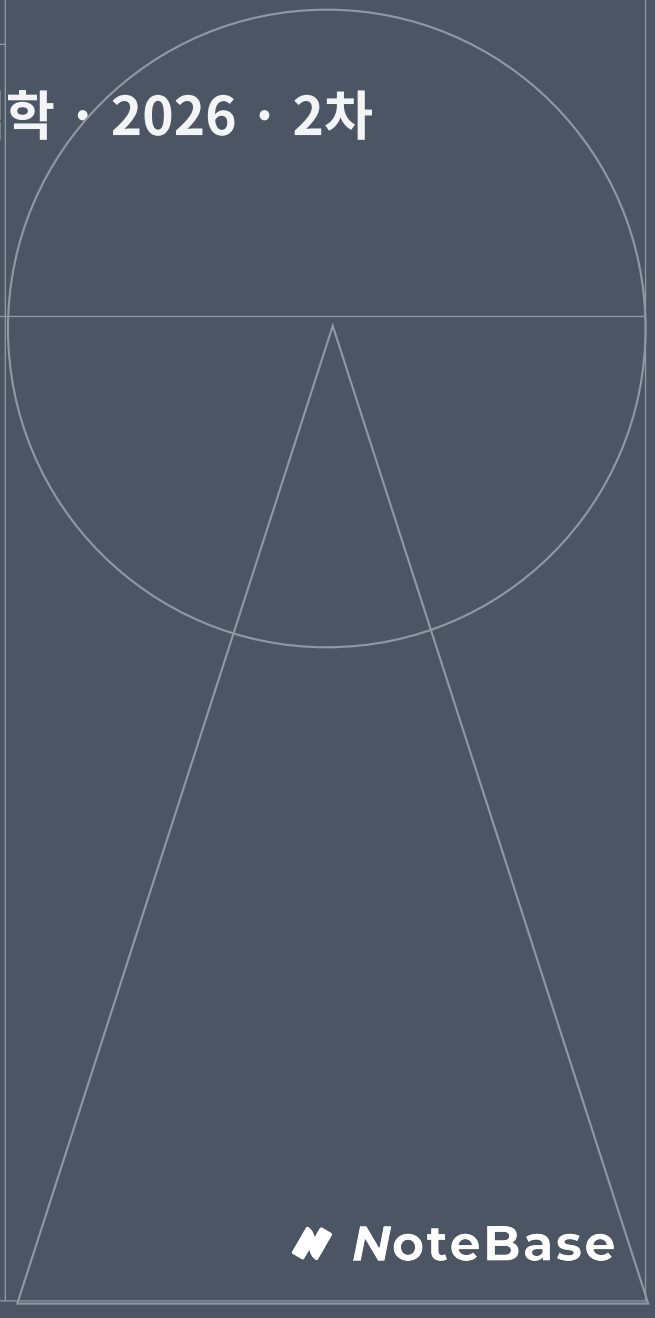
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2026 · 2차



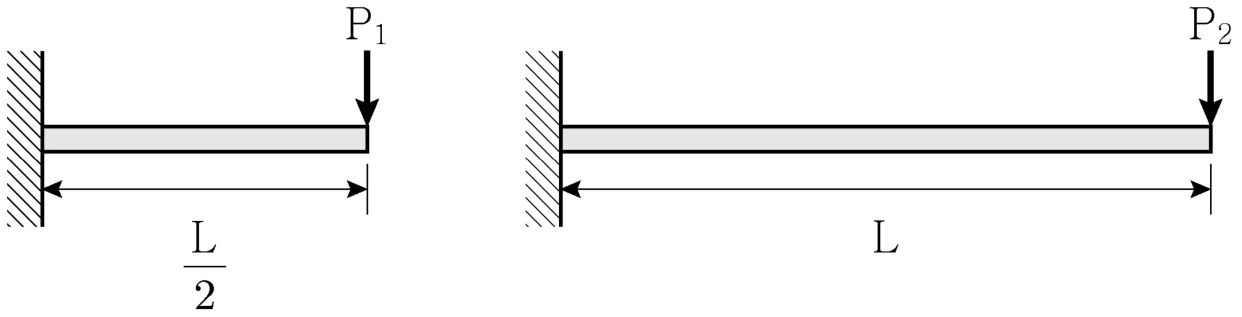
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2026 · 2차

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2026 · 2차

문 1. 그림과 같이 길이가 다른 캔틸레버보에서 자유단에서의 처짐이 같다고 할 때, $\frac{P_1}{P_2}$의 값은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{1}{8}$

② $\frac{1}{4}$

③ 4

④ 8

정답 4번

간단한 해설

자유단 집중하중을 받는 캔틸레버보의 처짐은 같은 휨강성에서 **하중과 보 길이의 세제곱에 비례**한다. 길이가 절반인 보에서 같은 처짐을 만들려면 하중이 8배 필요하므로 $\frac{P_1}{P_2} = 8$이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 처짐식: 그림에서 왼쪽 보는 길이가 $L/2$, 오른쪽 보는 길이가 L이며, 각각 자유단에 아래쪽 집중하중 P_1, P_2를 받는다. 두 보의 휨강성 EI는 같고 자중은 무시한다. 자유단 집중하중 P를 받는 길이 ℓ인 캔틸레버보의 자유단 처짐 크기는 $\delta = \frac{P\ell^3}{3EI}$이다. 따라서 **하중뿐 아니라 길이의 세제곱**을 함께 고려해야 한다.

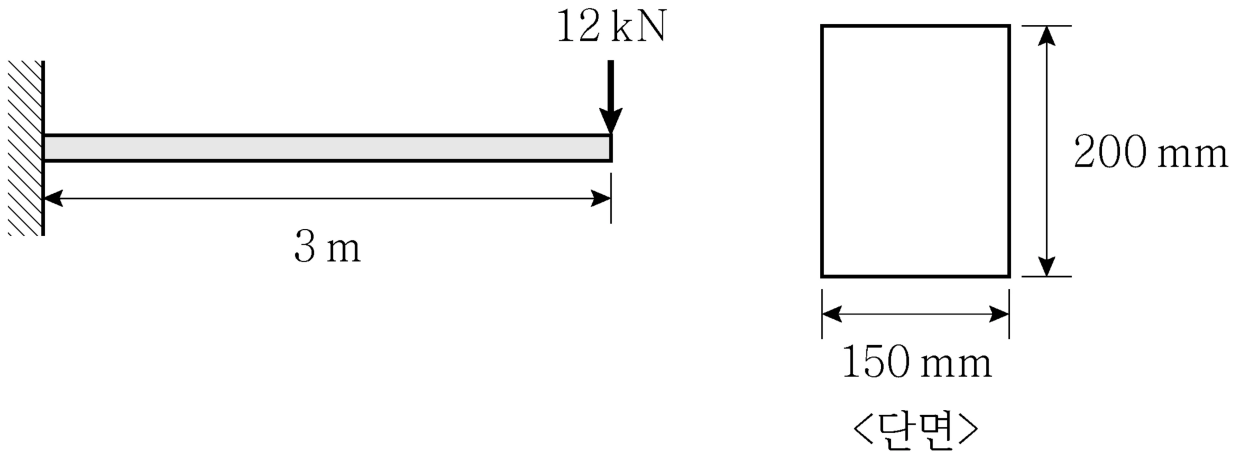
각 보의 처짐: 왼쪽 보의 처짐은 $\delta_1 = \frac{P_1(L/2)^3}{3EI} = \frac{P_1L^3}{24EI}$이고, 오른쪽 보의 처짐은 $\delta_2 = \frac{P_2L^3}{3EI}$이다. 같은 하중이라면 길이가 절반인 왼쪽 보의 처짐은 오른쪽 보의 1/8이 된다.

같은 처짐 조건: $\delta_1 = \delta_2$이므로 $\frac{P_1L^3}{24EI} = \frac{P_2L^3}{3EI}$이다. 공통인 휨강성과 길이 항을 약분하면 $P_1 = 8P_2$를 얻는다. 짧은 보가 덜 처지는 만큼 **짧은 보에 더 큰 하중**을 가해야 두 처짐이 같아진다.

하중비: $\frac{P_1}{P_2} = 8$이다. 같은 단위의 두 하중을 나눈 비이므로 단위가 없으며, 선택지 ④의 8과 일치한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 단면을 가지는 캔틸레버보에서 발생하는 최대 휨응력 [MPa]은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① 24

② 30

③ 36

④ 48

정답 3번

간단한 해설

자유단 집중하중을 받는 캔틸레버보는 **고정단에서 휨모멘트가 최대**이며, 그 크기는 36 kN·m이다. 직사각형 단면의 폭 150 mm, 높이 200 mm를 적용하면 최대 휨응력은 36 MPa이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 자유단 집중하중 P = 12 kN, 보의 길이 L = 3 m이며, 직사각형 단면의 폭 b = 150 mm, 높이 h = 200 mm이다. 자중을 무시하므로 주어진 집중하중만 고려한다.

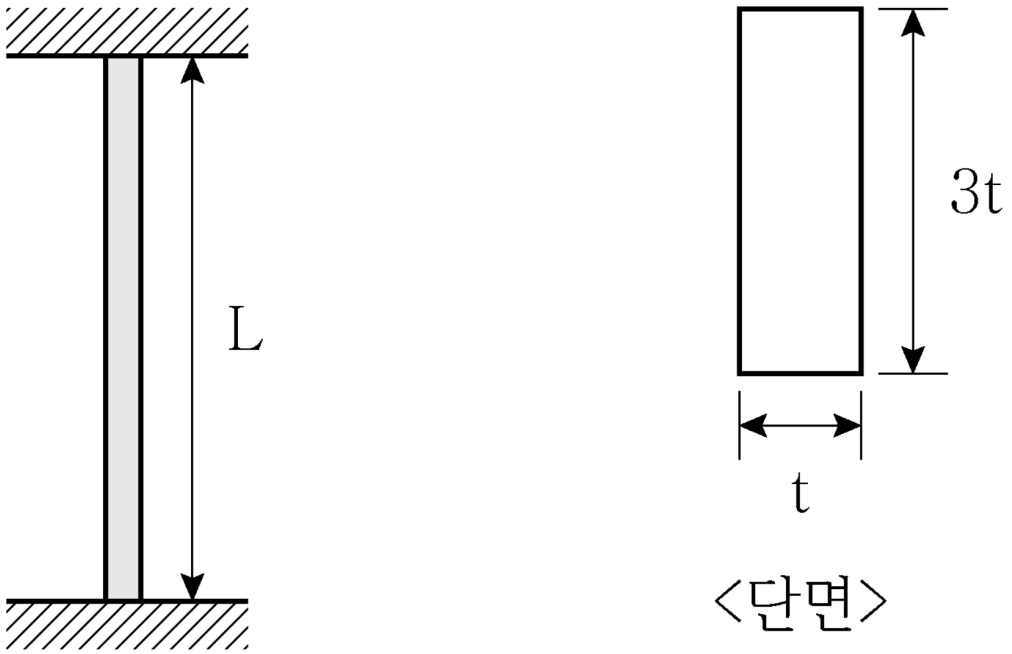
1. 최대 휨모멘트: 임의 단면의 휨모멘트 크기는 집중하중에 그 단면에서 자유단까지의 거리를 곱한 값이다. 따라서 하중까지의 거리가 가장 긴 **고정단에서 최대**가 된다. $M_{\max} = PL$이므로 $12 \times 3 = 36$ kN·m이며, 응력 계산을 위해 바꾸면 $M_{\max} = 36 \times 10^6$ N·mm이다.

2. 단면의 휨 저항: 수직하중에 의한 휨이므로 단면 도심을 지나는 수평축에 대한 단면2차모멘트를 사용한다. 직사각형에서 $I = \frac{bh^3}{12}$이며, **높이 200 mm를 세제곱**한다. 이를 대입하면 $I = \frac{150 \cdot 200^3}{12} = 10^8 \text{mm}^4$이다. 중립축은 단면 높이의 중앙을 지나므로, 중립축에서 위·아래 가장자리까지의 거리는 $c = \frac{h}{2} = 100\text{mm}$이다.

3. 최대 휨응력: 휨응력의 크기는 $|\sigma| = \frac{|M|y}{I}$로 구한다. 여기서 y는 중립축으로부터의 거리이므로, 최대 휨모멘트가 작용하는 고정단의 위·아래 가장자리에서 응력의 크기가 최대가 된다. 따라서 $\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}c}{I}$에 값을 대입하면 $\sigma_{\max} = \frac{36 \times 10^6 \cdot 100}{10^8} = 36\text{N/mm}^2$이다. 1 N/mm^2 = 1 MPa이므로 최대 휨응력은 36 MPa이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같은 단면을 가지는 길이가 L이고 양단 고정단인 기둥의 임계좌굴하중 P_{cr}은? (단, 기둥 재료의 탄성계수는 E이고, 자중은 무시한다)



① $\frac{\pi^2 E \cdot t^4}{4L^2}$
② $\frac{\pi^2 E \cdot t^4}{L^2}$
③ $\frac{9\pi^2 E \cdot t^4}{4L^2}$
④ $\frac{9\pi^2 E \cdot t^4}{L^2}$

정답 2번

간단한 해설

양단 고정 기둥의 **유효길이는 실제 길이의 절반**이며, 좌굴은 단면2차모멘트가 작은 축을 기준으로 발생한다. 이 단면의 최소 단면2차모멘트는 $I_{\min} = \frac{t^4}{4}$이므로 임계좌굴하중은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 E \cdot t^4}{L^2}$이다.

NoteBase

계산 과정

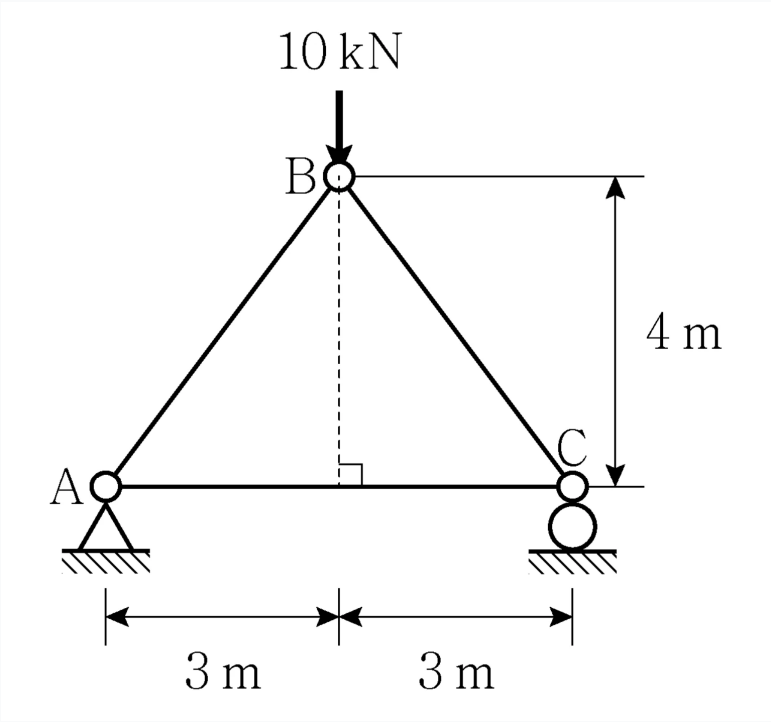
1. 경계조건과 유효길이: 탄성좌굴하중은 오일러 식 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$으로 구한다. 여기서 E는 탄성계수, I는 좌굴축에 대한 단면2차모멘트, L_e는 유효길이이다. 그림처럼 **양단이 고정**되면 두 끝의 횡변위와 회전이 구속되어 유효길이계수는 K = 0.5이고, $L_e = KL = \frac{L}{2}$이다.

2. 최소 단면2차모멘트: 그림의 직사각형 단면은 가로 t, 세로 3t이다. 직사각형의 도심축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이며, h는 해당 축에 수직인 방향의 치수이다. 따라서 수평 도심축에 대해서는 $I_x = \frac{t \cdot (3t)^3}{12} = \frac{9t^4}{4}$, 수직 도심축에 대해서는 $I_y = \frac{3t \cdot t^3}{12} = \frac{t^4}{4}$이다. 같은 지지조건에서는 **단면2차모멘트가 작은 축**에 대한 좌굴하중이 더 작으므로, 먼저 좌굴하는 축의 값 $I_{\min} = \frac{t^4}{4}$을 사용한다.

3. 임계좌굴하중: 유효길이 $L_e = \frac{L}{2}$를 오일러 식에 넣으면 $P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI_{\min}}{L^2}$이다. 여기에 $I_{\min} = \frac{t^4}{4}$을 대입하면 $P_{cr} = \frac{\pi^2 E \cdot t^4}{L^2}$이며, 이는 ②의 식과 일치한다. E를 N/m^2, L과 t를 m로 넣으면 하중의 단위는 N이다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 트러스에서 부재 AB의 부재력[kN]은? (단, 트러스의 자중은 무시한다)



① 4.25(압축)

② 4.25(인장)

③ 6.25(압축)

④ 6.25(인장)

정답 3번

간단한 해설

B절점의 10 kN 하중을 좌우 경사 부재가 대칭으로 지지하므로 AB의 수직성분은 5 kN이다. 이 성분은 부재력의 4/5이므로 AB에는 **6.25 kN의 압축력**이 작용한다.

NoteBase

계산 과정

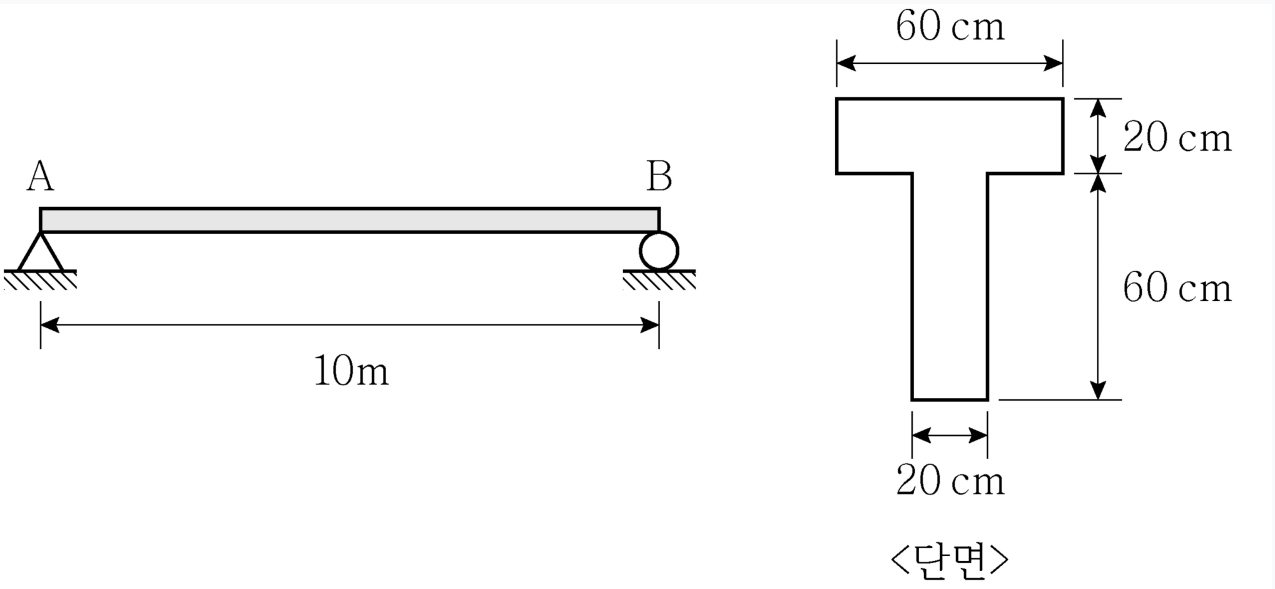
부재의 경사: AB의 수평거리는 3 m, 높이는 4 m이므로 길이는 $L_{AB} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\text{m}$이다. AB가 수평선과 이루는 각을 θ라 하면 $\sin\theta = \frac{4}{5}$, $\cos\theta = \frac{3}{5}$이다. BC도 같은 경사를 가진다.

B절점의 평형: 자중을 무시하는 트러스의 각 부재는 축방향 힘만 전달한다. B절점에 작용하는 외력은 아래쪽 10 kN뿐이므로, 이를 지지하는 AB와 BC의 힘은 B를 향해 밀어 올리는 **압축력**이다. 두 압축력의 크기를 각각 C_{AB}, C_{BC}라 두면 수평방향 평형은 $-\frac{3}{5}C_{AB} + \frac{3}{5}C_{BC} = 0$이다. 따라서 $C_{AB} = C_{BC} = C$로 둘 수 있다.

부재력 계산: 두 부재의 수직성분이 10 kN을 함께 지지하므로 $2C \cdot \frac{4}{5} = 10$이다. 즉, **각 부재의 수직성분은 5 kN**이며, 축방향 부재력은 $C = 5 \cdot \frac{5}{4} = 6.25\text{kN}$이다. 따라서 AB의 부재력은 6.25 kN의 압축력으로, ③의 6.25(압축)에 해당한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 단면을 가지는 단순보 AB에서 자중에 의한 지점 A의 수직 반력 [kN]은? (단, 보 재료의 단위중량 γ = 20 kN/m^{3}이다)



① 10

② 12

③ 18

④ 24

정답 4번

간단한 해설

단면적 0.24 m^{2}에 단위중량을 곱하면 자중은 4.8 kN/m이고, 길이 10 m인 보의 전체 자중은 48 kN이다. 자중이 보 전체에 균일하게 작용하므로 A의 수직 반력은 **전체 자중의 절반인 24 kN**이다.

NoteBase

계산 과정

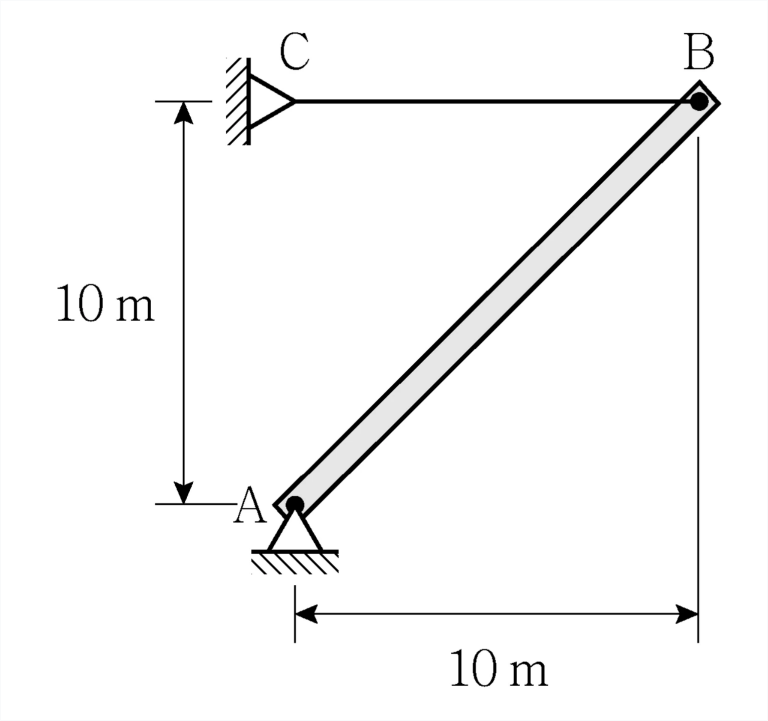
단면적: 위쪽 플랜지는 폭 60 cm, 두께 20 cm이고, 그 아래 복부는 폭 20 cm, 높이 60 cm이다. **서로 겹치지 않는 두 직사각형**의 면적을 더한다. 단위중량이 kN/m^{3}이므로 치수를 m로 바꾸면 단면적은 $A = 0.6 \times 0.2 + 0.2 \times 0.6 = 0.24\text{m}^2$이다.

자중: 단면과 재료의 단위중량이 길이 방향으로 일정하므로 자중은 등분포하중이다. 단위 길이당 체적이 단면적 A이므로 하중강도는 $w = \gamma A$이며, w = 20 × 0.24 = 4.8 kN/m이다. 보 길이가 L = 10 m이므로 전체 자중은 $W = wL$에 따라 W = 4.8 × 10 = 48 kN이다.

A의 수직 반력: 등분포 자중의 합력 48 kN은 **보의 중앙**에 아래로 작용하며, B에서 합력까지의 거리는 5 m이다. A의 위쪽 수직 반력을 R_A라 하고 B에 대한 모멘트 평형을 적용하면 $R_A \times 10 = 48 \times 5$이다. 따라서 $R_A = \frac{48 \times 5}{10} = 24\text{kN}$으로, ④의 24 kN에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 무게 10 kN인 균일단면 강체 AB가 케이블 BC에 연결되어 있을 때, 케이블 BC에 작용하는 인장력 [kN]은?



① 5

② 7

③ 10

④ 15

정답 1번

간단한 해설

균일단면 강체의 무게는 **AB의 중점**에 작용하므로 A점에 대한 무게의 모멘트팔은 5 m이고, 수평 케이블 장력의 모멘트팔은 10 m이다. 두 모멘트가 평형을 이루므로 케이블 인장력은 5 kN이다.

NoteBase

계산 과정

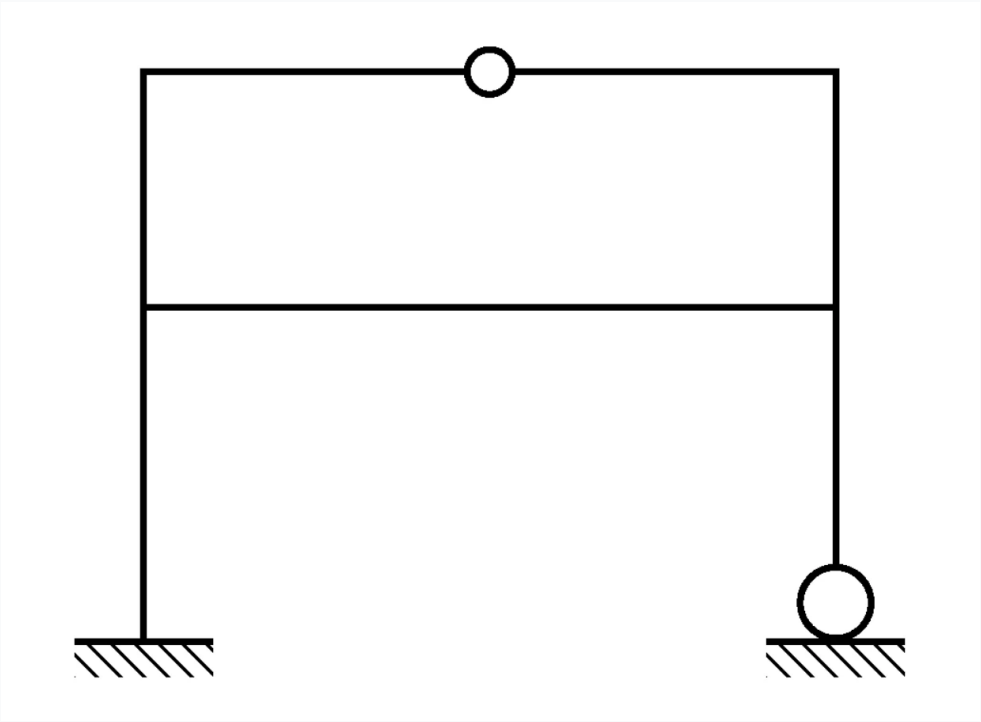
하중과 작용 방향: 강체 AB의 무게 10 kN은 **AB의 중점에서 수직 아래로** 작용한다. 그림에서 A와 B의 수평거리가 10 m이므로 A에서 무게의 작용선까지 수평거리는 10/2 = 5m이다. 케이블 BC는 수평이므로 장력 T는 B에서 C를 향해 왼쪽으로 작용한다.

A점에 대한 모멘트 평형: 모멘트팔은 기준점에서 **힘의 작용선까지의 수직거리**이다. 무게는 수직력이므로 모멘트팔이 수평거리 5 m이고, 장력은 수평력이므로 모멘트팔이 높이 10 m이다. A점의 지점반력은 A를 지나므로 A점에 대한 모멘트가 0이다. 반시계방향을 양으로 두면 $\sum M_A = 10T - 10 \cdot 5 = 0$이다. 이때 각 모멘트의 단위는 kN·m이다.

인장력 계산: 무게가 만드는 시계방향 모멘트 50 kN·m를 장력의 반시계방향 모멘트가 상쇄해야 한다. 따라서 $T = \frac{10 \cdot 5}{10} = 5$kN이며, 이는 ①의 5 kN에 해당한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같은 라멘 구조물의 부정정 차수는?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

간단한 해설

왼쪽 고정단과 오른쪽 이동단의 반력은 총 4개이며, 상부 보의 **내부힌지에서 모멘트가 0**이 되는 조건이 하나 추가된다. 부재 수와 절점 수를 함께 반영하면 **3차 부정정**이다.

NoteBase

계산 과정

부정정 차수는 구조물의 반력과 부재력을 구할 때 평형조건 외에 더 필요한 독립 조건의 수이다. 안정한 평면 라멘에서 부재 수를 m, 절점 수를 j, 반력 성분 수를 r, 두 부재를 연결하는 내부힌지 수를 h라 하면 부정정 차수는 $D = 3m + r - 3j - h$로 계산한다. 평면의 각 절점에는 수평력·수직력·모멘트에 대한 세 평형조건이 있다.

반력 성분 수: 왼쪽 아래는 고정단이므로 수평반력·수직반력·반력모멘트의 3개가 있다. 오른쪽 아래는 수평 지면 위의 **이동단**이므로 수직반력 1개만 있다. 따라서 r = 3 + 1 = 4이다.

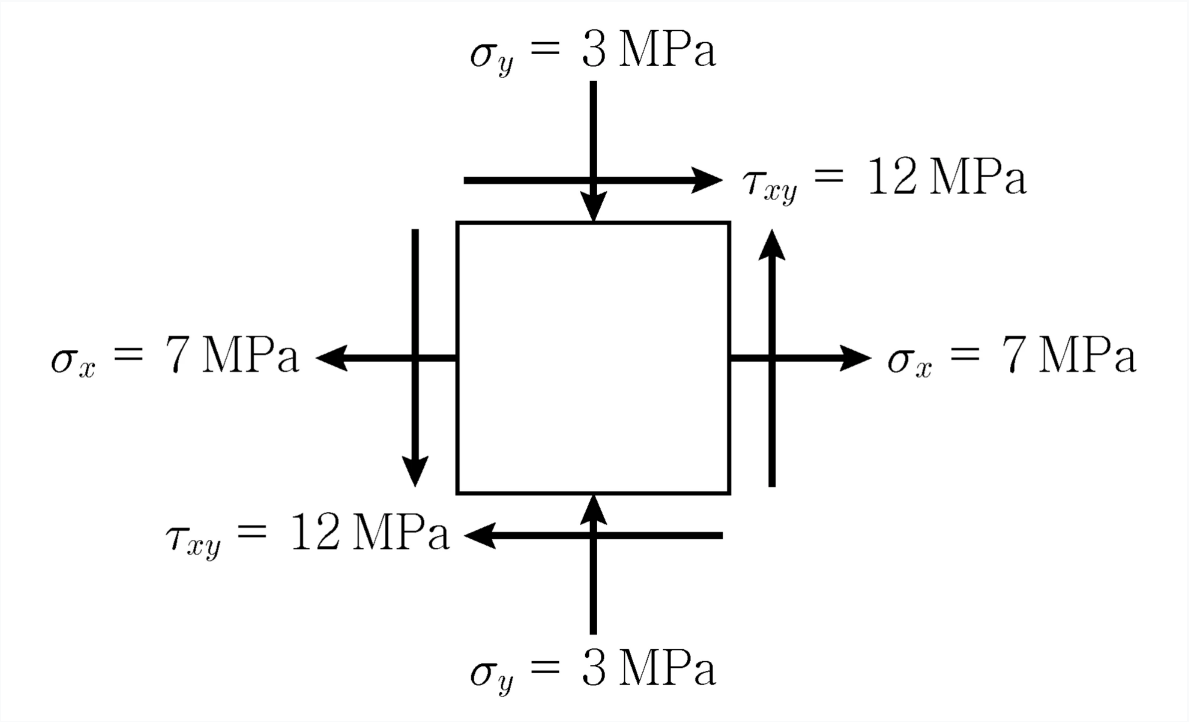
부재와 절점 수: 부재는 절점 사이의 구간으로 센다. 좌우 기둥은 중간 보와 만나는 곳에서 각각 둘로 나뉘어 4개, 중간 보는 1개, 상부 보는 내부힌지에서 둘로 나뉘어 2개이므로 m = 7이다. 절점은 아래 지점 2개, 중간 보와 기둥의 접합점 2개, 상부 모서리 2개, 상부 내부힌지 1개이므로 j = 7이다.

내부힌지 조건: 상부 보 중앙의 원은 두 부재를 연결하는 내부힌지이다. 이곳에서는 **모멘트를 전달하지 않으므로** 모멘트가 0이라는 독립 조건이 하나 생긴다. 따라서 h = 1로 두어 부정정 차수에서 1을 뺀다. 오른쪽 아래의 이동단은 이미 반력 수에 반영했으므로 내부힌지로 다시 세지 않는다.

계산하면 $D = 3 \cdot 7 + 4 - 3 \cdot 7 - 1 = 3$이다. 부정정 차수는 단위가 없는 수이며, 3차 부정정이므로 ③의 3에 해당한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 평면응력상태에서 최대 면내 전단응력[MPa]은?



① 12

② 13

③ 15

④ 18

정답 2번

간단한 해설

최대 면내 전단응력은 **모어원의 반지름**이다. 수평방향의 인장응력 7 MPa와 수직방향의 압축응력 3 MPa를 서로 반대 부호로 대입하면 13 MPa이다.

NoteBase

계산 과정

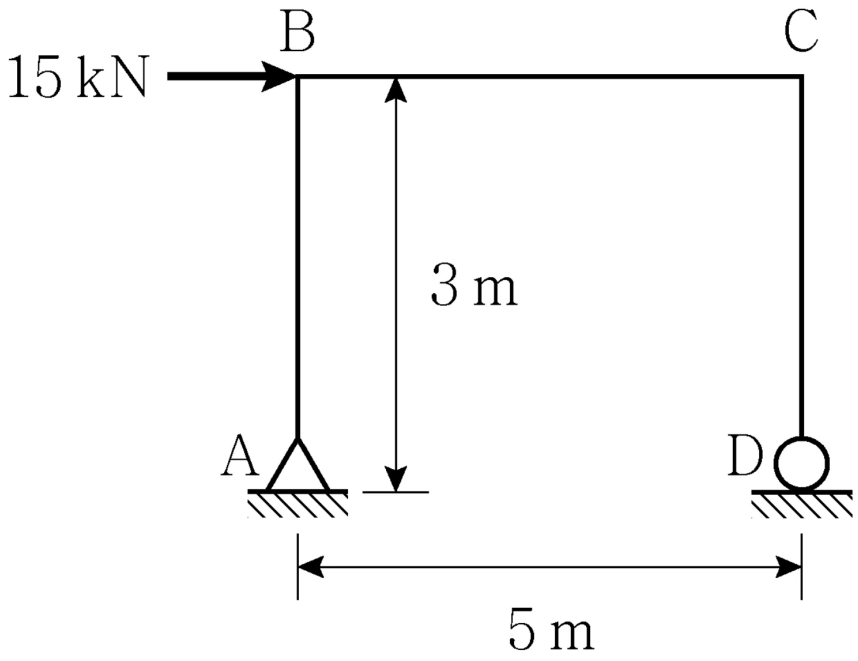
그림에서 수평방향의 수직응력은 요소 바깥쪽으로 작용하므로 인장이고, 수직방향의 수직응력은 요소 안쪽으로 작용하므로 압축이다. **인장을 양(+), 압축을 음(−)**으로 두면 $\sigma_x = 7\text{MPa}$, $\sigma_y = -3\text{MPa}$이다. 전단응력은 $\tau_{xy} = 12\text{MPa}$이다.

평면응력상태에서 면의 방향이 바뀔 때 수직응력과 전단응력의 관계는 모어원으로 나타낸다. 전단응력의 최대 절댓값은 원의 세로방향 최대 높이인 **반지름 R**이므로, $\tau_{\max} = R$이다. 반지름은 $R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$로 구한다.

두 수직응력 차이의 절반은 $\frac{7-(-3)}{2} = 5\text{MPa}$이다. 이는 모어원 중심에서 주어진 응력점까지의 가로방향 거리이다. 이 거리와 세로방향 거리 12 MPa를 이용하면 $R = \sqrt{5^2 + 12^2} = 13\text{MPa}$이다. 따라서 최대 면내 전단응력은 13 MPa이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 라멘 구조물의 B점에 수평하중이 15 kN 작용할 때, B점의 휨모멘트 [kN · m]는? (단, 라멘의 자중은 무시한다)



① 5

② 15

③ 30

④ 45

정답 4번

간단한 해설

D점은 수평반력이 없는 이동지점이므로, 수평하중 15 kN은 A점의 수평반력으로 지지된다. 이 반력의 B점에 대한 **수직거리는 3 m**이므로 B점 휨모멘트의 크기는 15 × 3 = 45 kN · m이다.

NoteBase

계산 과정

구조와 조건: A점은 회전지점, D점은 수평면 위의 이동지점이다. A점에는 수평·수직반력이 작용하지만 지점모멘트는 없고, **D점에는 수직반력만 작용한다**. 기둥 AB의 높이는 3 m이며, 라멘의 자중은 무시한다.

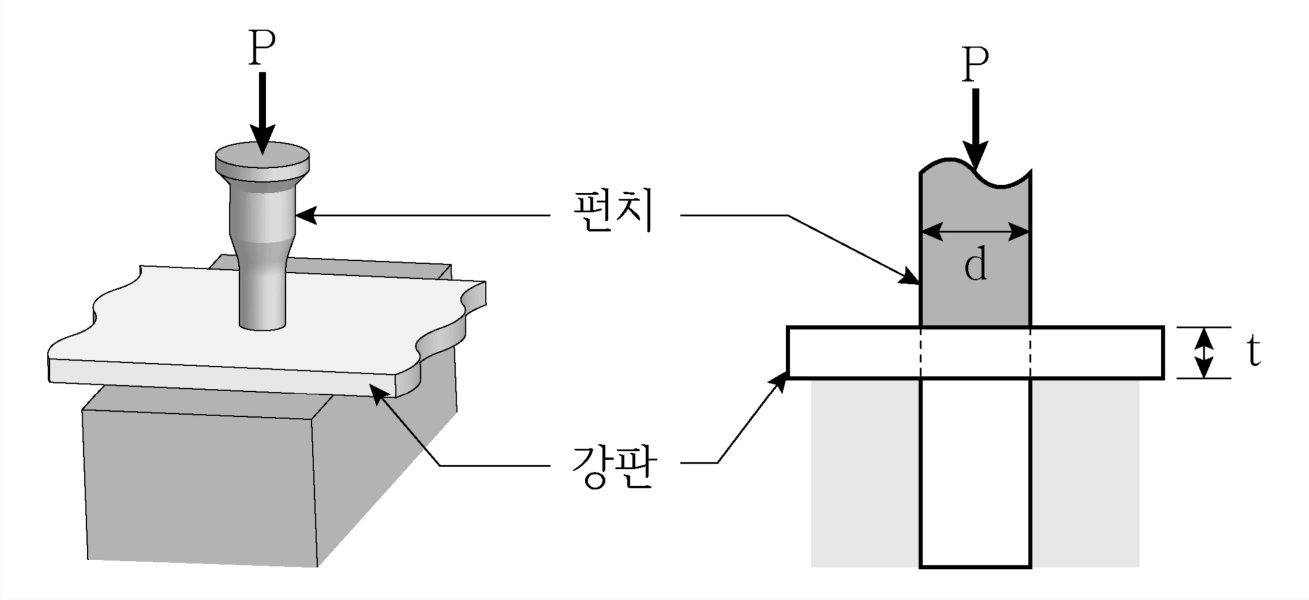
수평반력: A점 수평반력의 크기를 H_A라 하면, 전체 구조물의 수평방향 힘의 평형에서 $H_A = 15\,\text{kN}$이다. 이 반력은 B점의 오른쪽 방향 하중과 반대인 왼쪽으로 작용한다.

B점의 휨모멘트: B점 바로 아래에서 기둥 AB를 절단하여 아래쪽 부분의 평형을 고려한다. A점의 수직반력은 작용선이 B점을 지나므로 B점에 대한 모멘트가 없다. 수평반력의 작용선과 B점 사이의 **수직거리가 기둥 높이 3 m**이므로, B점의 내부 휨모멘트가 이 반력의 모멘트와 평형을 이룬다. 따라서 $|M_B| = H_A \cdot 3 = 15 \cdot 3 = 45\,\text{kN}\cdot\text{m}$이다.

B점 휨모멘트의 크기 45 kN · m는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 직경 d인 펀치가 두께 t의 강판에 구멍을 뚫을 때, 강판의 평균 전단응력과 펀치의 평균 압축응력은?



① 강판의 평균 전단응력: $\frac{P}{\pi dt}$, 펀치의 평균 압축응력: $\frac{4P}{\pi d^2}$
② 강판의 평균 전단응력: $\frac{4P}{\pi dt}$, 펀치의 평균 압축응력: $\frac{4P}{\pi d^2}$
③ 강판의 평균 전단응력: $\frac{P}{\pi dt}$, 펀치의 평균 압축응력: $\frac{8P}{\pi d^2}$
④ 강판의 평균 전단응력: $\frac{4P}{\pi dt}$, 펀치의 평균 압축응력: $\frac{8P}{\pi d^2}$

정답 1번

간단한 해설

강판은 구멍 둘레를 따라 잘리므로 **전단면은 원통의 옆면**이고, 펀치의 **압축 단면은 원**이다. 따라서 강판의 평균 전단응력은 $\frac{P}{\pi dt}$, 펀치의 평균 압축응력은 $\frac{4P}{\pi d^2}$이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 P는 펀치를 누르는 하중, d는 펀치의 직경, t는 강판의 두께이다. 평균 응력은 해당 면이 전달하는 힘을 그 면적으로 나누어 구하며, 여기서는 전단응력과 압축응력의 크기를 계산한다.

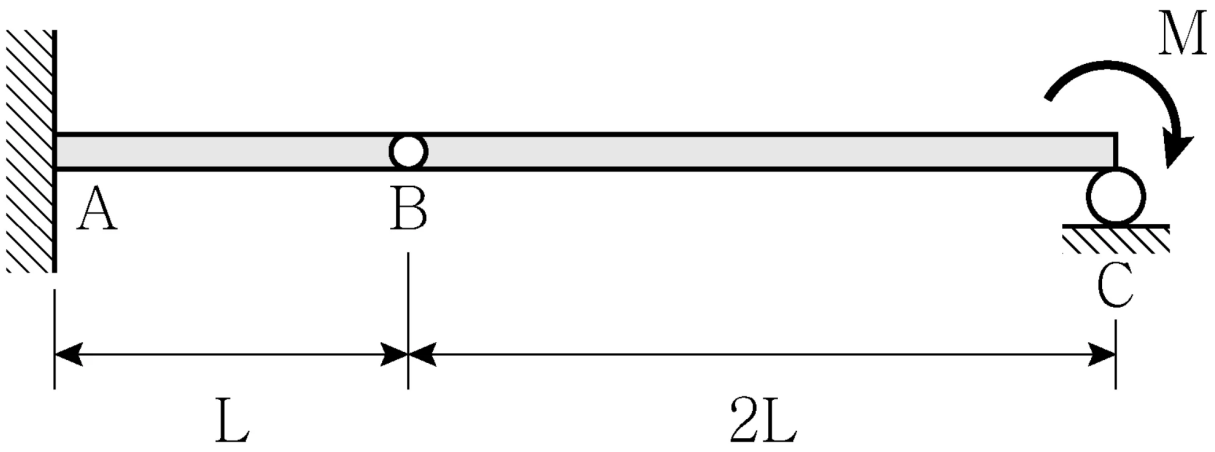
강판의 평균 전단응력: 구멍이 뚫릴 때 강판은 펀치의 원주를 따라 두께 t만큼 잘린다. 따라서 **전단면적은 구멍 둘레와 강판 두께의 곱**으로, $A_s = \pi d t$이다. 이 원통 옆면이 하중 P를 전달하므로 $\tau_{\text{avg}} = \frac{P}{A_s} = \frac{P}{\pi d t}$이다.

펀치의 평균 압축응력: 하중 P는 펀치의 축 방향으로 작용하므로 **하중에 수직인 원형 단면**을 사용한다. 반지름이 $d/2$이므로 단면적은 $A_c = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{\pi d^2}{4}$이고, 평균 압축응력은 $\sigma_{\text{avg}} = \frac{P}{A_c} = \frac{4P}{\pi d^2}$이다.

강판의 평균 전단응력 $\frac{P}{\pi d t}$와 펀치의 평균 압축응력 $\frac{4P}{\pi d^2}$의 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 게르버보에서 C 지점의 처짐각[rad]은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{ML}{EI}$
② $\frac{ML}{4EI}$
③ $\frac{ML}{2EI}$
④ $\frac{3ML}{4EI}$

정답 4번

간단한 해설

B는 내부 힌지이므로 모멘트는 전달하지 않지만 **수직변위가 0인 지점은 아니다.** B의 상승에 따른 BC의 회전까지 반영하면 C의 처짐각은 시계방향이며, 크기는 $\frac{3ML}{4EI}$ rad이다.

NoteBase

계산 과정

1. 힌지력 구하기: A는 고정단, B는 내부 힌지, C는 롤러지점이며 AB = L, BC = 2L이다. B는 **휨모멘트를 전달하지 않으므로** BC만 분리하여 평형을 적용한다. C의 상향 반력을 R_C라 하면 B에 대한 모멘트 평형은 $R_C \cdot 2L - M = 0$이다. 따라서 $R_C = \frac{M}{2L}$이고, BC에는 B에서 같은 크기의 하향력이 작용한다. 작용·반작용에 따라 AB의 끝 B에는 상향력 $P = \frac{M}{2L}$가 작용한다.

2. B의 수직변위: AB는 길이 L인 외팔보이고 끝 B에 상향력 P를 받는다. EI가 일정하므로 외팔보 끝의 처짐식으로 B의 상승량은 $\delta_B = \frac{PL^3}{3EI}$이다. P를 대입하면 $\delta_B = \frac{ML^2}{6EI}$이다. 이 값은 **BC의 왼쪽 끝도 함께 상승하는 양**이며, C의 수직변위는 0이다.

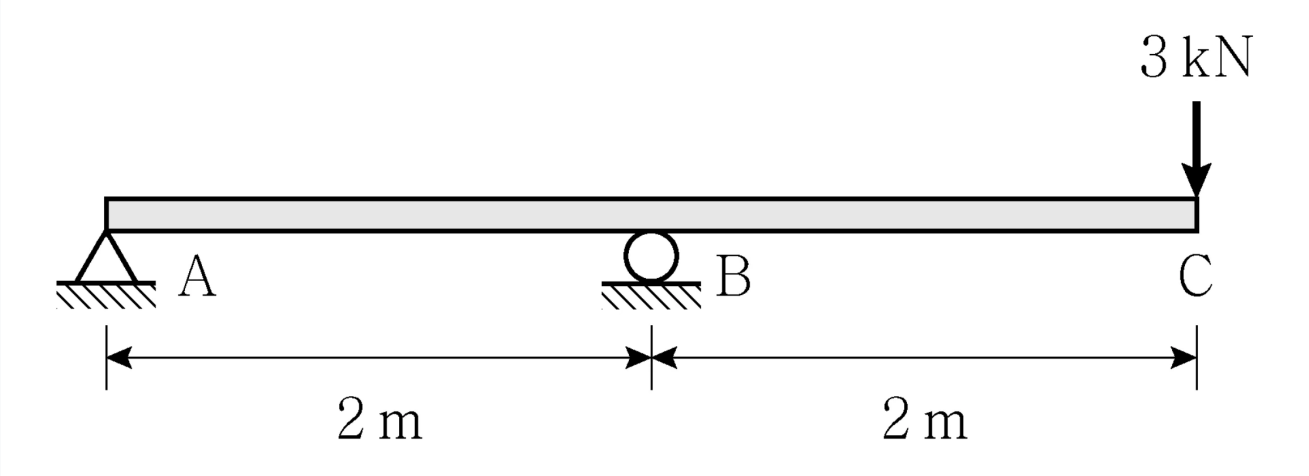
3. BC의 곡률식 적분: B에서 C로 향하는 좌표를 x, 위쪽을 양으로 하는 처짐을 v(x)라 한다. 이때 처짐각의 양의 방향은 반시계방향이다. BC의 휨모멘트를 $M_b(x)$라 하면, B의 하향력 때문에 $M_b(x) = -\frac{Mx}{2L}$이다. 보의 곡률 관계 $EIv''(x) = M_b(x)$를 두 번 적분하고 $v(0) = \delta_B$를 적용하면 $v(x) = \delta_B + C_1 x - \frac{Mx^3}{12LEI}$이다. 여기서 C_1은 BC 쪽 B단의 처짐각이다. 내부 힌지에서는 양쪽 보의 처짐각이 같을 필요가 없다.

4. C의 경계조건 적용: C는 수직으로 움직이지 않으므로 $v(2L) = 0$이다. 이를 적분식에 대입하면 $C_1 = \frac{ML}{3EI} - \frac{\delta_B}{2L}$이다. 처짐식을 미분하여 x = 2L에서 계산하면 $\theta_C = -\frac{2ML}{3EI} - \frac{\delta_B}{2L}$이다. 첫 항은 BC 자체의 휨에 따른 회전이고, 둘째 항은 **B의 상승으로 BC를 잇는 현이 시계방향으로 기울어지는 효과**이다.

5. 처짐각 계산: B의 상승량으로부터 $\frac{\delta_B}{2L} = \frac{ML}{12EI}$이다. 따라서 두 시계방향 회전량을 합하면 $\theta_C = -\frac{3ML}{4EI}$이다. 음의 부호는 시계방향을 뜻하므로 처짐각의 크기는 $\frac{3ML}{4EI}$ rad이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 내민보에서 C점의 수직처짐[kN · m^3/EI]은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① 2

② 4

③ 8

④ 16

정답 4번

간단한 해설

B점은 수직처짐이 0이어도 **회전은 가능**하므로, C점 처짐에는 B점의 회전에 따른 변위와 BC 구간 자체의 휨변형이 모두 포함된다. 두 성분을 합하면 아래쪽으로 16kN · m^3/*EI*이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 반력: AB의 길이를 L = 2 m, BC의 길이를 a = 2 m, C점의 하향 집중하중을 P = 3 kN으로 둔다. 휨강성 EI는 일정하고 자중은 무시한다. 위쪽 반력을 양으로 두면 A점에 대한 모멘트 평형에서 $R_B L = P(L + a)$이므로 B점 반력은 위쪽 6 kN이다. 수직력 평형에 따라 A점 반력은 아래쪽 3 kN이다.

B점의 회전: A에서 오른쪽으로 잰 거리를 x, 위쪽을 양으로 한 처짐을 v로 두면 AB 구간의 휨모멘트는 $M(x) = -Pax/L$이다. 보의 곡률 관계 $EIv''(x) = M(x)$를 적분하고 지점 조건 $v(0) = v(L) = 0$을 적용하면 $EIv(x) = -\frac{Pax^3}{6L} + \frac{PaLx}{6}$이다. 따라서 $\theta_B = v'(L) = -\frac{PaL}{3EI}$로, B점은 시계방향으로 회전한다. B점의 수직처짐이 0이라는 조건은 **회전각이 0이라는 뜻이 아니다**.

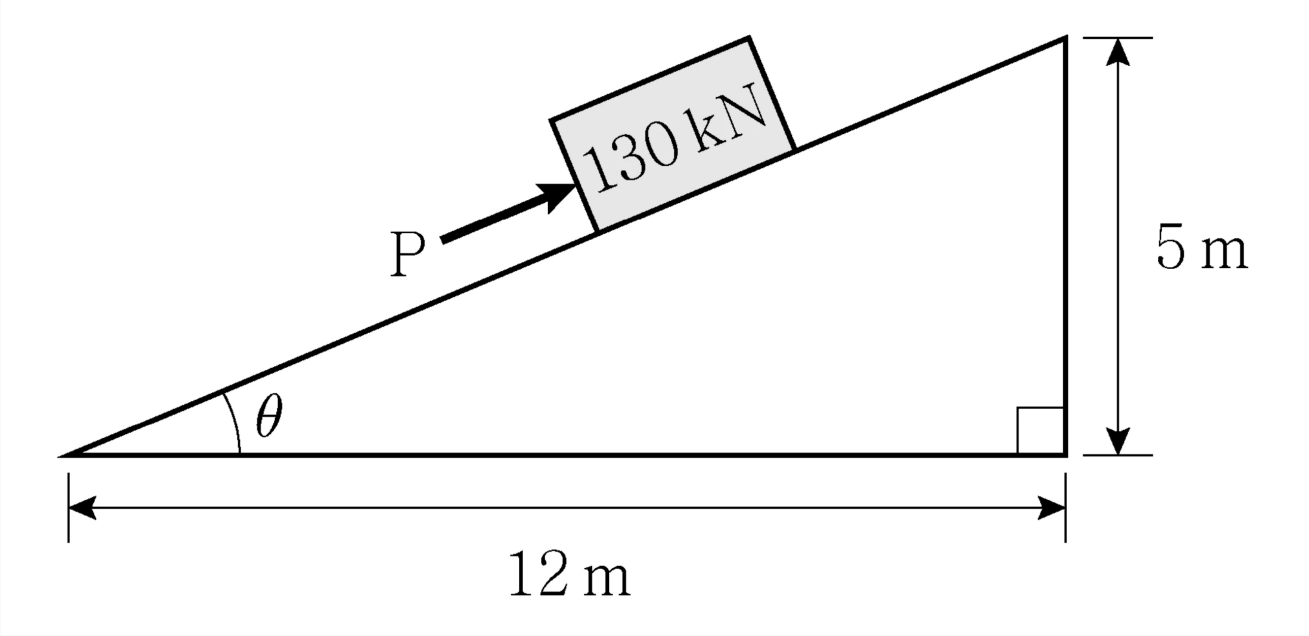
회전에 따른 C점 변위: B점 접선을 C점까지 연장하면, 회전만으로 생기는 C점의 하향 변위 크기는 $\delta_1 = |\theta_B| a = \frac{Pa^2 L}{3EI}$이다. 수치를 대입하면 $\delta_1 = \frac{3 \cdot 2^2 \cdot 2}{3EI} = \frac{8}{EI}$이며, 분자의 단위는 $\mathrm{kN \cdot m^3}$이다.

BC 구간의 휨변형: C점은 B점 접선보다도 아래로 처진다. 이 **B점 접선에 대한 상대처짐**은 길이 a인 외팔보에 자유단 집중하중 P가 작용할 때의 처짐과 같다. B에서 오른쪽으로 잰 거리를 s라 하면 모멘트는 $M(s) = -P(a - s)$이고, 이를 곡률 관계에 넣어 B점 접선에 대한 변위와 기울기를 각각 0으로 두고 적분하면 하향 상대처짐은 $\delta_2 = \frac{Pa^3}{3EI}$이다. 따라서 $\delta_2 = \frac{3 \cdot 2^3}{3EI} = \frac{8}{EI}$이며, 분자의 단위는 $\mathrm{kN \cdot m^3}$이다.

C점의 전체 처짐: 두 변위는 모두 아래쪽이므로 더한다. $\delta_C = \delta_1 + \delta_2 = \frac{16\mathrm{kN \cdot m^3}}{EI}$이다. 문제에서 제시한 단위로 나타낸 수치는 16이며, ④에 해당한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 경사진 면에서 130 kN의 물체를 밀어 올리기 위해 초과해야 되는 최소힘 P[kN]는? (단, 마찰계수는 0.5이다)



① 50

② 60

③ 110

④ 120

정답 3번

간단한 해설

물체를 위로 움직이려 할 때 마찰력은 **경사면 아래쪽**으로 작용한다. 따라서 중량의 경사방향 성분 50 kN과 최대정지마찰력 60 kN을 합한 **110 kN을 초과**하는 힘이 필요하다.

NoteBase

계산 과정

경사각과 힘의 방향: 그림의 밑변은 12 m, 높이는 5 m이므로 빗변은 $\sqrt{12^2+5^2}=13\text{m}$이다. 따라서 $\sin\theta=\frac{5}{13}$, $\cos\theta=\frac{12}{13}$이다. 힘 P는 그림처럼 경사면과 평행하게 위쪽으로 작용하며, 물체의 중량 W는 130 kN이다.

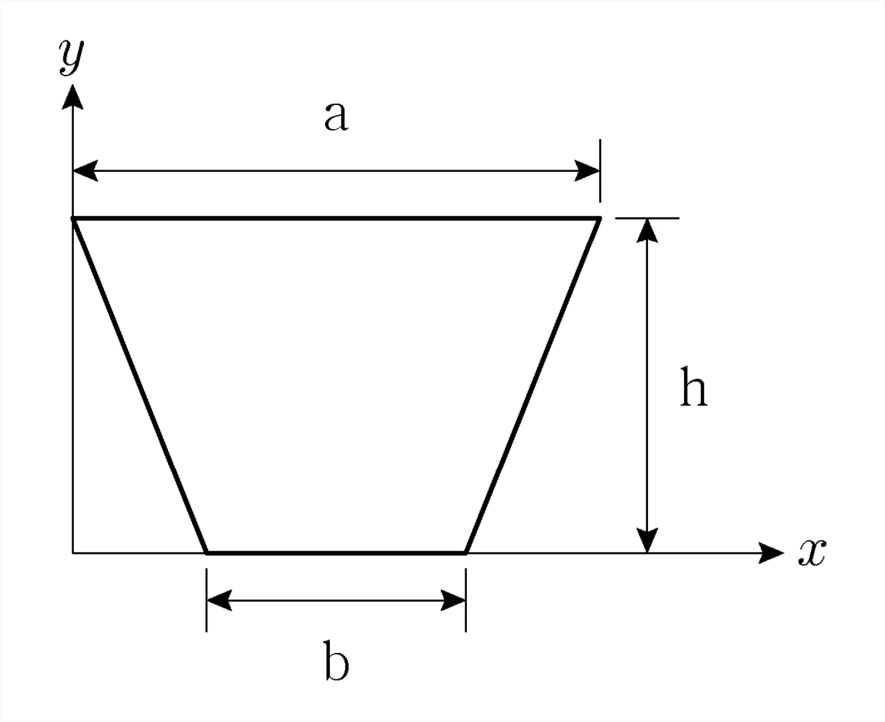
중량의 분해와 수직항력: 중량의 경사면 아래쪽 성분은 $W\sin\theta=130\cdot\frac{5}{13}=50\text{kN}$이다. P에는 경사면에 수직인 성분이 없으므로, 수직항력 N은 중량의 수직 성분과 평형을 이루어 $N=W\cos\theta=130\cdot\frac{12}{13}=120\text{kN}$이다.

마찰력: 물체가 위로 미끄러지기 직전에는 마찰력이 **경사면 아래쪽으로 최대값**까지 작용한다. 마찰계수 $\mu=0.5$이므로 최대정지마찰력은 $F_{\max}=\mu N=0.5\cdot120=60\text{kN}$이다.

한계 힘: 위로 미끄러지기 직전의 경사방향 평형에서 $P_{\lim}=W\sin\theta+F_{\max}$이다. 따라서 한계 힘은 $50+60=110$ kN이며, 이는 ③의 값이다. 물체를 위로 밀어 올리려면 이 한계값을 초과해야 한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같은 사다리꼴 단면에서 x축에서 도심까지의 수직 거리는?



① $\frac{h}{3}\cdot\frac{a+2b}{a+b}$
② $\frac{h}{3}\cdot\frac{2a+b}{a+b}$
③ $\frac{2h}{3}\cdot\frac{2a+b}{a+b}$
④ $\frac{2h}{3}\cdot\frac{a+2b}{a+b}$

정답 2번

간단한 해설

사다리꼴을 직사각형과 양옆의 삼각형으로 나누어 **면적을 가중치로 한 도심 높이의 평균**을 구한다. 아래쪽 x축에서 잰 도심 거리는 $\frac{h}{3}\cdot\frac{2a+b}{a+b}$이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 윗변의 길이는 a, x축 위에 놓인 아랫변의 길이는 b, 높이는 h이다. 구하려는 수직 거리를 $\bar{y}$라 하고, 모든 부분의 도심 높이를 **아래쪽 x축을 기준**으로 잰다.

직사각형: 아랫변 양 끝에서 윗변까지 수직선을 그으면 폭 b, 높이 h인 가운데 직사각형이 생긴다. 그 면적은 $A_1 = bh$, 도심 높이는 $y_1 = \frac{h}{2}$이다.

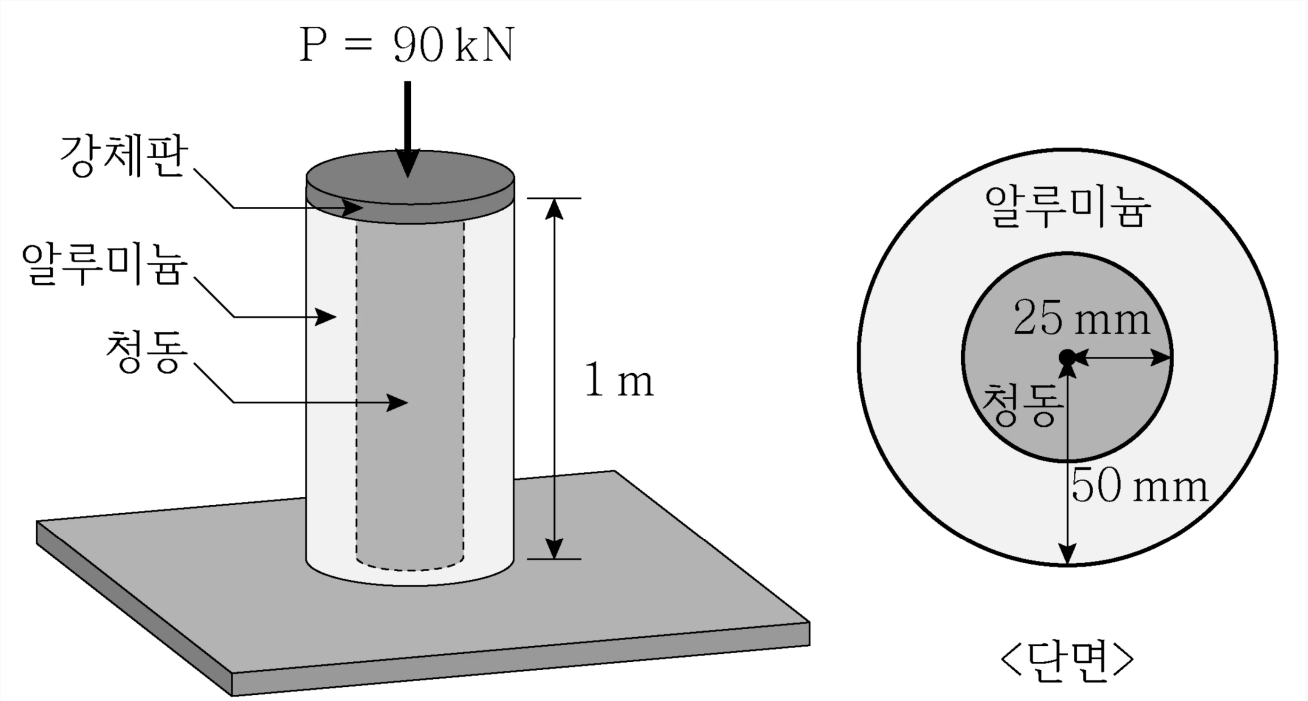
양옆의 삼각형: 두 삼각형의 윗변 길이의 합은 a − b이고 높이는 h이므로, 합한 면적은 $A_2 = \frac{(a-b)h}{2}$이다. 각 삼각형은 밑변이 위쪽에 있고 꼭짓점이 x축에 있다. 삼각형의 도심은 밑변에서 높이의 1/3만큼 떨어져 있으므로, **x축에서 잰 도심 높이**는 두 삼각형 모두 $y_2 = \frac{2h}{3}$이다.

전체 면적과 면적 1차 모멘트: 전체 면적은 $A = A_1 + A_2 = \frac{(a+b)h}{2}$이다. 면적 1차 모멘트 Q는 각 부분의 면적에 도심 높이를 곱해 더한 값이므로 $Q = A_1 y_1 + A_2 y_2$이다. 위 값을 대입하면 $Q = \frac{bh^2}{2} + \frac{(a-b)h^2}{3}$이고, 이를 정리하면 $Q = \frac{h^2(2a+b)}{6}$이다.

도심까지의 수직 거리: 전체 면적에 도심 높이를 곱하면 Q가 되므로 $\bar{y} = \frac{Q}{A}$이다. 따라서 $\bar{y} = \frac{h}{3} \cdot \frac{2a+b}{a+b}$이며, 이는 ②의 식과 일치한다. 분수의 비는 무차원이므로 결과는 h와 같은 길이 단위를 갖는다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 청동과 알루미늄의 합성기둥이 강체판을 통해 축방향 하중 P = 90 kN을 받을 때, 청동과 알루미늄에 발생하는 압축력 [kN]은? (단, 청동의 탄성계수는 105 GPa이고, 알루미늄의 탄성계수는 70 GPa이다)



① 청동 발생 수직력: 30, 알루미늄 발생 수직력: 60

② 청동 발생 수직력: 40, 알루미늄 발생 수직력: 50

③ 청동 발생 수직력: 50, 알루미늄 발생 수직력: 40

④ 청동 발생 수직력: 60, 알루미늄 발생 수직력: 30

정답 1번

간단한 해설

강체판으로 연결된 두 재료는 **축방향 단축량이 같아** 압축력이 축강성에 비례하여 분담된다. 알루미늄의 단면적은 청동의 3배이고 탄성계수는 2/3이므로, 압축력은 청동과 알루미늄에 1 : 2로 나뉘어 각각 30 kN, 60 kN이 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면적: 청동을 c, 알루미늄을 a로 표시한다. 단면도에서 청동의 반지름은 25 mm이고 전체 단면의 바깥 반지름은 50 mm이다. 따라서 청동의 단면적은 $A_c = \pi \cdot 25^2 = 625\pi \text{mm}^2$이다. 알루미늄은 **청동을 둘러싼 고리 부분**이므로 $A_a = \pi(50^2 - 25^2) = 1875\pi \text{mm}^2$이며, 청동 단면적의 3배이다.

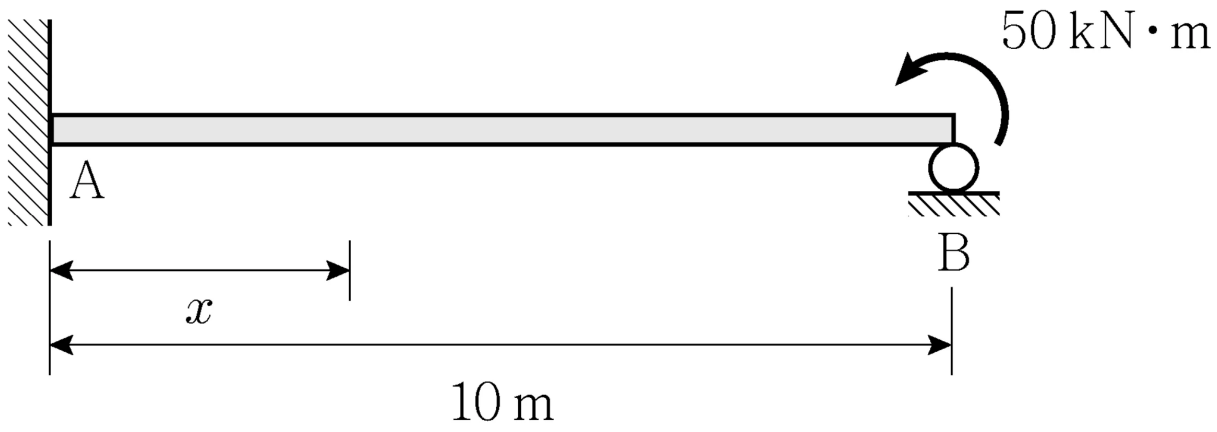
2. 변형 적합조건: 두 재료의 길이는 모두 L = 1 m이고, 아래쪽은 같은 바닥에 지지되어 있다. 중심축을 따라 하중을 받는 강체판이 함께 내려오므로 **두 재료의 단축량이 같다**. 압축력의 크기를 N, 탄성계수를 E, 단축량을 δ라 하면 선형탄성 축변형 관계는 $\delta = \frac{NL}{EA}$이다. 따라서 $\frac{N_c L}{E_c A_c} = \frac{N_a L}{E_a A_a}$가 성립한다.

3. 압축력의 비: 길이가 같으므로 압축력은 **축강성 EA/L에 비례**한다. 주어진 탄성계수는 청동 105 GPa, 알루미늄 70 GPa이므로 $\frac{N_a}{N_c} = \frac{E_a A_a}{E_c A_c}$이다. 단면적의 비를 대입하면 $\frac{N_a}{N_c} = \frac{70 \cdot 3}{105} = 2$이다. 즉, 알루미늄이 청동의 2배에 해당하는 하중을 부담한다. 같은 단위끼리 비를 구하므로 탄성계수와 단면적의 별도 단위 환산은 필요하지 않다.

4. 힘의 평형: 두 압축력의 합은 전체 하중 90 kN과 같으므로 $N_c + N_a = 90\text{kN}$이다. 여기에 $N_a = 2N_c$를 대입하면 $N_c = \frac{90}{3} = 30\text{kN}$, $N_a = 2N_c = 60\text{kN}$이다. 청동 30 kN, 알루미늄 60 kN으로 ①과 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같은 부정정보에서 지점 A로부터 휨모멘트가 0이 되는 거리 x [m]는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{10}{3}$

② $\frac{20}{3}$

③ 5

④ 7.5

정답 1번

간단한 해설

B점의 수직변위가 0이라는 **변형 적합조건**을 적용하면 B점 반력은 아래쪽 7.5 kN이다. 이 반력과 끝모멘트가 만드는 휨모멘트가 상쇄되는 위치는 A에서 $\frac{10}{3}$m 떨어진 곳이다.

NoteBase

계산 과정

1. 해석 조건: A는 고정단, B는 롤러 지점이며 보의 길이는 L = 10 m이다. B에는 반시계방향의 끝모멘트 $M_0 = 50\text{kN}\cdot\text{m}$가 작용한다. 휨강성 EI는 일정하고 자중은 무시하므로, B 지지를 제거한 외팔보에서 끝모멘트와 B점 반력이 만드는 처짐을 중첩하여 구한다. 실제 보에서는 **B점의 수직변위가 0**이어야 한다.

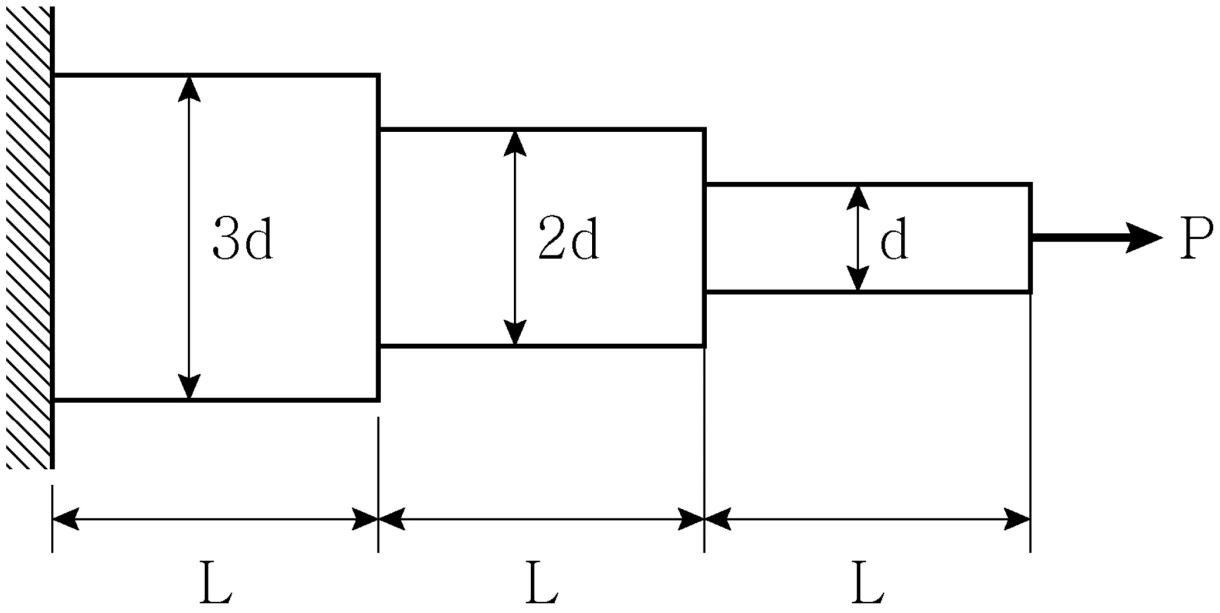
2. B점 반력: 끝모멘트만 작용할 때 B점은 위로 처지며, 그 크기는 $\delta_M = \frac{M_0 L^2}{2EI}$이다. 이를 상쇄하는 아래쪽 반력을 P라 두면 그 반력에 의한 아래쪽 처짐은 $\delta_P = \frac{PL^3}{3EI}$이다. 두 처짐의 크기가 같아야 하므로 $\frac{M_0 L^2}{2EI} = \frac{PL^3}{3EI}$이고, $P = \frac{3M_0}{2L} = \frac{3\cdot 50}{2\cdot 10} = 7.5\text{kN}$이다. 따라서 B점에는 아래쪽 7.5 kN의 반력이 작용한다.

3. 휨모멘트식: A에서 오른쪽으로 s만큼 떨어진 단면을 자르고 오른쪽 부분을 살핀다. 끝모멘트는 50 kN·m이고, B점의 아래쪽 반력은 그와 반대 방향으로 크기 7.5(10 − s) kN·m의 모멘트를 만든다. 처짐형 휨모멘트를 양으로 두면 $M(s) = 50 - 7.5(10 - s) = -25 + 7.5s$이다. 여기서 s의 단위는 m, M(s)의 단위는 kN·m이다. 분포하중이 없으므로 **휨모멘트는 거리에 따라 선형적으로 변한다**.

4. 휨모멘트가 0인 위치: 구하려는 거리를 x라 하면 $-25 + 7.5x = 0$이다. 따라서 $x = \frac{25}{7.5} = \frac{10}{3}\text{m}$이며, 이는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 원형 단면 부재에서 단면의 지름이 각각 3d, 2d, d일 때, 변형에너지는? (단, 탄성계수는 E이며, 지름이 d인 경우의 단면적은 A이다)



① $\frac{31P^2L}{36EA}$
② $\frac{49P^2L}{36EA}$
③ $\frac{31P^2L}{72EA}$
④ $\frac{49P^2L}{72EA}$

정답 4번

간단한 해설

세 구간의 축력은 모두 P이고, 원형 단면적은 **지름의 제곱에 비례**하므로 왼쪽부터 9A, 4A, A이다. 각 구간의 축변형에너지를 더하면 전체 에너지는 $\frac{49P^2L}{72EA}$이다.

NoteBase

계산 과정

구간 조건: 그림에서 세 구간의 길이는 각각 L이고, 하중 P는 오른쪽 끝에만 작용한다. 중간에 축방향 하중이 없으므로 어느 구간을 절단해도 평형을 이루는 **내부 축력은 모두 P**이다.

단면적: 원형 단면적은 $A = \frac{\pi d^2}{4}$이므로 지름이 3d, 2d, d인 구간의 단면적은 각각 9A, 4A, A이다. 지름의 비를 단면적의 비로 그대로 사용하지 않고 **지름 비를 제곱**한다.

적용 공식: 선형 탄성 범위에서 축력 N이 일정한 길이 L, 단면적 S인 부재의 신장량은 $\delta = \frac{NL}{ES}$이다. 하중이 0에서 N까지 선형적으로 증가하므로 저장되는 변형에너지는 $U = \frac{1}{2}N\delta = \frac{N^2L}{2ES}$이다. 따라서 단면적이 다른 세 구간의 에너지를 각각 구해 더한다.

지름 3d인 구간: 축력 P, 길이 L, 단면적 9A를 대입하면 $U_1 = \frac{P^2L}{2E \cdot 9A} = \frac{P^2L}{18EA}$이다.

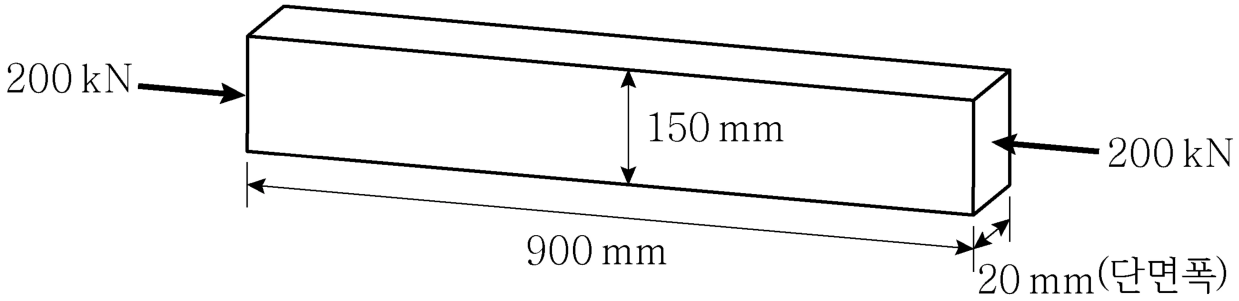
지름 2d인 구간: 단면적은 4A이므로 $U_2 = \frac{P^2L}{2E \cdot 4A} = \frac{P^2L}{8EA}$이다.

지름 d인 구간: 단면적은 A이므로 $U_3 = \frac{P^2L}{2EA}$이다. 같은 축력과 길이에서는 단면적이 작을수록 신장량이 크므로, 이 구간에 저장되는 에너지가 가장 크다.

전체 에너지: $U = U_1 + U_2 + U_3$이며, 계수의 합은 $\frac{1}{18} + \frac{1}{8} + \frac{1}{2} = \frac{49}{72}$이다. 따라서 $U = \frac{49P^2L}{72EA}$로 ④의 식과 일치한다. P를 N, L을 m, E를 Pa, A를 m^2로 대입하면 에너지의 단위는 J이다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 부재에 200 kN의 압축력이 작용할 때, 단면 폭의 변화량[mm]은? (단, 탄성계수는 200 GPa, Poisson 비는 0.3이며, 좌굴과 자중은 무시한다)



① 0.002 감소

② 0.001 감소

③ 0.001 증가

④ 0.002 증가

정답 4번

간단한 해설

압축을 받으면 길이 방향으로 줄어드는 대신 **푸아송 효과로 단면 폭이 늘어난다**. 폭 방향 변형률은 0.0001이므로, 원래 폭 20 mm의 변화량은 0.002 mm 증가이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면적과 단위: 그림에서 하중에 수직인 직사각형 단면의 높이는 150 mm, 폭은 20 mm이다. 따라서 단면적은 A = 150 × 20 = 3,000 mm^2이다. 압축력의 크기는 P = 200 kN = 200,000 N이고, 탄성계수는 E = 200 GPa = 200,000 N/mm^2이다. 좌굴과 자중을 무시하므로 축방향 압축에 따른 탄성변형을 계산한다.

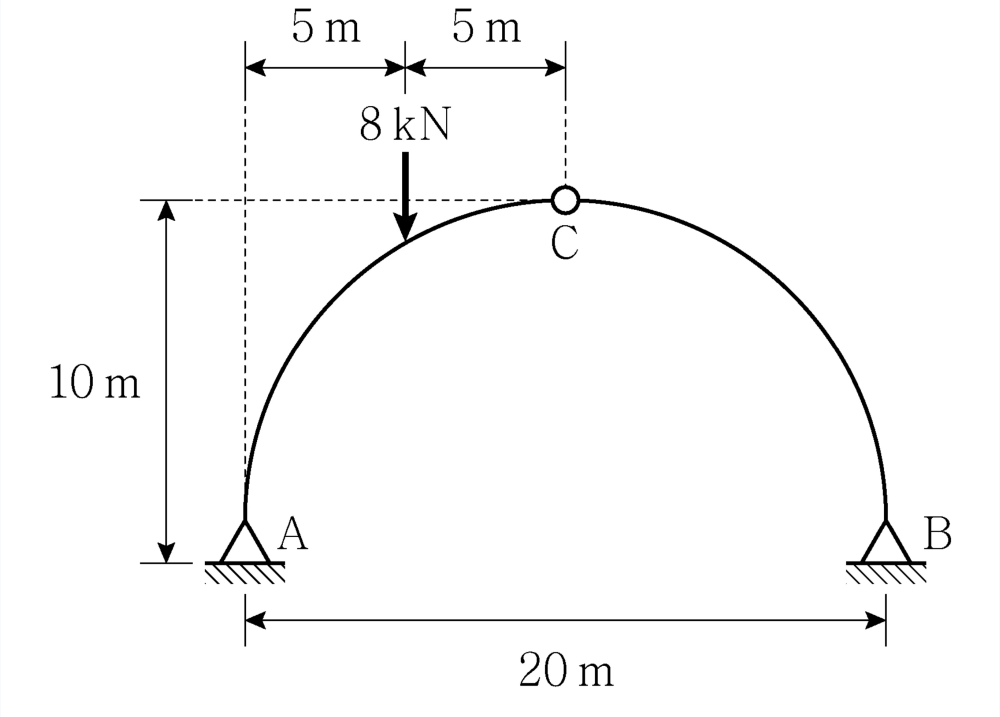
2. 축방향 변형률: 인장을 양(+)으로 정하면 압축응력은 음(-)이다. 단면에 작용하는 축력으로부터 $\sigma_x = -\frac{P}{A}$이며, 대입하면 $\sigma_x = -\frac{200{,}000}{3{,}000}\text{N/mm}^2$이다. 훅의 법칙에 따라 $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} = -\frac{1}{3{,}000}$이다. 이 음의 값은 **길이 방향의 수축**을 뜻한다.

3. 폭 방향 변형률: 푸아송 비는 축방향 변형률에 대한 횡방향 변형률의 비에 음의 부호를 붙인 값이다. 따라서 폭 방향 변형률은 $\varepsilon_b = -\nu\varepsilon_x$이다. 주어진 값으로 계산하면 $\varepsilon_b = -0.3 \cdot \left(-\frac{1}{3{,}000}\right) = 0.0001$이다. **축방향과 횡방향 변형률의 부호가 반대**이므로 폭은 증가한다.

4. 폭 변화량: 변형률은 원래 치수에 대한 변화량의 비이므로 $\Delta b = \varepsilon_b b$이다. 원래 폭 b = 20 mm를 적용하면 0.0001 × 20 = 0.002 mm이다. 따라서 단면 폭은 0.002 mm 증가하며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 3활절 포물선 아치에 집중하중 8 kN이 작용할 때, 지점 A의 수평반력[kN]은? (단, 아치의 자중은 무시한다)



① 1
② 2
③ 3
④ 4

정답 2번

간단한 해설

내부 활절 C에서는 **휨모멘트가 0**이어야 한다. A의 수직반력과 집중하중이 C에 만드는 모멘트를 수평반력이 상쇄하므로, A의 수평반력은 오른쪽으로 2 kN이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 지점 간 수평거리는 20 m이고, C는 A에서 수평으로 10 m, 수직으로 10 m 떨어져 있다. 8 kN의 하중은 A에서 수평으로 5 m 떨어진 위치에 작용한다. 자중은 무시하며, A의 수직반력을 V_A, B의 수직반력을 V_B, A의 오른쪽 수평반력을 H_A로 둔다.

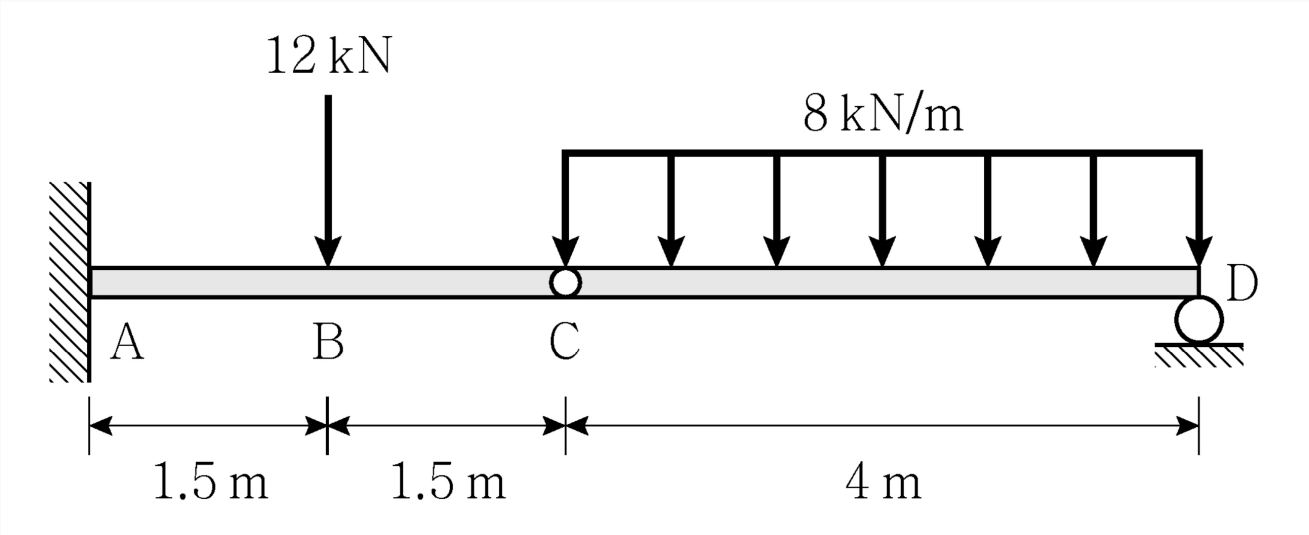
1. 수직반력 계산: 아치 전체에서 A에 대한 모멘트 평형을 적용한다. 두 지점은 같은 높이에 있으므로 수평반력은 A에 대한 모멘트를 만들지 않는다. 따라서 $20V_B - 8 \cdot 5 = 0$에서 $V_B = 2\text{kN}$이다. 수직력 평형으로 $V_A = 8 - 2 = 6\text{kN}$이며, 이는 A가 위쪽으로 받치는 힘이다.

2. 수평반력 계산: C에서 왼쪽 부분을 분리한다. **활절은 휨모멘트를 전달하지 않으므로** C에 대한 모멘트 합은 0이다. C에 작용하는 활절력은 C를 지나므로 이 모멘트식에서 사라진다. 시계방향을 양으로 잡으면 $6 \cdot 10 - 8 \cdot 5 - H_A \cdot 10 = 0$이다. 수직력에는 수평거리 10 m와 5 m를, 수평반력에는 **수직거리 10 m**를 모멘트팔로 사용한다.

수직반력과 집중하중이 만드는 순모멘트는 $6 \times 10 - 8 \times 5 = 20\ \text{kN}\cdot\text{m}$이다. 이를 수평반력의 모멘트가 상쇄하므로 $H_A = \frac{20}{10} = 2\text{kN}$이다. 가정한 오른쪽 방향으로 작용하며, 크기 2 kN은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같은 게르버보에서 지점 A의 수직반력[kN]은? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 12

② 16

③ 28

④ 44

정답 3번

간단한 해설

내부힌지 C에서 오른쪽 CD 구간을 분리하면, 등분포하중 32 kN을 C와 D가 각각 16 kN씩 지지한다. 이 힘은 왼쪽 AC 구간에 **아래쪽 16 kN**으로 작용하므로, A의 수직반력은 12 + 16 = 28 kN으로 위쪽이다.

NoteBase

계산 과정

구조와 하중: A는 고정지점, C는 내부힌지, D는 롤러지점이다. 내부힌지는 **휨모멘트를 전달하지 않으므로** C에서 보를 나누어 각 구간의 평형을 적용할 수 있다. 보의 자중은 무시하며, AB와 BC는 각각 1.5 m, CD는 4 m이다. CD의 등분포하중 8 kN/m를 합력으로 바꾸면 $8 \times 4 = 32$ kN이고, 작용점은 CD의 중앙인 C에서 오른쪽 2 m 지점이다.

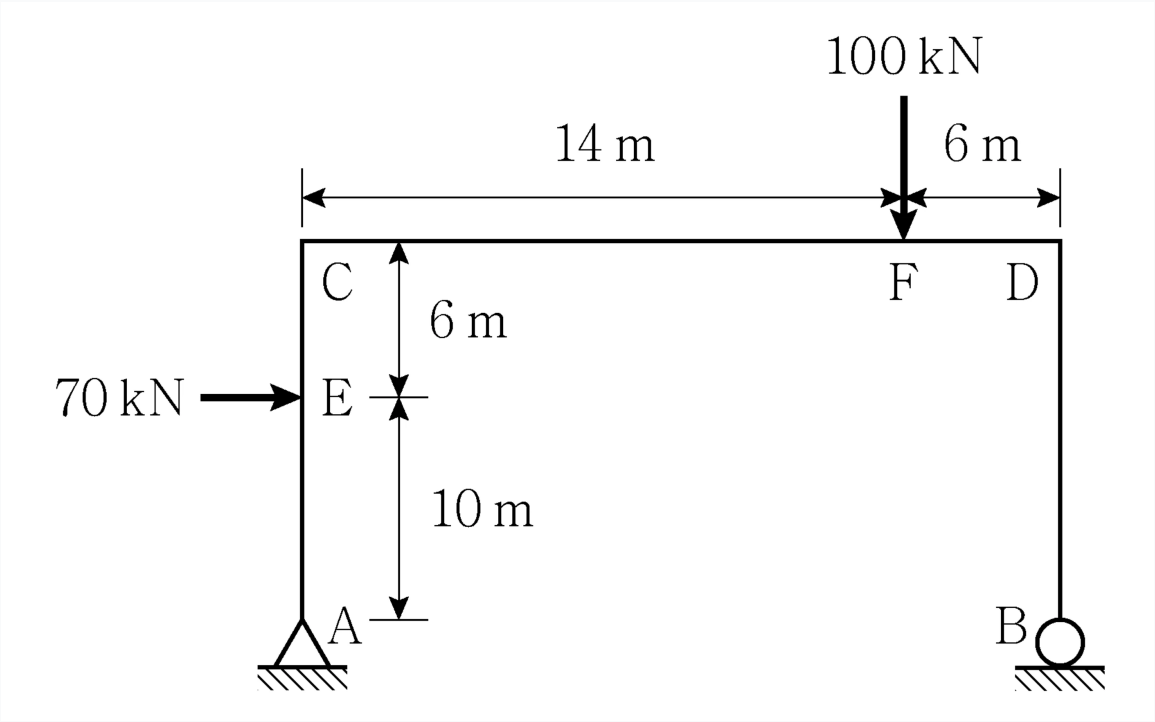
CD 구간의 반력: CD에 작용하는 C의 수직력을 R_C, D의 수직반력을 R_D라 하고 위쪽을 양으로 둔다. C에 대한 모멘트 평형에서 힘은 kN, 거리는 m로 대입하면 $R_D \cdot 4 - 32 \cdot 2 = 0$이므로 $R_D = 16\text{kN}$이다. 수직방향 평형은 $R_C + R_D - 32 = 0$이므로 $R_C = 16\text{kN}$이다. 즉, CD는 양 끝에서 각각 위쪽 16 kN의 힘을 받는다.

AC 구간으로 전달되는 힘: C에서 CD가 받는 위쪽 16 kN의 힘에 대응하여, **작용·반작용**에 따라 AC에는 아래쪽 16 kN이 작용한다. 따라서 AC에 작용하는 아래쪽 힘은 B의 집중하중 12 kN과 C의 전달력 16 kN이다.

A의 수직반력: 위쪽을 양으로 하여 A의 수직반력을 R_A라 두면, AC의 수직방향 평형은 $R_A - 12 - 16 = 0$이다. 따라서 $R_A = 28\text{kN}$으로 위쪽이며, ③의 28 kN에 해당한다.

NoteBase

문 21. 그림과 같은 라멘에서 F점의 휨모멘트 [kN·m]는? (단, 라멘의 자중은 무시한다)



① 630

② 700

③ 730

④ 800

정답 1번

간단한 해설

전체 라멘의 모멘트 평형에는 **70 kN 수평하중이 만드는 모멘트**도 포함되므로, B점의 위쪽 수직반력은 105 kN이다. F점 오른쪽 부분에서 이 반력의 팔길이는 6 m이므로 F점의 휨모멘트는 630 kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

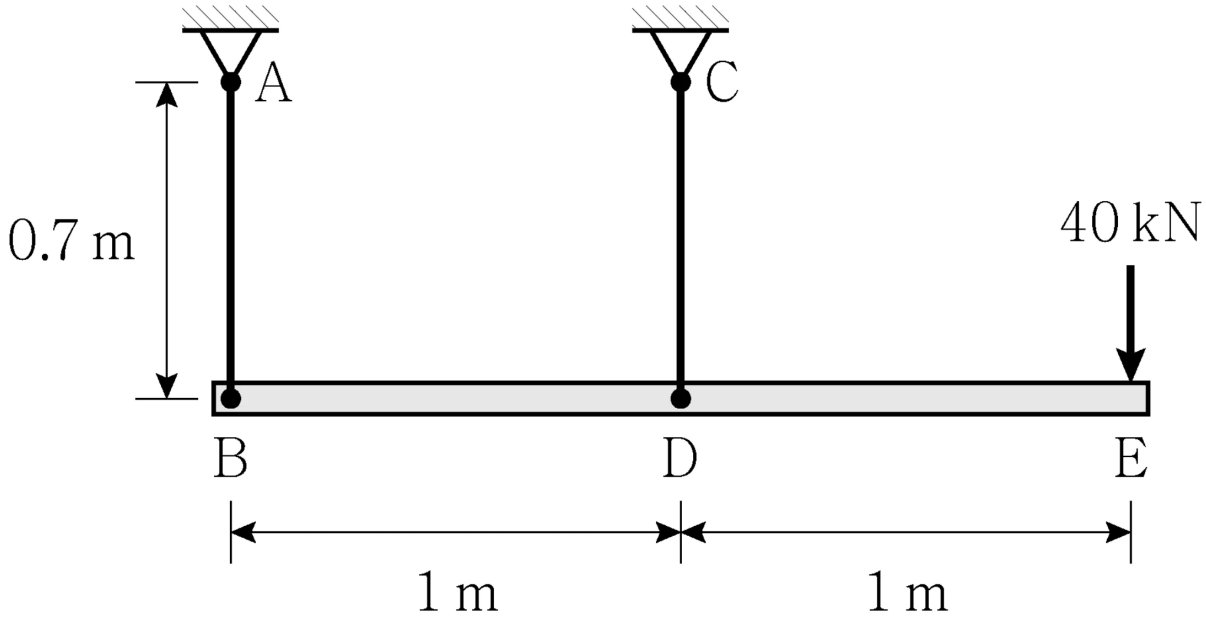
지점과 치수: A는 힌지지점, B는 수평면 위의 롤러지점이므로 B에는 수직반력만 작용하고 지점모멘트는 없다. B점의 위쪽 수직반력을 B_y라 한다. 두 지점의 수평거리는 14 + 6 = 20 m이고, E점의 70 kN 수평하중은 A점보다 10 m 높은 곳에 작용한다. 라멘의 자중은 무시한다.

B점 수직반력: 전체 라멘에서 A점에 대한 모멘트 평형을 적용하면 A점 반력은 소거된다. 반시계방향을 양(+)으로 잡을 때 B점 반력은 반시계방향, 100 kN 수직하중과 70 kN 수평하중은 모두 시계방향 모멘트를 만든다. 특히 수평하중의 팔길이는 **하중 작용선과 A점 사이의 수직거리인 10 m**이다. 따라서 $20B_y = 100 \cdot 14 + 70 \cdot 10$이고, $B_y = \frac{2100}{20} = 105\text{kN}$이다. 이는 B점에서 위쪽으로 작용하는 반력이다.

F점 휨모멘트: F에서 절단하여 오른쪽의 F–D–B 부분을 보면, B점 수직반력의 F점에 대한 팔길이는 수평거리 6 m이다. F점의 100 kN 하중은 **F점에 대한 팔길이가 0**이므로 이 점에 대한 모멘트를 만들지 않는다. 절단면의 휨모멘트는 B점 반력이 만드는 모멘트와 평형을 이루므로, 보의 아래쪽이 인장되는 휨을 양(+)으로 하면 $M_F = 105 \cdot 6 = 630\text{kN} \cdot \text{m}$이다. 이는 ①의 630 kN·m에 해당한다.

NoteBase

문 22. 그림과 같이 강봉 AB와 CD에 매달려 있는 강체부재의 E점에 40 kN의 하중이 작용할 때, 강봉 AB의 길이변화량[mm]은? (단, 부재 AB의 탄성계수 E = 200 GPa, 단면적 A = 700 mm^2이고, 자중은 무시한다)



① 0.2 감소

② 0.4 감소

③ 0.2 증가

④ 0.4 증가

정답 1번

간단한 해설

D점에 대한 모멘트 평형에서 강봉 AB는 40 kN의 **압축력**을 받는다. 축변형 공식에 길이 700 mm를 적용하면 **0.2 mm 감소**한다.

NoteBase

계산 과정

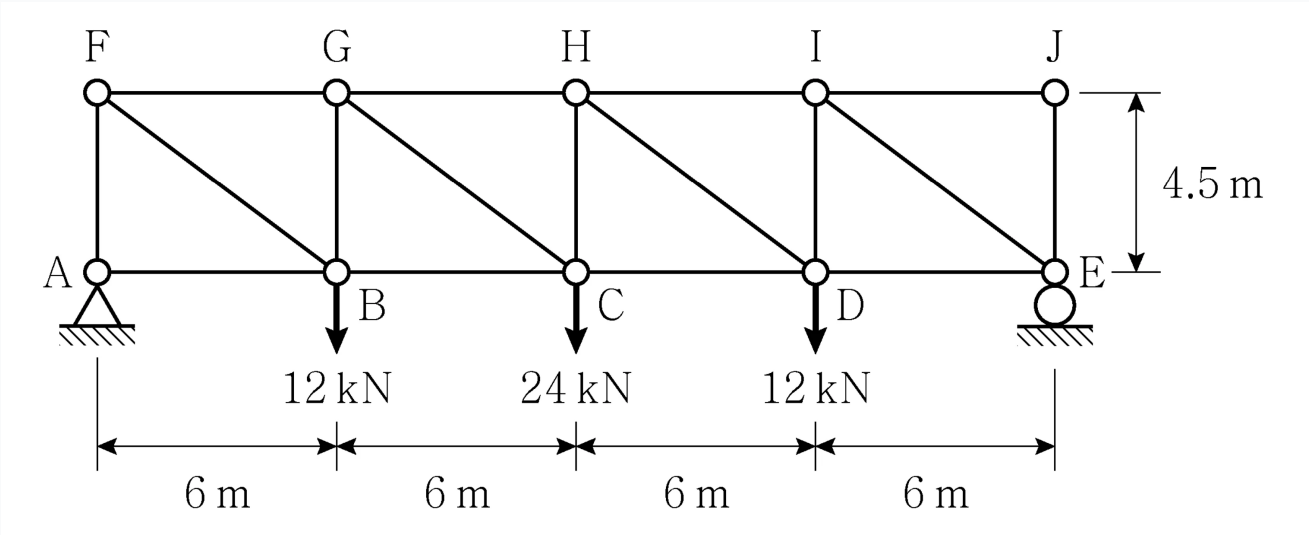
강봉 AB의 축력을 N이라 하고 인장을 양수로 잡으면, AB가 강체부재의 B점에 가하는 힘도 위쪽을 양수로 나타낼 수 있다. 그림에서 BD = DE = 1 m이므로, D점에 대해 반시계방향을 양수로 한 모멘트 평형식은 $-N \cdot 1 - 40 \cdot 1 = 0$이다. 따라서 $N = -40$kN이며, 음수는 AB가 **40 kN의 압축력**을 받는다는 뜻이다.

일정한 단면의 강봉이 축력을 받아 탄성변형하므로 길이변화량은 $\delta = \frac{NL}{EA}$로 구한다. 여기서 L은 AB의 원래 길이, E는 탄성계수, A는 단면적이다. **N과 mm로 단위를 통일**하면 축력은 −40,000 N, 길이는 700 mm, 탄성계수는 200,000 N/mm^2, 단면적은 700 mm^{2}이다.

이를 대입하면 $\delta = \frac{-40{,}000 \cdot 700}{200{,}000 \cdot 700} = -0.2$mm이다. 음수는 길이가 줄어듦을 뜻하므로, AB의 길이변화는 0.2 mm 감소이며 ①에 해당한다.

NoteBase

문 23. 그림과 같은 트러스에서 부재 GC의 부재력[kN]은? (단, 자중은 무시한다)



① 15(인장)

② 20(인장)

③ 20(압축)

④ 25(압축)

정답 2번

간단한 해설

GC를 지나는 절단면의 왼쪽 부분에서 수직평형을 적용하면, GC의 수직성분은 12 kN이다. GC와 수평선이 이루는 각을 θ라 할 때 $\sin\theta = \frac{3}{5}$이므로, 부재력은 **20 kN의 인장력**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 지점반력: A는 힌지, E는 롤러 지점이다. 수직하중은 B에 12 kN, C에 24 kN, D에 12 kN이 작용하며, 지간은 24 m이다. 외력의 배치가 중앙 C를 기준으로 대칭이므로 양 지점의 수직반력은 같다. 따라서 $R_A = R_E = \frac{12+24+12}{2} = 24\text{kN}$이며 모두 위쪽으로 작용한다. 수평 외력이 없으므로 A의 수평반력은 0이다.

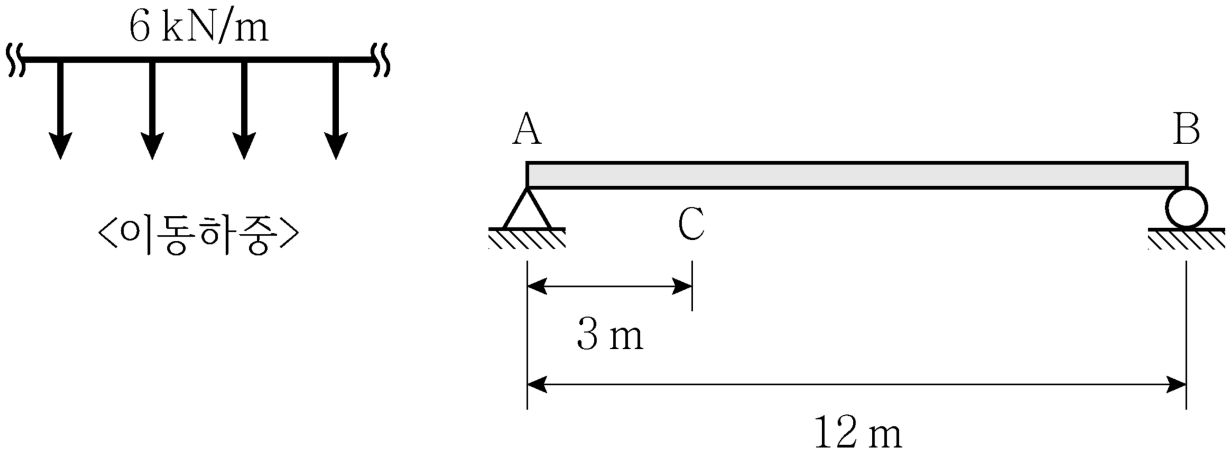
2. GC의 경사: GC의 수평거리는 6 m, 높이 차는 4.5 m이다. 길이는 $L_{GC} = \sqrt{6^2 + 4.5^2} = 7.5\text{m}$이다. GC와 수평선 사이의 예각을 θ라 하면 $\sin\theta = \frac{4.5}{7.5} = \frac{3}{5}$이다. 이는 **GC 부재력의 수직성분 비**를 뜻한다.

3. 절단면의 수직평형: GH, GC, BC를 가로지르도록 절단하고 A·B·F·G가 포함된 왼쪽 부분을 분리한다. GH와 BC의 부재력은 수평이므로 수직평형식에 들어가지 않는다. GC의 부재력 N_{GC}를 인장으로 가정하면, 왼쪽 부분의 절단면에서 G에서 C를 향하는 오른쪽 아래 방향으로 작용한다. 위쪽을 양으로 잡으면 $24 - 12 - N_{GC}\sin\theta = 0$이다. 따라서 $N_{GC}\sin\theta = 12\text{kN}$이며, 이 12 kN은 왼쪽 부분에 남는 상향 힘을 평형시키는 **GC의 하향 수직성분**이다.

4. 부재력과 성질: $N_{GC} = \frac{12}{3/5} = 20\text{kN}$이다. 계산값이 양수이므로 처음 가정한 인장 방향이 맞다. 따라서 GC는 20 kN의 인장력을 받으며, ②의 20(인장)에 해당한다.

NoteBase

문 24. 그림과 같이 단순보에 6 kN/m의 등분포 이동하중이 작용할 때, C점의 최대 전단력[kN]은? (단, 등분포 이동하중은 임의 위치와 길이로 경간 위에 배치 가능하고, 자중은 무시한다)



① 15.75

② 20.25

③ 24.75

④ 27.00

정답 2번

간단한 해설

C점 전단력의 영향선이 양수인 **C–B 구간 전체**에만 등분포하중을 배치해야 전단력이 최대가 된다. 이 구간의 삼각형 영향선 면적에 하중강도를 곱하면 최대 전단력은 20.25 kN이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 경간 AB는 12 m, AC는 3 m이므로 CB는 9 m이다. 하중강도는 q = 6 kN/m이며, 하중의 위치와 길이를 자유롭게 정할 수 있고 자중은 무시한다.

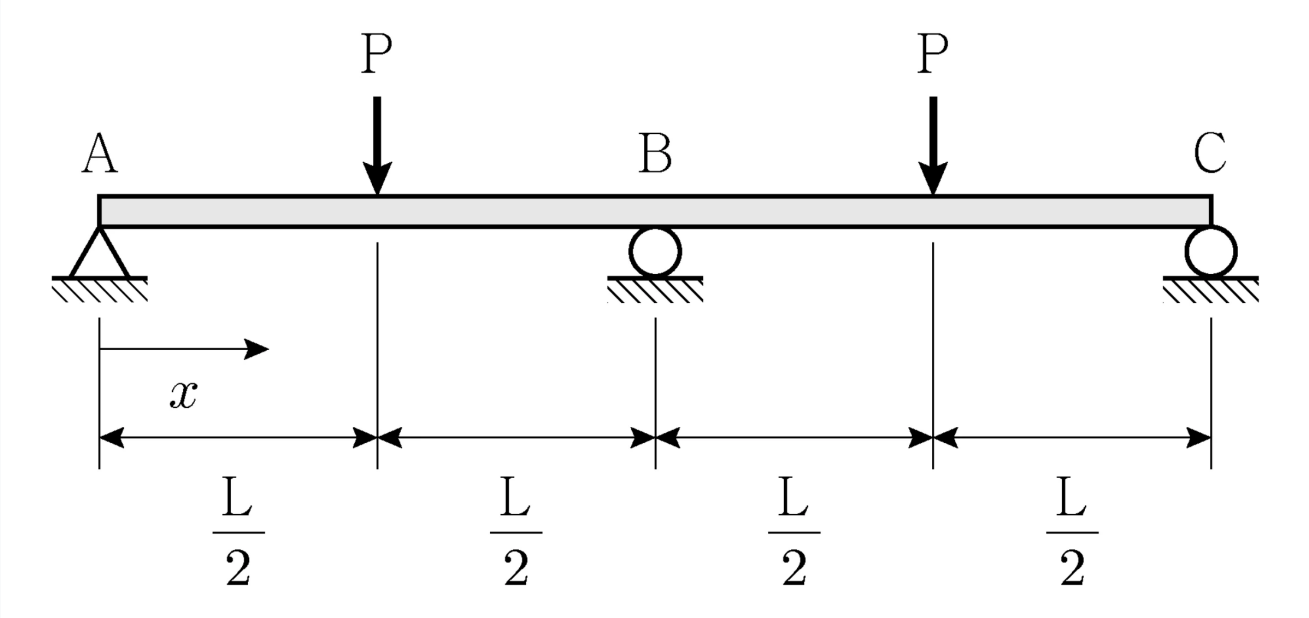
C점 전단력의 영향선은 아래 방향 단위하중이 이동할 때 C점 전단력이 어떻게 변하는지를 나타낸다. C점 왼쪽 부분의 수직력 평형을 적용하면, 단위하중이 C점 오른쪽에 있을 때는 C점 전단력이 A점 반력과 같다. 단위하중이 C점 왼쪽에 있을 때는 A점 반력에서 단위하중을 빼야 한다. 따라서 영향선의 세로좌표는 A와 B에서 0, C점 바로 왼쪽에서 $-\frac{3}{12}$, C점 바로 오른쪽에서 $\frac{9}{12}$이고 각 구간은 직선으로 이어진다.

등분포하중에 의한 전단력은 하중강도에 재하 구간의 영향선 면적을 곱한 값이다. A–C 구간은 영향선이 음수이므로 하중을 놓으면 C점 전단력이 감소한다. C–B 구간은 영향선이 양수이므로 **C–B의 9 m 전체에만 재하**하면 최대 양의 전단력을 얻는다.

C–B 구간의 영향선은 밑변이 9 m이고 높이가 $\frac{9}{12}$인 삼각형이다. 그 면적은 $S_+ = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot \frac{9}{12} = 3.375\text{m}$이다. 이는 단위 길이당 하중강도를 곱하여 전단력으로 환산할 면적이므로, $V_{C,\max} = 6 \cdot 3.375 = 20.25\text{kN}$이다. 계산값은 ②의 20.25 kN과 일치한다.

NoteBase

문 25. 그림과 같은 연속보에서 지점 A로부터 휨모멘트가 0이 되는 거리 x는? (단, $x \neq 0$이고, 보의 휨강성 EI는 일정하며, 자중은 무시한다)



① $\frac{7L}{11}$
② $\frac{8L}{11}$
③ $\frac{9L}{11}$
④ $\frac{10L}{11}$

정답 2번

간단한 해설

중간 지점 B의 휨모멘트는 연속보의 변형 조건에 의해 $M_B = -\frac{3PL}{16}$이 되고, A의 상향 반력은 $R_A = \frac{5P}{16}$이다.
집중하중 오른쪽에서 **반력과 하중의 모멘트가 상쇄되는 위치**를 구하면 $x = \frac{8L}{11}$이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 AB와 BC의 길이는 각각 L이고, 각 경간의 중앙에 하향 집중하중 P가 작용한다. 아래로 볼록하게 휘는 정모멘트를 양으로 잡는다. 양 끝 단순지점에서는 $M_A = M_C = 0$이지만, B에서는 보가 이어져 있으므로 **지점이라는 이유만으로 휨모멘트를 0으로 놓을 수 없다**.

각 경간을 따로 단순보로 보았을 때, 중앙 집중하중에 의한 휨모멘트도는 높이가 $\frac{PL}{4}$인 삼각형이다. 그 면적을 S라 하면 $S = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \frac{PL}{4} = \frac{PL^2}{8}$이고, 도심은 경간 중앙에 있다. 이 모멘트도는 3연모멘트 정리에 넣기 위한 하중만의 모멘트도이다.

B의 휨모멘트: 3연모멘트 정리는 인접 경간이 B에서 같은 회전각으로 이어지는 조건을 반영한다. 두 경간의 길이와 EI가 같고 지점의 높이가 같으므로, 양 끝 모멘트가 0인 이 보에서는 $4LM_B = -6S$가 된다. 우변에서 두 모멘트도의 기여는 각각 면적 S에 도심거리와 경간길이의 비인 1/2을 곱한 것이므로, 합이 S이다. 따라서 $M_B = -\frac{6S}{4L} = -\frac{3PL}{16}$이다. 음의 부호는 B 부근에서 위로 볼록하게 휘는 모멘트가 생긴다는 뜻이다.

A의 반력: AB 경간에서 B 단면의 모멘트는 $M_B = R_A L - \frac{PL}{2}$이다. 여기에 앞의 값을 대입하면 $R_A L = \frac{PL}{2} - \frac{3PL}{16} = \frac{5PL}{16}$이므로, 상향 반력은 $R_A = \frac{5P}{16}$이다.

휨모멘트가 0인 위치: A에서 집중하중까지는 $M(x) = R_A x$이므로 A 이외에는 0이 되지 않는다. **집중하중을 지난 AB 구간**에서는 $M(x) = R_A x - P\left(x - \frac{L}{2}\right)$이다. 이를 0으로 놓으면 $\frac{5P}{16}x - P\left(x - \frac{L}{2}\right) = 0$, 즉 $\frac{11P}{16}x = \frac{PL}{2}$이므로 $x = \frac{8L}{11}$이다. 이 값은 $\frac{L}{2} < x < L$을 만족하며, 선택지 ②의 거리와 일치한다.

NoteBase