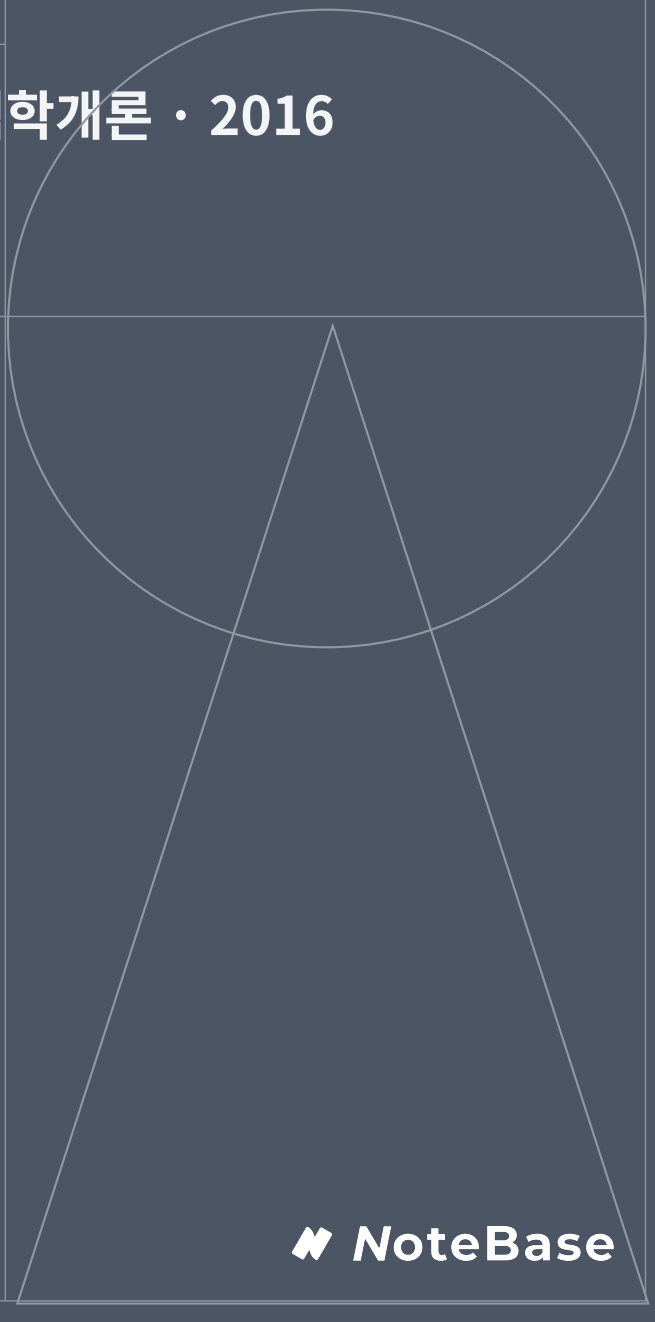
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2016



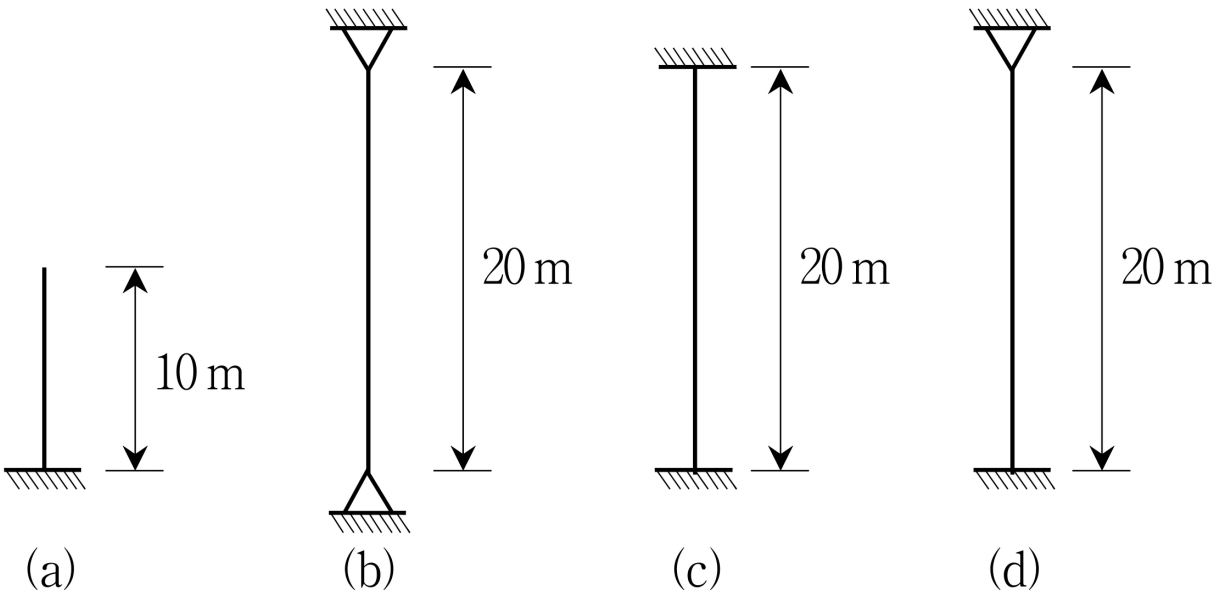
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2016

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2016

문 1. 그림과 같이 단부 경계 조건이 각각 다른 장주에 대한 탄성 좌굴 하중(P_{cr})이 가장 큰 것은? (단, 기둥의 휨강성 $EI = 4000\ \text{kN} \cdot \text{m}^2$이며, 자중은 무시한다)



① (a)

② (b)

③ (c)

④ (d)

정답 3번

간단한 해설

같은 휨강성에서는 탄성 좌굴 하중이 **유효좌굴길이의 제곱에 반비례**한다. (c)는 양단 고정이므로 유효좌굴길이가 10 m로 가장 짧고, 좌굴 하중은 $40\pi^2$kN으로 가장 크다.

NoteBase

선지별 해설

장주의 탄성 좌굴에는 오일러 공식 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$을 적용한다. 여기서 $L_e = KL$은 단부의 구속 조건을 반영한 유효좌굴길이이고, L은 실제 기둥 길이, K는 유효길이계수이다. 모든 기둥의 휨강성이 $EI = 4000\text{kN} \cdot \text{m}^2$로 같으므로 **실제 길이가 아니라 유효좌굴길이**를 비교해야 한다. 유효좌굴길이가 짧을수록 좌굴 하중이 크다.

(a): 아래쪽 고정·위쪽 자유인 기둥은 K = 2이다. 실제 길이가 10 m이므로 유효좌굴길이는 2 × 10 = 20 m이다.

(b): 양단 힌지인 기둥은 K = 1이다. 실제 길이가 20 m이므로 유효좌굴길이는 1 × 20 = 20 m이다. 따라서 (a)와 좌굴 하중이 같다.

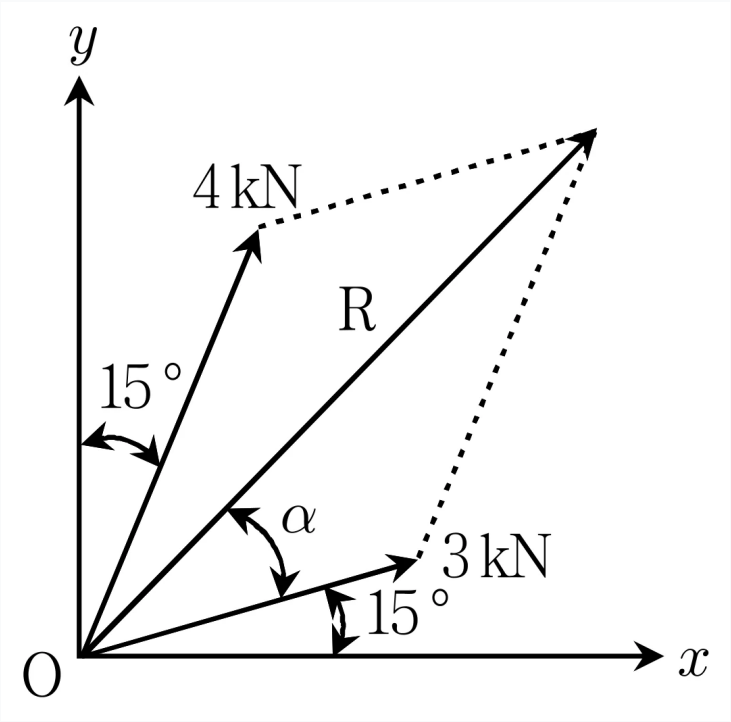
(c): 양단 고정인 기둥은 K = 0.5이다. 양 끝의 회전이 모두 구속되어 유효좌굴길이는 0.5 × 20 = 10 m이다. 네 기둥 중 **유효좌굴길이가 가장 짧다**.

(d): 아래쪽 고정·위쪽 힌지인 기둥은 K ≈ 0.7이다. 유효좌굴길이는 약 0.7 × 20 = 14 m로, (c)의 10 m보다 길다.

좌굴 하중의 크기는 (c) > (d) > (a) = (b)이다. (c)의 좌굴 하중은 $P_{cr} = \frac{4000\pi^2}{10^2} = 40\pi^2\text{kN}$, 약 394.8 kN이므로 ③의 (c)에 해당한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 2개의 힘이 동일점 O에 작용할 때 합력(R)의 크기 [kN]와 방향(α)은?



① R: $\sqrt{37}$, α: $\cos^{-1}\left(\frac{5}{R}\right)$

② R: $\sqrt{37}$, α: $\cos^{-1}\left(\frac{2\sqrt{3}}{R}\right)$

③ R: $\sqrt{61}$, α: $\cos^{-1}\left(\frac{5}{R}\right)$

④ R: $\sqrt{61}$, α: $\cos^{-1}\left(\frac{2\sqrt{3}}{R}\right)$

정답 1번

간단한 해설

두 힘 사이의 각은 60°이며, **3 kN 힘의 방향**을 기준으로 합력을 분해하면 평행 성분은 5 kN, 수직 성분은 $2\sqrt{3}$ kN이다. 따라서 합력의 크기는 $R = \sqrt{37}$ kN이고, 그림의 α는 $\cos^{-1}(5/R)$이다.

NoteBase

계산 과정

기준 방향과 각도: 3 kN의 힘은 x축에서 15°, 4 kN의 힘은 y축에서 15° 기울어져 있으므로 두 힘 사이의 각은 90° − 15° − 15° = 60°이다. 그림의 α는 **3 kN의 힘과 합력 R 사이의 각**이므로, 3 kN의 힘 방향을 평행 방향으로 잡고 그에 수직인 방향은 4 kN의 힘이 있는 쪽을 양으로 잡는다.

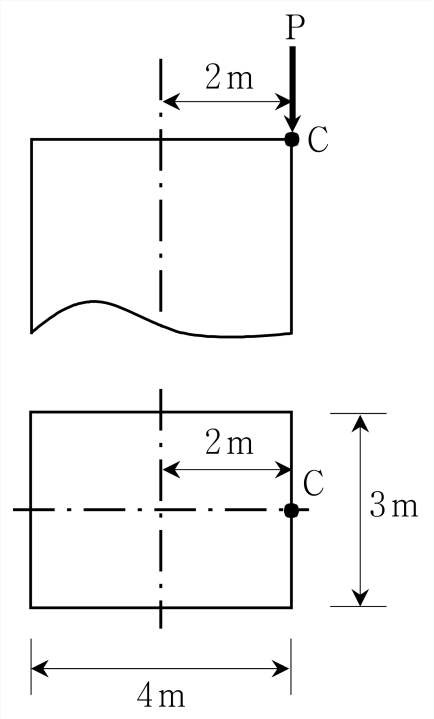
합력의 성분: 동일점에 작용하는 힘의 합력은 각 힘을 벡터로 더해 구한다. 평행 성분을 $R_{\parallel}$, 수직 성분을 $R_{\perp}$라 하면 $R_{\parallel} = 3 + 4\cos 60^\circ = 5$ kN이고, $R_{\perp} = 4\sin 60^\circ = 2\sqrt{3}$ kN이다. 3 kN의 힘은 기준 방향과 나란하므로 **평행 성분에만 더한다**.

합력의 크기: 서로 수직인 두 성분에 피타고라스 정리를 적용한다. $R = \sqrt{R_{\parallel}^2 + R_{\perp}^2}$ 이므로 $R = \sqrt{5^2 + (2\sqrt{3})^2} = \sqrt{37}$ kN이다.

합력의 방향: α를 포함하는 직각삼각형에서 빗변은 R, α에 인접한 변은 평행 성분 5 kN이다. 따라서 $\cos\alpha = \frac{5}{R}$ 이고 $\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{5}{R}\right)$이다. 수직 성분 $2\sqrt{3}$ kN은 α의 맞은편 변이므로 사인에 대응한다. 구한 크기와 방향의 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 직사각형 단면을 갖는 단주에 집중하중 P = 120 kN이 C점에 작용할 때 직사각형 단면에서 인장응력이 발생하는 구역의 넓이[m^2]는?



① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 3번

간단한 해설

편심 압축하중은 단면 전체의 균일한 압축응력과 휨응력을 함께 만든다. 두 응력이 상쇄되는 **중립축은 도심에서 왼쪽으로 2/3 m** 떨어져 있으므로, 그보다 왼쪽의 인장 구역 넓이는 4 m^2이다.

NoteBase

계산 과정

단면과 편심거리: 그림의 아래쪽 단면도에서 가로 폭은 4 m, 세로 길이는 3 m이며, 하중점 C는 도심에서 오른쪽으로 2 m 떨어져 있다. 따라서 단면적은 $A = 4 \times 3 = 12\ \mathrm{m}^2$, 편심거리는 $e = 2$ m이다. 휨은 단면의 세로 도심축에 대해 발생하므로 단면2차모멘트는 $I = \frac{3 \cdot 4^3}{12} = 16\mathrm{m}^4$이다.

하중의 분해: C점의 압축하중 $P = 120$ kN은 도심에 작용하는 같은 크기의 압축력과 휨모멘트로 바꿀 수 있다. 휨모멘트의 크기는 $M = Pe = 120 \times 2 = 240\ \mathrm{kN \cdot m}$이다. 이 휨모멘트는 **C점 쪽의 압축을 증가시키고 반대쪽에는 인장을 만드는** 방향으로 작용한다.

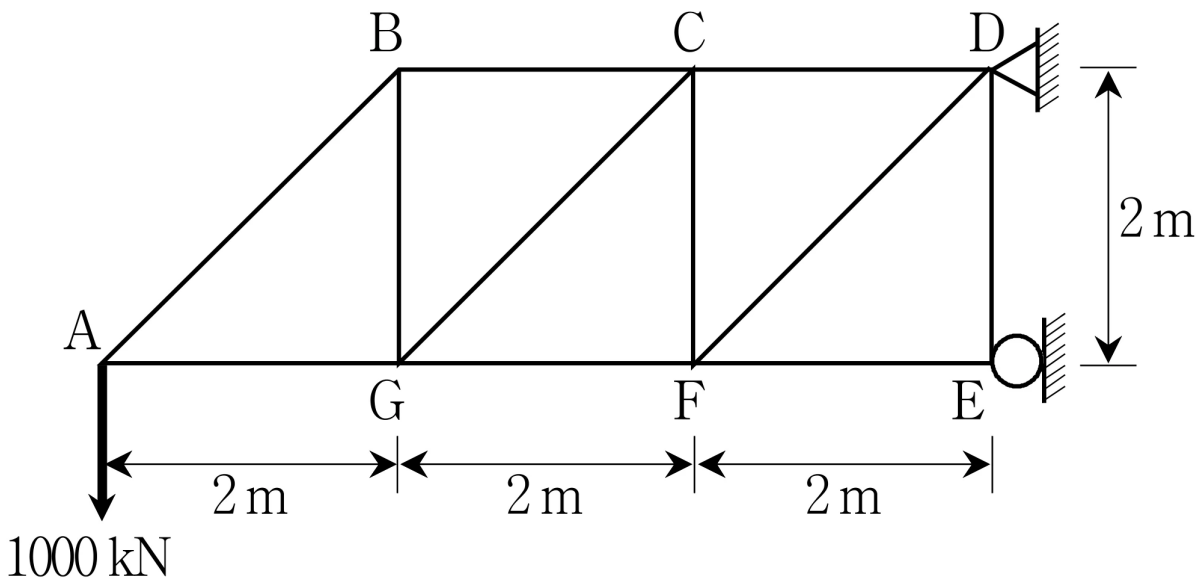
응력의 중첩: 단주의 선형탄성 응력 분포를 적용하고 인장을 양(+)으로 정한다. 도심에서 왼쪽으로 잰 거리를 x라 하면, 축력의 균일 압축응력과 휨응력을 합한 응력은 $\sigma = -\frac{P}{A} + \frac{Mx}{I}$이다. 균일 압축응력의 크기는 $\frac{P}{A} = \frac{120}{12} = 10\mathrm{kPa}$, 휨응력의 기울기는 $\frac{M}{I} = \frac{240}{16} = 15\mathrm{kPa/m}$이다. 따라서 $\sigma = -10\mathrm{kPa} + (15\mathrm{kPa/m})x$로 나타난다.

중립축의 위치: 중립축에서는 **압축응력과 인장 방향의 휨응력이 상쇄되어 응력이 0**이다. 따라서 $x = \frac{10}{15}\mathrm{m} = \frac{2}{3}\mathrm{m}$이며, 중립축은 도심에서 왼쪽으로 2/3 m 떨어진 세로선이다. 그보다 왼쪽에서는 휨에 의한 인장응력이 균일 압축응력보다 커져 인장이 발생한다.

인장 구역의 넓이: 도심에서 왼쪽 끝까지는 2 m이므로 인장 구역의 가로 폭은 $2 - \frac{2}{3} = \frac{4}{3}\mathrm{m}$이다. 응력은 세로 방향으로는 같으므로 이 구역은 세로 길이 3 m인 직사각형이다. 따라서 넓이는 $A_t = 3 \cdot \frac{4}{3} = 4\mathrm{m}^2$이며, ③의 4 m^2에 해당한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 트러스에서 부재 CG에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 모든 부재의 자중은 무시한다)



① 압축 부재이다.

② 부재력은 2000 kN이다.

③ 부재력은 1000 kN이다.

④ 부재력은 $1000\sqrt{2}$ kN이다.

정답 4번

간단한 해설

부재 CG는 수평선과 45°를 이루며, 왼쪽 부분의 수직방향 평형을 위해 그 수직성분이 위쪽으로 1000 kN 작용해야 한다. 따라서 CG는 **인장부재**이고, 부재력의 크기는 $1000\sqrt{2}$ kN이다.

NoteBase

계산 과정

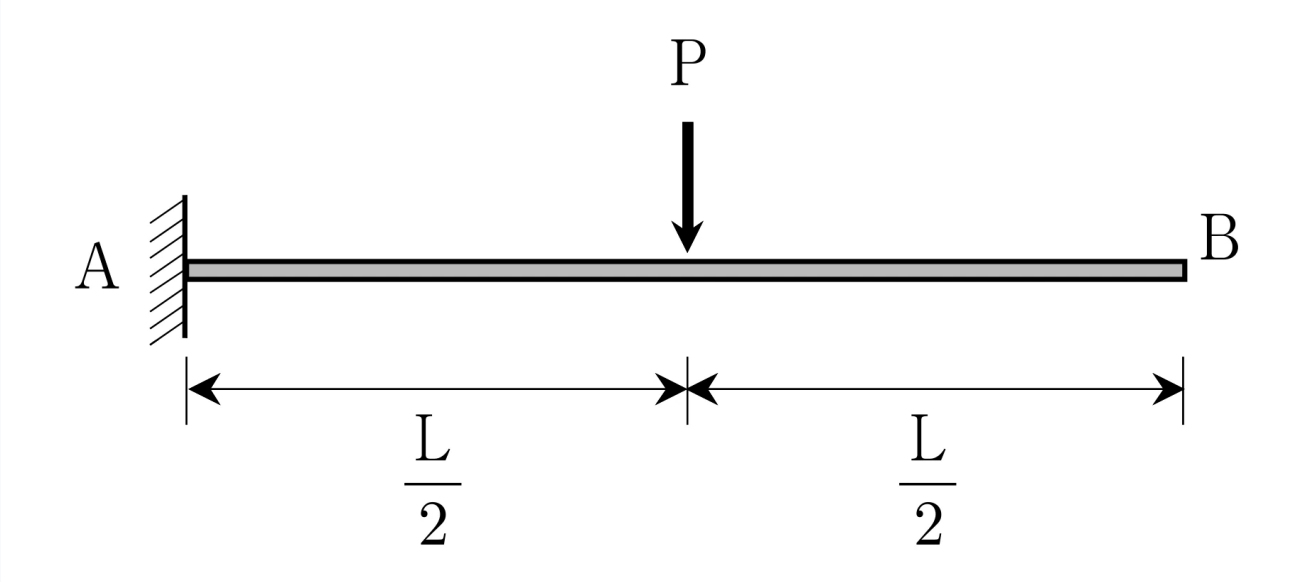
기하 조건: 그림에서 G와 C 사이의 수평거리와 높이는 모두 2 m이므로, 부재 CG가 수평선과 이루는 각도는 45°이다. 모든 부재의 자중은 무시하며, 트러스 부재력은 각 부재의 축방향으로 작용한다.

절단면의 평형: BC, CG, GF를 가로질러 절단하고 A·B·G를 포함하는 왼쪽 부분을 분리한다. 이 부분에는 A점의 하향하중 1000 kN과 세 절단 부재의 축력이 작용한다. BC와 GF의 축력은 수평이므로, **수직방향 평형에는 CG의 축력만 관여**한다. CG의 부재력 F_{CG}를 인장으로 가정하면 G에서 C를 향해 오른쪽 위로 작용하므로, $F_{CG}\sin 45^\circ - 1000 = 0$이다.

부재력과 성질: 따라서 $F_{CG} = \frac{1000}{\sin 45^\circ} = 1000\sqrt{2}\,\text{kN}$이다. 1000 kN은 CG 부재력 자체가 아니라 그 수직성분이다. 계산값이 양수이므로 가정한 방향이 맞으며, CG는 **압축부재가 아니라 인장부재**이다. 부재력의 크기는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 외팔보에서 B점의 회전각은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하며, 자중은 무시한다)



① $\frac{PL^2}{4EI}$
② $\frac{PL^2}{6EI}$
③ $\frac{PL^2}{8EI}$
④ $\frac{PL^2}{12EI}$

정답 3번

간단한 해설

하중이 작용하는 중앙점부터 B점까지는 휨모멘트가 0이므로 **회전각이 일정하다**. 따라서 B점의 회전각 크기는 고정단부터 중앙점까지의 휨모멘트도를 EI로 나눈 면적이며, $\frac{PL^2}{8EI}$ rad이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 구간: 하중 P가 작용하는 중앙점을 C라 두면 AC와 CB의 길이는 각각 $\frac{L}{2}$이다. E는 탄성계수, I는 단면2차모멘트이며, 휨강성 EI는 일정하다. 자중은 무시하고, 회전각은 보의 접선이 원래 보의 축과 이루는 각으로 본다. 고정단 A의 회전각은 0이다.

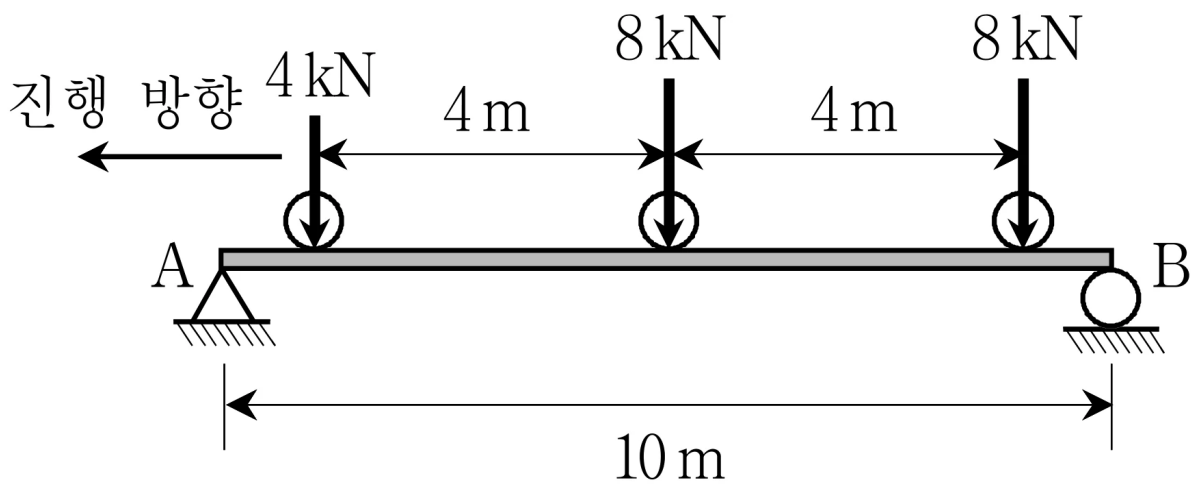
휨모멘트도: AC 구간에서 휨모멘트의 크기는 A에서 $\frac{PL}{2}$, C에서 0으로 선형 감소한다. 따라서 이 구간의 모멘트도는 삼각형이다. CB 구간은 절단면 오른쪽에 외력이 없으므로 **휨모멘트가 0**이다.

중앙점의 회전각: 모멘트면적법에서 두 점 사이의 회전각 차이는 그 구간의 M/EI 도형 면적과 같다. A의 회전각이 0이므로 C의 회전각 크기는 **AC 구간의 삼각형 면적**으로 구한다. 밑변은 $\frac{L}{2}$, 높이는 $\frac{PL}{2EI}$이므로 $|\theta_C| = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{PL}{2EI} = \frac{PL^2}{8EI}$이다.

B점의 회전각: CB 구간에서는 M/EI가 0이어서 회전각이 더 변하지 않는다. 따라서 $|\theta_B| = |\theta_C| = \frac{PL^2}{8EI}$ rad이며, 회전 방향은 시계 방향이다. 이 회전각 크기는 ③의 식과 일치한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 단순보에서 절대 최대 휨모멘트의 크기[kN·m]는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하며, 자중은 무시한다)



① 23.32

② 26.32

③ 29.32

④ 32.32

정답 2번

간단한 해설

이동하중에 의한 최대 휨모멘트는 **가운데 8 kN 하중이 A에서 4.6 m에 있을 때** 발생한다. 이때 A의 반력은 9.2 kN이므로, 그 하중 아래 휨모멘트는 $9.2 \times 4.6 - 4 \times 4 = 26.32$ kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

하중과 검토 위치: 보의 길이는 10 m이고, 왼쪽부터 4 kN, 8 kN, 8 kN 하중이 각각 4 m 간격으로 왼쪽으로 이동한다. 자중이 없고 집중하중만 작용하므로 휨모멘트는 하중 사이에서 직선적으로 변한다. 따라서 **각 집중하중 아래의 휨모멘트**를 하중군의 위치에 따라 비교한다. 모든 하중이 아래로 작용하는 단순보이므로 휨모멘트는 음수가 되지 않는다.

지점반력: 가운데 8 kN 하중과 A 사이 거리를 x m로 두면, 세 하중의 위치는 각각 $x-4$, x, $x+4$ m이다. 세 하중이 모두 보 위에 있는 범위는 $4 \le x \le 6$이다. A에 대한 모멘트 평형에서 $10R_B = 4(x-4) + 8x + 8(x+4)$이므로 $R_B = 2x + 1.6$ kN이다. 수직력 평형에 따라 $R_A = 20 - R_B = 18.4 - 2x$ kN이다.

가운데 8 kN 하중 아래: 절단면 왼쪽의 반력과 4 kN 하중으로 모멘트를 구하면 $M = R_A x - 4 \cdot 4$이다. 4 kN 하중과 검토 단면 사이의 거리는 항상 4 m이다. 이를 정리하면 $M = (18.4 - 2x)x - 16$, 즉 $M = 26.32 - 2(x-4.6)^2$이다. 제곱항은 0 이상이므로 **x = 4.6 m에서 최대**가 된다. 이때 세 하중의 위치는 A에서 각각 0.6 m, 4.6 m, 8.6 m로 모두 보 위에 있다. A의 반력은 $18.4 - 2 \times 4.6 = 9.2$ kN이고, 최대 휨모멘트는 $9.2 \times 4.6 - 4 \times 4 = 26.32$ kN·m이다.

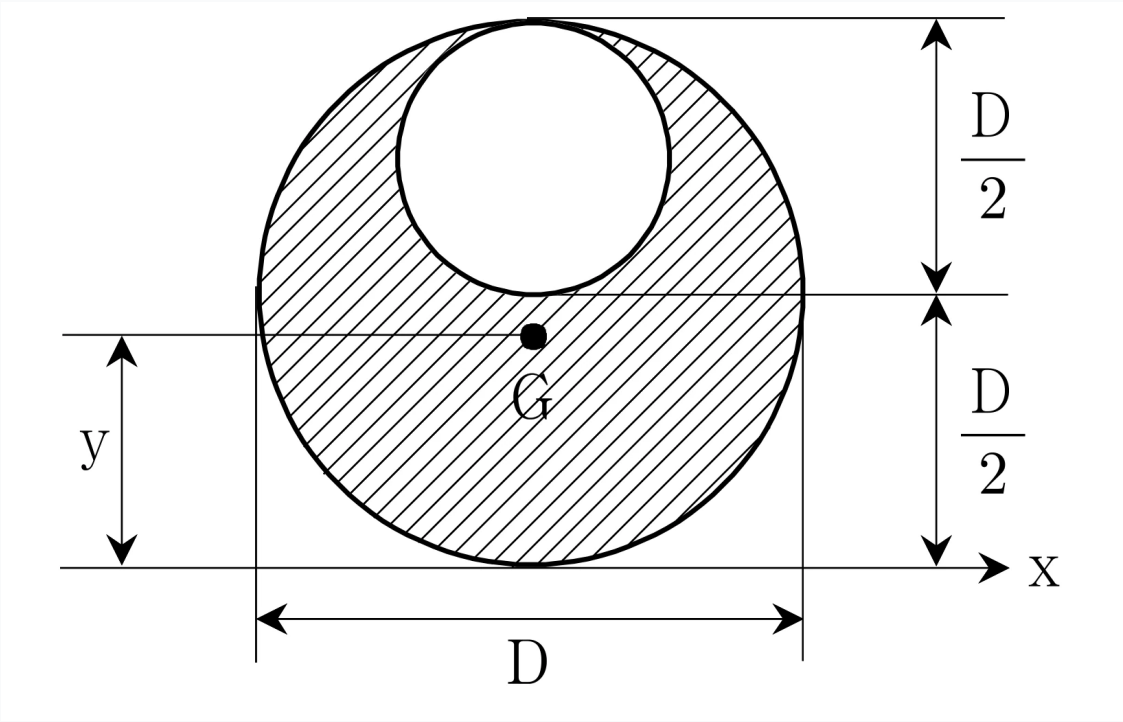
세 하중이 모두 올라온 다른 후보: 4 kN 하중 아래에서는 $M_4 = (18.4 - 2x)(x-4)$이고, 오른쪽 8 kN 하중 아래에서는 $M_8 = (2x + 1.6)(6-x)$이다. $4 \le x \le 6$에서 두 값의 최대는 각각 12.80 kN·m, 19.20 kN·m이므로 가운데 하중 아래의 26.32 kN·m보다 작다.

일부 하중만 보 위에 있는 후보: 진입할 때 4 kN과 가운데 8 kN만 올라온 구간에서, 4 kN의 위치를 A에서 z m라 두면 $2 \le z \le 6$이다. 두 하중 아래의 모멘트는 각각 $M_4 = (8.8 - 1.2z)z$, $M_8 = (1.2z + 3.2)(6-z)$이며, 최대는 약 16.13 kN·m와 22.40 kN·m이다. 4 kN이 빠져나가고 8 kN 두 개만 남으면, 왼쪽 8 kN의 위치를 A에서 y m라 둘 때 $0 \le y \le 4$이다. 두 하중 아래의 모멘트는 각각 $M_L = (12.8 - 1.6y)y$, $M_R = (1.6y + 3.2)(6-y)$이며, 최대는 모두 25.60 kN·m이다. 하중 하나만 남는 경우에도 하중 크기를 P, 보 길이를 L이라 할 때 단독 집중하중의 최대값 $\frac{PL}{4}$를 넘지 않으므로 4 kN은 10 kN·m 이하, 8 kN은 20 kN·m 이하이다.

최대값 비교: 모든 후보 중 가장 큰 값은 **26.32 kN·m**이며, ②의 26.32에 해당한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 빗금 친 단면의 도심을 G라 할 때, x축에서 도심까지 거리(y)는?



① $\frac{3}{12}D$

② $\frac{5}{12}D$

③ $\frac{7}{12}D$

④ $\frac{9}{12}D$

정답 2번

간단한 해설

빗금 친 단면은 큰 원에서 위쪽의 작은 원을 뺀 형상이므로, **구멍의 면적과 단면 1차 모멘트를 모두 빼서** 도심을 구한다. x축에서 도심까지의 거리는 $y = \frac{5}{12}D$이다.

NoteBase

계산 과정

큰 원: 지름이 D이고 아래쪽 끝이 x축에 닿으므로, 면적은 $A = \frac{\pi D^2}{4}$, 도심 높이는 $y_1 = \frac{D}{2}$이다.

작은 원: 위쪽 끝의 높이가 D, 아래쪽 끝의 높이가 $\frac{D}{2}$이므로 지름은 $\frac{D}{2}$이다. 따라서 구멍의 면적은 $\frac{A}{4}$이고, 도심은 두 끝의 중간인 $y_2 = \frac{3D}{4}$에 있다.

남은 단면의 면적과 모멘트: 도심 높이는 x축에 대한 단면 1차 모멘트를 면적으로 나눈 값이다. 구멍은 제거된 부분이므로 **면적과 단면 1차 모멘트에 모두 음의 부호**를 적용한다. 남은 면적은 $A - \frac{A}{4} = \frac{3A}{4}$이고, x축에 대한 단면 1차 모멘트는 $A \cdot \frac{D}{2} - \frac{A}{4} \cdot \frac{3D}{4} = \frac{5AD}{16}$이다.

도심 높이: $y = \frac{5AD}{16} \div \frac{3A}{4} = \frac{5D}{12}$이다. 위쪽의 면적을 제거했으므로 도심은 큰 원의 중심보다 낮아지며, 구한 거리는 ②의 $\frac{5}{12}D$와 일치한다. D와 y는 같은 길이 단위를 갖는다.

NoteBase

문 8. 한 점에서의 미소 요소가 $\varepsilon_x = 300 \times 10^{-6}$, $\varepsilon_y = 100 \times 10^{-6}$, $\gamma_{xy} = -200 \times 10^{-6}$인 평면 변형률을 받을 때, 이 점에서 주 변형률의 방향(θ_p)은? (단, 방향의 기준은 x축이며, 반시계 방향을 양의 회전으로 한다)

① 22.5°, 112.5°

② 45°, 135°

③ −22.5°, 67.5°

④ −45°, 45°

정답 3번

간단한 해설

주 변형률 방향에서는 **전단변형률이 0**이므로 $\tan 2\theta_p = \frac{\gamma_{xy}}{\varepsilon_x - \varepsilon_y} = -1$이다. x축을 기준으로 두 주 방향은 −22.5°와 67.5°이며, 서로 90°를 이룬다.

계산 과정

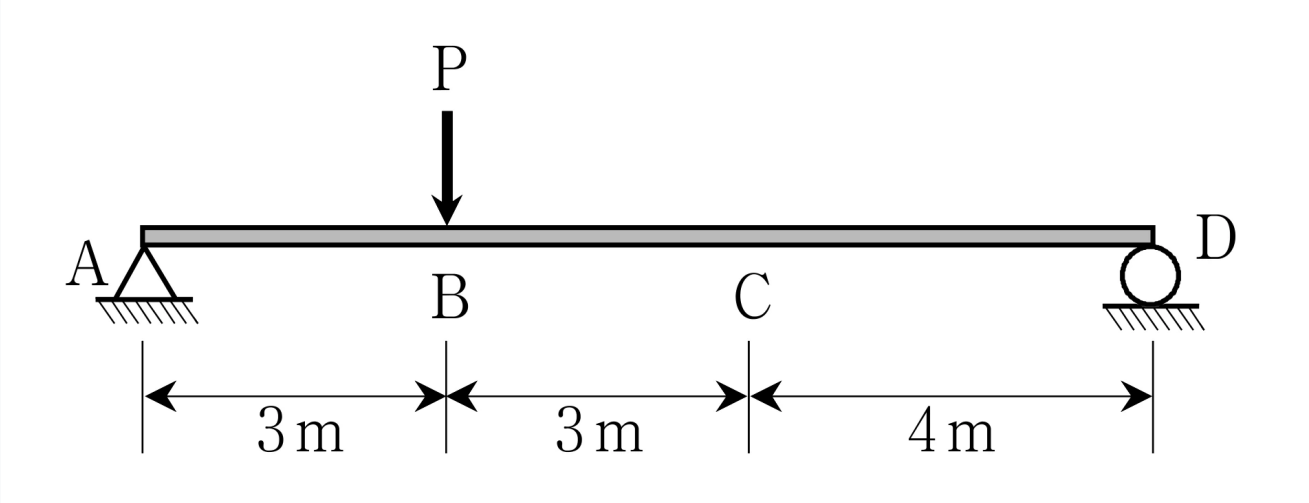
1. 주 방향의 조건: 주 변형률은 방향에 따른 수직변형률의 최댓값과 최솟값이며, 그 방향으로 잡은 좌표계에서는 **전단변형률이 0**이다. x축에서 반시계 방향을 양으로 하는 회전각을 θ_p라 하면, 평면 변형률 변환식에서 $\tan 2\theta_p = \frac{\gamma_{xy}}{\varepsilon_x - \varepsilon_y}$를 얻는다. 여기서 γ_{xy}는 공학적 전단변형률로, 변형률 텐서의 전단 성분 ε_{xy}의 2배이다.

2. 수치 대입: $\varepsilon_x = 300 \times 10^{-6}$, $\varepsilon_y = 100 \times 10^{-6}$, $\gamma_{xy} = -200 \times 10^{-6}$을 대입한다. 분자와 분모의 공통 인자 10^{-6}이 약분되므로 $\tan 2\theta_p = \frac{-200}{300 - 100} = -1$이다. 따라서 $2\theta_p = -45^\circ + 180^\circ n$이고, $\theta_p = -22.5^\circ + 90^\circ n$이다. 여기서 n은 정수이며, 두 배 각의 주기 180°가 실제 방향각에서는 90° 간격이 된다.

3. 두 주 방향: n = 0과 n = 1을 적용하면 각각 −22.5°와 67.5°를 얻는다. −22.5°는 x축에서 시계 방향으로 22.5°, 67.5°는 반시계 방향으로 67.5° 회전한 방향이다. 두 방향은 **서로 직교**하며, 이 각도 쌍은 ③의 −22.5°, 67.5°와 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 단순보에서 B점에 집중하중 P = 10 kN이 연직 방향으로 작용할 때 C점에서의 전단력 V_C [kN] 및 휨모멘트 M_C [kN · m]의 값은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하며, 자중은 무시한다)



① V_C: −3, M_C: 10

② V_C: −3, M_C: 12

③ V_C: −7, M_C: 14

④ V_C: −7, M_C: 16

정답 2번

간단한 해설

C점 왼쪽에는 A점의 상향 반력 7 kN과 B점의 하향 하중 10 kN이 있어 **전단력은 −3 kN**이다. 휨모멘트는 D점 반력 3 kN에 C–D 거리 4 m를 곱한 **12 kN·m**이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 부호: 그림에서 AB = 3 m, BC = 3 m, CD = 4 m이므로 AD = 10 m, AC = 6 m이다. B점에서 아래로 10 kN이 작용하며 자중은 무시한다. 전단력은 절단면 왼쪽 외력의 연직합에서 위쪽을 양으로, 휨모멘트는 보가 아래로 처지는 형태인 정휨을 양으로 정한다. 이 보는 정정보이므로 반력과 단면력은 **힘과 모멘트의 평형**으로 구할 수 있으며, 일정한 휨강성 EI의 수치는 필요하지 않다.

지점반력: A점과 D점의 상향 반력을 각각 R_A, R_D라 한다. A점에 대한 모멘트 평형에서 $R_D \cdot 10 - 10 \cdot 3 = 0$ 이므로 $R_D = \frac{10 \cdot 3}{10} = 3\text{kN}$이다. 연직력 평형으로 $R_A = 10 - 3 = 7\text{kN}$이다. 두 반력의 합 10 kN이 하향 집중하중과 평형을 이룬다.

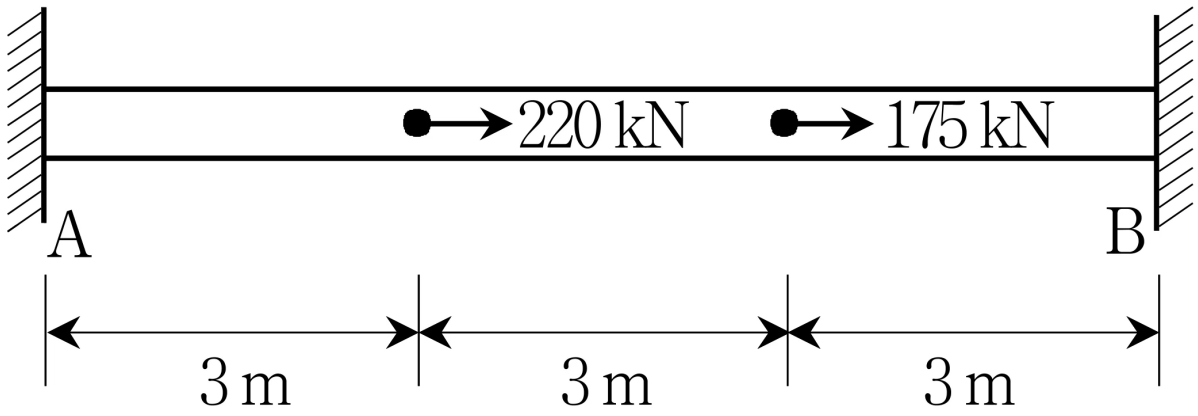
C점 전단력: C점 왼쪽에는 상향 반력 7 kN과 하향 집중하중 10 kN이 있다. 따라서 $V_C = 7 - 10 = -3\text{kN}$이다. **하향 하중이 상향 반력보다 3 kN 크므로** 전단력의 부호가 음이다.

C점 휨모멘트: C점에서 보를 절단하여 오른쪽 CD 구간을 보면, D점 반력 3 kN의 모멘트팔은 4 m이다. 이 반력이 만드는 모멘트와 절단면 모멘트가 평형을 이루므로 $M_C = 3 \cdot 4 = 12\text{kN} \cdot \text{m}$이며 정휨으로 양이다. 왼쪽 구간으로 계산해도 $M_C = 7 \cdot 6 - 10 \cdot 3 = 12\text{kN} \cdot \text{m}$이다.

따라서 $V_C = -3\text{kN}$, $M_C = 12\text{kN} \cdot \text{m}$로 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 양단 고정된 보에 축력이 작용할 때 지점 B에서 발생하는 수평 반력의 크기[kN]는? (단, 보의 축강성 EA는 일정하며, 자중은 무시한다)



① 190

② 200

③ 210

④ 220

정답 1번

간단한 해설

양단이 고정되어 있으므로 각 구간의 늘어남과 줄어듦을 합한 **전체 축방향 변형은 0**이다. 이 조건과 수평력 평형을 함께 적용하면 B의 반력은 왼쪽으로 190 kN이다.

NoteBase

계산 과정

1. 하중과 반력 설정: 그림에서 오른쪽 방향의 220 kN과 175 kN이 각각 A로부터 3 m, 6 m 위치에 작용하며, 전체 길이는 9 m이다. A와 B의 반력을 왼쪽 방향으로 가정하고 그 크기를 각각 R_A, R_B라 한다. 자중은 무시하므로 수평력 평형식은 $R_A + R_B = 220 + 175 = 395$이다. 여기서 힘의 단위는 kN이다.

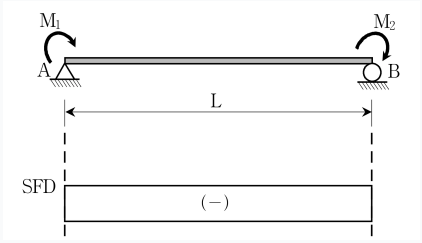
2. 구간별 축력: 인장력을 양(+)으로 정하고 각 구간을 잘라 왼쪽 부분의 수평력 평형을 적용한다. A부터 220 kN 작용점까지는 $N_1 = R_A$, 두 하중 사이에서는 $N_2 = R_A - 220$, 175 kN 작용점부터 B까지는 $N_3 = R_A - 395$이다. 축력이 음수이면 해당 구간은 압축되어 줄어든다.

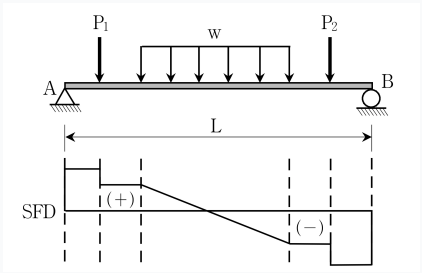
3. 변형 적합조건: 일정한 축력 N이 작용하는 길이 L인 구간의 축방향 변형은 $\delta = \frac{NL}{EA}$이다. 양단이 고정되어 두 끝 사이의 거리가 변하지 않으므로 $\sum_{i=1}^{3} \frac{N_i L_i}{EA} = 0$이어야 한다. 세 구간의 길이가 모두 3 m이고 **축강성 EA도 같으므로** 공통 인자를 소거하면 $N_1 + N_2 + N_3 = 0$이다. 축력을 대입하면 $3R_A - 615 = 0$이고, $R_A = 205$ kN을 얻는다.

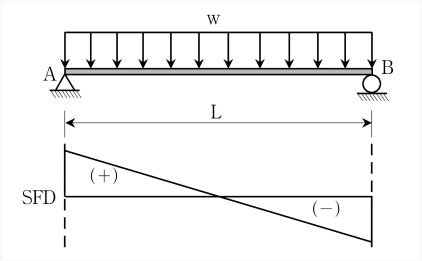
4. B의 반력: 수평력 평형식에 A의 반력을 대입하면 $R_B = 395 - 205 = 190$ kN이다. 가정한 왼쪽 방향으로 양의 값이 나왔으므로 B의 반력은 왼쪽으로 작용하며, 그 크기는 ①의 190 kN과 일치한다.

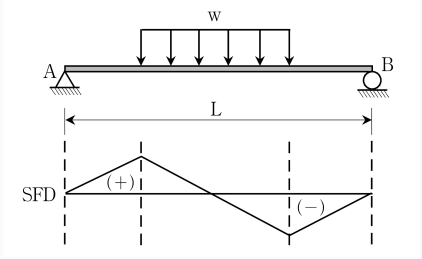
NoteBase

문 11. 그림과 같이 단순보에 작용하는 여러 가지 하중에 대한 전단력도(SFD)로 옳지 않은 것은? (단, 보의 자중은 무시한다)

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

간단한 해설

④의 양쪽 끝 구간에는 분포하중이 없으므로 전단력도는 **수평선**이어야 한다. 가운데 등분포하중 구간에서만 오른쪽으로 갈수록 전단력이 일정한 기울기로 감소한다.

NoteBase

선지별 해설

전단력 V는 절단면 왼쪽에 작용하는 수직 외력의 대수합으로 구한다. 아래쪽 분포하중의 세기를 w, A에서 오른쪽으로 잰 거리를 x라 하면 $\frac{dV}{dx} = -w$이다. 따라서 분포하중이 없는 구간에서는 전단력이 일정하고, 등분포하중 구간에서는 직선적으로 감소한다. 아래쪽 집중하중에서는 그 크기만큼 전단력이 급감하며, 위쪽 지점반력에서는 급증한다.

① O: 양 끝의 M_1, M_2는 모두 시계방향 모멘트이다. 이를 평형시키려면 A의 수직반력은 아래쪽, B의 수직반력은 위쪽으로 작용하여 반시계방향 모멘트를 만들어야 한다. 보 내부에는 수직하중이 없으므로 전단력은 A의 아래쪽 반력과 같은 음의 값으로 일정하다. 따라서 **음의 직사각형 전단력도**가 된다. 집중모멘트 자체는 전단력의 도약을 일으키지 않는다.

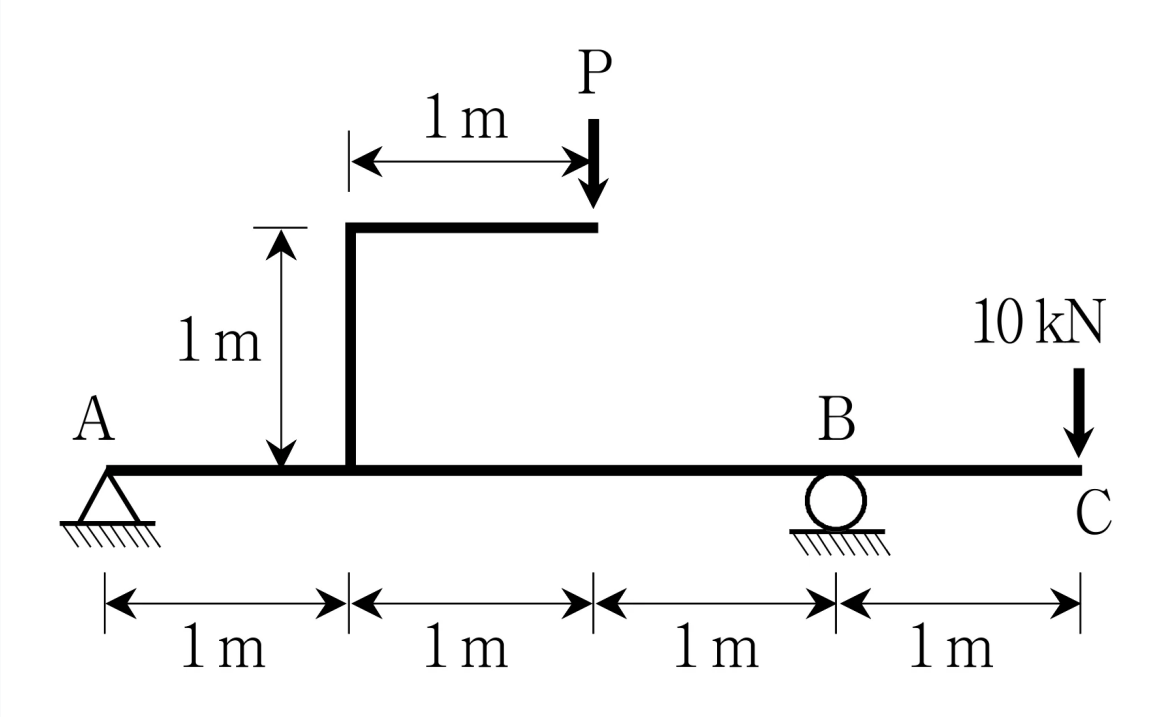
② O: A의 위쪽 반력으로 양의 전단력에서 시작하고, 아래쪽 집중하중 P_1 위치에서 그 크기만큼 급감한다. 가운데 등분포하중 구간에서는 전단력이 일정한 기울기로 감소하며, 그 밖의 무하중 구간에서는 일정하다. 이후 P_2 위치에서 다시 급감하고 B의 위쪽 반력에 의해 0으로 돌아온다. 그림의 **집중하중 위치의 수직 단차**와 가운데 경사선이 이 변화에 해당한다.

③ O: 보 전 구간에 같은 세기의 아래쪽 등분포하중이 작용하므로 전단력도는 **전 구간에서 같은 기울기로 감소**한다. 하중이 좌우 대칭이어서 두 지점반력의 크기가 같으므로, A 바로 오른쪽의 양의 전단력과 B 바로 왼쪽의 음의 전단력은 절댓값이 같고 중앙에서 0이 된다. 그림의 직선형 전단력도가 이에 해당한다.

④ X: 분포하중이 없는 A와 하중 시작점 사이에서 전단력이 증가하고, 하중 끝점과 B 사이에서도 증가하도록 그려져 있다. 그러나 이 두 구간은 자중까지 무시하므로 **전단력이 변하지 않는 수평 구간**이어야 한다. A 바로 오른쪽에서는 위쪽 반력만큼의 양의 값으로 일정하고, 가운데 등분포하중 구간에서만 직선적으로 감소한 뒤, 하중 끝점부터 B 바로 왼쪽까지는 음의 값으로 일정해야 한다. 지점에서는 반력에 따른 수직 도약으로 보 바깥의 전단력 0과 연결된다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 보 ABC에서 지점 A에 수직 반력이 생기지 않도록 하기 위한 수직 하중 P의 값[kN]은? (단, 모든 구조물의 자중은 무시한다)



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 2번

간단한 해설

A의 수직 반력이 0이면 B에 대한 두 하중의 **모멘트가 서로 상쇄**되어야 한다. P와 10 kN 하중의 작용선은 B에서 각각 1 m 떨어져 있으므로 P는 10 kN이다.

NoteBase

계산 과정

모멘트팔: 그림에서 P의 작용선은 B의 왼쪽 1 m, C에 작용하는 10 kN 하중의 작용선은 B의 오른쪽 1 m에 있다. 모멘트팔은 기준점에서 **힘의 작용선까지의 수직거리**이므로, 두 수직 하중에는 각각 수평거리 1 m를 적용한다. 돌출부의 높이 1 m는 P의 모멘트팔에 더하지 않는다.

반력 조건: A의 수직 반력을 R_A라 하면 주어진 조건은 $R_A = 0$이다. 구조물 전체를 대상으로 B에 대한 모멘트 평형을 세우면, A의 수직 반력은 0이므로 모멘트를 만들지 않고 B의 반력도 **작용선이 B를 지나므로** 모멘트를 만들지 않는다. 모든 구조물의 자중도 무시하므로 P와 10 kN 하중의 모멘트만 남는다.

모멘트 평형: 반시계 방향을 양(+)으로 정하면 B 왼쪽의 하향 하중 P는 반시계 방향, B 오른쪽의 하향 하중 10 kN은 시계 방향 모멘트를 만든다. P의 단위를 kN, 거리의 단위를 m로 두면 $P \cdot 1 - 10 \cdot 1 = 0$이다. 따라서 P = 10 kN이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 폭 0.2m, 높이 0.6m의 직사각형 단면을 갖는 지간 L = 2m 단순보의 허용 휨응력이 40MPa일 때 이 단순보의 중앙에 작용시킬 수 있는 최대 집중하중 P의 값[kN]은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하며, 자중은 무시한다)

① 240

② 480

③ 960

④ 1080

정답 3번

간단한 해설

중앙 집중하중을 받는 단순보의 최대 휨모멘트는 $M_{max} = PL/4$이고, **최대 휨응력이 허용 휨응력에 도달할 때** 하중이 최대가 된다. 직사각형 단면의 단면계수를 적용하면 허용 휨모멘트는 480 kN·m이며, 최대 집중하중은 **960 kN**이다.

계산 과정

주어진 단면의 폭은 b = 0.2 m, 높이는 h = 0.6 m이고 지간은 L = 2 m이다. 휨강성이 일정하며 자중은 무시하므로 중앙 집중하중에 의한 휨만 고려한다. 힘을 kN, 길이를 m로 통일하면 허용 휨응력 40 MPa는 40,000 kN/m^2이다.

단면계수: 직사각형 단면의 단면계수는 $Z = \frac{bh^2}{6}$이다. 여기서 **높이 h가 제곱으로 반영**되며, 대입하면 $Z = \frac{0.2 \cdot 0.6^2}{6} = 0.012\,m^3$이다. 단면계수는 휨모멘트에 대해 단면이 휨응력을 견디는 정도를 나타낸다.

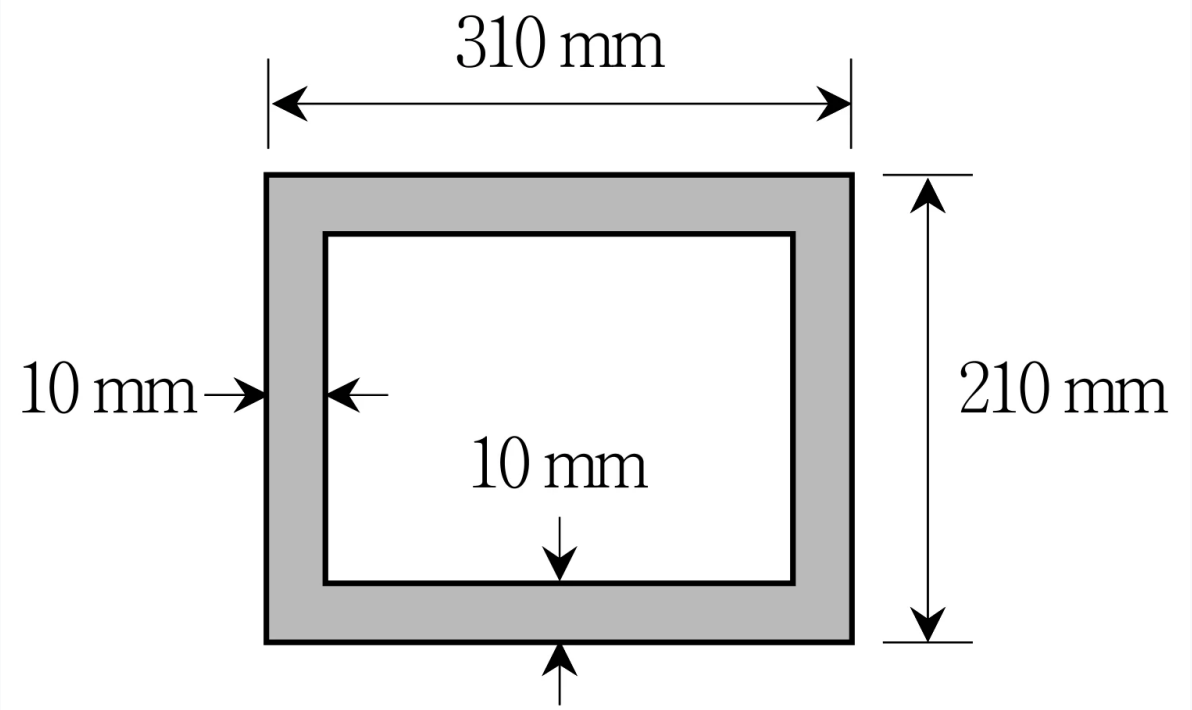
최대 휨모멘트: 하중이 보 중앙에 작용하므로 양쪽 지점반력은 각각 $P/2$이다. 휨모멘트는 중앙에서 가장 크며, 왼쪽 지점반력과 중앙까지의 거리를 곱하면 $M_{max} = \frac{P}{2} \cdot \frac{L}{2} = \frac{PL}{4}$이다.

허용 휨모멘트: 단면에서 가장 큰 휨응력은 $\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z}$이다. 따라서 **최대 휨응력이 허용값을 넘지 않는 조건**에서 허용 휨모멘트는 $M_{allow} = \sigma_{allow} Z$이다. 수치를 대입하면 40,000 × 0.012 = 480 kN·m이다. 이는 보 중앙에서 허용되는 최대 휨모멘트이다.

최대 집중하중: $M_{max} = PL/4$에 허용 휨모멘트를 적용하면 $P_{max} = \frac{4M_{allow}}{L}$이다. 따라서 $P_{max} = \frac{4 \cdot 480}{2} = 960$ kN으로, ③의 960에 해당한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 일정한 두께 t = 10 mm의 직사각형 단면을 갖는 튜브가 비틀림 모멘트 T = 300 kN · m를 받을 때 발생하는 전단 흐름의 크기[kN/m]는?



① 0.25

② 2500

③ 5000

④ 0.5

정답 2번

간단한 해설

얇은 벽의 폐단면에서는 $q = \frac{T}{2A_m}$이며, A_m은 **벽 두께 중심선이 둘러싼 면적**이다. 중심선 치수 300 × 200 mm로 구한 면적 0.060 m^2를 적용하면 전단 흐름은 2500 kN/m이다.

NoteBase

계산 과정

전단 흐름 q는 벽 두께에 걸쳐 전단응력을 합한 단위 길이당 전단력이다. 이 튜브를 얇은 벽의 단일 폐단면으로 보면, 비틀림에 의한 전단 흐름은 둘레를 따라 일정하다. 전단 흐름이 만드는 모멘트의 합은 $T = 2A_m q$이며, 여기서 A_m은 **벽 두께 중심선이 둘러싼 면적**이다.

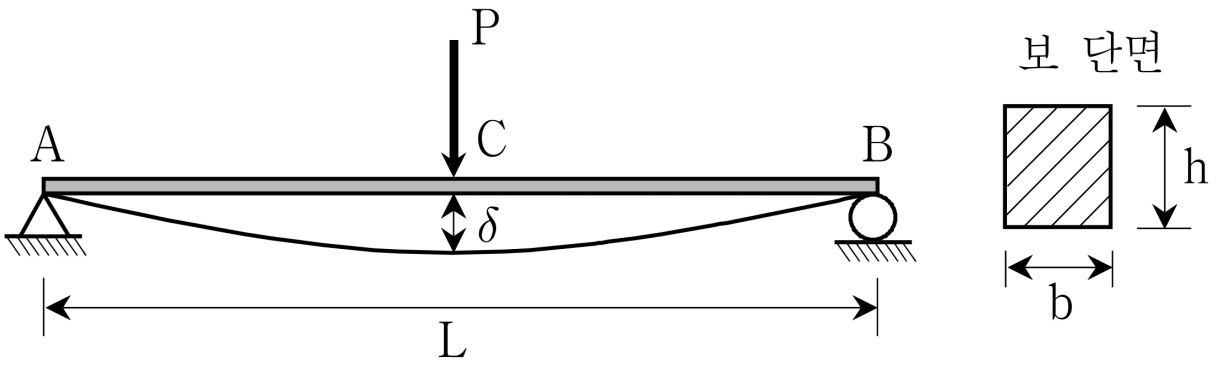
그림의 310 mm와 210 mm는 외측 치수이다. 중심선은 외측 경계에서 두께의 절반만큼 안쪽에 있으므로, 서로 마주 보는 두 벽의 중심선 사이 거리는 **외측 치수에서 두께 t를 한 번 뺀 값**이다. 따라서 중심선 직사각형의 가로는 $310 - 10 = 300$ mm, 세로는 $210 - 10 = 200$ mm이다. 이를 m로 바꾸면 각각 0.300 m와 0.200 m이므로, $A_m = 0.300 \cdot 0.200 = 0.060\,\text{m}^2$이다.

주어진 비틀림 모멘트 T = 300 kN·m를 대입하면 $q = \frac{T}{2A_m} = \frac{300}{2 \cdot 0.060} = 2500$ kN/m이다. 모멘트를 면적으로 나누므로 단위는 kN/m가 된다.

전단 흐름의 크기는 2500 kN/m로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 단순보 중앙 C점에 집중하중 P가 작용할 때 C점의 처짐에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 집중하중 P를 $\frac{P}{2}$로 하면 처짐량 δ는 $\frac{\delta}{4}$가 된다.

② 부재의 높이 h를 그대로 두고 폭 b를 2배로 하면 처짐량 δ는 $\frac{\delta}{4}$가 된다.

③ AB 간의 거리 L을 $\frac{L}{2}$로 하면 처짐량 δ는 $\frac{\delta}{6}$가 된다.

④ 부재의 폭 b를 그대로 두고 높이 h를 2배로 하면 처짐량 δ는 $\frac{\delta}{8}$가 된다.

정답 4번

간단한 해설

직사각형 단면의 단면2차모멘트는 **높이의 세제곱에 비례**한다. 폭을 그대로 두고 높이를 2배로 하면 휨강성이 8배가 되어 중앙 처짐은 $\frac{\delta}{8}$로 줄어든다.

NoteBase

선지별 해설

그림에서 경간은 L이고, 집중하중 P는 단순보의 중앙 C점에 작용한다. 보의 자중을 무시할 때 탄성 범위에서 중앙의 휨 처짐 크기는 $\delta = \frac{PL^3}{48EI}$이다. 여기서 E는 재료의 탄성계수, I는 휨에 대한 단면2차모멘트이며, 폭 b와 높이 h인 직사각형 단면에서는 $I = \frac{bh^3}{12}$이다. 각 선지에서는 바꾸는 조건 외의 조건을 동일하게 두고 처짐을 비교한다.

① X: 처짐은 **집중하중에 비례**한다. P를 $\frac{P}{2}$로 줄이면 처짐도 절반이 되므로, $\frac{\delta}{4}$가 아니라 $\frac{\delta}{2}$가 된다.

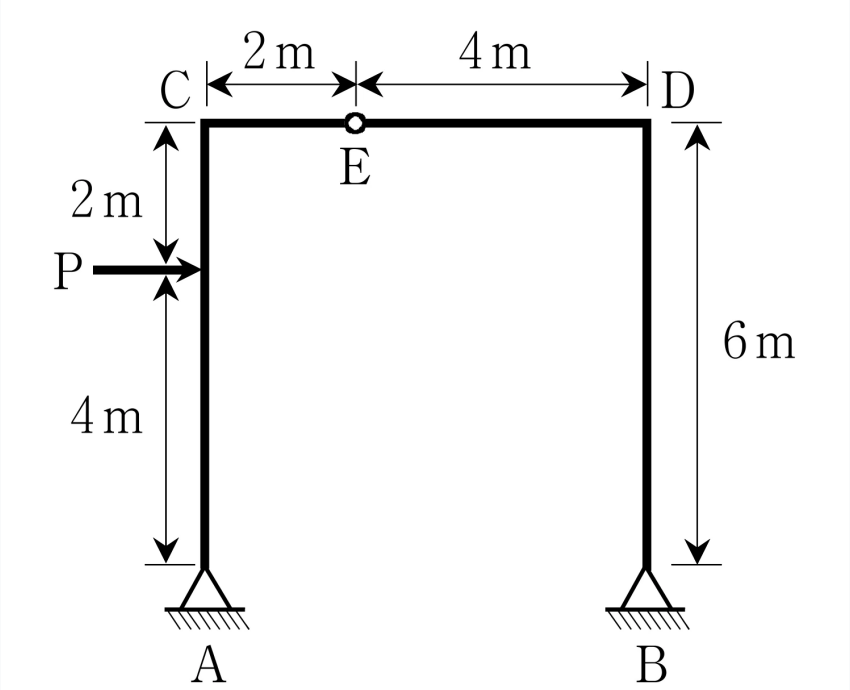
② X: 높이 h가 일정하면 단면2차모멘트는 **폭 b에 비례**한다. 폭을 2배로 하면 I가 2배가 되고 처짐은 그에 반비례하여 줄어든다. 따라서 $\frac{\delta}{4}$가 아니라 $\frac{\delta}{2}$가 된다.

③ X: 하중과 휨강성 EI가 같으면 처짐은 **경간 L의 세제곱에 비례**한다. 경간을 절반으로 줄이면 처짐의 비는 $\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$이다. 따라서 $\frac{\delta}{6}$이 아니라 $\frac{\delta}{8}$이 된다.

④ O: 폭 b가 일정하면 단면2차모멘트는 **높이 h의 세제곱에 비례**한다. 높이를 2배로 하면 $I' = \frac{b(2h)^3}{12} = 8I$가 되어 휨강성 EI가 8배가 된다. 처짐은 휨강성에 반비례하므로 $\delta' = \frac{\delta}{8}$이 된다.

NoteBase

문 16. 그림과 같은 라멘 구조물에 수평 하중 P = 12 kN이 작용할 때 지점 B의 수평 반력 크기[kN]와 방향은? (단, 자중은 무시하며, E점은 내부 힌지이다)



① $\frac{14}{3}$ (←)
② $\frac{16}{3}$ (←)
③ $\frac{18}{3}$ (→)
④ $\frac{20}{3}$ (←)

정답 2번

간단한 해설

전체 구조물의 모멘트 평형으로 구한 B의 수직 반력은 위쪽으로 8 kN이다. **내부 힌지 E에서는 모멘트가 전달되지 않으므로** 오른쪽 부분의 평형을 적용하면 B의 수평 반력은 $\frac{16}{3}$kN, 왼쪽 방향이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 반력 설정: 지점 A와 B는 힌지 지점이므로 수평·수직 반력이 작용하고 지점 모멘트는 없다. 그림에서 지점 간 수평 거리는 2 + 4 = 6 m이고, 하중 P = 12 kN의 작용 높이는 A로부터 4 m이다. E는 B보다 왼쪽으로 4 m, 위로 6 m에 있다. B의 수직 반력 B_V는 위쪽, 수평 반력 B_H는 왼쪽으로 가정한다. 반시계 방향 모멘트를 양으로 하고, 힘과 길이는 각각 kN과 m 단위로 대입한다.

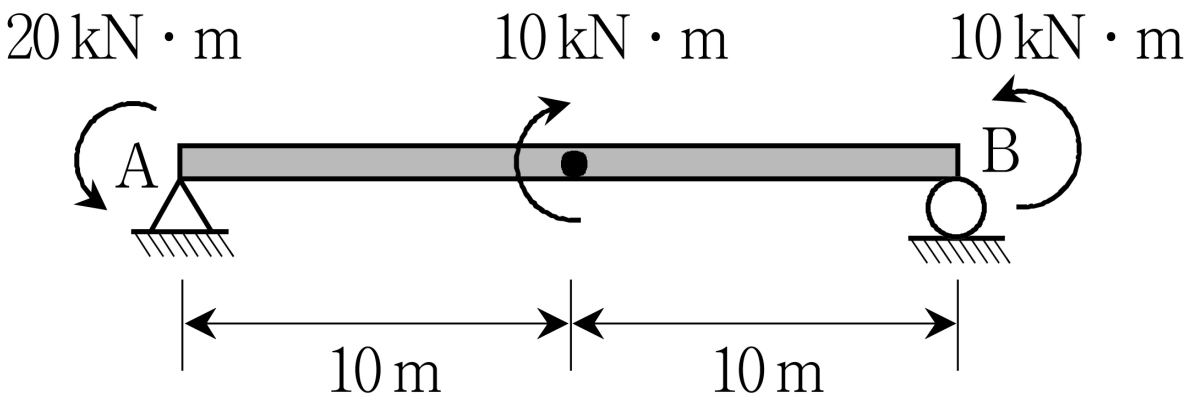
B의 수직 반력: 전체 구조물에서 A점에 대한 모멘트 평형을 적용한다. A의 반력과 B의 수평 반력은 작용선이 A를 지나므로 모멘트를 만들지 않는다. P는 시계 방향, B의 수직 반력은 반시계 방향 모멘트를 만든다. 따라서 $6B_V - 12 \cdot 4 = 0$이고, $B_V = \frac{12 \cdot 4}{6} = 8$kN이다. 이는 B에서 위쪽으로 작용하는 반력이다.

B의 수평 반력: E점은 내부 힌지이므로 **전달 모멘트가 0**이다. E에서 분리한 오른쪽 부분 EDB에 대해 E점의 모멘트 평형을 적용하면, E에서 전달되는 힘은 E를 지나므로 모멘트를 만들지 않는다. B의 수직 반력은 팔길이 4 m로 반시계 방향, 왼쪽으로 가정한 수평 반력은 팔길이 6 m로 시계 방향 모멘트를 만든다. 따라서 $4B_V - 6B_H = 0$이며, $B_H = \frac{4 \cdot 8}{6} = \frac{16}{3}$kN이다.

수평 반력이 가정한 왼쪽 방향을 기준으로 양수이므로, 크기는 $\frac{16}{3}$kN, 방향은 왼쪽(←)이다. 이는 ②의 값과 방향에 해당한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 단순보에 모멘트 하중이 작용할 때 발생하는 지점 A의 수직 반력(R_A)과 지점 B의 수직 반력(R_B)의 크기[kN]와 방향은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하며, 자중은 무시한다)



① R_A: 1(↑), R_B: 1(↓)

② R_A: 1(↓), R_B: 1(↑)

③ R_A: 2(↑), R_B: 2(↓)

④ R_A: 2(↓), R_B: 2(↑)

정답 1번

간단한 해설

그림의 모멘트를 합하면 반시계방향 20 kN·m이며, 두 지점 반력은 이를 상쇄하는 시계방향의 짝힘을 이룬다. 지점 간 거리가 20 m이므로 **A에서는 위쪽 1 kN, B에서는 아래쪽 1 kN**이 작용한다.

NoteBase

계산 과정

하중과 부호: 지점 간 거리는 10 + 10 = 20 m이다. 반시계방향 모멘트와 위쪽 힘을 각각 양(+)으로 정한다. 그림에서 A의 20 kN·m와 B의 10 kN·m는 반시계방향이고, 중앙의 10 kN·m는 시계방향이다.

합성 모멘트: 외부 모멘트의 합은 20 − 10 + 10 = 20 kN·m로 반시계방향이다. 모멘트 하중은 **작용 위치와 관계없이 그 크기와 회전 방향으로 합산**하므로, 중앙까지의 거리 10 m를 다시 곱하지 않는다.

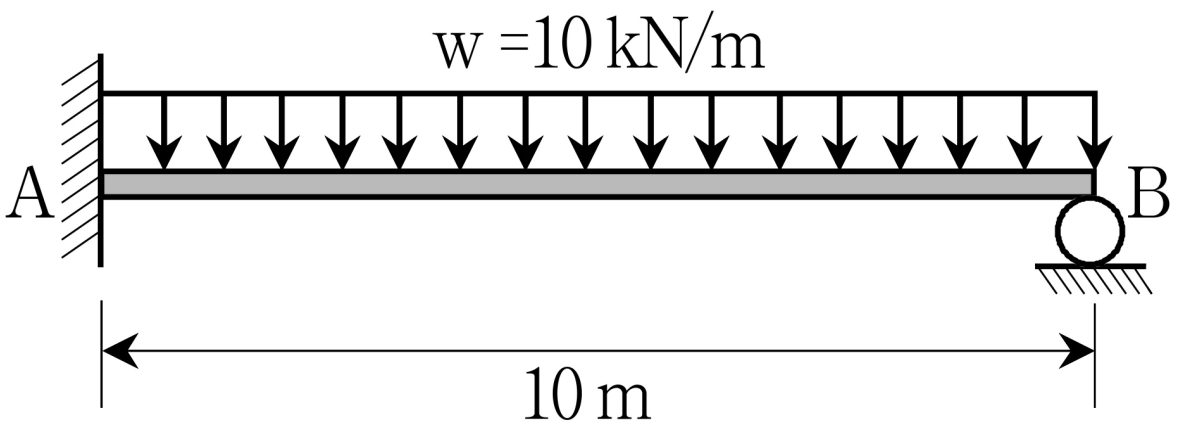
B의 반력: 두 반력을 우선 위쪽으로 가정한다. A에 대한 모멘트 평형을 적용하면 A의 반력은 모멘트를 만들지 않으므로 $\sum M_A = 20 - 10 + 10 + 20R_B = 0$이다. 따라서 $R_B = -\frac{20}{20} = -1\text{kN}$이다. 음수는 가정한 위쪽과 반대라는 뜻이므로, B의 반력은 **아래쪽 1 kN**이다.

A의 반력: 모멘트 하중 자체에는 수직 합력이 없고 자중도 무시하므로, 수직력 평형식은 $R_A + R_B = 0$이다. $R_B = -1\text{kN}$을 대입하면 $R_A = 1\text{kN}$이므로 A의 반력은 위쪽 1 kN이다. 이 보의 반력은 평형조건으로 결정되므로 휨강성 EI를 계산에 사용할 필요가 없다.

따라서 A의 반력은 1 kN(↑), B의 반력은 1 kN(↓)이며, ①의 값과 방향에 해당한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 부정정보에 등분포하중 w=10 kN/m가 작용할 때, 지점 A에 발생하는 휨모멘트 값[kN·m]은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하며, 자중은 무시한다)



① −125

② −135

③ −145

④ −155

정답 1번

간단한 해설

B점의 수직변위가 0이 되는 조건을 적용하면 B점 반력은 전체 하중의 3/8이다. 이에 따른 A점 휨모멘트는 $M_A = -\frac{wL^2}{8}$이며, **위쪽이 인장되는 음의 휨모멘트** −125 kN·m가 발생한다.

NoteBase

계산 과정

조건과 해석 방법: 그림은 A가 고정단, B가 이동지점인 길이 L = 10 m의 보이며, 전 구간에 w = 10 kN/m의 하향 등분포하중이 작용한다. B의 연직반력 R_B를 미지수로 두고 B 지점을 제거한 외팔보에 중첩법을 적용한다. 원래 보에서는 **B점의 수직변위가 0**이어야 하므로 이 변형 조건으로 반력을 구한다.

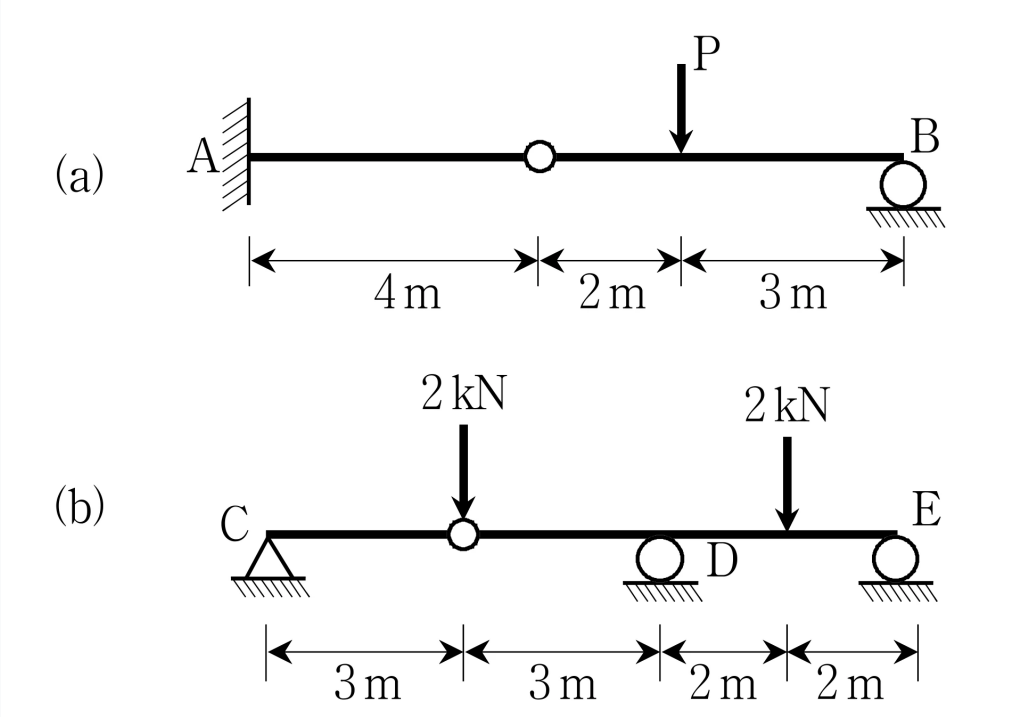
변형 적합조건: 휨강성 EI가 일정한 외팔보에서 전 구간 등분포하중에 의한 자유단의 하향 처짐은 $\delta_w = \frac{wL^4}{8EI}$이다. 자유단에 상향 집중력 R_B가 작용할 때의 상향 처짐은 $\delta_B = \frac{R_B L^3}{3EI}$이다. 두 처짐이 상쇄되어야 하므로 $\frac{wL^4}{8EI} = \frac{R_B L^3}{3EI}$가 성립한다.

B점 반력: 변형 적합조건을 정리하면 $R_B = \frac{3wL}{8}$이다. 따라서 $R_B = \frac{3 \times 10 \times 10}{8} = 37.5$ kN으로, 상향 반력이 작용한다. 이는 전체 등분포하중 100 kN 중 B 지점이 부담하는 힘이다.

A점 휨모멘트: 아래쪽이 인장되는 휨모멘트를 양(+)으로 정한다. A 단면에서 등분포하중은 음의 휨모멘트를, B의 상향 반력은 양의 휨모멘트를 만든다. 등분포하중의 합력은 100 kN이고 작용점은 A에서 5 m 떨어져 있으므로 $M_A = R_B L - \frac{wL^2}{2}$이다. 수치를 넣으면 $M_A = 37.5 \times 10 - 100 \times 5 = -125$ kN·m이다. **음의 부호는 A 부근에서 보의 위쪽이 인장됨**을 뜻하며, 이 값은 ①의 −125에 해당한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 2개의 게르버보에 하중이 각각 작용하고 있다. 그림 (a)에서 지점 A의 수직 반력(R_A)과 그림(b)에서 지점 D의 수직 반력(R_D)이 같기 위한 하중 P의 값[kN]은? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 4.5

② 5.5

③ 6.5

④ 7.5

정답 4번

간단한 해설

게르버보는 **내부 힌지의 모멘트가 0**인 조건으로 나누어 해석한다. 그림 (a)의 반력은 $R_A = \frac{3P}{5}$이고, 그림 (b)의 D점 반력은 4.5 kN이므로 두 반력이 같아지는 하중은 P = 7.5 kN이다.

NoteBase

계산 과정

평형 조건: 각 그림의 내부 힌지를 H라 하고, 수직 반력은 위쪽을 양으로 둔다. 보의 자중은 무시한다. **내부 힌지는 휨모멘트를 전달하지 않으므로** 힌지에서 보를 나누어 각 부분의 힘과 모멘트 평형을 적용할 수 있다. 아래 평형식에서는 힘을 kN, 거리를 m 단위로 대입한다.

그림 (a)의 A점 반력: H–B 구간의 길이는 2 + 3 = 5 m이며, 하중 P는 B에서 3 m 떨어져 있다. 이 구간에서 H가 받는 위쪽 힘을 V_H라 하면, B점에 대한 모멘트 평형으로 $5V_H = 3P$, 즉 $V_H = \frac{3P}{5}$이다. 이 힘은 길이 4 m인 A–H 구간에 반대 방향인 아래쪽으로 작용한다. A–H 구간에는 다른 수직 하중이 없으므로 $R_A = \frac{3P}{5}$이다.

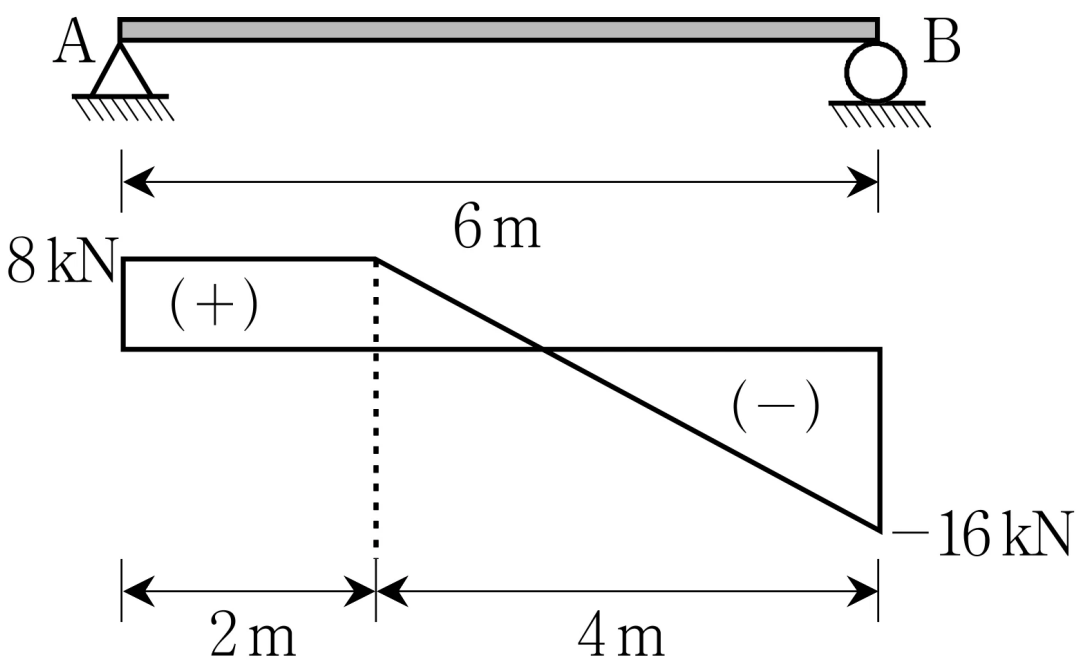
그림 (b)의 C점 반력: 길이 3 m인 C–H 구간을 떼어 H점에 대한 모멘트 평형을 적용한다. 힌지에 작용하는 2 kN 하중과 힌지력은 H점에 대한 모멘트가 모두 0이고, C점은 모멘트 반력을 갖지 않는 지점이다. 따라서 $3R_C = 0$이 되어 **C점 수직 반력은 0**이다.

그림 (b)의 D점 반력: 보 전체에 대해 E점의 모멘트 평형을 적용한다. E에서 D까지는 4 m, 힌지의 2 kN 하중까지는 7 m, 오른쪽 2 kN 하중까지는 2 m이다. C점 반력은 0이고 E점 반력은 모멘트를 만들지 않으므로 $4R_D = 2 \cdot 7 + 2 \cdot 2 = 18$이다. 따라서 $R_D = \frac{18}{4} = 4.5\text{kN}$이며 위쪽으로 작용한다.

반력 일치 조건: $R_A = R_D$를 적용하면 $\frac{3P}{5} = 4.5$이므로 $P = \frac{5}{3} \cdot 4.5 = 7.5\text{kN}$이다. 이는 ④의 7.5 kN과 일치한다.

NoteBase

문 20. 다음 그림은 단순보에 수직 등분포하중이 일부 구간에 작용했을 때의 전단력도이다. 이 단순보에 작용하는 등분포하중의 크기 [kN/m]는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하며, 자중은 무시한다)



① 4

② 6

③ 8

④ 12

정답 2번

간단한 해설

등분포하중의 크기는 **전단력도 기울기의 절댓값**이다. 하중이 작용하는 4 m 구간에서 전단력이 +8 kN에서 -16 kN으로 24 kN 감소하므로, 하중 강도는 $\frac{24}{4}$ = 6kN/m이다.

NoteBase

계산 과정

하중과 전단력의 관계: A에서 오른쪽으로 잰 거리를 x, 전단력을 V, 아래 방향 등분포하중의 크기를 w라 하자. 보의 미소 구간에 대한 수직력 평형에서 $\frac{dV}{dx} = -w$가 성립한다. 따라서 아래 방향 등분포하중이 작용하면 전단력도는 일정한 기울기로 감소하며, **기울기의 절댓값이 단위 길이당 하중의 크기**이다.

그림의 구간과 값: A에서 2 m까지는 전단력이 +8 kN으로 일정하므로 분포하중이 없다. 이후 B까지의 4 m 구간에서는 전단력이 +8 kN에서 -16 kN으로 직선적으로 감소하므로 등분포하중이 작용한다. 하중 강도를 구할 때 사용하는 길이는 전체 경간 6 m가 아니라 **전단력이 감소하는 구간의 길이 4 m**이다.

하중 강도 계산: 하중 구간의 전단력 변화는 $\Delta V = -16 - 8 = -24\text{kN}$이다. 감소량의 크기 24 kN은 이 4 m 구간에 작용하는 등분포하중의 합력이다. 따라서 $w = -\frac{\Delta V}{\Delta x} = \frac{24}{4} = 6\text{kN/m}$이다. 등분포하중의 크기 6 kN/m는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase