

제4장 보의 전단설계 **핵심요약**

① 전단 균열

(1) 휨전단균열

- 1) 휨균열이 먼저 발생하고, 휨균열 끝에 경사로 나타나는 균열
- 2) 휨모멘트도 크고, 전단력도 큰 단면에 발생

(2) 복부전단균열

- 1) 복부가 얇고 플랜지가 큰 I형 단면 PC보에서 발생
- 2) 휨모멘트는 작고 전단력이 큰 단면에 발생

② 전단응력

(1) 전단응력

전단력이 크게 작용하여 파괴가 일어나면 휨파괴보다 매우 급작스러운 파괴가 유발된다.

$$v = \frac{V}{b \cdot d}$$

V : 지점에서 내측으로 유효깊이 d 만큼 떨어진 단면의 전단력

b : T형 단면과 같이 폭이 변하는 경우는 최소값 b_w 를 사용

그림과 같이 유효깊이가 변하는 보의 전단응력은 다음과 같다.

$$v = \frac{V_i}{b \cdot d} = \frac{1}{b \cdot d} \left[V - \frac{M}{d} (\tan\alpha + \tan\beta) \right]$$

여기서, α, β 의 부호는 휨모멘트 M 의 절대값이 증가함에 따라

유효높이 d 가 증가하는 경우에는 (+)부호를, d 가 감소하는

경우에는 (-)를 취한다.

③ 전단철근

전단균열에 의하여 전단파괴가 일어나게 되는데 이러한 파괴를 막기위해 사용하는 철근을 전단철근(사인장철근, 복부철근)이라 한다.

(1) 전단철근의 종류

1) 역학적 분류

- ① 부재축에 직각인 수직스터럽
- ② 주인장 철근에 45° 이상의 각도로 배치하는 경사스터럽
- ③ 주인장 철근을 30° 이상의 각도로 구부린 굽힘철근
- ④ 스텐더럽 (①, ②)과 굽힘철근(③)의 병용 (단, ①과 ②의 병용은 불가)
- ⑤ 나선철근

2) 형태상 분류

U형스터럽, 복U형(W형)스터럽, 폐쇄스터럽등이 있으며 폐쇄스터럽은 압축철근이 있는 경우, 부(-)의 모멘트를 받는 곳, 비틀림을 받는곳에서 사용한다.

(2) 전단철근의 설계항복강도(f_s)

사인장 균열폭을 억제하기 위하여 전단철근의 설계항복강도 $f_s \leq 4,000 \text{ kgf/cm}^2$ 로 제한한다.

④ 전단철근의 설계 (강도설계법)

전단에서는 휨설계와 달리 콘크리트의 전단에 대한 전단강도를 인정하고, 콘크리트로써 부족할 때는 전단철근으로 보강한다.

(1) 전단강도

$$V_u \leq \phi V_n = \phi \{V_c + V_s\}$$

여기서, V_u : 계수전단강도

V_n : 공칭전단강도

V_c : 콘크리트가 부담하는 공칭전단강도

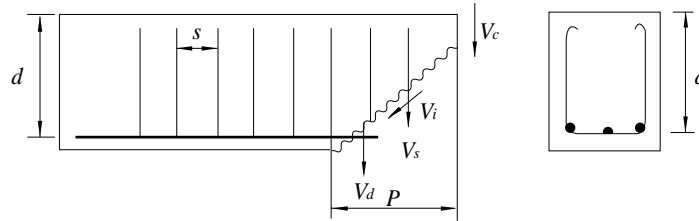
V_s : 전단철근이 부담하는 공칭전단강도

ϕ : 0.8

1) 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

전단과 휨만 받는 부재일 때 간략식 : $V_c = 0.53\sqrt{f_{ck}} \cdot b_w \cdot d$

2) 전단철근이 부담하는 전단강도 (V_s)



$$V_u \leq \phi V_n = \phi \{V_c + V_s + V_d + V_i\} \xrightarrow{V_d, V_i \text{ 무시}} \therefore V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

또한, 전단균열에 저항하는 스티럽의 전단강도

$$V_s = A_v \cdot f_y \cdot \frac{d}{s} \quad \frac{d}{s} = n \text{ (스티럽의 개수)}$$

A_v = 스티럽의 단면적으로서 U형 스티럽의 경우
단면적은 스티럽 한쪽 다리의 단면적 $\times 2$

단, V_s 는 $2.12\sqrt{f_{ck}} \cdot b_w \cdot d$ 를 초과할 수 없다.

(2) 전단철근의 설계

1) $\phi V_c \leq V_u$ 인 경우 : 전단철근 필요 ($V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$)

2) $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ 인 경우 : 최소전단철근 필요

이 경우 이론적으로 전단철근을 필요로 하지 않지만, 최소전단철근

$$A_v = 3.5 \frac{b_w \cdot s}{f_y} \text{ 을 두도록 규정하고 있다.}$$

3) $V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c$ 인 경우 : 전단철근 불필요

4) 전단철근의 간격제한

① 수직스티럽의 간격은 $0.5d$ 이하, 60cm 이하 라야 한다.

② V_s 가 $1.06\sqrt{f_{ck}} \cdot b_w \cdot d$ 를 초과하는 경우 ①의 간격을 절반으로 감소시켜야 한다.

⑤ 전단철근의 설계 (허용응력설계법)

(1) 전단응력

$$v = \frac{V}{b \cdot d}$$

여기서, V : 지점에서 유효높이 d 만큼 떨어진 단면의 전단력
 b : T형단면에서는 복부 폭 b_w 를 사용한다.

1) 콘크리트가 부담하는 전단응력 (v_c)

전단과 휨만을 받는 부재일 때 간략식 : $v_c = 0.25\sqrt{f_{ck}}$

2) 전단철근이 부담하는 전단강도(V')

$$V' = A_v \cdot f_{sa} \cdot \frac{d}{s} \quad \Rightarrow \quad A_v = \frac{V' \cdot s}{f_{sa} \cdot d} \quad , \quad s = \frac{A_v \cdot f_{sa} \cdot d}{V'}$$

단, 전단철근이 부담하는 전단응력($v' = v - v_c$)의 값은 $0.9\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 수 없다.

(2) 전단철근의 설계

1) $v_c < v$ 인 경우 : 전단철근 필요 ($v' = v - v_c$)

2) $\frac{1}{2} v_c < v < v_c$: 최소전단철근 $A_v = 3.5 \frac{b_w \cdot s}{f_y}$ 필요

3) $v \leq \frac{1}{2} v_c$ 인 경우 : 전단철근 불필요

4) 전단철근의 간격제한

① 수직스터럽의 간격은 $0.5d$ 이하, 60cm 이하 라야 한다.

② $v' (=v - v_c)$ 가 $0.5\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과하는 경우 ①의 간격을 절반으로 감소시켜야 한다.