

A.2 웨브 소성화계수

A.2.1 조밀 웨브를 갖는 단면

다음 조건을 만족하는 단면은 조밀 웨브 단면으로 간주한다.

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} \leq \lambda_{pw(D_{cp})} \quad (\text{A.2.1-1})$$

여기서, $\lambda_{pw(D_{cp})} = 2D_{cp}/t_w$ 에 상응하는 조밀 웨브의 세장비 한계

$$= \frac{\sqrt{E/F_{yc}}}{\left(0.54 \frac{M_p}{R_h M_y} - 0.09\right)^2} \leq \lambda_{rw} \left(\frac{D_{cp}}{D_c} \right) \quad (\text{A.2.1-2})$$

λ_{rw} = 비조밀 웨브의 세장비 한계

$$= 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (\text{A.2.1-3})$$

여기서, D_c : 탄성범위 내에서 웨브의 압축 측 높이 (mm)

합성단면의 경우 D_c 는 B.3.1의 규정으로 구한다.

D_{cp} : B.3.2에 규정된 소성모멘트 적용 시 압축을 받는 웨브의 높이 (mm)

M_y : B.2에 규정된 M_{yc} 와 M_{yt} 중 작은 값의 항복모멘트 ($N \cdot mm$)

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

웨브 소성화계수는 다음과 같이 구한다.

$$R_{pc} = \frac{M_p}{M_{yc}} \quad (\text{A.2.1-4})$$

$$R_{pt} = \frac{M_p}{M_{yt}} \quad (\text{A.2.1-5})$$

여기서, M_p : B.1에 규정된 소성모멘트 ($N \cdot mm$)

M_{yc} : B.2의 규정으로 구한 압축플랜지 항복기준 항복모멘트 ($N \cdot mm$)

M_{yt} : B.2의 규정으로 구한 인장플랜지 항복기준 항복모멘트 ($N \cdot mm$)

R_{pc} : 압축플랜지에 대한 웨브 소성화계수

R_{pt} : 인장플랜지에 대한 웨브 소성화계수

A.2.2 비조밀 웨브를 갖는 단면

식 (A.2.1-1)의 조건을 만족하지는 않지만 웨브 세장비가 아래의 조건을 만족하면 비조밀 웨브 단면으로 간주한다.

$$\lambda_w < \lambda_{rw} \quad (\text{A.2.2-1})$$

여기서, λ_w = 탄성모멘트를 기준으로 한 웨브 세장비

$$= \frac{2D_c}{t_w} \quad (\text{A.2.2-2})$$

λ_{rw} = 비조밀 웨브의 세장비 한계

$$= 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (\text{A.2.2-3})$$

D_c : 탄성범위 내에서 압축을 받는 웨브의 높이 (mm).

합성단면의 경우 D_c 는 B.3.1의 규정으로 구한다.

웨브 소성화계수는 다음과 같이 구한다.

$$R_{pc} = \left[1 - \left(1 - \frac{R_h M_{yc}}{M_p} \right) \left(\frac{\lambda_w - \lambda_{pw(D_c)}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw(D_c)}} \right) \right] \frac{M_p}{M_{yc}} \leq \frac{M_p}{M_{yc}} \quad (\text{A.2.2-4})$$

$$R_{pt} = \left[1 - \left(1 - \frac{R_h M_{yt}}{M_p} \right) \left(\frac{\lambda_w - \lambda_{pw(D_c)}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw(D_c)}} \right) \right] \frac{M_p}{M_{yt}} \leq \frac{M_p}{M_{yt}} \quad (\text{A.2.2-5})$$

여기서, $\lambda_{pw(D_c)} = 2D_c/t_w$ 에 상응하는 조밀 웨브의 세장비 한계

$$= \lambda_{pw(D_{cp})} \left(\frac{D_c}{D_{cp}} \right) \leq \lambda_{rw} \quad (\text{A.2.2-6})$$

A.3 압축플랜지 항복기준 흡저항강도

A.3.1 일반규정

A.3.2로 구한 국부좌굴강도와 A.3.3으로 구한 횡비틀림좌굴강도로부터 결정된 압축플랜지 항복기준 공칭 흡저항강도 M_{nc} 는 식 (A.1.1-1)을 만족해야 한다.

A.3.2 국부좌굴강도

압축플랜지의 국부좌굴에 관한 흡저항강도는 다음과 같이 구한다.

- $\lambda_f \leq \lambda_{pf}$ 인 경우

$$M_{nc} = R_{pc} M_{yc} \quad (\text{A.3.2-1})$$

- 그 밖의 경우

$$M_{nc} = \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr} S_{xc}}{R_{pc} M_{yc}} \right) \left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] R_{pc} M_{yc} \quad (\text{A.3.2-2})$$

여기서, λ_f = 압축플랜지의 세장비

$$= \frac{b_{fc}}{2t_{fc}} \quad (\text{A.3.2-3})$$

λ_{pf} = 조밀 플랜지에 대한 세장비 한계

$$= 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (\text{A.3.2-4})$$

λ_{rf} = 비조밀 플랜지에 대한 세장비 한계

$$= 0.95 \sqrt{\frac{E k_c}{F_{yr}}} \quad (\text{A.3.2-5})$$

k_c : 플랜지 국부좌굴계수

- 조립단면인 경우

$$= \frac{4}{\sqrt{\frac{D}{t_w}}} \quad (\text{A.3.2-6})$$

여기서, $0.35 \leq k_c \leq 0.76$

- 압연형강인 경우

$$= 0.76$$

여기서, F_{yr} : 잔류응력은 고려하되 횡방향 흡응력은 고려하지 않은 단면 내 공칭항복 시작점에서의 압축플랜지 응력으로 $0.7F_{yc}$, $R_h F_{yt} S_{xt}/S_{xc}$ 및 F_{yw} 가운데 가장 작은 값으로 취하되

$0.5F_{yc}$ 보다 작아서는 안 된다. (MPa)

M_{yc} : B.2의 규정으로 구한 압축플랜지 항복기준 항복모멘트 ($N \cdot mm$)

M_{yt} : B.2의 규정으로 구한 인장플랜지 항복기준 항복모멘트 ($N \cdot mm$)

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

R_{pc} : A.2.1 또는 A.2.2의 규정으로 구한 압축플랜지에 대한 웨브 소성화계수

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

S_{xt} : M_{yt}/F_{yt} 로 구하는 인장플랜지의 강축에 대한 탄성단면계수 (mm^3)

A.3.3 횡비틀림좌굴강도

비지지길이에 따른 압축플랜지의 횡비틀림좌굴강도는 다음과 같이 구한다.

- $L_b \leq L_p$ 인 경우

$$M_{nc} = R_{pc}M_{yc} \quad (A.3.3-1)$$

- $L_p < L_b \leq L_r$ 인 경우

$$M_{nc} = C_b \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr}S_{xc}}{R_{pc}M_{yc}} \right) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] R_{pc}M_{yc} \leq R_{pc}M_{yc} \quad (A.3.3-2)$$

- $L_b > L_r$ 인 경우

$$M_{nc} = F_{cr}S_{xc} \leq R_{pc}M_{yc} \quad (A.3.3-3)$$

여기서, L_b : 비지지길이 (mm)

L_p = 균등휨상태에서 공칭휨강도 $R_{pc}M_{yc}$ 를 보장하는 비지지길이의 한계 (mm)

$$= 1.0r_t \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (A.3.3-4)$$

L_r = 균등휨상태에서 압축플랜지의 잔류응력영향을 포함하여 어느 쪽의 플랜지든 먼저 항복 이 시작되는 비지지길이의 한계 (mm)

$$= 1.95r_t \frac{E}{F_{yr}} \sqrt{\frac{J}{S_{xc}h}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{F_{yr}}{E} \frac{S_{xc}h}{J} \right)^2}} \quad (A.3.3-5)$$

C_b = 휨모멘트 수정계수. 별도의 해석을 하지 않는 경우 다음으로부터 구할 수 있다.

- 브레이싱이 없는 캔틸레버나 $M_{mid}/M_2 > 1$ 또는 $M_2 = 0$ 인 지점의 부재

$$C_b = 1.0 \quad (A.3.3-6)$$

- 그 밖의 경우

$$C_b = 1.75 - 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2.3 \quad (A.3.3-7)$$

$$F_{cr} = \text{탄성횡비틀림좌굴응력 (MPa)}$$

$$= \frac{C_b \pi^2 E}{(L_b/r_t)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J}{S_{xc} h} (L_b/r_t)^2} \quad (\text{A.3.3-8})$$

$$J = \text{순수비틀림상수 (mm}^4\text{)}$$

$$= \frac{Dt_w^3}{3} + \frac{b_{fc}t_{fc}^3}{3} \left(1 - 0.63 \frac{t_{fc}}{b_{fc}}\right) + \frac{b_{ft}t_{ft}^3}{3} \left(1 - 0.63 \frac{t_{ft}}{b_{ft}}\right) \quad (\text{A.3.3-9})$$

$$r_t = \text{횡비틀림좌굴에 대한 유효회전반경 (mm)}$$

$$= \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{3} \frac{D_c t_w}{b_{fc} t_{fc}}\right)}} \quad (\text{A.3.3-10})$$

여기서, F_{yw} :잔류응력은 고려하되 횡방향 흡응력은 고려하지 않은 단면 내 공칭항복 시작점에서의 압축플랜지 응력으로 $0.7F_{yc}$, $R_h F_{yt} S_{xt}/S_{xc}$ 및 F_{yw} 가운데 가장 작은 값으로 취하되 $0.5F_{yc}$ 보다 작아서는 안 된다.

D_c : 탄성범위 내에서 압축을 받는 웨브의 높이 (mm). 합성단면의 경우 D_c 는 B.3.1의 규정으로 구한다.

h : 상·하부 플랜지 중심선 사이의 높이 (mm)

M_{mid} : 비지지길이 구간 중앙점에서의 강축에 대한 힘모멘트로, 힘모멘트 포락선으로부터 이 점에서 플랜지에 최대 압축응력을 발생시키거나, 압축이 전혀 발생하지 않는 경우에는 최소 인장응력을 발생시키는 모멘트로 한다. 이 모멘트는 계수하중에 의한 것으로 플랜지가 압축을 받는 경우가 양의 값이며 인장을 받는 경우는 음의 값이다. ($N \cdot mm$)

M_o : M_2 에 대응하는 반대편 브레이싱 지점의 힘모멘트로, 힘모멘트 포락선으로부터 이 점에서 플랜지에 최대 압축응력을 발생시키거나, 압축이 전혀 발생하지 않는 경우에는 최소 인장응력을 발생시키는 모멘트로 한다. 이 모멘트는 계수하중에 의한 것으로 플랜지가 압축을 받는 경우가 양의 값이며 인장을 받는 경우는 음의 값이다. ($N \cdot mm$)

M_1 : M_2 에 대응하는 반대편 브레이싱 지점의 힘모멘트로, M_2 와 M_o 또는 M_{mid} 를 선형 보간하여 구한 모멘트 중 C_b 값을 작게 발생시키는 것으로 다음과 같이 구한다. ($N \cdot mm$)

- 브레이싱점 간의 전 구간에서 모멘트의 변화가 오목한 형태라면

$$M_1 = M_0 \quad (\text{A.3.3-11})$$

- 그 밖의 경우

$$M_1 = 2M_{mid} - M_2 \geq M_0 \quad (\text{A.3.3-12})$$

M_2 : 브레이싱 양단지점에서 플랜지에 압축응력을 발생시키는 강축에 대한 힘모멘트의 최댓

값. 계수하중에 의한 모멘트 포락선으로부터 결정하며 양의 값을 갖는다. 브레이싱 양 지점에서 모멘트가 0이거나 플랜지에 인장응력을 발생시키는 경우에는 0으로 한다.(N · mm)

M_{yc} : B.2의 규정으로 구한 압축플랜지 항복기준 항복모멘트 (N · mm)

M_{yt} : B.2의 규정으로 구한 인장플랜지 항복기준 항복모멘트 (N · mm)

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

R_{pc} : A.2.1 또는 A.2.2의 규정으로 구한 압축플랜지에 대한 웨브 소성화계수

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

S_{xt} : M_{yt}/F_{yt} 로 구하는 인장플랜지의 강축에 대한 탄성단면계수 (mm^3)

부재 비지지길이에 걸쳐 비합성 일축대칭단면이 역곡률 흔을 받는 경우, 상부플랜지가 연속적으로 횡지지되지 않았으면 양측 플랜지 모두에 대해 횡비틀림좌굴강도를 검토해야 한다.

부재 비지지길이에 걸쳐 단면이 불균일한 경우, 비지지길이 내에서 균일부재로 간주하고 식 (A.3.3-1), 식 (A.3.3-2), 또는 식 (A.3.3-3)으로부터 구한 비지지길이 내의 횡비틀림좌굴강도 중 가장 작은 값으로 한다. 비지지길이 내의 각 단면의 흔저항강도 M_{nc} 는 해당 단면의 S_{xc} 와 횡비틀림좌굴강도 지배 단면의 S_{xc} 의 비를 곱하여 결정한다. 모멘트 수정계수 C_b 는 이 경우에는 1.0이며, L_b 는 유효길이계수로 수정하지 않아야 한다.

휨모멘트 크기가 작은 브레이싱점으로부터 비지지길이의 20% 이내 위치에서 작은 단면으로 변하는 경우, 작은 단면의 압축플랜지 또는 양측 플랜지의 횡방향 단면2차모멘트가 큰 단면의 해당 값의 1/2 이상이면 작은 단면으로의 단면변화를 무시하고 횡비틀림좌굴에 의한 흔저항 강도를 구한다.

A.4 인장플랜지 항복기준 흔저항강도

인장플랜지의 항복에 관한 흔저항강도는 다음과 같이 구한다.

$$M_{nt} = R_{pt} M_{yt} \quad (\text{A.4-1})$$

여기서, M_{yt} : B.2의 규정으로 구한 인장플랜지 항복기준 항복모멘트 (N · mm)

R_{pc} : A.2.1 또는 A.2.2의 규정으로 구한 인장플랜지에 대한 웨브소성계수

B. 흔부재의 특성계산

B.1 소성모멘트

소성모멘트 M_p 는 소성단면력의 소성중립축에 대한 일차모멘트로 구한다. 단면의 강재 부분의 소성력은 플랜지, 웨브 및 철근의 항복응력을 사용하여 계산한다. 단면의 압축부 콘크리트의 소성단면력은 콘크리트 응력의 크기가 $0.85f_c'$ 인 직사각형 응력블록으로 구하며 인장부 콘크리트는 무시한다. 소성중립축의 위치는 단면력의 평형조건을 적용하여 구한다.

정모멘트를 받는 합성단면의 소성모멘트는 다음과 같이 계산한다.

- 단면을 구성하는 요소(플랜지, 웨브, 콘크리트 바닥판)의 단면력을 계산하고, 이를 이용하여 소성중립축이 웨브, 상부플랜지, 바닥판 중 어디에 위치하는지를 결정한다.
- 첫 단계에서 결정된 요소 내에서 소성중립축의 위치를 결정한다.
- M_p 를 계산한다. 실제로 자주 발생하는 소성중립축의 다양한 위치에 대한 계산식은 표 B.1-1에 주어져 있다.

종방향 철근에 작용하는 힘은 무시할 수도 있으며 이 경우에는 표 B.1-1에 있는 P_{rb} 와 P_{rt} 를 0으로 놓는다.

부모멘트를 받는 합성단면의 소성모멘트도 이와 비슷한 방법으로 계산할 수 있다. 실제로 많이 발생하는 2가지 경우에 대한 계산식이 표 B.1-2에 주어져 있다.

비합성단면의 소성모멘트는 합성단면에 대한 표 B.1-1 및 표 B.1-2의 식에서 콘크리트 바닥판과 종방향 보강철근에 관한 항을 제거하고 계산해야 한다.

M_p 계산식에서 d 는 요소단면력과 소성중립축 간의 거리이다. 요소단면력은 (a)플랜지와 콘크리트 바닥판의 중심점, (b)웨브의 중앙점, (c)철근의 중심에 작용한다. 모든 요소단면력, 치수 및 거리는 양의 값을 취해야 한다. 소성중립축의 위치와 소성모멘트는 표 B.1-1 및 표 B.1-2에 주어진 순서에 따라 검토해야 한다.

표 B.1-1 정모멘트단면에 대한 \bar{Y} 와 M_p

경우	소성종립축	조건	\bar{Y} 와 M_p
I	웨브	$P_t + P_w \geq P_c + P_s + P_{rb} + P_{rt}$	$\bar{Y} = \left(\frac{D}{2}\right) \left[\frac{P_t - P_c - P_s - P_{rt} - P_{rb}}{P_w} + 1 \right]$ $M_p = \frac{P_w}{2D} [\bar{Y}^2 + (D - \bar{Y})^2] + [P_s d_s + P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_t d_t]$
II	상부플랜지	$P_t + P_w + P_c \geq P_s + P_{rb} + P_{rt}$	$\bar{Y} = \left(\frac{t_c}{2}\right) \left[\frac{P_w + P_t - P_s - P_{rt} - P_{rb}}{P_c} + 1 \right]$ $M_p = \frac{P_c}{2t_c} [\bar{Y}^2 + (t_c - \bar{Y})^2] + [P_s d_s + P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_u d_w + P_t d_t]$
III	콘크리트 바닥판 (P_{rb} 아래부분)	$P_t + P_w + P_c \geq \left(\frac{c_{rb}}{t_s}\right) P_s + P_{rb} + P_{rt}$	$\bar{Y} = (t_s) \left[\frac{P_c + P_w + P_t - P_{rt} - P_{rb}}{P_s} \right]$ $M_p = \left(\frac{\bar{Y}^2 P_s}{2t_s} \right) + [P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_u d_w + P_t d_t]$
IV	콘크리트 바닥판 (P_{rb} 부분)	$P_t + P_w + P_c + P_{rb} \geq \left(\frac{c_{rb}}{t_s}\right) P_s + P_{rt}$	$\bar{Y} = c_{rb}$ $M_p = \left(\frac{\bar{Y}^2 P_s}{2t_s} \right) + [P_{rt} d_{rt} + P_c d_c + P_u d_w + P_t d_t]$
V	콘크리트 바닥판 (P_{rb} 위, P_{rt} 아래부분)	$P_t + P_w + P_c + P_{rb} + P_{rt} \geq \left(\frac{c_{rt}}{t_s}\right) P_s + P_{rt}$	$\bar{Y} = (t_s) \left[\frac{P_{rb} + P_c + P_w + P_t - P_{rt}}{P_s} \right]$ $M_p = \left(\frac{\bar{Y}^2 P_s}{2t_s} \right) + [P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_u d_w + P_t d_t]$
VI	콘크리트 바닥판 (P_{rt} 부분)	$P_t + P_w + P_c + P_{rb} + P_{rt} \geq \left(\frac{c_{rt}}{t_s}\right) P_s$	$\bar{Y} = c_{rt}$ $M_p = \left(\frac{\bar{Y}^2 P_s}{2t_s} \right) + [P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_u d_w + P_t d_t]$
VII	콘크리트 바닥판 (P_{rt} 윗부분)	$P_t + P_w + P_c + P_{rb} + P_{rt} < \left(\frac{c_{rt}}{t_s}\right) P_s$	$\bar{Y} = (t_s) \left[\frac{P_{rb} + P_c + P_w + P_t + P_{rt}}{P_s} \right]$ $M_p = \left(\frac{\bar{Y}^2 P_s}{2t_s} \right) + [P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_c d_c + P_u d_w + P_t d_t]$

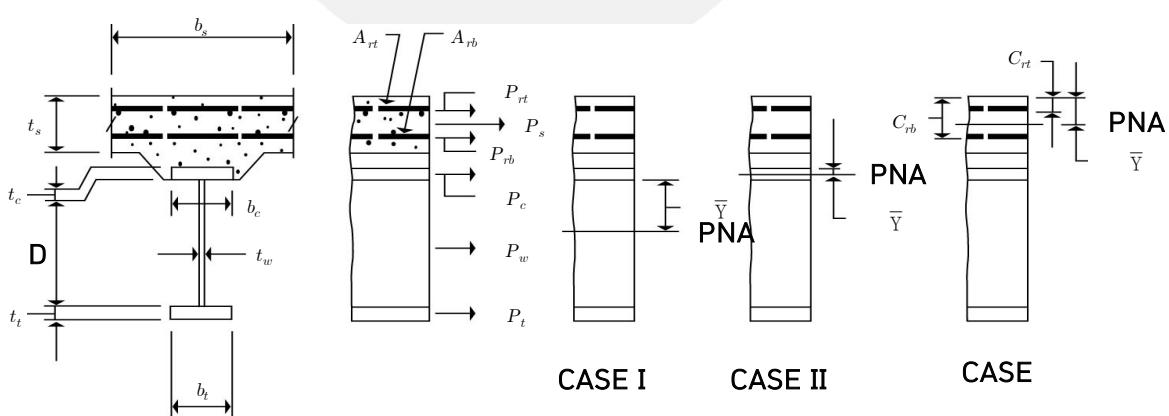
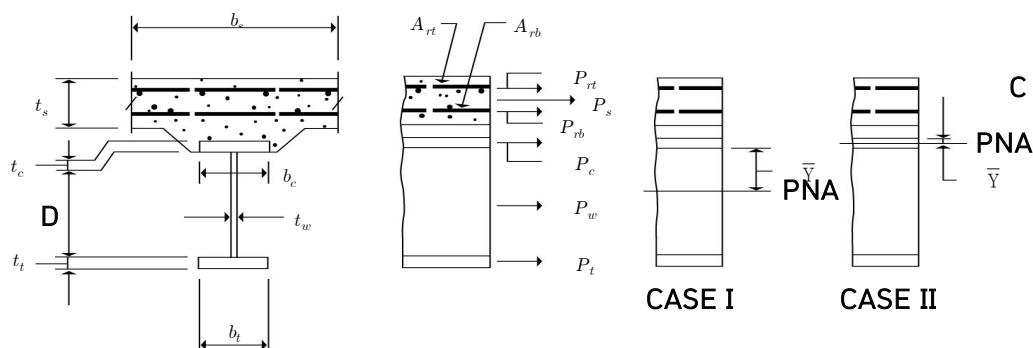


표 B.1-2 부모멘트 단면에 대한 \bar{Y} 와 M_p

경우	소성중립축	조건	\bar{Y} 와 M_p
I	웨브	$P_c + P_w \geq P_t + P_{rb} + P_{rt}$	$\bar{Y} = \left(\frac{D}{2}\right) \left[\frac{P_c - P_t - P_{rt} - P_{rb}}{P_w} + 1 \right]$ $M_p = \frac{P_w}{2D} [\bar{Y}^2 + (D - \bar{Y})^2] + [P_{rt}d_{rt} + P_{rb}d_{rb} + P_t d_t + P_c d_c]$
II	상부플랜지	$P_c + P_w + P_t \geq P_{rb} + P_{rt}$	$\bar{Y} = \left(\frac{t_t}{2}\right) \left[\frac{P_w + P_c - P_{rt} - P_{rb}}{P_t} + 1 \right]$ $M_p = \frac{P_t}{2t_t} [\bar{Y}^2 + (t_t - \bar{Y})^2] + [P_{rt}d_{rt} + P_{rb}d_{rb} + P_w d_w + P_c d_c]$



여기서, $P_{rt} = F_{yrt} A_{rt}$
 $P_s = 0.85 f_c' b_s t_s$
 $P_{rb} = F_{yrb} A_{rb}$
 $P_c = F_y b_c t_c$
 $P_w = F_{yw} D t_w$
 $P_t = F_y b_t t_t$

B.2 항복모멘트

B.2.1 비합성단면

비합성단면의 항복모멘트 M_y 는 강도한계상태에서 압축플랜지가 먼저 항복하는 모멘트(M_{yc})와 인장플랜지가 먼저 항복하는 모멘트(M_{yt}) 중 작은 값이다. 이와 같은 계산 시 모든 형태의 단면에서 플랜지 횡방향 휨과 하이브리드 단면의 웨브항복은 무시해야 한다.

B.2.2 정모멘트부 합성단면

정모멘트부 합성단면의 항복모멘트 M_y 는 강도한계상태에서 상하부 어느 한 쪽 강재 플랜지에서 최초 항복을 일으키는 강재 단면, 단기 합성단면과 장기 합성단면에 각각 작용하는 모멘트의 합과 같다. 이와 같은 계산 시 모든 형태의 단면에서 플랜지 횡방향 휨과 하이브리드 단면의 웨브 항복은 무시해야 한다.

정모멘트부 합성단면의 항복모멘트는 아래와 같이 구한다.

- 콘크리트 바닥판이 굳기 전이나 합성되기 전에 작용하는 계수영구하중에 의한 모멘트 M_{D1} 를 계산한다. 이 모멘트는 강재 단면에 적용된다.
- 나머지 계수영구하중에 의한 모멘트 M_{D2} 를 계산한다. 이 모멘트는 장기 합성단면에 적용된다.
- 단기 합성단면에서 어느 한 쪽 플랜지가 항복응력에 도달하기 위해 추가로 적용해야 하는 모멘트 M_{AD} 를 계산한다.
- 항복모멘트는 총 영구하중에 의한 모멘트와 추가모멘트의 합이다.

계산과정을 식으로 나타내면 다음과 같다.

1) 다음 식에서 M_{AD} 를 구한다.

$$F_{yf} = \frac{M_{D1}}{S_{NC}} + \frac{M_{D2}}{S_{LT}} + \frac{M_{AD}}{S_{ST}} \quad (\text{B.2.2-1})$$

2) 다음을 계산한다.

$$M_y = M_{D1} + M_{D2} + M_{AD} \quad (\text{B.2.2-2})$$

여기서, S_{NC} : 비합성단면의 단면계수 (mm^3)

S_{ST} : 단기 합성단면의 단면계수 (mm^3)

S_{LT} : 장기 합성단면의 단면계수 (mm^3)

M_{D1} , M_{D2} 및 M_{AD} : 단면에 적용되는 계수하중에 의한 모멘트 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)

M_y 는 압축플랜지 항복모멘트 M_{yc} 또는 인장플랜지 항복모멘트 M_{yt} 가운데 작은 값이다.

B.2.3 부모멘트부 합성단면

부모멘트부 합성단면의 경우 B.2.2의 규정에 따라 구한다. 이 때 단기 합성과 장기 합성모멘트에 대한 합성단면은 콘크리트 바닥판 유효폭 내의 종방향 철근과 강재 단면으로 구성된 단면으로 하며 결과적으로 S_{ST} 와 S_{LT} 는 같은 값이다. 또한, M_{yt} 는 인장플랜지 또는 종방향 철근 중에 먼저 항복에 도달할 때에 대응되는 모멘트이다.

B.2.4 덮개판을 갖는 단면

플랜지 덮개판이 포함된 단면의 경우, M_{yc} 또는 M_{yt} 는 고려 중인 플랜지 또는 플랜지에 부착된 덮개판의 응력에 근거하여 먼저 항복에 도달하는 모멘트 가운데 작은 값이다. 이와 같은 계산 시 모든 형태의 단면에서 플랜지 횡방향 힘과 하이브리드 단면의 웨브 항복은 무시해야 한다.

B.3 압축을 받는 웨브의 높이

B.3.1 탄성범위 상태

정모멘트부 합성단면의 경우, 탄성범위에서 압축을 받는 웨브의 높이 D_c 는 고정하중, 활하중 및 충격하중에 의한 강재 단면, 장기 합성단면과 단기 합성단면에 작용하는 하중에 의해 발생하는 응력의 대수적 합이 압축인 웨브의 높이다. 응력 다이아그램으로부터 정모멘트부 단면의 D_c 를 구하는 대신 아래 식을 적용할 수 있다.

$$D_c = \left(\frac{-f_c}{|f_c| + f_t} \right) d - t_{fc} \geq 0 \quad (\text{B.3.1-1})$$

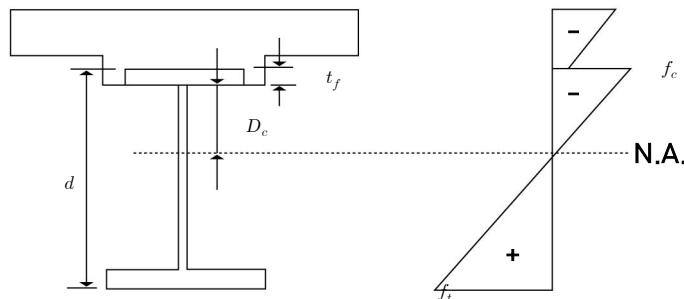


그림 B.3.1-1 정모멘트 단면의 D_c 계산

여기서, d : 강재 단면의 높이 (mm)

f_c : 아래의 여러 하중에 의해 발생된 압축플랜지 힘응력의 합 (MPa)

DC1: 비합성단면에 작용하는 고정하중

DC2: 장기 합성단면에 작용하는 고정하중

DW: 포장하중

LL+IM: 충격하중을 포함한 활하중

f_c 는 압축응력이 음이다. 계산 시 플랜지 횡방향 힘은 무시해야 한다.

f_t : 여러 하중에 의한 인장플랜지 힘응력의 합 (MPa). 계산 시 플랜지 횡방향 힘을 무시해야

한다.

부모멘트부 합성단면의 경우 D_c 는 강재와 종방향 철근만으로 구성된 단면으로 계산한다. 사용한 계상태에 의한 부모멘트부 합성단면의 휨응력을 계산할 때 콘크리트 바닥판이 유효한 것으로 간주하는 경우에는 식 (B.3.1-1)로 D_c 를 산정한다.

B.3.2 소성모멘트 상태

정모멘트부 합성단면의 경우, 소성충립축이 웨브 내에 있는 표 B.1-1의 해당 경우에 대하여 소성모멘트에서 압축을 받는 웨브의 높이 D_{cp} 는 다음과 같이 구한다.

$$D_{cp} = \frac{D}{2} \left(\frac{F_{yt}A_t - F_{yc}A_c - 0.85f'_c A_s - F_{yrs}A_{rs}}{F_{yw}A_w} + 1 \right) \quad (\text{B.3.2-1})$$

여기서, A_c : 압축플랜지 단면적 (mm^2)

A_{rs} : 콘크리트 바닥판 유효폭 내의 종방향 철근의 총단면적 (mm^2)

A_s : 콘크리트 바닥판의 단면적 (mm^2)

A_t : 인장플랜지 단면적 (mm^2)

A_w : 웨브 단면적 (mm^2)

D_{cp} : 소성모멘트에서 압축을 받는 웨브의 높이 (mm)

F_{yrs} : 종방향보강재의 항복강도 (MPa)

정모멘트를 받는 다른 모든 합성단면의 D_{cp} 는 0이다.

부모멘트부 합성단면의 경우, 소성충립축이 웨브 내에 있는 표 B.1-2의 해당 경우에 대하여 D_{cp} 는 다음과 같이 구한다.

$$D_{cp} = \frac{D}{2A_w F_{yw}} [F_{yt}A_t + F_{yw}A_w + F_{yrs}A_{rs} - F_{yc}A_c] \quad (\text{B.3.2-2})$$

다른 모든 부모멘트부 합성단면의 D_{cp} 는 D 와 같다.

비합성단면의 경우 다음을 만족하면,

$$F_{yw}A_w \geq |F_{yc}A_c - F_{yt}A_t| \quad (\text{B.3.2-3})$$

D_{cp} 는 다음과 같이 구한다.

$$D_{cp} = \frac{D}{2A_w F_{yw}} [F_{yt}A_t + F_{yw}A_w - F_{yc}A_c] \quad (\text{B.3.2-4})$$

다른 모든 비합성단면에서 D_{cp} 는 D 와 같다.

B.4 $C_B > 1.0$ 인 경우의 횡비틀림좌굴식

B.4.1 4.3.3.1.8.2(3)의 규정

비지지길이 내에서 단면이 균일한 경우 압축플랜지의 횡비틀림좌굴강도는 다음과 같이 구한다.

- $L_b \leq L_p$ 인 경우

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (\text{B.4.1-1})$$

- $L_p < L_b \leq L_r$ 인 경우

- $L_b \leq L_p + \frac{\left(1 - \frac{1}{C_b}\right)}{\left(1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}}\right)} (L_r - L_p)$ 이면

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (\text{B.4.1-2})$$

- 그 밖의 경우

$$F_{nc} = C_b \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}} \right) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] R_b R_h F_{yc} \leq R_b R_h F_{yc} \quad (\text{B.4.1-3})$$

- $L_b > L_r$ 인 경우

- $L_b \leq \pi r_t \sqrt{\frac{C_b E}{R_h F_{yc}}}$ 이면

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (\text{B.4.1-4})$$

- 그 밖의 경우

$$F_{nc} = F_{cr} \leq R_b R_h F_{yc} \quad (\text{B.4.1-5})$$

위의 식의 모든 기호는 4.3.3.1.8.2,(3) 규정의 정의를 따른다.

B.4.2 A.3.3의 규정

비지지길이 내에서 단면이 균일한 경우 횡비틀림좌굴에 근거한 힘저항강도는 다음과 같이 구한다.

- $L_b \leq L_p$ 인 경우

$$M_{nc} = R_{pc} M_{yc} \quad (\text{B.4.2-1})$$

- $L_p < L_b \leq L_r$ 인 경우

$$\text{- } L_b \leq L_p + \frac{\left(1 - \frac{1}{C_b}\right)}{\left(1 - \frac{F_{yr}S_{xc}}{R_{pc}M_{yc}}\right)} (L_r - L_p) \text{ 인 경우}$$

$$M_{nc} = R_{pc}M_{yc} \quad (\text{B.4.2-2})$$

- 그 밖의 경우

$$M_{nc} = C_b \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr}S_{xc}}{R_{pc}M_{yc}} \right) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] R_{pc}M_{yc} \leq R_{pc}M_{yc} \quad (\text{B.4.2-3})$$

- $L_b > L_r$ 인 경우

$$\text{- } L_b \leq 1.95r_t \frac{C_b S_{xc} E}{R_{pc} M_{yc}} \sqrt{\frac{J}{S_{xc} h}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{R_{pc} M_{yc}}{C_b S_{xc} E} \frac{S_{xc} h}{J} \right)^2}} \text{ 이면}$$

$$M_{nc} = R_{pc}M_{yc} \quad (\text{B.4.2-4})$$

- 그 밖의 경우

$$M_{nc} = F_{cr}S_{xc} \leq R_{pc}M_{yc} \quad (\text{B.4.2-5})$$

위의 식의 모든 기호는 A.3.3 규정의 정의를 따른다.

B.5 지압보강재가 없는 웨브에 작용하는 집중하중

B.5.1 일반규정

하중이 바닥판을 통하여 전달되지 않고 집중하중을 직접 받는 지점부 등에 있는 지압보강재가 없는 웨브는 B.5.2 및 B.5.3의 규정에 따라 웨브 국부항복과 웨브 크리플링 한계상태에 대하여 검토해야 한다.

B.5.2 웨브 국부항복

압축 또는 인장 집중하중을 받는 웨브는 다음을 만족해야 한다.

$$R_u \leq \phi_b R_n \quad (\text{B.5.2-1})$$

여기서, R_n : 집중하중에 대한 공칭저항강도 (N)

- 내측 지점 반력과 부재 단부로부터 d 보다 먼 거리 떨어진 위치에서 집중하중을 받는 경우

$$R_n = (5k + N)F_{yw}t_w \quad (\text{B.5.2-2})$$

- 그 밖의 경우

$$R_n = (2.5k + N)F_{yw}t_w \quad (\text{B.5.2-3})$$

여기서, ϕ_b : 지압에 대한 강도저항계수
 d : 강재 단면의 높이 (mm)
 k : 집중하중 또는 지압 반력에 저항하는 플랜지의 외측 면으로부터 웨브의 필릿용접 끝단 까지의 거리 (mm)
 N : 베어링의 길이 (mm). 단부 베어링에서는 k 이상이어야 한다.
 R_u : 계수집중하중 또는 베어링 반력 (N)

B.5.3 웨브 크리플링

집중압축하중을 받는 웨브는 다음을 만족해야 한다.

$$R_u \leq \phi_w R_n \quad (\text{B.5.3-1})$$

여기서, R_n : 집중하중에 대한 공칭저항강도 (N)

- 내측 지점반력과 부재단부로부터 $d/2$ 이상 떨어진 위치에서 집중하중을 받는 경우

$$R_n = 0.8t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (\text{B.5.3-2})$$

- 그 밖의 경우

- $N/d \leq 0.2$ 이면

$$R_n = 0.4t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (\text{B.5.3-3})$$

- $N/d > 0.2$ 이면

$$R_n = 0.4t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4N}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (\text{B.5.3-4})$$

여기서, ϕ_w : 웨브 크리플링에 대한 강도저항계수

t_f : 집중하중 또는 베어링 반력에 저항하는 플랜지의 두께 (mm)