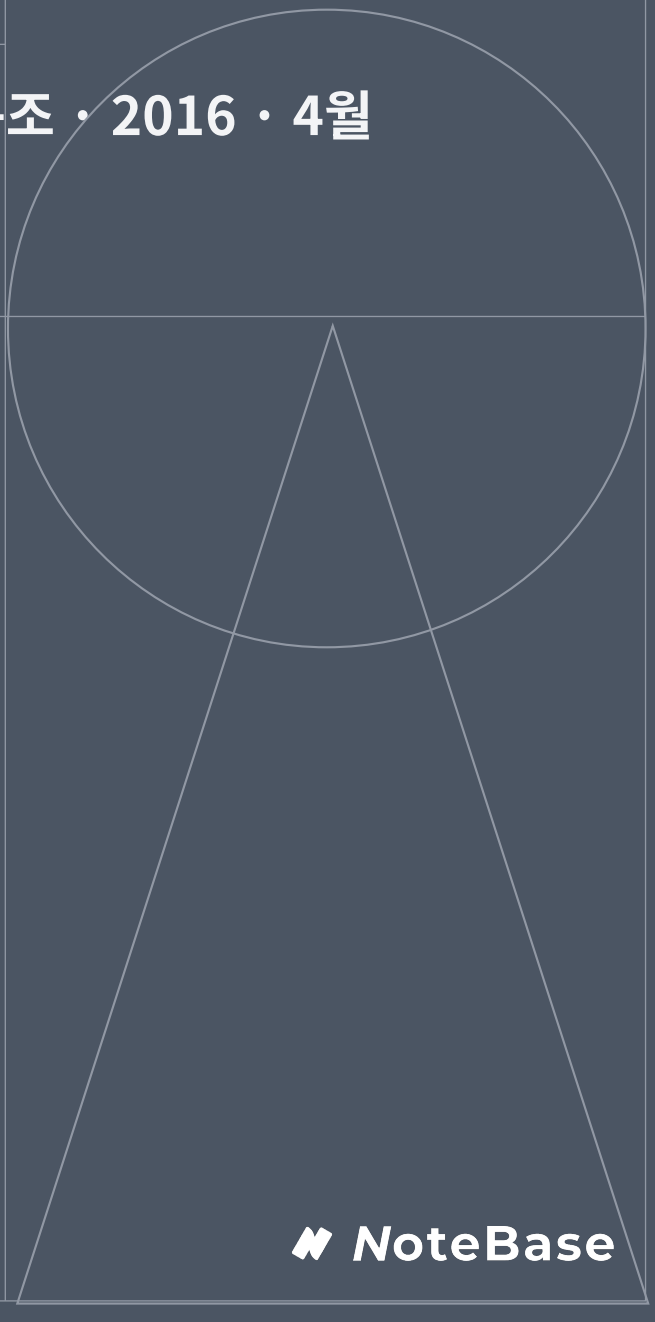
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 건축구조 · 2016 · 4월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 건축구조 · 2016 · 4월

공무원/서울시/9급 · 건축구조 · 2016 · 4월

문 1. 양단 단순지지보에 등분포하중이 작용하여 처짐이 발생하였다. 보 길이가 L에서 2L로 2배 증가하였을 경우, 동일한 처짐량을 갖도록 하려면 등분포하중은 몇 배가 되어야 하는가?

① 1/2배

② 1/4배

③ 1/8배

④ 1/16배

정답 4번

간단한 해설

휨강성이 같을 때 단순지지보의 처짐은 등분포하중의 크기와 **보 길이의 네제곱에 비례**한다. 길이가 2배가 되면 같은 하중에서 처짐이 16배가 되므로, 처짐을 유지하려면 하중을 $\frac{1}{16}$배로 줄여야 한다.

계산 과정

처짐 관계: 보의 재료와 단면은 변하지 않아 **휨강성 EI가 일정**하다고 본다. 보 전 길이에 등분포하중이 작용하는 단순지지보의 최대 처짐은 중앙에서 발생하며, $\delta = \frac{5wL^4}{384EI}$이다. 여기서 w는 단위 길이당 하중, L은 보 길이, E는 탄성계수, I는 단면2차모멘트이다.

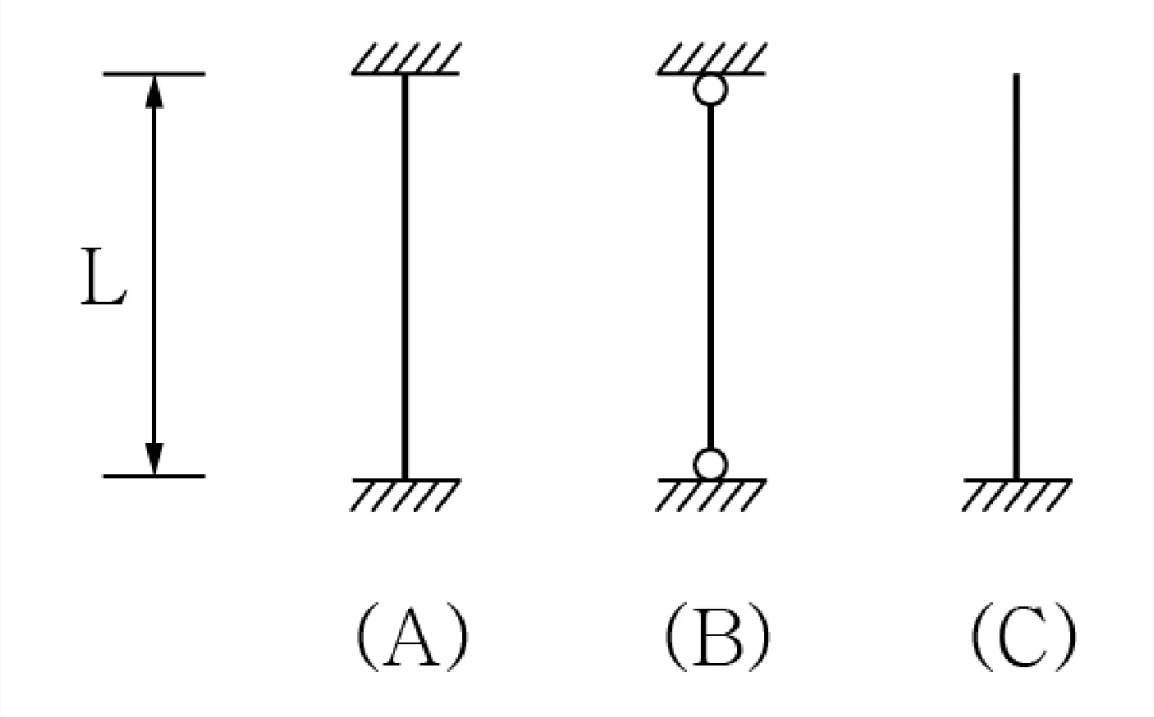
길이 변화의 영향: 위 식에서 EI가 일정하면 처짐은 wL^4에 비례한다. 따라서 하중을 그대로 두고 길이만 2L로 늘리면 처짐은 $2^4 = 16$배가 된다. 동일한 처짐을 얻으려면 이 증가분을 하중 감소로 상쇄해야 한다.

하중비 계산: 처음과 변경 후의 등분포하중을 각각 w_1, w_2라 하면, 처짐이 같다는 조건은 $w_1 L^4 = w_2 (2L)^4$이다. 양변에서 공통인 길이 항을 약분하면 $w_1 = 16w_2$이므로 $\frac{w_2}{w_1} = \frac{1}{16}$이다.

따라서 변경 후 등분포하중은 처음의 $\frac{1}{16}$배이며, ④의 값과 일치한다. 이 값은 단위 길이당 하중의 비이므로 단위가 없다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 기둥의 실제 길이(L)와 단면이 동일하고 단부 조건이 서로 다른 (A) : (B) : (C)에 대한 이론적인 탄성좌굴 하중(P_{cr}) 비율은?



① 3 : 2 : 1

② 4 : 2 : 1

③ 9 : 4 : 1

④ 16 : 4 : 1

정답 4번

간단한 해설

탄성좌굴하중은 **유효좌굴길이의 제곱에 반비례**한다. A·B·C의 유효좌굴길이는 각각 실제 길이의 0.5배·1배·2배이므로 하중비는 16 : 4 : 1이다.

NoteBase

계산 과정

단부 조건에 따른 이론값을 비교하므로 같은 재료의 이상적인 탄성 기둥으로 본다. 오일러 좌굴식은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$이다. E는 탄성계수, I는 좌굴 방향에 대한 단면2차모멘트, L은 실제 길이, K는 단부 조건에 따른 유효좌굴길이 계수이다. 세 기둥의 E·I·L이 같으므로 **K의 제곱의 역수**만 비교하면 된다. 기준 하중을 $P_0 = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$으로 둔다.

(A): 위아래가 모두 고정되어 단부 회전과 횡변위가 구속된다. 양단 고정 기둥의 이론적인 K는 0.5이므로 유효좌굴길이는 $KL = 0.5L$이다. 따라서 $P_A = \frac{P_0}{(0.5)^2} = 4P_0$이다.

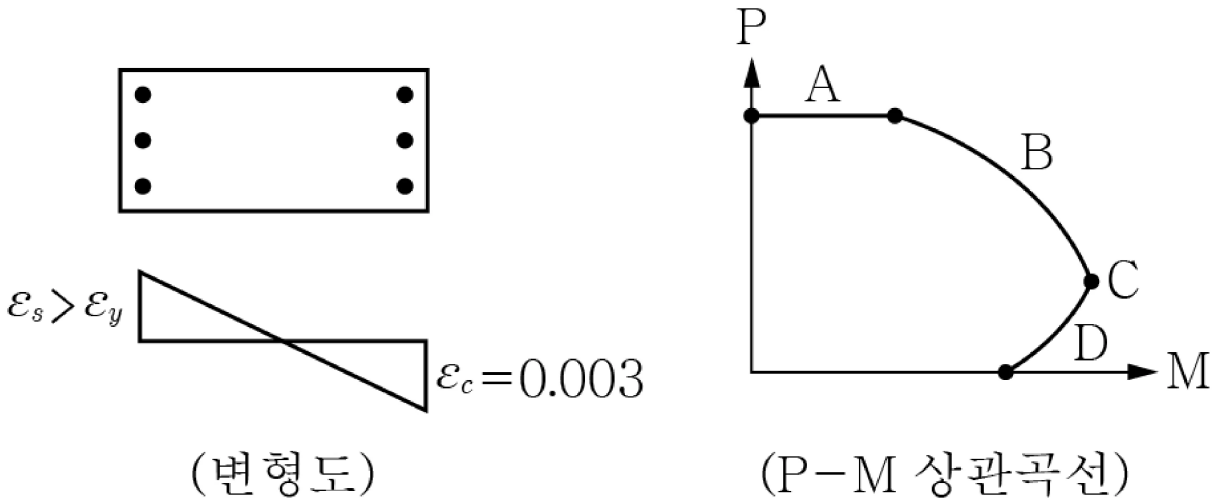
(B): 양 끝의 원형 표시는 힌지를 나타내며, 단부의 횡변위는 구속되지만 회전은 허용된다. 양단 힌지 기둥은 K = 1이므로 유효좌굴길이가 실제 길이 L과 같고, $P_B = P_0$이다.

(C): 아래는 고정되고 위는 자유인 기둥이다. 자유단은 회전과 횡변위가 모두 가능하므로 이론적인 K는 2이고, 유효좌굴길이는 $KL = 2L$이다. 따라서 $P_C = \frac{P_0}{2^2} = \frac{P_0}{4}$이다.

하중비는 $P_A : P_B : P_C = 4 : 1 : \frac{1}{4}$이다. 각 항에 4를 곱하면 **16 : 4 : 1**이 되며, ④의 비율과 일치한다. 하중끼리의 비이므로 단위는 없다.

NoteBase

문 3. 휨모멘트(M)와 축하중(P)을 동시에 받는 기둥에서 왼쪽 그림과 같은 단면의 변형도 상태는 오른쪽 P-M 상관곡선상의 어느 부분에 해당하는가? (단, ε_c는 콘크리트 압축변형도, ε_s 및 ε_y는 각각 철근의 인장변형도와 철근의 항복변형도를 나타낸다.)



① A 구간

② B 구간

③ C 점

④ D 구간

정답 4번

간단한 해설

콘크리트 압축변형도가 $\varepsilon_c = 0.003$일 때 $\varepsilon_s > \varepsilon_y$이므로, 인장철근은 **콘크리트의 압축파괴에 앞서 항복**한 상태이다. 이는 균형점 C 아래의 **인장파괴 구간 D**에 해당한다.

NoteBase

도식 해설

변형도 판독: 왼쪽 그림에는 콘크리트 압축변형도 $\varepsilon_c = 0.003$과 철근 인장변형도 $\varepsilon_s > \varepsilon_y$가 주어져 있다. 콘크리트 압축연단이 극한변형도에 도달한 상태에서 인장철근의 변형도가 항복변형도를 넘었으므로, 철근은 이미 항복하였다.

C 점: 콘크리트 압축변형도가 0.003에 도달하는 것과 인장철근이 항복변형도에 도달하는 것이 동시에 일어나는 **균형파괴 상태**이다. 따라서 C 점에서는 $\varepsilon_s = \varepsilon_y$이며, 제시된 부등식과 구별된다.

A·B 구간: 세로축 P는 축압축력, 가로축 M은 휨모멘트이다. A는 큰 축압축력에 대한 상한을 나타내는 수평 구간이고, B는 균형점 C보다 축압축력이 큰 쪽의 압축파괴 구간이다. B에서는 **인장철근이 항복하기 전에** 콘크리트가 극한 압축변형도에 도달한다.

D 구간: 균형점 C보다 축압축력이 작은 쪽의 인장파괴 구간이다. 이 구간에서는 **인장철근이 먼저 항복**한 뒤 콘크리트가 극한 압축변형도에 도달하므로 $\varepsilon_s > \varepsilon_y$가 된다. 따라서 왼쪽 변형도 상태는 C 점 아래에서 축압축력이 0인 순수휨점으로 이어지는 D 구간에 대응한다.

NoteBase

문 4. 다음 중 보나 지판이 없이 슬래브와 기둥으로만 구성된 가장 간단한 형식의 철근콘크리트 슬래브 방식은?

① 플랫 슬래브

② 플랫플레이트 슬래브

③ 조이스트 슬래브

④ 워플 슬래브

정답 2번

간단한 해설

플랫플레이트 슬래브는 **보와 지판 없이** 두께가 일정한 슬래브를 기둥이 직접 지지하는 방식이다. 슬래브와 기둥만으로 이루어져 바닥 구조의 형식이 단순하다.

공통 해설

플랫플레이트 슬래브는 **두께가 일정한 슬래브를 기둥이 직접 지지**하는 철근콘크리트 바닥 구조이다. 슬래브에 작용하는 하중이 보를 거치지 않고 기둥으로 전달되며, 기둥 주위에도 별도의 지판을 두지 않는다. 지판은 기둥 주변의 슬래브를 국부적으로 두껍게 한 부분으로, 기둥과 슬래브의 접합부를 보강하는 역할을 한다. 따라서 발문의 '보나 지판이 없이 슬래브와 기둥으로만 구성'된 가장 간단한 형식은 플랫플레이트 슬래브에 해당한다.

NoteBase

문 5. 다음 중 동일구역 내에서 내진설계 시 중요도계수가 가장 높은 건물은?

① 3층의 종합병원

② 5층의 학교

③ 연면적 10,000m^2의 백화점

④ 12층의 아파트

정답 1번

간단한 해설

종합병원은 재난 시 의료기능 유지가 중요하므로 **중요도(특)**으로 분류하며, 내진설계 중요도계수는 **1.5**이다. 주어진 다른 건물에 적용되는 1.2보다 큰 값이다.

선지별 해설

내진설계의 중요도계수는 건축물의 용도와 규모에 따른 중요도를 반영하는 값이다. 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」 별표 11에 따라 중요도(특)은 1.5, 중요도(1)은 1.2를 적용한다. 동일한 지진구역 안에서도 건물의 중요도에 따라 계수가 달라진다.

① 3층의 종합병원: 종합병원은 **중요도(특)**에 해당하므로 중요도계수는 1.5이다. 종합병원이라는 용도에 따라 분류하므로 3층이라는 이유로 중요도를 낮추지 않는다.

② 5층의 학교: 학교는 **중요도(1)**에 해당하므로 중요도계수는 1.2이다. 학교의 분류에는 별도의 층수 조건이 붙지 않으므로 5층이라는 조건이 계수를 더 높이지 않는다.

③ 연면적 10,000 m^2의 백화점: 백화점은 판매시설이며, **연면적 5,000 m^2 이상인 판매시설**은 중요도(1)에 해당한다. 주어진 연면적이 이 기준을 충족하므로 중요도계수는 1.2이다.

④ 12층의 아파트: **5층 이상인 아파트**는 중요도(1)에 해당한다. 12층은 이 기준을 충족하므로 중요도계수는 1.2이다.

계수를 비교하면 ①의 종합병원은 1.5이고 나머지는 모두 1.2이므로, 주어진 건물 중 종합병원의 중요도계수가 가장 높다.

NoteBase

문 6. 밀폐형 건축물의 주골조설계용 풍하중 산정에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

① 풍하중은 설계풍압에 유효수압면적을 곱하여 산정한다.

② 임의높이에서의 설계속도압은 그 높이에서의 설계풍속의 제곱에 비례한다.

③ 설계풍속은 기본풍속에 풍속고도분포계수, 지형계수, 중요도계수 및 가스트영향계수를 곱하여 산정한다.

④ 풍상벽의 외압계수는 건물의 폭과 깊이에 관계없이 일정하다.

정답 3번

간단한 해설

③의 가스트영향계수는 **설계풍속에 직접 곱하는 계수가 아니다**. 바람의 난류와 구조물의 동적 응답에 따른 하중 증가를 반영하기 위해 설계풍압을 산정할 때 적용한다.

선지별 해설

① O: 설계풍압은 단위면적에 작용하는 풍력이다. 따라서 풍하중은 **설계풍압 × 유효수압면적**으로 구하며, 식으로는 $W = pA$이다. 풍압 p의 단위가 N/m^2이고 면적 A의 단위가 m^2이면 풍하중 W의 단위는 N이 된다.

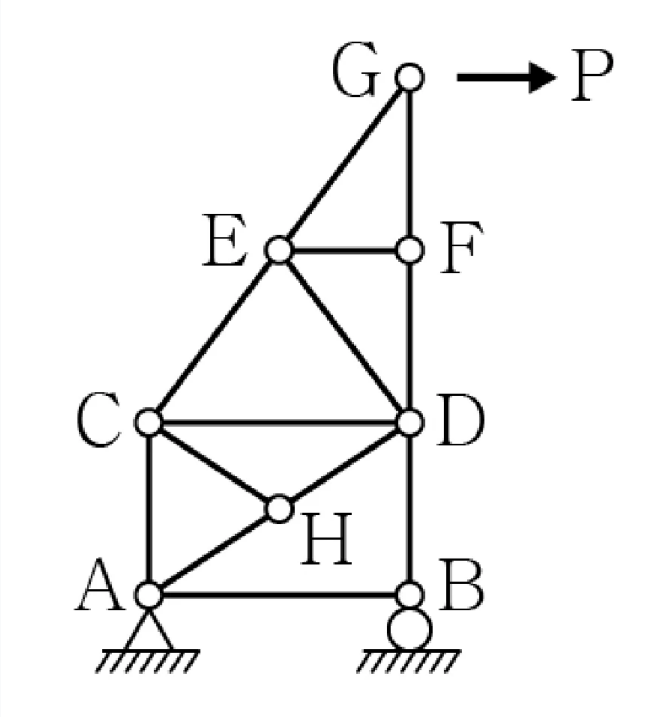
② O: 높이 z에서 설계속도압은 $q_z = \frac{1}{2}\rho V_z^2$이다. 여기서 ρ는 공기밀도, V_z는 그 높이의 설계풍속이다. 공기밀도가 같으면 속도압은 **설계풍속의 제곱에 비례**하므로, 풍속이 2배가 되면 속도압은 4배가 된다.

③ X: 이 문항에서 설계풍속은 기본풍속에 풍속고도분포계수·지형계수·중요도계수를 곱해 구한다. 각각 높이와 주변 지표면 상태, 지형에 의한 풍속 증가, 건축물의 중요도를 반영한다. **가스트영향계수는 설계풍압 산정 단계에 적용**하여 난류와 구조물의 동적 응답에 따른 하중 증가를 반영한다. 따라서 설계풍속 산정에 가스트영향계수까지 곱한다는 부분을 삭제해야 한다.

④ O: 풍상벽은 바람이 직접 부딪히는 벽이다. 이 문항에서 적용하는 직사각형 평면의 밀폐형 건축물 외압계수 표에서는 풍상벽의 외압계수를 **폭과 깊이의 비에 관계없이 +0.8**로 정한다. 풍하벽의 외압계수가 깊이와 폭의 비에 따라 달라지는 것과 구별한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같은 트러스에서 부재력이 '0'인 부재의 개수로 옳은 것은?



① 1개

② 2개

③ 3개

④ 4개

정답 4번

간단한 해설

F에서 EF가 영부재임을 확인하면 E에서는 CE·EG가 한 직선상에 있으므로 **ED도 영부재**가 된다. 또한 B의 롤러 반력은 수직이므로 **수평 부재 AB의 부재력은 0**이다.

NoteBase

도식 해설

영부재는 주어진 하중 상태에서 축방향 부재력이 0인 부재이다. 트러스의 각 부재력은 부재의 축 방향으로 작용하므로, 절점에서 수평·수직 방향의 힘이 각각 평형을 이루어야 한다. 외력이 없는 절점에 세 부재가 연결되고 그중 두 부재가 한 직선상에 있으면, 나머지 부재는 그 직선에 수직인 힘 성분을 상쇄할 수 없어 영부재가 된다.

F 절점 — EF: 외력이 없고 FG와 FD가 수직인 한 직선상에 있다. 수평 방향으로 힘을 줄 수 있는 부재는 EF뿐이므로 **EF의 부재력은 0**이다.

E 절점 — ED: E에는 CE·EG·EF·ED가 연결되어 있다. 먼저 확인한 **EF의 부재력이 0이라는 조건**을 적용하면, 힘을 전달하는 부재는 CE·EG·ED로 줄어든다. CE와 EG가 한 직선상에 있으므로 그 직선에서 벗어난 ED의 부재력도 0이다.

H 절점 — CH: 외력이 없고 HA와 HD가 한 직선상에 있다. CH의 힘은 HA·HD 방향에 수직인 성분을 가지며, 이를 상쇄할 다른 힘이 없다. 따라서 CH의 부재력은 0이다.

B 절점 — AB: B는 수평 지반 위의 롤러 지점이므로 **반력은 수직 방향으로만** 작용한다. BD도 수직 부재이므로 B에서 수평 방향 힘을 줄 수 있는 것은 AB뿐이다. 수평력 평형을 만족하려면 AB의 부재력이 0이어야 한다.

따라서 영부재는 EF·ED·CH·AB의 4개이며, ④의 4개에 해당한다.

NoteBase

문 8. 다음 중 구조물의 기초에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 온통기초가 그 강성이 약할 때에는 복합기초와 동일하게 취급하여 접지압을 산정할 수 있다.

② 직접기초의 저면은 온도변화와 무관하게 일정한 깊이를 확보하면 된다.

③ 동일 구조물에서는 지지말뚝과 마찰말뚝을 혼용하는 것을 피한다.

④ 지반이 매우 약하면 하중-침하 특성이 크게 다른 타입 말뚝과 매입말뚝을 혼용하는 것을 권장한다.

정답 3번

간단한 해설

지지말뚝은 주로 말뚝 끝의 저항으로, 마찰말뚝은 주로 말뚝 둘레의 마찰저항으로 하중을 지지한다. 두 방식은 하중에 따른 침하 특성이 달라 혼용하면 **부등침하**가 생길 우려가 있으므로, 동일 구조물에서는 혼용을 피한다.

선지별 해설

① X: 온통기초를 복합기초와 동일하게 취급하여 접지압을 산정할 수 있는 것은 **강성이 충분할 때**이다. 이때 접지압을 직선분포로 가정하고 하중의 편심을 고려할 수 있다. 강성이 약하면 기초판의 휨변형을 무시하기 어려우므로, 기초판과 지반의 변형에 따른 접지압 분포를 고려해야 한다.

② X: 직접기초의 저면 깊이는 **온도변화에 따른 지반의 동결과 체적변화**를 고려하여 정해야 한다. 지반이 얼어 부풀거나 녹으면서 내려앉으면 기초가 변형될 수 있으므로, 이러한 영향을 받지 않는 깊이에 두어야 한다. 또한 빗물 등에 의해 기초 아래의 흙이 씻겨 나가는 세굴도 발생하지 않는 깊이여야 한다.

③ O: 지지말뚝은 단단한 지층이나 암반에 도달시켜 지지력의 대부분을 말뚝 끝의 저항으로 확보하고, 마찰말뚝은 지지력의 대부분을 말뚝 둘레와 지반 사이의 마찰저항으로 확보한다. 하중을 지반에 전달하는 방식과 침하 특성이 달라 두 종류를 혼용하면 **위치별 침하량이 달라지는 부등침하**가 발생할 우려가 있으므로, 동일 구조물에서는 혼용을 피한다.

④ X: 타입말뚝은 기성말뚝을 지반에 박거나 눌러 넣는 방식이고, 매입말뚝은 미리 굴착한 구멍에 기성말뚝을 넣는 방식이다. 시공방법에 따라 지반과 말뚝의 하중 전달 및 침하 특성이 달라질 수 있다. 특히 지반이 매우 약하고 하중-침하 특성의 차이가 크다면 혼용을 권장할 것이 아니라 **가능한 한 혼용을 피해야 한다**. 같은 구조물을 지지하는 말뚝 사이의 침하 차이가 커져 구조물에 유해한 변형이 생길 수 있기 때문이다.

NoteBase

문 9. 휨모멘트를 받는 철근콘크리트 보의 인장철근비를 최대 철근비 이상으로 배근할 경우 발생할 수 있는 파괴양상으로 옳은 것은?

① 인장철근이 압축측 콘크리트보다 먼저 항복하여 연성파괴가 발생한다.

② 인장철근이 압축측 콘크리트보다 먼저 항복하여 취성파괴가 발생한다.

③ 압축측 콘크리트가 인장철근보다 먼저 파괴에 이르러 취성파괴가 발생한다.

④ 압축측 콘크리트가 인장철근보다 먼저 파괴에 이르러 연성파괴가 발생한다.

정답 3번

간단한 해설

인장철근을 과다하게 배근하면 철근이 항복하기 전에 **압축측 콘크리트가 먼저 압괴**될 수 있다. 철근의 항복에 따른 충분한 변형을 거치지 못하므로 **취성파괴**로 이어진다.

공통 해설

철근콘크리트 보가 휨모멘트를 받으면 인장측 철근과 압축측 콘크리트가 함께 저항한다. 최대 철근비를 제한하는 것은 인장철근이 먼저 항복하여 충분히 변형할 수 있는 능력을 확보하기 위해서이다. 인장철근을 지나치게 많이 배근하면 철근이 항복하는 데 필요한 인장력에 대응하여 콘크리트가 부담해야 할 압축력도 커진다. 이에 따라 **인장철근이 항복하기 전에 압축측 콘크리트가 압괴**되는 파괴가 발생할 수 있다. 압괴는 콘크리트가 압축력을 견디지 못하고 으깨지는 현상이다.

이때는 철근의 항복 후 변형이 충분히 진행되지 못한 채 저항능력을 잃으므로 **취성파괴**에 해당한다. 반대로 인장철근이 먼저 항복하고 변형이 충분히 진행된 뒤 콘크리트가 압괴되는 휨파괴는 연성적인 거동을 보인다. 따라서 문제의 과다배근에 따른 파괴양상은 압축측 콘크리트의 선행 파괴와 취성파괴의 연결로 이해한다.

NoteBase

문 10. 적설하중 산정에 대한 다음의 설명 중 옳지 않은 것은?

① 주변에 바람막이가 없이 거센 바람이 부는 지역은 그렇지 않은 지역에 비해 적설하중이 상대적으로 크다.

② 지상적설하중의 기본값은 수직 최심적설깊이를 기준으로 한다.

③ 지붕경사도가 70°를 초과하는 경우에는 적설하중이 작용하지 않는 것으로 한다.

④ 건물이 난방구조물인지 여부는 적설하중 산정에 영향을 미친다.

정답 1번

간단한 해설

바람막이 없이 강풍에 노출된 지붕은 눈이 날려 나가기 쉬우므로, 다른 조건이 같다면 적설하중이 상대적으로 **작아진다**. 선지의 '상대적으로 크다'는 설명은 이 관계를 반대로 서술한 것이다.

선지별 해설

① X: 바람막이 없이 거센 바람에 노출되면 지붕 위의 눈이 날려 나가므로, 다른 조건이 같을 때 적설하중은 상대적으로 **작다**. 건축물 설계하중 기준의 노출계수 표에서는 이러한 지붕에 0.8을 적용하고, 바람에 의한 적설하중 감소를 기대할 수 없는 위치에는 1.0을 적용한다. 따라서 '상대적으로 크다'를 '상대적으로 작다'로 고쳐야 한다.

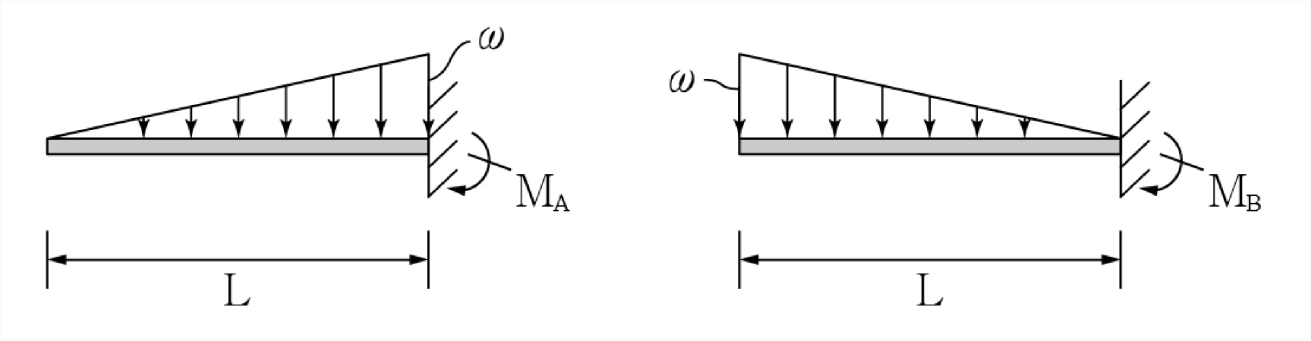
② O: 지상적설하중의 기본값은 **수직 최심적설깊이**를 기준으로 한다. 이는 눈이 가장 깊게 쌓였을 때의 수직 깊이를 뜻한다. 적설하중은 눈의 무게에 의한 하중이므로, 특정 지역의 조사·연구로 산정할 때는 적설깊이와 함께 눈의 평균 중량도 고려한다.

③ O: 일반적인 경사지붕에서는 경사가 급할수록 눈이 미끄러져 내려가기 쉬워 지붕에 남는 눈의 양이 줄어든다. **지붕경사도가 70°를 초과**하면 경사도계수를 0으로 보아 지붕에 적설하중이 작용하지 않는 것으로 산정한다.

④ O: 건물의 난방 여부는 지붕으로 전달되는 열과 눈의 융해에 영향을 주므로 **온도계수**에 반영한다. 건축물 설계하중 기준에서 난방구조물의 온도계수는 1.0, 비난방구조물은 1.2이다. 따라서 다른 조건이 같다면 비난방구조물의 적설하중을 더 크게 산정한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 등변분포하중을 받는 캔틸레버보의 고정단에 작용하는 휨모멘트 반력 M_A와 M_B의 비율로 옳은 것은?



① $1 : \sqrt{2}$

② $1 : 2$

③ $\sqrt{2} : \sqrt{3}$

④ $2 : 3$

정답 2번

간단한 해설

두 보에 작용하는 삼각형 분포하중의 합력은 같지만, **고정단에서 합력 작용점까지의 거리**는 A가 $\frac{L}{3}$, B가 $\frac{2L}{3}$이다. 고정단의 모멘트 반력은 합력과 이 거리의 곱이므로 $M_A : M_B = 1 : 2$이다.

계산 과정

하중의 합력: 두 보의 길이는 모두 L, 최대 하중강도는 모두 ω이다. 분포하중의 합력 W는 하중도인 삼각형의 넓이이므로 $W = \frac{\omega L}{2}$로 같다. 합력은 **삼각형 하중도의 도심**에 작용하며, 그 위치는 하중강도가 큰 쪽에서 전체 길이의 1/3 지점이다.

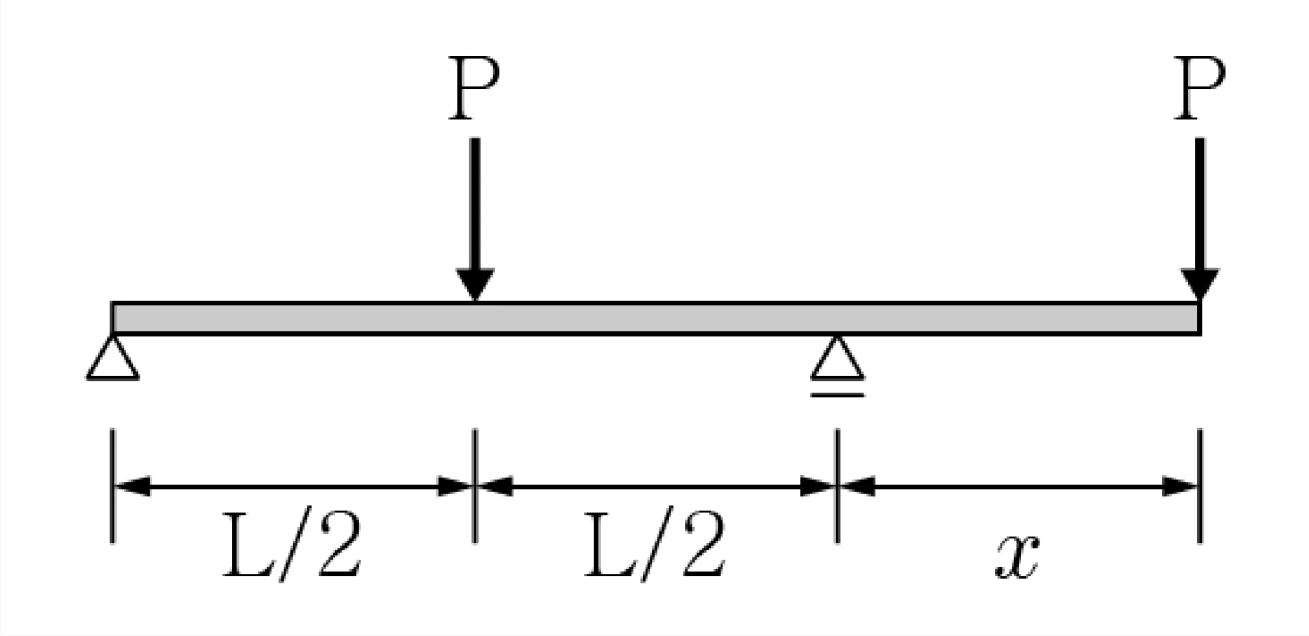
A의 모멘트 반력: A는 고정단에서 하중강도가 최대이므로 합력의 작용점은 고정단에서 $\frac{L}{3}$ 떨어져 있다. 고정단을 기준으로 모멘트 평형을 적용하면 반력의 크기는 $M_A = W \cdot \frac{L}{3} = \frac{\omega L^2}{6}$이다.

B의 모멘트 반력: B는 자유단에서 하중강도가 최대이므로 합력의 작용점은 자유단에서 $\frac{L}{3}$, 즉 **고정단에서** $\frac{2L}{3}$ 떨어져 있다. 따라서 반력의 크기는 $M_B = W \cdot \frac{2L}{3} = \frac{\omega L^2}{3}$이다. 두 반력 모두 하중이 고정단 주위에 만드는 반시계방향 모멘트를 상쇄하는 시계방향이다.

비율: 두 모멘트 반력은 모두 힘과 거리의 곱이며, 같은 단위이므로 비율에서는 단위가 소거된다.
$M_A : M_B = \frac{\omega L^2}{6} : \frac{\omega L^2}{3} = 1 : 2$로, ②의 비율과 일치한다.

NoteBase

문 12. 다음 그림과 같이 집중하중을 받는 내민보에서 정모멘트와 부모멘트의 최댓값을 서로 같게 하기 위한 내민 길이 x의 값은?



① $\frac{L}{2}$
② $\frac{L}{3}$
③ $\frac{L}{4}$
④ $\frac{L}{6}$

정답 4번

간단한 해설

정모멘트의 최댓값은 **지점 사이 중앙의 집중하중 위치**에서, 부모멘트의 절댓값은 **오른쪽 지점**에서 가장 크다. 두 크기를 같게 놓으면 $\frac{PL}{4} - \frac{Px}{2} = Px$이므로 내민 길이는 $x = \frac{L}{6}$이다.

NoteBase

계산 과정

그림의 왼쪽 지점을 A, 오른쪽 지점을 B, 두 지점 사이의 중앙 집중하중 위치를 C라 하자. 지점 간 거리는 L이고, C는 A에서 $\frac{L}{2}$만큼 떨어져 있다. B에서 자유단까지의 내민 길이는 x이며, C와 자유단에 각각 아래 방향으로 P가 작용한다. 정모멘트를 양(+)으로 두고 두 모멘트의 최댓값은 **절댓값으로 비교**한다.

지점반력: A의 위 방향 반력을 R_A라 하자. B에 대한 모멘트 평형에서 $R_A L = \frac{PL}{2} - Px$이므로 $R_A = \frac{P}{2} - \frac{Px}{L}$이다. 자유단 하중이 B를 중심으로 중앙 하중과 반대 방향의 모멘트를 만들기 때문에, 내민 길이가 길어질수록 A의 반력은 작아진다.

부모멘트의 최댓값: B의 오른쪽 부분만 떼어 보면 자유단 하중 P의 모멘트팔은 x이다. 따라서 B의 휨모멘트는 $M_B = -Px$이다. 내민 구간의 휨모멘트는 자유단의 0에서 B의 $-Px$까지 직선으로 변하므로, 부모멘트의 최대 절댓값은 Px이다. B는 보의 끝이 아닌 중간 지점이므로, **단순지지점이어도 보의 휨모멘트가 0인 것은 아니다**.

정모멘트의 최댓값: 정모멘트가 생기는 $0 < x < \frac{L}{2}$ 범위에서는 C의 왼쪽 전단력 R_A는 양수이고, 오른쪽 전단력 $R_A - P$는 음수이다. 휨모멘트는 C까지 증가하고 C 이후 감소하므로 **전단력의 부호가 바뀌는 C**에서 최대가 된다. C까지 왼쪽 부분에 모멘트 평형을 적용하면 $M_C = R_A \frac{L}{2}$이고, 반력을 대입하면 $M_C = \frac{PL}{4} - \frac{Px}{2}$이다.

두 최댓값의 일치 조건: $M_C = |M_B|$이므로 $\frac{PL}{4} - \frac{Px}{2} = Px$이다. 이를 정리하면 $\frac{PL}{4} = \frac{3Px}{2}$이고, $x = \frac{L}{6}$을 얻는다. 이때 두 최대 모멘트의 절댓값은 모두 $\frac{PL}{6}$이며, 위에서 사용한 $0 < x < \frac{L}{2}$도 만족한다. 따라서 내민 길이는 지점 간 거리 L의 1/6로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 경험적 설계법에 의해 조적구조물을 설계하고자 할 때, 다음 규정 중 가장 옳지 않은 것은?

① 파라펫벽의 두께는 하부 벽체보다 얇지 않아야 한다.

② 파라펫벽의 높이는 두께의 3배 이상이어야 한다.

③ 2층 이상의 건물에서 조적내력벽의 공칭두께는 200mm 이상이어야 한다.

④ 건축구조기준의 최소두께규정으로 인하여 층간에 두께 변화가 발생한 경우에는 더 큰 두께값을 상층에도 적용하여야 한다.

정답 2번

간단한 해설

파라펫벽의 높이는 두께의 **3배 이하**로 제한된다. '3배 이상'은 높이의 상한을 하한으로 뒤바꾼 표현이다.

선지별 해설

① O: 건축구조기준 0606.6.4는 파라펫벽의 두께를 200 mm 이상으로 하면서, **하부 벽체보다 얇지 않도록** 규정한다. 따라서 하부 벽체가 200 mm보다 두껍다면 파라펫벽도 그 두께 이상으로 해야 한다.

② X: 건축구조기준 0606.6.4에서 파라펫벽의 높이는 두께의 **3배를 넘을 수 없다**. 높이에 비해 벽이 지나치게 얇아지는 것을 제한하는 규정이므로, '3배 이상'을 '3배 이하'로 고쳐야 한다. 예를 들어 두께가 200 mm이면 이 규정에 따른 높이의 상한은 600 mm이다.

③ O: 건축구조기준 0606.6.1에 따라 **2층 이상인 건물**의 조적내력벽은 공칭두께를 200 mm 이상으로 해야 한다. 내력벽은 바닥이나 지붕 등의 하중을 지지하는 벽이며, 선지의 조건은 '2층 이상의 층에 있는 벽'이 아니라 건물의 층수를 뜻한다.

④ O: 건축구조기준 0606.6.2는 **최소두께 규정 때문에 층간 두께가 달라지는 경우**, 그중 더 큰 두께를 상층에도 적용하도록 한다. 이 조건에서는 상층이라는 이유만으로 더 작은 두께를 적용할 수 없다.

NoteBase

문 14. 강재 인장재의 설계인장강도를 결정하는 데 적용하는 한계상태로 옳지 않은 것은?

① 총단면의 항복한계상태

② 유효순단면의 항복한계상태

③ 유효순단면의 파단한계상태

④ 블록전단파단

정답 2번

간단한 해설

②의 '유효순단면의 항복한계상태'는 **유효순단면의 파단한계상태**로 고쳐야 한다. 인장재의 항복은 **총단면**을 기준으로 검토한다.

선지별 해설

① O: 총단면의 항복은 부재 전체 단면이 항복하여 과도한 영구변형이 발생하는 한계상태이다. 볼트구멍 등을 공제하지 않은 **총단면적과 강재의 항복강도**를 기준으로 검토한다.

② X: 유효순단면은 인장파단강도를 산정할 때 사용하는 단면이다. 따라서 '유효순단면의 항복한계상태'는 **'유효순단면의 파단한계상태'**로 고쳐야 한다. 항복한계상태는 총단면을 기준으로 검토한다.

③ O: 볼트구멍 등으로 단면이 줄어든 부분에서는 인장파단이 발생할 수 있다. 구멍 등을 공제한 순단면에 접합부의 불균등한 응력 전달에 따른 전단지연 효과를 반영한 것이 유효순단면이다. **유효순단면적과 강재의 인장강도**를 기준으로 파단강도를 검토한다.

④ O: 블록전단파단은 접합부의 일부가 덩어리째 뜯겨 나가는 파괴이다. 인장력 방향에 나란한 면의 전단과 그에 직각인 면의 인장이 함께 작용하므로, **전단저항과 인장저항을 함께 고려**하여 접합부의 강도를 검토한다.

NoteBase

문 15. 확대머리 이형철근에 대한 설명으로서 옳지 않은 것은?

① 철근의 항복강도 600MPa 이하에만 사용할 수 있다.

② 콘크리트 강도 40MPa 이하에만 사용할 수 있다.

③ 철근지름 35mm 이하에만 사용할 수 있다.

④ 순피복두께는 철근직경의 2배 이상이고 철근 순간격은 철근직경의 4배 이상이어야 한다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '600 MPa 이하'는 **400 MPa 이하**로 고쳐야 한다. 확대머리 이형철근의 인장 정착길이 산정 규정에서는 철근의 설계기준항복강도를 400 MPa 이하로 제한한다.

선지별 해설

확대머리 이형철근은 철근 끝의 확대머리가 콘크리트를 누르는 지압 작용을 이용해 인장력을 정착시킨다. 다음은 이 문항에서 묻는 인장 정착길이 산정 규정의 적용조건이다.

① X: 확대머리 이형철근의 인장 정착길이 산정 규정은 철근의 설계기준항복강도가 **400 MPa 이하**인 경우에 적용한다. 따라서 '600 MPa 이하'로 적용 범위를 넓힌 부분이 잘못되었다.

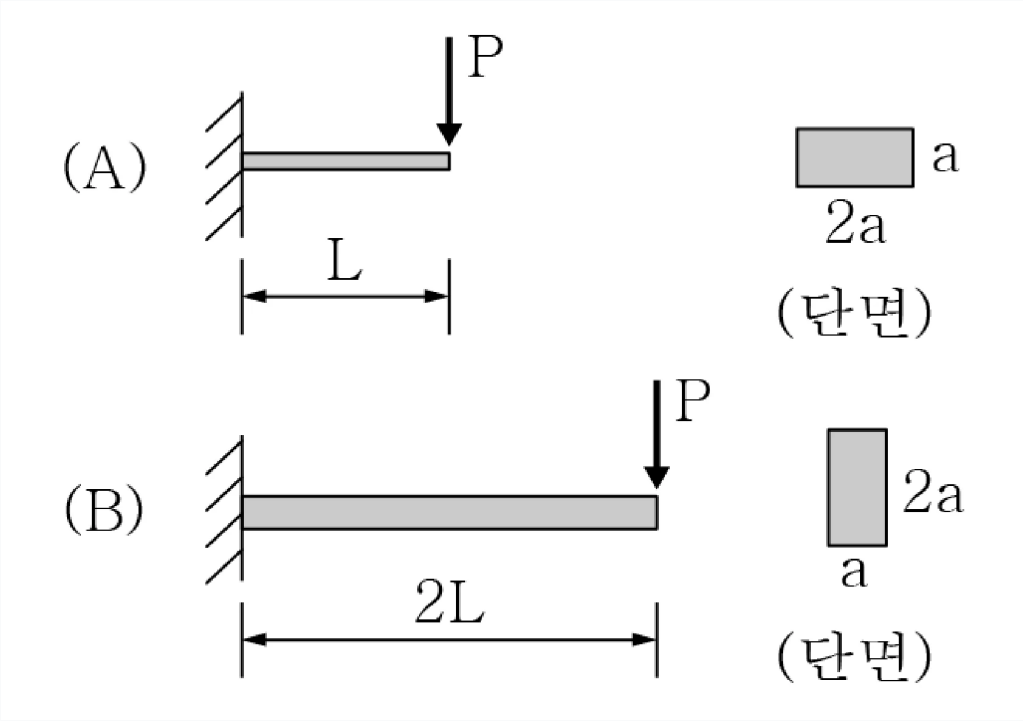
② O: 이 정착 규정의 적용조건은 콘크리트의 **설계기준압축강도 40 MPa 이하**이다. 여기서 40 MPa는 철근의 항복강도가 아니라 콘크리트의 압축강도에 대한 상한이다.

③ O: 이 정착 규정을 적용할 수 있는 철근 지름은 **35 mm 이하**이다. 철근 강도 조건과 함께 철근 크기에 대한 제한도 충족해야 한다.

④ O: 기본 배근 조건은 **순피복두께가 철근직경의 2배 이상, 철근 순간격이 철근직경의 4배 이상**이다.
순피복두께는 철근 표면에서 콘크리트 표면까지의 거리이고, 순간격은 인접 철근 표면 사이의 빈 거리이다.
확대머리의 지압으로 주변 콘크리트가 쪼개지는 것을 억제하도록 충분한 피복과 간격을 확보하는 조건이다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 단면의 형상과 스팬 길이가 서로 다른 두 캔틸레버가 단부에 동일한 집중하중을 받을 때 (A)와 (B)의 단부 처짐 비율로 옳은 것은? (단, 재료는 동일하다.)



① 1 : 1

② 1 : 2

③ 1 : 4

④ 2 : 1

정답 2번

간단한 해설

단부 처짐은 **스팬의 세제곱에 비례하고 단면2차모멘트에 반비례**한다. (B)는 (A)보다 스팬이 2배, 단면2차모멘트가 4배이므로 처짐은 2배이며, (A) : (B) = 1 : 2이다.

NoteBase

계산 과정

처짐식: 단부에 집중하중을 받는 등단면 캔틸레버의 자유단 휨 처짐 크기는 $\delta = \frac{P\ell^3}{3EI}$이다. 여기서 P는 단부 하중, ℓ은 스팬, E는 탄성계수, I는 휨에 대한 단면2차모멘트이다. 두 보의 하중과 재료가 같으므로 P와 E는 공통이며, **스팬과 단면2차모멘트의 차이**로 처짐을 비교한다.

단면의 기준: 직사각형 단면의 도심을 지나는 수평축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이다. 그림의 수직 하중에 의한 휨에서는 b가 수평 폭, h가 수직 높이이며, **높이가 세제곱으로 반영**된다.

(A): 스팬은 L, 단면의 폭은 2a, 높이는 a이다. 따라서 $I_A = \frac{2a \cdot a^3}{12} = \frac{a^4}{6}$이다.

(B): 스팬은 2L, 단면의 폭은 a, 높이는 2a이다. 따라서 $I_B = \frac{a \cdot (2a)^3}{12} = \frac{2a^4}{3}$이며, $I_B = 4I_A$이다. 단면적은 같아도 높이가 커졌으므로 **휨에 저항하는 단면2차모멘트는 4배**가 된다.

처짐 비율: (B)의 스팬이 2배가 되면 처짐을 8배로 만드는 효과가 있고, 단면2차모멘트가 4배가 되면 처짐을 1/4로 줄이는 효과가 있다. 두 효과를 함께 적용하면 $\frac{\delta_B}{\delta_A} = \frac{2^3}{4} = 2$이다. 따라서 (A) : (B)의 단부 처짐 비율은 1 : 2로, ②에 해당한다.

NoteBase

문 17. 폭이 b이고 길이가 h인 사각형 단면의 탄성단면계수에 대한 소성단면계수의 비로 옳은 것은?

① 1/2

② 2/3

③ 4/3

④ 3/2

정답 4번

간단한 해설

직사각형의 탄성단면계수는 $Z_e = \frac{bh^2}{6}$, 소성단면계수는 $Z_p = \frac{bh^2}{4}$이다. **소성단면계수를 탄성단면계수로 나눈 비**는 $\frac{3}{2}$이며, 이를 형상계수라고 한다.

계산 과정

계산 조건: 폭을 b, 휨 방향의 단면 높이를 h로 두고, 폭에 평행한 도심축에 대한 두 단면계수를 구한다. 균질한 직사각형 단면이 축력 없이 휨을 받는 경우를 기준으로 한다.

탄성단면계수: 탄성 휨응력은 중립축에서 멀어질수록 선형으로 커지므로, 탄성단면계수는 **단면2차모멘트를 최외단까지의 거리로 나눈 값**이다. 직사각형에서 $I = \frac{bh^3}{12}$, $c = \frac{h}{2}$이므로 $Z_e = \frac{I}{c} = \frac{bh^2}{6}$이다.

소성단면계수: 인장과 압축의 항복응력 크기가 같고 단면 전체가 항복하면, 인장부와 압축부의 면적은 같아 소성중립축이 높이의 중앙에 놓인다. 소성단면계수는 **각 영역의 면적에 소성중립축에서 그 영역 도심까지의 거리를 곱하여 더한 값**이다. 위아래 각 영역의 면적은 $\frac{bh}{2}$, 각 도심까지의 거리는 $\frac{h}{4}$이므로 $Z_p = 2 \cdot \frac{bh}{2} \cdot \frac{h}{4} = \frac{bh^2}{4}$이다.

비의 계산: 문제에서 묻는 것은 탄성단면계수에 대한 소성단면계수의 비이므로, **분자는 소성단면계수, 분모는 탄성단면계수**이다. 따라서 $\frac{Z_p}{Z_e} = \frac{bh^2/4}{bh^2/6} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2}$로, ④의 값과 일치한다. 두 단면계수는 모두 길이의 세제곱 차원을 가지므로 이 비에는 단위가 없다.

NoteBase

문 18. 철근콘크리트 휨재 또는 압축재의 강도감소계수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 압축연단 콘크리트가 가정된 극한변형률인 0.003에 도달할 때 최외단 인장철근의 순인장변형률이 압축지배 변형률 한계 이하인 단면을 압축지배 단면이라고 한다.

② 극한상태에서 휨해석에 의해 계산된 단면의 최외단 인장철근변형률이 0.005 이상일 경우 그 단면을 인장지배 단면이라고 한다.

③ 압축지배 단면으로 정의되는 경우 강도감소계수는 띠철근인 경우 0.75를 사용한다.

④ 인장철근의 순인장변형률이 인장지배 한계 이상일 경우 그 단면은 연성적으로 거동하는 것으로 볼 수 있으며 강도감소계수는 0.85를 사용한다.

정답 3번

간단한 해설

③의 '0.75'는 **0.65**로 고쳐야 한다. 띠철근으로 보강된 압축지배 단면에는 0.65를 적용하며, 0.75는 전단력과 비틀림모멘트에 적용하는 강도감소계수이다.

NoteBase

선지별 해설

강도감소계수는 공칭강도에 곱하여 설계강도를 구하는 계수이다. 문항에 적용된 건축구조기준 0503.3.3.2는 단면의 지배 상태와 보강 형식에 따라 이 계수를 구분하며, 0506.2.2는 압축지배·인장지배 단면의 변형률 조건을 정한다.

① O: 압축연단 콘크리트의 변형률이 0.003에 도달했을 때, 최외단 인장철근의 순인장변형률이 **압축지배 변형률 한계 이하**이면 압축지배 단면이다. 이 한계는 콘크리트가 극한변형률에 도달하는 동시에 인장철근이 항복하는 균형변형률 상태에서의 인장철근 변형률이다. 따라서 압축지배 단면은 인장철근이 충분히 늘어나기 전에 콘크리트의 압축파괴가 지배하는 단면이다.

② O: 철근의 항복강도가 400 MPa 이하인 경우, 압축연단 콘크리트의 변형률이 0.003에 도달한 극한상태에서 최외단 인장철근의 순인장변형률이 **0.005 이상**이면 인장지배 단면이다. 압축지배 단면과 달리 인장철근이 충분히 변형된 상태에서 극한강도에 도달한다. 다만 철근의 항복강도가 400 MPa를 초과하면 인장지배 변형률 한계는 철근 항복변형률의 2.5배이다. 선지에는 항복강도 조건이 생략되어 있으나, 공식 채점에서는 ②를 옳은 설명으로 취급하고 ③을 정답으로 한다.

③ X: 띠철근으로 보강된 압축지배 단면의 강도감소계수는 **0.65**이다. 선지의 0.75는 전단력과 비틀림모멘트에 적용하는 값이므로 띠철근 압축지배 단면의 계수로 사용할 수 없다. 같은 압축지배 단면이라도 규정에 맞는 나선철근으로 보강된 부재에는 0.70을 적용한다.

④ O: 인장철근의 순인장변형률이 인장지배 한계 이상이면 철근이 항복한 뒤에도 충분히 변형할 수 있어 **연성적인 거동**을 기대할 수 있다. 이에 따라 인장지배 단면에는 압축지배 단면보다 큰 강도감소계수 0.85를 적용한다.

NoteBase

문 19. 구조물의 고유주기는 진동 등 구조물의 동적응답에 매우 중요한 역할을 한다. 고유주기는 질량과 강성의 함수이다. 다음 중 고유주기가 가장 길 것으로 예상되는 구조시스템은?

① 질량 m, 강성 k인 경우

② 질량 $2m$, 강성 k인 경우

③ 질량 m, 강성 $2k$인 경우

④ 질량 $2m$, 강성 $2k$인 경우

정답 2번

간단한 해설

고유주기는 **질량과 강성의 비** $\frac{M}{K}$의 제곱근에 비례한다. 질량 $2m$, 강성 k인 경우 이 비가 가장 커서 고유주기가 가장 길다.

선지별 해설

고유주기는 자유진동이 한 번 반복되는 데 걸리는 시간이다. 질량이 M, 강성이 K인 선형 단자유도계의 비감쇠 고유주기는 $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}$이다. 따라서 **질량이 같으면 강성이 작을수록, 강성이 같으면 질량이 클수록** 고유주기가 길어진다. 질량 m, 강성 k일 때의 주기를 $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$로 두고 비교한다.

① 질량 m, 강성 k: 기준이 되는 경우이므로 고유주기는 $T_1 = T_0$이다.

② 질량 $2m$, 강성 k: 기준보다 질량만 2배이므로 질량과 강성의 비도 2배이다. 고유주기는 그 제곱근에 비례하므로 $T_2 = \sqrt{2}\,T_0$로 늘어난다.

③ 질량 m, 강성 $2k$: 기준보다 강성만 2배이므로 질량과 강성의 비는 절반이다. 고유주기는 $T_3 = \frac{T_0}{\sqrt{2}}$로 줄어든다.

④ 질량 $2m$, 강성 $2k$: **질량과 강성이 같은 배수로 증가**하여 $\frac{2m}{2k} = \frac{m}{k}$이다. 질량과 강성의 비가 기준과 같으므로 고유주기도 $T_4 = T_0$로 같다.

주기의 크기는 $T_2 > T_1 = T_4 > T_3$이므로, 질량 $2m$, 강성 k인 ②의 고유주기가 가장 길다.

NoteBase

문 20. 플레이트 거더(plate girder)의 스티프너에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 중간스티프너는 웨브의 좌굴을 방지하기 위해 보의 재축 방향 중간 부분에 수평으로 설치한다.

② 수평스티프너는 웨브의 압축좌굴 내력을 증가시키기 위해 보의 압축측 웨브에 재축방향으로 수평으로 설치한다.

③ 하중점스티프너는 집중하중이 작용하는 곳의 웨브 양쪽에 수직으로 설치한다.

④ 플레이트 거더의 전단강도는 웨브의 판폭두께비 및 중간 스티프너의 간격에 의해 좌우된다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '수평으로 설치한다'는 **재축에 수직으로 설치한다**로 고쳐야 한다. 중간스티프너는 웨브를 여러 구간으로 나누어 전단좌굴을 억제한다.

선지별 해설

① X: 중간스티프너는 보 길이의 중간 구간들에 **재축과 직각인 수직 방향**으로 설치한다. 얇은 웨브를 여러 패널로 나누고 각 패널의 가장자리를 지지하여 전단력에 의한 좌굴을 억제한다. 선지의 '수평으로'는 '수직으로'로 고쳐야 한다.

② O: 수평스티프너는 휨으로 압축응력을 받는 웨브 부분에 재축과 나란하게 설치한다. **압축측 웨브의 면외 변형을 구속**하여 휨에 따른 압축좌굴 내력을 높인다. 중간스티프너와는 설치 방향과 주된 보강 목적이 다르다.

③ O: 하중점스티프너는 집중하중이 전달되는 위치에서 웨브 양쪽에 수직으로 설치한다. 좁은 범위에 집중되는 압축력을 스티프너와 웨브가 함께 전달하게 하여 **웨브의 국부 항복과 좌굴**을 방지한다.

④ O: 웨브의 판폭두께비는 웨브 높이에 비해 두께가 얼마나 얇은지를 나타낸다. 이 비가 커질수록 웨브는 전단좌굴에 취약해진다. 중간스티프너의 간격은 웨브 패널의 길이를 정하므로 전단좌굴 내력에 영향을 준다. 다른 조건이 같으면 **간격을 줄여 패널을 짧게 할수록** 전단좌굴 내력이 높아지므로, 웨브의 판폭두께비와 중간스티프너 간격이 전단강도를 좌우한다.

NoteBase