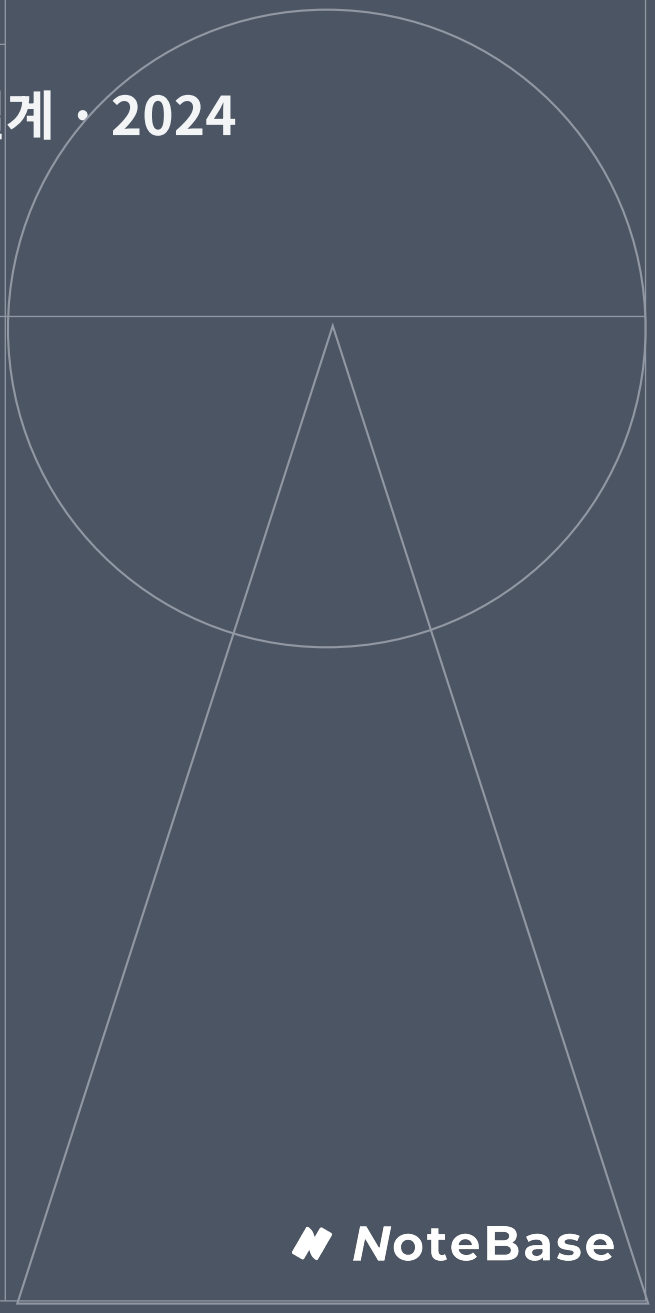
기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 토목설계 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 토목설계 · 2024

공무원/군무원/9급 · 토목설계 · 2024

1. 다음 중 철근콘크리트 보의 휨 설계에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
   ① 포스트텐셔닝 프리스트레스트 보에서 최외단 철근의 순인장변형률은 활하중, 고정하중과 유효 프리스트레스트 힘에 의한 변형률이다.
   ② 설계에 필요한 하중은 목표하는 수명 동안 발생 가능한 모든 하중과 환경영향을 반영하여야 한다.
   ③ 깊은 보의 경우를 제외하고는 철근과 콘크리트의 변형률은 중립축으로부터 거리에 비례하는 것으로 가정한다.
   ④ 휨 모멘트를 받는 휨 부재의 강도설계는 힘의 평형조건과 변형률 적합조건을 만족하여야 한다.

정답 1번

출제 포인트

철근콘크리트 보의 휨 설계에서 순인장변형률의 정의, 설계하중의 범위, 평면유지 가정, 힘의 평형과 변형률 적합조건을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

순인장변형률은 공칭강도 상태에서 최외단 인장철근에 생기는 인장변형률 중 유효 프리스트레스, 크리프, 건조수축 및 온도 영향 등에 의한 초기 변형률을 제외한 값이다. 일반적인 휨 해석은 단면의 변형률이 중립축에서의 거리에 비례한다는 평면유지 가정에 따르며, 단면 내부 힘의 평형과 변형률 적합조건을 함께 만족시킨다.

NoteBase

선지별 해설

① X — '활하중, 고정하중과 유효 프리스트레스 힘에 의한 변형률'이라는 부분이 틀렸다. 순인장변형률은 하중 종류별 변형률을 단순히 합한 값이 아니다. 올바르게는 공칭강도 상태에서 최외단 인장철근의 인장변형률 중 유효 프리스트레스, 크리프, 건조수축 및 온도 영향 등에 의한 변형률을 제외한 값이다.
② O — 설계하중은 구조물이 목표 수명 동안 받을 수 있는 하중과 환경작용을 반영해야 안전성과 사용성을 확보할 수 있다.
③ O — 깊은 보처럼 평면유지 가정을 적용하기 어려운 경우를 제외하면, 휨을 받는 단면의 철근과 콘크리트 변형률은 중립축으로부터의 거리에 비례한다고 가정한다.
④ O — 휨부재의 강도설계에서는 압축력과 인장력 등 단면 내부 힘의 평형을 만족해야 하며, 같은 위치의 철근과 콘크리트 변형이 서로 맞는 변형률 적합조건도 만족해야 한다.

오답 포인트

①은 '최외단 철근'이라는 익숙한 표현 뒤에 활하중·고정하중·유효 프리스트레스의 변형률을 나열하여 순인장변형률의 정의처럼 보이게 한다. 핵심 함정은 순인장변형률을 하중별 변형률의 합으로 보는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

순인장변형률은 먼저 '공칭강도 상태의 최외단 인장철근 변형률'인지 확인하고, 유효 프리스트레스·크리프·건조수축·온도 등에 의한 초기 변형률을 제외하는 정의인지 판단한다. 일반 휨 해석 문장은 평면유지, 힘의 평형, 변형률 적합이라는 세 기준으로 판별한다.

암기 포인트

순인장변형률은 공칭강도 때의 최외단 인장철근 변형률에서 초기·시간의존 변형을 제외한 값이며, 휨 설계의 기본은 평면유지·힘의 평형·변형률 적합이다.

NoteBase

2. 다음 중 콘크리트 구조물의 설계에 사용되는 콘크리트 설계기준강도 f_{ck}와 철근의 설계기준항복강도 f_y에 관한 KDS 구조설계기준의 규정으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 휨 부재의 전단설계에서 전단철근의 f_y는 500 MPa 이내이어야 한다.

② 벽체의 전단철근의 경우에 f_y는 700 MPa을 초과할 수 없다.

③ 나선철근 기둥에서 나선철근의 f_y는 700 MPa 이내이어야 한다.

④ 휨 부재의 전단설계에서 $\sqrt{f_{ck}}$의 값은 8.4 MPa을 초과하지 않도록 하여야 한다.

정답 2번

쟁점

이 문제는 KDS 콘크리트구조 설계기준에서 부재와 철근의 종류에 따라 달라지는 설계기준항복강도 및 전단설계강도 제한에 관한 문제이다. 핵심은 일반 전단철근, 벽체 전단철근, 나선철근의 상한을 구별하는 것이다.

용어 풀이

설계기준항복강도 f_y는 구조설계에서 철근이 항복한다고 보는 기준 응력이다. 콘크리트 설계기준압축강도 f_{ck}는 콘크리트의 압축강도를 나타내는 설계값이다.

핵심 구분

2024년 시험에 적용된 KDS 14 20 22(4.3.1(3))에 따르면 일반 전단철근의 f_y는 500*MPa* 이하이고, 벽체 전단철근 또는 용접 이형철망은 예외적으로 600*MPa* 이하이다. KDS 14 20 20(4.3.2(3))의 나선철근은 700*MPa* 이하이며, KDS 14 20 22(4.1.1(4))는 전단설계에서 $\sqrt{f_{ck}}$의 기본 상한을 8.4*MPa*로 둔다.

NoteBase

선지별 해설

① O
휨부재에 쓰는 일반 전단철근의 설계기준항복강도 f_y는 500MPa을 초과할 수 없으므로 적절하다.

② X
벽체 전단철근에 허용되는 f_y의 상한은 700MPa이 아니라 600MPa이므로 기준값이 잘못되었다.
틀린 표현: 벽체 전단철근의 f_y는 700MPa을 초과할 수 없다.
올바른 표현: 벽체 전단철근의 f_y는 600MPa을 초과할 수 없다.

③ O
나선철근 기둥에서 나선철근의 설계기준항복강도 f_y는 700MPa 이하이므로 적절하다.

④ O
휨부재의 전단설계에서 $\sqrt{f_{ck}}$는 원칙적으로 8.4MPa을 초과하지 않도록 하는 기본 상한 규정이 있으므로 적절하다.

오답 포인트

일반 전단철근의 상한 500MPa, 벽체 전단철근의 상한 600MPa, 나선철근의 상한 700MPa을 서로 바꾸어 제시한 것이 함정이다. 특히 ②는 나선철근의 700MPa을 벽체 전단철근에 잘못 적용하였다.

다시 나오면 이렇게 판단

철근 종류를 먼저 확인한 뒤 일반 전단철근은 500, 벽체 전단철근은 600, 나선철근은 700의 순서로 상한을 대응시킨다. 콘크리트 강도 제한을 묻는 경우에는 전단설계의 $\sqrt{f_{ck}}$ 기본 상한 8.4MPa도 별도로 확인한다.

암기 포인트

전단 500－벽체 600－나선 700, 전단설계 $\sqrt{f_{ck}}$는 8.4이다.

NoteBase

3. KDS 구조설계기준에서는 계수전단력이 설계전단강도의 $\frac{1}{2}$을 초과하는 휨부재에 대해 최소전단철근을 배치하도록 규정하고 있다. 플랜지 두께 100 mm, 복부폭 300 mm, 유효폭 500 mm 인 T형 보 단면에 전단철근을 배치하지 않도록 설계하고자 한다. 이 경우에 압축측 연단으로부터 최외단 인장철근까지의 깊이 d_t의 최대 값[mm]은?

① 100 ② 150
③ 200 ④ 250

정답 4번

쟁점

이 문제는 계수전단력이 설계전단강도의 2분의 1을 초과하더라도 T형 보에서 최소전단철근을 생략할 수 있는 깊이의 상한을 판단하는 문제이다. 핵심은 플랜지 두께의 2.5배와 복부폭의 2분의 1 중 큰 값을 적용하는 것이다.

용어 풀이

최소전단철근은 콘크리트가 전단균열 후 갑자기 파괴되는 것을 막기 위해 기준이 요구하는 최소량의 전단보강철근이다. d_t는 압축측 연단에서 최외단 인장철근까지의 깊이이다.

핵심 구분

KDS 14 20 22 (4.3.3(1)③)에 따르면 T형 보는 그 깊이가 플랜지 두께의 2.5배와 복부폭의 2분의 1 중 큰 값 이하이면 최소전단철근 배치의 예외가 된다.

플랜지 두께 기준: $2.5h_f = 2.5 \times 100 = 250mm$
복부폭 기준: $b_w/2 = 300/2 = 150mm$

따라서 $d_{t,\max} = \max(250, 150) = 250mm$이다. 주어진 유효폭 $500mm$는 이 예외 깊이를 산정하는 값이 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 100mm는 허용 범위 안의 값일 수 있지만, 구하는 값은 가능한 최대 깊이이므로 답이 아니다.
- 틀린 표현: 최대값 100mm
- 올바른 표현: 최대값은 250mm이다.

② X
- 150mm는 복부폭의 2분의 1인 300/2만 계산한 값이다. 기준은 두 값 중 큰 값을 사용하므로 플랜지 두께 기준인 250mm가 지배한다.
- 틀린 표현: 최대값 150mm
- 올바른 표현: max(2.5 × 100, 300/2) = 250mm이다.

③ X
- 200mm는 플랜지 두께의 2.5배나 복부폭의 2분의 1에서 나오지 않는 값이다.
- 틀린 표현: 최대값 200mm
- 올바른 표현: 최대값은 250mm이다.

④ O
- 플랜지 두께 기준은 250mm, 복부폭 기준은 150mm이며 그중 큰 값이 250mm이므로 최대 깊이에 해당한다.

오답 포인트

복부폭의 2분의 1인 150mm만 계산하거나, 문제에 제시된 유효폭 500mm를 계산에 넣는 것이 함정이다. T형보의 예외 깊이는 플랜지 두께의 2.5배와 복부폭의 2분의 1만 비교한다.

다시 나오면 이렇게 판단

T형 보의 최소전단철근 생략 가능 깊이는 $d_{t,\max} = \max(2.5h_f, b_w/2)$로 판단한다. 각 값을 계산한 뒤 큰 값을 선택하고, 유효폭은 이 계산에서 제외한다.

암기 포인트

T형 보 최소전단철근 예외 깊이는 '플랜지 2.5배와 복부폭 절반 중 큰 값'이다.

NoteBase

4. 부재의 순단면적을 계산할 때 지름 25 mm의 리벳을 사용하였다면 리벳구멍의 지름[mm]은?
① 25 ② 25.5
③ 26 ④ 26.5

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 리벳 접합부의 순단면적을 계산할 때 공제하는 리벳구멍의 지름을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 리벳의 지름은 25*mm*이다.
구해야 할 값: 순단면적 계산에 사용하는 리벳구멍의 지름이다.
주의할 조건: 리벳 자체의 지름이 아니라 시공 여유를 포함한 구멍의 지름을 사용한다.

사용할 공식

리벳구멍의 지름을 d_h, 리벳의 지름을 d라고 하면
$d_h = d + 1.5mm$
이다. 리벳을 구멍에 삽입하려면 시공 여유가 필요하므로 순단면적 계산에서는 리벳 지름보다 1.5*mm* 큰 구멍 지름을 사용한다.

계산 과정

1. 리벳의 지름 $d = 25mm$를 확인한다.
2. 구멍 여유 1.5*mm*를 더한다.
$d_h = 25 + 1.5 = 26.5mm$
3. 리벳구멍의 지름은 26.5*mm*이다.

선지 판단

① X — 25*mm*는 리벳 자체의 지름으로, 구멍 여유를 반영하지 않은 값이다. 올바르게는 26.5*mm*이다.
② X — 25.5*mm*는 구멍 여유를 0.5*mm*만 더한 값이므로 부족하다. 올바르게는 1.5*mm*를 더한 26.5*mm*이다.
③ X — 26*mm*는 구멍 여유를 1*mm*만 더한 값이므로 부족하다. 올바르게는 1.5*mm*를 더한 26.5*mm*이다.
④ O — 25 + 1.5 = 26.5*mm*이므로 순단면적 계산에 사용하는 리벳구멍의 지름과 일치한다.

NoteBase

오답 포인트

리벳의 공칭지름 25mm를 그대로 구멍 지름으로 보는 것이 핵심 함정이다. 순단면적은 실제로 빠지는 구멍 부분을 공제하므로 리벳 지름에 구멍 여유 1.5mm를 더해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

리벳 접합부의 순단면적 문제가 나오면 리벳의 공칭지름을 확인하고, 1.5mm를 더해 구멍 지름을 구한 뒤 단위를 검산한다.

암기 포인트

순단면적 공제용 리벳구멍 지름 = 리벳 지름 + 1.5mm이다.

NoteBase

5. 동일한 정사각형 단면을 갖는 철근콘크리트(RC) 기둥과 무근콘크리트 기둥을 동일한 콘크리트를 사용하여 제작한 후에 기둥의 중앙 높이에 변형률 게이지를 부착하여 건조수축으로 인해 발생하는 두 기둥의 축방향 변위를 지속적으로 계측하였고, 그 결과는 <보기>와 같다. RC 기둥에서 철근은 대칭으로 배치되었고, 계측된 변형률은 건조수축만을 원인으로 발생하였다. RC 기둥에서의 콘크리트의 응력[MPa]은? (단, 콘크리트 탄성계수 $E_c = 2 \times 10^4$ MPa이고, RC 기둥에서 콘크리트의 거동은 탄성이다.)

<보기>

• 재령 6개월째 계측 결과

1) RC 기둥의 수축변형률: 1.5×10^{-4}

2) 무근콘크리트 기둥의 수축변형률: 2.5×10^{-4}

① 0 ② 1

③ 2 ④ 3

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 무근콘크리트 기둥의 수축변형률을 자유수축변형률로 보고, RC 기둥에서 철근이 구속한 수축변형률로부터 콘크리트의 인장응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: RC 기둥의 실제 수축변형률은 1.5×10^{-4}, 자유수축에 해당하는 무근콘크리트 기둥의 수축변형률은 2.5×10^{-4}, 콘크리트 탄성계수는 $E_c = 2 \times 10^4 MPa$이다.

구해야 할 값: RC 기둥 콘크리트의 응력이다.

주의할 조건: 실제 수축량이 자유수축량보다 작으므로 철근의 구속에 따른 탄성변형은 수축을 되돌리는 방향이며, 콘크리트에는 인장응력이 발생한다.

NoteBase

사용할 공식

구속에 의한 탄성변형률의 크기는

$\varepsilon_e = \varepsilon_{sh} - \varepsilon_{RC}$

이고, 콘크리트 응력은 훅의 법칙에 따라

$\sigma_c = E_c \varepsilon_e$

이다. 무근콘크리트의 계측값은 철근 구속이 없는 자유수축량이고, 두 기둥은 콘크리트와 단면 조건이 같으므로 두 수축변형률의 차이가 RC 기둥에서 구속된 변형률이 된다.

계산 과정

1. 철근이 구속한 수축변형률의 크기를 구한다.

$\varepsilon_e = (2.5 - 1.5) \times 10^{-4} = 1.0 \times 10^{-4}$

2. 콘크리트의 응력을 구한다.

$\sigma_c = (2 \times 10^4)(1.0 \times 10^{-4}) = 2MPa$

3. 이 탄성변형은 자유수축을 방해하는 방향이므로 콘크리트 응력은 $2MPa$의 인장응력이다. 별도의 단위 환산 없이 MPa 단위의 탄성계수에 무차원 변형률을 곱한다.

선지 판단

① X — 0은 철근의 수축 구속을 무시한 값이다. 틀린 값 0 → 올바르게는 인장응력 $2MPa$이다.

② X — 변형률 차 1.0×10^{-4}와 탄성계수 $2 \times 10^4 MPa$의 곱은 1이 아니라 2이다. 틀린 값 1 → 올바르게는 인장응력 $2MPa$이다.

③ O — 수축변형률 차 1.0×10^{-4}에 $E_c = 2 \times 10^4 MPa$를 곱하면 인장응력 $2MPa$가 된다.

④ X — 3은 실제 수축변형률 1.5×10^{-4} 자체에 탄성계수를 곱할 때 나오는 값으로, 자유수축과 실제 수축의 차를 써야 한다. 틀린 값 3 → 올바르게는 인장응력 $2MPa$이다.

오답 포인트

무근콘크리트의 2.5×10^{-4}를 RC 콘크리트의 응력 계산에 그대로 쓰는 것이 함정이다. 응력을 만드는 탄성변형률은 전체 자유수축량이 아니라 자유수축량과 실제 RC 수축량의 차 1.0×10^{-4}이다. 또한 수축변형률이 제시되었더라도 구속으로 콘크리트에 생기는 응력은 인장응력이다.

다시 나오면 이렇게 판단

자유수축 시편과 구속된 시편의 변형률이 함께 제시되면 먼저 두 변형률의 차로 구속 탄성변형률을 구하고, 여기에 탄성계수를 곱한다. 실제 수축이 자유수축보다 작으면 구속된 콘크리트에는 인장응력이 발생한다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

구속수축 문제의 핵심은 응력=$E_c \times$(자유수축-실제수축)이며, 수축을 막으면 콘크리트에는 인장이 생긴다는 점이다.

NoteBase

6. 다음 중 철근콘크리트 구조물의 설계에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 부재의 모든 단면에서 계산상 필요로 하는 철근량보다 $\frac{1}{3}$이상 인장철근이 더 배치되어 설계휨강도가 계수모멘트의 $\frac{4}{3}$배 이상인 경우에는 인장철근의 최소철근량 조건을 적용하지 않아도 좋다.

② 휨 철근을 인장구역에서 끊어 내는 경우에 한 인장구역에서 끊어 낼 수 있는 인장철근의 양은 전체 철근양의 $\frac{2}{3}$보다 적어야 한다.

③ 단순보에서는 정철근의 $\frac{1}{3}$이상을 지점을 넘어 받침부 내로 150 mm 이상 연장하여야 한다.

④ 철근콘크리트 보에서 부재 축에 직각으로 배치하는 전단철근의 배치간격은 $\frac{d}{2}$이하이어야 하며 또한 600 mm 이하이어야 한다.

정답 2번

출제 포인트

철근콘크리트 보의 최소 휨철근 예외, 휨철근 절단 한도, 정철근의 받침부 연장, 전단철근의 최대 간격을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

철근 상세 규정은 철근이 갑자기 끊기거나 지나치게 성기게 배치되어 휨·정착·전단 내력이 급격히 저하되는 것을 막는 기준이다. 특히 한 단면에서 절단하는 인장철근량의 원칙적 한도는 전체 인장철근량의 50%이고, 절단점 전단력에 관한 $\frac{2}{3}$ 조건과 구별해야 한다.

NoteBase

선지별 해설

① O
모든 단면에서 계산상 필요한 철근량보다 $\frac{1}{3}$ 이상 많은 인장철근을 배치하고 설계휨강도가 계수모멘트의 $\frac{4}{3}$ 이상이면 최소 휨철근량 조건을 적용하지 않을 수 있다.

② X
틀린 표현은 '끊어 낼 수 있는 인장철근의 양은 전체 철근량의 $\frac{2}{3}$보다 적어야 한다'이다. 휨철근을 인장구역에서 끊을 때는 원칙적으로 한 단면에서 전체 인장철근량의 50%를 초과하여 절단할 수 없다. 올바르게는 '한 단면에서 절단하는 인장철근량은 원칙적으로 전체 인장철근량의 $\frac{1}{2}$ 이하이다'이다.

③ O
단순보에서는 정철근의 $\frac{1}{3}$ 이상을 부재의 같은 면을 따라 받침부까지 연장해야 하며, 보에서는 그 철근을 받침부 안으로 $150mm$ 이상 연장해야 한다.

④ O
부재 축에 직각으로 배치하는 전단철근의 일반적인 최대 간격은 $d/2$ 이하이면서 $600mm$ 이하이므로 두 한계 중 작은 값을 적용한다.

오답 포인트

②의 $\frac{2}{3}$은 철근 절단량의 한도가 아니다. 이 수치는 휨철근을 인장구역에서 절단할 수 있는 조건 중 절단점의 계수전단력이 설계전단강도의 $\frac{2}{3}$ 이하인지 판단할 때 등장한다. 절단 철근량 자체의 원칙적 한도는 전체 인장철근량의 50%이다.

다시 나오면 이렇게 판단

수치가 무엇을 제한하는지 먼저 나눈다. 최소 휨철근 예외는 '필요량보다 $\frac{1}{3}$ 이상 추가 배근·설계휨강도 $\frac{4}{3}$ 이상', 한 단면의 인장철근 절단량은 '전체의 $\frac{1}{2}$ 이하', 단순보 정철근은 '$\frac{1}{3}$ 이상을 받침부 안으로 $150mm$ 이상 연장', 직각 전단철근 간격은 '$d/2$와 $600mm$ 중 작은 값 이하'로 판단한다.

암기 포인트

절단량은 절반, 단순보 정철근은 3분의 1·$150mm$, 전단철근 간격은 $d/2$·$600mm$이다.

NoteBase

7. 300 mm×500 mm의 직사각형 단면 프리텐션 보의 도심축에 초기긴장력 P_i=300 kN이 작용할 때, 단면의 도심위치에서 콘크리트 탄성수축에 의한 긴장력[MPa]의 감소는? (단, 탄성계수비 n=8 이다.)
① 10
② 12
③ 14
④ 16

정답 4번

출제 포인트

프리텐션 보에서 콘크리트의 탄성수축으로 감소하는 긴장재 응력을 탄성계수비와 콘크리트 압축응력으로 계산하는 문제이다.

조건 정리

단면 치수: $300mm \times 500mm$
초기긴장력: $P_i = 300kN$
탄성계수비: $n = E_p/E_c = 8$
긴장력은 단면의 도심축에 작용하므로 편심에 의한 휨응력은 없고, 긴장재 위치의 콘크리트 응력은 균일한 축압축응력이다.

사용할 공식

콘크리트 단면적은 $A_c = bh$이고, 도심축 긴장력에 의한 콘크리트 압축응력은 $f_c = P_i/A_c$이다. 콘크리트와 긴장재의 탄성변형률이 같으므로 긴장재의 응력 감소량은 다음과 같다.
$\Delta f_p = E_p \varepsilon_c = \frac{E_p}{E_c} f_c = n f_c$
따라서 먼저 콘크리트 압축응력을 구한 뒤 탄성계수비 n을 곱한다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면적을 계산한다.

$A_c = 300 \times 500 = 150{,}000mm^2$

2. $300kN = 300{,}000N$으로 환산하여 콘크리트 압축응력을 구한다.

$f_c = \frac{300{,}000}{150{,}000} = 2N/mm^2 = 2MPa$

3. 탄성계수비를 곱해 긴장재 응력의 감소량을 구한다.

$\Delta f_p = nf_c = 8 \times 2 = 16MPa$

선지 판단

① X — $10MPa$는 계산값 $16MPa$와 다르다. 올바른 감소량은 $16MPa$이다.

② X — $12MPa$는 계산값 $16MPa$와 다르다. 올바른 감소량은 $16MPa$이다.

③ X — $14MPa$는 계산값 $16MPa$와 다르다. 올바른 감소량은 $16MPa$이다.

④ O — 콘크리트 압축응력 $2MPa$에 탄성계수비 8을 곱하면 응력 감소량은 $16MPa$이다.

오답 포인트

긴장력 $300kN$을 단면적으로 나누어 얻는 $2MPa$는 콘크리트의 압축응력이다. 문제에서 묻는 값은 긴장재의 응력 감소량이므로 여기에 탄성계수비 $n = 8$을 곱해야 한다. 또한 긴장력이 도심축에 작용하므로 편심모멘트 항을 추가하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

도심축에 프리스트레스가 작용하면 먼저 $f_c = P/A_c$로 긴장재 위치의 콘크리트 압축응력을 구하고, 탄성수축에 의한 긴장재 응력 감소는 $\Delta f_p = nf_c$로 계산한다. 계산 전 kN을 N으로 환산하면 $N/mm^2 = MPa$로 바로 정리된다.

암기 포인트

도심축 프리텐션의 탄성수축 손실은 $\Delta f_p = n(P/A_c)$이다.

NoteBase

8. 항복강도 $f_y = 600\ \mathrm{MPa}$인 철근을 주인장철근으로 사용하는 철근콘크리트 보의 단면이 인장지배단면이기 위한 최외단 인장철근 변형률의 최솟값은? (단, 철근의 탄성계수는 200 GPa 이다.)

① 0.0075
② 0.006
③ 0.005
④ 0.003

정답 1번

출제 포인트

항복강도가 400*MPa*를 초과하는 철근의 인장지배변형률 한계를 항복변형률의 2.5배로 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 철근의 항복강도 $f_y = 600MPa$, 탄성계수 $E_s = 200GPa = 200{,}000MPa$이다.
구해야 할 값: 인장지배단면이 되기 위한 최외단 인장철근 변형률의 최솟값이다.
주의할 조건: f_y가 400*MPa*를 초과하므로 인장지배변형률 한계는 철근 항복변형률의 2.5배를 적용한다.

사용할 공식

항복변형률은
$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$
이고, 고강도 철근의 인장지배변형률 최솟값은
$\varepsilon_{t,\min} = 2.5\varepsilon_y$
이다. 응력과 탄성계수의 비로 항복변형률을 구한 뒤, 400*MPa*를 초과하는 철근에 적용되는 2.5배 기준을 사용한다.

계산 과정

1. 탄성계수의 단위를 항복강도와 맞추면 $200GPa = 200{,}000MPa$이다.
2. 항복변형률은
$\varepsilon_y = \frac{600}{200{,}000} = 0.003$
이다.
3. 인장지배변형률의 최솟값은
$\varepsilon_{t,\min} = 2.5(0.003) = 0.0075$
이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과가 0.0075이므로 인장지배단면이 되기 위한 최외단 인장철근 변형률의 최솟값과 일치한다.
② X — 0.006은 항복변형률 0.003의 2배에 해당하여 2.5배 기준을 충족하지 않는다. 틀린 값 0.006 → 올바른 값은 0.0075이다.
③ X — 0.005는 이 문제의 $600MPa$ 철근에 적용할 값이 아니며, 고강도 철근 조건을 반영하지 않은 값이다. 틀린 값 0.005 → 올바르게는 $2.5\varepsilon_y = 0.0075$이다.
④ X — 0.003은 항복변형률 ε_y 자체일 뿐 인장지배변형률의 최솟값이 아니다. 틀린 값 0.003 → 올바르게는 그 2.5배인 0.0075이다.
따라서 계산 결과가 0.0075이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

④의 0.003은 먼저 구해야 하는 항복변형률이고 최종 답이 아니다. 또한 일반적으로 익숙한 0.005를 그대로 고르면 $f_y > 400MPa$인 고강도 철근에 적용되는 $2.5\varepsilon_y$ 조건을 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 E_s의 단위를 f_y와 맞추고 $\varepsilon_y = f_y/E_s$를 계산한다. 이어서 철근의 항복강도가 $400MPa$를 초과하는지 확인하고, 초과하면 $\varepsilon_{t,\,\min} = 2.5\varepsilon_y$를 적용한다.

암기 포인트

고강도 철근의 인장지배 한계는 항복변형률의 2.5배이다: $\varepsilon_{t,\,\min} = 2.5\varepsilon_y$.

NoteBase

9. 허용응력설계법에서 길이 5 m의 철근이 인장하중에 의해 10 mm 만큼 늘어났을 때 인장응력[MPa]은? (단, 철근의 탄성계수는 2×10^5 MPa이다.)
① 100
② 200
③ 300
④ 400

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 철근의 변형률을 구한 뒤 훅의 법칙을 적용하여 인장응력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 철근의 원래 길이 $L = 5m = 5{,}000mm$, 늘어난 길이 $\Delta L = 10mm$, 탄성계수 $E = 2 \times 10^5 MPa$이다.
구해야 할 값: 인장응력 σ이다.
주의할 조건: 변형률을 계산할 때 원래 길이와 늘어난 길이의 단위를 같게 맞춘다.

사용할 공식

변형률과 응력의 관계는 다음과 같다.
$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}, \qquad \sigma = E\varepsilon$
철근이 탄성 범위에서 인장하중을 받아 늘어났으므로 훅의 법칙 $\sigma = E\varepsilon$을 적용한다.

계산 과정

1. 원래 길이를 밀리미터로 환산한다.
$5m = 5{,}000mm$
2. 변형률을 계산한다.
$\varepsilon = \frac{10}{5{,}000} = 0.002$
3. 탄성계수를 곱해 인장응력을 계산한다.
$\sigma = (2 \times 10^5 MPa) \times 0.002 = 400MPa$

NoteBase

선지 판단

① X — 100MPa는 계산값 400MPa와 다르다. 올바르게는 인장응력이 400MPa이다.
② X — 200MPa는 계산값 400MPa와 다르다. 올바르게는 인장응력이 400MPa이다.
③ X — 300MPa는 계산값 400MPa와 다르다. 올바르게는 인장응력이 400MPa이다.
④ O — 훅의 법칙으로 계산한 인장응력이 400MPa이므로 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

철근 길이 5m를 5,000mm로 환산하지 않거나, 변형률 $\Delta L/L$ 계산을 생략하면 응력값을 잘못 고르게 된다. 변형률은 길이의 변화량 자체가 아니라 원래 길이에 대한 변화량의 비율이다.

다시 나오면 이렇게 판단

길이 변화가 주어진 탄성 문제에서는 먼저 길이 단위를 통일하고 $\varepsilon = \Delta L/L$을 구한 다음 $\sigma = E\varepsilon$을 적용한다. 마지막으로 탄성계수의 단위가 MPa이면 계산된 응력도 MPa인지 확인한다.

암기 포인트

늘어난 비율은 $\varepsilon = \Delta L/L$, 응력은 $\sigma = E\varepsilon$이다.

NoteBase

10. 다음 중 철근콘크리트 부재의 설계법 중 강도 설계법에 대한 가정으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 휨설계 시 콘크리트의 인장강도를 고려한다.

② 콘크리트의 설계기준강도가 40 MPa 이하 일 때, 압축측 연단에서 콘크리트의 최대 변형률은 0.0033으로 가정한다.

③ 철근의 응력이 철근의 항복응력f_y 이하 일 때, 철근의 응력은 그 변형률에 탄성계수E_s 를 곱한 값으로 한다.

④ 철근과 콘크리트의 변형률은 중립축 거리에 비례한다.

정답 1번

출제 포인트

철근콘크리트 부재의 강도설계법에서 사용하는 변형률 분포, 콘크리트의 극한변형률, 철근의 응력 관계 및 콘크리트 인장강도에 관한 기본 가정을 판별하는 문제이다.

핵심 개념

강도설계법은 하중을 받은 단면이 공칭강도에 도달하는 극한상태를 기준으로 부재의 안전성을 검토하는 방법이다. 휨 설계에서는 균열이 발생한 인장측 콘크리트의 인장강도를 무시하고 철근이 인장력을 부담한다고 가정한다. 또한 평면유지 가정에 따라 단면의 변형률은 중립축으로부터의 거리에 비례하여 선형으로 분포한다.

NoteBase

선지별 해설

① X

틀린 표현은 '휨설계 시 콘크리트의 인장강도를 고려한다'이다. 강도설계법에 의한 휨 설계에서는 인장측 콘크리트의 인장강도를 무시하며, 올바르게는 '휨설계 시 콘크리트의 인장강도를 고려하지 않는다'이다.

② O

콘크리트의 설계기준강도가 $40MPa$ 이하이면 압축측 연단의 콘크리트 최대 변형률을 0.0033으로 가정한다.

③ O

철근 응력이 항복응력 f_y 이하인 탄성 범위에서는 훅의 법칙에 따라 철근 응력이 변형률과 탄성계수 E_s의 곱으로 정해지므로 $f_s = E_s\varepsilon_s$이다.

④ O

평면이 변형 후에도 평면을 유지한다고 가정하므로 철근과 콘크리트의 변형률은 중립축으로부터의 거리에 비례한다.

오답 포인트

①의 '인장강도를 고려한다'가 함정이다. 콘크리트 자체에 인장강도가 존재한다는 사실과 휨 강도 계산에서 그 인장강도를 설계 저항으로 인정하는지를 구분해야 한다. 강도설계의 휨 단면 계산에서는 인장측 콘크리트의 기여를 무시한다.

다시 나오면 이렇게 판단

강도설계법의 가정은 '인장측 콘크리트 무시, 평면유지에 따른 선형 변형률 분포, 항복 전 철근은 선형탄성'의 세 축으로 판단한다. 콘크리트 최대 압축변형률은 설계기준강도 구간과 함께 확인한다.

암기 포인트

휨 강도 계산에서는 콘크리트의 인장은 무시하고, 변형률은 중립축 거리와 비례하며, 철근은 항복 전 $f_s = E_s\varepsilon_s$ 관계를 따른다.

NoteBase

11. 다음 중 철근콘크리트 구조에서 철근의 배치에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 보나 장선의 깊이가 900 mm를 초과하면 종방향 표피철근을 인장연단부터 $\frac{h}{2}$ 지점까지 부재 양쪽 측면을 따라 균일하게 배치한다.

② 슬래브의 정모멘트 철근 및 부모멘트 철근의 중심 간격은 위험단면에서는 슬래브 두께의 3배 이하이어야 하고, 또한 450 mm 이하로 하여야 한다.

③ 동일평면에서 평행한 철근 사이의 수평순간격은 25 mm 이상, 철근의 공칭지름 이상이어야 한다.

④ 슬래브에서 휨철근이 1방향으로만 배치된 경우 휨철근에 직각방향으로 슬래브두께의 5배이하, 또한 450 mm 이하의 간격으로 수축·온도 철근을 배치하여야 한다.

정답 2번

출제 포인트

철근콘크리트 부재에서 큰 보의 표피철근, 슬래브 휨철근과 수축·온도철근의 최대 간격, 평행 철근의 최소 순간격을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

철근 간격 제한은 균열을 제어하고 콘크리트가 철근 사이에 충실히 채워지도록 정한 배근 기준이다.
위험단면의 슬래브 정·부모멘트 철근: 중심 간격은 슬래브 두께의 2배 이하이면서 300*mm* 이하이다.
위험단면 이외의 슬래브 정·부모멘트 철근: 중심 간격은 슬래브 두께의 3배 이하이면서 450*mm* 이하이다.
1방향 슬래브의 수축·온도철근: 휨철근과 직각방향으로 배치하며, 간격은 슬래브 두께의 5배 이하이면서 450*mm* 이하이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
보나 장선의 전체 깊이 h가 900mm를 초과하면 종방향 표피철근을 인장연단부터 $h/2$ 지점까지 부재 양쪽 측면을 따라 균일하게 배치한다. 큰 깊이의 보 측면에서 발생할 수 있는 균열을 제어하기 위한 상세이다.

② X
틀린 부분은 위험단면의 간격을 '슬래브 두께의 3배 이하, 또한 450mm 이하'라고 한 수치이다. 실제로 위험단면에서 정모멘트 철근 및 부모멘트 철근의 중심 간격은 슬래브 두께의 2배 이하이면서 300mm 이하이어야 한다. 슬래브 두께의 3배와 450mm는 위험단면 이외의 단면에 적용되는 한계이다.

③ O
동일 평면에서 평행한 철근 사이의 수평순간격은 25mm 이상이고 철근의 공칭지름 이상이어야 한다. 두 하한을 동시에 만족해야 하므로 선지의 설명은 적절하다.

④ O
슬래브에서 휨철근이 한 방향으로만 배치되면 그 직각방향으로 수축·온도철근을 배치한다. 그 간격은 슬래브 두께의 5배 이하이면서 450mm 이하이므로 선지의 설명은 적절하다.

오답 포인트

②는 위험단면과 그 밖의 단면의 간격 수치를 바꾸어 제시한 선지이다. 위험단면은 휨모멘트가 크게 작용하므로 더 엄격한 '2배 · 300mm'를 적용하고, 그 밖의 단면에 '3배 · 450mm'를 적용한다. 또한 ④의 '5배 · 450mm'는 휨철근이 아니라 수축·온도철근의 기준이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 철근의 역할과 위치를 구분한다. 위험단면의 슬래브 휨철근이면 '2배 · 300mm', 위험단면 이외의 휨철근이면 '3배 · 450mm', 1방향 슬래브의 수축·온도철근이면 '5배 · 450mm'를 적용한다. '이하, 또한 이하'는 두 값 중 작은 값이 최대 허용간격이라는 뜻이다.

암기 포인트

슬래브 간격은 위험단면 2 · 300, 기타 단면 3 · 450, 수축 · 온도철근 5 · 450으로 구분한다.

NoteBase

12. 다음 중 프리스트레스트 휨부재의 휨 설계에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 긴장재와 함께 사용되는 인장철근의 인장력도 휨강도의 계산에 고려하도록 하며 이때 철근의 인장력은 변형률 적합조건을 적용하는 해석을 통해 계산한다.

② 긴장재의 유효프리스트레스가 설계기준인장강도의 0.5배 이상인 경우에 근사식을 사용하여 긴장재의 인장응력을 계산할 수 있다.

③ 부분균열등급 휨부재와 완전균열단면 휨부재의 사용하중에 의한 응력은 균열환산단면을 사용하여 계산하여야 한다.

④ 설계휨강도를 계산하고자 하는 단면은 최외단에 배치된 긴장재의 인장변형률의 크기에 따라 압축지배단면, 변화구간단면, 인장지배 단면으로 분류한다.

정답 3번

출제 포인트

프리스트레스트 휨부재에서 강도설계에 쓰는 변형률 적합조건, 긴장재 응력 근사식의 적용 조건, 사용하중 응력 계산에 쓰는 단면, 변형률에 따른 단면 분류를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

휨강도 검토: 긴장재와 함께 배치된 철근의 인장력도 저항력에 포함하며, 변형률 적합조건과 재료의 응력·변형률 관계로 각 인장력을 구한다.
사용하중 응력 검토: 비균열등급과 부분균열등급은 비균열단면을 가정하고, 완전균열등급은 균열환산단면을 사용한다.
단면 지배형태: 공칭강도 상태에서 최외단 긴장재의 인장변형률을 기준으로 압축지배단면, 변화구간단면, 인장지배단면을 구분한다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 긴장재와 함께 사용되는 철근의 인장력도 휨강도에 기여하므로 계산에 포함한다. 철근의 인장력은 단면의 선형 변형률 분포를 전제로 한 변형률 적합조건을 적용하여 산정한다.
② O — 긴장재의 유효프리스트레스가 설계기준인장강도의 0.5배 이상이면 기준에서 제시하는 근사식으로 휨강도 계산용 긴장재 응력을 구할 수 있다.
③ X — 틀린 부분은 부분균열등급과 완전균열등급 모두에 균열환산단면을 사용한다는 표현이다. 올바르게는 부분균열등급의 사용하중 응력은 비균열단면을 사용하고, 완전균열등급의 사용하중 응력은 균열환산단면을 사용하여 계산한다.
④ O — 설계휨강도 단면은 공칭강도 상태에서 최외단 긴장재의 인장변형률 크기에 따라 압축지배단면, 변화구간단면, 인장지배단면으로 분류한다.

오답 포인트

부분균열등급이라는 명칭 때문에 이미 균열단면 해석을 적용한다고 오인하기 쉽다. 그러나 사용하중 응력 계산에서는 부분균열등급까지 비균열단면을 가정하며, 균열환산단면은 완전균열등급에 적용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

강도 검토와 사용성 검토를 먼저 나눈다. 강도 검토에서는 변형률 적합조건과 긴장재 응력을 확인하고, 사용하중 응력 검토에서는 비균열·부분균열 등급은 비균열단면, 완전균열등급은 균열환산단면으로 연결한다.

암기 포인트

사용하중 단면은 비균열·부분균열은 비균열단면, 완전균열은 균열환산단면이다.

NoteBase

13. 다음 중 철근의 이음에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 일반적으로 D35를 초과하는 철근은 겹침이음할 수 없다.

② 철근이 굽혀진 부위에서는 용접이음을 할 수 없으며, 굽힘이 시작되는 부위에서 철근 지름의 2배 이상 떨어진 곳에서부터 용접이음을 시작할 수 있다.

③ 서로 다른 크기의 철근을 인장 겹침이음하는 경우 이음길이는 크기가 큰 철근의 겹침이음길이와 크기가 작은 철근의 정착길이 중 큰 값 이상이어야 한다.

④ A급 이음은 배치된 철근량이 이음부 전체 구간에서 해석 결과 요구되는 소요철근량의 2배 이상이고 소요겹침이음길이 내 겹침이음 철근량이 전체 철근량의 $\frac{1}{2}$ 이하인 경우이다.

정답 3번

출제 포인트

철근의 겹침이음·용접이음 제한과 서로 다른 지름의 철근을 인장 겹침이음할 때 적용하는 길이 기준을 묻는 문제이다.

핵심 개념

철근 이음은 두 철근 사이에 힘이 안전하게 전달되도록 연결하는 것이다. 서로 다른 지름의 철근을 인장 겹침이음할 때는 '큰 지름 철근의 정착길이'와 '작은 지름 철근의 인장 겹침이음길이' 중 큰 값을 이음길이로 사용한다. A급 인장 겹침이음은 배치 철근량이 해석상 요구되는 철근량의 2배 이상이고, 소요겹침이음길이 안에서 겹침이음된 철근량이 전체 철근량의 1/2 이하일 때 적용한다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 일반적으로 D35를 초과하는 굵은 철근은 겹침이음할 수 없다는 설명은 적절하다. 굵은 철근은 겹침만으로 힘을 전달하기보다 기계적 이음이나 용접이음 등 다른 이음 방법을 적용한다.
② O — 철근의 굽혀진 부위에서는 용접이음을 하지 않으며, 굽힘이 시작되는 지점에서 철근 지름의 2배 이상 떨어진 위치부터 용접이음을 시작할 수 있다는 설명은 적절하다. 즉 최소 이격거리는 $2d_b$이다.
③ X — 틀린 부분은 '큰 철근의 겹침이음길이'와 '작은 철근의 정착길이'를 비교한 것이다. 올바르게는 서로 다른 지름의 철근을 인장 겹침이음할 때 '큰 지름 철근의 정착길이'와 '작은 지름 철근의 인장 겹침이음길이' 중 큰 값을 이음길이로 사용한다.
④ O — 배치된 철근량이 해석상 요구되는 소요철근량의 2배 이상이고, 소요겹침이음길이 안에서 이음되는 철근량이 전체 철근량의 1/2 이하이면 A급 인장 겹침이음의 조건에 해당한다.

오답 포인트

③은 비교해야 하는 두 길이의 이름 자체는 모두 제시했지만 적용 대상을 서로 바꾸어 놓았다. '큰 철근에는 정착길이, 작은 철근에는 겹침이음길이'를 대응시키는 것이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

서로 다른 지름의 철근을 인장 겹침이음하는 선지에서는 먼저 큰 철근에 정착길이, 작은 철근에 인장 겹침이음길이가 연결되었는지 확인한 뒤 두 값 중 큰 값을 선택했는지 판단한다. A급 여부는 '배치량 2배 이상'과 '이음 철근 비율 1/2 이하'를 함께 확인한다.

암기 포인트

이경 철근 인장 겹침이음은 '큰 철근은 정착, 작은 철근은 겹침, 둘 중 큰 값'이다. A급은 '철근량 2배 이상 · 이음량 1/2 이하'이다.

NoteBase

14. 다음 중 프리스트레스트 콘크리트 보의 전단에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 경사 배치된 긴장재에 도입된 긴장력의 수직 성분은 보 단면에 작용하는 전단력의 크기를 증가시키므로 전단에 불리하다.

② 긴장재에 도입된 긴장력의 압축방향 수평성분은 경사인장응력의 크기를 감소시키므로 철근콘크리트 보에 비해 전단에 유리하다.

③ 부재축에 직각으로 배치된 전단철근의 간격은 $0.75h$ 이하, $600\,mm$ 이하로 하여야 한다.(h는 부재의 깊이)

④ 전단으로 인한 균열의 기울기가 철근콘크리트 보에서의 45^{o} 기울기보다 작으므로 철근콘크리트 보에 비해 동일한 구간에 배치하는 전단철근의 개수가 적다.

정답 1번

출제 포인트

프리스트레스트 콘크리트 보에서 긴장력의 수직·수평 성분이 전단 거동에 미치는 영향과 전단철근의 배치 특성을 묻는 문제이다.

핵심 개념

경사 긴장재의 수직 긴장력 성분은 외력에 의한 전단력과 반대 방향으로 작용하여 단면이 부담할 전단력을 줄인다. 수평 긴장력 성분은 콘크리트에 축방향 압축응력을 도입하여 주인장응력을 줄이고 전단균열의 발생을 억제한다. 또한 프리스트레스트 콘크리트 보의 전단균열은 일반 철근콘크리트 보의 약 45° 균열보다 완만하게 형성될 수 있다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '수직성분은 보 단면에 작용하는 전단력의 크기를 증가시키므로 전단에 불리하다'이다. 경사 긴장재의 수직성분은 외력에 의한 전단력을 상쇄하여 단면이 부담할 전단력을 감소시키므로 전단에 유리하다.
② O — 긴장력의 압축방향 수평성분은 콘크리트에 축방향 압축응력을 주어 경사 주인장응력의 크기를 감소시킨다. 따라서 같은 외력이 작용할 때 철근콘크리트 보보다 전단균열 발생에 유리하다.
③ O — 부재축에 직각으로 배치하는 전단철근의 간격은 $0.75h$ 이하이면서 $600mm$ 이하가 되도록 한다. 즉 두 제한 중 더 작은 값을 만족해야 한다.
④ O — 프리스트레스에 의한 압축응력 때문에 전단균열의 기울기는 철근콘크리트 보에서 가정하는 45 °보다 작아질 수 있다. 균열이 더 완만하면 한 균열이 더 긴 수평 구간을 지나므로 여러 개의 수직 전단철근과 교차하며, 같은 전단 저항을 확보하는 데 필요한 단위 길이당 전단철근 수가 철근콘크리트 보보다 적을 수 있다.

오답 포인트

①에서 경사 긴장재의 수직성분을 추가 전단력으로 오해하기 쉽다. 이 성분은 외력 전단과 같은 방향으로 더해지는 것이 아니라 이를 상쇄하는 방향으로 작용한다. ③에서는 $0.75h$와 $600mm$ 중 하나만 만족하는 것이 아니라 두 상한을 모두 만족해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

경사 긴장재는 수직성분이 외력 전단을 상쇄하는지, 수평성분이 축압축으로 주인장응력을 줄이는지를 먼저 판단한다. 전단철근 간격은 '$0.75h$ 이하이면서 $600mm$ 이하'로 확인하고, 균열각이 작을수록 균열이 더 긴 수평 구간에 걸쳐 여러 수직 스터럽을 가로지른다고 판단한다.

암기 포인트

PSC 전단의 핵심은 '수직성분은 전단 상쇄, 수평성분은 인장응력 감소, 수직 스터럽 간격은 $0.75h$와 $600mm$ 중 작은 값 이하'이다.

NoteBase

15. 인장철근 항복강도 $f_y = 400\ \mathrm{MPa}$인 철근콘크리트 보에서 최외단 인장철근의 순인장변형률이 0.0035일 때 강도감소계수 ϕ의 값은?

① 0.65
② 0.7
③ 0.75
④ 0.8

정답 3번

출제 포인트

철근의 항복변형률을 구한 뒤, 최외단 인장철근의 순인장변형률이 변화구간에 있을 때 강도감소계수 ϕ를 선형보간하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 철근의 항복강도 $f_y = 400MPa$, 순인장변형률 $\varepsilon_t = 0.0035$이다.
철근의 탄성계수는 $E_s = 200{,}000MPa$로 적용한다.
구해야 할 값: 변화구간 단면의 강도감소계수 ϕ이다.

사용할 공식

항복변형률은 $\varepsilon_y = f_y/E_s$이다. 보와 같이 나선철근으로 보강되지 않은 철근콘크리트 부재에서 $\varepsilon_y < \varepsilon_t < 0.005$이면 변화구간이므로 다음과 같이 선형보간한다.
$\phi = 0.65 + \frac{0.85 - 0.65}{0.005 - \varepsilon_y}(\varepsilon_t - \varepsilon_y)$
이 공식을 쓰는 이유는 ε_t가 압축지배 한계인 ε_y와 인장지배 한계인 0.005 사이에 있기 때문이다.

계산 과정

1. 항복변형률을 계산한다.
$\varepsilon_y = \frac{400}{200{,}000} = 0.002$
2. $0.002 < 0.0035 < 0.005$이므로 변화구간임을 확인한다.
3. 강도감소계수를 선형보간한다.
$\phi = 0.65 + \frac{0.85 - 0.65}{0.005 - 0.002}(0.0035 - 0.002) = 0.65 + 0.10 = 0.75$

NoteBase

선지 판단

① X — 0.65는 이 부재의 압축지배 한계에서 적용되는 값이다. 주어진 순인장변형률은 항복변형률 0.002보다 크므로, 올바르게는 변화구간 보간값 0.75이다.
② X — 0.7을 역산하면 순인장변형률이 0.00275일 때의 보간값이므로 주어진 0.0035와 맞지 않는다. 올바른 값은 0.75이다.
③ O — 항복변형률 0.002와 인장지배 한계 0.005 사이에서 선형보간하면 $\phi = 0.75$이다.
④ X — 0.8을 역산하면 순인장변형률이 0.00425일 때의 보간값이므로 주어진 0.0035에 비해 크게 산정한 값이다. 올바른 값은 0.75이다.

오답 포인트

순인장변형률 0.0035를 항복변형률과 비교하지 않고 0.65를 바로 고르거나, 0.005까지의 전이폭 0.003을 분모에 반영하지 않으면 오답이 된다. 먼저 $\varepsilon_y = 0.002$를 계산하고, 주어진 변형률이 변화구간에 있는지 판정해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $\varepsilon_y = f_y/E_s$를 계산한다. 그다음 ε_t가 ε_y 이하인지, 0.005 이상인지, 또는 그 사이인지 구분하고, 그 사이이면 0.65에서 0.85까지 선형보간한다.

암기 포인트

보의 변화구간은 '항복변형률에서 0.005까지, ϕ는 0.65에서 0.85까지 선형 증가'로 정리한다.

NoteBase

16. 다음 중 보나 기둥머리를 갖지 않고 기둥위에 직접거치함으로써 균일한 두께를 가지는 2방향 콘크리트 슬래브 구조는 무엇인가?
① 평판 슬래브
② 리브 슬래브
③ 평 슬래브
④ 주열대

정답 1번

출제 포인트

보나 기둥머리 없이 균일한 두께의 슬래브가 기둥에 직접 지지되는 2방향 슬래브 구조를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

평판 슬래브: 보와 기둥머리 없이 균일한 두께의 슬래브가 기둥에 직접 지지되는 2방향 슬래브이다.
평 슬래브: 기둥 주변에 기둥머리나 지판을 두어 펀칭전단에 저항하도록 한 무량판 구조이다.
리브 슬래브: 얇은 슬래브에 일정 간격의 리브를 두어 하중을 전달하는 구조이다.
주열대: 2방향 슬래브를 설계할 때 기둥 중심선을 따라 구분하는 설계 띠이며, 슬래브 구조형식의 명칭이 아니다.

선지별 해설

① O — 평판 슬래브는 보와 기둥머리가 없고 두께가 균일하며 기둥에 직접 지지되므로 제시된 조건과 일치한다.
② X — '리브 슬래브'가 틀린 표현이다. 리브 슬래브는 슬래브 아래에 일정 간격의 리브를 두는 구조이며, 제시된 구조는 평판 슬래브이다.
③ X — '평 슬래브'가 틀린 표현이다. 평 슬래브는 일반적으로 기둥머리나 지판으로 기둥 주변을 보강한 구조이며, 기둥머리 없이 균일한 두께이면 평판 슬래브이다.
④ X — '주열대'가 틀린 표현이다. 주열대는 기둥선을 따라 설정하는 슬래브의 설계 구역이며 구조형식이 아니므로, 올바른 명칭은 평판 슬래브이다.

오답 포인트

① 평판 슬래브와 ③ 평 슬래브의 명칭이 비슷한 점이 함정이다. 문제의 '기둥머리를 갖지 않고'와 '균일한 두께'가 평판 슬래브를 확정하는 표현이다.

다시 나오면 이렇게 판단

기둥에 직접 지지되는 2방향 슬래브에서는 먼저 보의 유무를 보고, 이어 기둥머리·지판과 두께 변화의 유무를 확인한다. 보도 없고 기둥머리도 없으며 두께가 균일하면 평판 슬래브로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

평판 슬래브는 보 없음, 기둥머리 없음, 균일 두께이다.

NoteBase

17. 다음 중 철근콘크리트 구조물에서 콘크리트의 사용성에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 균열 검증에 적용하는 지속하중은 설계수명 동안 항상 작용하는 고정하중과 설계수명의 절반 이상의 기간동안 지속해서 작용하는 하중들의 합으로서, 구조물의 특성을 고려하여 결정할 수 있다.

② 균열제어를 위한 철근은 필요로 하는 부재 단면의 주변에 분산시켜 배치하여야 하고 이 경우 철근의 지름은 가능한 한 작게, 철근의 간격은 가능한 한 넓게 하여야 한다.

③ 처짐을 계산할 때 하중작용에 의한 순간처짐은 부재강성에 대한 균열과 철근의 영향을 고려하여 탄성처짐공식을 사용하여 계산한다.

④ 부재는 하중에 의한 균열을 제어하기 위해 필요한 철근 외에도 필요에 따라 온도변화, 건조수축 등에 의한 균열을 제어하기 위한 추가 보강철근을 배치하여야 한다.

정답 2번

출제 포인트

철근콘크리트 구조물의 사용성 검토에서 지속하중, 균열제어 철근, 순간처짐 및 추가 보강철근의 기본 원칙을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

사용성은 구조물이 안전하게 버티는 것뿐 아니라 사용 중 처짐과 균열 등이 허용 범위에 있도록 하는 성능이다.
지속하중은 장기간 계속 작용하는 하중이며, 순간처짐은 하중이 작용한 직후의 탄성적 처짐이다.
균열제어 철근은 균열을 고르게 분산하고 균열폭을 줄이도록 작은 지름의 철근을 좁은 간격으로 배치하는 것이 효과적이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 지속하중은 설계수명 동안 항상 작용하는 고정하중과 설계수명의 절반 이상 계속되는 하중의 합으로 보며, 구조물의 특성을 고려하여 결정할 수 있다.
② X — 틀린 표현은 '철근의 간격은 가능한 한 넓게'이다. 균열제어 철근은 필요한 부재 단면의 주변에 분산 배치하고, 작은 지름의 철근을 가능한 한 좁은 간격으로 배치하는 것이 올바르다. 간격이 좁을수록 여러 개의 미세한 균열로 분산되어 균열폭 제어에 유리하다.
③ O — 하중작용에 의한 순간처짐은 부재의 균열 상태와 철근이 강성에 미치는 영향을 반영하여 탄성처짐공식으로 계산한다.
④ O — 하중에 의한 균열을 제어하는 철근 외에도 필요하면 온도변화와 건조수축 등으로 생기는 균열을 제어하기 위한 추가 보강철근을 배치한다.

오답 포인트

②는 '지름은 작게'와 '간격은 넓게'를 한 문장에 묶어 둘 다 맞는 원칙처럼 보이게 한다. 균열폭 제어에서는 작은 지름과 좁은 간격이 한 쌍이라는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

균열제어 철근의 배치에 관한 선지는 철근이 균열을 넓게 벌어지지 않도록 촘촘히 분산하는지를 확인한다. '작은 지름·좁은 간격'이면 균열 분산에 유리하고, '넓은 간격'이면 부적절하다고 판단한다.

암기 포인트

균열제어 철근은 작게, 촘촘하게 배치한다.

NoteBase

18. 다음 중 기둥 철근에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 축방향 주철근이 겹침이음 되는 경우의 철근비는 0.04를 초과하지 않도록 하여야 한다.

② D32 이하의 축방향 철근은 D10 이상의 띠철근으로, D35 이상의 축방향 철근과 다발철근은 D13 이상의 띠철근으로 둘러싸야 한다.

③ 나선철근 압축부재의 경우 나선철근으로 둘러싸인 축방향 철근의 겹침이음길이에 계수 0.75를 곱할 수 있다. 그러나 겹침이음길이는 300 mm 이상이어야 한다.

④ 나선철근 또는 띠철근이 배근된 압축부재에서 축방향 철근의 중심간 간격은 40 mm 이상, 또한 철근공칭지름의 1.5배 이상이어야 한다.

정답 4번

출제 포인트

기둥 축방향 철근의 겹침이음, 횡방향 철근의 최소 지름, 나선철근에 의한 이음길이 저감 및 철근 간격에서 '순간격'과 '중심간격'을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

축방향 철근은 기둥의 축력을 주로 부담하는 철근이고, 띠철근과 나선철근은 이를 둘러싸 위치를 유지하고 좌굴을 억제하는 횡방향 철근이다. 철근의 순간격은 서로 마주 보는 철근 표면 사이의 빈 거리이고, 중심간격은 철근 중심선 사이의 거리이므로 서로 다른 값이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 축방향 주철근을 겹침이음하는 기둥은 이음부의 과밀 배근과 콘크리트 충전 불량을 방지하기 위해 축방향 철근비가 0.04를 초과하지 않도록 한다.

② O — D32 이하의 축방향 철근은 D10 이상의 띠철근으로, D35 이상의 축방향 철근과 다발철근은 D13 이상의 띠철근으로 둘러싸야 한다. 주근이 굵거나 다발이면 더 굵은 횡방향 구속철근을 요구한다.

③ O — 나선철근 압축부재에서는 나선철근으로 구속된 축방향 철근의 압축 겹침이음길이에 계수 0.75를 곱할 수 있다. 다만 저감한 뒤에도 겹침이음길이는 최소 300mm 이상이어야 한다.

④ X — 틀린 표현은 '중심간 간격'이다. 나선철근 또는 띠철근이 배근된 압축부재의 축방향 철근은 순간격을 40mm 이상이면서 철근 공칭지름의 1.5배 이상으로 해야 한다. 즉 '중심간격'이 아니라 '순간격'으로 고쳐야 한다.

출제자가 노린 함정

④는 40mm와 공칭지름의 1.5배라는 수치는 맞게 제시하고 적용 대상만 '순간격'에서 '중심간격'으로 바꾸었다. 수치만 암기하면 틀리기 쉬운 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

철근 간격 선지는 먼저 측정 기준을 확인한다. 표면과 표면 사이이면 순간격이고, 중심선과 중심선 사이이면 중심간격이다. 압축부재 축방향 철근의 40mm 및 공칭지름 1.5배 기준은 순간격에 적용한다.

암기 포인트

기둥 주근 간격은 '중심'이 아니라 '빈틈'이다. 순간격은 40mm 이상이면서 $1.5d_b$ 이상이다.

NoteBase

19. 다음 중 교량 등급 결정 기준에서 '시군도 중에서 중요한 도로'의 경우로 가장 적절한 것은?
① 1등교
② 2등교
③ 3등교
④ 4등교

정답 2번

출제 포인트

도로의 중요도와 교통 조건에 따라 정하는 교량 등급 중 중요한 시도·군도에 적용하는 등급을 묻는 문제이다.

핵심 개념

교량 등급은 설계에 적용하는 활하중의 크기와 도로의 중요도·교통 조건을 기준으로 교량을 구분한 것이다. 1등교는 DB-24, 2등교는 DB-18, 3등교는 DB-13.5로 설계하며, 시도 및 군도 중에서 중요한 도로에 가설하는 교량은 원칙적으로 2등교이다.

선지별 해설

① X — '1등교'가 틀린 표현이다. 1등교는 DB-24로 설계하는 상위 등급이며, 중요한 시도·군도는 원칙적으로 2등교로 분류한다.
② O — 시도 및 군도 중에서 중요한 도로에 가설하는 교량은 원칙적으로 2등교이며 DB-18로 설계한다.
③ X — '3등교'가 틀린 표현이다. 3등교는 산간벽지의 지방도나 시도·군도 중 교통량이 적은 곳에 적용하고, 중요한 시도·군도는 2등교이다.
④ X — '4등교'가 틀린 표현이다. 이 교량 등급 체계는 1등교·2등교·3등교로 구분하므로, 중요한 시도·군도의 올바른 등급은 2등교이다.

오답 포인트

'중요한 도로'라는 말만 보고 가장 높은 1등교를 고르기 쉽다. 그러나 시도·군도라는 도로의 종류까지 함께 보아야 하며, '시도 및 군도 중 중요한 도로'는 2등교에 해당한다.

다시 나오면 이렇게 판단

도로의 종류와 교통 조건을 함께 확인한다. 시도·군도에서 중요하면 2등교, 산간벽지에 있고 교통량이 적으면 3등교로 구분한다.

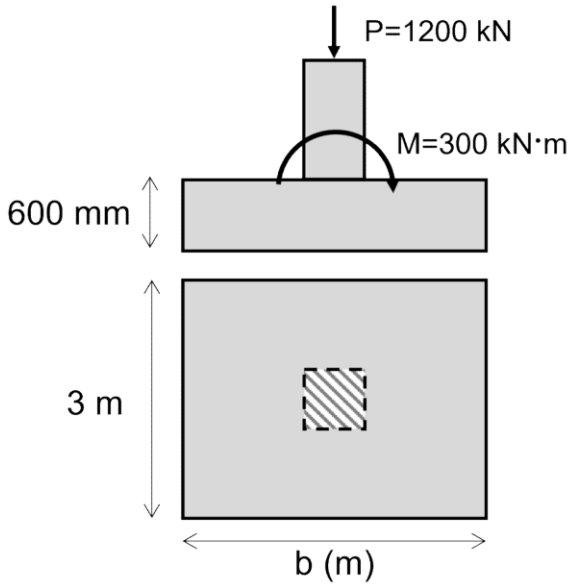
NoteBase

암기 포인트

중요한 시도·군도는 2등교, 교통량이 적은 산간벽지 도로는 3등교이다.

NoteBase

20. 그림과 같이 기둥의 자중을 포함한 축하중 P와 모멘트 M이 두께 600 mm의 콘크리트기초에 전달된다. 기초단면의 세로 길이를 3 m로 설계하고, 지반의 허용지지력 $q_a = 215\,\mathrm{kN/m^2}$ 을 고려할 때, 요구되는 가로폭 b[m]의 최솟값은? (단, 콘크리트의 단위중량은 $\gamma_c = 25\,\mathrm{kN/m^3}$ 이다.)



① 1.5
② 2
③ 2.5
④ 3

정답 4번

출제 포인트

기초 자중을 포함한 총 축하중과 모멘트로 직사각형 기초 저면의 최대 지반반력을 구하고, 이를 허용지지력 이하로 만드는 최소 가로폭 *b*를 결정하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

기초 평면은 $3m \times bm$, 두께는 $0.6m$이다. 기둥 축하중은 $P = 1200kN$, 모멘트는 $M = 300kN \cdot m$, 콘크리트 단위중량은 $\gamma_c = 25kN/m^3$, 지반 허용지지력은 $q_a = 215kN/m^2$이다. 구해야 할 값은 최대 지반반력이 허용지지력을 넘지 않게 하는 최소 b이다. 기초 자중은 저면 도심에 작용하므로 균등압에는 포함되지만 추가 모멘트는 만들지 않는다.

사용할 공식

기초 자중과 총 축하중은 다음과 같다.

$W_f = \gamma_c(3b)(0.6) = 25 \times 3b \times 0.6 = 45bkN$

$N = P + W_f = 1200 + 45bkN$

모멘트가 b 방향으로 지반반력을 변화시키므로 저면적과 해당 방향의 단면계수는 $A = 3b$, $Z = 3b^2/6 = b^2/2$이다. 따라서 최대 지반반력은 다음 식으로 구한다.

$q_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M}{Z}$

축하중과 모멘트가 함께 작용할 때 저면반력은 선형으로 분포하므로 평균반력에 모멘트에 의한 반력 증가분을 더한다.

계산 과정

식을 정리하면 다음과 같다.

$q_{\max} = \frac{1200 + 45b}{3b} + \frac{300}{b^2/2} = 15 + \frac{400}{b} + \frac{600}{b^2}$

허용지지력 조건을 적용한다.

$15 + \frac{400}{b} + \frac{600}{b^2} \le 215$

양수인 b^2을 곱하여 정리하면 다음과 같다.

200b^2-400b-600≥0

b^2-2b-3=(b-3)(b+1)≥0

폭은 양수이므로 b≥3 m이다. $b = 3m$일 때 $q_{\max} = 15 + 400/3 + 600/9 = 215kN/m^2$로 허용지지력과 같으므로 최소 가로폭은 $3m$이다.

선지 판단

① X — $b = 1.5m$이면 $q_{\max} = 15 + 400/1.5 + 600/1.5^2 \approx 548.3kN/m^2$로 허용지지력을 초과한다. 틀린 값 $1.5m$가 아니라 최소 폭은 $3m$이다.

② X — $b = 2m$이면 $q_{\max} = 15 + 400/2 + 600/2^2 = 365kN/m^2$로 허용지지력을 초과한다. 틀린 값 $2m$가 아니라 최소 폭은 $3m$이다.

③ X — $b = 2.5m$이면 $q_{\max} = 15 + 400/2.5 + 600/2.5^2 = 271kN/m^2$로 허용지지력을 초과한다. 틀린 값 $2.5m$가 아니라 최소 폭은 $3m$이다.

④ O — $b = 3m$이면 $q_{\max} = 215kN/m^2$로 허용지지력과 같으며, 부등식의 양수 범위에서 가장 작은 폭이다.

NoteBase

오답 포인트

축하중 $1200kN$만 사용하고 기초 자중 $45bkN$을 빠뜨리거나, 평균반력 N/A만 검토하고 모멘트에 의한 증가분 M/Z을 누락하기 쉽다. 또한 단면계수에서 모멘트에 따라 반력이 변하는 방향의 길이가 제곱되어 $Z = 3b^2/6$이 된다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 기초 자중을 포함한 총 연직하중을 구한 뒤, 모멘트가 만드는 반력 변화 방향을 확인하여 A와 Z를 정한다. 그다음 $q_{max} = N/A + M/Z \le q_a$를 풀고, 경계값을 원식에 대입해 단위와 허용지지력 조건을 검산한다.

암기 포인트

편심하중을 받는 기초의 최대 저면반력은 '평균반력 N/A + 휨반력 M/Z'이며, 기초 자중은 N에 포함한다.

NoteBase

21. 다음 중 철근의 정착에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은? (단, d_b는 철근의 지름이다.)

① 받침부에서 부모멘트에 대해 배치된 전체 인장철근량의 $\frac{1}{3}$이상은 변곡점을 지나 부재의 유효깊이 d, $12d_b$ 또는 순경간의 $\frac{1}{16}$중 제일 큰 값 이상의 묻힘길이를 확보하여야 한다.

② 휨철근은 휨모멘트를 저항하는데 더 이상 철근을 요구하지 않는 점에서 부재의 유효깊이 또는 $12d_b$ 중 큰 값 이상으로 더 연장하여야 한다. 다만, 단순경간의 받침부와 캔틸레버의 자유단에서 이 규정은 적용되지 않는다.

③ 단순보에서는 정모멘트 철근의 $\frac{1}{3}$이상을, 연속보에서는 정모멘트 철근의 $\frac{1}{4}$이상을 받침부 내로 150 mm 이상 연장하여야 한다.

④ 단부에 표준갈고리가 있는 인장 이형철근의 정착길이는 기본정착길이에 적용 가능한 모든 보정계수를 곱하여 구하여야 한다. 다만, 이렇게 구한 정착길이는 항상 $12d_b$ 이상, 또한 180 mm 이상이어야 한다.

정답 4번

출제 포인트

철근의 정착은 철근에 생기는 인장력을 콘크리트에 안전하게 전달하도록 필요한 묻힘길이를 확보하는 것이다. 이 문제는 휨철근의 연장 규정과 표준갈고리가 있는 인장 이형철근의 최소 정착길이를 구별하는 문제이다.

NoteBase

핵심 개념

휨철근의 연장: 계산상 철근이 더 필요하지 않은 지점에서도 유효깊이 d 또는 $12d_b$ 중 큰 값만큼 더 연장하여 갑작스러운 부착 파괴를 막는다.
받침부 정착: 부모멘트 철근과 정모멘트 철근은 받침 조건과 연속 여부에 따라 일정 비율을 변곡점 또는 받침부 안쪽까지 연장한다.
표준갈고리 정착: 기본정착길이에 적용 가능한 보정계수를 모두 곱하되, 산정된 길이는 $8d_b$ 이상이면서 동시에 $150mm$ 이상이어야 한다.

선지별 해설

① O — 받침부의 부모멘트에 대해 배치된 전체 인장철근량의 3분의 1 이상은 변곡점을 지나 부재의 유효깊이 d, $12d_b$, 순경간의 16분의 1 중 가장 큰 값 이상을 묻어야 한다.

② O — 휨철근은 휨모멘트 저항에 더 이상 필요하지 않은 지점에서 부재의 유효깊이 d 또는 $12d_b$ 중 큰 값 이상 더 연장한다. 단순경간의 받침부와 캔틸레버의 자유단은 이 연장 규정의 예외이다.

③ O — 단순보에서는 정모멘트 철근의 3분의 1 이상을, 연속보에서는 정모멘트 철근의 4분의 1 이상을 받침부 안으로 $150mm$ 이상 연장한다.

④ X — 틀린 표현은 '항상 $12d_b$ 이상, 또한 $180mm$ 이상'이다. 표준갈고리가 있는 인장 이형철근의 정착길이는 기본정착길이에 적용 가능한 모든 보정계수를 곱하여 구하지만, 올바른 최소값은 $8d_b$ 이상이면서 동시에 $150mm$ 이상이다.

오답 포인트

②의 일반 휨철근 연장값인 $12d_b$를 ④의 표준갈고리 최소 정착길이에 그대로 적용하면 틀린다. 또한 ③의 받침부 내 연장길이 $150mm$와 ④의 표준갈고리 최소 정착길이 하한에 같은 수치가 쓰인다는 점도 함께 구별해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 선지가 일반 휨철근의 추가 연장을 묻는지, 표준갈고리가 있는 철근의 정착을 묻는지 구분한다. 일반 휨철근의 추가 연장은 $\max(d, 12d_b)$이고, 표준갈고리 인장 이형철근의 정착길이 하한은 $\max(8d_b, 150mm)$이다.

암기 포인트

일반 휨철근 연장은 d와 $12d_b$ 중 큰 값, 표준갈고리 정착의 최소는 $8d_b$와 $150mm$ 중 큰 값이다.

NoteBase

22. 아래와 같은 조건의 반T형 보에서 유효폭[mm]은?

1) 한쪽으로 내민 플랜지 두께: 120 mm
2) 보의 경간: 9.6 m
3) 인접 보와의 내측거리: 3 m
4) 플랜지가 있는 부재의 복부폭: 250 mm

① 970
② 1,050
③ 1,210
④ 1,750

정답 1번

출제 포인트

한쪽으로만 내민 플랜지가 있는 보에서 플랜지의 유효 돌출폭 제한값을 비교하여 유효폭을 구하는 문제이다.

조건 정리

플랜지 두께: $h_f = 120mm$
보의 경간: $L = 9.6m = 9{,}600mm$
인접 보와의 내측거리: $s = 3m = 3{,}000mm$
복부폭: $b_w = 250mm$
한쪽으로 내민 플랜지이므로 한쪽 유효 돌출폭을 구한 뒤 복부폭을 더한다.

사용할 공식

한쪽 유효 돌출폭 b_e는 다음 세 값 중 최솟값이다.
$b_e = \min\left(\frac{L}{12},\ 6h_f,\ \frac{s}{2}\right)$
전체 유효폭은 $b = b_w + b_e$이다. 한쪽으로만 내민 플랜지의 유효폭은 경간, 플랜지 두께, 인접 보와의 내측거리로 각각 제한되므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

각 제한값을 계산하면
$\frac{L}{12} = \frac{9{,}600}{12} = 800mm$
$6h_f = 6 \times 120 = 720mm$
$\frac{s}{2} = \frac{3{,}000}{2} = 1{,}500mm$
따라서 한쪽 유효 돌출폭은 $b_e = 720mm$이고, 전체 유효폭은
$b = b_w + b_e = 250 + 720 = 970mm$
이다.

선지 판단

① O — 계산된 유효폭 $970mm$와 일치한다.
② X — $1{,}050mm$는 $L/12 = 800mm$만을 적용하여 복부폭을 더한 값이다. 세 제한값 중 최솟값인 $6h_f = 720mm$를 적용해야 하므로 올바른 값은 $970mm$이다.
③ X — $1{,}210mm$는 돌출폭에 $8h_f = 960mm$를 적용한 값이다. 한쪽으로 내민 플랜지에서는 $6h_f$ 제한을 적용하므로 올바른 값은 $970mm$이다.
④ X — $1{,}750mm$는 내측거리의 절반인 $1{,}500mm$만을 적용하여 복부폭을 더한 값이다. 최솟값 $720mm$를 적용해야 하므로 올바른 값은 $970mm$이다.

오답 포인트

각 제한값 가운데 하나만 계산해 바로 복부폭에 더하면 ② 또는 ④를 고르기 쉽다. 또한 한쪽 플랜지의 $6h_f$ 제한을 $8h_f$로 혼동하면 ③이 나온다. 세 제한값을 모두 같은 단위로 계산한 뒤 반드시 최솟값을 선택해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

한쪽으로 내민 플랜지이면 $L/12$, $6h_f$, 내측거리의 절반을 각각 계산하고, 그 최솟값에 복부폭 b_w를 더하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

한쪽 플랜지 유효폭은 '복부폭 + $L/12$, $6h_f$, 내측거리 절반 중 최솟값'이다.

NoteBase

23. 옹벽의 전도에 대한 안정조건에서 저항휨모멘트는 횡토압에 의한 전도휨모멘트의 몇 배 이상인가?

① 1.8배
② 2배
③ 2.5배
④ 3배

정답 2번

출제 포인트

옹벽의 전도 안정조건에서 저항휨모멘트와 횡토압에 의한 전도휨모멘트의 최소 비를 판단하는 문제이다.

조건 정리

저항휨모멘트를 M_R, 횡토압에 의한 전도휨모멘트를 M_O라 한다. 구해야 할 값은 전도에 대한 안전율 M_R/M_O의 최소 기준이다.

사용할 공식

전도에 대한 안정조건은 다음과 같다.

$\frac{M_R}{M_O} \geq 2.0$

즉, 저항휨모멘트가 전도휨모멘트의 2배 이상이어야 한다. 이 비는 전도시키려는 모멘트에 대하여 옹벽이 버티는 모멘트가 충분한지를 나타낸다.

계산 과정

1. 안정조건 $M_R/M_O \geq 2.0$을 적용한다.
2. 따라서 $M_R \geq 2M_O$이다.
3. 최소 배수는 2배이므로 ②가 정답이다.

선지 판단

① X — 1.8배는 요구되는 최소 비 2.0보다 작아 전도 안정조건을 충족하지 못한다. 틀린 표현 '1.8배 이상'은 '2배 이상'으로 고쳐야 한다.
② O — 저항휨모멘트가 횡토압에 의한 전도휨모멘트의 2배 이상이어야 한다는 안정조건과 일치한다.
③ X — 2.5배이면 안정조건 자체는 만족하지만, 문제에서 묻는 최소 기준은 아니다. 틀린 표현 '2.5배 이상'은 '2배 이상'으로 고쳐야 한다.
④ X — 3배이면 안정조건 자체는 만족하지만, 요구되는 최소 배수를 과대하게 제시한다. 틀린 표현 '3배 이상'은 '2배 이상'으로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

‘이상’이라는 말 때문에 2.5배와 3배도 가능하다고 생각하기 쉽다. 그러나 선택지는 실제 확보된 안전율을 묻는 것이 아니라 안정조건으로 정한 최소 배수를 묻고 있으므로 기준값 2를 선택한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전도 안정 문제에서는 저항모멘트를 분자, 전도모멘트를 분모로 두고 그 비가 2 이상인지 확인한다. 선택지에서는 실제로 더 큰 값이 가능한지보다 규정된 최소 기준값이 무엇인지 판단한다.

암기 포인트

옹벽 전도 안정: 저항휨모멘트/전도휨모멘트 ≥ 2.

NoteBase

24. 다음 중 콘크리트의 배합설계에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 콘크리트 품질의 변동성이 클수록 배합강도 크기는 설계기준강도 크기보다 증가한다.

② 제조되는 콘크리트의 품질의 변동성이 일정한 현장에서 설계기준강도에 비해 배합강도를 크게 할수록 제조되는 콘크리트의 파괴확률은 감소한다.

③ 콘크리트 품질의 변동성이 낮을수록 배합설계에서 단위시멘트량이 증가하여야 하기 때문에 경제성은 낮아진다.

④ 콘크리트 배합설계에서 배합강도 크기를 결정하는 주요 요소는 제조되는 콘크리트의 파괴확률과 품질의 변동성이다.

정답 3번

출제 포인트

콘크리트 강도의 품질 변동성이 배합강도, 파괴확률, 단위시멘트량 및 경제성에 미치는 영향을 묻는 문제이다.

핵심 개념

배합강도는 현장에서 강도가 변동하더라도 설계기준강도에 미달할 확률을 허용 한도 이하로 유지하도록 정하는 목표 평균강도이다. 품질 변동성이 클수록 강도 분포가 넓어지므로 더 큰 안전 여유가 필요하고, 배합강도를 높여야 한다. 반대로 품질 변동성이 작아지면 필요한 배합강도와 단위시멘트량을 낮출 수 있어 경제성이 좋아진다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 콘크리트 품질의 변동성이 커질수록 설계기준강도 미달 위험이 커지므로 배합강도와 설계기준강도의 차이를 더 크게 두어야 한다.

② O — 품질 변동성이 일정할 때 설계기준강도에 비해 배합강도를 더 크게 정하면 강도 미달 영역에 들어갈 확률, 즉 파괴확률이 감소한다.

③ X — 틀린 부분은 '품질의 변동성이 낮을수록 단위시멘트량이 증가하여 경제성이 낮아진다'이다. 올바르게는 품질의 변동성이 낮을수록 필요한 배합강도를 낮출 수 있으므로 일반적으로 단위시멘트량이 감소하고 경제성은 높아진다.

④ O — 배합강도는 제조되는 콘크리트 강도의 변동성과 설계기준강도 미달을 허용하는 확률을 고려하여 결정한다.

오답 포인트

③은 '변동성이 낮다'는 유리한 품질관리 상태를 단위시멘트량 증가 및 경제성 저하와 연결하여 방향을 뒤집었다. 변동성이 작으면 강도 미달을 막기 위한 여유강도를 줄일 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

품질 변동성의 증감부터 확인한다. 변동성 증가 → 안전 여유 증가 → 배합강도 증가 → 강도 미달 확률 감소의 관계로 판단한다. 변동성이 감소하면 이 관계가 반대로 되어 필요한 시멘트량이 줄고 경제성이 향상된다.

암기 포인트

변동성이 크면 배합강도는 크게, 변동성이 작으면 시멘트량은 적게·경제성은 높게 본다.

NoteBase

25. 길이가 4 m인 콘크리트 부재의 탄성 변형량이 10 mm이고 크리프 변형량이 20 mm일 때 크리프 계수로 가장 적절한 것은?

① 1
② 1.5
③ 2
④ 2.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 크리프계수를 크리프 변형률과 순간 탄성변형률의 비로 계산하는 문제이다.

조건 정리

부재 길이: $L = 4m = 4{,}000mm$
탄성 변형량: $\delta_e = 10mm$
크리프 변형량: $\delta_c = 20mm$
구해야 할 값: 크리프계수 ϕ
두 변형량이 같은 부재 길이에 대해 주어졌으므로 변형률의 비를 구할 때 길이는 약분된다.

사용할 공식

크리프계수는 크리프 변형률을 순간 탄성변형률로 나눈 값이다.
$\phi = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_e} = \frac{\delta_c/L}{\delta_e/L} = \frac{\delta_c}{\delta_e}$
탄성변형과 크리프변형이 동일한 부재에서 발생하므로 각 변형량을 같은 길이로 나눈 변형률의 비를 사용한다.

계산 과정

1. 순간 탄성변형률은 $\varepsilon_e = 10/4{,}000 = 0.0025$이다.
2. 크리프 변형률은 $\varepsilon_c = 20/4{,}000 = 0.005$이다.
3. 따라서 $\phi = 0.005/0.0025 = 2$이다.

선지 판단

① X — 계산 결과는 2이므로 1은 옳지 않다. 올바르게는 크리프계수 2이다.
② X — 계산 결과는 2이므로 1.5는 옳지 않다. 올바르게는 크리프계수 2이다.
③ O — $20mm/10mm = 2$로 계산 결과와 일치한다.
④ X — 계산 결과는 2이므로 2.5는 옳지 않다. 올바르게는 크리프계수 2이다.

NoteBase

오답 포인트

크리프계수는 크리프 변형량을 탄성 변형량으로 나눈 비이다. 두 변형량을 더한 총변형량을 분자에 넣거나, 부재 길이 $4m$를 별도로 곱하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 부재의 탄성 변형량과 크리프 변형량이 주어지면 단위를 통일한 뒤 $\phi = \delta_c / \delta_e$로 계산하고, 분자와 분모의 순서를 확인한다.

암기 포인트

크리프계수 = 크리프변형 ÷ 순간 탄성변형이다.

NoteBase