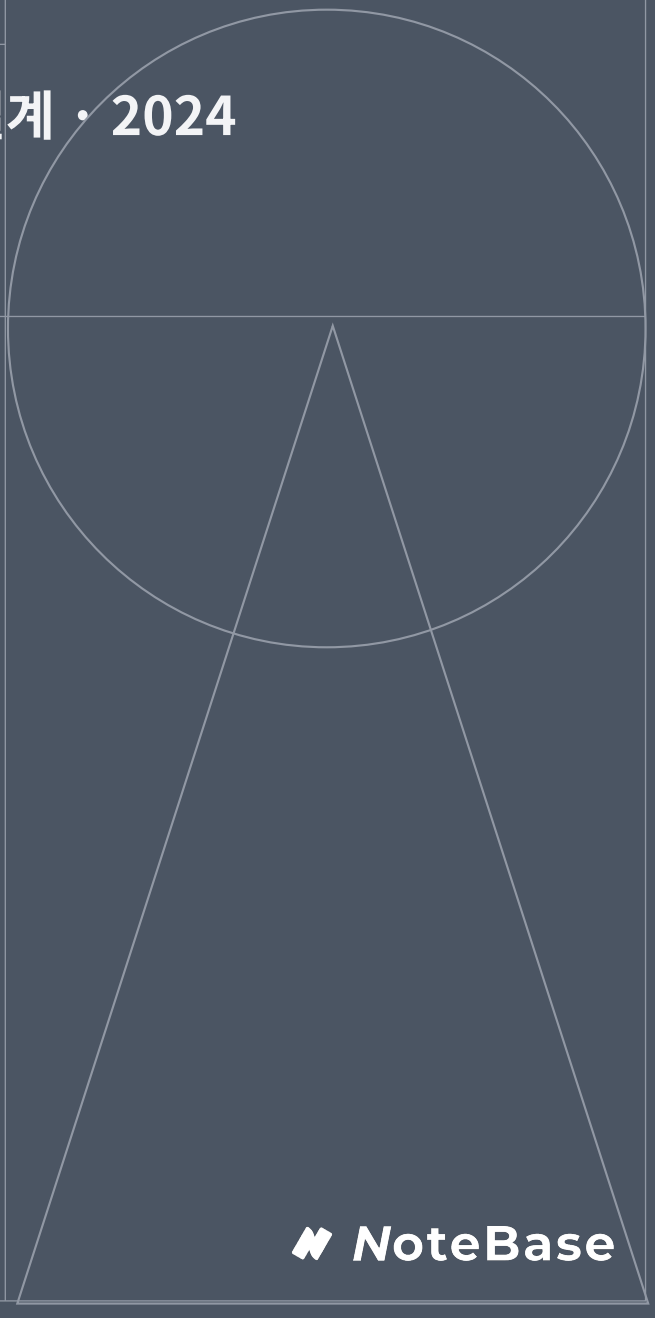
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 토목설계 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 토목설계 · 2024

공무원/국가직/9급 · 토목설계 · 2024

문 1. 철근콘크리트보를 인장지배단면으로 설계했을 때 보의 파괴 형태로 옳은 것은?

① 압축콘크리트의 파괴로부터 시작되는 취성파괴

② 압축콘크리트의 파괴로부터 시작되는 연성파괴

③ 인장철근의 항복으로부터 시작되는 취성파괴

④ 인장철근의 항복으로부터 시작되는 연성파괴

정답 4번

간단한 해설

인장지배단면에서는 압축콘크리트가 파괴되기 전에 **인장철근이 먼저 항복**한다. 항복 후에도 변형이 충분히 진행되므로 파괴 전에 큰 처짐과 균열로 징후가 나타나는 **연성파괴**를 유도한다.

개념 구분

인장지배단면: 휨을 받는 보에서 압축콘크리트가 극한 상태에 도달할 때 인장철근은 이미 항복하여 충분히 늘어난 상태이다. 철근의 항복은 곧바로 끊어진다는 뜻이 아니라, 응력이 크게 증가하지 않아도 변형이 커지는 상태를 뜻한다. 따라서 **인장철근의 항복이 먼저 일어나고**, 이후 처짐과 균열이 크게 발달하는 연성파괴 형태를 보인다. 이는 ④의 '인장철근의 항복으로부터 시작되는 연성파괴'에 해당한다.

압축지배단면과의 차이: 압축지배단면에서는 인장철근이 항복하기 전에 압축콘크리트가 먼저 압괴되어, 충분한 변형 없이 내력이 급격히 감소하는 **취성파괴**가 나타난다. 인장지배단면에서도 최종적으로 압축콘크리트가 압괴될 수 있지만, 파괴 형태를 구별하는 핵심은 콘크리트의 압괴에 앞서 철근이 항복하고 충분히 변형했는지이다.

NoteBase

문 2. 양단이 힌지로 지지된 정사각형 단면 기둥의 좌굴 임계하중이 20 kN일 때, 일단 고정 타단 자유인 동일한 단면을 가진 기둥의 좌굴 임계하중[kN]은? (단, 두 기둥의 길이는 같고, 동일한 재료로 균질하게 제작되었으며, 탄성거동한다)

① 5

② 10

③ 40

④ 80

정답 1번

간단한 해설

일단 고정·타단 자유 기둥의 **유효좌굴길이는 양단 힌지 기둥의 2배**이다. 좌굴 임계하중은 유효좌굴길이의 제곱에 반비례하므로, 주어진 20 kN의 1/4인 5 kN이 된다.

계산 과정

탄성좌굴에 대한 오일러 공식은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$이다. 여기서 E는 탄성계수, I는 단면2차모멘트, L은 실제 기둥 길이, K는 지지조건에 따른 유효길이계수이다. 두 기둥은 동일한 재료·단면·길이를 가지므로 **E, I, L이 같고 지지조건에 따른 K만 달라진다**.

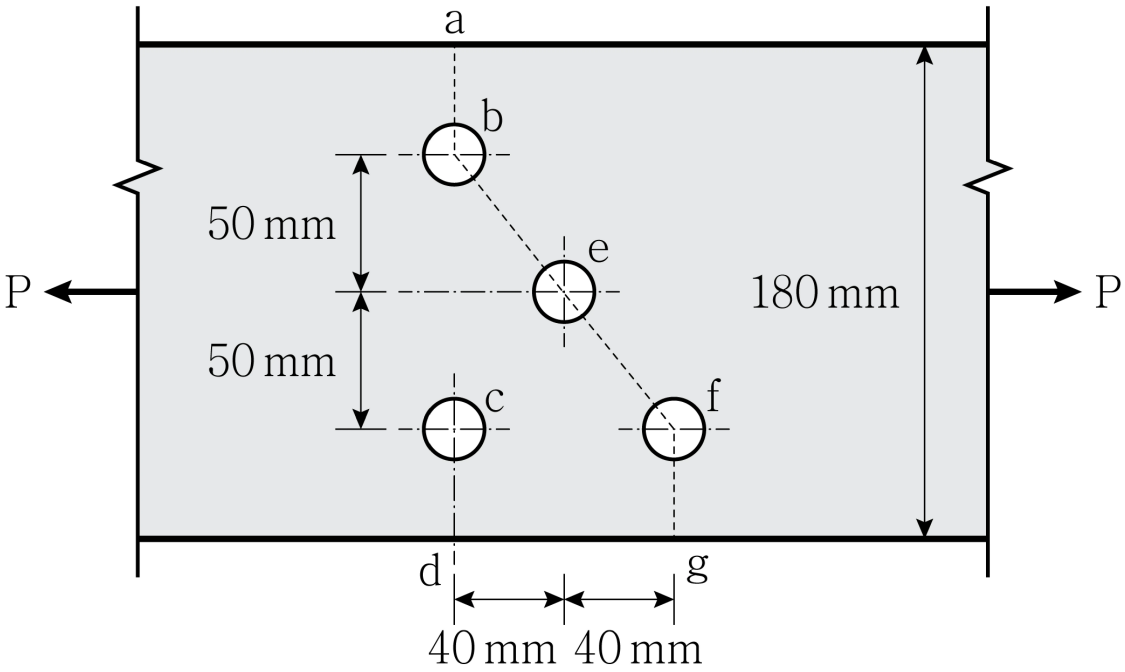
양단 힌지 기둥은 K = 1이므로 유효좌굴길이가 L이고, 그 임계하중은 20 kN이다. 일단 고정·타단 자유 기둥은 K = 2이므로 **유효좌굴길이가 2L**이다. 즉, 고정·자유 기둥은 좌굴에 대해 길이가 2L인 양단 힌지 기둥과 같은 임계하중을 갖는다.

양단 힌지 기둥의 임계하중을 P_h, 고정·자유 기둥의 임계하중을 P_f라 하면, 공통인 E, I, L이 소거되어 $\frac{P_f}{P_h} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$이 된다. 유효좌굴길이가 2배로 늘어나므로 임계하중은 1/4로 줄어든다는 뜻이다.

따라서 $P_f = 20 \cdot \frac{1}{4} = 5\text{kN}$이며, 이는 ①의 5 kN에 해당한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같은 강구조 인장부재 볼트 연결부의 예상 파단선이 a-b-e-f-g일 때 순폭[mm]은? (단, 볼트구멍의 직경은 22 mm이다)



① 120

② 130

③ 140

④ 150

정답 2번

간단한 해설

파단선이 지나는 구멍 3개의 폭을 빼고, 두 사선 구간의 **엇모 배치 보정폭** 16 mm를 더하면 순폭은 130 mm이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 인장력 P는 가로 방향이므로 부재의 총폭은 그에 수직한 세로 방향의 180 mm이다. 지정된 파단선 a-b-e-f-g는 **b, e, f의 구멍 3개**를 지나며, c의 구멍은 지나지 않는다. 문제에서 주어진 볼트구멍 지름 22 mm를 공제에 사용한다.

엇모 배치된 구멍을 지나는 파단선의 순폭은 $b_n = b - n d_h + \sum \frac{s^2}{4g}$로 구한다. 여기서 b_n은 순폭, b는 총폭, n은 파단선이 지나는 구멍 수, d_h는 구멍 지름이다. s는 연속한 두 구멍 중심 사이의 인장력 방향 간격이고, g는 인장력에 수직한 방향의 간격이다. 총폭에서 구멍에 의한 결손을 빼고, **사선으로 이어지는 구간마다 보정폭을 더한다**.

구멍에 의한 공제폭은 3 × 22 = 66 mm이다. 따라서 엇모 배치 보정 전의 폭은 180 − 66 = 114 mm이다.

사선 구간은 b-e와 e-f의 두 곳이다. 두 구간 모두 s = 40 mm, g = 50 mm이므로 한 구간의 보정폭은 $\frac{40^2}{4 \cdot 50} = 8$mm이다. 따라서 전체 보정폭은 2 × 8 = 16 mm이다.

순폭은 114 + 16 = 130 mm이며, 선택지 ②의 130에 해당한다.

NoteBase

문 4. 철근콘크리트 압축부재의 설계에서 사각형이나 원형 띠철근으로 둘러싸인 압축부재의 축방향 주철근의 최소 배치 개수는?

① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 2번

간단한 해설

사각형이나 원형 띠철근으로 둘러싸인 압축부재는 축방향 주철근을 **최소 4개** 배치하도록 규정한다.

공통 해설

축방향 주철근은 압축부재의 길이 방향으로 배치되어 압축력에 저항하는 철근이다. 사각형이나 원형 띠철근으로 둘러싸인 경우에는 이 주철근을 **4개 이상** 배치해야 한다. 이 규정은 두 형태의 띠철근에 공통으로 적용된다.

따라서 3개는 최소 개수에 미달하고, 5개와 6개는 개수에 관한 하한을 넘는다. 문제에서 묻는 최소 배치 개수는 하한인 4개이다.

NoteBase

문 5. 철근콘크리트보의 휨설계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 강도감소계수를 고려한 설계강도는 소요강도 이상이 되도록 설계하여야 한다.

② 콘크리트 압축파괴 이전에 철근의 항복이 먼저 일어나는 연성파괴가 되도록 설계하여야 한다.

③ 압축측 콘크리트의 갑작스런 취성파괴 방지를 위하여 압축지배단면으로 설계한다.

④ 인장지배단면의 강도감소계수 ϕ의 값은 0.85이다.

정답 3번

간단한 해설

압축측 콘크리트의 갑작스러운 파괴를 피하려면 인장철근이 먼저 항복하여 충분히 변형할 수 있는 **인장지배단면**으로 설계한다. 압축지배단면은 철근이 충분히 항복하기 전에 콘크리트가 압축파괴하여 취성적인 거동을 보인다.

선지별 해설

① O: 설계강도는 공칭강도에 강도감소계수를 곱한 값이고, 소요강도는 계수하중에 의해 부재에 요구되는 강도이다. 휨설계에서는 **설계휨강도가 소요휨강도 이상**이어야 하므로 $\phi M_n \geq M_u$를 만족해야 한다. 여기서 M_n은 공칭휨강도, M_u는 소요휨강도이다.

② O: 인장철근이 먼저 항복하면 콘크리트가 압축파괴하기 전에 보에 큰 처짐과 변형이 나타나 파괴의 징후를 확인할 수 있다. 이처럼 **철근의 항복이 콘크리트 압축파괴보다 먼저** 일어나도록 하여 연성적인 거동을 확보한다.

③ X: 압축지배단면은 인장철근이 충분히 항복하기 전에 압축측 콘크리트가 극한상태에 도달하므로 갑작스러운 취성파괴의 위험이 있다. 따라서 선지의 '압축지배단면'은 **'인장지배단면'**으로 고쳐야 한다. 인장지배단면은 콘크리트가 극한상태에 이를 때 인장철근에 충분한 인장변형이 발생하도록 하여 연성을 확보한 단면이다.

④ O: 콘크리트구조 설계기준에서 인장지배단면에 적용하는 강도감소계수는 $\phi = 0.85$이다. 따라서 인장지배단면의 설계휨강도는 **공칭휨강도의 85%**로 산정한다.

NoteBase

문 6. 동일한 크기의 두 단부 모멘트가 단일 곡률을 일으키는 횡구속된 압축부재의 모멘트확대계수는? (단, 압축부재의 좌굴하중 P_c는 20,000 kN이고, 계수축하중 P_u는 3,000 kN이다)

① 1.20

② 1.25

③ 1.30

④ 1.35

정답 2번

간단한 해설

같은 크기의 두 단부 모멘트가 **단일 곡률**을 일으키면 모멘트 분포 보정계수 C_m은 1.0이다. 횡구속 압축부재의 확대식에 주어진 하중을 대입하면 모멘트확대계수는 **1.25**로, 휨모멘트를 25% 확대한다.

계산 과정

횡구속된 압축부재도 부재 자체의 휨변형과 축하중 때문에 추가 휨모멘트가 생긴다. 이 효과를 반영하는 모멘트확대계수는 $\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - P_u/(0.75P_c)} \geq 1.0$이다. 여기서 P_u는 계수축하중, P_c는 좌굴하중이며, C_m은 단부 모멘트에 따른 곡률 분포를 반영하는 계수이다.

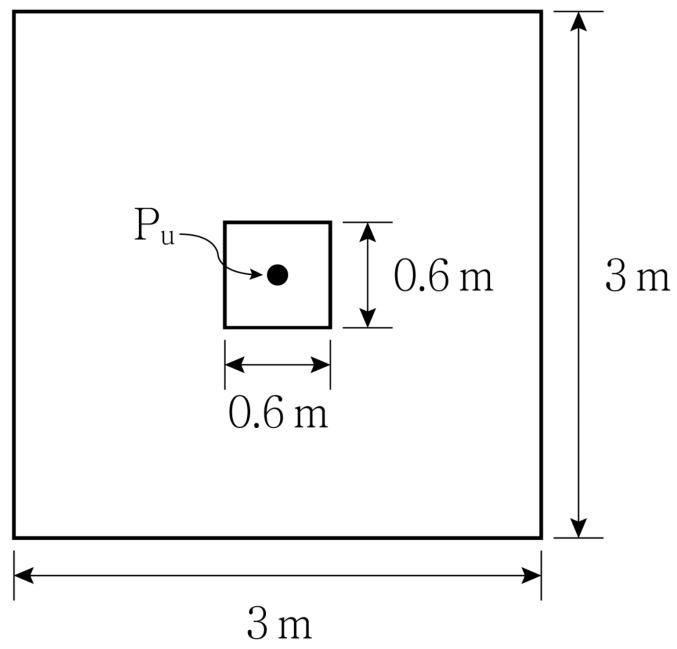
단부 모멘트 중 절댓값이 작은 것을 M_1, 큰 것을 M_2라 하면 $C_m = 0.6 + 0.4\frac{M_1}{M_2}$를 적용한다. 이 식에서 **단일 곡률일 때 모멘트 비는 양수**로 취한다. 두 단부 모멘트의 크기가 같으므로 $\frac{M_1}{M_2} = +1$이고, $C_m = 0.6 + 0.4 \cdot 1 = 1.0$이다.

좌굴하중은 20,000 kN, 계수축하중은 3,000 kN이다. 확대식의 분모에 들어가는 기준 하중은 $0.75P_c = 0.75 \cdot 20{,}000 = 15{,}000$kN이다. 따라서 $\frac{P_u}{0.75P_c} = \frac{3{,}000}{15{,}000} = 0.20$이다. 두 하중의 단위가 같으므로 이 비는 무차원이며, 확대식의 분모는 $1 - 0.20 = 0.80$이 된다.

모멘트확대계수는 $\delta_{ns} = \frac{1.0}{0.80} = 1.25$이다. 하한값 1.0보다 크므로 그대로 사용한다. 이는 1차 해석으로 구한 단부 휨모멘트를 1.25배로 확대한다는 뜻이며, 단위가 없는 계수이다. 계산값 1.25는 ②에 해당한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 중심축하중이 작용하는 확대기초의 1방향 전단에 대한 위험 단면에서의 전단력의 크기[kN]는? (단, 중심축하중의 크기 P□는 2,700 kN이고, 기초판의 유효높이 d는 500 mm이다)



① 540

② 570

③ 600

④ 630

정답 4번

간단한 해설

1방향 전단의 위험 단면은 **기둥 면에서 유효높이 d만큼 떨어진 위치**이다. 그 단면 바깥쪽의 폭 3 m, 길이 0.7 m인 부분에 작용하는 지반반력의 합이 전단력이므로, 300 × 3 × 0.7 = 630 kN이다.

NoteBase

계산 과정

지반반력 산정: 그림의 기초는 3 m × 3 m이고, 중앙 기둥은 0.6 m × 0.6 m이다. 중심축하중 $P_u = 2{,}700\text{kN}$이 작용하므로 지반반력은 **기초 밑면에 균등하게 분포**하는 것으로 계산한다. 기초 면적은 9 m^2이므로 단위면적당 지반반력은 $q_u = \frac{P_u}{A}$이며, $q_u = \frac{2{,}700}{3 \times 3} = 300\text{kN/m}^2$이다.

위험 단면의 위치: 기초판을 기둥 면에서 돌출된 넓은 보로 보면, 1방향 전단의 위험 단면은 **기둥 면에서 바깥쪽으로 d만큼 떨어진 단면**이다. 주어진 유효높이는 d = 500 mm = 0.5 m이다. 기둥이 중앙에 있으므로 기둥 면에서 기초 끝까지의 길이는 $\frac{3 - 0.6}{2} = 1.2\text{m}$이다. 따라서 위험 단면에서 기초 끝까지 남는 길이는 1.2 − 0.5 = 0.7 m이다.

전단력 계산: 위험 단면 바깥쪽 부분만 떼어 보면, 그 부분에 작용하는 위쪽 지반반력의 합과 단면의 전단력이 평형을 이룬다. 이때 반력 면적은 **기초 전체 폭 3 m와 바깥쪽 길이 0.7 m의 곱**인 2.1 m^2이다. 따라서 $V_u = q_u \times 3 \times 0.7$이며, 전단력의 크기는 300 × 3 × 0.7 = 630 kN이다. 이는 ④의 630 kN에 해당한다.

NoteBase

문 8. 고장력볼트 마찰연결에서 공칭마찰강도 계산에 고려하지 않는 것은?

① 마찰면 상태

② 전단면의 수

③ 연결부재의 두께

④ 설계볼트의 장력

정답 3번

간단한 해설

고장력볼트 마찰연결은 볼트가 연결판을 눌러 생기는 마찰력으로 미끄러짐에 저항한다. 공칭마찰강도는 마찰계수·마찰면 수·볼트의 조임장력에 따라 달라지며, 연결부재의 **두께 자체는 직접 계산 인자가 아니다**.

선지별 해설

고장력볼트 마찰연결에서는 볼트를 조여 연결판 사이에 압축력을 만들고, 접촉면에서 발생하는 마찰력으로 하중을 전달한다. 다음 O/X는 각 요소를 공칭마찰강도 계산에 고려하는지에 대한 판단이다.

① O: 마찰면 상태는 **마찰계수**에 반영된다. 표면처리와 도장 등 접촉면의 상태에 따라 미끄러짐에 저항하는 정도가 달라지므로 공칭마찰강도 계산에 고려한다.

② O: 전단면의 수는 마찰저항이 작용하는 **접촉면의 수**로 반영된다. 같은 마찰계수와 볼트 조임장력 조건에서 미끄러짐에 저항하는 접촉면이 많아지면 각 면의 마찰저항이 더해지므로 공칭마찰강도가 커진다.

③ X: 연결부재의 두께는 **공칭마찰강도 계산식에 직접 포함되지 않는다**. 마찰강도를 정하는 것은 접촉면의 마찰계수, 마찰면 수, 볼트가 판을 누르는 힘 등이다. 연결부재의 두께는 볼트구멍 주변의 지압강도 등 별도의 강도 검토에서 고려한다.

④ O: 설계볼트의 장력은 연결판을 서로 밀착시키는 **압축력을 발생**시킨다. 이때의 장력은 볼트를 조일 때 도입하는 장력으로, 다른 조건이 같으면 판을 누르는 힘이 클수록 마찰저항도 커지므로 공칭마찰강도 계산에 고려한다.

NoteBase

문 9. 콘크리트의 크리프와 건조수축에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 부재의 변형이 구속된 부정정 구조에서는 건조수축에 의한 응력이 발생한다.

② 물－시멘트비가 증가할수록 크리프와 건조수축은 증가한다.

③ 상대습도가 높을수록 건조수축은 증가한다.

④ 콘크리트 건조 초기에는 콘크리트 부재의 표면에는 인장응력이, 내부에는 압축응력이 발생한다.

정답 3번

간단한 해설

상대습도가 높으면 콘크리트 내부의 수분이 외부로 빠져나가기 어려워져 **건조수축이 감소한다**. 따라서 '상대습도가 높을수록 건조수축은 증가한다'는 설명은 관계를 반대로 서술한 것이다.

선지별 해설

① O: 건조수축은 콘크리트가 수분을 잃으면서 줄어드는 변형이다. 부재가 자유롭게 줄어들 수 있으면 수축 자체로 인한 구속응력은 생기지 않지만, 부정정 구조에서 **수축변형이 구속되면** 자유로운 길이 감소를 막는 반력이 생겨 부재에 응력이 발생한다.

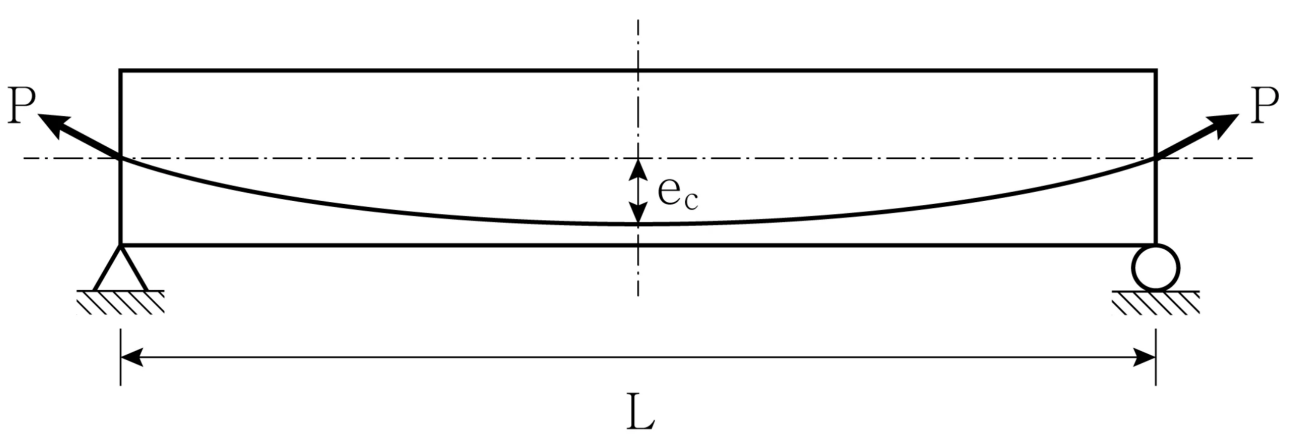
② O: 다른 조건이 같을 때 물－시멘트비가 커지면 시멘트 페이스트의 강성과 강도가 낮아지고, 건조 과정에서 빠져나갈 수 있는 수분이 많아져 건조수축이 커지는 경향이 있다. 크리프는 **지속적인 하중 아래에서 시간에 따라 변형이 증가하는 현상**이며, 물－시멘트비가 커져 페이스트가 변형에 저항하는 능력이 낮아지면 크리프도 증가하는 경향이 있다.

③ X: 건조수축은 콘크리트 내부의 수분이 외부로 이동하면서 발생한다. 외부 공기의 상대습도가 높으면 수분 손실이 줄어들므로, 다른 조건이 같을 때 상대습도가 높을수록 **건조수축은 감소한다**. 선지의 '증가한다'를 '감소한다'로 고쳐야 한다.

④ O: 건조 초기에는 표면이 내부보다 먼저 수분을 잃어 더 많이 수축하려 한다. 아직 수축이 작은 내부가 표면의 수축을 구속하므로 **표면에는 인장응력**이 발생한다. 반대로 표면은 내부를 함께 줄어들게 하는 방향으로 작용하므로 내부에는 압축응력이 발생한다. 이는 표면과 내부의 수축 차이로 생기는 내부 구속에 따른 응력이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 프리스트레스트 콘크리트 단순보의 지간 중앙에서 프리스트레스 힘 P에 의한 솟음의 크기가 $C_1\frac{PL^2e_c}{EI}$일 때, C_1은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하다)



① $\frac{5}{48}$
② $\frac{5}{64}$
③ $\frac{5}{128}$
④ $\frac{5}{384}$

정답 1번

간단한 해설

양 끝의 편심이 0인 포물선 긴장재는 **등분포 상향하중**을 발생시킨다. 이 하중에 의한 중앙 솟음은 $\frac{5PL^2e_c}{48EI}$이므로 계수는 $C_1 = \frac{5}{48}$이다.

NoteBase

계산 과정

그림의 긴장재는 양 끝에서 보의 도심축을 지나고, 중앙에서 도심축 아래로 e_c만큼 편심된 포물선 배치이다. P는 프리스트레스 힘, L은 지간, E는 콘크리트의 탄성계수, I는 보 단면의 단면2차모멘트이다. 문제에서는 휨강성 EI가 일정하며, P에 의한 솟음만 구한다.

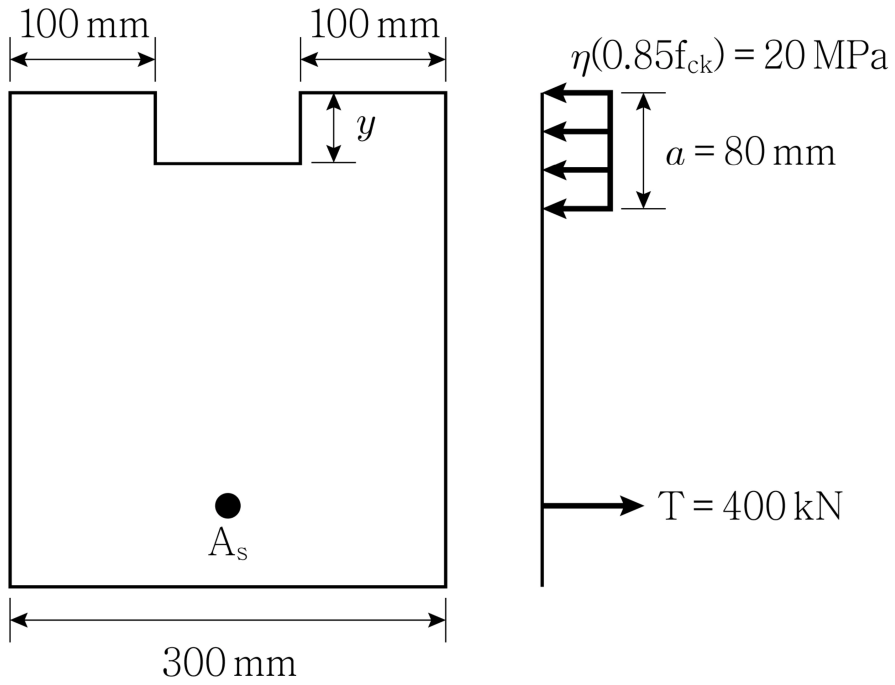
포물선 긴장재의 작용을 **등분포 상향하중 w**로 바꾼다. 이 하중에 의한 단순보의 중앙 휨모멘트 크기는 $\frac{wL^2}{8}$이고, 프리스트레스에 의한 중앙 휨모멘트 크기는 Pe_c이다. 두 값을 같게 놓으면 $\frac{wL^2}{8} = Pe_c$이므로 $w = \frac{8Pe_c}{L^2}$이다. w는 단위 길이당 상향력이다.

휨강성이 일정한 단순보에 등분포하중이 작용할 때 중앙 처짐의 크기는 $\delta = \frac{5wL^4}{384EI}$이다. 여기서는 **하중이 위쪽으로 작용하므로 솟음**이 생긴다. 환산한 w를 대입하면 $\delta = \frac{5}{384EI} \cdot \frac{8Pe_c}{L^2} \cdot L^4$이고, 정리하면 $\delta = \frac{5}{48}\frac{PL^2e_c}{EI}$이다.

주어진 솟음식 $C_1\frac{PL^2e_c}{EI}$과 비교하면 $C_1 = \frac{5}{48}$로, ①의 값과 일치한다. $\frac{PL^2e_c}{EI}$는 길이의 차원을 가지므로 솟음은 길이 단위이고, C_1은 무차원 계수이다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 철근콘크리트보 단면의 등가직사각형 응력블록과 철근 인장력의 크기가 주어졌을 때, 깊이 y[mm]는?



① 20

② 40

③ 60

④ 80

정답 2번

간단한 해설

콘크리트의 **압축력과 철근 인장력의 평형**으로 구한 압축블록 면적은 20,000 mm^2이다. 전체 폭 300 mm, 깊이 80 mm인 직사각형에서 폭 100 mm의 중앙 홈을 제외하면 이 면적이 되므로 y = 40 mm이다.

NoteBase

계산 과정

1. 힘의 평형과 단위: 그림에서 등가직사각형 응력블록의 깊이는 a = 80 mm, 일정한 압축응력은 σ = 20 MPa이고 철근 인장력은 T = 400 kN이다. 축방향 힘의 평형을 이루려면 콘크리트 압축력 C와 철근 인장력 T가 같아야 한다. 압축력은 **압축응력 × 실제 콘크리트 압축 면적**이므로 $C = \sigma A_c = T$이다. 여기서 A_c는 응력블록 깊이 안에 있는 콘크리트 면적이다. 20 MPa = 20 N/mm^2, 400 kN = 400,000 N으로 단위를 맞춘다.

2. 필요한 압축 면적: $A_c = \frac{T}{\sigma} = \frac{400{,}000}{20} = 20{,}000\text{mm}^2$이다. 이는 압축응력 20 MPa로 인장력 400 kN과 평형을 이루는 데 필요한 면적이다.

3. 홈을 제외한 면적: 단면의 전체 폭은 300 mm이고 양쪽 돌출부의 폭이 각각 100 mm이므로 중앙 홈의 폭은 300 − 100 − 100 = 100 mm이다. y가 80 mm보다 작으면 응력블록 안의 콘크리트 면적은 **전체 직사각형 면적에서 홈 면적을 뺀 값**이다. 따라서 $A_c = 300 \cdot 80 - 100y$이고, $24{,}000 - 100y = 20{,}000$에서 $y = \frac{4{,}000}{100} = 40\text{mm}$를 얻는다.

계산된 홈 깊이 40 mm는 응력블록 깊이 80 mm보다 작으므로 위 면적식의 적용 조건을 만족한다. 따라서 y = 40 mm이며 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 프리스트레스트 콘크리트 휨부재는 미리 압축을 가한 인장구역에서 사용하중에 의한 인장연단응력 f_t에 따라 비균열등급, 부분균열등급, 완전균열등급으로 구분된다. 부분균열등급에 해당하는 인장연단응력 범위[MPa]는? (단, f_{ck} [MPa]는 콘크리트 설계기준압축강도이다)

① $f_t \le 0.63\sqrt{f_{ck}}$
② $0.63\sqrt{f_{ck}} < f_t \le 1.0\sqrt{f_{ck}}$
③ $1.0\sqrt{f_{ck}} < f_t \le 1.2\sqrt{f_{ck}}$
④ $f_t > 1.2\sqrt{f_{ck}}$

정답 2번

간단한 해설

부분균열등급은 사용하중에 의한 인장연단응력이 $0.63\sqrt{f_{ck}}$를 초과하고 $1.0\sqrt{f_{ck}}$ 이하인 범위이다. **하한은 제외하고 상한은 포함**한다.

개념 구분

균열등급은 미리 압축을 가한 인장구역에서 사용하중에 의해 생기는 인장연단응력 f_t를 기준으로 구분한다. 콘크리트 설계기준압축강도 f_{ck}와 f_t의 단위는 MPa이다.

비균열등급: $f_t \le 0.63\sqrt{f_{ck}}$인 범위이다. 인장응력이 발생하더라도 이 한계 이하이면 비균열등급으로 분류하므로, **인장응력이 0이어야 하는 것은 아니다**.

부분균열등급: $0.63\sqrt{f_{ck}} < f_t \le 1.0\sqrt{f_{ck}}$인 범위이다. 비균열등급과 완전균열등급 사이의 중간 등급으로, **비균열등급의 상한을 초과**해야 한다. 아래 경계와 같으면 비균열등급이고, 위 경계와 같으면 부분균열등급에 포함된다.

완전균열등급: $f_t > 1.0\sqrt{f_{ck}}$인 범위이다. 따라서 $1.0\sqrt{f_{ck}}$를 초과하는 ③과 ④의 범위는 모두 완전균열등급에 속한다. **계수 1.2는 부분균열등급과 완전균열등급을 나누는 경계가 아니다**.

NoteBase

문 13. 프리스트레스트 콘크리트 교량 구조물에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, KDS 24 14 20:2018에 따른다)

① PS강재의 릴랙세이션이 작아야 한다.

② PS강재의 연신율이 커서 충분한 연성을 가지고 있어야 한다.

③ 프리텐션 부재의 콘크리트 설계기준압축강도는 25 MPa 이상이어야 한다.

④ 포스트텐션 부재의 콘크리트 설계기준압축강도는 30 MPa 이상이어야 한다.

정답 3번

간단한 해설

③의 '25 MPa 이상'은 **35 MPa 이상**으로 고쳐야 한다. KDS 24 14 20:2018에서 정한 프리텐션 부재의 콘크리트 최소 설계기준압축강도는 35 MPa이다.

선지별 해설

① O: 릴랙세이션은 PS강재를 긴장시켜 일정한 길이로 유지할 때 시간이 지나면서 인장응력이 감소하는 현상이다. 릴랙세이션이 크면 콘크리트에 도입한 프리스트레스의 손실도 커지므로, 장기간 필요한 프리스트레스를 유지하려면 **릴랙세이션이 작은 강재**를 사용해야 한다.

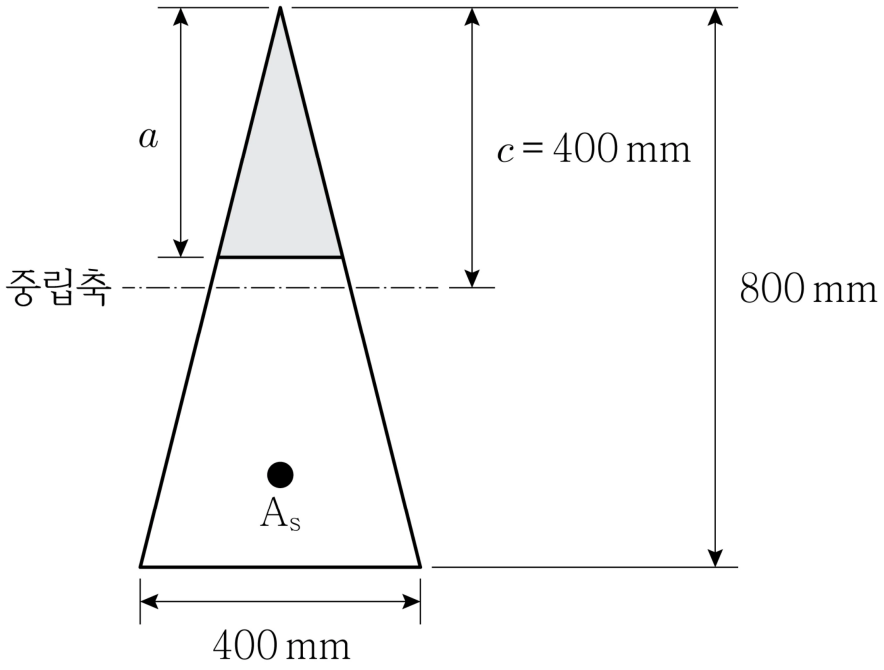
② O: 연성은 재료가 파괴되기까지 큰 변형을 견딜 수 있는 성질이며, 연신율은 인장시험에서 파단될 때까지 늘어난 정도를 나타낸다. PS강재는 높은 인장응력을 받으므로 충분한 연신율을 확보하여 **파괴에 이르기까지 변형할 수 있는 능력**을 가져야 한다.

③ X: KDS 24 14 20:2018의 4.5.3(1)①가에 따르면, 프리텐션 방식의 콘크리트 설계기준압축강도는 **35 MPa 이상**이어야 한다. 프리스트레스를 도입하면 콘크리트에 실제로 큰 압축응력이 발생하므로 높은 압축강도가 필요하다. 선지의 '25 MPa 이상'은 '35 MPa 이상'으로 고친다.

④ O: KDS 24 14 20:2018의 4.5.3(1)①나는 포스트텐션 방식의 콘크리트 설계기준압축강도를 **30 MPa 이상**으로 정한다. 포스트텐션은 콘크리트를 경화시킨 뒤 PS강재를 긴장하여 프리스트레스를 도입하는 방식으로, 이 문항의 기준에서는 프리텐션의 35 MPa와 최소 설계기준압축강도를 구분한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같은 삼각형 철근콘크리트 단면의 철근량 A_s [mm^2]는? (단, 압축부 콘크리트의 응력분포는 등가직사각형 응력분포로 고려하며, 인장철근은 항복하였고, a는 등가직사각형 응력블록의 깊이, 콘크리트의 설계기준압축강도 f_{ck}는 20 MPa, 철근의 항복강도 f_y는 400 MPa이다)



① 1,088

② 1,148

③ 1,235

④ 1,324

정답 1번

간단한 해설

삼각형 단면에서는 **응력블록 깊이까지의 삼각형 면적**에 압축응력을 곱해 압축력을 구한다. 깊이 $a = 0.80c = 320$mm에서 압축력은 435,200 N이며, 이를 항복한 철근의 인장력과 같게 두면 철근량은 1,088 mm^{2}이다.

NoteBase

계산 과정

1. 응력블록 깊이: 그림에서 전체 높이는 800 mm, 밑변 폭은 400 mm이고, 압축연단인 위쪽 꼭짓점에서 중립축까지의 깊이는 $c = 400\text{mm}$이다. $f_{ck} = 20\text{MPa}$이므로 등가직사각형 응력블록의 깊이 계수 $\beta_1 = 0.80$, 응력계수 $\eta = 1.00$을 적용한다. 따라서 $a = \beta_1 c = 0.80 \cdot 400 = 320\text{mm}$이다.

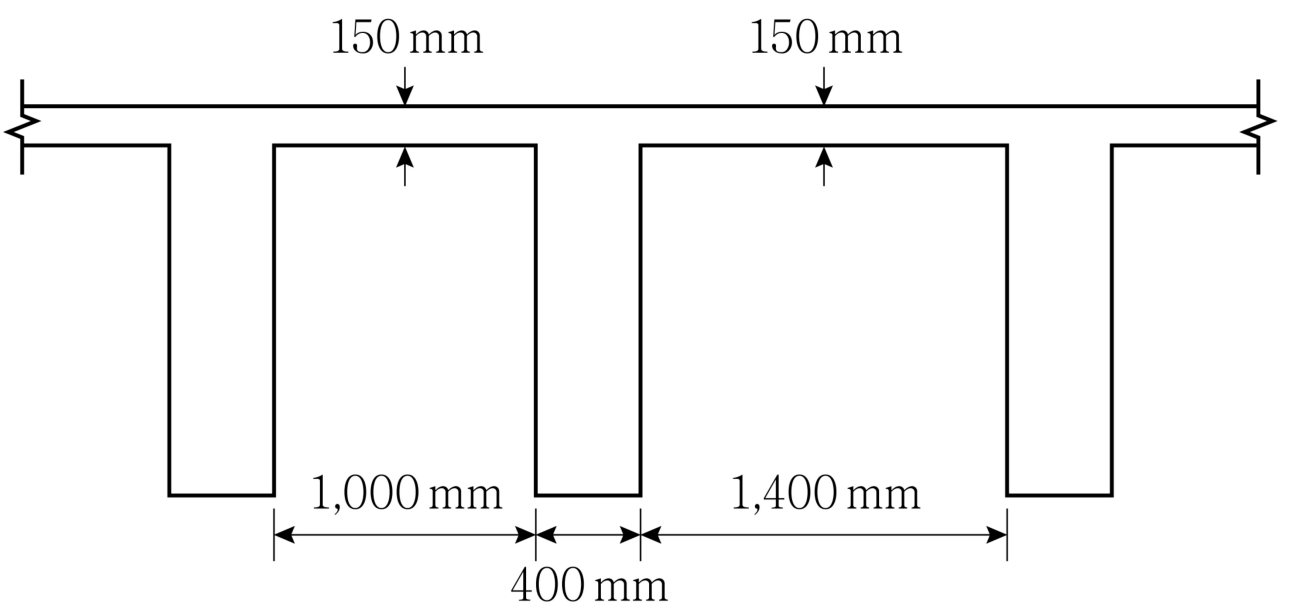
2. 등가 압축영역의 면적: 삼각형의 닮음에 따라 깊이 a에서의 폭 b_a는 $b_a = 400 \cdot \frac{320}{800} = 160\text{mm}$이다. 등가직사각형은 **응력분포를 직사각형으로 가정한다는 뜻**이며, 이 단면의 압축영역 자체는 삼각형이다. 따라서 그 면적 A_c는 $A_c = \frac{1}{2} \cdot 160 \cdot 320 = 25{,}600\text{mm}^2$이다.

3. 콘크리트 압축력: 등가 압축영역에 일정하게 작용하는 응력은 $\eta(0.85f_{ck}) = 1.00 \cdot 0.85 \cdot 20 = 17\text{MPa}$이다. $1\ \text{MPa} = 1\ \text{N/mm}^2$이므로 압축력은 $C = 17 \cdot 25{,}600 = 435{,}200\text{N}$이다.

4. 인장철근량: **인장철근이 항복하였으므로** 인장력은 $T = A_s f_y$이다. 축력이 없는 휨단면의 힘의 평형 $C = T$를 적용하면 $A_s = \frac{C}{f_y} = \frac{435{,}200}{400} = 1{,}088\text{mm}^2$이다. 이는 ①의 $1{,}088\ \text{mm}^2$와 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 치수가 주어진 슬래브와 보를 일체로 친 T형보의 플랜지 유효폭 b [mm]는? (단, 보의 경간은 12 m이다)



① 1,200
② 1,600
③ 2,800
④ 3,000

정답 2번

간단한 해설

슬래브와 보를 일체로 친 T형보는 두께·간격·경간에 따른 유효폭 제한값 중 가장 작은 값을 적용한다. 이 단면에서는 **좌우 슬래브 중심 사이 거리**가 지배하므로 유효폭은 1,600 mm이다.

NoteBase

계산 과정

유효폭은 휨에 저항하는 압축플랜지로 계산에 포함하는 슬래브의 폭이다. 그림의 가운데 보에서 복부폭 b_w는 400 mm, 플랜지 두께 h_f는 150 mm이며, 좌우 인접 보와의 내측 거리는 각각 1,000 mm, 1,400 mm이다. 보의 경간 l은 12 m = 12,000 mm이다. 슬래브와 보를 일체로 친 T형보이므로 다음 세 제한값 중 가장 작은 값을 취한다.

플랜지 두께에 따른 제한: 보 양쪽으로 각각 플랜지 두께의 8배씩을 인정하고 복부폭을 더한다. 따라서 $b_w + 16h_f = 400 + 16 \times 150 = 2{,}800$ mm이다.

슬래브 간격에 따른 제한: **양쪽 슬래브의 중심 사이 거리**를 구한다. 왼쪽 순폭의 절반, 가운데 보 폭, 오른쪽 순폭의 절반을 더하므로 $\frac{1,000}{2} + 400 + \frac{1,400}{2} = 1,600$ mm이다. 이때 구하는 거리는 인접 보의 중심 사이 거리가 아니라, 가운데 보 양옆에 놓인 슬래브 구간의 중심 사이 거리이다.

경간에 따른 제한: 유효폭은 보 경간의 1/4을 넘을 수 없다. 따라서 $\frac{l}{4} = \frac{12,000}{4} = 3,000$ mm이다.

세 제한값을 비교하면 $b = \min(2,800, 1,600, 3,000) = 1{,}600$ mm이며, 선택지 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 계수전단력 V_u가 작용하는 직사각형 단면의 철근콘크리트 휨부재에서 공칭전단강도 V_n의 최솟값[kN]은? (단, 계수전단력 V_u는 75 kN이다)

① 85

② 90

③ 95

④ 100

정답 4번

간단한 해설

전단에 대한 **강도감소계수는 0.75**이므로, 공칭전단강도에 0.75를 곱한 설계전단강도가 계수전단력 75 kN 이상이어야 한다. 따라서 필요한 공칭전단강도의 최솟값은 $\frac{75}{0.75} = 100\text{kN}$이다.

계산 과정

전단설계 조건: V_u는 하중계수를 반영한 계수전단력이고, V_n은 강도감소계수를 적용하기 전의 공칭전단강도이다. 설계에 사용하는 저항능력은 ϕV_n이며, **설계전단강도가 계수전단력 이상**이어야 하므로 $\phi V_n \geq V_u$를 만족해야 한다. 전단에 대한 강도감소계수는 $\phi = 0.75$이다.

최솟값 계산: 주어진 $V_u = 75\text{kN}$을 대입하면 0.75V_n≥75 kN이다. 양변을 0.75로 나누면 $V_n \geq \frac{75}{0.75} = 100\text{kN}$이 된다. 공칭전단강도가 100 kN일 때 설계전단강도는 0.75 × 100 = 75 kN으로 요구값과 같으므로, 최솟값은 100 kN이며 ④의 값에 해당한다.

NoteBase

문 17. 콘크리트용 앵커 설계기준에서 연성강재요소의 강도에 의해 지배되는 앵커의 인장력 설계 시 고려되는 강도감소계수 ϕ는?

① 0.75

② 0.65

③ 0.60

④ 0.55

정답 1번

간단한 해설

앵커의 강도감소계수는 강도를 지배하는 파괴형태와 하중 종류에 따라 구분한다. **연성강재요소의 강도가 지배하는 인장 설계**에는 0.75를 적용한다.

공통 해설

강도감소계수는 공칭강도에 곱하여 설계강도를 구하는 계수이다. 콘크리트용 앵커에서는 강재의 파괴나 콘크리트의 파괴 등 강도를 지배하는 파괴형태와 인장·전단의 구분에 따라 적용값이 달라진다.

이 문항은 **연성강재요소의 강도에 의해 지배되는 앵커가 인장력을 받는 경우**이므로 강도감소계수는 0.75이다. 여기서 '지배된다'는 것은 해당 강재요소의 강도가 앵커의 강도를 결정한다는 뜻이다.

따라서 해당 공칭인장강도에 0.75를 곱한 값을 설계인장강도로 사용한다. 제시된 수치 중 이 조건에 해당하는 값은 0.75이며, 0.65·0.60·0.55는 적용값이 아니다.

NoteBase

문 18. 콘크리트구조의 해석과 설계에 사용하는 탄성계수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, f_{cm}[MPa]은 콘크리트의 평균 압축강도이다)

① 콘크리트의 할선탄성계수는 콘크리트의 단위질량 m_c의 값이 1,450 ~ 2,500 kg/m^{3}인 콘크리트의 경우 $E_c = 0.077 m_c^{1.5} \sqrt[3]{f_{cm}}$ (MPa)이다.

② 보통중량골재를 사용한 콘크리트(단위질량 $m_c = 2,300$ kg/m^3)의 경우 $E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cm}}$ (MPa)이다.

③ 크리프 변형을 계산할 때 사용하는 탄성계수는 콘크리트 할선탄성계수와 동일하게 사용한다.

④ 철근의 탄성계수는 $E_s = 200,000$ (MPa)을 표준으로 하여야 한다.

정답 3번

간단한 해설

크리프 변형 계산에는 **초기접선탄성계수**를 사용한다. 이 값은 할선탄성계수의 **1.18배**이므로 두 계수를 동일하게 사용한다는 설명은 잘못이다.

선지별 해설

① O: 콘크리트의 단위질량 m_c가 **1,450~2,500 kg/m^3**이면 할선탄성계수는 $E_c = 0.077 m_c^{1.5} \sqrt[3]{f_{cm}}$ (MPa)로 구한다. 여기서 f_{cm}은 평균 압축강도이며 단위는 MPa이다. 이 식은 콘크리트의 단위질량과 압축강도를 함께 반영한다.

② O: **보통중량골재를 사용하고 단위질량이 2,300 kg/m^3**인 콘크리트에는 $E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cm}}$ (MPa)의 간략식을 사용할 수 있다. 일반식에서 단위질량에 따라 달라지는 계수를 이 조건에 맞추어 정리한 식이다.

③ X: 크리프는 지속적인 하중 아래에서 시간이 지남에 따라 변형이 증가하는 현상이다. 크리프 계산에 사용하는 계수는 **초기접선탄성계수** E_{ci}이며, 할선탄성계수 E_c와의 관계는 $E_{ci} = 1.18 E_c$이다. 초기접선탄성계수는 응력–변형률 곡선의 원점에서 그은 접선의 기울기이고, 할선탄성계수는 원점과 기준 응력점을 이은 직선의 기울기이다. 따라서 '할선탄성계수와 동일하게 사용한다'는 표현은 '할선탄성계수의 1.18배인 초기접선탄성계수를 사용한다'로 고쳐야 한다.

④ O: 콘크리트구조의 해석과 설계에서 철근의 탄성계수는 $E_s = 200,000$ MPa을 표준으로 한다. 탄성계수는 탄성 범위에서 응력과 변형률의 비를 나타내며, 철근의 탄성변형을 산정할 때 이 표준값을 사용한다.

NoteBase

문 19. 콘크리트구조 정착 및 이음 설계기준에서 제시하는 철근의 이음에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 이음은 가능한 한 최대 인장응력점으로부터 떨어진 곳에 두어야 한다.

② 철근의 굽힘이 시작되는 부위에서 용접이음을 시작할 수 있다.

③ 용접이음은 용접용 철근을 사용해야 한다.

④ 기계적이음은 철근의 설계기준항복강도 f_y의 125 % 이상을 발휘할 수 있는 기계적이음이어야 한다.

정답 2번

간단한 해설

철근의 굽힘 시작점에서 곧바로 용접이음을 해서는 안 된다. 용접은 그 지점으로부터 **철근지름의 2배 이상 떨어진 곳**에서 시작해야 한다.

선지별 해설

① O: 이음부가 전달해야 하는 인장력이 지나치게 커지는 것을 피하도록, 이음 위치는 **최대 인장응력이 생기는 지점에서 가능한 한 멀리** 잡는다. KDS 14 20 52:2022의 4.5.1(1)에 따른 이음 위치의 원칙이다.

② X: 굽힘 시작점 자체를 용접 시작 위치로 삼을 수는 없다. KDS 14 20 52:2022의 4.5.1(4)는 굽혀진 구간의 용접이음을 금지하며, 굽힘 시작점에서 **철근지름의 2배 이상 이격**한 위치부터 용접하도록 규정한다. 따라서 선지의 '굽힘이 시작되는 부위에서'는 '굽힘이 시작되는 부위에서 철근지름의 2배 이상 떨어진 곳에서'로 고쳐야 한다.

③ O: KDS 14 20 52:2022의 4.5.1(3)①은 용접이음에 쓰는 재료를 **용접용 철근**으로 지정한다. 이음 방법에 맞게 용접에 적합한 철근을 사용해야 한다는 재료 요건이다.

④ O: KDS 14 20 52:2022의 4.5.1(3)②에서 요구하는 기계적이음의 강도는 **철근의 설계기준항복강도보다 25% 이상 높은 수준**이다. 즉, 이음부는 $1.25f_y$ 이상의 강도를 확보해야 하므로 선지의 125%와 같다. 이는 철근이 항복하기 전에 이음부가 먼저 파괴되는 것을 방지하기 위한 강도 요건이다.

NoteBase

문 20. 옹벽의 구조상세에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, KDS 11 80 05 : 2020에 따른다)

① 활동에 대한 효과적인 저항을 위하여 저판에 활동방지벽을 적용하는 경우 저판과 일체로 설치해야 한다.

② 신축이음 설치 간격은 중력식 옹벽의 경우는 10 m 이하, 캔틸레버식 및 부벽식옹벽에서는 15 m ~ 20 m 이하의 간격으로 설치하여야 한다.

③ 뒷부벽식 옹벽에서는 전면벽과 기초 슬래브에 의해 부벽에 전달되는 응력을 지지하기 위해 필요한 철근을 부벽에 배근해야 한다. 또 전면벽과 기초슬래브에는 인장철근의 20 % 미만의 배력철근을 두어야 한다.

④ 부벽식 옹벽의 경우에는 수평방향의 철근량이 많으므로 수축이음을 설치하지 않아도 좋다.

정답 3번

간단한 해설

뒷부벽식 옹벽의 전면벽과 기초 슬래브에는 인장철근량의 **20% 이상**인 배력철근을 두어야 한다. '20% 미만'은 필요한 최소 철근량의 기준을 반대로 설명한 것이다.

선지별 해설

① O: 활동방지벽은 저판 아래로 돌출되어 지반의 저항을 이용해 옹벽의 미끄러짐을 억제한다. 이 저항이 저판에 전달되도록 **저판과 일체로 설치**해야 한다. KDS 11 80 05:2020의 4.6.2(5)①에 해당한다.

② O: 신축이음은 온도변화와 지반의 부등침하 등이 긴 옹벽에 미치는 영향에 대비하기 위한 이음이다. 4.6.2(3)④에 따라 설치 간격은 **중력식은 10 m 이하, 캔틸레버식·부벽식은 15~20 m 이하**로 한다. 신축이음에서는 철근도 끊어 변형을 허용한다.

③ X: 전면벽과 기초 슬래브에서 부벽으로 전달되는 응력을 지지하도록 부벽에 필요한 철근을 배근한다는 앞부분은 기준에 부합한다. 그러나 4.6.2(2)③은 전면벽과 기초 슬래브에 인장철근량의 **20% 이상인 배력철근**을 두도록 규정한다. 따라서 '20% 미만'을 '20% 이상'으로 고쳐야 한다. 이는 배력철근량의 상한이 아니라 최소 확보량을 뜻한다.

④ O: 수축이음은 콘크리트 수축변형의 영향을 줄이기 위한 이음이다. 부벽식 옹벽은 수평방향 철근량이 많아 수축에 따른 균열을 제어할 수 있으므로, 4.6.2(3)③나에서는 **수축이음을 생략할 수 있도록** 한다. 이 허용을 신축이음까지 생략할 수 있다는 뜻으로 확대해서는 안 된다.

NoteBase