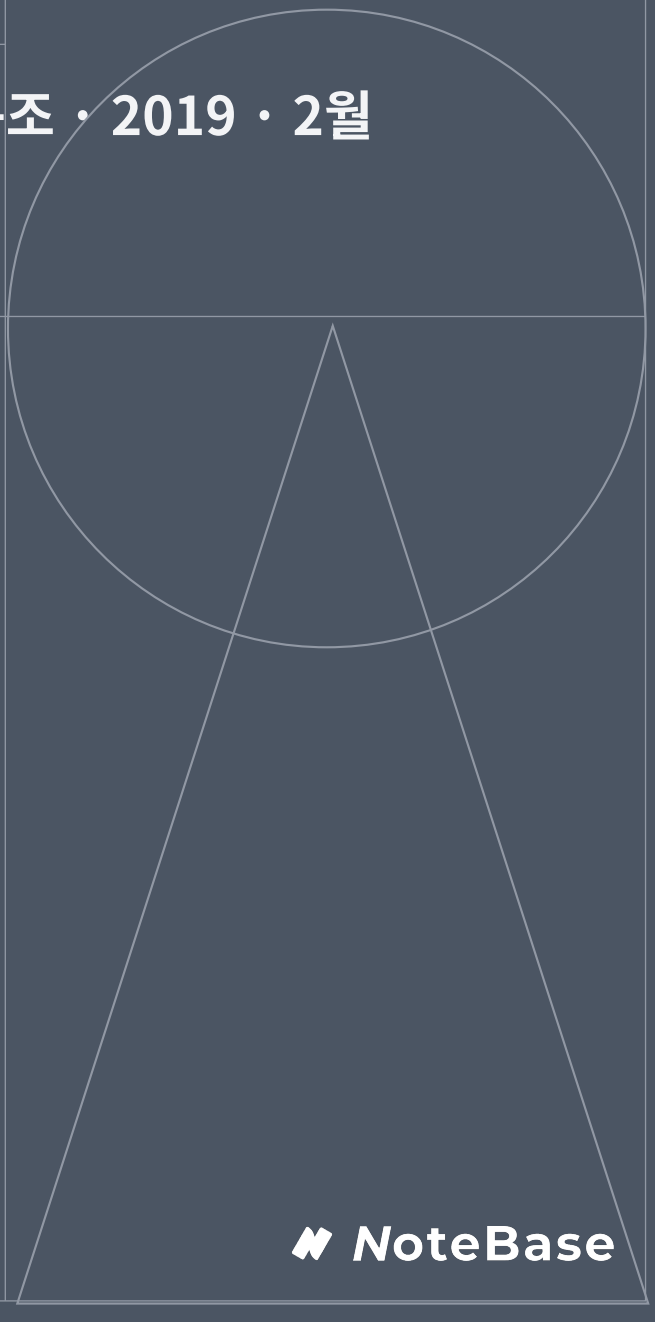
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 건축구조 · 2019 · 2월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 건축구조 · 2019 · 2월

공무원/서울시/9급 · 건축구조 · 2019 · 2월

문 1. 「건축물강구조설계기준(KDS 41 31 00)」에 따라 보 플랜지를 완전용입용접으로 접합하고 보의 웨브는 용접으로 접합한 접합부를 적용한 경우, 철골중간모멘트골조 지진하중저항시스템에 대한 요구사항으로 가장 옳지 않은 것은?

① 내진설계를 위한 철골중간모멘트골조의 반응수정계수는 4.5이다.

② 보-기둥 접합부는 최소 0.02rad의 층간변위각을 발휘할 수 있어야 한다.

③ 보의 춤이 900mm를 초과하지 않으면 실험결과 없이 중간모멘트골조의 접합부로서 인정할 수 있다.

④ 중간모멘트골조의 보소성힌지영역은 보호영역으로 고려되어야 한다.

정답 3번

간단한 해설

보 플랜지를 완전용입용접하고 웨브를 용접한 접합부에서, 별도 실험결과 없이 중간모멘트골조 접합부로 인정할 수 있는 보 춤의 한계는 **750 mm 이하**이다. '900 mm를 초과하지 않으면'이라는 표현은 이 한계를 잘못 제시한 것이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: KDS 41 17 00의 표 6.2-1에서 모멘트저항골조 시스템에 속하는 철골 중간모멘트골조의 **반응수정계수는 4.5**이다. 반응수정계수는 구조시스템의 비탄성거동 능력 등을 반영하여 설계지진력을 정할 때 사용하는 계수이다.

② O: KDS 41 31 00의 4.10.10 '중간모멘트골조'는 보-기둥접합부가 **최소 0.02 rad의 층간변위각**을 발휘하도록 요구한다. 이는 지진으로 골조가 횡방향으로 변형될 때 접합부가 수용해야 하는 변형능력이다. 이 변위각에서 기둥외주면의 접합부 휨강도도 보 공칭소성모멘트의 80% 이상이어야 한다.

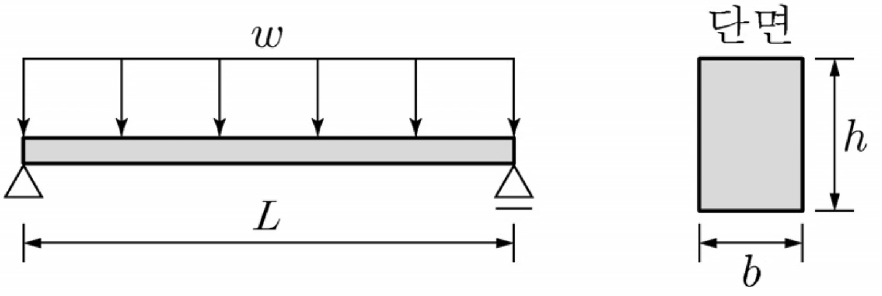
③ X: KDS 41 31 00의 4.10.10에서 보 플랜지를 완전용입용접하고 웨브를 용접 또는 고장력볼트로 접합한 경우, 별도 실험결과 없이 인정할 수 있는 보 춤의 한계는 **750 mm 이하**이다. 문제의 웨브 용접 접합부도 이 조건에 해당하므로 '900 mm'를 '750 mm'로 고쳐야 한다. 보 춤이 900 mm 이하라는 조건만으로 시험 없이 인정할 수는 없다.

④ O: KDS 41 31 00의 4.10.10은 중간모멘트골조의 **보소성힌지영역을 보호영역**으로 고려하도록 한다. 소성힌지영역은 보가 항복한 뒤 소성회전이 집중되는 부분이다. 이 부분에서 의도한 비탄성변형이 가능하도록 제작이나 부대물 부착 등을 제한하며, 보호영역의 범위는 인증접합부의 규정 또는 접합부 성능시험에 따라 정한다.

NoteBase

문 2. <보기>와 같은 단면을 가진 단순보에 등분포하중(w)이 작용하여 처짐이 발생하였다. 단면 높이 h를 2h로 2배 증가하였을 경우, 보에 작용하는 최대 모멘트와 처짐의 변화에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 최대 모멘트와 처짐이 둘다 8배가 된다.

② 최대 모멘트는 동일하고, 처짐은 8배가 된다.

③ 최대 모멘트는 8배, 처짐은 1/8배가 된다.

④ 최대 모멘트는 동일하고, 처짐은 1/8배가 된다.

정답 4번

간단한 해설

단순보의 최대 모멘트는 하중과 경간으로 정해지므로 단면 높이만 바꾸어도 **변하지 않는다**. 직사각형 단면의 단면2차모멘트는 높이의 세제곱에 비례하므로, 높이를 2배로 하면 휨강성이 8배가 되어 처짐은 **기존의 1/8**로 감소한다.

NoteBase

계산 과정

조건 정리: 그림의 보는 경간 L 전체에 등분포하중 w가 작용하는 단순보이며, 단면은 폭 b, 높이 h인 직사각형이다. 높이만 2h로 바꾸므로 **하중 w, 경간 L, 폭 b, 탄성계수 E는 일정**하게 두고 탄성 휨처짐을 비교한다.

최대 모멘트: 단순보는 정정보이므로 지점반력과 휨모멘트를 힘의 평형만으로 구할 수 있다. 등분포하중을 받는 이 보의 최대 모멘트는 중앙에서 발생하며 $M_{\max} = \frac{wL^2}{8}$이다. 이 식에는 단면 치수가 들어가지 않으므로 높이를 바꾸어도 최대 모멘트는 동일하다.

단면2차모멘트: 단면2차모멘트 I는 휨에 대한 단면의 저항 특성을 나타내는 기하학적 양이다. 그림과 같은 직사각형 단면에서는 수평 도심축에 대해 $I = \frac{bh^3}{12}$이다. 높이를 2h로 바꾸면 $I' = \frac{b(2h)^3}{12} = 8I$가 된다. 즉, 높이의 증가가 **세제곱으로 반영**되어 휨강성 EI도 8배가 된다.

최대 처짐: 등분포하중을 받는 단순보의 최대 탄성 휨처짐은 중앙에서 발생하며, 그 크기는 $\delta_{\max} = \frac{5wL^4}{384EI}$이다. 하중과 경간, 탄성계수가 같으면 처짐은 **단면2차모멘트에 반비례**한다. 따라서 변화 후 처짐과 기존 처짐의 비는 $\frac{\delta'_{\max}}{\delta_{\max}} = \frac{I}{I'} = \frac{1}{8}$이다.

최대 모멘트는 동일하고 처짐은 기존의 1/8로 감소하므로 ④의 설명과 일치한다.

NoteBase

문 3. 콘크리트구조의 철근상세에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 주철근의 180도 표준갈고리는 구부린 반원 끝에서 철근지름의 4배 이상, 또한 60mm 이상 더 연장되어야 한다.

② 주철근의 90도 표준갈고리는 구부린 끝에서 철근지름의 6배 이상 더 연장되어야 한다.

③ 스터럽과 띠철근의 90도 표준갈고리의 경우, D16 이하의 철근은 구부린 끝에서 철근지름의 6배 이상 더 연장되어야 한다.

④ 스터럽과 띠철근의 135도 표준갈고리의 경우, D25 이하의 철근은 구부린 끝에서 철근지름의 6배 이상 더 연장되어야 한다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '철근지름의 6배 이상'은 **12배 이상**으로 고쳐야 한다. 주철근의 90도 표준갈고리와 D16 이하 스터럽·띠철근의 90도 표준갈고리는 연장 길이 기준이 다르다.

선지별 해설

① O: 주철근의 180도 표준갈고리는 구부린 반원 끝에서 철근지름의 4배 이상, 동시에 60 mm 이상 연장해야 한다. 두 조건을 모두 만족해야 하므로 **철근지름의 4배와 60 mm 중 큰 값 이상**을 확보한다.

② X: 주철근의 90도 표준갈고리는 구부린 끝에서 **철근지름의 12배 이상** 연장해야 한다. 선지의 6배는 D16 이하 스터럽·띠철근의 90도 표준갈고리에 적용되는 값이다.

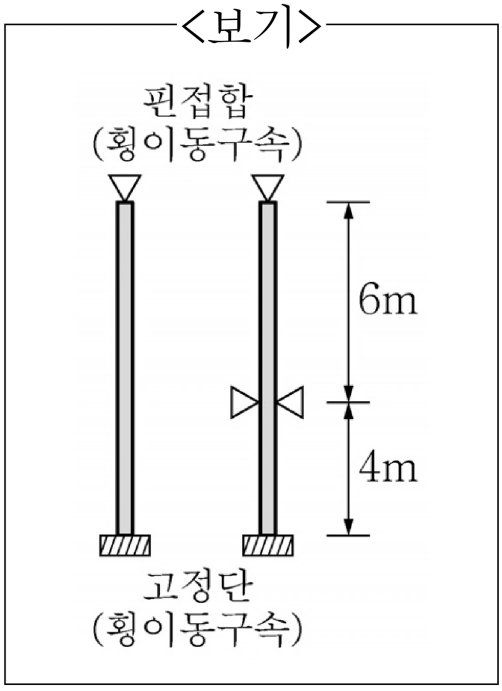
③ O: 스터럽과 띠철근의 90도 표준갈고리는 **D16 이하**일 때 구부린 끝에서 철근지름의 6배 이상 연장한다. 같은 90도 갈고리라도 D19·D22·D25 철근에는 12배 이상이 요구되므로 철근 크기를 함께 확인해야 한다.

④ O: 스터럽과 띠철근의 135도 표준갈고리는 **D25 이하**일 때 구부린 끝에서 철근지름의 6배 이상 연장한다. 6배 기준이 적용되는 철근 크기의 범위는 90도 표준갈고리의 D16 이하와 다르다.

NoteBase

문 4. <보기>와 같이 1단고정, 타단 핀고정이고 절점 횡이동이 없는 중심압축재가 있다. 부재단면은 압연H형강이고, 부재길이는 10m, 부재 중간에 약축 방향으로만 횡지지(핀고정)되어 있다. 이 부재의 휨좌굴강도를 결정하는 세장비로 가장 옳은 것은? (단, 부재단면의 국부좌굴은 발생하지 않으며, 세장비는 유효좌굴길이(이론값)를 단면2차반경으로 나눈 값으로 정의하고, 강축에 대한 단면2차반경 $r_x = 100\text{mm}$, 약축에 대한 단면2차반경 $r_y = 50\text{mm}$이다.)

<보기>



① 70

② 100

③ 120

④ 56

정답 3번

간단한 해설

중간 횡지지는 **약축 방향에만** 작용하므로 강축과 약축의 좌굴길이를 따로 구한다. 강축 세장비는 70이고 약축 상부 6 m 구간의 세장비는 120이므로, 좌굴강도는 **더 큰 세장비 120**이 지배한다.

NoteBase

계산 과정

세장비는 $\lambda = \frac{Kl}{r}$이다. 여기서 K는 단부 구속조건에 따른 유효좌굴길이계수, L은 해당 방향의 지지점 사이 길이, r은 해당 축의 단면2차반경이다. 횡이동이 없는 이상적인 고정–핀 조건은 K = 0.7, 핀–핀 조건은 K = 1.0을 사용한다. 길이와 단면2차반경의 단위를 mm로 통일하며, 세장비에는 단위가 없다.

강축: 중간 지지가 약축 방향에만 있으므로 **강축 좌굴의 지지점 간 길이는 전체 10 m**이다. 양 끝은 고정–핀 조건이므로 $\lambda_x = \frac{0.7 \times 10000}{100} = 70$이다.

약축 상부: 그림에서 중간 지지점부터 상단까지의 길이는 6 m이다. 문제의 핀고정 조건에 따라 이 구간은 핀–핀으로 보므로 유효좌굴길이는 6000 mm이고, _y,상부=(1.0×6000)/(50)=120이다.

약축 하부: 하단부터 중간 지지점까지는 4 m이고 고정–핀 조건이다. 유효좌굴길이는 0.7 × 4000 = 2800 mm이므로 _y,하부=(0.7×4000)/(50)=56이다.

지배 세장비: 같은 재료의 압축재는 **세장비가 클수록 휨좌굴강도가 작아진다**. 따라서 강축의 70, 약축 상부의 120, 약축 하부의 56 중 가장 큰 120이 부재의 휨좌굴강도를 결정하며, 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 「건축물강구조설계기준(KDS 41 31 00)」에서 충전형 합성기둥에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 강관의 단면적은 합성기둥 총단면적의 1% 이상으로 한다.

② 압축력을 받는 각형강관 충전형합성부재의 강재요소의 최대폭두께비가 $2.26\sqrt{E/F_y}$ 이하이면 조밀로 분류한다.

③ 실험 또는 해석으로 검증되지 않을 경우, 합성기둥에 사용되는 구조용 강재의 설계기준항복강도는 700MPa를 초과할 수 없다.

④ 실험 또는 해석으로 검증되지 않을 경우, 합성기둥에 사용되는 콘크리트의 설계기준압축강도는 70MPa를 초과할 수 없다(경량콘크리트 제외).

정답 3번

간단한 해설

실험 또는 해석으로 검증되지 않은 경우, 합성기둥의 강도 계산에 사용하는 구조용 강재의 설계기준항복강도는 **650 MPa 이하**로 제한된다. ③의 '700 MPa'는 이 상한값을 잘못 제시한 것이다.

선지별 해설

① O: 충전형 합성기둥은 강관 내부에 콘크리트를 채운 기둥이다. KDS 41 31 00의 충전형 합성부재 구조제한에 따라 강관 자체의 단면적은 **강관과 충전 콘크리트를 포함한 총단면적의 1% 이상**이어야 한다. 콘크리트 단면적만을 기준으로 하는 비율이 아니다.

② O: 표 4.6-1은 압축력을 받는 충전형 합성부재의 국부좌굴에 대한 단면 분류 기준을 제시한다. 각형강관의 조밀 한계는 $\lambda_p = 2.26\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ 이며, 압축 강재요소의 최대폭두께비가 **이 한계값 이하이면 조밀단면**이다. 폭두께비는 판폭을 두께로 나눈 값이고, E는 강재의 탄성계수, F_y는 설계기준항복강도이다.

③ X: KDS 41 31 00의 재료강도 제한은 실험 또는 해석으로 검증되지 않은 경우, 합성기둥의 강도 계산에 쓰는 구조용 강재 및 철근의 설계기준항복강도를 **650 MPa 이하**로 정한다. 따라서 '700 MPa를 초과할 수 없다'는 표현은 '650 MPa를 초과할 수 없다'로 고쳐야 한다. 이 제한은 실험·해석을 통한 검증이 없는 경우에 적용된다.

④ O: 같은 재료강도 제한에 따라 실험 또는 해석으로 검증되지 않은 경우, 경량콘크리트를 제외한 콘크리트의 설계기준압축강도는 **21 MPa 이상, 70 MPa 이하**이어야 한다. 따라서 상한을 70 MPa로 제시한 내용은 기준과 일치한다. 경량콘크리트에는 별도로 21 MPa 이상, 42 MPa 이하의 범위가 적용된다.

NoteBase

문 6. 시험실에서 양생한 공시체의 강도평가에 대한 <보기>의 설명에서 ㉠~㉢에 들어갈 값을 순서대로 바르게 나열한 것은?

<보기>
콘크리트 각 등급의 강도는 다음의 두 요건이 충족되면 만족할 만한 것으로 간주할 수 있다.
(가) ㉠번의 연속강도 시험의 결과 그 평균값이 ㉡ 이상일 때
(나) 개개의 강도시험값이 f_{ck}가 35MPa 이하인 경우에는 $(f_{ck} - 3.5)$MPa 이상, 또한 f_{ck}가 35MPa 초과인 경우에는 ㉢ 이상인 경우

① ㉠: 2, ㉡: f_{ck}, ㉢: $0.85f_{ck}$
② ㉠: 2, ㉡: $0.9f_{ck}$, ㉢: $0.9f_{ck}$
③ ㉠: 3, ㉡: $0.9f_{ck}$, ㉢: $0.85f_{ck}$
④ ㉠: 3, ㉡: f_{ck}, ㉢: $0.9f_{ck}$

정답 4번

간단한 해설

시험실에서 양생한 공시체는 **연속 3회 강도시험의 평균값**이 설계기준압축강도 f_{ck} 이상이어야 한다. 이와 함께 개별 시험값도 하한을 만족해야 하며, f_{ck}가 **35 MPa를 초과**하면 그 하한은 $0.9f_{ck}$이다.

빈칸별 해설

f_{ck}는 콘크리트의 설계기준압축강도이다. 강도평가에서는 연속 시험결과의 평균값에 대한 요건과 개별 시험값에 대한 요건을 모두 충족해야 한다.

㉠: 3. 평균값을 평가하는 대상은 **연속 3회 강도시험 결과**이다. 이는 시험 횟수이며, 한 번의 시험에 사용하는 공시체 개수와 구별한다.

㉡: f_{ck}. 연속 3회 시험결과의 평균값은 **설계기준압축강도 이상**이어야 한다. 개별 시험값에 일부 낮은 값이 허용되더라도, 이 평균값 기준을 $0.9f_{ck}$로 낮추어 적용하지 않는다.

㉢: $0.9f_{ck}$. 개별 강도시험값의 하한은 f_{ck}가 35 MPa 이하이면 $(f_{ck} - 3.5)$ MPa이고, **35 MPa를 초과하면 설계기준압축강도의 90%**이다. 평균값이 기준을 만족하더라도 개별 시험값이 해당 하한보다 작으면 두 요건을 모두 충족한 것이 아니다.

따라서 ㉠·㉡·㉢은 각각 3, f_{ck}, $0.9f_{ck}$이며, 이 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 7. 기본등분포 활하중의 저감에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 지붕활하중을 제외한 등분포활하중은 부재의 영향면적이 $36m^2$ 이상인 경우 저감할 수 있다.

② 기둥 및 기초의 영향면적은 부하면적의 4배이다.

③ 부하면적 중 캔틸레버 부분은 영향면적에 단순 합산한다.

④ 1개 층을 지지하는 부재의 저감계수는 0.6보다 작을 수 없다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '0.6보다 작을 수 없다'는 하한값을 잘못 제시한 것이다. 1개 층을 지지하는 부재의 활하중저감계수는 **0.5 이상**이어야 하므로, 기본등분포활하중의 50%까지 줄여 적용할 수 있다.

선지별 해설

① O: 지붕활하중을 제외한 등분포활하중은 부재의 **영향면적이 36 m^2 이상**이면 저감계수를 적용할 수 있다. 넓은 면적 전체에 기본활하중이 동시에 가득 작용할 가능성이 작다는 점을 반영한 것이다. 다만 용도와 활하중 크기에 따른 저감 제한은 별도로 적용하며, 지붕활하중은 별도의 저감 규정을 따른다.

② O: 부하면적은 해당 부재가 하중을 부담하는 바닥면적이고, 영향면적은 활하중 저감계수를 정할 때 사용하는 면적이다. 기둥 및 기초의 영향면적은 원칙적으로 **부하면적의 4배**로 산정한다. 다만 캔틸레버 부분에는 이 배율을 적용하지 않는다.

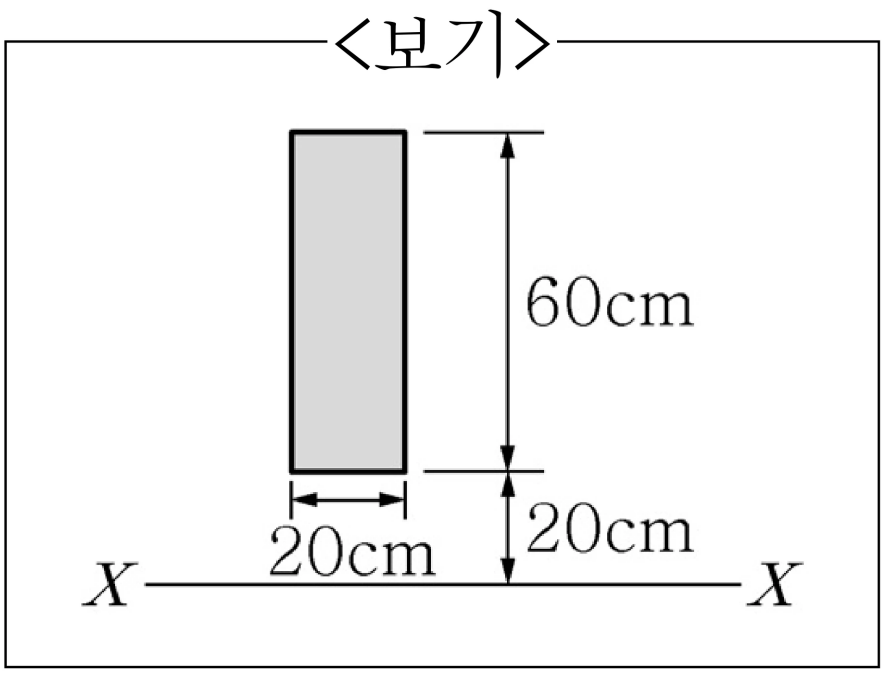
③ O: 캔틸레버 부분의 부하면적에는 기둥·기초의 4배나 보·벽체의 2배를 적용하지 않는다. 일반 부분의 영향면적을 산정한 뒤, 캔틸레버 부분은 **그 부하면적 그대로 더한다**.

④ X: 1개 층을 지지하는 부재의 저감계수 하한은 **0.6이 아니라 0.5**이다. 저감계수는 기본등분포활하중에 곱하는 값이므로, 0.5를 적용하면 기본활하중의 50%를 설계에 반영한다. 2개 층 이상을 지지하는 부재의 저감계수 하한은 0.4이다.

NoteBase

문 8. <보기>와 같은 단면의 X-X축에 대한 단면2차모멘트의 값으로 옳은 것은?

<보기>



① 360,000cm^4

② 2,640,000cm^4

③ 3,000,000cm^4

④ 3,360,000cm^4

정답 4번

간단한 해설

X-X축과 직사각형 도심 사이의 거리는 20 + 30 = 50 cm이다. **평행축정리**로 도심축에 대한 단면2차모멘트에 축이동에 따른 값을 더하면 3,360,000 cm^{4}가 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 치수와 도심 위치: 직사각형의 폭 b = 20 cm, 높이 h = 60 cm이며, 아래쪽 변은 X-X축에서 20 cm 떨어져 있다. 도심은 높이의 중앙에 있으므로 **도심에서 X-X축까지의 거리**는 $d = 20 + \frac{60}{2} = 50$ cm이다.

2. 적용 공식: 단면2차모멘트는 단면의 각 미소면적에 축까지 거리의 제곱을 곱하여 합한 값이다. X-X축은 도심을 지나는 수평축과 평행하므로 **평행축정리** $I_X = I_G + Ad^2$를 적용한다. 여기서 I_G는 도심 수평축에 대한 단면2차모멘트, A는 단면적, d는 두 축 사이의 거리이다.

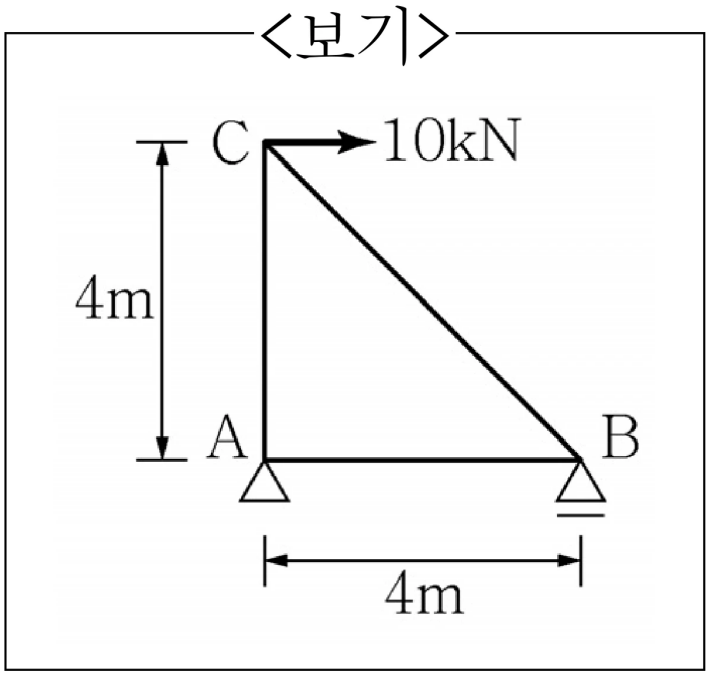
3. 도심축에 대한 값과 단면적: 직사각형의 도심 수평축에 대해서는 $I_G = \frac{bh^3}{12}$이다. 수평축까지의 거리는 높이 방향으로 달라지므로 세제곱하는 치수는 높이 h이다. 따라서 $I_G = \frac{20 \cdot 60^3}{12} = 360{,}000$ cm^{4}이고, 단면적은 A = 20 × 60 = 1,200 cm^{2}이다.

4. 축 이동과 합산: 축이 도심에서 50 cm 떨어져 있으므로 축 이동에 따른 증가량은 $Ad^2 = 1{,}200 \cdot 50^2 = 3{,}000{,}000$ cm^{4}이다. 따라서 X-X축에 대한 단면2차모멘트는 I_X = 360,000 + 3,000,000 = 3,360,000 cm^{4}로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. <보기>와 같은 단순트러스 구조물 C점에 수평력 10kN이 작용하고 있다. 부재 BC에 걸리는 힘의 크기 F_{BC} 값은? (단, 인장력은 (+), 압축력은 (−)이다.)

<보기>



① $10\sqrt{2}$ (인장력)
② $10\sqrt{2}$ (압축력)
③ $\frac{10}{\sqrt{2}}$ (인장력)
④ $\frac{10}{\sqrt{2}}$ (압축력)

정답 2번

간단한 해설

C점의 수평력 10 kN은 **BC 부재력의 수평성분**과 평형을 이룬다. BC는 수평면과 45°를 이루므로 부재력의 크기는 $10\sqrt{2}\,\text{kN}$이며, C점을 왼쪽으로 밀어야 하므로 **압축력**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 부재의 방향과 힘의 가정: 그림에서 AB와 AC의 길이는 각각 4 m이고 서로 직각이므로, BC가 수평면과 이루는 각은 45°이다. 단순트러스의 부재는 축방향 힘을 전달한다. F_{BC}를 인장력으로 가정하면 C점에서 BC 부재력은 **C에서 B를 향하는 오른쪽 아래 방향**으로 작용한다.

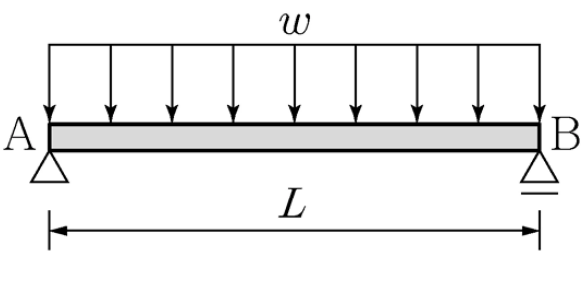
2. C점의 수평방향 평형: C점에 연결된 AC는 수직이므로 수평성분이 없다. 따라서 오른쪽으로 작용하는 외력 10 kN과 BC 부재력의 수평성분만으로 평형식을 세운다. 오른쪽을 양(+)으로 잡으면 $10 + F_{BC}\cos 45^\circ = 0$이다. 즉, **BC 부재력의 수평성분이 왼쪽으로 10 kN**이어야 한다.

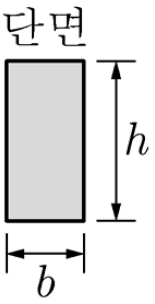
3. 부재력의 크기와 종류: 평형식을 풀면 $F_{BC} = -\frac{10}{\cos 45^\circ} = -10\sqrt{2}\,\text{kN}$이다. 음수는 처음 가정한 인장 방향과 반대로 힘이 작용한다는 뜻이므로 **압축력**이다. 따라서 힘의 크기는 $10\sqrt{2}\,\text{kN}$이고 종류는 압축력으로, ②에 해당한다.

NoteBase

문 10. <보기>와 같이 등분포 하중 w를 지지하는 스팬 L인 단순보가 있다. 이 보의 단면의 폭은 b, 춤은 h라고 할 때, 최대 휨모멘트로 인해 이 단면에 발생하는 최대 인장응력도의 크기는?

<보기>





① $\frac{wL^2}{2bh^2}$
② $\frac{wL^2}{bh^2}$
③ $\frac{3wL^2}{4bh^2}$
④ $\frac{11wL^2}{12bh^2}$

정답 3번

간단한 해설

전 구간에 등분포 하중을 받는 단순보의 최대 휨모멘트는 중앙에서 $M_{max} = \frac{wL^2}{8}$이다. 이를 직사각형 단면의 **단면계수** $Z = \frac{bh^2}{6}$으로 나누면 최대 인장응력도는 $\frac{3wL^2}{4bh^2}$이다.

NoteBase

계산 과정

지점반력: 그림에서 등분포 하중 w는 단위 길이당 하중이며, 보 전체에 작용하는 하중의 합은 wL이다. 하중과 지지 조건이 좌우 대칭이므로 두 지점의 수직반력은 $R_A = R_B = \frac{wL}{2}$이다.

최대 휨모멘트: A에서 거리 x인 단면의 전단력은 $V(x) = \frac{wL}{2} - wx$이다. 전단력이 양에서 음으로 바뀌는 **중앙 단면** $x = \frac{L}{2}$에서 휨모멘트가 최대가 된다. 휨모멘트식 $M(x) = \frac{wLx}{2} - \frac{wx^2}{2}$에 이를 대입하면 $M_{\max} = \frac{wL^2}{8}$이다.

단면계수: 폭 b, 춤 h인 직사각형 단면의 중립축은 단면 높이의 중앙을 지난다. 이 축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이고, 중립축에서 상·하단까지의 거리는 $c = \frac{h}{2}$이다. 따라서 단면계수는 $Z = \frac{I}{c} = \frac{bh^2}{6}$이다.

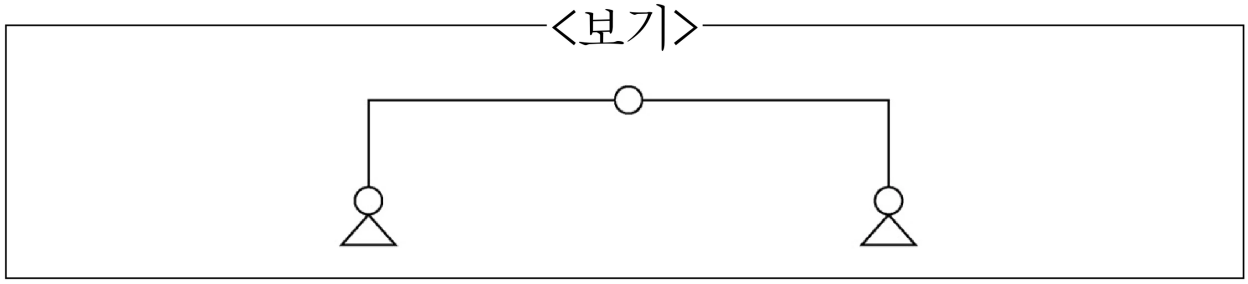
최대 인장응력도: 탄성 휨응력은 중립축에서 멀어질수록 커지므로 최외단에서 그 크기가 최대이다. 그림의 하향 하중에 의한 정휨모멘트는 상단에 압축, **하단에 인장**을 일으킨다. 중앙 단면 하단의 인장응력도는 $\sigma_{t,\max} = \frac{M_{\max}}{Z}$로 구한다. 여기에 $M_{\max} = \frac{wL^2}{8}$, $Z = \frac{bh^2}{6}$을 대입하면 $\sigma_{t,\max} = \frac{3wL^2}{4bh^2}$이다. 하중과 길이에 일관된 단위를 사용하면 응력의 단위는 힘/면적이다.

구한 최대 인장응력도의 크기 $\frac{3wL^2}{4bh^2}$는 ③의 식과 일치한다.

NoteBase

문 11. <보기>의 구조물의 부정정 차수는?

<보기>



① 0차

② 1차

③ 2차

④ 3차

정답 1번

간단한 해설

양쪽 핀지점의 반력은 총 4개이지만, 보 중앙의 **내부힌지에서 모멘트가 0**인 조건을 추가로 이용할 수 있다. 평형조건만으로 반력을 모두 구할 수 있는 정정구조이므로 부정정 차수는 0이다.

계산 과정

반력 수 확인: 그림의 양쪽 지점은 모두 핀지점이므로 각각 수평반력과 수직반력 2개가 발생한다. 따라서 외부 반력의 미지수는 2 + 2 = 4개이다. 보와 기둥이 만나는 두 모서리는 강접합이고, 보 중앙의 원은 내부힌지를 나타낸다.

평형조건 확인: 평면 구조물 전체에 대해 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M = 0$의 독립적인 평형방정식 3개를 세울 수 있다. 여기에 **내부힌지는 휨모멘트를 전달하지 않는다**는 조건이 더해진다. 내부힌지에서 구조물을 좌우로 나누고 한쪽 부분에 대해 그 힌지점 주위의 모멘트 평형을 세우면, 반력을 구하는 독립 방정식 1개를 추가로 얻는다.

부정정 차수 계산: 반력 미지수 4개에서 전체 평형방정식 3개와 내부힌지에 따른 추가 방정식 1개를 빼면 4 − 3 − 1 = 0이다. 세 힌지가 한 직선 위에 놓이지 않은 안정한 3힌지 라멘이므로, 부정정 차수는 0차이며 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 콘크리트 재료에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 강도설계법에서 파괴 시 극한 변형률을 0.005로 본다.

② 콘크리트의 탄성계수는 콘크리트의 압축강도에 따라 그 값을 달리한다.

③ 할선탄성계수(secant modulus)는 응력-변형률 곡선에서 초기 선형 상태의 기울기를 뜻한다.

④ 압축강도 실험 시 하중을 가하는 재하속도는 강도값에 영향을 미치지 않는다.

정답 2번

간단한 해설

콘크리트의 탄성계수는 **압축강도에 따라 달라진다**. 다른 조건이 같으면 일반적으로 압축강도가 높은 콘크리트일수록 탄성계수도 커진다.

선지별 해설

① X: 강도설계에서 말하는 콘크리트의 극한변형률은 압축연단이 극한상태에 도달했을 때의 압축변형률이다. 종래의 강도설계 가정에서는 휨 또는 휨과 축력을 동시에 받는 부재의 이 값을 **0.003**으로 보았다. 따라서 콘크리트의 극한변형률을 0.005로 가정한다는 설명은 잘못이다.

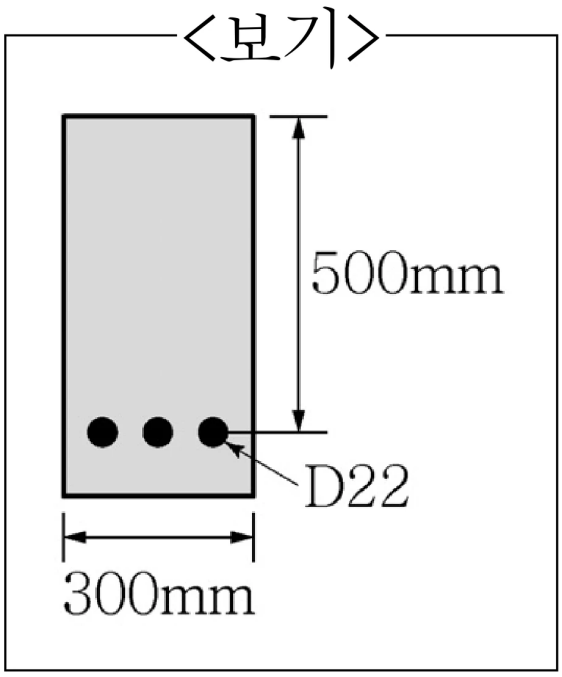
② O: 탄성계수는 응력에 대해 재료가 얼마나 적게 변형되는지를 나타내는 강성의 지표이다. 콘크리트의 탄성계수 산정에는 **콘크리트의 압축강도**가 반영되며, 다른 조건이 같으면 압축강도가 높을수록 일반적으로 탄성계수도 크다. 다만 골재의 종류와 콘크리트의 밀도 등도 영향을 주므로 압축강도만으로 유일하게 정해지는 것은 아니다.

③ X: 할선탄성계수는 응력-변형률 곡선에서 **원점과 특정 응력 수준의 점을 잇는 직선의 기울기**이다. 곡선이 시작되는 지점의 접선 기울기를 나타내는 것은 초기접선탄성계수이다. 따라서 선지는 할선탄성계수와 초기접선탄성계수를 혼동한 설명이다.

④ X: 압축강도 시험의 재하속도는 측정되는 강도값에 영향을 준다. 일반적으로 **재하속도가 빠를수록 측정 압축강도가 커지는 경향**이 있다. 천천히 재하하면 크리프 변형과 미세균열이 진행될 시간이 길어지므로 시험 결과를 비교하려면 정해진 재하속도를 지켜야 한다.

NoteBase

문 13. <보기>와 같은 단면을 갖는 직사각형 보의 인장철근비는? (단, D22 철근 3개의 단면적 합은 600mm^2 이다.)



① 0.004

② 0.006

③ 0.008

④ 0.01

정답 1번

간단한 해설

인장철근비는 인장철근 단면적을 **보의 폭과 유효깊이의 곱**으로 나눈 값이다. 그림의 500 mm는 상단에서 인장철근 중심까지의 유효깊이이므로, $\rho = \frac{600}{300 \cdot 500} = 0.004$이다.

NoteBase

계산 과정

인장철근비 ρ는 인장철근 단면적 A_s를 폭 b와 유효깊이 d의 곱으로 나눈 비율로, $\rho = \frac{A_s}{bd}$로 구한다. 유효깊이는 압축측 최외단에서 인장철근 단면의 도심까지의 거리이다.

그림에서 폭은 300 mm이고, 상단에서 하부 철근의 중심까지 표시된 500 mm가 **유효깊이**이다. 따라서 $b = 300\text{mm}$, $d = 500\text{mm}$이며, 분모에 쓰는 면적은 $300 \times 500 = 150{,}000\ \text{mm}^2$이다. 문제에서 D22 철근 **3개의 단면적 합**을 600 mm^2로 주었으므로, $A_s = 600\text{mm}^2$를 그대로 사용한다.

값을 대입하면 $\rho = \frac{600}{300 \cdot 500} = 0.004$이다. 면적끼리의 비이므로 단위는 없으며, 계산값은 ①의 0.004와 일치한다.

NoteBase

문 14. 강도설계법의 하중조합으로 가장 옳은 것은? (단, D : 고정하중, L : 활하중, S : 적설하중, W : 풍하중, E : 지진하중이다.)

① $1.2D$

② $1.4D + 1.6L$

③ $1.2D + 1.6S + 0.5W$

④ $0.9D + 1.0E$

정답 4번

간단한 해설

지진으로 인한 전도나 들림을 고정하중이 억제하는 경우에는, **안정에 유리한 고정하중을 작게 평가**해야 안전하다. 이를 반영한 강도설계 하중조합이 $0.9D + 1.0E$이다.

선지별 해설

강도설계법에서는 하중의 불확실성과 동시 작용을 고려한 하중계수를 적용하고, 여러 조합 중 부재에 가장 불리한 하중효과를 검토한다. 이 문항의 계수는 출제 당시 건축구조기준(KBC 2016)에 따른다.

① X: 고정하중만 작용하는 기본 하중조합은 $1.4D$이다. 따라서 단독 고정하중 조합의 계수는 **1.2가 아니라 1.4**로 고친다. 1.2는 활하중 등과 함께 고려하는 다른 조합에서 고정하중에 적용하는 계수이다.

② X: 고정하중과 활하중을 함께 고려하는 기본 조합은 $1.2D + 1.6L$이다. 활하중의 계수 1.6은 맞지만, **고정하중의 계수는 1.2**이다. 고정하중만 고려하는 조합의 1.4를 그대로 가져와 활하중 항에 더하면 기준의 조합식과 달라진다.

③ X: 적설하중을 주된 하중으로 하고 풍하중을 동반하는 조합은, 출제 당시 기준에서 $1.2D + 1.6S + 0.65W$이다. 따라서 **풍하중의 계수 0.5를 0.65로** 고친다. 이 조합에서는 적설하중의 계수 1.6과 동반 풍하중의 계수 0.65를 짝지어 적용한다.

④ O: $0.9D + 1.0E$는 지진하중에 대한 강도설계 하중조합에 포함된다. 고정하중이 지진에 의한 전도나 들림을 억제하는 경우, 고정하중을 크게 잡으면 안정효과를 과대평가하게 된다. 따라서 **고정하중에 0.9를 적용**하여 그 안정효과가 작아지는 경우를 검토하고, 지진하중에는 1.0을 적용한다.

NoteBase

문 15. 지진력저항시스템을 성능설계법으로 설계하고자 할 때, 내진등급별 최소성능목표를 만족해야 한다. 내진등급 I 의 최소성능목표에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 건축구조기준의 설계스펙트럼가속도에 대해 기능수행의 성능수준을 만족해야 한다.

② 건축구조기준의 설계스펙트럼가속도의 1.2배에 대해 인명안전의 성능수준을 만족해야 한다.

③ 건축구조기준의 설계스펙트럼가속도의 1.2배에 대해 붕괴방지의 성능수준을 만족해야 한다.

④ 건축구조기준의 설계스펙트럼가속도의 1.5배에 대해 인명안전의 성능수준을 만족해야 한다.

정답 2번

간단한 해설

내진등급 I 은 설계스펙트럼가속도의 **1.2배에 대해 인명안전**을 확보해야 한다. 더 큰 지진인 1.5배에 대해서는 붕괴방지를 최소성능목표로 한다.

공통 해설

최소성능목표는 지진의 세기와 그때 확보해야 할 성능수준을 한 쌍으로 정한 것이다. 이 문항에 적용되는 건축구조기준 0306.9.3의 표 0306.9.1에서 내진등급 I 에 정한 목표는 다음과 같다.

설계스펙트럼가속도의 1.2배: **인명안전**을 만족해야 한다. 구조물에 손상이 발생하더라도 인명에 대한 위험을 제한하는 성능수준이다.

설계스펙트럼가속도의 1.5배: **붕괴방지**를 만족해야 한다. 더 큰 손상을 허용하되 구조물의 붕괴를 막는 성능수준이다.

따라서 내진등급 I 의 최소성능목표는 '1.2배–인명안전, 1.5배–붕괴방지'의 대응으로 이해해야 한다. 1.0배에 대한 기능수행은 이 등급에 정해진 최소목표가 아니며, 지진의 배율과 성능수준을 서로 바꾸어 연결해서도 안 된다.

NoteBase

문 16. 콘크리트 인장강도에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 휨재의 균열발생, 전단, 부착 등 콘크리트의 인장응력 발생 조건별로 적합한 인장강도 시험방법으로 평가해야 한다.

② f_{ck}값을 이용하여 콘크리트파괴계수 f_r을 산정할 때, 동일한 f_{ck}를 갖는 경량콘크리트와 일반중량콘크리트의 f_r은 동일하다.

③ 시험 없이 계산으로 산정된 콘크리트파괴계수 f_r과 쪼갬인장강도 f_{sp}는 $\sqrt{f_{ck}}$에 비례한다.

④ 쪼갬인장강도 시험 결과는 현장 콘크리트의 적합성 파단 기준으로 사용할 수 없다.

정답 2번

간단한 해설

같은 설계기준압축강도라도 경량콘크리트는 인장강도의 차이를 반영하는 **경량콘크리트계수**를 적용하므로 파괴계수를 일반중량콘크리트와 동일하게 산정하지 않는다. 시험값 없이 정해진 감소계수를 적용하면 경량콘크리트의 파괴계수가 더 작다.

선지별 해설

① O: 콘크리트의 인장강도는 **응력의 분포와 시험방법에 따라 달라진다**. 휨재의 균열발생은 휨인장강도인 파괴계수로 평가하며, 전단이나 부착으로 인장이 발생하는 경우에도 해당 응력 상태와 평가 목적에 맞는 시험방법을 사용해야 한다. 서로 다른 시험에서 얻은 인장강도를 구분 없이 같은 값으로 적용할 수는 없다.

② X: 파괴계수 f_r는 휨을 받는 콘크리트에 균열이 발생할 때의 인장응력을 나타낸다. MPa 단위의 설계기준압축강도 f_{ck}를 이용하는 산정식은 $f_r = 0.63\lambda\sqrt{f_{ck}}$이며, λ는 경량콘크리트계수이다. 일반중량콘크리트는 1.0을 적용하고, 쪼갬인장강도 시험값 없이 산정할 때 전경량콘크리트는 0.75, 모래경량콘크리트는 0.85를 적용한다. 따라서 같은 f_{ck}라도 이 감소계수를 적용한 경량콘크리트의 f_r은 **일반중량콘크리트보다 작다**.

③ O: 시험 없이 압축강도로부터 추정하는 대표적인 경험식에서 파괴계수 f_r와 쪼갬인장강도 f_{sp}는 각각 $\sqrt{f_{ck}}$에 계수를 곱하는 형태로 나타낸다. 따라서 **콘크리트 종류 등 계수의 적용 조건이 같으면** 두 강도는 모두 $\sqrt{f_{ck}}$에 비례한다. 비례하는 대상은 압축강도 자체가 아니라 그 제곱근이며, 두 인장강도의 계수가 같다는 뜻도 아니다.

④ O: 쪼갬인장강도 시험은 콘크리트의 인장특성을 파악하고 필요한 설계값을 정하기 위한 시험이다. 현장 콘크리트의 강도 적합성은 **규정된 압축강도 시험과 판정기준**에 따라 평가하므로, 쪼갬인장강도 시험 결과로 그 기준을 대신할 수 없다.

NoteBase

문 17. 철근콘크리트구조에서 인장을 받는 SD500 D22 표준 갈고리를 갖는 이형철근의 기본 정착길이 l_{hb}는 철근 지름 d_b의 몇 배인가? (단, 일반중량콘크리트로 설계기준압축강도 $f_{ck} = 25\text{MPa}$이고, 도막은 없다.)

① 19배

② 24배

③ 25배

④ 40배

정답 2번

간단한 해설

표준갈고리의 기본 정착길이는 철근 항복강도에 비례하고 콘크리트 압축강도의 제곱근에 반비례한다. SD500의 항복강도 500 MPa, 콘크리트 압축강도 25 MPa와 **도막이 없는 일반중량콘크리트 조건**을 적용하면 철근 지름의 **24배**가 된다.

계산 과정

1. 조건 확인: SD500의 설계기준항복강도는 $f_y = 500\text{MPa}$, 콘크리트의 설계기준압축강도는 $f_{ck} = 25\text{MPa}$이다. 도막이 없으므로 도막계수 $\beta = 1.0$, 일반중량콘크리트이므로 경량콘크리트계수 $\lambda = 1.0$을 적용한다.

2. 기본 정착길이 공식: 인장을 받는 표준갈고리 이형철근에는 $l_{hb} = \frac{0.24\beta d_b f_y}{\lambda\sqrt{f_{ck}}}$를 적용한다. 여기서 d_b는 철근 지름이며, 강도는 MPa, 지름과 길이는 mm 단위로 사용한다. 묻는 값은 **보정계수를 곱하기 전의 기본 정착길이**이다.

3. 지름에 대한 배수 계산: 양변을 d_b로 나누면 $\frac{l_{hb}}{d_b} = \frac{0.24\beta f_y}{\lambda\sqrt{f_{ck}}}$이다. 조건을 대입하면 $\frac{l_{hb}}{d_b} = \frac{0.24 \cdot 1.0 \cdot 500}{1.0 \cdot \sqrt{25}} = 24$가 된다. 철근 지름은 약분되므로 D22의 실제 지름을 따로 대입할 필요가 없으며, 길이끼리 나눈 배수에는 단위가 없다.

따라서 $l_{hb} = 24d_b$로, 기본 정착길이는 철근 지름의 24배이며 ②에 해당한다.

NoteBase

문 18. <보기>의 매입형 합성부재 안에 사용하는 스터드 앵커에 관한 표에서 A~E 중 가장 작은 값과 가장 큰 값을 순서대로 바르게 나열한 것은? (단, 표는 각 하중조건에 대한 스터드앵커의 최소 *h*/*d* 값을 나타낸 것이다.)

<보기>

하중 조건	보통콘크리트	경량콘크리트
전단	$h/d \geq$ (A)	$h/d \geq$ (B)
인장	$h/d \geq$ (C)	$h/d \geq$ (D)
전단과 인장의 조합력	$h/d \geq$ (E)	*

h/d=스터드앵커의 몸체직경(d)에 대한 전체길이(h) 비

* 경량콘크리트에 묻힌 앵커에 대한 조합력의 작용효과는 관련 콘크리트 기준을 따른다.

① A, D

② B, E

③ C, A

④ D, B

정답 1번

간단한 해설

보통콘크리트에서 전단만 받는 A의 최소 길이/직경비는 **5**이고, 경량콘크리트에서 인장을 받는 D는 **10**이다.
나머지 값은 7 또는 8이므로 A가 가장 작고 D가 가장 크다.

NoteBase

선지별 해설

표의 $\frac{h}{d}$는 스터드 앵커의 전체길이 h를 몸체직경 d로 나눈 무차원 비이다. 각 칸에는 실제 설치된 앵커의 비가 아니라, 해당 콘크리트 종류와 하중조건에서 요구하는 최소값을 넣는다.

A — 보통콘크리트·전단: 전단력만 받는 스터드 앵커의 전체길이는 **몸체직경의 5배 이상**이어야 한다. 따라서 $\frac{h}{d} \geq 5$이며 A = 5이다.

B — 경량콘크리트·전단: 전단력만 받더라도 경량콘크리트에서는 전체길이가 **몸체직경의 7배 이상**이어야 한다. 따라서 $\frac{h}{d} \geq 7$이며 B = 7이다.

C — 보통콘크리트·인장: 인장력을 받는 스터드 앵커는 전체길이가 **몸체직경의 8배 이상**이어야 한다. 따라서 $\frac{h}{d} \geq 8$이며 C = 8이다.

D — 경량콘크리트·인장: 인장력을 받는 경량콘크리트 속 스터드 앵커는 전체길이가 **몸체직경의 10배 이상**이어야 한다. 따라서 $\frac{h}{d} \geq 10$이며 D = 10이다.

E — 보통콘크리트·전단과 인장의 조합력: 두 힘을 함께 받는 경우의 최소 길이/직경비는 보통콘크리트에서 인장만 받는 경우와 같은 8이다. 따라서 $\frac{h}{d} \geq 8$이며 E = 8이다. 경량콘크리트의 조합력 칸은 표의 주석에 따라 관련 콘크리트 기준을 적용한다.

값을 비교하면 $A < B < C = E < D$이다. 가장 작은 값은 A의 5, 가장 큰 값은 D의 10이므로, 요구한 순서인 A, D는 ①에 해당한다.

NoteBase

문 19. 말뚝기초에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 말뚝기초의 허용지지력은 말뚝의 지지력에 따른 것으로만 한다.

② 말뚝기초의 설계에 있어서는 하중의 편심에 대하여 검토하지 않아도 된다.

③ 동일 구조물에서 지지말뚝과 마찰말뚝을 혼용할 수 있다.

④ 타입말뚝, 매입말뚝 및 현장타설콘크리트말뚝의 혼용을 적극 권장하여 경제성을 확보할 수 있다.

정답 1번

간단한 해설

말뚝기초는 원칙적으로 **말뚝의 지지력만으로** 허용지지력을 산정한다. 특별히 검토한 경우를 제외하면 **기초판 저면의 지반 지지력을 가산하지 않는다**.

선지별 해설

① O: 말뚝기초의 허용지지력은 원칙적으로 말뚝의 지지력에 따른다. 이는 말뚝의 지지력에 **기초판 저면의 지반 지지력을 임의로 더하지 않는다**는 뜻이다. 기초판 저면의 지반 지지력은 특별히 검토한 경우에만 고려한다.

② X: 말뚝기초 설계에서는 **하중의 편심을 검토해야 한다**. 하중이 말뚝군의 중심에서 벗어나 작용하면 모멘트가 발생하여 각 말뚝이 부담하는 하중이 달라지므로, 이를 반영하여 말뚝과 기초의 안전성을 확인해야 한다.

③ X: 동일 구조물에서는 **지지말뚝과 마찰말뚝을 혼용해서는 안 된다**. 지지말뚝은 주로 말뚝 선단의 단단한 지층으로, 마찰말뚝은 주로 말뚝 주면과 지반 사이의 마찰로 하중을 전달한다. 두 방식은 하중 전달과 침하 특성이 달라 혼용하면 부등침하가 발생할 수 있다.

④ X: 타입말뚝·매입말뚝·현장타설콘크리트말뚝의 혼용은 **가능한 한 피해야 한다**. 시공법이 다르면 주변 지반에 미치는 영향과 말뚝의 지지력·변형 특성이 달라질 수 있으므로, 경제성만을 이유로 혼용을 적극 권장하지 않는다.

NoteBase

문 20. 강구조 볼트 접합에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 고장력볼트의 미끄럼 한계상태에 대한 마찰접합의 설계강도 산정에서 볼트 구멍의 종류에 따라 강도감소계수가 다르다.

② 고장력볼트의 마찰접합볼트에 끼움재를 사용할 경우에는 미끄럼에 관련되는 모든 접촉면에서 미끄럼에 저항할 수 있도록 해야 한다.

③ 지압한계상태에 대한 볼트구멍의 지압강도 산정에서 구멍의 종류에 따라 강도감소계수가 다르다.

④ 지압접합에서 전단 또는 인장에 의한 소요응력 f가 설계응력의 20% 이하이면 조합응력의 효과를 무시할 수 있다.

정답 3번

간단한 해설

볼트구멍의 지압강도에 적용하는 **강도감소계수는 구멍 종류와 관계없이 0.75**이다. 구멍 형상과 하중 방향 등에 따라 달라질 수 있는 공칭지압강도 산정식과 구별해야 한다.

선지별 해설

① O: 마찰접합은 볼트를 조여 생긴 접촉면의 마찰력으로 힘을 전달하며, 미끄럼 한계상태는 접촉면에서 미끄러지기 시작하는 상태이다. 이때 강도감소계수는 **구멍의 종류와 슬롯 방향**에 따라 달라진다. 표준구멍과 하중방향에 수직인 단슬롯구멍은 1.00, 대형구멍과 하중방향에 평행한 단슬롯구멍은 0.85, 장슬롯구멍은 0.70을 적용한다.

② O: 끼움재는 접합되는 부재 사이의 두께 차이 등을 메우는 판재이다. 끼움재를 넣으면 그 양쪽에도 접촉면이 생기므로, **미끄럼에 관련되는 모든 접촉면**이 미끄럼에 저항하도록 해야 한다. 일부 접촉면만 처리하면 처리하지 않은 면에서 미끄러질 수 있다.

③ X: 볼트구멍의 지압강도는 볼트가 구멍 벽을 누를 때 피접합재가 저항하는 강도이다. 지압한계상태의 설계강도를 구할 때 강도감소계수는 **구멍의 종류와 관계없이 0.75**이다. 구멍 형상과 하중 방향, 사용하중에서 구멍 변형을 고려하는지에 따라 공칭지압강도 산정식은 달라질 수 있지만, 이를 곱하는 강도감소계수가 달라지는 것은 아니다.

④ O: 지압접합의 볼트에 전단과 인장이 함께 작용하면 두 응력의 상호작용을 검토한다. 다만 **어느 하나의 소요응력이 해당 설계응력의 20% 이하**이면 조합응력의 효과를 무시할 수 있다. 전단 소요응력은 설계전단응력과, 인장 소요응력은 설계인장응력과 비교하며, 조합효과를 무시해도 각 응력에 대한 강도 검토는 필요하다.

NoteBase