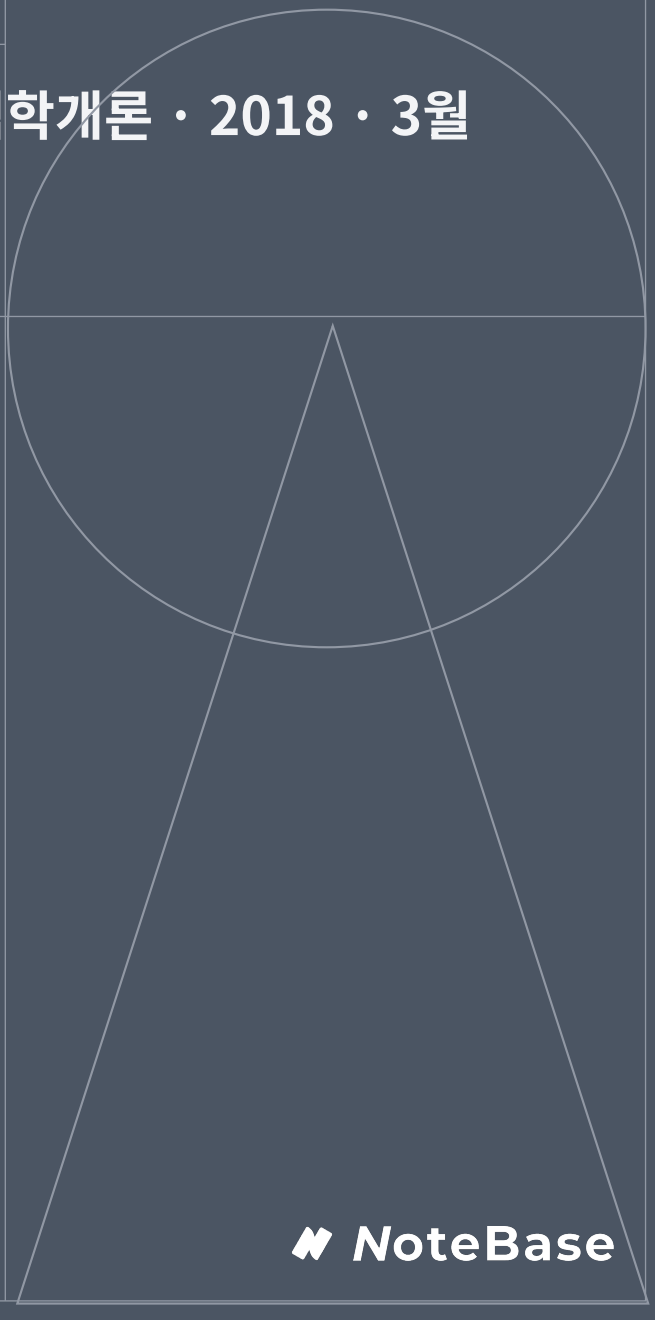
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 응용역학개론 · 2018 · 3월



NoteBase

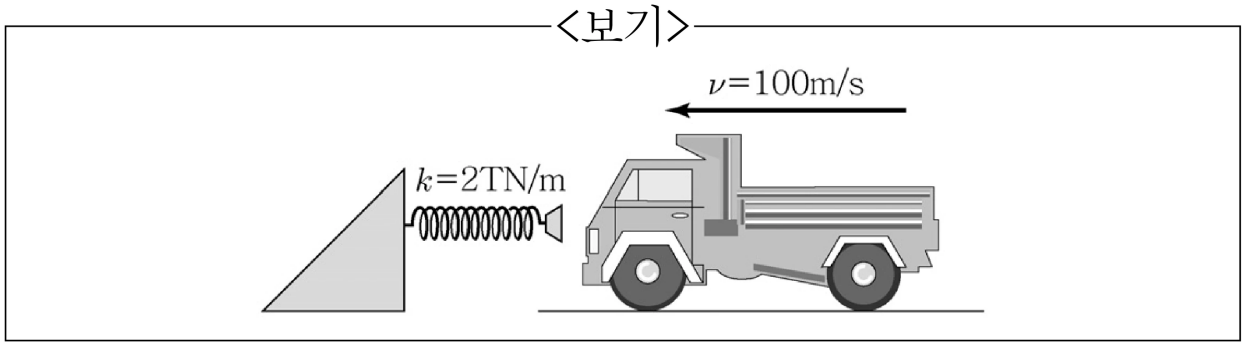
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 응용역학개론 · 2018 · 3월

공무원/서울시/9급 · 응용역학개론 · 2018 · 3월

문 1. <보기>와 같이 동력차가 강성도 k = 2TN/m인 스프링으로 구성된 차막이에 100 m/s의 속도로 충돌할 때 스프링의 최대 수평 변위량은? (단, 동력차의 무게는 80tf이다.)

<보기>



① 0.01m

② 0.015m

③ 0.02m

④ 0.025m

정답 3번

간단한 해설

스프링이 가장 많이 압축될 때 동력차의 속도는 0이 되어, 처음 운동에너지가 **스프링의 탄성에너지**로 저장된다. 에너지 손실을 무시하고 12 mv^2=12 kx^2를 적용하면 최대 수평 변위량은 0.02 m이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 단위: 그림의 동력차는 수평으로 이동하여 스프링을 압축한다. 처음 스프링은 변형되지 않았고 마찰·충돌에 따른 에너지 손실은 없다고 보고 계산한다. 무게 80 tf는 **질량 80,000 kg인 물체의 무게**이므로 질량은 $m = 8 \times 10^4$kg이다. 충돌 직전 속력은 v = 100 m/s이며, 강성도의 T는 테라를 뜻하므로 $k = 2 \times 10^{12}$N/m이다.

에너지 관계: 압축량을 x라고 하면 선형 스프링의 힘은 $F = kx$이고, 저장되는 탄성에너지는 12 kx^2이다. **최대 압축 순간에는 동력차가 순간적으로 정지**하므로 처음 운동에너지가 모두 스프링에 저장된다. 따라서 12 mv^2=12 kx^2를 적용한다.

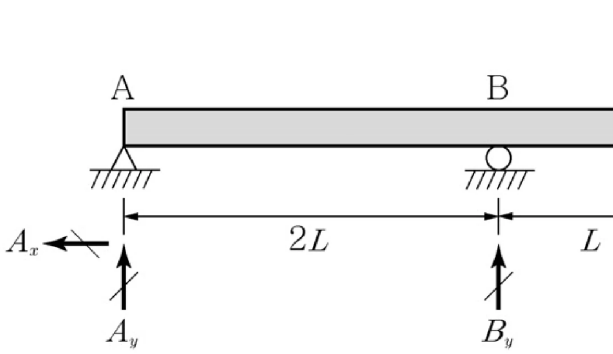
운동에너지 계산: E=12 mv^2에 질량과 속력을 넣으면 E=12·(8×10^4)·100^2이므로 $E = 4 \times 10^8$J이다. 이 값이 최대 압축 상태에서 스프링에 저장된 에너지이다.

최대 변위 계산: $x^2 = \frac{2E}{k}$이므로 $x^2 = \frac{2 \cdot (4 \times 10^8)}{2 \times 10^{12}}$이다. 따라서 $x^2 = 4 \times 10^{-4}$m²이며, 압축량의 크기인 양의 제곱근을 취하면 x = 0.02 m이다. 이는 ③의 0.02 m에 해당한다.

NoteBase

문 2. <보기>와 같이 주어진 문제의 반력으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① $A_x = 0,\ A_y = 0.5P,\ B_y = 0.5P$

② $A_x = 0,\ A_y = -0.25P,\ B_y = 1.75P$

③ $A_x = 0,\ A_y = -0.5P,\ B_y = 1.5P$

④ $A_x = P,\ A_y = 0.5P,\ B_y = 1.5P$

정답 3번

간단한 해설

하중 P가 B의 오른쪽 돌출부에 작용하므로, 모멘트 평형을 이루려면 B의 위쪽 반력이 하중보다 커야 한다. 그 결과 $B_y = 1.5P$이고, 수직력 평형을 맞추는 A의 반력은 **아래쪽**으로 작용하여 $A_y = -0.5P$가 된다. 수평 외력이 없으므로 $A_x = 0$이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 부호: A는 힌지 지점으로 수평·수직 반력이 생길 수 있고, B는 수평면 위의 롤러 지점으로 수직 반력만 생긴다. A에서 B까지는 2L, B에서 하중 P까지는 L이므로 A에서 하중까지의 거리는 3L이다. 그림의 반력 화살표를 양의 방향으로 두고, 모멘트는 반시계방향을 양으로 둔다. 정지한 보에는 수평력·수직력·모멘트의 평형식을 적용한다.

수평 반력: 수평방향 외력은 A의 반력뿐이다. 수평력의 합이 0이어야 하므로 $A_x = 0$이다.

B의 수직 반력: **A점을 기준으로 모멘트 평형**을 세우면 A의 반력은 작용선이 A를 지나므로 모멘트를 만들지 않는다. B의 위쪽 반력은 반시계방향, 하중 P는 시계방향 모멘트를 만든다. 따라서 $B_y \cdot 2L - P \cdot 3L = 0$이고, $B_y = \frac{3PL}{2L} = 1.5P$이다. 이는 B가 위쪽으로 하중 P의 1.5배를 지지한다는 뜻이다.

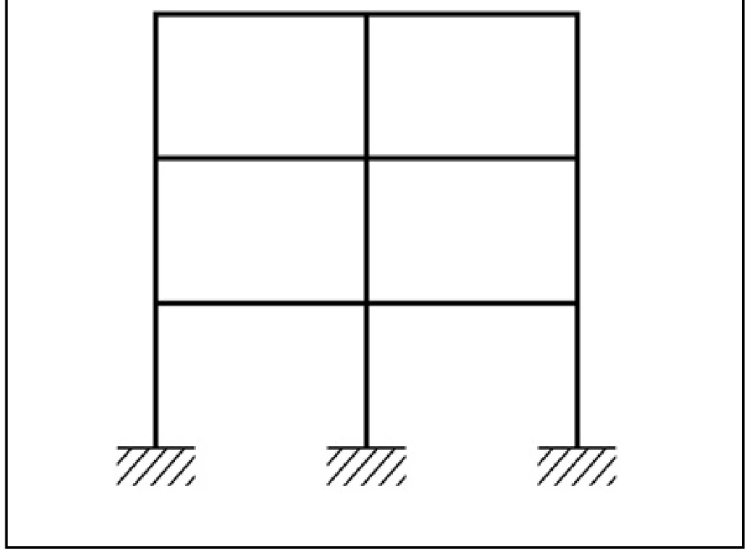
A의 수직 반력: 위쪽을 양으로 한 수직력 평형식은 $A_y + B_y - P = 0$이다. 여기에 B의 반력을 대입하면 $A_y = P - 1.5P = -0.5P$이다. 음수는 **가정한 위쪽과 반대인 아래쪽**으로 작용한다는 뜻이며, 그 크기는 0.5P이다.

따라서 $A_x = 0$, $A_y = -0.5P$, $B_y = 1.5P$로 ③의 값과 일치한다. 반력의 단위는 주어진 하중 P의 힘 단위와 같다.

NoteBase

문 3. <보기>와 같은 구조물의 부정정 차수는?

<보기>



① 15

② 16

③ 17

④ 18

정답 4번

간단한 해설

내부 힌지가 없는 평면 강절 골조이므로 **부재·반력 미지수와 절점 평형식의 수 차이**로 부정정 차수를 구한다.
부재 15개, 절점 12개, 반력 성분 9개를 적용하면 부정정 차수는 18이다.

NoteBase

계산 과정

계산 기준: 부정정 차수는 평형식만으로 결정할 수 없는 독립적인 미지수의 수이다. 내부 힌지가 없는 평면 강절골조에서는 $n = 3m + r - 3j$를 사용한다. 여기서 m은 부재 수, r은 지점 반력 성분 수, j는 절점 수이다. 각 부재의 독립적인 힘 성분 3개와 지점 반력을 합한 미지수에서, 절점마다 수평력·수직력·모멘트에 관한 평형식 3개씩을 뺀 것이다.

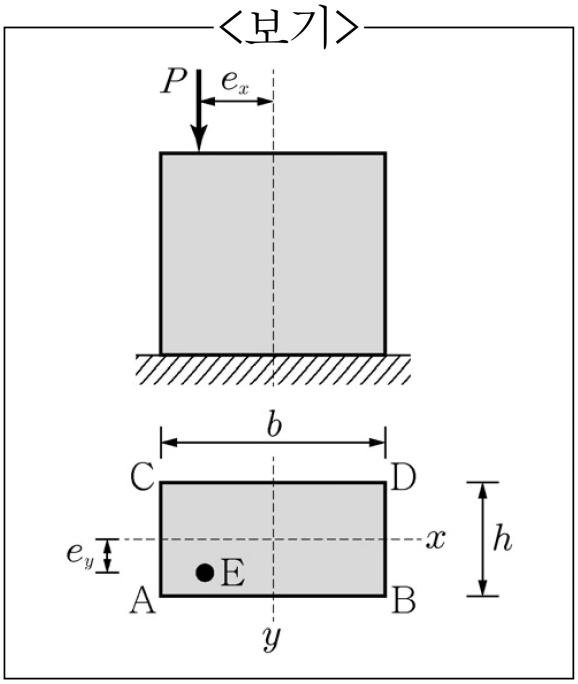
구조물의 수량: 그림에서 기둥은 층별로 나누면 3 × 3 = 9개이고, 보는 3 × 2 = 6개이므로 m = 15이다. **부재가 만나는 곳을 경계로 각각 별도 부재**로 센다. 절점은 세 높이의 보·기둥 접합부 9개에 지점 3개를 더하여 j = 12이다. 아래의 고정지점은 각각 수평반력·수직반력·반력모멘트를 제공하므로 r = 3 × 3 = 9이다.

차수 계산: $n = 3 \times 15 + 9 - 3 \times 12 = 18$이다. 이는 평형식만으로는 결정되지 않는 독립적인 미지수가 18개라는 뜻이다. 따라서 18차 부정정 구조물이며, ④의 18에 해당한다.

NoteBase

문 4. <보기>와 같은 직사각형 단면의 E점에 하중(P)이 작용할 경우 각 모서리 A, B, C, D의 응력은? (단, 압축은 +이고, $I_x = \frac{bh^3}{12}$, $I_y = \frac{b^3h}{12}$이다.)

<보기>



① $f_A = \frac{P}{bh} + \frac{Pe_x}{I_y}x + \frac{Pe_y}{I_x}y$

② $f_B = \frac{P}{bh} + \frac{Pe_x}{I_y}x - \frac{Pe_y}{I_x}y$

③ $f_C = \frac{P}{bh} - \frac{Pe_x}{I_y}x + \frac{Pe_y}{I_x}y$

④ $f_D = \frac{P}{bh} + \frac{Pe_x}{I_y}x - \frac{Pe_y}{I_x}y$

정답 1번

간단한 해설

하중점 E가 도심의 왼쪽 아래에 있으므로, A점에서는 **두 방향의 휨응력이 모두 압축을 증가**시킨다. 따라서 균일 압축응력 $\frac{P}{bh}$에 두 휨응력 $\frac{Pe_x}{I_y}x$, $\frac{Pe_y}{I_x}y$를 모두 더한다.

NoteBase

선지별 해설

편심 압축하중은 도심에 작용하는 축력과 두 도심축에 대한 휨모멘트로 나누어 생각한다. 축력에 의한 균일 압축응력은 $\frac{P}{bh}$이고, 편심거리 e_x, e_y에 따른 휨모멘트의 크기는 각각 Pe_x, Pe_y이다. 직사각형 단면의 두 도심축에 대한 휨응력을 축력에 의한 응력에 중첩한다.

선지의 x, y는 각 모서리에서 도심의 y축, x축까지의 거리 크기로, 각각 $x = \frac{b}{2}$, $y = \frac{h}{2}$이다. Pe_x에 의한 휨은 **왼쪽에서 압축을 증가**시키고 오른쪽에서 감소시킨다. Pe_y에 의한 휨은 **아래쪽에서 압축을 증가**시키고 위쪽에서 감소시킨다. 압축을 +로 정했으므로 압축을 증가시키는 항은 더하고, 감소시키는 항은 뺀다.

① O: A는 왼쪽 아래 모서리이므로 두 휨응력이 모두 압축을 증가시킨다. 따라서 $f_A = \frac{P}{bh} + \frac{Pe_x}{I_y}x + \frac{Pe_y}{I_x}y$이다.

② X: B는 오른쪽 아래 모서리이므로 가로 편심에 의한 항은 빼고, 세로 편심에 의한 항은 더해야 한다. 선지는 **두 휨응력 항의 부호가 모두 반대**이다. 올바른 식은 $f_B = \frac{P}{bh} - \frac{Pe_x}{I_y}x + \frac{Pe_y}{I_x}y$이다.

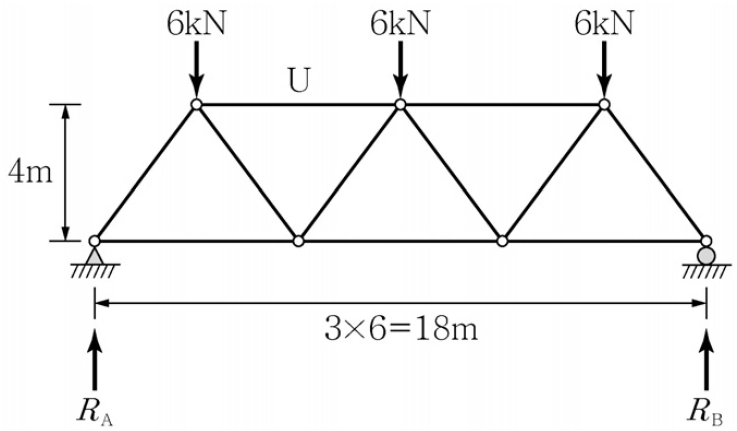
③ X: C는 왼쪽 위 모서리이므로 가로 편심에 의한 항은 더하고, 세로 편심에 의한 항은 빼야 한다. 선지는 두 휨응력 항의 부호가 모두 반대이다. 올바른 식은 $f_C = \frac{P}{bh} + \frac{Pe_x}{I_y}x - \frac{Pe_y}{I_x}y$이다.

④ X: D는 오른쪽 위 모서리이므로 **두 휨응력 모두 압축을 감소**시킨다. 따라서 가로 편심에 의한 항도 빼야 하며, 올바른 식은 $f_D = \frac{P}{bh} - \frac{Pe_x}{I_y}x - \frac{Pe_y}{I_x}y$이다.

NoteBase

문 5. <보기>와 같은 트러스에서 단면법으로 구한 U의 부재력의 크기는?

<보기>



① 9kN

② 11kN

③ 13kN

④ 15kN

정답 1번

간단한 해설

U와 함께 절단한 다른 두 부재의 교점을 기준으로 모멘트를 취하면 **두 부재력의 모멘트가 0**이 되어 U만 구할 수 있다. 지점반력과 6 kN 하중의 모멘트를 평형시키면 U는 **크기 9 kN의 압축력**을 받는다.

NoteBase

계산 과정

지점반력: 하중과 지점 배치가 좌우 대칭이므로 양쪽 수직반력은 같다. 전체 하중은 6 + 6 + 6 = 18 kN이므로 $R_A = R_B = \frac{18}{2} = 9\text{kN}$이며, 모두 위쪽으로 작용한다.

절단면 선택: 왼쪽 지점 A에서 오른쪽으로 6 m 떨어진 첫 번째 내부 하현재 절점을 C라 하자. U, 왼쪽 상현재 절점에서 C로 내려오는 사재, A와 C를 잇는 하현재를 가상으로 절단하고 왼쪽 부분을 분리한다. 절단된 부재력은 각 부재의 축 방향으로 작용하므로 **C를 지나는 사재력과 하현재력의 모멘트는 0**이다.

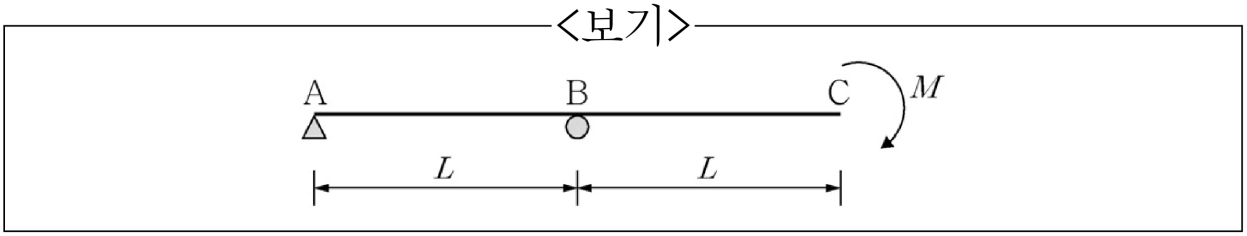
모멘트 평형: U의 부재력 N_U를 인장으로 가정하면 왼쪽 분리체에서 오른쪽으로 작용한다. C에 대한 수직거리는 U가 4 m, A의 반력이 6 m, 왼쪽 6 kN 하중이 3 m이다. 반시계방향을 양으로 하고 힘은 kN, 거리는 m로 대입하면 $-9 \cdot 6 + 6 \cdot 3 - 4N_U = 0$이다. 여기서 반력과 U의 인장력은 시계방향, 6 kN 하중은 반시계방향 모멘트를 만든다. 이를 풀면 $N_U = \frac{6 \cdot 3 - 9 \cdot 6}{4} = -9\text{kN}$이다.

결과 해석: 음수는 가정한 인장 방향과 반대로 작용한다는 뜻이므로 U는 **압축부재**이다. 문제에서 묻는 부재력의 크기는 9 kN이며, ①의 값에 해당한다.

NoteBase

문 6. <보기>와 같이 모멘트하중을 받는 내민보가 있을 때 C점의 처짐각 θ_c와 처짐 y_c는? (단, EI는 일정하다.)

<보기>



① $\theta_c = \frac{4ML}{3EI}$ (⊠), $y_c = \frac{5ML^2}{6EI}$ (↓)
② $\theta_c = \frac{5ML}{3EI}$ (⊠), $y_c = \frac{2ML^2}{3EI}$ (↓)
③ $\theta_c = \frac{2ML}{3EI}$ (⊠), $y_c = \frac{5ML^2}{3EI}$ (↓)
④ $\theta_c = \frac{5ML}{6EI}$ (⊠), $y_c = \frac{4ML^2}{3EI}$ (↓)

정답 1번

간단한 해설

내민 구간 BC의 변형에는 **B점의 회전과 BC 자체의 휨**이 함께 반영된다. 두 효과를 합하면 C점의 처짐각은 시계 방향으로 $\frac{4ML}{3EI}$, 처짐은 아래쪽으로 $\frac{5ML^2}{6EI}$이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 부호: AB와 BC의 길이는 각각 L이고, 휨강성 EI는 일정하다. A에서 오른쪽으로 잰 좌표를 x, 아래쪽 처짐을 $w(x)$로 두며, 처짐각은 시계 방향을 양으로 정한다. 작은 처짐의 휨 이론에서 처짐각은 w의 기울기로 구한다. A와 B는 수직변위가 구속되므로 $w(0) = w(L) = 0$이지만, **B점의 회전은 구속되지 않는다**.

반력과 휨모멘트: 위쪽 반력을 양으로 두면 A점에 대한 모멘트 평형에서 $R_B L - M = 0$, 수직력 평형에서 $R_A + R_B = 0$이다. 따라서 $R_A = -\frac{M}{L}$, $R_B = \frac{M}{L}$이다. 아래로 볼록한 휨을 양으로 한 내부 휨모멘트를 $m(x)$라 하면, AB에서는 $m(x) = -\frac{Mx}{L}$, BC에서는 $m(x) = -M$이다.

B점의 처짐각: 처짐을 아래쪽 양으로 정했으므로 곡률 관계는 $EIw''(x) = -m(x)$이다. AB에서 두 번 적분하면 $w(x) = \frac{Mx^3}{6EIL} + C_1 x + C_2$이다. 두 지점의 처짐이 0이라는 조건을 적용하면 $C_2 = 0$, $C_1 = -\frac{ML}{6EI}$를 얻는다. 따라서 $\theta_B = w'(L) = \frac{ML}{3EI}$이며, 이는 B점에서 보가 시계 방향으로 회전함을 뜻한다.

C점의 처짐각: B에서 오른쪽으로 잰 거리를 s라 두면 BC에서 $EI\frac{d^2w}{ds^2} = M$이다. B점의 처짐각을 초기 기울기로 적용하면 $\frac{dw}{ds} = \theta_B + \frac{Ms}{EI}$이다. C는 $s = L$이므로 $\theta_c = \frac{ML}{3EI} + \frac{ML}{EI} = \frac{4ML}{3EI}$이며, 방향은 시계 방향이다.

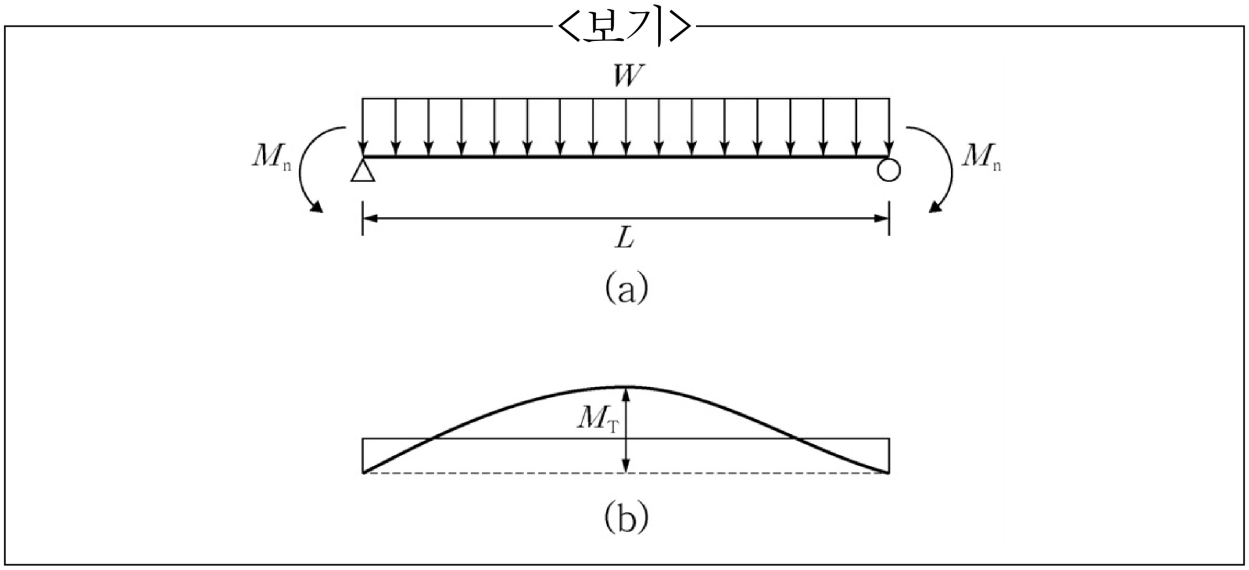
C점의 처짐: 위 기울기를 다시 적분하고 BC의 시작점인 B에서 처짐이 0이라는 조건을 적용하면 $w(s) = \theta_B s + \frac{Ms^2}{2EI}$이다. 첫 항은 **B점의 회전에 따른 변위**, 둘째 항은 **BC 구간 자체의 휨에 따른 변위**이다. 따라서 $y_c = \frac{ML^2}{3EI} + \frac{ML^2}{2EI} = \frac{5ML^2}{6EI}$이며, 방향은 아래쪽이다.

결과: $\theta_c = \frac{4ML}{3EI}$는 시계 방향, $y_c = \frac{5ML^2}{6EI}$는 아래쪽이므로 ①과 일치한다. 일관된 힘·길이 단위를 쓰면 처짐각은 rad, 처짐은 L과 같은 길이 단위로 나타난다.

NoteBase

문 8. <보기>의 그림 (a)와 같이 등분포하중과 단부 모멘트하중이 작용하는 단순지지 보의 휨모멘트도는 그림 (b)와 같다. 정모멘트 M_p와 부모멘트 M_n의 차이 M_T의 크기는?

<보기>



① $wL^2/24$

② $wL^2/6$

③ $wL^2/12$

④ $wL^2/8$

정답 4번

간단한 해설

양 끝의 단부 모멘트는 휨모멘트도를 **같은 크기만큼 아래로 이동**시킨다. 따라서 중앙의 정모멘트와 단부의 부모멘트 사이 차이는 등분포하중만 작용할 때의 중앙 휨모멘트인 $M_T = \frac{wL^2}{8}$이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 부호: 등분포하중의 세기를 w, 경간을 L로 둔다. 그림 (b)의 M_T는 중앙의 가장 높은 점과 양 끝을 잇는 점선 사이의 수직 거리이다. 단부 모멘트의 크기를 M_n이라 하면 단부의 휨모멘트는 $-M_n$이므로, 구하는 차이는 **부모멘트의 음의 값까지 포함한 차이**인 $M_T = M_p - (-M_n)$이다.

지점반력: 그림 (a)의 두 단부 모멘트는 크기가 같고 회전 방향이 반대이므로 보 전체의 모멘트 평형에서 서로 상쇄된다. 등분포하중의 합력 wL은 중앙에 작용하므로 두 수직반력은 $R_A = R_B = \frac{wL}{2}$이다.

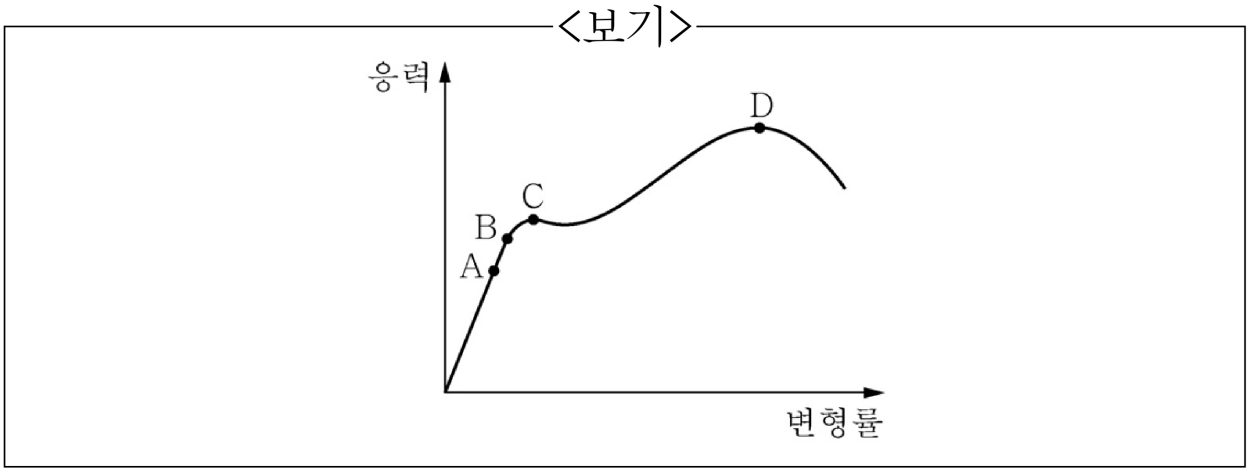
중앙 휨모멘트: 하중과 단부 모멘트가 좌우 대칭이므로 정모멘트는 중앙에서 최대이다. 중앙에서 보를 절단하면 왼쪽 절반의 등분포하중 합력은 $\frac{wL}{2}$이고, 절단면까지의 거리는 $\frac{L}{4}$이다. 따라서 중앙 모멘트는 $M_p = -M_n + R_A\frac{L}{2} - \frac{wL^2}{8}$이며, 반력을 대입하면 $M_p = \frac{wL^2}{8} - M_n$이다. 즉, 단부 모멘트는 등분포하중에 의한 휨모멘트도 전체를 **일정한 값만큼 아래로 이동**시킨다.

모멘트 차이: 앞의 관계를 정리하면 $M_T = M_p + M_n = \frac{wL^2}{8}$이다. 단부 모멘트에 의한 이동량이 차이를 구할 때 소거되므로, 이 값은 ④의 $\frac{wL^2}{8}$과 일치한다. w가 힘/길이 단위이고 L이 길이 단위이면 결과는 힘×길이, 즉 모멘트 단위이다.

NoteBase

문 9. <보기>는 응력과 변형률 곡선을 나타낸 그래프이다. 각 지점의 명칭으로 옳지 않은 것은?

<보기>



① A점은 비례한도(proportional limit)이다.

② B점은 소성한도(plastic limit)이다.

③ C점은 항복점(yield strength)이다.

④ D점은 한계응력(ultimate stress)이다.

정답 2번

간단한 해설

B점은 소성한도가 아니라 **탄성한도**이다. 탄성한도는 하중을 제거했을 때 변형이 완전히 회복되는 응력의 한계이며, 이를 넘으면 영구변형이 남는다.

NoteBase

선지별 해설

세로축은 응력, 가로축은 변형률이다. 하중을 점차 증가시킬 때 곡선의 초기 비례 구간, 탄성 회복의 한계, 항복 현상, 최대 응력 지점을 구분한다.

① O: A점은 응력과 변형률이 비례하는 구간의 끝인 비례한도이다. 이 한도까지는 응력과 변형률의 비가 일정하여 훅의 법칙이 성립한다. 비례한도는 **비례 관계가 유지되는 한계**를 뜻한다.

② X: B점은 **탄성한도(elastic limit)**이다. 탄성한도 이내에서 하중을 제거하면 원래 모양과 길이로 돌아오지만, 이를 넘어서면 하중을 제거해도 변형의 일부가 남는다. 따라서 '소성한도(plastic limit)'를 '탄성한도(elastic limit)'로 고쳐야 한다. A점의 비례한도는 응력과 변형률의 비례 여부를, B점의 탄성한도는 변형의 완전한 회복 여부를 기준으로 구분한다.

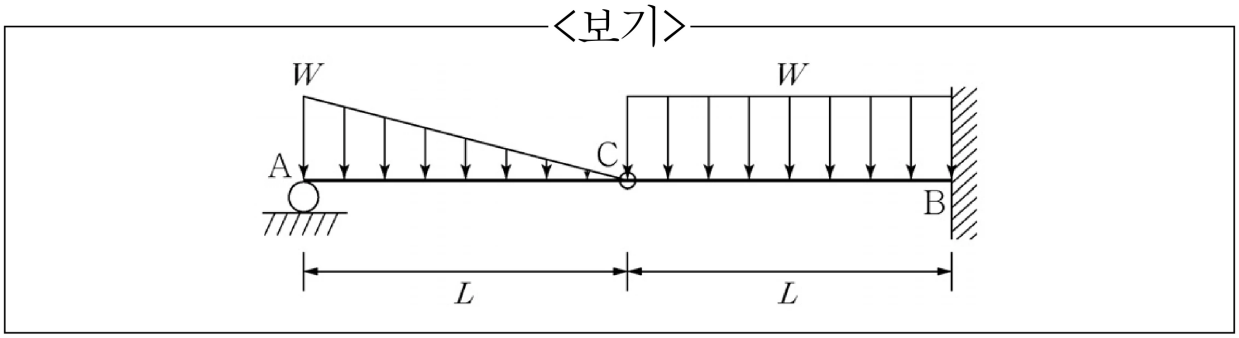
③ O: C점은 항복점이다. 그림에서 C점 직후에는 응력이 조금 낮아지면서도 변형률이 증가하는 항복 현상이 나타난다. 이는 **응력이 크게 증가하지 않아도 소성변형이 진행**되는 현상이며, C점은 그 시작의 위 항복점에 해당한다.

④ O: D점은 곡선에서 응력이 가장 큰 지점으로, 한계응력 또는 인장강도에 해당한다. 여기서의 응력은 하중을 시험편의 원래 단면적으로 나눈 공칭응력이다. D점 이후에는 국부적으로 단면이 가늘어지는 네킹이 진행되면서 공칭응력이 감소한다. 따라서 D점은 **최대 공칭응력에 도달한 지점**이며, 파단이 일어나는 지점과 구별한다.

NoteBase

문 10. <보기>와 같은 게르버 보에서 B점의 휨모멘트 크기는? (단, 반시계방향은 +, 시계방향은 −이다.)

<보기>



① $-\frac{wL^2}{6}$
② $-\frac{wL^2}{2}$
③ $-\frac{2wL^2}{3}$
④ $-\frac{wL^2}{3}$

정답 3번

간단한 해설

C점은 **휨모멘트를 전달하지 않는 내부 힌지**이므로, A–C 구간의 평형에서 구한 힘 $\frac{wL}{6}$이 C–B 구간에는 아래로 작용한다. 이 힘과 등분포하중에 의한 모멘트를 합하면 B점의 휨모멘트는 시계방향인 $-\frac{2wL^2}{3}$이다.

계산 과정

구간 분리: 그림의 분포하중 세기를 선지와 같이 w로 나타낸다. A–C와 C–B의 길이는 각각 L이고, C는 **휨모멘트가 0인 내부 힌지**이다. 따라서 A–C 구간을 먼저 분리하여 C점에서 전달되는 힘을 구한다.

A–C 구간의 평형: 삼각형 분포하중의 합력은 하중도 면적과 같은 $\frac{wL}{2}$이고, 작용점은 하중이 큰 A에서 $\frac{L}{3}$ 떨어진 곳이다. 이 구간의 C점 상향 반력을 R_C라 하면 A점에 대한 모멘트 평형은 $R_C L = \frac{wL}{2} \cdot \frac{L}{3}$이다. 따라서 $R_C = \frac{wL}{6}$이다.

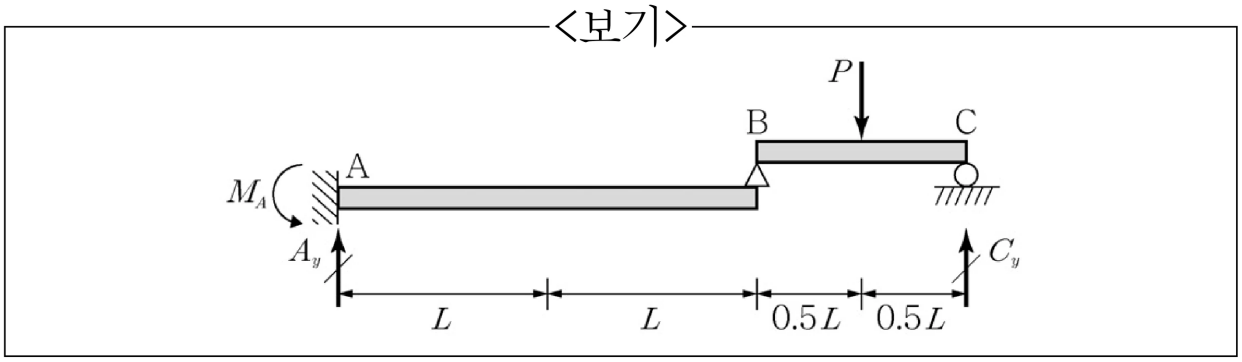
C–B 구간에 작용하는 하중: 작용·반작용에 따라 C점의 힘은 C–B 구간에 **아래 방향**으로 작용하며, B까지의 거리는 L이다. 이 힘이 B점에 만드는 모멘트는 반시계방향으로 $\frac{wL^2}{6}$이다. C–B 구간의 등분포하중은 합력이 wL이고 B에서 $\frac{L}{2}$ 떨어진 구간 중앙에 작용하므로, 반시계방향 모멘트 $\frac{wL^2}{2}$를 만든다.

B점의 휨모멘트: 두 하중이 만드는 반시계방향 모멘트와 평형을 이루려면 B점에는 **시계방향 모멘트**가 필요하다. 문제의 부호 규약에 따라 $M_B = -\left(\frac{wL^2}{6} + \frac{wL^2}{2}\right)$이고, 정리하면 $M_B = -\frac{2wL^2}{3}$으로 ③과 일치한다. w는 단위길이당 힘이므로 이 결과의 단위는 힘×길이이다.

NoteBase

문 11. <보기>와 같은 보의 반력으로 옳은 것은?

<보기>



① $A_y = 0.25P,\ M_A = -PL,\ C_y = 0.5P$

② $A_y = 0.5P,\ M_A = -PL,\ C_y = 0.5P$

③ $A_y = -0.25P,\ M_A = PL,\ C_y = 0.25P$

④ $A_y = 0.5P,\ M_A = PL,\ C_y = 0.5P$

정답 4번

간단한 해설

BC에 중앙 집중하중이 작용하므로 B와 C의 수직반력은 각각 $0.5P$이다. B에서 AB로 전달되는 **아래쪽 힘**을 지탱하려면 $A_y = 0.5P$이고, A의 반력모멘트는 **반시계방향**으로 $M_A = PL$이다.

NoteBase

계산 과정

구조와 부호: AB의 길이는 $2L$, BC의 길이는 L이며, 하중 P는 BC의 중앙에 작용한다. B의 연결부는 **힘을 전달하지만 모멘트는 전달하지 않는다**. 따라서 BC를 먼저 분리해 평형을 구한다. 그림의 화살표에 따라 수직반력은 위쪽, M_A는 반시계방향을 양으로 둔다.

BC의 반력: B에서 BC를 위로 받치는 힘을 R_B라 한다. B에 대한 모멘트 평형은 $C_y L - P \cdot \frac{L}{2} = 0$이므로 $C_y = \frac{P}{2} = 0.5P$이다. 수직력 평형 $R_B + C_y - P = 0$에서 $R_B = \frac{P}{2}$이다. 이는 BC가 하중 P를 B와 C에 절반씩 전달한다는 뜻이다.

A의 수직반력: BC가 B에서 위쪽으로 받는 힘의 반작용으로, AB의 끝 B에는 **아래쪽으로** $\frac{P}{2}$가 작용한다. AB의 수직력 평형은 $A_y - \frac{P}{2} = 0$이므로 $A_y = \frac{P}{2} = 0.5P$이다.

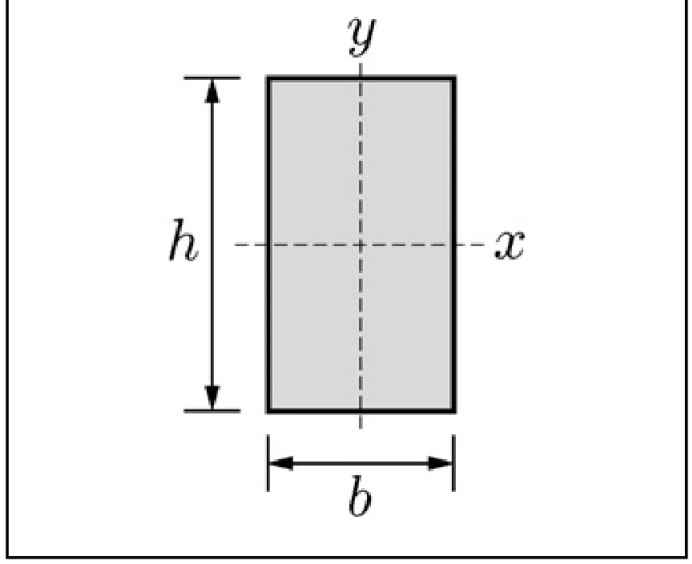
A의 반력모멘트: B의 아래쪽 힘은 A에서 $2L$ 떨어져 있으므로 시계방향 모멘트를 만든다. 이를 상쇄하는 반력모멘트는 **반시계방향**이다. A에 대한 모멘트 평형은 $M_A - \frac{P}{2} \cdot 2L = 0$이므로 $M_A = PL$이다. 그림에 표시된 방향과 같으므로 부호는 양이다.

따라서 $A_y = 0.5P$, $M_A = PL$, $C_y = 0.5P$이며, ④의 값과 일치한다. 수직반력은 힘의 단위, 반력모멘트는 힘×길이의 단위를 갖는다.

NoteBase

문 12. <보기>와 같은 직사각형에서 최소 단면 2차 반경(최소 회전 반경)은? (단, h > b이다.)

<보기>



① $\frac{b}{2\sqrt{3}}$
② $\frac{bh}{2\sqrt{3}}$
③ $\frac{b}{\sqrt{6}}$
④ $\frac{h}{2\sqrt{3}}$

정답 1번

간단한 해설

단면 2차 반경은 $i = \sqrt{I/A}$ 이며, h > b인 직사각형에서는 **y축에 대한 단면 2차 반경이 더 작다**. 따라서 최소값은 $\frac{b}{2\sqrt{3}}$이다.

NoteBase

계산 과정

단면 2차 반경의 정의: 단면적을 A, 해당 축에 대한 단면 2차 모멘트를 I라 하면 $i = \sqrt{I/A}$이다. 즉, 단면 2차 모멘트를 단면적으로 나눈 뒤 제곱근을 취한 길이이며, 같은 단면에서는 I가 작을수록 i도 작다.

직사각형의 단면 특성: 그림에서 가로 폭은 b, 세로 높이는 h이고, x축과 y축은 도심을 지나는 대칭축이다. 단면적은 A = bh이며, $I_x = \frac{bh^3}{12}$, $I_y = \frac{hb^3}{12}$이다. 각 식에서 세제곱이 되는 치수는 **해당 축에 수직인 방향의 치수**이다.

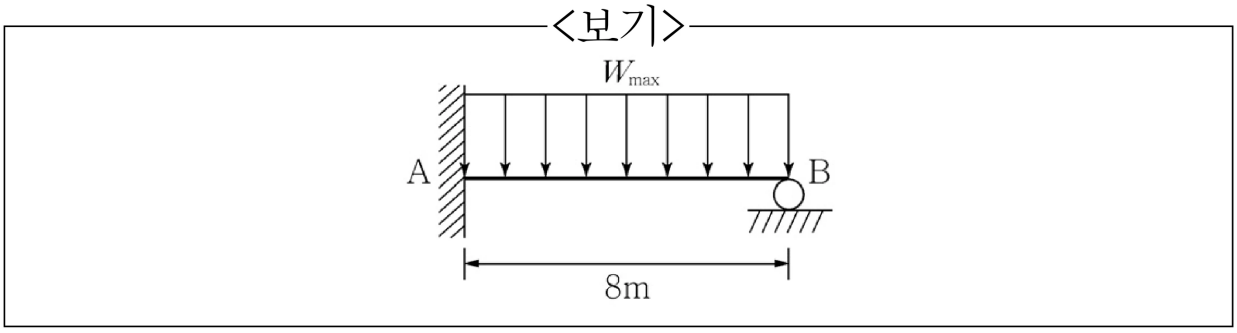
두 축의 단면 2차 반경: x축에 대해서는 $i_x = \sqrt{\frac{bh^3}{12bh}} = \frac{h}{2\sqrt{3}}$이고, y축에 대해서는 $i_y = \sqrt{\frac{hb^3}{12bh}} = \frac{b}{2\sqrt{3}}$이다. 두 값 모두 b, h와 같은 길이 단위를 갖는다.

최소값의 결정: 직사각형의 두 도심 대칭축은 주축이므로 두 축의 단면 2차 반경 중 작은 값이 최소값이다. h > b이므로 $i_y < i_x$이다. 따라서 **최소 단면 2차 반경은 y축 기준의 값**이며, $i_{\min} = \frac{b}{2\sqrt{3}}$로 ①에 해당한다.

NoteBase

문 13. <보기>와 같은 부정정 보가 등분포하중을 지지하고 있을 때 B지점 수직반력의 한계는 300kN이다. B지점의 수직반력이 한계에 도달할 때까지 보에 재하할 수 있는 최대 등분포하중 W_{max}의 크기는? (단, EI는 일정하며 단면의 휨성능은 받침 B의 휨성능을 초과한다고 가정한다.)

<보기>



① 50kN/m

② 100kN/m

③ 200kN/m

④ 300kN/m

정답 2번

간단한 해설

이 보의 B지점 반력은 **B의 수직처짐이 0이라는 조건**으로 구하며, $R_B = \frac{3wL}{8}$이다. 경간 8 m에서 반력 한계 300 kN에 대응하는 최대 등분포하중은 100 kN/m이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 변수: 그림은 A가 고정되고 B가 롤러로 지지된 경간 8 m의 부정정 보이다. 등분포하중의 세기를 w, 경간을 L, 위쪽 B지점 반력을 R_B라 둔다. 휨강성 EI는 일정하며, 보 단면의 휨성능에 관한 조건에 따라 B지점 반력이 300 kN에 도달할 때의 하중을 구한다.

B지점 처짐: B의 받침을 제거하면 A에 고정된 외팔보가 된다. 이 외팔보에 등분포하중 w가 작용할 때 B의 아래쪽 처짐은 $\delta_w = \frac{wL^4}{8EI}$이다. 제거한 받침 대신 위쪽 반력 R_B를 가하면 B의 위쪽 처짐 크기는 $\delta_R = \frac{R_B L^3}{3EI}$이다. 두 처짐을 중첩하여 원래 보의 변형을 나타낸다.

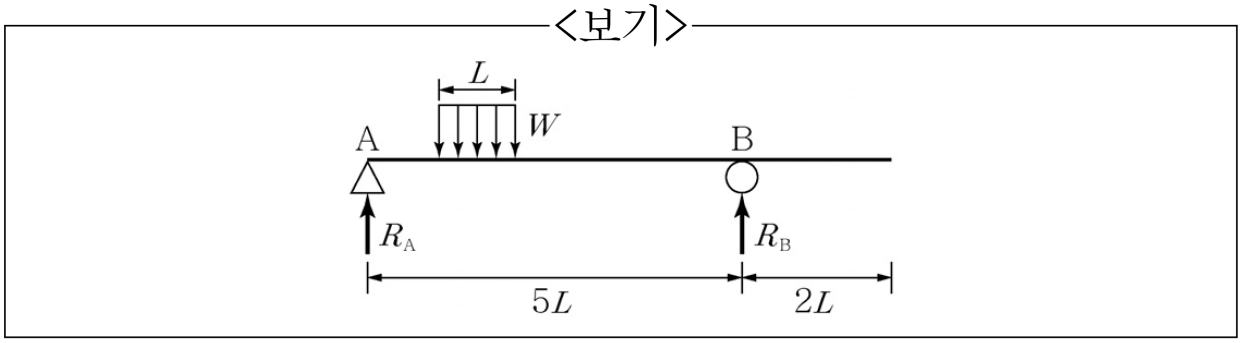
변형 적합조건: 실제 보에서는 받침 B가 수직변위를 구속하므로 **아래쪽 처짐과 위쪽 처짐이 상쇄**되어야 한다. 따라서 $\frac{wL^4}{8EI} - \frac{R_B L^3}{3EI} = 0$이며, 정리하면 $R_B = \frac{3wL}{8}$이다. 즉, B는 전체 등분포하중 wL의 3/8을 부담한다.

최대 등분포하중: 반력은 하중의 세기에 비례하므로 B의 반력이 한계 300 kN에 도달할 때 w가 최대가 된다. $300 = \frac{3 \cdot W_{\max} \cdot 8}{8}$에 따라 $W_{\max} = \frac{8 \cdot 300}{3 \cdot 8} = 100\text{kN/m}$이다. 따라서 최대 등분포하중은 100 kN/m이며 ②에 해당한다.

NoteBase

문 14. <보기>와 같이 길이가 7L인 내민보 위로 길이가 L인 등분포하중 W가 이동하고 있을 때 이 보에 발생하는 최대 반력은?

<보기>



① $R_A = 1.3WL$

② $R_B = 0.9WL$

③ $R_A = 0.9WL$

④ $R_B = 1.3WL$

정답 4번

간단한 해설

길이 L인 등분포하중을 **오른쪽 자유단에 붙여 놓을 때** B점 반력이 최대가 된다. 이때 합력 WL의 작용점은 A점에서 6.5L 떨어져 있으므로, 모멘트 평형으로 $R_B = 1.3WL$을 얻는다.

NoteBase

계산 과정

1. 하중의 합력과 작용점: 그림에서 지점 간 거리는 5L이고, B점 오른쪽 내민 길이는 2L이다. W는 단위길이당 하중의 크기이므로, 길이 L에 걸친 등분포하중의 합력은 WL이다. 합력은 **재하 구간의 중앙**에 작용한다.

2. 하중 위치에 따른 반력: A점에서 합력 작용점까지의 거리를 x라 하고, 위쪽 반력을 양으로 잡는다. A점에 대한 모멘트 평형은 $R_B \cdot 5L = WL \cdot x$이므로 $R_B = \frac{WL \cdot x}{5L}$이다. 수직력 평형에서 $R_A = WL - R_B$이다. 따라서 합력이 오른쪽으로 갈수록 B점 반력은 커지고 A점 반력은 작아진다.

3. B점의 최대 반력: 길이 L인 하중을 **오른쪽 끝의 L 구간**에 놓으면 합력 작용점이 가장 오른쪽에 온다. 이때 A점에서의 거리는 $x = 7L - \frac{L}{2} = 6.5L$이다. 따라서 $R_{B,\max} = \frac{WL \cdot 6.5L}{5L} = 1.3WL$이다. 내민 부분의 하중이 A점을 중심으로 만드는 모멘트 때문에 B점 반력은 하중의 합력 WL보다 클 수 있다.

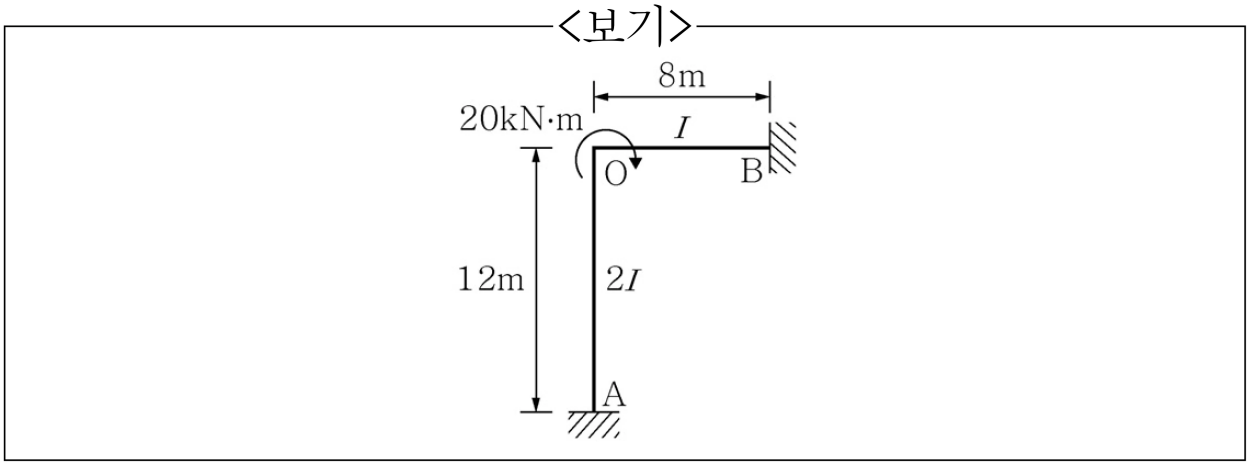
4. A점의 최대 반력: 하중을 A점 바로 오른쪽의 L 구간에 놓을 때 합력 작용점은 A점에서 L/2만큼 떨어진다. 이때 $R_B = \frac{WL \cdot (L/2)}{5L} = 0.1WL$이므로 $R_{A,\max} = WL - 0.1WL = 0.9WL$이다.

두 지점의 최대 반력을 비교하면 $1.3WL > 0.9WL$이므로, 보에 발생하는 최대 반력은 B점의 $1.3WL$이며 ④에 해당한다.

NoteBase

문 15. <보기>와 같이 O점에 20kN·m의 모멘트하중이 작용할 때 각 부재의 전달모멘트는?

<보기>



① $M_{AO} = 11.4\text{kN}\cdot\text{m}(\boxtimes), M_{BO} = 8.5\text{kN}\cdot\text{m}(\boxtimes)$

② $M_{AO} = 5.7\text{kN}\cdot\text{m}(\boxtimes), M_{BO} = 4.2\text{kN}\cdot\text{m}(\boxtimes)$

③ $M_{AO} = 8.5\text{kN}\cdot\text{m}(\boxtimes), M_{BO} = 11.4\text{kN}\cdot\text{m}(\boxtimes)$

④ $M_{AO} = 4.2\text{kN}\cdot\text{m}(\boxtimes), M_{BO} = 5.7\text{kN}\cdot\text{m}(\boxtimes)$

정답 2번

간단한 해설

O점의 모멘트는 두 부재의 **회전강성비 4:3**으로 분배되며, A·B 고정단에는 각각 **분배모멘트의 절반**이 같은 방향으로 전달된다. 전달모멘트는 모두 시계방향으로, A단은 약 5.71 kN·m, B단은 약 4.29 kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

1. 회전강성비: 그림에서 OA는 길이 12 m, 단면2차모멘트 2I이고, OB는 길이 8 m, 단면2차모멘트 I이다. 두 부재의 탄성계수 E가 같고 축변형을 무시하는 통상적인 휨해석을 적용한다. A·B가 고정되어 있고 O점의 병진변위가 없으므로, 각 부재의 O단 회전강성은 $K = \frac{4EI}{L}$이다. 따라서 $K_{OA} : K_{OB} = \frac{2I}{12} : \frac{I}{8} = 4 : 3$이다.

2. O단 모멘트 분배: 두 부재는 강접합된 O점에서 함께 회전하므로 **회전강성이 클수록 더 큰 모멘트를 분담**한다. 분배율은 OA가 $\frac{4}{7}$, OB가 $\frac{3}{7}$이다. 따라서 O단 모멘트의 크기는 $M_{OA} = 20 \times \frac{4}{7} = \frac{80}{7}$ kN·m, $M_{OB} = 20 \times \frac{3}{7} = \frac{60}{7}$ kN·m이다. 이는 O점에서 두 부재에 분배된 모멘트이며, 아직 A·B단의 전달모멘트는 아니다.

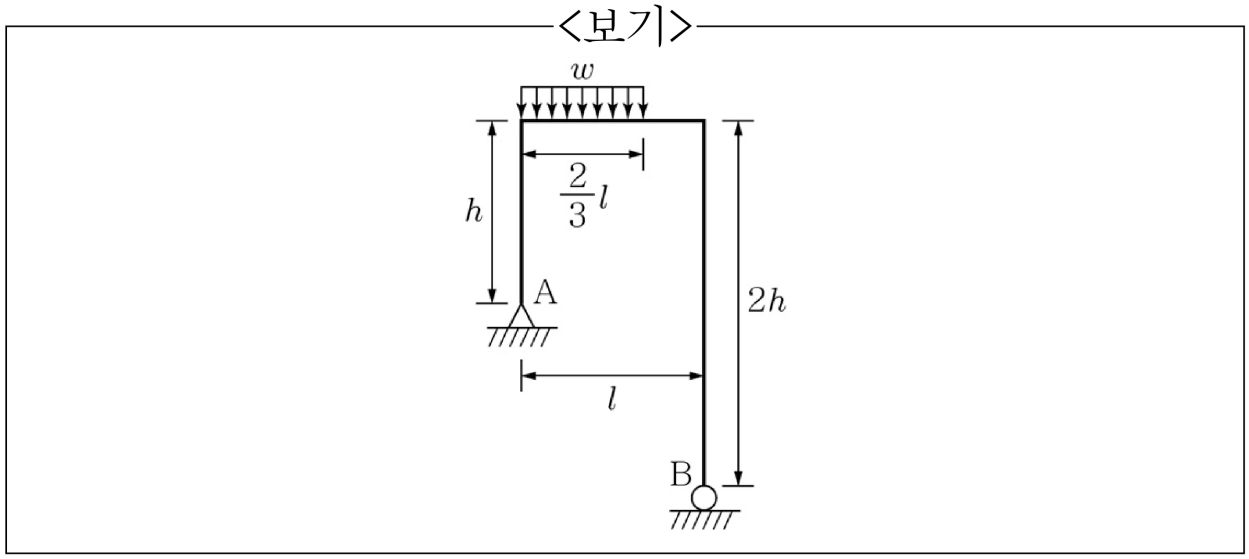
3. 고정단으로 전달: 부재에 중간하중이 없고 반대쪽 단부가 고정되어 있을 때, 한쪽 단부의 회전으로 생긴 모멘트는 반대쪽에 **크기는 절반, 방향은 같은 방향**으로 전달된다. 따라서 $M_{AO} = \frac{1}{2} \times \frac{80}{7} = \frac{40}{7}$ kN·m로 약 5.71 kN·m이고, $M_{BO} = \frac{1}{2} \times \frac{60}{7} = \frac{30}{7}$ kN·m로 약 4.29 kN·m이다. 외력모멘트가 O점을 시계방향으로 회전시키므로, A·B단의 전달모멘트도 모두 시계방향(☒)이다.

4. 선지 대응: 계산값의 소수 둘째 자리 이하를 버리면 $M_{AO} = 5.7$ kN·m(☒), $M_{BO} = 4.2$ kN·m(☒)로, ②의 제시값에 대응한다. B단의 정확한 값은 $\frac{30}{7}$ kN·m이며, 소수 첫째 자리까지 반올림하면 4.3 kN·m이다.

NoteBase

문 16. <보기>와 같은 정정라멘구조에 분포하중 w가 작용할 때 최대 모멘트 크기는?

<보기>



① $\frac{2}{3}wl^2$

② $\frac{1}{12}wl^2$

③ $\frac{8}{81}wl^2$

④ $\frac{7}{72}wl^2$

정답 3번

간단한 해설

최대 휨모멘트는 **보의 전단력이 0이 되는 위치**에서 발생한다. 왼쪽 끝에서 $x = \frac{4l}{9}$인 단면의 모멘트는 $\frac{8}{81}wl^2$이며, 두 기둥에는 휨모멘트가 발생하지 않는다.

NoteBase

계산 과정

구조와 하중: A는 힌지 지점, B는 롤러 지점이다. B에는 수평반력이 없고 외부 수평하중도 없으므로 A의 수평반력도 0이다. 각 기둥에는 축방향 힘만 작용하여 휨모멘트가 0이므로, 상부 보는 **양 끝 모멘트가 0인 단순보와 같은 조건**으로 계산한다. 보의 길이는 l이고, 그림의 등분포하중 강도 w는 왼쪽부터 $\frac{2l}{3}$ 구간에 작용한다. 기둥 높이 h와 2h는 이 하중 조건의 휨모멘트 계산에 영향을 주지 않는다.

지점반력: 분포하중의 합력은 $Q = w \cdot \frac{2l}{3} = \frac{2wl}{3}$이고, 작용점은 재하 구간의 중앙인 보의 왼쪽 끝에서 $\frac{l}{3}$ 떨어진 곳이다. 위쪽 수직반력을 R_A, R_B라 하면 A점에 대한 모멘트 평형은 $R_B l = Q \cdot \frac{l}{3}$이다. 따라서 $R_B = \frac{2wl}{9}$이고, 수직력 평형에서 $R_A = Q - R_B = \frac{4wl}{9}$이다.

최대 모멘트 위치: 보의 왼쪽 끝에서 오른쪽으로 잰 거리를 x라 하자. 재하 구간 $0 \le x \le \frac{2l}{3}$의 전단력은 $V(x) = R_A - wx$이다. **휨모멘트의 변화율이 전단력**이므로 V = 0인 단면에서 모멘트의 극값이 생긴다. 이를 풀면 $x = \frac{R_A}{w} = \frac{4l}{9}$이며, 이 위치는 실제 재하 구간 안에 있다.

최대 모멘트 계산: 보에서 아래로 처지는 휨모멘트를 양으로 잡으면 재하 구간의 모멘트는 $M(x) = R_A x - \frac{wx^2}{2}$이다. 절단면 왼쪽에 작용하는 분포하중의 합력 wx가 절단면에서 $\frac{x}{2}$ 떨어져 있으므로 두 번째 항이 생긴다. $x = \frac{R_A}{w}$를 대입하면 $M_{\max} = \frac{R_A^2}{2w}$이고, $R_A = \frac{4wl}{9}$를 적용하면 $M_{\max} = \frac{8}{81} wl^2$이다.

전체 구조에서의 확인: 보의 모멘트는 위 위치까지 증가하고 이후 감소한다. 하중이 없는 오른쪽 구간에서도 전단력이 $V = -R_B = -\frac{2wl}{9}$로 음수이므로 모멘트가 계속 감소하여 오른쪽 끝에서 0이 된다. 기둥의 모멘트도 모두 0이므로 전체 구조의 최대 모멘트 크기는 $\frac{8}{81} wl^2$이며 ③에 해당한다. w가 힘/길이 단위이므로 이 결과의 단위는 힘×길이이다.

NoteBase

문 17. 보에 굽힘이 발생하였을 때 보의 상면과 하면사이에 종방향의 길이가 변하지 않는 어떤 면이 존재하는데, 이 면의 이름은?

① 중립면

② 중심면

③ 중앙면

④ 중간면

정답 1번

간단한 해설

굽힘을 받는 보에서 종방향으로 늘어나지도 줄어들지도 않는 면을 **중립면**이라 한다. 이 면의 종방향 변형률은 0이다.

공통 해설

보가 굽혀지면 한쪽의 종방향 섬유는 압축되어 짧아지고, 반대쪽의 섬유는 인장되어 길어진다. 두 영역 사이에는 굽힘 전후의 종방향 길이가 그대로인 섬유들이 이루는 면이 있으며, 이를 중립면이라 한다. 중립면을 구별하는 기준은 **종방향 변형률이 0**이라는 점이다. 따라서 문제에서 제시한 '종방향의 길이가 변하지 않는 면'은 이 정의에 해당한다.

NoteBase

문 18. 균일단면을 가지며 높이가 20m인 콘크리트 교각이 압축하중 P=11MN을 받고 있다. 콘크리트의 허용압축응력이 5.5MPa일 때 필요한 교각의 단면적은? (단, 교각의 자중을 고려하며 콘크리트의 비중량은 25kN/m^3이다.)

① 2.0m^2

② 2.2m^2

③ 2.4m^2

④ 2.6m^2

정답 2번

간단한 해설

교각 밑면에는 압축하중과 교각 전체의 자중이 함께 작용한다. 자중에 의한 압축응력이 0.5 MPa이므로, 외부하중에 배분할 수 있는 허용응력은 **5.0 MPa**이며 필요한 최소 단면적은 2.2 m^2이다.

계산 과정

주어진 값과 단위: 단면적을 A, 높이를 h, 비중량을 γ라 한다. 외부 압축하중 P = 11 MN = 11,000 kN, 높이 h = 20 m, 비중량은 25 kN/m^3이다. 허용압축응력 5.5 MPa는 5,500 kN/m^2이다.

자중의 영향: 균일단면 교각의 부피는 Ah이므로 자중은 $W = \gamma Ah$이다. 아래쪽 단면일수록 그 위에 있는 콘크리트의 무게를 더 많이 지지하므로 **교각 밑면에서 압축응력이 최대**가 된다. 밑면에서 자중에 의한 응력은 $\frac{W}{A} = \gamma h$이며, $25 \times 20 = 500$ kN/m^2, 즉 0.5 MPa이다. 단면적을 늘리면 자중도 같은 비율로 늘어나므로 이 응력은 단면적과 무관하다.

허용응력 조건: 밑면의 압축력은 P + W이므로 최대 압축응력은 $\sigma_{max} = \frac{P+W}{A}$이다. 자중을 대입하면 $\sigma_{max} = \frac{P}{A} + \gamma h$이다. 따라서 전체 허용응력에서 **자중에 의한 응력을 뺀 값**이 외부하중에 허용되는 응력이다. 그 값은 5,500 − 500 = 5,000 kN/m^2이다.

필요한 단면적: 외부하중에 의한 응력이 허용 범위에 있으려면 $\frac{11000}{A} \le 5000$이어야 한다. 따라서 최소 단면적은 $A_{min} = \frac{11000}{5000} = 2.2$ m^2이며, 이는 ②의 2.2 m^2와 일치한다.

NoteBase

문 19. 원통형 압력용기에 작용하는 원주방향응력이 16MPa이다. 이때 원통형 압력용기의 종방향응력 크기는?

① 4MPa

② 8MPa

③ 16MPa

④ 32MPa

정답 2번

간단한 해설

양 끝이 막힌 얇은 원통형 압력용기에서 **종방향응력은 원주방향응력의 절반**이다. 따라서 원주방향응력이 16 MPa이면 종방향응력은 8 MPa이다.

계산 과정

이 문제는 내압을 받는 **양 끝이 막힌 얇은 원통**의 기본 응력 관계를 적용한다. 원주방향응력 σ_θ는 원통의 둘레 방향으로, 종방향응력 σ_z는 원통의 축 방향으로 작용하는 인장응력이다.

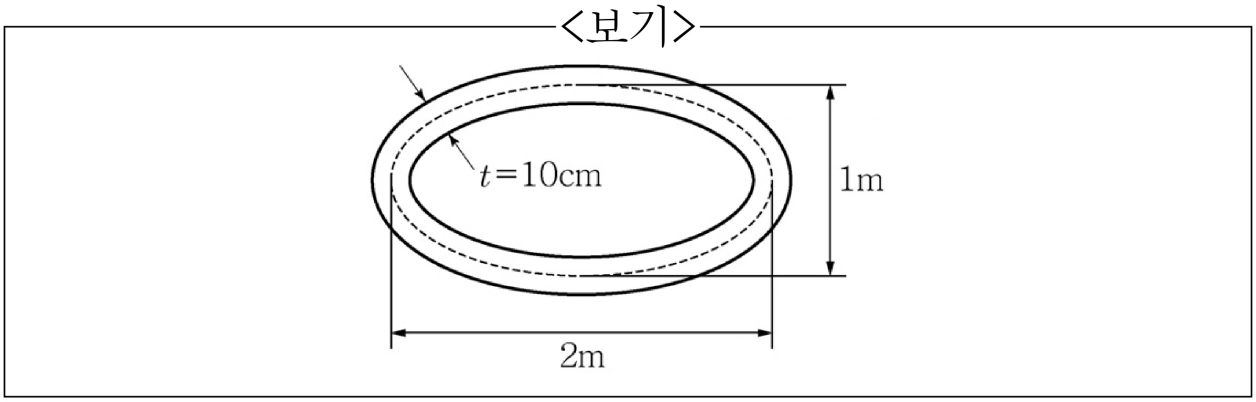
내압을 p, 원통의 안쪽 반지름을 r, 벽 두께를 t라고 하자. 내압에 의한 힘과 용기 벽의 인장력이 평형을 이루므로 원주방향응력은 $\sigma_\theta = \frac{pr}{t}$, 종방향응력은 $\sigma_z = \frac{pr}{2t}$이다. 두 식에 같은 p, r, t가 들어가므로 **치수나 내압을 따로 구하지 않고** $\sigma_z = \frac{\sigma_\theta}{2}$를 이용할 수 있다.

주어진 원주방향응력 16 MPa를 대입하면 $\sigma_z = \frac{16}{2} = 8\text{MPa}$이다. 종방향응력의 크기는 8 MPa이므로 ②에 해당한다.

NoteBase

문 20. <보기>와 같이 타원형 단면을 가진 얇은 두께의 관이 비틀림 우력 $T = 6\text{N} \cdot \text{m}$를 받고 있을 때 관에 작용하는 전단흐름의 크기는? (단, $\pi = 3$이다.)

<보기>



① 20N/m

② 10N/m

③ 5N/m

④ 2N/m

정답 4번

간단한 해설

얇은 폐단면 관의 전단흐름은 **벽 두께 중심선이 둘러싼 면적**을 이용하여 $q = \frac{T}{2A_m}$으로 구한다. 타원의 중심선 면적이 1.5 m^2이므로 전단흐름은 2 N/m이다.

계산 과정

전단흐름과 비틀림 평형: 전단흐름 q는 벽의 단위 길이당 전단력으로, 전단응력과 벽 두께의 곱 $q = \tau t$이다. 얇은 단일 폐단면 관이 비틀림을 받으면 전단흐름은 둘레를 따라 일정하며, 우력의 평형에서 $T = 2A_m q$가 성립한다. 여기서 A_m은 **벽 두께 중심선이 둘러싼 면적**이다.

중심선 면적: 그림의 점선으로 표시된 중심선 타원의 전체 가로 길이는 2 m, 전체 세로 길이는 1 m이다. 따라서 반장축 a = 1 m, 반단축 b = 0.5 m이다. 주어진 π = 3을 적용하면 $A_m = \pi ab = 3 \cdot 1 \cdot 0.5 = 1.5\text{m}^2$이다. 이는 관 벽 자체의 재료 면적이 아니라 중심선 안쪽 전체 면적이다.

전단흐름 계산: $q = \frac{T}{2A_m}$에 비틀림 우력 T = 6 N·m와 중심선 면적을 대입하면 $q = \frac{6}{2 \cdot 1.5} = 2\text{N/m}$이다. 벽 두께 t = 10 cm는 전단응력으로 환산할 때 필요하며, **전단흐름 계산에는 두께를 별도로 곱하거나 나누지 않는다**. 계산값 2 N/m는 ④에 해당한다.

NoteBase