 | 0.876314        |                 | 1.472           | -1.128          | 1.347           | -1.004          |
| PS강재 환산단면 | 1.09098 | 0.968459        |                 | 1.511           | -1.089          | 1.386           | -0.965          |
| 바닥판 합성단면  | 1.67310 | 1.981037        | 1.184           | 0.944           | -1.656          | 0.819           | -1.532          |

### 5.5.2 G2~G8 거더

< 단위 : m >

| 구 분       | A       | l <sub>yy</sub> | z <sub>st</sub> | z <sub>gt</sub> | z <sub>gb</sub> | z <sub>cc</sub> | z <sub>tc</sub> |
|-----------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 총 단 면     | 1.04500 | 0.913970        |                 | 1.494           | -1.106          |                 |                 |
| 순 단 면     | 1.01095 | 0.876314        |                 | 1.472           | -1.128          | 1.347           | -1.004          |
| PS강재 환산단면 | 1.09098 | 0.968459        |                 | 1.511           | -1.089          | 1.386           | -0.965          |
| 바닥판 합성단면  | 1.68498 | 1.994437        | 1.176           | 0.936           | -1.664          | 0.811           | -1.540          |

### 5.5.3 G9 거더

< 단위 : m >

| 구 분       | A       | l <sub>yy</sub> | z <sub>st</sub> | z <sub>gt</sub> | z <sub>gb</sub> | z <sub>cc</sub> | z <sub>tc</sub> |
|-----------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 총 단 면     | 1.04500 | 0.913970        |                 | 1.494           | -1.106          |                 |                 |
| 순 단 면     | 1.01095 | 0.876314        |                 | 1.472           | -1.128          | 1.347           | -1.004          |
| PS강재 환산단면 | 1.09098 | 0.968459        |                 | 1.511           | -1.089          | 1.386           | -0.965          |
| 바닥판 합성단면  | 1.67310 | 1.981037        | 1.184           | 0.944           | -1.656          | 0.819           | -1.532          |

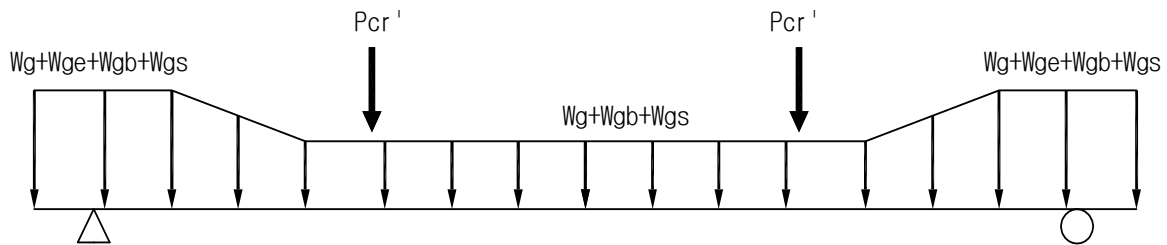
## 6. 설 계 하 중

### 6.1 거 더 자 중

#### 6.1.1 하중산정 (모든거더에 대해 동일하게 작용)

| 구 분              | 산 출 근 거                                                                                                              |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 거더본체 (Wg)        | $A_{net} \times w_{gc} = 1.011 \times 25000 = 25274 \text{ N/m}$                                                     |
| 단부보강 (Wge)       | $A_{var} \times w_{gc} = 1.135 \times 25000 = 28375 \text{ N/m}$                                                     |
| 가 로 보 (Pcr')     | $A_{var} \times L_{cr} \times w_{gc} \times e_a = 1.135 \times 1 \times 25000 \times 1 \text{ EA} = 17025 \text{ N}$ |
| 강 봉 (Wgb)        | $w_{1cm} \times C_{ea} = 102.1 \times 2 \text{ EA} = 204 \text{ N/m}$                                                |
| T1 강연선 (Wgs1)    | $w_{1tm} \times T_{ea} = 11.01 \times 7 \text{ EA} = 77 \text{ N/m}$                                                 |
| T2~T5 강연선 (Wgs2) | $w_{2tm} \times T_{ea} = 11.01 \times 4 \text{ EA} \times 16 \text{ EA} = 705 \text{ N/m}$                           |

#### 6.1.2 모델링 (저항단면 : 순단면)



### 6.2 합성전 고정하중

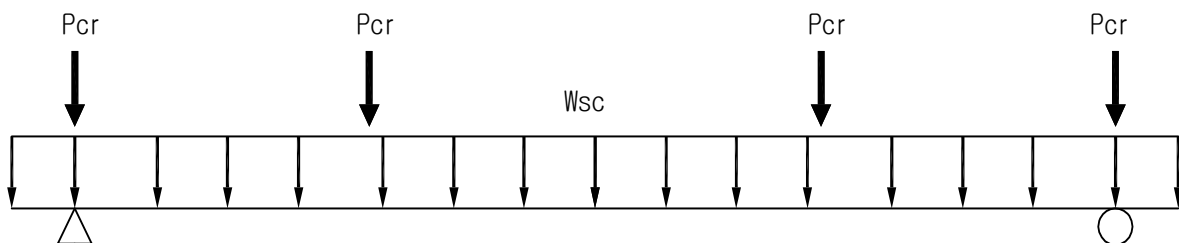
#### 6.2.1 바닥판 콘크리트(Wsc)

- (1) G1 거더 :  $0.240 \times 2.695 \times 25000 = 16170 \text{ N/m}$
- (2) G2~G8 거더 :  $0.240 \times 2.750 \times 25000 = 16500 \text{ N/m}$
- (3) G9 거더 :  $0.240 \times 2.695 \times 25000 = 16170 \text{ N/m}$

#### 6.2.2 가로보 콘크리트(Pcr)

- (1) G1 거더 :  $0.300 \times 2.233 \times 1.38 \times 25000 = 23031 \text{ N}$
- (2) G2~G8 거더 :  $0.300 \times 2.233 \times 2.75 \times 25000 = 46063 \text{ N}$
- (3) G9 거더 :  $0.300 \times 2.233 \times 1.38 \times 25000 = 23031 \text{ N}$

#### 6.2.3 모델링 (저항단면 : PS강재 환산단면)



### 6.3. 합성후 고정하중(AL단계)

(1) 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽(좌) :  $A \times w = 0.501 \times 25000 = 12513 \text{ N/m}$

(2) 우측 캔틸레버 하중

- 방호벽(우) :  $A \times w = 0.501 \times 25000 = 12513 \text{ N/m}$

(3) 중앙부 하중

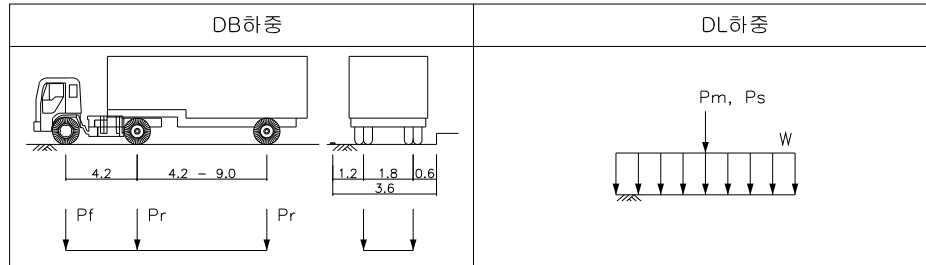
- 콘크리트포장 :  $t \times w = 0.050 \times 23500 = 1175 \text{ N/m}^2$

(4) 기타 하중

|           | 위치      | 하중크기     |
|-----------|---------|----------|
| 1) 방음벽(좌) | 0.230m  | 2000N/m  |
| 2) 방음벽(우) | 24.410m | 2000N/m  |
| 3) 종분대    | 12.320m | 10540N/m |
| 4) 내측풍하중1 | 22.800m | -4980N/m |
| 5) 내측풍하중2 | 26.020m | 4980N/m  |

#### 6.4. 활하중(LL단계)

- (1) 차 로 수 : 6 차로
- (2) 차 로 폭 : 3 m
- (3) 적용하중(1등급)



- 1) DB24 : DBr = 96.00 kN  
DBf = 24.00 kN
- 2) DL24 : DLw = 12.70 kN/m  
: DLm = 108.00 kN  
: DLs = 156.00 kN

## 7. 하중 횡분배계수의 산정

▶ 직교 이방성 판이론에 기초한 Guyon-Massonnet Method에 의해 하중의 횡방향 분배계수를 산정한다

### 7.1. 분배요소의 강성 및 단면계수요약(평균치)

|             | 주거더(g)   | 바닥판(s)   |
|-------------|----------|----------|
| 단면2차모멘트(I)  | 1.999383 | 0.001152 |
| 탄 성 계 수 (E) | 30008    | 26702    |
| 전단 탄성계수(G)  | 12857    | 11440    |
| 비틀림 상수 (J)  | 0.026958 | 0.003911 |
| 요소 중심간격(V)  | 2.750    | 1.000    |

### 7.2. 격자구조의 휨강성 및 비틀림 영향계수

#### 7.2.1. 휨강성 영향계수( $\Theta$ )

- (1) 교량폭의 1/2 ;  $B_b = 12.320\text{m}$
- (2) 거더의 평균지간 ;  $L = 49.000\text{m}$
- (3) 주거더의 휨강성 ;  $C_x = E_g \times I_g / V_g = 21817.242$
- (4) 바닥판의 휨강성 ;  $C_y = E_s \times I_s / V_s = 30.760$
- (5) 휨강성 영향계수 ;  $\Theta = ( B_b / L ) \times \sqrt[4]{ C_x / C_y } = 1.298$

#### 7.2.2. 비틀림강성 영향계수( $\alpha$ )

- (1) 주거더의 비틀림강성 ;  $D_x = G_g \times J_g / V_g = 126.033$
- (2) 바닥판의 비틀림강성 ;  $D_y = G_s \times J_s / V_s = 44.743$
- (3) 비틀림 영향계수 ;  $\alpha = ( D_x + D_y ) / 2\sqrt{ C_x \times C_y } = 0.104$

### 7.3. Y.Guyon & C.Massonnet Method

#### 7.3.1. a=0일 때의 영향선 종거(K0)

$$K0 = 2 \times \lambda \times B_b \times [A] \times [B] \times [C]$$

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos(\lambda \cdot y) \cdot \cosh(\lambda \cdot y) \\ \cos(\lambda \cdot y) \cdot \sinh(\lambda \cdot y) \\ \sin(\lambda \cdot y) \cdot \cosh(\lambda \cdot y) \\ \sin(\lambda \cdot y) \cdot \sinh(\lambda \cdot y) \end{bmatrix}, [C] = \begin{bmatrix} \cos(\lambda \cdot e) \cdot \sinh(\lambda \cdot e) - \sin(\lambda \cdot e) \cdot \cosh(\lambda \cdot e) \\ \sin(\lambda \cdot e) \cdot \sinh(\lambda \cdot e) - \cos(\lambda \cdot e) \cdot \cosh(\lambda \cdot e) \\ \sin(\lambda \cdot e) \cdot \sinh(\lambda \cdot e) + \cos(\lambda \cdot e) \cdot \cosh(\lambda \cdot e) \\ -\cos(\lambda \cdot e) \cdot \sinh(\lambda \cdot e) - \sin(\lambda \cdot e) \cdot \cosh(\lambda \cdot e) \end{bmatrix}$$

$$[B] = \begin{bmatrix} \pm \frac{1}{2} & \frac{-\cosh^2(\lambda \cdot B_b)}{Y_o} & \frac{\cos^2(\lambda \cdot B_b)}{Y_o} & 0 \\ \frac{-\sinh^2(\lambda \cdot B_b)}{X_o} & \pm \frac{1}{2} & 0 & \frac{-\cos^2(\lambda \cdot B_b)}{X_o} \\ \frac{-\sin^2(\lambda \cdot B_b)}{X_o} & 0 & \pm \frac{1}{2} & \frac{-\cosh^2(\lambda \cdot B_b)}{X_o} \\ 0 & \frac{\sin^2(\lambda \cdot B_b)}{Y_o} & \frac{-\sinh^2(\lambda \cdot B_b)}{Y_o} & \pm \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

$$\lambda : \frac{\pi \cdot \theta}{\sqrt{2} \cdot B_b}, B_b : \text{저항폭의 } \frac{1}{2} \text{ ( m )}$$

$y$  : 저항폭 중심에서 분배계수를 구하는 점까지의 거리 ( m )

$e$  : 저항폭 중심에서 영향선 값을 구하는 점까지의 거리 ( m )

$$X_o : 2 \cdot \{ \sinh(\lambda \cdot B_b) \cdot \cosh(\lambda \cdot B_b) - \sin(\lambda \cdot B_b) \cdot \cos(\lambda \cdot B_b) \}$$

$$Y_o : 2 \cdot \{ \sinh(\lambda \cdot B_b) \cdot \cosh(\lambda \cdot B_b) + \sin(\lambda \cdot B_b) \cdot \cos(\lambda \cdot B_b) \}$$

· 매트릭스  $[B]$ 에서  $\pm$ 의 부호는,  $y < e$ 일 때  $+$ 를,  $y \geq e$ 일 때  $-$ 를 취한다.

#### 7.3.2. a=1일 때의 영향선 종거(K1)

$$K1 = 1/2 \times \sigma \times B_b \times [D] \times [E] \times [F]$$

$$[D] = \begin{bmatrix} \cosh(\sigma \cdot y) \\ \sinh(\sigma \cdot y) \\ (\sigma \cdot y) \cdot \cosh(\sigma \cdot y) \\ (\sigma \cdot y) \cdot \sinh(\sigma \cdot y) \end{bmatrix}, [F] = \begin{bmatrix} \sinh(\sigma \cdot e) - (\sigma \cdot e) \cdot \cosh(\sigma \cdot e) \\ -\cosh(\sigma \cdot e) - (\sigma \cdot e) \cdot \sinh(\sigma \cdot e) \\ \cosh(\sigma \cdot e) \\ -\sinh(\sigma \cdot e) \end{bmatrix}$$

$$[E] = \begin{bmatrix} \pm 1 & \frac{2+3 \cdot \sinh^2(\sigma \cdot B_b)}{X_1} & \frac{-2-(\sigma \cdot B_b)}{X_1} & 0 \\ \frac{2-3 \cdot \cosh^2(\sigma \cdot B_b)}{Y_1} & \pm 1 & 0 & \frac{-2-(\sigma \cdot B_b)}{Y_1} \\ -\frac{1}{Y_1} & 0 & \pm 1 & \frac{-2-3 \cdot \sinh^2(\sigma \cdot B_b)}{Y_1} \\ 0 & -\frac{1}{X_1} & \frac{-2+3 \cdot \sinh^2(\sigma \cdot B_b)}{X_1} & \pm 1 \end{bmatrix}$$

$$\sigma : \sqrt{2} \cdot \lambda$$

$$X_1 : (\sigma \cdot B_b) - 3 \cdot \sinh(\sigma \cdot B_b) \cdot (\sigma \cdot B_b)$$

$$Y_1 : (\sigma \cdot B_b) + 3 \cdot \sinh(\sigma \cdot B_b) \cdot (\sigma \cdot B_b)$$

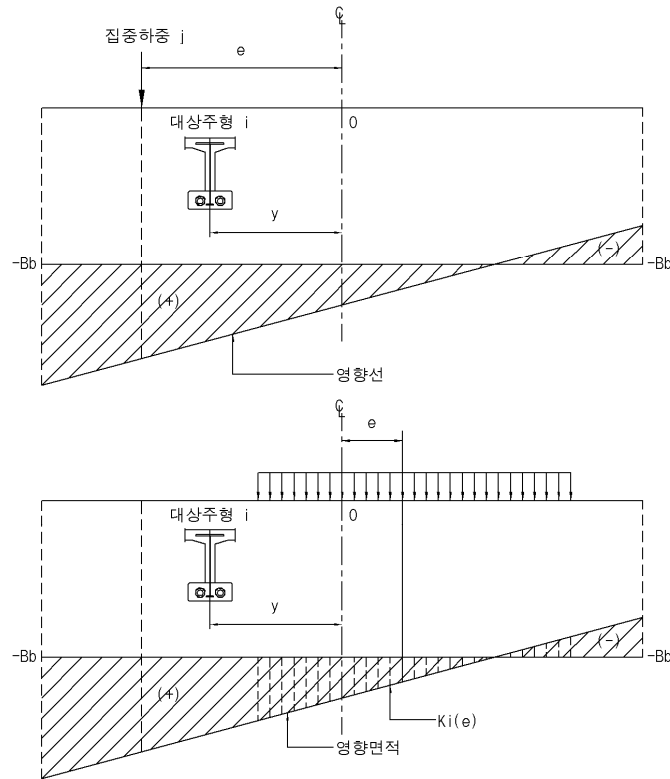
· 매트릭스  $[E]$ 에서  $\pm$ 의 부호는,  $y < e$ 일 때  $-$ 를,  $y \geq e$ 일 때  $+$ 를 취한다.

$y, e$ 는 저항폭중심에서 좌측에 있을 때는  $-$ , 우측에 있을 때는  $+$ 의 값으로 한다.

### 7.3.3. 임의의 a에 대한 영향선 종거(Ka)

$$K_a = K_0 + (K_1 - K_0) \times \sqrt{(\alpha)}$$

### 7.3.4. 하중분배계수



집중하중

$$K_{ai} = K_{aij} / N_g$$

분포하중

$$K_{ai} = \int \frac{K_{ai}(e)}{N_g} \cdot de$$

### 7.4. 횡방향 등분점에 대한 영향선 종거

|          | 거더<br>위치(m) | G1<br>11.000 | G2<br>8.250 | G3<br>5.500 | G4<br>2.750 | G5<br>0.000 | G6<br>-2.750 | G7<br>-5.500 | G8<br>-8.250 | G9<br>-11.000 | 합계<br>(Σ) |
|----------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-----------|
| -1.00×Bb | -12.320     | 0.006        | 0.002       | -0.005      | -0.020      | -0.038      | -0.037       | 0.039        | 0.282        | 0.769         | 1.000     |
| -0.75×Bb | -9.240      | 0.002        | -0.003      | -0.006      | -0.005      | 0.014       | 0.070        | 0.183        | 0.334        | 0.410         | 1.000     |
| -0.50×Bb | -6.160      | -0.004       | -0.006      | 0.000       | 0.026       | 0.090       | 0.197        | 0.298        | 0.260        | 0.138         | 1.000     |
| -0.25×Bb | -3.080      | -0.013       | 0.000       | 0.032       | 0.100       | 0.208       | 0.297        | 0.239        | 0.121        | 0.015         | 1.000     |
| 0.00×Bb  | 0.000       | -0.016       | 0.034       | 0.113       | 0.222       | 0.296       | 0.222        | 0.113        | 0.034        | -0.016        | 1.000     |
| 0.25×Bb  | 3.080       | 0.015        | 0.121       | 0.239       | 0.297       | 0.208       | 0.100        | 0.032        | 0.000        | -0.013        | 1.000     |
| 0.50×Bb  | 6.160       | 0.138        | 0.260       | 0.298       | 0.197       | 0.090       | 0.026        | 0.000        | -0.006       | -0.004        | 1.000     |
| 0.75×Bb  | 9.240       | 0.410        | 0.334       | 0.183       | 0.070       | 0.014       | -0.005       | -0.006       | -0.003       | 0.002         | 1.000     |
| 1.00×Bb  | 12.320      | 0.769        | 0.282       | 0.039       | -0.037      | -0.038      | -0.020       | -0.005       | 0.002        | 0.006         | 1.000     |

### 7.5. 합성후 고정하중에 대한 하중 분배계수

|        | 거더<br>위치(m) | G1<br>11.000 | G2<br>8.250 | G3<br>5.500 | G4<br>2.750 | G5<br>0.000 | G6<br>-2.750 | G7<br>-5.500 | G8<br>-8.250 | G9<br>-11.000 | 합계<br>( $\Sigma$ ) |
|--------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------------|
| <hr/>  |             |              |             |             |             |             |              |              |              |               |                    |
| 방호벽(좌) | 12.047      | 0.737        | 0.287       | 0.052       | -0.027      | -0.033      | -0.018       | -0.005       | 0.002        | 0.006         | 1.000              |
| 방호벽(우) | -12.047     | 0.006        | 0.002       | -0.005      | -0.018      | -0.033      | -0.027       | 0.052        | 0.287        | 0.737         | 1.000              |
| 콘크리트포장 | 0.000       | 2.276        | 2.557       | 2.708       | 2.767       | 2.781       | 2.767        | 2.708        | 2.557        | 2.276         | 23.400             |
| 방음벽(좌) | 12.090      | 0.742        | 0.286       | 0.050       | -0.029      | -0.034      | -0.019       | -0.005       | 0.002        | 0.006         | 1.000              |
| 방음벽(우) | -12.090     | 0.006        | 0.002       | -0.005      | -0.019      | -0.034      | -0.029       | 0.050        | 0.286        | 0.742         | 1.000              |
| 중분대    | 0.000       | -0.016       | 0.034       | 0.113       | 0.222       | 0.296       | 0.222        | 0.113        | 0.034        | -0.016        | 1.000              |
| 내측풍하중1 | -10.480     | 0.004        | -0.001      | -0.006      | -0.011      | -0.008      | 0.026        | 0.125        | 0.317        | 0.554         | 1.000              |
| 내측풍하중2 | -13.700     | 0.008        | 0.005       | -0.004      | -0.026      | -0.060      | -0.084       | -0.026       | 0.255        | 0.933         | 1.000              |

## 7.6. 활하중에 대한 하중 분배계수

### 7.6.1. 차로별 영향선 증거

#### (1) DB하중

|     | 거더<br>위치(m) | G1<br>11.000 | G2<br>8.250 | G3<br>5.500 | G4<br>2.750 | G5<br>0.000 | G6<br>-2.750 | G7<br>-5.500 | G8<br>-8.250 | G9<br>-11.000 | 합계<br>( $\Sigma$ ) |
|-----|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------------|
| DB1 | 10.200      | 1.044        | 0.639       | 0.277       | 0.073       | -0.005      | -0.019       | -0.012       | -0.002       | 0.006         | 2.000              |
| DB2 | 7.200       | 0.438        | 0.594       | 0.531       | 0.305       | 0.123       | 0.028        | -0.006       | -0.010       | -0.004        | 2.000              |
| DB3 | 4.200       | 0.100        | 0.340       | 0.550       | 0.536       | 0.325       | 0.138        | 0.035        | -0.006       | -0.019        | 2.000              |
| DB4 | -1.805      | -0.031       | 0.023       | 0.122       | 0.296       | 0.508       | 0.557        | 0.371        | 0.161        | -0.006        | 2.000              |
| DB5 | -4.805      | -0.016       | -0.009      | 0.022       | 0.109       | 0.279       | 0.499        | 0.575        | 0.394        | 0.147         | 2.000              |
| DB6 | -7.805      | -0.001       | -0.009      | -0.009      | 0.015       | 0.093       | 0.256        | 0.488        | 0.627        | 0.541         | 2.000              |

#### (2) DL하중

|     | 거더<br>위치(m) | G1<br>11.000 | G2<br>8.250 | G3<br>5.500 | G4<br>2.750 | G5<br>0.000 | G6<br>-2.750 | G7<br>-5.500 | G8<br>-8.250 | G9<br>-11.000 | 합계<br>( $\Sigma$ ) |
|-----|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------------|
| DL1 | 10.200      | 0.521        | 0.322       | 0.138       | 0.036       | -0.003      | -0.010       | -0.006       | -0.001       | 0.003         | 1.000              |
| DL2 | 7.200       | 0.212        | 0.303       | 0.270       | 0.152       | 0.060       | 0.012        | -0.004       | -0.005       | -0.002        | 1.000              |
| DL3 | 4.200       | 0.045        | 0.168       | 0.281       | 0.274       | 0.162       | 0.067        | 0.016        | -0.004       | -0.010        | 1.000              |
| DL4 | -1.805      | -0.016       | 0.010       | 0.058       | 0.146       | 0.258       | 0.286        | 0.185        | 0.078        | -0.006        | 1.000              |
| DL5 | -4.805      | -0.008       | -0.005      | 0.010       | 0.052       | 0.138       | 0.253        | 0.297        | 0.196        | 0.068         | 1.000              |
| DL6 | -7.805      | -0.001       | -0.005      | -0.005      | 0.006       | 0.045       | 0.127        | 0.247        | 0.322        | 0.264         | 1.000              |

### 7.6.2. 하중조합에 따른 하중 분배계수

#### (1) DB하중

|        | G1     | G2     | G3     | G4    | G5     | G6     | G7     | G8     | G9     | 합계    |
|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| DB1    | 1.044  | 0.639  | 0.277  | 0.073 | -0.005 | -0.019 | -0.012 | -0.002 | 0.006  | 2.000 |
| DB2    | 0.438  | 0.594  | 0.531  | 0.305 | 0.123  | 0.028  | -0.006 | -0.010 | -0.004 | 2.000 |
| DB3    | 0.100  | 0.340  | 0.550  | 0.536 | 0.325  | 0.138  | 0.035  | -0.006 | -0.019 | 2.000 |
| DB4    | -0.031 | 0.023  | 0.122  | 0.296 | 0.508  | 0.557  | 0.371  | 0.161  | -0.006 | 2.000 |
| DB5    | -0.016 | -0.009 | 0.022  | 0.109 | 0.279  | 0.499  | 0.575  | 0.394  | 0.147  | 2.000 |
| DB6    | -0.001 | -0.009 | -0.009 | 0.015 | 0.093  | 0.256  | 0.488  | 0.627  | 0.541  | 2.000 |
| DB12   | 1.482  | 1.233  | 0.807  | 0.378 | 0.118  | 0.008  | -0.018 | -0.012 | 0.003  | 4.000 |
| DB13   | 1.145  | 0.978  | 0.827  | 0.609 | 0.320  | 0.119  | 0.023  | -0.008 | -0.013 | 4.000 |
| DB14   | 1.013  | 0.661  | 0.398  | 0.369 | 0.503  | 0.537  | 0.359  | 0.159  | 0.001  | 4.000 |
| DB15   | 1.028  | 0.630  | 0.299  | 0.182 | 0.274  | 0.479  | 0.563  | 0.391  | 0.154  | 4.000 |
| DB16   | 1.043  | 0.630  | 0.268  | 0.088 | 0.087  | 0.236  | 0.476  | 0.625  | 0.548  | 4.000 |
| DB22   | 0.877  | 1.189  | 1.061  | 0.611 | 0.247  | 0.056  | -0.012 | -0.020 | -0.008 | 4.000 |
| DB24   | 0.407  | 0.617  | 0.652  | 0.601 | 0.632  | 0.584  | 0.365  | 0.151  | -0.010 | 4.000 |
| DB25   | 0.422  | 0.586  | 0.553  | 0.414 | 0.402  | 0.527  | 0.569  | 0.384  | 0.143  | 4.000 |
| DB26   | 0.437  | 0.586  | 0.522  | 0.320 | 0.216  | 0.283  | 0.482  | 0.617  | 0.537  | 4.000 |
| DB34   | 0.069  | 0.362  | 0.671  | 0.832 | 0.833  | 0.695  | 0.406  | 0.155  | -0.025 | 4.000 |
| DB35   | 0.085  | 0.331  | 0.572  | 0.645 | 0.604  | 0.637  | 0.610  | 0.388  | 0.128  | 4.000 |
| DB36   | 0.099  | 0.331  | 0.541  | 0.551 | 0.418  | 0.394  | 0.523  | 0.621  | 0.522  | 4.000 |
| DB45   | -0.047 | 0.014  | 0.144  | 0.405 | 0.787  | 1.055  | 0.946  | 0.555  | 0.142  | 4.000 |
| DB46   | -0.033 | 0.014  | 0.113  | 0.311 | 0.601  | 0.812  | 0.859  | 0.788  | 0.536  | 4.000 |
| DB56   | -0.017 | -0.018 | 0.013  | 0.124 | 0.371  | 0.754  | 1.063  | 1.021  | 0.689  | 4.000 |
| DB123  | 1.425  | 1.416  | 1.221  | 0.823 | 0.399  | 0.132  | 0.015  | -0.017 | -0.015 | 5.400 |
| DB124  | 1.306  | 1.130  | 0.836  | 0.607 | 0.564  | 0.509  | 0.317  | 0.134  | -0.003 | 5.400 |
| DB125  | 1.320  | 1.102  | 0.746  | 0.439 | 0.357  | 0.457  | 0.501  | 0.343  | 0.135  | 5.400 |
| DB126  | 1.333  | 1.102  | 0.718  | 0.354 | 0.190  | 0.238  | 0.423  | 0.553  | 0.490  | 5.400 |
| DB134  | 1.002  | 0.901  | 0.853  | 0.815 | 0.745  | 0.608  | 0.354  | 0.138  | -0.017 | 5.400 |
| DB135  | 1.016  | 0.873  | 0.764  | 0.646 | 0.539  | 0.556  | 0.538  | 0.347  | 0.121  | 5.400 |
| DB136  | 1.029  | 0.873  | 0.736  | 0.562 | 0.371  | 0.337  | 0.460  | 0.557  | 0.476  | 5.400 |
| DB145  | 0.897  | 0.587  | 0.378  | 0.430 | 0.704  | 0.932  | 0.840  | 0.497  | 0.133  | 5.400 |
| DB146  | 0.910  | 0.587  | 0.350  | 0.345 | 0.536  | 0.713  | 0.762  | 0.707  | 0.488  | 5.400 |
| DB156  | 0.924  | 0.559  | 0.261  | 0.177 | 0.330  | 0.661  | 0.946  | 0.917  | 0.626  | 5.400 |
| DB234  | 0.457  | 0.861  | 1.082  | 1.024 | 0.861  | 0.651  | 0.360  | 0.130  | -0.026 | 5.400 |
| DB235  | 0.471  | 0.833  | 0.992  | 0.856 | 0.655  | 0.599  | 0.544  | 0.340  | 0.112  | 5.400 |
| DB236  | 0.484  | 0.833  | 0.964  | 0.771 | 0.487  | 0.380  | 0.466  | 0.550  | 0.466  | 5.400 |
| DB245  | 0.352  | 0.548  | 0.607  | 0.639 | 0.819  | 0.975  | 0.846  | 0.490  | 0.124  | 5.400 |
| DB246  | 0.365  | 0.547  | 0.579  | 0.555 | 0.652  | 0.756  | 0.768  | 0.700  | 0.479  | 5.400 |
| DB256  | 0.379  | 0.519  | 0.489  | 0.386 | 0.445  | 0.704  | 0.952  | 0.909  | 0.616  | 5.400 |
| DB345  | 0.048  | 0.318  | 0.624  | 0.847 | 1.001  | 1.074  | 0.883  | 0.494  | 0.110  | 5.400 |
| DB346  | 0.061  | 0.318  | 0.596  | 0.762 | 0.833  | 0.856  | 0.805  | 0.704  | 0.465  | 5.400 |
| DB356  | 0.075  | 0.290  | 0.507  | 0.594 | 0.627  | 0.804  | 0.989  | 0.913  | 0.602  | 5.400 |
| DB456  | -0.044 | 0.004  | 0.121  | 0.378 | 0.791  | 1.180  | 1.291  | 1.063  | 0.615  | 5.400 |
| DB1234 | 1.164  | 1.197  | 1.109  | 0.908 | 0.714  | 0.528  | 0.291  | 0.107  | -0.017 | 6.000 |
| DB1235 | 1.175  | 1.173  | 1.034  | 0.768 | 0.542  | 0.484  | 0.444  | 0.281  | 0.098  | 6.000 |
| DB1236 | 1.186  | 1.173  | 1.011  | 0.697 | 0.402  | 0.302  | 0.379  | 0.456  | 0.394  | 6.000 |
| DB1245 | 1.077  | 0.935  | 0.713  | 0.587 | 0.679  | 0.798  | 0.696  | 0.407  | 0.108  | 6.000 |
| DB1246 | 1.087  | 0.935  | 0.690  | 0.517 | 0.539  | 0.615  | 0.631  | 0.582  | 0.404  | 6.000 |
| DB1256 | 1.099  | 0.912  | 0.615  | 0.377 | 0.367  | 0.572  | 0.784  | 0.756  | 0.518  | 6.000 |
| DB1345 | 0.823  | 0.744  | 0.728  | 0.761 | 0.830  | 0.881  | 0.727  | 0.410  | 0.097  | 6.000 |

|          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DB1346   | 0.834 | 0.744 | 0.704 | 0.690 | 0.691 | 0.698 | 0.662 | 0.585 | 0.392 | 6.000 |
| DB1356   | 0.845 | 0.721 | 0.630 | 0.550 | 0.519 | 0.655 | 0.815 | 0.759 | 0.507 | 6.000 |
| DB1456   | 0.747 | 0.483 | 0.309 | 0.369 | 0.656 | 0.969 | 1.066 | 0.885 | 0.517 | 6.000 |
| DB2345   | 0.369 | 0.711 | 0.918 | 0.935 | 0.927 | 0.916 | 0.731 | 0.404 | 0.089 | 6.000 |
| DB2346   | 0.380 | 0.711 | 0.895 | 0.864 | 0.787 | 0.734 | 0.666 | 0.579 | 0.384 | 6.000 |
| DB2356   | 0.391 | 0.687 | 0.820 | 0.724 | 0.615 | 0.691 | 0.819 | 0.753 | 0.499 | 6.000 |
| DB2456   | 0.292 | 0.450 | 0.499 | 0.544 | 0.752 | 1.004 | 1.071 | 0.879 | 0.509 | 6.000 |
| DB3456   | 0.039 | 0.259 | 0.513 | 0.717 | 0.903 | 1.087 | 1.102 | 0.882 | 0.498 | 6.000 |
| DB12345  | 1.152 | 1.190 | 1.126 | 0.990 | 0.923 | 0.902 | 0.722 | 0.402 | 0.094 | 7.500 |
| DB12346  | 1.163 | 1.190 | 1.102 | 0.919 | 0.783 | 0.719 | 0.657 | 0.577 | 0.389 | 7.500 |
| DB12356  | 1.174 | 1.166 | 1.028 | 0.779 | 0.611 | 0.676 | 0.810 | 0.752 | 0.504 | 7.500 |
| DB12456  | 1.075 | 0.929 | 0.706 | 0.599 | 0.748 | 0.990 | 1.062 | 0.877 | 0.514 | 7.500 |
| DB13456  | 0.822 | 0.738 | 0.721 | 0.772 | 0.900 | 1.073 | 1.093 | 0.880 | 0.503 | 7.500 |
| DB23456  | 0.368 | 0.704 | 0.911 | 0.946 | 0.996 | 1.108 | 1.097 | 0.874 | 0.495 | 7.500 |
| DB123456 | 1.151 | 1.183 | 1.119 | 1.001 | 0.992 | 1.093 | 1.088 | 0.872 | 0.500 | 9.000 |

(2) DL하중

|       | G1     | G2     | G3     | G4    | G5     | G6     | G7     | G8     | G9     | 합계    |
|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| DL1   | 0.521  | 0.322  | 0.138  | 0.036 | -0.003 | -0.010 | -0.006 | -0.001 | 0.003  | 1.000 |
| DL2   | 0.212  | 0.303  | 0.270  | 0.152 | 0.060  | 0.012  | -0.004 | -0.005 | -0.002 | 1.000 |
| DL3   | 0.045  | 0.168  | 0.281  | 0.274 | 0.162  | 0.067  | 0.016  | -0.004 | -0.010 | 1.000 |
| DL4   | -0.016 | 0.010  | 0.058  | 0.146 | 0.258  | 0.286  | 0.185  | 0.078  | -0.006 | 1.000 |
| DL5   | -0.008 | -0.005 | 0.010  | 0.052 | 0.138  | 0.253  | 0.297  | 0.196  | 0.068  | 1.000 |
| DL6   | -0.001 | -0.005 | -0.005 | 0.006 | 0.045  | 0.127  | 0.247  | 0.322  | 0.264  | 1.000 |
| DL12  | 0.734  | 0.625  | 0.409  | 0.188 | 0.057  | 0.002  | -0.010 | -0.006 | 0.001  | 2.000 |
| DL13  | 0.567  | 0.490  | 0.420  | 0.310 | 0.158  | 0.057  | 0.010  | -0.005 | -0.006 | 2.000 |
| DL14  | 0.505  | 0.332  | 0.197  | 0.182 | 0.255  | 0.276  | 0.179  | 0.077  | -0.002 | 2.000 |
| DL15  | 0.513  | 0.317  | 0.148  | 0.088 | 0.135  | 0.243  | 0.290  | 0.195  | 0.071  | 2.000 |
| DL16  | 0.521  | 0.317  | 0.133  | 0.042 | 0.041  | 0.117  | 0.241  | 0.321  | 0.267  | 2.000 |
| DL22  | 0.425  | 0.607  | 0.541  | 0.304 | 0.120  | 0.025  | -0.008 | -0.011 | -0.004 | 2.000 |
| DL24  | 0.196  | 0.313  | 0.329  | 0.299 | 0.318  | 0.299  | 0.181  | 0.073  | -0.007 | 2.000 |
| DL25  | 0.205  | 0.298  | 0.280  | 0.204 | 0.198  | 0.265  | 0.293  | 0.191  | 0.066  | 2.000 |
| DL26  | 0.212  | 0.299  | 0.265  | 0.158 | 0.104  | 0.139  | 0.243  | 0.317  | 0.262  | 2.000 |
| DL34  | 0.029  | 0.178  | 0.340  | 0.420 | 0.420  | 0.353  | 0.201  | 0.074  | -0.015 | 2.000 |
| DL35  | 0.037  | 0.163  | 0.291  | 0.326 | 0.299  | 0.320  | 0.313  | 0.192  | 0.058  | 2.000 |
| DL36  | 0.045  | 0.164  | 0.276  | 0.280 | 0.206  | 0.194  | 0.263  | 0.318  | 0.254  | 2.000 |
| DL45  | -0.024 | 0.005  | 0.068  | 0.199 | 0.396  | 0.539  | 0.482  | 0.274  | 0.062  | 2.000 |
| DL46  | -0.017 | 0.005  | 0.053  | 0.153 | 0.303  | 0.413  | 0.432  | 0.400  | 0.258  | 2.000 |
| DL56  | -0.008 | -0.010 | 0.004  | 0.058 | 0.182  | 0.380  | 0.544  | 0.518  | 0.332  | 2.000 |
| DL123 | 0.701  | 0.714  | 0.621  | 0.416 | 0.197  | 0.062  | 0.005  | -0.009 | -0.007 | 2.700 |
| DL124 | 0.646  | 0.572  | 0.420  | 0.301 | 0.283  | 0.260  | 0.157  | 0.064  | -0.004 | 2.700 |
| DL125 | 0.653  | 0.558  | 0.376  | 0.216 | 0.175  | 0.230  | 0.258  | 0.171  | 0.063  | 2.700 |
| DL126 | 0.660  | 0.559  | 0.363  | 0.175 | 0.091  | 0.116  | 0.213  | 0.284  | 0.239  | 2.700 |
| DL134 | 0.495  | 0.450  | 0.430  | 0.411 | 0.375  | 0.309  | 0.175  | 0.066  | -0.011 | 2.700 |
| DL135 | 0.503  | 0.437  | 0.386  | 0.326 | 0.267  | 0.279  | 0.276  | 0.172  | 0.056  | 2.700 |
| DL136 | 0.509  | 0.437  | 0.373  | 0.284 | 0.183  | 0.165  | 0.231  | 0.285  | 0.232  | 2.700 |
| DL145 | 0.448  | 0.294  | 0.186  | 0.211 | 0.353  | 0.476  | 0.428  | 0.245  | 0.059  | 2.700 |
| DL146 | 0.454  | 0.294  | 0.172  | 0.170 | 0.270  | 0.362  | 0.383  | 0.359  | 0.235  | 2.700 |
| DL156 | 0.462  | 0.281  | 0.128  | 0.085 | 0.161  | 0.333  | 0.484  | 0.465  | 0.302  | 2.700 |
| DL234 | 0.218  | 0.433  | 0.549  | 0.515 | 0.432  | 0.329  | 0.177  | 0.062  | -0.015 | 2.700 |
| DL235 | 0.225  | 0.420  | 0.505  | 0.430 | 0.323  | 0.299  | 0.278  | 0.168  | 0.051  | 2.700 |

|          |        |       |       |       |       |       |       |       |        |       |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| DL236    | 0.231  | 0.420 | 0.492 | 0.389 | 0.239 | 0.185 | 0.233 | 0.282 | 0.227  | 2.700 |
| DL245    | 0.170  | 0.277 | 0.305 | 0.316 | 0.410 | 0.496 | 0.430 | 0.242 | 0.055  | 2.700 |
| DL246    | 0.176  | 0.278 | 0.291 | 0.274 | 0.326 | 0.383 | 0.385 | 0.355 | 0.231  | 2.700 |
| DL256    | 0.184  | 0.264 | 0.247 | 0.189 | 0.218 | 0.353 | 0.486 | 0.461 | 0.297  | 2.700 |
| DL345    | 0.019  | 0.156 | 0.314 | 0.425 | 0.502 | 0.545 | 0.448 | 0.243 | 0.048  | 2.700 |
| DL346    | 0.026  | 0.156 | 0.301 | 0.384 | 0.418 | 0.432 | 0.403 | 0.356 | 0.224  | 2.700 |
| DL356    | 0.033  | 0.143 | 0.257 | 0.299 | 0.310 | 0.402 | 0.504 | 0.463 | 0.290  | 2.700 |
| DL456    | -0.022 | 0.000 | 0.057 | 0.184 | 0.396 | 0.599 | 0.656 | 0.536 | 0.294  | 2.700 |
| DL1234   | 0.572  | 0.603 | 0.561 | 0.456 | 0.357 | 0.267 | 0.143 | 0.051 | -0.010 | 3.000 |
| DL1235   | 0.578  | 0.592 | 0.525 | 0.386 | 0.267 | 0.242 | 0.227 | 0.139 | 0.045  | 3.000 |
| DL1236   | 0.584  | 0.592 | 0.514 | 0.351 | 0.197 | 0.147 | 0.190 | 0.234 | 0.192  | 3.000 |
| DL1245   | 0.532  | 0.473 | 0.357 | 0.290 | 0.339 | 0.406 | 0.354 | 0.201 | 0.048  | 3.000 |
| DL1246   | 0.538  | 0.473 | 0.347 | 0.255 | 0.270 | 0.311 | 0.316 | 0.295 | 0.195  | 3.000 |
| DL1256   | 0.544  | 0.462 | 0.310 | 0.185 | 0.179 | 0.286 | 0.400 | 0.384 | 0.250  | 3.000 |
| DL1345   | 0.407  | 0.371 | 0.366 | 0.381 | 0.416 | 0.447 | 0.368 | 0.202 | 0.042  | 3.000 |
| DL1346   | 0.412  | 0.372 | 0.355 | 0.347 | 0.346 | 0.352 | 0.331 | 0.296 | 0.189  | 3.000 |
| DL1356   | 0.419  | 0.360 | 0.318 | 0.276 | 0.256 | 0.327 | 0.415 | 0.385 | 0.244  | 3.000 |
| DL1456   | 0.373  | 0.242 | 0.151 | 0.180 | 0.328 | 0.492 | 0.542 | 0.446 | 0.247  | 3.000 |
| DL2345   | 0.175  | 0.357 | 0.465 | 0.469 | 0.463 | 0.464 | 0.370 | 0.199 | 0.038  | 3.000 |
| DL2346   | 0.181  | 0.358 | 0.454 | 0.434 | 0.393 | 0.369 | 0.333 | 0.293 | 0.185  | 3.000 |
| DL2356   | 0.187  | 0.347 | 0.417 | 0.363 | 0.303 | 0.344 | 0.417 | 0.382 | 0.240  | 3.000 |
| DL2456   | 0.141  | 0.228 | 0.250 | 0.268 | 0.375 | 0.509 | 0.544 | 0.443 | 0.243  | 3.000 |
| DL3456   | 0.016  | 0.126 | 0.258 | 0.359 | 0.452 | 0.549 | 0.558 | 0.444 | 0.238  | 3.000 |
| DL12345  | 0.566  | 0.599 | 0.569 | 0.495 | 0.461 | 0.456 | 0.366 | 0.198 | 0.041  | 3.750 |
| DL12346  | 0.572  | 0.599 | 0.558 | 0.461 | 0.391 | 0.362 | 0.328 | 0.292 | 0.188  | 3.750 |
| DL12356  | 0.578  | 0.588 | 0.521 | 0.390 | 0.300 | 0.337 | 0.412 | 0.381 | 0.243  | 3.750 |
| DL12456  | 0.532  | 0.469 | 0.354 | 0.294 | 0.373 | 0.501 | 0.539 | 0.442 | 0.246  | 3.750 |
| DL13456  | 0.407  | 0.368 | 0.362 | 0.386 | 0.449 | 0.542 | 0.554 | 0.443 | 0.240  | 3.750 |
| DL23456  | 0.175  | 0.354 | 0.461 | 0.473 | 0.496 | 0.559 | 0.556 | 0.440 | 0.236  | 3.750 |
| DL123456 | 0.566  | 0.595 | 0.565 | 0.500 | 0.494 | 0.551 | 0.551 | 0.439 | 0.239  | 4.500 |

## 8. 설계 단면력 집계

### 8.1 시간중양부의 휨모멘트 집계(kN · m)

| 구 분      | G1      | G2~G8   | G9      | 저 항 단 면   | 비 고 |
|----------|---------|---------|---------|-----------|-----|
| 거더 자중    | 8215.5  | 8215.5  | 8215.5  | 순 단 면     |     |
| 합성전 고정하중 | 5133.5  | 5514.7  | 5133.5  | PS강재 환산단면 |     |
| 합성후 고정하중 | 2561.3  | 2865.1  | 2883.3  | 바닥판 합성단면  |     |
| DB 활하중   | 4230.6  | 3543.7  | 4223.7  |           |     |
| DL 활하중   | 4552.4  | 3760.9  | 4543.8  |           |     |
| 균중하중     | 0.0     | 0.0     | 0.0     |           |     |
| MAX      | 4552.4  | 3760.9  | 4543.8  |           |     |
| 합 계      | 20462.7 | 20356.2 | 20776.1 |           |     |

### 8.2 시간지점부의 전단력 집계(kN)

| 구 분      | G1     | G2~G8  | G9     | 저 항 단 면   | 비 고 |
|----------|--------|--------|--------|-----------|-----|
| 거더 자중    | 725.9  | 725.9  | 725.9  | 순 단 면     |     |
| 합성전 고정하중 | 407.7  | 427.3  | 407.7  | PS강재 환산단면 |     |
| 합성후 고정하중 | 268.1  | 198.9  | 352.6  | 바닥판 합성단면  |     |
| DB 활하중   | 421.2  | 424.1  | 421.2  |           |     |
| DL 활하중   | 430.3  | 412.9  | 430.2  |           |     |
| 균중하중     | 0.0    | 0.0    | 0.0    |           |     |
| MAX      | 430.3  | 424.1  | 430.2  |           |     |
| 합 계      | 1832.0 | 1776.1 | 1916.4 |           |     |

### 8.3 반력종합

#### 8.3.1 S2 시점측(단위:kN)

| 위 치                   |       | G1       | G2       | G3       | G4       | G5       | G6       | G7       | G8       | G9       | 비 고   |
|-----------------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 자 중                   |       | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  |       |
| 거푸집                   |       | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    |       |
| 합성전                   |       | 437.988  | 480.769  | 480.769  | 480.769  | 480.769  | 480.769  | 480.769  | 480.769  | 437.988  |       |
| 합성후                   |       | 283.122  | 189.818  | 150.864  | 134.857  | 133.678  | 131.352  | 144.793  | 199.025  | 305.637  | -     |
|                       |       | 283.029  | 192.497  | 155.624  | 142.636  | 145.341  | 146.535  | 158.772  | 196.720  | 251.992  | 내측풍하중 |
|                       |       | 190.984  | 190.217  | 176.578  | 164.357  | 159.437  | 152.603  | 160.278  | 202.052  | 276.640  | 외측풍하중 |
| ADD                   |       | 1471.602 | 1421.079 | 1382.125 | 1366.118 | 1364.939 | 1362.613 | 1376.054 | 1430.286 | 1494.117 | -     |
|                       |       | 1471.509 | 1423.758 | 1386.885 | 1373.897 | 1376.602 | 1377.796 | 1390.033 | 1427.981 | 1440.472 | 내측풍하중 |
|                       |       | 1379.464 | 1421.478 | 1407.839 | 1395.618 | 1390.698 | 1383.864 | 1391.539 | 1433.313 | 1465.120 | 외측풍하중 |
| 우<br>측<br>편<br>재<br>하 | DB1   | 1.673    | 0.852    | 2.276    | 6.483    | 14.146   | 44.022   | 104.519  | 196.431  | 275.893  |       |
|                       | DB2   | 0.487    | 3.587    | 8.202    | 21.483   | 50.234   | 98.684   | 154.548  | 173.723  | 141.634  |       |
|                       | DB3   | 2.443    | 9.611    | 24.351   | 54.847   | 101.338  | 150.285  | 154.297  | 108.944  | 55.526   |       |
|                       | DB4   | 21.385   | 63.157   | 112.807  | 154.374  | 143.326  | 94.520   | 49.932   | 20.764   | 7.174    |       |
|                       | DB5   | 69.837   | 122.597  | 161.049  | 141.776  | 89.787   | 46.395   | 19.368   | 7.334    | 1.957    |       |
|                       | DB6   | 167.424  | 181.275  | 146.661  | 86.560   | 41.414   | 16.584   | 6.578    | 2.347    | 0.383    |       |
|                       | DB12  | 1.067    | 3.894    | 9.856    | 23.328   | 62.756   | 142.263  | 258.751  | 369.977  | 417.429  |       |
|                       | DB13  | 2.129    | 9.493    | 23.118   | 56.370   | 113.657  | 193.736  | 258.432  | 305.182  | 331.245  |       |
|                       | DB14  | 20.983   | 62.381   | 111.396  | 155.797  | 155.560  | 137.647  | 153.358  | 215.740  | 275.669  |       |
|                       | DB15  | 70.784   | 122.090  | 159.836  | 143.279  | 101.985  | 89.523   | 122.938  | 200.957  | 273.664  |       |
|                       | DB16  | 168.414  | 180.861  | 145.474  | 88.010   | 53.499   | 59.674   | 108.413  | 196.280  | 275.197  |       |
|                       | DB22  | 0.975    | 7.175    | 16.405   | 42.988   | 100.467  | 197.365  | 309.073  | 347.422  | 283.261  |       |
|                       | DB24  | 21.086   | 64.098   | 119.194  | 175.481  | 193.302  | 192.784  | 203.714  | 193.173  | 141.497  |       |
|                       | DB25  | 68.670   | 123.451  | 167.414  | 162.867  | 139.706  | 144.638  | 173.253  | 178.338  | 139.434  |       |
|                       | DB26  | 166.296  | 182.200  | 153.051  | 107.599  | 91.241   | 114.791  | 158.729  | 173.662  | 140.968  |       |
|                       | DB34  | 23.362   | 71.201   | 136.857  | 209.025  | 244.539  | 244.458  | 203.490  | 128.406  | 55.444   |       |
|                       | DB35  | 67.377   | 129.982  | 184.723  | 196.258  | 190.912  | 196.301  | 172.964  | 113.490  | 53.290   |       |
|                       | DB36  | 165.008  | 188.754  | 170.363  | 140.991  | 142.448  | 166.455  | 158.441  | 108.814  | 54.823   |       |
|                       | DB45  | 89.857   | 185.498  | 273.721  | 296.056  | 233.016  | 140.729  | 69.019   | 26.050   | 8.721    |       |
|                       | DB46  | 187.397  | 244.193  | 259.295  | 240.754  | 184.499  | 110.733  | 54.166   | 20.783   | 6.935    |       |
|                       | DB56  | 237.207  | 303.864  | 307.647  | 228.246  | 131.076  | 62.774   | 23.863   | 9.442    | 2.134    |       |
|                       | DB123 | 2.228    | 11.630   | 26.940   | 69.969   | 147.427  | 263.120  | 371.660  | 431.012  | 425.561  |       |
|                       | DB124 | 18.606   | 57.124   | 106.122  | 159.273  | 185.050  | 212.596  | 277.080  | 350.462  | 375.489  |       |
|                       | DB125 | 62.790   | 110.751  | 149.644  | 147.985  | 136.820  | 169.297  | 249.704  | 337.153  | 373.656  |       |
|                       | DB126 | 150.659  | 163.630  | 136.720  | 98.236   | 93.197   | 142.431  | 236.608  | 332.938  | 375.040  |       |
|                       | DB134 | 20.656   | 63.519   | 122.028  | 189.477  | 231.163  | 259.121  | 276.888  | 292.181  | 298.048  |       |
|                       | DB135 | 61.620   | 116.629  | 165.229  | 178.049  | 182.901  | 215.789  | 249.430  | 278.796  | 296.130  |       |
|                       | DB136 | 149.493  | 169.531  | 152.307  | 128.301  | 139.279  | 188.903  | 236.354  | 274.581  | 297.515  |       |
|                       | DB145 | 81.582   | 166.393  | 245.149  | 267.753  | 220.702  | 165.334  | 154.924  | 198.359  | 246.229  |       |
|                       | DB146 | 169.449  | 219.272  | 232.204  | 218.024  | 177.081  | 138.471  | 141.831  | 194.167  | 247.617  |       |
|                       | DB156 | 214.285  | 273.002  | 275.788  | 206.741  | 128.852  | 95.172   | 114.442  | 180.848  | 245.794  |       |
|                       | DB234 | 20.939   | 65.100   | 129.068  | 207.206  | 265.142  | 308.735  | 322.207  | 271.866  | 177.279  |       |
|                       | DB235 | 59.709   | 117.856  | 172.050  | 195.661  | 216.858  | 265.381  | 294.710  | 258.434  | 175.327  |       |
|                       | DB236 | 147.579  | 170.737  | 159.128  | 145.935  | 173.239  | 238.519  | 281.635  | 254.218  | 176.690  |       |
|                       | DB245 | 79.689   | 167.601  | 251.949  | 285.386  | 254.661  | 214.949  | 200.207  | 177.999  | 125.427  |       |
|                       | DB246 | 167.534  | 220.477  | 239.023  | 235.636  | 211.039  | 188.085  | 187.113  | 173.807  | 126.815  |       |
|                       | DB256 | 212.375  | 274.231  | 282.612  | 224.378  | 162.816  | 144.792  | 159.750  | 160.513  | 124.998  |       |

|                       |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 우<br>측<br>편<br>재<br>하 | DB345    | 78.519  | 173.479 | 267.535 | 315.450 | 300.742 | 261.441 | 199.933 | 119.642 | 47.901  |  |
|                       | DB346    | 166.388 | 226.358 | 254.610 | 265.700 | 257.119 | 234.554 | 186.854 | 115.423 | 49.263  |  |
|                       | DB356    | 211.205 | 280.107 | 298.194 | 254.418 | 208.892 | 191.259 | 159.470 | 102.131 | 47.467  |  |
|                       | DB456    | 231.458 | 330.082 | 378.289 | 344.242 | 246.788 | 141.273 | 65.947  | 23.511  | 7.668   |  |
|                       | DB1234   | 17.136  | 53.760  | 106.593 | 173.782 | 230.163 | 289.863 | 346.619 | 373.747 | 354.510 |  |
|                       | DB1235   | 50.591  | 97.927  | 142.522 | 164.222 | 189.959 | 253.757 | 323.746 | 362.580 | 352.914 |  |
|                       | DB1236   | 123.799 | 141.988 | 131.744 | 122.784 | 153.604 | 231.369 | 312.835 | 359.058 | 354.055 |  |
|                       | DB1245   | 67.228  | 139.371 | 209.105 | 238.992 | 221.444 | 211.718 | 244.962 | 295.552 | 311.321 |  |
|                       | DB1246   | 140.439 | 183.453 | 198.328 | 197.535 | 185.090 | 189.332 | 234.073 | 292.033 | 312.464 |  |
|                       | DB1256   | 177.812 | 228.228 | 234.665 | 188.142 | 144.919 | 153.239 | 211.248 | 280.952 | 310.966 |  |
|                       | DB1345   | 66.253  | 144.270 | 222.094 | 264.046 | 259.859 | 250.445 | 244.750 | 246.901 | 246.721 |  |
|                       | DB1346   | 139.488 | 188.356 | 211.319 | 222.589 | 223.504 | 228.058 | 233.840 | 243.402 | 247.866 |  |
|                       | DB1356   | 176.837 | 233.126 | 247.653 | 213.196 | 183.314 | 191.987 | 211.037 | 232.320 | 246.348 |  |
|                       | DB1456   | 193.478 | 274.595 | 314.240 | 287.970 | 214.823 | 149.952 | 132.257 | 165.298 | 204.778 |  |
|                       | DB2345   | 64.671  | 145.303 | 227.785 | 278.740 | 288.156 | 291.788 | 282.482 | 229.946 | 146.039 |  |
|                       | DB2346   | 137.878 | 189.362 | 217.005 | 237.281 | 251.802 | 269.404 | 271.597 | 226.454 | 147.209 |  |
|                       | DB2356   | 175.248 | 234.134 | 253.318 | 227.886 | 211.609 | 233.329 | 248.770 | 215.369 | 145.689 |  |
|                       | DB2456   | 191.892 | 275.605 | 319.929 | 302.663 | 243.121 | 191.297 | 170.011 | 148.345 | 104.098 |  |
|                       | DB3456   | 190.913 | 280.498 | 332.891 | 327.689 | 281.508 | 230.016 | 169.773 | 99.690  | 39.496  |  |
|                       | DB12345  | 65.504  | 145.011 | 226.943 | 279.918 | 297.401 | 324.397 | 360.619 | 377.161 | 352.857 |  |
|                       | DB12346  | 138.711 | 189.069 | 216.161 | 238.456 | 261.021 | 301.987 | 349.728 | 373.662 | 354.003 |  |
|                       | DB12356  | 176.062 | 233.861 | 252.476 | 229.063 | 220.852 | 265.916 | 326.906 | 362.582 | 352.506 |  |
|                       | DB12456  | 192.698 | 275.304 | 319.059 | 303.814 | 252.359 | 223.880 | 248.145 | 295.558 | 310.915 |  |
|                       | DB13456  | 191.747 | 280.206 | 332.049 | 328.867 | 290.752 | 262.625 | 247.911 | 246.905 | 246.313 |  |
|                       | DB23456  | 190.137 | 281.212 | 337.734 | 343.558 | 319.048 | 303.947 | 285.663 | 229.951 | 145.633 |  |
|                       | DB123456 | 190.973 | 280.941 | 336.872 | 344.735 | 328.291 | 336.556 | 363.800 | 377.166 | 352.451 |  |
|                       | DL1      | 1.641   | 1.044   | 2.855   | 8.255   | 18.176  | 49.022  | 106.619 | 192.651 | 278.149 |  |
|                       | DL2      | 0.531   | 4.471   | 10.403  | 24.317  | 51.618  | 96.024  | 147.267 | 168.507 | 147.927 |  |
|                       | DL3      | 2.937   | 12.169  | 27.158  | 55.844  | 97.407  | 141.260 | 145.351 | 106.992 | 62.207  |  |
|                       | DL4      | 27.308  | 65.019  | 108.074 | 145.096 | 134.492 | 91.211  | 51.175  | 23.851  | 8.912   |  |
|                       | DL5      | 77.170  | 119.400 | 152.481 | 133.140 | 86.843  | 47.888  | 22.044  | 9.212   | 2.323   |  |
|                       | DL6      | 174.615 | 175.161 | 140.582 | 85.119  | 43.346  | 19.369  | 8.301   | 2.883   | 0.400   |  |
|                       | DL12     | 1.056   | 4.789   | 12.407  | 28.401  | 67.969  | 144.395 | 253.477 | 360.950 | 425.999 |  |
|                       | DL13     | 2.447   | 11.928  | 26.630  | 59.581  | 113.500 | 189.503 | 251.472 | 299.408 | 340.133 |  |
|                       | DL14     | 26.424  | 64.087  | 107.283 | 148.687 | 150.469 | 139.021 | 156.360 | 214.564 | 279.618 |  |
|                       | DL15     | 77.857  | 118.893 | 151.980 | 136.783 | 102.763 | 95.715  | 127.406 | 198.855 | 276.229 |  |
|                       | DL16     | 175.303 | 174.711 | 140.140 | 88.720  | 59.149  | 67.114  | 112.131 | 193.110 | 277.291 |  |
|                       | DL22     | 1.061   | 8.938   | 20.799  | 48.625  | 103.192 | 192.007 | 294.532 | 337.018 | 295.897 |  |
|                       | DL24     | 26.753  | 66.916  | 116.462 | 168.880 | 185.740 | 186.667 | 197.461 | 190.624 | 149.509 |  |
|                       | DL25     | 75.856  | 121.243 | 160.861 | 156.882 | 138.010 | 143.336 | 168.453 | 174.846 | 146.042 |  |
|                       | DL26     | 173.294 | 177.048 | 148.972 | 108.770 | 94.350  | 114.723 | 153.170 | 169.097 | 147.103 |  |
|                       | DL34     | 29.553  | 75.466  | 134.767 | 200.717 | 231.725 | 232.016 | 195.590 | 129.150 | 63.824  |  |
|                       | DL35     | 75.077  | 129.011 | 178.688 | 188.474 | 183.942 | 188.634 | 166.493 | 113.236 | 60.272  |  |
|                       | DL36     | 172.569 | 184.836 | 166.850 | 140.408 | 140.291 | 160.025 | 151.207 | 107.477 | 61.288  |  |
|                       | DL45     | 101.880 | 183.860 | 260.189 | 278.043 | 221.186 | 138.856 | 72.858  | 31.012  | 10.615  |  |
|                       | DL46     | 199.211 | 239.581 | 248.266 | 229.938 | 177.533 | 110.065 | 57.161  | 24.504  | 8.434   |  |
|                       | DL56     | 251.714 | 294.556 | 293.008 | 218.136 | 130.021 | 66.968  | 28.400  | 11.762  | 2.428   |  |

|                       |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 우<br>측<br>편<br>재<br>하 | DL123    | 2.478   | 14.524  | 32.016  | 75.289  | 148.434 | 256.844 | 358.791 | 421.138 | 439.210 |  |
|                       | DL124    | 23.522  | 59.598  | 104.299 | 155.296 | 181.620 | 211.386 | 273.223 | 344.726 | 384.662 |  |
|                       | DL125    | 69.050  | 108.773 | 144.425 | 144.568 | 138.695 | 172.394 | 247.152 | 330.542 | 381.590 |  |
|                       | DL126    | 156.785 | 159.009 | 133.748 | 101.296 | 99.398  | 146.647 | 233.380 | 325.383 | 382.555 |  |
|                       | DL134    | 26.039  | 67.276  | 120.791 | 183.933 | 223.000 | 252.226 | 271.537 | 289.371 | 307.574 |  |
|                       | DL135    | 68.355  | 115.748 | 160.493 | 173.020 | 180.035 | 213.197 | 245.395 | 275.130 | 304.404 |  |
|                       | DL136    | 156.101 | 166.024 | 149.823 | 129.751 | 140.738 | 187.445 | 231.611 | 269.921 | 305.313 |  |
|                       | DL145    | 92.144  | 164.852 | 233.605 | 253.517 | 213.455 | 167.843 | 159.831 | 198.829 | 250.043 |  |
|                       | DL146    | 179.834 | 215.078 | 222.921 | 210.241 | 174.155 | 142.064 | 146.092 | 193.672 | 251.011 |  |
|                       | DL156    | 227.051 | 264.600 | 263.265 | 199.574 | 131.251 | 103.127 | 120.065 | 179.542 | 247.998 |  |
|                       | DL234    | 26.332  | 69.817  | 129.034 | 202.122 | 254.746 | 295.089 | 308.536 | 267.842 | 190.485 |  |
|                       | DL235    | 66.554  | 117.886 | 168.462 | 191.053 | 211.718 | 256.059 | 282.336 | 253.499 | 187.235 |  |
|                       | DL236    | 154.289 | 168.124 | 157.786 | 147.783 | 172.453 | 230.280 | 268.562 | 248.337 | 188.198 |  |
|                       | DL245    | 90.334  | 166.954 | 241.570 | 271.581 | 245.137 | 210.674 | 196.775 | 177.233 | 132.882 |  |
|                       | DL246    | 178.024 | 217.184 | 230.893 | 228.315 | 205.882 | 184.939 | 183.045 | 172.083 | 133.853 |  |
|                       | DL256    | 225.240 | 266.702 | 271.230 | 217.638 | 162.934 | 145.958 | 157.009 | 157.947 | 130.837 |  |
|                       | DL345    | 89.648  | 173.964 | 257.639 | 299.999 | 286.473 | 251.470 | 195.008 | 121.781 | 55.685  |  |
|                       | DL346    | 177.383 | 224.204 | 246.968 | 256.735 | 247.217 | 225.732 | 181.273 | 116.620 | 56.611  |  |
|                       | DL356    | 224.557 | 273.716 | 287.305 | 246.093 | 204.274 | 186.756 | 155.239 | 102.485 | 53.596  |  |
|                       | DL456    | 248.690 | 323.079 | 360.663 | 326.717 | 237.815 | 141.987 | 70.976  | 28.565  | 9.196   |  |
|                       | DL1234   | 21.473  | 57.644  | 107.058 | 171.168 | 224.317 | 282.052 | 336.701 | 367.507 | 367.158 |  |
|                       | DL1235   | 56.134  | 97.952  | 140.094 | 162.050 | 188.487 | 249.534 | 314.890 | 355.584 | 364.499 |  |
|                       | DL1236   | 129.237 | 139.814 | 131.186 | 125.982 | 155.780 | 228.087 | 303.415 | 351.273 | 365.293 |  |
|                       | DL1245   | 75.902  | 138.810 | 200.990 | 229.119 | 216.363 | 211.733 | 243.607 | 292.042 | 319.211 |  |
|                       | DL1246   | 149.022 | 180.715 | 192.123 | 193.056 | 183.625 | 190.284 | 232.129 | 287.728 | 320.004 |  |
|                       | DL1256   | 188.375 | 221.954 | 225.729 | 184.194 | 147.846 | 157.822 | 210.432 | 275.947 | 317.504 |  |
|                       | DL1345   | 75.352  | 144.666 | 214.404 | 252.823 | 250.803 | 245.727 | 242.146 | 245.839 | 254.855 |  |
|                       | DL1346   | 148.456 | 186.530 | 205.498 | 216.787 | 218.064 | 224.279 | 230.669 | 241.526 | 255.648 |  |
|                       | DL1356   | 187.819 | 227.803 | 239.105 | 207.892 | 182.281 | 191.813 | 208.969 | 229.744 | 253.149 |  |
|                       | DL1456   | 207.604 | 268.707 | 300.045 | 274.970 | 210.162 | 154.012 | 137.680 | 166.162 | 207.849 |  |
|                       | DL2345   | 73.854  | 146.413 | 221.032 | 267.870 | 277.220 | 281.434 | 272.909 | 227.815 | 157.239 |  |
|                       | DL2346   | 146.974 | 188.319 | 212.165 | 231.806 | 244.482 | 259.985 | 261.431 | 223.502 | 158.033 |  |
|                       | DL2356   | 186.282 | 229.547 | 245.764 | 222.943 | 208.704 | 227.527 | 239.741 | 211.760 | 155.544 |  |
|                       | DL2456   | 206.113 | 270.461 | 306.712 | 290.027 | 236.590 | 189.731 | 168.490 | 148.185 | 110.250 |  |
|                       | DL3456   | 205.556 | 276.310 | 320.087 | 313.722 | 271.021 | 223.717 | 166.989 | 101.975 | 45.889  |  |
|                       | DL12345  | 74.495  | 146.144 | 220.734 | 270.699 | 289.282 | 317.603 | 352.517 | 372.153 | 365.718 |  |
|                       | DL12346  | 147.603 | 188.010 | 211.862 | 234.634 | 256.546 | 296.159 | 341.077 | 367.846 | 366.517 |  |
|                       | DL12356  | 186.957 | 229.251 | 245.471 | 225.779 | 220.806 | 263.704 | 319.385 | 356.097 | 363.984 |  |
|                       | DL12456  | 206.742 | 270.152 | 306.408 | 292.851 | 248.649 | 225.897 | 248.092 | 292.513 | 318.684 |  |
|                       | DL13456  | 206.186 | 276.001 | 319.783 | 316.546 | 283.081 | 259.885 | 246.597 | 246.314 | 254.367 |  |
|                       | DL23456  | 204.694 | 277.755 | 326.450 | 331.603 | 309.508 | 295.602 | 277.401 | 228.326 | 156.723 |  |
|                       | DL123456 | 205.323 | 277.447 | 326.146 | 334.427 | 321.565 | 331.767 | 357.002 | 372.625 | 365.191 |  |
| 좌<br>측<br>편<br>재<br>하 | DB1      | 278.410 | 192.716 | 104.662 | 43.470  | 14.029  | 6.423   | 2.232   | 0.711   | 1.658   |  |
|                       | DB2      | 143.462 | 172.471 | 154.846 | 98.165  | 49.952  | 21.305  | 8.019   | 3.075   | 0.536   |  |
|                       | DB3      | 56.398  | 109.220 | 154.843 | 149.999 | 101.018 | 54.571  | 23.959  | 8.778   | 2.576   |  |
|                       | DB4      | 7.034   | 21.723  | 50.494  | 94.789  | 143.512 | 154.371 | 112.143 | 62.298  | 21.148  |  |
|                       | DB5      | 1.842   | 8.114   | 19.715  | 46.658  | 90.116  | 142.126 | 160.552 | 122.553 | 68.773  |  |

|                       |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|-----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 좌<br>측<br>편<br>재<br>하 | DB6    | 0.349   | 2.784   | 6.725   | 16.737  | 41.669  | 87.098  | 146.406 | 182.958 | 165.426 |  |
|                       | DB12   | 421.765 | 364.996 | 259.184 | 141.187 | 62.348  | 23.092  | 9.646   | 3.239   | 1.100   |  |
|                       | DB13   | 334.617 | 301.723 | 259.112 | 192.892 | 113.209 | 56.029  | 22.699  | 8.508   | 2.255   |  |
|                       | DB14   | 277.995 | 213.082 | 154.049 | 137.362 | 155.616 | 155.730 | 110.708 | 61.372  | 20.751  |  |
|                       | DB15   | 276.016 | 198.055 | 123.419 | 89.232  | 102.185 | 143.566 | 159.313 | 121.917 | 69.718  |  |
|                       | DB16   | 277.642 | 192.979 | 108.697 | 59.277  | 53.629  | 88.484  | 145.192 | 182.420 | 166.416 |  |
|                       | DB22   | 286.918 | 344.918 | 309.667 | 196.328 | 99.903  | 42.631  | 16.040  | 6.152   | 1.073   |  |
|                       | DB24   | 143.143 | 192.998 | 204.567 | 192.539 | 193.202 | 175.295 | 118.349 | 62.733  | 20.928  |  |
|                       | DB25   | 141.105 | 177.920 | 173.894 | 144.387 | 139.751 | 163.033 | 166.735 | 122.887 | 67.690  |  |
|                       | DB26   | 142.730 | 172.844 | 159.173 | 114.433 | 91.216  | 107.952 | 152.614 | 183.368 | 164.383 |  |
|                       | DB34   | 56.138  | 129.760 | 204.592 | 244.448 | 244.402 | 208.746 | 135.803 | 69.511  | 23.276  |  |
|                       | DB35   | 54.004  | 114.602 | 173.853 | 196.283 | 190.920 | 196.328 | 183.839 | 129.034 | 66.486  |  |
|                       | DB36   | 55.630  | 109.527 | 159.132 | 166.330 | 142.386 | 141.249 | 169.720 | 189.537 | 163.183 |  |
|                       | DB45   | 8.448   | 27.782  | 69.929  | 141.262 | 233.530 | 296.403 | 272.561 | 184.572 | 88.565  |  |
|                       | DB46   | 6.737   | 22.171  | 54.875  | 111.163 | 184.943 | 241.289 | 258.378 | 244.998 | 185.176 |  |
|                       | DB56   | 1.979   | 10.659  | 24.357  | 63.195  | 131.662 | 229.135 | 306.895 | 305.508 | 234.150 |  |
|                       | DB123  | 430.238 | 426.770 | 372.540 | 261.893 | 146.769 | 69.498  | 26.398  | 10.284  | 2.389   |  |
|                       | DB124  | 379.222 | 346.943 | 277.969 | 211.873 | 184.844 | 159.046 | 105.337 | 55.762  | 18.463  |  |
|                       | DB125  | 377.411 | 333.415 | 250.404 | 168.567 | 136.744 | 148.076 | 149.008 | 110.130 | 61.900  |  |
|                       | DB126  | 378.878 | 328.841 | 237.130 | 141.606 | 93.058  | 98.495  | 136.300 | 164.568 | 148.929 |  |
|                       | DB134  | 300.923 | 290.038 | 278.001 | 258.608 | 230.924 | 189.167 | 121.055 | 61.863  | 20.577  |  |
|                       | DB135  | 299.025 | 276.435 | 250.352 | 215.269 | 182.793 | 178.054 | 164.408 | 115.663 | 60.810  |  |
|                       | DB136  | 300.493 | 271.862 | 237.098 | 188.288 | 139.107 | 128.475 | 151.702 | 170.123 | 147.844 |  |
|                       | DB145  | 248.188 | 196.717 | 155.858 | 165.319 | 221.048 | 268.009 | 244.085 | 165.443 | 80.422  |  |
|                       | DB146  | 249.659 | 192.165 | 142.587 | 138.360 | 177.363 | 218.449 | 231.357 | 219.879 | 167.450 |  |
|                       | DB156  | 247.859 | 178.627 | 115.008 | 95.056  | 129.265 | 207.484 | 275.089 | 274.362 | 211.536 |  |
|                       | DB234  | 179.542 | 271.958 | 323.466 | 308.258 | 264.763 | 206.789 | 127.954 | 63.127  | 20.926  |  |
|                       | DB235  | 177.608 | 258.309 | 295.776 | 264.897 | 216.610 | 195.557 | 171.088 | 116.537 | 58.976  |  |
|                       | DB236  | 179.053 | 253.734 | 282.523 | 237.938 | 172.928 | 146.000 | 158.383 | 170.977 | 146.006 |  |
|                       | DB245  | 126.771 | 178.592 | 201.285 | 214.970 | 254.867 | 285.533 | 250.746 | 166.298 | 78.605  |  |
|                       | DB246  | 128.242 | 174.040 | 188.013 | 188.010 | 211.182 | 235.952 | 238.036 | 220.732 | 165.612 |  |
|                       | DB256  | 126.450 | 160.527 | 160.461 | 144.712 | 163.089 | 225.012 | 281.773 | 275.238 | 209.702 |  |
|                       | DB345  | 48.385  | 121.612 | 201.233 | 261.671 | 300.916 | 315.511 | 266.146 | 171.830 | 77.516  |  |
|                       | DB346  | 49.829  | 117.035 | 187.977 | 234.689 | 257.229 | 265.930 | 253.438 | 226.268 | 164.545 |  |
|                       | DB356  | 48.058  | 103.522 | 160.403 | 191.388 | 209.132 | 254.966 | 297.170 | 280.769 | 208.612 |  |
|                       | DB456  | 7.371   | 25.455  | 66.899  | 141.899 | 247.483 | 345.039 | 377.016 | 330.764 | 228.504 |  |
|                       | DB1234 | 358.271 | 371.023 | 347.769 | 289.046 | 229.751 | 173.384 | 105.644 | 52.004  | 17.124  |  |
|                       | DB1235 | 356.692 | 359.675 | 324.736 | 252.934 | 189.656 | 164.086 | 141.699 | 96.734  | 49.973  |  |
|                       | DB1236 | 357.901 | 355.854 | 313.677 | 230.466 | 153.249 | 122.790 | 131.102 | 142.093 | 122.482 |  |
|                       | DB1245 | 314.318 | 293.246 | 245.962 | 211.316 | 221.519 | 239.066 | 208.081 | 138.192 | 66.319  |  |
|                       | DB1246 | 315.530 | 289.427 | 234.924 | 188.850 | 185.112 | 197.750 | 197.484 | 183.572 | 138.830 |  |
|                       | DB1256 | 314.052 | 278.162 | 211.942 | 152.752 | 145.049 | 188.622 | 233.945 | 228.974 | 175.578 |  |
|                       | DB1345 | 249.001 | 245.742 | 245.935 | 250.218 | 259.907 | 264.049 | 220.915 | 142.802 | 65.411  |  |
|                       | DB1346 | 250.215 | 241.944 | 234.877 | 227.751 | 223.499 | 222.733 | 210.320 | 188.186 | 137.946 |  |
|                       | DB1356 | 248.717 | 230.679 | 211.916 | 191.675 | 183.417 | 213.605 | 246.778 | 233.584 | 174.670 |  |
|                       | DB1456 | 206.367 | 164.255 | 133.146 | 150.061 | 215.305 | 288.588 | 313.163 | 275.065 | 191.020 |  |
|                       | DB2345 | 147.807 | 230.650 | 283.787 | 291.590 | 288.088 | 278.651 | 226.489 | 143.542 | 63.892  |  |

|                       |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 좌<br>측<br>편<br>재<br>하 | DB2346   | 149.047 | 226.858 | 272.754 | 269.126 | 251.681 | 237.334 | 215.890 | 188.899 | 136.400 |  |
|                       | DB2356   | 147.546 | 215.590 | 249.770 | 233.047 | 211.596 | 228.203 | 252.327 | 234.298 | 173.145 |  |
|                       | DB2456   | 105.176 | 149.165 | 171.020 | 191.435 | 243.486 | 303.190 | 318.736 | 275.782 | 189.497 |  |
|                       | DB3456   | 39.855  | 101.658 | 170.968 | 230.330 | 281.846 | 328.145 | 331.543 | 280.387 | 188.586 |  |
|                       | DB12345  | 356.502 | 375.064 | 362.026 | 323.780 | 297.236 | 279.781 | 225.626 | 143.156 | 64.719  |  |
|                       | DB12346  | 357.717 | 371.265 | 350.987 | 301.290 | 260.804 | 238.460 | 215.024 | 188.512 | 137.226 |  |
|                       | DB12356  | 356.240 | 360.002 | 328.007 | 265.214 | 220.742 | 229.332 | 251.463 | 233.930 | 173.952 |  |
|                       | DB12456  | 313.869 | 293.576 | 249.256 | 223.600 | 252.628 | 304.293 | 317.844 | 275.387 | 190.297 |  |
|                       | DB13456  | 248.550 | 246.071 | 249.207 | 262.519 | 290.994 | 329.275 | 330.680 | 280.001 | 189.412 |  |
|                       | DB23456  | 147.358 | 230.980 | 287.079 | 303.871 | 319.173 | 343.874 | 336.249 | 280.714 | 187.866 |  |
|                       | DB123456 | 356.053 | 375.394 | 365.318 | 336.060 | 328.320 | 345.003 | 335.365 | 280.348 | 188.695 |  |
|                       | DL1      | 283.495 | 186.568 | 106.793 | 48.309  | 18.062  | 8.201   | 2.797   | 0.869   | 1.612   |  |
|                       | DL2      | 151.049 | 166.262 | 147.609 | 95.208  | 51.226  | 24.101  | 10.191  | 3.822   | 0.595   |  |
|                       | DL3      | 63.353  | 107.171 | 146.208 | 140.743 | 96.862  | 55.461  | 26.659  | 11.107  | 3.121   |  |
|                       | DL4      | 8.681   | 25.064  | 51.945  | 91.657  | 134.856 | 145.062 | 107.030 | 64.006  | 27.125  |  |
|                       | DL5      | 2.166   | 10.205  | 22.477  | 48.244  | 87.375  | 133.772 | 151.724 | 119.575 | 75.682  |  |
|                       | DL6      | 0.355   | 3.437   | 8.468   | 19.548  | 43.691  | 85.928  | 140.320 | 178.092 | 171.040 |  |
|                       | DL12     | 434.455 | 352.602 | 253.984 | 142.860 | 67.438  | 28.137  | 12.173  | 3.954   | 1.097   |  |
|                       | DL13     | 346.605 | 293.477 | 252.493 | 188.264 | 112.817 | 59.131  | 26.112  | 10.674  | 2.623   |  |
|                       | DL14     | 284.600 | 209.848 | 157.277 | 138.753 | 150.693 | 148.589 | 106.223 | 62.876  | 26.249  |  |
|                       | DL15     | 281.320 | 193.829 | 128.004 | 95.354  | 103.155 | 137.351 | 151.202 | 118.907 | 76.353  |  |
|                       | DL16     | 282.541 | 187.556 | 112.468 | 66.587  | 59.355  | 89.466  | 139.854 | 177.488 | 171.715 |  |
|                       | DL22     | 302.140 | 332.527 | 295.215 | 190.376 | 102.409 | 48.193  | 20.375  | 7.641   | 1.190   |  |
|                       | DL24     | 152.278 | 189.771 | 198.554 | 186.304 | 185.710 | 168.621 | 115.204 | 65.252  | 26.675  |  |
|                       | DL25     | 148.915 | 173.684 | 169.225 | 142.879 | 138.151 | 157.286 | 159.890 | 120.746 | 74.485  |  |
|                       | DL26     | 150.136 | 167.408 | 153.682 | 114.100 | 94.302  | 109.351 | 148.494 | 179.314 | 169.838 |  |
|                       | DL34     | 64.624  | 130.726 | 197.200 | 231.953 | 231.542 | 200.302 | 133.222 | 73.383  | 29.584  |  |
|                       | DL35     | 61.171  | 114.504 | 167.779 | 188.476 | 183.929 | 188.719 | 177.439 | 128.007 | 73.869  |  |
|                       | DL36     | 62.346  | 108.219 | 152.233 | 159.701 | 140.091 | 140.830 | 166.093 | 186.596 | 169.276 |  |
|                       | DL45     | 10.197  | 33.223  | 74.068  | 139.657 | 222.084 | 278.639 | 258.394 | 182.956 | 100.252 |  |
|                       | DL46     | 8.127   | 26.267  | 58.103  | 110.704 | 178.243 | 230.712 | 246.967 | 241.437 | 195.503 |  |
|                       | DL56     | 2.221   | 13.301  | 28.997  | 67.517  | 130.897 | 219.578 | 291.990 | 297.667 | 246.658 |  |
|                       | DL123    | 447.839 | 413.775 | 360.017 | 254.994 | 147.467 | 74.680  | 31.360  | 12.817  | 2.697   |  |
|                       | DL124    | 391.947 | 338.461 | 274.354 | 210.410 | 181.468 | 155.004 | 103.147 | 57.928  | 23.450  |  |
|                       | DL125    | 388.970 | 323.999 | 247.996 | 171.334 | 138.695 | 144.873 | 143.529 | 108.185 | 67.793  |  |
|                       | DL126    | 390.079 | 318.364 | 233.989 | 145.438 | 99.230  | 101.760 | 133.295 | 160.909 | 153.651 |  |
|                       | DL134    | 313.086 | 285.291 | 273.133 | 251.520 | 222.710 | 183.500 | 119.382 | 65.228  | 26.065  |  |
|                       | DL135    | 310.007 | 270.773 | 246.701 | 212.406 | 179.898 | 173.182 | 159.347 | 114.704 | 67.246  |  |
|                       | DL136    | 311.059 | 265.090 | 232.682 | 186.504 | 140.432 | 130.072 | 149.120 | 167.468 | 153.115 |  |
|                       | DL145    | 254.312 | 195.561 | 161.045 | 167.926 | 214.135 | 253.999 | 231.975 | 163.892 | 90.671  |  |
|                       | DL146    | 255.425 | 189.928 | 147.071 | 141.997 | 174.668 | 210.882 | 221.735 | 216.605 | 176.484 |  |
|                       | DL156    | 252.510 | 175.519 | 120.758 | 102.977 | 131.915 | 200.815 | 262.330 | 267.251 | 222.491 |  |
|                       | DL234    | 194.004 | 267.238 | 310.292 | 294.297 | 254.228 | 201.543 | 127.446 | 67.361  | 26.445  |  |
|                       | DL235    | 190.842 | 252.620 | 283.799 | 255.181 | 211.353 | 191.067 | 167.142 | 116.383 | 65.563  |  |
|                       | DL236    | 191.950 | 246.983 | 269.791 | 229.253 | 171.920 | 147.956 | 156.910 | 169.109 | 151.421 |  |
|                       | DL245    | 135.156 | 177.443 | 198.146 | 210.670 | 245.591 | 271.915 | 239.767 | 165.535 | 88.980  |  |
|                       | DL246    | 136.271 | 171.818 | 184.182 | 184.786 | 206.167 | 228.808 | 229.533 | 218.251 | 174.793 |  |

|                       |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| 좌<br>측<br>편<br>재<br>하 | DL256    | 133.354  | 157.401  | 157.859  | 145.722  | 163.371  | 218.731  | 270.121  | 268.893  | 220.800  |  |
|                       | DL345    | 56.182   | 124.177  | 196.842  | 251.735  | 286.788  | 300.189  | 255.586  | 172.089  | 88.440   |  |
|                       | DL346    | 57.252   | 118.543  | 182.872  | 225.848  | 247.364  | 257.084  | 245.358  | 224.816  | 174.299  |  |
|                       | DL356    | 54.334   | 104.127  | 156.552  | 186.788  | 204.573  | 247.043  | 285.946  | 275.452  | 220.263  |  |
|                       | DL456    | 8.755    | 31.048   | 72.220   | 142.883  | 238.934  | 327.983  | 358.813  | 324.905  | 244.017  |  |
|                       | DL1234   | 374.085  | 362.423  | 338.286  | 280.850  | 223.781  | 170.636  | 105.719  | 55.453   | 21.565   |  |
|                       | DL1235   | 371.501  | 350.269  | 316.234  | 248.261  | 188.079  | 162.013  | 138.976  | 96.584   | 55.290   |  |
|                       | DL1236   | 372.415  | 345.562  | 304.563  | 226.690  | 155.232  | 126.078  | 130.437  | 140.518  | 126.828  |  |
|                       | DL1245   | 325.101  | 287.634  | 244.873  | 211.189  | 216.636  | 229.349  | 199.469  | 137.510  | 74.755   |  |
|                       | DL1246   | 326.015  | 282.925  | 233.199  | 189.616  | 183.758  | 193.418  | 190.971  | 181.488  | 146.310  |  |
|                       | DL1256   | 323.597  | 270.910  | 211.264  | 157.085  | 148.105  | 185.056  | 224.786  | 223.663  | 184.656  |  |
|                       | DL1345   | 259.264  | 243.254  | 243.797  | 245.407  | 250.961  | 252.933  | 212.675  | 142.986  | 74.327   |  |
|                       | DL1346   | 260.178  | 238.546  | 232.125  | 223.834  | 218.082  | 217.030  | 204.138  | 186.923  | 145.867  |  |
|                       | DL1356   | 257.760  | 226.530  | 210.187  | 191.299  | 182.426  | 208.634  | 237.954  | 229.133  | 184.221  |  |
|                       | DL1456   | 211.349  | 163.856  | 138.821  | 154.227  | 210.988  | 275.979  | 298.492  | 270.106  | 203.704  |  |
|                       | DL2345   | 159.986  | 228.129  | 274.692  | 281.042  | 277.189  | 267.857  | 219.157  | 144.351  | 72.929   |  |
|                       | DL2346   | 160.900  | 223.419  | 263.018  | 259.469  | 244.310  | 231.926  | 210.660  | 188.329  | 144.483  |  |
|                       | DL2356   | 158.493  | 211.444  | 241.090  | 226.941  | 208.659  | 223.563  | 244.469  | 230.494  | 182.784  |  |
|                       | DL2456   | 112.088  | 148.777  | 169.762  | 189.874  | 237.226  | 290.913  | 305.013  | 271.477  | 202.311  |  |
|                       | DL3456   | 46.245   | 104.390  | 168.647  | 224.084  | 271.542  | 314.488  | 318.180  | 276.947  | 201.877  |  |
|                       | DL12345  | 372.460  | 367.884  | 354.423  | 316.671  | 289.146  | 270.637  | 218.841  | 143.964  | 73.550   |  |
|                       | DL12346  | 373.380  | 363.181  | 342.788  | 295.102  | 256.270  | 234.705  | 210.338  | 187.903  | 145.094  |  |
|                       | DL12356  | 370.928  | 351.200  | 320.858  | 262.578  | 220.657  | 226.349  | 244.157  | 230.081  | 183.440  |  |
|                       | DL12456  | 324.516  | 288.523  | 249.487  | 225.499  | 249.181  | 293.689  | 304.691  | 271.051  | 202.922  |  |
|                       | DL13456  | 258.719  | 244.145  | 248.378  | 259.711  | 283.498  | 317.264  | 317.858  | 276.521  | 202.488  |  |
|                       | DL23456  | 159.412  | 229.056  | 279.313  | 295.356  | 309.736  | 332.198  | 324.379  | 277.892  | 201.095  |  |
|                       | DL123456 | 371.875  | 368.773  | 359.038  | 330.979  | 321.689  | 334.973  | 324.057  | 277.467  | 201.706  |  |
| ENV                   |          | 447.839  | 426.770  | 378.289  | 344.735  | 328.320  | 345.039  | 377.016  | 431.012  | 439.210  |  |
| 균 중                   |          | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    |  |
| MAX(Σ)                |          | 1919.441 | 1850.528 | 1786.128 | 1740.353 | 1719.018 | 1728.903 | 1768.555 | 1864.325 | 1933.327 |  |

### 8.3.2 S2 종점측(단위:kN)

| 위 치                   | G1       | G2       | G3       | G4       | G5       | G6       | G7       | G8       | G9       | 비 고     |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 자 중                   | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  | 750.492  |         |
| 거푸집                   | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    |         |
| 합성전                   | 437.988  | 480.769  | 480.769  | 480.769  | 480.769  | 480.769  | 480.769  | 480.769  | 437.988  |         |
| 합성후                   | 276.457  | 196.415  | 149.872  | 135.429  | 133.750  | 130.885  | 145.879  | 191.399  | 313.061  | -       |
|                       | 276.494  | 198.904  | 154.503  | 143.109  | 145.281  | 145.973  | 159.816  | 191.178  | 257.891  | 내측풍하중   |
|                       | 186.943  | 193.232  | 175.577  | 165.032  | 159.656  | 152.251  | 161.557  | 195.877  | 283.021  | 외측풍하중   |
| ADD                   | 1464.937 | 1427.676 | 1381.133 | 1366.690 | 1365.011 | 1362.146 | 1377.140 | 1422.660 | 1501.541 |         |
|                       | 1464.974 | 1430.165 | 1385.764 | 1374.370 | 1376.542 | 1377.234 | 1391.077 | 1422.439 | 1446.371 |         |
|                       | 1375.423 | 1424.493 | 1406.838 | 1396.293 | 1390.917 | 1383.512 | 1392.818 | 1427.138 | 1471.501 |         |
| 우<br>측<br>편<br>재<br>하 | DB1      | 1.658    | 0.711    | 2.232    | 6.423    | 14.029   | 43.470   | 104.665  | 192.716  | 278.410 |
|                       | DB2      | 0.536    | 3.075    | 8.019    | 21.305   | 49.953   | 98.167   | 154.852  | 172.471  | 143.462 |
|                       | DB3      | 2.576    | 8.778    | 23.959   | 54.572   | 101.021  | 150.004  | 154.850  | 109.220  | 56.398  |
|                       | DB4      | 21.148   | 62.300   | 112.146  | 154.375  | 143.516  | 94.791   | 50.495   | 21.723   | 7.034   |
|                       | DB5      | 68.773   | 122.557  | 160.556  | 142.130  | 90.118   | 46.659   | 19.715   | 8.114    | 1.842   |
|                       | DB6      | 165.426  | 182.963  | 146.410  | 87.100   | 41.670   | 16.737   | 6.725    | 2.784    | 0.349   |
|                       | DB12     | 1.100    | 3.239    | 9.646    | 23.092   | 62.349   | 141.190  | 259.195  | 364.996  | 421.765 |
|                       | DB13     | 2.255    | 8.508    | 22.699   | 56.030   | 113.211  | 192.896  | 259.123  | 301.723  | 334.617 |
|                       | DB14     | 20.751   | 61.373   | 110.711  | 155.735  | 155.620  | 137.365  | 154.054  | 213.082  | 277.995 |
|                       | DB15     | 69.718   | 121.921  | 159.317  | 143.569  | 102.187  | 89.233   | 123.423  | 198.055  | 276.016 |
|                       | DB16     | 166.416  | 182.425  | 145.196  | 88.486   | 53.629   | 59.277   | 108.700  | 192.979  | 277.642 |
|                       | DB22     | 1.073    | 6.152    | 16.040   | 42.631   | 99.905   | 196.333  | 309.681  | 344.918  | 286.918 |
|                       | DB24     | 20.928   | 62.735   | 118.352  | 175.299  | 193.206  | 192.544  | 204.575  | 192.998  | 143.143 |
|                       | DB25     | 67.690   | 122.890  | 166.740  | 163.037  | 139.754  | 144.390  | 173.901  | 177.920  | 141.105 |
|                       | DB26     | 164.383  | 183.373  | 152.617  | 107.954  | 91.217   | 114.436  | 159.180  | 172.844  | 142.730 |
|                       | DB34     | 23.276   | 69.512   | 135.807  | 208.751  | 244.408  | 244.454  | 204.601  | 129.760  | 56.138  |
|                       | DB35     | 66.486   | 129.037  | 183.844  | 196.333  | 190.925  | 196.288  | 173.860  | 114.602  | 54.004  |
|                       | DB36     | 163.183  | 189.543  | 169.724  | 141.252  | 142.390  | 166.334  | 159.139  | 109.527  | 55.630  |
|                       | DB45     | 88.565   | 184.577  | 272.568  | 296.411  | 233.536  | 141.266  | 69.931   | 27.782   | 8.448   |
|                       | DB46     | 185.176  | 245.005  | 258.385  | 241.295  | 184.947  | 111.165  | 54.877   | 22.171   | 6.737   |
|                       | DB56     | 234.150  | 305.517  | 306.904  | 229.141  | 131.664  | 63.196   | 24.357   | 10.659   | 1.979   |
|                       | DB123    | 2.389    | 10.284   | 26.398   | 69.499   | 146.772  | 261.899  | 372.556  | 426.770  | 430.238 |
|                       | DB124    | 18.463   | 55.763   | 105.340  | 159.050  | 184.848  | 211.877  | 277.979  | 346.943  | 379.222 |
|                       | DB125    | 61.900   | 110.133  | 149.012  | 148.079  | 136.747  | 168.571  | 250.413  | 333.415  | 377.411 |
|                       | DB126    | 148.929  | 164.573  | 136.304  | 98.497   | 93.060   | 141.609  | 237.139  | 328.841  | 378.878 |
|                       | DB134    | 20.577   | 61.864   | 121.058  | 189.172  | 230.930  | 258.614  | 278.012  | 290.038  | 300.923 |
|                       | DB135    | 60.810   | 115.666  | 164.412  | 178.059  | 182.797  | 215.274  | 250.361  | 276.435  | 299.025 |
|                       | DB136    | 147.844  | 170.128  | 151.706  | 128.478  | 139.110  | 188.292  | 237.107  | 271.862  | 300.493 |
|                       | DB145    | 80.422   | 165.447  | 244.092  | 268.016  | 221.053  | 165.322  | 155.863  | 196.717  | 248.188 |
|                       | DB146    | 167.450  | 219.886  | 231.363  | 218.455  | 177.368  | 138.363  | 142.591  | 192.165  | 249.659 |
|                       | DB156    | 211.536  | 274.370  | 275.096  | 207.489  | 129.267  | 95.057   | 115.012  | 178.627  | 247.859 |
|                       | DB234    | 20.926   | 63.129   | 127.957  | 206.794  | 264.770  | 308.266  | 323.479  | 271.958  | 179.542 |
|                       | DB235    | 58.976   | 116.540  | 171.093  | 195.561  | 216.615  | 264.903  | 295.788  | 258.309  | 177.608 |
|                       | DB236    | 146.006  | 170.981  | 158.387  | 146.003  | 172.932  | 237.944  | 282.535  | 253.734  | 179.053 |
|                       | DB245    | 78.605   | 166.302  | 250.752  | 285.540  | 254.873  | 214.975  | 201.292  | 178.592  | 126.771 |
|                       | DB246    | 165.612  | 220.738  | 238.042  | 235.958  | 211.187  | 188.014  | 188.020  | 174.040  | 128.242 |
|                       | DB256    | 209.702  | 275.246  | 281.781  | 225.018  | 163.092  | 144.715  | 160.467  | 160.527  | 126.450 |

|                       |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 우<br>측<br>편<br>재<br>하 | DB345    | 77.516  | 171.835 | 266.153 | 315.520 | 300.924 | 261.678 | 201.241 | 121.612 | 48.385  |  |
|                       | DB346    | 164.545 | 226.274 | 253.444 | 265.937 | 257.236 | 234.695 | 187.984 | 117.035 | 49.829  |  |
|                       | DB356    | 208.612 | 280.777 | 297.178 | 254.972 | 209.137 | 191.392 | 160.409 | 103.522 | 48.058  |  |
|                       | DB456    | 228.504 | 330.774 | 377.026 | 345.048 | 247.490 | 141.902 | 66.901  | 25.455  | 7.371   |  |
|                       | DB1234   | 17.124  | 52.005  | 105.646 | 173.389 | 229.757 | 289.052 | 347.783 | 371.023 | 358.271 |  |
|                       | DB1235   | 49.973  | 96.736  | 141.703 | 164.090 | 189.660 | 252.940 | 324.749 | 359.675 | 356.692 |  |
|                       | DB1236   | 122.482 | 142.097 | 131.105 | 122.792 | 153.252 | 230.472 | 313.690 | 355.854 | 357.901 |  |
|                       | DB1245   | 66.319  | 138.195 | 208.086 | 239.072 | 221.524 | 211.321 | 245.971 | 293.246 | 314.318 |  |
|                       | DB1246   | 138.830 | 183.577 | 197.489 | 197.755 | 185.116 | 188.854 | 234.933 | 289.427 | 315.530 |  |
|                       | DB1256   | 175.578 | 228.981 | 233.951 | 188.626 | 145.052 | 152.755 | 211.950 | 278.162 | 314.052 |  |
|                       | DB1345   | 65.411  | 142.806 | 220.921 | 264.056 | 259.913 | 250.224 | 245.944 | 245.742 | 249.001 |  |
|                       | DB1346   | 137.946 | 188.191 | 210.326 | 222.738 | 223.505 | 227.756 | 234.886 | 241.944 | 250.215 |  |
|                       | DB1356   | 174.670 | 233.591 | 246.785 | 213.610 | 183.421 | 191.679 | 211.924 | 230.679 | 248.717 |  |
|                       | DB1456   | 191.020 | 275.073 | 313.172 | 288.596 | 215.310 | 150.064 | 133.150 | 164.255 | 206.367 |  |
|                       | DB2345   | 63.892  | 143.545 | 226.495 | 278.658 | 288.095 | 291.597 | 283.798 | 230.650 | 147.807 |  |
|                       | DB2346   | 136.400 | 188.904 | 215.896 | 237.339 | 251.687 | 269.133 | 272.765 | 226.858 | 149.047 |  |
|                       | DB2356   | 173.145 | 234.305 | 252.334 | 228.208 | 211.601 | 233.053 | 249.780 | 215.590 | 147.546 |  |
|                       | DB2456   | 189.497 | 275.790 | 318.744 | 303.198 | 243.492 | 191.440 | 171.027 | 149.165 | 105.176 |  |
|                       | DB3456   | 188.586 | 280.395 | 331.552 | 328.153 | 281.853 | 230.335 | 170.974 | 101.658 | 39.855  |  |
|                       | DB12345  | 64.719  | 143.159 | 225.632 | 279.788 | 297.243 | 323.787 | 362.040 | 375.064 | 356.502 |  |
|                       | DB12346  | 137.226 | 188.517 | 215.030 | 238.465 | 260.810 | 301.297 | 351.001 | 371.265 | 357.717 |  |
|                       | DB12356  | 173.952 | 233.937 | 251.470 | 229.337 | 220.747 | 265.220 | 328.020 | 360.002 | 356.240 |  |
|                       | DB12456  | 190.297 | 275.395 | 317.853 | 304.300 | 252.633 | 223.604 | 249.265 | 293.576 | 313.869 |  |
|                       | DB13456  | 189.412 | 280.009 | 330.688 | 329.283 | 291.001 | 262.525 | 249.216 | 246.071 | 248.550 |  |
|                       | DB23456  | 187.866 | 280.721 | 336.257 | 343.882 | 319.181 | 303.878 | 287.090 | 230.980 | 147.358 |  |
|                       | DB123456 | 188.695 | 280.355 | 335.374 | 345.011 | 328.328 | 336.068 | 365.332 | 375.394 | 356.053 |  |
|                       | DL1      | 1.612   | 0.869   | 2.797   | 8.201   | 18.062  | 48.309  | 106.793 | 186.568 | 283.495 |  |
|                       | DL2      | 0.595   | 3.822   | 10.191  | 24.101  | 51.226  | 95.208  | 147.611 | 166.262 | 151.049 |  |
|                       | DL3      | 3.121   | 11.107  | 26.659  | 55.461  | 96.862  | 140.743 | 146.209 | 107.171 | 63.353  |  |
|                       | DL4      | 27.125  | 64.006  | 107.030 | 145.062 | 134.856 | 91.657  | 51.945  | 25.064  | 8.681   |  |
|                       | DL5      | 75.682  | 119.574 | 151.724 | 133.772 | 87.375  | 48.244  | 22.477  | 10.205  | 2.166   |  |
|                       | DL6      | 171.040 | 178.091 | 140.320 | 85.928  | 43.691  | 19.548  | 8.468   | 3.437   | 0.355   |  |
|                       | DL12     | 1.097   | 3.954   | 12.173  | 28.137  | 67.438  | 142.860 | 253.986 | 352.601 | 434.455 |  |
|                       | DL13     | 2.623   | 10.674  | 26.112  | 59.131  | 112.816 | 188.264 | 252.495 | 293.477 | 346.605 |  |
|                       | DL14     | 26.249  | 62.876  | 106.223 | 148.589 | 150.693 | 138.753 | 157.278 | 209.848 | 284.600 |  |
|                       | DL15     | 76.353  | 118.907 | 151.202 | 137.351 | 103.155 | 95.354  | 128.005 | 193.829 | 281.320 |  |
|                       | DL16     | 171.715 | 177.487 | 139.854 | 89.466  | 59.355  | 66.587  | 112.469 | 187.556 | 282.541 |  |
|                       | DL22     | 1.190   | 7.641   | 20.375  | 48.193  | 102.409 | 190.376 | 295.218 | 332.527 | 302.140 |  |
|                       | DL24     | 26.675  | 65.252  | 115.204 | 168.621 | 185.710 | 186.304 | 198.556 | 189.771 | 152.278 |  |
|                       | DL25     | 74.485  | 120.746 | 159.889 | 157.286 | 138.151 | 142.879 | 169.227 | 173.684 | 148.915 |  |
|                       | DL26     | 169.839 | 179.313 | 148.494 | 109.351 | 94.302  | 114.100 | 153.683 | 167.407 | 150.136 |  |
|                       | DL34     | 29.584  | 73.383  | 133.222 | 200.302 | 231.542 | 231.953 | 197.201 | 130.726 | 64.624  |  |
|                       | DL35     | 73.869  | 128.007 | 177.439 | 188.719 | 183.929 | 188.476 | 167.781 | 114.504 | 61.171  |  |
|                       | DL36     | 169.276 | 186.596 | 166.093 | 140.830 | 140.091 | 159.701 | 152.234 | 108.219 | 62.346  |  |
|                       | DL45     | 100.252 | 182.956 | 258.394 | 278.639 | 222.084 | 139.658 | 74.068  | 33.223  | 10.197  |  |
|                       | DL46     | 195.503 | 241.437 | 246.966 | 230.712 | 178.243 | 110.704 | 58.103  | 26.267  | 8.127   |  |
|                       | DL56     | 246.658 | 297.667 | 291.990 | 219.578 | 130.897 | 67.517  | 28.997  | 13.301  | 2.221   |  |

|                       |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 우<br>측<br>편<br>재<br>하 | DL123    | 2.697   | 12.817  | 31.360  | 74.680  | 147.467 | 254.994 | 360.020 | 413.775 | 447.839 |  |
|                       | DL124    | 23.450  | 57.927  | 103.147 | 155.004 | 181.468 | 210.410 | 274.356 | 338.461 | 391.947 |  |
|                       | DL125    | 67.793  | 108.185 | 143.529 | 144.873 | 138.695 | 171.334 | 247.998 | 323.999 | 388.970 |  |
|                       | DL126    | 153.651 | 160.909 | 133.295 | 101.760 | 99.230  | 145.438 | 233.991 | 318.364 | 390.079 |  |
|                       | DL134    | 26.065  | 65.228  | 119.381 | 183.500 | 222.710 | 251.520 | 273.135 | 285.291 | 313.086 |  |
|                       | DL135    | 67.246  | 114.704 | 159.347 | 173.182 | 179.898 | 212.406 | 246.703 | 270.773 | 310.007 |  |
|                       | DL136    | 153.115 | 167.467 | 149.120 | 130.072 | 140.432 | 186.504 | 232.684 | 265.090 | 311.059 |  |
|                       | DL145    | 90.671  | 163.892 | 231.975 | 253.999 | 214.135 | 167.926 | 161.046 | 195.561 | 254.312 |  |
|                       | DL146    | 176.484 | 216.604 | 221.734 | 210.882 | 174.668 | 141.997 | 147.071 | 189.928 | 255.425 |  |
|                       | DL156    | 222.491 | 267.250 | 262.330 | 200.815 | 131.915 | 102.977 | 120.759 | 175.519 | 252.510 |  |
|                       | DL234    | 26.445  | 67.361  | 127.446 | 201.543 | 254.228 | 294.297 | 310.294 | 267.238 | 194.004 |  |
|                       | DL235    | 65.563  | 116.383 | 167.142 | 191.067 | 211.353 | 255.181 | 283.802 | 252.619 | 190.842 |  |
|                       | DL236    | 151.421 | 169.108 | 156.910 | 147.956 | 171.920 | 229.253 | 269.793 | 246.983 | 191.950 |  |
|                       | DL245    | 88.980  | 165.534 | 239.766 | 271.915 | 245.591 | 210.670 | 198.148 | 177.443 | 135.156 |  |
|                       | DL246    | 174.793 | 218.250 | 229.532 | 228.808 | 206.167 | 184.786 | 184.183 | 171.818 | 136.271 |  |
|                       | DL256    | 220.800 | 268.893 | 270.121 | 218.731 | 163.371 | 145.722 | 157.861 | 157.401 | 133.354 |  |
|                       | DL345    | 88.441  | 172.089 | 255.586 | 300.189 | 286.788 | 251.735 | 196.844 | 124.177 | 56.182  |  |
|                       | DL346    | 174.299 | 224.815 | 245.357 | 257.085 | 247.364 | 225.848 | 182.874 | 118.543 | 57.252  |  |
|                       | DL356    | 220.263 | 275.451 | 285.946 | 247.043 | 204.573 | 186.788 | 156.554 | 104.127 | 54.334  |  |
|                       | DL456    | 244.018 | 324.904 | 358.812 | 327.983 | 238.934 | 142.883 | 72.220  | 31.048  | 8.755   |  |
|                       | DL1234   | 21.565  | 55.453  | 105.719 | 170.636 | 223.781 | 280.850 | 338.289 | 362.423 | 374.085 |  |
|                       | DL1235   | 55.290  | 96.583  | 138.975 | 162.013 | 188.078 | 248.261 | 316.236 | 350.269 | 371.501 |  |
|                       | DL1236   | 126.828 | 140.518 | 130.437 | 126.078 | 155.231 | 226.690 | 304.565 | 345.562 | 372.415 |  |
|                       | DL1245   | 74.755  | 137.509 | 199.468 | 229.349 | 216.636 | 211.189 | 244.875 | 287.634 | 325.101 |  |
|                       | DL1246   | 146.310 | 181.487 | 190.971 | 193.418 | 183.758 | 189.616 | 233.201 | 282.925 | 326.015 |  |
|                       | DL1256   | 184.656 | 223.663 | 224.786 | 185.056 | 148.105 | 157.085 | 211.266 | 270.910 | 323.597 |  |
|                       | DL1345   | 74.327  | 142.986 | 212.675 | 252.933 | 250.961 | 245.407 | 243.799 | 243.254 | 259.264 |  |
|                       | DL1346   | 145.868 | 186.922 | 204.138 | 217.030 | 218.082 | 223.834 | 232.126 | 238.546 | 260.178 |  |
|                       | DL1356   | 184.222 | 229.133 | 237.954 | 208.634 | 182.426 | 191.299 | 210.189 | 226.530 | 257.760 |  |
|                       | DL1456   | 203.704 | 270.105 | 298.491 | 275.979 | 210.988 | 154.227 | 138.822 | 163.856 | 211.349 |  |
|                       | DL2345   | 72.929  | 144.351 | 219.157 | 267.857 | 277.189 | 281.042 | 274.694 | 228.129 | 159.986 |  |
|                       | DL2346   | 144.483 | 188.329 | 210.660 | 231.926 | 244.310 | 259.469 | 263.021 | 223.419 | 160.900 |  |
|                       | DL2356   | 182.784 | 230.494 | 244.468 | 223.563 | 208.659 | 226.941 | 241.092 | 211.444 | 158.493 |  |
|                       | DL2456   | 202.312 | 271.476 | 305.013 | 290.913 | 237.226 | 189.874 | 169.763 | 148.777 | 112.088 |  |
|                       | DL3456   | 201.877 | 276.946 | 318.180 | 314.488 | 271.542 | 224.084 | 168.648 | 104.390 | 46.245  |  |
|                       | DL12345  | 73.550  | 143.964 | 218.841 | 270.637 | 289.146 | 316.671 | 354.426 | 367.884 | 372.460 |  |
|                       | DL12346  | 145.094 | 187.903 | 210.338 | 234.705 | 256.270 | 295.102 | 342.791 | 363.181 | 373.379 |  |
|                       | DL12356  | 183.440 | 230.081 | 244.157 | 226.349 | 220.657 | 262.578 | 320.860 | 351.200 | 370.927 |  |
|                       | DL12456  | 202.922 | 271.051 | 304.690 | 293.689 | 249.181 | 225.499 | 249.489 | 288.523 | 324.516 |  |
|                       | DL13456  | 202.488 | 276.520 | 317.857 | 317.264 | 283.498 | 259.711 | 248.380 | 244.145 | 258.719 |  |
|                       | DL23456  | 201.096 | 277.892 | 324.379 | 332.198 | 309.735 | 295.356 | 279.315 | 229.056 | 159.412 |  |
|                       | DL123456 | 201.706 | 277.466 | 324.056 | 334.973 | 321.689 | 330.979 | 359.041 | 368.773 | 371.875 |  |
| 좌<br>측<br>편<br>재<br>하 | DB1      | 275.893 | 196.436 | 104.521 | 44.022  | 14.146  | 6.483   | 2.276   | 0.852   | 1.673   |  |
|                       | DB2      | 141.634 | 173.729 | 154.553 | 98.686  | 50.235  | 21.484  | 8.202   | 3.587   | 0.487   |  |
|                       | DB3      | 55.526  | 108.947 | 154.301 | 150.289 | 101.341 | 54.848  | 24.351  | 9.611   | 2.443   |  |
|                       | DB4      | 7.174   | 20.764  | 49.933  | 94.522  | 143.330 | 154.378 | 112.812 | 63.157  | 21.385  |  |
|                       | DB5      | 1.957   | 7.334   | 19.368  | 46.396  | 89.790  | 141.780 | 161.056 | 122.597 | 69.837  |  |

|                       |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|-----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 좌<br>측<br>편<br>재<br>하 | DB6    | 0.383   | 2.347   | 6.578   | 16.584  | 41.415  | 86.562  | 146.667 | 181.275 | 167.424 |  |
|                       | DB12   | 417.429 | 369.988 | 258.757 | 142.266 | 62.757  | 23.328  | 9.856   | 3.894   | 1.067   |  |
|                       | DB13   | 331.245 | 305.191 | 258.438 | 193.741 | 113.660 | 56.371  | 23.118  | 9.493   | 2.129   |  |
|                       | DB14   | 275.669 | 215.746 | 153.361 | 137.650 | 155.564 | 155.801 | 111.400 | 62.381  | 20.983  |  |
|                       | DB15   | 273.664 | 200.962 | 122.940 | 89.524  | 101.987 | 143.283 | 159.843 | 122.090 | 70.784  |  |
|                       | DB16   | 275.197 | 196.285 | 108.415 | 59.674  | 53.500  | 88.011  | 145.480 | 180.861 | 168.414 |  |
|                       | DB22   | 283.261 | 347.432 | 309.081 | 197.370 | 100.469 | 42.989  | 16.405  | 7.175   | 0.975   |  |
|                       | DB24   | 141.497 | 193.178 | 203.719 | 192.788 | 193.307 | 175.486 | 119.198 | 64.098  | 21.086  |  |
|                       | DB25   | 139.434 | 178.343 | 173.257 | 144.641 | 139.709 | 162.871 | 167.421 | 123.451 | 68.670  |  |
|                       | DB26   | 140.968 | 173.667 | 158.733 | 114.794 | 91.243  | 107.601 | 153.057 | 182.200 | 166.296 |  |
|                       | DB34   | 55.444  | 128.409 | 203.495 | 244.465 | 244.545 | 209.030 | 136.862 | 71.201  | 23.362  |  |
|                       | DB35   | 53.290  | 113.493 | 172.969 | 196.306 | 190.916 | 196.263 | 184.731 | 129.982 | 67.377  |  |
|                       | DB36   | 54.823  | 108.817 | 158.445 | 166.459 | 142.451 | 140.994 | 170.370 | 188.754 | 165.008 |  |
|                       | DB45   | 8.721   | 26.051  | 69.021  | 140.732 | 233.022 | 296.064 | 273.733 | 185.498 | 89.857  |  |
|                       | DB46   | 6.935   | 20.783  | 54.167  | 110.735 | 184.503 | 240.760 | 259.306 | 244.193 | 187.397 |  |
|                       | DB56   | 2.134   | 9.442   | 23.863  | 62.774  | 131.079 | 228.252 | 307.660 | 303.864 | 237.207 |  |
|                       | DB123  | 425.561 | 431.024 | 371.670 | 263.127 | 147.431 | 69.970  | 26.940  | 11.630  | 2.228   |  |
|                       | DB124  | 375.489 | 350.472 | 277.086 | 212.601 | 185.054 | 159.276 | 106.126 | 57.124  | 18.606  |  |
|                       | DB125  | 373.656 | 337.163 | 249.710 | 169.300 | 136.822 | 147.989 | 149.650 | 110.751 | 62.790  |  |
|                       | DB126  | 375.040 | 332.948 | 236.613 | 142.434 | 93.199  | 98.238  | 136.725 | 163.630 | 150.659 |  |
|                       | DB134  | 298.048 | 292.189 | 276.894 | 259.127 | 231.168 | 189.482 | 122.032 | 63.519  | 20.656  |  |
|                       | DB135  | 296.130 | 278.803 | 249.436 | 215.794 | 182.905 | 178.054 | 165.236 | 116.629 | 61.620  |  |
|                       | DB136  | 297.515 | 274.589 | 236.360 | 188.908 | 139.282 | 128.303 | 152.313 | 169.531 | 149.493 |  |
|                       | DB145  | 246.229 | 198.364 | 154.927 | 165.337 | 220.707 | 267.760 | 245.159 | 166.393 | 81.582  |  |
|                       | DB146  | 247.617 | 194.172 | 141.834 | 138.473 | 177.085 | 218.029 | 232.214 | 219.272 | 169.449 |  |
|                       | DB156  | 245.794 | 180.853 | 114.444 | 95.173  | 128.855 | 206.746 | 275.800 | 273.002 | 214.285 |  |
|                       | DB234  | 177.279 | 271.874 | 322.216 | 308.743 | 265.149 | 207.211 | 129.072 | 65.100  | 20.939  |  |
|                       | DB235  | 175.327 | 258.441 | 294.718 | 265.388 | 216.863 | 195.666 | 172.056 | 117.856 | 59.709  |  |
|                       | DB236  | 176.690 | 254.225 | 281.642 | 238.525 | 173.243 | 145.938 | 159.134 | 170.737 | 147.579 |  |
|                       | DB245  | 125.427 | 178.004 | 200.212 | 214.954 | 254.667 | 285.393 | 251.960 | 167.601 | 79.689  |  |
|                       | DB246  | 126.815 | 173.812 | 187.118 | 188.089 | 211.044 | 235.641 | 239.032 | 220.477 | 167.534 |  |
|                       | DB256  | 124.998 | 160.518 | 159.754 | 144.795 | 162.820 | 224.384 | 282.624 | 274.231 | 212.375 |  |
|                       | DB345  | 47.901  | 119.644 | 199.938 | 261.448 | 300.750 | 315.458 | 267.546 | 173.479 | 78.519  |  |
|                       | DB346  | 49.263  | 115.426 | 186.859 | 234.560 | 257.125 | 265.706 | 254.620 | 226.358 | 166.388 |  |
|                       | DB356  | 47.467  | 102.134 | 159.474 | 191.263 | 208.897 | 254.424 | 298.207 | 280.107 | 211.205 |  |
|                       | DB456  | 7.668   | 23.511  | 65.948  | 141.276 | 246.794 | 344.251 | 378.305 | 330.082 | 231.458 |  |
|                       | DB1234 | 354.510 | 373.758 | 346.628 | 289.870 | 230.169 | 173.786 | 106.597 | 53.760  | 17.136  |  |
|                       | DB1235 | 352.914 | 362.590 | 323.754 | 253.763 | 189.963 | 164.225 | 142.528 | 97.927  | 50.591  |  |
|                       | DB1236 | 354.055 | 359.069 | 312.843 | 231.374 | 153.607 | 122.787 | 131.749 | 141.988 | 123.799 |  |
|                       | DB1245 | 311.321 | 295.561 | 244.968 | 211.723 | 221.449 | 238.998 | 209.114 | 139.372 | 67.228  |  |
|                       | DB1246 | 312.464 | 292.041 | 234.078 | 189.336 | 185.094 | 197.540 | 198.336 | 183.453 | 140.439 |  |
|                       | DB1256 | 310.966 | 280.960 | 211.253 | 153.242 | 144.922 | 188.147 | 234.675 | 228.228 | 177.812 |  |
|                       | DB1345 | 246.721 | 246.908 | 244.756 | 250.451 | 259.865 | 264.053 | 222.103 | 144.270 | 66.253  |  |
|                       | DB1346 | 247.866 | 243.409 | 233.846 | 228.063 | 223.509 | 222.595 | 211.327 | 188.356 | 139.488 |  |
|                       | DB1356 | 246.348 | 232.326 | 211.042 | 191.991 | 183.318 | 213.201 | 247.663 | 233.126 | 176.837 |  |
|                       | DB1456 | 204.778 | 165.302 | 132.259 | 149.955 | 214.828 | 287.978 | 314.254 | 274.595 | 193.478 |  |
|                       | DB2345 | 146.039 | 229.953 | 282.489 | 291.795 | 288.163 | 278.747 | 227.794 | 145.303 | 64.671  |  |

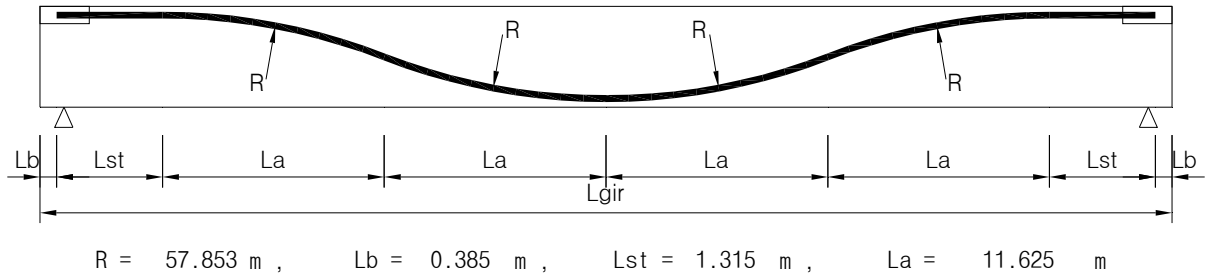
|                       |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 좌<br>측<br>편<br>재<br>하 | DB2346   | 147.209 | 226.460 | 271.604 | 269.410 | 251.808 | 237.287 | 217.013 | 189.362 | 137.878 |  |
|                       | DB2356   | 145.689 | 215.375 | 248.777 | 233.335 | 211.614 | 227.891 | 253.329 | 234.134 | 175.248 |  |
|                       | DB2456   | 104.098 | 148.349 | 170.015 | 191.301 | 243.127 | 302.671 | 319.943 | 275.605 | 191.892 |  |
|                       | DB3456   | 39.496  | 99.692  | 169.777 | 230.022 | 281.515 | 327.698 | 332.904 | 280.498 | 190.913 |  |
|                       | DB12345  | 352.857 | 377.172 | 360.628 | 324.404 | 297.408 | 279.925 | 226.952 | 145.011 | 65.504  |  |
|                       | DB12346  | 354.003 | 373.672 | 349.737 | 301.994 | 261.027 | 238.461 | 216.169 | 189.069 | 138.711 |  |
|                       | DB12356  | 352.506 | 362.592 | 326.914 | 265.922 | 220.856 | 229.068 | 252.486 | 233.861 | 176.062 |  |
|                       | DB12456  | 310.915 | 295.566 | 248.151 | 223.885 | 252.365 | 303.822 | 319.072 | 275.304 | 192.698 |  |
|                       | DB13456  | 246.313 | 246.911 | 247.916 | 262.631 | 290.759 | 328.876 | 332.062 | 280.206 | 191.747 |  |
|                       | DB23456  | 145.633 | 229.957 | 285.670 | 303.955 | 319.055 | 343.566 | 337.748 | 281.212 | 190.137 |  |
|                       | DB123456 | 352.451 | 377.176 | 363.809 | 336.563 | 328.299 | 344.744 | 336.886 | 280.941 | 190.973 |  |
|                       | DL1      | 278.149 | 192.650 | 106.619 | 49.022  | 18.176  | 8.255   | 2.855   | 1.044   | 1.641   |  |
|                       | DL2      | 147.928 | 168.507 | 147.267 | 96.024  | 51.618  | 24.317  | 10.403  | 4.471   | 0.531   |  |
|                       | DL3      | 62.207  | 106.992 | 145.351 | 141.260 | 97.407  | 55.844  | 27.159  | 12.169  | 2.937   |  |
|                       | DL4      | 8.912   | 23.851  | 51.175  | 91.211  | 134.492 | 145.096 | 108.075 | 65.019  | 27.308  |  |
|                       | DL5      | 2.323   | 9.212   | 22.044  | 47.888  | 86.843  | 133.140 | 152.482 | 119.400 | 77.170  |  |
|                       | DL6      | 0.400   | 2.883   | 8.301   | 19.369  | 43.346  | 85.119  | 140.584 | 175.161 | 174.615 |  |
|                       | DL12     | 425.999 | 360.949 | 253.477 | 144.395 | 67.969  | 28.401  | 12.407  | 4.789   | 1.056   |  |
|                       | DL13     | 340.134 | 299.407 | 251.472 | 189.503 | 113.500 | 59.581  | 26.630  | 11.928  | 2.447   |  |
|                       | DL14     | 279.618 | 214.563 | 156.360 | 139.021 | 150.469 | 148.687 | 107.284 | 64.087  | 26.424  |  |
|                       | DL15     | 276.230 | 198.855 | 127.406 | 95.715  | 102.763 | 136.783 | 151.981 | 118.893 | 77.857  |  |
|                       | DL16     | 277.291 | 193.109 | 112.131 | 67.114  | 59.149  | 88.720  | 140.141 | 174.711 | 175.303 |  |
|                       | DL22     | 295.897 | 337.018 | 294.532 | 192.007 | 103.192 | 48.625  | 20.799  | 8.938   | 1.061   |  |
|                       | DL24     | 149.509 | 190.624 | 197.461 | 186.667 | 185.740 | 168.880 | 116.463 | 66.916  | 26.753  |  |
|                       | DL25     | 146.042 | 174.846 | 168.453 | 143.336 | 138.010 | 156.882 | 160.863 | 121.243 | 75.856  |  |
|                       | DL26     | 147.103 | 169.097 | 153.170 | 114.723 | 94.350  | 108.770 | 148.974 | 177.048 | 173.294 |  |
|                       | DL34     | 63.824  | 129.150 | 195.590 | 232.016 | 231.725 | 200.717 | 134.768 | 75.466  | 29.553  |  |
|                       | DL35     | 60.272  | 113.235 | 166.492 | 188.634 | 183.942 | 188.474 | 178.690 | 129.011 | 75.077  |  |
|                       | DL36     | 61.288  | 107.477 | 151.207 | 160.025 | 140.291 | 140.408 | 166.851 | 184.836 | 172.569 |  |
|                       | DL45     | 10.615  | 31.012  | 72.858  | 138.856 | 221.186 | 278.043 | 260.192 | 183.860 | 101.880 |  |
|                       | DL46     | 8.434   | 24.504  | 57.161  | 110.065 | 177.533 | 229.938 | 248.268 | 239.581 | 199.211 |  |
|                       | DL56     | 2.428   | 11.762  | 28.400  | 66.968  | 130.021 | 218.136 | 293.011 | 294.556 | 251.714 |  |
|                       | DL123    | 439.210 | 421.137 | 358.791 | 256.844 | 148.434 | 75.290  | 32.016  | 14.524  | 2.478   |  |
|                       | DL124    | 384.663 | 344.725 | 273.223 | 211.386 | 181.620 | 155.296 | 104.300 | 59.598  | 23.522  |  |
|                       | DL125    | 381.590 | 330.542 | 247.152 | 172.394 | 138.695 | 144.568 | 144.426 | 108.772 | 69.050  |  |
|                       | DL126    | 382.555 | 325.382 | 233.380 | 146.647 | 99.398  | 101.296 | 133.749 | 159.009 | 156.785 |  |
|                       | DL134    | 307.574 | 289.371 | 271.537 | 252.226 | 223.000 | 183.933 | 120.792 | 67.276  | 26.039  |  |
|                       | DL135    | 304.404 | 275.130 | 245.395 | 213.197 | 180.035 | 173.020 | 160.495 | 115.748 | 68.355  |  |
|                       | DL136    | 305.313 | 269.920 | 231.611 | 187.445 | 140.738 | 129.751 | 149.824 | 166.024 | 156.101 |  |
|                       | DL145    | 250.043 | 198.828 | 159.831 | 167.843 | 213.455 | 253.517 | 233.607 | 164.852 | 92.144  |  |
|                       | DL146    | 251.011 | 193.671 | 146.092 | 142.064 | 174.155 | 210.241 | 222.923 | 215.078 | 179.834 |  |
|                       | DL156    | 247.998 | 179.542 | 120.065 | 103.127 | 131.251 | 199.574 | 263.267 | 264.600 | 227.051 |  |
|                       | DL234    | 190.485 | 267.841 | 308.536 | 295.089 | 254.746 | 202.122 | 129.035 | 69.817  | 26.332  |  |
|                       | DL235    | 187.235 | 253.498 | 282.335 | 256.059 | 211.718 | 191.053 | 168.463 | 117.886 | 66.554  |  |
|                       | DL236    | 188.198 | 248.337 | 268.562 | 230.280 | 172.453 | 147.783 | 157.787 | 168.124 | 154.289 |  |
|                       | DL245    | 132.882 | 177.233 | 196.775 | 210.674 | 245.137 | 271.581 | 241.573 | 166.954 | 90.334  |  |
|                       | DL246    | 133.853 | 172.083 | 183.045 | 184.939 | 205.882 | 228.315 | 230.895 | 217.184 | 178.024 |  |

|                       |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| 좌<br>측<br>편<br>재<br>하 | DL256    | 130.837  | 157.946  | 157.009  | 145.958  | 162.934  | 217.638  | 271.232  | 266.702  | 225.240  |  |
|                       | DL345    | 55.685   | 121.781  | 195.008  | 251.470  | 286.473  | 299.999  | 257.641  | 173.964  | 89.648   |  |
|                       | DL346    | 56.611   | 116.620  | 181.273  | 225.732  | 247.217  | 256.735  | 246.970  | 224.204  | 177.383  |  |
|                       | DL356    | 53.596   | 102.485  | 155.239  | 186.756  | 204.274  | 246.093  | 287.307  | 273.716  | 224.557  |  |
|                       | DL456    | 9.196    | 28.565   | 70.976   | 141.987  | 237.815  | 326.717  | 360.666  | 323.079  | 248.689  |  |
|                       | DL1234   | 367.159  | 367.506  | 336.701  | 282.052  | 224.317  | 171.168  | 107.059  | 57.644   | 21.473   |  |
|                       | DL1235   | 364.500  | 355.583  | 314.890  | 249.534  | 188.487  | 162.050  | 140.095  | 97.952   | 56.134   |  |
|                       | DL1236   | 365.294  | 351.272  | 303.415  | 228.087  | 155.780  | 125.982  | 131.187  | 139.814  | 129.236  |  |
|                       | DL1245   | 319.211  | 292.041  | 243.607  | 211.733  | 216.363  | 229.119  | 200.992  | 138.810  | 75.902   |  |
|                       | DL1246   | 320.004  | 287.727  | 232.129  | 190.284  | 183.625  | 193.056  | 192.125  | 180.715  | 149.022  |  |
|                       | DL1256   | 317.505  | 275.947  | 210.432  | 157.822  | 147.846  | 184.194  | 225.731  | 221.954  | 188.375  |  |
|                       | DL1345   | 254.855  | 245.838  | 242.145  | 245.727  | 250.803  | 252.823  | 214.406  | 144.666  | 75.352   |  |
|                       | DL1346   | 255.649  | 241.525  | 230.669  | 224.279  | 218.064  | 216.787  | 205.500  | 186.530  | 148.456  |  |
|                       | DL1356   | 253.149  | 229.744  | 208.969  | 191.813  | 182.281  | 207.892  | 239.107  | 227.803  | 187.819  |  |
|                       | DL1456   | 207.850  | 166.162  | 137.680  | 154.012  | 210.162  | 274.970  | 300.048  | 268.706  | 207.604  |  |
|                       | DL2345   | 157.240  | 227.815  | 272.909  | 281.434  | 277.220  | 267.870  | 221.034  | 146.413  | 73.854   |  |
|                       | DL2346   | 158.033  | 223.501  | 261.431  | 259.985  | 244.482  | 231.806  | 212.166  | 188.319  | 146.974  |  |
|                       | DL2356   | 155.544  | 211.760  | 239.741  | 227.527  | 208.704  | 222.943  | 245.766  | 229.547  | 186.282  |  |
|                       | DL2456   | 110.251  | 148.185  | 168.490  | 189.731  | 236.590  | 290.027  | 306.715  | 270.461  | 206.113  |  |
|                       | DL3456   | 45.889   | 101.975  | 166.989  | 223.717  | 271.021  | 313.722  | 320.090  | 276.310  | 205.556  |  |
|                       | DL12345  | 365.718  | 372.153  | 352.517  | 317.603  | 289.282  | 270.699  | 220.736  | 146.144  | 74.495   |  |
|                       | DL12346  | 366.517  | 367.846  | 341.077  | 296.159  | 256.546  | 234.634  | 211.863  | 188.010  | 147.603  |  |
|                       | DL12356  | 363.984  | 356.096  | 319.385  | 263.704  | 220.806  | 225.779  | 245.474  | 229.251  | 186.957  |  |
|                       | DL12456  | 318.684  | 292.512  | 248.092  | 225.897  | 248.649  | 292.851  | 306.411  | 270.152  | 206.742  |  |
|                       | DL13456  | 254.367  | 246.313  | 246.597  | 259.885  | 283.081  | 316.546  | 319.786  | 276.001  | 206.185  |  |
|                       | DL23456  | 156.723  | 228.325  | 277.401  | 295.602  | 309.508  | 331.603  | 326.453  | 277.755  | 204.694  |  |
|                       | DL123456 | 365.191  | 372.624  | 357.002  | 331.767  | 321.565  | 334.427  | 326.148  | 277.447  | 205.323  |  |
| ENV                   |          | 439.210  | 431.024  | 377.026  | 345.048  | 328.328  | 344.744  | 378.305  | 426.770  | 447.839  |  |
| 균 중                   |          | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000    |  |
| MAX(Σ)                |          | 1904.184 | 1861.189 | 1783.864 | 1741.341 | 1719.245 | 1728.256 | 1771.123 | 1853.908 | 1949.380 |  |

## 9. 프리스트레스

### 9.1 마찰에 의한 손실

#### (1) 일체긴장 강연선(T1)



▷ 지간중양부의 접선변화각 누계

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1}(La / R) = 0.405 \text{ rad}$$

▷ 지간중양부까지의 강선길이

$$x = Lst + \alpha \cdot R = 1.315 + 0.405 \times 57.853 = 24.724 \text{ m}$$

▷ 마찰손실량 산정

- 곡률마찰계수 ( $\mu$ ) = 0.250

- 파상마찰계수 ( $\kappa$ ) = 0.005

$$\Delta Ppf = Po - Px = Po \cdot [1 - e^{-(\mu \alpha + \kappa x)}] = 277806 \text{ N}$$

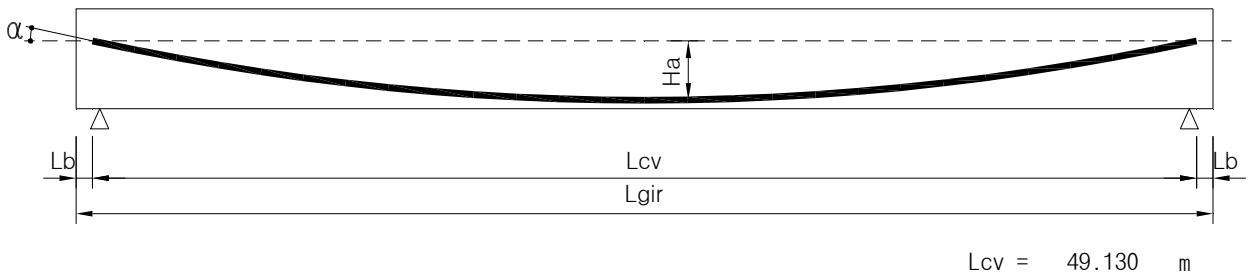
#### (2) 일체긴장 강봉 (C1, C2 압축 PS강봉은 직선으로 배치되어 있으므로 곡률마찰손실은 없다.)

- 지간중양부까지의 강봉길이( $x$ ) = 24.565 m

- 파상마찰계수 ( $\kappa$ ) = 0.008

$$\Delta Ppf = Po - Px = Po \cdot [1 - e^{-\kappa x}] = 246213 \text{ N}$$

#### (3) 일반 강연선(T2 ~ T5)



▷  $y = a \cdot x^2$  에서  $a = 4 \cdot Ha / Lcv^2$

▷ 지간중양부의 접선변화각 누계 ( $\alpha$ ) =  $\tan^{-1}(a \times Lcv)$

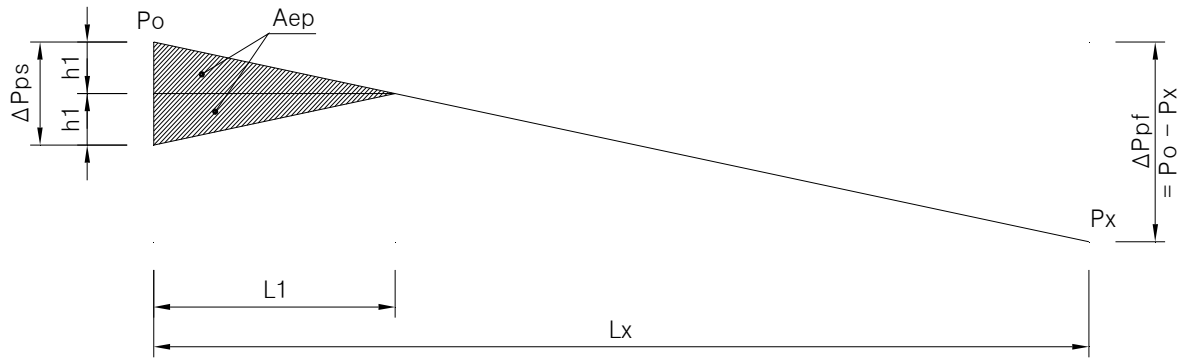
▷ 강선의 총길이( $Lt$ ) =  $Lcv + \frac{8 Ha^2}{3 Lcv} - \frac{32 Ha^4}{5 Lcv^3}$

▷ 지간중양부까지의 강선길이( $x$ ) =  $Lt / 2$

▷ 마찰손실량 ( $\Delta Ppf$ ) =  $Po - Px = Po \cdot [1 - e^{-(\mu \alpha + \kappa x)}]$

|    | Ha    | a        | $\alpha$ (rad) | Lt     | x      | $\mu$ | $\kappa$ | $\Delta Ppf$ |
|----|-------|----------|----------------|--------|--------|-------|----------|--------------|
| T2 | 1.625 | 0.002693 | 0.13154        | 49.273 | 24.636 | 0.250 | 0.005    | 469619       |
| T3 | 1.125 | 0.001864 | 0.09134        | 49.199 | 24.599 | 0.250 | 0.005    | 441013       |
| T4 | 0.625 | 0.001036 | 0.05084        | 49.151 | 24.576 | 0.250 | 0.005    | 412094       |
| T5 | 0.125 | 0.000207 | 0.01018        | 49.131 | 24.565 | 0.250 | 0.005    | 382950       |

## 9.2 정착장치 활동에 의한 손실



- ▷ 정착장치 활동량 가정 :  $\Delta \ell : 6 \text{ mm}$
- ▷ PS강재의 단위길이당 마찰손실력( $p$ ) =  $\Delta P_{pf} / L_x$
- ▷ 정착장치 활동에 의한 손실발생 길이( $L_1$ )

$$A_{ep} = \Delta \ell \cdot A_p \cdot E_p$$

$$h_1 = \Delta P_{pf} \times L_1 / L_x = p \times L_1$$

$$A_{ep} = h_1 \times L_1 = p \times L_1^2$$

$$L_1 = \sqrt{A_{ep} / p}$$

- ▷ 긴장단에서의 손실력( $\Delta P_{ps}$ ) =  $2 \cdot p \cdot L_1$

- ▷ 지간중앙부에서의 손실력( $\Delta P_{px}$ )

$$L_x \leq L_1 \text{ 이면 } \Delta P_{px} = \Delta P_{ps} \cdot (1 - L_x / L_1)$$

$$L_x > L_1 \text{ 이면 } \Delta P_{px} = 0$$

| 단위 | $L_x$  | $p$   | $A_{ep}$ | $L_1$  | $\Delta P_{ps}$ | $\Delta P_{px}$ |
|----|--------|-------|----------|--------|-----------------|-----------------|
|    | m      | N/m   | N · m    | m      | N               | N               |
| C1 | 24.565 | 5011  | 1508400  | 17.349 | 173888          | 0               |
| C2 | 24.565 | 5011  | 1508400  | 17.349 | 173888          | 0               |
| T1 | 24.724 | 11236 | 1165080  | 10.183 | 228832          | 0               |
| T2 | 24.636 | 19062 | 2663040  | 11.820 | 450611          | 0               |
| T3 | 24.599 | 17928 | 2663040  | 12.188 | 437002          | 0               |
| T4 | 24.576 | 16768 | 2663040  | 12.602 | 422634          | 0               |
| T5 | 24.565 | 15589 | 2663040  | 13.070 | 407500          | 0               |

### 9.3 콘크리트의 탄성변형에 의한 손실

- ▶ 긴장순서는 T2 → T5 순으로 하고, 그 이후에 일체긴장 PS강재(C1, C2, T1)를 긴장하는 것으로 가정한다.  
또한, 일체긴장 PS강재를 긴장할 때는 거더의 탄성변형이 발생하지 않으므로 계산에서 제외한다.

▶  $f_{cir} = \epsilon_c \cdot E_{ci}$  ,  $\Delta f_{pe} = \epsilon_p \cdot E_{pt}$  ,  $\epsilon_c = \epsilon_p$

▶  $\Delta f_{pe} = \epsilon_p \cdot E_{pt} = (E_{pt}/E_{ci}) \cdot f_{cir} = n \cdot f_{cir}$

$$f_{cir} = \sum f_{psi} + f_{sw} / N$$

$$(E_{pt} / E_{ci}) = n$$

$$f_{sw} = M_{sw} \cdot e / I_{net}$$

$$\sum f_{psi} = \begin{cases} \text{①강선 경우 : } f_{ps2} + f_{ps3} + f_{ps4} \cdots f_{psN} \\ \text{②강선 경우 : } f_{ps3} + f_{ps4} \cdots f_{psN} \\ \text{③강선 경우 : } f_{ps4} \cdots f_{psN} \\ \cdots \\ \text{④강선 경우 : } 0 \end{cases}$$

$$f_{psi} = P_r / A_{net} + P_r \cdot e^2 / I_{net}$$

- 긴장회수(N) = 4 회
- PS 강연선의 탄성계수( $E_{pt}$ ) = 200000 Mpa
- 프리스트레스 도입시 콘크리트 탄성계수( $E_{ci}$ ) = 29070 Mpa
- 탄성계수비( $n$ ) = 6.880042
- $e$  : 순단면 도심에서 PS강재 중심까지의 편심
- $P_r = P_o - \Delta P_{pf} - \Delta P_{ps}$
- $f_{cir}$  : 정착직후 자중과 프리스트레스에 의해 발생하는 PS강재 중심에서의 콘크리트 응력
- 순단면의 단면정수 :  $A_{net} = 1.01095 \text{ m}^2$  ,  $I_{net} = 0.87631 \text{ m}^4$
- 거더자중에 의한 지간 중앙부의 휨모멘트( $M_{sw}$ ) = 8215500 N·m

|    | $P_o$   | $\Delta P_{pf}$ | $\Delta P_{px}$ | $P_r$   | $e$       | 긴장 순서 |
|----|---------|-----------------|-----------------|---------|-----------|-------|
| T2 | 3250000 | -469619         | 0               | 2780381 | -1.002517 | 4     |
| T3 | 3250000 | -441013         | 0               | 2808987 | -1.002517 | 1     |
| T4 | 3250000 | -412094         | 0               | 2837906 | -1.002517 | 2     |
| T5 | 3250000 | -382950         | 0               | 2867050 | -1.002517 | 3     |

|          | $f_{psi}$ | $\sum f_{psi}$ | $f_{sw}/N$ | $f_{cir}$ | $\Delta f_{pe}$ | $\Delta P_{pe}$ |
|----------|-----------|----------------|------------|-----------|-----------------|-----------------|
| T3       | 6.000     | 18.125         | -2.350     | 15.776    | 108.536         | 240.864         |
| T4       | 6.062     | 12.063         | -2.350     | 9.714     | 66.830          | 148.309         |
| T5       | 6.124     | 5.939          | -2.350     | 3.589     | 24.695          | 54.803          |
| T2       | 5.939     | 0.000          | -2.350     | -2.350    | -16.166         | -35.875         |
| $\Sigma$ | 24.125    | 36.127         | -9.399     | 26.729    | 183.895         | 408.100         |

$\Delta f_{pe}$ 의 평균치 : 45.974 MPa

$\Delta P_{pe}$ 의 평균치 : 102.025 kN

#### 9.4 프리스트레싱에 의한 단면력 요약(지간중앙부)

▶ 순 긴장력 = 초기 긴장력 - 마찰에 의한 손실 - 정착장치 활동에 의한 손실 - 탄성변형에 의한 손실

|              | 초기긴장력   | 마찰손실력   | 활동손실력   | 탄성손실력   | 순 긴장력    | 편심거리     | 휨모멘트      |
|--------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|-----------|
|              | Po (N)  | Ppf (N) | Pps (N) | Ppe (N) | Pnet (N) | e (m)    | M (N · m) |
| C1           | -690000 | 123106  | 0       | 0       | -566894  | 1.34748  | -763880   |
| C2           | -690000 | 123106  | 0       | 0       | -566894  | 1.34748  | -763880   |
| PS강봉 소계(압축)  |         |         |         |         | -1133787 | 1.34748  | -1527759  |
| T1           | 1380000 | -277806 | 0       | 0       | 1102194  | -1.01252 | -1115990  |
| T2           | 3250000 | -469619 | 0       | 35875   | 2816256  | -1.00252 | -2823344  |
| T3           | 3250000 | -441013 | 0       | -240864 | 2568123  | -1.00252 | -2574586  |
| T4           | 3250000 | -412094 | 0       | -148309 | 2689598  | -1.00252 | -2696366  |
| T5           | 3250000 | -382950 | 0       | -54803  | 2812248  | -1.00252 | -2819325  |
| PS강연선 소계(인장) |         |         |         |         | 11988418 | -1.00383 | -12029610 |

## 10. 응력검토

### 10.1 G1거더 응력산출

#### ▶ 하중단계별 휨모멘트 요약

|          |    | 기호 | Pnet   | e      | M          | 저항단면            |
|----------|----|----|--------|--------|------------|-----------------|
|          |    |    | ( kN ) | ( m )  | ( kN · m ) |                 |
| 거더 자중    |    | sw |        |        | 8215.50    | 순단면(net)        |
| PS       | 강봉 | gb | -1134  | 1.347  | -1527.76   |                 |
|          | 강선 | gs | 11988  | -1.004 | -12029.61  |                 |
| 합성전 고정하중 |    | bl |        |        | 5133.50    | PS강재 환산단면(conv) |
| 합성후 고정하중 |    | al |        |        | 2561.30    | 바닥판 합성단면(comp)  |
| 최대활하중    |    | ll |        |        | 4552.40    |                 |
| 균중하중     |    | gj |        |        | 0.00       |                 |

※ Pnet : 즉시손실을 고려한 순긴장력(도입긴장력)

#### 10.1.1 자중에 의한 응력산정

$$f_{sw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8216}{0.87631} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판 |    | 거더     |         | PS 강재 |    | 비고 |
|-----------------|-----|-----|----|--------|---------|-------|----|----|
|                 |     | 상연  | 하연 | 상연     | 하연      | 강봉    | 강선 |    |
| y               | m   |     |    | 1.472  | -1.128  |       |    |    |
| f <sub>sw</sub> | MPa |     |    | 13.805 | -10.571 |       |    |    |

#### 10.1.2 프리스트레스 도입량 산정

▷ 거더에 축력을 작용시키는 강선의 순긴장력(Pn) = P<sub>C1</sub> + P<sub>C2</sub> + P<sub>T1</sub> + P<sub>T2</sub> + P<sub>T3</sub> + P<sub>T4</sub> + P<sub>T5</sub> = 10855 kN

▷ PS강재의 응력산정식(강재기준으로 보면 Pnet와 반대방향으로 하중이 작용하므로)

$$f_{gb} = \frac{P_{net}}{A_{gb}} = \frac{1134}{0.002514} = 450.989 \text{ MPa}$$

$$f_{gs} = \frac{P_{net}}{A_{gs}} = \frac{-11988}{0.0098477} = -1217.383 \text{ MPa}$$

▷ 거더의 응력산정식

$$f_{ps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot y$$

|                 | 단위  | 바닥판 |    | 거더      |        | PS 강재   |           | 비고 |
|-----------------|-----|-----|----|---------|--------|---------|-----------|----|
|                 |     | 상연  | 하연 | 상연      | 하연     | 강봉      | 강선        |    |
| y               | m   |     |    | 1.472   | -1.128 | 1.347   | -1.004    |    |
| f <sub>ps</sub> | MPa |     |    | -12.044 | 28.181 | 450.989 | -1217.383 |    |

### 10.1.3 합성전 고정 하중에 의한 응력산정

$$f_{bl} = n \cdot \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = n \cdot \frac{5133.50}{0.96846} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |         | 비고 |
|-----------------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|---------|----|
|                 |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선      |    |
| n               |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474   |    |
| y               | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819 | -1.532  |    |
| f <sub>bl</sub> | MPa | 1.377 | 1.098 | 1.220 | -2.142 | 6.851 | -12.827 |    |

### 10.1.4 합성후 고정 하중에 의한 응력산정

$$f_{al} = n \cdot \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{2561.30}{1.98104} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |         | 비고 |
|-----------------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|---------|----|
|                 |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선      |    |
| n               |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474   |    |
| y               | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819 | -1.532  |    |
| f <sub>al</sub> | MPa | 1.377 | 1.098 | 1.220 | -2.142 | 6.851 | -12.827 |    |

### 10.1.5 활하중에 의한 응력산정

$$f_{ll} = n \cdot \frac{M_{ll} + M_{gj}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{4552.4 + 0}{1.98104} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재  |         | 비고 |
|-----------------|-----|-------|-------|-------|--------|--------|---------|----|
|                 |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉     | 강선      |    |
| n               |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474  | 6.474   |    |
| y               | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819  | -1.532  |    |
| f <sub>ll</sub> | MPa | 2.448 | 1.951 | 2.168 | -3.807 | 12.178 | -22.798 |    |

### 10.1.6 건조수축에 의한 손실

※ 안전측의 계산을 위해 건조수축에 의한 일체긴장 강봉(C1,C2)의 영향은 무시한다.

$$\Delta f_{sh} = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot Hr) = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot 70) = 36.4 \text{ Mpa}$$

여기서, Hr은 주위의 연간 평균 상대습도(%)로서 70%를 적용한다.

$$\Delta P_{sh} = \Delta f_{sh} \cdot A_{gs} = -36.4 \times 0.0098 = -358.46 \text{ kN}$$

$$f_{sh} = n \cdot \frac{\Delta P_{sh}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{sh} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-358.5}{1.6731} + n \cdot \frac{549.3}{1.9810} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|     | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |        | 비고 |
|-----|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|----|
|     |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선     |    |
| n   |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474  |    |
| y   | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819 | -1.532 |    |
| fsh | MPa | 0.103 | 0.043 | 0.047 | -0.674 | 0.082 | 4.138  |    |

### 10.1.7 크리프에 의한 손실

$$\Delta f_{cr} = 12 \cdot f_{cir} - 7 \cdot f_{cds} = 12 \times 16.86 - 7 \times 7.10 = 152.601 \text{ Mpa}$$

$$f_{cir} = (f_{cgb} + f_{cgs}) + f_{csw} = f_{cps} + f_{csw} = 26.27 + -9.41 = 16.86 \text{ Mpa}$$

$$f_{cds} = f_{cbl} + f_{cal} = -5.11 + -1.98 = -7.10 \text{ Mpa}$$

$$f_{cps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot -1.004 = 26.267 \text{ MPa}$$

$$f_{csw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8216}{0.87631} \cdot -1.004 = -9.411 \text{ MPa}$$

$$f_{cbl} = \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = \frac{5134}{0.96846} \cdot -0.965 = -5.115 \text{ MPa}$$

$$f_{cal} = \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = \frac{2561}{1.98104} \cdot -1.532 = -1.981 \text{ MPa}$$

여기서, f<sub>cir</sub>은 정착직후 프리스트레스와 자중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

f<sub>cds</sub>는 긴장 이후의 모든 고정하중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

$$\Delta P_{cr} = \Delta f_{cr} \cdot A_{gs} = -152.601 \times 0.0098 = -1502.766 \text{ kN}$$

$$f_{cr} = n \cdot \frac{\Delta P_{cr}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{cr} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-1502.766}{1.6731} + n \cdot \frac{2302.902}{1.9810} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|     | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |        | 비고 |
|-----|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|----|
|     |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선     |    |
| n   |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474  |    |
| y   | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819 | -1.532 |    |
| fcr | MPa | 0.430 | 0.179 | 0.199 | -2.824 | 0.345 | 17.348 |    |

### 10.1.8 강봉의 릴렉сей션

$$\Delta f_{rgb} = (f_{ps} + f_{bl} + f_{al}) \times 3\%$$

$$= (450.99 + 47.56 + 6.85) \times 0.03 = 15.162 \text{ MPa}$$

$$\Delta P_{rgb} = \Delta f_{rgb} \cdot A_{gb} = -15.162 \times 0.0025 = -38.118 \text{ kN}$$

$$f_{rgb} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgb}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgb} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-38.118}{1.6731} + n \cdot \frac{-31.201}{1.9810} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                  | 단위  | 바닥판    |        | 거더     |        | PS 강재  |        | 비고 |
|------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
|                  |     | 상연     | 하연     | 상연     | 하연     | 강봉     | 강선     |    |
| n                |     | 0.9    |        | 1.000  |        | 6.474  | 6.474  |    |
| y                | m   | 1.184  | 0.944  | 0.944  | -1.656 | 0.819  | -1.532 |    |
| f <sub>rgb</sub> | MPa | -0.037 | -0.034 | -0.038 | 0.003  | -0.231 | 0.009  |    |

### 10.1.9 강선의 릴렉сей션

$$\Delta f_{rgs} = 35 - 0.07 \cdot \Delta f_{pf} - 0.1 \cdot \Delta f_{pe} - 0.05 \cdot (\Delta f_{sh} + \Delta f_{cr})$$

|     | A <sub>gs</sub> | Δ f <sub>pf</sub> | Δ f <sub>pe</sub> | Δ f <sub>sh</sub> | Δ f <sub>cr</sub> | Δ f <sub>rgs</sub> |
|-----|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| T1  | 0.000971        | 286.132           | 0.000             | 36.400            | 152.601           | 5.521              |
| T2  | 0.002219        | 211.616           | 16.166            | 36.400            | 152.601           | 9.120              |
| T3  | 0.002219        | 198.726           | -108.536          | 36.400            | 152.601           | 22.493             |
| T4  | 0.002219        | 185.695           | -66.830           | 36.400            | 152.601           | 19.234             |
| T5  | 0.002219        | 172.5621          | -24.695           | 36.400            | 152.601           | 15.940             |
| Σ   | 0.009848        | 1054.732          | -183.895          | 182.000           | 763.003           | 72.308             |
| avg | 0.001970        | 210.946           | -36.779           | 36.400            | 152.601           | 14.462             |

$$\Delta P_{rgs} = \Delta f_{rgs} \cdot A_{gs} = -14.462 \times 0.0098 = -142.41 \text{ kN}$$

$$f_{rgs} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgs}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgs} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-142.41}{1.6731} + n \cdot \frac{218.24}{1.9810} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                  | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |        | 비고 |
|------------------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|----|
|                  |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선     |    |
| n                |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474  |    |
| y                | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819 | -1.532 |    |
| f <sub>rgs</sub> | MPa | 0.041 | 0.017 | 0.019 | -0.268 | 0.033 | 1.644  |    |

### 10.1.10 2차응력검토

#### (1) 크리프에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 m &= E_{c1} \times I_{c1} / ( E_{c2} \times I_{c2} ) \\
 &= 30891.0501 \times 9.6846E+11 / 27804.0636 \times 2794176000 = 385.081 \\
 B &= 1 + m = 1 + 385.081 = 386.081 \\
 C &= Y_1' - m \times Y_2 = 1.51102318 - 385.081 \times 0.12 = -44.699 \text{ m} \\
 F &= Y_1'^2 + \gamma_{c1}^2 + m \times \gamma_{c2}^2 + m \times Y_2^2 \\
 &= 2.283 + 0.888 + 385.081 \times 0.005 + 385.081 \times 0.014 \\
 &= 10.564 \\
 P &= ( 1383.68 + 1152.42423 ) / 2 \times ( 138.7 \times 71 ) \\
 &= 12487397 \text{ N} \\
 K &= \phi_{\infty} / ( 1 + \phi_{\infty} ) = 0.792 \\
 K' &= \phi_t / ( 1 + \phi_{\infty} ) = 0.500 \\
 \text{여기서, } \phi_{\infty} &= 3.800 \text{ (콘크리트 초기재령 ~ } T=\infty \text{까지의 크리프 계수)} \\
 \phi_t &= 2.400 \text{ (바닥판 합성후 ~ } T=\infty \text{까지의 크리프 계수)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= - K' / ( C^2 - BF ) \\
 &\times [ P \{ B ( Y_1' \text{ ep3} - \gamma_{c1}^2 ) - C \text{ ep3} \} \\
 &+ Md1 \times ( C - B Y_1' ) ] \\
 &- K / ( C^2 - BF ) \times M_{d2} ( C - B Y_1' ) \\
 &= -1676423.223 \text{ N} \\
 M_{\phi} &= - K' / ( BF - C^2 ) \\
 &\times [ P \{ C ( Y_1' \text{ ep3} - \gamma_{c1}^2 ) - F \text{ ep3} \} \\
 &+ Md1 \times ( F - C Y_1' ) ] \\
 &- K / ( BF - C^2 ) \times M_{d2} ( F - C Y_1' ) \\
 &= -199649.213 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

#### (2) 건조수축에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 N_s &= \epsilon_s E_{c1} I_{c1} \times ( B / (BF - C^2) ) \times ( 1 / ( 1 + \phi_{\infty} ) ) \\
 &= 115645.849 \text{ N} \\
 M_s &= \epsilon_s E_{c1} I_{c1} \times ( C / (C^2 - (BF) ) ) \times ( 1 / ( 1 + \phi_{\infty} ) ) \\
 &= 13388.949 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

(3) 크리프에 의한 2차 응력

$$f_{c2}' = - N_{\phi} / A_{c2} - ( ( M_{\phi} - N_{\phi} Y_2 ) Y_2' / I_{c2} ) : \text{슬래브 상면응력}$$

$$= 2.815 \text{ MPa}$$

$$f_{c2} = - N_{\phi} / A_{c2} + ( ( M_{\phi} - N_{\phi} Y_2 ) Y_2 / I_{c2} ) : \text{슬래브 하면응력}$$

$$= 2.945 \text{ MPa}$$

$$f_{c1}' = N_{\phi} / A_{c1} + ( ( M_{\phi} + N_{\phi} Y_1' ) Y_1' / I_{c1} ) : \text{거더 상면응력}$$

$$= -5.800 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} = N_{\phi} / A_{c1} - ( ( M_{\phi} + N_{\phi} Y_1' ) Y_1 / I_{c1} ) : \text{거더 하면응력}$$

$$= 1.536 \text{ MPa}$$

(4) 건조수축에 의한 2차 응력

$$f_{s2}' = - N_s / A_{c2} - ( ( M_s - N_s Y_2 ) Y_2' / I_{c2} ) : \text{슬래브 상면응력}$$

$$= -0.178 \text{ MPa}$$

$$f_{s2} = - N_s / A_{c2} + ( ( M_s - N_s Y_2 ) Y_2 / I_{c2} ) : \text{슬래브 하면응력}$$

$$= -0.220 \text{ MPa}$$

$$f_{s1}' = N_s / A_{c1} + ( ( M_s + N_s Y_1' ) Y_1' / I_{c1} ) : \text{거더 상면응력}$$

$$= 0.400 \text{ MPa}$$

$$f_{s1} = N_s / A_{c1} - ( ( M_s + N_s Y_1' ) Y_1 / I_{c1} ) : \text{거더 하면응력}$$

$$= -0.106 \text{ MPa}$$

(5) 2차 응력 집계

|                  | 단위  | 바닥판    |        | 거더     |        | PS 강재  |        | 비고 |
|------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
|                  |     | 상면     | 하면     | 상면     | 하면     | 강봉     | 강선     |    |
| y                | m   | 0.12   | -0.12  | 1.511  | -1.089 | 1.386  | -0.965 |    |
| f <sub>cr2</sub> | MPa | 2.815  | 2.945  | -5.800 | 1.536  | -5.321 | 1.361  |    |
| f <sub>sh2</sub> | MPa | -0.178 | -0.220 | 0.400  | -0.106 | 0.366  | -0.094 |    |
| f <sub>2</sub>   | MPa | 2.637  | 2.726  | -5.401 | 1.431  | -4.954 | 1.268  |    |

(+) : 압축, (-) : 인장

## 10.2 G2~G8거더 응력산출

### ▶ 하중단계별 휨모멘트 요약

|          |    | 기호 | Pnet<br>( kN ) | e<br>( m ) | M<br>( kN · m ) | 저항단면            |
|----------|----|----|----------------|------------|-----------------|-----------------|
|          |    |    |                |            |                 |                 |
| 거더 자중    |    | sw |                |            | 8215.50         | 순단면(net)        |
| PS       | 강봉 | gb | -1134          | 1.347      | -1527.76        |                 |
|          | 강선 | gs | 11988          | -1.004     | -12029.61       |                 |
| 합성전 고정하중 |    | bl |                |            | 5514.70         | PS강재 환산단면(conv) |
| 합성후 고정하중 |    | al |                |            | 2865.10         | 바닥판 합성단면(comp)  |
| 최대활하중    |    | ll |                |            | 3760.90         |                 |
| 균중하중     |    | gj |                |            | 0.00            |                 |

※ Pnet : 즉시손실을 고려한 순긴장력(도입긴장력)

### 10.2.1 자중에 의한 응력산정

$$f_{sw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8215}{0.87631} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판 |    | 거더     |         | PS 강재 |    | 비고 |
|-----------------|-----|-----|----|--------|---------|-------|----|----|
|                 |     | 상연  | 하연 | 상연     | 하연      | 강봉    | 강선 |    |
| y               | m   |     |    | 1.472  | -1.128  |       |    |    |
| f <sub>sw</sub> | MPa |     |    | 13.805 | -10.571 |       |    |    |

### 10.2.2 프리스트레스 도입량 산정

▷ 거더에 축력을 작용시키는 강선의 순긴장력(P<sub>n</sub>) = P<sub>C1</sub> + P<sub>C2</sub> + P<sub>T1</sub> + P<sub>T2</sub> + P<sub>T3</sub> + P<sub>T4</sub> + P<sub>T5</sub> = 10855 kN

▷ PS강재의 응력산정식(강재기준으로 보면 Pnet와 반대방향으로 하중이 작용하므로)

$$f_{gb} = \frac{P_{net}}{A_{gb}} = \frac{1134}{0.002514} = 450.989 \text{ MPa}$$

$$f_{gs} = \frac{P_{net}}{A_{gs}} = \frac{-11988}{0.0098477} = -1217.383 \text{ MPa}$$

▷ 거더의 응력산정식

$$f_{ps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot y$$

|                 | 단위  | 바닥판 |    | 거더      |        | PS 강재   |           | 비고 |
|-----------------|-----|-----|----|---------|--------|---------|-----------|----|
|                 |     | 상연  | 하연 | 상연      | 하연     | 강봉      | 강선        |    |
| y               | m   |     |    | 1.472   | -1.128 | 1.347   | -1.004    |    |
| f <sub>ps</sub> | MPa |     |    | -12.044 | 28.181 | 450.989 | -1217.383 |    |

### 10.2.3 합성전 고정하중에 의한 응력산정

$$f_{bl} = n \cdot \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = n \cdot \frac{5514.70}{0.96846} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판 |    | 거더    |        | PS 강재  |         | 비고 |
|-----------------|-----|-----|----|-------|--------|--------|---------|----|
|                 |     | 상연  | 하연 | 상연    | 하연     | 강봉     | 강선      |    |
| n               |     |     |    | 1.000 |        | 6.474  | 6.474   |    |
| y               | m   |     |    | 1.511 | -1.089 | 1.386  | -0.965  |    |
| f <sub>bl</sub> | MPa |     |    | 8.604 | -6.201 | 51.096 | -35.573 |    |

### 10.2.4 합성후 고정하중에 의한 응력산정

$$f_{al} = n \cdot \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{2865.10}{1.99444} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |         | 비고 |
|-----------------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|---------|----|
|                 |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선      |    |
| n               |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474   |    |
| y               | m   | 1.176 | 0.936 | 0.936 | -1.664 | 0.811 | -1.540  |    |
| f <sub>al</sub> | MPa | 1.520 | 1.210 | 1.345 | -2.390 | 7.543 | -14.322 |    |

### 10.2.5 활하중에 의한 응력산정(균중하중 포함)

$$f_{ll} = n \cdot \frac{M_{ll} + M_{gj}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{3760.9 + 0}{1.99444} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |         | 비고 |
|-----------------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|---------|----|
|                 |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선      |    |
| n               |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474   |    |
| y               | m   | 1.176 | 0.936 | 0.936 | -1.664 | 0.811 | -1.540  |    |
| f <sub>ll</sub> | MPa | 1.996 | 1.589 | 1.765 | -3.138 | 9.901 | -18.800 |    |

### 10.2.6 건조수축에 의한 손실

※ 안전측의 계산을 위해 건조수축에 의한 일체긴장 강봉(C1,C2)의 영향은 무시한다.

$$\Delta f_{sh} = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot H_r) = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot 70) = 36.4 \text{ Mpa}$$

여기서,  $H_r$ 은 주위의 연간 평균 상대습도(%)로서 70%를 적용한다.

$$\Delta P_{sh} = \Delta f_{sh} \cdot A_{gs} = -36.4 \times 0.0098 = -358.46 \text{ kN}$$

$$f_{sh} = n \cdot \frac{\Delta P_{sh}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{sh} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-358.5}{1.685} + n \cdot \frac{549.3}{1.9944} \cdot y$$

$y$  : 중립축에서의 거리,  $n$  : 탄성계수비

|     | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |        | 비고 |
|-----|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|----|
|     |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선     |    |
| n   |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474  |    |
| y   | m   | 1.176 | 0.936 | 0.936 | -1.664 | 0.811 | -1.540 |    |
| fsh | MPa | 0.100 | 0.041 | 0.045 | -0.671 | 0.069 | 4.123  |    |

### 10.2.7 크리프에 의한 손실

$$\Delta f_{cr} = 12 \cdot f_{cir} - 7 \cdot f_{cd} = 12 \times 16.86 - 7 \times 7.70 = 148.401 \text{ Mpa}$$

$$f_{cir} = (f_{cgb} + f_{cgs}) + f_{csw} = f_{cps} + f_{csw} = 26 + -9.41 = 16.86 \text{ Mpa}$$

$$f_{cds} = f_{cbl} + f_{cal} = -5.49 + -2.20 = -7.70 \text{ Mpa}$$

$$f_{cps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot -1.004 = 26.267 \text{ MPa}$$

$$f_{csw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8216}{0.87631} \cdot -1.004 = -9.411 \text{ MPa}$$

$$f_{cbl} = \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = \frac{5515}{0.96846} \cdot -0.965 = -5.495 \text{ MPa}$$

$$f_{cal} = \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = \frac{2865}{1.99444} \cdot -1.532 = -2.201 \text{ MPa}$$

여기서,  $f_{cir}$ 은 정착직후 프리스트레스와 자중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

$f_{cds}$ 는 긴장 이후의 모든 고정하중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

$$\Delta P_{cr} = \Delta f_{cr} \cdot A_{gs} = -148.401 \times 0.0098 = -1461.410 \text{ kN}$$

$$f_{cr} = n \cdot \frac{\Delta P_{cr}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{cr} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-1461.410}{1.6850} + n \cdot \frac{2239.526}{1.9944} \cdot y$$

$y$  : 중립축에서의 거리,  $n$  : 탄성계수비

|     | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |        | 비고 |
|-----|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|----|
|     |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선     |    |
| n   |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474  |    |
| y   | m   | 1.176 | 0.936 | 0.936 | -1.664 | 0.811 | -1.540 |    |
| fcr | MPa | 0.408 | 0.165 | 0.184 | -2.736 | 0.281 | 16.810 |    |

### 10.2.8 강봉의 릴렉сей션

$$\Delta f_{rgb} = (f_{ps} + f_{bl} + f_{al}) \times 3\%$$

$$= (450.99 + 51.10 + 7.54) \times 0.03 = 15.289 \text{ Mpa}$$

$$\Delta P_{rgb} = \Delta f_{rgb} \cdot A_{gb} = 15.289 \times 0.0025 = -38.436 \text{ kN}$$

$$f_{rgb} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgb}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgb} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-38.436}{1.6850} + n \cdot \frac{-31.462}{1.9944} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                  | 단위  | 바닥판    |        | 거더     |        | PS 강재  |        | 비고 |
|------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
|                  |     | 상연     | 하연     | 상연     | 하연     | 강봉     | 강선     |    |
| n                |     | 0.9    |        | 1.000  |        | 6.474  | 6.474  |    |
| y                | m   | 1.176  | 0.936  | 0.936  | -1.664 | 0.811  | -1.540 |    |
| f <sub>rgb</sub> | MPa | -0.037 | -0.034 | -0.038 | 0.003  | -0.231 | 0.010  |    |

### 10.2.9 강선의 릴렉сей션

$$\Delta f_{rgs} = 35 - 0.07 \cdot \Delta f_{pf} - 0.1 \cdot \Delta f_{pe} - 0.05 \cdot (\Delta f_{sh} + \Delta f_{cr})$$

|     | A <sub>gs</sub> | Δ f <sub>pf</sub> | Δ f <sub>pe</sub> | Δ f <sub>sh</sub> | Δ f <sub>cr</sub> | Δ f <sub>rgs</sub> |
|-----|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| T1  | 0.000971        | 286.132           | 0.000             | 36.400            | 148.401           | 5.731              |
| T2  | 0.002219        | 211.616           | 16.166            | 36.400            | 148.401           | 9.330              |
| T3  | 0.002219        | 198.726           | -108.536          | 36.400            | 148.401           | 22.703             |
| T4  | 0.002219        | 185.695           | -66.830           | 36.400            | 148.401           | 19.444             |
| T5  | 0.002219        | 172.562           | -24.695           | 36.400            | 148.401           | 16.150             |
| Σ   | 0.009848        | 1054.732          | -183.895          | 182.000           | 742.006           | 73.358             |
| avg | 0.001970        | 210.946           | -36.779           | 36.400            | 148.401           | 14.672             |

$$\Delta P_{rgs} = \Delta f_{rgs} \cdot A_{gs} = -14.672 \times 0.0098 = -144.48 \text{ kN}$$

$$f_{rgs} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgs}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgs} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-144.48}{1.6850} + n \cdot \frac{221.41}{1.9944} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                  | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |        | 비고 |
|------------------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|----|
|                  |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선     |    |
| n                |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474  |    |
| y                | m   | 1.176 | 0.936 | 0.936 | -1.664 | 0.811 | -1.540 |    |
| f <sub>rgs</sub> | MPa | 0.040 | 0.016 | 0.018 | -0.270 | 0.028 | 1.662  |    |

## 9.2.10 2차응력검토

### (1) 크리프에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 m &= E_{c1} \times I_{c1} / ( E_{c2} \times I_{c2} ) \\
 &= 30891.0501 \times 0.96845937 / 27804.0636 \times 0.00279418 = 385.081 \\
 B &= 1 + m = 1 + 385.081 = 386.081 \\
 C &= Y_1' - m \times Y_2 = 1.51102318 - 385.081 \times 0.12 = -44.699 \text{ m} \\
 F &= Y_1'^2 + \gamma_{c1}^2 + m \times \gamma_{c2}^2 + m \times Y_2^2 \\
 &= 2.283 + 0.888 + 385.081 \times 0.005 + 385.081 \times 0.014 \\
 &= 10.564 \\
 P &= ( 1383.68 + 1156.95881 ) / 2 \times 138.7 \times 71 = 12509724 \text{ N} \\
 K &= \phi_{\infty} / ( 1 + \phi_{\infty} ) = 0.792 \\
 K' &= \phi_t / ( 1 + \phi_{\infty} ) = 0.500 \\
 \text{여기서, } \phi_{\infty} &= 3.800 \text{ (콘크리트 초기재령 ~ } T=\infty \text{까지의 크리프 계수)} \\
 \phi_t &= 2.400 \text{ (바닥판 합성후 ~ } T=\infty \text{까지의 크리프 계수)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= - K' / ( C^2 - BF ) \\
 &\times [ P \{ B ( Y_1' \epsilon_{p3} - \gamma_{c1}^2 ) - C \epsilon_{p3} \} \\
 &+ M_{d1} \times ( C - B Y_1' ) ] \\
 &- K / ( C^2 - BF ) \times M_{d2} ( C - B Y_1' ) \\
 &= -1766103.554 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\phi} &= - K' / ( BF - C^2 ) \\
 &\times [ P \{ C ( Y_1' \epsilon_{p3} - \gamma_{c1}^2 ) - F \epsilon_{p3} \} \\
 &+ M_{d1} \times ( F - C Y_1' ) ] \\
 &- K / ( BF - C^2 ) \times M_{d2} ( F - C Y_1' ) \\
 &= -210785.748 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

### (2) 건조수축에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 N_s &= \epsilon_s E_{c1} I_{c1} \times ( B / (BF - C^2) ) \times ( 1 / ( 1 + \phi_{\infty} ) ) \\
 &= 115645.849 \text{ N} \\
 M_s &= \epsilon_s E_{c1} I_{c1} \times ( C / (C^2 - (BF) ) ) \times ( 1 / ( 1 + \phi_{\infty} ) ) \\
 &= 13388.949 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

(3) 크리프에 의한 2차 응력

$$f_{c2}' = - N_{\phi} / A_{c2} - ( ( M_{\phi} - N_{\phi} Y_2 ) Y_2' / I_{c2} ) : \text{슬래브 상연응력}$$

$$= 2.985 \text{ MPa}$$

$$f_{c2} = - N_{\phi} / A_{c2} + ( ( M_{\phi} - N_{\phi} Y_2 ) Y_2 / I_{c2} ) : \text{슬래브 하연응력}$$

$$= 3.083 \text{ MPa}$$

$$f_{c1}' = N_{\phi} / A_{c1} + ( ( M_{\phi} + N_{\phi} Y_1' ) Y_1' / I_{c1} ) : \text{거더 상연응력}$$

$$= -6.111 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} = N_{\phi} / A_{c1} - ( ( M_{\phi} + N_{\phi} Y_1' ) Y_1 / I_{c1} ) : \text{거더 하연응력}$$

$$= 1.619 \text{ MPa}$$

(4) 건조수축에 의한 2차 응력

$$f_{s2}' = - N_s / A_{c2} - ( ( M_s - N_s Y_2 ) Y_2' / I_{c2} ) : \text{슬래브 상연응력}$$

$$= -0.178 \text{ MPa}$$

$$f_{s2} = - N_s / A_{c2} + ( ( M_s - N_s Y_2 ) Y_2 / I_{c2} ) : \text{슬래브 하연응력}$$

$$= -0.220 \text{ MPa}$$

$$f_{s1}' = N_s / A_{c1} + ( ( M_s + N_s Y_1' ) Y_1' / I_{c1} ) : \text{거더 상연응력}$$

$$= 0.400 \text{ MPa}$$

$$f_{s1} = N_s / A_{c1} - ( ( M_s + N_s Y_1' ) Y_1 / I_{c1} ) : \text{거더 하연응력}$$

$$= -0.106 \text{ MPa}$$

(5) 2차 응력 집계

|                  | 단위  | 바닥판    |        | 거더     |        | PS 강재  |        | 비고 |
|------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
|                  |     | 상연     | 하연     | 상연     | 하연     | 강봉     | 강선     |    |
| y                | m   | 0.12   | -0.12  | 1.511  | -1.089 | 1.386  | -0.965 |    |
| f <sub>cr2</sub> | MPa | 2.985  | 3.083  | -6.111 | 1.619  | -5.606 | 1.435  |    |
| f <sub>sh2</sub> | MPa | -0.178 | -0.220 | 0.400  | -0.106 | 0.366  | -0.094 |    |
| f <sub>2</sub>   | MPa | 2.807  | 2.864  | -5.712 | 1.513  | -5.239 | 1.341  |    |

### 10.3 G9거더 응력산출

#### ▶ 하중단계별 휨모멘트 요약

|          |    | 기호 | Pnet<br>( kN ) | e<br>( m ) | M<br>( kN · m ) | 저항단면            |
|----------|----|----|----------------|------------|-----------------|-----------------|
|          |    |    |                |            |                 |                 |
| 거더 자중    |    | sw |                |            | 8215.50         | 순단면(net)        |
| PS       | 강봉 | gb | -1134          | 1.347      | -1527.76        |                 |
|          | 강선 | gs | 11988          | -1.004     | -12029.61       |                 |
| 합성전 고정하중 |    | bl |                |            | 5133.50         | PS강재 환산단면(conv) |
| 합성후 고정하중 |    | al |                |            | 2883.30         | 바닥판 합성단면(comp)  |
| 최대활하중    |    | ll |                |            | 4543.80         |                 |
| 균중하중     |    | gj |                |            | 0               |                 |

※ Pnet : 즉시손실을 고려한 순긴장력(도입긴장력)

#### 10.3.1 자중에 의한 응력산정

$$f_{sw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8215}{0.87631} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판 |    | 거더     |         | PS 강재 |    | 비고 |
|-----------------|-----|-----|----|--------|---------|-------|----|----|
|                 |     | 상연  | 하연 | 상연     | 하연      | 강봉    | 강선 |    |
| y               | m   |     |    | 1.472  | -1.128  |       |    |    |
| f <sub>sw</sub> | MPa |     |    | 13.805 | -10.571 |       |    |    |

#### 10.3.2 프리스트레스 도입량 산정

▷ 거더에 축력을 작용시키는 강선의 순긴장력(P<sub>n</sub>) = P<sub>C1</sub> + P<sub>C2</sub> + P<sub>T1</sub> + P<sub>T2</sub> + P<sub>T3</sub> + P<sub>T4</sub> + P<sub>T5</sub> = 10855 kN

▷ PS강재의 응력산정식(강재기준으로 보면 Pnet와 반대방향으로 하중이 작용하므로)

$$f_{gb} = \frac{P_{net}}{A_{gb}} = \frac{1134}{0.002514} = 450.989 \text{ MPa}$$

$$f_{gs} = \frac{P_{net}}{A_{gs}} = \frac{-11988}{0.0098477} = -1217.383 \text{ MPa}$$

▷ 거더의 응력산정식

$$f_{ps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot y$$

|                 | 단위  | 바닥판 |    | 거더      |        | PS 강재   |           | 비고 |
|-----------------|-----|-----|----|---------|--------|---------|-----------|----|
|                 |     | 상연  | 하연 | 상연      | 하연     | 강봉      | 강선        |    |
| y               | m   |     |    | 1.472   | -1.128 | 1.347   | -1.004    |    |
| f <sub>ps</sub> | MPa |     |    | -12.044 | 28.181 | 450.989 | -1217.383 |    |

### 10.3.3 합성전 고정하중에 의한 응력산정

$$f_{bl} = n \cdot \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = n \cdot \frac{5133.50}{0.96846} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판 |    | 거더    |        | PS 강재  |         | 비고 |
|-----------------|-----|-----|----|-------|--------|--------|---------|----|
|                 |     | 상연  | 하연 | 상연    | 하연     | 강봉     | 강선      |    |
| n               |     |     |    | 1.000 |        | 6.474  | 6.474   |    |
| y               | m   |     |    | 1.511 | -1.089 | 1.386  | -0.965  |    |
| f <sub>bl</sub> | MPa |     |    | 8.009 | -5.772 | 47.564 | -33.114 |    |

### 10.3.4 합성후 고정하중에 의한 응력산정

$$f_{al} = n \cdot \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{2883.30}{1.98104} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |         | 비고 |
|-----------------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|---------|----|
|                 |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선      |    |
| n               |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474   |    |
| y               | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819 | -1.532  |    |
| f <sub>al</sub> | MPa | 1.550 | 1.236 | 1.373 | -2.411 | 7.713 | -14.440 |    |

### 10.3.5 활하중에 의한 응력산정(균중하중 포함)

$$f_{ll} = n \cdot \frac{M_{ll} + M_{gj}}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{4543.8 + 0}{1.98104} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                 | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재  |         | 비고 |
|-----------------|-----|-------|-------|-------|--------|--------|---------|----|
|                 |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉     | 강선      |    |
| n               |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474  | 6.474   |    |
| y               | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819  | -1.532  |    |
| f <sub>ll</sub> | MPa | 2.443 | 1.948 | 2.164 | -3.799 | 12.155 | -22.755 |    |

### 10.3.6 건조수축에 의한 손실

※ 안전측의 계산을 위해 건조수축에 의한 일체긴장 강봉(C1,C2)의 영향은 무시한다.

$$\Delta f_{sh} = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot H_r) = 0.80 \cdot (119 - 1.05 \cdot 70) = 36.4 \text{ Mpa}$$

여기서,  $H_r$ 은 주위의 연간 평균 상대습도(%)로서 70%를 적용한다.

$$\Delta P_{sh} = \Delta f_{sh} \cdot A_{gs} = -36.4 \times 0.0098 = -358.46 \text{ kN}$$

$$f_{sh} = n \cdot \frac{\Delta P_{sh}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{sh} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-358.5}{1.6731} + n \cdot \frac{549.3}{1.9810} \cdot y$$

$y$  : 중립축에서의 거리,  $n$  : 탄성계수비

|     | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |        | 비고 |
|-----|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|----|
|     |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선     |    |
| n   |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474  |    |
| y   | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819 | -1.532 |    |
| fsh | MPa | 0.103 | 0.043 | 0.047 | -0.674 | 0.082 | 4.138  |    |

### 10.3.7 크리프에 의한 손실

$$\Delta f_{cr} = 12 \cdot f_{cfr} - 7 \cdot f_{cds} = 12 \times 16.86 - 7 \times 7.35 = 150.857 \text{ Mpa}$$

$$f_{cfr} = (f_{cgb} + f_{cgs}) + f_{csw} = f_{cps} + f_{csw} = 26.27 + -9.41 = 16.86 \text{ Mpa}$$

$$f_{cds} = f_{cbl} + f_{cal} = -5.11 + -2.23 = -7.35 \text{ Mpa}$$

$$f_{cps} = \frac{P_n}{A_{net}} + \frac{M_{gb} + M_{gs}}{I_{net}} \cdot y = \frac{10855}{1.011} + \frac{-13557}{0.87631} \cdot -1.004 = 26.267 \text{ MPa}$$

$$f_{csw} = \frac{M_{sw}}{I_{net}} \cdot y = \frac{8216}{0.87631} \cdot -1.004 = -9.411 \text{ MPa}$$

$$f_{cbl} = \frac{M_{bl}}{I_{conv}} \cdot y = \frac{5134}{0.96846} \cdot -0.965 = -5.115 \text{ MPa}$$

$$f_{cal} = \frac{M_{al}}{I_{comp}} \cdot y = \frac{2883}{1.98104} \cdot -1.532 = -2.230 \text{ MPa}$$

여기서,  $f_{cfr}$ 은 정착직후 프리스트레스와 자중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

$f_{cds}$ 는 긴장 이후의 모든 고정하중에 의해 발생하는 PS강선 중심에서의 콘크리트 응력

$$\Delta P_{cr} = \Delta f_{cr} \cdot A_{gs} = -150.857 \times 0.0098 = -1485.595 \text{ kN}$$

$$f_{cr} = n \cdot \frac{\Delta P_{cr}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{cr} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-1485.595}{1.6731} + n \cdot \frac{2276.589}{1.9810} \cdot y$$

$y$  : 중립축에서의 거리,  $n$  : 탄성계수비

|     | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |        | 비고 |
|-----|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|----|
|     |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선     |    |
| n   |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474  |    |
| y   | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819 | -1.532 |    |
| fcr | MPa | 0.425 | 0.177 | 0.196 | -2.792 | 0.341 | 17.150 |    |

### 10.3.8 강봉의 릴렉сей션

$$\Delta f_{rgb} = (f_{ps} + f_{bl} + f_{al}) \times 3\%$$

$$= (450.99 + 47.56 + 7.71) \times 0.03 = 15.188 \text{ Mpa}$$

$$\Delta P_{rgb} = \Delta f_{rgb} \cdot A_{gb} = 15.188 \times 0.0025 = -38.183 \text{ kN}$$

$$f_{rgb} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgb}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgb} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-38.183}{1.6731} + n \cdot \frac{-31.254}{1.9810} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                  | 단위  | 바닥판    |        | 거더     |        | PS 강재  |        | 비고 |
|------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
|                  |     | 상연     | 하연     | 상연     | 하연     | 강봉     | 강선     |    |
| n                |     | 0.9    |        | 1.000  |        | 6.474  | 6.474  |    |
| y                | m   | 1.184  | 0.944  | 0.944  | -1.656 | 0.819  | -1.532 |    |
| f <sub>rgb</sub> | MPa | -0.037 | -0.034 | -0.038 | 0.003  | -0.231 | 0.009  |    |

### 10.3.9 강선의 릴렉сей션

$$\Delta f_{rgs} = 35 - 0.07 \cdot \Delta f_{pf} - 0.1 \cdot \Delta f_{pe} - 0.05 \cdot (\Delta f_{sh} + \Delta f_{cr})$$

|     | A <sub>gs</sub> | Δ f <sub>pf</sub> | Δ f <sub>pe</sub> | Δ f <sub>sh</sub> | Δ f <sub>cr</sub> | Δ f <sub>rgs</sub> |
|-----|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| T1  | 0.000971        | 286.132           | 0.000             | 36.400            | 150.857           | 5.608              |
| T2  | 0.002219        | 211.616           | 16.166            | 36.400            | 150.857           | 9.207              |
| T3  | 0.002219        | 198.726           | -108.536          | 36.400            | 150.857           | 22.580             |
| T4  | 0.002219        | 185.695           | -66.830           | 36.400            | 150.857           | 19.322             |
| T5  | 0.002219        | 172.562           | -24.695           | 36.400            | 150.857           | 16.027             |
| Σ   | 0.009848        | 1054.732          | -183.895          | 182.000           | 754.286           | 72.744             |
| avg | 0.001970        | 210.946           | -36.779           | 36.400            | 150.857           | 14.549             |

$$\Delta P_{rgs} = \Delta f_{rgs} \cdot A_{gs} = -14.549 \times 0.0098 = -143.27 \text{ kN}$$

$$f_{rgs} = n \cdot \frac{\Delta P_{rgs}}{A_{comp}} + n \cdot \frac{\Delta P_{rgs} \times e}{I_{comp}} \cdot y = n \cdot \frac{-143.27}{1.6731} + n \cdot \frac{219.56}{1.9810} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

|                  | 단위  | 바닥판   |       | 거더    |        | PS 강재 |        | 비고 |
|------------------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|--------|----|
|                  |     | 상연    | 하연    | 상연    | 하연     | 강봉    | 강선     |    |
| n                |     | 0.9   |       | 1.000 |        | 6.474 | 6.474  |    |
| y                | m   | 1.184 | 0.944 | 0.944 | -1.656 | 0.819 | -1.532 |    |
| f <sub>rgs</sub> | MPa | 0.041 | 0.017 | 0.019 | -0.269 | 0.033 | 1.654  |    |

## 9.2.10 2차응력검토

### (1) 크리프에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 m &= E_{c1} \times I_{c1} / ( E_{c2} \times I_{c2} ) \\
 &= 30891.0501 \times 0.96845937 / 27804.0636 \times 0.00279418 = 385.081 \\
 B &= 1 + m = 1 + 385.081 = 386.081 \\
 C &= Y_1' - m \times Y_2 = 1.51102318 - 385.081 \times 0.12 = -44.699 \text{ m} \\
 F &= Y_1'^2 + \gamma_{c1}^2 + m \times \gamma_{c2}^2 + m \times Y_2^2 \\
 &= 2.283 + 0.888 + 385.081 \times 0.005 + 385.081 \times 0.014 \\
 &= 10.564
 \end{aligned}$$

$$P = ( 1383.68 + 1154.30691 ) / 2 \times 138.7 \times 71 = 12496667 \text{ N}$$

$$K = \phi_{\infty} / ( 1 + \phi_{\infty} ) = 0.792$$

$$K' = \phi_t / ( 1 + \phi_{\infty} ) = 0.500$$

여기서,  $\phi_{\infty} = 3.800$  (콘크리트 초기재령 ~ T=∞까지의 크리프 계수)  
 $\phi_t = 2.400$  (바닥판 합성후 ~ T=∞까지의 크리프 계수)

$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= - K' / ( C^2 - BF ) \\
 &\times [ P \{ B ( Y_1' \text{ ep}3 - \gamma_{c1}^2 ) - C \text{ ep}3 \} \\
 &+ M_{d1} \times ( C - B Y_1' ) ] \\
 &- K / ( C^2 - BF ) \times M_{d2} ( C - B Y_1' ) \\
 &= -1675836.597 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\phi} &= - K' / ( BF - C^2 ) \\
 &\times [ P \{ C ( Y_1' \text{ ep}3 - \gamma_{c1}^2 ) - F \text{ ep}3 \} \\
 &+ M_{d1} \times ( F - C Y_1' ) ] \\
 &- K / ( BF - C^2 ) \times M_{d2} ( F - C Y_1' ) \\
 &= -199569.712 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

### (2) 건조수축에 의한 단면력 계산

$$\begin{aligned}
 N_s &= \varepsilon_s E_{c1} I_{c1} \times ( B / (BF - C^2) ) \times ( 1 / ( 1 + \phi_{\infty} ) ) \\
 &= 115645.849 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_s &= \varepsilon_s E_{c1} I_{c1} \times ( C / (C^2 - (BF) ) ) \times ( 1 / ( 1 + \phi_{\infty} ) ) \\
 &= 13388.949 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

(3) 크리프에 의한 2차 응력

$$f_{c2}' = - N_{\phi} / A_{c2} - ( ( M_{\phi} - N_{\phi} Y_2 ) Y_2' / I_{c2} ) : \text{슬래브 상연응력}$$

$$= 2.813 \text{ MPa}$$

$$f_{c2} = - N_{\phi} / A_{c2} + ( ( M_{\phi} - N_{\phi} Y_2 ) Y_2 / I_{c2} ) : \text{슬래브 하연응력}$$

$$= 2.945 \text{ MPa}$$

$$f_{c1}' = N_{\phi} / A_{c1} + ( ( M_{\phi} + N_{\phi} Y_1' ) Y_1' / I_{c1} ) : \text{거더 상연응력}$$

$$= -5.798 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} = N_{\phi} / A_{c1} - ( ( M_{\phi} + N_{\phi} Y_1' ) Y_1 / I_{c1} ) : \text{거더 하연응력}$$

$$= 1.536 \text{ MPa}$$

(4) 건조수축에 의한 2차 응력

$$f_{s2}' = - N_s / A_{c2} - ( ( M_s - N_s Y_2 ) Y_2' / I_{c2} ) : \text{슬래브 상연응력}$$

$$= -0.178 \text{ MPa}$$

$$f_{s2} = - N_s / A_{c2} + ( ( M_s - N_s Y_2 ) Y_2 / I_{c2} ) : \text{슬래브 하연응력}$$

$$= -0.220 \text{ MPa}$$

$$f_{s1}' = N_s / A_{c1} + ( ( M_s + N_s Y_1' ) Y_1' / I_{c1} ) : \text{거더 상연응력}$$

$$= 0.400 \text{ MPa}$$

$$f_{s1} = N_s / A_{c1} - ( ( M_s + N_s Y_1' ) Y_1 / I_{c1} ) : \text{거더 하연응력}$$

$$= -0.106 \text{ MPa}$$

(5) 2차 응력 집계

|                  | 단위  | 바닥판    |        | 거더     |        | PS 강재  |        | 비고 |
|------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
|                  |     | 상연     | 하연     | 상연     | 하연     | 강봉     | 강선     |    |
| y                | m   | 0.12   | -0.12  | 1.511  | -1.089 | 1.386  | -0.965 |    |
| f <sub>cr2</sub> | MPa | 2.813  | 2.945  | -5.798 | 1.536  | -5.319 | 1.361  |    |
| f <sub>sh2</sub> | MPa | -0.178 | -0.220 | 0.400  | -0.106 | 0.366  | -0.094 |    |
| f <sub>2</sub>   | MPa | 2.635  | 2.725  | -5.399 | 1.430  | -4.952 | 1.267  |    |

## 11.1 G1거더 응력산출

▷ 유효율 : 0.833

(+):압축, (-):인장

| 구 분             |                   | C1       | C2       | T1        | T2        | T3        | T4        | T5         |
|-----------------|-------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 강선수             | (EA)              |          |          | 7         | 16        | 16        | 16        | 16         |
| P <sub>CT</sub> | (kN)              | -566.894 | -566.894 | 1102.194  | 2816.256  | 2568.123  | 2689.598  | ± 2812.248 |
| A <sub>P</sub>  | (m <sup>2</sup> ) | 0.00126  | 0.00126  | 0.00097   | 0.00222   | 0.00222   | 0.00222   | ± 0.0022   |
| f <sub>ps</sub> | (MPa)             | -450.989 | -450.989 | 1135.229  | 1269.041  | 1157.229  | 1211.967  | ± 1267.235 |
| 응 력 검 토         |                   | ± 777.00 | ± 777.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.000 |
|                 |                   | 0.K      | 0.K      | 0.K       | 0.K       | 0.K       | 0.K       | 0.K        |

## 11.2 G2~G8거더 응력산출

1) G2~G8거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.836

| 하중 단계    |      | 바닥판    |        | 거더      |         | PS 강재    |           | 비고 |
|----------|------|--------|--------|---------|---------|----------|-----------|----|
|          |      | 상연     | 하연     | 상연      | 하연      | 강봉       | 강선        |    |
| 1        | fsw  |        |        | 13.805  | -10.571 | 0.000    | 0.000     |    |
| 2        | fps  |        |        | -12.044 | 28.181  | 450.989  | -1217.383 |    |
| 계        |      |        |        | 1.761   | 17.610  | 450.989  | -1217.383 |    |
| 응력<br>검토 |      |        |        | -1.410  | 19.200  | ± 777.00 | ± 1312.00 |    |
|          |      |        |        | 0.K     | 0.K     | 0.K      | 0.K       |    |
| 3        | fbl  | 0.000  | 0.000  | 8.604   | -6.201  | 51.096   | -35.573   |    |
| 4        | fal  | 1.520  | 1.210  | 1.345   | -2.390  | 7.543    | -14.322   |    |
| 5        | fl l | 1.996  | 1.589  | 1.765   | -3.138  | 9.901    | -18.800   |    |
| 6        | fsh  | 0.100  | 0.041  | 0.045   | -0.671  | 0.069    | 4.123     |    |
| 7        | fcr  | 0.408  | 0.165  | 0.184   | -2.736  | 0.281    | 16.810    |    |
| 8        | frgb | -0.037 | -0.034 | -0.038  | 0.003   | -0.231   | 0.010     |    |
| 9        | frgs | 0.040  | 0.016  | 0.018   | -0.270  | 0.028    | 1.662     |    |
| 10       | f2   | 2.807  | 2.864  | -5.712  | 1.513   | -5.239   | 1.341     |    |
| 계        |      | 6.834  | 5.851  | 7.973   | 3.721   | 514.437  | -1262.132 |    |
| 응력<br>검토 |      | 10.800 | -2.598 | 18.000  | -3.162  | ± 777.00 | ± 1312.00 |    |
|          |      | 0.K    | 0.K    | 0.K     | 0.K     | 0.K      | 0.K       |    |

(+):압축, (-):인장

2) 내측거더 강선 응력검토(사용하중 상태)

| 구 분             |                   | C1       | C2       | T1        | T2        | T3        | T4        | T5        |
|-----------------|-------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 강선수             | (EA)              |          |          | 7         | 16        | 16        | 16        | 16        |
| P <sub>CT</sub> | (kN)              | -566.894 | -566.894 | 1102.194  | 2816.256  | 2568.123  | 2689.598  | 2812.248  |
| A <sub>p</sub>  | (m <sup>2</sup> ) | 0.00126  | 0.00126  | 0.00097   | 0.00222   | 0.00222   | 0.00222   | 0.00222   |
| f <sub>ps</sub> | (MPa)             | -450.989 | -450.989 | 1135.229  | 1269.041  | 1157.229  | 1211.967  | 1267.235  |
| 응 력 검 토         |                   | ± 777.00 | ± 777.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 |
|                 |                   | 0.K      | 0.K      | 0.K       | 0.K       | 0.K       | 0.K       | 0.K       |

### 11.3 G9거더 응력산출

1) G9거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.834

| 하중 단계    |      | 바닥판    |        | 거더      |         | PS 강재    |           | 비고 |
|----------|------|--------|--------|---------|---------|----------|-----------|----|
|          |      | 상연     | 하연     | 상연      | 하연      | 강봉       | 강선        |    |
| 1        | fsw  |        |        | 13.805  | -10.571 | 0.000    | 0.000     |    |
| 2        | fps  |        |        | -12.044 | 28.181  | 450.989  | -1217.383 |    |
| 계        |      |        |        | 1.761   | 17.610  | 450.989  | -1217.383 |    |
| 응력<br>검토 |      |        |        | -1.410  | 19.200  | ± 777.00 | ± 1312.00 |    |
|          |      |        |        | 0.K     | 0.K     | 0.K      | 0.K       |    |
| 3        | fbl  | 0.000  | 0.000  | 8.009   | -5.772  | 47.564   | -33.114   |    |
| 4        | fal  | 1.550  | 1.236  | 1.373   | -2.411  | 7.713    | -14.440   |    |
| 5        | fil  | 2.443  | 1.948  | 2.164   | -3.799  | 12.155   | -22.755   |    |
| 6        | fsh  | 0.103  | 0.043  | 0.047   | -0.674  | 0.082    | 4.138     |    |
| 7        | fcr  | 0.425  | 0.177  | 0.196   | -2.792  | 0.341    | 17.150    |    |
| 8        | frgb | -0.037 | -0.034 | -0.038  | 0.003   | -0.231   | 0.009     |    |
| 9        | frgs | 0.041  | 0.017  | 0.019   | -0.269  | 0.033    | 1.654     |    |
| 10       | f2   | 2.635  | 2.725  | -5.399  | 1.430   | -4.952   | 1.267     |    |
| 계        |      | 7.160  | 6.111  | 8.134   | 3.327   | 513.694  | -1263.474 |    |
| 응력<br>검토 |      | 10.800 | -2.598 | 18.000  | -3.162  | ± 777.00 | ± 1312.00 |    |
|          |      | 0.K    | 0.K    | 0.K     | 0.K     | 0.K      | 0.K       |    |

(+):압축, (-):인장

2) 내측거더 강선 응력검토(사용하중 상태)

| 구 분             |                   | C1       | C2       | T1        | T2        | T3        | T4        | T5        |
|-----------------|-------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 강선수             | (EA)              |          |          | 7         | 16        | 16        | 16        | 16        |
| P <sub>CT</sub> | (kN)              | -566.894 | -566.894 | 1102.194  | 2816.256  | 2568.123  | 2689.598  | 2812.248  |
| A <sub>p</sub>  | (m <sup>2</sup> ) | 0.00126  | 0.00126  | 0.00097   | 0.00222   | 0.00222   | 0.00222   | 0.00222   |
| fps             | (MPa)             | -450.989 | -450.989 | 1135.229  | 1269.041  | 1157.229  | 1211.967  | 1267.235  |
| 응 력 검 토         |                   | ± 777.00 | ± 777.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 |
|                 |                   | 0.K      | 0.K      | 0.K       | 0.K       | 0.K       | 0.K       | 0.K       |

## 12. 처짐 검토

### 12.1 하중 단계별 처짐

▷ 최대처짐(  $\delta$  ) = 하중에 의한 처짐 + 프리스트레스에 의한 처짐

$$\delta = \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times E \times I}$$

여기서, M : 경간 중앙부 최대 휨 모멘트(= P X e)  
 L : 지간  
 E : 거더의 탄성계수  
 I : 단면 2차 모멘트(거더중앙부)  
 P : 프리스트레스 힘 (도입 또는 유효 프리스트레스 kgf)  
 e : (지점부에서의 편심거리, +하향)

#### (1) G1 거더 처짐

| 하 중         | 휨모멘트 M    | 탄성계수 E | 단면2차모멘트 I         | 처 짐 $\delta$ |
|-------------|-----------|--------|-------------------|--------------|
|             | (kN · m)  | (MPa)  | (m <sup>4</sup> ) | (mm)         |
| 거더 자중       | 8215.50   | 30891  | 0.8763            | 75.90        |
| 합성전 고정하중    | 5133.50   | 30891  | 0.9685            | 42.92        |
| 합성후 고정하중    | 1658.70   | 30891  | 1.9810            | 7.06         |
| 프리스트레스 도입직후 | -13557.37 | 30891  | 0.8763            | -125.26      |
| 프리스트레스 손실   | 2400.38   | 30891  | 1.9810            | 9.81         |
| 활하중         | 4552.40   | 30891  | 1.9810            | 18.61        |

#### (2) G2~G8 거더 처짐

| 하 중         | 휨모멘트 M    | 탄성계수 E | 단면2차모멘트 I         | 처 짐 $\delta$ |
|-------------|-----------|--------|-------------------|--------------|
|             | (kN · m)  | (MPa)  | (m <sup>4</sup> ) | (mm)         |
| 거더 자중       | 8215.50   | 30891  | 0.8763            | 75.90        |
| 합성전 고정하중    | 5514.70   | 30891  | 0.9685            | 46.10        |
| 합성후 고정하중    | 2865.10   | 30891  | 1.9944            | 12.11        |
| 프리스트레스 도입직후 | -13557.37 | 30891  | 0.8763            | -125.26      |
| 프리스트레스 손실   | 2400.38   | 30891  | 1.9810            | 9.81         |
| 활하중         | 3760.90   | 30891  | 1.9810            | 15.37        |

## 12.2 크리프에 의한 처짐

(1) 바닥판 타설전 Bicon 거더 크리프 계수 ( $\Phi_b$ ,  $t' = 30$  일,  $t = 90$  일,  $RH = 70\%$ )

$$\Phi_b(t-t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$$

$$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$$

$$\Phi_{RH} = 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.1 \times \sqrt[3]{h} = 1.47$$

$$\text{여기서, } h = 2 \times A_c \times E_A / u \times E_A$$

$$= (2 \times \text{거더단면적}(\text{mm}^2) \times \text{거더갯수}) / (\text{거더단면둘레}(\text{mm}) \times \text{거더갯수})$$

$$= 259.443 \text{ mm}$$

$$\beta(f_{cu}) = 16.8 / \sqrt{f_{cu}} = 2.425$$

$$\text{여기서, } f_{cu} = f_{ck} + 8 = 48$$

$$\beta(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (30)^{0.2} \} = 0.48$$

$$\beta_c(t-t') = [(t-t') / \{ \beta_u + (t-t') \}]^{0.3} = 0.48$$

$$\text{여기서, } \beta_H = 1.5 [ 1 + (0.012 RH)^{18} ] h + 25( = 656 \text{ 일} < 1500 \text{ 일}$$

$$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$$

$$= 1.47 \times 2.425 \times 0.482 = 1.718$$

$$\therefore \Phi_b(t, t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$$

$$= 1.718 \times 0.48 = 0.825$$

(2) 바닥판 타설후 Bicon 거더 크리프 계수 ( $\Phi_b$ ,  $t' = 90$  일,  $t = 10000$  일,  $RH = 70\%$ )

$$\Phi_t(t-t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$$

$$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$$

$$\Phi_{RH} = 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.1 \times \sqrt[3]{h} = 1.22$$

$$\text{여기서, } h = 2 \times A_c \times E_A / u \times E_A$$

$$= (2 \times \text{거더단면적}(\text{m}^2) \times \text{거더갯수}) / (\text{거더단면둘레}(\text{m}) \times \text{거더갯수})$$

$$= 259.443$$

$$\beta(f_{cu}) = 16.8 / \sqrt{f_{cu}} = 2.425$$

$$\text{여기서, } f_{cu} = f_{ck} + 8 = 48$$

$$\beta(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (90)^{0.2} \} = 0.39$$

$$\beta_c(t-t') = [(t-t') / \{ \beta_u + (t-t') \}]^{0.3} = 0.98$$

$$\text{여기서, } \beta_H = 1.5 [ 1 + (0.012 RH)^{18} ] h + 25( = 656 \text{ 일} < 1500 \text{ 일}$$

$$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$$

$$= 1.22 \times 2.425 \times 0.391 = 1.157$$

$$\therefore \Phi_t(t, t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$$

$$= 1.157 \times 0.98 = 1.134$$

(3) G1 거더

1) 바닥판 타설전에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{\phi 1} &= \Phi_b \times (\delta_{do} + \delta_{ps}) \quad (\Phi_b = 0.825) \\ &= 0.825 \times (75.90 + -125.26) = -40.72 \text{ mm}\end{aligned}$$

2) 바닥판 타설후에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{\phi 2} &= \Phi_t \times (\delta_{do} + \delta_{d1} + \delta_{d2} + \delta_{pe}) \quad (\Phi_t = 1.134) \\ &= 1.134 \times (75.90 + 42.92 + 7.06 + -115.45) \\ &= 11.83 \text{ mm}\end{aligned}$$

(4) G2~G8 거더

1) 바닥판 타설전에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{\phi 1} &= \Phi_b \times (\delta_{do} + \delta_{ps}) \quad (\Phi_b = 0.825) \\ &= 0.825 \times (75.90 + -125.26) = -40.72 \text{ mm}\end{aligned}$$

2) 바닥판 타설후에 생기는 처짐

$$\begin{aligned}\delta_{\phi 2} &= \Phi_t \times (\delta_{do} + \delta_{d1} + \delta_{d2} + \delta_{pe}) \quad (\Phi_t = 1.134) \\ &= 1.134 \times (75.90 + 46.10 + 12.11 + -115.45) \\ &= 21.17 \text{ mm}\end{aligned}$$

12.3 처짐의 합계

(단위:mm)

| 구 분         | G1 거더  | G2~G8 거더 | 비 고                                                                                         |
|-------------|--------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 프리스트레스 도입직후 | -49.35 | -49.35   | $\delta_{do} + \delta_{ps}$                                                                 |
| 바닥판 타설 전    | -90.07 | -90.07   |                                                                                             |
| 바닥판 타설 후    | -47.15 | -43.97   | $\delta_{do} + \delta_{ps} + \delta_{d1} + \delta_{\phi 1}$                                 |
| 고정하중 작용시    | -18.46 | -0.88    | $\delta_{do} + \delta_{d1} + \delta_{d2} + \delta_{pe} + \delta_{\phi 1} + \delta_{\phi 2}$ |
| 활하중에 의한 처짐량 | 18.61  | 15.37    |                                                                                             |

12.4 활하중에 의한 처짐 검토

$$\triangleright \text{허용처짐}(\delta_a) = L / 800 = 49 / 800 = 61.25 \text{ mm}$$

(1) G1 거더

$$\delta_v = 18.61 < \delta_a = 61.25 \text{ ----- } \mathbf{O.K}$$

(2) G2~G8 거더

$$\delta_v = 15.37 < \delta_a = 61.25 \text{ ----- } \mathbf{O.K}$$

### 13. 휨강도의 검토

#### 13.1 거더

##### 1) 극한모멘트 (Factored Moment)

$$M_u = 1.3 MD + 2.15 ML = 30471050.0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

##### 2) 단면 제원

$$\begin{aligned} b &= 2750.0 \text{ mm} && (\text{압축 플랜지의 폭}) \\ d_p &= 2716.0 \text{ mm} \\ A_{p1} &= 0.0098477 \text{ m}^2 = 9847.7 \text{ mm}^2 && (\text{강연선 총면적}) \\ A_{p2} &= 0.002514 \text{ m}^2 = 2514 \text{ mm}^2 && (\text{강봉 총면적}) \\ F_{ck} &= 27 \text{ MPa} && (\text{슬래브 콘크리트 강도}) \\ F_{ck} &= 40 \text{ MPa} && (\text{빔 콘크리트 강도}) \\ F_{put} &= 1900 \text{ MPa} && (\text{극한인장강도}) \\ F_{pyt} &= 1600 \text{ MPa} && (\text{항복강도}) \\ F_{puc} &= 1050 \text{ MPa} && (\text{극한인장강도}) \\ F_{pyc} &= 950 \text{ MPa} && (\text{항복강도}) \end{aligned}$$

##### 3) 계수 산정

$$\begin{aligned} r_{p1} &= 0.28 && (0.40\text{-응력제거강재}, 0.28\text{-저릴랙세이션강재}, 0.55\text{-강봉}) \\ \beta_1 &= 0.85 - [0.007 \times (F_{ck} - 28)] = 0.857 \\ \rho_{p1} &= A_p / (b \times d_p) = 0.001318 \end{aligned}$$

##### 4) PS강재의 응력계산( $F_{ps}$ ) (도로교설계기준, 2010, p.4-127)

\* 철근을 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우

$$F_{ps} = F_{put} \times [1 - (r_{p1} / \beta_1) \times \rho_{p1} \times (F_{put} / F_{ck})] = 1842.4 \text{ MPa}$$

##### 5) 해석단면 결정

$$\begin{aligned} a &= (A_p \times F_{ps}) / (0.85 \times F_{ck} \times b) = 287.5 \text{ mm} \\ \text{슬래브 두께 : } 240.0 \text{ mm} &< 287.5 \text{ mm} && \text{----- 플랜지단면} \end{aligned}$$

##### 6) 최대 PS 강재량 검토

$$\begin{aligned} \text{강재지수}(q_p) &= \rho_p \times F_{ps} / F_{ck} = 0.090 \\ q_p (=0.09) &< 0.36 \times \beta_1 (=0.309) && \text{----- 0.K} \end{aligned}$$

##### 7) 극한 저항 모멘트 검토

$$\begin{aligned} \Phi \cdot M_n &= \Phi [A_{pw} \times F_{ps} \times d_p \times (1 - 0.59 \times A_{pw} \times F_{ps} / (b_o \times d_p \times F_{ck})) \\ &\quad + 0.85 \times F_{ck} (b - b_o) \times t \times (d_p - 0.5 t)] = 58882.89 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ \Phi \cdot M_n (=58882.889) &> M_u (=30471.05) && \text{----- 0.K} \end{aligned}$$

##### 8) 균열 모멘트 검토

$$\begin{aligned} 1.2 \cdot M_{cr} &= Z_{bo} \times (0.5 \times \sqrt{F_{ck} + f_{be}} - f_d) = -34171.752 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ f_{pe} &= 23.471 \text{ MPa} \\ f_d &= M_{d1} / Z_{bo} = -10.571 \text{ MPa} \\ Z_{bo} &= I_{co} / Y_{bo} = -0.777 \text{ m}^3 \\ 1.2 \cdot M_{cr} &(-34171.752) < \Phi \cdot M_n (=58882.889) && \text{----- 0.K} \end{aligned}$$

## 14. 전단 검토

### 14.1 수직 전단 검토 (단부)

#### 14.1.1 G9 거더

▷ 전단력이 가장 크게 발생하는 지점부에서 검토

외측거더 지점부 단면력

| 구 분 | V(kN)  | M(kN · m) |
|-----|--------|-----------|
| 자 중 | 725.88 | 5.54      |
| 합성전 | 407.68 | 1.64      |
| 합성후 | 268.12 | 18.74     |
| 활하중 | 430.29 | 26.08     |

#### (1) 극한전단력

$$V_u = 1.3 D + 2.15 (L + I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q = 2747.3 \text{ kN}$$

#### (2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 $V_c$ (도로교설계기준, 2010, p.4-76)

-  $V_c$ 는  $V_{ci}$  또는  $V_{cw}$  중에서 작은 값으로 한다.

##### 1) 전단강도 $V_{ci}$ (휨 전단강도)

$$V_{ci} = 0.05 \times \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d + V_d + (V_i \times M_{cr}) / M_{max}$$

$$M_{cr} = Z_{bo} \times (0.5 \times \sqrt{F_{ck}} + f_{pe} - f_d) = 12484.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{pe} = 23.471 \text{ MPa}$$

$$f_d = M_{d1} / Z_{bo} = 10.571 \text{ MPa}$$

$$Z_{bo} = I_{co} / Y_{bo} = 0.777 \text{ m}^3$$

$$M_{max} = 1.3 \times (M_{d2} + M_{d3}) + 2.15 \times M_I = 82.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$d = 2600 - (2475 + 1,750 + 1,250 + 750) / 4 = 1043.75 \text{ mm}$$

-  $d$ 를  $0.8H$ 보다 작게 취해서는 안된다.

$$1,043.75 \text{ mm} < 0.8 \times H = 2080 \text{ mm} \quad \therefore d = 2080.00 \text{ mm}$$

$$V_d = 725.88 \text{ kN}$$

$$V_i = 1.3 \times (V_{d2} + V_{d3}) + 2.15 \times V_I = 1803.66 \text{ kN}$$

-  $V_{ci}$ 는  $0.14 \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d$  보다 작아서는 안된다.

$$V_{ci} = 273965.61 \text{ kN} > 0.14 \sqrt{f_{ck}} \times b_w \times d = 1473.37 \text{ kN}$$

$$\therefore V_{ci} = 273965.61 \text{ kN}$$

2) 전단강도  $V_{cw}$ (복부 전단강도)

$$V_{cw} = (0.29 \times \sqrt{f_{ck}} + 0.3 \times f_{pc}) \times b_w \times d + V = 10597129 \text{ N} = 10597.13 \text{ kN}$$

$$f_{pc} = P_{e1} / A_c = 10309958 / 1010953 = 10.198 \text{ MPa}$$

$$V_p = P_{e2} \times \sin \Theta \text{ (} V_p \text{ : 수직분력)} = 9176171 \times 0.2675 = 2454181.99 \text{ N}$$

$$\therefore V_c = \min [V_{ci}, V_{cw}] = 10597.1 \text{ kN}$$

$$3) \phi V_c = 0.80 \times 10597.1 = 8477.7 \text{ kN}$$

$$1/2 \phi V_c = 4,238.852 \text{ kN}$$

$$\therefore V_u < 1/2 \phi V_c, \text{ 전단 철근 불필요}$$

## 14.2 수직 전단 검토 (0.85m ~ 4.85m)

### 14.2.1 G9 거더

▷ 검토 구간에서 전단력이 가장 크게 발생하는 지점에 대하여 전단 검토 시행

외측거더 지점부 단면력

| 구 분 | V(kN)  | M(kN · m) |
|-----|--------|-----------|
| 자 중 | 695.79 | 385.42    |
| 합성전 | 398.79 | 220.14    |
| 합성후 | 260.80 | 126.71    |
| 활하중 | 422.15 | 222.32    |

#### (1) 극한전단력

$$V_u = 1.3 D + 2.15 (L + I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q = 2669.6 \text{ kN}$$

#### (2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 $V_c$ (도로교설계기준, 2010, p.4-76)

-  $V_c$ 는  $V_{ci}$  또는  $V_{cw}$  중에서 작은 값으로 한다.

##### 1) 전단강도 $V_{ci}$ (휨 전단강도)

$$V_{ci} = 0.05 \times \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d + V_d + (V_i \times M_{cr}) / M_{max}$$

$$M_{cr} = Z_{bo} \times (0.5 \times \sqrt{F_{ck}} + f_{pe} - f_d) = 12484.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{pe} = 23.471 \text{ MPa}$$

$$f_d = M_{d1} / Z_{bo} = 10.571 \text{ MPa}$$

$$Z_{bo} = I_{co} / Y_{bo} = 0.777 \text{ m}^3$$

$$M_{max} = 1.3 \times (M_{d2} + M_{d3}) + 2.15 \times M_I = 928.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$d = 2600 - (2475 + 1,750 + 1,250 + 750) / 4 = 1043.75 \text{ mm}$$

-  $d$ 를  $0.8H$ 보다 작게 취해서는 안된다.

$$1,043.75 \text{ mm} < 0.8 \times H = 2080 \text{ mm} \quad \therefore d = 2080.00 \text{ mm}$$

$$V_d = 695.79 \text{ kN}$$

$$V_i = 1.3 \times (V_{d2} + V_{d3}) + 2.15 \times V_I = 1765.09 \text{ kN}$$

-  $V_{ci}$ 는  $0.14 \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d$  보다 작아서는 안된다.

$$V_{ci} = 24549.46 \text{ kN} > 0.14 \sqrt{f_{ck}} \times b_w \times d = 368.34 \text{ kN}$$

$$\therefore V_{ci} = 24549.46 \text{ kN}$$

2) 전단강도  $V_{cw}$ (복부 전단강도)

$$V_{cw} = (0.29 \times \sqrt{f_{ck}} + 0.3 \times f_{pc}) \times b_w \times d + V = 4489918.77 \text{ N} = 4489.92 \text{ kN}$$

$$f_{pc} = P_{e1} / A_c = 10309958 / 1010953 = 10.198 \text{ MPa}$$

$$V_p = P_{e2} \times \sin \Theta \text{ (} V_p \text{ : 수직분력)} = 9176171 \times 0.2675 = 2454181.99 \text{ N}$$

$$\therefore V_c = \min [ V_{ci}, V_{cw} ] = 4489.9 \text{ kN}$$

3)  $\phi V_c = 0.80 \times 4489.9 = 3591.9 \text{ kN}$

$$1/2 \phi V_c = 1,795.968 \text{ kN}$$

$$\therefore 1/2 \phi V_c < V_u < \phi V_c, \text{ 최소 전단 철근 배근}$$

4) 최소 전단철근 검토

$$\text{전단 철근 간격 } s = 200 \text{ mm (} 0.75H \text{ (=1950mm) 또는 600mm보다 커서는 안된다.)}$$

$$A_{vmin} = 0.0625 \times \sqrt{f_{ck}} \times b_w \times s / f_y = 210.819 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = 210.819 \text{ mm}^2 > 0.35 \times b_w \times s / f_y = 186.667 \text{ mm}^2 \text{ ----- } \mathbf{0.K}$$

$$A_{vll} = \text{Max}(A_v, A_{vmin}) = 210.819 \text{ mm}^2$$

$$A_{vuse} = \mathbf{D13} \times 2 \text{ EA} = 253.4 \text{ mm}^2 \text{ ----- } \mathbf{0.K}$$

### 14.3 수직 전단 검토 (4.85m ~ 중앙부)

#### 14.3.1 G9 거더

▷ 검토 구간에서 전단력이 가장 크게 발생하는 지점에 대하여 전단 검토 시행

외측거더 지점부 단면력

| 구 분 | V(kN)  | M(kN · m) |
|-----|--------|-----------|
| 자 중 | 533.73 | 2806.60   |
| 합성전 | 334.11 | 1685.90   |
| 합성후 | 207.53 | 1063.40   |
| 활하중 | 366.32 | 1637.70   |

#### (1) 극한전단력

$$V_u = 1.3 D + 2.15 (L + I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q = 2185.6 \text{ kN}$$

#### (2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 $V_c$ (도로교설계기준, 2010, p.4-76)

-  $V_c$ 는  $V_{ci}$  또는  $V_{cw}$  중에서 작은 값으로 한다.

##### 1) 전단강도 $V_{ci}$ (휨 전단강도)

$$V_{ci} = 0.05 \times \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d + V_d + (V_i \times M_{cr}) / M_{max}$$

$$M_{cr} = Z_{bo} \times (0.5 \times \sqrt{F_{ck}} + f_{pe} - f_d) = 12484.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{pe} = 23.471 \text{ MPa}$$

$$f_d = M_{d1} / Z_{bo} = 10.571 \text{ MPa}$$

$$Z_{bo} = I_{co} / Y_{bo} = 0.7772 \text{ m}^3$$

$$M_{max} = 1.3 \times (M_{d2} + M_{d3}) + 2.15 \times M_I = 7095.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$d = 2600 - (2475 + 1,750 + 1,250 + 750) / 4 = 1043.75 \text{ mm}$$

-  $d$ 를 0.8H보다 작게 취해서는 안된다.

$$1,043.75 \text{ mm} < 0.8 \times H = 2080 \text{ mm} \quad \therefore d = 2080.00 \text{ mm}$$

$$V_d = 533.73 \text{ kN}$$

$$V_i = 1.3 \times (V_{d2} + V_{d3}) + 2.15 \times V_I = 1491.72 \text{ kN}$$

-  $V_{ci}$ 는  $0.14 \sqrt{F_{ck}} \times b_w \times d$  보다 작아서는 안된다.

$$V_{ci} = 3289.97 \text{ kN} > 0.14 \sqrt{f_{ck}} \times b_w \times d = 368.34 \text{ kN}$$

$$\therefore V_{ci} = 3289.97 \text{ kN}$$

2) 전단강도  $V_{cw}$ (복부 전단강도)

$$V_{cw} = (0.29 \times \sqrt{f_{ck}} + 0.3 \times f_{pc}) \times b_w \times d + V = 4489918.77 \text{ N} = 4489.92 \text{ kN}$$

$$f_{pc} = P_{e1} / A_c = 10309958 / 1010953 = 10.198 \text{ MPa}$$

$$V_p = P_{e2} \times \sin \Theta \text{ (} V_p \text{ : 수직분력)} = 9176171 \times 0.2675 = 2454181.99 \text{ N}$$

$$\therefore V_c = \min [ V_{ci}, V_{cw} ] = 3290.0 \text{ kN}$$

3)  $\phi V_c = 0.80 \times 3290.0 = 2632.0 \text{ kN}$

$$1/2 \phi V_c = 1,315.989 \text{ kN}$$

$$\therefore 1/2 \phi V_c < V_u < \phi V_c, \text{ 최소 전단 철근 배근}$$

4) 전단 철근 검토

$$\text{전단 철근 간격 } s = 400 \text{ mm (} 0.75H \text{ (=1950mm) 또는 600mm보다 커서는 안된다.)}$$

$$A_v = (V_u - \phi V_c) S / (\phi f_y d)$$

$$= (2185.6 - 2632.0) \times 400$$

$$/ (0.80 \times 300 \times 2080.00)$$

$$= -357.70 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = 0.35 \times b_w \times s / f_y = 93.33 \text{ mm}^2$$

$$A_{vall} = \text{Max}(A_v, A_{vmin}) = 93.33 \text{ mm}^2$$

$$A_{vuse} = \mathbf{D13} \times 2 \text{ EA} = 253.4 \text{ mm}^2 \text{ ----- } \mathbf{0.K}$$

#### 14.4 수평 전단 강도 검토(주거터와 바닥판 결합)

##### 1) 온도에 의한 수평전단응력 검토

$$F_t = \frac{1}{1 + \frac{A_s}{n \cdot A_b} + \frac{A_s \cdot d_c^2}{I_s + n \cdot I_b}} = 0.074$$

여기서,  $A_s, I_s$  : 슬래브 단면적, 단면2차모멘트  
 $A_b, I_b$  : 거더의 단면적, 단면2차모멘트  
 $d_c$  : 거더단면중심 ~ 슬래브중심

$$P_t = E_b \cdot (A_s/n) \cdot \alpha \cdot \Delta T = 29000 \times 0.55 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 5 = 797500 \text{ N}$$

$$N_{ct} = F_t \cdot P_t = 0.074 \times 797500 = 59015 \text{ N}$$

$$v_t = 2 N_{ct} / a \cdot b = 2 \times 59015 / (2.75 \times 0.80) = 0.054 \text{ MPa}$$

여기서,  $a$  = 전단분포폭 ( 거더중심간격, 지간/10 중 작은 값 )

##### 2) 건조수축 의한 수평전단응력 검토

$$n_2 = n [ 1 + \phi_2 / 2 ] = 1.2 \times [ 1 + 4.0 / 2 ] = 3.60$$

$$F_s = \frac{1}{1 + \frac{A_s}{n_2 \cdot A_b} + \frac{A_s \cdot d_c^2}{I_s + n_2 \cdot I_b}} = 0.193$$

$$P_s = E_b \cdot A_s \cdot \epsilon_s / n_2 = 29000 \times 0.66 \times 18 \times 10^{-5} / 3.60 = 957000 \text{ N}$$

$$N_{cs} = F_s \cdot P_s = 0.193 \times 957000 = 184701 \text{ N}$$

$$v_s = 2 N_{cs} / a \cdot b = 2 \times 184701 / (2.75 \times 0.80) = 0.168 \text{ MPa}$$

##### 3) 합성후 고정하중에 의해 접합면에 작용하는 전단응력

$$v_d = 1401.7 \times 1000 / (0.800 \times 2.272) = 0.771 \text{ MPa}$$

$d_p = 0.8 \times h$  보다 작아서는 안된다.

$$d_p = 2.840 - 0.700 = 2.140 \text{ m} \leq 0.8 \times 2.8 = 2.272 \text{ m}$$

$$d_p = 2.272 \text{ m}$$

4) 합성후 활하중에 의해 접합면에 작용하는 전단응력

$$v_l = 430.3 \times 1000 / \{ 0.800 \times 2.272 \} = 0.237 \text{ MPa}$$

dp = 0.8 x h 보다 작아서 안된다.

$$dp = 2.840 - 0.700 = 2.140 \text{ m} \leq 0.8 \times 2.8 = 2.272 \text{ m}$$

$$dp = 2.272 \text{ m}$$

5) 하중 조합

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad & 1.3 \times v_d + 2.15 \times v_l \\ &= 1.3 \times 0.771 + 2.15 \times 0.237 \\ &= 1.512 \text{ Mpa} \leq 0.8 \times 3.5 = 2.800 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad & 1.3 \times v_d + 1.3 \times v_l + 1.3 \times v_t \\ &= 1.3 \times (0.771 + 0.237 + 0.054) \\ &= 1.381 \text{ Mpa} \leq 0.8 \times 3.5 = 2.800 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad & 1.3 \times (v_t + v_s) \\ &= 1.3 \times (0.054 + 0.168) \\ &= 0.289 \text{ Mpa} \leq 0.8 \times 3.5 = 2.800 \text{ MPa} \end{aligned}$$

6) 전단연결재의 배치간격 결정

- 접촉면을 청결하고 부유물이 없게끔하며, 대략 6 mm 깊이로 표면을 일부러 거칠게 한 후 최소전단연결재 이상을 사용.

- 최대 전단철근 간격

$$a. \quad bw \times 4 = 0.8 \times 4 = 3.200 \quad m$$

$$b. \quad 0.600 \quad m$$

$$\ast \quad \text{전단철근 최대 간격 } s = 0.600 \quad m$$

① 단부 (4.55m)

$$\text{- 사용 철근량} \quad Use \quad Av = D \quad 13 \times 2 \quad ea = 0.000254 \quad m^2$$

- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req. \quad s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bv} = \frac{0.000254 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.272 \quad m$$

$$\ast \quad \text{사용 전단철근 간격 } s = 0.200 \quad m \quad \ast \quad 0.K$$

② 중간 가로보부(19.95m)

$$\text{- 사용 철근량} \quad Use \quad Av = D \quad 16 \times 2 \quad ea = 0.000398 \quad m^2$$

- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req. \quad s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bv} = \frac{0.000398 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.426 \quad m$$

$$\ast \quad \text{사용 전단철근 간격 } s = 0.400 \quad m \quad \ast \quad 0.K$$

③ 중앙부

$$\text{- 사용 철근량} \quad Use \quad Av = D \quad 16 \times 2 \quad ea = 0.000398 \quad m^2$$

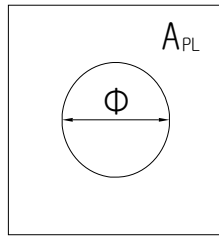
- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req. \quad s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bv} = \frac{0.000398 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.426 \quad m$$

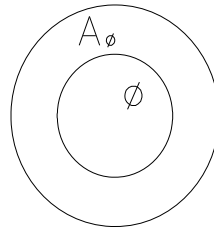
$$\ast \quad \text{사용 전단철근 간격 } s = 0.400 \quad m \quad \ast \quad 0.K$$

## 15. 정착부 설계

### 15.1 설계 조건



< 사각 정착판 제원 >



< 원형 정착판 제원 >

#### 15.1.1 정착판 유효단면적

| 구 분 | 정착구제원     | $A_{PL} (m^2)$ | $A_{\Phi} (m^2)$ | $\Phi (m)$ | 유효단면적( $m^2$ ) |
|-----|-----------|----------------|------------------|------------|----------------|
| T2  | 15.2/16연선 | 0.087          | 0.031            | 0.085      | 0.107          |
| T3  | 15.2/16연선 | 0.087          | 0.031            | 0.085      | 0.107          |
| T4  | 15.2/16연선 | 0.087          | 0.031            | 0.085      | 0.107          |
| T5  | 15.2/16연선 | 0.087          | 0.031            | 0.085      | 0.107          |

#### 15.1.2 정착구 긴장력

단위 : N

| 구 분 | 도입긴장력( $P_o$ ) | 순긴장력( $P_{net}$ ) | 유효프리스트레스( $P_e$ ) |
|-----|----------------|-------------------|-------------------|
| T2  | 3,250,000      | 2,816,256         | 2,345,573         |
| T3  | 3,250,000      | 2,568,123         | 2,138,910         |
| T4  | 3,250,000      | 2,689,598         | 2,240,083         |
| T5  | 3,250,000      | 2,812,248         | 2,342,234         |

$$* \text{유효 프리스트레스}(P_e) = \text{초기 프리스트레스}(P_i) \times \text{유효율}$$

## 15.2 지압 응력 검토

### 15.2.1 긴장재 검토

#### (1) 긴장재 정착 직후

$$f_{ap} = 0.7 \times f_{ci} \times \sqrt{((A_{b'} / A_b) - 0.2)} \leq 1.1 \times f_{ci}$$

- $f_{ci}$  = 프리스트레스 도입시의 압축 강도 = 32 MPa
- $A_{b'}$  = 정착판의 도심과 일치하는 정착판의 닻은꼴은 부재단부에 가장 크게 그렸을때 그 도형의 면적
- $A_b$  = 정착판의 면적

#### - 긴장구별 허용 지압 응력

| 구 분 | 정착구제원     | $A_{b'}$ | $A_b$ | $f_{api}$ | $1.1f_{ci}$ | 허용지압응력 |
|-----|-----------|----------|-------|-----------|-------------|--------|
| T2  | 15.2/16연선 | 0.250    | 0.087 | 36.6      | 35.2        | 35.2   |
| T3  | 15.2/16연선 | 0.250    | 0.087 | 36.6      | 35.2        | 35.2   |
| T4  | 15.2/16연선 | 0.250    | 0.087 | 36.6      | 35.2        | 35.2   |
| T5  | 15.2/16연선 | 0.250    | 0.087 | 36.6      | 35.2        | 35.2   |

#### - 작용 지압응력

$$f_b = \text{도입긴장력}(P_o) / A_e \quad (A_e : \text{정착판의 유효면적})$$

- 긴장구별 지압 응력 검토

| 구 분 | 정착구제원     | Po        | Ae    | fb   | 허용지압응력 | 검 토 |
|-----|-----------|-----------|-------|------|--------|-----|
| T2  | 15.2/16연선 | 3,250,000 | 0.107 | 30.3 | 35.2   | 0.K |
| T3  | 15.2/16연선 | 3,250,000 | 0.107 | 30.3 | 35.2   | 0.K |
| T4  | 15.2/16연선 | 3,250,000 | 0.107 | 30.3 | 35.2   | 0.K |
| T5  | 15.2/16연선 | 3,250,000 | 0.107 | 30.3 | 35.2   | 0.K |

(2) 프리스트레스 손실 발생후

- 허용 지압 응력

$$f_{ap} = 0.5 \times f_{ck} \times \sqrt{(A_b' / A_b)} \leq 0.9 \times f_{ck}$$

$$\cdot f_{ck} = \text{설계 기준 강도} = 40 \text{ MPa}$$

- 긴장구별 허용 지압 응력

| 구 분 | 정착구제원     | Ab'   | Ab    | fapi | 0.9fck | 허용지압응력 |
|-----|-----------|-------|-------|------|--------|--------|
| T2  | 15.2/16연선 | 0.250 | 0.087 | 33.9 | 36.0   | 33.9   |
| T3  | 15.2/16연선 | 0.250 | 0.087 | 33.9 | 36.0   | 33.9   |
| T4  | 15.2/16연선 | 0.250 | 0.087 | 33.9 | 36.0   | 33.9   |
| T5  | 15.2/16연선 | 0.250 | 0.087 | 33.9 | 36.0   | 33.9   |

- 작용 지압응력

$$f_b = \text{도입긴장력}(P_o) / A_e \quad (A_e : \text{정착판의 유효면적})$$

- 긴장구별 지압 응력 검토

| 구 분 | 정착구제원     | Pnet      | Ae    | fb   | 허용지압응력 | 검 토 |
|-----|-----------|-----------|-------|------|--------|-----|
| T2  | 15.2/16연선 | 2,816,256 | 0.107 | 26.3 | 33.9   | 0.K |
| T3  | 15.2/16연선 | 2,568,123 | 0.107 | 24.0 | 33.9   | 0.K |
| T4  | 15.2/16연선 | 2,689,598 | 0.107 | 25.1 | 33.9   | 0.K |
| T5  | 15.2/16연선 | 2,812,248 | 0.107 | 26.3 | 33.9   | 0.K |

### 15.3 파열력에 대한 검토

#### (1) 정착구 Busting 철근 검토

$$\begin{aligned} a(\text{정착판 일변 길이}) &= 295 \text{ mm} \\ h(\text{정착단면의 치수}) &= 2600 \text{ mm} \\ \alpha(\text{radian}) &= \text{ave}(T_{n-1} \sim T_n) = 0.137706146 \\ \sum P_o(\text{도입긴장력}) &= 13000000 \text{ N} \end{aligned}$$

#### 1) 파열력 산정

$$\begin{aligned} T_{\text{burst}} &= 0.25 \times \sum P_o \times \{ 1 - (a/h) \} + (0.5 \times \sum P_o \times \sin \alpha) \\ &= 0.25 \times 13000000 \times \{ 1 - (295 / 2600) \} \\ &\quad + 0.5 \times 13000000 \times \sin 0.13771 \\ &= 3038840.0 \text{ N} \end{aligned}$$

#### 2) 보강철근량 산정

$$\begin{aligned} 1.2 T_{\text{burst}} &= \phi T_n = \phi A_s f_y \\ \text{Req'd } A_s &= 1.2 \times 3038839.95 / (0.8 \times 300.0) = 15194.2 \text{ mm}^2 \\ e &= 2600 / 2 - (250 \times 4 + 500 \times 2 + 500 \times 1) / 4 \\ &= 675 \text{ mm} \\ d_{\text{burst}} &= 0.5 \times (h - 2e) + 5e \times \sin 0.13771 \\ &= 0.5 \times (2600 - 2 \times 675) + 5 \times 675 \times \sin 0.13771 \\ &= 1233.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

\* 파열 보강 철근은 고려하는 면에 대해 2.5dburst의 거리에 걸쳐 단면의 해당 측방향 치수의 1.5배를 넘지 않게 긴장재 양측을 따라 재하면 앞에 분포되어야 한다. 파열 보강 철근의 도심은 설계에 적용된 거리 dburst와 일치해야 한다. 간격은 보강 철근 지름의 24배 또는 300mm 를 넘어서는 안된다.  
(도로교설계기준, P323)

$$\begin{aligned} \text{배치 범위} &= 2.5 \times 1233.3 = 3083.25 \text{ mm} \\ \text{spacing} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Used bar} &= D 19 (A = 286.5 \text{ mm}^2) - 12 ea \times 14 \text{ layer} = 48132.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

----- 0.K

### 15.4 활렬력에 대한 검토

#### 1) 활렬력 산정

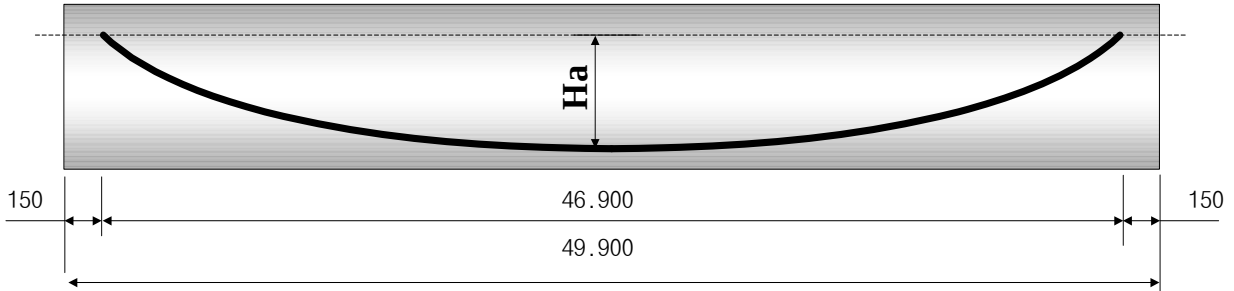
$$T_{\text{spall}} = 0.02 \times \sum P_o = 0.02 \times 3038839.950 = 60776.799 \text{ N}$$

#### 2) 보강철근량 산정

$$\begin{aligned} f_s &= 0.6 \times f_y = 0.6 \times 300 = 180 \text{ MPa} \\ A_s &= T_{\text{spall}} / f_s = 60776.799 / 180 = 337.649 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

## 16. PS 강재의 신장량 검토

### 16.1 강봉 및 강선의 제원 (8. 프리스트레스 참조)



| 강선번호 | $A_p(m^2)$ | $E_p(MPa)$ | $H_a(m)$ | $L(m)$ | $\alpha$ (radian) |
|------|------------|------------|----------|--------|-------------------|
| C1   | 0.001257   | 200000     | 0.000    | 49.130 | 0.00000           |
| C2   | 0.001257   | 200000     | 0.000    | 49.130 | 0.00000           |
| T1   | 0.0009709  | 200000     | 2.360    | 49.449 | 0.40464           |
| T2   | 0.0022192  | 200000     | 1.625    | 49.273 | 0.13154           |
| T3   | 0.0022192  | 200000     | 1.125    | 49.199 | 0.09134           |
| T4   | 0.0022192  | 200000     | 0.625    | 49.151 | 0.05084           |
| T5   | 0.0022192  | 200000     | 0.125    | 49.131 | 0.01018           |

### 16.2 PS 강재의 신장률 (양단 동시 긴장시 한쪽 신장량임.)

#### (1) 신장률 (11. 정착부 설계 참조)

$$\Delta L = (P_o + P_{net}) \times (L_{ps}/2) / (A_p \times E_p)$$

| 강선번호 | 긴장순서 | 도입긴장력( $P_o$ ) | 순긴장력( $P_{net}$ ) | $L_{ps}(m)$ | $\Delta L(mm)$ |
|------|------|----------------|-------------------|-------------|----------------|
| C1   | 5    | -690.00        | -566.89           | 49.130      | -122.815       |
| C2   | 5    | -690.00        | -566.89           | 49.130      | -122.815       |
| T1   | 5    | 1380.00        | 1102.19           | 49.449      | 316.051        |
| T2   | 4    | 3250.00        | 2816.26           | 49.273      | 336.723        |
| T3   | 1    | 3250.00        | 2568.12           | 49.199      | 322.463        |
| T4   | 2    | 3250.00        | 2689.60           | 49.151      | 328.878        |
| T5   | 3    | 3250.00        | 2812.25           | 49.131      | 335.530        |

## 17. 신축이음의 설계 (복현삼교 A1, A2)

가) 신축량 계산 (BICON 거더교)

### ① 온도변화에 의한 이동량

$$\Delta L_t = \Delta T \times \alpha \times L \quad \text{--신축거더의 길이는 고정단으로부터의 거리(도로교 설계기준 2005 2.4.2.2)}$$

여기서,  $\Delta T$  : 온도변화 ( 40 ℃ ) --콘크리트교의 경우 온도변화 40℃(도로설계요령 6.2.2)

$\alpha$  : 선팽창계수( 0.00001 ) 강교:1.2\*10<sup>-5</sup> 콘크리트교:1.0\*10<sup>-5</sup>

L : 신축 GIRDER 의 길이 ( m )

$$\Delta L_t = 40 \times 0.00001 \times 50 = 0.0200 \text{ m}$$

### ② 건조 수축 신축량

$$\Delta L_{sh} = 0.1 \times L$$

여기서, L : 신축 GIRDER 의 길이 ( m )

$$\Delta L_{sh} = 0.1 \times 50 = 0.005 \text{ m}$$

### ③ creep 신축량

$$\Delta L_{sh} = 0.2 \times L$$

여기서, L : 신축 GIRDER 의 길이 ( m )

$$\Delta L_{sh} = 0.2 \times 50 = 0.010 \text{ m}$$

### ④ 신축 여유량

$$( 20 \text{ mm} + 5.000 \text{ mm} + 10.000 \text{ mm} ) \times 20 \% + 10.0 \text{ mm} = 17.0 \text{ mm}$$

\* 포장 및 활하중에 의한 거더 단부의 회전 및 시공오차로 인한 신축변화량은 여유량을 예상하여 기본신축량의 20%에 일률적으로 10mm를 더하는 것으로 한다.

$$\therefore 20 \text{ mm} + 5.000 \text{ mm} + 10.000 \text{ mm} + 17.0 = 52.0 \text{ mm}$$

| 구분 | 온도변화 | 건조수축 | 크리프  | 여유량  | 총신축량 | 설계 |
|----|------|------|------|------|------|----|
|    | 20.0 | 5.0  | 10.0 | 17.0 | 52.0 |    |