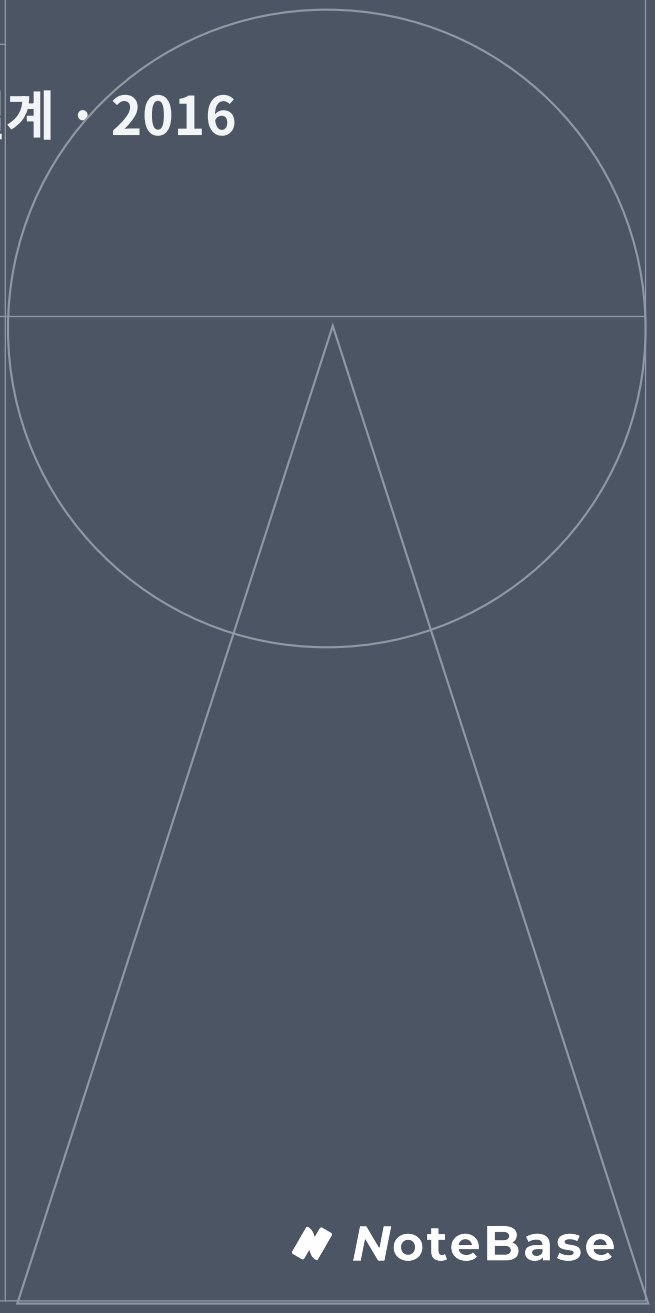
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 토목설계 · 2016



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 토목설계 · 2016

공무원/지방직/9급 · 토목설계 · 2016

문 1. 프리텐션 방식의 PSC보에서 발생되는 응력손실로 옳지 않은 것은?

① 콘크리트의 크리프에 의한 손실

② 콘크리트의 탄성수축에 의한 손실

③ 긴장재 응력의 릴랙세이션에 의한 손실

④ 긴장재와 덕트 사이의 마찰에 의한 손실

정답 4번

간단한 해설

긴장재와 덕트 사이의 마찰손실은 덕트 속 긴장재를 잡아당기는 **포스트텐션 방식**에서 발생한다. 프리텐션은 긴장재를 먼저 당긴 뒤 콘크리트를 타설하고, 굳은 콘크리트와 긴장재의 부착으로 힘을 전달하므로 이러한 마찰손실이 발생하지 않는다.

선지별 해설

① O: 크리프는 콘크리트가 **지속적인 압축응력 아래에서 시간에 따라 추가로 줄어드는 현상**이다. 프리텐션 보의 콘크리트가 크리프로 짧아지면 부착된 긴장재도 함께 짧아져 긴장재의 인장응력이 감소한다.

② O: 프리텐션에서는 콘크리트가 굳은 뒤 긴장재의 외부 구속을 풀어 프리스트레스를 콘크리트에 전달한다. 이때 콘크리트가 압축을 받아 **즉시 탄성수축**하고, 부착된 긴장재도 함께 짧아지므로 긴장재의 인장응력이 감소한다. 이는 시간이 지나며 진행되는 크리프와 구별된다.

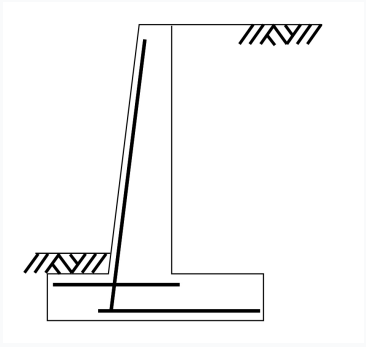
③ O: 릴랙세이션은 긴장재를 늘인 상태에서 **길이를 일정하게 유지해도 시간에 따라 인장응력이 감소하는 현상**이다. 긴장재 자체의 재료 특성에 따른 현상이므로 프리텐션에서도 응력손실의 원인이 된다.

④ X: 긴장재와 덕트 사이의 마찰손실은 **포스트텐션 방식의 손실**이다. 포스트텐션에서는 굳은 콘크리트 안의 덕트를 통해 긴장재를 당기므로 접촉부의 마찰이 긴장력 전달을 방해한다. 프리텐션에서는 콘크리트를 타설하기 전에 긴장재를 당기므로 덕트 속에서 긴장재를 당길 때 생기는 이 손실은 발생하지 않는다.

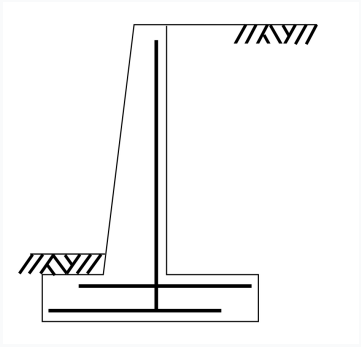
NoteBase

문 2. 그림 중 역T형 옹벽의 개략적인 주철근 배근으로 가장 적절한 것은?

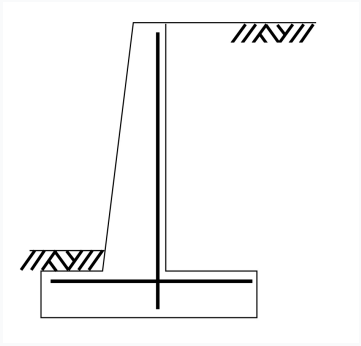
①



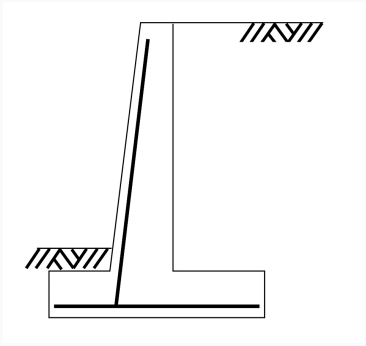
②



③



④



정답 2번

간단한 해설

주철근은 휨으로 인장력이 생기는 쪽에 배치한다. 그림처럼 오른쪽에 뒷채움 흙이 있는 역T형 옹벽은 **벽체의 흙 쪽 면, 앞굽의 아래쪽, 뒷굽의 위쪽**에 주철근을 둔다.

NoteBase

도식 해설

그림의 높은 지표면이 있는 오른쪽이 뒷채움 흙 쪽이다. 저판 중 벽체 왼쪽의 돌출부는 앞굽, 오른쪽의 돌출부는 뒷굽이다. 벽체와 두 굽은 각각 접합부에 고정된 캔틸레버로 생각하며, 콘크리트가 인장에 약하므로 주철근은 휨에 의한 인장력을 받는 쪽에 배치한다.

벽체: 오른쪽의 흙이 벽체를 왼쪽으로 미는 토압을 가한다. 저판에 고정된 벽체가 왼쪽으로 휘면 **흙에 접한 오른쪽 면**에 인장력이 생기므로, 그 면 가까이에 수직 주철근을 둔다.

앞굽: 지반반력이 아래에서 위로 작용하며, 앞굽의 자중 등을 뺀 순상향 하중에 의해 위로 휘는 캔틸레버로 거동한다. 이때 **앞굽의 아래쪽**이 인장측이므로 수평 주철근은 저판 하부에 둔다.

뒷굽: 위에 놓인 뒷채움 흙의 무게와 저판 자중 등 하향 하중을 받는다. 일반적인 배근 개략도에서는 지반반력을 고려한 순하향 하중으로 아래로 휘는 거동에 대응하여, 인장측인 **뒷굽의 위쪽**에 수평 주철근을 둔다.

배근도 대조: ②는 벽체 오른쪽의 수직 철근, 앞굽 하부의 수평 철근, 뒷굽 상부의 수평 철근을 모두 나타낸다. ①·④의 벽체 주철근은 왼쪽에 있으므로 흙 쪽인 오른쪽으로 옮겨야 한다. 또한 ①은 앞굽 상부·뒷굽 하부의 배근을 각각 앞굽 하부·뒷굽 상부로 바꾸어야 하고, ④도 뒷굽 상부에 주철근이 필요하다. ③은 벽체와 뒷굽의 위치는 맞지만 앞굽 주철근이 상부에 있으므로 하부에 배치해야 한다.

NoteBase

문 3. 콘크리트의 크리프에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 다짐이 불충분하면 크리프 변형률은 증가한다.

② 물－시멘트비가 클수록 크리프 변형률은 증가한다.

③ 단면의 치수가 클수록 크리프 변형률은 증가한다.

④ 대기 중의 습도가 감소하면 크리프 변형률은 증가한다.

정답 3번

간단한 해설

③의 '증가한다'는 **감소한다**로 고쳐야 한다. 다른 조건이 같으면 단면이 클수록 부피에 비한 노출 표면적이 작아져 건조가 느려지므로, 건조에 수반되는 크리프가 줄어든다.

선지별 해설

크리프는 지속적인 하중을 받는 콘크리트에서 시간이 지남에 따라 변형률이 추가로 증가하는 현상이다. 각 요인의 영향은 다른 배합·재하·환경 조건이 같다는 전제에서 비교한다.

① O: 다짐이 불충분하면 내부에 공극이 많이 남아 콘크리트의 치밀성과 강도가 낮아진다. 따라서 **같은 지속응력**을 받을 때 시간에 따른 변형이 커져 크리프 변형률이 증가한다.

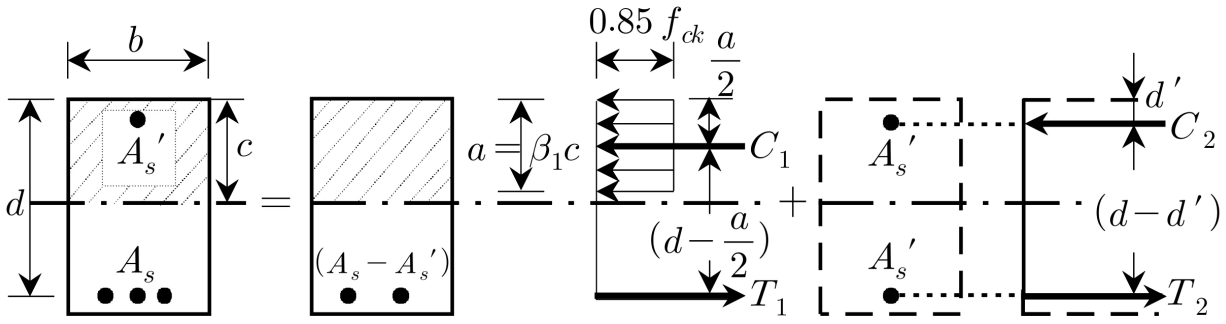
② O: 다른 조건이 같으면 물－시멘트비가 클수록 경화된 시멘트 페이스트에 모세관 공극이 많아지고 강도가 낮아진다. 이에 따라 **지속하중에 대한 변형 저항이 작아져** 크리프 변형률이 증가한다.

③ X: 단면의 치수가 클수록 크리프 변형률은 일반적으로 **감소한다**. 형상이 비슷한 부재에서 단면이 커지면 부피에 비한 외기 노출 표면적이 작아지고 내부 수분이 빠져나가는 경로도 길어져 건조가 느려진다. 따라서 같은 재하·환경 조건과 경과시간에서는 건조에 수반되는 크리프가 작아진다.

④ O: 대기 중의 습도가 낮아지면 콘크리트 내부와 외기 사이의 습도 차이가 커져 수분 손실이 촉진된다. 하중을 받는 동안 건조가 진행되면 **건조에 수반되는 추가 크리프**가 발생하므로 크리프 변형률이 증가한다. 이는 하중 없이도 생기는 건조수축과 구별된다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 복철근 직사각형 보의 공칭휨강도 M_n을 구하는 식으로 옳은 것은? (단, 압축철근은 항복한 것으로 가정하고, f_y는 철근의 설계기준항복강도, f_{ck}는 콘크리트의 설계기준압축강도이다)



① $M_n = f_y(A_s - A'_s)(d - \frac{a}{2}) + f_y A'_s(d - d'),\ a = \frac{f_y(A_s - A'_s)}{0.85 f_{ck} b}$

② $M_n = f_y(A_s - A'_s)(d - \frac{a}{2}) + f_y A'_s(d - d'),\ a = \frac{f_y A_s}{0.85 f_{ck} b}$

③ $M_n = f_y(A_s - A'_s)(d - d') + f_y A'_s(d - \frac{a}{2}),\ a = \frac{f_y(A_s - A'_s)}{0.85 f_{ck} b}$

④ $M_n = f_y(A_s - A'_s)(d - d') + f_y A'_s(d - \frac{a}{2}),\ a = \frac{f_y A_s}{0.85 f_{ck} b}$

정답 1번

간단한 해설

콘크리트 압축력은 전체 인장력에서 **압축철근이 부담하는 힘을 뺀 값**이다. 공칭휨강도는 콘크리트 압축력에 $d - \frac{a}{2}$를 곱한 모멘트와 압축철근 힘에 $d - d'$를 곱한 모멘트를 더해 구한다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 A_s와 A'_s는 각각 인장철근과 압축철근의 단면적이고, b는 보의 폭이다. d와 d'는 압축연단에서 각각 인장철근과 압축철근의 도심까지의 거리이며, a는 등가 직사각형 압축응력블록의 깊이이다.

철근과 콘크리트의 힘: 인장철근이 항복하는 휨강도 산정에서 전체 인장력은 $T = f_y A_s$이다. 압축철근도 항복한다고 주어졌으므로 $C_2 = f_y A'_s$이다. 그림의 분해처럼 압축철근과 같은 면적의 인장철근을 한 쌍으로 묶으면, 나머지 인장철근 면적은 $A_s - A'_s$이다. 따라서 콘크리트가 부담하는 압축력은 **전체 인장력에서 압축철근 힘을 뺀 값**인 $C_1 = f_y(A_s - A'_s)$이다.

압축응력블록의 깊이: 그림의 등가응력은 $0.85f_{ck}$이고 블록의 면적은 ba이므로 $C_1 = 0.85f_{ck}ba$이다. 힘의 평형에서 $0.85f_{ck}ba = f_y(A_s - A'_s)$이며, 이를 정리하면 $a = \frac{f_y(A_s - A'_s)}{0.85f_{ck}b}$이다. 여기에는 전체 인장철근 면적이 아니라 **콘크리트 압축력과 평형을 이루는 철근 면적**을 사용한다.

콘크리트와 인장철근의 모멘트: 직사각형 압축응력블록의 합력 C_1은 압축연단에서 $\frac{a}{2}$인 위치에 작용한다. 인장철근까지의 **모멘트 팔길이는** $d - \frac{a}{2}$이므로, 이 힘의 쌍이 부담하는 모멘트는 $M_1 = f_y(A_s - A'_s)(d - \frac{a}{2})$이다.

압축철근과 인장철근의 모멘트: 압축철근 힘 C_2와 이에 대응하는 인장력은 모두 $f_y A'_s$이고, 두 철근 도심 사이의 **모멘트 팔길이는** $d - d'$이다. 따라서 이 힘의 쌍이 부담하는 모멘트는 $M_2 = f_y A'_s(d - d')$이다.

공칭휨강도는 두 모멘트를 합한 $M_n = M_1 + M_2$이다. 각 항은 힘에 거리를 곱하므로 모멘트의 단위를 갖는다. 위의 두 모멘트 항과 압축응력블록 깊이 a의 식을 함께 제시한 것은 ①이다.

NoteBase

문 5. 철근콘크리트 단순보에 고정하중 30 kN/m와 활하중 60 kN/m만 작용할 때 강도설계법의 하중계수를 고려한 계수하중[kN/m]은? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 112

② 120

③ 132

④ 138

정답 3번

간단한 해설

고정하중과 활하중의 동시 작용 조합에서는 **고정하중에 1.2, 활하중에 1.6**을 곱한다. 계수하중은 1.2 × 30 + 1.6 × 60 = 132 kN/m이며, 고정하중만 고려한 조합보다 크다.

계산 과정

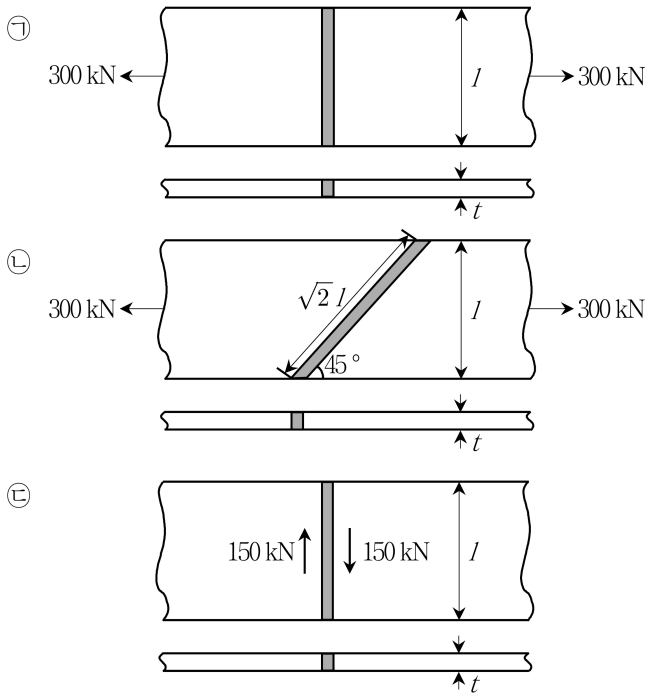
1. 적용 조건과 하중조합: 고정하중 D = 30 kN/m, 활하중 L = 60 kN/m이다. 강도설계법에서는 하중의 불확실성 등을 고려하여 하중계수를 곱한다. 2012년도 콘크리트구조기준에 따라 이 조건에서는 $1.4D$와 $1.2D + 1.6L$의 조합을 검토하고, 단순보에 **더 큰 하중효과를 일으키는 조합**을 적용한다.

2. 조합별 계산: 고정하중만 고려한 조합은 1.4 × 30 = 42 kN/m이다. 고정하중과 활하중을 함께 고려하면 각각의 계수하중 성분은 1.2 × 30 = 36 kN/m와 1.6 × 60 = 96 kN/m이다. 이를 합하면 36 + 96 = 132 kN/m이다.

3. 결과: 132 kN/m가 42 kN/m보다 크므로 설계에 적용할 계수하중은 132 kN/m이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 폭과 두께가 일정한 강재를 완전용입용접으로 연결하였을 때 용접부에 작용하는 응력[MPa]은? (단, l = 300 mm, t = 10 mm이다)



① ㉠: 100, ㉡: 100, ㉢: 100

② ㉠: 100, ㉡: 141, ㉢: 100

③ ㉠: 100, ㉡: 141, ㉢: 50

④ ㉠: 100, ㉡: 100, ㉢: 50

정답 4번

간단한 해설

경사진 ㉡의 인장응력은 **하중방향에 직각으로 투영한 용접길이**를 사용하므로 ㉠과 같은 100 MPa이다. ㉢은 같은 유효면적에 150 kN의 전단력이 작용하여 전단응력이 50 MPa이다.

NoteBase

계산 과정

완전용입용접은 강재 두께 전체가 용접되므로 유효목두께 a는 10 mm이다. 용접부 응력은 전달되는 힘을 유효면적으로 나누어 구한다. 인장응력은 $\sigma = \frac{P}{aL_e}$, 전단응력은 $\tau = \frac{V}{aL_e}$이며, P는 인장력, V는 전단력, L_e는 유효용접길이이다. 힘을 N, 면적을 mm^2로 넣으면 응력 단위는 N/mm^2, 즉 MPa가 된다.

㉠: 용접선이 인장력에 직각이므로 유효길이는 300 mm이고, 유효면적은 $10 \times 300 = 3{,}000\ mm^2$이다. 양쪽의 300 kN은 같은 인장력을 전달하는 한 쌍의 힘이므로 **전달 인장력은 300 kN**이다. 따라서 $\sigma = \frac{300{,}000}{3{,}000} = 100$ MPa이다.

㉡: 실제 용접길이는 $\sqrt{2}l$이지만, 인장응력 계산에 사용하는 유효길이는 **하중방향에 직각으로 투영한 길이**이다. 따라서 $L_e = \sqrt{2}l \sin 45^\circ = l$이므로 300 mm이다. 유효면적은 $3{,}000\ mm^2$로 ㉠과 같고, $\sigma = \frac{300{,}000}{3{,}000} = 100$ MPa이다.

㉢: 그림의 힘은 용접면을 따라 서로 반대 방향으로 작용하므로 전단응력을 구한다. 용접부가 전달하는 전단력은 **150 kN**이고, 유효면적은 $10 \times 300 = 3{,}000\ mm^2$이다. 따라서 $\tau = \frac{150{,}000}{3{,}000} = 50$ MPa이다.

㉠ 100 MPa, ㉡ 100 MPa, ㉢ 50 MPa로, ④의 수치 조합과 일치한다.

NoteBase

문 7. 우리나라 고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반 국도상 교량의 내진등급은? (단, 2010년도 도로교설계기준을 적용한다)

① 내진 I등급

② 내진 II등급

③ 내진 III등급

④ 내진 IV등급

정답 1번

간단한 해설

2010년도 도로교설계기준은 고속도로·자동차전용도로·특별시도·광역시도 또는 일반 국도상의 교량을 **내진 I등급교**로 분류한다. 교량이 놓이는 도로의 종류가 이 분류에 직접 해당한다.

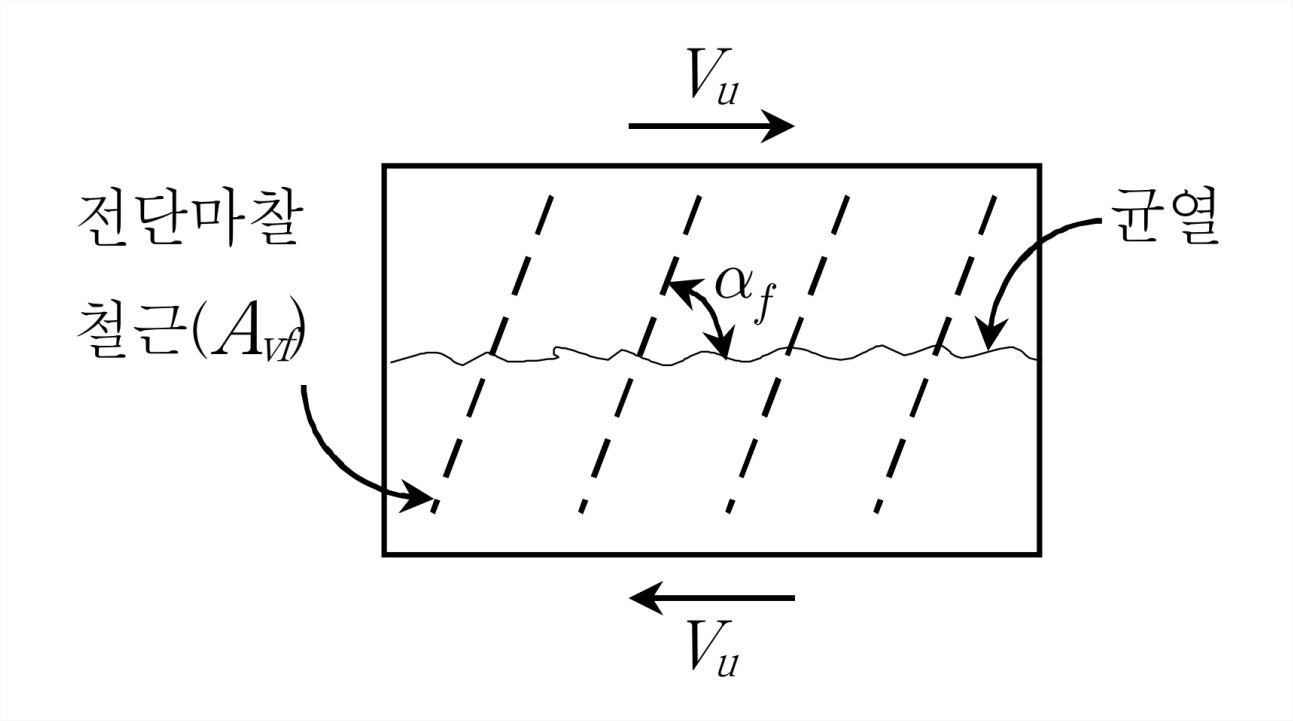
공통 해설

2010년도 도로교설계기준 6.3.2 및 표 6.3.4는 교량의 중요도에 따라 내진등급을 I등급과 II등급으로 구분한다. 이 중 고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반 국도상의 교량은 **내진 I등급교**로 정한다. 문제에 제시된 도로상의 교량은 이 항목에 해당하므로 I등급을 적용한다.

내진 II등급교는 **내진 I등급교에 속하지 않는 교량**이다. III등급과 IV등급은 이 기준의 교량 내진등급 분류에 없다. 다만, 교량의 관할기관은 내진등급을 별도로 정할 수 있다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 직접전단 균열이 발생할 곳에 대하여 전단마찰 이론을 적용할 경우 소요철근의 면적(A_{vf})[mm^2]은? (단, 계수전단력 $V_u = 45$ kN, 철근의 설계기준항복강도 $f_y = 400$ MPa, 콘크리트 마찰계수 $\mu = 0.5$, $\sin\alpha_f = \frac{4}{5}$, $\cos\alpha_f = \frac{3}{5}$이며, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)



① 75

② 150

③ 180

④ 225

정답 2번

간단한 해설

경사철근은 균열면을 눌러 생기는 **마찰저항과 철근의 직접저항**으로 전단력에 저항한다. 두 효과를 합하고 전단강도감소계수 $\phi = 0.75$를 적용하면 소요철근 면적은 **150 mm^2**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 저항기구: 그림에서 철근은 수평 균열면을 비스듬히 가로지르며, 표시된 전단력에 의해 인장된다. A_{vf}는 균열면을 가로지르는 전단마찰철근의 전체 단면적이고, α_f는 철근과 균열면 사이의 각이다. 철근 항복 시 인장력 $A_{vf}f_y$의 수직성분은 균열면을 눌러 마찰저항을 만들고, 평행성분은 미끄러짐에 직접 저항한다. 따라서 **두 저항을 더한** 공칭전단강도는 $V_n = A_{vf}f_y(\mu\sin\alpha_f + \cos\alpha_f)$이다.

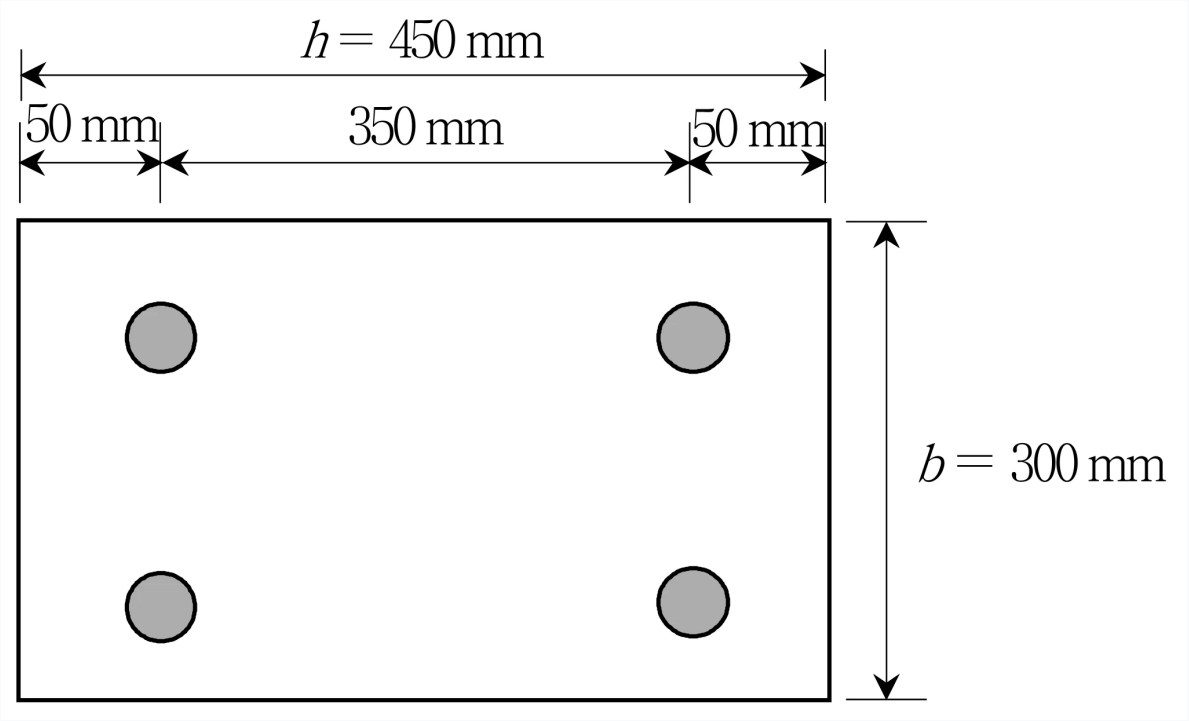
2. 설계조건과 단위: 문제에서 지정한 2012년도 콘크리트구조기준의 전단 강도감소계수는 $\phi = 0.75$이다. 공칭강도를 줄인 **설계전단강도**가 계수전단력 이상이어야 하므로 $\phi V_n \geq V_u$를 적용한다. 계수전단력은 45 kN = 45,000 N이고, 철근 항복강도 400 MPa는 400 N/mm^{2}이므로 힘을 N으로 통일하면 철근 면적은 mm^{2}로 얻어진다.

3. 경사 효과: 주어진 마찰계수와 각도값을 대입하면 $\mu\sin\alpha_f + \cos\alpha_f = 0.5 \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} = 1$이다. 이 중 0.4는 철근의 수직성분으로 발생하는 마찰저항의 계수이고, 0.6은 철근 평행성분의 직접저항 계수이다. 따라서 이 문제의 공칭전단강도는 $V_n = 400A_{vf}$이며, 면적을 mm^{2}로 넣으면 강도는 N으로 계산된다.

4. 소요철근 면적: 설계조건에 대입하면 0.75·400A_vf≥45,000이다. 따라서 $A_{vf} \geq \frac{45{,}000}{0.75 \cdot 400} = 150$ mm^{2}이다. 필요한 최소 면적은 150 mm^{2}로, ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 철근콘크리트 기둥의 균형상태에서 콘크리트압축력의 크기[kN]는? (단, 단주이며, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 25$ MPa, 철근의 설계기준항복강도 $f_y = 400$ MPa, 철근의 탄성계수 $E_s = 2.0 \times 10^5$ MPa, 콘크리트 압축면적은 압축철근의 면적을 포함한다)



① 1200.5

② 1300.5

③ 1400.5

④ 1500.5

정답 2번

간단한 해설

균형상태는 **콘크리트가 극한변형률에 도달할 때 인장철근도 항복하는 상태**이다. 변형률의 비례관계로 구한 중립축 깊이는 240 mm이며, 등가압축응력블록 깊이 204 mm를 적용하면 콘크리트압축력은 1300.5 kN이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면 치수와 균형조건: 그림에서 휨 방향의 전체 깊이는 450 mm, 단면 폭은 300 mm이다. 압축연단에서 반대쪽 인장철근 중심까지의 유효깊이는 $d = 450 - 50 = 400\text{mm}$이다. 이 문항의 강도설계 가정에서는 콘크리트 압축연단의 극한변형률을 $\varepsilon_{cu} = 0.003$으로 두며, 균형상태에서 인장철근의 변형률은 항복변형률에 도달한다.

2. 철근의 항복변형률: 철근이 항복하기 전까지 응력과 변형률은 탄성계수로 연결되므로 $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$이다. 주어진 값을 대입하면 $\varepsilon_y = \frac{400}{2.0 \times 10^5} = 0.002$이다.

3. 중립축 깊이: 평면유지 가정에 따라 단면의 변형률은 직선으로 분포한다. 압축연단에서 중립축까지의 거리를 c_b라 하면, 압축측과 인장측 변형률 삼각형의 닮음으로 $\frac{0.003}{c_b} = \frac{0.002}{400 - c_b}$가 성립한다. 따라서 $c_b = \frac{0.003}{0.003 + 0.002} \cdot 400 = 240\text{mm}$이다. 이는 실제 변형률 분포에서 **변형률이 0인 중립축의 위치**이다.

4. 등가압축응력블록: 콘크리트의 압축응력 분포를 균일한 직사각형으로 바꾸어 압축력을 구한다. 이 문항에 적용하는 응력블록에서 $f_{ck} = 25\text{MPa}$일 때 $\beta_1 = 0.85$이므로, 블록 깊이는 $a = \beta_1 c_b = 0.85 \cdot 240 = 204\text{mm}$이다. **압축력 산정에는 중립축 깊이 240 mm가 아니라 블록 깊이 204 mm**를 사용한다.

5. 콘크리트압축력: 등가압축응력은 $0.85f_{ck}$이므로 콘크리트압축력은 $C_c = 0.85f_{ck}ba$이다. 압축응력은 $0.85 \times 25 = 21.25$ MPa, 압축면적은 $300 \times 204 = 61200$ mm^2이다. 문제에서 **압축면적에 압축철근 면적을 포함**한다고 했으므로 철근 면적을 빼지 않는다. 1 MPa = 1 N/mm^2이므로 압축력은 $21.25 \times 61200 = 1300500$ N이다. 이를 환산하면 $C_c = \frac{1300500}{1000} = 1300.5\text{kN}$으로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 구조용 강재 심부 주위를 띠철근으로 보강한 합성부재의 설계 관련 내용으로 옳지 않은 것은? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 콘크리트의 설계기준압축강도 f_{ck}는 21 MPa 이상이어야 한다.

② 축방향 철근의 중심간격은 합성부재 단면의 최소 치수의 1/2 이하가 되도록 하여야 한다.

③ 띠철근 내측에 배치되는 축방향 철근량은 전체 단면적의 0.1배 이상, 0.8배 이하로 하여야 한다.

④ 띠철근의 지름은 합성부재 단면의 가장 긴 변의 1/50배 이상이어야 하지만, D10철근 이상이고 D16철근 이하로 하여야 한다.

정답 3번

간단한 해설

띠철근 내측의 축방향 철근량은 전체 단면적의 **0.01배 이상, 0.08배 이하**, 즉 1% 이상 8% 이하로 제한된다. ③의 '0.1배 이상, 0.8배 이하'는 이 범위를 각각 10배로 잘못 제시한 것이다.

선지별 해설

① O: 문제에서 지정한 2012년도 콘크리트구조기준에서는 구조용 강재 심부 주위를 띠철근으로 보강한 합성부재의 콘크리트 설계기준압축강도 f_{ck}를 **21 MPa 이상**으로 규정한다. 강재 심부가 있더라도 이를 둘러싼 콘크리트는 이 최소 강도 조건을 만족해야 한다.

② O: 축방향 철근의 중심간격은 합성부재 단면의 **최소 치수의 1/2 이하**이어야 한다. 직사각 단면이라면 짧은 변을 기준으로 하며, 철근 표면 사이의 순 간격이 아니라 철근 중심 사이의 간격에 적용하는 제한이다.

③ X: 띠철근 내측에 배치하는 축방향 철근의 단면적 합계는 전체 단면적의 **0.01배 이상, 0.08배 이하**이어야 한다. 이는 전체 단면적에 대한 축방향 철근의 비율을 1% 이상 8% 이하로 제한한다는 뜻이다. 선지의 0.1배와 0.8배는 각각 10%와 80%이므로, 두 수치를 각각 0.01배와 0.08배로 고쳐야 한다.

④ O: 띠철근의 지름은 합성부재 단면의 가장 긴 변의 1/50배 이상이어야 하며, 사용하는 철근은 **D10 이상 D16 이하**이어야 한다. 가장 긴 변에 따른 지름 조건과 철근 호칭에 따른 범위 조건을 함께 적용한다.

NoteBase

문 11. 철근의 이음에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 인장철근의 겹침이음 길이는 300 mm 미만이어야 한다.

② 철근의 이음에는 겹침이음, 용접이음, 기계적이음이 있다.

③ 기계적이음은 철근의 설계기준항복강도 f_y의 125% 이상을 발휘할 수 있는 완전 기계적이음이어야 한다.

④ 휨부재에서 서로 직접 접촉되지 않게 겹침이음된 철근은 횡방향으로 소요겹침 이음길이의 1/5 또는 150 mm 중 작은 값 이상 떨어지지 않아야 한다.

정답 1번

간단한 해설

인장철근의 겹침이음길이는 **300 mm 이상**이어야 한다. 300 mm는 부착을 통해 철근의 힘을 전달하기 위한 최소 길이이므로, '300 mm 미만'이라는 설명은 기준과 반대이다.

선지별 해설

① X: 2012년도 콘크리트구조기준 8.6.2(1)에 따르면 인장 이형철근의 겹침이음길이는 이음등급별 소요 길이를 만족하면서 **최소 300 mm 이상**이어야 한다. 겹침이음은 철근과 콘크리트 사이의 부착을 통해 힘을 전달하므로 충분한 겹침길이가 필요하다. 300 mm는 최대 길이가 아니며, 소요 길이가 더 크면 그 길이를 확보해야 한다.

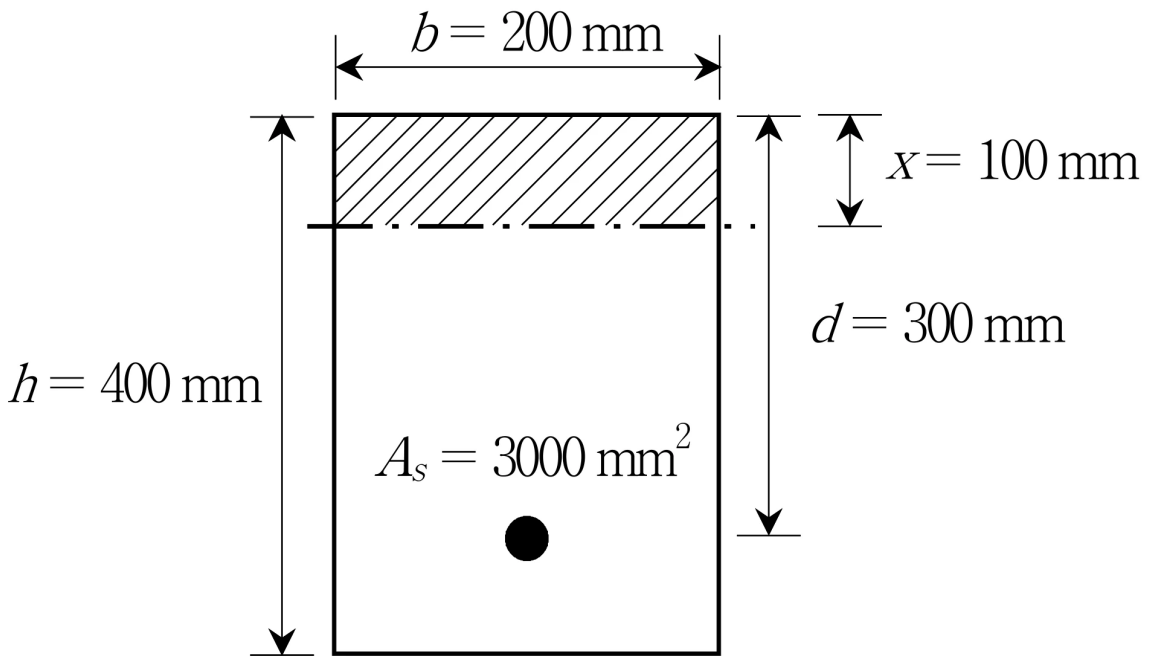
② O: 철근의 이음에는 겹침이음, 용접이음, 기계적이음이 있다. 겹침이음은 두 철근을 일정 길이 겹쳐 콘크리트와의 부착으로 힘을 전달하고, 용접이음은 용접으로 철근을 연결한다. 기계적이음은 커플러 같은 연결장치를 사용하여 철근 사이에 힘을 전달한다.

③ O: 2012년도 콘크리트구조기준 8.6.1(3)②의 일반 강도 요건은 설계기준항복강도 f_y의 **125% 이상**을 발휘하는 완전 기계적이음이다. 이는 이음부가 철근의 항복에 앞서 취약한 부분이 되지 않도록, 항복강도보다 여유 있는 이음강도를 요구하는 것이다.

④ O: 2012년도 콘크리트구조기준 8.6.1(2)③은 휨부재의 비접촉 겹침이음에서 횡방향 간격을 제한한다. 두 철근은 소요 겹침이음길이의 1/5과 150 mm 중 **작은 값 이상 떨어지지 않아야 한다**. 이는 최소 간격을 확보하라는 뜻이 아니라, 콘크리트를 통해 힘을 전달하는 두 철근이 지나치게 멀어지지 않도록 하는 규정이다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 철근콘크리트 보에 균열이 발생하여 중립축 깊이(x)가 100 mm일 때 균열 단면의 단면2차모멘트 계산식은? (단, 탄성계수비 $n = 8$이다)



① $I_{cr} = \frac{(200)(100)^3}{12} + (8)(3000)(300-100)^2$

② $I_{cr} = \frac{(200)(100)^3}{3} + \left(\frac{3000}{8}\right)(300-100)^2$

③ $I_{cr} = \frac{(200)(400)^3}{12} + \left(\frac{3000}{8}\right)(300-100)^2$

④ $I_{cr} = \frac{(200)(100)^3}{3} + (8)(3000)(300-100)^2$

정답 4번

간단한 해설

균열 단면에서는 **인장측 콘크리트를 제외**하고, 철근을 **콘크리트 등가면적** nA_s로 환산한다. 압축 콘크리트의 단면2차모멘트는 중립축이 직사각형의 밑변에 있으므로 $bx^3/3$이며, 여기에 철근의 $nA_s(d-x)^2$를 더한다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 보의 폭은 b = 200 mm, 중립축 깊이는 x = 100 mm, 압축측 상단에서 인장철근 중심까지의 유효깊이는 d = 300 mm이다. 철근 면적은 $A_s = 3000\ \text{mm}^2$, 탄성계수비는 $n = E_s/E_c = 8$이다. 균열 단면은 인장측 콘크리트의 저항을 무시하고 압축 콘크리트와 환산 철근으로 계산한다. 따라서 전체 높이 h = 400 mm를 콘크리트 유효 단면의 높이로 쓰지 않는다.

압축 콘크리트: 남는 직사각형은 폭 b, 높이 x이고, 중립축은 이 직사각형의 **도심축이 아니라 밑변**이다. 평행축정리를 적용하면 $I_c = \frac{bx^3}{12} + bx(\frac{x}{2})^2 = \frac{bx^3}{3}$이다. 수치를 대입한 항은 $I_c = \frac{200 \cdot 100^3}{3}\ \text{mm}^4$이다.

인장철근: 콘크리트를 기준으로 환산하므로 철근 면적에 탄성계수비를 **곱한다**. 등가면적은 $nA_s = 8 \cdot 3000 = 24000\ \text{mm}^2$이며, 중립축에서 철근 중심까지의 거리는 d − x = 300 − 100 = 200 mm이다. 철근 자체의 도심 단면2차모멘트를 무시하면 철근 기여분은 $I_s = nA_s(d-x)^2$이고, 수치로는 $I_s = 8 \cdot 3000 \cdot (300-100)^2\ \text{mm}^4$이다.

두 기여분을 합하면 $I_{cr} = \frac{bx^3}{3} + nA_s(d-x)^2$이다. 앞에서 구한 콘크리트 항과 철근 항을 더한 계산식은 ④와 일치하며, 계산값은 약 $1.027 \times 10^9\ \text{mm}^4$이다.

NoteBase

문 13. 1방향 철근콘크리트 슬래브의 수축·온도 철근에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 휨철근에 평행하게 배치하여야 한다.

② 어떤 경우에도 철근비는 0.0014 이상이어야 한다.

③ 설계기준 항복강도 f_y를 발휘할 수 있도록 정착되어야 한다.

④ 간격은 슬래브 두께의 5배 이하, 또한 450 mm 이하로 하여야 한다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '휨철근에 평행하게'는 **'휨철근에 직각방향으로'**로 고쳐야 한다. 1방향 슬래브에서는 휨철근과 직각인 방향에도 수축·온도 변화에 따른 균열을 제어할 철근이 필요하다.

선지별 해설

① X: 2012년도 콘크리트구조기준 5.7.1(1)에 따라 휨철근이 1방향으로만 배치된 슬래브의 수축·온도철근은 **휨철근에 직각방향으로** 배치한다. 휨철근이 배치되지 않은 방향에도 건조수축과 온도 변화에 따른 균열을 제어할 보강이 필요하므로, '평행하게'라는 설명이 잘못되었다.

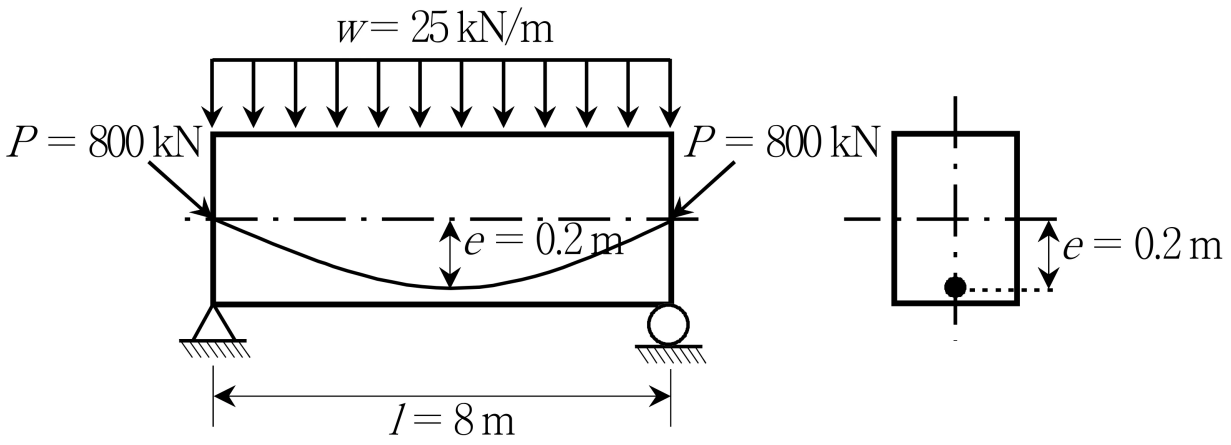
② O: 같은 기준 5.7.2(1)은 수축·온도철근비를 **콘크리트 전체 단면적에 대한 수축·온도철근 단면적의 비**로 정하고, 어떤 경우에도 0.0014 이상이 되도록 규정한다. 항복강도 등에 따라 요구 철근비가 더 커질 수 있으므로, 0.0014만 확보하면 항상 충분하다는 뜻은 아니다.

③ O: 같은 기준 5.7.2(4)에 따라 수축·온도철근은 **설계기준 항복강도를 발휘할 수 있도록 정착**되어야 한다. 정착이 부족하면 철근이 필요한 인장력을 발휘하기 전에 미끄러지거나 뽑힐 수 있으므로, 균열 제어에 필요한 철근의 힘을 콘크리트에 전달할 수 있어야 한다.

④ O: 같은 기준 5.7.2(3)에 따라 수축·온도철근의 간격은 슬래브 두께의 5배 이하이면서 동시에 450 mm 이하여야 한다. 따라서 두 한계값 중 **작은 값 이하**로 배치하여야 하며, 두 조건 중 하나만 만족해서는 안 된다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 긴장재를 포물선으로 배치한 PSC 단순보의 하중 평형개념에 의한 부재중앙에서 모멘트[kN·m]는? (단, 긴장력 $P = 800$ kN, 지간 $l = 8$ m, 지간중앙에서 긴장재 편심 $e = 0.2$ m, 자중을 포함한 등분포하중 $w = 25$ kN/m이며, 프리스트레스 손실은 무시한다)



① 20

② 40

③ 60

④ 80

정답 2번

간단한 해설

포물선 긴장재는 **위쪽 등분포하중 20 kN/m**으로 작용하여 아래쪽 하중 25 kN/m의 일부를 상쇄한다. 남은 5 kN/m에 의한 부재 중앙의 모멘트는 40 kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 긴장재는 양단의 단면 도심을 지나고 중앙에서 도심보다 0.2 m 아래에 있는 포물선이다. 하중평형개념은 긴장재가 콘크리트에 가하는 힘을 등가하중으로 바꾸어 외부하중과 합성하는 방법이다. 프리스트레스 손실을 무시하므로 긴장력 P = 800 kN을 그대로 사용하며, 지간 l = 8 m, 중앙 편심 e = 0.2 m이다.

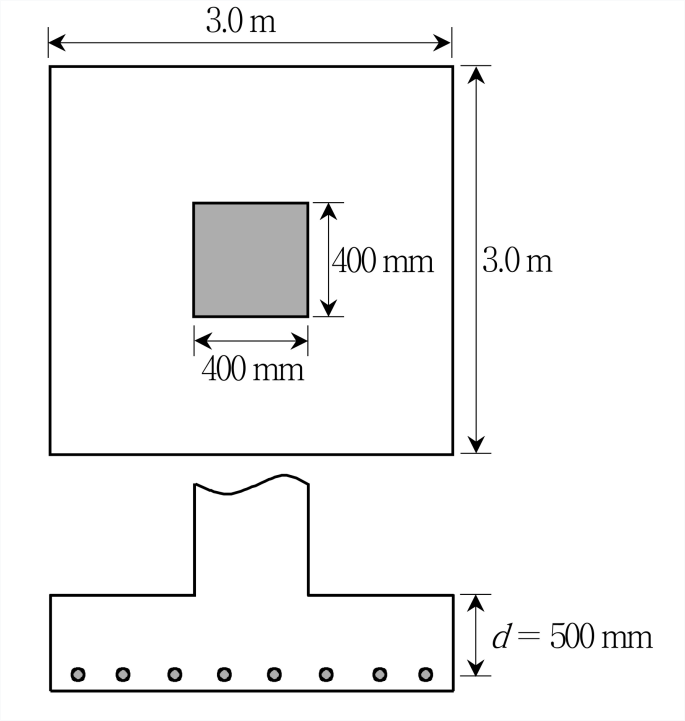
이 배치의 포물선 긴장재가 만드는 **등가 상향 등분포하중**은 $w_p = \frac{8Pe}{l^2}$이다. 포물선의 곡률에 따른 긴장재의 힘이 보를 위로 밀어 올리므로 아래쪽 외부하중과 반대 방향으로 작용한다. 수치를 대입하면 $w_p = \frac{8 \cdot 800 \cdot 0.2}{8^2} = 20$ kN/m이다.

외부 등분포하중에는 자중이 이미 포함되어 있으므로 별도로 더하지 않는다. **외부하중에서 상향하중을 뺀 불평형하중**은 $w_u = w - w_p = 25 - 20 = 5$ kN/m이며, 방향은 아래쪽이다.

단순보에 등분포하중이 작용할 때 중앙 휨모멘트는 $M = \frac{w_u l^2}{8}$이다. 따라서 $M = \frac{5 \cdot 8^2}{8} = 40$ kN·m이다. 이는 아래로 처지는 방향의 휨모멘트이며, ②의 40 kN·m에 해당한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 철근콘크리트 확대기초의 뚫림 전단에 대한 위험단면 둘레 길이[mm]는? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)



① 1600

② 2000

③ 3000

④ 3600

정답 4번

간단한 해설

뚫림 전단의 위험단면은 **기둥 면에서 유효깊이의 절반만큼 떨어진 위치**에 잡는다. 양쪽으로 각각 250 mm씩 확장되므로 위험단면의 한 변은 900 mm이고, 둘레는 3600 mm이다.

NoteBase

계산 과정

위험단면 위치: 2012년도 콘크리트구조기준에 따라 뚫림 전단은 기둥을 둘러싸는 2방향 전단으로 검토하며, 이 그림의 위험단면은 기둥 각 면에서 바깥쪽으로 $d/2$만큼 떨어진 정사각형으로 잡는다. 그림에서 기둥 단면은 400 × 400 mm이고 유효깊이 d는 500 mm이므로, 기둥 면에서 위험단면까지의 거리는 $\frac{d}{2} = \frac{500}{2} = 250\text{mm}$이다.

위험단면 한 변: 기둥의 한 변에 **양쪽 이격거리**를 모두 더해야 한다. 따라서 위험단면 한 변의 길이는 400 + 250 + 250 = 900 mm이다. 기초판 전체의 한 변인 3.0 m는 이 위험단면의 한 변 길이가 아니다.

위험단면 둘레: 길이가 900 mm인 네 변을 합하면 $b_0 = 4 \times 900 = 3600\text{mm}$이다. 이는 ④의 3600 mm에 해당한다.

NoteBase

문 16. 구조용 강재에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① SS540 강재는 건축구조용 압연강재이다.

② HSB500 강재는 교량구조용 압연강재이다.

③ SM400B 강재는 용접구조용 압연강재이다.

④ SMA570W 강재는 용접구조용 내후성 열간압연강재이다.

정답 1번

간단한 해설

SS540은 **일반 구조용 압연강재**이다. 건축구조용 압연강재는 **SN 계열**이므로, SS540을 건축구조용으로 분류한 표현이 잘못되었다.

선지별 해설

① X: SS540은 KS D 3503의 **일반 구조용 압연강재**에 속한다. 선지의 '건축구조용 압연강재'는 '일반 구조용 압연강재'로 고쳐야 한다. 건축구조용 압연강재는 KS D 3861에서 규정하는 SN 계열이다.

② O: HSB500은 KS D 3868의 **교량구조용 압연강재**에 속한다. HSB는 교량구조용 강재의 계열을 나타내는 기호이다.

③ O: SM400B는 KS D 3515의 **용접구조용 압연강재**에 속한다. SM은 용접구조용 강재의 계열을 나타내므로, 선지의 강재 기호와 분류가 일치한다.

④ O: SMA570W는 KS D 3529의 **용접구조용 내후성 열간압연강재**에 속한다. SMA 계열은 용접구조용 강재에 대기 중 부식에 견디는 내후성을 갖춘 강재이다.

NoteBase

문 17. 단면도심에 긴장재가 배치된 직사각형 프리텐션 PSC보의 긴장재를 1500 MPa로 긴장하였다. 프리스트레스를 도입하여 탄성수축에 의한 손실이 발생한 후 긴장재의 응력[MPa]은? (단, 직사각형 보의 폭 $b = 300$ mm, 부재의 전체 깊이 $h = 500$ mm, PS 긴장재의 단면적 $A_p = 600$ mm^2, 탄성계수비 $n = 6$ 이며, 콘크리트 단면적은 긴장재의 면적을 포함한다.)

① 1460

② 1464

③ 1468

④ 1472

정답 2번

간단한 해설

프리텐션 부재는 콘크리트가 탄성수축할 때 긴장재도 함께 짧아져 응력이 감소한다. 총단면적을 이용하는 근사식에서 긴장재의 응력 손실은 **콘크리트 압축응력의 탄성계수비 배**인 36 MPa이므로, 손실 후 응력은 1464 MPa이다.

NoteBase

계산 과정

탄성수축 손실의 관계: 프리텐션 부재에 프리스트레스를 도입하면 콘크리트가 압축되어 짧아지고, 부착된 긴장재도 함께 짧아진다. 콘크리트와 긴장재의 수축 변형률이 같으므로 긴장재의 응력 손실은 $\Delta f_p = E_p \varepsilon_c = n f_c$ 이다. 여기서 E_p는 긴장재의 탄성계수, ε_c는 콘크리트의 탄성수축 변형률, f_c는 긴장재 위치의 콘크리트 압축응력이며, $n = E_p/E_c = 6$이다.

단면적: 긴장재가 **단면 도심에 배치**되어 편심이 없으므로, 프리스트레스에 의한 콘크리트 응력은 축압축응력으로 구한다. 문제에서 콘크리트 단면적에 긴장재 면적을 포함하므로, 계산에 쓰는 총단면적은 $A = bh$이며 $300 \times 500 = 150000$ mm^{2}이다.

도입력과 콘크리트 압축응력: 긴장재의 초기응력 f_{pi}는 1500 MPa이고 단면적 A_p는 600 mm^{2}이므로, 초기 긴장력은 $P_i = f_{pi} A_p$에서 $1500 \times 600 = 900000$ N이다. 총단면적을 이용하는 근사식 $f_c \approx \frac{P_i}{A}$를 적용하면 $f_c \approx \frac{900000}{150000} = 6$ MPa이다. 이 6 MPa는 긴장재 위치에서 탄성수축을 일으키는 콘크리트 압축응력의 계산값이다.

긴장재의 응력 손실: **콘크리트 압축응력에 탄성계수비를 곱하여** 긴장재의 응력 손실을 구한다. $\Delta f_p = n f_c$이므로 $6 \times 6 = 36$ MPa이다.

손실 후 응력: 초기 긴장응력에서 탄성수축 손실을 빼면 $1500 - 36 = 1464$ MPa이다. 이는 ②의 1464 MPa에 해당한다.

NoteBase

문 18. 단철근 직사각형 보에서 1단으로 배치된 인장철근의 유효깊이 $d = 500$ mm, 등가직사각형 응력블록의 깊이 $a = 170$ mm일 때, 철근의 순인장변형률(ε_t)은? (단, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 24$ MPa이며, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 0.0035

② 0.0040

③ 0.0045

④ 0.0050

정답 3번

간단한 해설

응력블록 깊이 170 mm에 대응하는 **중립축 깊이는 200 mm**이다. 철근은 중립축에서 300 mm 떨어져 있으므로, 순인장변형률은 압축연단 변형률 0.003의 1.5배인 0.0045이다.

계산 과정

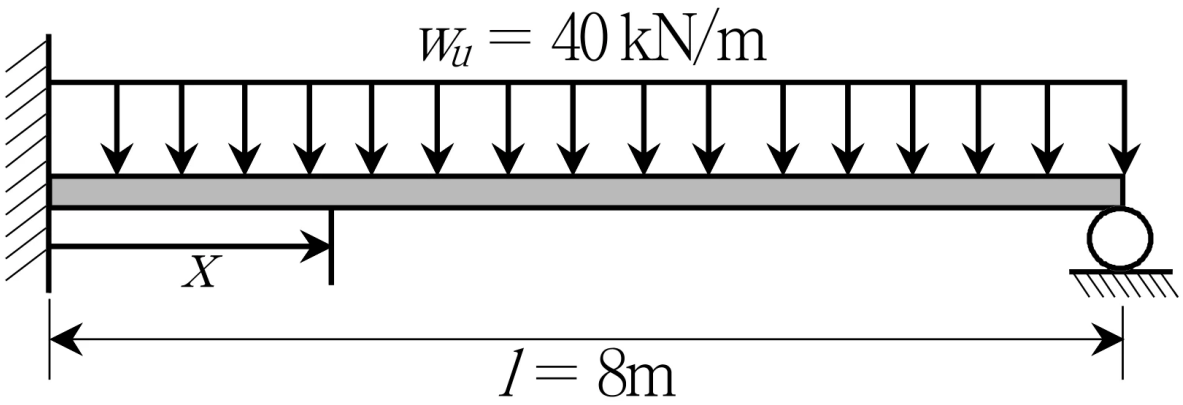
중립축 깊이: 2012년도 콘크리트구조기준에서 f_{ck}가 28 MPa 이하이면 응력블록 깊이계수는 $\beta_1 = 0.85$이다. 주어진 강도는 24 MPa이므로 이 값을 적용한다. 응력블록 깊이와 중립축 깊이의 관계는 $a = \beta_1 c$이므로, $c = \frac{170}{0.85} = 200$ mm이다. 여기서 c는 압축연단에서 중립축까지의 거리이며, **응력블록 깊이와 중립축 깊이는 구분**해야 한다.

순인장변형률: 압축연단의 극한변형률은 $\varepsilon_{cu} = 0.003$으로 가정한다. **변형률은 중립축에서의 거리에 비례**하므로, 압축연단까지의 거리 c와 인장철근까지의 거리 $d - c$를 이용하면 $\varepsilon_t = \varepsilon_{cu}\frac{d-c}{c}$이다. 인장철근이 1단으로 배치되어 있으므로 주어진 유효깊이 500 mm를 그대로 사용하며, 중립축에서 철근까지의 거리는 500 − 200 = 300 mm이다. 따라서 $\varepsilon_t = 0.003 \cdot \frac{300}{200} = 0.0045$이다.

변형률은 길이 변화량을 원래 길이로 나눈 무차원 값이다. 계산된 0.0045는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 경계 조건을 갖는 직사각형 철근콘크리트 보에 계수 등분포하중 $W_u = 40$ kN/m가 작용한다. 강도설계법에 의해 전단철근을 설계할 경우 설계기준에서 규정하고 있는 최소전단철근이 적용($V_u \le \phi\frac{V_c}{2}$)되는 시작점의 고정단으로부터 거리 x[m]는? (단, 직사각형 보의 폭 $b = 400$ mm, 유효깊이 $d = 600$ mm, 지간 $l = 8$ m, 보통중량 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 25$ MPa, 철근의 설계기준항복강도 $f_y = 400$ MPa이며, 2012년도 콘크리트 구조기준을 적용한다)



① 1.125

② 1.875

③ 3.125

④ 3.875

정답 3번

간단한 해설

고정단에서 멀어지며 감소하는 계수전단력이 **문제에서 제시한 경계값 75 kN에 처음 도달하는 위치**를 구한다.

고정단 반력이 200 kN이므로 $200 - 40x = 75$를 풀면 x = 3.125 m이다.

NoteBase

계산 과정

1. 지점반력 산정: 그림은 왼쪽 고정단 A와 오른쪽 롤러 지점 B를 가진 **동바리 캔틸레버 보**이다. 오른쪽 지점의 수직변위가 0이라는 조건으로 구한 반력은 $R_B = \frac{3}{8} W_u l$이다. 따라서 $R_B = \frac{3}{8} \cdot 40 \cdot 8 = 120$kN이고, 수직력의 평형에 따라 고정단 반력은 $R_A = 40 \cdot 8 - 120 = 200$kN이다.

2. 거리별 계수전단력: 고정단에서 오른쪽으로 잰 거리를 x(m)라 하면, 해당 단면 왼쪽에 작용하는 하중의 합으로부터 $V_u(x) = R_A - W_u x = 200 - 40x$ kN이다. 등분포하중 때문에 전단력은 고정단에서부터 1 m당 40 kN씩 감소한다. 구하려는 시작점은 **전단력이 감소하면서 경계값에 처음 도달하는 단면**이다.

3. 콘크리트의 전단강도: 축력이 없는 보통중량 콘크리트 보에 2012년도 기준의 간략식을 적용하면 $V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f_{ck}}\, bd$이다. 압축강도를 MPa, 폭과 유효깊이를 mm로 대입하면 전단강도는 N으로 산출된다. 따라서 $V_c = \frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 400 \cdot 600 = 200{,}000$ N = 200 kN이다.

4. 경계 전단력 산정: 전단에 대한 강도감소계수는 $\phi = 0.75$이다. 문제에서 제시한 조건 $V_u \le \phi\frac{V_c}{2}$의 경계값은 $\phi\frac{V_c}{2} = \frac{0.75 \cdot 200}{2} = 75$kN이다. 이는 콘크리트의 공칭전단강도에 **강도감소계수를 적용한 뒤 절반으로 한 값**이다. 다만 2012년도 콘크리트구조기준 7.4.3(1)은 일반적인 보에서 $V_u > \phi\frac{V_c}{2}$일 때 최소 전단철근을 배치하도록 규정하며, 그 이하에서는 이 조항에 따른 최소 배치 의무가 없다. 따라서 원문의 “최소전단철근이 적용”된다는 표현과 부등호는 실제 배치 의무 조건과 구별해야 한다. 이 문항에서는 원문에 제시된 경계값에 처음 도달하는 위치를 계산한다.

5. 시작점의 거리: 고정단의 전단력 200 kN에서 경계값 75 kN까지 감소하는 데 필요한 거리를 구한다. $200 - 40x = 75$이므로 $x = \frac{200 - 75}{40} = 3.125$m이다. 따라서 고정단으로부터의 거리는 3.125 m이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 철근콘크리트 보의 휨파괴에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 과다철근 보는 철근량이 많기 때문에 취성파괴가 발생하므로 위험예측이 가능하다.

② 과소철근 보는 인장철근이 항복한 후 하중이 계속 증가하면 중립축이 압축측으로 이동한다.

③ 보의 인장철근량이 너무 적어 발생하는 취성파괴를 피하기 위하여 휨부재의 최소 철근량을 규정하고 있다.

④ 인장철근이 항복응력 f_y에 도달함과 동시에 콘크리트 압축변형률이 극한변형률에 도달하는 상태를 균형상태라고 한다.

정답 1번

간단한 해설

과다철근 보는 인장철근이 항복하기 전에 **압축측 콘크리트가 먼저 압괴**되는 취성파괴를 일으킨다. 파괴에 앞선 큰 처짐이나 변형이 충분히 나타나지 않으므로 '위험예측이 가능하다'는 설명이 잘못되었다.

선지별 해설

① X: 과다철근 보는 균형철근량보다 인장철근량이 많은 보이다. 인장철근이 항복하기 전에 **압축측 콘크리트가 먼저 극한변형률에 도달하여 압괴**된다. 철근의 항복에 따른 큰 변형 없이 갑자기 파괴되므로, '위험예측이 가능하다'는 '파괴 징후를 미리 알아차리기 어렵다'로 고쳐야 한다.

② O: 과소철근 보는 균형철근량보다 인장철근량이 적어 콘크리트의 압괴에 앞서 인장철근이 항복한다. 항복 후에는 철근의 응력 증가에 비해 인장변형률이 크게 증가한다. 압축측 콘크리트의 응력이 커지는 동안 인장력과 압축력의 평형을 유지하려면 압축영역의 깊이가 줄어들므로, 변형률이 0인 위치인 중립축은 **압축측으로 이동**한다.

③ O: 인장철근량이 지나치게 적으면 콘크리트에 휨균열이 생긴 뒤 철근이 넘겨받은 인장력을 충분히 지탱하지 못하여 급격히 파괴될 수 있다. **최소 철근량**은 이러한 균열 직후의 취성파괴를 방지하고 균열 후에도 하중을 지탱하도록 규정한 것이다. 따라서 철근량은 균형철근량보다 적게 하더라도 최소 철근량은 확보해야 한다.

④ O: 균형상태는 인장철근의 응력이 항복응력 f_y에 처음 도달하는 시점과 압축측 콘크리트의 변형률이 극한변형률에 도달하는 시점이 **일치하는 상태**이다. 이를 경계로 인장철근이 먼저 항복하면 과소철근 보의 파괴, 콘크리트가 먼저 극한변형률에 도달하면 과다철근 보의 파괴로 구분한다.

NoteBase