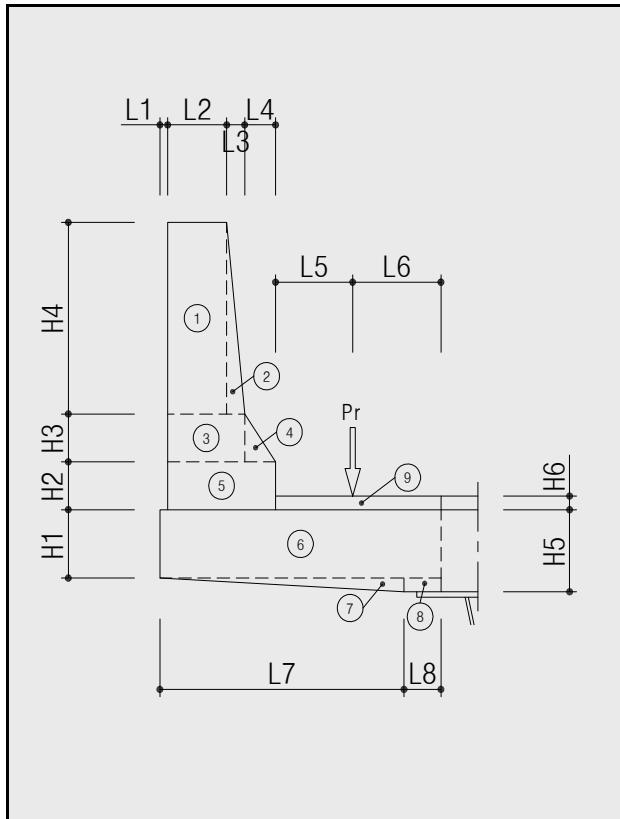


### 3. 바닥판 설계

#### 3.1 좌측 캔틸레버부



|                |             |                          |         |
|----------------|-------------|--------------------------|---------|
| H1             | 0.240 m     | L1                       | 0.030 m |
| H2             | 0.175 m     | L2                       | 0.230 m |
| H3             | 0.175 m     | L3                       | 0.070 m |
| H4             | 0.970 m     | L4                       | 0.120 m |
| H5             | 0.266 m     | L5                       | 0.300 m |
| H6             | 0.050 m     | L6                       | 0.025 m |
| H7             | 0.000 m     | L7                       | 0.600 m |
| R              | 300 m       | L8                       | 0.175 m |
| V              | 60.000 km/h | L9                       | 0.000 m |
| 콘크리트 단위중량      |             | 25.000 kN/m <sup>3</sup> |         |
| 무근콘크리트 단위중량    |             | 23.500 kN/m <sup>3</sup> |         |
| 포장 단위중량        |             | 23.500 kN/m <sup>3</sup> |         |
| DB 1후륜 하중 (Pr) |             | 96.000 kN                |         |
| 탱크 총 중량        |             |                          |         |
| 탱크궤도 길이        |             |                          |         |
| 탱크하중 작용점(L5)   |             |                          |         |
| 트레일러 1후륜 하중    |             |                          |         |
| 트레일러하중 작용점(L5) |             |                          |         |

#### (1) 고정 하중

| NO.   | 산 식                                                   | 작용하중(kN) | 작용거리(m) | 모멘트(kN·m) |
|-------|-------------------------------------------------------|----------|---------|-----------|
| 1     | $0.230 \times 0.970 \times 25.000$                    | 5.578    | 0.630   | 3.514     |
| 2     | $\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.970 \times 25.000$ | 0.849    | 0.492   | 0.417     |
| 3     | $0.300 \times 0.175 \times 25.000$                    | 1.313    | 0.595   | 0.781     |
| 4     | $\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$ | 0.263    | 0.405   | 0.106     |
| 5     | $0.420 \times 0.175 \times 25.000$                    | 1.838    | 0.535   | 0.983     |
| 6     | $0.775 \times 0.240 \times 25.000$                    | 4.650    | 0.388   | 1.802     |
| 7     | $\frac{1}{2} \times 0.600 \times 0.026 \times 25.000$ | 0.195    | 0.375   | 0.073     |
| 8     | $0.175 \times 0.026 \times 25.000$                    | 0.114    | 0.088   | 0.010     |
| 9     | $0.325 \times 0.050 \times 23.500$                    | 0.382    | 0.163   | 0.062     |
| TOTAL |                                                       | 15.179   |         | 7.748     |

(2) 활 하 중 ( DB-24 : Pr = 96 kN )

▪ 윤회중 분포폭

( 도.설 3.6.1.4 )

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.025 + 1.14 = 1.160 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.025 \text{ m}$$

▪ 충격 계 수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.025) = 0.375 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$Ml+i = (96.00 / 1.160) \times 0.025 \times (1 + 0.30) = 2.690 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(3) 차량 충돌 하중

( 도.설.해 2.4.3.6 )

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H = (V/60)^2 \times 7.5 + 2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로  
충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.183 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 1.183 = 11.830 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.453 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 1.453 = 14.530 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

$$Mco = 14.530 = 14.530 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(4) 풍 하 중 ( 3.000 kN/m<sup>2</sup> )

( 도.설.해 2.1.11 )

$$Pw = 3.000 \times 1.270 = 3.810 \text{ kN/m}$$

$$Mw = 3.810 \times (1.270 / 2 + 0.05 + 0.27 / 2) = 3.117 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(5) 원 심 하 중

( 도.설.해 2.1.17 )

$$CF = 0.79 V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

$$CF = 0.79 \times 60.000^2 / 300.000 = 9.480 (\%)$$

$$Pcf = 96.000 / 1.160 \times 9.480 / 100 = 7.846 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.983 \text{ m}$$

$$Mcf = 7.846 \times 1.983 = 15.558 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

## (6) 작용 모멘트

| 구 분   | 고정하중( $M_D$ ) | 활하중( $M_{L+i}$ ) | 균중하중( $M_{L+i}$ ) | 충돌하중( $M_{CO}$ ) | 난간충돌하중( $M_{CO}$ ) | 풍하중( $M_W$ ) | 원심하중( $M_{CF}$ ) |
|-------|---------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------|------------------|
| 모 멘 트 | 7.748         | 2.690            | 0.000             | 14.530           | 0.000              | 3.117        | 15.558           |

## (7) 하 중 조 합

( 도.설.해 2.2.3.2 )

| CASE   | 단위   | $M_D$ | $M_{L+i}$ | $M_{CO}$ | $M_W$ | $M_{CF}$ | 비 고        |
|--------|------|-------|-----------|----------|-------|----------|------------|
| CASE 1 | kN·m | 1.30  | 2.15      |          |       | 1.30     |            |
| CASE 2 | "    | 1.30  | 1.30      | 1.30     |       | 1.30     | 차량 충돌하중    |
| CASE 3 | "    | 1.30  | 1.30      |          | 0.65  | 1.30     | 활하중 재하시    |
| CASE 4 | "    | 1.20  |           | 1.20     | 1.20  |          | 차량 충돌하중    |
| CASE 5 | "    | 1.30  |           |          | 1.30  |          |            |
| CASE 6 | "    | 1.00  | 1.00      |          | 0.30  | 0.00     | 사용모멘트      |
| CASE 7 | "    | 1.00  | 1.00      | 0.00     |       | 0.00     | 차량충돌 사용모멘트 |

## (8) 계산 적용 모멘트 산정

| CASE      | 단위   | $M_D$  | $M_{L+i}$ | $M_{CO}$ | $M_W$ | $M_{CF}$ | 소 계           |
|-----------|------|--------|-----------|----------|-------|----------|---------------|
| CASE 1    | kN·m | 10.073 | 5.783     |          |       | 20.225   | 36.081        |
| CASE 2    | "    | 10.073 | 3.497     | 18.889   |       | 20.225   | 52.683        |
| CASE 3    | "    | 10.073 | 3.497     |          | 2.026 | 20.225   | 35.820        |
| CASE 4    | "    | 9.298  |           | 17.436   | 3.740 |          | 30.474        |
| CASE 5    | "    | 10.073 |           |          | 4.052 |          | 14.125        |
| 최대 계수 모멘트 |      |        |           |          |       |          | <b>52.683</b> |
| CASE 6    | "    | 7.748  | 2.690     |          | 0.935 | 0.000    | 11.373        |
| CASE 7    | "    | 7.748  | 2.690     | 0.000    |       | 0.000    | 10.438        |
| 최대 사용 모멘트 |      |        |           |          |       |          | <b>11.373</b> |

## (9) 캔틸레버판 단부 설계

- ① 주철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.
- ② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량과 동일하게 배근한다.
- ③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 (  $X = 0.03 \leq 0.25$ 인 경우)

( 도.설.해 3.6.1.5 )

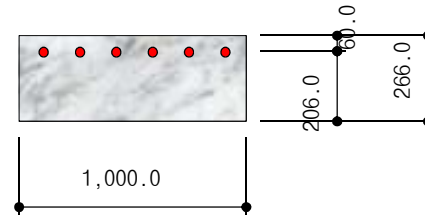
$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.025 + 180) = 187.0 \text{ mm} < 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 220.0 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 266.0 \text{ mm} > h_{req} = 220.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

# (11) 단 면 검 토

## ① 캔틸레버부

|          |   |         |      |       |   |       |      |
|----------|---|---------|------|-------|---|-------|------|
| $f_{ck}$ | = | 27.0    | MPa  | $f_y$ | = | 400.0 | MPa  |
| $M_u$    | = | 52.7    | kN·m | $M$   | = | 11.4  | kN·m |
| $b$      | = | 1,000.0 | mm   | $h$   | = | 266.0 | mm   |
| $\beta$  | = | 0.85    |      | $d'$  | = | 60.0  | mm   |
| $\phi_f$ | = | 0.85    |      | $d$   | = | 206.0 | mm   |



### ▪ 강도 감소계수 ( $\phi_f$ ) 산정

( 콘.설.해 6.2.2)

$$T = A_s \times f_y = 993.0 \times 400.0 = 397,200.0$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = 17.307 \text{ mm}$$

$$c = 17.307 / \beta = 17.307 / 0.85 = 20.361 \text{ mm}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (206.0 - 20.361) / 20.361 = 0.0274$$

$$\epsilon_t = 0.0274 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{를 적용한다.}$$

### ▪ 필요 철근량 산정

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 A_s \quad \text{----- ①}$$

$$M_u = \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 70,040.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②}$$

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로  $A_s$ 를 구한다.

$$52,683,492.2 = -2.962963 A_s^2 + 70,040.0 A_s$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 777.783 \text{ mm}^2$$

### ▪ 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H 16 @ 400.0} \\ \text{H 16 @ 400.0} \end{array} \quad \begin{array}{l} = 496.5 \text{ mm}^2 \\ = 496.5 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 993.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.277] \quad \dots\dots 0.K !!$$

### ▪ 철근량 검토

$$A_{s \text{ min}} = 1.4 / f_y \times b \times d = 721.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.3.2})$$

$$= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 669.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.3.2})$$

$$= \text{수축 온도 철근량} = 532.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 5.7.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ min}} = 721.0 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,303.9 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.2.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ max}} \geq A_{s \text{ use}} \geq A_{s \text{ min}} \quad \dots\dots 0.K !!$$

### ▪ 힘에 대한 검토

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 17.307 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.85 \times 993.0 \times 400.0 \times (206.0 - a/2) = 66.628 \text{ kN·m}$$

$$\therefore \phi Mn \geq Mu \quad [\text{사용률} = 1.265] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 배력 철근량 산정

( 도.설.해 3.6.1.4 )

$$\text{백분율} = 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{0.775} = 136.311 \% \geq 67.0 \%$$

$$A_s = 777.783 \times 67.000 \% = 521.115 \text{ mm}^2$$

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} = 0.002 \cdot b \cdot h = 532.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 532.000 \text{ mm}^2$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 500.0 \\ \text{H } 16 @ 500.0 \end{array} \quad \begin{array}{l} = \\ = \end{array} \quad \begin{array}{l} 397.2 \text{ mm}^2 \\ 397.2 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 794.4 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.493] \quad \dots\dots 0.K !!$$

② 캔틸레버부 단부 설계

철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다.

▪ 주 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,555.566 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 13 @ 200.0 \end{array} \quad \begin{array}{l} = \\ = \end{array} \quad \begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 633.5 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 1,626.5 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.046] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 배 력 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,064.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 250.0 \\ \text{H } 16 @ 250.0 \end{array} \quad \begin{array}{l} = \\ = \end{array} \quad \begin{array}{l} 794.4 \text{ mm}^2 \\ 794.4 \text{ mm}^2 \end{array}$$

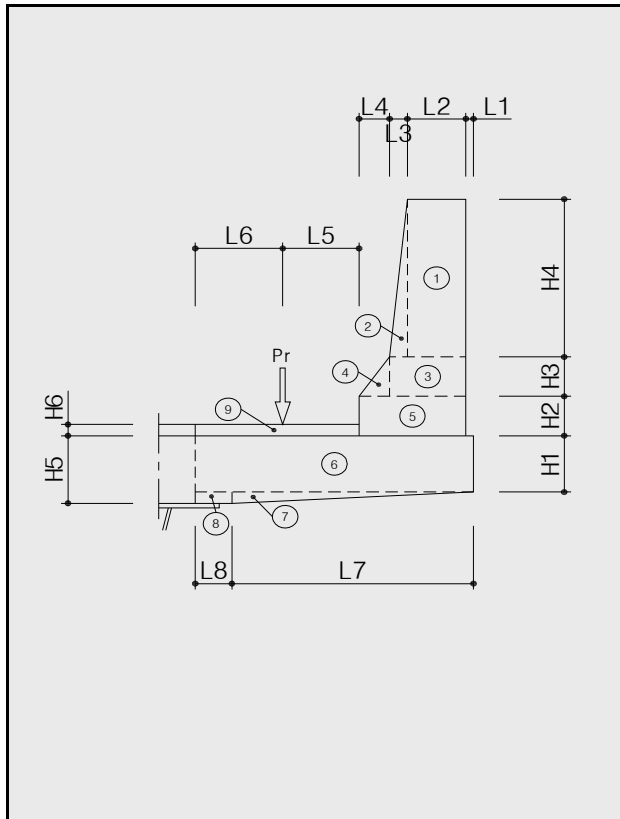
$$\Sigma = 1,588.8 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.493] \quad \dots\dots 0.K !!$$

|               |              |   |                                                   |                            |     |
|---------------|--------------|---|---------------------------------------------------|----------------------------|-----|
| 탄성계수비         | $n$          | = | Es / Ec                                           | =                          | 7.0 |
| $A_{s \ use}$ | H 16 @ 400.0 | = | 496.5 mm <sup>2</sup>                             | ( 개수 = 5.0 ea )            |     |
|               | H 16 @ 400.0 | = | 496.5 mm <sup>2</sup>                             |                            |     |
|               | $\Sigma$     | = | <b>993.0</b> mm <sup>2</sup>                      |                            |     |
| 철근비           | $\rho$       | = | $A_s / b d$                                       |                            |     |
|               |              | = | 993.0 / ( 1,000.0 × 206.0 )                       | = 0.00482                  |     |
| 중립축           | $k$          | = | $-n\rho + \sqrt{( 2n\rho + (n\rho)^2 )}$          |                            |     |
|               |              | = | -0.0337 + $\sqrt{( 2 \times 0.0337 + 0.0337^2 )}$ | = 0.22822                  |     |
| 중립축 거리        | $x$          | = | $k \times d$                                      | = 0.22822 × 206.0 = 47.013 |     |
|               | $j$          | = | $1 - k / 3$                                       | = 1 - 0.228 / 3 = 0.924    |     |
| 철근 응력         | $f_s$        | = | $M / ( A_s \times j \times d )$                   |                            |     |
|               |              | = | 11.37 / ( 993.0 × 0.924 × 206.0 )                 | = 60.176 MPa               |     |

$$\begin{aligned}
 \text{최소 두께 } C_c &= 60.0 - 15.9 / 2 &= 52.050 \text{ mm} \\
 \text{인장연단 폭 } S_1 &= 375 \times ( 210 / f_s ) - 2.5 \cdot C_c & \quad ( \text{콘.설.해 6.3.3} ) \\
 &= 375 \times ( 210 / 60.176 ) - 2.5 \times 52.050 &= 1,178.535 \text{ mm} \\
 \text{인장연단 폭 } S_2 &= 300 \times ( 210 / f_s ) \\
 &= 300 \times ( 210 / 60.176 ) &= 1,046.928 \text{ mm} \\
 \hline
 Min &= 1,046.928 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

### 3.2 우측 캔틸레버부



|                |             |              |         |
|----------------|-------------|--------------|---------|
| H1             | 0.240 m     | L1           | 0.030 m |
| H2             | 0.175 m     | L2           | 0.230 m |
| H3             | 0.175 m     | L3           | 0.070 m |
| H4             | 0.970 m     | L4           | 0.120 m |
| H5             | 0.266 m     | L5           | 0.300 m |
| H6             | 0.050 m     | L6           | 0.025 m |
| H7             | 0.000 m     | L7           | 0.600 m |
| R              | 300 m       | L8           | 0.175 m |
| V              | 60.000 km/h | L9           | 0.000 m |
| 콘크리트 단위중량      |             | 25.000 kN/m³ |         |
| 무근콘크리트 단위중량    |             | 23.500 kN/m³ |         |
| 포장 단위중량        |             | 23.500 kN/m³ |         |
| DB 1후륜 하중 (Pr) |             | 96.000 kN    |         |
| 탱크 총 중량        |             |              |         |
| 탱크궤도 길이        |             |              |         |
| 탱크하중 작용점(L5)   |             |              |         |
| 트레일러 1후륜 하중    |             |              |         |
| 트레일러하중 작용점(L5) |             |              |         |

#### (1) 고정 하중

| N0.   | 산 식                                                   | 작용하중(kN) | 작용거리(m) | 모멘트(kN·m)    |
|-------|-------------------------------------------------------|----------|---------|--------------|
| 1     | $0.230 \times 0.970 \times 25.000$                    | 5.578    | 0.630   | 3.514        |
| 2     | $\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.970 \times 25.000$ | 0.849    | 0.492   | 0.417        |
| 3     | $0.300 \times 0.175 \times 25.000$                    | 1.313    | 0.595   | 0.781        |
| 4     | $\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$ | 0.263    | 0.405   | 0.106        |
| 5     | $0.420 \times 0.175 \times 25.000$                    | 1.838    | 0.535   | 0.983        |
| 6     | $0.775 \times 0.240 \times 25.000$                    | 4.650    | 0.388   | 1.802        |
| 7     | $\frac{1}{2} \times 0.600 \times 0.026 \times 25.000$ | 0.195    | 0.375   | 0.073        |
| 8     | $0.175 \times 0.026 \times 25.000$                    | 0.114    | 0.088   | 0.010        |
| 9     | $0.325 \times 0.050 \times 23.500$                    | 0.382    | 0.163   | 0.062        |
| TOTAL |                                                       | 15.179   |         | <b>7.748</b> |

#### (2) 활 하중 ( DB-24 : Pr = 96 kN )

##### ▪ 유효중 분포폭

( 도.설 3.6.1.4 )

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.025 + 1.14 = 1.160 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.025 \text{ m}$$

##### ▪ 충격 계 수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.025) = 0.375 > 0.300 \quad i = 0.300$$

##### ▪ 작용 모멘트

$$Ml+i = (96.00 / 1.160) \times 0.025 \times (1 + 0.30) = 2.690 \text{ kN·m/m}$$

(3) 차량 충돌 하중

( 도.설.해 2.4.3.6 )

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2 \times 7.5 + 2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로  
충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

$$\begin{aligned} H &= (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} & \text{작용높이 } h &= 1.183 \text{ m} \\ M_{co} &= 10.000 \times 1.183 = 11.830 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \end{aligned}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

$$\begin{aligned} H &= 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} & \text{작용높이 } h &= 1.453 \text{ m} \\ M_{co} &= 10.000 \times 1.453 = 14.530 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \end{aligned}$$

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

$$M_{co} = 14.530 = \mathbf{14.530 \text{ kN}\cdot\text{m/m}}$$

(4) 풍 하 중 ( 3.000 kN/m<sup>2</sup> )

( 도.설.해 2.1.11 )

$$\begin{aligned} P_w &= 3.000 \times 1.270 = 3.810 \text{ kN/m} \\ M_w &= 3.810 \times (1.270 / 2 + 0.05 + 0.27 / 2) = \mathbf{3.117 \text{ kN}\cdot\text{m/m}} \end{aligned}$$

(5) 원 심 하 중

( 도.설.해 2.1.17 )

$$CF=0.79 \ V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

■ 일반 차량하중 작용시

$$\begin{aligned} CF &= 0.79 \times 60.000^2 / 300.000 = 9.480 (\%) \\ P_{cf} &= 96.000 / 1.160 \times 9.480 / 100 = 7.846 \text{ kN/m} & \text{작용높이 } h &= 1.983 \text{ m} \\ M_{cf} &= 7.846 \times 1.983 = \mathbf{15.558 \text{ kN}\cdot\text{m/m}} \end{aligned}$$

(6) 작용 모멘트

| 구 분   | 고정하중(M <sub>D</sub> ) | 활하중(M <sub>L+I</sub> ) | 군중하중(M <sub>L+I</sub> ) | 충돌하중(M <sub>CO</sub> ) | 난간충돌하중(M <sub>CO</sub> ) | 풍하중(M <sub>W</sub> ) | 원심하중(M <sub>CF</sub> ) |
|-------|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| 모 멘 트 | 7.748                 | 2.690                  | 0.000                   | 14.530                 | 0.000                    | 3.117                | 15.558                 |

## (7) 하 중 조 합

( 도.설.해 2.2.3.2 )

| CASE   | 단위   | $M_D$ | $M_{L+I}$ | $M_{CO}$ | $M_W$ | $M_{CF}$ | 비 고        |
|--------|------|-------|-----------|----------|-------|----------|------------|
| CASE 1 | kN·m | 1.30  | 2.15      |          |       | 1.30     |            |
| CASE 2 | "    | 1.30  | 1.30      | 1.30     |       | 1.30     | 차량 충돌하중    |
| CASE 3 | "    | 1.30  | 1.30      |          | 0.65  | 1.30     | 활하중 재하시    |
| CASE 4 | "    | 1.20  |           | 1.20     | 1.20  |          | 차량 충돌하중    |
| CASE 5 | "    | 1.30  |           |          | 1.30  |          |            |
| CASE 6 | "    | 1.00  | 1.00      |          | 0.30  | 0.00     | 사용모멘트      |
| CASE 7 | "    | 1.00  | 1.00      | 0.00     |       | 0.00     | 차량충돌 사용모멘트 |

## (8) 계산 적용 모멘트 산정

| CASE      | 단위   | $M_D$  | $M_{L+I}$ | $M_{CO}$ | $M_W$ | $M_{CF}$ | 소 계           |
|-----------|------|--------|-----------|----------|-------|----------|---------------|
| CASE 1    | kN·m | 10.073 | 5.783     |          |       | 20.225   | 36.081        |
| CASE 2    | "    | 10.073 | 3.497     | 18.889   |       | 20.225   | 52.683        |
| CASE 3    | "    | 10.073 | 3.497     |          | 2.026 | 20.225   | 35.820        |
| CASE 4    | "    | 9.298  |           | 17.436   | 3.740 |          | 30.474        |
| CASE 5    | "    | 10.073 |           |          | 4.052 |          | 14.125        |
| 최대 계수 모멘트 |      |        |           |          |       |          | <b>52.683</b> |
| CASE 6    | "    | 7.748  | 2.690     |          | 0.935 | 0.000    | 11.373        |
| CASE 7    | "    | 7.748  | 2.690     | 0.000    |       | 0.000    | 10.438        |
| 최대 사용 모멘트 |      |        |           |          |       |          | <b>11.373</b> |

## (9) 캔틸레버판 단부 설계

( 도.설.해 4.7.6.4 )

- ① 주철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.
- ② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량과 동일하게 배근한다.
- ③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 (  $X = 0.03 \leq 0.25$ 인 경우)

( 도.설.해 3.6.1.5 )

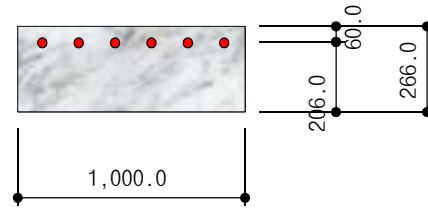
$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.025 + 180) = 187.0 \text{ mm} < 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 220.0 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 266.0 \text{ mm} > h_{req} = 220.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

|          |   |         |      |       |   |       |      |
|----------|---|---------|------|-------|---|-------|------|
| $f_{ck}$ | = | 27.0    | MPa  | $f_y$ | = | 400.0 | MPa  |
| $M_u$    | = | 52.7    | kN·m | $M$   | = | 11.4  | kN·m |
| $b$      | = | 1,000.0 | mm   | $h$   | = | 266.0 | mm   |
| $\beta$  | = | 0.85    |      | $d'$  | = | 60.0  | mm   |
| $\phi_f$ | = | 0.85    |      | $d$   | = | 206.0 | mm   |



- 강도 감소계수 ( $\phi_f$ ) 산정 (콘.설.해 6.2.2)
 
$$T = A_s \times f_y = 993.0 \times 400.0 = 397,200.0$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = 17.307 \text{ mm}$$

$$c = 17.307 / \beta = 17.307 / 0.85 = 20.361 \text{ mm}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (206.0 - 20.361) / 20.361 = 0.0274$$

$$\epsilon_t = 0.0274 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{를 적용한다.}$$

필요 철근량 산정

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 A_s \quad \text{----- ①}$$

$$M_u = \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 70,040.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②}$$

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로  $A_s$ 를 구한다.

$$52,683,492.2 = -2.962963 A_s^2 + 70,040.0 A_s$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 777.783 \text{ mm}^2$$

사용 철근량 산정

$$\begin{array}{rcl} \therefore A_{s \text{ use}} = & \text{H 16 @ 400.0} & = 496.5 \text{ mm}^2 \\ & \text{H 16 @ 400.0} & = 496.5 \text{ mm}^2 \\ \hline \Sigma & & = 993.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.277] \quad \dots\dots 0.K !! \end{array}$$

철근량 검토

$$A_{s \text{ min}} = 1.4 / f_y \times b \times d = 721.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.3.2})$$

$$= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 669.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.3.2})$$

$$= \text{수축 온도 철근량} = 532.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 5.7.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ min}} = 721.0 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,303.9 \text{ mm}^2 \quad (\text{콘.설.해 6.2.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ max}} \geq A_{s \text{ use}} \geq A_{s \text{ min}} \quad \dots\dots 0.K !!$$

힘에 대한 검토

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 17.307 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.85 \times 993.0 \times 400.0 \times (206.0 - a/2) = 66.628 \text{ kN·m}$$

$$\therefore \phi Mn \geq Mu \quad [\text{사용률} = 1.265] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 배력 철근량 산정 ( 도.설.해 3.6.1.4 )

$$\text{백분율} = 120 / \sqrt{L} = 120 / \sqrt{0.775} = 136.311 \% \geq 67.0 \%$$

$$A_s = 777.783 \times 67.000 \% = 521.115 \text{ mm}^2$$

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} = 0.002 \cdot b \cdot h = 532.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 532.000 \text{ mm}^2$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 500.0 \\ \text{H } 16 @ 500.0 \end{array} = \begin{array}{l} 397.2 \text{ mm}^2 \\ 397.2 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 794.4 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.493] \quad \dots\dots 0.K !!$$

② 캔틸레버부 단부 설계 ( 도.설.해 4.7.6.4 )

철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다.

▪ 주 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,555.566 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 13 @ 200.0 \end{array} = \begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 633.5 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\Sigma = 1,626.5 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.046] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 배 력 철 근

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 1,064.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ use}} = \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 250.0 \\ \text{H } 16 @ 250.0 \end{array} = \begin{array}{l} 794.4 \text{ mm}^2 \\ 794.4 \text{ mm}^2 \end{array}$$

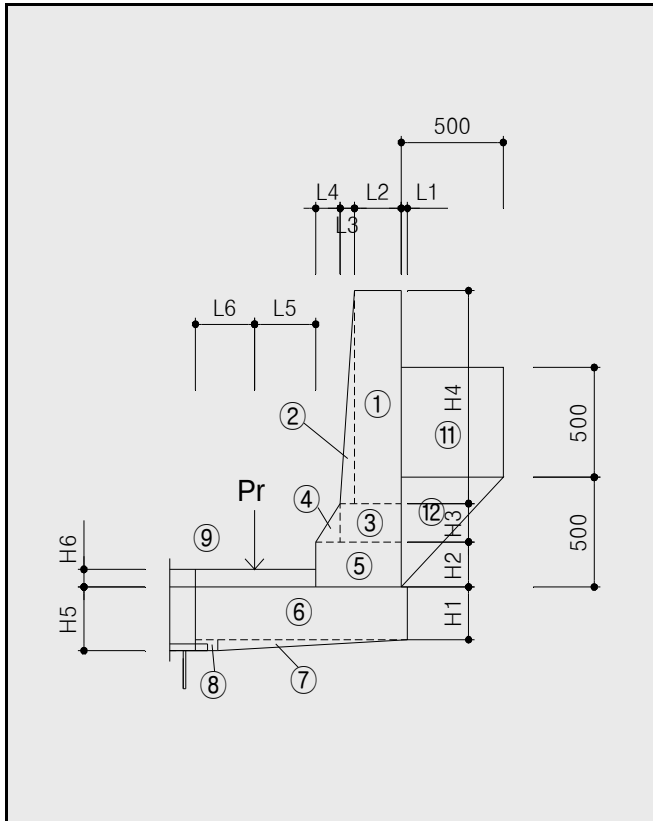
$$\Sigma = 1,588.8 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.493] \quad \dots\dots 0.K !!$$

|               |              |   |                                                   |                   |     |
|---------------|--------------|---|---------------------------------------------------|-------------------|-----|
| 탄성계수비         | $n$          | = | Es / Ec                                           | =                 | 7.0 |
| $A_{s \ use}$ | H 16 @ 400.0 | = | 496.5 mm <sup>2</sup>                             | ( 개수 = 5.0 ea )   |     |
|               | H 16 @ 400.0 | = | 496.5 mm <sup>2</sup>                             |                   |     |
|               | $\Sigma$     | = | <b>993.0</b> mm <sup>2</sup>                      |                   |     |
| 철근비           | $\rho$       | = | $A_s / b d$                                       |                   |     |
|               |              | = | 993.0 / ( 1,000.0 × 206.0 )                       | = 0.00482         |     |
| 중립축           | $k$          | = | $-n\rho + \sqrt{( 2n\rho + (n\rho)^2 )}$          |                   |     |
|               |              | = | -0.0337 + $\sqrt{( 2 \times 0.0337 + 0.0337^2 )}$ | = 0.22822         |     |
| 중립축 거리        | $x$          | = | $k \times d$                                      | = 0.22822 × 206.0 |     |
|               |              | = | 47.013                                            |                   |     |
|               | $j$          | = | $1 - k / 3$                                       | = 1 - 0.228 / 3   |     |
|               |              | = | 0.924                                             |                   |     |
| 철근 응력         | $f_s$        | = | $M / ( A_s \times j \times d )$                   |                   |     |
|               |              | = | 11.37 / ( 993.0 × 0.924 × 206.0 )                 | = 60.176 MPa      |     |

|              |   |                                                   |            |                     |                 |
|--------------|---|---------------------------------------------------|------------|---------------------|-----------------|
| 최소 두께 $C_c$  | = | $60.0 - 15.9 / 2$                                 | =          | 52.050 mm           |                 |
| 인장연단 폭 $S_1$ | = | $375 \times ( 210 / f_s ) - 2.5 \cdot C_c$        |            |                     | ( 콘.설.해 6.3.3 ) |
|              | = | $375 \times ( 210 / 60.176 ) - 2.5 \times 52.050$ | =          | 1,178.535 mm        |                 |
| 인장연단 폭 $S_2$ | = | $300 \times ( 210 / f_s )$                        |            |                     |                 |
|              | = | $300 \times ( 210 / 60.176 )$                     | =          | 1,046.928 mm        |                 |
|              |   |                                                   | <u>Min</u> | <u>1,046.928 mm</u> |                 |

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

### 3.3 캔틸레버부 가로등 기초부



|                |             |    |                          |
|----------------|-------------|----|--------------------------|
| H1             | 0.240 m     | L1 | 0.030 m                  |
| H2             | 0.175 m     | L2 | 0.230 m                  |
| H3             | 0.175 m     | L3 | 0.070 m                  |
| H4             | 0.970 m     | L4 | 0.120 m                  |
| H5             | 0.266 m     | L5 | 0.300 m                  |
| H6             | 0.050 m     | L6 | 0.025 m                  |
| H7             | 0.000 m     | L7 | 0.600 m                  |
| R              | 300 m       | L8 | 0.175 m                  |
| V              | 60.000 km/h | L9 | 0.000 m                  |
|                |             |    |                          |
| 콘크리트 단위중량      |             |    | 25.000 kN/m <sup>3</sup> |
| 포장 단위중량        |             |    | 23.500 kN/m <sup>3</sup> |
| DB 1후륜 하중 (Pr) |             |    | 96.000 kN                |
| 탱크 총 중량        |             |    |                          |
| 탱크궤도 길이        |             |    |                          |
| 탱크하중 작용점(L5)   |             |    |                          |
| 트레일러 1후륜 하중    |             |    |                          |
| 트레일러하중 작용점(L5) |             |    |                          |

#### (1) 고정 하중

| NO.   | 산 식                                                   | 작용하중(kN) | 작용거리(m) | 모멘트(kN·m) |
|-------|-------------------------------------------------------|----------|---------|-----------|
| 1     | $0.230 \times 0.970 \times 25.000$                    | 5.578    | 0.630   | 3.514     |
| 2     | $\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.970 \times 25.000$ | 0.849    | 0.492   | 0.417     |
| 3     | $0.300 \times 0.175 \times 25.000$                    | 1.313    | 0.595   | 0.781     |
| 4     | $\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$ | 0.263    | 0.405   | 0.106     |
| 5     | $0.420 \times 0.175 \times 25.000$                    | 1.838    | 0.535   | 0.983     |
| 6     | $0.775 \times 0.240 \times 25.000$                    | 4.650    | 0.388   | 1.802     |
| 7     | $\frac{1}{2} \times 0.600 \times 0.026 \times 25.000$ | 0.195    | 0.375   | 0.073     |
| 8     | $0.175 \times 0.026 \times 25.000$                    | 0.114    | 0.088   | 0.010     |
| 9     | $0.325 \times 0.050 \times 23.500$                    | 0.382    | 0.163   | 0.062     |
| 10    | 난 간 하 중                                               | 0.000    | 0.000   | 0.000     |
| 11    | $0.500 \times 0.500 \times 25.000$                    | 6.250    | 1.025   | 6.406     |
| 12    | $\frac{1}{2} \times 0.500 \times 0.500 \times 25.000$ | 3.125    | 0.942   | 2.943     |
| 13    | 가 로 등 하 중                                             | 2.000    | 1.025   | 2.050     |
| TOTAL |                                                       | 26.554   |         | 19.147    |

(2) 활 하 중 ( DB-24 : Pr = 96 kN )

▪ 윤하중 분포폭

( 도.설 3.6.1.4 )

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.025 + 1.14 = 1.160 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.025 \text{ m}$$

▪ 충격 계 수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.025) = 0.375 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$Ml+i = (96.00 / 1.160) \times 0.025 \times (1 + 0.30) = 2.690 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(3) 차량 충돌 하중

( 도.설.해 2.4.3.6 )

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2 \times 7.5+2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로  
충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.183 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 1.183 = 11.830 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.453 \text{ m}$$

$$Mco = 10.000 \times 1.453 = 14.530 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

$$Mco = 14.530 = 14.530 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(4) 풍 하 중 ( 3.000 kN/m<sup>2</sup> )

( 도.설.해 2.1.11 )

$$Pw = 3.000 \times 1.270 = 3.810 \text{ kN/m}$$

$$Mw = 3.810 \times (1.270 / 2 + 0.05 + 0.27 / 2) = 3.117 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(5) 원 심 하 중

( 도.설.해 2.1.17 )

$$CF=0.79 V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

$$CF = 0.79 \times 60.000^2 / 300.000 = 9.480 (\%)$$

$$Pcf = 96.000 / 1.160 \times 9.480 / 100 = 7.846 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.983 \text{ m}$$

$$Mcf = 7.846 \times 1.983 = 15.558 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

## (6) 작용 모멘트

| 구 분   | 고정하중( $M_D$ ) | 활하중( $M_{L+i}$ ) | 균중하중( $M_{L+i}$ ) | 충돌하중( $M_{C0}$ ) | 난간충돌하중( $M_{C0}$ ) | 풍하중( $M_W$ ) | 원심하중( $M_{CF}$ ) |
|-------|---------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------|------------------|
| 모 멘 트 | 19.147        | 2.690            | 0.000             | 14.530           | 0.000              | 3.117        | 15.558           |

## (7) 하 중 조 합

( 도.설.해 2.2.3.2 )

| CASE   | 단위   | $M_D$ | $M_{L+i}$ | $M_{C0}$ | $M_W$ | $M_{CF}$ | 비 고        |
|--------|------|-------|-----------|----------|-------|----------|------------|
| CASE 1 | kN·m | 1.30  | 2.15      |          |       | 1.30     |            |
| CASE 2 | "    | 1.30  | 1.30      | 1.30     |       | 1.30     | 차량 충돌하중    |
| CASE 3 | "    | 1.30  | 1.30      |          | 0.65  | 1.30     | 활하중 재하시    |
| CASE 4 | "    | 1.20  |           | 1.20     | 1.20  |          | 차량 충돌하중    |
| CASE 5 | "    | 1.30  |           |          | 1.30  |          |            |
| CASE 6 | "    | 1.00  | 1.00      |          | 0.30  | 1.00     | 사용모멘트      |
| CASE 7 | "    | 1.00  | 1.00      | 1.00     |       | 1.00     | 차량충돌 사용모멘트 |

## (8) 계산 적용 모멘트 산정

| CASE      | 단위   | $M_D$  | $M_{L+i}$ | $M_{C0}$ | $M_W$ | $M_{CF}$ | 소 계    |
|-----------|------|--------|-----------|----------|-------|----------|--------|
| CASE 1    | kN·m | 24.892 | 5.783     |          |       | 20.225   | 50.899 |
| CASE 2    | "    | 24.892 | 3.497     | 18.889   |       | 20.225   | 67.502 |
| CASE 3    | "    | 24.892 | 3.497     |          | 2.026 | 20.225   | 50.639 |
| CASE 4    | "    | 22.977 |           | 17.436   | 3.740 |          | 44.153 |
| CASE 5    | "    | 24.892 |           |          | 4.052 |          | 28.943 |
| 최대 계수 모멘트 |      |        |           |          |       |          | 67.502 |
| CASE 6    | "    | 19.147 | 2.690     |          | 0.935 | 15.558   | 38.330 |
| CASE 7    | "    | 19.147 | 2.690     | 14.530   |       | 15.558   | 51.925 |
| 최대 사용 모멘트 |      |        |           |          |       |          | 51.925 |

(9) 바닥판의 최소 두께 (  $X = 0.03 \leq 0.25$ 인 경우)

( 도.설.해 3.6.1.5 )

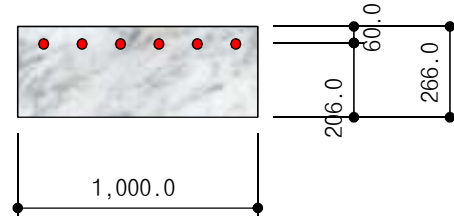
$$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.025 + 180) = 187.0 \text{ mm} < 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 220.0 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 266.0 \text{ mm} > h_{req} = 220.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(10) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| $f_{ck} = 27.0$ MPa | $f_y = 400.0$ MPa |
| $M_u = 67.5$ kN·m   | $M = 51.9$ kN·m   |
| $b = 1,000.0$ mm    | $h = 266.0$ mm    |
| $\beta = 0.85$      | $d' = 60.0$ mm    |
| $\phi_f = 0.85$     | $d = 206.0$ mm    |



■ 강도 감소계수 ( $\phi_f$ ) 산정

( 콘.설.해 6.2.2)

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y = 1,626.5 \times 400.0 = 650,600.0 \\
 C &= 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 a \\
 T &= C \text{ 이므로, } a = 28.349 \text{ mm} \\
 c &= 28.349 / \beta = 28.349 / 0.85 = 33.351 \text{ mm} \\
 \epsilon_y &= f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020 \\
 \epsilon_t &= 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (206.0 - 33.351) / 33.351 = 0.0155 \\
 \epsilon_t &= 0.0155 \geq 0.0050 \text{ 이므로 인장지배 단면이며, } \phi_f = 0.85 \text{ 를 적용한다.}
 \end{aligned}$$

■ 필요 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 A_s \quad \text{----- ①} \\
 M_u &= \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 70,040.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②} \\
 \text{식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 } A_s \text{를 구한다.} \\
 67,502,138.1 &= -2.962963 A_s^2 + 70,040.0 A_s \\
 \therefore A_{s \text{ req}} &= 1,006.632 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

■ 사용 철근량 산정

$$\begin{aligned}
 \therefore A_{s \text{ use}} &= \begin{array}{l} \text{H } 16 @ 200.0 \\ \text{H } 13 @ 200.0 \end{array} = \begin{array}{l} 993.0 \text{ mm}^2 \\ 633.5 \text{ mm}^2 \end{array} \\
 \Sigma &= 1,626.5 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.616] \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

■ 철근량 검토

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 1.4 / f_y \times b \times d = 721.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 669.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2}) \\
 &= \text{수축 온도 철근량} = 532.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 5.7.2}) \\
 \therefore A_{s \text{ min}} &= 721.0 \text{ mm}^2 \\
 A_{s \text{ max}} &= 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 4,303.9 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.2.2})
 \end{aligned}$$

$$\therefore A_{s \text{ max}} \geq A_{s \text{ use}} \geq A_{s \text{ min}} \quad \dots\dots 0.K !!$$

■ 힘에 대한 검토

$$\begin{aligned}
 a &= A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 28.349 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= 0.85 \times 1,626.5 \times 400.0 \times (206.0 - a/2) = 106.082 \text{ kN·m} \\
 \therefore \phi M_n &\geq Mu \quad [\text{사용률} = 1.572] \quad \dots\dots 0.K !!
 \end{aligned}$$

▪ 배력 철근량 산정

( 도.설.해 3.6.1.4 )

$$\text{수축} \cdot \text{온도철근량} = 0.002 \cdot b \cdot h = 532.000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 532.000 \text{ mm}^2$$

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = H \ 16 \ @ \ 250.0 = 794.4 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma = 794.4 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.493] \quad \dots\dots 0.K !!$$

② 사용성 검토

|                     |                                 |                                                 |          |                       |                         |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|----------|-----------------------|-------------------------|
| 탄성계수비 $n$           | =                               | $E_s / E_c$                                     | =        | 7.1                   |                         |
| $A_{s \text{ use}}$ | =                               | H 16 @ 200.0                                    | =        | 993.0 mm <sup>2</sup> | ( 개수 = 10.0 ea )        |
|                     |                                 | H 13 @ 200.0                                    | =        | 633.5 mm <sup>2</sup> |                         |
|                     |                                 |                                                 | $\Sigma$ | =                     | 1,626.5 mm <sup>2</sup> |
| 철근비 $\rho$          | =                               | $A_s / bd$                                      |          |                       |                         |
|                     | =                               | $1,626.5 / (1,000.0 \times 206.0)$              | =        | 0.00790               |                         |
| 중립축 $k$             | =                               | $-np + \sqrt{(2np + (np)^2)}$                   |          |                       |                         |
|                     | =                               | $-0.0561 + \sqrt{(2 \times 0.0561 + 0.0561^2)}$ | =        | 0.28344               |                         |
| 중립축 거리 $x$          | =                               | $k \times d = 0.28344 \times 206.0$             | =        | 58.389                |                         |
|                     | $j = 1 - k / 3 = 1 - 0.283 / 3$ |                                                 | =        | 0.906                 |                         |
| 철근 응력 $f_s$         | =                               | $M / (A_s \times j \times d)$                   |          |                       |                         |
|                     | =                               | $51.92 / (1,626.5 \times 0.906 \times 206.0)$   | =        | 171.141 MPa           |                         |

▪ 균 열 검 토

( 콘.설.해 4.2 )

$$\text{최소 두께 } c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_1 = 375 \times (210 / f_s) - 2.5 \cdot c_c \quad (\text{콘.설.해 6.3.3})$$

$$= 375 \times (210 / 171.141) - 2.5 \times 52.050 = 330.021 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단 폭 } s_2 = 300 \times (210 / f_s)$$

$$= 300 \times (210 / 171.141) = 368.117 \text{ mm}$$

$$\text{Min} = 330.021 \text{ mm}$$

$$\therefore s = 1,000.0 / 10.0\text{ea} = 100.0 \text{ mm} \leq s_a = 330.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 처 짐 검 토

처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

$$t(\text{min}) = L / 10 = 1140.0 / 10 = 114 \text{ mm}$$

$$\therefore t(\text{min}) = 114 \text{ mm} \leq h = 266.0 \text{ mm} \quad \dots\dots 0.K !!$$

$\therefore$  별도의 처짐검토 필요 없음

### 1) 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브계산

(  도.설.해 4.7.7.3)

- ... 0.K !!

- ..... O.K !!

- ..... O.K !!

- ..... O.K !!

- 우측 캔틸레버 (방호책있음) :  $1.120\text{m} \geq 0.240\text{m} \times 3 = 0.720\text{m} \quad \dots\dots 0.K !!$

- ... 0.K !!

- (2) 철근 배근량 (  도.설.해 4.7.7.4 )

| 위 치                                                             |                  |         | 산 정 식     |   |       |   |       | 검 토             |              |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|---------|-----------|---|-------|---|-------|-----------------|--------------|
| 주<br>철<br>근                                                     | 하<br>철<br>면<br>근 | 필요철근량   | 240,000.0 | × | 0.4%  | = | 960.0 | mm <sup>2</sup> | ..... 0.K !! |
|                                                                 |                  | 현장배근철근  | H 13      | @ | 400.0 | = | 316.8 | mm <sup>2</sup> |              |
|                                                                 |                  | 현장배근철근  | H 13      | @ | 180.0 | = | 703.9 | mm <sup>2</sup> |              |
|                                                                 | 상<br>철<br>면<br>근 | 필요철근량   | 240,000.0 | × | 0.3%  | = | 720.0 | mm <sup>2</sup> | ..... 0.K !! |
|                                                                 |                  | 1 Cycle | H 16      | @ | 400.0 | = | 496.5 | mm <sup>2</sup> |              |
|                                                                 |                  | 2 Cycle | H 16      | @ | 400.0 | = | 496.5 | mm <sup>2</sup> |              |
| 배<br>력<br>철<br>근                                                | 하<br>철<br>면<br>근 | 필요철근량   | 240,000.0 | × | 0.3%  | = | 720.0 | mm <sup>2</sup> | ..... 0.K !! |
|                                                                 |                  | 사용철근량   | H 16      | @ | 250.0 | = | 794.4 | mm <sup>2</sup> |              |
|                                                                 | 상<br>철<br>면<br>근 | 필요철근량   | 240,000.0 | × | 0.3%  | = | 720.0 | mm <sup>2</sup> | ..... 0.K !! |
|                                                                 |                  | 사용철근량   | H 16      | @ | 250.0 | = | 794.4 | mm <sup>2</sup> |              |
| 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000.0 mm × 240.0 mm = 240,000.0 mm <sup>2</sup> |                  |         |           |   |       |   |       |                 |              |

### 3.5 내부지점부 주장을검토

(도.설.해 3.9.2.3)

- 인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 무시하고 설계를 하는 경우에는 바닥판 콘크리트 단면적에 1.5% 이상의 교축방향 철근을 배근하여야 한다. 이경우 교축방향 철근의 총주변장의 바닥판 콘크리트의 단면적에 대한 비, 즉 주장은 0.0035 mm/mm<sup>2</sup> 이상으로 하면 좋다. 또한 바닥판 작용에 대처하기 위하여 배치된 철근을 교축방향 철근의 일부로 볼 수 있다.
- 철근은 고정하중에 의한 휨모멘트의 부호가 변하는 점을 지나서 바닥판 콘크리트의 압축측에 정착한다.

- 필요 철근량 산정

$$A_c = 1,000.0 \times 240.0 = 240,000.0 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 240,000.0 \times 1.5\% = 3,600.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 철근량

$$\begin{array}{rcll} \therefore A_{s \text{ use}} = & \text{H } 19 @ 125.0 & = & 2,292.0 \text{ mm}^2 \\ & \text{H } 19 @ 125.0 & = & 2,292.0 \text{ mm}^2 \\ & \Sigma & = & 4,584.0 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.273] \quad \dots\dots \text{O.K.!!} \end{array}$$

- 주장을 검토

$$\text{사용철근 개수} : 8.000 + 8.000 = 16.00 \text{ EA/m}$$

$$\text{주 장 른} : \mu = \frac{\pi \times D \times n + \pi \times D \times n}{1000 \times t_m} > 0.0035 \text{ mm/mm}^2$$

여기서,  $D$  : 철근 직경

$n$  : 철근 개수

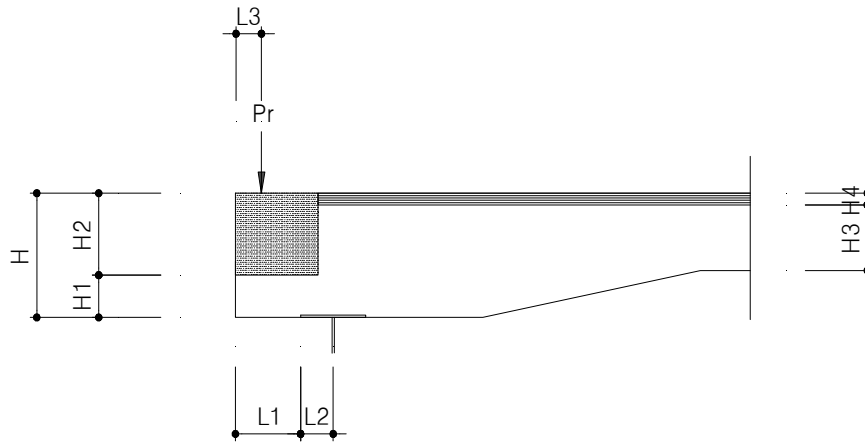
1,000 : 단위 폭 (mm)

$t_m$  : 중간 슬래브 두께 (mm)

$$\mu = \frac{\pi \times 19.10 \times 8.00 + \pi \times 19.10 \times 8.00}{1,000.00 \times 240.00} = 0.0040 \text{ mm/mm}^2$$

$$\mu = 0.0040 \text{ mm/mm}^2 > \mu_a = 0.0035 \text{ mm/mm}^2 \quad \text{O.K.}$$

### 3.6 진입부 바닥판



|    |         |    |         |
|----|---------|----|---------|
| H  | 0.516 m | L  | 0.475 m |
| H1 | 0.196 m | L1 | 0.400 m |
| H2 | 0.320 m | L2 | 0.150 m |
| H3 | 0.266 m | L3 | 0.100 m |
| H4 | 0.050 m |    |         |

#### (1) 고정 하중

$$0.475 \times 0.516 \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 6.128 \text{ kN/m}$$

$$MD = 6.128 \times 0.475 \times 0.500 = 1.455 \text{ kN/m}$$

#### (2) 활 하중 ( DB-24 : Pr = 96 kN )

▪ 총 격 계 수 ( 도.설.해 2.1.4 )

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.475) = 0.371 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$MI+i = (0.48+0.6) \times 96.0 / 9.6 \times (1+0.300) = 13.975 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \quad (\text{도.설.해 3.6.1.4})$$

#### (4) 작용 모멘트

| 구 분   | 고정하중( $M_D$ ) | 활하중( $M_{L+i}$ ) | 균중하중( $M_{L+i}$ ) | 충돌하중( $M_{C0}$ ) | 난간충돌하중( $M_{C0}$ ) | 풍하중( $M_W$ ) | 원심하중( $M_{CF}$ ) |
|-------|---------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------|------------------|
| 모 멘 트 | 1.455         | 13.975           |                   |                  |                    |              |                  |

#### (5) 하 중 조 합

( 도.설.해 2.2.3.2 )

| CASE   | 단위   | $M_D$ | $M_{L+i}$ | $M_{C0}$ | $M_W$ | $M_{CF}$ | 비 고   |
|--------|------|-------|-----------|----------|-------|----------|-------|
| CASE 1 | kN·m | 1.30  | 2.15      |          |       | 1.30     |       |
| CASE 2 | "    | 1.00  | 1.00      |          | 1.00  | 1.00     | 사용모멘트 |

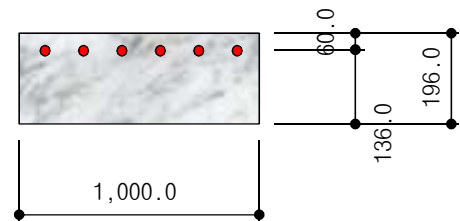
(6) 계산 적용 모멘트 산정

| CASE      | 단위   | M <sub>D</sub> | M <sub>L+i</sub> | M <sub>CO</sub> | M <sub>W</sub> | M <sub>CF</sub> | 소 계           |
|-----------|------|----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| CASE 1    | kN·m | 1.892          | 30.046           |                 |                | 0.000           | 31.938        |
| 최대 계수 모멘트 |      |                |                  |                 |                |                 | <b>31.938</b> |
| CASE 2    | "    | 1.455          | 13.975           |                 | 0.000          | 0.000           | 15.430        |
| 최대 사용 모멘트 |      |                |                  |                 |                |                 | <b>15.430</b> |

(9) 단 면 검 토

① 중앙부 (외측)

|          |   |         |      |       |   |       |      |
|----------|---|---------|------|-------|---|-------|------|
| $f_{ck}$ | = | 27.0    | MPa  | $f_y$ | = | 400.0 | MPa  |
| $M_u$    | = | 31.9    | kN·m | $M$   | = | 15.4  | kN·m |
| $b$      | = | 1,000.0 | mm   | $h$   | = | 196.0 | mm   |
| $\beta$  | = | 0.85    |      | $d'$  | = | 60.0  | mm   |
| $\phi_f$ | = | 0.85    |      | $d$   | = | 136.0 | mm   |



▪ 강도 감소계수 ( $\phi_f$ ) 산정

( 콘.설.해 6.2.2)

$$T = A_s \times f_y = 794.4 \times 400.0 = 317,760.0$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 0.85 \times 27.0 \times a \times 1,000.0 = 22,950.0 a$$

$$T = C \text{ 이므로, } a = 13.846 \text{ mm}$$

$$c = 13.846 / \beta = 13.846 / 0.85 = 16.289 \text{ mm}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (d - c) / c = 0.003 \times (136.0 - 16.289) / 16.289 = 0.0220$$

$\epsilon_t = 0.0220 \geq 0.0050$  이므로 인장지배 단면이며,  $\phi_f = 0.85$ 를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 0.017429 A_s \quad \text{----- ①}$$

$$M_u = \phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = 46,240.0 A_s - 170.0 A_s \cdot a \quad \text{----- ②}$$

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로  $A_s$ 를 구한다.

$$31,938,115.6 = -2.962963 A_s^2 + 46,240.0 A_s$$

$$\therefore A_{s \text{ req}} = 724.321$$

▪ 사용 철근량 산정

$$\therefore A_{s \text{ use}} = H \ 16 \ @ \ 250.0 = \frac{794.4 \text{ mm}^2}{\Sigma} = 794.4 \text{ mm}^2 \quad [\text{사용률} = 1.097] \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 철근량 검토

$$A_{s \text{ min}} = 1.4 / f_y \times b \times d = 476.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 441.7 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.3.2})$$

$$= \text{수축 온도 철근량} = 392.0 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 5.7.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ min}} = 476.0 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.714 \times \rho_b \times b \times d = 2,841.4 \text{ mm}^2 \quad (\text{ 콘.설.해 6.2.2})$$

$$\therefore A_{s \text{ max}} \geq A_{s \text{ use}} \geq A_{s \text{ min}} \quad \dots\dots 0.K !!$$

▪ 힘에 대한 검토

$$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b) = 13.846 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.85 \times 794.4 \times 400.0 \times (136.0 - a/2) = 34.863 \text{ kN·m}$$

$$\therefore \phi M_n \geq Mu \quad [\text{사용률} = 1.092] \quad \dots\dots 0.K !!$$

### 3.7 하부콘크리트 철근량 산정

#### 3.7.1 철근량 산정기준

( 콘 · 기 · 해 5.7.2 )

- 1) 수축 · 온도철근으로 배치되는 이형철근은 다음의 철근비 이상으로 하여야 한다.
  - 설계기준항복강도가 400MPa 이하인 이형철근을 사용한 슬래브 ----- 0.002
- 2) 본 교량의 하부슬래브는 단면두께는 450mm이다.
- 3) 이중합성부 하부 바닥판은 부모멘트 영역의 하부에 설치됨으로,  
상시 압축력만 작용하기 때문에 연속지점부 주장을검토는 필요하지 않다.
- 4) 이중합성부 하부 콘크리트는 지점부의 부모멘트에 의하여 하부에 큰 압축력이 발생하므로,  
이중합성후의 콘크리트 단면검토를 반드시 수행하여야 한다.  
( 콘 제5장 단면응력검토 참조 )

#### 3.7.2 철근량 산정

◎ 온도 철근량 산정

1) 필요철근량 :

$$\cdot A_{s\_req} = 450 \times 1,000 \times 0.002 = 900 \text{ mm}^2$$

2) 사용철근량 :

$$\cdot H \ 16 \ @ \ 150 = 2,648 \text{ mm}^2 \geq 900 \text{ mm}^2 \therefore O.K$$

※ 이중합성부 하부콘크리트는 구속력 증진에 의한 완전합성을 위해 전단연결제 주변철근량이  
충분하여야 하는바 안전성 확보측면에서 상기철근량으로 배근함.