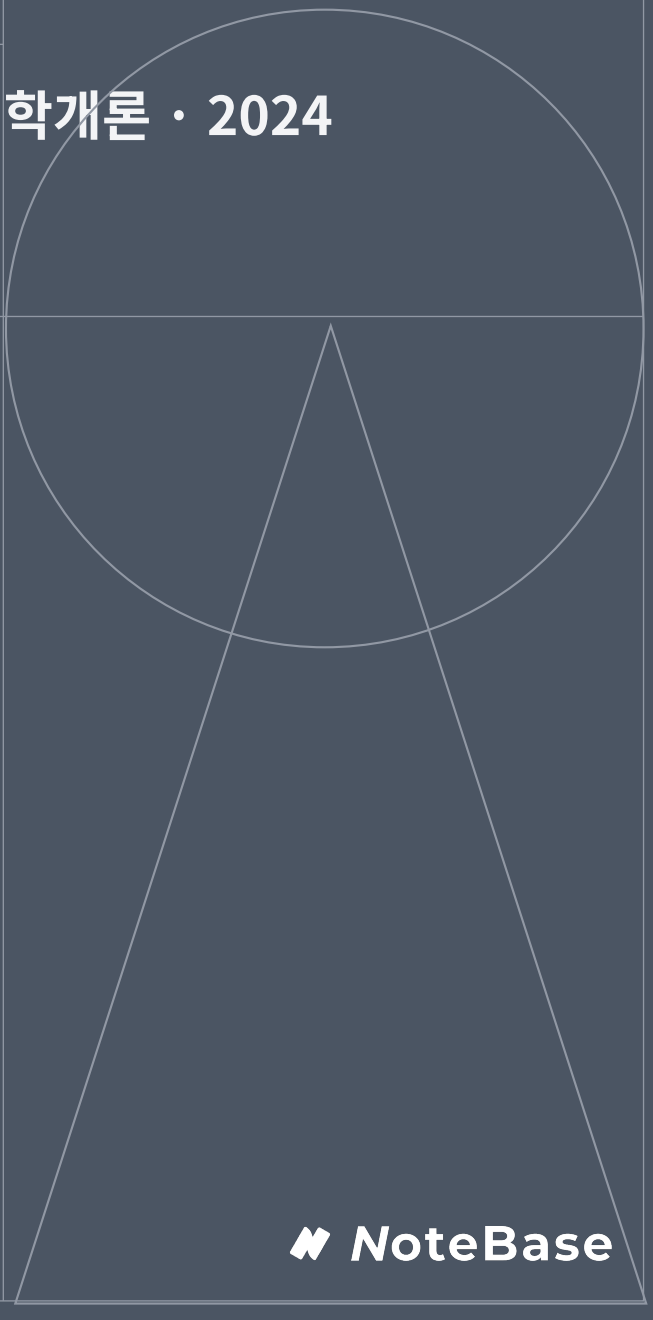
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2024



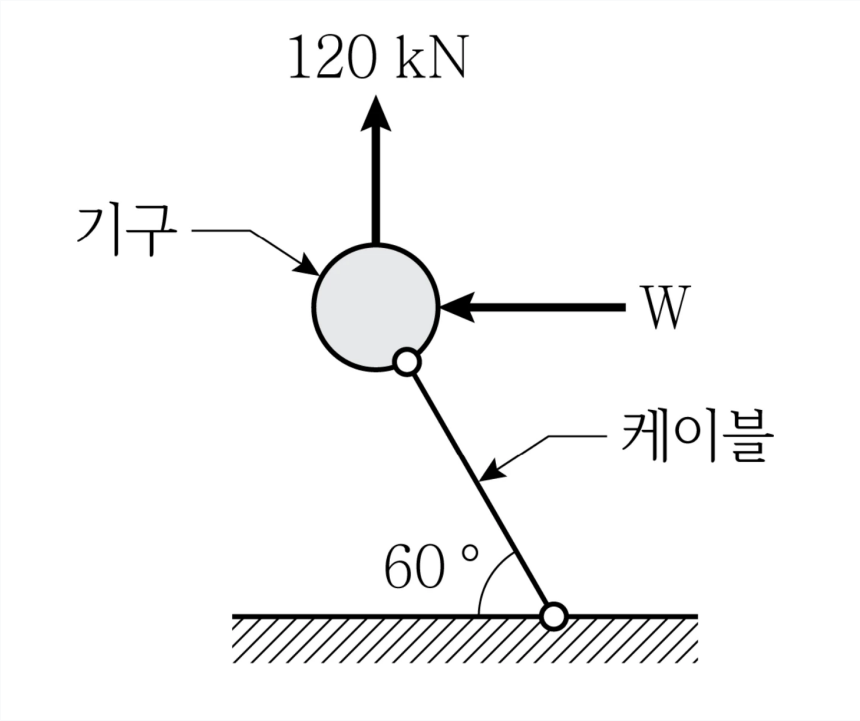
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2024

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2024

문 1. 그림과 같이 지면에 케이블로 고정한 기구가 부양력 120 kN과 수평풍하중(W)에 의해 케이블 각도가 60°에서 정지상태를 유지할 때, 케이블의 장력 T의 크기[kN]는? (단, 케이블의 형상은 선형이다)



① $120\sqrt{3}$
② $\frac{240}{\sqrt{3}}$
③ $\frac{120}{\sqrt{3}}$
④ $240\sqrt{3}$

정답 2번

간단한 해설

정지상태에서는 케이블 장력의 **수직성분이 부양력 120 kN과 평형**을 이룬다. 케이블이 지면과 이루는 각도가 60°이므로 $T\sin 60^\circ = 120$이며, 장력은 $\frac{240}{\sqrt{3}}$ kN이다.

NoteBase

계산 과정

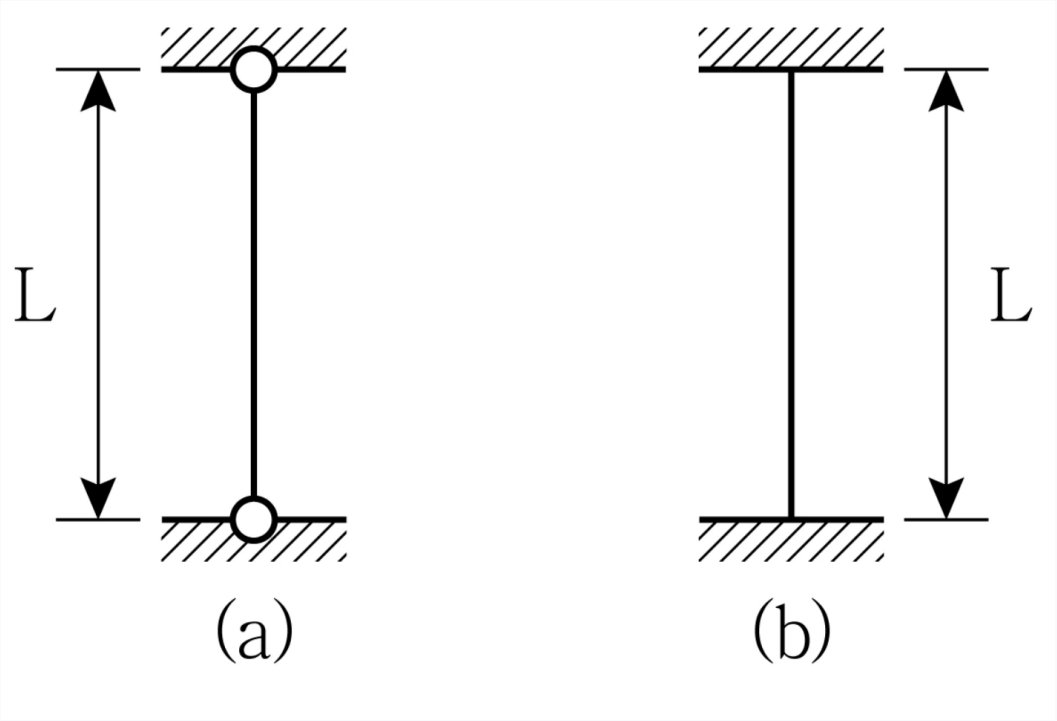
힘의 방향: 케이블은 직선이므로 기구를 케이블 방향인 오른쪽 아래로 당긴다. 그림에서 부양력 120 kN은 위쪽으로, 수평풍하중 W는 왼쪽으로 작용한다.

평형식 설정: 60°는 케이블과 **수평인 지면 사이의 각도**이다. 따라서 장력 T의 수직성분은 아래쪽으로 $T\sin 60^\circ$, 수평성분은 오른쪽으로 $T\cos 60^\circ$이다. 기구가 정지해 있으므로 수직방향에서는 $120 - T\sin 60^\circ = 0$, 수평방향에서는 $T\cos 60^\circ - W = 0$이 성립한다. 부양력이 주어졌으므로 수직방향 평형식만으로 T를 구할 수 있다.

장력 계산: $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$를 수직방향 평형식에 대입하면 $T \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 120$이다. 따라서 $T = \frac{240}{\sqrt{3}}$ kN이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 구속조건이 다른 두 장주가 있다. 기둥 (a)의 좌굴하중이 100 kN일 때, 기둥 (b)의 좌굴하중 [kN]은? (단, 기둥의 휨강성 EI는 같고, 구조물의 자중은 무시한다)



① 25

② 200

③ $200\sqrt{2}$

④ 400

정답 4번

간단한 해설

기둥 (b)는 양단 고정이므로 양단 힌지인 기둥 (a)보다 **유효좌굴길이가 절반**이다. 휨강성이 같으면 좌굴하중은 유효좌굴길이의 제곱에 반비례하므로, (b)의 좌굴하중은 (a)의 4배인 400 kN이다.

NoteBase

계산 과정

장주의 탄성좌굴에는 오일러 좌굴식을 적용한다. 좌굴하중을 P_{cr}, 유효좌굴길이를 L_e라 하면 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$이다. 여기서 E는 탄성계수, I는 단면2차모멘트이며, 두 기둥의 휨강성 EI가 같으므로 **유효좌굴길이의 차이**로 좌굴하중의 비를 구할 수 있다.

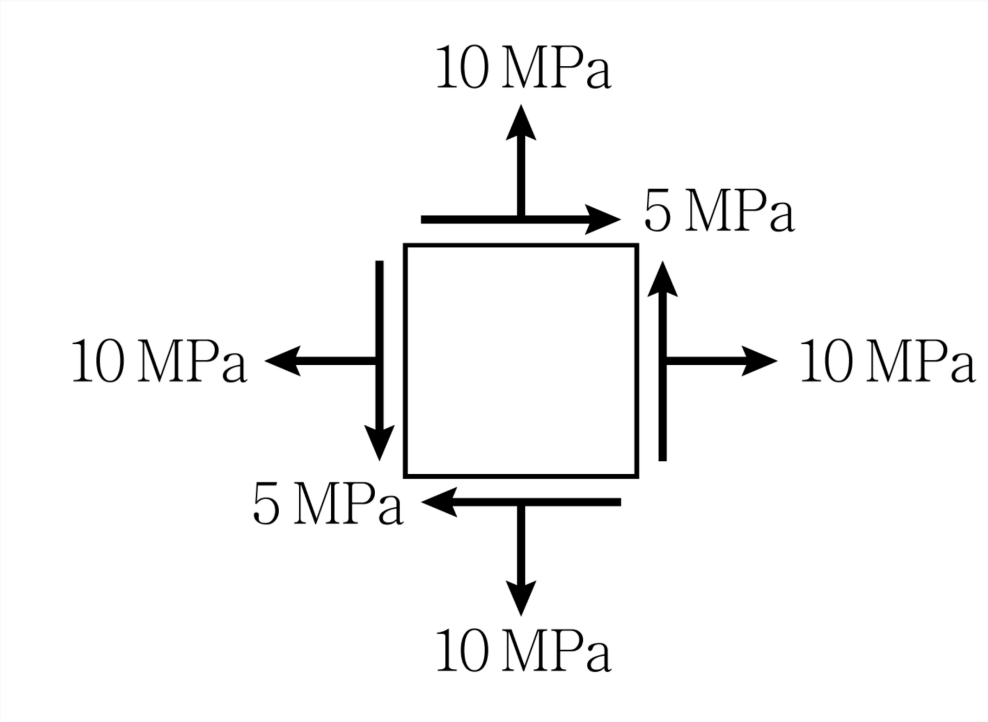
기둥 (a): 그림의 위아래 원형 힌지는 끝단의 회전은 허용하되 횡이동을 막는다. 양단 힌지 기둥의 유효길이계수는 $K_a = 1$이므로, 실제 길이 L에 대해 $L_{e,a} = K_a L = L$이다. 이 기둥의 좌굴하중은 100 kN으로 주어졌다.

기둥 (b): 위아래 고정단은 끝단의 횡이동과 회전을 모두 막는다. 양단 고정 기둥의 유효길이계수는 $K_b = \frac{1}{2}$이므로 $L_{e,b} = \frac{L}{2}$이다. 두 기둥의 실제 길이는 L로 같지만, **양단의 회전 구속** 때문에 (b)의 유효좌굴길이가 더 짧다.

좌굴하중 계산: 두 좌굴하중을 각각 P_a, P_b라 하면 $\frac{P_b}{P_a} = \left(\frac{L_{e,a}}{L_{e,b}}\right)^2$이다. 길이비가 $\frac{L}{L/2} = 2$이므로 하중비는 $2^2 = 4$가 된다. 따라서 (b)의 좌굴하중은 $100 \times 4 = 400$ kN이며, ④의 400에 해당한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같은 평면응력상태에 있는 응력요소의 주응력[MPa]과 최대 전단응력[MPa]은?



① σ_1: 15, σ_2: 5, τ_{max}: $5\sqrt{5}$

② σ_1: 15, σ_2: 5, τ_{max}: 5

③ σ_1: 10, σ_2: 5, τ_{max}: $5\sqrt{5}$

④ σ_1: 10, σ_2: 5, τ_{max}: 5

정답 2번

간단한 해설

두 방향의 수직응력이 모두 10 MPa이므로 모어 원의 중심은 10 MPa이고, 반지름은 전단응력의 크기인 5 MPa이다. 따라서 **주응력은 15 MPa과 5 MPa**이며, **평면 내 최대 전단응력은 5 MPa**이다.

NoteBase

계산 과정

응력 성분 확인: 오른쪽을 x축, 위쪽을 y축으로 잡고 인장을 양으로 정한다. 그림의 수직 화살표는 각 면에서 바깥쪽으로 향하므로 $\sigma_x = \sigma_y = 10\text{MPa}$이다. 윗면의 오른쪽 방향 전단응력과 오른쪽 면의 위쪽 방향 전단응력으로부터 $\tau_{xy} = 5\text{MPa}$이다.

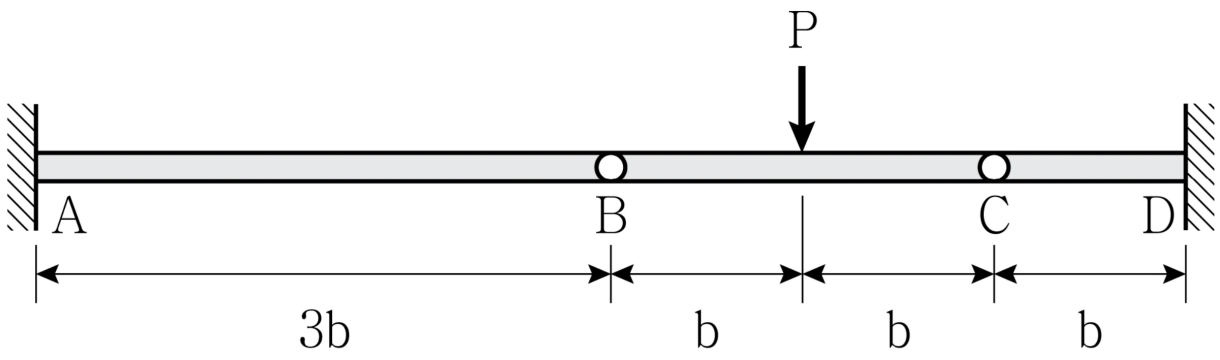
모어 원의 중심과 반지름: 면의 방향이 바뀔 때 수직응력과 전단응력의 관계는 모어 원으로 나타낼 수 있다. 중심 C는 두 수직응력의 평균이므로 $C = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = 10\text{MPa}$이다. 반지름은 $R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$ 이다. 이 문제는 **두 수직응력이 같아 차이 항이 0**이므로 $R = \sqrt{0^2 + 5^2} = 5\text{MPa}$이다.

주응력 계산: 주응력은 **전단응력이 0인 면의 수직응력**이며, 모어 원에서 수직응력축과 만나는 양 끝점에 해당한다. 따라서 $\sigma_1 = C + R = 15\text{MPa}$, $\sigma_2 = C - R = 5\text{MPa}$이다. 두 값이 모두 양수이므로 모두 인장 주응력이다.

최대 전단응력 계산: 평면 내 최대 전단응력은 모어 원의 위아래 끝점에서 나타나며, 그 크기는 **원의 반지름**과 같다. 따라서 $\tau_{\max} = R = 5\text{MPa}$이다. 주응력 15 MPa과 5 MPa, 최대 전단응력 5 MPa의 조합은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 게르버보에 집중하중 P가 작용할 때, A점과 D점의 전단력의 크기 V_A, V_D는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① V_A: 0.1P, V_D: 0.9P

② V_A: 0.3P, V_D: 0.7P

③ V_A: 0.5P, V_D: 0.5P

④ V_A: 0.9P, V_D: 0.1P

정답 3번

간단한 해설

B·C 힌지 사이의 **중앙에 집중하중**이 작용하므로 두 힌지가 전달하는 수직력은 각각 0.5P이다. 이 힘을 양쪽 고정단이 지지하므로 $V_A = V_D = 0.5P$이다.

NoteBase

계산 과정

BC 구간의 평형: B와 C는 **휨모멘트를 전달하지 않는 내부 힌지**이다. BC만 분리하면 양 끝에서 수직력이 작용하고, 하중 P는 B와 C에서 각각 b만큼 떨어진 중앙에 작용한다. BC에 작용하는 위쪽 수직력을 각각 R_B, R_C라 하면 B점에 대한 모멘트 평형은 $R_C \cdot 2b - P \cdot b = 0$이다. 따라서 $R_C = \frac{P}{2} = 0.5P$이고, 수직력 평형 $R_B + R_C = P$에서 $R_B = 0.5P$이다.

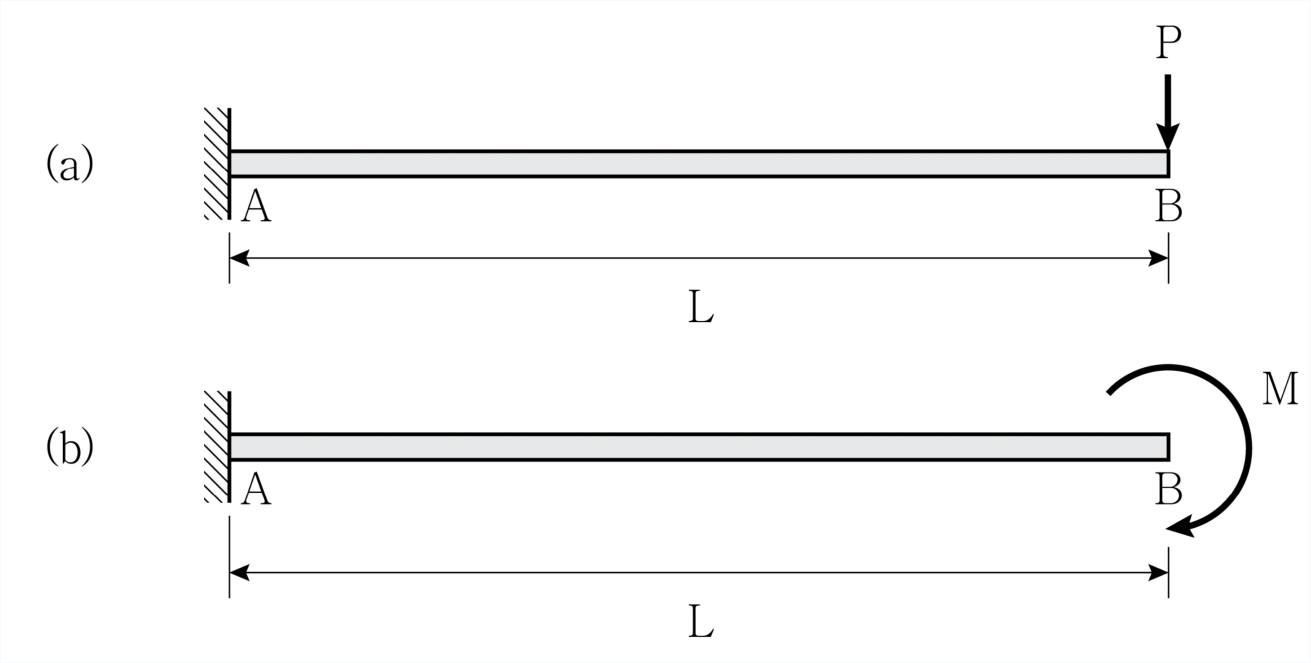
A점 전단력: 작용·반작용에 따라 BC가 AB에 가하는 힘은 B점에서 아래쪽으로 0.5P이다. 자중을 무시하므로 AB에 다른 수직하중은 없고, A점의 위쪽 수직반력은 0.5P이다. 따라서 A점 바로 안쪽 단면의 전단력 크기는 $V_A = 0.5P$이다.

D점 전단력: BC가 CD에 가하는 힘도 C점에서 아래쪽으로 0.5P이므로 D점의 위쪽 수직반력은 0.5P이다. 따라서 D점 바로 안쪽 단면의 전단력 크기는 $V_D = 0.5P$이다. AB의 길이 3b와 CD의 길이 b는 각 고정단의 모멘트 크기에 영향을 주지만, **수직력 평형으로 구한 전단력 크기**를 바꾸지는 않는다.

두 전단력의 크기는 $V_A = V_D = 0.5P$로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 휨강성(EI)이 동일한 두 캔틸레버보 (a)와 (b)에서 자유단 B점의 처짐이 같아지도록 하는 하중 P는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{1}{2}\frac{M}{L}$

② $\frac{M}{L}$

③ $\frac{3}{2}\frac{M}{L}$

④ $2\frac{M}{L}$

정답 3번

간단한 해설

자유단 집중하중에 의한 처짐은 $\frac{PL^3}{3EI}$, 자유단 모멘트에 의한 처짐은 $\frac{ML^2}{2EI}$이다. 두 보의 길이와 휨강성이 같으므로 **두 처짐을 같게 놓으면** $P = \frac{3M}{2L}$을 얻는다.

NoteBase

계산 과정

(a)의 처짐: A점이 고정되고 B점이 자유로운 길이 L의 보에 아래 방향 집중하중 P가 작용한다. 고정단에서는 처짐과 회전이 구속되며, 자유단 집중하중을 받는 캔틸레버보의 휨에 의한 자유단 처짐은 $\delta_a = \frac{PL^3}{3EI}$이다. 여기서 E는 탄성계수, I는 단면2차모멘트이고, 처짐 방향은 하중과 같은 아래 방향이다.

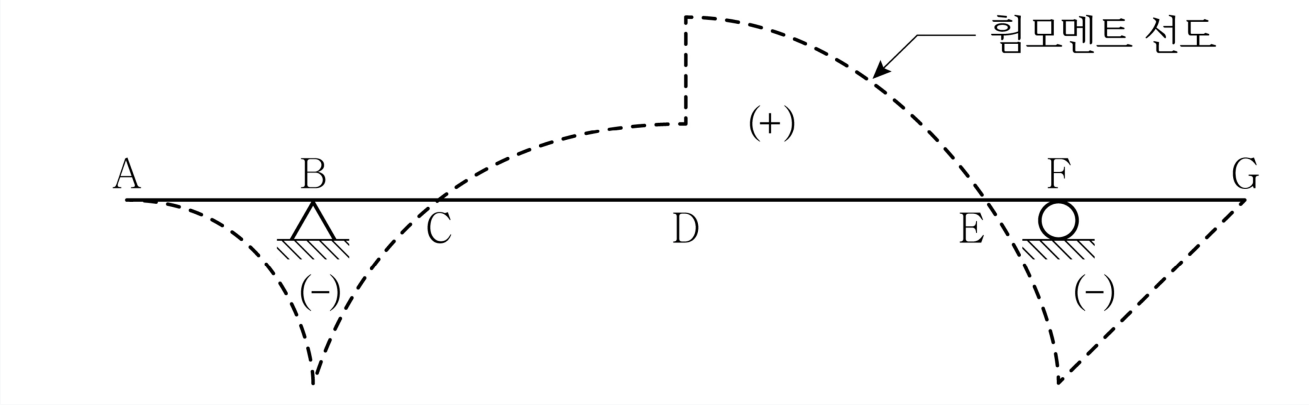
(b)의 처짐: 자유단에 시계 방향 모멘트 M이 작용하므로 보의 **전 구간에서 휨모멘트가 일정**하다. 휨강성 EI도 일정하여 곡률의 크기는 $\frac{M}{EI}$로 일정하다. 고정단의 회전과 처짐이 0인 조건에서 곡률을 길이 방향으로 두 번 적분하면 자유단의 아래 방향 처짐은 $\delta_b = \frac{ML^2}{2EI}$이다.

처짐 일치 조건: 두 보의 처짐은 모두 아래 방향이므로 **처짐의 크기를 같게** 놓는다. $\frac{PL^3}{3EI} = \frac{ML^2}{2EI}$에서 공통인 $\frac{L^2}{EI}$를 소거하면 $\frac{PL}{3} = \frac{M}{2}$이다.

하중 P: 위 식을 P에 대하여 정리하면 $P = \frac{3M}{2L} = \frac{3}{2}\frac{M}{L}$이므로 ③의 값과 일치한다. 모멘트 M의 단위가 힘×길이이므로 M을 L로 나눈 결과는 하중 P와 같은 힘의 단위를 갖는다.

NoteBase

문 6. 그림은 어떤 보 구조물의 형상과 정성적인 휨모멘트 선도를 겹쳐서 나타낸 것이다. 이에 근거한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 곡선 부분은 모두 2차 곡선이다)



① 처짐곡선은 구간 A⊠C에서는 위로 볼록한 형태로, 구간 C⊠E에서는 아래로 볼록한 형태로 변형된다.

② 구간 A⊠G에는 등분포하중이 작용하고 있다.

③ D점에는 시계방향의 집중 모멘트하중이 작용하고 있다.

④ G점에는 집중하중이 작용하고 있다.

정답 2번

간단한 해설

②의 'A⊠G에 등분포하중이 작용한다'는 설명은 **F⊠G의 직선 구간**과 맞지 않는다. 휨모멘트 선도가 직선이면 전단력이 일정하므로, 그 구간의 **분포하중은 0**이다.

NoteBase

선지별 해설

보의 길이 방향 좌표를 x, 휨모멘트를 M, 전단력을 V라 하고 아래 방향의 분포하중을 q의 양의 방향으로 잡으면, $\frac{dM}{dx} = V$, $\frac{dV}{dx} = -q$이다. 즉 휨모멘트 선도의 기울기는 전단력이고, 그 기울기의 변화는 분포하중과 연결된다.

① O: 휨모멘트의 부호는 처짐곡선이 휘는 방향을 결정한다. A⊠C에서는 휨모멘트가 음수이므로 처짐곡선은 위로 볼록한 ∩ 형태이고, C⊠E에서는 양수이므로 아래로 볼록한 ∪ 형태이다. 여기서 판단하는 것은 **처짐의 위아래 위치가 아니라 곡률의 방향**이다.

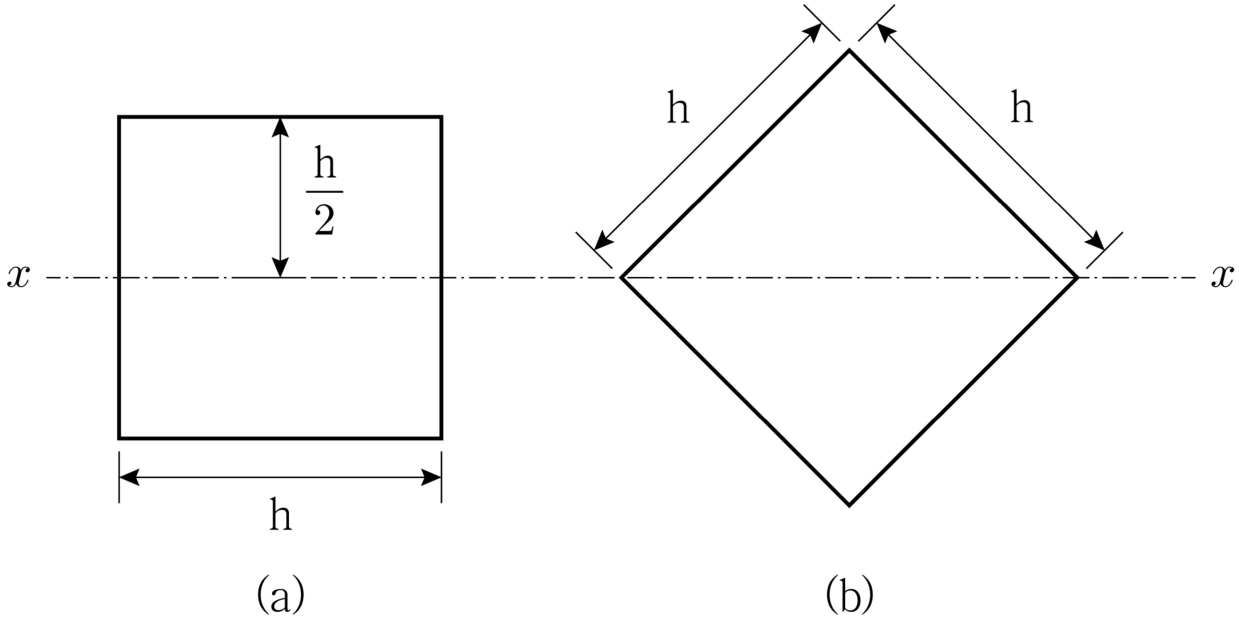
② X: 휨모멘트 선도의 2차 곡선 구간은 전단력이 직선적으로 변하는 구간이므로 등분포하중에 대응한다. 그러나 **F⊠G의 선도는 직선**이어서 전단력이 일정하고 분포하중 q는 0이다. 따라서 A⊠G 전체에 등분포하중이 작용하는 것이 아니라, 곡선 구간에는 등분포하중이 작용하고 F⊠G에는 분포하중이 작용하지 않는다.

③ O: D점에서 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하면 휨모멘트 선도가 **위쪽으로 불연속적으로 증가**한다. 집중 모멘트는 작용점 양쪽의 휨모멘트에 그 크기만큼 차이를 만들며, 그림처럼 양의 휨모멘트를 위쪽에 그린 선도에서 위쪽 도약은 시계방향의 집중 모멘트에 해당한다.

④ O: F⊠G의 휨모멘트 선도는 오른쪽으로 갈수록 증가하는 기울기가 있는 직선이다. 따라서 G점 직전에도 전단력이 0이 아닌 일정한 값으로 남아 있다. 이 전단력을 자유단에서 평형시키려면 G점에 **아래 방향의 집중하중**이 작용해야 한다. G점에서 휨모멘트가 0인 것은 끝단 모멘트가 없다는 뜻이며, 집중하중까지 없다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 7. 한 변의 길이가 h인 정사각형 단면 (a)와 45° 회전한 단면 (b)에서 x축에 관한 단면성질에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 재료는 균질하며, 단면 (a), 단면 (b)에 대한 단면2차모멘트는 각각 $I_{(a)}$, $I_{(b)}$이고, 단면계수는 각각 $Z_{(a)}$, $Z_{(b)}$이다)



① $I_{(a)} = I_{(b)}$이고, $Z_{(a)} = Z_{(b)}$이다.

② $I_{(a)} > I_{(b)}$이고, $Z_{(a)} > Z_{(b)}$이다.

③ $I_{(a)} = I_{(b)}$이고, $Z_{(a)} > Z_{(b)}$이다.

④ $I_{(a)} > I_{(b)}$이고, $Z_{(a)} = Z_{(b)}$이다.

정답 3번

간단한 해설

정사각형은 중심을 지나는 축에 대한 **단면2차모멘트가 회전해도 같다**. 그러나 (b)는 x축에서 가장 먼 점까지의 거리가 더 크므로, 단면계수 $Z = I/c$는 **(b)가 더 작다**.

NoteBase

계산 과정

단면2차모멘트는 $I = \int_A y^2 dA$로, 각 미소면적에 x축까지 거리의 제곱을 곱해 합한 값이다. 단면계수는 $Z = I/c$이며, c는 x축에서 단면의 가장 먼 점까지의 거리이다. 그림의 x축은 두 단면 모두의 도심을 지난다.

(a)의 단면2차모멘트: 폭 b, 높이 h인 직사각형의 도심축에 대해 $I = bh^3/12$이다. (a)는 폭도 h이므로 $I_{(a)} = h^4/12$이다.

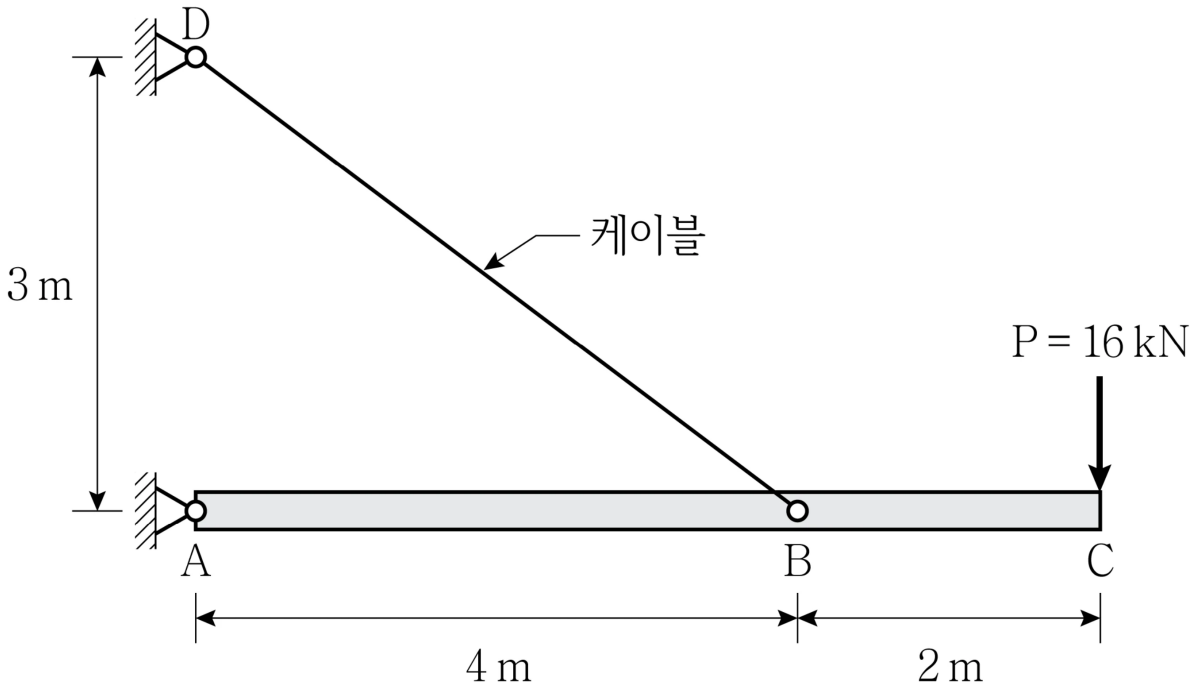
(b)의 단면2차모멘트: 회전 전 정사각형의 변에 평행한 두 도심축을 x, y라 하면 대칭성에 의해 $I_x = I_y = h^4/12$이고, 단면상승모멘트는 0이다. 따라서 45° 회전한 축에서는 $I_{(b)} = \frac{I_x + I_y}{2} = \frac{h^4}{12}$이다. 즉, **가장 먼 점의 거리가 커져도 단면2차모멘트는 같다**. 단면2차모멘트는 가장 먼 점 하나가 아니라 단면 전체의 면적 분포로 결정되기 때문이다.

가장 먼 점까지의 거리: (a)는 위·아래 변까지의 거리이므로 $c_{(a)} = h/2$이다. (b)는 위·아래 꼭짓점까지의 거리로, 길이가 $h\sqrt{2}$인 대각선의 절반이다. 따라서 $c_{(b)} = h/\sqrt{2}$로, **회전 후 가장 먼 점까지의 거리가 더 크다**.

단면계수 비교: $Z = I/c$에 각 값을 대입하면 $Z_{(a)} = \frac{h^4/12}{h/2} = \frac{h^3}{6}$, $Z_{(b)} = \frac{h^4/12}{h/\sqrt{2}} = \frac{h^3}{6\sqrt{2}}$이다. 같은 I를 더 큰 c로 나누므로 $Z_{(a)} > Z_{(b)}$이다. 따라서 $I_{(a)} = I_{(b)}, Z_{(a)} > Z_{(b)}$인 ③과 일치한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 강체보에 하중 P가 작용할 때, 케이블에 발생하는 길이 변형량[mm]은? (단, 케이블의 단면적 $A = 0.1\text{m}^2$, 탄성계수 $E = 200{,}000\text{kN/m}^2$이고, 구조물의 자중은 무시한다)



① 5

② 10

③ 20

④ 40

정답 2번

간단한 해설

케이블의 수직 장력 성분은 A점에 대한 모멘트 평형으로 24 kN이며, 케이블의 기울기를 반영한 **장력은 40 kN**이다. 이 장력에 의한 케이블의 신장량은 $\Delta L = \frac{TL}{AE}$로 계산하면 **10 mm**이다.

NoteBase

계산 과정

케이블의 길이와 방향: 그림에서 AB = 4 m, AD = 3 m이므로 케이블 BD의 길이는 $L = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\text{m}$이다. 케이블이 수평선과 이루는 각을 θ라 하면 $\sin\theta = \frac{3}{5}$이다. 하중은 C점에서 아래로 작용하며, A점에서 C점까지의 거리는 4 + 2 = 6 m이다.

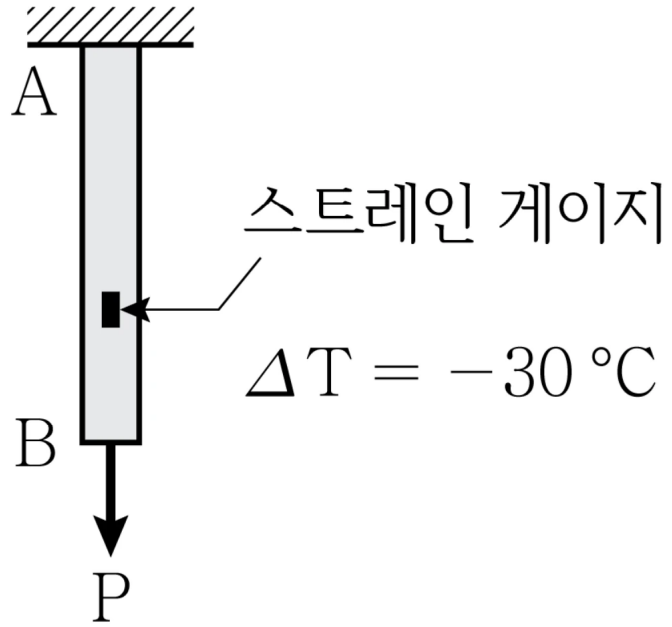
장력의 수직 성분: 케이블 장력을 T, 그 수직 성분을 T_y라 한다. **A점에 대한 모멘트 평형**을 쓰면 A점의 지점반력을 소거할 수 있다. 장력의 수평 성분도 작용선이 A점을 지나므로 모멘트를 만들지 않는다. 따라서 $T_y \cdot 4 = 16 \cdot 6$이고, $T_y = 24\text{kN}$이다. 이 값은 케이블 장력 전체가 아니라 B점에서 보를 위로 당기는 성분이다.

케이블 장력: 장력은 케이블 BD 방향으로 작용하므로 $T_y = T\sin\theta$이다. 따라서 $T = \frac{24}{3/5} = 40\text{kN}$이다. 길이 변형을 구할 때는 수직 성분 24 kN이 아니라 **케이블 축방향 장력 40 kN**을 사용한다.

길이 변형량: 단면적 A와 탄성계수 E가 일정한 케이블의 축방향 탄성 신장량은 $\Delta L = \frac{TL}{AE}$이다. 이는 변형률 $\frac{T}{AE}$에 원래 길이 L을 곱한 값이다. 주어진 값으로 $AE = 0.1 \cdot 200{,}000 = 20{,}000\text{kN}$이므로, $\Delta L = \frac{40 \cdot 5}{20{,}000} = 0.01\text{m}$이다. 이를 mm로 바꾸면 0.01 × 1,000 = 10 mm이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 부재에서 초기 축방향 변형률은 스트레인 게이지에 의해 0으로 측정되었다. 이후로 B점의 하중 P와 주변 온도 변화 $\Delta T = -30^\circ\mathrm{C}$로 인하여 축방향 변형률이 $+2400 \times 10^{-6}$으로 측정되었다면, 이때 부재의 축방향 응력[MPa]은? (단, 탄성계수 $E = 100\mathrm{GPa}$, 열팽창계수 $\alpha = 20 \times 10^{-6}/^\circ\mathrm{C}$이며, 부재의 자중은 무시한다)



① 120

② 180

③ 240

④ 300

정답 4번

간단한 해설

측정된 변형률에는 **하중에 의한 변형률과 온도 변화에 의한 변형률**이 함께 포함된다. 냉각에 의한 열변형률이 -600×10^{-6}이므로 하중에 의한 인장변형률은 3000×10^{-6}이며, 이에 해당하는 인장응력은 300 MPa이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 A점은 고정되어 있고 B점의 하중 P는 부재를 아래로 당긴다. 늘어나는 방향을 양으로 두면, 초기 측정값이 0이므로 이후 측정값 $\varepsilon = 2400 \times 10^{-6}$은 하중과 온도 변화에 의한 전체 축방향 변형률이다. 선형 탄성 범위에서 전체 변형률은 $\varepsilon = \varepsilon_m + \varepsilon_T$로 나타낸다. 여기서 ε_m은 응력에 의한 탄성변형률, ε_T는 열변형률이다.

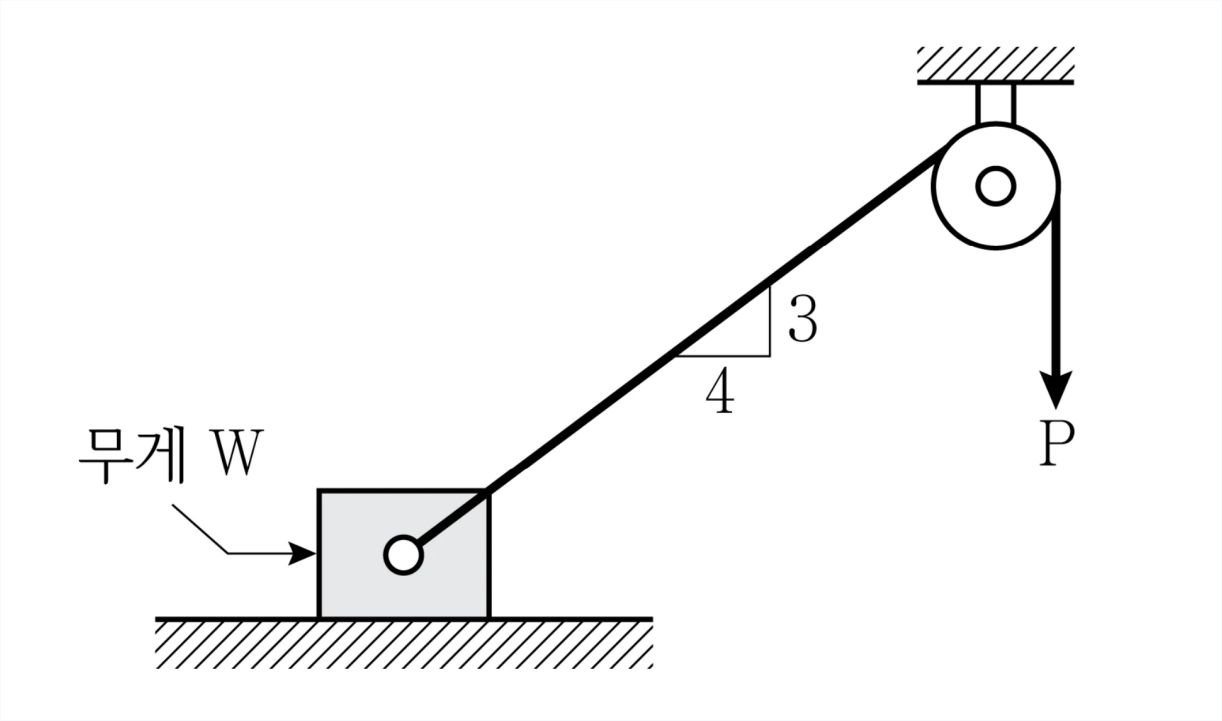
열변형률: $\varepsilon_T = \alpha \Delta T$를 적용한다. 열팽창계수가 $20 \times 10^{-6}/^\circ\mathrm{C}$이고 온도가 30 °C 내려갔으므로, $\varepsilon_T = (20 \times 10^{-6}) \cdot (-30)$이다. 따라서 $\varepsilon_T = -600 \times 10^{-6}$이며, 음의 부호는 **냉각에 의한 수축**을 뜻한다.

탄성변형률: 응력 계산에는 전체 변형률에서 **열변형률을 뺀 값**을 사용한다. $\varepsilon_m = \varepsilon - \varepsilon_T$이고, 계수 부분을 계산하면 $2400 - (-600) = 3000$이다. 따라서 $\varepsilon_m = 3000 \times 10^{-6} = 0.003$이다. 열수축이 함께 발생했으므로 하중에 의한 늘어남은 측정된 전체 늘어남보다 크다.

축방향 응력: 일축 응력 상태의 훅의 법칙 $\sigma = E\varepsilon_m$을 적용한다. 탄성계수 100 GPa를 100000 MPa로 바꾸면, $\sigma = 100000 \cdot 0.003 = 300\mathrm{MPa}$이다. 양의 탄성변형률에 대응하는 인장응력 300 MPa이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 정지상태의 물체(무게 W = 55 kN)에 케이블과 도르래를 이용하여 하중 P를 작용시킬 때, 물체가 미끄러짐이 발생하기 직전의 최대 하중 P [kN]는? (단, 바닥과 물체 사이의 최대정지마찰계수는 μ = 0.5이고, 케이블과 도르래의 질량 및 도르래의 마찰은 무시한다)



① 25
② 30
③ 35
④ 40

정답 1번

간단한 해설

케이블의 위쪽 성분이 **수직항력을 감소**시키므로 최대정지마찰력은 무게의 0.5배보다 작다. 수평 장력 성분과 최대정지마찰력이 같아지는 하중은 25 kN이다.

NoteBase

계산 과정

장력과 힘의 성분: 케이블과 도르래의 질량 및 도르래의 마찰을 무시하므로 케이블의 장력 T는 작용 하중 P와 같다. 그림의 케이블 기울기는 수평 4, 수직 3이므로 빗변이 5인 직각삼각형의 비를 적용한다. 물체를 오른쪽으로 당기는 성분은 $T_x = \frac{4}{5}P$, 위쪽으로 당기는 성분은 $T_y = \frac{3}{5}P$이다.

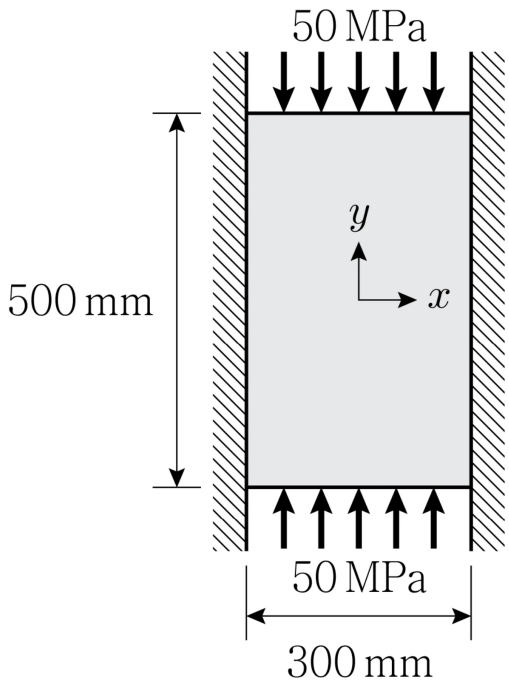
수직항력 N: 물체는 수직방향으로 평형이므로 $N + \frac{3}{5}P = 55$이다. 따라서 $N = 55 - \frac{3}{5}P$이며, **장력의 위쪽 성분만큼 바닥이 받치는 힘이 줄어든다**. 힘의 단위는 모두 kN이다.

미끄러지기 직전의 조건: 물체가 오른쪽으로 미끄러지려 하므로 정지마찰력은 왼쪽으로 작용한다. 미끄러짐 직전에는 **정지마찰력이 최대값 μN에 도달**하므로 수평방향 평형식은 $\frac{4}{5}P = 0.5\left(55 - \frac{3}{5}P\right)$이다.

하중 계산: 위 식을 정리하면 $\frac{4}{5}P + \frac{3}{10}P = 27.5$, 즉 $\frac{11}{10}P = 27.5$이다. 따라서 $P = 27.5 \cdot \frac{10}{11} = 25$kN이다. 이때 수직항력은 55 − 15 = 40 kN, 최대정지마찰력은 0.5 × 40 = 20 kN으로 수평 장력 성분 20 kN과 같다. 따라서 최대 하중은 25 kN으로, ①에 해당한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 두께가 얇은 강판이 마찰이 없는 강체벽에 의해 x 방향으로 구속되어 있다. 50 MPa의 압력이 y 방향으로 작용할 때, 강판의 y 방향 수축변형률$[10^{-3}]$은? (단, 강판의 탄성계수 $E = 200$ GPa, 포아송 비 $\nu = 0.2$이며, 강판의 자중은 무시한다)



① 0.20

② 0.22

③ 0.24

④ 0.26

정답 3번

간단한 해설

강체벽이 **가로 방향 팽창을 막아** 강판에 가로 방향 압축응력이 생긴다. 이 압축응력의 포아송 효과가 세로 수축을 줄이므로, 수축변형률의 크기는 0.24×10^{-3}이다.

NoteBase

계산 과정

응력과 변형률은 인장을 양(+)으로 정한다. 그림의 위아래 압력은 강판을 압축하므로 $\sigma_y = -50$ MPa이다. 두께가 얇고 두께 방향 하중이 없으므로 $\sigma_z = 0$인 평면응력 상태로 본다. 탄성계수는 E = 200 GPa = 200000 MPa이고, 포아송 비는 $\nu = 0.2$이다.

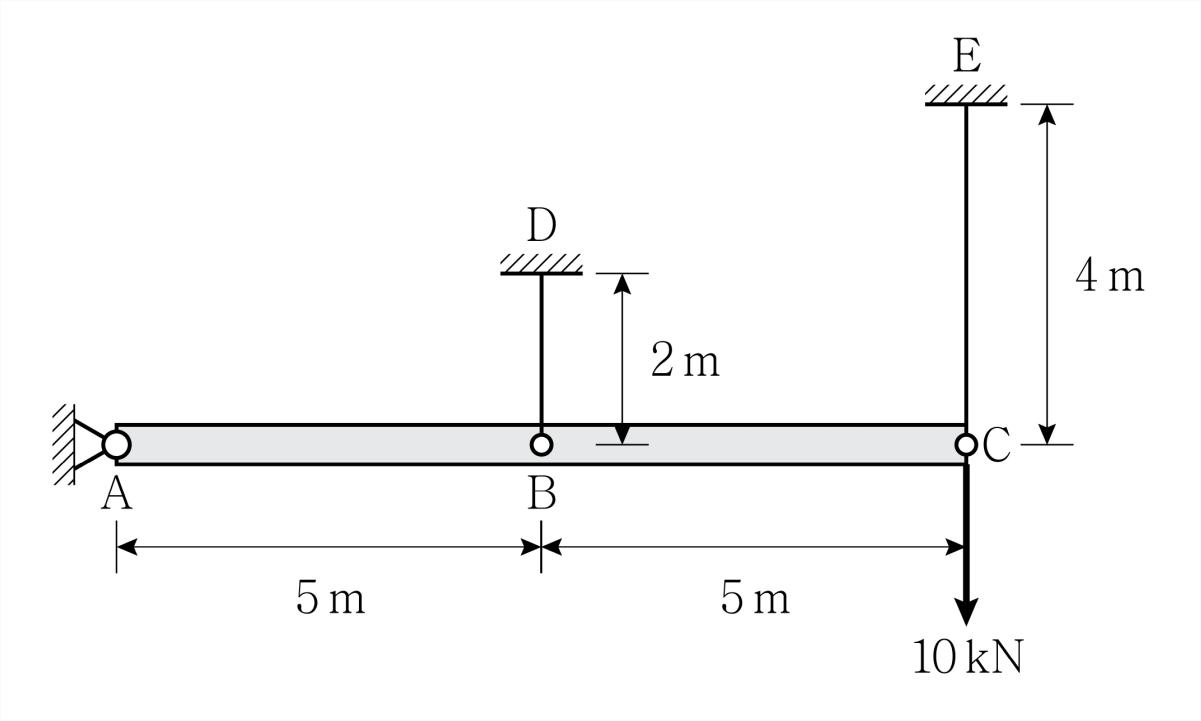
가로 방향 구속: 세로로 압축하면 포아송 효과로 가로 폭이 늘어나려 하지만, 양쪽 강체벽이 이를 막으므로 **가로 방향 변형률은 0**이다. 평면응력 상태의 후크 법칙 $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x - \nu\sigma_y}{E} = 0$에서 $\sigma_x = \nu\sigma_y$이다. 따라서 $\sigma_x = 0.2 \cdot (-50) = -10$ MPa이며, 이는 벽의 반력으로 생기는 가로 방향 압축응력이다. 마찰이 없으므로 벽은 세로 방향 전단력을 가하지 않는다.

세로 방향 변형률: 후크 법칙에 따라 $\varepsilon_y = \frac{\sigma_y - \nu\sigma_x}{E}$이다. 세로 압축응력은 수축을 일으키고, 가로 압축응력의 포아송 효과는 세로 팽창을 일으킨다. 두 효과를 합하면 $\varepsilon_y = \frac{-50 - 0.2(-10)}{200000}$이므로 $\varepsilon_y = -0.00024$이다. 음의 부호는 세로 길이가 줄어듦을 뜻한다.

문제는 **수축변형률의 크기**를 물으므로 0.24×10^{-3}을 취한다. 제시된 10^{-3} 단위로 나타낸 값은 0.24이며, ③에 해당한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 B점과 C점에서 케이블로 지지된 강체보의 C점에 하중 10 kN이 작용할 때, 지점 A에서의 수직 반력의 크기[kN]와 방향은? (단, 케이블의 탄성계수는 200 GPa, 단면적은 100 mm^2이고, 모든 부재의 자중은 무시한다)



① $\frac{20}{3}$ (↓)
② $\frac{20}{3}$ (↑)
③ $\frac{10}{3}$ (↓)
④ $\frac{10}{3}$ (↑)

정답 3번

간단한 해설

강체보가 A를 중심으로 회전하므로 C의 수직변위는 B의 2배이고, 케이블 길이도 2배이므로 **두 케이블의 장력은 같다**. 케이블이 위로 당기는 힘의 합이 하중 10 kN보다 커서 A의 수직 반력은 **아래 방향**으로 $\frac{10}{3}$kN이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 미지수: 그림에서 AB = BC = 5 m, 케이블 BD의 길이는 2 m, CE의 길이는 4 m이다. 두 케이블의 장력을 각각 T_B, T_C라 하고, A의 수직 반력 R_A는 위쪽을 양으로 둔다. 두 케이블은 같은 탄성계수 E = 200 GPa와 단면적 100 mm^2를 가지며, 보의 휨변형과 모든 부재의 자중은 고려하지 않는다.

변위 적합조건: A는 이동하지 않고 강체보가 A를 중심으로 미소 회전하므로 각 점의 수직변위는 A로부터의 거리에 비례한다. 따라서 $\frac{\delta_C}{\delta_B} = \frac{AC}{AB} = \frac{10}{5} = 2$이다. 위쪽 고정점 D와 E가 움직이지 않으므로 이 수직변위는 각각 케이블의 신장량이다.

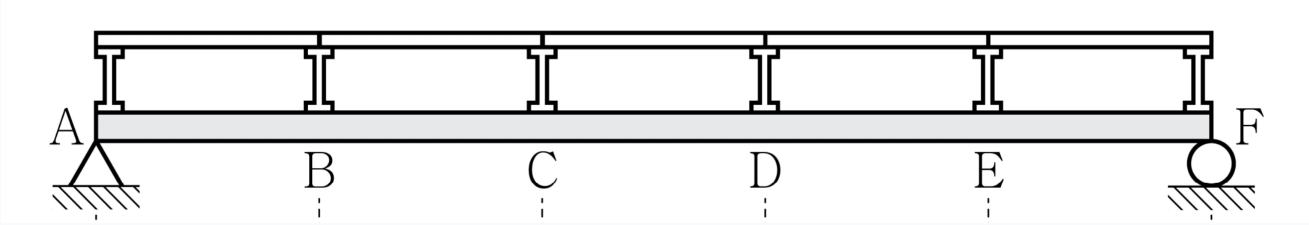
장력의 관계: 탄성범위에서 케이블의 신장량은 $\delta = \frac{TL}{ES}$이다. 여기서 L은 케이블 길이, S는 단면적이다. 두 케이블의 E와 S가 같으므로 $\frac{\delta_C}{\delta_B} = \frac{T_C \cdot 4}{T_B \cdot 2} = 2$에서 $T_C = T_B = T$를 얻는다. C의 신장량은 2배이지만 길이도 2배여서 **변형률과 장력은 서로 같다**. 따라서 E와 S의 수치를 따로 환산하여 대입할 필요는 없다.

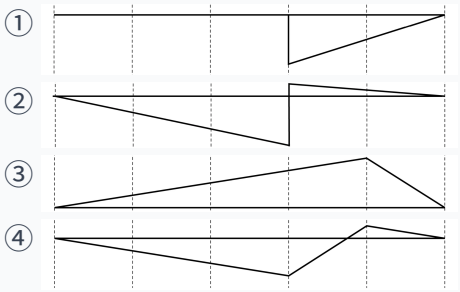
모멘트 평형: A에 대한 모멘트를 취하면 A의 반력은 모멘트를 만들지 않는다. 두 장력은 반시계방향, C의 10 kN 하중은 시계방향 모멘트를 만들므로 $5T_B + 10T_C = 10 \cdot 10$이다. 같은 장력 T를 대입하면 $15T = 100$이므로 $T = \frac{20}{3}$kN이다. 이는 각 케이블이 보를 위로 당기는 힘이다.

수직력 평형과 반력: $R_A + T_B + T_C - 10 = 0$이므로 $R_A = 10 - \frac{20}{3} - \frac{20}{3} = -\frac{10}{3}$kN이다. 음수는 처음 가정한 위쪽과 반대인 **아래쪽으로 반력이 작용한다**는 뜻이다. 따라서 반력의 크기는 $\frac{10}{3}$kN, 방향은 ↓이며 ③에 해당한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 바닥틀을 지지하는 거더에서 D~E구간 전단력 $V_{D\sim E}$의 정성적인 영향선으로 옳은 것은? (단, 거더의 휨강성은 일정하다)





정답 4번

간단한 해설

D~E 사이의 이동하중은 바닥틀을 통해 D와 E로 나뉘어 전달된다. 따라서 전단력 영향선은 **D의 음의 값과 E의 양의 값을 직선으로 연결**하며, D에서 수직으로 뛰지 않는다.

NoteBase

도식 해설

영향선은 아래로 향하는 단위하중이 이동할 때, 고정된 D~E구간의 전단력이 어떻게 변하는지 나타낸다. 그림의 거더는 A와 F에서 지지되는 단순보이며, 바닥틀의 하중은 **거더와 연결된 지점으로 전달**된다. 연결점 사이에는 거더에 직접 작용하는 하중이 없으므로 D~E구간의 전단력은 구간 내 어느 단면에서나 같다.

A~D: 하중이 D의 왼쪽에 있으면 D~E구간 왼쪽에 단위하중 전체가 전달된다. A와 F의 위쪽 반력을 각각 R_A, R_F라 하면, 수직력 평형에 따라 $V_{D\sim E} = R_A - 1 = -R_F < 0$이다. 하중이 A에서 D로 이동할수록 F반력이 선형으로 커지므로, 영향선은 A의 0에서 D의 음의 최솟값까지 직선으로 내려간다.

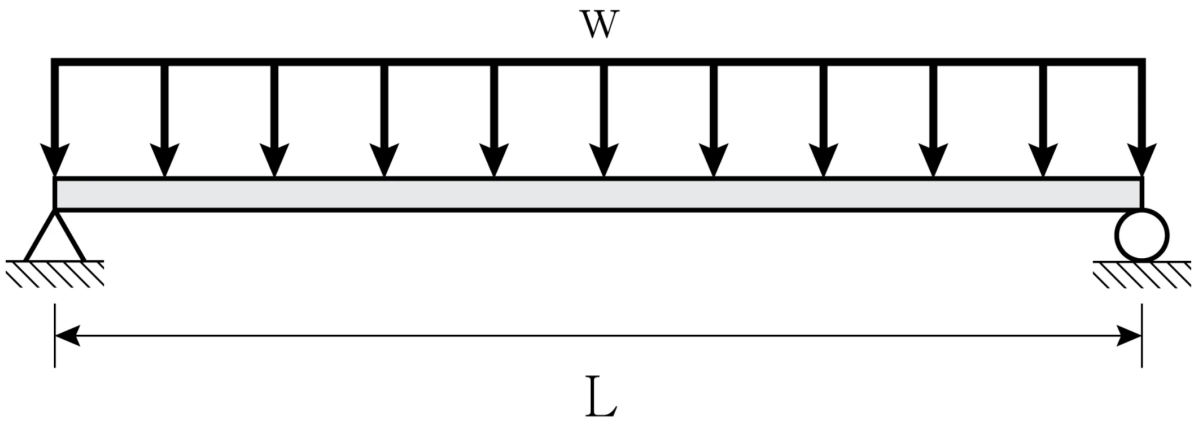
D~E: 하중이 D에서 E로 이동하면 D로 전달되는 몫은 줄고 E로 전달되는 몫은 늘어난다. D에 하중이 있을 때의 전단력은 음수이고, E에 하중이 있을 때는 단면 왼쪽에 하중이 없어 $V_{D\sim E} = R_A > 0$이다. 두 연결점에 전달되는 하중이 위치에 따라 선형으로 바뀌므로 **D의 음의 값에서 E의 양의 값까지 연속적인 직선**으로 올라가며, 그 사이에서 0을 지난다.

E~F: 하중이 E의 오른쪽에 있으면 D~E구간의 전단력은 A반력과 같아 양수이다. 하중이 F로 가까워질수록 A반력이 선형으로 줄어들므로, 영향선은 E의 양의 최댓값에서 F의 0까지 직선으로 내려간다.

도형 구분: ①의 A~D구간 영선과 ③의 전 구간 양의 도형은 왼쪽 구간의 음의 전단력을 반영하지 못한다. ②의 D점 수직 점프는 **바닥틀을 통한 하중 분배**를 반영하지 못한다. 왼쪽 구간의 음의 값, D~E의 연속적인 상승, 오른쪽 구간의 양의 값을 함께 나타낸 도형은 ④이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 등분포하중 w가 작용하는 단순보에서 소성힌지의 형성으로 소성붕괴될 때의 등분포 소성붕괴하중 w_u는? (단, M_p는 소성모멘트이고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{8M_p}{L^2}$
② $\frac{4M_p}{L^2}$
③ $\frac{2M_p}{L^2}$
④ $\frac{M_p}{L^2}$

정답 1번

간단한 해설

단순보는 최대 휨모멘트가 생기는 **중앙에 소성힌지 1개가 형성되면** 붕괴기구가 된다. 중앙 휨모멘트가 소성모멘트에 도달하는 조건 $\frac{w_u L^2}{8} = M_p$에서 $w_u = \frac{8M_p}{L^2}$를 얻는다.

NoteBase

계산 과정

조건과 변수: 그림의 보 길이는 L이고, 왼쪽은 힌지지점, 오른쪽은 롤러지점이다. 전 구간에 아래 방향의 등분포하중이 작용하며, 붕괴할 때의 하중강도를 w_u로 둔다. 자중은 무시한다. M_p는 단면 전체가 소성화되었을 때 저항하는 소성모멘트이다.

지점반력: 등분포하중의 합력은 w_uL이고 보 중앙에 작용한다. 양 지점은 이 하중을 절반씩 지지하므로 수직반력은 $R_A = R_B = \frac{w_uL}{2}$이다.

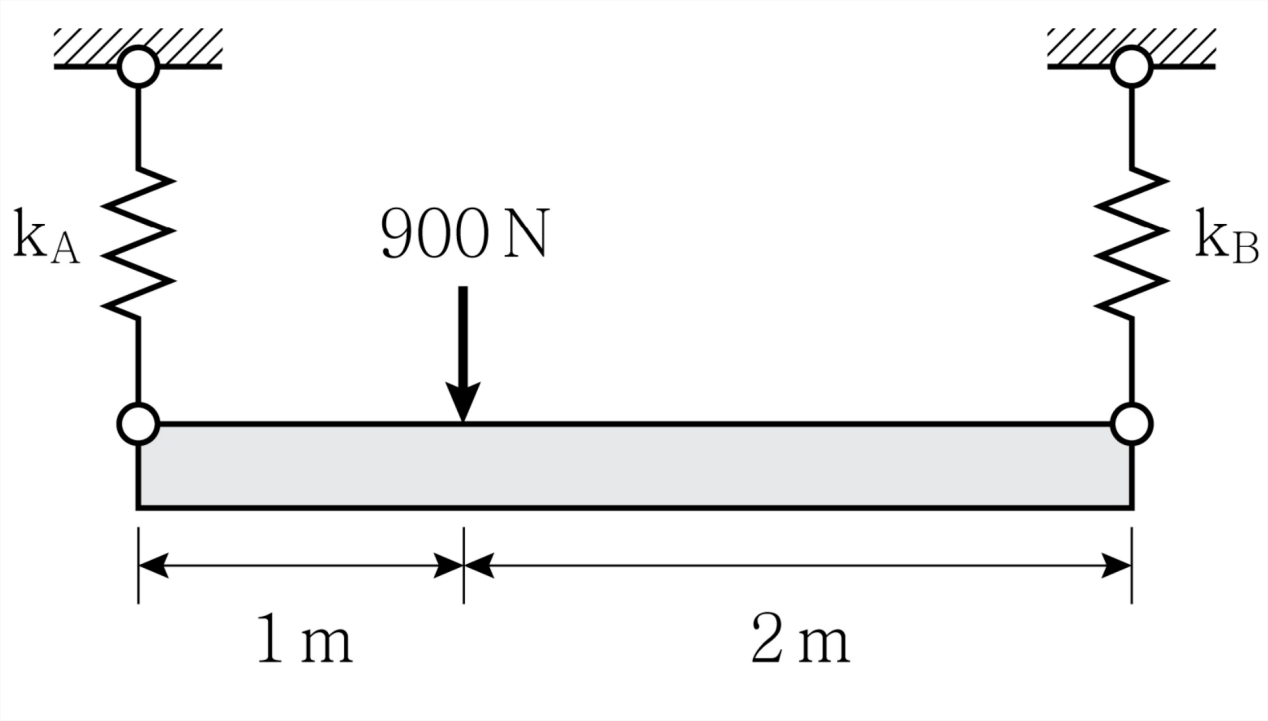
중앙 휨모멘트: 중앙에서는 전단력이 0이 되어 **휨모멘트가 최대**가 된다. 중앙에서 왼쪽 부분을 떼어 보면, 왼쪽 반력의 팔길이는 L/2이다. 왼쪽 절반에 작용하는 분포하중의 합력은 $\frac{w_uL}{2}$이고, 중앙 단면에서 그 작용점까지의 거리는 L/4이다. 따라서 중앙 휨모멘트는 $M_C = R_A\frac{L}{2} - \frac{w_uL^2}{8}$이며, 반력을 대입하면 $M_C = \frac{w_uL^2}{8}$이다.

소성붕괴 조건: 정정보인 단순보는 **중앙에 소성힌지 1개가 형성되면** 양단의 회전 가능한 지점과 함께 붕괴기구를 이룬다. 소성힌지는 휨모멘트가 소성모멘트에 도달하여 회전이 진행되는 단면이므로, 붕괴 조건은 $M_C = M_p$, 즉 $\frac{w_uL^2}{8} = M_p$이다.

붕괴하중: 위 식을 하중강도에 대해 정리하면 $w_u = \frac{8M_p}{L^2}$이며, ①의 식과 일치한다. 소성모멘트의 단위가 힘×길이이므로 이를 길이의 제곱으로 나눈 결과는 등분포하중강도의 단위인 힘/길이가 된다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 스프링으로 지지된 균일 단면의 강체보에 하중 900 N이 작용하여 수평을 유지할 때, 스프링 강성 k_B [kN/m]는? (단, 스프링 강성 $k_A = 5$ kN/m이고, 구조물의 자중은 무시한다)



① 1.0

② 1.5

③ 2.0

④ 2.5

정답 4번

간단한 해설

강체보가 **수평을 유지하므로 두 스프링의 신장량이 같다**. 모멘트 평형에서 B의 지지력은 A의 절반이므로 스프링 강성도 절반이며, $k_B = 2.5$ kN/m이다.

NoteBase

계산 과정

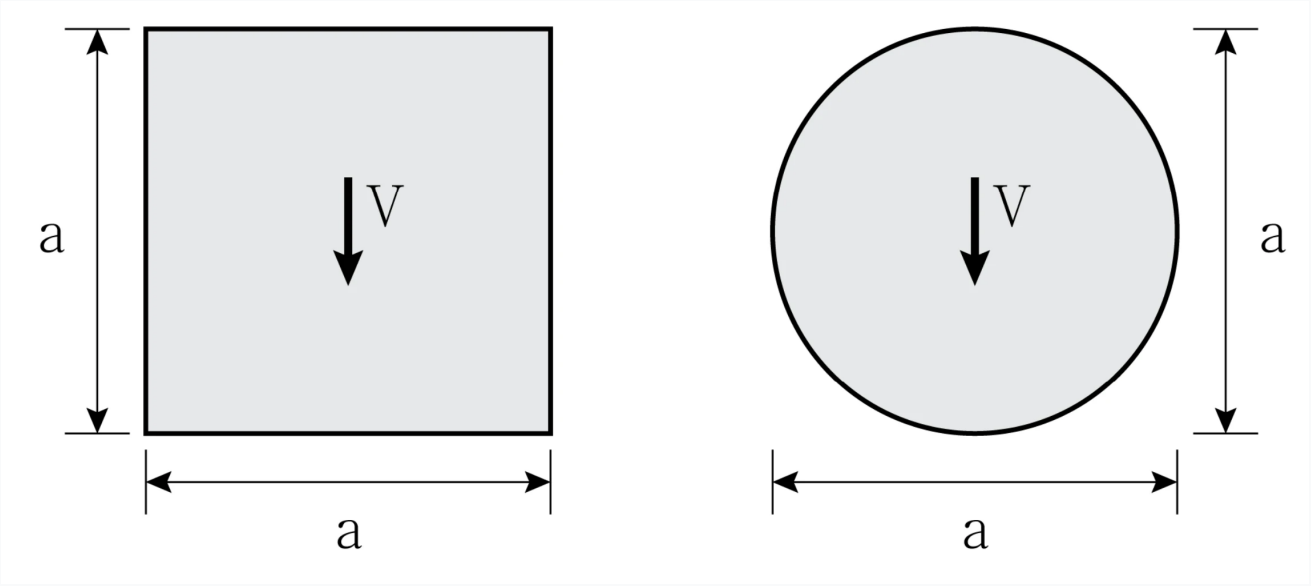
1. 스프링의 지지력: 그림에서 두 지지점 사이의 거리는 3 m이고, 900 N 하중은 왼쪽 지지점 A에서 1 m 떨어져 작용한다. 두 스프링이 보를 위로 당기는 힘을 각각 R_A, R_B라 하자. 자중을 무시하므로 수직력 평형식은 $R_A + R_B = 900$ N이다. A점에 대한 모멘트 평형을 적용하면 $R_B \cdot 3 = 900 \cdot 1$이므로 $R_B = 300$ N이다. 따라서 $R_A = 900 - 300 = 600$ N이다.

2. 스프링의 신장량: 강체보는 휘어지지 않으며, 하중을 받은 뒤에도 수평을 유지하므로 **양 끝의 하강량이 같다**. 위쪽 지지점이 고정되어 있으므로 이는 두 스프링의 신장량이 같다는 뜻이다. 스프링 힘과 신장량의 관계 $R = k\delta$를 적용한다. A의 강성은 $k_A = 5000$ N/m이므로 신장량은 $\delta_A = \frac{600}{5000} = 0.12$ m이다. 따라서 $\delta_B = 0.12$ m이다.

3. 스프링 B의 강성: B가 0.12 m 늘어날 때 300 N의 힘을 내야 하므로 $k_B = \frac{R_B}{\delta_B} = \frac{300}{0.12} = 2500$ N/m이다. 이를 kN/m로 바꾸면 2.5 kN/m로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같은 정사각형 및 원형 단면에 같은 크기의 전단력 V가 작용할 때, 단면에 발생하는 최대전단응력의 비 ≤ft(_(정사각형)_(원형))는?



① $\frac{9\pi}{32}$

② $\frac{\pi}{4}$

③ $\frac{7\pi}{32}$

④ $\frac{3\pi}{16}$

정답 1번

간단한 해설

최대전단응력은 정사각형에서 평균전단응력의 3/2배, 원형에서 4/3배이다. **정사각형의 한 변과 원의 지름이 모두 a**임을 반영하면, 같은 전단력에 대한 최대전단응력의 비는 $\frac{9\pi}{32}$이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 정사각형의 한 변과 원형의 지름은 모두 a이고, 두 단면에 작용하는 전단력의 크기는 V로 같다.
정사각형과 원형의 단면적을 각각 A_s, A_c, 최대전단응력을 각각 τ_s, τ_c로 둔다.

최대전단응력과 평균전단응력의 관계: 평균전단응력은 $\frac{V}{A}$이지만, 보의 전단응력은 단면 전체에 균일하게 분포하지 않는다. 정사각형과 속이 찬 원형 단면에서는 **중립축에서 최대전단응력**이 발생하며, 그 크기는 각각 평균전단응력의 3/2배와 4/3배이다. 따라서 단면적의 비만으로 최대전단응력의 비를 구하면 안 된다.

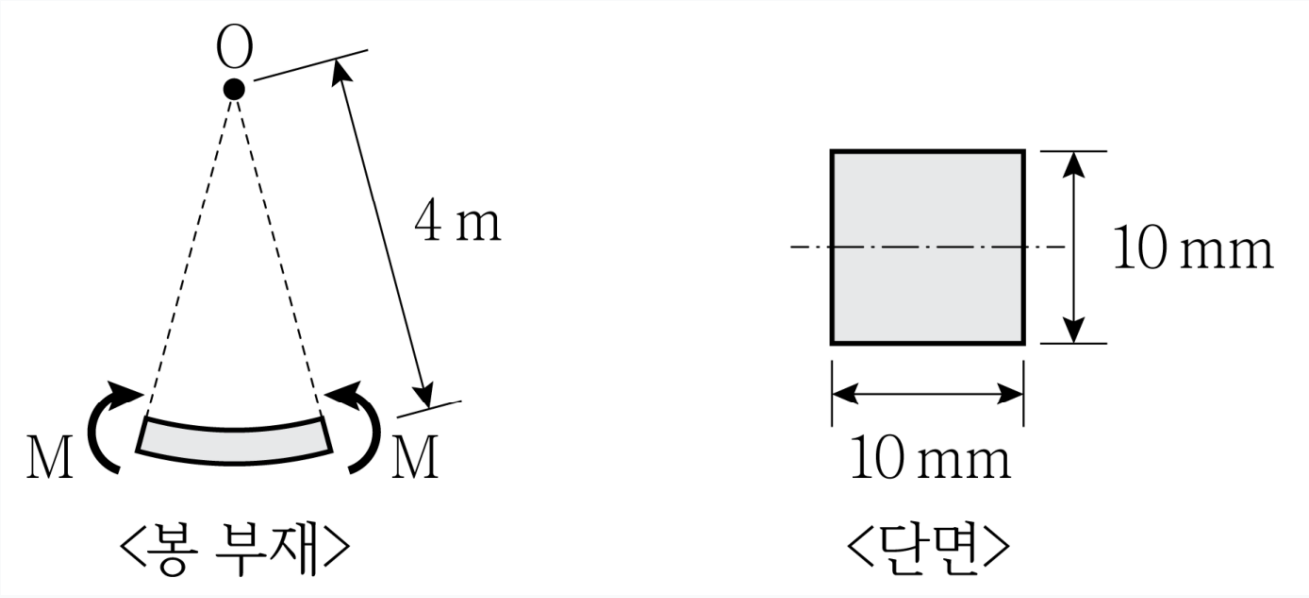
정사각형 단면: 한 변이 a이므로 $A_s = a^2$이다. 최대전단응력은 $\tau_s = \frac{3V}{2A_s} = \frac{3V}{2a^2}$이다.

원형 단면: 그림의 a는 **반지름이 아니라 지름**이므로 $A_c = \pi\left(\frac{a}{2}\right)^2 = \frac{\pi a^2}{4}$이다. 최대전단응력은 $\tau_c = \frac{4V}{3A_c} = \frac{16V}{3\pi a^2}$이다.

최대전단응력의 비: 구하는 비는 정사각형의 값을 원형의 값으로 나눈 것이다. $\frac{\tau_s}{\tau_c} = \frac{3V}{2a^2} \cdot \frac{3\pi a^2}{16V} = \frac{9\pi}{32}$로, ①의 값과 일치한다. V와 a^2이 약분되고 응력끼리 나누므로 단위는 없다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 일정 길이의 봉 부재 양단에 휨모멘트 M = 50 N · m가 작용하여 곡률반경 ρ = 4 m인 원호의 일부 형상으로 변형되었을 때, 봉 재료의 탄성계수 E [GPa]는? (단, 봉의 단면은 한 변의 길이가 10 mm인 정사각형 단면이고, 미소변형이론을 적용한다)



① 200

② 220

③ 240

④ 260

정답 3번

간단한 해설

양단의 모멘트로 생긴 **순수휨의 곡률 관계** $\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}$를 이용한다. 정사각형 단면의 단면2차모멘트를 구해 $E = \frac{M\rho}{I}$에 대입하면 탄성계수는 240 GPa이다.

NoteBase

계산 과정

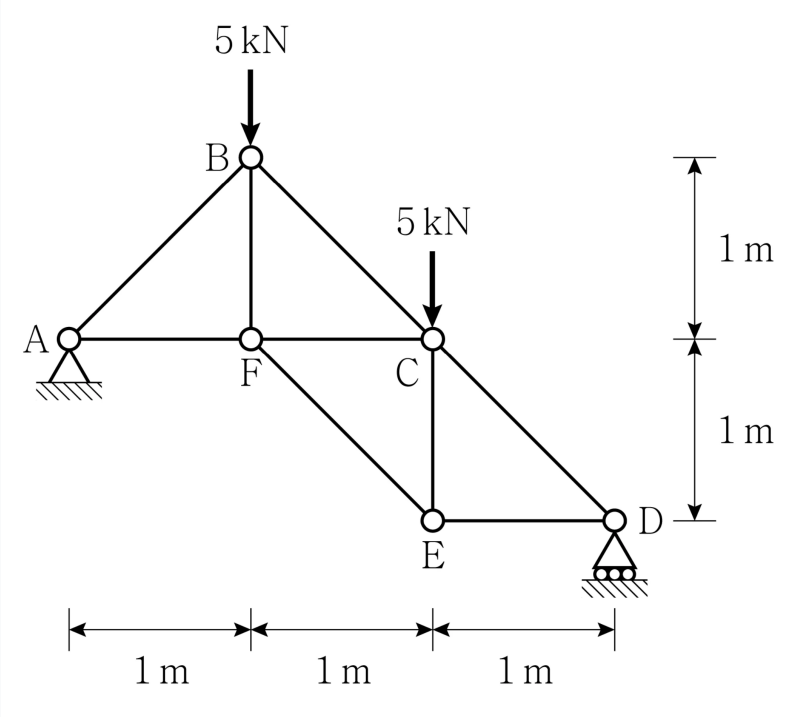
1. 휨모멘트와 곡률의 관계: 그림의 봉은 양단에 크기가 같은 반대 방향의 모멘트를 받아 **내부 휨모멘트가 일정한 순수휨** 상태이다. 선형 탄성 범위의 미소변형 휨이론에서 $\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}$가 성립한다. 여기서 E는 탄성계수, I는 중립축에 대한 단면2차모멘트이며, 구할 값은 $E = \frac{M\rho}{I}$이다.

2. 단면2차모멘트: 정사각형 단면의 한 변을 a라 하면, 도심을 지나는 수평 중립축에 대해 $I = \frac{a^4}{12}$이다. 길이 단위를 m로 통일하면 a = 10 mm = 0.01 m이므로 $I = \frac{(0.01)^4}{12} = \frac{10^{-8}}{12}\,\mathrm{m}^4$이다. 이 값은 단면 형상이 휨에 저항하는 정도를 나타낸다.

3. 탄성계수 계산: M = 50 N·m와 ρ = 4 m를 곱하면 $M\rho = 200\,\mathrm{N\cdot m^2}$이다. 이를 I로 나누면 $E = \frac{200 \cdot 12}{10^{-8}}\,\mathrm{Pa}$, 즉 $E = 2.4 \times 10^{11}\,\mathrm{Pa}$이다. $1\,\mathrm{GPa} = 10^9\,\mathrm{Pa}$이므로 E = 240 GPa이며, ③의 240에 해당한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 트러스에서 부재 BC의 부재력[kN]은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 5(인장)

② 5(압축)

③ $5\sqrt{2}$(인장)

④ $5\sqrt{2}$(압축)

정답 4번

간단한 해설

지점 A의 수직반력 5 kN과 AB의 수직성분이 평형을 이루므로 AB는 압축을 받는다. AB와 BC의 경사가 모두 45°이고 절점 B에서 두 부재의 수평성분이 상쇄되므로, BC에도 $5\sqrt{2}$ kN의 **압축력**이 작용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 형상과 부호: 그림에서 AB와 BC는 수평거리와 높이 차가 각각 1 m이므로 수평선과 45°를 이룬다. 트러스 부재에는 부재 축 방향의 힘이 작용하며, 각 절점에서 힘의 평형을 적용한다. 부재력은 절점을 바깥으로 당기는 **인장을 양수**로 가정하고, 계산값이 음수이면 압축으로 판단한다. 구조물의 자중은 무시한다.

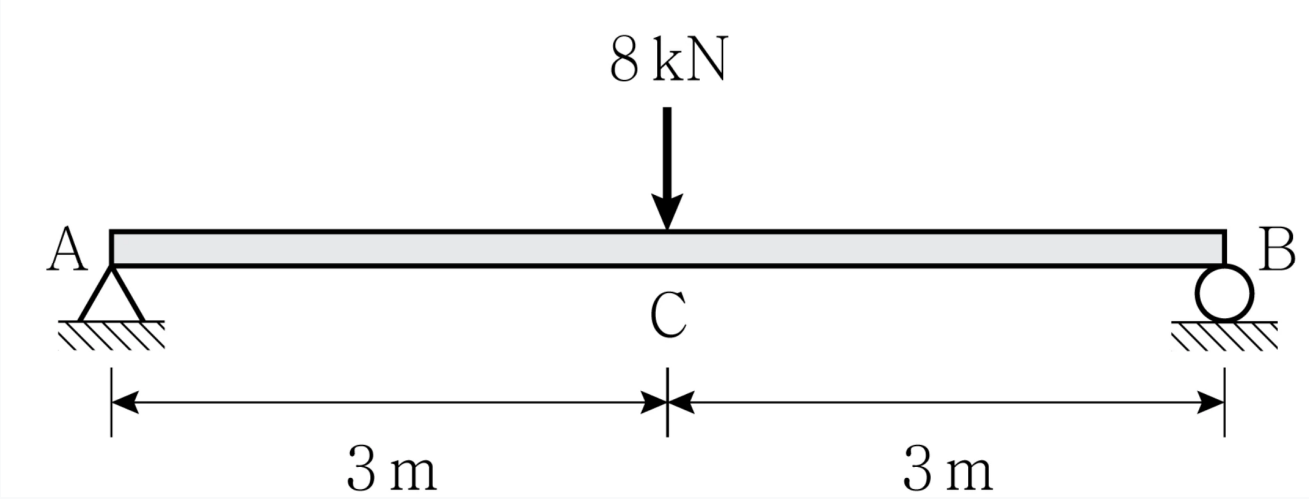
2. 지점 반력: A는 힌지, D는 롤러 지점이다. 수평 외력이 없으므로 A의 수평반력은 0이다. A와 D의 위쪽 수직반력을 각각 A_y, D_y라 하자. A를 기준으로 반시계방향 모멘트를 양수로 잡으면 $3D_y - 5\cdot 1 - 5\cdot 2 = 0$이다. 여기서 하중의 단위는 kN, 수평거리의 단위는 m이다. 따라서 $D_y = 5$ kN이고, 수직방향 평형 $A_y + D_y = 10$에서 $A_y = 5$ kN이다.

3. 절점 A의 평형: A에 연결된 부재 중 AF는 수평이므로 수직성분이 없다. 따라서 위쪽 반력 5 kN은 AB의 수직성분과 평형을 이룬다. AB의 부재력을 N_{AB}라 하면 $5 + N_{AB}\sin 45^\circ = 0$이다. 이를 풀면 $N_{AB} = -\frac{5}{\sin 45^\circ} = -5\sqrt{2}$ kN이다. 음수이므로 AB는 압축을 받으며, 절점 B에서는 B를 오른쪽 위로 미는 힘으로 작용한다.

4. 절점 B의 평형: BF와 외부하중 5 kN은 모두 수직방향이므로 수평방향 평형에는 AB와 BC만 관여한다. BC의 부재력을 N_{BC}라 하고 오른쪽을 양수로 잡으면 $-N_{AB}\cos 45^\circ + N_{BC}\cos 45^\circ = 0$이다. 두 부재의 경사가 같으므로 $N_{BC} = N_{AB} = -5\sqrt{2}$ kN이다. 따라서 BC의 부재력은 **크기가 $5\sqrt{2}$ kN인 압축력**이며, ④의 값 및 압축 표시와 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 단순보에서 A점의 회전각 θ_A [radian]와 C점의 처짐 δ_C [m]는? (단, 보의 휨강성 $EI = 1,200\ \text{kN} \cdot \text{m}^2$이고, 구조물의 자중은 무시한다)



① θ_A: 0.015, δ_C: 0.02

② θ_A: 0.015, δ_C: 0.03

③ θ_A: 0.01, δ_C: 0.03

④ θ_A: 0.01, δ_C: 0.02

정답 2번

간단한 해설

중앙 집중하중을 받는 단순보이므로 지점 회전각의 크기는 $\frac{PL^2}{16EI}$, 중앙 처짐의 크기는 $\frac{PL^3}{48EI}$로 구한다. 전체 경간 6 m를 대입하면 **A점의 회전각은 0.015 rad**, **C점의 처짐은 아래로 0.03 m**이다.

NoteBase

계산 과정

조건 확인: 그림에서 집중하중 P = 8 kN은 중앙 C점에 작용하고, 전체 경간은 L = 3 + 3 = 6 m이다. 휨강성은 $EI = 1{,}200\ \text{kN}\cdot\text{m}^2$로 일정하다. 양 지점의 처짐은 0이며, 하중과 보가 좌우 대칭이므로 **중앙 C점의 회전각은 0**이다.

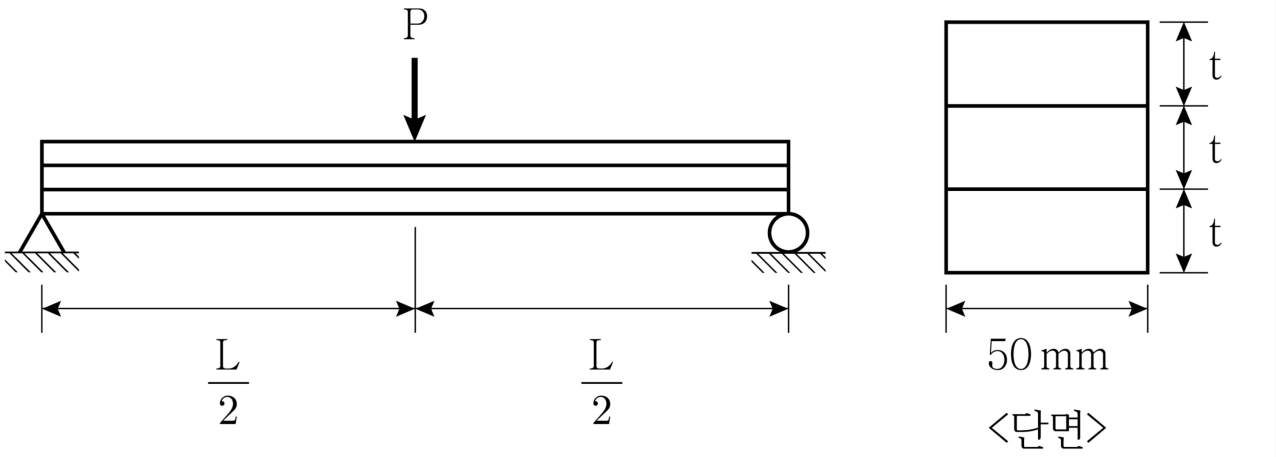
A점의 회전각: 일정한 휨강성을 가진 단순보가 중앙 집중하중을 받을 때, 탄성곡선으로부터 지점 회전각의 크기는 $\theta_A = \frac{PL^2}{16EI}$로 주어진다. 여기서 L은 반경간 3 m가 아니라 **전체 경간 6 m**이다. 따라서 $\theta_A = \frac{8\cdot 6^2}{16\cdot 1{,}200} = 0.015\ \text{rad}$이며, A점에서는 시계 방향으로 회전한다.

C점의 처짐: 같은 하중 조건에서 중앙은 처짐이 가장 큰 위치이며, 그 크기는 $\delta_C = \frac{PL^3}{48EI}$이다. 수치를 대입하면 $\delta_C = \frac{8\cdot 6^3}{48\cdot 1{,}200} = 0.03\ \text{m}$이다. 하중이 아래쪽으로 작용하므로 **처짐 방향은 아래쪽**이다.

따라서 $\theta_A = 0.015\ \text{rad}$, $\delta_C = 0.03\ \text{m}$인 ②와 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림은 두께 t인 판 3개를 접착시켜 제작한 단순보에 하중 P를 '0'에서부터 서서히 증가시키는 실험을 나타낸다. 만일 P = 9 kN일 때 접착면 전단파괴가 발생하였다면, 판의 두께 t [mm]는? (단, 접착면의 전단강도는 5 MPa이고, 전단파괴 이전에 접착면 미끄러짐은 발생하지 않으며, 구조물의 자중은 무시한다)



① 8

② 16

③ 24

④ 32

정답 1번

간단한 해설

접착면에서 미끄러짐이 없으므로 세 판을 하나의 단면으로 보고 **접착면의 전단응력**을 구한다. 하중 9 kN에서 이 응력이 전단강도 5 MPa에 도달하는 조건을 적용하면 판의 두께는 **8 mm**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 보 내부의 전단력: 하중 P가 경간 중앙에 작용하므로 양쪽 지점반력은 각각 $P/2$이다. 자중을 무시하면 하중점 양쪽 구간의 전단력은 부호가 반대이고 크기는 같으므로, 계산에는 $V = P/2 = 4.5\text{kN} = 4500\text{N}$을 사용한다. 하중이 서서히 증가하므로 충격에 따른 하중 증가는 고려하지 않는다.

2. 전체 단면의 단면2차모멘트: 단면의 폭은 b = 50 mm, 전체 높이는 3t이다. 파괴 전 **접착면 미끄러짐이 없으므로 전체 높이 3t인 직사각형 단면**으로 계산한다. 중립축은 전체 높이의 중앙에 있고, 이 축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{b(3t)^3}{12} = \frac{9}{4}bt^3$이다.

3. 접착면에서의 단면1차모멘트: 위쪽 접착면을 기준으로 그 위에 있는 판 하나를 취한다. 그 면적은 bt이고, 이 판의 도심에서 전체 단면의 중립축까지 거리는 t이다. 따라서 $Q = (bt)t = bt^2$이다. 아래쪽 접착면도 대칭이므로 전단응력의 크기가 같다. Q를 구할 때는 **접착면 바깥쪽 판의 면적과 전체 중립축까지의 거리**를 사용한다.

4. 접착면의 전단응력: 판 사이에 전달되는 단위 길이당 전단력은 $q = VQ/I$이고, 이를 접착 폭 b로 나누면 전단응력 $\tau = VQ/(Ib)$가 된다. 위에서 구한 값을 대입하면 $\tau = \frac{Vbt^2}{(9bt^3/4)b} = \frac{4V}{9bt}$이다. 접착면은 두 곳이지만 각 면의 응력은 이 식으로 구하며, 면이 두 개라는 이유로 다시 절반으로 나누지 않는다.

5. 파괴 조건으로 두께 결정: **접착면 전단응력이 전단강도에 도달**할 때 파괴되므로, 5 MPa = 5 N/mm^2를 적용한다. V = 4500 N, b = 50 mm를 대입하면 $5 = \frac{4 \cdot 4500}{9 \cdot 50 \cdot t} = \frac{40}{t}$이다. 따라서 $t = \frac{40}{5} = 8\text{mm}$이며, 이는 ①의 8 mm에 해당한다.

NoteBase