

ACI 318-02 기준의 Strut-and-tie 모델 설계법을 이용한 깊은보의 설계

- Design of RC Deep Beams using Strut-and-tie Model of ACI 318-02 Building Code -



이정윤*
Lee, Jung Yoon

1. 개요

Strut-&-Tie 모델(이하, STM)은 소성이론과 힘의 평형조건을 이용한 트러스 모델의 일종으로 부재의 응력교란구역의 전단설계에 효율적인 설계법이다. ACI 318-02 기준¹⁾에서는 STM을 이용한 부재의 응력교란구역에 대한 전단설계법을 Appendix A에 기술하였다. STM은 힘의 흐름을 명확히 파악하여 보다 합리적인 방법으로 응력교란구역의 내력을 계산할 수 있지만, STM의 기하학적 형태결정 및 힘의 흐름파악에 익숙하지 않은 구조기술자에게는 현행의 실험적 결과에 근거한 반경험식보다 STM설계법이 복잡할 수 있다. 따라서 이 기사에서는 STM의 설계과정을 설명한 후, 비교적 간단한 철근 콘크리트 깊은 보의 내력을 STM설계법과 현행 기준의 설계법에 의하여 계산하여 두 계산법의 차이를 비교하였다.

2. Strut-and-tie 모델의 설계과정

STM에 의하여 철근 콘크리트 부재를 설계하기 위해서는 일반적으로 다음 항목

의 설계과정이 필요하다.

- ① STM의 기하학적인 형태 결정(부재의 D영역을 결정하고, 영역 내에서 힘의 흐름에 기초하여 압축재, 인장재 및 절점을 배치)
- ② 작용하는 하중에 근거하여 압축재와 인장재 및 절점에 작용하는 축력 계산
- ③ 콘크리트의 유효압축강도와 하중계수를 계산하고 스트럿의 형태와 강도 결정
- ④ 절점영역의 분포와 강도 계산
- ⑤ 인장재의 형태, 강도, 필요 단면적 및 정착법 결정
- ⑥ 철근의 배근

〈그림 1〉은 RC부재 D구역의 다양한 STM을 나타낸다. 〈그림 1〉과 같은 STM의 기하학적인 형태를 정할 때에는 아래의 조건을 만족해야 한다.

- ① D구역의 STM은 모든 하중을 지점

또는 인접한 B-구역에 전달할 수 있으며, D-구역의 하중경로에 따라서 스트럿과 타이틀을 정하고, 스트럿과 타이틀에 작용하는 힘을 계산한다. 스트럿과 타이틀의 축은 각각 압축과 인장응력장의 축과 일치하도록 한다. 스트럿과 절점영역의 유효폭은 작용하는 하중과 유효콘크리트 응력을 고려하여 결정한다. 타이틀에 배근되는 철근은 철근강도를 계산하여 정하며, 철근은 절점영역에서 정착되도록 한다.

② STM에 작용하는 하중과 반력은 평형을 이룬다. 반력과 스트럿 및 타이틀의 힘은 정적평형을 이루며 평형조건만을 이용하여 구할 수 있다.

③ 트러스의 형태를 결정할 때 스트럿, 타이틀, 절점구역, 지지구역의 치수가 고려되어야 한다.

④ 타이틀은 스트럿 또는 타이틀 가로지를 수 있지만, 스트럿은 서로를 통과하거나 중복될 수 없다. 스트럿은 단지 절점에서 교

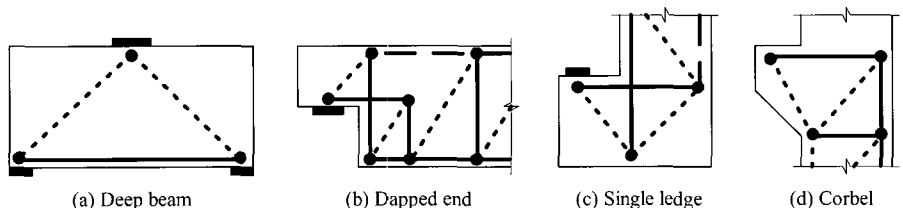


그림 1. 다양한 부재의 STM

* 정희원, 성균관대학교 건축공학과 조교수

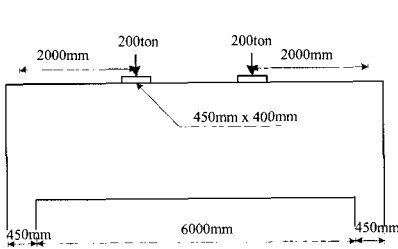


그림 2. 깊은 보의 형태

표 1. 절점과 부재의 종류

절점	종류	부재	종류	비고
A	CCT	1	압축재	병모양 스트럿
B	CCC	2	압축재	프리즘형 스트럿
C	CCC	3	압축재	병모양 스트럿
D	CCT	4	인장재	

차하거나 겹칠 수 있으며, 스트럿이 중복될 경우에 스트럿의 응력도 중복되어야 한다.

⑤ 한 절점에서의 스트럿과 타이의 이르는 각도는 25° 이하가 될 수 없다.

⑥ 스트럿과 타이 및 절점영역의 설계는 다음 식에 근거한다.

$$\phi F_n \geq F_u \quad (1)$$

여기서, F_u 는 계수하중에 의하여 스트럿, 타이, 또는 절점영역의 한 면에 작용하는 힘이다. F_n 는 스트럿, 타이, 또는 절점영역의 공칭강도이며, ϕ 는 강도저감 계수이다. 몇 개의 하중이 존재할 경우에는 각각의 하중에 대하여 내력을 검토해야 한다. ACI 318-02규준에서는 STM의 강도저감계수를 0.75로 규정하고 있다.

3. 깊은 보의 설계

〈그림 2〉는 설계전단하중 (V_u)이 200 t이며, 콘크리트의 압축강도 (f_{ck})와 철근의 항복응력 (f_y)이 각각 270 kgf/cm² 와 4,000 kgf/cm² 인 깊은 보이다. 본고에서는 비교적 간단한 〈그림 2〉의 깊은 보를 STM과 현행규준에 의하여 설계하여 두 방법의 차이를 비교하였다. Case1과 Case2의 두 가지 STM 설계방법은 각각

Tjhin의 설계²⁾에 근거하였다. 계산의 편의를 위하여 부재의 자중은 무시하였다.

3.1 STM에 의한 설계-Case1

Step 1) STM의 기하학적인 형태를 결정한다.(부재의 D영역을 결정하고, 영역 내에서 힘의 흐름에 기초하여 압축재, 인장재 및 절점을 배치)

- 영역 내에서 힘의 흐름에 기초하여 압축재, 인장재 및 절점을 배치한다.
- 이 예제에서는 〈그림 3(a)〉의 STM-1을 택한다. STM-1의 부재 및 절점의 종류는 〈표 1〉과 같다.

Step 2) STM을 정하고 각 부재력을 계산

(1) 타이의 폭을 계산한다.

방법 1)-그림 3(a)의 STM-1에 적합
● 응력중심간의 거리 (jd)가 길면 유리하므로 스트럿 ②의 폭 (w_s)과 타이 ④의 폭 (w_t)은 좁아야 한다. w_s 를 좁게 하기 위하여 스트럿 ②의 부재력 ($F_{u,2}$)은 스트럿 내력에 도달해야 한다.

$$F_{u,2} = \phi F_{nc} = \phi f_{cu} A_c = \phi (0.85 \beta_s \cdot f_{ck}) b \cdot w_s \quad (2)$$

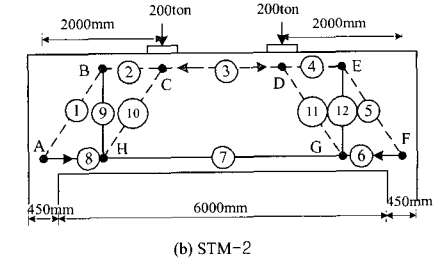


그림 3. 깊은 보의 STM²⁾

여기서 스트럿 ②는 폭이 일정한 프리즘형 스트럿이므로 $\beta_s = 1.0$ 이다.

● w_t 를 좁게 하기 위하여 타이 ④의 부재력 ($F_{u,4}$)은 타이를 정착하기 위한 절점 내력에 도달해야 한다.

$$F_{u,4} = \phi F_{nt} = \phi f_{cu} A_c = \phi (0.85 \beta_s \cdot f_{ck}) b \cdot w_t \quad (3)$$

여기서 절점 A 또는 D는 CCT절점이므로 $\beta_s = 0.8$ 이다.

트러스 해석에서 스트럿 ②와 타이 ④의 부재력은 동일하다.

$$F_{u,2} = F_{u,4} \quad (4)$$

식(2)와 (3)을 식(4)에 대입하면 w_t 는 다음과 같다.

$$w_t = 1.25 w_s \quad (5)$$

따라서 응력중심간의 거리 (jd)는 다음과 같다.

$$jd = 200 - \frac{w_s}{2} - \frac{w_t}{2} = 200 - 1.125 w_s \quad (6)$$

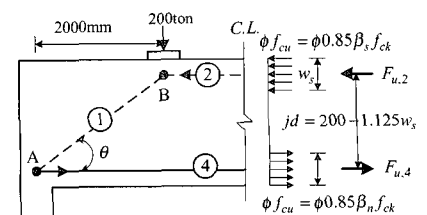


그림 4. 깊은 보의 자유도

(그림 4)와 같이 절점 A에 대한 모멘트의 평형조건에서 다음 식을 구할 수 있다.

$$V_u \times 200 - F_{u,2} \times jd = 0 \quad (7)$$

식(7)에 식(2)와 (6)을 대입하면 스트럿 ②의 폭(w_s)과 타이 ④의 폭(w_t)은 다음과 같다.

$$w_s = 27.5 \text{ cm}, \quad w_t = 30.93 \text{ cm}$$

위에서 구한 w_s 와 w_t 는 각각 스트럿 ②의 내력과 타이 ④의 정착내력을 만족시키는 최소 폭이므로 설계에서는 아래의 값을 사용한다.

$$w_s = 28.0 \text{ cm}, \quad w_t = 32.0 \text{ cm}$$

● 단면의 유효 깊이(d)와 응력중심간의 거리(jd)는 다음과 같다.

$$d = 200 - 32/2 = 184 \text{ cm}$$

$$jd = 200 - w_s/2 - w_t/2 = 200 - 28/2 - 32/2 = 170 \text{ cm}$$

방법 2)-(그림 3(b))의 STM-2에 적합

● 부재의 유효 깊이(d)를 계산한다.

D29철근을 2단으로 배근한다고 가정하여 d 를 계산한다.

$$d = h - \text{cover} - d_s - d_b - \text{순간격}/2 = 200 - 4 - 1.3 - 2.9 - 4/2 = 189.8 \text{ cm}$$

여기서 h 는 단면의 높이, d_s 는 스티럽의 지름, d_b 는 주근의 지름이다.

● 인장재 ④의 폭(w_t)은 다음과 같이 계산한다.

$$w_t = 2(\text{cover} + d_s + d_b + \text{순간격}/2) = 20.4 \text{ cm} \rightarrow 25 \text{ cm}$$

● 휨모멘트 검토

표 4. 부재력

부재	부재력(t)	부재의 폭(cm)	부재내력(t)	판정
1	309.2	50.3	324.7	합격
2	235.3	28.0	241.0	합격
3	309.2	50.3	324.7	합격
4	235.3	32.0	241.0	합격

· 휨모멘트 검토

$$M_u \leq \phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = A_s f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{2 \times 0.85 f_{ck} b} \right)$$

$$40000t \cdot \text{cm} \leq A_s \cdot 4 \left(187.5 - \frac{A_s \cdot 4}{2 \times 0.85 \cdot 0.27 \cdot 50} \right)$$

· 인장철근의 총 단면적

$$A_s = 56.0 \text{ cm}^2$$

· 등가응력블럭의 깊이

$$a = 19.52 \text{ cm}$$

· 중립축의 깊이

$$c = 23.0 \text{ cm}$$

● 압축재 ②의 폭(w_s)은 다음과 같이 계산한다.

$$w_s = c \rightarrow 25 \text{ cm}$$

(2) 트러스의 부재력을 계산

● 스트럿 ②와 부재축이 이루는 각도는 다음과 같다.

$$\theta = \arctan(170/200) = 40.3^\circ$$

● 스트럿 ①과 ③의 부재력은 다음과 같다.

$$F_{u,1} = F_{u,3} = \frac{200}{\sin 40.3^\circ} = 309.2t$$

● 트러스 해석에서 스트럿 ②와 타이 ④의 부재력은 다음과 같다.

$$F_{u,2} = F_{u,4} = 200 \times \cot \theta = 200 \times \cot 40.3^\circ = 235.3t$$

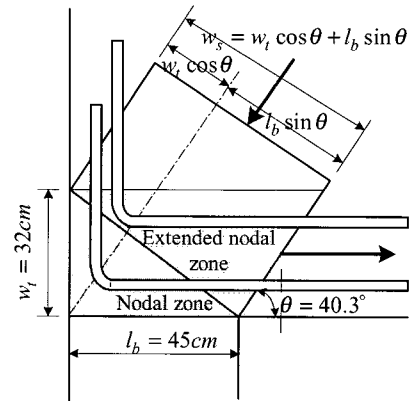


그림 5. 스트럿의 폭 결정

● 스트럿과 타이의 부재력은 <표 2>와 같다.

Step 3) 콘크리트의 유효압축강도와 하중계수를 계산하고 스트럿의 형태와 강도를 검토한다.

(1) 스트럿의 폭을 계산한다.

● <그림 5>와 같이 절점 A에서의 스트럿 ①의 폭을 계산한다.

$$w_{sb} = l_b \sin \theta + w_t \cos \theta$$

$$w_{sb} = 45 \sin 40.3^\circ + 32 \cos 40.3^\circ = 29.1 + 24.4 = 53.5 \text{ cm}$$

● 절점 B에서의 스트럿 ①의 폭을 계산한다.

$$w_{st} = l_d \sin \theta + w_s \cos \theta$$

$$w_{st} = 45 \sin 40.3^\circ + 28 \cos 40.3^\circ = 29.1 + 21.2 = 50.3 \text{ cm}$$

O.K.

(2) 스트럿의 내력을 검토한다.

● 스트럿 ①과 ③의 내력을 계산한다.

$$\phi F_{ns,1} = \phi F_{ns,3} = \phi(0.85\beta f_{ck})bw_{sb}$$

$$= 0.75 \times (0.85 \times 0.75 \times 270)50 \times 50.3$$

$$= 324.7t$$

여기서 병모양 스트럿이며 균열직각 방향의 철근비가 0.003 이상, $\beta_s = 0.75$

● 스트럿 ②의 내력을 계산한다.

$$\phi F_{ns,2} = \phi(0.85\beta f_{ck})bw_{st}$$

$$= 0.75 \times (0.85 \times 1.0 \times 270)50 \times 28$$

$$= 241.0t$$

여기서 프리즘형 스트럿 $\beta_s = 1.0$

● 스트럿의 내력을 <표 2>와 같다.

Step 4) 절점영역의 분포와 강도를 계산한다.

(1) 절점영역의 내력을 검토한다.

● 절점영역이 요구하는 면적(w_{req})은 다음 식에 의하여 계산한다.

$$w_{req} = \frac{F_u}{\phi 0.85 \cdot \beta \cdot f_{ck} \cdot b_w}$$

● 절점 A(CCT절점)의 반력(R)에 대한 요구 면적($w_{req,A}$), (CCT절점 $\beta = 0.8$)

$$w_{req,A} = \frac{F_u}{\phi 0.85 \cdot \beta \cdot f_{ck} \cdot b_w}$$

$$= \frac{200,000}{0.75 \times 0.85 \cdot 0.8 \cdot 270 \cdot 50}$$

$$= 29.0 \text{ cm}$$

● 절점 B(CCC절점)의 하중(V)에 대한 요구면적($w_{req,B}$), (CCC절점 $\beta = 1.0$)

$$w_{req,B} = \frac{F_u}{\phi 0.85 \cdot \beta \cdot f_{ck} \cdot b_w}$$

$$= \frac{200,000}{0.75 \times 0.85 \cdot 1.0 \cdot 270 \cdot 50}$$

$$= 23.2 \text{ cm}$$

● 각 절점에서 요구하는 면적 및 실제 면적과의 비교는 <표 3>과 같다.

표 3. 절점의 설계 검토

절점	절점종류	β	부재종류	부재력(t)	요구된 폭(cm)	실제 폭(cm)	판정	보완
A	CCT	0.8	R	200.0	29.0	45.0	합격	
			1	309.2	44.8	53.5	합격	
			4	235.3	34.1	32.0	불합격	철근배근
B	CCC	1.0	V	200.0	23.2	45.0	합격	
			1	309.2	35.9	50.3	합격	
			2	235.3	27.3	28.0	합격	

(2) 하중점 B와 지지점 A에서의 지압내력검토

● 지압판의 면적 :

$$A_c = 45 \times 50 = 2,250 \text{ cm}^2$$

● 하중점 B와 지지점 A에 작용하는 응력 :

$$\frac{V_u}{A_c} = \frac{200,000}{2250} = 88.9 \text{ kgf/cm}^2$$

● 하중점 B는 CCC절점이므로 절점의 유효압축강도는

$$f_{cu,B} = 0.85\beta_n f_{ck} = 0.85 \times 1 \times 270$$

$$= 229.5 \text{ kgf/cm}^2$$

● 반력점 A는 CCT절점이므로 절점의 유효압축강도는

$$f_{cu,A} = 0.85\beta_n f_{ck} = 0.85 \times 0.8 \times 270$$

$$= 183.6 \text{ kgf/cm}^2$$

● 하중점과 지지점의 지압내력은 다음과 같다.

$$\phi f_{cu,B} = 0.75 \times 229.5$$

$$= 172.1 \text{ kgf/cm}^2 > 88.9 \text{ kgf/cm}^2$$

O.K.

$$\phi f_{cu,A} = 0.75 \times 183.6$$

$$= 137.7 \text{ kgf/cm}^2 > 88.9 \text{ kgf/cm}^2$$

O.K.

Step 5) 인장재의 철근량 계산

● 타이 ④의 철근량을 계산한다.

$$\phi F_{nt} = \phi A_s f_y \geq F_{u,A} = 235.3t$$

$$A_{st} = \frac{F_{u,A}}{\phi f_y} = \frac{235300}{0.75 \times 4000} = 78.4 \text{ cm}^2$$

● 철근을 선택한다.

2단 배열 5D32

$$= 2 \times 5 \times 7.942 = 79.42 \text{ cm}^2, \text{ 부재 바닥에서 } 8 \text{ cm, } 24 \text{ cm에 배근}$$

3단 배열 5D29

$$= 3 \times 5 \times 6.424 = 96.36 \text{ cm}^2, \text{ 부재 바닥에서 } 8 \text{ cm, } 16 \text{ cm, } 24 \text{ cm에 배근}$$

2단 배열 5D32를 선택,

$$\text{철근량 } A_{st} = 79.42 \text{ cm}^2$$

Step 6) 철근의 정착을 검토한다.

● 타이 ④에서 90° 갈고리를 사용할 경우에 필요한 정착길이(l_{dh})는 아래와 같다.

$$l_{dh} = \frac{305d_b}{\sqrt{f_{ck}}} \alpha \beta \gamma \lambda$$

$$= \frac{305 \times 3.18}{\sqrt{270}} \times 1 \times 1 \times 1 \times \frac{78.4}{79.42}$$

$$= 58.27 \text{ cm}$$

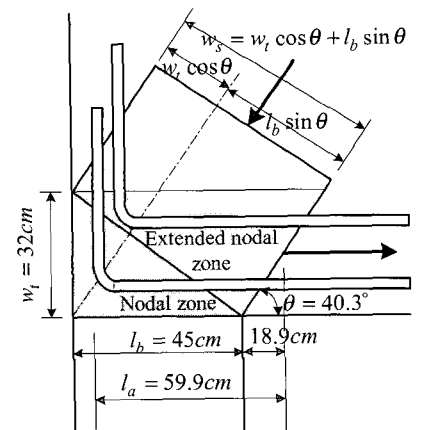


그림 6. 철근의 정착길이

여기서 l_a 는 요구 철근량을 소요 철근량으로 나눈 값이다. ACI 318-02 기준에서는 정착길이가 <그림 6>과 같이 타이 내의 철근의 도심이 확장절점영역을 지나 부재 경간으로 들어가는 점에서부터 시작한다.

<그림 6>에서 철근의 정착길이는 아래와 같다.

$$l_a = 45 + 18.9 - 4(\text{피복두께}) - 1.3(\text{전단보강근}) = 58.6 \text{ cm}$$

Step 7) 균열제어에 필요한 최소철근량을 계산한다.

● 부재축과 수직방향의 최소철근량을 계산한다. (D13 철근 사용)

$$A_v = 0.0015 b_w s = 0.0015 \times 50 \times s$$

$$s = 33.8 \text{ cm} \text{ 또는 } s \leq \frac{d}{5} \text{ 또는}$$

$$40 \text{ cm} \text{ 이하, } s = 33.8 \text{ cm} \rightarrow 30 \text{ cm}$$

● 부재축방향의 최소철근량을 계산한다. (D16 철근 사용)

$$A_{vh} = 0.0025 b_w s_h = 0.0025 \times 50 \times s_h$$

$$s_h = 31.8 \text{ cm} \text{ 또는 } s_h \leq \frac{d}{3} \text{ 또는}$$

$$40 \text{ cm} \text{ 이하, } s_h = 31.8 \text{ cm} \rightarrow 28 \text{ cm}$$

Step 8) 병모양 스트럿 ①과 ③에 필요한 최소철근량을 계산한다.

● 병모양 스트럿 ①과 ③에 필요한 최소철근량을 계산한다.

$$\sum \frac{A_{si}}{b s_i} \sin \gamma_i \geq 0.003$$

$$\sum \frac{A_{si}}{b s_i} \sin \gamma_i = \frac{2 \times 1.986}{50 \times 28} \sin 40.3 + \frac{2 \times 1.267}{50 \times 30} \sin 49.7 = 0.00312$$

합격

Step 9) 철근을 배근한다.

3.2 ACI 318-02에 의한 일반설계

<그림 2>의 깊은 보를 ACI 318-02 기준에 의하여 설계한 후 이를 STM결과와 비교하였다. ACI 318-02 기준에서 휨 및 전단에 대한 강도저감계수는 각각 0.9 및 0.75이다.

(1) 휨보강 설계

● 휨인장철근의 단면적을 계산한다.

· 인장철근을 2중 배근으로 함

$$: d = 1.85m$$

· 하중이 보 상부에 작용할 경우

$$: jd = 0.8d$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \times f_y \times jd} = \frac{4,000,000}{0.9 \times 4000 \times 0.8 \times 185} = 75.1 \text{ cm}^2$$

● 철근을 선택한다.

· 2단 배열 5D32

$$= 2 \times 5 \times 7.942 = 79.42 \text{ cm}^2, \text{ 부재 바닥에서 } 7.5 \text{ cm, } 22.5 \text{ cm에 배근}$$

· 2단 배열 5D32를 선택, 철근량

$$A_{st} = 79.42 \text{ cm}^2$$

● 최소·최대철근을 검토한다.

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{79.42}{50 \times 185} = 0.0086$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = 0.0035$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b$$

$$= 0.75 \times 0.85 \times \beta_b \times \frac{f_{ck}}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$= 0.091$$

적합

(2) 전단보강 설계

● 위험단면 :

$$\text{등분포하중} \rightarrow 0.15 l_n,$$

$$\text{집중하중} \rightarrow 0.5a < d$$

$$M_u = 200 \times (1 + 0.45/2) = 245t \cdot m$$

$$V_u = 200t$$

$$\frac{l_n}{d} = \frac{5.55}{1.85} = 3.0 \text{ m이므로}$$

$$\bullet 2 \leq \frac{l_n}{d} < 5,$$

$$V_n \leq 0.18 \left(10 + \frac{l_n}{d} \right) \sqrt{f_{ck}} b_w d$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{200}{0.75} = 266.7$$

$$\leq 0.18 \left(10 + \frac{l_n}{d} \right) \sqrt{f_{ck}} b_w d$$

$$= 355.7t$$

(a) V_c : 콘크리트에 의한 공칭 전단 강도

$$V_c = \left(3.5 - 2.5 \frac{M_u}{V_u d} \right) \times$$

$$\left(0.5 \sqrt{f_{ck}} + 176 \rho_w \frac{V_u}{M_u} d \right) b_w d$$

$$< 1.59 \sqrt{f_{ck}} b_w d$$

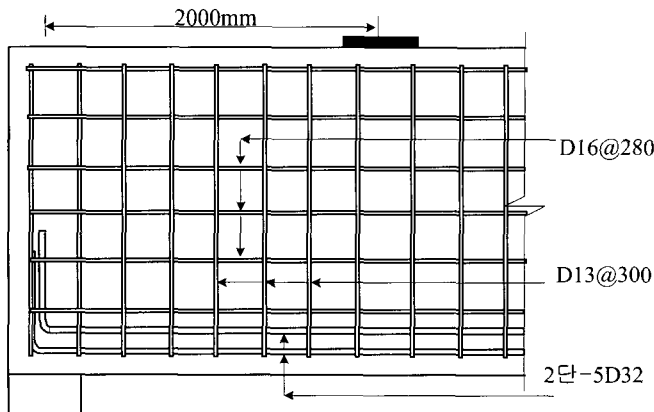


그림 7. 철근의 배근

$$\left(3.5 - 2.5 \frac{M_u}{V_u d}\right) \leq 2.5 \text{에서}$$

$$\left(3.5 - 2.5 \frac{M_u}{V_u d}\right) = 1.84 \text{이므로,}$$

$$V_c = 1.84(0.5\sqrt{f_{ck}} + 176 \rho_w \frac{V_u}{M_u} d)bd = 179.2tf$$

$$< 1.59\sqrt{f_{ck}} b_w d = 241.7tf$$

그러므로, $V_c = 179.2tf$

(b) V_s : 철근에 의한 공칭 전단 강도
 ● 부재축과 수직방향의 최소철근량을 계산한다. (D13철근 사용)

$$A_v = 0.0015b_w s = 0.0015 \times 50 \times s$$

$$s = 33.8cm \text{ 또는 } s \leq \frac{d}{5} \text{ 또는}$$

$$40cm \text{ 이하, } s = 33.8cm \rightarrow 30cm$$

● 부재축방향의 최소철근량을 계산한다. (D16철근 사용)

$$A_{vh} = 0.0025b_w s_h = 0.0025 \times 50 \times s$$

$$s_h = 31.8cm \text{ 또는 } s_h \leq \frac{d}{3} \text{ 또는}$$

$$40cm \text{ 이하 } s_h = 31.8cm \rightarrow 28cm$$

● 철근량을 계산한다

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{200}{0.75} - 179.2 = 87.5tf$$

$$V_s = \left[\frac{A_v}{s} \left(\frac{1 + l_n/d}{12} \right) + \frac{A_{vh}}{s_h} \left(\frac{11 - l_n/d}{12} \right) \right] f_y d$$

$$= [0.02822 + 0.09476] f_y d$$

$$= 91.0t > V_s = 87.5tf$$

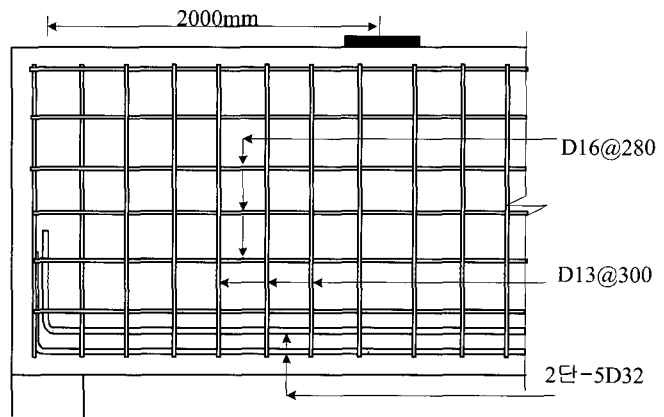


그림 8. 철근의 배근

부재축과 수직방향의 최소철근량을 계산한다.

(D13철근 사용)

$$A_v = 2 \times 1.27 = 2.54 cm^2$$

부재축과 방향의 최소철근량을 계산한다. (D13철근 사용)

$$A_{vh} = 2 \times 1.99 = 3.98 cm^2$$

● 수직 전단보강 D13@300,
 수평 전단보강 D16@280

4. 맺음말

3장의 STM에 의한 설계법은 응력교란 구역의 힘의 흐름 파악이 용이하며, 계산된 철근의 양(그림 7) 참조)은 현행 ACI 318-02 규준에 의하여 계산된 철근의 양(그림 8) 참조)과 동일하였다. 그러나 <그림 3(b)>의 STM-Case2에 의하여 계산된 철근의 양은 <그림 3(a)>의 Case1에 의한 결과와 차이가 있다. 이와 같이 STM설계법은 스트럿과 타이의 기하학적 형태에 의하여 계산결과가 다를 수 있으므로 이에 대한 주의가 필요하다.

STM 설계법은 CEB-FIP Model

Codes, Canadian Code, AASHTO 및 German Code DIN 1045-1에 사용되고 있으며 ACI 318-02 규준의 Appendix에 소개되었다. STM설계법은 응력교란구역에 대한 설계법으로 다음 ACI 규준에 반영될 것으로 판단된다. □

참고문헌

1. ACI Committee 318-02, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary (ACT 318-02 / ACI 318R-02)," American Concrete Institute, Detroit, 2002, pp.443
2. Reineck, K. H., "Examples for the Design of Structural Concrete with Strut-and-Tie Models," ACI SP-208, 2002, pp.242.