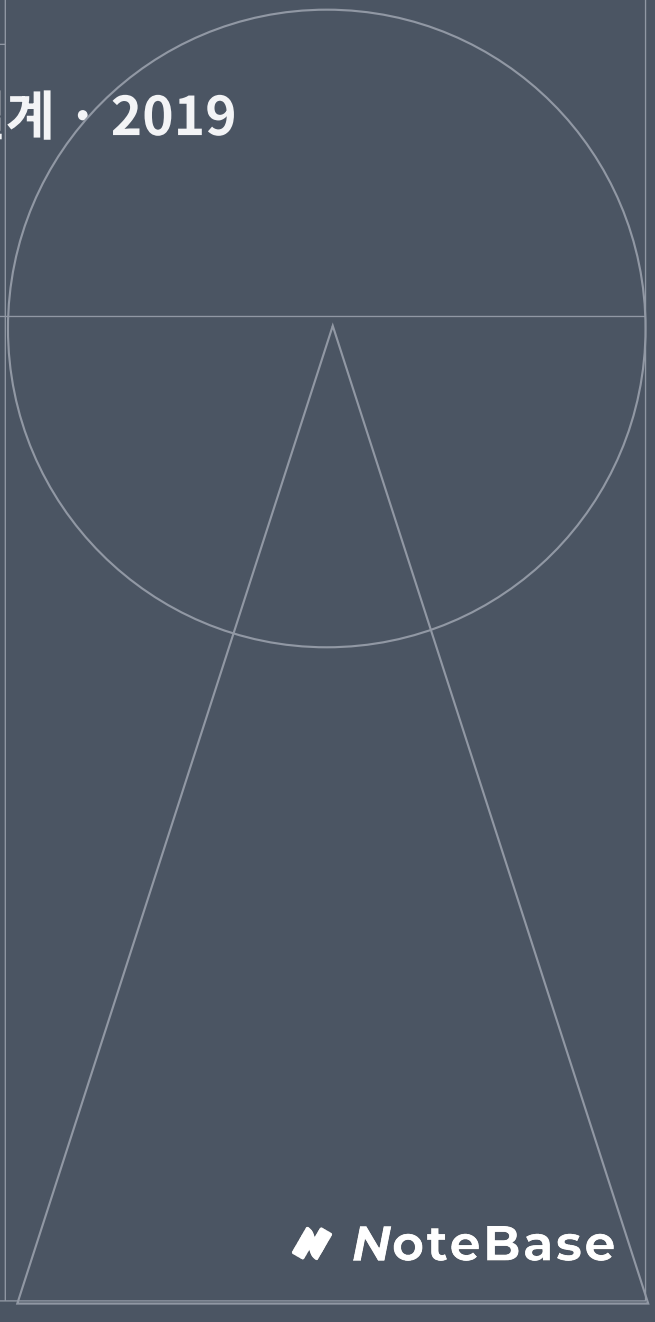
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 토목설계 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 토목설계 · 2019

공무원/국가직/9급 · 토목설계 · 2019

문 1. PSC보에서 프리스트레스 힘의 즉시손실 원인에 해당하는 것은? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 콘크리트의 건조수축

② 콘크리트의 크리프

③ 강재의 릴랙세이션

④ 정착 장치의 활동

정답 4번

간단한 해설

정착 장치가 자리를 잡는 과정에서 긴장재가 미끄러지면, 늘어나 있던 긴장재의 신장량이 줄어 프리스트레스 힘이 감소한다. 이 손실은 **정착 시 바로 발생하는 즉시손실**이다.

공통 해설

PSC보의 프리스트레스 손실은 긴장·정착 또는 힘의 전달 과정에서 바로 발생하는 즉시손실과, 시간의 경과에 따라 누적되는 지연손실로 구분한다. 구별 기준은 **손실이 발생하는 시점과 시간 의존성**이다.

정착 장치의 활동은 긴장재를 고정하는 과정에서 정착구가 자리를 잡으며 긴장재가 미끄러지는 현상이다. 이때 긴장재의 신장량이 줄어 인장력도 감소한다. 따라서 정착 장치의 활동에 의한 손실은 **정착 과정에서 발생하는 즉시손실**에 해당한다.

콘크리트의 건조수축·크리프와 강재의 릴랙세이션은 모두 **시간에 의존하는 지연손실**에 해당한다. 건조수축은 콘크리트가 수분을 잃으면서 수축하는 현상이고, 크리프는 지속적인 압축응력 아래에서 콘크리트의 압축변형이 시간에 따라 증가하는 현상이다. 이로 인해 긴장재의 신장량이 줄어 프리스트레스 힘이 감소한다. 릴랙세이션은 긴장재의 변형률이 일정하게 유지되어도 시간이 지나면서 강재의 인장응력이 감소하는 현상이다.

NoteBase

문 2. 보통중량골재를 사용한 콘크리트의 탄성계수가 25,500 MPa일 때, 설계기준압축강도 f_{ck}[MPa]는? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 23

② 24

③ 25

④ 26

정답 1번

간단한 해설

탄성계수 식에 들어가는 강도는 **평균압축강도**로, 역산하면 27 MPa이다. 2012년 기준에서 이 강도 구간의 설계기준압축강도는 평균압축강도보다 **4 MPa 작으므로** 23 MPa이다.

계산 과정

적용식: 2012년 콘크리트구조기준에 따라 보통중량골재를 사용한 콘크리트에는 $E_c = 8{,}500\sqrt[3]{f_{cu}}$를 적용한다. 여기서 E_c는 탄성계수, f_{cu}는 재령 28일의 평균압축강도이며, 두 값의 단위는 MPa이다. 평균압축강도와 설계기준압축강도의 관계는 $f_{cu} = f_{ck} + \Delta f$이다. 모든 선택지의 강도가 40 MPa 이하이므로 **강도 차이** Δf는 4 MPa를 적용한다.

평균압축강도 계산: 탄성계수 25,500 MPa를 적용식에 대입하여 세제곱근을 구하면 $\sqrt[3]{f_{cu}} = \frac{25{,}500}{8{,}500} = 3$이다. 양변을 세제곱하면 $f_{cu} = 3^3 = 27$ MPa이다. 이 값은 **설계기준압축강도가 아니라 평균압축강도**이다.

설계기준압축강도 계산: $f_{ck} = f_{cu} - \Delta f$이므로 $27 - 4 = 23$ MPa이다. 계산값 23 MPa는 ①의 23에 해당한다.

NoteBase

문 3. 복철근 직사각형보에서 압축철근의 배치목적으로 옳지 않은 것은? (단, 보는 정모멘트(+)만을 받고 있다고 가정한다)

① 전단철근 등 철근 조립 시 시공성 향상을 위하여

② 크리프 현상에 의한 처짐량을 감소시키기 위하여

③ 보의 연성거동을 감소시키기 위하여

④ 보의 압축에 대한 저항성을 증가시키기 위하여

정답 3번

간단한 해설

③의 '연성거동을 감소'는 반대로 서술한 것이다. 압축철근은 보가 파괴에 이르기까지 변형을 더 수용하도록 하여 **연성을 증가**시키는 역할을 한다.

선지별 해설

복철근보는 인장영역과 압축영역에 모두 철근을 배치한 보이다. 정모멘트만 받는 조건에서는 보의 위쪽이 압축영역이고 아래쪽이 인장영역이다.

① O: 압축철근은 스터럽 등 전단철근을 묶고 지지하는 역할을 한다. 철근망의 형태와 철근 위치를 유지하기 쉬워지므로 **철근 조립과 시공이 편리**해진다.

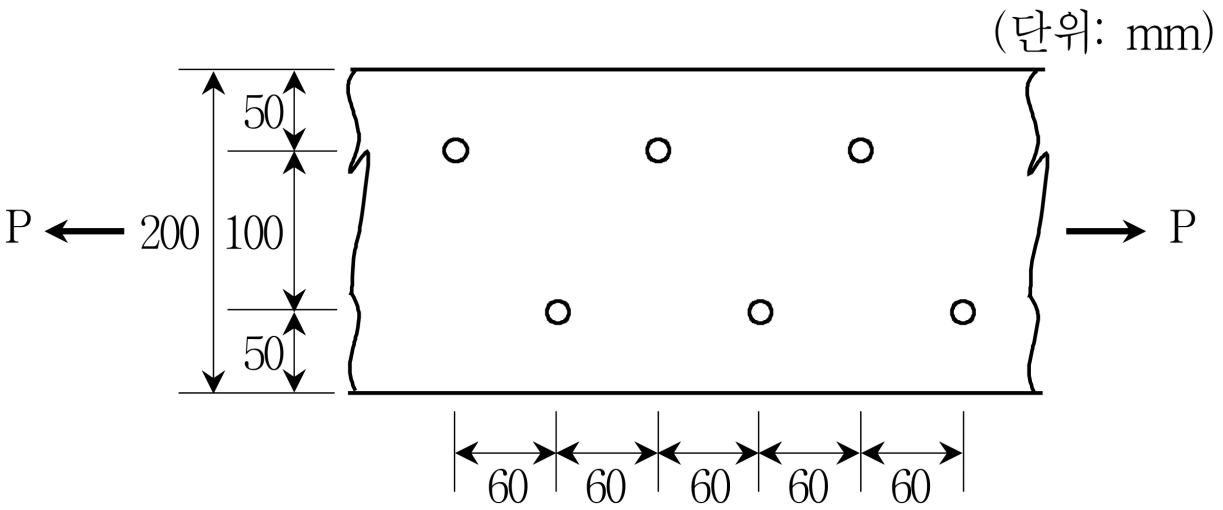
② O: 크리프는 일정한 하중이 지속될 때 콘크리트의 변형이 시간에 따라 증가하는 현상이다. 압축철근이 압축력의 일부를 분담하면 콘크리트의 압축응력이 줄어들어, 크리프로 인한 **장기처짐을 감소**시킬 수 있다.

③ X: 압축철근의 배치목적은 연성거동의 감소가 아니라 **연성의 증가**이다. 연성은 부재가 파괴되기 전까지 큰 변형을 수용하는 능력이다. 같은 단면과 인장철근량에서 압축철근을 배치하면 압축력을 철근도 분담하므로 콘크리트가 부담해야 할 압축력이 줄어든다. 이에 따라 중립축 깊이가 작아지고, 콘크리트가 극한 압축변형률에 도달할 때 인장철근의 변형률과 단면의 곡률이 커져 더 큰 변형을 수용할 수 있다.

④ O: 압축철근은 압축영역의 콘크리트와 함께 **압축력에 저항**한다. 따라서 압축영역의 저항능력을 보강하고, 인장철근과 함께 보의 휨모멘트 저항에 기여한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 지그재그로 볼트구멍(지름 d = 25 mm)이 있고 인장력 P가 작용하는 판에서 인장응력 검토를 위한 순폭 b_n[mm]은?



① 141

② 150

③ 159

④ 175

정답 3번

간단한 해설

순폭은 구멍을 지나는 파단 경로 중 **가장 작은 값**을 적용한다. 두 구멍을 지나는 지그재그 경로에서는 구멍 지름을 빼고 엇갈림 보정량을 더하므로 순폭은 159 mm이다.

NoteBase

계산 과정

1. 치수와 검토 기준: 인장력 P는 수평 방향으로 작용하므로 판 폭은 그에 수직인 200 mm이다. 구멍 지름 d는 25 mm이며, 두 구멍 열의 수직 간격 g는 100 mm, 인접한 위·아래 구멍의 수평 엇갈림 거리 s는 60 mm이다. 판 두께가 일정하므로 순단면적이 가장 작은 경로는 **순폭이 가장 작은 경로**이다.

2. 직선 경로: 인장 방향에 수직인 직선은 구멍 하나를 지난다. 따라서 순폭은 200 − 25 = 175 mm이다.

3. 지그재그 경로: 위쪽 구멍과 인접한 아래쪽 구멍을 연결하면 구멍 두 개를 지나고 대각 구간은 하나 생긴다. 지그재그 경로의 순폭은 $b_n = b - nd + \sum \frac{s^2}{4g}$로 계산한다. 여기서 b는 판 폭, n은 해당 경로가 지나는 구멍 수이다. 구멍으로 줄어든 폭을 빼되, **대각 경로의 엇갈림 효과는 보정량으로 더한다**. 이 경로에서는 n = 2이고, 보정량은 $\frac{60^2}{4 \cdot 100} = 9$mm이다. 따라서 순폭은 200 − 2 × 25 + 9 = 159 mm이다.

4. 적용 순폭: 직선 경로의 175 mm와 지그재그 경로의 159 mm 중 작은 159 mm를 인장응력 검토에 사용한다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. KS F 2405(콘크리트 압축강도시험방법)에 따라 결정된 재령 28일에 평가한 원주형 공시체의 기준압축강도 f_{ck}가 30 MPa이고, 충분한 통계 자료가 없을 경우 설계에 사용할 수 있는 평균 압축강도 f_{cm} [MPa]은? (단, 2015년도 도로교설계기준을 적용한다)

① 30

② 32

③ 34

④ 36

정답 3번

간단한 해설

충분한 통계 자료가 없고 기준압축강도가 40 MPa 이하이면 **4 MPa를 더해** 평균압축강도를 평가한다. 따라서 기준압축강도 30 MPa에 대응하는 평균압축강도는 34 MPa이다.

계산 과정

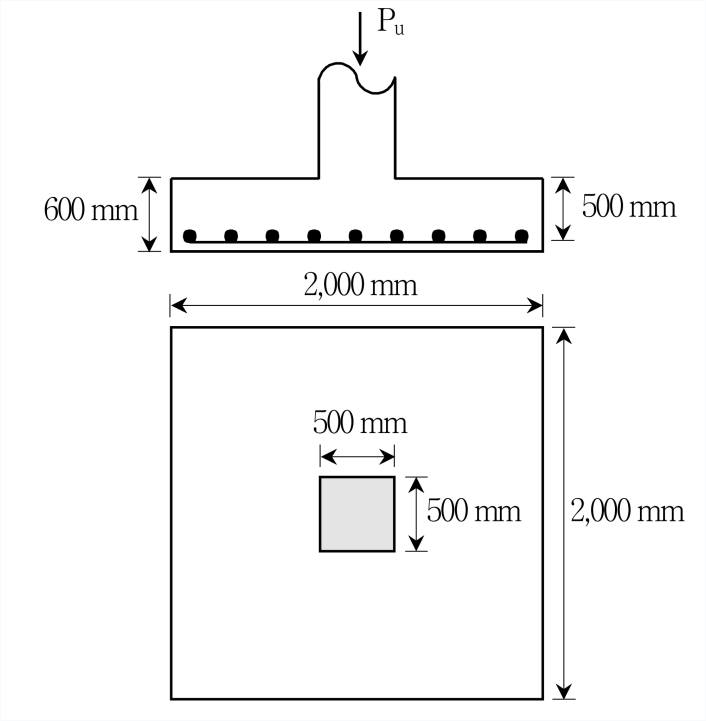
적용 관계: 2015년도 도로교설계기준에서는 충분한 통계 자료가 없을 때 평균압축강도를 $f_{cm} = f_{ck} + \Delta f$로 평가할 수 있다. 여기서 f_{ck}는 재령 28일 원주형 공시체의 기준압축강도, f_{cm}은 평균압축강도이며, Δf는 두 강도의 차이이다. 각 강도의 단위는 MPa이다.

강도 차이 결정: 기준압축강도가 **40 MPa 이하**이면 Δf는 4 MPa이다. 주어진 기준압축강도는 30 MPa이므로 이 구간을 적용한다.

평균압축강도 계산: 기준압축강도에 강도 차이 4 MPa를 더하면 30 + 4 = 34 MPa이다. 이 값은 설계에 사용할 수 있는 평균압축강도이며, ③의 34에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 2방향 확대기초에 자중을 포함한 계수하중 $P_u = 1,600$ kN이 작용할 때, 위험단면의 계수전단력 V_u[kN]는? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)



① 1,100

② 1,200

③ 1,300

④ 1,400

정답 2번

간단한 해설

2방향 전단의 위험단면은 **기둥면에서 유효깊이의 절반만큼 떨어진 둘레**이다. 이 둘레 바깥의 면적 3 m^2에 계수지반반력 400 kN/m^2가 작용하므로 계수전단력은 1,200 kN이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 계수지반반력: 기초판은 2.0 m × 2.0 m, 기둥은 0.5 m × 0.5 m이다. 단면도의 전체 두께는 600 mm이고, 전단 검토에 쓰는 **유효깊이 d는 500 mm**, 즉 0.5 m이다. 중앙의 연직하중에 대해 지반반력이 균등하게 분포한다고 보면, 기초판 면적은 4 m^2이므로 $q_u = \frac{1,600}{4} = 400$ kN/m^2이다. 주어진 계수하중에 자중이 포함되어 있으므로 자중을 별도로 더하지 않는다.

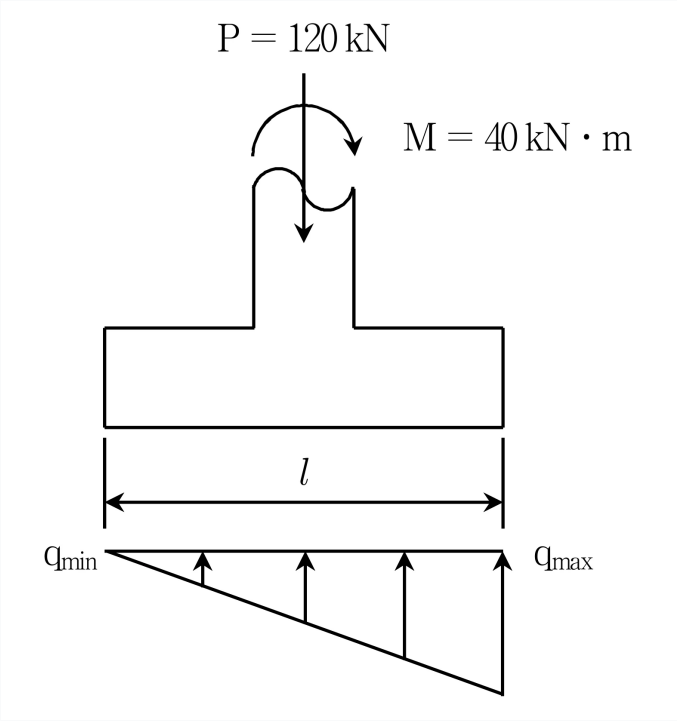
위험단면 위치: 2방향 전단은 기둥이 기초판을 뚫고 내려가려는 거동이므로, 기둥을 둘러싼 폐합 단면으로 검토한다. 위험단면은 각 기둥면에서 $\frac{d}{2} = \frac{0.5}{2} = 0.25$ m 떨어진 위치이다. 따라서 그 둘레가 감싸는 정사각형의 한 변은 0.5 + 0.25 + 0.25 = 1.0 m이다.

전단력 부담면적: 위험단면 안쪽의 지반반력은 그 안에서 하중을 직접 받아 주므로, 위험단면을 통해 전달되는 전단력은 **위험단면 바깥쪽 면적에 작용하는 지반반력의 합**으로 구한다. 안쪽 면적은 1.0 × 1.0 = 1.0 m^2이고, 바깥쪽 면적은 4.0 − 1.0 = 3.0 m^2이다.

계수전단력: V_u=q_u A_바깥이므로, $V_u = 400 \cdot 3 = 1,200$ kN이다. 이는 ②의 1,200 kN에 해당한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같은 철근콘크리트 사각형 확대기초가 $P = 120$ kN, $M = 40$ kN · m를 받고 있다. 이때 확대기초에 발생하는 최소응력 q_{min}이 0이 되도록 하기 위한 길이 /[m]은? (단, 단위폭으로 고려한다)



① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 1번

간단한 해설

최소응력이 0이면 지반반력은 **삼각형 분포**가 되고, 반력의 합력은 기초 중심에서 //6만큼 떨어져 작용한다.
따라서 $\frac{M}{P} = \frac{l}{6}$이며, 필요한 기초 길이는 2 m이다.

NoteBase

계산 과정

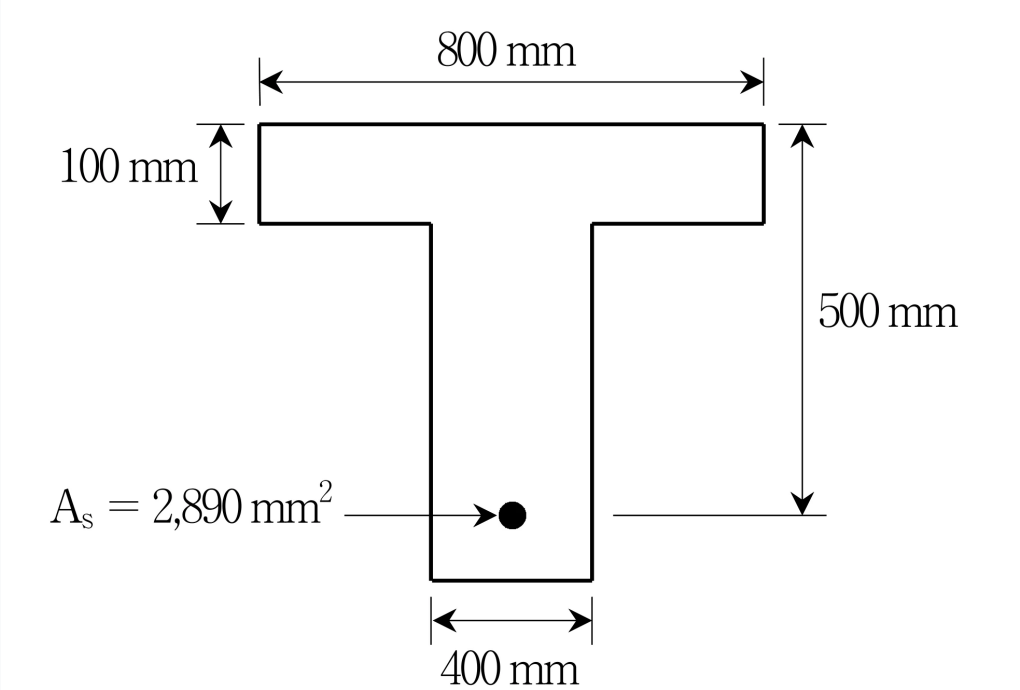
문제의 단위폭 조건에서 연직하중 P = 120 kN과 모멘트 M = 40 kN·m를 고려한다. 기초 중심에 작용하는 P와 M은 중심에서 거리 e만큼 떨어진 하나의 연직하중으로 나타낼 수 있다. 이때 $Pe = M$이므로 편심거리 e는 $e = \frac{M}{P} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3}$m이다.

그림처럼 지반반력이 직선적으로 변할 때, $q_{\min} = 0$이면 왼쪽 끝의 반력이 0인 삼각형 분포가 된다. 삼각형 분포의 합력은 도형의 무게중심을 지나므로 **반력이 큰 오른쪽 끝에서** $l/3$ 떨어진 곳에 작용한다. 기초 중심은 오른쪽 끝에서 $l/2$ 떨어져 있으므로, 합력과 기초 중심 사이의 거리는 $\frac{l}{2} - \frac{l}{3} = \frac{l}{6}$이다.

연직력 평형에 따라 지반반력의 합력 크기는 P이고, 기초 중심에 대한 모멘트 평형에 따라 $P\frac{l}{6} = M$이다. 따라서 $l = \frac{6M}{P} = \frac{6 \times 40}{120} = 2$m이며, 선택지 ①의 2 m에 해당한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 T형보에 대한 등가 응력블록의 깊이 a[mm]는? (단, f_{ck} = 20 MPa, f_y = 400 MPa)



① 55
② 65
③ 75
④ 85

정답 4번

간단한 해설

등가 응력블록이 **플랜지 두께 100 mm 안에 놓이므로** 압축영역의 폭은 800 mm이다. 인장철근의 인장력과 콘크리트의 압축력을 같게 놓으면 깊이는 85 mm로 계산된다.

NoteBase

계산 과정

단면 조건: 그림에서 플랜지 폭 b_f는 800 mm, 플랜지 두께 h_f는 100 mm, 인장철근 단면적 A_s는 2,890 mm^2이다. 콘크리트 압축강도 f_{ck}는 20 MPa, 철근 항복강도 f_y는 400 MPa이며, 1 MPa = 1 N/mm^2이므로 길이를 mm로 통일하면 힘은 N으로 계산된다.

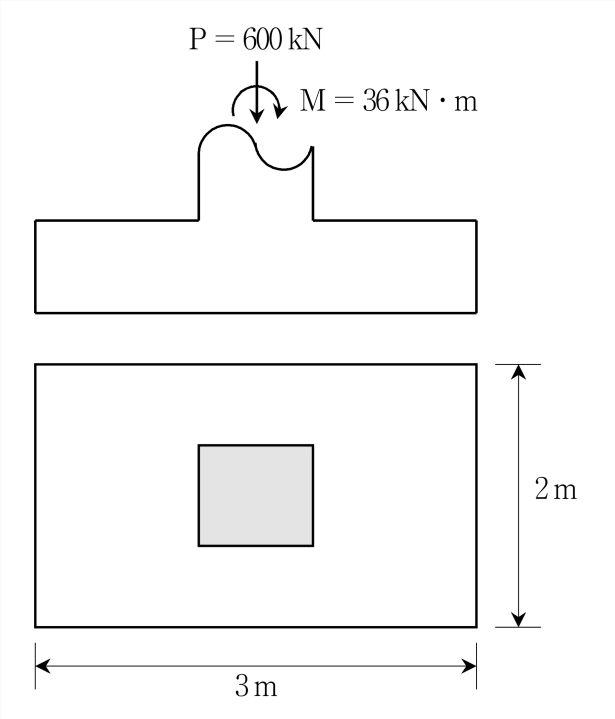
힘의 평형: 인장철근이 항복하는 휨강도 상태에서 인장력은 $T = A_s f_y$이다. 따라서 T = 2,890 × 400 = 1,156,000 N이다. 콘크리트의 인장저항을 무시하면 이 힘을 콘크리트 압축력 C가 지탱해야 하므로 **C = T**가 성립한다. 등가 직사각형 응력블록의 압축응력은 $0.85f_{ck}$이며, 그 크기는 0.85 × 20 = 17 N/mm^2이다.

응력블록 깊이 계산: 먼저 응력블록이 플랜지 안에 있다고 가정하면 압축영역의 면적은 $b_f a$이다. 압축력은 응력에 면적을 곱한 값이므로 $C = 0.85f_{ck}b_f a$이고, 힘의 평형에서 $a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b_f}$를 얻는다. 수치를 대입하면 $a = \frac{1{,}156{,}000}{17 \cdot 800} = 85$ mm이다.

적용 조건 확인: 계산된 깊이 85 mm는 플랜지 두께 100 mm보다 작으므로 **응력블록이 플랜지 안에 있다는 가정**이 성립한다. 따라서 플랜지 폭 800 mm를 사용한 계산이 타당하며, 구한 85 mm는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 바닥판과 기둥의 중심에 수직하중 P = 600 kN과 휨모멘트 M = 36 kN · m가 작용할 때, 확대기초에 발생하는 최대 응력[kN/m^2]은?



① 106

② 112

③ 123

④ 158

정답 2번

간단한 해설

수직하중에 의한 균등응력 100 kN/m^{2}에 휨모멘트가 만드는 응력 12 kN/m^{2}를 **더한 쪽**에서 최대 압축응력이 발생한다. 그 값은 **112 kN/m^2**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 기초 밑면의 면적과 단면계수: 그림에서 밑면은 3 m × 2 m의 직사각형이다. 휨모멘트에 의해 응력이 변하는 방향의 길이를 L = 3 m, 그에 수직인 폭을 b = 2 m로 두면 면적은 A = 3 × 2 = 6 m^2이다. 밑면의 도심축에 대한 단면계수 Z는 $Z = \frac{bL^2}{6}$이므로 $Z = \frac{2 \cdot 3^2}{6} = 3m^3$이다. **응력이 변하는 방향의 길이 3 m를 제곱**하는 데 유의한다.

2. 응력의 합성: 기초 밑면 전체가 지반과 접촉하고 응력이 선형으로 분포하는 것으로 계산한다. 중심에 작용하는 수직하중 P는 균등한 압축응력을 만들고, 휨모멘트 M은 한쪽 끝의 압축응력을 증가시키고 반대쪽 끝에서는 감소시킨다. 따라서 **최대 압축응력은 두 응력을 더하여** $\sigma_{max} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$로 구한다.

3. 하중별 응력: 수직하중에 의한 응력은 $\frac{P}{A} = \frac{600}{6} = 100 kN/m^2$이다. 휨모멘트에 의한 끝단 응력의 크기는 $\frac{M}{Z} = \frac{36}{3} = 12 kN/m^2$이다. 12 kN/$m^2$는 밑면 양 끝에서 균등응력 100 kN/$m^2$에 각각 더하거나 빼는 값이다.

4. 최대 응력: 두 응력을 더하면 최대 압축응력은 100 + 12 = 112 kN/m^2이다. 반대쪽 끝의 최소 압축응력도 100 − 12 = 88 kN/m^2로 양수이므로, **밑면 전체가 압축을 받는 조건**을 만족한다. 구한 최대 응력 112 kN/m^2는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 보통중량콘크리트를 사용한 경우 전단설계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① $\frac{1}{2}\phi V_c < V_u \le \phi V_c$인 경우는 최소 전단철근을 배치해야 한다.

② 용접이형철망을 제외한 전단철근의 항복강도는 500 MPa 이하이어야 한다.

③ $V_s > \frac{2}{3}\sqrt{f_{ck}}\,b_w d$인 경우 콘크리트의 단면을 크게 해야 한다.

④ $V_s > \frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}}\,b_w d$인 경우의 전단철근의 간격은 $V_s < \frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}}\,b_w d$인 경우보다 2배로 늘려야 한다.

정답 4번

간단한 해설

전단철근이 부담하는 전단강도 V_s가 $\frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}}\,b_w d$를 초과하면, 전단철근의 **최대 간격을 절반으로 줄여야 한다**. ④의 '2배로 늘려야 한다'는 간격 제한을 반대로 설명한 것이다.

선지별 해설

① O: V_u는 계수전단력, ϕV_c는 콘크리트가 부담하는 설계전단강도이다. $\frac{1}{2}\phi V_c < V_u \le \phi V_c$이면 콘크리트의 설계전단강도 이내이더라도 **최소 전단철근을 배치**하여 갑작스러운 사인장균열과 취성파괴에 대비한다. 다만, 슬래브·기초판 등 기준에서 정한 최소 전단철근 배치 예외는 제외한다.

② O: 2012년 기준에서 용접이형철망을 제외한 전단철근의 설계기준항복강도는 **500 MPa 이하**로 제한한다. 용접이형철망에는 별도로 600 MPa 이하의 한계를 적용한다.

③ O: V_s는 전단철근이 부담하는 전단강도이며, 그 상한은 $\frac{2}{3}\sqrt{f_{ck}}\,b_w d$이다. 여기서 f_{ck}는 콘크리트 설계기준압축강도, b_w는 복부폭, d는 유효깊이이다. 필요한 V_s가 이 상한을 넘으면 철근만 늘려서는 콘크리트의 전단압축파괴를 방지하기 어려우므로 **단면을 확대**하여 다시 설계해야 한다.

④ X: $V_s > \frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}}\,b_w d$이면 전단철근의 최대 간격을 **기존 제한의 절반으로 감소**시켜야 한다. 부재축에 직각인 전단철근을 배치한 철근콘크리트 부재에서는 일반적으로 간격을 $d/2$ 이하이면서 600 mm 이하로 제한하지만, 이 경계값을 초과하면 $d/4$ 이하이면서 300 mm 이하로 제한한다. 전단철근을 더 촘촘하게 배치하도록 하는 규정이므로 '2배로 늘려야 한다'는 '최대 간격을 절반으로 줄여야 한다'로 고친다.

NoteBase

문 11. 철근콘크리트 기둥 중 장주 설계에서 모멘트 확대계수를 두는 이유는? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 전단력에 의한 모멘트 증가를 고려하기 위하여

② 횡방향 변위에 의한 모멘트 증가를 고려하기 위하여

③ 모멘트와 전단력의 간섭효과를 고려하기 위하여

④ 비틀림의 효과를 고려하기 위하여

정답 2번

간단한 해설

장주가 횡방향으로 휘면 축력이 변위만큼의 추가 지레팔을 갖게 되어 모멘트가 증가한다. 모멘트 확대계수는 이 **횡방향 변위에 따른 2차 모멘트**를 설계에 반영하기 위한 것이다.

공통 해설

장주는 길이에 비해 단면이 작아 휨변형에 따른 추가 모멘트의 영향을 무시하기 어려운 기둥이다. 기둥이 휘어 축력의 작용선과 단면 중심 사이에 횡방향 거리 Δ가 생기면, 압축축력 P는 그 거리만큼의 지레팔을 갖는다. 이때 추가로 발생하는 모멘트는 $P \cdot \Delta$이며, 이를 **2차 효과**라고 한다.

변형 전 형상을 기준으로 구한 1차 모멘트만으로 설계하면 이러한 모멘트 증가를 놓칠 수 있다. 모멘트 확대계수는 1차 해석으로 얻은 모멘트를 확대하여 **축력과 횡방향 변위에 따른 모멘트 증가**를 근사적으로 반영한다. 따라서 문제에서 묻는 목적은 횡방향 변위에 의한 모멘트 증가를 고려하는 것이며, 전단력 자체에 의한 증가나 모멘트와 전단력의 간섭효과, 비틀림을 보정하는 것이 아니다.

NoteBase

문 12. 슬래브 설계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 4변에 의해 지지되는 2방향 슬래브 중에서 단변에 대한 장변의 비가 2배를 넘으면 1방향 슬래브로 해석한다.

② 철근콘크리트 보와 일체로 만든 연속 슬래브의 휨모멘트 및 전단력을 구하기 위하여, 단순받침부 위에 놓인 연속보로 가정하여 탄성해석 또는 근사적인 계산방법을 사용할 수 있다.

③ 1방향 슬래브의 두께는 최소 100 mm 이상으로 하여야 한다.

④ 1방향 슬래브에서는 정모멘트 철근 및 부모멘트 철근에 평행한 방향으로 수축·온도철근을 배치하여야 한다.

정답 4번

간단한 해설

1방향 슬래브의 수축·온도철근은 정모멘트 철근 및 부모멘트 철근과 **직각인 방향**으로 배치한다. 휨철근과 나란히 놓는 것이 아니라, 그와 직각인 방향의 수축·온도변화에 따른 균열을 제어하도록 배치한다.

선지별 해설

① O: 2012년도 콘크리트구조기준 10.2.1(2)에 따라, 4변이 지지되더라도 단변에 대한 장변의 비가 **2를 초과하면 1방향 슬래브로 해석**한다. 이 경우 하중이 주로 단변방향으로 전달되므로 일반적으로 단변방향의 경간을 사용하여 설계한다.

② O: 같은 기준 10.2.2(1)은 보와 일체로 만든 연속 슬래브를 **단순받침부 위에 놓인 연속보로 가정**하여 휨모멘트와 전단력을 구할 수 있도록 한다. 여러 경간에 걸친 슬래브의 연속성은 유지하면서 탄성해석을 하거나, 3.4.1의 적용조건을 만족하는 근사계산법을 사용할 수 있다. 이때 경간 산정과 휨모멘트의 수정에 관한 해당 기준도 따라야 한다.

③ O: 같은 기준 10.2.3(1)에 따른 1방향 슬래브 두께의 하한은 **100 mm**이다. 또한 4.3.1의 처짐 관련 규정도 만족해야 하므로, 두께가 100 mm라는 이유만으로 모든 경간과 지지조건에서 충분한 것은 아니다.

④ X: 수축·온도철근은 정모멘트 철근 및 부모멘트 철근에 **직각인 방향**으로 배치해야 한다. 휨철근이 주된 휨에 저항하는 방향을 보강한다면, 수축·온도철근은 그와 직각인 방향의 건조수축이나 온도변화에 따른 균열을 제어한다. 따라서 '평행한 방향'을 '직각인 방향'으로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 13. 프리텐션 프리스트레싱 강재가 보유하여야 할 재료성능으로 옳은 것은?

① 인장강도가 작아야 한다.

② 연신율이 작아야 한다.

③ 릴랙세이션이 작아야 한다.

④ 콘크리트와의 부착강도가 작아야 한다.

정답 3번

간단한 해설

릴랙세이션은 늘어난 길이를 일정하게 유지한 강재의 인장응력이 시간이 지나면서 감소하는 현상이다.
릴랙세이션이 작아야 프리스트레스 손실을 줄이고 콘크리트에 도입한 압축력을 오래 유지할 수 있다.

선지별 해설

① X: 프리스트레싱 강재는 큰 인장력을 받아 콘크리트에 압축력을 도입하므로 **인장강도가 커야 한다**. 높은 인장응력을 견디면서 필요한 프리스트레스를 도입·유지할 수 있어야 하므로 '작아야 한다'는 설명은 반대이다.

② X: 연신율은 인장시험에서 강재가 파단될 때까지 늘어난 정도를 나타내며, 연성을 판단하는 지표이다. 강재가 파단 전에 충분히 변형할 수 있도록 **충분한 연신율을 확보해야 한다**. 따라서 연신율이 작아야 한다는 설명은 부적절하다.

③ O: 릴랙세이션은 강재의 변형률, 즉 늘어난 길이를 일정하게 유지해도 시간이 지나면서 인장응력이 감소하는 현상이다. 이로 인해 강재의 긴장력이 줄어 프리스트레스 손실이 생기므로 **릴랙세이션이 작아야 한다**.

④ X: 프리텐션 방식은 강재를 먼저 긴장한 상태에서 콘크리트를 타설하고, 콘크리트가 필요한 강도에 도달한 뒤 강재의 긴장을 풀어 압축력을 전달한다. 이때 **강재와 콘크리트 사이의 부착**을 통해 힘을 전달하므로 부착강도는 작아야 하는 것이 아니라 충분히 커야 한다.

NoteBase

문 14. 유효길이 $L_e = 20$ m, 직사각형 단면의 크기 400 mm × 300 mm인 기둥이 1단 자유, 1단 고정인 경우 최소 좌굴임계하중 P_{cr}[kN]은? (단, 기둥의 탄성계수 $E = 200$ GPa이다)

① $450\pi^2$

② 450π

③ $900\pi^2$

④ 900π

정답 1번

간단한 해설

최소 좌굴임계하중은 **단면2차모멘트가 작은 축**을 기준으로 구한다. 주어진 유효길이 20 m를 오일러 공식에 그대로 적용하면 $P_{cr} = 450\pi^2$ kN이다.

계산 과정

1. 좌굴 공식과 길이: 탄성좌굴에 대한 오일러 공식은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$이다. 여기서 E는 탄성계수, I는 좌굴이 일어나는 축에 대한 단면2차모멘트이다. 문제의 20 m는 **이미 지지조건이 반영된 유효길이**이므로, 1단 자유·1단 고정이라는 이유로 다시 두 배로 늘리지 않는다.

2. 최소 단면2차모멘트: 직사각형의 두 도심 주축에 대한 단면2차모멘트는 각각 $\frac{bh^3}{12}$, $\frac{hb^3}{12}$이다. 최소 좌굴하중을 구할 때는 **짧은 변 300 mm가 세제곱되는 값**을 사용한다. 단면 치수를 m로 바꾸면 $I_{\min} = \frac{0.4 \cdot 0.3^3}{12} = 9 \cdot 10^{-4}$ m^{4}이다.

3. 단위 통일과 휨강성: 하중을 kN으로 구하기 위해 $E = 200$ GPa $= 200 \cdot 10^6$ kN/m^{2}로 바꾼다. 따라서 $EI_{\min} = 180000$ kN · m^{2}이며, 이는 좌굴에 저항하는 휨강성이다.

4. 임계하중 계산: $P_{cr} = \frac{180000\pi^2}{20^2} = 450\pi^2$ kN이다. 계산한 최소 좌굴임계하중은 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 보통중량콘크리트에 D25철근이 매립되어 있을 때, 철근의 기능을 발휘하기 위한 최소 묻힘길이(정착길이 l_d)[mm]는? (단, 부착응력 u = 5 MPa, 철근의 항복강도 f_y = 300 MPa, 철근의 직경 d_b = 25 mm, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 250

② 375

③ 750

④ 1,000

정답 2번

간단한 해설

철근이 항복강도를 발휘하려면 **묻힌 철근 표면의 부착저항이 철근의 항복 인장력 이상**이어야 한다. 힘의 평형에서 얻는 $l_d = \frac{d_b f_y}{4u}$에 주어진 값을 대입하면 최소 묻힘길이는 375 mm이다.

계산 과정

주어진 값은 철근 직경 $d_b = 25$ mm, 항복강도 $f_y = 300$ MPa, 부착응력 $u = 5$ MPa이다. 정착길이 l_d는 철근이 항복강도에 도달하는 데 필요한 힘을 콘크리트와의 부착으로 전달할 수 있는 묻힘길이이다. 1 MPa = 1 N/mm^{2}이므로 응력을 이 단위로 쓰고 길이를 mm로 계산한다.

철근의 단면적은 $A_s = \frac{\pi d_b^2}{4}$이므로 항복 인장력은 $T = A_s f_y$이다. 부착응력은 철근의 단면이 아니라 **묻힌 부분의 옆면**에 작용하므로, 부착저항은 $R = u\pi d_b l_d$이다. 주어진 부착응력을 묻힘 구간에 적용하면 최소 길이에서 두 힘이 같아져 $u\pi d_b l_d = \frac{\pi d_b^2}{4} f_y$가 성립한다.

이를 정착길이에 대해 정리하면 $l_d = \frac{d_b f_y}{4u}$이다. 수치를 대입하면 $l_d = \frac{25 \cdot 300}{4 \cdot 5} = 375$ mm이다.

따라서 철근의 항복 인장력을 부착으로 전달하기 위한 최소 묻힘길이는 375 mm이며, 이는 ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 16. 전단철근이 부담해야할 전단력 V_s = 700 kN일 때, 전단철근(수직스터럽)의 간격 s[mm]는? (단, 보통중량콘크리트이며 f_{ck} = 36 MPa, f_y = 400 MPa, b = 400 mm, d = 600 mm, 전단철근의 면적 A_v = 700 mm^{2}이며, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다.)

① 350

② 300

③ 240

④ 150

정답 4번

간단한 해설

전단철근이 부담할 전단력 700 kN은 간격 제한을 강화하는 기준값 480 kN을 초과한다. 따라서 수직스터럽의 **최대 간격은 유효깊이의 1/4인 150 mm**이며, 강도식으로 구한 240 mm도 이 제한에 맞게 줄여야 한다.

계산 과정

1. 강도 조건에 따른 간격: 수직스터럽의 전단강도는 $V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$로 구한다. 여기서 A_v는 간격 s 안의 전단철근 단면적, f_y는 철근의 항복강도, d는 보의 유효깊이이다. 간격이 좁을수록 같은 길이 안에 배치되는 전단철근량이 늘어 전단강도가 커진다. 400 MPa = 400 N/mm^{2}이고 700 kN = 700,000 N이므로, 주어진 전단력을 부담하기 위한 간격의 상한은 $s = \frac{700 \cdot 400 \cdot 600}{700{,}000} = 240$ mm이다.

2. 기준의 최대 간격 검토: 2012년도 콘크리트구조기준 7.4.2에 따르면 철근콘크리트 부재의 수직 전단철근 간격은 원칙적으로 $d/2$ 이하이면서 600 mm 이하이어야 한다. 다만 $V_s > \lambda\frac{\sqrt{f_{ck}}}{3}bd$이면 **최대 간격을 절반으로 줄인다**. 여기서 b는 보의 폭이고, 보통중량콘크리트이므로 $\lambda = 1$이다. 이 문제의 비교 기준값은 $\frac{\sqrt{36}}{3} \cdot 400 \cdot 600 = 480{,}000$ N, 즉 480 kN이다. 주어진 700 kN이 이를 초과하므로 $s \le d/4$와 s≤300 mm를 모두 적용한다. $d/4 = 600/4 = 150$ mm이므로 최대 간격은 150 mm이다.

3. 간격 결정: **강도 조건과 최대 간격 제한을 모두 만족**해야 하므로, 240 mm와 150 mm 중 작은 150 mm를 적용한다. 따라서 선택지 ④의 150 mm에 해당한다.

NoteBase

문 17. 단철근 직사각형보의 최대철근비 $\rho_{max} = 0.02$일 때, 연성파괴가 되기 위한 최대 철근량[mm^2]은? (단, $b = 300$ mm, $d = 600$ mm, 최소철근비 $\rho_{min} = 0.003$이고, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다.)

① 360

② 540

③ 3,600

④ 5,400

정답 3번

간단한 해설

최대 철근량은 **최대철근비에 보의 폭과 유효깊이를 곱해** 구한다. 주어진 값으로 계산하면 0.02 × 300 × 600 = 3,600 mm^2이다.

계산 과정

철근비 ρ는 인장철근 단면적 A_s를 보의 폭 b와 유효깊이 d의 곱으로 나눈 값으로, $\rho = \frac{A_s}{bd}$이다. 따라서 철근량은 $A_s = \rho bd$로 구한다. 연성파괴를 유도하려면 인장철근이 먼저 항복하도록 철근량의 상한을 제한하므로, 최대 철근량에는 **최대철근비**를 적용한다.

주어진 폭은 300 mm, 유효깊이는 600 mm이므로 bd는 300 × 600 = 180,000 mm^2이다. 문제에서 2012년도 콘크리트구조기준을 적용하여 주어진 최대철근비는 0.02이므로, $A_{s,\,max} = \rho_{max} bd$에 대입하면 최대 철근량은 0.02 × 180,000 = 3,600 mm^2이다.

최소철근비 0.003을 적용한 0.003 × 180,000 = 540 mm^2는 **철근량의 하한**이므로 최대 철근량을 묻는 계산에 사용하지 않는다. 구한 최대 철근량 3,600 mm^2는 ③에 해당한다.

NoteBase

문 18. 포스트텐션 방식의 PSC보를 시공하는 순서를 바르게 나열한 것은?

ㄱ. 거푸집 조립
ㄴ. 콘크리트 타설
ㄷ. 그라우팅 실시
ㄹ. 프리스트레스 도입
ㅁ. 쉬스관 설치

① ㄱ → ㄴ → ㄹ → ㅁ → ㄷ
② ㄱ → ㅁ → ㄴ → ㄹ → ㄷ
③ ㅁ → ㄱ → ㄴ → ㄷ → ㄹ
④ ㅁ → ㄷ → ㄱ → ㄹ → ㄴ

정답 2번

간단한 해설

포스트텐션 방식은 **콘크리트가 필요한 강도를 얻은 뒤** 긴장재를 당겨 압축력을 도입한다. 이를 위해 쉬스관을 타설 전에 설치하고, **긴장·정착 후** 관 내부를 그라우트로 채운다.

NoteBase

올바른 순서

ㄱ → ㅁ → ㄴ → ㄹ → ㄷ

ㄱ. 거푸집 조립: 보의 형상과 치수를 만들고 굳기 전 콘크리트를 지지할 거푸집을 조립한다. 이후 거푸집 안에 쉬스관을 배치할 수 있도록 준비한다.

ㅁ. 쉬스관 설치: 긴장재가 들어갈 통로인 쉬스관을 정해진 위치에 고정한다. **콘크리트 타설 전에** 관을 설치하여, 콘크리트가 굳은 뒤에도 긴장재를 당길 수 있는 공간을 확보한다.

ㄴ. 콘크리트 타설: 쉬스관이 설치된 거푸집에 콘크리트를 타설하고 양생한다. 다음 단계에서 도입하는 압축력과 정착부의 힘을 견딜 수 있도록 **긴장에 필요한 강도를 확보**해야 한다.

ㄹ. 프리스트레스 도입: 강도가 확보된 콘크리트를 반력으로 하여 긴장재를 잭으로 당긴 뒤 정착한다. 긴장재의 인장력이 정착장치를 통해 콘크리트에 전달되면서 보에 압축력이 도입된다. 콘크리트가 굳기 전에 긴장재를 미리 당기는 프리텐션 방식과 구별된다.

ㄷ. 그라우팅 실시: **긴장과 정착을 마친 뒤** 쉬스관과 긴장재 사이의 빈 공간에 그라우트를 주입한다. 이로써 긴장재를 부식으로부터 보호하고 콘크리트와 긴장재 사이의 부착을 확보한다.

NoteBase

문 19. 접합부에서, 한쪽 방향으로는 인장파단, 다른 방향으로는 전단항복 혹은 전단파단이 발생하는 한계상태는? (단, 2011년도 강구조 설계기준을 적용한다)

① 전단면 파단

② 블록전단파단

③ 순단면 항복

④ 전단면 항복

정답 2번

간단한 해설

접합부에서 **인장파단과 전단항복 또는 전단파단이 함께 발생**하여 재료 일부가 덩어리째 떨어져 나가는 한계상태가 블록전단파단이다. 서로 다른 방향의 인장과 전단이 결합한다는 점이 핵심이다.

공통 해설

블록전단파단은 접합부의 재료 일부를 둘러싸는 파괴 경로에서, **한쪽 방향의 인장파단과 다른 방향의 전단항복 또는 전단파단이 결합**하는 한계상태이다. 이 경로를 따라 접합부 일부가 하나의 블록처럼 떨어져 나가므로 '블록전단파단'이라고 한다. 문제에서 제시한 두 방향의 파괴 양상이 이 정의에 해당한다.

예를 들어 볼트로 접합한 판이 인장력을 받으면, 하중 방향과 나란한 경로에서는 전단이 작용하고 그에 직각인 경로에서는 인장이 작용하여 볼트군 주변의 판 일부가 뜯겨 나갈 수 있다. 따라서 구별 기준은 전단면이나 순단면이라는 단면 명칭, 또는 항복과 파단 중 어느 하나만이 아니라 **인장과 전단이 결합하여 블록을 형성하는 파괴 경로**이다.

NoteBase

문 20. 압축철근량 $A_s' = 2,400\ \text{mm}^2$로 배근된 복철근 직사각형보의 탄성처짐이 10 mm인 부재의 경우 하중의 재하기간이 10년이고 압축철근비가 0.02일 때, 장기처짐을 고려한 총 처짐량[mm]은? (단, 폭 $b = 200\ \text{mm}$, 유효깊이 $d = 600\ \text{mm}$이고, 2012년도 콘크리트구조기준을 적용한다)

① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 3번

간단한 해설

압축철근비 0.02와 10년 재하를 반영하면 **추가 장기처짐이 탄성처짐과 같은 10 mm**이다. 총 처짐은 두 처짐을 합한 20 mm이다.

계산 과정

압축철근비: 압축철근 단면적을 폭과 유효깊이의 곱으로 나눈 값이다. $\rho' = \frac{A_s'}{bd}$에 주어진 치수를 대입하면 $\rho' = \frac{2,400}{200 \cdot 600} = 0.02$로, 제시된 압축철근비와 일치한다.

추가 장기처짐계수: 2012년도 콘크리트구조기준 식 (4.3.4)는 크리프와 건조수축에 의한 추가 장기처짐을 구할 때 $\lambda_\Delta = \frac{\xi}{1 + 50\rho'}$를 사용한다. 여기서 ξ는 지속하중의 재하기간에 따른 시간경과계수이다. 재하기간이 **5년 이상이면 2.0**이므로, 10년인 이 문제에서도 $\xi = 2.0$을 적용한다. 따라서 $\lambda_\Delta = \frac{2.0}{1 + 50 \cdot 0.02} = 1.0$이다.

추가 장기처짐: 이 계수는 **지속하중에 의한 순간처짐에 곱하는 값**이다. 주어진 탄성처짐 10 mm를 적용하면 추가 장기처짐은 1.0 × 10 = 10 mm이다.

총 처짐량: 처음 발생한 탄성처짐에 추가 장기처짐을 더하므로 10 + 10 = 20 mm이다. 이는 ③의 20 mm에 해당한다.

NoteBase