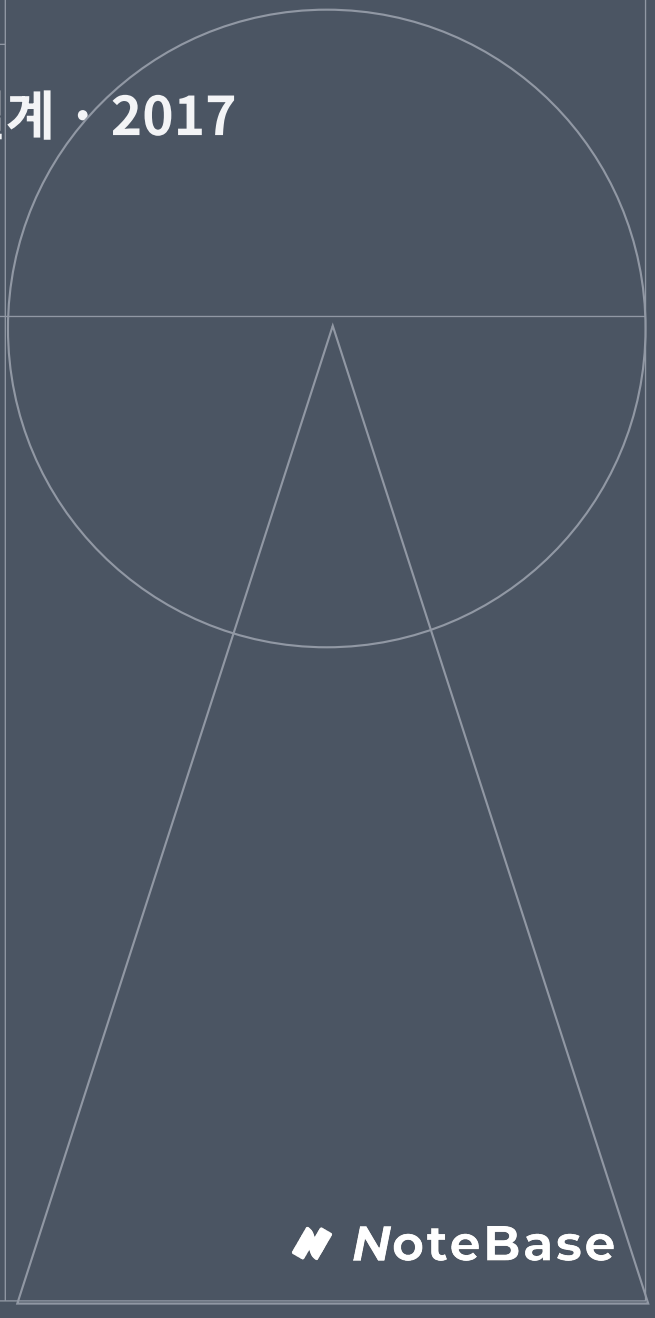
# 기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 토목설계 · 2017



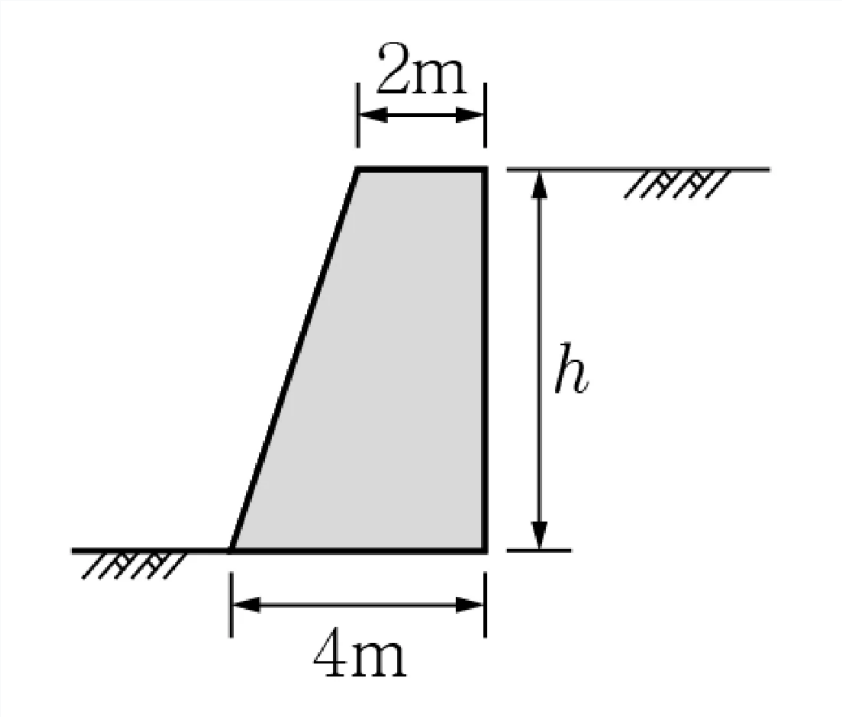
NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/서울시/9급 · 토목설계 · 2017

공무원/서울시/9급 · 토목설계 · 2017

**문 1. 무근콘크리트 옹벽이 활동에 대해 안전하기 위한 최대높이 h는? (단, 콘크리트의 단위중량은 24kN/m$^3$, 흙의 단위중량은 20kN/m$^3$, 토압계수는 0.4, 마찰계수는 0.5이며, 「콘크리트구조기준(2012)」을 적용한다.)**




① 5.8m

② 6.0m

③ 6.2m

④ 6.4m

**정답 2번**

**간단한 해설**

활동에 안전하려면 바닥의 마찰저항력이 수평토압의 **1.5배 이상**이어야 한다. 자중으로 생기는 마찰저항력과 토압을 비교하면 높이가 커질수록 안전율이 작아지며, 한계높이는 **6.0 m**이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 옹벽의 자중: 옹벽 길이 1 m를 기준으로 하고, 높이 h의 수치는 m 단위로 둔다. 그림의 단면은 윗너비 2 m, 아랫너비 4 m인 사다리꼴이므로 단면적은 $A = \frac{2+4}{2}h = 3h$ $\mathrm{m}^2$이다. 콘크리트의 단위중량이 24 $\mathrm{kN/m}^3$이므로 자중은 $W = 24 \cdot 3h = 72h$ kN이다.

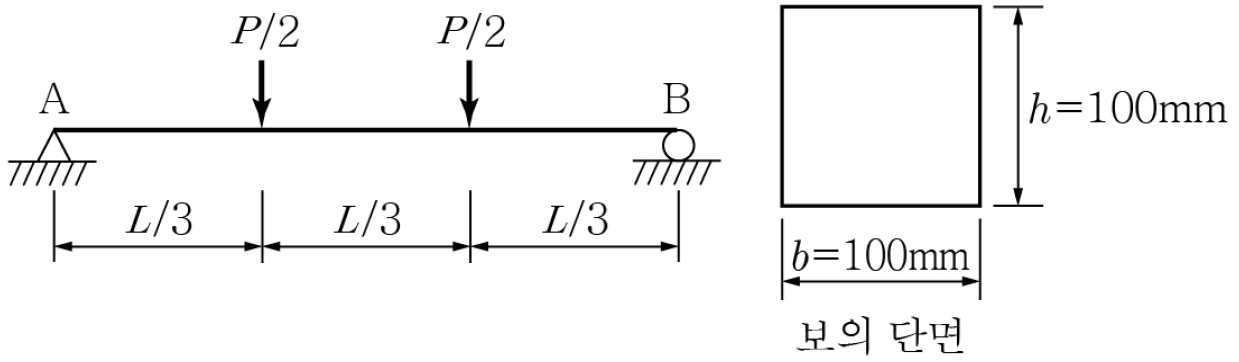
2. 수평토압: 흙의 자중에 의한 토압은 깊이에 비례하여 커지므로 토압분포는 삼각형이다. 토압계수 K = 0.4, 흙의 단위중량 $\gamma_s = 20$ $\mathrm{kN/m}^3$을 사용하면 토압의 합력은 $P = \frac{1}{2}K\gamma_s h^2$이다. 따라서 $P = \frac{1}{2} \cdot 0.4 \cdot 20h^2 = 4h^2$ kN이다.

3. 활동저항력: 주어진 조건에서 옹벽 바닥을 누르는 연직력은 옹벽의 자중이다. 따라서 **바닥의 마찰저항력**은 자중에 마찰계수 0.5를 곱하여 구한다. $R = 0.5W = 36h$ kN이다.

4. 안전율과 최대높이: 「콘크리트구조기준(2012)」에 따른 활동 안정조건은 **저항력이 수평력의 1.5배 이상**인 것이다. 활동 안전율은 $F_s = \frac{R}{P} = \frac{36h}{4h^2} = \frac{9}{h}$이므로 (9)/(h)≥1.5를 만족해야 한다. 높이는 양수이므로 이를 풀면 h≤6.0 m이다. 자중과 마찰저항력은 높이에 비례하지만 토압은 높이의 제곱에 비례하므로, 6.0 m를 넘으면 필요한 안전율을 확보하지 못한다. 따라서 최대높이는 6.0 m이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 2. 그림과 같이 하중을 받는 무근콘크리트 보의 인장응력이 콘크리트파괴계수($f_r$)에 도달할 때의 하중 $P$는? (단, 콘크리트는 보통중량콘크리트, 설계기준압축강도 $f_{ck}$ = 100MPa, 보의 길이 $L$ = 315mm이고 「콘크리트구조기준(2012)」을 적용한다.)**




① 10kN

② 15kN

③ 20kN

④ 25kN

**정답 3번**

**간단한 해설**

보통중량콘크리트의 **파괴계수는 6.3 MPa**이다. 두 하중 사이의 최대 휨모멘트와 직사각형 단면계수를 이용하여 인장연단응력을 파괴계수와 같게 놓으면, **전체 하중**은 20 kN이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 콘크리트의 파괴계수: 파괴계수는 휨균열이 발생할 때의 인장연단응력이다. 「콘크리트구조기준(2012)」에 따라 보통중량콘크리트에 $f_r = 0.63\sqrt{f_{ck}}$를 적용한다. 압축강도를 MPa 단위로 대입하면 $f_r = 0.63\sqrt{100} = 6.3\text{MPa}$이다. 이는 6.3 N/mm$^2$이다.

2. 최대 휨모멘트: 그림의 두 집중하중은 각각 $P/2$이고, 대칭이므로 A와 B의 반력도 각각 $P/2$이다. 왼쪽 지점에서 첫 하중까지의 거리는 $L/3$이므로 $M_{\max} = \frac{P}{2} \cdot \frac{L}{3} = \frac{PL}{6}$이다. 두 하중 사이에서는 전단력이 0이므로 **이 최대 휨모멘트가 일정하게 유지된다**.

3. 단면계수와 휨응력: 균열 전에는 콘크리트 전체 단면을 사용한다. 그림에서 폭과 높이는 모두 100 mm이고, 직사각형 단면의 단면계수는 $Z = \frac{bh^2}{6}$이다. 휨인장응력은 $\sigma_t = \frac{M_{\max}}{Z}$이므로, 앞의 모멘트와 단면계수를 대입하면 $\sigma_t = \frac{PL}{bh^2}$이다.

4. 하중 계산: 인장응력이 파괴계수에 도달하는 조건은 $\sigma_t = f_r$이다. 따라서 $P = \frac{f_r bh^2}{L}$이고, N과 mm 단위로 계산하면 $P = \frac{6.3 \cdot 100 \cdot 100^2}{315}$에서 20,000 N, 즉 20 kN을 얻는다. 이 값은 **두 집중하중을 합한 하중**이며, 각 집중하중은 10 kN이다. 구한 20 kN은 ③에 해당한다.

NoteBase

**문 3. 프리스트레스트콘크리트 포스트텐션부재에서 긴장재의 마찰손실을 계산할 때 사용되는 요소가 아닌 것은? (단, 「콘크리트 구조기준(2012)」을 적용한다.)**

① 긴장재의 파상마찰계수
② 긴장재의 회전각 변화량
③ 곡선부의 곡률마찰계수
④ 긴장재의 설계항복강도

**정답 4번**

**간단한 해설**

마찰손실은 긴장재와 덕트 사이의 마찰 및 긴장재의 경로에 따라 계산한다. **설계항복강도는 마찰에 따른 긴장력 감소를 산정하는 직접적인 요소가 아니다**.

**공통 해설**

포스트텐션부재에서는 긴장재를 당길 때 긴장재와 덕트 사이에 마찰이 발생하여 긴장단에서 멀어질수록 긴장력이 감소한다. 마찰을 고려한 긴장력은 $P_x = P_0 e^{-(kx + \mu\alpha)}$로 나타내며, 마찰손실은 $\Delta P = P_0 - P_x$이다. 여기서 $P_0$는 긴장단의 긴장력, $P_x$는 긴장단에서 긴장재를 따라 거리 x만큼 떨어진 위치의 긴장력이다.

지수의 $kx$는 **파상마찰에 의한 영향**을 나타낸다. k는 파상마찰계수이며, 덕트가 계획된 경로에서 미세하게 벗어나 생기는 마찰을 길이에 따라 반영한다. $\mu\alpha$는 **곡률마찰에 의한 영향**으로, $\mu$는 곡률마찰계수이고 $\alpha$는 해당 구간에서 누적된 긴장재의 회전각 변화량이다. 각도는 rad로 사용한다. 따라서 파상마찰계수, 회전각 변화량, 곡률마찰계수는 모두 마찰손실식에 들어간다.

긴장재의 설계항복강도는 긴장재 자체의 강도에 관한 값이다. **주어진 긴장단 힘에 대한 마찰손실**을 계산할 때에는 위 식의 마찰계수와 경로 조건을 사용하며, 설계항복강도를 별도의 마찰손실 변수로 대입하지 않는다.

NoteBase

**문 4. 브래킷과 내민받침의 전단설계에 대한 보기의 설명 중 옳은 내용을 모두 고른 것은? (단, 「콘크리트구조기준(2012)」을 적용한다.)**

<보기>

ㄱ. 받침부 면의 단면은 계수전단력 $V_u$와 계수휨모멘트 $[V_u a_v + N_{uc}(h - d)]$ 및 계수수평 인장력 $N_{uc}$를 동시에 견디도록 설계하여야 한다.

ㄴ. 브래킷 또는 내민받침 위에 놓이는 부재가 인장력을 피하도록 특별한 장치가 마련되어 있지 않는 한 인장력 $N_{uc}$를 $0.1V_u$ 이상으로 하여야 한다.

ㄷ. 인장력 $N_{uc}$는 인장력이 비록 크리프, 건조수축 또는 온도 변화에 기인한 경우라도 고정하중으로 간주하여야 한다.

ㄹ. 주인장철근의 단면적 $A_s$는 $(A_f + A_n)$와 $(2A_{vf}/3 + A_n)$ 중에서 큰 값 이상이어야 한다. (여기서 $A_f$ =계수휨모멘트에 저항하는 철근 단면적, $A_n$=인장력 $N_{uc}$에 저항하는 철근 단면적, $A_{vf}$=전단마찰철근의 단면적을 의미한다.)

① ㄱ, ㄷ

② ㄱ, ㄹ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄴ, ㄹ

**정답 2번**

**간단한 해설**

인장력을 피할 특별한 장치가 없으면 계수수평인장력은 **계수전단력의 20% 이상**으로 잡아야 한다.
크리프·건조수축·온도 변화로 생긴 인장력도 이 설계에서는 **활하중으로 간주**한다.

NoteBase

**보기별 해설**

ㄱ. O: 「콘크리트구조기준(2012)」 7.9.2(1)은 받침부 면에서 **전단력·휨모멘트·수평인장력을 동시에** 견디도록 규정한다. 계수휨모멘트는 $V_u a_v + N_{uc}(h-d)$이다. 수직하중에 의한 모멘트 $V_u a_v$뿐 아니라 수평인장력의 편심에 의한 모멘트 $N_{uc}(h-d)$도 함께 고려한다.

ㄴ. X: 7.9.2(5)에 따라 인장력을 피할 특별한 장치가 없을 때 확보해야 하는 최소값은 **계수전단력의 20%**이다. 따라서 선지의 $0.1V_u$를 $0.2V_u$로 고쳐야 하며, $N_{uc} \geq 0.2V_u$를 만족하도록 설계한다.

ㄷ. X: 7.9.2(5)는 계수수평인장력 $N_{uc}$를 **고정하중이 아닌 활하중**으로 간주하도록 규정한다. 그 원인이 크리프, 건조수축 또는 온도 변화인 경우에도 같은 분류를 적용한다.

ㄹ. O: 7.9.2(6)에 따라 주인장철근 단면적 $A_s$는 $A_f + A_n$ 이상이면서 $\frac{2A_{vf}}{3} + A_n$ 이상이어야 한다. $A_f$는 계수휨모멘트에, $A_n$은 수평인장력에 저항하는 철근 단면적이며, $A_{vf}$는 전단마찰철근 단면적이다. 휨과 인장에 필요한 철근량 및 전단마찰과 인장에 필요한 철근량을 모두 만족시키려면 **두 값 중 큰 값**을 기준으로 삼아야 한다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄹ이므로 ②의 조합에 해당한다.

NoteBase

**문 5. 부재 설계 시 콘크리트 압축분포를 등가직사각형 응력블록으로 볼 때 단면의 가장자리에서 최대압축변형률이 일어나는 응력블록의 높이 $a = \beta_1 \cdot c$로 보고 계산할 경우, 이때 등가직사각형 응력블록과 관계된 계수 $\beta_1$의 하한값인 0.65에 해당하는 콘크리트의 최소 압축강도 $f_{ck}$는 얼마인가? (단, 소수점 둘째 자리에서 반올림하며, 「콘크리트구조기준(2012)」을 적용한다.)**

① 50.8MPa

② 53.3MPa

③ 56.6MPa

④ 60.1MPa

**정답 3번**

**간단한 해설**

$\beta_1$은 콘크리트 강도가 28 MPa를 넘으면 1 MPa당 0.007씩 감소한다. 따라서 0.85에서 **하한값 0.65에 처음 도달하는 강도**를 구하면, 반올림하여 56.6 MPa이다.

**계산 과정**

1. 계수의 의미와 기준식: $a = \beta_1 \cdot c$에서 a는 등가직사각형 응력블록의 높이, c는 압축연단에서 중립축까지의 거리이며, $\beta_1$은 두 길이의 비를 나타낸다. 「콘크리트구조기준(2012)」 6.2.1(7)③에 따르면 콘크리트 압축강도 $f_{ck}$가 28 MPa 이하일 때 $\beta_1 = 0.85$이다. 28 MPa를 초과하면 **초과 강도 1 MPa당 0.007씩 감소**시키되, 0.65보다 작게 하지 않는다. 따라서 $f_{ck}$를 MPa 단위의 수치로 넣으면, 하한에 도달하기 전의 관계는 $\beta_1 = 0.85 - 0.007(f_{ck} - 28)$이다.

2. 하한까지 필요한 강도 증가분: 하한값에 처음 도달하는 지점에서는 $0.65 = 0.85 - 0.007(f_{ck} - 28)$이 성립한다. 계수가 감소해야 하는 양은 $0.85 - 0.65 = 0.20$이므로, 필요한 강도 증가분은 $f_{ck} - 28 = \frac{0.20}{0.007} \approx 28.5714$이다. 이는 전체 압축강도가 아니라 **28 MPa를 초과하는 강도 증가분**이다.

3. 최소 압축강도와 반올림: 기준 강도에 증가분을 더하면 $f_{ck} = 28 + \frac{0.20}{0.007} \approx 56.5714$ MPa이다. 이보다 강도가 커져도 계수는 하한값 0.65로 유지되므로, 등식이 성립하는 지점이 요구한 최소 강도이다. 소수점 둘째 자리에서 반올림하면 56.6 MPa로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 6. 콘크리트 강도 평가를 위한 코어 시험에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은? (단, 「콘크리트구조기준(2012)」을 적용한다.)**

① 콘크리트 강도시험 값이 $f_{ck}$가 35MPa 이하인 경우 $f_{ck}$보다 3.5MPa 이상 부족하거나, 또는 $f_{ck}$가 35MPa 초과인 경우 $0.1f_{ck}$ 이상 부족한지 여부를 알아보기 위하여 3개의 코어를 채취하여야 한다.

② 구조물의 콘크리트가 습윤된 상태에 있다면 코어는 적어도 24시간 동안 물 속에 담가 두어야 하며 습윤상태에서 시험하여야 한다.

③ 구조물에서 콘크리트 상태가 건조된 경우 코어는 시험 전 7일 동안 공기(온도 15~30℃, 상대습도 60% 이하)로 건조시킨 후 기건상태에서 시험하여야 한다.

④ 코어 공시체 3개의 평균값이 $f_{ck}$의 85%에 달하고, 각각의 코어 강도가 $f_{ck}$의 75%보다 작지 않으면 구조적으로 적합하다고 판정할 수 있다.

**정답 2번**

**간단한 해설**

습윤 상태의 구조물에서 채취한 코어는 물속에 **적어도 40시간** 담가 둔 뒤 습윤 상태로 시험하여야 한다. ②의 '24시간'은 「콘크리트구조기준(2012)」의 침수 시간에 미달한다.

NoteBase

**선지별 해설**

코어 시험은 구조물에서 직접 채취한 콘크리트 시험체의 강도를 조사하는 시험이다. 다음은 「콘크리트구조기준(2012)」 2.3.3(4)에 따른 내용이며, $f_{ck}$는 설계기준압축강도이다.

① O: 2.3.3(4)②는 콘크리트 강도가 현저히 부족하고 계산상 하중저항능력이 크게 감소하였다고 판단될 때, 문제된 부분에서 코어를 채취하여 시험하도록 한다. 강도 부족 여부를 조사하기 위한 **코어 채취 개수는 3개**이다. 이때 부족량의 기준은 $f_{ck}$가 35 MPa 이하이면 3.5 MPa 이상, 35 MPa를 초과하면 $0.1f_{ck}$ 이상이다.

② X: 2.3.3(4)③에 따라 구조물의 콘크리트가 습윤 상태이면 코어를 물속에 **적어도 40시간** 담가 두고 습윤 상태로 시험하여야 한다. 선지의 '24시간'을 '40시간'으로 고쳐야 한다. 코어의 시험 상태를 구조물 콘크리트의 습윤 상태에 맞추도록 정한 규정이다.

③ O: 2.3.3(4)③에 따라 구조물의 콘크리트가 건조 상태이면 코어도 **시험 전 7일 동안 공기 중에서 건조**시킨 후 기건 상태로 시험한다. 공기 조건은 온도 15~30℃, 상대습도 60% 이하이다. 습윤 상태의 코어에 적용하는 침수 조건과 구별해야 한다.

④ O: 2.3.3(4)④에 따라 코어 공시체 3개의 평균 강도가 $f_{ck}$의 85% 이상이고, 개별 코어 강도도 각각 $f_{ck}$의 75% 이상이면 구조적으로 적합하다고 판정할 수 있다. **평균값 기준과 개별값 기준을 모두 충족**해야 하므로 평균이 85% 이상이어도 어느 하나의 코어 강도가 75% 미만이면 이 판정 기준을 만족하지 못한다.

NoteBase

**문 7. 「콘크리트구조기준(2012)」에서는 콘크리트의 건조수축 변형률을 산정하기 위해서 개념 건조수축계수($\varepsilon_{sho}$)에 건조기간에 따른 건조수축 변형률 함수($\beta_s(t-t_s)$)를 곱하도록 규정하고 있다. 개념 건조수축계수 산정 시에 고려되는 요소로 가장 옳지 않은 것은?**

① 외기 습도

② 시멘트 종류

③ 재령 28일에서 콘크리트의 평균 압축강도

④ 순인장변형률

**정답 4번**

**간단한 해설**

개념 건조수축계수는 콘크리트의 재료 특성과 건조 환경을 반영하며, **순인장변형률을 산정 변수로 사용하지 않는다**.

**공통 해설**

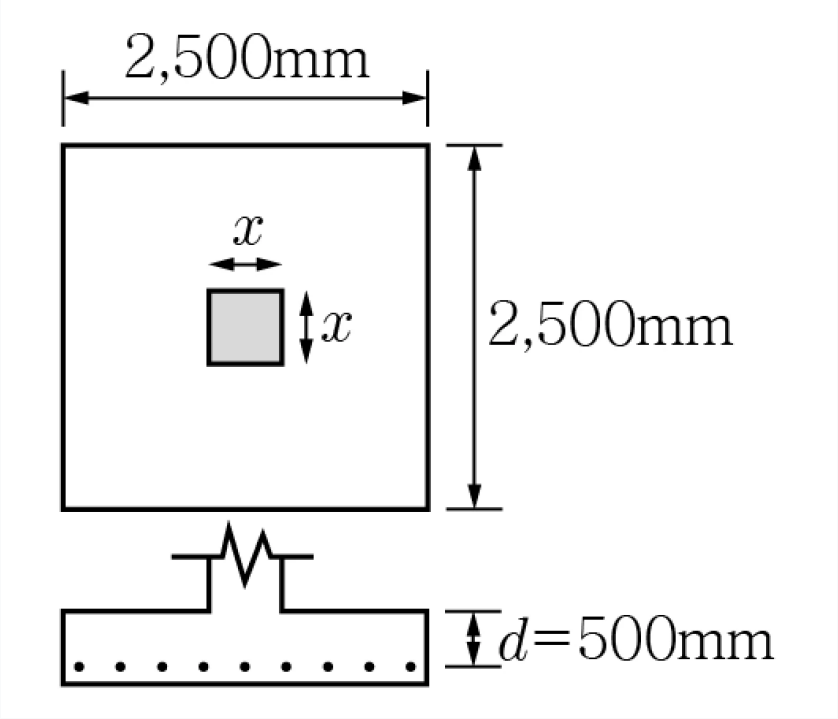
건조수축은 콘크리트가 수분을 잃으면서 수축하는 현상이다. 「콘크리트구조기준(2012)」의 식 (2.2.19)는 개념 건조수축계수를 $\varepsilon_{sho} = \varepsilon_s(f_{cu})\beta_{RH}$로 정한다. 즉, 콘크리트의 재료 특성을 반영하는 항에 외기 습도의 영향을 나타내는 계수를 곱한다.

식 (2.2.20)의 $\varepsilon_s(f_{cu})$에는 **재령 28일의 평균 압축강도** $f_{cu}$와 **시멘트 종류에 따른 계수** $\beta_{sc}$가 반영된다. 식 (2.2.21)의 $\beta_{RH}$는 외기의 상대습도에 따라 정해진다. 따라서 외기 습도, 시멘트 종류, 재령 28일의 평균 압축강도는 모두 개념 건조수축계수의 산정 요소이다.

**순인장변형률은 이 산정 관계에 포함되지 않는다**. 또한 건조기간에 따른 수축의 진행 정도는 개념 건조수축계수와 구별하여 $\beta_s(t-t_s)$로 반영한다.

NoteBase

**문 8. 그림과 같이 독립확대기초에서 2방향 펀칭전단에 대한 위험단면의 둘레길이가 4,000mm일 때 기둥의 면적은?**




① 200,000mm$^2$

② 230,000mm$^2$

③ 250,000mm$^2$

④ 300,000mm$^2$

**정답 3번**

**간단한 해설**

2방향 펀칭전단의 위험단면은 **기둥 각 면에서 유효깊이의 1/2만큼 바깥쪽**에 있다. 위험단면의 한 변은 1,000 mm이고 유효깊이는 500 mm이므로, 기둥 한 변은 500 mm, 기둥 면적은 250,000 mm$^2$이다.

NoteBase

**계산 과정**

위험단면의 위치: 그림에서 기둥 단면은 한 변이 x인 정사각형이고, 기초의 유효깊이 d는 500 mm이다. 2방향 펀칭전단의 위험단면은 기둥 각 면에서 $d/2$만큼 바깥쪽에 잡는다. 따라서 위험단면의 한 변은 기둥 한 변보다 **양쪽으로 유효깊이의 1/2씩** 길어져 $x + d$가 되고, 그 둘레길이는 $b_0 = 4(x + d)$이다.

기둥 한 변의 길이: 주어진 둘레길이 4,000 mm를 적용하면 $4(x + 500) = 4{,}000$이다. 이를 풀면 $x = \frac{4{,}000}{4} - 500 = 500\text{mm}$이다. 여기서 1,000 mm는 위험단면의 한 변이며, 이 값에서 유효깊이 500 mm를 빼야 기둥 한 변을 얻는다.

기둥 면적: 정사각형 기둥의 면적은 $A = x^2$이므로, $500 \times 500 = 250{,}000\ \text{mm}^2$이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 9. 포스트텐션 보의 정착구역에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 「콘크리트구조기준(2012)」을 적용한다.)**

① 일반구역은 국소구역을 제외한 정착구역으로 정의한다.

② 국소구역은 정착장치의 적절한 기능수행을 위하여 필요한 위치에 국소구역 보강을 하여야 한다.

③ 국소구역은 정착장치 및 이와 일체가 되는 구속철근과 이들을 둘러싸고 있는 콘크리트 사각기둥으로 정의한다.

④ 일반구역은 정착장치에 의해 유발되는 파열력, 할렬력 및 종방향 단부인장력에 저항할 수 있도록 보강하여야 한다.

**정답 1번**

**간단한 해설**

①의 '국소구역을 제외한'은 **'국소구역을 포함하는'**으로 고쳐야 한다. 일반구역은 정착장치 주변의 국소구역까지 포함하여 긴장력의 전달을 검토하는 범위이다.

**선지별 해설**

① X: 「콘크리트구조기준(2012)」 9.9.1(1)②는 일반구역을 **국소구역을 포함하는 정착구역**으로 정의한다. 따라서 '국소구역을 제외한'이라는 표현이 잘못되었다. 국소구역과 일반구역은 서로 겹치지 않는 두 영역이 아니라, 일반구역 안에 국소구역이 포함되는 관계이다.

② O: 같은 기준 9.9.1(2)②에 따라 정착장치가 적절히 기능하도록 **필요한 위치에 국소구역 보강을 하여야 한다**. 정착장치 가까이에서는 긴장력이 좁은 면적을 통해 콘크리트에 전달되므로, 이 부분의 안전한 힘 전달을 위한 보강이 필요하다.

③ O: 같은 기준 9.9.1(1)①에 따른 국소구역의 정의이다. 국소구역은 정착장치만을 가리키는 것이 아니라 **정착장치·구속철근·이를 둘러싼 콘크리트**를 함께 포함한다. 원형 또는 타원형 정착구의 경우에는 콘크리트 영역을 등가의 사각기둥으로 본다.

④ O: 같은 기준 9.9.1(3)②는 일반구역을 **파열력·할렬력·종방향 단부인장력에 저항하도록** 보강하도록 규정한다. 정착장치가 전달하는 집중 압축력이 부재 내부로 퍼지는 과정에서는 인장력도 발생하므로, 압축력만 고려해서는 안 된다.

NoteBase

**문 10. 콘크리트의 설계기준압축강도 ($f_{ck}$)가 50MPa인 경우 콘크리트의 할선탄성계수를 구하는 식은? (단, 보통중량 골재를 사용한 콘크리트의 경우임)**

① $E_C = 8,500 \cdot \sqrt[3]{50}$

② $E_C = 8,500 \cdot \sqrt[3]{54}$

③ $E_C = 8,500 \cdot \sqrt[3]{55}$

④ $E_C = 8,500 \cdot \sqrt[3]{56}$

**정답 3번**

**간단한 해설**

할선탄성계수 식에는 설계기준압축강도가 아니라 **평균압축강도**를 넣는다. 50 MPa에서는 직선보간한 보정값이 5 MPa이므로, 평균압축강도 55 MPa를 사용한 $E_C = 8,500 \cdot \sqrt[3]{55}$가 된다.

**계산 과정**

보통중량 골재를 사용한 콘크리트의 할선탄성계수는 $E_C = 8,500 \cdot \sqrt[3]{f_{cm}}$으로 구한다. 여기서 $f_{cm}$은 평균압축강도이며, 강도와 탄성계수의 단위는 MPa이다. 평균압축강도에 대한 충분한 시험자료가 없으면 $f_{cm} = f_{ck} + \Delta f$로 구한다.

보정값 $\Delta f$는 설계기준압축강도가 40 MPa 이하이면 4 MPa, 60 MPa 이상이면 6 MPa이며, 그 사이는 **직선보간**한다. 주어진 50 MPa는 40 MPa와 60 MPa의 중간이므로, $\Delta f = 4 + \frac{50-40}{60-40} \cdot (6-4) = 5$ MPa이다. 이는 설계기준압축강도에 더할 보정값이다.

따라서 평균압축강도는 $f_{cm} = 50 + 5 = 55$ MPa이다. 이를 탄성계수 식에 넣으면 $E_C = 8,500 \cdot \sqrt[3]{55}$ MPa가 되며, ③의 식과 일치한다.

NoteBase

**문 11. 제주도 지역에 위치하는 교량 설계 시 적용하여야 할 지진구역계수(재현주기 500년)는? (단, 「도로교설계기준(2016)」을 적용한다.)**

① 0.07

② 0.10

③ 0.11

④ 0.15

**정답 1번**

**간단한 해설**

제주도는 **지진구역 II**에 속하며, 「도로교설계기준(2016)」에서 재현주기 500년에 해당하는 지진구역계수는 **0.07**이다.

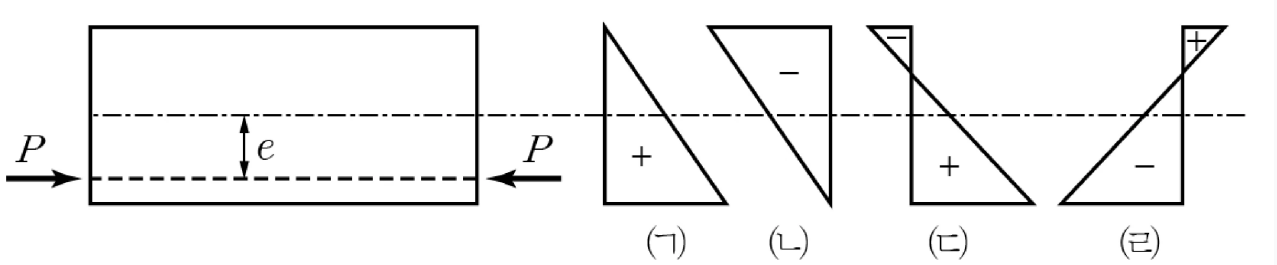
**공통 해설**

지진구역계수는 지역의 지진 위험도를 반영하여 정한 기준값이다. 「도로교설계기준(2016)」에서 재현주기 500년에 해당하는 계수는 지진구역 Ⅰ이 0.11, 지진구역 II가 0.07이다.

교량이 위치한 **제주도는 지진구역 II**에 해당하므로 적용할 지진구역계수는 0.07이다. 이는 지반운동의 가속도를 중력가속도 g를 기준으로 나타내면 0.07g에 해당한다. 0.11은 지진구역 Ⅰ의 값이며, 0.10과 0.15도 이 조건에서 제주도에 적용하는 기준값이 아니다.

NoteBase

**문 12. 그림과 같이 콘크리트 부재에 프리스트레스를 도입할 때, 프리스트레스만에 의해 발생 가능한 단면 내 응력분포 형태를 모두 고르면? (단, +는 압축응력을, −는 인장응력을 나타낸다.)**




① (ㄱ), (ㄷ)

② (ㄱ), (ㄹ)

③ (ㄴ), (ㄷ)

④ (ㄴ), (ㄹ)

**정답 1번**

**간단한 해설**

단면 중심보다 아래에 압축력이 작용하면 **하부 압축응력은 커지고 상부 압축응력은 줄어든다**. 편심 정도에 따라 상부 응력이 0이 되거나 인장으로 바뀔 수 있지만, 하부에는 압축응력이 발생한다.

NoteBase

**보기별 해설**

프리스트레스만에 의한 탄성 응력분포는 균일한 축압축응력과 편심에 의한 휨응력을 합하여 구한다. 압축을 +로 하고 단면 중심에서 아래쪽을 y의 양의 방향으로 정하면, 응력은 $\sigma(y) = \frac{P}{A} + \frac{Pe}{I}y$이다. 여기서 P는 압축력, A는 단면적, I는 단면 중심축에 대한 단면2차모멘트, e는 그림에 표시된 아래쪽 편심거리이다. 단면 중심에서는 균일 압축성분만 남고, 아래로 갈수록 압축응력이 커진다.

(ㄱ) O: 상부 응력이 0이고 아래로 갈수록 압축응력이 커지는 삼각형 분포이다. 상부에서 편심에 의한 인장성분이 축압축성분과 정확히 같아져 상쇄되면 이 형태가 된다.

(ㄴ) X: 단면 전체가 인장응력인 분포이다. 그림의 외력은 압축력 P이므로 단면 응력의 합력도 압축이어야 한다. **단면 전체가 인장인 분포는 발생할 수 없다**. 편심으로 상부에 인장이 생겨도 하부에는 압축이 남는다.

(ㄷ) O: 상부는 인장, 하부는 압축인 분포이다. 상부에서 편심에 의한 인장성분이 축압축성분보다 커지면 상부 응력이 인장으로 바뀐다. 하부에서는 두 성분이 모두 압축으로 더해지므로 이 형태가 가능하다.

(ㄹ) X: 상부는 압축, 하부는 인장으로 나타나 있다. 그림처럼 압축력이 중심보다 아래에 작용하면 하부에서는 축압축성분과 휨압축성분이 더해진다. 따라서 **하부가 인장인 방향으로 응력분포가 뒤집힐 수 없다**. 이 조건에서는 상부 응력이 작고 하부 압축응력이 큰 분포가 되어야 한다.

발생 가능한 형태는 (ㄱ), (ㄷ)이므로 ①의 조합에 해당한다.

NoteBase

**문 13. 구조물의 부재, 부재 간의 연결부나 부재단면의 휨모멘트, 전단력 등에 대한 설계 강도를 구할 때 1보다 작은 강도 감소계수 ∅를 사용하는 목적으로 적합하지 않은 것은?**

① 초과하중이나 하중조합의 영향을 고려

② 재료의 강도와 치수 등 변동에 대비

③ 구조물에서 차지하는 부재의 중요성을 반영

④ 부정확한 설계방정식에 대비해 여유를 확보

**정답 1번**

**간단한 해설**

초과하중과 여러 하중의 동시 작용은 **하중계수와 하중조합**으로 고려한다. 강도 감소계수는 재료·치수의 변동이나 설계식의 오차 등 **저항강도 측의 불확실성**을 반영하여 공칭강도를 낮추는 계수이다.

**선지별 해설**

공칭강도는 재료강도와 부재 치수 등을 이용해 설계식으로 계산한 강도이며, 설계강도는 여기에 1보다 작은 강도 감소계수를 곱한 값이다. 실제 부재의 강도가 계산값보다 작을 가능성 등에 대비하여 사용할 수 있는 강도를 보수적으로 정한다.

① X: 초과하중의 가능성과 여러 하중이 함께 작용하는 영향은 **하중계수와 하중조합**으로 고려한다. 이는 부재에 요구되는 강도를 산정하는 하중 측의 문제이다. 강도 감소계수는 부재가 제공하는 저항강도를 낮추는 계수이므로, 선지의 내용은 강도 감소계수의 사용 목적에 해당하지 않는다.

② O: 실제 재료강도와 시공된 부재의 치수는 설계에 사용한 값과 차이가 날 수 있다. 이로 인해 **실제 부재강도가 공칭강도보다 작아질 가능성**에 대비하는 것이 강도 감소계수의 목적이다.

③ O: 부재가 파괴되었을 때 구조물 전체의 안전에 미치는 영향은 부재의 역할에 따라 다르다. 강도 감소계수는 이러한 **부재의 중요성과 요구되는 신뢰성**을 반영하여 안전여유를 확보한다.

④ O: 설계방정식은 실제 거동을 단순화한 가정과 계산모형에 기초하므로 실제 강도를 정확히 예측하지 못할 수 있다. 강도 감소계수는 **설계식이 강도를 과대평가할 가능성**에 대비하여 공칭강도에 여유를 둔다.

NoteBase

**문 14. 프리스트레스의 손실에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은? (단, $P_j$: 재킹 힘, $P_i$: 도입직후의 프리스트레스 힘, $P_e$: 유효 프리스트레스 힘이다.)**

① 즉시손실과 시간적 손실을 합한 긴장재의 손실은 일반적으로 재킹 힘 $P_j$의 20~35% 범위이다.

② 도입직후의 프리스트레스 힘 ($P_i$)은 즉시손실이 발생한 이후에 긴장재에 작용하는 힘이다.

③ 유효 프리스트레스 힘 ($P_e$)은 시간적손실이 발생한 이후에 긴장재에 작용하는 힘이다.

④ 프리스트레스 힘의 유효율($R$)은 $P_e = RP_j$ 또는 $R = \frac{P_e}{P_j}$로 나타낸다.

**정답 4번**

**간단한 해설**

프리스트레스 힘의 유효율은 **즉시손실 후의 도입직후 힘**을 기준으로 하므로 $R = \frac{P_e}{P_i}$, $P_e = RP_i$이다. ④는 기준이 되는 힘을 재킹 힘 $P_j$로 잘못 나타냈다.

**선지별 해설**

① O: 총손실은 도입 과정의 즉시손실과 도입 후 시간 경과에 따른 시간적 손실을 합한 것이다. 그 크기는 $P_j - P_e$이며, 일반적으로 **재킹 힘의 20~35%** 범위이다. 이는 통상적인 범위로, 실제 손실량은 긴장 방식과 재료·시공 조건 등에 따라 달라진다.

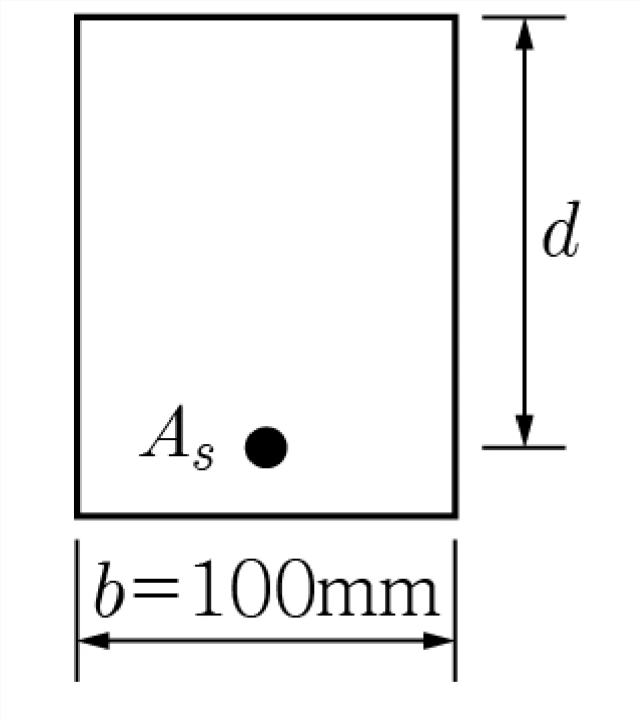
② O: $P_i$는 재킹 힘 $P_j$에서 **즉시손실을 뺀 힘**이다. 즉시손실의 원인에는 정착장치의 활동, 긴장재와 쉬스 사이의 마찰, 콘크리트의 탄성단축 등이 있다. 따라서 도입직후의 힘을 재킹 당시의 힘과 구별해야 한다.

③ O: $P_e$는 도입직후의 힘 $P_i$에서 **시간적 손실까지 뺀 후 남는 힘**이다. 콘크리트의 크리프·건조수축과 긴장재의 릴랙세이션으로 인장력이 더 감소하므로, 유효 프리스트레스 힘에는 즉시손실과 시간적 손실이 모두 반영된다.

④ X: 유효율은 도입직후의 힘에 대해 시간적 손실 후에도 남아 있는 힘의 비율이다. 따라서 분모는 재킹 힘이 아니라 **도입직후의 힘**이며, $R = \frac{P_e}{P_i}$, $P_e = RP_i$로 고쳐야 한다. $\frac{P_e}{P_j}$는 즉시손실과 시간적 손실을 모두 반영한 재킹 힘 대비 잔존 비율이므로, 여기서 정의하는 유효율과 구별된다.

NoteBase

**문 15. 계수전단력 $V_u = 7.5\text{kN}$이 폭 $b = 100\text{mm}$인 직사각형 단면에 작용한다. 이때, 전단철근 없이 콘크리트만으로 견딜 수 있는 단면의 최소 유효깊이 $d$는? (단, 콘크리트 설계기준 압축강도 $f_{ck} = 36\text{MPa}$, 보통중량콘크리트이고, 「콘크리트구조기준(2012)」을 적용한다.)**




① 150mm

② 200mm

③ 250mm

④ 300mm

**정답 2번**

**간단한 해설**

전단철근을 생략하는 일반 조건은 계수전단력이 **콘크리트 설계전단강도의 1/2 이하**인 것이다. 이 조건에 주어진 강도와 폭을 대입하면 최소 유효깊이는 200 mm이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 단면과 적용 계수: 그림의 $d$는 압축연단에서 인장철근 도심까지의 유효깊이이며, 직사각형 단면의 복부 폭은 $b_w = b = 100\text{mm}$이다. 보통중량콘크리트이므로 경량콘크리트계수는 $\lambda = 1.0$, 전단에 대한 강도감소계수는 $\phi = 0.75$를 적용한다. 계수전단력 7.5 kN은 7,500 N으로 환산한다.

2. 콘크리트의 전단강도: 축력이 별도로 주어지지 않은 보의 콘크리트 전단강도는 $V_c = \frac{1}{6}\lambda\sqrt{f_{ck}}\,b_w d$로 계산한다. 압축강도 36 MPa과 폭 100 mm를 대입하면 $V_c = \frac{1}{6}\cdot 1\cdot\sqrt{36}\cdot 100d = 100d$이다. 여기서 깊이를 mm로 넣으면 전단강도는 N으로 얻어진다. $V_c$는 콘크리트의 공칭전단강도이고, 여기에 강도감소계수를 곱한 $\phi V_c$가 설계전단강도이다.

3. 전단철근 생략 조건: 「콘크리트구조기준(2012)」 7.4.3의 최소 전단철근 규정에 따라, 별도의 배치 예외가 주어지지 않은 이 문제에서는 **최소 전단철근도 필요하지 않은 범위**인 $V_u \le \frac{\phi V_c}{2}$를 적용한다. 단순히 $V_u \le \phi V_c$만 확인하면 최소 전단철근의 배치 요구를 놓치게 된다. 수치를 대입하면 $7500 \le \frac{0.75}{2}\cdot 100d = 37.5d$이고, 이를 깊이에 대해 정리하면 $d \ge \frac{7500}{37.5} = 200\text{mm}$이다.

4. 최소값 선택: 유효깊이가 커질수록 전단철근을 생략할 수 있는 전단력의 한계도 커지므로, 위 부등식의 경계값인 200 mm가 최소 유효깊이이다. 이는 ②의 200 mm에 해당한다.

NoteBase

**문 16. 항복강도가 400MPa인 용접용 철근을 이용하여 용접이음을 할 때 용접이음부에서 발휘해야 하는 응력의 최솟값은? (단, 「콘크리트구조기준(2012)」을 적용한다.)**

① 400MPa

② 450MPa

③ 500MPa

④ 550MPa

**정답 3번**

**간단한 해설**

용접이음은 철근 설계기준항복강도의 **125% 이상**을 발휘해야 한다. 항복강도가 400 MPa이면 이음부에 요구되는 최소 응력은 500 MPa이다.

**계산 과정**

기준과 조건: 「콘크리트구조기준(2012)」 8.6.1(3)①에 따르면, 용접이음에는 용접용 철근을 사용하고 철근 설계기준항복강도의 **125% 이상을 발휘하는 완전용접**을 해야 한다. 철근의 설계기준항복강도를 $f_y$, 이음부에 요구되는 최소 응력을 $\sigma_{\min}$이라 하면, $\sigma_{\min} = 1.25 f_y$이다.

수치 대입: 주어진 항복강도는 400 MPa이므로, 최소 요구 응력은 $1.25 \times 400 = 500$ MPa이다. 1.25는 단위가 없는 배율이므로 계산 결과의 단위도 MPa이다.

결과: 500 MPa는 기준의 하한값이며, 이보다 큰 응력도 강도 요건을 충족하지만 **요구되는 최솟값은 500 MPa**이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 17. 「콘크리트구조기준(2012)」에서는 휨모멘트와 축력을 받는 철근콘크리트 부재의 강도설계를 위하여 기본적인 가정을 따르도록 규정하고 있다. 강도설계법의 기본 가정에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?**

① 철근과 콘크리트의 응력은 중립축으로부터의 거리에 비례하는 것으로 가정한다.

② 압축연단에서의 극한변형률은 0.003으로 가정한다.

③ 휨응력 계산에서 콘크리트의 인장강도는 무시할 수 있다.

④ 극한상태에서의 압축응력의 분포와 콘크리트 변형률 사이의 관계는 실험의 결과와 실질적으로 일치하는 직사각형, 사다리꼴 등의 형상으로 가정할 수 있다.

**정답 1번**

**간단한 해설**

중립축에서의 거리에 비례한다고 가정하는 것은 응력이 아니라 **변형률**이다. 강도설계에서는 재료의 비선형 거동을 고려하므로, 변형률 분포가 선형이어도 응력 분포까지 선형인 것은 아니다.

**선지별 해설**

① X: 「콘크리트구조기준(2012)」 6.2.1(2)는 철근과 콘크리트의 **변형률이 중립축에서의 거리에 비례**한다고 가정한다. 이는 휨을 받아도 단면이 평면을 유지한다는 평면유지 가정에 해당한다. 응력은 재료의 응력·변형률 관계로 결정되며, 예를 들어 철근은 항복 후 변형률이 증가해도 응력을 항복강도로 일정하게 본다. 따라서 선지의 '응력'을 '변형률'로 고쳐야 한다. 다만 깊은보에는 비선형 변형률 분포를 고려하거나 스트럿-타이 모델을 적용할 수 있다.

② O: 6.2.1(3)은 휨모멘트 또는 휨모멘트와 축력을 동시에 받는 부재에서 콘크리트 압축연단의 **극한변형률을 0.003**으로 가정한다. 압축연단은 단면에서 가장 크게 압축되는 가장자리이며, 0.003은 길이 대비 변형량이므로 단위가 없다.

③ O: 6.2.1(5)에 따라 기준 9.3.1의 예외를 제외하면 철근콘크리트 단면의 축강도와 휨강도 계산에서 **콘크리트의 인장강도를 무시**할 수 있다. 인장측 콘크리트는 균열이 발생하므로, 휨강도를 구할 때 인장력은 철근이 부담하는 것으로 본다.

④ O: 6.2.1(6)은 콘크리트의 압축응력 분포를 직사각형·사다리꼴·포물선형 등으로 가정할 수 있도록 한다. 형상을 임의로 정한다는 뜻이 아니라, **강도 예측이 광범위한 실험 결과와 실질적으로 일치**해야 한다. 변형률의 선형 분포와 압축응력 분포의 형상은 구별해야 한다.

NoteBase

**문 18. 1방향 슬래브에 대한 다음 설명 중 가장 옳지 않은 것은? (단, 「콘크리트구조기준(2012)」을 적용한다.)**

① 4변에 의해 지지되는 2방향 슬래브 중 장변의 길이가 단변의 길이의 2배를 넘으면 1방향 슬래브로 해석한다.

② 철근콘크리트 보와 일체로 만든 연속 슬래브에서 경간 중앙의 정모멘트는 양단 고정보로 보고 계산한 값 이하이어야 한다.

③ 철근콘크리트 보와 일체로 만든 연속 슬래브에서 활하중에 의한 경간 중앙의 부모멘트는 산정된 값의 1/2만 취할 수 있다.

④ 철근콘크리트 보와 일체로 만든 연속 슬래브에서 순경간이 3.0m를 초과할 때는 순경간 내면의 휨모멘트를 사용할 수 있다.

**정답 2번**

**간단한 해설**

②의 '이하'는 '이상'으로 고쳐야 한다. 철근콘크리트 보와 일체로 만든 연속 슬래브의 경간 중앙 정모멘트는 **양단 고정으로 계산한 값 이상**으로 취하여, 중앙부의 설계 휨모멘트를 지나치게 작게 잡지 않도록 한다.

**선지별 해설**

① O: 「콘크리트구조기준(2012)」 10.2.1(2)에 따라, 네 변이 지지된 슬래브라도 장변이 단변의 **2배를 초과**하면 1방향 슬래브로 해석한다. 하중이 주로 단변방향으로 전달되므로 일반적으로 단변방향의 경간을 사용하여 설계한다.

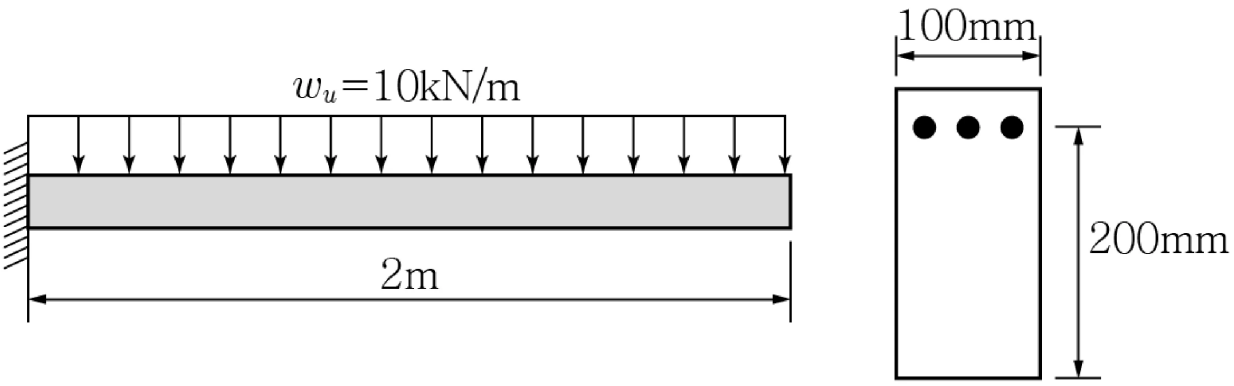
② X: 같은 기준 10.2.2(1)②는 보와 일체로 만든 연속 슬래브의 경간 중앙 정모멘트를 **양단 고정으로 계산한 값 이상**으로 취하도록 정한다. 이는 중앙부 정모멘트의 하한을 정한 것이므로, 선지의 '이하이어야 한다'는 '이상이어야 한다'로 고쳐야 한다.

③ O: 같은 기준 10.2.2(1)①에 따라 **활하중에 의한 경간 중앙의 부모멘트**는 산정값의 1/2만 취할 수 있다. 이 저감 규정을 고정하중에 의한 모멘트나 중앙부 정모멘트에까지 확대하여 적용해서는 안 된다.

④ O: 같은 기준 10.2.2(1)③에 따라 순경간, 즉 지지부 안쪽 면 사이의 거리가 **3.0 m를 초과**하면 순경간 내면의 휨모멘트를 사용할 수 있다. 다만 그 값은 순경간을 경간으로 하여 계산한 고정단 휨모멘트 이상이어야 한다. 지지부 내면의 값을 사용할 수 있다는 허용과 이 하한 조건을 함께 적용한다.

NoteBase

**문 19. 내민보에 자중을 포함한 계수등분포하중($w_u$) 10kN/m가 작용할 때, 위험단면에서 콘크리트가 부담하는 전단력($V_c$)이 16.67kN이라면 전단보강철근이 부담해야 할 전단력($V_s$)의 최솟값은? (단, 보통중량의 콘크리트를 사용하였으며 $f_{ck}$ = 25MPa, $f_y$ = 280MPa, 강도설계법을 적용한다.)**




① 5.83kN

② 6.36kN

③ 7.33kN

④ 8.12kN

**정답 3번**

**간단한 해설**

위험단면은 고정단에서 유효깊이 0.2 m만큼 떨어진 곳이므로 계수전단력은 18 kN이다. **콘크리트와 전단철근의 부담분을 합한 값에 강도감소계수 0.75를 적용**해야 하므로, 전단철근이 부담할 전단력의 최솟값은 7.33 kN이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 위험단면의 위치: 아래쪽 압축연단에서 위쪽 인장철근 중심까지의 거리가 유효깊이이다. 그림에서 $d = 200\text{mm} = 0.2\text{m}$이다. 보의 윗면에 등분포하중이 작용하고 받침부와 위험단면 사이에 집중하중이 없으므로, **고정단 면에서 유효깊이만큼 떨어진 단면**을 전단 위험단면으로 삼는다.

2. 계수전단력: 위험단면에서 자유단까지 남은 길이는 $2 - 0.2 = 1.8$ m이다. 이 구간에 작용하는 등분포하중의 합력이 위험단면의 전단력이므로 $V_u = w_u(L - d)$이다. 따라서 $V_u = 10 \cdot 1.8 = 18\text{kN}$이다. 주어진 하중은 자중을 포함한 계수하중이므로 하중계수나 자중을 다시 더하지 않는다.

3. 전단강도 조건: 공칭전단강도는 콘크리트 부담분과 전단철근 부담분의 합이므로 $V_n = V_c + V_s$이다. 전단에 대한 강도감소계수는 $\phi = 0.75$이며, **강도감소계수를 두 부담분의 합 전체에 적용**한 설계전단강도가 계수전단력 이상이어야 한다. 즉, $\phi(V_c + V_s) \geq V_u$를 만족해야 한다.

4. 필요한 전단철근 부담분: 위 조건을 정리하면 $V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c$이다. 필요한 전체 공칭전단강도는 $\frac{18}{0.75} = 24\text{kN}$이고, 이 중 콘크리트가 16.67 kN을 부담한다. 따라서 전단철근의 최소 부담분은 $24 - 16.67 = 7.33$ kN으로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 20. 콘크리트 압축강도 실험 결과 설계기준강도 $f_{ck}$가 50MPa이고, 충분한 실험에 의해 얻어진 표준편차 $s$가 5MPa이라면, 「콘크리트구조기준(2012)」에 따라 배합강도 $f_{cr}$은 얼마로 결정해야 하는가?**

① 43.3MPa

② 46.0MPa

③ 54.0MPa

④ 56.7MPa

**정답 4번**

**간단한 해설**

설계기준강도가 35 MPa을 초과하므로, 배합강도는 해당하는 **두 식의 계산값 중 큰 값**으로 정한다. 계산값은 56.70 MPa과 56.65 MPa이므로 배합강도는 56.7 MPa이다.

**계산 과정**

배합강도 $f_{cr}$는 압축강도의 변동을 고려하여 배합설계에서 목표로 삼는 평균 압축강도이다. 주어진 설계기준강도 $f_{ck}$는 50 MPa이고, 충분한 실험으로 얻은 표준편차 $s$는 5 MPa이므로 이 표준편차를 그대로 사용한다. 「콘크리트구조기준(2012)」 2.3.2(2)①에 따라 **설계기준강도가 35 MPa을 초과하는 경우**의 두 식을 적용한다.

첫 번째 식은 $f_{cr} = f_{ck} + 1.34s$이다. 식 (2.3.1)에 주어진 값을 대입하면 $50 + 1.34 \times 5 = 56.70$ MPa이다.

두 번째 식은 $f_{cr} = 0.9f_{ck} + 2.33s$이다. 식 (2.3.3)에 주어진 값을 대입하면 $0.9 \times 50 + 2.33 \times 5 = 56.65$ MPa이다.

두 식의 요구를 모두 충족하도록 **더 큰 계산값**을 채택한다. 56.70 MPa이 56.65 MPa보다 크므로 배합강도는 56.7 MPa이며, 이는 ④의 값에 해당한다.

NoteBase