

## (2) 플랜지 국부좌굴강도

- ① 조밀단면 플랜지를 갖는 단면의 경우에는 국부좌굴강도를 산정하지 않는다.
- ② 비조밀단면 플랜지를 갖는 단면의 경우

$$M_n = \left[ M_p - (M_p - 0.7F_y S_y) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \quad (4.3-38)$$

## (3) 세장판 단면플랜지를 갖는 단면의 경우

$$M_n = F_{cr} S_y \quad (4.3-39)$$

여기서,  $F_{cr} = \frac{0.69E}{\left(\frac{b_f}{2t_f}\right)^2}$  (4.3-40)

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f}$$

$\lambda_{pf} = \lambda_p$  : 표 4.3-2의 조밀단면 플랜지 한계 폭두께비

$\lambda_{rf} = \lambda_r$  : 표 4.3-2의 비조밀단면 플랜지 한계 폭두께비

$S_y$  :  $y$  축에 대한 단성단면계수( $\text{mm}^3$ );  $\square$ 형강의 경우 최소단면계수

$b_f$  : 플랜지의 폭 ( $\text{mm}$ )

$t_f$  : 플랜지의 두께 ( $\text{mm}$ )

**4.3.2.1.1.7 각형강관**

이 조항은 강축 또는 약축 힘을 받는 조밀 또는 비조밀단면 웨브 및 조밀, 비조밀 또는 세장판 단면플랜지를 갖는 직사각형, 정사각형 및 2축대칭 각형강관에 적용한다. 공칭휨강도  $M_n$ 은 항복 강도(소성모멘트), 플랜지 국부좌굴강도 및 웨브 국부좌굴강도의 한계상태 중 최솟값으로 한다.

## (1) 항복강도

$$M_n = M_p = F_y Z \quad (4.3-41)$$

여기서,  $Z$  : 소성단면계수 ( $\text{mm}^3$ )

## (2) 플랜지 국부좌굴강도

- ① 조밀단면 플랜지를 갖는 단면의 경우에는 플랜지 국부좌굴강도를 산정하지 않는다.
- ② 비조밀단면 플랜지를 갖는 단면의 경우

$$M_n = M_p - (M_p - F_y S) \left( 3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (4.3-42)$$

여기서,  $b$  : 플랜지의 폭 ( $\text{mm}$ )

$t_f$  : 플랜지의 두께 (mm)

$S$  : 탄성단면계수 ( $\text{mm}^3$ )

### ③ 세장판 단면플랜지를 갖는 단면의 경우

$$M_n = F_y S_{eff} \quad (4.3-43)$$

여기서,  $S_{eff}$  : 압축플랜지의 유효폭  $b_e$ 에 대한 유효단면계수

$$b_e = 1.92 t_f \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[ 1 - \frac{0.38}{b/t_f} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right] \leq b \quad (4.3-44)$$

### (3) 웨브 국부좌굴강도

① 조밀단면의 경우에는 웨브 국부좌굴강도를 산정하지 않는다.

② 비조밀 웨브를 갖는 단면의 경우에는

$$M_n = M_p - (M_p - F_y S_x) \left( 0.305 \frac{h}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0.738 \right) \leq M_p \quad (4.3-45)$$

여기서,  $h$  : 웨브의 폭 (mm)

$t_w$  : 웨브의 두께 (mm)

$S_x$  : 강축에 대한 탄성단면계수 ( $\text{mm}^3$ )

### 4.3.2.1.1.8 원형강관

이 조항은  $D/t$  비가  $0.45E/F_y$ 보다 적은 원형강관에 적용한다. 공칭휨강도  $M_n$ 은 항복강도(소성모멘트) 및 국부좌굴강도의 한계상태 중 최솟값으로 한다.

#### (1) 항복강도

$$M_n = M_p = F_y Z \quad (4.3-46)$$

여기서,  $Z$  : 소성단면계수 ( $\text{mm}^3$ )

#### (2) 국부좌굴강도

① 조밀단면인 경우에는 플랜지 국부좌굴강도를 산정하지 않는다.

② 비조밀단면의 경우

$$M_n = \left( \frac{0.021E}{(D/t)} + F_y \right) S \quad (4.3-47)$$

#### ③ 세장판 단면의 경우

$$M_n = F_{cr}S \quad (4.3-48)$$

여기서,  $F_{cr} = \frac{0.33E}{(D/t)}$  (4.3-49)

$S$  : 탄성단면계수 ( $\text{mm}^3$ )

$D$  : 원형강관의 외경 ( $\text{mm}$ )

$t$  : 원형강관의 두께 ( $\text{mm}$ )

#### 4.3.2.1.1.9 T형강 및 쌍T형강

이 조항은 대칭면에 하중을 받는 T형강 및 쌍T형강에 적용한다. 공칭휨강도  $M_n$ 은 항복강도(소성모멘트), 횡비틀림좌굴강도 및 플랜지 국부좌굴강도의 한계상태 중 최솟값으로 한다.

##### (1) 항복강도

$$M_n = M_p \quad (4.3-50)$$

① T형강의 스템과 쌍T형강의 웨브가 인장인 경우

$$M_p = F_y Z_x \leq 1.6M_y \quad (4.3-51)$$

② T형강의 스템이 압축인 경우

$$M_p = M_y \quad (4.3-52)$$

③ 쌍T형강의 웨브가 압축인 경우,  $M_p = 1.5M_y$

##### (2) 횡비틀림좌굴강도

$$M_n = M_{cr} = \frac{\pi \sqrt{EI_y G J}}{L_b} [B + \sqrt{1+B^2}] \quad (4.3-53)$$

여기서,  $B = \pm 2.3 \left( \frac{d}{L_b} \right) \sqrt{\frac{I_y}{J}}$  (4.3-54)

$L_b$  : 횡비지지길이 ( $\text{mm}$ )

$I_y$  :  $y$ 축에 대한 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

$G$  : 강재의 전단탄성계수 ( $\text{MPa}$ )

$J$  : 비틀림상수 ( $\text{mm}^4$ )

(+)부호는 스템이 인장인 경우에 적용하며, (-)부호는 스템이 압축인 경우에 적용한다. T형강스템의 연단이 압축을 받는 경우에는 (-)부호를 적용한다.

##### (3) T형강의 플랜지 국부좌굴강도

$$M_n = F_{cr} S_{xc} \quad (4.3-55)$$

여기서,  $S_{xc}$ : 압축플랜지의 탄성단면계수 ( $\text{mm}^3$ )

$F_{cr}$ 은 다음과 같이 산정한다.

① 휨압축을 받는 조밀플랜지를 갖는 단면의 경우에는 플랜지 국부좌굴강도를 산정하지 않는다.

② 휨압축을 받는 비조밀 플랜지를 갖는 단면의 경우

$$M_n = M_p - (M_p - 0.7F_y S_{xc}) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \leq 1.6M_y \quad (4.3-56)$$

③ 휨압축을 받는 세장판 플랜지를 갖는 단면의 경우

$$M_n = \frac{0.7ES_{xc}}{\left( \frac{b_f}{2t_f} \right)^2} \quad (4.3-57)$$

여기서,  $b_f$ : 플랜지의 폭 ( $\text{mm}$ )

$t_f$ : 플랜지의 두께 ( $\text{mm}$ )

(4) 휨압축을 받는 T형강 스템의 국부좌굴강도

$$M_n = F_{cr} S_x \quad (4.3-58)$$

여기서,  $S_x$ : 탄성단면계수 ( $\text{mm}^3$ )

임계응력  $F_{cr}$ 은 다음과 같이 구한다.

$$\textcircled{1} \frac{d}{t_w} \leq 0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ 인 경우}$$

$$F_{cr} = F_y \quad (4.3-59)$$

$$\textcircled{2} 0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{d}{t_w} \leq 1.52 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ 인 경우}$$

$$F_{cr} = \left[ 1.43 - 0.515 \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] F_y \quad (4.3-60)$$

$$\textcircled{3} \frac{d}{t_w} > 1.52 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ 인 경우}$$

$$F_{cr} = \frac{1.52E}{\left(\frac{d}{t_w}\right)^2} \quad (4.3-61)$$

#### 4.3.2.1.1.10 단일 ㄱ형강

이 조항은 횡비틀림 지지가 있거나 횡비틀림 지지가 없는 단일 ㄱ형강에 대하여 적용한다. 연속적인 횡비틀림 지지가 되어 있는 단일 ㄱ형강의 경우에는 기본축인  $x, y$ 축을 기준으로 한 단면제계수를 이용하여 설계가능하며, 연속적인 횡비틀림 지지가 없는 경우에는 단면의 주축(강축, 약축)을 기준으로 한 단면제계수를 이용하여 설계해야 한다. 공칭휨강도  $M_n$ 은 항복강도(소성모멘트), 횡비틀림좌굴강도, ㄱ형강 다리의 국부좌굴강도의 한계상태 중 최솟값으로 한다.

##### (1) 항복강도

$$M_n = 1.5 M_y \quad (4.3-62)$$

여기서,  $M_y$  : 휨축에 대한 항복모멘트 ( $N \cdot mm$ )

##### (2) 횡비틀림좌굴강도

연속적인 횡비틀림 지지가 없는 경우에 대하여

###### ① $M_e \leq M_y$ 의 경우

$$M_n = \left(0.92 - \frac{0.17M_e}{M_y}\right) M_e \quad (4.3-63)$$

###### ② $M_e > M_y$ 의 경우

$$M_n = \left(1.92 - 1.17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}}\right) M_y \leq 1.5 M_y \quad (4.3-64)$$

여기서,  $M_e$ 는 탄성횡비틀림좌굴모멘트이며 다음과 같이 산정한다.

가. 횡비틀림 지지가 없는 등변 ㄱ형강의 경우

(가) 형강의 다리 끝부분이 최대압축을 받는 경우

$$M_e = \frac{0.66E b^4 t C_b}{L^2} \left[ \sqrt{1 + 0.78 \left( \frac{L_b t}{b^2} \right)^2} - 1 \right] \quad (4.3-65a)$$

(나) 형강의 다리 끝부분이 최대인장을 받는 경우

$$M_e = \frac{0.66E b^4 t C_b}{L^2} \left[ \sqrt{1 + 0.78 \left( \frac{L_b t}{b^2} \right)^2} + 1 \right] \quad (4.3-65b)$$

$M_y$ 의 값은  $x, y$ 축에 대한 단면계수를 사용하여 계산된 항복모멘트에 0.8배를 곱한 값을 취한다.

나. 최대모멘트가 발생한 위치에만 횡비틀림 지지가 되어 있는 경우

$M_e$ 의 값은 식 (4.3-65a) 또는 식 (4.3-65b)에 산정된  $M_e$ 값에 1.25배를 곱한 값을 취한다.

$M_y$ 의 값은  $x, y$ 축에 대한 단면계수를 사용하여 산정된 항복모멘트 값을 취한다.

다. 등변  $\Gamma$ 형강이 강축에 휨을 받는 경우

$$M_e = \frac{0.46E b^2 t^2 C_b}{L_b} \quad (4.3-66)$$

라. 부등변  $\Gamma$ 형강이 강축에 휨을 받는 경우

$$M_e = \frac{4.9E I_z C_b}{L_b^2} \left[ \sqrt{\beta_w^2 + 0.052 \left( \frac{L_b t}{r_z} \right)^2} + \beta_w \right] \quad (4.3-67)$$

여기서,  $C_b$  : 식 (4.3-1)에 따라 산정한 횡비틀림작용 보정계수로 1.5를 초과해서는 안 된다.

$L_b$  : 횡비지지길이 ( $\text{mm}^3$ )

$I_z$  : 약축에 대한 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

$r_z$  : 약축에 대한 단면2차반경 ( $\text{mm}$ )

$t$  :  $\Gamma$ 형강다리의 두께

$$\beta_w = \frac{1}{I_w} = \int_A z(w^2 + z^2) dA - 2z_0$$

여기서,  $z_0$ 는 단면중심에서  $z$ 축의 전단중심까지의 거리이고  $I_w$ 는 주축에 대한 단면2차모멘트이다. 압축을 받는 다리길이가 짧은 경우 (+)의 값을, 압축을 받는 다리길이가 긴 경우 (-)의 값을 갖는다.

### (3) $\Gamma$ 형강 다리의 국부좌굴강도

① 조밀단면인 경우에는 국부좌굴강도를 산정하지 않는다.

② 비조밀단면의 경우

$$M_n = F_y S_c \left[ 2.43 - 1.72 \left( \frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] \quad (4.3-68)$$

③ 세장판 단면의 경우

$$M_n = F_{cr} S_c \quad (4.3-69)$$

여기서,  $F_{cr} = \frac{0.71E}{(b/t)^2}$  (4.3-70)

$b$  : 압축을 받는 다리부분의 외측 폭 (mm)

$S_c$  : 휨축에 대한 다리 압축부분의 탄성단면계수 ( $\text{mm}^3$ ).

연속적인 횡비틀림 지지가 없는 경우,  $S_c$ 의 값은 기본축인  $x, y$ 축에 대해 산정한 값의 0.8 배를 취한다.

#### 4.3.2.1.1.11 각형 또는 원형강봉

이 조항은 각형 또는 원형강봉에 적용한다. 공칭휨강도  $M_n$ 은 항복강도(소성모멘트) 및 횡비틀림좌굴강도의 한계상태 중 최솟값으로 한다.

##### (1) 항복강도

①  $\frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{0.08E}{F_y}$  을 만족하는 강축 휨을 받는 각형강봉, 약축 휨을 받는 각형강봉 또는

원형강봉의 경우

$$M_n = M_p = F_y Z \leq 1.6M_y \quad (4.3-71)$$

##### (2) 횡좌굴강도

① 강축 휨을 받는 각형강봉에서  $\frac{0.08E}{F_y} < \frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{1.9E}{F_y}$  인 경우

$$M_n = C_b \left[ 1.52 - 0.274 \left( \frac{L_b d}{t^2} \right) \frac{F_y}{E} \right] M_y \leq M_p \quad (4.3-72)$$

② 강축 휨을 받는 각형강봉에서  $\frac{L_b d}{t^2} > \frac{1.9E}{F_y}$  인 경우

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (4.3-73)$$

여기서,

$$F_{cr} = \frac{1.9E C_b}{\frac{L_b d}{t^2}} \quad (4.3-74)$$

$t$  : 휨축과 평행한 방향의 강봉단면의 폭 (mm)

$d$  : 각형강봉의 두께 (mm)

$L_b$  : 횡비지지길이 (mm)

$C_b$  : 횡비틀림좌굴 보정계수

- ③ 약축에 대해 흡을 받는 원형강봉 또는 각형강봉의 경우에는 횡비틀림좌굴강도를 산정하지 않는다.

#### 4.3.2.1.1.12 비대칭 단면

이 조항은 단일 U형강을 제외한 모든 비대칭 단면에 적용한다. 공칭흡강도  $M_n$ 은 항복강도(소성모멘트), 횡비틀림좌굴강도 및 국부좌굴강도의 한계상태 중 최솟값으로 한다.

$$M_n = F_n S \quad (4.3-75)$$

여기서,  $S$  : 흡축에 대한 단성단면계수 중 최솟값 ( $\text{mm}^3$ )

##### (1) 항복강도

$$F_n = F_y \quad (4.3-76)$$

##### (2) 횡비틀림좌굴강도

$$F_n = F_{cr} \leq F_y \quad (4.3-77)$$

여기서,  $F_{cr}$  : 해석으로부터 산정된 좌굴응력 (MPa)

##### (3) 국부좌굴강도

$$F_n = F_{cr} \leq F_y \quad (4.3-78)$$

여기서,  $F_{cr}$  : 해석으로부터 산정된 좌굴응력 (MPa)

#### 4.3.2.1.1.13 흡부재의 단면산정

##### (1) 구멍단면적 공제에 따른 강도저감

이 조항은 전체단면에 의해 흡강도가 산정되는 구멍이 있는 압연형강, 용접형강 및 커버플레이트를 사용한 흡재에 적용한다. 이와 같은 경우 다른 조항에 규정된 한계상태에 추가하여 인장플랜지의 인장파괴 한계상태를 추가로 산정한다.

- ①  $F_u A_{fn} \geq Y_t F_y A_{fg}$ 의 경우, 인장파괴에 대한 한계상태를 산정하지 않는다.
- ②  $F_u A_{fn} < Y_t F_y A_{fg}$ 의 경우, 인장플랜지에 구멍이 있는 위치에서의 공칭흡강도는 다음의 값을 초과할 수 없다.

$$M_n = \frac{F_u A_{fn}}{A_{fg}} S_x \quad (4.3-79)$$

여기서,  $A_{fg}$  : 4.1.2.1에 따라 산정된 인장플랜지의 총단면적 ( $\text{mm}^2$ )

$A_{fn}$  : 4.1.2.2에 따라 산정된 인장플랜지의 순단면적 ( $\text{mm}^2$ )

$Y_t = 1.0$  ( $F_y/F_u \leq 0.8$ 의 경우)

= 1.1 (그 이외의 경우)

$F_u$  : 인장강도 (MPa)

$S_x$  : 강축에 대한 탄성단면계수 ( $\text{mm}^3$ )

## (2) H형강 부재의 단면제한

1축대칭 H형강 부재는 다음 사항을 만족해야 한다.

$$0.1 \leq \frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.9 \quad (4.3-80)$$

여기서,  $I_{yc}$  :  $y$ 축에 대한 압축플랜지의 단면2차모멘트 또는 복곡률의 경우 압축플랜지 중

작은 플랜지의 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

$I_y$  :  $y$ 축에 대한 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

또한 세장판 단면 웨브를 갖는 H형강 부재는 다음 사항도 만족해야 한다.

$$\textcircled{1} \quad \frac{a}{h} \leq 1.5 \text{의 경우}$$

$$\left(\frac{h}{t_w}\right)_{\max} = 12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (4.3-81)$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{a}{h} > 1.5 \text{의 경우}$$

$$\left(\frac{h}{t_w}\right)_{\max} = \frac{0.4E}{F_y} \quad (4.3-82)$$

여기서,  $a$  : 수직보강재의 순간격 (mm)

$h$  : 웨브의 높이 (mm)

$t_w$  : 웨브의 두께 (mm)

보강재가 없는 보는  $h/t_w$ 의 값이 260을 초과해서는 안 되며, 웨브의 면적은 압축플랜지면적의 10배를 초과할 수 없다.

## (3) 커버플레이트

플랜지와 웨브 또는 커버플레이트와 플랜지를 접합하는 고장력볼트나 용접은 보의 휨모멘트에 의해 발생한 전체 수평전단력에 저항할 수 있어야 한다. 이러한 볼트 또는 단속용접의 종방향 분포는 전단력의 크기에 비례해야 한다. 그러나 종방향 간격은 4.1 또는 4.2에 대

한 최대 허용간격을 초과하지 않아야 한다. 플랜지에 작용하는 하중이 직접 지압에 의해 웨브에 전달되는 것이 아닐 경우에는, 플랜지와 웨브를 접합하는 볼트 또는 용접은 플랜지에 작용하는 모든 하중이 웨브에 전달되도록 해야 한다.

부분적인 커버플레이트의 길이는 이론 상의 절단점을 넘어 연장해야 하며, 그 연장부분은 절단점에서 발생하는 보의 휨응력 중 커버플레이트가 부담하는 응력을 전달할 수 있도록 마찰형 고장력볼트나 필릿용접으로 플랜지에 접합해야 한다.

이 때 고장력볼트, 필릿용접은 KDS 14 31 25의 규정을 만족해야 한다. 용접한 커버플레이트의 경우, 그 연장길이는 이론 상 절단점에서 보의 휨응력 중 커버플레이트가 부담하는 응력을 발휘할 수 있도록 커버플레이트의 2연단을 따라 양단 연속용접해야 한다. 그리고 그 연장길이는 다음과 같다.

- ① 커버플레이트 단부면의 전체폭에 걸쳐 용접치수가 커버플레이트 두께의  $3/4$  이상인 연속용접을 한 경우

$$\text{연장길이} = \text{커버플레이트 폭} \quad (4.3-83)$$

- ② 커버플레이트 단부면의 전체폭에 걸쳐 용접치수가 커버플레이트 두께의  $3/4$  미만인 연속용접을 한 경우

$$\text{연장길이} = (\text{커버플레이트 폭}) \times 1.5 \quad (4.3-84)$$

- ③ 덧판단부면에 용접하지 않은 경우

$$\text{연장길이} = \text{덧판폭} \times 2.0 \quad (4.3-85)$$

#### 4.3.2.1.2 전단강도

##### 4.3.2.1.2.1 일반규정

###### (1) 적용범위

이 기준은 웨브에 전단력을 받는 1축 또는 2축대칭 단면, 단일  $\Gamma$ 형강과 강관, 약축방향 전단력을 받는 1축 또는 2축대칭 단면에 적용한다.

###### (2) 설계전단강도

- ① 전단강도는 다음과 같은 2가지 방법으로 산정한다.

가. 4.3.2.1.2.2는 부재의 후좌굴강도(인장역작용)를 이용하지 않고 산정한다.

나. 4.3.2.1.2.3은 인장역작용을 고려하여 산정한다.

- ② 설계전단강도  $\phi_v V_n$  산정을 위하여 저항계수는  $\phi_v = 0.90$ 를 적용한다. 다만, 4.3.2.1.2.2(1) ②가의 경우  $\phi_v = 1.0$ 을 적용한다.

#### 4.3.2.1.2.2 비보강 또는 보강 웨브를 가진 부재

##### (1) 공칭전단강도

- ① 이 조항은 웨브면내에 전단력을 받는 1축 또는 2축 대칭 단면과  $\text{C}$ 형강의 웨브에 적용한다.
- ② 웨브의 공칭전단강도  $V_n$ 은 전단항복과 전단좌굴의 한계상태에 따라 다음과 같이 산정한다.

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v \quad (4.3-85)$$

여기서,  $A_w$  : 웨브의 단면적 ( $\text{mm}^2$ )

가.  $h/t_w \leq 2.24\sqrt{E/F_y}$  인 압연 H형강의 웨브의 경우,  $\phi_v = 1.0$  및  $C_{v1} = 1.0$ 을 적용한다.

나. 원형강관을 제외한 모든 2축대칭 단면, 1축대칭 단면 및  $\text{C}$ 형강의 전단상수  $C_v$ 는 다음과 같이 산정한다.

(가)  $h/t_w \leq 1.10\sqrt{k_v E/F_y}$  일 때

$$C_v = 1.0 \quad (4.3-86)$$

(나)  $1.10\sqrt{k_v E/F_y} < h/t_w \leq 1.37\sqrt{k_v E/F_y}$  일 때

$$C_v = \frac{1.10\sqrt{k_v E/F_y}}{h/t_w} \quad (4.3-87)$$

(다)  $h/t_w > 1.37\sqrt{k_v E/F_y}$  일 때

$$C_v = \frac{1.51E k_v}{(h/t_w)^2 F_y} \quad (4.3-88)$$

여기서,  $A_w$  : 부재 전체춤(깊이)  $d$ 와 웨브의 두께  $t_w$ 의 곱 ( $\text{mm}^2$ )

$h$  : 압연형강의 경우, 플랜지 간 순거리에서 필릿 또는 코너반경을 뺀거리 (mm),

용접형강의 경우, 플랜지 간 순거리 (mm),

볼트 조립단면의 경우, 패스너 열간거리 (mm)

T형강의 경우, 전체 춤(깊이) (mm)

다. 웨브 판 좌굴계수  $k_v$ 는 다음과 같이 산정한다.

(가)  $h/t_w < 260$ 인 수직보강재가 없는 웨브

$$k_v = 5 \quad (4.3-89)$$

다만, T형강 스템의 경우

$$k_v = 1.2 \quad (4.3-90)$$

(나) 수직보강된 웨브

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \quad (4.3-91)$$

다만,  $a/h > 3.0$  또는  $a/h > \left[ \frac{260}{(h/t_w)} \right]^2$ 인 경우

$$k_v = 5 \quad (4.3-92)$$

여기서,  $a$  : 수직보강재의 순간격 (mm)

## (2) 수직보강재

- ①  $h/t_w \leq 2.46\sqrt{E/F_y}$  이거나 계수하중에 의한 구조해석으로 결정된 소요전단강도가 4.3.2.1.2.2(1)의  $k_v = 5$ 를 적용하여 산정한 전단강도 이하일 때 수직보강재는 필요하지 않다.
- ② 양면 보강재의 경우 웨브 중심축에 대한 단면2차모멘트와 단일 보강재의 경우 웨브판과 보강재의 접합면에 대한 단면2차모멘트는  $at_w^3j$  이상이어야 한다.

$$\text{여기서, } j = \frac{2.5}{(a/h)^2} - 2 \geq 0.5 \quad (4.3-93)$$

- ③ 수직보강재는 집중하중이나 반력을 전달하기 위한 지압이 필요하지 않는 경우 인장플랜지에 접합하지 않아도 된다. 이 경우 수직보강재를 웨브에 접합시키는 용접은 웨브와 플랜지가 만나는 끝에서 웨브두께의 4배 이상 그리고 6배 이하에서 끝나야 한다.
  - 가. 사각형의 단일 보강재가 사용될 때 부재의 비틀림에 의한 플랜지의 상향 변형에 저항하기 위하여 보강재는 압축플랜지에 용접해야 한다.
  - 나. 단일 또는 양면 보강재에 횡가새가 설치되어 있을 때 플랜지가  $\Gamma$ 형강만으로 구성되어 있지 않으면 총 플랜지 응력의 1%를 전달할 수 있도록 압축플랜지에 접합시킨다.
- ④ 거더 웨브에 보강재를 접합시키는 볼트의 중심간격은 300 mm 이하로 한다.
- ⑤ 단속 필릿용접을 사용하면 용접간 순간격은 웨브 두께의 16배 또는 250 mm 이하이어야 한다.

### 4.3.2.1.2.3 인장역작용

#### (1) 인장역작용 사용의 제한사항

- ① 인장역작용을 사용하기 위해서는 웨브의 4면 모두가 플랜지나 보강재에 의해 지지되어 있어야 한다.

② 다음과 같은 경우에는 인장역작용을 사용할 수 없고 공칭전단강도는 4.3.2.1.2.2에 따라 산정한다.

가. 수직보강재를 갖는 모든 부재내의 단부패널

나.  $a/h > 3.0$  또는  $a/h > \left(\frac{260}{h/t_w}\right)^2$ 인 경우

다.  $\frac{2A_w}{A_{fc} + A_{ft}} > 2.5$ 인 경우

라.  $\frac{h}{b_{fc}} > 6.0$  또는  $\frac{h}{b_{ft}} > 6.0$ 인 경우

여기서,  $A_{fc}$  : 압축플랜지의 단면적 ( $\text{mm}^2$ )

$A_{ft}$  : 인장플랜지의 단면적 ( $\text{mm}^2$ )

$b_{fc}$  : 압축플랜지의 폭 (mm)

$b_{ft}$  : 인장플랜지의 폭 (mm)

## (2) 인장역작용을 이용한 공칭전단강도

인장역작용을 이용한 공칭전단강도  $V_n$ 은 인장역항복의 한계상태에 따라 다음과 같이 산정한다.

①  $h/t_w \leq 1.10 \sqrt{k_v E/F_{yw}}$  인 경우

$$V_n = 0.6F_{yw} A_w \quad (4.3-94)$$

②  $h/t_w > 1.10 \sqrt{k_v E/F_{yw}}$ 인 경우

$$V_n = 0.6F_{yw} A_w \left( C_v + \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right) \quad (4.3-95)$$

여기서,  $C_v$  : 웨브 전단항복응력에 대한 선형좌굴이론에 따른 웨브 임계응력의 비율을 나타내는 정

수로써 4.3.2.1.2.2(1)에 따라 산정한 값

$k_v$  : 웨브 판 좌굴계수로 4.3.2.1.2.2(1)에 따라 산정한 값

## (3) 수직보강재

인장역작용을 이용할 때 수직보강재는 4.3.2.1.2.2(2) 및 다음 조건을 만족해야 한다.

$$\textcircled{1} \quad (b/t)_{st} \leq 0.56 \sqrt{E/F_{yst}} \quad (4.3-96)$$

$$\textcircled{2} \quad I_{st} \geq I_{st1} + (I_{st2} - I_{st1}) \left[ \frac{V_r - V_{cl}}{V_{c2} - V_{cl}} \right] \quad (4.3-97)$$

여기서,  $(b/t)_{st}$  : 보강재의 폭두께비

$F_{yst}$  : 보강재의 항복강도 (MPa)

$I_{st}$  : 양면 보강재의 경우 웨브중심축, 일면 보강재의 경우

웨브면에 대한 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

$I_{st1}$  : 인장장이 없는 경우의 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

$I_{st2}$  : 좌굴 또는 후좌굴 전단강도가 발현되는 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

$$= \frac{h^4 \rho_{st}^{1.3}}{40} \left( \frac{F_{yw}}{E} \right)^{1.5}$$

$V_r$  : 하중조합에 의한 인접 웨브패널의 소요전단강도 중 큰 값 (N)

$V_{cl}$  : 인장장 작용없이 계산된 인접 웨브패널의 전단강도 중 작은 값 (N)

$V_{c2}$  : 인장장 작용을 고려해 계산된 인접 웨브패널의 전단강도 중 작은 값 (N)

$\rho_{st} : F_{yw}/F_{yst}$  와 1 중 큰 값

$F_{yw}$  : 웨브의 항복강도 (MPa)

#### 4.3.2.1.2.4 단일 ㄱ형강

- (1) 단일 ㄱ형강 다리의 공칭전단강도  $V_n$ 은 식 (4.3-85)로 산정한다. 이 식에서  $C_v = 1.0$ ,  $A_w = bt$  ( $\text{mm}^2$ ),  $k_v = 1.2$ 를 적용한다. 여기서,  $b$ 는 전단력을 저항하는 ㄱ형강 다리의 폭 (mm)이고  $t$ 는 다리의 두께 (mm)이다.

#### 4.3.2.1.2.5 각형강관 및 상자형단면

- (1) 각형강관 및 상자형 단면의 공칭전단강도  $V_n$ 은 4.3.2.1.2.2(1)에 따라 산정한다. 이 때  $A_w = 2ht$  ( $\text{mm}^2$ ) 및  $k_v = 5.0$ 이다. 여기서,  $h$ 는 코너반경 안쪽의 플랜지 간 순거리 (mm)이며 코너반경을 모르는 경우 단면 외부치수에서 두께의 3배를 감한 값이며  $t_w = t$ 이다.

#### 4.3.2.1.2.6 원형강관

- (1) 원형강관의 공칭전단강도  $V_n$ 은 전단항복 및 전단좌굴의 한계상태에 따라 다음과 같이 산정 한다.

$$V_n = F_{cr} A_g / 2 \quad (4.3-98)$$

- (2) 여기서,  $F_{cr}$ 은 다음 중 큰 값을 사용하되  $0.6F_y$ 를 초과해서는 안 된다.

$$F_{cr} = \frac{1.60E}{\sqrt{\frac{L_v}{D}} \left( \frac{D}{t} \right)^{\frac{5}{4}}} \quad (4.3-99)$$

$$F_{cr} = \frac{0.78E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{3}{2}}} \quad (4.3-100)$$

여기서,  $A_g$  : 강관의 전단면적 ( $\text{mm}^2$ )

$D$  : 강관의 외경 (mm)

$L_v$  : 최대전단력 작용점과 전단력이 0인 점 사이의 거리 (mm)

$t$  : 강관의 두께 (mm)

#### 4.3.2.1.2.7 약축에 대해 전단이 작용하는 1축 또는 2축대칭 단면

- (1) 약축에 하중이 작용하는 1축 또는 2축대칭 단면의 각 저항요소에 대한 공칭전단강도  $V_n$ 은 식 (4.3-85)와 4.3.2.1.2.2(1)②나.에 따라 산정한다. 단,  $A_w = bft_f (\text{mm}^2)$  및  $k_v = 1.2$ 이다.

#### 4.3.2.1.2.8 웨브에 구멍이 있는 보

- (1) 강재보 및 합성보의 웨브에 구멍이 있을 때에는 그 효과를 고려하여 공칭전단강도를 산정 한다. 웨브에 구멍이 있는 부분의 소요전단강도가 설계전단강도를 초과하는 경우 이를 적절히 보강해야 한다.

### 4.3.3 교량용 거더

#### 4.3.3.1 플레이트거더

##### 4.3.3.1.1 일반규정

이 규정들은 웨브 중심선을 통과하는 수직축에 대하여 대칭인 I형 압연 또는 조립 직선 교량과 직선 부재가 각을 이루고 연속으로 연결된 교량 또는 수평 곡선 교량의 휨설계에 적용한다. 이 규정들은 4.3.3.1.1.1부터 4.3.3.1.1.8까지의 요구조건에 정의된 합성 또는 비합성단면, 하이브리드 또는 균질 단면, 그리고 웨브의 높이가 일정한 단면 또는 변단면에도 적용된다. 또한 이 규정들은 비틀림모멘트 등으로 인하여 발생하는 플랜지 횡방향 휨과 주축 휨의 영향을 함께 고려한 것이다. 휨을 받는 모든 I형 단면은 최소한 다음의 규정을 만족하도록 설계해야 한다.

- (1) 단면비 제한조건 : 4.3.3.1.2
- (2) 시공성 요구조건 : 4.3.3.1.3
- (3) 사용한계상태 요구조건 : 4.3.3.1.4
- (4) 피로 및 파괴한계상태 요구조건 : 4.3.3.1.5
- (5) 강도한계상태 요구조건: 4.3.3.1.6

세장한 웨브 부재의 웨브 휨좌굴강도는 4.3.3.1.1.9에 따라 결정한다. 하이브리드 단면 또는 세장한 웨브 부재의 플랜지 응력감소계수는 4.3.3.1.1.10에 따라 결정한다.

##### 4.3.3.1.1.1 합성단면

4.3.3.1.10에 의해 설계된 전단연결재로 강재단면과 콘크리트 바닥판이 결합되어 강재에 대한 흉방향지지 및 확실한 합성거동이 보장되는 경우에는 합성단면으로 설계할 수 있다.

### (1) 응력

#### ① 하중 재하순서

합성단면 임의의 점에서 외력에 의해 발행하는 탄성응력은 다음과 같은 단면에 각각 작용하는 하중에 의해 발생한 응력의 합으로 구한다.

가. 강재단면

나. 단기 합성단면

다. 장기 합성단면

동바리 공법을 적용하지 않고 시공하는 경우, 콘크리트 바닥판이 굳기 전이나 합성이 완료되기 전에 작용하는 영구하중은 강재단면 만이 지지하는 것으로 간주해야 한다. 합성이 완료된 이후에 작용하는 영구하중과 활하중은 합성단면이 지지하는 것으로 간주한다. 동바리 공법을 적용하여 시공하는 경우 모든 영구하중은 콘크리트 바닥판이 굳었거나 합성이 완료된 후에 작용하는 것으로 간주해야 하며, 관련 계약문서 상에도 그 사항을 명시해야 한다.

#### ② 정모멘트 단면의 응력

정모멘트에 의한 휨응력을 계산할 때의 합성단면은 강재단면과 콘크리트 바닥판 유효폭에 대한 환산단면으로 구성된다.

단기 합성단면에 작용하는 활하중에 대해서는, 단기 합성단면에 대한 탄성계수비  $n$ 을 사용하여 바닥판의 환산단면적을 구해야 한다. 장기 합성단면에 작용하는 영구하중에 대해서는 탄성계수비  $3n$ 을 사용하여 바닥판의 환산단면적을 구한다.

강도한계상태에서 활하중과 영구하중에 의해 발생한 모멘트들의 부호가 반대인 경우, 계수모멘트의 합으로 인해 발생하는 콘크리트 바닥판의 순응력이 압축이라면 이 같은 방법으로 활하중 및 영구하중에 대한 바닥판의 환산단면적을 구하면 된다. 계수모멘트의 합으로 인해 발생하는 콘크리트 바닥판의 순응력이 인장인 경우에는 ③으로 강재단면의 응력을 구해야 하며, 콘크리트 바닥판의 응력은 ④로 구해야 한다.

탄성계수비는 다음과 같이 계산한다.

$$n = \frac{E}{E_c} \quad (4.3-107)$$

여기서,  $E_c$  : 콘크리트의 탄성계수 (MPa)

#### ③ 부모멘트 단면의 응력

부모멘트에 의한 휨응력을 계산할 때, 별도로 ④, 4.3.3.1.4.2 또는 KDS 14 31 20(4.1.2.1)에서 규정된 경우를 제외하고, 단기와 장기 합성단면은 강재 단면과 바닥판 유효폭 내의

종방향 철근으로 이루어진다.

#### ④ 콘크리트 바닥판 응력

모든 영구하중과 활하중에 의한 콘크리트 바닥판의 종방향 힘응력을 계산할 때는 단기 탄성계수비  $n$ 을 사용한다.

#### ⑤ 콘크리트 바닥판의 유효폭

바닥판이 유효폭을 결정하는 특별한 다른 방법이 없을 경우에는 아래의 일반적인 보의 유효폭 규정을 적용한다. 유효지간길이는 단순보의 경우는 실제 지간길이로 하고, 연속보의 경우는 장기하중에 의한 처짐 곡선의 변곡점 간의 거리로 한다.

내측 보의 유효폭은 다음 중 최솟값으로 한다.

가. 유효 지간길이의 1/4

나. 바닥판 평균두께의 12배에 웨브두께와 상부플랜지 폭의 1/2 중 큰 값을 합한 값

다. 인접한 보와의 평균 간격

외측 보의 유효폭은 인접한 내측 보의 유효폭의 1/2과 다음 중 최솟값을 합한 값으로 한다.

라. 유효 지간길이의 1/8

마. 바닥판 평균두께의 6배에 웨브두께의 1/2과 상부플랜지 폭의 1/4 중 큰 값을 합한 값

바. 내민 폭

#### 4.3.3.1.1.2 비합성단면

(1) 4.3.3.1.10에 따라 설계된 전단연결재로 콘크리트 바닥판이 강재단면에 연결되지 않은 단면은 비합성단면으로 설계한다.

#### 4.3.3.1.1.3 하이브리드 단면

(1) 웨브의 최소항복강도는 강도가 더 큰 플랜지 최소항복강도의 65% 보다 작아서는 안 된다. 힘강도나 전단강도를 구할 때, 한 쪽 혹은 양 쪽 플랜지 보다 웨브의 항복강도가 큰 경우 웨브의 항복강도는 항복강도가 작은 플랜지 최소항복강도의 120% 이하이어야 한다. 정모멘트를 받는 합성단면에서는, 웨브의 항복강도가 압축플랜지의 항복강도보다 높은 경우 웨브의 항복강도를 그대로 적용할 수 있다.

#### 4.3.3.1.1.4 웨브 높이가 변하는 부재

(1) 단면의 추축에 관한 힘에 의해 발생되는 하부플랜지의 응력을 산정할 때 하부플랜지 경사의 효과를 고려해야 한다. 정적 평형을 고려하여 영구하중에 의한 웨브의 전단력은 하부플랜지에 작용하는 수직력 성분만큼 감소시킬 수 있다. 하부플랜지가 수평을 유지하는 지점에서는 플랜지에 작용하는 수직력 성분을 웨브에 다시 전달시켜야 한다.

#### 4.3.3.1.1.5 강성

휨부재의 강성을 구할 때 적용하는 단면은 다음과 같다:

- (1) 비합성단면에 작용하는 하중에 대하여: 강재단면
- (2) 합성단면에 작용하는 영구하중에 대하여: 전 시간에 걸쳐서 콘크리트 바닥판이 유효하다고 가정하여 구한 장기 합성단면
- (3) 합성단면에 작용하는 활하중에 대하여: 전 시간에 걸쳐서 콘크리트 바닥판이 유효하다고 가정하여 구한 단기 합성단면

#### 4.3.3.1.1.6 플랜지응력과 부재 흔모멘트

휨강도가 횡비틀림좌굴에 의해 지배되는 경우

- (1) 응력  $f_{bu}$ 는 고려 대상 플랜지가 있는 비지지길이 구간에서 발생하는 횡방향 흔응력을 제외한 플랜지 압축응력 중 가장 큰 값으로 한다.
- (2) 흔모멘트  $M_u$ 는 비지지길이 구간 내에 작용하는 주축에 대한 흔모멘트 값 중 가장 큰 값으로 한다.
- (3) 응력  $f_l$ 은 고려 대상 플랜지가 있는 비지지길이 구간에서 작용하는 횡방향 흔에 의한 응력 중 가장 큰 값으로 한다.

휨강도가 항복, 플랜지 국부좌굴 또는 웨브 흔좌굴에 지배되는 경우에는,  $f_{bu}$ ,  $M_u$ 와  $f_l$ 은 고려 중인 단면에 해당되는 값으로 한다.

$f_{bu}$ ,  $M_u$ 와  $f_l$ 의 값은 계수하중으로 구하고, 모든 강도식의 부호는 양으로 한다.

연속적으로 횡지지된 플랜지의 횡방향 흔응력은 0으로 한다. 불연속적으로 횡지지된 플랜지의 횡방향 흔응력은 구조해석으로 구해야 하고 다음을 만족해야 한다.

$$f_l \leq 0.6F_{yf} \quad (4.3-108)$$

다음을 만족할 경우 불연속적으로 횡지지된 압축플랜지의 횡방향 흔응력  $f_l$ 은 1차탄성해석으로부터 직접 구할 수 있다.

$$L_b \leq 1.2L_p \sqrt{\frac{C_b R_b}{f_{bu}/F_{yc}}} \quad (4.3-109)$$

또는

$$L_b \leq 1.2L_p \sqrt{\frac{C_b R_b}{M_u/M_{yc}}} \quad (4.3-110)$$

여기서,  $C_b$  : 4.3.3.1.8.2(3) 또는 부록 A.3.3에 규정된 모멘트구배 보정계수

$f_{bu}$  : 고려 중인 플랜지에서 횡방향 흔을 고려하지 않고 전체 비지지길이 내에 발생하는 압축 응력 중 가장 큰 값 (MPa)

$L_b$  : 비지지길이 (mm)

$L_p$  : 4.3.3.1.8.2(3)에 규정된 비지지길이 한계 (mm)

$M_u$  : 고려 대상 플랜지압축부의 비지지길이 내에서 작용하는 주축에 대한 흡모멘트 중 가장 큰 값 ( $N \cdot mm$ )

$M_{yc}$  : 부록 B.2에 규정된 압축플랜지에 대한 항복모멘트 ( $N \cdot mm$ )

$R_b$  : 4.3.3.1.1.10(2)에 규정된 웨브의 국부좌굴을 고려한 플랜지 응력감소계수

식 (4.3-109) 또는 식 (4.3-110)을 만족하지 않는 경우에는 2차 탄성해석으로 압축플랜지 횡방향 흡응력을 구해야 한다. 엄밀 2차탄성해석을 하지 않고 근사적으로 1차 탄성해석값을 다음과 같이 확대시켜 2차 횡방향 응력을 구할 수 있다.

$$f_l = \left( \frac{0.85}{1 - \frac{f_{bu}}{F_{cr}}} \right) f_{l1} \geq f_{l1} \quad (4.3-111)$$

또는

$$f_l = \left( \frac{0.85}{1 - \frac{M_u}{F_{cr} S_{xc}}} \right) f_{l1} \geq f_{l1} \quad (4.3-112)$$

여기서,  $f_{bu}$  : 고려 대상 플랜지의 횡방향 흡을 고려하지 않고 전체 비지지길이 내에서 발생하는 압축 응력 중 가장 큰 값 (MPa)

$f_{l1}$  : 고려 대상 단면에서 1차 압축플랜지 횡방향 흡응력 또는 비지지길이에 걸친 압축플랜지의 최대 1차 횡방향 흡응력 (MPa)

$F_{cr}$  : 식 (4.3-174) 또는 부록 식 (A.3.3-8)로부터 결정된 플랜지의 탄성 횡비틀림좌굴응력. 식 (A.3.3-8)은 웨브가 조밀 또는 비조밀인 직선 I-거더교에도 적용할 수 있다.

$M_u$  : 고려 대상 플랜지압축부의 비지지길이 내에서 작용하는 주축에 대한 흡모멘트 중 가장 큰 값

$S_{xc}$  : 압축플랜지의 주축에 대한 탄성단면계수( $= M_{yc}/F_{yc}$ )( $mm^3$ )

#### 4.3.3.1.1.7 부모멘트 구간의 최소 바닥판철근

- (1) 계수시공하중에 의한 콘크리트 바닥판의 교축방향 인장응력이  $\phi f_r$ 을 초과하는 경우, 교축방향 철근단면적은 바닥판 총단면적의 1% 이상이어야 한다. 여기서,  $\phi$ 는 인장을 받는 콘크리트에 적용하는 강도저항계수이며,  $f_r$ 은 콘크리트의 파괴계수이다. 이 때 적용하는 철근의 최소항복강도는 400 MPa 이상이어야 하며, D19 이하의 철근을 사용해야 한다. 교축방향 철근은 바닥판 전폭에 걸쳐서 2단 등간격으로 배근하며, 2/3를 위쪽에 배치해야 한다. 또한 철근의 간격은 300 mm를 넘지 않도록 배근해야 한다.
- (2) 전단연결재를 설치하지 않은 부모멘트구간의 경우, 모든 교축방향 철근은 4.3.3.1.10.3에 규정된 추가 전단연결재 설치구간을 지나 정모멘트구간까지 연장해야 한다.

#### 4.3.3.1.1.8 순단면 파단

- (1) 강도한계상태 또는 시공성에 대하여 흡부재를 검토할 때 인장플랜지에 구멍이 있는 모든 단면은 다음의 추가적인 요구조건을 만족해야 한다.

$$f_t \leq 0.84 \left( \frac{A_n}{A_g} \right) F_u \leq F_{yt} \quad (4.3-113)$$

여기서,  $A_n$  : 인장플랜지의 순단면적 ( $\text{mm}^2$ )

$A_g$  : 인장플랜지의 전단면적 ( $\text{mm}^2$ )

$f_t$  : 플랜지의 횡방향 흡을 고려하지 않고 계산된 계수하중에 의한 인장플랜지의 전단면에 발생하는 응력 (MPa)

$F_u$  : 인장플랜지의 최소인장강도 (MPa)

#### 4.3.3.1.1.9 웨브 흡좌굴강도

- (1) 수평보강재가 없는 웨브

공칭흡좌굴강도는 다음과 같이 구한다.

$$F_{crw} = \frac{0.9Ek}{(D/t_w)^2} \quad (4.3-114)$$

그러나  $R_h F_{yc}$  와  $F_{yw}/0.7$  중 작은 값을 초과해서는 안 된다. 여기서 흡좌굴계수  $k$ 는 다음 식으로 구한다.

$$k = \frac{9}{(D_c/D)^2} \quad (4.3-115)$$

여기서,  $D_c$  : 탄성범위 내에서 웨브의 압축 측 높이 (mm). 합성단면의 경우  $D_c$ 는 부록 B.3.1을 적용하여 구할 수 있다.

$R_h$  : 4.3.3.1.1.10(1)에 규정된 하이브리드 단면의 플랜지 응력감소계수

웨브의 양쪽 단이 압축을 받는 경우에는  $k$ 는 7.2를 사용한다.

- (2) 수평보강재가 있는 웨브

다른 합리적인 해석법을 적용하지 않는 경우 공칭흡좌굴강도는 식 (4.3-114)에 의해 결정하며 흡좌굴계수는 다음과 같다.

①  $\frac{d_s}{D_c} \geq 0.4$  인 경우 :

$$k = \frac{5.17}{(d_s/D)^2} \geq \frac{9}{(D_c/D)^2} \quad (4.3-116)$$

②  $\frac{d_s}{D_c} < 0.4$  인 경우 :

$$k = \frac{11.64}{\left(\frac{D_c - d_s}{D}\right)^2} \quad (4.3-117)$$

여기서,  $d_s$  : 종방향 수평보강재 중심선과 압축플랜지 안쪽 면 사이의 거리 (mm)  
웨브의 양쪽 단이 압축을 받는 경우에는  $k$ 는 7.2를 사용한다.

#### 4.3.3.1.10 플랜지 응력감소계수

##### (1) 하이브리드 단면의 플랜지 응력감소계수

압연, 균질 조립단면과 웨브강도가 양측 플랜지강도보다 큰 경우  $R_h$ 는 1.0을 사용한다. 그렇지 않으면 다른 합리적인 해석 대신 하이브리드 단면의 플랜지 응력감소계수는 다음 식으로 구한다.

$$R_h = \frac{12 + \beta(3\rho - \rho^3)}{12 + 2\beta} \quad (4.3-118)$$

여기서,  $\beta = \frac{2D_n t_w}{A_{fn}}$  (4.3-119)

$\rho$  :  $F_{yw}/f_n$  과 1.0 중에 작은 값

여기서,  $A_{fn}$  : 플랜지 단면적과  $D_n$ 방향에 위치한 플랜지 덮개판 면적의 합 ( $\text{mm}^2$ ). 부모멘트를 받는 합성단면인 경우 상부플랜지에 대한  $A_{fn}$ 값은 종방향 철근단면적을 포함시킨다.

$D_n$  : 단면의 탄성중립축으로부터 양 플랜지의 안쪽 면까지의 거리 중 큰 값 (mm). 중립축의 위치가 웨브중앙에 위치하는 경우에는 중립축으로부터 먼저 항복이 발생하는 중립축 측 플랜지 안쪽 면까지의 거리.

$f_n$  :  $D_n$ 방향에 위치한 플랜지, 덮개판 또는 종방향 철근에서 처음으로 항복이 발생하는 단면의 경우에는  $A_{fn}$ 산정 시 포함된 각 요소의 최소항복강도 (MPa). 그 밖의 경우에는  $D_n$ 과 반대방향에서 최초 항복 발생 시  $D_n$ 방향에 위치한 플랜지, 덮개판 또는 종방향 철근의 탄성응력 중 가장 큰 값

##### (2) 웨브의 국부좌굴에 따른 플랜지 응력감소계수, $R_b$

4.3.3.1.3.2에 따라 시공성을 검토할 때 또는

- ① 합성단면이고 정모멘트를 받으며 웨브가 4.3.3.1.3.2(1) 또는 4.3.3.1.3.2(2)의 규정을 만족하는 경우, 또는
- ② 웨브가 다음 식을 만족하는 경우,

$$\frac{2D_c}{t_w} \leq \lambda_{rw} \quad (4.3-120)$$

$R_b$ 는 1.0을 사용한다.

그 밖의 경우,

웨브 유효폭을 고려한 변형률 적합 엄밀해석을 대신하여, 1개 또는 그 이상의 종방향 수평 보강재가 설치되고  $d_s/D_c < 0.76$ 를 만족하는 경우,

$$R_b = 1.07 - 0.12 \frac{D_c}{D} - \frac{a_{wc}}{1200 + 300a_{wc}} \left[ \frac{D}{t_w} - \lambda_{rwD} \right] \leq 1.0 \quad (4.3-121)$$

그 외의 모든 경우

$$R_b = 1 - \left( \frac{a_{wc}}{1200 + 300a_{wc}} \right) \left( \frac{2D_c}{t_w} - \lambda_{rw} \right) \leq 1.0 \quad (4.3-122)$$

여기서,

$\lambda_{rw}$ 는  $2D_c/t_w$ 에 의해 표현되는 비조밀 웨브에 대한 세장비에 관한 한계치를 의미하며, 다음과 같이 산정된다.

수평보강재가 있는 단면의 경우,

$$\lambda_{rw} = \left( \frac{2D_c}{D} \right) \lambda_{rwD} \quad (4.3-123a)$$

그 밖의 모든 경우,

$$4.6 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \leq \lambda_{rw} = \left( 3.1 + \frac{5.0}{a_{wc}} \right) \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \leq 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (4.3-123b)$$

$\lambda_{rwD}$ 는  $D/t_w$ 에 의해 표현되는 비조밀 웨브세장비에 관한 한계치를 의미하며, 다음과 같이 산정된다.

수평보강재가 있는 균질 단면의 경우,

$$\lambda_{rwD} = 0.95 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yc}}} \quad (4.3-124a)$$

수평보강재가 있는 하이브리드 단면의 경우,

$$\lambda_{rwD} = \left( \frac{1}{2D_c/D} \right) 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (4.3-124b)$$

$a_{wc}$ 는 압축을 받는 웨브 면적을 2배로 한 것과 압축플랜지 면적의 비로써 아래와 같이 정의된다.

$$a_{wc} = \frac{2D_c t_w}{b_{fc} t_{fc}} \quad (4.3-125a)$$

정모멘트를 받는 수평보강재가 있는 합성단면의 경우,

$$a_{wc} = \frac{2D_c t_w}{b_{fc} t_{fc} + b_s t_s (1 - f_{DC1}/F_{yc})/3n} \quad (4.3-125b)$$

여기서,  $b_s$  : 콘크리트 바닥판의 유효폭 (mm)

$f_{DC1}$  : 콘크리트 바닥판이 경화되기 전이나 합성되기 전에 작용하는 설계영구하중에 대한 압축플랜지 응력(MPa)이며, 이 때 플랜지 흉방향 힘에 의한 응력은 포함하지 않는다.  
 $k$  : 4.3.3.1.1.9(2)에 규정된 수평보강재가 설치된 웨브의 흡작굴계수  
 $n$  : 6.3.1.1.1(1)②에 규정된 탄성계수비  
 $t_s$  : 콘크리트 바닥판의 두께 (mm)  
 $D_c$  : 탄성범위 내에서 웨브의 압축 측 높이 (mm). 합성단면의 경우  $D_c$ 는 부록 B.3.1을 적용하여 구할 수 있다.

#### 4.3.3.1.2 단면비 제한

##### 4.3.3.1.2.1 웨브단면비

###### (1) 수평보강재가 없는 웨브

웨브는 다음을 만족해야 한다.

$$\frac{D}{t_w} \leq 150 \quad (4.3-126)$$

###### (2) 수평보강재가 있는 웨브

웨브는 다음을 만족해야 한다.

$$\frac{D}{t_w} \leq 300 \quad (4.3-127)$$

##### 4.3.3.1.2.2 플랜지 단면비

###### (1) 압축플랜지와 인장플랜지는 다음을 만족해야 한다.

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 12.0 \quad (4.3-128)$$

$$b_f \geq D/6 \quad (4.3-129)$$

$$t_f \geq 1.1t_w \quad (4.3-130)$$

$$0.1 \leq \frac{I_{yc}}{I_{yt}} \leq 10 \quad (4.3-131)$$

여기서,  $I_{yc}$  : 웨브 중심선의 수직축에 관한 압축플랜지의 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )  
 $I_{yt}$  : 웨브 중심선의 수직축에 관한 인장플랜지의 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

#### 4.3.3.1.3 시공성 검토

#### 4.3.3.1.3.1 일반사항

- (1) 주요 시공단계 중에는 적절한 강도가 확보되도록 해야 한다. 또한 주요부재에 대해서는 하이브리드 단면웨브의 항복을 제외하고 공칭항복강도를 초과하지 않도록 설계해야 하며, 후좌굴강도를 고려해서는 안 된다. 이는 시공단계에서 4.3.3.1.3.2와 4.3.3.1.3.3의 규정을 따르면 만족된다. 최종단계에서는 합성을 이루지만 시공 중에는 비합성인 정모멘트부 단면의 경우에는 4.3.3.1.3.4를 적용한다. 휨부재에 대한 시공성 검토 시 모든 하중은 해당 설계기준에 규정된 계수를 고려해야 한다. 처짐 계산 시에는 하중계수 1.0을 사용한다.
- (2) 베어링에서 부재를 들어 올릴 가능성에 대해서도 각각의 주요 시공단계에서 검토해야 한다.
- (3) 바닥판을 통하지 않고 전달되는 집중하중이 작용하는 위치에서 지압보강재가 설치되지 않은 웨브는 부록 B.5의 규정을 만족해야 한다.
- (4) 만약 인장플랜지에 구멍이 있다면 인장플랜지는 4.3.3.1.1.8의 규정을 만족해야 한다.
- (4) 휨부재에 위치하거나 연결된 하중에 저항하는 볼트연결부는 각각의 중요한 시공단계에서 설계하중 하에서의 미끄럼이 방지되도록 설계하고 KDS 14 31 25(4.1.3.6)의 규정으로 연결부미끄럼을 검토해야 한다.

#### 4.3.3.1.3.2 휨

- (1) 불연속으로 횡지지된 압축플랜지

주요 시공단계에 대해서 아래의 식을 모두 만족해야 한다. 세장한 웨브를 가진 단면의 경우  $f_l$ 이 0인 경우에는 식 (4.3-132)을 검토하지 않아도 된다. 조밀 또는 비조밀 웨브를 가진 단면의 경우 식 (4.3-134)는 검토하지 않아도 된다.

$$f_{bu} + f_l \leq \phi_f R_h F_{yc} \quad (4.3-132)$$

$$f_{bu} + \frac{1}{3} f_l \leq \phi_f F_{nc} \quad (4.3-133)$$

그리고

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{crw} \quad (4.3-134)$$

여기서,  $\phi_f$  : 휨에 대한 강도저항계수

$f_{bu}$  : 4.3.3.1.1.6에 명시된 플랜지 횡방향 휨이 고려되지 않고 계산된 플랜지응력 (MPa)

$f_l$  : 4.3.3.1.1.6에 명시된 플랜지 횡방향 휨응력 (MPa)

$F_{crw}$  : 4.3.3.1.1.9에 규정된 웨브 공칭휨좌굴강도 (MPa)

$F_{nc}$  : 플랜지의 공칭휨저항강도 (MPa)

$M_{yc}$  : 부록 B.2에 규정된 압축플랜지에 관한 항복모멘트 ( $N \cdot mm$ )

$R_h$  : 4.3.3.1.1.10(1)에 규정된 하이브리드 단면의 플랜지 응력감소계수

$S_{xc}$  :  $M_{yc}/F_{yc}$ 로 구하는 압축플랜지의 주축에 대한 탄성단면계수 ( $mm^3$ )

## (2) 불연속으로 횡지지된 인장플랜지

주요 시공단계에 대해서 아래 식을 만족해야 한다.

$$f_{bu} + f_l \leq \phi_f R_h F_{yt} \quad (4.3-135)$$

## (3) 연속적으로 횡지지된 압축 또는 인장플랜지

주요 시공단계에 대해서 아래 식을 만족해야 한다.

$$f_{bu} \leq \phi_f R_h F_{yf} \quad (4.3-136)$$

세장한 웨브와 압축을 받는 플랜지를 갖는 비합성단면은 식 (4.3-134)도 만족해야 한다.

## (4) 콘크리트 바닥판

주요 시공단계에 대해서 종방향 철근이 4.3.3.1.1.7의 규정에 따라 설계된 경우 외에는 설계 하중에 의한 바닥판 교축방향 인장응력은  $\phi f_r$ 을 초과하지 않도록 설계한다. 콘크리트 바닥판의 종방향 응력은 4.3.3.1.1.1(1)④로 산정해야 한다.  $\phi$ 와  $f_r$ 은 4.3.3.1.1.7에 따라 산정해야 한다.

**4.3.3.1.3.3 전단**

## (1) 웨브는 주요 시공단계에서 아래 식을 만족해야 한다.

$$V_u \leq \phi_v V_{cr} \quad (4.3-137)$$

여기서,  $\phi_v$  : 전단에 대한 강도감소계수

$V_u$  : 비합성단면에 적용된 설계시공하중과 설계영구하중에 의해 작용하는 웨브의 전단력  
(N)

$V_{cr}$  : 식 (4.3-190)로부터 구한 전단작굴저항강도 (N)

**4.3.3.1.3.4 바닥판 시공**

- (1) 최종적으로 합성을 이루지만 시공 중에는 비합성인 정모멘트단면들은 다양한 바닥판 시공단계 중 4.3.3.1.3.2에 따라 힘에 대한 검토를 수행해야 한다.
- (2) 기하학적인 특성, 브레이싱 길이 및 공칭휨저항강도를 계산하기 위한 응력들은 강재단면에만 국한한다. 여러 바닥판 시공단계에서 하중, 강성 및 브레이싱의 변화를 고려해야 한다.

**4.3.3.1.3.5 고정하중 처짐**

- (1) 고정하중 처짐을 고려할 경우에는 해당 설계기준의 규정을 적용한다.

#### 4.3.3.1.4 사용한계상태

##### 4.3.3.1.4.1 탄성처짐

(1) 탄성처짐을 고려할 경우에는 해당 설계기준의 규정을 적용해야 한다.

##### 4.3.3.1.4.2 영구처짐

###### (1) 일반사항

- ① 이 규정을 적용할 때에는 사용한계상태조합을 적용해야 한다.
- ② 사용한계상태조합에서 강재의 응력을 계산할 때 다음의 방법을 적용할 수 있다.
  - 가. 4.3.3.1.1.7을 만족하면서 전 길이에 걸쳐 전단연결재가 부착된 부재의 경우 합성단면에 별개로 작용하는 하중에 의한 휨응력은 단기 또는 장기 합성단면으로 가정하여 계산한다. 사용한계상태조합 하에서 교축방향으로 발생하는 콘크리트의 최대인장응력이  $2f_r$ 보다 작은 경우 콘크리트 바닥판은 정모멘트 및 부모멘트 구간에서 모두 유효하다고 가정할 수 있다. 여기서,  $f_r$ 은 콘크리트의 균열응력이다.
  - 나. 부모멘트 구간에서 합성단면 콘크리트 바닥판의 교축방향 최대인장응력이  $2f_r$ 보다 큰 경우에는 사용한계상태조합 하에서 강재의 휨응력을 계산 시 강재단면과 콘크리트 바닥판의 유효단면 내에 있는 철근만을 고려한다.
  - 다. 부모멘트를 받는 비합성단면의 경우 강재의 휨응력을 구할 때 강재단면만 유효한 것으로 본다.
- ③ 콘크리트 바닥판의 교축방향 응력은 4.3.3.1.1.1(1)④에 의하여 계산해야 한다.

###### (2) 휨

- ① 플랜지는 아래의 요구조건을 만족해야 한다.

가. 합성단면 상부플랜지의 경우

$$f_f \leq 0.95R_hF_{yf} \quad (4.3-138)$$

나. 합성단면 하부 플랜지의 경우

$$f_f + \frac{f_l}{2} \leq 0.95R_hF_{yf} \quad (4.3-139)$$

다. 비합성단면 상하부 플랜지의 경우

$$f_f + \frac{f_l}{2} \leq 0.80R_hF_{yf} \quad (4.3-140)$$

여기서,  $f_f$  : 플랜지 횡방향 휨을 고려하지 않은 사용한계상태조합에 의한 플랜지 응력 (MPa)

$f_l$  : 4.3.3.1.1.6에 규정된 사용한계상태조합에 의한 플랜지 횡방향 휨응력 (MPa)

$R_h$  : 4.3.3.1.1.10(1)에 규정된 하이브리드 단면의 플랜지 응력감소계수

- ② 동바리 공법을 이용하여 시공한 정모멘트부의 합성 조밀단면의 경우 사용한계상태조합에 의한 콘크리트 바닥판의 교축방향 압축응력은 4.3.3.1.1.1(1)④로 구하며  $0.6f'_c$ 을 초과해서는 안 된다.
- ③ 4.3.3.1.2.1(1)의 규정을 만족하는 웨브를 가진 정모멘트부 합성단면을 제외하고 모든 단면은 다음의 규정을 만족해야 한다.

$$f_c \leq F_{crw} \quad (4.3-141)$$

여기서,  $f_c$  : 플랜지 횡방향 힘을 고려하지 않고 계산된 사용한계상태조합에 의한 단면의 압축플랜지 응력 (MPa)  
 $F_{crw}$  : 4.3.3.1.1.9에 규정된 웨브 공칭휨좌굴강도 (MPa)

#### 4.3.3.1.5 피로 및 파단한계상태

##### 4.3.3.1.5.1 피로

- (1) 피로상세는 KDS 14 31 20(4.1)의 피로규정에 따라 검토해야 한다.
- (2) 수평곡선 플레이트거더교의 경우 주축 힘에 의한 피로응력범위에 횡방향 힘응력을 합하여 적용해야 한다.
- (3) 전단연결재는 4.3.3.1.10.2와 4.3.3.1.10.3의 피로규정들을 적용해야 한다.

##### 4.3.3.1.5.2 파단

- (1) 계약 문서에 명시된 파단인성 요구조건은 KDS 14 31 20(4.2)의 규정을 따라야 한다.

##### 4.3.3.1.5.3 웨브의 피로요구조건

- (1) 이 조항을 적용하는 경우에 한하여 설계피로하중은 피로하중조합으로 계산한 값의 2배를 적용한다. 수직보강재가 설치된 웨브 내측 패널은 수평보강재 유무에 관계없이 아래 규정을 만족해야 한다.

$$V_u \leq V_{cr} \quad (4.3-142)$$

여기서,  $V_u$  : 하중계수를 곱하지 않은 영구하중과 설계피로하중으로 발생하는 웨브 전단력 (N)  
 $V_{cr}$  : 식 (4.3-180)로 구한 전단좌굴강도 (N)

#### 4.3.3.1.6 강도한계상태

##### 4.3.3.1.6.1 일반사항

- (1) 해당 설계기준에 규정된 강도한계상태 하중조합을 적용해야 한다.

##### 4.3.3.1.6.2 휨

##### (1) 일반사항

인장플랜지에 구멍이 있는 인장플랜지는 4.3.3.1.1.8을 만족해야 한다.

## (2) 정모멘트부의 합성단면

- ① 직선 거더가 각을 이루고 연속으로 연결된 교량 또는 수평 곡선 거더 교량의 합성단면은 비조밀단면으로 간주하며 4.3.3.1.7.2를 만족해야 한다.
- ② 아래의 요구조건을 만족하는 직선교의 합성단면은 조밀단면으로 간주한다.
  - 가. 플랜지의 최소항복강도가 460 MPa를 초과하지 않고,
  - 나. 웨브는 4.3.3.1.2.1(1)의 규정을 만족하며,
  - 다. 웨브세장비 한계를 만족하는 단면

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (4.3-143)$$

여기서,  $D_{cp}$  = 부록 B.3.2에 규정된 소성모멘트 적용 시 압축 측 웨브의 높이 (mm)

$\lambda_{rw}$  = 비조밀 웨브에 대한 세장비 한계, 식(4.3-123b)을 적용

- ③ 조밀단면은 4.3.3.1.7.1을 만족해야 한다. 그렇지 않으면 단면은 비조밀단면으로 간주하고 4.3.3.1.7.2를 만족해야 한다.
- ④ 조밀단면 및 비조밀단면은 4.3.3.1.7.3에 규정된 연성조건을 만족해야 한다.

## (3) 부모멘트부의 합성단면 및 비합성단면

- ① 직선 거더가 각을 이루고 연속으로 연결된 교량 또는 수평 곡선 거더 교량의 단면은 4.3.3.1.8의 규정을 적용하여 설계해야 한다.
- ② 직교 혹은 사각이  $20^\circ$  미만인 사교에 중간 다이아프램 또는 크로스프레임이 지점과 평행한 선을 따라 설치되어 있고, 다음의 조건을 만족하면 부록 A에 명시된 조밀 또는 비조밀 웨브 단면의 규정에 따라 설계할 수 있다.
  - 가. 플랜지의 최소항복강도가 460 MPa를 초과하지 않고,
  - 나. 웨브가 비조밀단면 세장비 한계를 만족하며,

$$\frac{2D_c}{t_w} \leq \lambda_{rw} \quad (4.3-144)$$

그리고

- 다. 플랜지가 아래의 비율을 만족하는 단면

$$\frac{I_{yc}}{I_{yt}} \geq 0.3 \quad (4.3-145)$$

여기서,  $D_c$  : 탄성범위 내에서 웨브의 압축 측 높이 (mm). 합성단면의 경우  $D_c$ 는 부록 B.3.1을 적용하여 구할 수 있다.

$I_{yc}$  : 웨브 중심선의 수직축에 관한 압축플랜지의 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

$I_{yt}$  : 웨브 중심선의 수직축에 관한 인장플랜지의 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

위의 조건을 만족하지 않으면 4.3.3.1.8을 따라야 한다.

#### 4.3.3.1.6.3 전단

(1) 4.3.3.1.9를 적용해야 한다.

#### 4.3.3.1.6.4 전단연결재

(1) 4.3.3.1.10.4를 적용해야 한다.

#### 4.3.3.1.7 흡강도-정모멘트부 합성단면

##### 4.3.3.1.7.1 조밀단면

(1) 일반사항

강도한계상태에서 단면은 아래 식을 만족해야 한다.

$$M_u + \frac{1}{3} f_l S_{xt} \leq \phi_f M_n \quad (4.3-146)$$

여기서,  $\phi_f$  : 흡에 대한 강도저항계수

$f_l$  : 4.3.3.1.1.6에 규정된 플랜지 흡방향 흡응력 (MPa)

$M_n$  : 4.3.3.1.7.1(2)에 규정된 공칭흡강도 ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ )

$M_u$  : 4.3.3.1.1.6에 규정된 단면의 주축에 대한 흡모멘트 ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ )

$M_{yt}$  : 부록 B.2에 규정된 인장플랜지에 관한 항복모멘트 ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ )

$S_{xt}$  :  $M_{yt}/F_{yt}$ 로 구하는 인장플랜지의 주축에 대한 탄성단면계수 ( $\text{mm}^3$ )

##### (2) 공칭흡강도

① 공칭항복강도가 460 MPa 이하인 강재로 설계된 균질 합성단면 또는 상부 및 하부플랜지의 공칭항복강도가 460 MPa 이하이며 4.3.3.1.1.3을 만족하는 하이브리드 합성단면의 공칭흡강도는 다음과 같이 구한다.

가.  $D_p \leq 0.1D_t$ 인 경우

$$M_n = M_p \quad (4.3-147)$$

나. 그 밖의 경우

$$M_n = M_p \left( 1.07 - 0.7 \frac{D_p}{D_t} \right) \quad (4.3-148)$$

여기서,  $D_p$  : 콘크리트 바닥판의 상단에서 소성모멘트의 중립축까지의 거리 (mm)

$D_t$  : 합성단면의 전체높이 (mm)

$M_p$  : 부록 B.1에 규정된 합성단면의 소성모멘트 ( $N \cdot mm$ )

- ② 공칭항복강도가 690 MPa인 강재로 설계된 균질 합성단면 또는 상부 및 하부플랜지의 공칭항복강도가 690 MPa이며 4.3.3.1.1.3을 만족하는 하이브리드 합성단면의 공칭휨강도는 다음과 같이 구한다.

가.  $D_p \leq 0.1D_t$  인 경우

$$M_n = M_p \quad (4.3-149)$$

나.  $0.1D_t < D_p \leq 0.2D_t$  인 경우

$$M_n = M_p \left( 1.19 - 1.9 \frac{D_p}{D_t} \right) \quad (4.3-150)$$

다.  $D_p > 0.2D_t$  인 경우

$$M_n = M_p \left( 1.0 - 0.95 \frac{D_p}{D_t} \right) \quad (4.3-151)$$

여기서,  $D_p$  : 콘크리트 바닥판의 상단에서 소성모멘트 중립축까지의 거리 (mm)

$D_t$  : 합성단면의 전체높이 (mm)

$M_p$  : 부록 B.1에 규정된 합성단면의 소성모멘트 ( $N \cdot mm$ )

- ③ 연속교의 경우 단면의 공칭휨강도는 다음 식을 만족해야 한다.

$$M_n \leq 1.3R_h M_y \quad (4.3-152)$$

여기서,  $M_y$  : 부록 B.2에 규정된 항복모멘트 ( $N \cdot mm$ )

$R_h$  : 4.3.3.1.1.10(1)에 규정된 하이브리드 단면의 응력감소계수

#### 4.3.3.1.7.2 비조밀단면

##### (1) 일반사항

- ① 강도한계상태에서 압축플랜지는 다음 식을 만족해야 한다.

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{nc} \quad (4.3-153)$$

여기서,  $\phi_f$  : 휨에 대한 강도저항계수

$f_{bu}$  : 4.3.3.1.1.6에 명시된 플랜지 횡방향 휨을 고려하지 않고 계산한 플랜지응력 (MPa)

$F_{nc}$  : 4.3.3.1.7.2(2)에 규정된 압축플랜지의 공칭휨강도 (MPa)

② 인장플랜지는 다음의 식을 만족해야 한다.

$$f_{bu} + \frac{1}{3}f_l \leq \phi_f F_{nt} \quad (4.3-154)$$

여기서,  $f_l$  : 4.3.3.1.1.6에 규정된 플랜지 횡방향 휨응력 (MPa)

$F_{nt}$  : 4.3.3.1.7.2(2)에 규정된 인장플랜지의 공칭휨강도 (MPa)

③ 동바리 공법을 이용한 경우 강도한계상태에서 콘크리트 바닥판의 교축방향 최대압축응력은 4.3.3.1.1.1(1)④로 구할 수 있으며  $0.6f'_c$ 을 초과해서는 안 된다.

## (2) 공칭휨강도

① 압축플랜지의 공칭휨강도는 다음과 같이 산정한다.

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (4.3-155)$$

여기서,  $R_b$  : 4.3.3.1.1.10(2)에 규정된 웨브의 국부좌굴에 의한 플랜지 응력감소계수

$R_h$  : 4.3.3.1.1.10(1)에 규정된 하이브리드 단면의 플랜지 응력감소계수

② 인장플랜지의 공칭휨강도는 다음과 같이 산정한다.

$$F_{nt} = R_h F_{yt} \quad (4.3-156)$$

### 4.3.3.1.7.3 연성 요구조건

(1) 조밀 및 비조밀단면은 아래의 식을 만족해야 한다.

(1) 공칭항복강도가 690 MPa인 강재로 설계된 균질 합성단면 또는 상부 및 하부플랜지의 공칭항복강도가 690 MPa이며 4.3.3.1.1.3을 만족하는 하이브리드 합성단면인 경우

$$D_p \leq 0.3D_t \quad (4.3-157)$$

(2) 그 밖의 단면인 경우

$$D_p \leq 0.42D_t \quad (4.3-158)$$

여기서,  $D_p$  : 소성모멘트 상태에서 콘크리트 바닥판의 상단에서 중립축까지의 거리 (mm)

$D_t$  : 합성단면의 전체높이 (mm)

### 4.3.3.1.8 휨강도-부모멘트부의 합성단면과 비합성단면

#### 4.3.3.1.8.1 일반사항

(1) 불연속적으로 횡지지된 압축플랜지

강도한계상태에서는 다음의 요구조건을 만족해야 한다.

$$f_{bu} + \frac{1}{3}f_l \leq \phi_f F_{nc} \quad (4.3-159)$$

여기서,  $\phi_f$  : 흡에 대한 강도저항계수

$f_{bu}$  : 4.3.3.1.1.6에 명시된 플랜지 횡방향 흡이 고려되지 않고 계산된 플랜지 응력 (MPa)

$f_l$  : 4.3.3.1.1.6에 규정된 플랜지 횡방향 흡응력 (MPa)

$F_{nc}$  : 4.3.3.1.8.2에 규정된 플랜지의 공칭흡강도 (MPa)

## (2) 불연속적으로 횡지지된 인장플랜지

강도한계상태에서 다음의 요구조건을 만족해야 한다.

$$f_{bu} + \frac{1}{3}f_l \leq \phi_f F_{nt} \quad (4.3-160)$$

여기서,  $F_{nt}$  : 4.3.3.1.8.3에 규정된 플랜지의 공칭흡강도 (MPa)

## (3) 연속적으로 횡지지된 인장 또는 압축플랜지

강도한계상태에서 다음의 요구조건을 만족해야 한다.

$$f_{bu} \leq \phi_f R_h F_{yf} \quad (4.3-161)$$

### 4.3.3.1.8.2 압축플랜지 흡저항강도

#### (1) 일반사항

식 (4.3-150)을 검토할 때  $F_{nc}$ 는 4.3.3.1.8.2(2)에 규정된 국부좌굴강도와 4.3.3.1.8.2(3)에 규정된 횡비틀림좌굴강도를 적용한다.

#### (2) 국부좌굴강도

압축플랜지의 국부좌굴강도는 다음과 같이 구한다.

①  $\lambda_f \leq \lambda_{pf}$ 인 경우

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (4.3-162)$$

② 그 밖의 경우

$$F_{nc} = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}} \right) \left| \frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right| \right] R_b R_h F_{yc} \quad (4.3-163)$$

여기서,  $\lambda_f$  = 압축플랜지의 세장비

$$= \frac{b_f}{2t_f} \quad (4.3-164)$$

$\lambda_{pf}$  = 조밀단면 플랜지의 세장비 한계

$$= 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (4.3-165)$$

$\lambda_{rf}$  = 비조밀단면 플랜지의 세장비 한계

$$= 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{yr}}} \quad (4.3-166)$$

여기서,  $F_{yr}$  : 잔류응력의 영향을 포함한 공칭항복강도에 도달할 때 압축플랜지 응력. 압축플랜지 횡방향 훨은 고려치 않으며  $0.7F_{yc}$ 와  $F_{yw}$  가운데 작은 값이지만  $0.5F_{yc}$  이상이어야 한다.

$R_b$  : 4.3.3.1.1.10(2)에 규정된 웨브의 국부좌굴에 의한 플랜지 응력감소계수

$R_h$  : 4.3.3.1.1.10(1)에 규정된 하이브리드 단면의 플랜지 응력감소계수

### (3) 횡비틀림좌굴강도

① 비지지길이 내에서 균일 단면을 갖는 압축플랜지의 횡비틀림좌굴강도는 다음과 같이 구한다.

가.  $L_b \leq L_p$  인 경우

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (4.3-167)$$

나.  $L_p < L_b \leq L_r$  인 경우

$$F_{nc} = C_b \left[ 1 - \left( 1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}} \right) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] R_b R_h F_{yc} \leq R_b R_h F_{yc} \quad (4.3-168)$$

다.  $L_b > L_r$  인 경우

$$F_{nc} = F_{cr} \leq R_b R_h F_{yc} \quad (4.3-169)$$

여기서,  $L_b$  : 비지지길이 (mm)

$L_p$  = 소성거동을 보장하는 비지지길이의 한계 (mm)

$$= 1.0 r_t \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (4.3-170)$$

$L_r$  = 비탄성 횡비틀림좌굴을 보장하는 비지지길이의 한계 (mm)

$$= \pi r_t \sqrt{\frac{E}{F_{yr}}} \quad (4.3-171)$$

$C_b$  : 모멘트 보정계수

(가) 브레이싱이 없는 캔틸레버나  $f_{mid}/f_2 > 1$  또는  $f_2 = 0$ 인 부재

$$C_b = 1.0 \quad (4.3-172)$$

(나) 그 밖의 모든 경우

$$C_b = 1.75 - 1.05 \left( \frac{f_1}{f_2} \right) + 0.3 \left( \frac{f_1}{f_2} \right)^2 \leq 2.3 \quad (4.3-173)$$

$F_{cr}$  = 탄성 횡비틀림좌굴응력 (MPa)

$$= \frac{C_b R_b \pi^2 E}{(L_b/r_t)^2} \quad (4.3-174)$$

$r_t$  = 압축플랜지와 압축을 받는 웨브 높이의 1/3을 합한 면적의 연직축에 대한 유효회전반경 (mm)

$$= \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{3} \frac{D_c t_w}{b_{fc} t_{fc}} \right)}} \quad (4.3-175)$$

여기서,

$F_{yr}$  : 잔류응력의 영향을 포함한 공칭항복강도에 도달할 때 압축플랜지 응력. 압축플랜지 횡방향 힘은 고려치 않고  $0.7 F_{yc}$  와  $F_{yw}$  가운데 작은 값이지만  $0.5 F_{yc}$  이상이어야 한다.

$D_c$  : 탄성범위 내에서 웨브의 압축 측 높이 (mm). 합성단면의 경우  $D_c$ 는 부록 B.3.1을 적용하여 구할 수 있다.

$f_{mid}$  : 고려 중인 플랜지의 비지지길이 구간 중앙점에서의 횡방향 힘을 고려하지 않은 힘응력으로 최대 압축응력을 발생시키거나 압축이 전혀 작용하지 않는 경우에는 최소 인장응력을 발생시키는 설계모멘트로 산정한다. 이 응력은 계수하중에 의한 응력이며 압축일 경우가 양의 값이며 인장인 경우는 음의 값이다(MPa).

$f_0$  :  $f_2$ 에 대응하는 반대지점의 횡방향 힘을 고려하지 않은 힘응력으로 최대 압축응력을 발생시키거나 압축이 전혀 작용하지 않는 경우에는 최소 인장응력을 발생시키는 설계모멘트로 산정한다. 이 응력은 계수하중에 의한 응력이며 압축일 경우가 양의 값이며 인장인 경우는 음의 값이다(MPa).

$f_1$  :  $f_2$ 에 대응하는 반대쪽 브레이싱 지점의 횡방향 힘을 고려하지 않은 힘응력으로,  $C_b$  값을 가장 크게 발생시키는  $f_2$ 와  $f_0$  (또는  $f_{mid}$ ) 간 선형보간하여 구한 응력으로 다음과 같이 구한다(MPa).

⑦ 브레이싱 양단 지점 간의 거리에 따라 모멘트의 변화가 오목한 형태인 경우

$$f_1 = f_0 \quad (4.3-176)$$

④ 그 밖의 경우

$$f_1 = 2f_{mid} - f_2 \geq f_0 \quad (4.3-177)$$

$f_2$  : 브레이싱 양단 지점에서 발생하는 압축응력 중 큰 값(MPa). 가장 불리한 계수하중을 적용하며 항상 양의 값을 갖는다. 브레이싱 양 지점에서 플랜지의 응력이 0이거나 인장으로 작용하는 경우에

는 0으로 한다.

$R_b$  : 4.3.3.1.1.10(2)에 규정된 웨브의 국부좌굴을 고려한 플랜지 응력감소계수

$R_h$  : 4.3.3.1.1.10(1)에 규정된 하이브리드 단면의 플랜지 응력감소계수

- ② 비지지구간이 역곡률 휨을 받고 비합성 비대칭 단면으로 구성된 부재들로 이루어진 경우, 상부플랜지가 연속적으로 횡방향으로 지지되지 않았다면, 양쪽플랜지 모두 횡비틀림좌굴강도를 검토해야 한다.
- ③ 비지지구간에서 불균일 단면을 갖는 경우, 각각의 단면에서 압축플랜지의 횡비틀림좌굴 강도는 비지지구간 내에서 단면이 균일한 것으로 가정하고 식 (4.3-167), (4.3-168) 및 (4.3-169)으로 구한 값 중 작은 값으로 적용한다. 이 경우에는 모멘트 보정계수를 1.0을 적용하고  $L_b$ 는 유효길이계수에 의해 수정하지 않는다.
- ④ 브레이싱 구간 길이의 20% 이하에 걸쳐 작은 단면으로 변하는 경우, 플랜지의 횡방향 단면모멘트나 작은 단면의 양측 플랜지의 단면모멘트가 큰 단면 값의 1/2 이상이면 작은 단면으로의 단면변화를 무시하고 횡비틀림좌굴강도를 구한다.

#### 4.3.3.1.8.3 인장플랜지 휨강도

- (1) 인장플랜지의 공칭휨강도는 다음과 같이 구한다.

$$F_{nt} = R_h F_{yt} \quad (4.3-178)$$

여기서,  $R_h$  : 4.3.3.1.1.10(1)에 규정된 하이브리드 단면의 플랜지 응력감소계수

#### 4.3.3.1.9 전단강도

##### 4.3.3.1.9.1 일반사항

- (1) 강도한계상태에서 직선 및 곡선 웨브 패널은 다음을 만족해야 한다.

$$V_u \leq \phi_v V_n \quad (4.3-179)$$

여기서,  $\phi_v$  : 전단에 대한 강도저항계수

$V_n$  : 4.3.3.1.9.2 및 4.3.3.1.9.3에 규정된 공칭전단강도 (N)

$V_u$  : 설계하중에 의한 웨브의 전단력 (N)

- (2) 중간수직보강재는 4.3.3.1.11.1로 설계하며 수평보강재는 4.3.3.1.11.3에 따라 설계한다.
- (3) 균질 거더 및 하이브리드 거더의 내측 웨브의 경우에는 아래와 같이 수직보강재를 설치하고 4.3.3.1.9.3을 적용하여 설계한다.
  - ① 수평보강재가 없는 경우 중간수직보강재 간격은 3D를 초과하지 말아야 하고 또는
  - ② 1개 이상의 수평보강재가 있는 경우 중간수직보강재의 간격은 1.5D를 초과하지 않도록 한다.

- (4) 만일 패널을 보강할 필요가 없을 경우에는 6.3.1.9.2를 적용한다.  
 (5) 단부 패널에 대한 수직보강재 설계는 4.3.3.1.9.3(3)의 규정을 적용한다.

#### 4.3.3.1.9.2 비보강 웨브의 공칭강도

- (1) 비보강 웨브의 공칭전단강도는 다음과 같이 구한다.

$$V_n = V_{cr} = C V_p \quad (4.3-180)$$

$$V_p = 0.58 F_{yw} D t_w \quad (4.3-181)$$

여기서,  $C$ : 식 (4.3-185), 식 (4.3-186) 또는 식 (4.3-187)에 규정된 전단항복강도에 대한 전단좌굴응력의 비로서, 전단좌굴계수  $k$ 는 5.0으로 한다.

$V_{cr}$  : 전단좌굴강도 (N)

$V_n$  : 공칭전단강도 (N)

$V_p$  : 소성전단력 (N)

#### 4.3.3.1.9.3 보강 웨브의 공칭강도

- (1) 일반사항

- ① 수직보강재나 수평보강재가 있는 내측 웨브 패널의 공칭전단강도는 4.3.3.1.9.3(2)의 규정으로, 단부 웨브 패널의 공칭전단강도는 4.3.3.1.9.3(3)의 규정을 적용한다. 수평보강재가 있는 웨브 패널의 공칭전단강도를 구할 때에는 웨브의 전체높이  $D$ 를 사용한다. 수직보강재는 패널에 작용하는 최대 전단력을 고려하여 간격을 정한다.  
 ② 보강재는 4.3.3.1.11에서 규정한 요구사항을 만족해야 한다.

- (2) 내측 패널

내측 웨브 패널이 4.3.3.1.9.1에 따라 설계되고 전체 패널 단면이 다음 단면비를 만족하는 경우에는,

$$\frac{2D t_w}{(b_{fc} t_{fc} + b_{ft} t_{ft})} \leq 2.5 \quad (4.3-182)$$

- ① 공칭전단강도는 다음 식으로 구한다.

$$V_n = V_p \left[ C + \frac{0.87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_0}{D}\right)^2}} \right] \quad (4.3-183)$$

여기서,  $V_p = 0.58 F_{yw} D t_w \quad (4.3-184)$

$d_0$  : 보강재 간격 (mm)

$V_n$  : 공칭전단강도 (N)

$V_p$  : 소성전단력 (N)

$C$  : 전단항복강도에 대한 전단좌굴응력비

② 전단좌굴응력비  $C$ 는 아래와 같이 계산한다.

가.  $\frac{D}{t_w} < 1.12\sqrt{\frac{E k}{F_{yw}}}$  인 경우

$$C = 1.0 \quad (4.3-185)$$

나.  $1.12\sqrt{\frac{E k}{F_{yw}}} \leq \frac{D}{t_w} \leq 1.40\sqrt{\frac{E k}{F_{yw}}}$  인 경우

$$C = \frac{1.12}{(D/t_w)} \sqrt{\frac{E k}{F_{yw}}} \quad (4.3-186)$$

다.  $\frac{D}{t_w} > 1.40\sqrt{\frac{E k}{F_{yw}}}$  인 경우

$$C = \frac{1.57}{(D/t_w)^2} \left( \frac{E k}{F_{yw}} \right) \quad (4.3-187)$$

여기서,  $k$  = 전단좌굴계수

$$= 5 + \frac{5}{(d_0/D)^2} \quad (4.3-188)$$

③ 그 밖의 경우 공칭전단강도는 다음과 같이 구한다.

$$V_n = V_p \left[ C + \frac{0.87(1-C)}{\sqrt{1 + \left( \frac{d_0}{D} \right)^2} + \frac{d_0}{D}} \right] \quad (4.3-189)$$

### (3) 단부 패널

① 단부 패널의 공칭전단강도는 다음과 같이 구한다.

$$V_n = V_{cr} = C V_p \quad (4.3-190)$$

여기서,  $V_p$  = 소성전단력 (N)

$$= 0.58 F_{yw} D t_w \quad (4.3-191)$$

$C$  : 식 (4.3-185), 식 (4.3-186) 또는 식 (4.3-187)에 규정된  
전단항복강도에 대한 전단좌굴응력의 비

$V_{cr}$  : 전단좌굴강도 (N)

- ② 수평보강재가 있거나 없는 단부 패널에서 수직보강재의 간격은  $1.5D$ 를 초과하면 안 된다.

#### 4.3.3.1.10 전단연결재

##### 4.3.3.1.10.1 일반사항

- (1) 합성단면에서 콘크리트 바닥판과 강재 단면 사이의 내부전단에 저항하기 위해 스터드나  $\square$ 형강의 전단연결재를 설치해야 한다.
- (2) 단경간 합성교는 지간 전체에 걸쳐 전단연결재를 설치한다. 직선 연속 합성교는 보통 교량의 전체길이에 걸쳐 전단연결재를 설치해야 한다. 부모멘트 영역에서 교축방향 철근이 합성단면의 일부분으로 고려되는 구간에는 전단연결재를 설치한다. 그렇지 않을 경우, 전단연결재를 부모멘트 영역에 설치할 필요는 없지만, 4.3.3.1.10.3의 규정에 따라 영구하중에 의하여 휨모멘트부호가 변하는 변곡점 구간에는 추가적인 연결재를 설치해야 한다.
- (3) 부모멘트 영역에서 전단연결재를 설치하지 않은 구간에서는 4.3.3.1.1.7에 따라 교축방향 철근을 정모멘트 구간내로 연장시켜야 한다.
- (4) 곡선 연속 합성교는 교량의 전체 길이에 걸쳐 전단연결재를 설치해야 한다.
- (5) 형태
  - ① 스터드와  $\square$ 형강 전단연결재는 본 규정에 따라 설계해야 한다. 전단연결재는 표면전체가 콘크리트와 접촉될 수 있도록 콘크리트를 철저히 다짐할 수 있는 형태이어야 한다. 전단연결재는 콘크리트와 강재 사이에서 수직 및 수평 등 모든 방향의 이동에 저항할 수 있어야 한다.
  - ② 스터드 전단연결재의 직경에 대한 높이의 비는 4.0 이상이어야 한다.
  - ③  $\square$ 형강 전단연결재는 5 mm 이상의 치수로 필릿용접을 해야 한다.

##### (6) 피치

- ① 전단연결재의 피치는 4.3.3.1.10.2와 4.3.3.1.10.3에 규정된 피로한계상태를 만족해야 한다. 전단연결재의 개수는 4.3.3.1.10.4에 규정된 강도한계상태를 만족하기 위한 소요개수 이상이어야 한다.
- ② 전단연결재의 피치  $p$ 는 다음 조건을 만족해야 한다.

$$p \leq \frac{nZ_r}{V_{sr}} \quad (4.3-192)$$

여기서,

$$V_{sr} = \text{단위길이 당 수평방향 피로전단력 발생범위 (N/mm)}$$

$$= \sqrt{(V_{fat})^2 + (F_{fat})^2} \quad (4.3-193)$$

$V_{fat}$  = 단위길이 당 종방향 피로전단력 발생범위 (N/mm)

$$= \frac{V_f Q}{I} \quad (4.3-194)$$

$F_{fat}$  = 단위길이 당 반경방향 피로전단력 발생범위 (N/mm)

다음 중 큰 값을 적용한다.

$$F_{fat1} = \frac{A_{bot}\sigma_{flg}l}{wR} \quad (4.3-195)$$

또는

$$F_{fat2} = \frac{F_{rc}}{w} \quad (4.3-196)$$

$\sigma_{flg}$  : 플랜지 횡방향 흔을 고려하지 않은 하부플랜지의 종방향 피로응력 발생범위 (MPa)

$A_{tot}$  : 하부플랜지의 단면적 ( $\text{mm}^2$ )

$F_{rc}$  : 상부플랜지에서 크로스프레임 또는 다이아프램의 작용력의 순범위 (N)

$I$  : 단기 합성단면의 단면2차모멘트 ( $\text{mm}^4$ )

$l$  : 브레이싱점 사이의 거리 (mm)

$n$  : 한 단면 내에 배치된 전단연결재의 개수

$p$  : 전단연결재의 거더 축방향피치 (mm)

$Q$  : 단기 합성단면의 중립축에 대한 바닥판 환산단면적의 단면1차모멘트 ( $\text{mm}^3$ )

$R$  : 패널 내의 최소 거더반경 (mm)

$V_f$  : 피로하중조합 하의 수직전단력 발생범위 (N)

$w$  : 콘크리트 바닥판의 유효폭 길이로 1,220 mm이며, 측경간 단지점에서는 610 mm이다. (mm)

$Z_r$  : 4.3.3.1.10.2에 의해 결정된 전단연결재 1개의 전단피로강도 (N)

- ③ 직선 경간 또는 경간 일부가 직선인 경우, 식 (4.3-195)로부터 구한 반경 방향 피로전단력 발생범위를 0으로 할 수 있다. 직선교 또는 사각이  $20^\circ$ 를 초과하지 않는 수평 곡선교는 식 (4.3-196)로부터 구한 반경 방향 피로 전단력 발생범위를 0으로 할 수 있다.
- ④ 전단연결재의 중심과 중심사이의 피치는 600 mm를 초과해서는 안 되며, 직경의 6배 이상 이어야 한다.

#### (7) 횡방향 간격

- ① 전단연결재는 상부플랜지의 횡방향으로 배치해야 하며 규칙적이거나 다양한 간격을 갖도록 설계할 수 있다.
- ② 스터드 전단연결재는 거더 직각방향으로 스터드의 중심과 중심 사이의 간격이 스터드 직경의 4배 이상이어야 한다.

③ 상부플랜지의 연단과 가장 인접한 전단연결재의 순연단 거리는 25 mm 이상이어야 한다.

#### (8) 덮개와 관입

전단연결재 위의 콘크리트 피복덮개 높이는 50 mm 이상이어야 한다. 전단연결재는 적어도 50 mm를 슬래브 내부로 관입시켜야 한다.

#### 4.3.3.1.10.2 피로강도

(1) 전단연결재의 피로강도  $Z_r$ 은 다음과 같이 구한다.

##### ① 스터드 전단연결재의 경우

가. 무한수명 전단피로강도는 다음과 같다.

$$Z_r = 18.9 d^2 \quad (4.3-197)$$

나. 그렇지 않은 경우, 전단피로강도는 다음과 같다.

$$Z_r = \alpha d^2 \quad (4.3-198)$$

$$\text{여기서, } \alpha = 238.0 - 29.5 \log N \quad (4.3-199)$$

##### ② ⌂형강 전단연결재의 경우

가. 무한수명 전단피로강도는 다음과 같다.

$$Z_r = 183.9 w \quad (4.3-200)$$

나. 그렇지 않은 경우, 전단피로강도는 다음과 같다.

$$Z_r = B w \quad (4.3-201)$$

$$\text{여기서, } B = 1641.6 - 189.2 \log N \quad (4.3-202)$$

여기서,  $d$  : 스터드의 직경 (mm)

$N$  : KDS 14 31 20(4.1.2.5)에 규정된 하중반복회수

$w$  : 플랜지에 직각방향으로 측정된 ⌂형강 전단연결재의 길이 (mm)

(2) 전단연결재의 피치는  $Z_r$  값과 전단력 범위  $V_{sr}$ 을 이용하여 식 (4.3-192)로부터 구한다. 전단연결재가 플랜지의 피로강도에 미치는 효과는 KDS 14 31 20(4.1.2)로 검토한다.

#### 4.3.3.1.10.3 영구하중에 의한 휨 변곡점구간에 대한 특별요구사항

(1) 최종조건이 부모멘트부의 비합성 부재인 경우, 영구적인 하중으로 인한 휨의 변곡점구간에는 추가적인 전단연결재를 설치해야 한다.

(2) 추가적인 전단연결재의 개수  $n_{ac}$ 는 다음과 같다.

$$n_{ac} = \frac{A_s f_{sr}}{Z_r} \quad (4.3-203)$$

여기서,  $A_s$  : 내부지점부에서 콘크리트 바닥판 유효폭 내의 종방향 철근의 총단면적 ( $\text{mm}^2$ )

$f_{sr}$  : 피로하중조합 하의 종방향 철근의 응력범위 (MPa)

$Z_r$  : 4.3.3.1.10.2에 규정한 전단연결재 한 개의 전단피로강도 (N)

- (3) 추가적인 전단연결재는 강재자중에 의한 힘 변곡점에서 양쪽으로 바닥판 유효폭의 1/3 거리 이내에 설치해야 한다. 추가 전단연결재를 포함한 모든 전단연결재의 중심간 피치는 4.3.3.1.10.1(2)의 규정을 만족해야 한다. 현장 이음판은 전단연결재와 간섭되지 않도록 배치해야 한다.

#### 4.3.3.1.10.4 강도한계상태

##### (1) 일반사항

강도한계상태에서 전단연결재의 설계전단강도  $Q_r$ 은 다음과 같이 구한다.

$$Q_r = \phi_{sc} Q_n \quad (4.3-204)$$

여기서,  $Q_n$  : 4.3.3.1.10.4(3)에 규정된 전단연결재의 공칭전단강도 (N)

$\phi_{sc}$  : 전단연결재에 대한 강도저항계수

강도한계상태에서 전단연결재의 최소개수는 다음과 같이 구한다.

$$n = \frac{P}{Q_r} \quad (4.3-205)$$

여기서,  $P$  : 4.3.3.1.10.4(2)에 규정된 총 공칭전단력 (N)

$Q_r$  : 식 (4.3-204)로부터 구하는 전단연결재의 1개에 대한 설계전단강도 (N)

##### (2) 공칭전단력

- ① 단순교 및 최종조건이 부모멘트부의 비합성단면 연속교인 경우, 최대정모멘트(활하중+충격하중) 지점과 양측으로 인접한 모멘트가 0인 구간에서의 총 공칭전단력  $P$ 는 다음과 같이 구한다.

$$P = \sqrt{P_p^2 + F_p^2} \quad (4.3-206)$$

여기서,

$P_p$  : 최대정모멘트(활하중+충격하중) 지점에서 콘크리트 바닥판의 총 종방향 전단력으로 다음 중 작은 값을 취한다 (N).

$$P_{1p} = 0.85 f'_c b_s t_s \quad (4.3-207)$$

또는

$$P_{2p} = F_{yw} D t_w + F_{yt} b_{ft} t_{ft} + F_{yc} b_{fc} t_{fc} \quad (4.3-208)$$

$F_p$  : 최대정모멘트(활하중+충격하중) 지점에서 콘크리트 바닥판의 총 반경방향 전단력(N)으로서 다음과 같다.

$$F_p = P_p \frac{L_p}{R} \quad (4.3-209)$$

여기서,  $b_s$  : 콘크리트 바닥판의 유효폭 (mm)

$L_p$  : 최대정모멘트(활하중+충격하중)에 인접한 지점과 거더단부 사이의 호의 길이 (mm)

$R$  :  $L_p$  구간 내의 최소 거더반경 (mm)

$t_s$  : 콘크리트 바닥판의 두께 (mm)

- ② 직선 경간이나 경간 일부가 직선인 구간에 대해서는  $F_p$ 를 0으로 할 수 있다.
- ③ 최종조건이 부모멘트부의 합성 연속교인 경우, 최대 정모멘트(활하중+충격하중)지점과 이에 인접한 부재 단부 사이의 총 공칭전단력  $P$ 는 식 (4.3-206)으로 구한다. 최대 정모멘트(활하중+충격하중)지점과 이에 인접한 내측 지점의 중심선 사이의 총 공칭전단력  $P$ 는 다음과 같이 구한다.

$$P = \sqrt{P_T^2 + F_T^2} \quad (4.3-210)$$

여기서,

$P_T$  : 최대 정모멘트 지점과 이에 인접한 내측 지점의 중심선 사이의 콘크리트 바닥판의 총 종방향 전단력으로 다음과 같이 구한다. (N)

$$P_T = P_p + P_n \quad (4.3-211)$$

$P_n$  : 내측 지점부의 콘크리트 바닥판의 총 종방향 전단력으로 다음 중 작은 값을 취한다(N).

$$P_{1n} = F_{yw} D t_w + F_{yt} b_{ft} t_{ft} + F_{yc} b_{fc} t_{fc} \quad (4.3-212)$$

또는

$$P_{2n} = 0.45 f'_c b_s t_s \quad (4.3-213)$$

$F_T$  : 최대 정모멘트 지점과 이에 인접한 내측 지점의 중심선 사이에 위치한 콘크리트 바닥판의 총 반경방향 전단력으로 다음과 같이 구한다. (N)