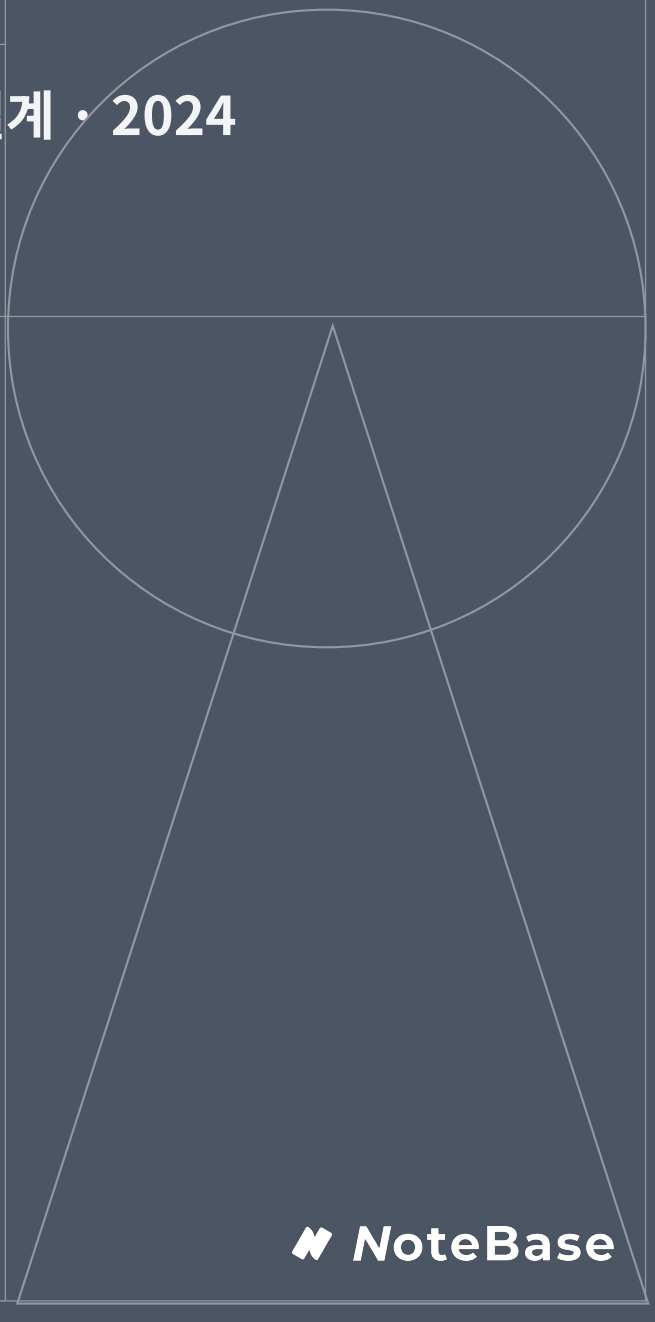
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 토목설계 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 토목설계 · 2024

공무원/지방직/9급 · 토목설계 · 2024

문 1. 4변에 의해 지지되는 2방향 슬래브 중에서 1방향 슬래브로 해석할 수 있는 단변에 대한 장변의 비로 적합하지 않은 것은?

① 1.5

② 2.5

③ 3.5

④ 4.5

정답 1번

간단한 해설

4변이 지지되어도 단변에 대한 장변의 비가 **2를 초과**하면 1방향 슬래브로 해석할 수 있다. 1.5는 이 조건을 충족하지 않는다.

공통 해설

4변에 의해 지지되는 슬래브는 단변에 대한 장변의 비, 즉 장변의 길이를 단변의 길이로 나눈 값이 **2를 초과하면** 1방향 슬래브로 해석할 수 있다. 길쭉한 슬래브에서는 하중이 주로 짧은 경간 방향으로 전달되므로, 일반적으로 단변 방향의 경간을 사용하여 해석·설계한다.

장변과 단변의 비가 1.5이면 장변이 단변의 2배를 넘지 않으므로, 이 기준에 따라 1방향 슬래브로 해석할 수 없다. 반면 2.5, 3.5, 4.5는 모두 2를 초과하므로 해당 조건을 충족한다.

NoteBase

문 2. 프리스트레스를 가하지 않은 띠철근 단주의 최대 설계축강도 $\phi P_{n(\max)}$는? (단, ϕ = 강도감소계수, f_{ck} = 콘크리트의 설계기준 압축강도, f_y = 철근의 설계기준항복강도, A_g = 기둥의 전체단면적, A_{st} = 종방향 철근의 전체단면적이다)

① $\phi[0.85f_{ck}A_g + f_yA_{st}]$

② $\phi[f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_yA_{st}]$

③ $0.85\phi[0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_yA_{st}]$

④ $0.80\phi[0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_yA_{st}]$

정답 4번

간단한 해설

띠철근 단주의 최대 설계축강도는 순수압축 공칭강도에 강도감소계수 ϕ와 **최대 축강도 제한계수 0.80**을 곱한다. 콘크리트가 차지하는 면적은 전체단면적에서 종방향 철근 면적을 뺀 $A_g - A_{st}$이다.

공통 해설

프리스트레스를 가하지 않은 철근콘크리트 단주의 순수압축 공칭강도는 콘크리트와 종방향 철근이 부담하는 압축력의 합이다. 이를 P_0라 하면 $P_0 = 0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_yA_{st}$이다. 콘크리트 항에는 철근과 면적을 중복하여 계산하지 않도록 **철근 면적을 제외한 콘크리트 면적** $A_g - A_{st}$를 사용하고, 콘크리트의 압축응력으로 $0.85f_{ck}$를 적용한다. 철근의 압축력은 항복강도와 철근 면적의 곱인 f_yA_{st}이다.

실제 기둥에는 우발적인 편심이 생길 수 있으므로 순수압축 강도를 그대로 최대 설계축강도로 사용하지 않는다. 띠철근 기둥은 순수압축 설계강도 ϕP_0의 **0.80배로 제한**한다. 따라서 요구한 최대 설계축강도는 $\phi P_{n(\max)} = 0.80\phi P_0$, 즉 $0.80\phi[0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_yA_{st}]$이다. 대괄호 안의 0.85는 콘크리트 압축응력에 적용하는 계수이며, 대괄호 밖의 최대 축강도 제한계수와 역할이 다르다. 나선철근 기둥의 제한계수는 0.85이지만, 이 문제의 띠철근 기둥에는 0.80을 적용한다.

NoteBase

문 3. 철근콘크리트가 효율적인 구조재료로 쓰일 수 있는 이유로 옳지 않은 것은?

① 콘크리트는 강재에 비해 높은 압축강도를 갖는다.

② 콘크리트가 경화된 후, 철근과 콘크리트 사이에 강한 부착력이 유지된다.

③ 콘크리트와 철근의 열팽창 계수가 거의 같다.

④ 콘크리트는 철근을 부식과 화재로부터 보호한다.

정답 1번

간단한 해설

일반적인 구조용 콘크리트의 압축강도는 **강재보다 낮다**. 철근콘크리트는 콘크리트가 압축을, 철근이 인장을 주로 부담하여 콘크리트의 약한 인장 저항을 보완하는 구조재료이다.

선지별 해설

① X: 일반적인 구조용 콘크리트는 강재보다 압축강도가 낮다. 콘크리트가 압축에 강하다는 것은 **자체의 인장강도에 비해 압축강도가 높다**는 뜻이며, 강재보다 압축강도가 높다는 뜻이 아니다. 철근콘크리트에서는 콘크리트가 압축력을 주로 부담하고 철근이 콘크리트의 약한 인장 저항을 보완한다.

② O: 콘크리트가 경화되면 철근과 콘크리트 사이의 부착을 통해 **힘이 전달**된다. 이 부착력은 두 재료 사이의 상대적인 미끄러짐을 억제하여 함께 하중에 저항하게 한다. 특히 이형철근 표면의 마디는 콘크리트와 맞물려 부착에 기여한다.

③ O: 보통의 사용 온도 범위에서 콘크리트와 철근의 열팽창 계수는 거의 같다. 따라서 온도가 변해도 **두 재료의 팽창·수축량 차이가 작아** 일체로 거동하는 데 유리하다.

④ O: 철근을 둘러싼 피복 콘크리트는 외부의 유해 물질이 철근에 도달하는 것을 억제하고, 콘크리트의 높은 알칼리성은 철근 표면에 부동태 피막을 형성하여 부식을 억제한다. 또한 화재 시에는 피복이 철근으로의 열 전달을 늦춰 **철근의 급격한 온도 상승을 지연**한다. 이러한 보호 기능을 확보하려면 충분한 피복 두께와 치밀한 콘크리트가 필요하다.

NoteBase

문 4. 강도설계법에 의한 콘크리트구조 설계 시 적용해야 할 강도감소계수로 옳지 않은 것은?

① 인장지배단면: 0.85

② 나선철근으로 보강된 압축지배단면: 0.65

③ 전단력과 비틀림모멘트: 0.75

④ 포스트텐션 정착구역: 0.85

정답 2번

①

인장지배단면은 콘크리트가 압괴되기 전에 인장철근이 충분히 항복하여 연성 거동을 하므로, **강도감소계수 0.85**를 적용한다.

②

나선철근 규정에 따라 보강된 압축지배단면에는 **강도감소계수 0.70**을 적용한다.

콘크리트구조 해석과 설계 원칙(KDS 14 20 10:2021) 4.2.3(2)②가
(2)강도감소계수는 다음 규정에 따라야 한다.
② KDS 14 20 20(4.1.2(3))에 정의된 압축지배단면
가. 나선철근 규정에 따라 나선철근으로 보강된 철근콘크리트 부재 0.70

③

전단력과 비틀림모멘트에 대한 설계강도는 해당 공칭강도에 **강도감소계수 0.75**를 곱하여 구한다.

④

포스트텐션 정착구역의 강도감소계수는 0.85이다. 일반적인 콘크리트 지압에 적용하는 0.65와 구별한다.

NoteBase

문 5. 철근의 정착에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 인장 이형철근의 정착길이 l_d는 기본정착길이 l_{db}에 보정계수를 고려하는 방법을 적용할 수 있다. 다만, 기본정착길이 l_{db}는 항상 300 mm 이상이어야 한다.

② 인장 이형철근의 정착길이에 대한 보정계수는 배근 위치, 철근표면 도막 여부 등의 조건에 따라 정한다.

③ 동일 조건에서 D19 이하의 인장 이형철근에 대한 보정계수는 D22 이상의 인장 이형철근에 대한 보정계수보다 작다.

④ 갈고리는 압축철근의 정착에 유효하지 않은 것으로 본다.

정답 1번

간단한 해설

300 mm 이상이어야 하는 것은 기본정착길이 l_{db}가 아니라 **보정계수를 적용하여 구한 정착길이** l_d이다. 기본정착길이와 최종적으로 확보해야 할 정착길이를 구별해야 한다.

선지별 해설

① X: 기본정착길이 l_{db}에 보정계수를 적용하여 인장 이형철근의 정착길이 l_d를 구하는 방법은 사용할 수 있다. 그러나 **300 mm의 하한은 정착길이에 적용**되며, 기본정착길이 자체에 적용되는 조건이 아니다. 보정계수를 적용한 계산값이 300 mm보다 작으면 정착길이를 300 mm 이상으로 확보해야 한다.

② O: 배근 위치와 철근표면의 도막 여부는 콘크리트와 철근 사이의 부착 성능에 영향을 준다. 이를 반영하여 **철근배치 위치계수와 도막계수** 등을 적용한다. 예를 들어 상부철근 여부와 에폭시 도막 여부에 따라 보정계수가 달라진다.

③ O: 같은 배근·피복 등의 조건에서는 **D19 이하 철근에 더 작은 보정계수**를 적용한다. 정착길이 산정식의 철근 크기계수도 D19 이하는 0.8, D22 이상은 1.0이다. 작은 지름의 철근은 단면적에 대한 부착 표면적의 비가 커 정착에 유리한 점을 반영한다.

④ O: 갈고리는 인장철근이 뽑히는 데 저항하도록 정착할 때 활용되지만, **압축철근의 정착에는 그 효과를 인정하지 않는다**. 따라서 갈고리를 설치했다는 이유로 압축철근에 필요한 직선 묻힘길이를 줄일 수 없다.

NoteBase

문 6. 철근콘크리트 부재의 설계 측면에서 균열을 제어하는 방법으로 옳지 않은 것은?

① 특별히 수밀성이 요구되는 구조는 적절한 방법으로 균열에 대한 검토를 하여야 하며 이 경우 소요수밀성을 갖도록 허용균열폭을 설정하여 검토할 수 있다.

② 미관이 중요한 구조는 미관상의 허용균열폭을 설정하여 균열을 검토할 수 있다.

③ 하중에 의한 균열을 제어하기 위해 필요한 철근 외에도 필요에 따라 온도변화, 건조수축 등에 의한 균열을 제어하기 위한 추가 보강철근을 배치해야 한다.

④ 균열제어를 위한 철근은 필요로 하는 부재 단면의 주변에 분산시켜 배치해야 하고, 이 경우 철근의 지름은 가능한 한 작게, 철근의 간격은 가능한 한 넓게 하여야 한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '철근의 간격은 가능한 한 넓게'는 **'가능한 한 좁게'**로 고쳐야 한다. 필요한 철근량을 확보하면서 가는 철근을 촘촘하게 분산 배치하면 균열이 여러 곳으로 분산되어 개별 균열의 폭을 줄일 수 있다.

선지별 해설

① O: 수밀성은 물의 침투나 누수를 막는 성능이다. 균열은 물이 통과하는 경로가 될 수 있으므로, 특별히 수밀성이 요구되는 구조는 **소요수밀성을 확보할 수 있는 허용균열폭**을 설정하여 검토할 수 있다. 이는 콘크리트구조 사용성 설계기준(KDS 14 20 30) 4.1(2)의 내용이다.

② O: 균열은 구조적 안전성뿐 아니라 외관에도 영향을 준다. 미관이 중요한 구조에서는 **미관상의 허용균열폭**을 설정하여 균열을 검토할 수 있다. KDS 14 20 30 4.1(3)은 이러한 검토를 허용한다.

③ O: 온도변화나 건조수축으로 인한 변형이 구속되면 콘크리트에 인장응력이 생겨 균열이 발생할 수 있다. 따라서 하중에 대한 철근만으로 검토를 끝내지 않고, 필요에 따라 **온도변화·건조수축에 대한 추가 보강철근**을 배치해야 한다. KDS 14 20 30 4.1(4)은 이를 KDS 14 20 50 4.6에 따라 배치하도록 규정한다.

④ X: KDS 14 20 30 4.1(4)에 따르면 균열제어 철근은 필요한 부재 단면 주변에 분산 배치하고, 지름은 가능한 한 작게, **간격은 가능한 한 좁게** 해야 한다. 필요한 철근량을 가는 철근 여러 개로 나누어 촘촘하게 배치하면 균열을 분산시켜 개별 균열의 폭이 커지는 것을 억제할 수 있다. 선지의 '간격은 가능한 한 넓게'가 잘못된 부분이다.

NoteBase

문 7. 휨모멘트를 받는 철근콘크리트 부재의 콘크리트 압축연단의 극한 변형률은? (단, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 40$ MPa이다)

① 0.0030

② 0.0031

③ 0.0032

④ 0.0033

정답 4번

간단한 해설

설계기준압축강도가 **40 MPa 이하**이면, 휨을 받는 콘크리트 압축연단의 극한변형률은 **0.0033**으로 가정한다.

공통 해설

콘크리트 압축연단은 휨을 받는 단면에서 압축변형률이 가장 큰 가장자리이다. 휨강도를 산정할 때는 이곳의 변형률이 규정된 극한변형률에 도달한 상태를 극한상태로 본다. KDS 14 20 20의 4.1.1(3)은 설계기준압축강도가 **40 MPa 이하**인 경우 압축연단의 극한변형률을 0.0033으로 가정한다. 주어진 강도 40 MPa는 이 범위에 포함되므로 적용할 값은 0.0033이다. 변형률은 길이 변화량을 원래 길이로 나눈 비이므로 단위가 없다.

NoteBase

문 8. 1방향 철근콘크리트 슬래브에 배근되는 수축·온도 철근에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 수축·온도철근비는 콘크리트 전체단면적에 대한 수축·온도철근 단면적의 비를 말한다.

② 수축·온도철근은 설계기준항복강도를 발휘할 수 있도록 정착되어야 한다.

③ 수축·온도철근의 간격은 슬래브 두께의 3배 이하, 또한 500 mm 이하로 하여야 한다.

④ 설계기준항복강도가 400 MPa 이하인 이형철근을 사용한 슬래브의 수축·온도철근비는 0.002 이상이어야 한다.

정답 3번

①

수축·온도철근비는 **수축·온도철근 단면적을 콘크리트 전체 단면적으로 나눈 값**이다. 휨철근비처럼 유효깊이에 해당하는 단면적을 분모로 사용하지 않는다.

②

수축·온도철근이 균열 발생 후 인장력을 충분히 전달하려면 **설계기준항복강도까지 발휘할 수 있는 정착**이 확보되어야 한다.

③

수축·온도철근의 간격은 **슬래브 두께의 5배 이하이면서 450 mm 이하**이어야 한다.

콘크리트구조 철근상세 설계기준(KDS 14 20 50 : 2022) 4.6.2(3)
(3)수축·온도철근의 간격은 슬래브 두께의 5배 이하, 또한 450mm 이하로 하여야 한다.

④

설계기준항복강도가 400 MPa 이하인 이형철근을 사용하는 슬래브의 **기본 최소 수축·온도철근비는 0.0020**이다. 다만 이 철근비로 산정한 소요철근량을 단위 폭 1 m당 1,800 mm^2보다 크게 취할 필요는 없다.

NoteBase

문 9. 압축철근비 $\rho' = 0.02$인 복철근 직사각형 보에서 지속하중에 의한 탄성처짐이 15 mm 발생하였을 때, 5년 후 지속하중에 의한 추가 장기처짐을 더한 최종 처짐[mm]은? (단, 5년 후의 지속하중에 대한 시간경과계수(ξ)는 2.0이다)

① 15

② 22

③ 30

④ 45

정답 3번

간단한 해설

압축철근비를 반영한 장기처짐계수는 1.0이므로 추가 장기처짐은 탄성처짐과 같은 15 mm이다. **탄성처짐과 추가 장기처짐을 합한** 최종 처짐은 30 mm이다.

계산 과정

지속하중에 의한 탄성처짐을 δ_i라 하면 15 mm이고, 압축철근비는 $\rho' = 0.02$, 5년 후의 시간경과계수는 $\xi = 2.0$이다. 크리프와 건조수축으로 생기는 추가 장기처짐은 지속하중에 의한 탄성처짐에 장기처짐계수 λ를 곱하여 구한다.

장기처짐계수는 $\lambda = \frac{\xi}{1 + 50\rho'}$이다. 분모는 **압축철근이 장기처짐을 줄이는 효과**를 반영한다. 주어진 값을 대입하면 $\lambda = \frac{2.0}{1 + 50 \cdot 0.02} = 1.0$이다.

추가 장기처짐은 $\delta_{\text{add}} = \lambda \delta_i$이므로 $1.0 \times 15 = 15$ mm이다. 이는 처음 발생한 탄성처짐에 **추가로 발생하는 처짐**이다.

최종 처짐은 탄성처짐과 추가 장기처짐의 합이므로 15 + 15 = 30 mm이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 철근콘크리트 부재의 전단설계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전단력이 작용하는 부재의 단면은 설계전단강도 ϕV_n이 계수전단력 V_u 이상이 되도록 설계해야 한다.

② 공칭전단강도 V_n은 콘크리트에 의한 단면의 공칭전단강도 V_c와 전단철근에 의한 단면의 공칭전단강도 V_s의 합이다.

③ 공칭전단강도 V_n을 결정할 때, 부재에 개구부가 있는 경우에는 그 영향을 고려하여야 한다.

④ 계수전단력 V_u가 콘크리트에 의한 설계전단강도 ϕV_c의 1/2 이하인 휨부재에는 최소전단철근을 배치하여야 한다.

정답 4번

간단한 해설

최소전단철근의 일반적인 배치 조건은 계수전단력이 콘크리트 설계전단강도의 **1/2을 초과하는 경우**이다. ④의 '1/2 이하'는 이 조건을 반대로 설명한 것이다.

선지별 해설

① O: 전단설계에서는 부재가 저항할 수 있는 설계전단강도가 하중에 의해 요구되는 계수전단력 이상이어야 한다. 따라서 $\phi V_n \geq V_u$를 만족시킨다. 여기서 ϕ는 강도의 불확실성 등을 고려하는 **강도감소계수**이므로, 공칭전단강도 자체가 아니라 이를 감소시킨 설계전단강도와 비교한다.

② O: 공칭전단강도는 **콘크리트와 전단철근의 기여분을 합산**하여 $V_n = V_c + V_s$로 구한다. V_c는 콘크리트에 의한 공칭전단강도이고, V_s는 스터럽 등 전단철근에 의한 공칭전단강도이다. 이 합에 강도감소계수를 곱한 값이 설계전단강도이다.

③ O: 개구부가 있으면 전단에 저항하는 단면과 **힘의 전달 경로가 달라진다**. 따라서 개구부가 없는 온전한 단면으로 취급해서는 안 되며, 개구부의 위치와 크기 등에 따른 영향을 반영하여 공칭전단강도를 결정해야 한다.

④ X: KDS 14 20 22의 4.3.3(1)은 계수전단력이 콘크리트 설계전단강도의 **1/2을 초과하는 휨부재**에 원칙적으로 최소전단철근을 배치하도록 한다. 즉, 일반적인 배치 조건은 $V_u > \frac{1}{2}\phi V_c$이며, 선지의 '1/2 이하'를 '1/2 초과'로 고쳐야 한다. 이는 콘크리트만으로 전단강도 조건을 만족하는 범위에서도 전단균열 이후의 급격한 파괴를 억제하기 위해 최소한의 전단철근을 확보하는 규정이다. 다만 슬래브와 기초판 등 기준에서 정한 예외가 있으므로, 모든 휨부재에 일률적으로 적용되는 것은 아니다.

NoteBase

문 11. 포스트텐션 긴장재의 파상마찰과 곡률마찰에 의한 손실을 고려한 임의점 x에서 긴장력 $P_{px} = P_{pj}e^{C}$일 때, C의 식으로 옳은 것은? (단, P_{pj} = 긴장단에서 긴장재의 긴장력, l_{px} = 정착단부터 임의점 x까지 긴장재의 길이, α_{px} = 긴장단부터 임의점 x까지 긴장재의 전체 회전각 변화량, K = 파상마찰계수, μ_p = 곡률마찰계수이다)

① $-(Kl_{px} + \mu_p\alpha_{px})$

② $-(Kl_{px} - \mu_p\alpha_{px})$

③ $K\alpha_{px} - \mu_p l_{px}$

④ $K\alpha_{px} + \mu_p l_{px}$

정답 1번

간단한 해설

파상마찰은 길이에 따른 Kl_{px}, 곡률마찰은 회전각에 따른 $\mu_p\alpha_{px}$로 반영한다. 두 마찰은 모두 긴장력을 감소시키므로 **두 항의 합에 음의 부호**를 붙여 $C = -(Kl_{px} + \mu_p\alpha_{px})$로 쓴다.

공통 해설

포스트텐션에서는 긴장재를 당길 때 긴장재와 덕트 사이의 마찰로 긴장력이 감소한다. 파상마찰은 긴장재나 덕트의 의도하지 않은 미세한 굴곡에 따른 마찰로, 길이의 영향을 Kl_{px}로 나타낸다. 곡률마찰은 긴장재의 곡선 배치에 따른 마찰로, 전체 회전각 변화량의 영향을 $\mu_p\alpha_{px}$로 나타낸다.

두 영향을 함께 고려한 긴장력은 $P_{px} = P_{pj}e^{-(Kl_{px} + \mu_p\alpha_{px})}$이다. 두 마찰은 서로 상쇄되는 것이 아니라 **모두 손실을 일으키므로 더하고**, 손실이 커질수록 긴장력이 작아지도록 지수 전체에 음의 부호를 붙인다. 따라서 문제의 지수는 $C = -(Kl_{px} + \mu_p\alpha_{px})$이다. 마찰손실이 있으면 $C < 0$이 되어 $P_{px} < P_{pj}$가 된다.

NoteBase

문 12. 유효깊이 d = 500 mm인 직사각형 단면의 철근콘크리트 보에 수직스터럽을 간격 s = 100 mm로 배치하였다. 수직스터럽에 의한 공칭전단강도 V_s [kN]는? (단, 전단철근의 설계기준항복강도 f_{yt} = 400 MPa, 거리 s 내의 전단철근의 전체단면적 A_v = 200 mm^{2}이다.)

① 400

② 440

③ 480

④ 520

정답 1번

간단한 해설

수직스터럽의 공칭전단강도는 $V_s = A_v f_{yt} \frac{d}{s}$로 구한다. 주어진 전체단면적과 항복강도에 유효깊이와 간격의 비를 적용하면 **400 kN**이다.

계산 과정

주어진 값은 유효깊이 $d = 500\text{mm}$, 스터럽 간격 $s = 100\text{mm}$, 항복강도 $f_{yt} = 400\text{MPa}$, 전단철근 전체단면적 $A_v = 200\text{mm}^2$이다. 여기서 A_v는 **간격 내 전단철근의 전체단면적**이므로 스터럽 다리 수를 다시 곱하지 않는다.

수직스터럽이 부담하는 공칭전단강도는 $V_s = A_v f_{yt} \frac{d}{s}$이다. $A_v f_{yt}$는 한 간격에 배치된 전단철근의 항복 시 인장력이고, 여기에 유효깊이와 배치 간격의 비 d/s를 곱하여 전단 저항을 구한다.

1 MPa = 1 N/mm^{2}이므로 전단철근의 항복 시 인장력은 $A_v f_{yt} = 200 \cdot 400 = 80{,}000\text{N}$, 즉 80 kN이다. 유효깊이와 간격의 비는 $\frac{d}{s} = \frac{500}{100} = 5$이다.

따라서 $V_s = 80 \times 5 = 400$ kN으로, ①의 400에 해당한다.

NoteBase

문 13. SM275 강재(항복강도 $F_y = 275$ MPa, 인장강도 $F_u = 410$ MPa)로 제작된 인장부재의 총단면의 항복한계상태에 대한 공칭인장강도 P_n[N]은? (단, 부재의 총단면적 $A_g = 10$ mm^2, 유효 순단면적 $A_n = 8$ mm^{2}이다)

① 2,200

② 2,460

③ 2,750

④ 4,100

정답 3번

간단한 해설

총단면의 항복한계상태에서는 **항복강도와 총단면적의 곱**으로 공칭인장강도를 구한다. 따라서 275 × 10 = 2,750 N이다.

계산 과정

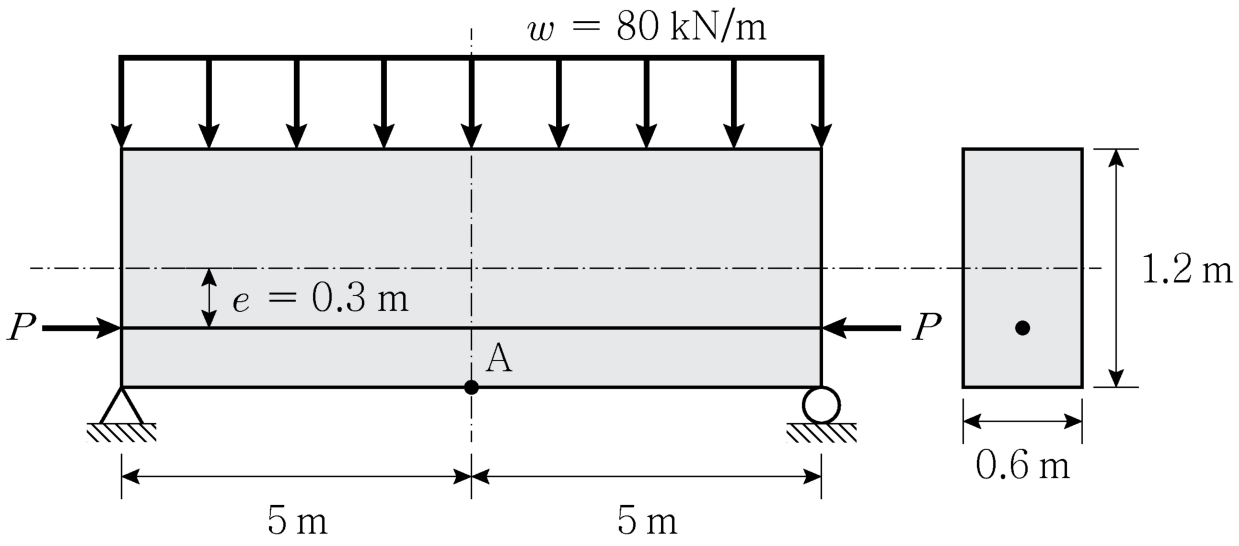
1. 적용할 강도와 단면적: 총단면의 항복은 단면 전체의 인장응력이 항복강도에 도달하는 한계상태이다. 따라서 **항복강도와 총단면적**을 사용하여 $P_n = F_y A_g$로 계산한다. 주어진 값은 $F_y = 275$ MPa, $A_g = 10$ mm^{2}이며, 인장강도 410 MPa와 유효 순단면적 8 mm^{2}는 이 항복강도 계산에 사용하지 않는다.

2. 단위와 계산: $1\text{MPa} = 1\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$이므로 275 MPa에 10 mm^{2}를 곱하면 면적 단위가 소거되어 힘의 단위 N이 남는다. 따라서 $P_n = 275 \times 10 = 2{,}750\text{N}$이다. 이는 총단면이 항복하는 인장력이며, **공칭강도**를 묻고 있으므로 강도감소계수는 곱하지 않는다.

3. 선택지 대응: 총단면의 항복한계상태에 대한 공칭인장강도는 2,750 N으로, ③의 2,750에 해당한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 프리스트레스트 콘크리트 단순보에 자중을 포함한 등분포 하중 $w = 80$ kN/m가 작용한다. 긴장재가 편심 $e = 0.3$ m로 직선 배치되어 있을 때, 지간 중앙단면의 하연(A점)에서 응력이 0(zero)이 되게 하는 프리스트레스 힘 P의 크기[kN]는? (단, 프리스트레스 손실은 없는 것으로 가정한다)



① 1,000

② 2,000

③ 3,000

④ 4,000

정답 2번

간단한 해설

하연에서는 하중에 의한 인장응력을 **프리스트레스의 직접 압축응력과 편심 휨압축응력의 합**으로 상쇄해야 한다. 이 조건에서 필요한 프리스트레스 힘은 2,000 kN이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면의 성질: 그림에서 지간은 L = 5 + 5 = 10 m이고, 직사각형 단면의 폭은 b = 0.6 m, 높이는 h = 1.2 m이다. 단면적을 A_c, 하연에 대한 단면계수를 Z라 하면 $A_c = bh = 0.6 \cdot 1.2 = 0.72\ \text{m}^2$이다. 직사각형의 단면계수는 $Z = \frac{bh^2}{6}$이므로 $Z = \frac{0.6 \cdot 1.2^2}{6} = 0.144\ \text{m}^3$이다.

2. 하중에 의한 휨모멘트: 전 지간에 등분포 하중을 받는 단순보의 중앙 휨모멘트는 $M = \frac{wL^2}{8}$이다. 따라서 $M = \frac{80 \cdot 10^2}{8} = 1{,}000\ \text{kN}\cdot\text{m}$이며, 이 모멘트는 중앙단면의 하연에 인장응력을 만든다. w = 80 kN/m에 **자중이 이미 포함**되어 있으므로 자중을 더하지 않는다.

3. 하연 응력의 합성: 프리스트레스 힘 P는 단면 전체에 직접 압축응력 $\frac{P}{A_c}$를 만든다. 긴장재가 도심보다 0.3 m 아래에 있으므로 편심모멘트 Pe도 **하연에 압축응력을 추가**한다. 압축을 양(+)으로 두면 하연 A점의 응력은 $\sigma_A = \frac{P}{A_c} + \frac{Pe}{Z} - \frac{M}{Z}$이다. 프리스트레스 손실이 없으므로 이 식의 P를 그대로 구하면 된다.

4. 응력이 0이 되는 힘: $\sigma_A = 0$인 조건에 Z를 곱하면 $P\left(\frac{Z}{A_c} + e\right) = M$이다. 여기서 $\frac{Z}{A_c} = \frac{0.144}{0.72} = 0.2\ \text{m}$이므로, $P = \frac{1{,}000}{0.2 + 0.3} = 2{,}000\ \text{kN}$이다. 즉, 직접 압축과 편심에 의한 압축을 함께 고려한 프리스트레스 힘은 2,000 kN으로 ②에 해당한다.

NoteBase

문 15. 옹벽 설계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 앞부벽은 T형보로 설계하여야 하며, 뒷부벽은 직사각형보로 설계하여야 한다.

② 무근콘크리트 옹벽은 자중에 의하여 저항력을 발휘하는 중력식 형태로 설계하여야 한다.

③ 부벽식 옹벽의 전면벽은 3변 지지된 2방향 슬래브로 설계할 수 있다.

④ 지반에 유발되는 최대 지반반력은 지반의 허용지지력을 초과할 수 없다.

정답 1번

간단한 해설

①은 앞부벽과 뒷부벽의 설계 단면을 서로 바꾸었다. **앞부벽은 직사각형보**로, **뒷부벽은 T형보**로 설계하여야 한다.

선지별 해설

① X: 앞부벽과 뒷부벽에 적용하는 보의 단면 형식이 뒤바뀌었다. **앞부벽은 직사각형보, 뒷부벽은 T형보**로 설계하여야 한다. 뒷부벽에서는 전면벽의 일부가 압축측 플랜지로 작용하므로 T형 단면으로 취급한다.

② O: 무근콘크리트 옹벽은 인장력을 부담하는 철근을 이용하는 구조가 아니므로, **자중으로 토압에 저항하는 중력식**으로 설계한다. 충분한 자중을 확보하여 활동과 전도에 저항하도록 한다.

③ O: 부벽식 옹벽의 전면벽은 양쪽 부벽과 아래쪽 저판에 의해 지지된다. 따라서 **3변 지지된 2방향 슬래브**로 설계할 수 있으며, 수평방향과 연직방향의 휨을 함께 고려한다.

④ O: 옹벽 저판을 통해 지반에 전달되는 압력이 지반의 허용지지력을 넘으면 지지력에 대한 안전을 확보할 수 없다. 따라서 **최대 지반반력이 허용지지력 이하**가 되도록 검토하여야 한다. 지반반력이 저판 아래에 균등하게 분포하지 않을 수 있으므로 평균값만으로 판단해서는 안 된다.

NoteBase

문 16. 기초판 설계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 휨모멘트에 대한 설계 시, 1방향 기초판 또는 2방향 정사각형 기초판에서 철근은 기초판 전체 폭에 걸쳐 균등하게 배치하여야 한다.

② 말뚝기초의 기초판 설계에서 말뚝의 반력은 각 말뚝의 중심에 집중된다고 가정하여 휨모멘트와 전단력을 계산할 수 있다.

③ 기초판 윗면부터 하부철근까지 깊이는 직접기초의 경우는 100 mm 이상, 말뚝기초의 경우는 400 mm 이상으로 하여야 한다.

④ 기초판 각 단면의 휨모멘트는 기초판을 자른 수직면에서 그 수직면의 한쪽 전체 면적에 작용하는 힘에 대해 계산하여야 한다.

정답 3번

①

1방향 기초판과 2방향 정사각형 기초판의 철근은 **기초판 전체 폭에 걸쳐 균등하게 배치**하여야 한다. KDS 14 20 70:2021 4.2.2.1(3)이 이 배치 방식을 명시하며, 이는 철근을 기초판의 전체 폭에 고르게 분산하여 배치한다는 뜻이다.

콘크리트 슬래브와 기초판 설계기준(KDS 14 20 70:2021) 4.2.2.1(3)
(3)1방향 기초판 또는 2방향 정사각형 기초판에서 철근은 기초판 전체 폭에 걸쳐 균등하게 배치하여야 한다.

②

말뚝이 기초판에 전달하는 반력은 **각 말뚝 중심에 작용하는 집중력으로 모델링**할 수 있다. 이 반력과 검토 단면까지의 거리를 이용해 휨모멘트를 구하고, 반력의 작용 위치에 따라 전단력을 계산한다.

③

기초판 윗면부터 하부철근까지의 깊이는 **직접기초 150 mm 이상, 말뚝기초 300 mm 이상**이어야 한다.

콘크리트 슬래브와 기초판 설계기준(KDS 14 20 70:2021) 4.2.1(5)
(5)기초판 윗면부터 하부철근까지 깊이는 직접기초의 경우는 150mm 이상, 말뚝기초의 경우는 300mm 이상으로 하여야 한다.

④

절단면의 휨모멘트는 **그 단면 한쪽 전체를 자유물체로 분리하여 외력의 모멘트 합**으로 구한다. 따라서 절단면 근처의 힘만이 아니라 한쪽 전체 면적에 작용하는 힘을 포함한다.

NoteBase

문 17. 철골 압축재의 좌굴하중에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 부재의 유효길이가 클수록 좌굴하중이 증가한다.

② 단면2차모멘트가 클수록 좌굴하중이 증가한다.

③ 강재의 탄성계수가 작을수록 좌굴하중이 감소한다.

④ 단면2차반경이 작을수록 좌굴하중이 감소한다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '유효길이가 클수록 좌굴하중이 증가한다'는 관계가 반대이다. 다른 조건이 같으면 탄성 좌굴하중은 **유효길이의 제곱에 반비례**하므로, 유효길이가 길어질수록 감소한다.

선지별 해설

좌굴은 압축재가 옆으로 휘면서 안정성을 잃는 현상이다. 가늘고 긴 이상적인 압축재의 탄성 좌굴은 오일러 식 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$으로 설명한다. 여기서 P_{cr}은 좌굴하중, E는 탄성계수, I는 좌굴축에 대한 단면2차모멘트, L_e는 단부 구속조건을 반영한 유효길이이다. 각 선지는 비교하는 변수 외의 조건이 같다고 보고 판단한다.

① X: 유효길이가 길어지면 옆으로 휘기 쉬워져 좌굴하중이 감소한다. 오일러 식에서 유효길이의 제곱이 분모에 있으므로, 선지의 '증가한다'는 **'감소한다'**로 고쳐야 한다.

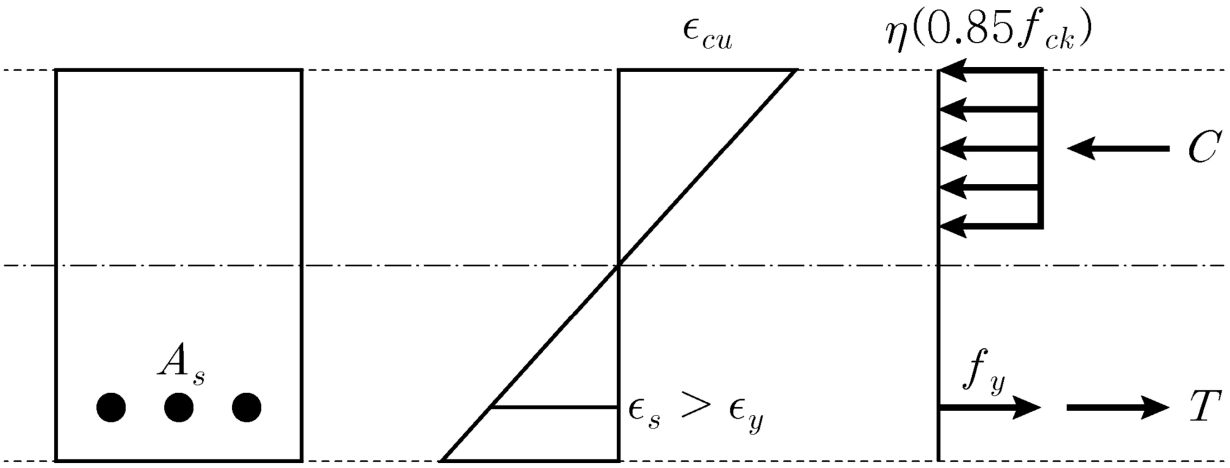
② O: 단면2차모멘트는 단면이 휨에 저항하는 정도를 나타내는 기하학적 성질이다. 탄성계수가 같을 때 단면2차모멘트가 커지면 **휨강성 EI가 커져** 좌굴하중이 증가한다.

③ O: 탄성계수는 재료가 탄성변형에 저항하는 정도를 나타낸다. 단면과 유효길이가 같으면 좌굴하중은 **탄성계수에 비례**하므로, 탄성계수가 작을수록 좌굴하중이 감소한다.

④ O: 단면2차반경 r은 $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$이며, A는 단면적이다. 따라서 $I = Ar^2$이므로 **단면적이 같을 때** 단면2차반경이 작아지면 단면2차모멘트도 작아져 좌굴하중이 감소한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 단철근 직사각형 보가 공칭휨강도 M_n에 도달할 때 압축측 콘크리트가 부담하는 압축력 C의 크기[kN]는? (단, 철근의 전체 단면적 $A_s = 1,000\ \text{mm}^2$, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 28\ \text{MPa}$, 철근의 설계기준항복강도 $f_y = 350\ \text{MPa}$이다)



① 28

② 35

③ 280

④ 350

정답 4번

간단한 해설

그림에서 인장철근은 이미 **항복한 상태**이며, 축방향 힘의 평형에 따라 콘크리트 압축력과 철근 인장력의 크기가 같다. 따라서 $C = T = A_s f_y$로 계산하면 압축력은 350 kN이다.

NoteBase

계산 과정

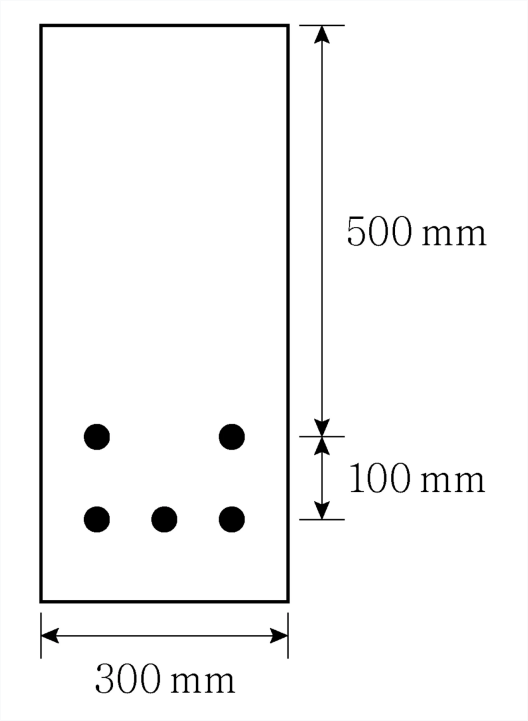
철근의 항복 확인: 그림의 변형률 분포에서 $\varepsilon_s > \varepsilon_y$이므로 인장철근은 **항복강도에 도달한 상태**이다. 따라서 철근 응력은 $f_y = 350$ MPa이고, 철근이 부담하는 인장력은 $T = A_s f_y$로 구한다. 여기서 A_s는 인장철근의 전체 단면적이다.

단면의 힘 평형: 그림에서 상부 콘크리트의 압축력 C와 하부 철근의 인장력 T는 서로 반대 방향으로 작용한다. 축력이 없는 휨 단면에서는 **두 힘의 크기가 같아야** 하므로 $C = T = A_s f_y$이다. 따라서 콘크리트 압축영역의 크기를 따로 구하지 않고 철근 인장력으로 압축력을 계산할 수 있다.

수치 대입과 단위 환산: 1 MPa = 1 N/mm^{2}이므로 철근 단면적 1,000 mm^{2}에 항복강도 350 MPa를 곱하면 힘의 단위는 N이 된다. $C = 1{,}000 \cdot 350 = 350{,}000$ N이며, 1 kN = 1,000 N이므로 350,000 N = 350 kN이다. 이 값은 ④의 350에 해당한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 동일한 철근 다섯 가닥이 배근된 철근콘크리트 보의 유효깊이 d [mm]는? (단, 철근 하나의 공칭단면적은 300 mm^{2}이고, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 20$ MPa, 철근의 항복강도 $f_y = 300$ MPa이다)



① 520
② 540
③ 560
④ 580

정답 3번

간단한 해설

유효깊이는 압축측 최외단에서 **인장철근 전체의 도심**까지의 거리이다. 철근의 단면적이 같으므로 각 층의 깊이를 철근 수로 가중평균하면 560 mm가 된다.

NoteBase

계산 과정

유효깊이 d는 보의 압축측 최외단인 윗면에서 인장철근 전체의 도심까지의 거리이다. 따라서 두 층에 배치된 다섯 철근을 **하나의 철근군으로 보아 도심**을 구한다.

그림에서 위쪽 층의 철근 2개는 윗면에서 500 mm 깊이에 있다. 아래쪽 층의 철근 3개는 그보다 100 mm 아래에 있으므로 깊이는 500 + 100 = 600 mm이다.

도심의 깊이는 각 철근의 단면적에 깊이를 곱한 값의 합을 전체 철근 단면적으로 나누어 구한다. 철근 하나의 단면적이 모두 300 mm^2로 같으므로 **공통 단면적이 약분되어 철근 수가 가중치**가 된다. 따라서 $d = \frac{2 \cdot 500 + 3 \cdot 600}{5} = 560\text{mm}$이다.

철근군의 도심은 위쪽 철근층보다 60 mm 아래에 있으며, 유효깊이 560 mm는 ③의 값과 일치한다. 보의 폭 300 mm와 주어진 콘크리트·철근의 강도는 이 도심 위치 계산에 사용하지 않는다.

NoteBase

문 20. 프리텐션 방식의 프리스트레스트 콘크리트 보를 시공하는 순서대로 바르게 나열한 것은?

ㄱ. 인장대 설치
ㄴ. 긴장재를 잡아 당겨 긴장 후 고정
ㄷ. 긴장재의 인장력을 풀고 긴장재 절단
ㄹ. 콘크리트 타설 및 양생

① ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ
② ㄱ, ㄴ, ㄹ, ㄷ
③ ㄱ, ㄹ, ㄷ, ㄴ
④ ㄹ, ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

프리텐션은 **콘크리트 타설 전에 긴장재를 당겨 고정**하는 방식이다. 콘크리트가 충분한 강도를 얻은 뒤 고정을 풀어야 긴장재가 줄어들려는 힘이 부착을 통해 콘크리트에 전달되어 압축력을 만든다.

올바른 순서

ㄱ → ㄴ → ㄹ → ㄷ

ㄱ. 인장대 설치: 긴장재를 당길 때 생기는 힘을 지지할 인장대를 먼저 설치한다. 긴장재를 늘인 상태로 고정하려면 **긴장력을 지지할 설비**가 마련되어 있어야 한다.

ㄴ. 긴장재를 잡아 당겨 긴장 후 고정: 인장대에서 긴장재를 당겨 늘인 뒤 고정한다. 프리텐션은 **콘크리트를 타설하기 전에 긴장**하므로, 이 상태를 유지하면서 콘크리트를 타설해야 한다.

ㄹ. 콘크리트 타설 및 양생: 긴장된 긴장재 주위에 콘크리트를 타설하고 양생한다. 긴장력을 전달받을 때 콘크리트가 손상되지 않도록 **필요한 강도에 도달할 때까지** 긴장재의 고정 상태를 유지한다.

ㄷ. 긴장재의 인장력을 풀고 긴장재 절단: 콘크리트가 필요한 강도를 얻으면 인장대에 고정된 긴장재의 긴장력을 해제하고 긴장재를 절단한다. 늘어나 있던 긴장재가 원래 길이로 줄어들려 하면서 **긴장재와 콘크리트의 부착**을 통해 콘크리트에 압축력을 전달한다. 여기서 인장력을 푼다는 것은 인장대의 구속을 해제한다는 뜻이며, 보 내부 긴장재의 인장력이 모두 사라진다는 뜻은 아니다.

NoteBase