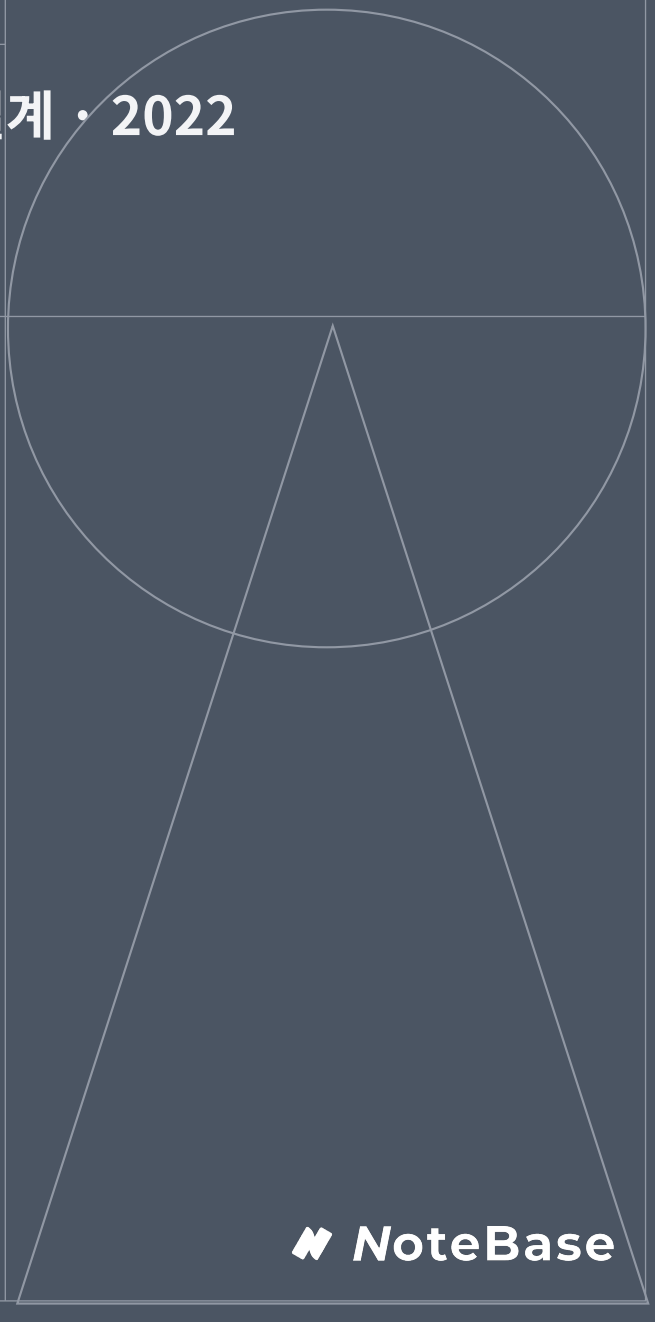
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 토목설계 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 토목설계 · 2022

공무원/국가직/9급 · 토목설계 · 2022

문 1. 콘크리트의 건조수축에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 습윤양생하에서 건조수축량은 증가한다.

② 물-시멘트비가 클수록 건조수축량은 감소한다.

③ 대기 중의 습도가 증가하면 건조수축량은 감소한다.

④ 콘크리트 타설 시 다짐을 잘하면 건조수축량은 증가한다.

정답 3번

간단한 해설

건조수축은 콘크리트 내부의 수분이 빠져나가면서 부피가 줄어드는 현상이다. 대기 중의 **상대습도가 높을수록 수분 손실이 줄어** 건조수축량이 감소한다.

선지별 해설

① X: 습윤양생은 콘크리트를 젖은 상태로 유지하여 수분 손실을 막는 양생 방법이다. 따라서 습윤양생 중에는 **건조수축이 억제**되므로, '건조수축량은 증가한다'는 설명은 틀리다. 양생을 끝내고 건조한 대기에 노출되면 건조수축이 진행될 수 있다.

② X: 물-시멘트비는 시멘트 질량에 대한 물 질량의 비이다. 시멘트량 등 다른 조건이 같을 때 물-시멘트비가 커지면 건조 과정에서 빠져나갈 수 있는 수분이 많아져, 일반적으로 건조수축량은 **감소하는 것이 아니라 증가**한다.

③ O: 건조수축은 굳은 콘크리트의 시멘트 페이스트가 수분을 잃으면서 수축하여 발생한다. 다른 조건이 같다면 대기의 상대습도가 높을수록 콘크리트 내부에서 외부로 이동하는 수분이 줄어든다. 따라서 **상대습도가 증가하면 건조수축량은 감소**한다.

④ X: 타설 시 적절히 다짐하면 콘크리트에 갇힌 공기가 제거되고 재료가 밀실하게 채워진다. 이렇게 콘크리트를 **치밀하게 만드는 적절한 다짐**은 건조수축을 줄이는 데 유리하므로, 건조수축량이 증가한다는 설명은 틀리다. 여기서 다짐을 잘한다는 것은 재료분리를 일으키는 과도한 진동을 뜻하지 않는다.

NoteBase

문 2. 콘크리트의 압축강도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 골재의 강도가 커질수록 콘크리트의 압축강도는 증가한다.

② 물-시멘트비가 작을수록 콘크리트의 압축강도는 증가한다.

③ 콘크리트를 건조양생하면 습윤양생에 비해 압축강도가 더 증가한다.

④ 콘크리트의 압축강도는 전이영역(transition zone)의 강도와 밀접한 관련이 있다.

정답 3번

간단한 해설

③의 '건조양생하면 압축강도가 더 증가한다'는 설명은 양생 효과를 반대로 서술한 것이다. 시멘트는 물과 반응하여 굳으므로, **습윤양생**으로 수분을 유지해야 수화반응이 지속되어 압축강도가 잘 발현된다.

선지별 해설

① O: 골재는 콘크리트 안에서 하중을 분담하므로, 강도가 큰 골재를 사용하는 것은 압축강도 확보에 유리하다. 특히 **골재 자체의 강도가 파괴를 지배하는 경우**에는 골재 강도를 높이면 콘크리트 강도도 높아질 수 있다. 다만 보통강도 콘크리트에서는 골재보다 시멘트 페이스트나 골재와의 접합부가 먼저 파괴될 수 있어, 골재 강도 증가의 효과가 제한적이다.

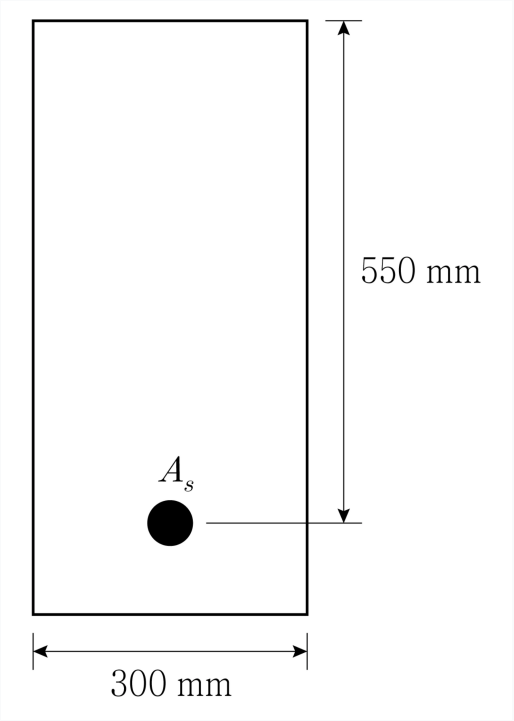
② O: 물-시멘트비는 시멘트 질량에 대한 배합수 질량의 비이다. 다른 조건이 같고 충분히 다짐·양생한다면, 물-시멘트비가 작을수록 굳은 시멘트 페이스트의 **모세관 공극이 줄어** 압축강도가 증가한다. 물을 지나치게 줄여 다짐이 불충분해지는 경우까지 강도가 계속 증가한다는 뜻은 아니다.

③ X: 시멘트가 물과 반응하여 강도를 내는 과정을 수화반응이라고 한다. 건조양생에서는 수분이 손실되어 수화반응이 충분히 진행되지 못하고 강도 발현이 저하된다. 따라서 같은 배합·재령 등 비교 조건에서 **건조양생보다 습윤양생을 할 때** 압축강도가 더 잘 발현된다.

④ O: 전이영역은 골재 표면과 시멘트 페이스트 사이의 경계 부근이다. 일반적으로 주변 페이스트보다 공극이 많고 상대적으로 약해 **미세균열이 발생·성장하기 쉬운 부분**이다. 이 영역의 강도와 골재에 대한 부착 성능이 하중 전달과 균열 진전에 영향을 주므로 콘크리트의 압축강도와 밀접하게 관련된다.

NoteBase

문 3. 그림과 같은 직사각형 철근콘크리트 단면의 공칭휨강도 M_n [kN · m]은? (단, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 20$ MPa, 철근의 항복강도 $f_y = 300$ MPa, $A_s = 1,700$ mm^{2}이고, KDS 14 20 20 : 2022를 따른다)



① 200

② 255

③ 295

④ 315

정답 2번

간단한 해설

공칭휨강도는 철근의 인장력과 압축력 사이의 거리를 곱하여 구한다. 인장력은 510 kN이고, 압축응력블록 깊이 100 mm를 반영한 **내력팔은 0.5 m**이므로 공칭휨강도는 255 kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

단면과 단위: 도면의 폭은 b = 300 mm이다. 세로 치수 550 mm는 압축연단에서 인장철근 중심까지의 거리이므로 **유효깊이 d = 550 mm**이다. 재료 조건은 $f_{ck} = 20$ MPa, $f_y = 300$ MPa, $A_s = 1{,}700$ mm^{2}이며, 1 MPa = 1 N/mm^{2}이다.

힘의 평형: 콘크리트의 인장저항을 무시하고 철근이 항복한다고 가정하면 인장력은 $T = A_s f_y$이다. 따라서 T = 1,700 × 300 = 510,000 N = 510 kN이다. 축력이 없는 휨단면에서는 콘크리트 압축력 C와 철근 인장력 T가 같아야 한다.

압축응력블록 깊이: KDS 14 20 20 : 2022에서 콘크리트 강도가 40 MPa 이하이면 등가직사각형 응력블록의 계수는 $\eta = 1.00$, $\beta_1 = 0.80$이다. 따라서 압축응력은 $0.85 f_{ck}$이고, 응력블록 깊이를 a라 할 때 $C = 0.85 f_{ck} b a$이다. C = T를 적용하면 다음과 같다.

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b}$$

$$a = \frac{510{,}000}{0.85 \times 20 \times 300} = 100 \text{ mm}$$

철근 항복 확인: 중립축 깊이 c는 응력블록 깊이 a와 구별되며, $a = \beta_1 c$이므로 $c = \frac{100}{0.80} = 125$ mm이다. 콘크리트 압축연단의 극한변형률 0.0033과 선형 변형률 분포를 적용하면 철근 변형률은 다음과 같다.

$$\varepsilon_s = 0.0033 \frac{550 - 125}{125} = 0.01122$$

철근의 탄성계수 $E_s = 200{,}000$ MPa를 적용한 항복변형률은 $\varepsilon_y = \frac{300}{200{,}000} = 0.0015$이다. 철근 변형률이 항복변형률보다 크므로 **철근이 항복한다는 가정이 성립한다**.

내력팔과 휨강도: 직사각형 압축응력블록의 합력은 **응력블록 깊이의 중앙**, 즉 압축연단에서 $\frac{a}{2}$인 위치에 작용한다. 따라서 인장철근 중심과 압축합력 사이의 거리인 내력팔 z는 다음과 같다.

$$z = d - \frac{a}{2} = 550 - \frac{100}{2} = 500 \text{ mm} = 0.5 \text{ m}$$

이 두 힘이 만드는 모멘트는 $M_n = Tz$이므로 510 × 0.5 = 255 kN·m이다. 요구한 값은 공칭휨강도이므로 강도감소계수를 곱하지 않는다.

따라서 공칭휨강도는 255 kN·m이며, ②에 해당한다.

NoteBase

문 4. 슬래브와 보를 일체로 친 대칭 T형보의 플랜지 유효폭을 결정하는 기준에 해당하지 않는 것은? (단, t_f = 플랜지의 두께, b_w = 복부의 폭, KDS 14 20 10 : 2021을 따른다)

① $8b_w$

② $16t_f + b_w$

③ 보의 경간의 $\frac{1}{4}$

④ 양쪽 슬래브의 중심 간 거리

정답 1번

간단한 해설

8배를 적용하는 대상은 **플랜지의 두께**이다. 대칭 T형보에서는 양쪽의 내민 폭에 복부폭을 더하므로, 두께에 따른 전체 유효폭의 한계는 $16t_f + b_w$이다.

선지별 해설

플랜지 유효폭은 슬래브 중 보와 함께 휨에 저항하는 것으로 인정하는 폭이다. KDS 14 20 10 : 2021의 4.3.10(1)①에 따라 대칭 T형보의 유효폭은 두께 기준, 슬래브 중심 간 거리 기준, 경간 기준으로 얻은 값 중 **가장 작은 값**으로 결정한다.

① X: $8b_w$는 유효폭을 결정하는 기준에 해당하지 않는다. 두께에 따른 제한은 복부의 양쪽으로 내민 플랜지 폭을 각각 $8t_f$까지 인정하는 것이다. 따라서 전체 폭의 기준은 **양쪽 내민 폭에 복부폭을 더한** $16t_f + b_w$로 고쳐야 한다.

② O: 플랜지 두께에 따른 전체 유효폭의 상한이다. 왼쪽 내민 폭 $8t_f$, 복부폭 b_w, 오른쪽 내민 폭 $8t_f$를 합하면 $16t_f + b_w$가 된다. **한쪽 내민 폭과 전체 유효폭**을 구분해야 한다.

③ O: 보의 경간을 l이라 하면 유효폭은 $\frac{l}{4}$을 넘을 수 없다. 이는 **보의 길이 방향 경간**에 따른 폭 제한으로, 플랜지가 넓더라도 이 한계를 함께 적용한다.

④ O: **양쪽 슬래브의 중심 간 거리**도 유효폭의 상한이다. 보 양쪽에 있는 슬래브의 중심 사이에서 확보되는 가로 방향의 폭을 기준으로 하며, 이 거리와 두께 기준 및 경간 기준을 모두 만족하도록 가장 작은 값을 적용한다.

NoteBase

문 5. 복철근 직사각형보에서 압축철근을 배근하는 이유로 옳지 않은 것은?

① 전단철근 등 철근의 조립이 편리하다.

② 파괴 시 중립축의 깊이가 감소하며 부재의 연성이 증가한다.

③ 인장철근의 변형률 증가를 억제함으로써 탄성처짐을 감소시킨다.

④ 지진하중과 같이 하중의 작용 방향이 달라질 경우에 압축철근이 인장철근의 역할을 할 수 있다.

정답 3번

간단한 해설

③의 '인장철근의 변형률 증가를 억제하여 탄성처짐을 감소시킨다'는 압축철근의 주된 역할을 잘못 설명한 것이다. 압축철근은 콘크리트의 크리프·건조수축에 따른 **장기처짐을 줄이며**, 파괴 시에는 중립축 깊이를 줄여 **연성을 높인다**.

선지별 해설

① O: 압축측에 배치한 종방향 철근은 전단철근인 스터럽을 묶고 지지하는 역할도 한다. 따라서 **스터럽의 위치를 유지**하면서 철근망을 조립하기 편리하다.

② O: 인장철근량 등 다른 조건이 같을 때 압축철근이 압축력의 일부를 부담하면 콘크리트가 부담할 압축력이 줄어들어 파괴 시 중립축 깊이가 감소한다. 콘크리트가 한계 압축변형률에 도달할 때 인장철근의 변형률과 단면의 곡률은 더 커질 수 있으므로, 파괴 전 변형을 수용하는 능력인 **연성이 증가**한다.

③ X: 압축철근의 대표적인 처짐 억제 효과는 인장철근의 변형률 증가를 억제하여 탄성처짐을 줄이는 것이 아니라, **크리프·건조수축에 따른 장기처짐을 줄이는 것**이다. 지속하중 아래에서 압축철근이 압축력의 일부를 부담하면 콘크리트의 압축응력과 크리프 변형이 줄고, 수축에 따른 변형도 구속한다. 하중을 가했을 때 즉시 발생하는 탄성처짐과 시간이 지나며 추가되는 장기처짐을 구별해야 한다.

④ O: 지진하중 등으로 **휨모멘트의 방향이 반전**되면 단면의 압축측과 인장측이 서로 바뀔 수 있다. 이때 원래 압축측에 있던 철근이 새 인장측에서 인장력을 부담하므로 인장철근의 역할을 할 수 있다.

NoteBase

문 6. 철근콘크리트 휨부재에서 철근의 항복강도 f_y=500 MPa일 때, 인장지배변형률의 한계값(㉠)과 최소허용인장변형률의 값(㉡)을 바르게 연결한 것은? (단, KDS 14 20 20 : 2022를 따른다)

① ㉠: 0.005, ㉡: 0.004

② ㉠: 0.00625, ㉡: 0.004

③ ㉠: 0.005, ㉡: 0.005

④ ㉠: 0.00625, ㉡: 0.005

정답 4번

간단한 해설

항복강도가 **400 MPa을 초과**하므로 인장지배변형률 한계는 철근 항복변형률의 2.5배, 최소허용인장변형률은 2배를 적용한다. 항복변형률이 0.0025이므로 두 값은 각각 **0.00625와 0.005**이며, 변형률에는 단위가 없다.

계산 과정

철근의 항복변형률 계산: 주어진 항복강도는 $f_y = 500$ MPa로 **400 MPa을 초과**한다. 철근의 탄성계수는 표준값인 $E_s = 200{,}000$ MPa를 사용한다. 항복 전 철근의 응력은 탄성계수와 변형률의 곱이므로, 항복변형률은 $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{500}{200{,}000} = 0.0025$이다. 분자와 분모의 MPa이 소거되므로 변형률은 무차원량이다.

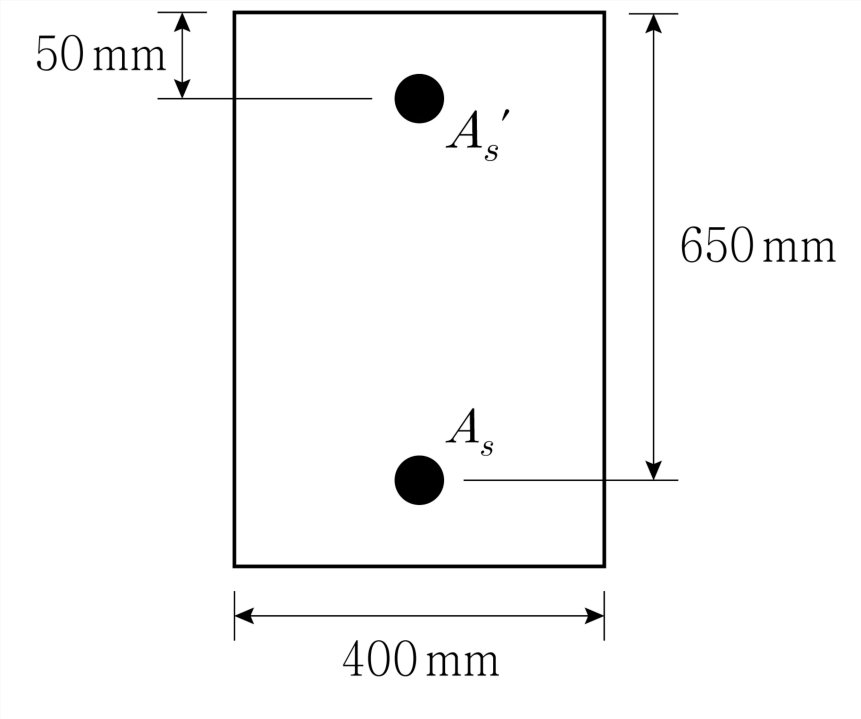
㉠ 인장지배변형률 한계: KDS 14 20 20:2022의 4.1.2(4)에 따라 항복강도가 400 MPa을 초과하면 **항복변형률의 2.5배**를 적용한다. 따라서 $2.5\varepsilon_y = 2.5 \times 0.0025 = 0.00625$이다. 압축연단 콘크리트가 가정된 극한변형률에 도달할 때 최외단 인장철근의 순인장변형률이 이 값 이상이면 인장지배단면에 해당한다.

㉡ 최소허용인장변형률: 같은 기준의 4.1.2(5)에 따라 프리스트레스를 가하지 않은 휨부재는 공칭강도 상태에서 순인장변형률이 최소허용값 이상이어야 한다. 항복강도가 400 MPa을 초과하므로 **항복변형률의 2배**를 적용하여 $2\varepsilon_y = 2 \times 0.0025 = 0.005$를 얻는다. 이는 휨부재가 확보해야 할 최소값이며, 인장지배단면으로 분류하는 한계값과 구별된다.

따라서 ㉠은 0.00625, ㉡은 0.005이며, 이 연결에 해당하는 선택지는 ④이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 휨모멘트를 받는 복철근 직사각형보의 콘크리트 압축연단이 극한변형률에 도달할 때, 압축철근의 변형률 ε'_s에 대한 인장철근의 변형률 ε_s의 비[$\varepsilon_s/\varepsilon'_s$]는? (단, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 30$ MPa, 철근의 항복강도 $f_y = 400$ MPa, $A'_s = 420$ mm^2, $A_s = 4{,}500$ mm^{2}이고, KDS 14 20 20 : 2022를 따른다)



① 1.5

② 2.0

③ 2.5

④ 3.0

정답 4번

간단한 해설

변형률은 **중립축에서 떨어진 거리에 비례**한다. 중립축 깊이가 약 200 mm이므로 인장철근과 압축철근의 중립축까지 거리는 각각 약 450 mm와 150 mm이고, 변형률 크기의 비는 3.0이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면 치수와 기준값: 그림에서 단면 폭은 $b = 400$ mm, 압축연단에서 인장철근 중심까지의 유효깊이는 $d = 650$ mm, 압축철근 중심까지의 깊이는 $d' = 50$ mm이다. KDS 14 20 20 : 2022의 표 4.1-2에서 $f_{ck} = 30$ MPa에 적용하는 값은 $\eta = 1.0$, $\beta_1 = 0.80$, $\varepsilon_{cu} = 0.0033$이다. 등가 압축응력블록의 깊이 a와 중립축 깊이 c의 관계는 $a = \beta_1 c$이다.

2. 힘의 평형으로 중립축 구하기: 먼저 두 철근이 모두 항복한다고 가정하고, 계산한 변형률로 이를 확인한다. 압축철근이 차지하는 콘크리트 면적을 무시하는 근사에서 인장력은 콘크리트와 압축철근의 압축력 합과 같으므로 $A_s f_y = 0.85 f_{ck} b a + A'_s f_y$이다. 따라서 콘크리트가 부담할 압축력은 $(A_s - A'_s) f_y$이다.
$a = \frac{(4{,}500 - 420) \cdot 400}{0.85 \cdot 30 \cdot 400} = 160$ mm
$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{160}{0.80} = 200$ mm
여기서 **160 mm는 압축응력블록 깊이**이고, 변형률 계산에 쓰는 중립축 깊이는 200 mm이다.

3. 변형률과 항복 가정 확인: 평면유지 가정에 따라 변형률은 중립축에서의 거리에 비례한다. 아래에서는 인장·압축 변형률을 각각 크기로 나타낸다.
인장철근은 $\varepsilon_s = \varepsilon_{cu} \frac{d - c}{c}$이므로 $0.0033 \cdot \frac{650 - 200}{200} = 0.007425$이다.
압축철근은 $\varepsilon'_s = \varepsilon_{cu} \frac{c - d'}{c}$이므로 $0.0033 \cdot \frac{200 - 50}{200} = 0.002475$이다.
철근의 표준 탄성계수 $E_s = 200{,}000$ MPa를 쓰면 항복변형률은 $\varepsilon_y = \frac{400}{200{,}000} = 0.002$이다. 두 철근의 변형률이 모두 이 값보다 크므로 **두 철근 모두 항복한다는 가정**이 성립한다.

4. 변형률비: 두 변형률에서 공통인 $\frac{\varepsilon_{cu}}{c}$가 약분되므로 중립축에서 각 철근까지의 거리만 비교하면 된다.
$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon'_s} = \frac{d - c}{c - d'} = \frac{650 - 200}{200 - 50} = 3.0$
변형률비는 무차원이며, ④의 3.0과 일치한다.

NoteBase

문 8. 철근의 정착에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, KDS 14 20 52 : 2022를 따른다)

① 확대머리 이형철근은 경량콘크리트에 적용할 수 없다.

② 인장 이형철근의 정착길이는 공칭지름이 클수록 길어진다.

③ 인장 이형철근의 표준 갈고리는 압축을 받는 경우 철근 정착에 유효하지 않은 것으로 본다.

④ 동일한 철근과 콘크리트에 대해, 압축 이형철근이 인장 이형철근보다 더 큰 기본정착길이를 가진다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '압축 이형철근이 더 큰 기본정착길이를 가진다'는 관계가 반대이다. 동일한 철근과 콘크리트에서는 **인장 이형철근의 기본정착길이가 더 길다**.

선지별 해설

① O: KDS 14 20 52:2022의 4.1.6은 확대머리 이형철근을 **보통중량콘크리트에만 사용**하도록 규정한다. 따라서 경량콘크리트에는 적용할 수 없다.

② O: 다른 조건이 같을 때 인장 이형철근의 기본정착길이는 **공칭지름에 비례**한다. 같은 보정조건을 적용하면 지름이 큰 철근일수록 힘을 콘크리트에 전달하기 위해 더 긴 정착길이가 필요하다.

③ O: 같은 기준 4.1.1은 **갈고리를 압축철근의 정착에 유효하지 않은 것**으로 본다. 인장 정착에 사용하는 표준갈고리가 있더라도, 압축력을 받는 경우에는 갈고리의 정착 효과를 인정하지 않는다.

④ X: 같은 기준 4.1.2의 인장 기본정착길이는 $l_{db} = \frac{0.6 d_b f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}}$이고, 4.1.3의 압축 기본정착길이는 $l_{db} = \frac{0.25 d_b f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}}$이다. 압축 기본정착길이에는 $0.043 d_b f_y$ 이상의 하한도 적용한다. 여기서 d_b는 철근의 공칭지름, f_y는 철근의 설계기준항복강도, f_{ck}는 콘크리트의 설계기준압축강도, λ는 경량콘크리트계수이다. 같은 철근과 콘크리트를 비교하면 **인장 기본정착길이가 압축 기본정착길이보다 길다**. 따라서 선지의 '압축 이형철근이 더 큰'을 '인장 이형철근이 더 큰'으로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 9. 직사각형 철근콘크리트 단면의 계수전단력 $V_u = 350$ kN일 때, 수직 배근된 전단철근의 최대간격 s[mm]는? (단, 단면폭 $b = 400$ mm, 유효깊이 $d = 600$ mm, 보통중량 콘크리트를 사용하였고, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 25$ MPa, 전단철근의 항복강도 $f_y = 400$ MPa, 전단철근의 단면적 $A_v = 200$ mm^{2}이며, KDS 14 20 22 : 2022를 따른다)

① 120

② 180

③ 240

④ 300

정답 2번

간단한 해설

콘크리트의 설계전단강도는 150 kN이므로, 계수전단력 350 kN 중 나머지 200 kN을 전단철근이 설계강도로 부담해야 한다. 수직 전단철근은 간격이 넓어질수록 전단강도가 작아지며, 강도 조건으로 구한 **최대간격은 180 mm**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 설계 조건과 콘크리트의 전단강도: KDS 14 20 22 : 2022에 따라 $\phi(V_c + V_s) \geq V_u$를 만족시킨다. 여기서 V_c와 V_s는 각각 콘크리트와 전단철근의 공칭전단강도이고, 전단에 대한 강도감소계수는 $\phi = 0.75$이다. 보통중량 콘크리트이므로 경량콘크리트계수는 $\lambda = 1$이며, 콘크리트의 공칭전단강도는 $V_c = \frac{1}{6}\lambda\sqrt{f_{ck}}bd$로 구한다. 1 MPa = 1 N/mm^{2}이므로 주어진 강도와 mm 단위를 대입하면 힘은 N으로 계산된다.
$V_c = \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 600 = 200{,}000$ N = 200 kN이다.

2. 전단철근이 부담할 강도: 콘크리트의 설계전단강도는 $\phi V_c = 0.75 \cdot 200 = 150$ kN이다. 따라서 **전단철근의 설계전단강도**는 ϕ V_s≥350-150=200 kN이어야 한다. 공칭전단강도로는 $V_s \geq \frac{200}{0.75} \approx 266.7$ kN이 필요하다. 200 kN은 강도감소계수를 적용한 값이고, 약 266.7 kN은 적용하기 전의 값이다.

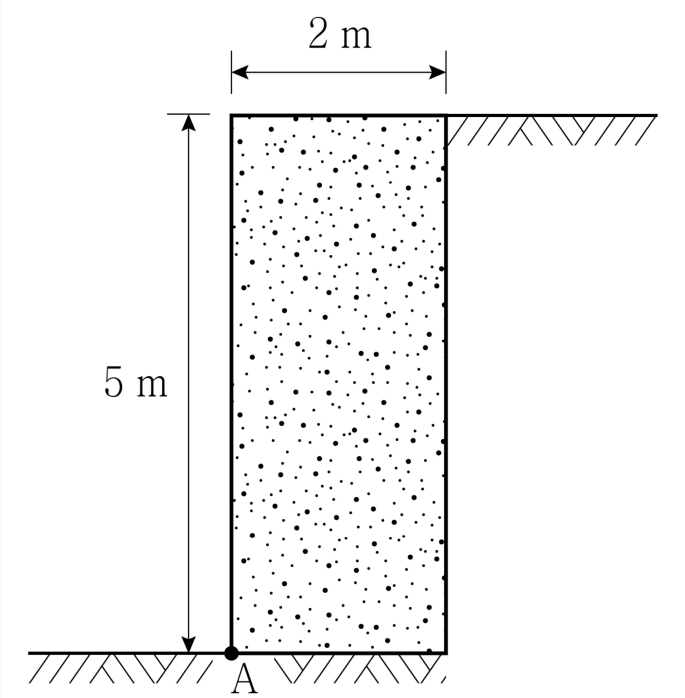
3. 강도 조건에 따른 간격: 부재축에 직각으로 배근된 전단철근은 $V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$를 적용한다. A_v는 간격 s 안에 있는 전단철근의 전체 단면적이므로 주어진 200 mm^{2}를 그대로 사용한다. **간격 s가 커질수록 단위 길이당 철근량이 줄어든다**. 앞서 구한 ϕ V_s≥200 kN에 이 식을 대입하면 $s \leq \frac{\phi A_v f_y d}{200{,}000}$이다. 따라서 $s \leq \frac{0.75 \cdot 200 \cdot 400 \cdot 600}{200{,}000} = 180$ mm이다.

4. 기준의 간격 제한 확인: 수직 전단철근의 간격은 철근콘크리트 부재에서 $d/2$ 이하이면서 600 mm 이하이어야 한다. 또한 V_s가 $\frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}}bd$를 초과하면 이 최대간격을 절반으로 줄인다. 이 문제의 경계값은 $\frac{1}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 600 = 400{,}000$ N = 400 kN이다. 필요한 V_s는 약 266.7 kN으로 400 kN 이하이므로 절반으로 줄이는 조건에 해당하지 않는다. 따라서 간격 제한은 $s \leq \min(600/2, 600) = 300$ mm이다.

강도 조건의 180 mm와 기준의 간격 제한 300 mm를 모두 만족해야 하므로, 최대간격은 180 mm이며 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 사질토로 뒷채움된 철근콘크리트 옹벽의 A점에서의 전도 안전율은? (단, 흙의 내부마찰각 $\phi = 30^\circ$, 흙의 단위중량 $\gamma = 18$ kN/m^3, 철근콘크리트의 단위중량 $m_c = 25$ kN/m^{3}이다)



① 2.0

② 2.5

③ 3.0

④ 3.5

정답 1번

간단한 해설

전도 안전율은 A점에 대한 **저항모멘트를 전도모멘트로 나눈 값**이다. 옹벽 길이 1 m당 자중에 의한 저항모멘트는 250 kN·m, 주동토압에 의한 전도모멘트는 125 kN·m이므로 안전율은 2.0이다.

NoteBase

계산 과정

계산 기준: 그림의 옹벽은 폭 B = 2 m, 높이 H = 5 m인 직사각형 단면이다. 옹벽 길이 L = 1 m인 부분을 대상으로 A점에 대한 모멘트를 구한다. 수압과 상재하중은 주어지지 않았으므로 계산에 포함하지 않는다.

주동토압계수: 수평한 사질토 지표면과 수직 벽면에 대해 벽면마찰을 무시하는 Rankine 주동토압을 적용한다. 내부마찰각이 30°이므로 $K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} = \frac{1}{3}$이다.

주동토압의 합력: 깊이에 따라 토압이 선형으로 증가하므로 토압분포는 삼각형이다. 따라서 합력은 $P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 L$이다. 주어진 값을 대입하면 $P_a = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 18 \cdot 5^2 \cdot 1 = 75$ kN이다.

전도모멘트: 주동토압은 옹벽을 왼쪽으로 밀어 A점을 중심으로 전도시키려 한다. 삼각형 토압분포의 합력은 **밑면에서 높이의 1/3 지점**에 작용하므로 모멘트팔은 $\frac{H}{3} = \frac{5}{3}$ m이다. 따라서 전도모멘트는 $M_O = 75 \cdot \frac{5}{3} = 125$ kN·m이다.

저항모멘트: 철근콘크리트의 자중은 $25 \times 2 \times 5 \times 1 = 250$ kN이다. 자중은 직사각형 단면의 중심에 작용하므로 A점으로부터의 수평거리는 $\frac{B}{2} = 1$ m이다. 이 자중은 전도를 막는 방향으로 작용하므로 저항모멘트는 $M_R = 250 \cdot 1 = 250$ kN·m이다.

전도 안전율: $F_s = \frac{M_R}{M_O} = \frac{250}{125} = 2.0$이다. 두 모멘트의 단위가 상쇄되므로 안전율은 무차원이며, 계산값은 ①의 2.0에 해당한다.

NoteBase

문 11. 프리스트레스를 가하지 않은 나선철근 기둥의 최대 설계축강도 $\phi P_{n(\max)} = \phi_o \times \phi[0.85 f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$에서 최소 편심에 대한 계수 ϕ_o의 값은? (단, A_{st} = 축방향 철근량, A_g = 기둥의 전체 단면적, f_{ck} = 콘크리트의 설계기준압축강도, f_y = 철근의 항복강도, ϕ = 강도감소계수이고, KDS 14 20 20 : 2022를 따른다)

① 0.75

② 0.80

③ 0.85

④ 0.90

정답 3번

간단한 해설

프리스트레스를 가하지 않은 나선철근 기둥은 작은 편심의 영향을 고려하여 최대 설계축강도를 중심축압축 설계강도의 **0.85배**로 제한한다. 따라서 최소 편심 계수는 $\phi_o = 0.85$이다.

공통 해설

KDS 14 20 20 : 2022의 4.1.2(7)①, 식 (4.1-16)은 규정에 따른 나선철근을 가진 비프리스트레스트 압축부재의 최대 설계축강도를 중심축압축 설계강도의 0.85배로 제한한다. 하중이 단면 중심에서 조금 벗어나면 축력과 함께 휨모멘트가 생기므로, 이러한 편심의 영향을 고려하여 축강도의 상한을 낮추는 것이다.

주어진 식의 대괄호 안은 콘크리트와 축방향 철근의 중심축압축 공칭강도를 합한 값이다. 여기에 강도감소계수 ϕ를 적용한 뒤, **전체 축강도에 최소 편심 계수**를 추가로 곱한다. 나선철근 기둥에 적용하는 이 계수는 $\phi_o = 0.85$이다.

NoteBase

문 12. 구조용 강재의 장점으로 옳지 않은 것은?

① 내화성이 우수하다.

② 급속시공이 가능하다.

③ 에너지 흡수능력이나 연성이 우수하다.

④ 단위체적당 비강성 및 비강도가 매우 크기 때문에 대규모 구조물에 적합하다.

정답 1번

간단한 해설

강재는 불에 타지 않는 **불연재료**이지만, 화재로 온도가 높아지면 강도와 강성이 감소한다. 따라서 **내화성이 우수한 재료는 아니며**, 필요한 내화성능을 확보하려면 내화피복 등의 대책을 마련해야 한다.

선지별 해설

① X: 내화성은 화재의 고온에 노출되어도 구조물이 필요한 하중 지지능력 등을 유지하는 성질이다. 강재는 불연재료이지만 고온에서는 강도와 강성이 감소하여 변형이나 좌굴이 발생하기 쉬워진다. 따라서 '내화성이 우수하다'는 **'내화성이 낮아 필요한 경우 내화피복 등을 해야 한다'**로 고쳐야 한다.

② O: 강재 부재를 공장에서 미리 제작하고 현장에서는 볼트 접합이나 용접으로 조립할 수 있다. 현장타설 콘크리트처럼 부재의 강도가 발현될 때까지 양생하는 과정이 필요하지 않아 **현장 공기를 단축**할 수 있다.

③ O: 연성은 재료가 파괴되기 전에 큰 소성변형을 할 수 있는 성질이다. 구조용 강재는 항복 후에도 상당한 변형을 할 수 있으며, 이 **소성변형 과정에서 에너지를 흡수**한다. 따라서 에너지 흡수능력과 연성이 우수한 것은 강재의 장점이다.

④ O: 강도는 하중에 견디는 능력이고, 강성은 하중에 의한 변형에 저항하는 성질이다. 강재는 **자중에 비해 강도와 강성이 커** 비교적 적은 재료량으로 큰 하중을 지지하고 변형을 억제할 수 있다. 구조물의 자중을 줄이면서 필요한 성능을 확보하기에 유리하므로 대규모 구조물이나 장경간 구조물에 적합하다.

NoteBase

문 13. 프리스트레스의 시간적 손실 원인으로 옳지 않은 것은?

① 콘크리트의 크리프

② 콘크리트의 건조수축

③ 긴장재 응력의 릴랙세이션

④ 포스트텐션 긴장재와 덕트 사이의 마찰

정답 4번

간단한 해설

포스트텐션 긴장재와 덕트 사이의 마찰은 긴장 작업 중 발생하는 **즉시 손실**의 원인이다. 시간 경과에 따라 진행되는 콘크리트의 크리프·건조수축, 긴장재의 릴랙세이션에 의한 손실과 구분한다.

선지별 해설

① O: 크리프는 콘크리트가 지속적인 압축응력을 받을 때 **시간이 지나면서 압축변형이 추가로 증가**하는 현상이다. 콘크리트가 점차 짧아지면 긴장재의 인장변형도 줄어들어 프리스트레스가 감소하므로 시간적 손실의 원인이다.

② O: 건조수축은 콘크리트 내부의 수분이 빠져나가면서 **외부 하중이 없어도 체적이 줄어드는** 현상이다. 시간에 따라 콘크리트가 수축하면 긴장재의 인장변형이 줄어 프리스트레스가 감소한다. 지속적인 압축응력 때문에 생기는 크리프와 달리 수분 손실이 주된 원인이다.

③ O: 릴랙세이션은 긴장재를 늘인 상태로 두어 **변형률이 일정하게 유지되어도 인장응력이 시간에 따라 감소**하는 현상이다. 긴장재 자체의 응력이 낮아져 프리스트레스가 감소하므로 시간적 손실에 해당한다.

④ X: 포스트텐션에서는 긴장재를 잡아당길 때 긴장재와 덕트 사이의 마찰이 긴장력의 전달을 방해하여 손실이 발생한다. 이는 **긴장 작업 중 발생하는 즉시 손실**이며, 시간 경과에 따른 재료의 변형이나 응력 감소로 생기는 시간적 손실로 분류하지 않는다.

NoteBase

문 14. 처짐을 계산하지 않는 경우, 단순지지된 리브가 없는 1방향 슬래브의 최소두께[mm]는? (단, 큰 처짐에 의해 손상되기 쉬운 칸막이벽이나 기타 구조물을 지지 또는 부착하지 않고, 부재의 길이 $l = 8$ m, 보통중량 콘크리트와 설계기준항복강도 $f_y = 400$ MPa 철근을 사용하며, KDS 14 20 30 : 2021을 따른다)

① 286

② 333

③ 400

④ 500

정답 3번

간단한 해설

단순지지된 리브 없는 1방향 슬래브는 주어진 조건에서 최소두께를 $h_{min} = \frac{l}{20}$로 구한다. 길이 8 m를 적용하면 최소두께는 **400 mm**이다.

계산 과정

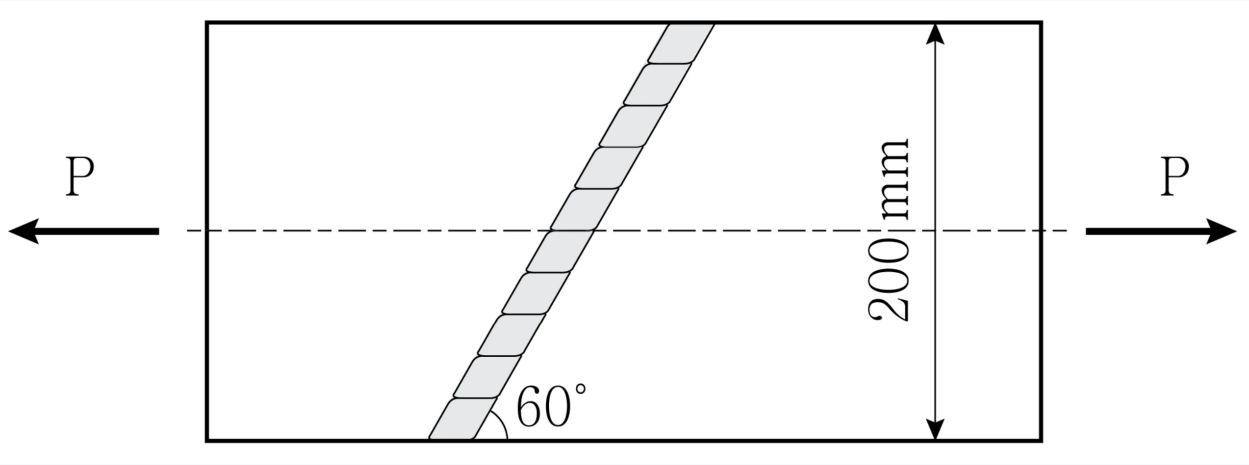
KDS 14 20 30 : 2021의 4.2.1 및 표 4.2-1은 큰 처짐으로 손상되기 쉬운 칸막이벽이나 기타 구조물을 지지 또는 부착하지 않은 부재에 대해 **처짐 계산을 생략할 때의 최소두께**를 정한다. 단순지지된 리브 없는 1방향 슬래브에는 $h_{min} = \frac{l}{20}$를 적용한다. 여기서 h_{min}은 최소두께, l은 부재의 길이이다.

이 기준값은 보통중량 콘크리트와 설계기준항복강도 $f_y = 400$MPa인 철근을 사용하는 경우의 값이므로, 문제에서는 재료에 따른 보정 없이 적용한다. 요구 단위가 mm이므로 부재 길이를 8 m = 8,000 mm로 환산한다.

길이를 대입하면 $h_{min} = \frac{8{,}000}{20} = 400$mm이다. 따라서 처짐을 계산하지 않는 경우 필요한 최소두께는 400 mm이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 맞댐용접을 한 두께 12 mm의 강재판에 축방향 인장력 P = 300 kN이 작용할 때, 용접부에 발생하는 인장응력 [MPa]은? (단, 용접 시점 및 종점부의 크레이터 영향은 무시하고, KDS 14 30 25 : 2019를 따른다)



① 110

② 115

③ 120

④ 125

정답 4번

간단한 해설

맞댐용접의 유효길이는 **접합부의 폭 200 mm**로 잡는다. 유효면적 2,400 mm^2로 인장력 300 kN을 나누면 인장응력은 125 MPa이다.

NoteBase

계산 과정

① 유효길이와 유효목두께: KDS 14 30 25의 4.2.1(1)에 따라 맞댐용접의 유효길이는 접합되는 부분의 폭으로, 완전용입된 맞댐용접의 유효목두께는 접합판 중 얇은 쪽 판두께로 정한다. 이 문제에서는 그림의 **하중에 직각인 폭 200 mm**를 유효길이로, 판두께 12 mm를 유효목두께로 사용한다. 용접선이 60°로 기울어져 있어도 경사진 용접선의 실제 길이를 유효길이로 사용하지 않는다. 크레이터의 영향은 무시하므로 단부 길이를 공제하지 않는다.

② 유효면적: 유효길이와 유효목두께를 곱하면 하중을 전달하는 계산상 단면적을 얻는다. 유효면적을 A_e라 하면 $A_e = 200 \times 12 = 2{,}400\text{mm}^2$이다.

③ 인장응력: 축방향 인장응력은 인장력을 유효면적으로 나누어 구하므로 $\sigma = \frac{P}{A_e}$를 적용한다. 단위를 맞추면 P = 300 kN = 300,000 N이고, $\sigma = \frac{300{,}000}{2{,}400} = 125\text{N/mm}^2$이다. 1 N/mm^2 = 1 MPa이므로 용접부의 인장응력은 125 MPa이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 프리스트레스트 콘크리트용 그라우트에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, KCS 14 20 53:2022를 따른다)

① 그라우트의 물-결합재비는 45% 이하로 한다.

② 사용 혼화제는 블리딩 발생이 없는 타입을 표준으로 한다.

③ 부재 콘크리트와 긴장재를 일체화시키는 부착강도는 재령 28일 인장강도로 설정할 수 있다.

④ 부식성 물질의 함유로 인한 강재 부식이 구조물의 소요 성능에 손상을 일으키지 않도록 하여야 한다.

정답 3번

간단한 해설

부재 콘크리트와 긴장재를 일체화시키는 부착강도는 재령 7일 또는 28일의 **압축강도**로 대신 설정할 수 있다. ③의 '재령 28일 인장강도'는 강도의 종류를 잘못 제시한 것이다.

선지별 해설

① O: KCS 14 20 53:2022의 2.1.3(7)은 그라우트의 물-결합재비를 **45% 이하**로 정한다. 물-결합재비는 결합재 질량에 대한 물 질량의 비율로, 물의 과다 사용을 제한하여 필요한 강도와 품질을 확보하기 위한 기준이다.

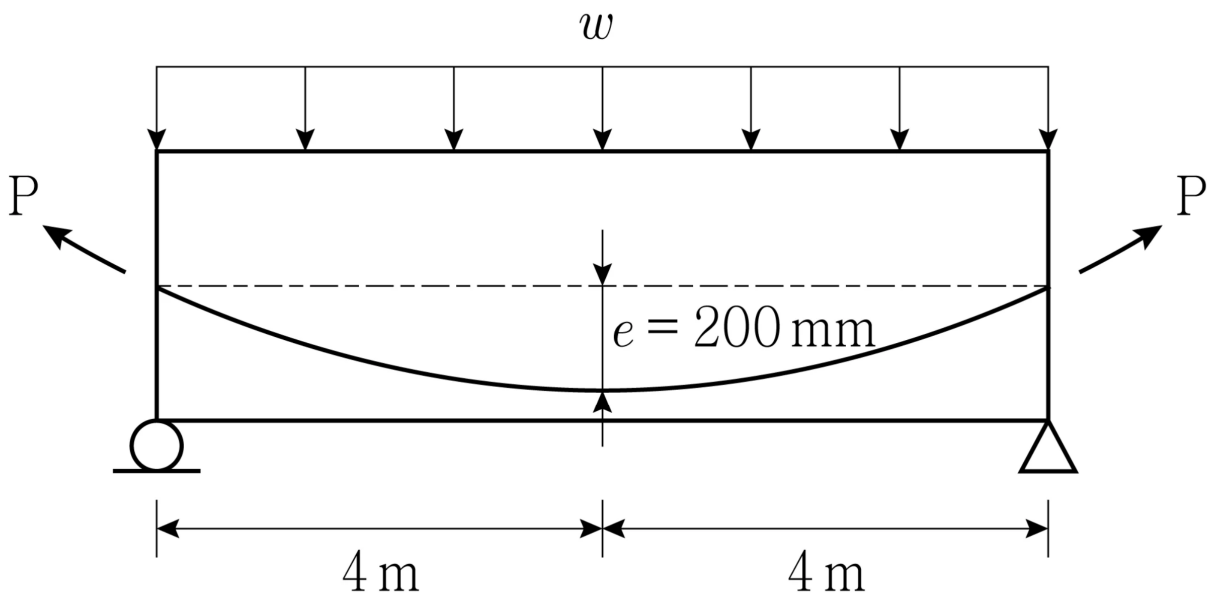
② O: 같은 기준 2.1.3(4)에 따라 혼화제는 **블리딩 발생이 없는 타입**을 사용하는 것이 표준이다. 블리딩은 그라우트 속의 물이 분리되어 위로 올라오는 현상이다. 이로 인해 덕트 내부에 빈 공간이 생기면 충전성과 긴장재 보호 성능이 저하될 수 있다.

③ X: 같은 기준 2.1.3(8)·(9)에 따라 부착강도는 덕트의 종류와 형상, 긴장재의 종류를 고려하여 설정하며, 재령 7일 또는 28일의 **압축강도로 대신 설정**할 수 있다. 이때 압축강도는 KCI-PS102에 따라 구하며, 재령 7일에서 27 MPa 이상 또는 재령 28일에서 30 MPa 이상을 만족하여야 한다. 따라서 선지의 '재령 28일 인장강도'는 '재령 7일 또는 28일의 압축강도'로 고쳐야 한다.

④ O: 같은 기준 2.1.3(10)은 부식성 물질에 의한 강재 부식이 **구조물의 소요 성능을 손상시키지 않도록** 요구한다. 그라우트는 긴장재를 보호하는 역할도 하므로, 그라우트에 함유된 부식성 물질 때문에 긴장재의 성능이 저하되지 않도록 관리하여야 한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 프리스트레스트 콘크리트 단순보의 지간 중앙에서 프리스트레스 힘 $P = 500$ kN에 의한 상향력과 평형을 이루는 등분포하중 w[kN/m]는? (단, 자중과 프리스트레스 손실은 무시한다)



① 12.5

② 13.0

③ 13.5

④ 14.0

정답 1번

간단한 해설

지간 중앙에서 **프리스트레스와 등분포하중의 휨모멘트가 서로 상쇄**되도록 $Pe = \frac{wL^2}{8}$을 적용한다. 전체 지간 8 m와 편심거리 0.2 m를 대입하면 평형 등분포하중은 12.5 kN/m이다.

NoteBase

계산 과정

조건 정리: 그림에서 전체 지간은 L = 4 + 4 = 8 m이고, 중앙의 편심거리는 e = 200 mm = 0.2 m이다. 프리스트레스 힘은 P = 500 kN이며, 자중과 프리스트레스 손실은 무시한다. 하중 단위가 kN/m이므로 **길이 단위를 m로 통일**한다.

프리스트레스의 작용: 중앙에서 긴장재가 기준선보다 아래에 있으므로 프리스트레스는 등분포하중에 의한 처짐을 억제하는 방향으로 작용한다. 중앙의 편심 프리스트레스 모멘트 크기는 $M_p = Pe$이므로, $M_p = 500 \cdot 0.2 = 100\ \text{kN} \cdot \text{m}$이다. 이 값은 하향하중의 중앙 휨모멘트와 상쇄되어야 하는 모멘트이다.

평형 조건: 전 지간에 등분포하중 w가 작용하는 단순보의 중앙 휨모멘트는 $M_w = \frac{wL^2}{8}$이다. 따라서 **중앙에서 두 모멘트의 크기를 같게** 놓으면 $\frac{wL^2}{8} = Pe$이고, 이를 w에 대해 정리하면 $w = \frac{8Pe}{L^2}$이다.

수치 대입: $w = \frac{8 \cdot 500 \cdot 0.2}{8^2} = 12.5\ \text{kN/m}$이다. 따라서 프리스트레스의 상향 효과와 평형을 이루는 하향 등분포하중은 12.5 kN/m로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 계수전단력 V_u = 50 kN이 작용하는 직사각형 단면의 철근콘크리트 휨부재에서 전단철근을 배근하지 않아도 되는 단면의 최소폭 [mm]은? (단, 보통중량 콘크리트를 사용하였고, 콘크리트의 설계기준압축강도 f_{ck} = 25 MPa, 단면의 유효깊이 d = 500 mm이며, KDS 14 20 22 : 2022를 따른다)

① 160

② 320

③ 380

④ 480

정답 2번

간단한 해설

전단철근을 생략하려면 계수전단력이 **콘크리트 설계전단강도의 1/2 이하**여야 한다. 이 조건에 주어진 전단력과 콘크리트 강도, 유효깊이를 적용하면 단면의 최소폭은 320 mm이다.

계산 과정

1. 전단철근 생략 조건: KDS 14 20 22 : 2022의 4.3.3(1)에 따라 계수전단력이 콘크리트 설계전단강도의 1/2을 초과하면 최소 전단철근을 배치해야 한다. 따라서 이 부재에서 전단철근을 생략하기 위한 조건은 $V_u \le \frac{\phi V_c}{2}$이다. 여기서 V_c는 콘크리트의 공칭전단강도이고, ϕV_c는 강도감소계수를 적용한 설계전단강도이다.

2. 콘크리트 전단강도: 전단력과 휨모멘트를 받는 부재에는 $V_c = \frac{1}{6}\lambda\sqrt{f_{ck}}\,b_w d$를 적용한다. 직사각형 단면에서 b_w는 구하려는 단면폭이다. 보통중량 콘크리트이므로 $\lambda = 1$, 전단강도에 대한 강도감소계수는 $\phi = 0.75$를 사용한다. f_{ck}에 25 MPa, d에 500 mm를 넣고 폭을 mm로 계산하면 전단강도는 N으로 얻는다.

3. 생략 가능한 전단력의 한계: $\sqrt{25} = 5$를 대입하면 $\frac{\phi V_c}{2} = \frac{0.75 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 500}{12} b_w$이다. 이를 정리한 $156.25 b_w$ N은 해당 폭에서 **최소 전단철근 없이 허용되는 계수전단력의 상한**이다. 주어진 계수전단력은 50 kN = 50,000 N이다.

4. 최소폭 계산: 생략 조건은 50,000≤156.25b_w이므로 $b_w \ge \frac{50{,}000}{156.25} = 320\text{mm}$이다. 등호가 성립하는 폭에서도 생략 조건을 만족하므로 최소폭은 320 mm이며, ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 19. 정사각형 독립기초의 상부기둥에 축방향으로 고정하중 D = 1,000 kN, 활하중 L = 500 kN이 작용하고 있으며, 기초의 자중이 300 kN일 때, 독립기초 한 변의 최소길이[m]는? (단, 기초 밑면의 허용지지력 $q_a = 200kN/m^2$이다)

① 2.4

② 3.0

③ 3.4

④ 4.0

정답 2번

간단한 해설

허용지지력에 대한 기초 면적은 **기초 자중을 포함한 총하중** 1,800 kN으로 구한다. 필요한 최소면적은 9 m^2이므로 정사각형 기초 한 변의 최소길이는 3.0 m이다.

계산 과정

1. 지반에 전달되는 총하중
허용지지력과 비교할 때는 하중계수를 곱하지 않은 사용하중을 적용한다. 기둥의 고정하중 D = 1,000 kN과 활하중 L = 500 kN에 **기초 자중 300 kN도 포함**해야 한다. 따라서 지반에 전달되는 총하중 P는 1,000 + 500 + 300 = 1,800 kN이다.

2. 필요한 기초 면적
기초 밑면의 압력 q는 총하중 P를 밑면적 A로 나눈 값이다. 이 압력이 허용지지력 $q_a = 200\text{kN/m}^2$ 이하이어야 하므로 $q = \frac{P}{A} \le q_a$를 만족해야 한다. 따라서 필요한 최소면적은 $A_{\min} = \frac{1,800}{200} = 9\text{m}^2$이다.

3. 정사각형 한 변의 최소길이
한 변의 길이를 B라고 하면 정사각형의 면적은 $A = B^2$이다. 따라서 $B_{\min} = \sqrt{9} = 3.0\text{m}$이며, 이는 ②의 3.0 m에 해당한다.

NoteBase

문 20. 중심 축하중만을 받는 철근콘크리트 단주의 역학적 거동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 띠철근 기둥은 나선철근 기둥에 비해 횡구속이 크지 않다.

② 나선철근 기둥은 지진구역과 같이 연성의 증가가 필요한 곳에 주로 사용된다.

③ 나선철근 기둥의 나선철근량이 작고, 간격이 크면 취성파괴가 일어날 수도 있다.

④ 띠철근 기둥은 심부(core)콘크리트 파괴, 피복 콘크리트 탈락, 주철근 좌굴 순으로 파괴된다.

정답 4번

간단한 해설

띠철근 기둥은 일반적으로 **피복 콘크리트 탈락 → 주철근 좌굴 → 심부 콘크리트 파괴**로 파괴가 진행된다. ④는 심부 콘크리트 파괴를 피복 콘크리트 탈락보다 앞에 두어 순서를 잘못 설명했다.

선지별 해설

① O: 횡구속은 압축을 받는 콘크리트가 옆으로 팽창하는 것을 횡철근이 억제하는 작용이다. 나선철근은 심부 콘크리트를 연속적으로 감싸 구속하지만, 띠철근은 일정 간격으로 배치되므로 일반적으로 **나선철근보다 횡구속 효과가 작다**.

② O: 연성은 부재가 급격히 내력을 잃지 않고 큰 변형을 견디는 능력이다. 나선철근은 심부 콘크리트의 팽창과 주철근의 좌굴을 억제하여 **급격한 내력 저하를 늦춘다**. 이러한 연성 증진 효과 때문에 지진구역처럼 큰 변형을 견뎌야 하는 곳에 사용된다.

③ O: 나선철근 기둥의 연성은 충분한 횡구속이 확보될 때 발휘된다. 나선철근량이 적고 간격이 크면 콘크리트의 팽창과 주철근 좌굴을 억제하는 능력이 약해진다. 따라서 **횡구속이 부족하면** 나선철근 기둥도 큰 변형을 견디지 못하고 취성파괴할 수 있다.

④ X: 일반적인 띠철근 기둥의 파괴 진행은 **피복 콘크리트 탈락 → 주철근 좌굴 → 심부 콘크리트 파괴**이다. 횡철근 바깥의 피복 콘크리트가 먼저 탈락하면 주철근을 옆에서 지지하던 작용이 줄어들어 띠철근 사이에서 주철근이 좌굴하기 쉽다. 이후 심부 콘크리트의 파괴로 이어진다. 따라서 심부 콘크리트가 먼저 파괴된다는 순서를 바로잡아야 한다.

NoteBase