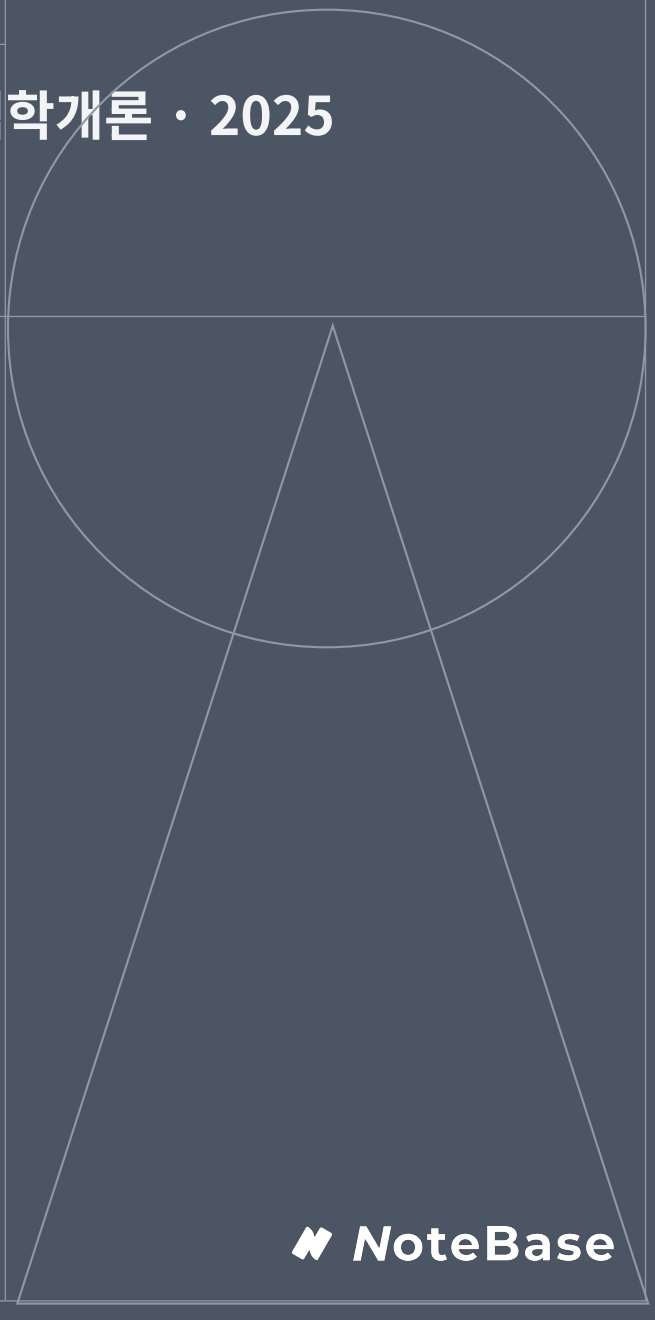
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2025

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2025

문 1. 마찰력에 대한 일반적인 설명으로 옳지 않은 것은?

① 마찰력은 접촉면의 크기에 상관없다.

② 최대정지마찰력은 운동마찰력보다 작다.

③ 마찰력은 항상 움직이는 방향의 반대 방향으로 작용한다.

④ 마찰력이 최대정지마찰력에 도달했을 때 마찰각도 최댓값을 갖는다.

정답 2번

간단한 해설

최대정지마찰력은 물체가 미끄러지기 직전에 도달하는 마찰력으로, 같은 접촉 조건에서는 일반적으로 **운동마찰력보다 크다**. 따라서 '운동마찰력보다 작다'는 크기 관계를 거꾸로 설명한 것이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 일반적인 건조마찰 법칙에서는 접촉 재료와 수직항력이 같으면 최대정지마찰력과 운동마찰력은 **겉보기 접촉면적에 의존하지 않는다**. 같은 물체를 넓은 면이나 좁은 면으로 놓더라도 수직항력과 접촉면의 상태가 같으면 마찰력의 한계값은 같다. 다만 실제 정지마찰력은 그 한계 안에서 미끄러짐을 막는 데 필요한 크기로 작용한다.

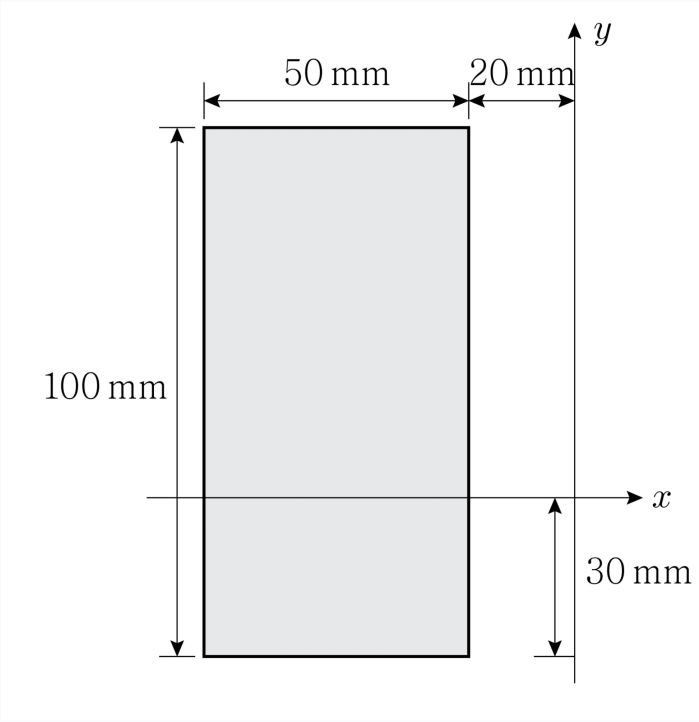
② X: 같은 두 접촉면과 같은 수직항력을 기준으로 하면 최대정지마찰력은 일반적으로 **운동마찰력보다 크다**. 정지마찰력은 물체가 정지해 있는 동안 필요한 만큼 증가하다가 미끄러지기 직전에 최댓값에 도달한다. 미끄러지기 시작하면 운동마찰력이 작용하며, 그 크기는 보통 이 최댓값보다 작다. 따라서 '작다'를 '크다'로 고쳐야 한다.

③ O: 여기서 '움직이는 방향'은 **접촉면 사이의 상대운동 방향**으로 이해한다. 운동마찰력은 두 면이 서로 미끄러지는 방향과 반대로 작용하고, 정지마찰력은 미끄러지려는 경향을 방해하는 방향으로 작용한다. 물체 전체의 진행 방향과 언제나 반대라는 뜻은 아니다.

④ O: 마찰각은 마찰력과 수직항력의 합력이 수직항력 방향과 이루는 각이다. 마찰력의 크기를 F, 수직항력의 크기를 N, 마찰각을 ϕ라 하면 $\tan\phi = \frac{F}{N}$이다. 정지 상태에서 F가 증가하면 마찰각도 커지며, **미끄러지기 직전의 한계상태**에서 둘 다 최댓값에 도달한다. 정지마찰계수를 μ_s라 하면 이때 $F_{max} = \mu_s N$이므로 $\tan\phi_{max} = \mu_s$이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 직사각형 단면의 x, y 축에 대한 단면 상승모멘트 I_{xy}[mm4]는?



① 4.5 × 10^6

② -4.5 × 10^6

③ 6.25 × 10^6

④ -6.25 × 10^6

정답 2번

간단한 해설

직사각형의 도심 좌표는 $\bar{x} = -45\text{mm}$, $\bar{y} = 20\text{mm}$이다. 도심을 지나는 변에 평행한 두 축에 대한 단면 상승모멘트가 0이므로 $I_{xy} = A\bar{x}\bar{y}$를 적용하면, **도심 좌표의 부호가 서로 달라** $-4.5 \times 10^6\text{mm}^4$가 된다.

NoteBase

계산 과정

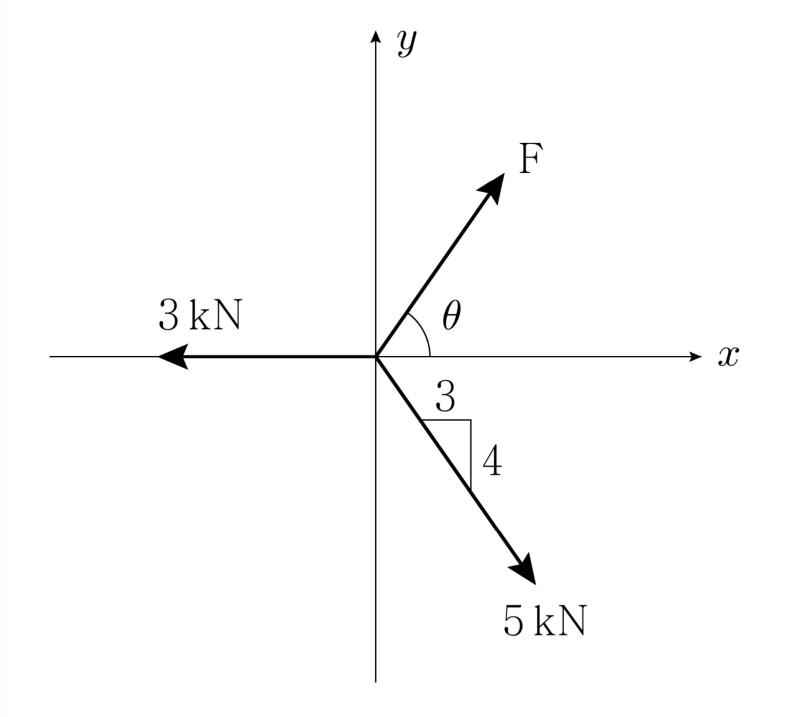
도심과 면적: 그림에서 직사각형은 y축 왼쪽에 있고, 오른쪽 변과 y축의 거리는 20 mm이다. 따라서 도심의 x좌표는 $\bar{x} = -\left(20 + \frac{50}{2}\right) = -45\text{mm}$이다. 전체 높이는 100 mm이고 아래쪽 변이 x축보다 30 mm 아래에 있으므로, 도심의 y좌표는 $\bar{y} = \frac{100}{2} - 30 = 20\text{mm}$이다. 면적 A는 $50 \times 100 = 5{,}000\ \text{mm}^2$이다.

공식 적용: 단면 상승모멘트는 $I_{xy} = \int_A xy dA$로, 각 미소면적에 두 좌표의 곱을 곱하여 더한 값이다. 도심을 지나며 주어진 x축·y축에 각각 평행한 축에 대한 값을 $\bar{I}_{xy}$라 하면, 평행축 정리에 따라 $I_{xy} = \bar{I}_{xy} + A\bar{x}\bar{y}$이다. 이 직사각형은 **도심을 지나는 변에 평행한 축에 대하여 대칭**이므로, 도심 기준 좌표 곱의 양·음 기여가 상쇄되어 $\bar{I}_{xy} = 0$이다.

계산과 선지 연결: 따라서 $I_{xy} = 5{,}000 \cdot (-45) \cdot 20$이며, 계산하면 $I_{xy} = -4.5 \times 10^6 \text{mm}^4$이다. 면적에 두 길이를 곱하므로 단위는 mm^4이며, 이 값은 ②와 일치한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 원점에 작용하는 세 힘이 정적 평형 상태에 있기 위해서 필요한 힘 F의 크기[kN]와 x축과 이루는 각 θ[°]는?



① F: 3, θ: 30

② F: 3, θ: 60

③ F: 4, θ: 60

④ F: 4, θ: 90

정답 4번

간단한 해설

5 kN 힘의 수평 성분 3 kN은 왼쪽의 3 kN과 상쇄되고, 수직 성분 4 kN만 아래로 남는다. 따라서 평형을 이루려면 F는 **위쪽으로 4 kN**이어야 하므로 x축과 이루는 각은 90°이다.

NoteBase

계산 과정

세 힘이 모두 원점에 작용하므로 원점에 대한 모멘트는 각각 0이다. 정적 평형을 이루려면 **x방향과 y방향의 힘의 합이 각각 0**이어야 한다. 오른쪽과 위쪽을 양의 방향으로 정하고, F의 수평·수직 성분을 각각 F_x, F_y로 둔다.

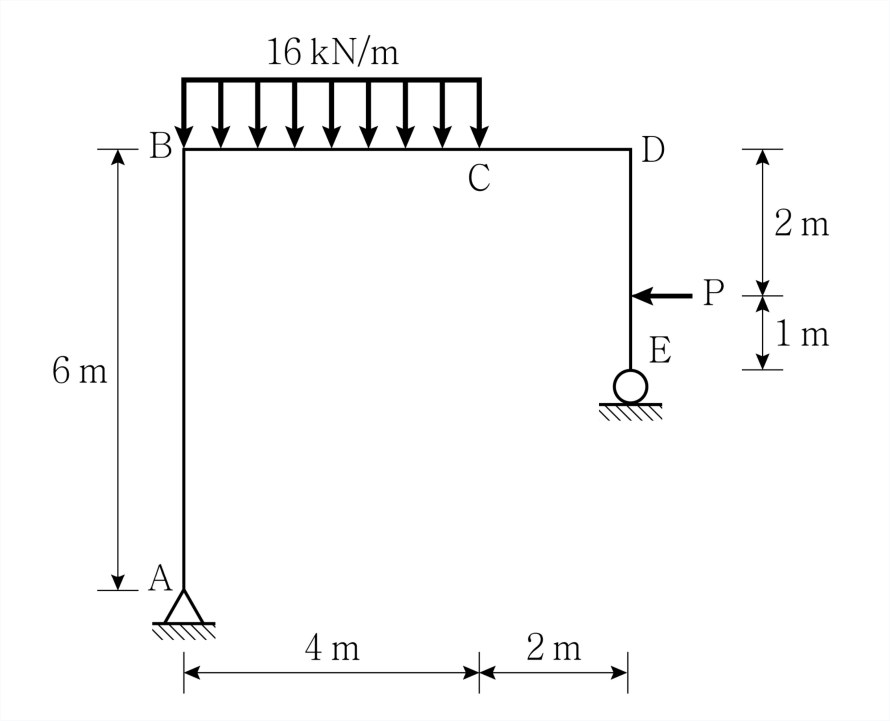
그림의 5 kN 힘은 오른쪽 아래를 향하며, 방향을 나타내는 직각삼각형의 가로와 세로 비는 3 : 4이다. 빗변은 $\sqrt{3^2+4^2}=5$이므로 수평 성분은 $5\cdot\frac{3}{5}=3\text{kN}$, 수직 성분은 $-5\cdot\frac{4}{5}=-4\text{kN}$이다. 수직 성분의 음수 부호는 아래쪽 방향을 뜻한다.

x방향 평형식은 $F_x-3+3=0$이므로 $F_x=0$이다. 즉, 주어진 두 힘의 **수평 성분은 서로 상쇄**된다. y방향 평형식은 $F_y-4=0$이므로 $F_y=4\text{kN}$이다.

F의 수평 성분은 0이고 수직 성분은 위쪽으로 4 kN이므로 F의 크기는 4 kN이다. 방향은 +y축 방향이어서 +x축과 이루는 각 θ는 90°이며, 이 값들은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 하중을 받는 라멘구조에서 C점의 휨모멘트가 0이 되기 위한 집중하중 P[kN]는? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① 8.4

② 9.6

③ 10.8

④ 12.8

정답 4번

간단한 해설

C점의 오른쪽 부분에서 E점의 수직반력과 P는 C점에 대한 모멘트팔이 각각 2 m이므로, 휨모멘트가 0이 되려면 **두 힘의 크기가 같아야 한다**. 이를 전체 구조의 모멘트 평형에 적용하면 P = 12.8 kN이다.

NoteBase

계산 과정

하중과 지점 조건: A는 힌지지점이고 E는 롤러지점이므로, E에는 수직반력만 작용한다. 이를 R_E라 한다. B~C의 등분포하중은 $16 \times 4 = 64$ kN의 합력으로 바꾸며, 합력은 B에서 오른쪽으로 2 m인 구간 중앙에 작용한다. P의 작용점은 E보다 1 m 높으므로 A보다 4 m 높다.

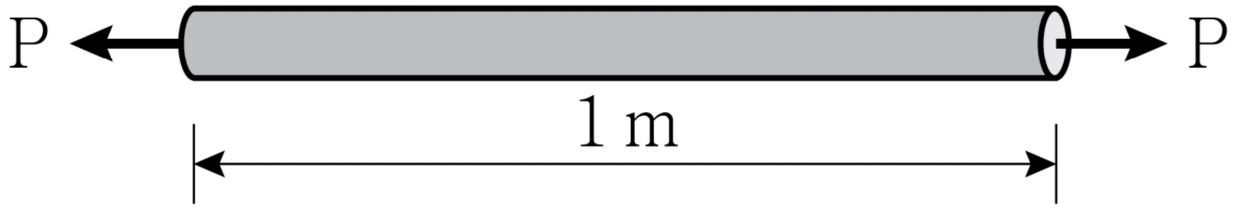
전체 구조의 평형: A점에 대해 반시계방향 모멘트를 양으로 잡는다. E점 반력의 모멘트팔은 6 m, 왼쪽으로 작용하는 P의 모멘트팔은 4 m, 등분포하중 합력의 모멘트팔은 2 m이다. 따라서 $6R_E + 4P - 64 \cdot 2 = 0$, 즉 $6R_E + 4P = 128$이다. 여기서 힘은 kN, 모멘트는 kN·m 단위로 계산한다.

C점의 휨모멘트 조건: C에서 절단한 오른쪽 부분을 생각한다. E점의 위쪽 반력은 C에 대해 반시계방향 모멘트를, C보다 2 m 아래에서 왼쪽으로 작용하는 P는 시계방향 모멘트를 만든다. **C점의 휨모멘트가 0**이면 두 외력의 모멘트가 상쇄되어야 하므로 $2R_E - 2P = 0$, 즉 $R_E = P$이다.

집중하중 계산: $R_E = P$를 전체 구조의 평형식에 대입하면 $6P + 4P = 128$이다. 따라서 $P = \frac{128}{10} = 12.8$kN이며, ④의 12.8에 해당한다. 이 구조는 정정구조이므로 반력과 휨모멘트는 평형식으로 구할 수 있고, 주어진 휨강성 EI는 계산에 필요하지 않다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 길이가 1 m, 지름이 50 mm인 강봉에 인장력 P가 단면의 도심에 작용하여 강봉의 길이는 1,005 mm, 지름은 49.9 mm가 되었다. 강봉의 푸아송비는?



① 0.25

② 0.3

③ 0.35

④ 0.4

정답 4번

간단한 해설

푸아송비는 **종변형률에 대한 횡변형률의 비에 음수를 붙인 값**이다. 길이 증가로 종변형률은 0.005, 지름 감소로 횡변형률은 −0.002이므로 푸아송비는 0.4이다.

계산 과정

푸아송비의 적용: 인장력 P가 단면의 도심에 작용하므로 강봉의 축방향 인장에 따른 길이와 지름의 변화를 이용한다. 종변형률을 ε_l, 횡변형률을 ε_t라 하면 푸아송비는 $\nu = -\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_l}$이다. 변형률은 **변화량을 변형 전 치수로 나눈 값**이다.

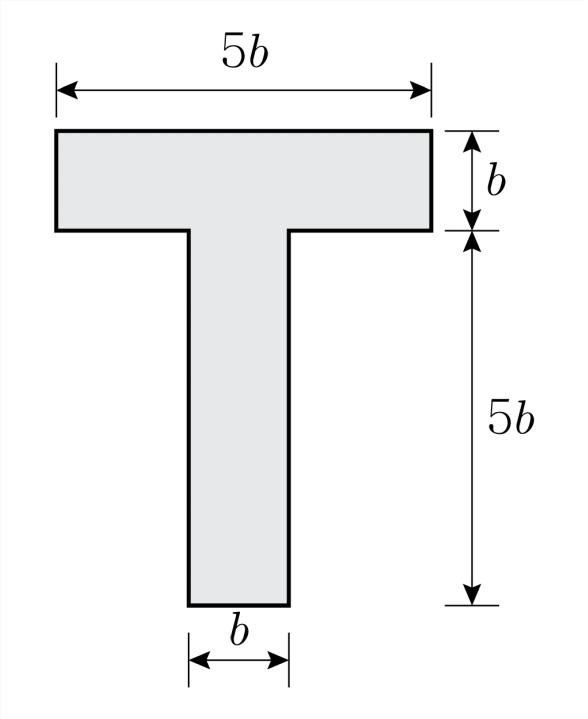
종변형률: 변형 전 길이는 1 m = 1,000 mm이고, 늘어난 길이는 1,005 − 1,000 = 5 mm이다. 따라서 $\varepsilon_l = \frac{5}{1{,}000} = 0.005$이다. 길이가 늘어났으므로 양수이다.

횡변형률: 변형 전 지름은 50 mm이고, 지름 변화량은 49.9 − 50 = −0.1 mm이다. 따라서 $\varepsilon_t = \frac{-0.1}{50} = -0.002$이다. **지름이 줄었으므로 음수**이며, 단면적 변화율이 아니라 지름의 변화율을 사용한다.

푸아송비: $\nu = -\frac{-0.002}{0.005} = 0.4$이다. 두 변형률의 비이므로 단위가 없으며, 선택지 ④의 0.4와 일치한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 T형 단면의 수평 소성중립축에 대한 소성모멘트 M_p는? (단, 단면은 탄성-완전소성 재료로 구성되어 있으며, 인장과 압축의 항복응력은 σ_y이다)



① $5b^3\sigma_y$

② $10b^3\sigma_y$

③ $15b^3\sigma_y$

④ $20b^3\sigma_y$

정답 3번

간단한 해설

완전소성 상태에서는 인장·압축 항복응력이 같으므로 **단면적을 이등분하는 수평선**이 소성중립축이다. 플랜지와 웨브의 면적이 같아 그 경계가 소성중립축이며, 두 합력의 크기와 간격을 곱하면 소성모멘트는 $15b^3\sigma_y$이다.

NoteBase

계산 과정

단면적: 그림에서 위쪽 플랜지의 폭은 5b, 두께는 b이고, 아래쪽 웨브의 폭은 b, 높이는 5b이다. 따라서 플랜지 면적은 $A_f = 5b \cdot b = 5b^2$, 웨브 면적은 $A_w = b \cdot 5b = 5b^2$이며 전체 면적은 $10b^2$이다.

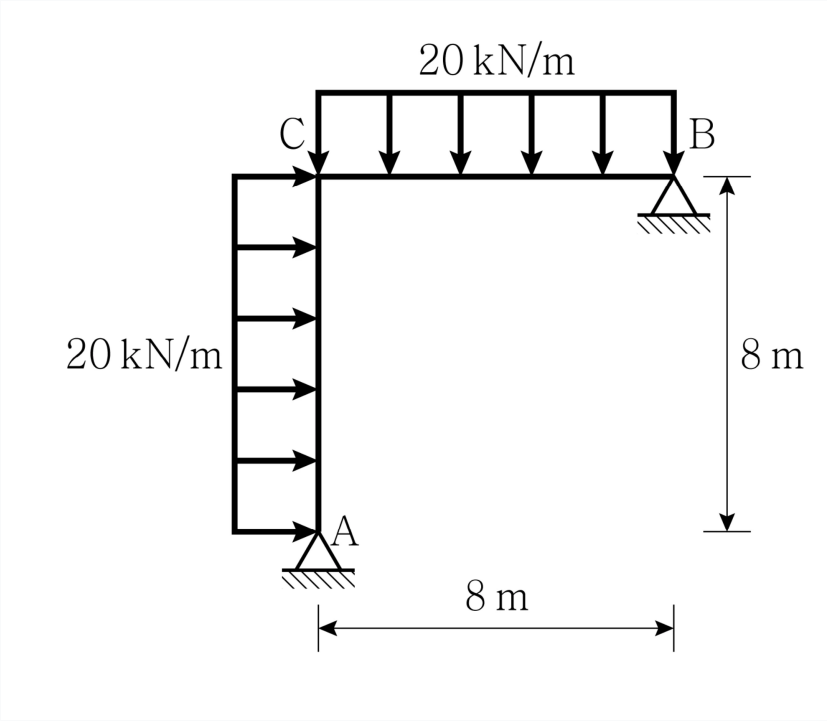
소성중립축: 탄성-완전소성 재료의 완전소성 상태에서는 인장부와 압축부에 각각 항복응력 σ_y가 균일하게 작용한다. 축력 없이 휨모멘트만 받으면 인장합력과 압축합력의 크기가 같아야 하므로, 두 영역의 면적도 같아야 한다. 전체 면적의 절반이 $5b^2$이고 플랜지와 웨브가 각각 이 면적을 가지므로 **플랜지와 웨브의 경계**가 수평 소성중립축이다.

합력과 작용점: 각 영역의 합력 크기는 응력과 면적의 곱이므로 $F = 5b^2\sigma_y$이다. 응력이 균일하므로 합력은 각 직사각형의 도심에 작용한다. 소성중립축에서 플랜지 도심까지의 거리는 $b/2$, 웨브 도심까지의 거리는 $5b/2$이다. 따라서 두 합력 사이의 거리, 즉 **우력의 팔길이**는 $d = \frac{b}{2} + \frac{5b}{2} = 3b$이다.

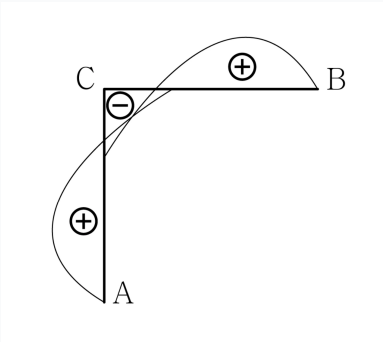
소성모멘트: 크기가 같고 방향이 반대인 두 합력이 이루는 우력의 모멘트는 $M_p = Fd$이다. 따라서 $M_p = (5b^2\sigma_y) \cdot 3b = 15b^3\sigma_y$로, ③의 값과 일치한다. 응력에 길이의 세제곱을 곱한 값이므로 단위는 힘×길이이다.

NoteBase

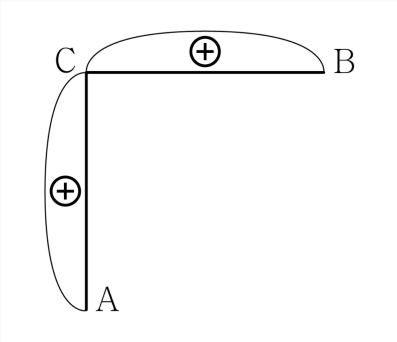
문 7. 그림과 같은 부정정 구조물에서 정성적인 축력도로 옳은 것은? (단, 휨강성 EI와 축강성 EA는 일정하고, 자중은 무시한다)



①

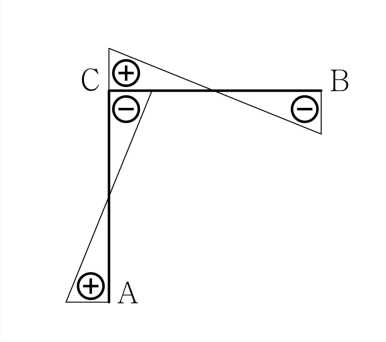


②

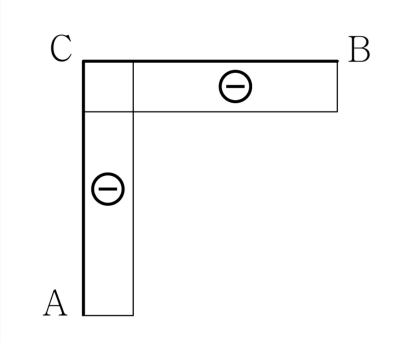


NoteBase

③



④



정답 4번

간단한 해설

각 부재에 작용하는 분포하중은 부재 축에 수직이므로 **축력은 부재별로 일정**하다. 하중에 의해 C가 오른쪽 아래로 변위하면서 AC와 CB가 모두 짧아지므로, 두 부재의 축력도는 **압축을 나타내는 음의 직사각형**이 된다.

도식 해설

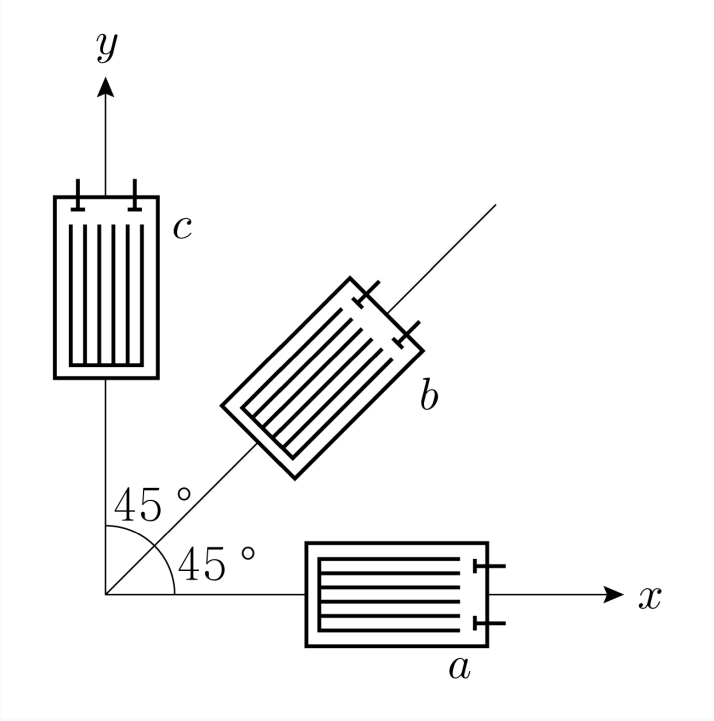
축력도의 형상: 축력은 부재 축 방향으로 작용하는 내력이며, 인장을 +, 압축을 −로 표시한다. AC의 축은 연직인데 분포하중은 수평으로, CB의 축은 수평인데 분포하중은 연직으로 작용한다. 따라서 두 부재 모두 **부재 축 방향의 분포하중이 없다**. 자중도 무시하므로 각 부재를 따라 축력이 변하지 않아, 축력도는 각각 직사각형이어야 한다.

축력의 부호: AC와 CB는 길이가 각각 8 m이고, 같은 크기인 20 kN/m의 분포하중을 받으며 강성과 지지조건도 대칭이다. 기둥에 작용하는 오른쪽 방향 하중과 보에 작용하는 아래쪽 방향 하중으로 C는 오른쪽 아래로 변위한다. B의 수평이동이 구속되어 있어 C가 오른쪽으로 이동하면 CB의 양 끝이 가까워진다. A의 연직이동도 구속되어 있어 C가 아래로 이동하면 AC의 양 끝이 가까워진다. 따라서 **AC와 CB 모두 길이가 줄어드는 압축 상태**이므로 축력의 부호는 음이다.

도식의 판독: ①·②의 곡선형 분포와 ③의 경사진 직선형 분포는 부재를 따라 축력이 변하는 모양이어서 이 구조물의 축력도가 될 수 없다. ④는 AC와 CB 모두 일정한 음의 값을 갖는 직사각형으로 표시되어, 두 부재의 압축축력 분포와 일치한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 강재 표면에 변형률 로제트 게이지를 붙여 평면변형률을 측정한 결과 $\varepsilon_a = 2 \times 10^{-7}$, $\varepsilon_b = 4 \times 10^{-7}$, $\varepsilon_c = 6 \times 10^{-7}$이었다. 최대 주변형률 ε_1은?



① 2×10^{-7}

② 4×10^{-7}

③ 6×10^{-7}

④ 8×10^{-7}

정답 3번

간단한 해설

45° 방향의 측정값이 x·y 방향 변형률의 평균과 같으므로 **전단변형률이 0**이다. 따라서 x·y축이 주방향이며, 두 측정값 중 큰 값인 6×10^{-7}이 최대 주변형률이다.

NoteBase

계산 과정

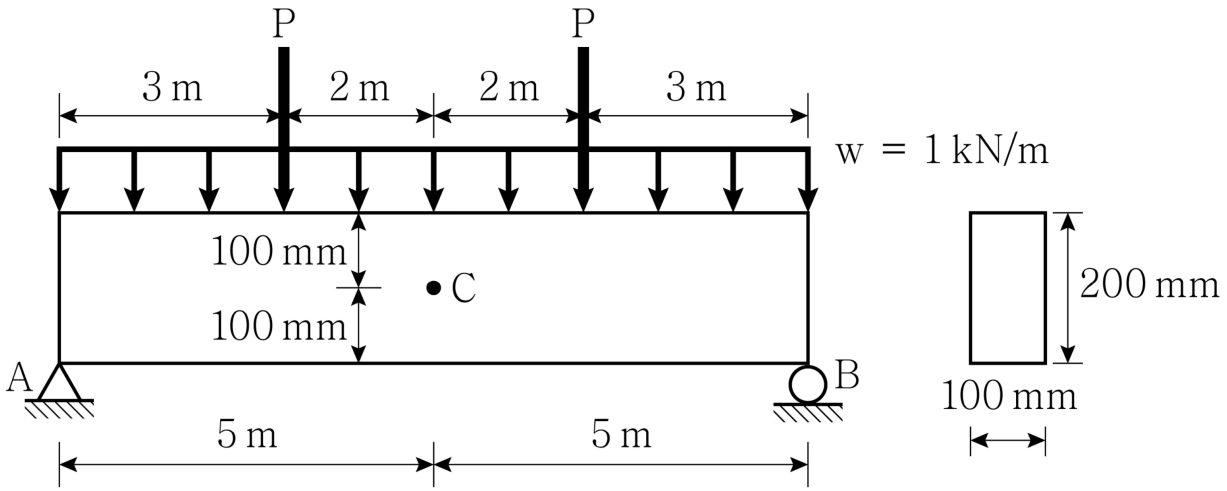
측정 방향과 변형률: 그림에서 a는 x축, b는 x축에서 45°, c는 y축 방향이다. 따라서 $\varepsilon_x = \varepsilon_a = 2 \times 10^{-7}$, $\varepsilon_y = \varepsilon_c = 6 \times 10^{-7}$이다. 구하려는 값은 평면 내 모든 방향의 수직변형률 중 최댓값이다.

전단변형률 계산: 45° 방향의 변형률 변환식은 $\varepsilon_b = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y}{2} + \frac{\gamma_{xy}}{2}$이다. 여기서 γ_{xy}는 공학적 전단변형률이다. 측정값을 대입하면 $\gamma_{xy} = 2\varepsilon_b - \varepsilon_x - \varepsilon_y$이므로 $\gamma_{xy} = (2 \cdot 4 - 2 - 6) \times 10^{-7} = 0$이다. 즉, **x·y축 사이의 직각이 변하지 않는다**.

최대 주변형률 결정: 주변형률은 전단변형률이 0이 되는 주방향의 수직변형률이다. 이 문제에서는 **x·y축이 이미 주방향**이므로, 두 축의 수직변형률 중 큰 값을 택한다. 따라서 $\varepsilon_1 = \varepsilon_y = 6 \times 10^{-7}$이며, ③의 값과 일치한다. 변형률은 길이 변화량을 원래 길이로 나눈 비이므로 무차원이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 직사각형 단면의 단순보에 집중하중과 등분포하중이 작용하고 있다. C점에 발생하는 휨응력(σ)과 전단응력(τ)의 크기 [MPa]는? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① σ: 0, τ: 0

② σ: 0, τ: 1.125

③ σ: 63.7, τ: 0

④ σ: 63.7, τ: 1.125

정답 1번

간단한 해설

C점은 단면 높이의 중앙인 **중립축 위**에 있어 휨응력이 0이다. 또한 하중이 좌우 대칭이어서 **보 중앙의 전단력도 0**이므로 전단응력은 0이다.

NoteBase

계산 과정

C점의 위치: 보의 길이는 10 m이고 C점은 A에서 5 m 떨어진 중앙 단면에 있다. 직사각형 단면은 폭 100 mm, 높이 200 mm이며 C점은 위아래 면에서 각각 100 mm 떨어져 있다. 따라서 C점은 단면 도심을 지나는 중립축 위에 있고, 중립축으로부터의 거리 $y_C = 0$이다.

지점반력: 두 집중하중 P의 위치와 전 구간의 등분포하중이 모두 보 중앙에 대해 대칭이므로 **A와 B의 수직반력은 같다**. 보의 길이를 L, 등분포하중의 크기를 w라 하면 $R_A = R_B = P + \frac{wL}{2}$이다. 여기서 L = 10 m, w = 1 kN/m이므로 등분포하중의 합력은 10 kN이고 각 지점은 그 절반인 5 kN씩을 부담한다.

C단면의 전단력: C단면 왼쪽 부분에는 위쪽 반력과 아래쪽 집중하중 P, 길이 5 m에 걸친 등분포하중이 작용한다. 왼쪽 등분포하중의 합력은 $1 \times 5 = 5$ kN이므로 $V_C = R_A - P - w \cdot (5\text{m}) = 0$이다. 즉, 두 집중하중의 크기 P를 따로 구하지 않아도 전단력은 0으로 결정된다.

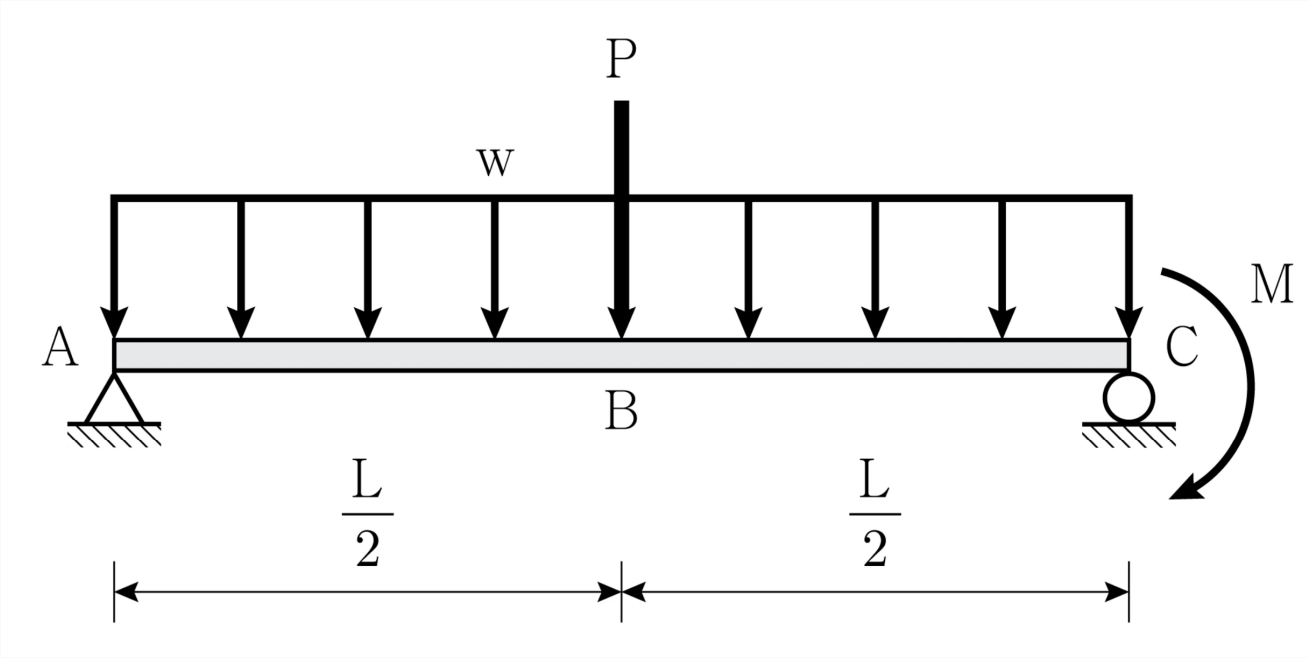
C점의 휨응력: 보의 휨응력 크기는 $|\sigma| = \frac{|My|}{I}$이다. M은 해당 단면의 휨모멘트, y는 중립축에서의 거리, I는 중립축에 대한 단면2차모멘트이다. C점에서는 **중립축으로부터의 거리가 0**이므로 휨모멘트가 존재하더라도 σ = 0 MPa이다.

C점의 전단응력: 보의 전단응력 크기는 $|\tau| = \frac{|V|Q}{Ib}$이다. Q는 해당 높이에서 나눈 단면 한쪽 부분의 중립축에 대한 단면1차모멘트이고, b는 그 높이의 단면 폭으로 100 mm이다. 직사각형 단면의 중립축에서도 Q는 0이 아니지만, 이 문제에서는 **단면 전단력 자체가 0**이므로 τ = 0 MPa이다.

따라서 C점의 응력은 σ = 0 MPa, τ = 0 MPa이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 길이 L인 단순보에 집중하중 P, 등분포하중 w, 모멘트하중 M이 작용하고 있다. 지점 C에 작용하는 모멘트하중 $M = \frac{PL}{2}$이고, 등분포하중 $w = \frac{2P}{L}$일 때, 지점 A에서의 처짐각 크기는? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{PL^2}{16EI}$
② $\frac{5PL^2}{48EI}$
③ $\frac{11PL^2}{48EI}$
④ $\frac{7PL^2}{16EI}$

정답 1번

간단한 해설

전 구간 등분포하중과 C점의 모멘트하중이 A점에 만드는 처짐각은 **크기가 같고 방향이 반대**여서 상쇄된다. 중앙 집중하중에 의한 처짐각만 남으므로 크기는 $\frac{PL^2}{16EI}$ rad이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 부호: 그림에서 B는 보의 중앙이고, 등분포하중은 AC 전 구간에 작용하며, C점의 모멘트는 시계방향이다. A점 처짐각은 **시계방향을 양(+)**으로 정한다. 휨강성 EI가 일정한 선형 탄성 보의 미소변형 해석에서는 각 하중에 의한 처짐각을 중첩할 수 있다. 아래 공식들은 탄성곡선식을 적분하고 양 끝 지점의 수직처짐이 0인 조건을 적용하여 얻는다. 단순지점은 수직처짐을 구속하지만 회전은 허용한다.

중앙 집중하중 P: 중앙의 아래 방향 집중하중은 A점을 시계방향으로 회전시킨다. 이 하중만 작용할 때 A점 처짐각은 $\theta_{A,P} = \frac{PL^2}{16EI}$이다.

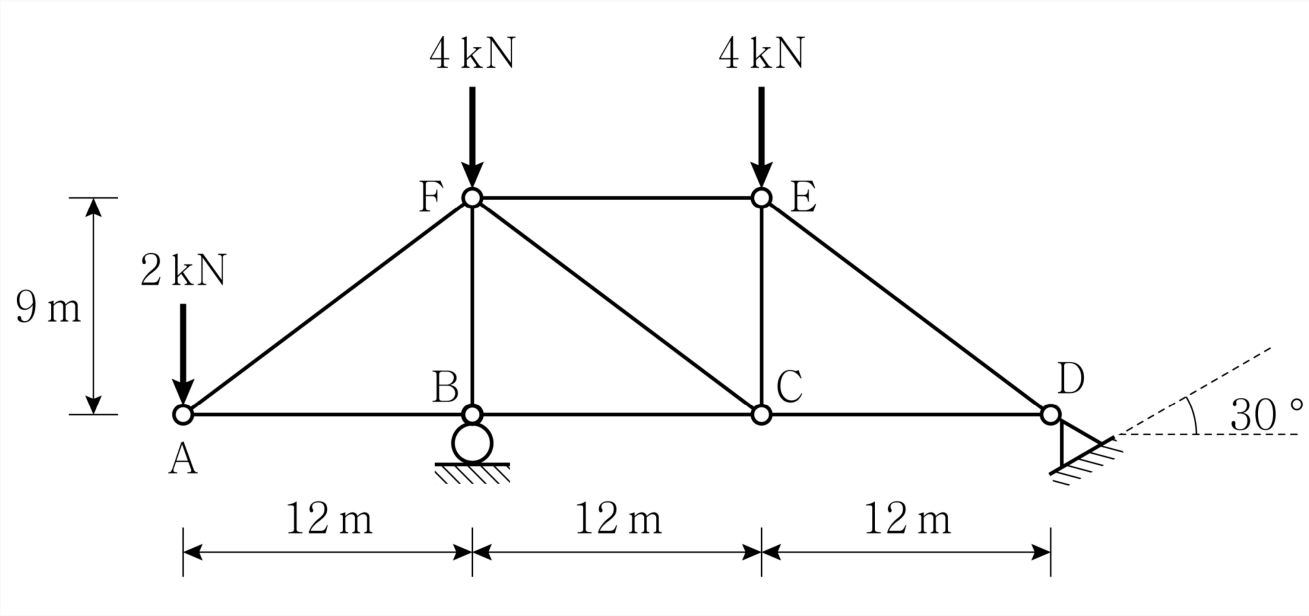
전 구간 등분포하중 w: 아래 방향 등분포하중도 A점을 시계방향으로 회전시킨다. A점 처짐각은 $\theta_{A,w} = \frac{wL^3}{24EI}$이다. 주어진 $w = \frac{2P}{L}$을 대입하면 $\theta_{A,w} = \frac{PL^2}{12EI}$이다.

C점 모멘트하중 M: C점의 시계방향 모멘트만 작용하면 A점의 수직반력은 아래 방향으로 $\frac{M}{L}$이고, 보에는 음의 휨모멘트가 생긴다. 이에 따른 A점의 회전은 **반시계방향**이므로 앞서 정한 부호로는 음수이다. A점 처짐각은 $\theta_{A,M} = -\frac{ML}{6EI}$이다. 주어진 $M = \frac{PL}{2}$를 대입하면 $\theta_{A,M} = -\frac{PL^2}{12EI}$이다.

처짐각의 합: $\theta_A = \theta_{A,P} + \theta_{A,w} + \theta_{A,M}$이다. 등분포하중과 모멘트하중의 기여는 $\theta_{A,w} + \theta_{A,M} = 0$으로 상쇄된다. 따라서 A점은 시계방향으로 회전하며, 처짐각 크기는 $|\theta_A| = \frac{PL^2}{16EI}$ rad로 ①의 식과 일치한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 트러스에 집중하중이 작용할 때, EF 부재의 부재력 [kN]은? (단, 자중은 무시한다)



① $\frac{4}{5}$ (압축)

② $\frac{4}{5}$ (인장)

③ $\frac{4}{3}$ (압축)

④ $\frac{4}{3}$ (인장)

정답 3번

간단한 해설

EF·FC·BC를 절단하고 **C점에 대한 모멘트 평형**을 적용하면 FC와 BC의 부재력을 소거할 수 있다. EF의 부재력은 $\frac{4}{3}$kN이며, 절점을 미는 **압축력**이다.

NoteBase

계산 과정

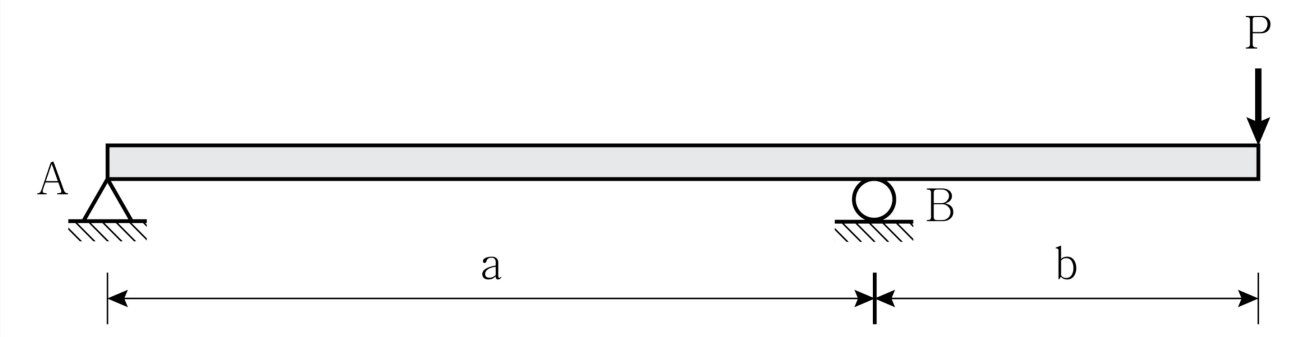
1. 지점반력: B는 수직반력만 발생하는 롤러 지점이고, D는 힌지 지점이다. 수평 외력이 없으므로 D의 수평반력은 0이다. D의 수직반력을 위쪽으로 D_y라 하고, B점에 대해 반시계방향 모멘트를 양으로 잡는다. A의 2 kN 하중은 B 왼쪽 12 m, E의 4 kN 하중은 B 오른쪽 12 m, D는 B 오른쪽 24 m에 있다. F의 하중은 B의 바로 위에 있어 B점에 대한 모멘트가 0이다. 따라서 $24D_y + 2 \cdot 12 - 4 \cdot 12 = 0$에서 $D_y = 1\text{kN}$이며 위쪽으로 작용한다.

2. 절단면과 모멘트 기준점: EF·FC·BC를 절단하여 E·C·D가 포함된 오른쪽 부분을 분리한다. **FC와 BC의 작용선이 모두 지나는 C점**에 대해 모멘트를 취하면 두 부재력은 식에서 사라진다. 수평 부재 EF와 C 사이의 수직거리는 9 m이고, D의 수직반력과 C 사이의 수평거리는 12 m이다. E의 4 kN 하중도 작용선이 C를 지나므로 모멘트가 0이다.

3. EF 부재력: N_{EF}를 인장력으로 가정하면 오른쪽 부분의 EF 절단면에는 왼쪽으로 힘이 작용한다. 이 힘은 C점에 대해 반시계방향 모멘트를 만든다. 반시계방향을 양으로 하면 $9N_{EF} + 1 \cdot 12 = 0$이므로 $N_{EF} = -\frac{12}{9} = -\frac{4}{3}\text{kN}$이다. **음수는 가정한 인장 방향의 반대**를 뜻하므로 EF는 압축부재이다. 크기는 $\frac{4}{3}\text{kN}$, 압축이므로 ③과 일치한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 내민보에서 지점 B의 상향 수직반력이 3P일 때, 길이 비 $\frac{b}{a}$는? (단, 자중은 무시한다)



① 0.5

② 1.0

③ 2.0

④ 3.0

정답 3번

간단한 해설

A점에 대한 **모멘트 평형**에서 B의 반력은 팔길이 a, 끝단 하중 P는 팔길이 a + b로 작용한다. 따라서 $3Pa = P(a+b)$이므로 길이 비는 $\frac{b}{a} = 2.0$이다.

계산 과정

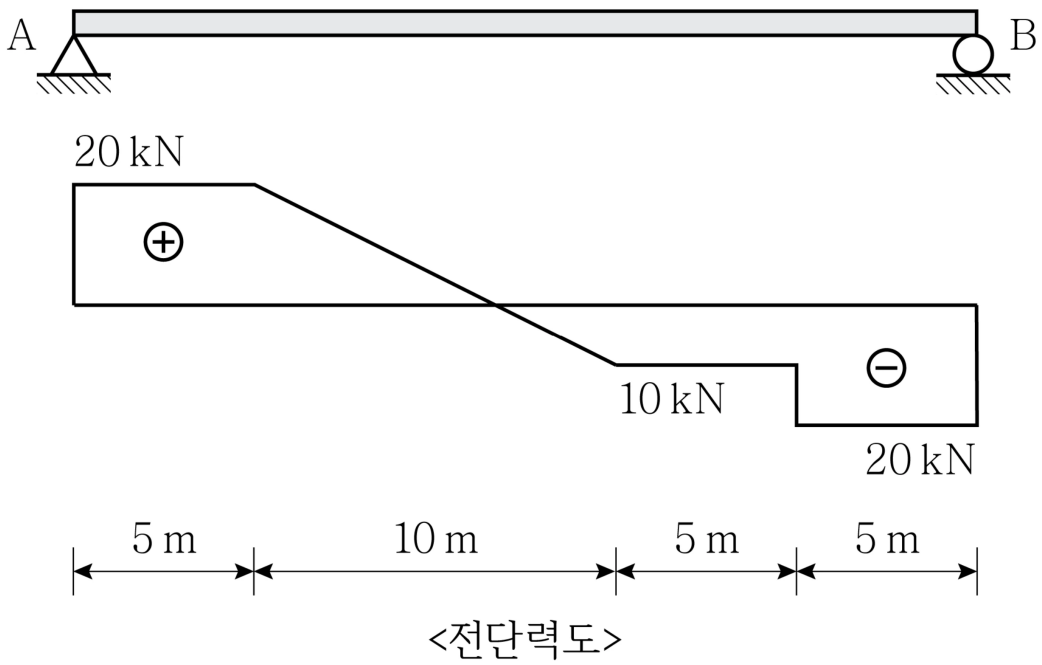
그림에서 A와 B 사이의 거리는 a, B에서 오른쪽 끝단까지의 거리는 b이다. 끝단에는 하향 하중 P가 작용하고 B의 상향 수직반력은 3P이다. 보의 자중은 무시하므로 별도의 자중 하중은 고려하지 않는다.

A점을 기준으로 모멘트 평형을 세우면 **A의 반력은 작용점이 기준점이므로 모멘트가 0**이다. 수직력의 모멘트 팔길이는 A에서 각 작용선까지의 수평거리이므로, B의 반력에는 a를, 끝단 하중에는 a + b를 곱한다. 반시계방향을 양으로 잡으면 $3P \cdot a - P(a+b) = 0$이다.

이를 정리하면 $3Pa = P(a+b)$이다. 양변을 P로 나누어 $3a = a + b$를 얻고, 따라서 $b = 2a$이다. 구하는 길이 비는 $\frac{b}{a} = 2.0$이며, 같은 길이 단위끼리 나눈 비이므로 단위가 없다. 이는 ③의 2.0에 해당한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 단순보 AB에 하중이 작용하여 전단력도가 아래와 같이 도식되었다면, 등분포하중의 크기[kN/m]는? (단, 자중은 무시한다)



<전단력도>

① 1.0

② 2.0

③ 3.0

④ 30.0

정답 3번

간단한 해설

등분포하중의 크기는 **전단력도의 기울기 절댓값**이다. 길이 10 m 구간에서 전단력이 +20 kN에서 −10 kN으로 30 kN 감소하므로, 하중의 크기는 3.0 kN/m이다.

NoteBase

계산 과정

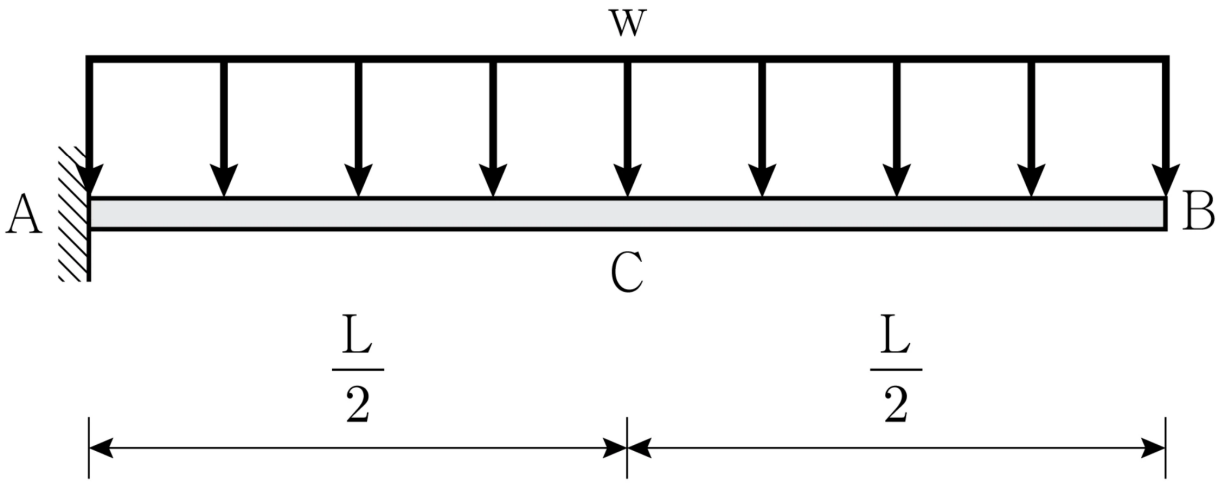
구간 판독: 전단력도에서 직선으로 내려가는 구간의 길이는 10 m이다. 이 구간의 왼쪽 끝 전단력은 +20 kN, 오른쪽 끝 전단력은 −10 kN이므로 전단력 변화량은 $\Delta V = -10 - 20 = -30$ kN이다. 오른쪽 끝은 기준선 아래에 있으므로 **음의 전단력**으로 읽는다.

하중과 전단력의 관계: 아래쪽 등분포하중의 크기를 w, 작용 구간의 길이를 L이라 하면, 구간의 수직력 평형에 따라 $\Delta V = -wL$이다. 즉, **전단력의 감소량은 그 구간에 작용한 하중의 합력**과 같다. 등분포하중은 단위 길이당 하중이 일정하므로 전단력도가 직선으로 기울어진다. 자중은 무시하므로 별도의 자중 하중을 더하지 않는다.

하중 크기 계산: 전단력 감소량 30 kN을 해당 구간 길이 10 m로 나누면 $w = -\frac{\Delta V}{L} = \frac{20 - (-10)}{10} = 3.0$ kN/m이다. 따라서 등분포하중의 크기는 3.0 kN/m이며, ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 등분포하중을 받는 외팔보의 고정단 A, 자유단 B 및 중간점 C에서의 곡률반경을 각각 ρ_A, ρ_B, ρ_C라고 할 때, 곡률반경 비 $\frac{\rho_C}{\rho_A}$와 $\frac{\rho_C}{\rho_B}$는? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{\rho_C}{\rho_A}$: 4, $\frac{\rho_C}{\rho_B}$: 0
② $\frac{\rho_C}{\rho_A}$: 4, $\frac{\rho_C}{\rho_B}$: $\frac{1}{2}$
③ $\frac{\rho_C}{\rho_A}$: 8, $\frac{\rho_C}{\rho_B}$: 0
④ $\frac{\rho_C}{\rho_A}$: 8, $\frac{\rho_C}{\rho_B}$: $\frac{1}{2}$

정답 1번

간단한 해설

휨강성이 일정하면 **곡률반경은 휨모멘트 크기에 반비례**한다. C의 휨모멘트 크기는 A의 1/4이므로 $\frac{\rho_C}{\rho_A} = 4$이고, 자유단 B는 **곡률이 0**이어서 곡률반경이 무한대로 가므로 $\frac{\rho_C}{\rho_B} = 0$이다.

NoteBase

계산 과정

곡률과 휨모멘트의 관계: 곡률은 곡률반경의 역수이며, 보의 휨 관계식은 $\frac{1}{\rho} = \frac{|M|}{EI}$이다. 여기서 M은 휨모멘트, EI는 휨강성이고, 곡률반경은 양의 크기로 다룬다. 이 문제에서는 **EI가 일정**하므로 각 단면의 휨모멘트 크기로 곡률반경의 비를 구할 수 있다.

A와 C의 휨모멘트: 그림에서 보의 전체 길이는 L이고 C에서 자유단 B까지의 길이는 $\frac{L}{2}$이다. 등분포하중의 세기를 W, 검토 단면에서 B까지의 길이를 s라 두면, 자유단 쪽 구간의 하중 합력은 Ws이고 단면에서 합력까지의 거리는 $\frac{s}{2}$이다. 따라서 모멘트 크기는 $|M| = Ws \cdot \frac{s}{2} = \frac{Ws^2}{2}$이다. A에서는 $|M_A| = \frac{WL^2}{2}$, C에서는 $|M_C| = \frac{W(L/2)^2}{2} = \frac{WL^2}{8}$이므로, C의 모멘트 크기는 A의 1/4이다.

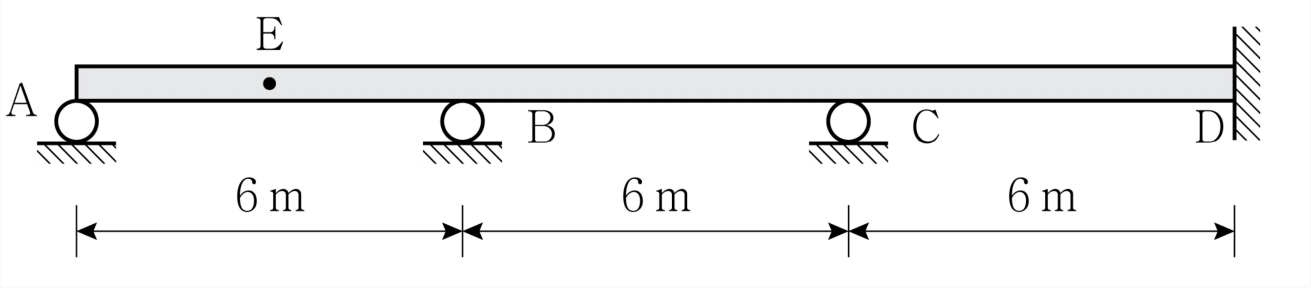
C와 A의 곡률반경 비: $\rho = \frac{EI}{|M|}$이므로 **곡률반경의 비는 모멘트 크기의 비를 뒤집어** 구한다. 따라서 $\frac{\rho_C}{\rho_A} = \frac{|M_A|}{|M_C|} = \frac{WL^2/2}{WL^2/8} = 4$이다.

C와 B의 곡률반경 비: 자유단 B에는 집중모멘트가 작용하지 않으므로 $M_B = 0$이다. 따라서 $\frac{1}{\rho_B} = 0$이며, 이는 **곡률반경이 0이 아니라 무한대로 간다**는 뜻이다. 유한한 ρ_C에 대하여 $\frac{\rho_C}{\rho_B} = \rho_C \cdot \frac{1}{\rho_B} = 0$이다.

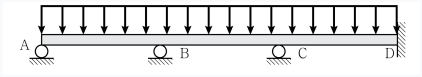
두 곡률반경 비는 각각 $\frac{\rho_C}{\rho_A} = 4$, $\frac{\rho_C}{\rho_B} = 0$으로, ①의 값과 일치한다. 두 비는 같은 길이 차원의 양을 나눈 값이므로 단위가 없다.

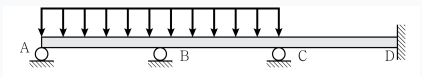
NoteBase

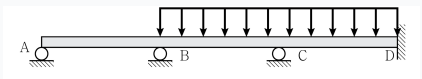
문 15. 그림과 같은 연속보에 하향의 등분포 활하중이 작용할 때, E점의 정모멘트가 가장 큰 것은? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 등분포하중의 크기는 모두 동일하다)



① 

② 

③ 

④ 

정답 1번

간단한 해설

E점의 모멘트 영향선은 AB·CD 경간에서 양수이고 BC 경간에서 음수이다. 따라서 **AB·CD에는 활하중을 놓고 BC는 비워 두면**, E점 정모멘트를 증가시키는 효과만 더해져 가장 커진다.

NoteBase

선지별 해설

모멘트 영향선은 하향 단위하중의 위치에 따라 E점에 생기는 휨모멘트를 나타낸다. 영향선이 양수인 곳의 하향 하중은 E점 정모멘트를 증가시키고, 음수인 곳의 하향 하중은 감소시킨다. 각 경간이 6 m이고 EI가 일정한 그림의 연속보에서는 E가 있는 AB 경간과 한 경간 건너의 CD 경간에서 양수, 인접한 BC 경간에서 음수이다. 등분포하중에 의한 모멘트는 하중을 놓은 구간의 영향선 면적에 하중강도를 곱한 값이므로, 하중강도가 같을 때는 **양의 영향선 구간에만 재하**해야 정모멘트가 최대가 된다.

① AB·CD 재하: E점 정모멘트를 증가시키는 두 경간에 모두 하중을 놓고, 감소시키는 BC 경간은 비워 둔다. 따라서 양의 기여만 모두 더해진다.

② AB·BC·CD 재하: ①의 배치에 BC 경간 하중이 추가된 것이다. **BC 하중의 음의 기여**가 더해지므로, 전체 하중량은 많아도 E점 정모멘트는 ①보다 작다.

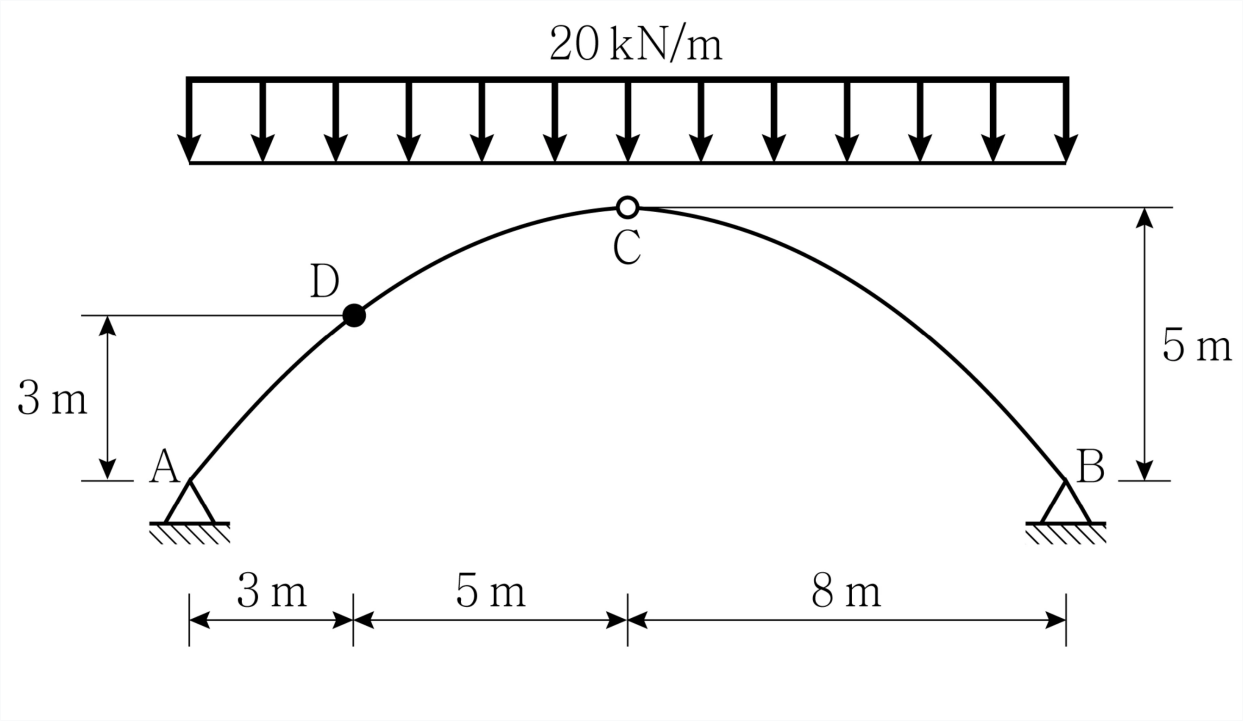
③ AB·BC 재하: ①과 비교하면 정모멘트를 증가시키는 CD 하중이 빠지고, 감소시키는 BC 하중이 추가된다. 두 변화 모두 E점 정모멘트를 작게 한다.

④ BC·CD 재하: ①과 비교하면 E가 있는 AB 경간의 양의 기여가 빠지고, BC 경간의 음의 기여가 추가된다. 따라서 CD에 하중이 있어도 ①보다 E점 정모멘트가 작다.

네 배치 중 양의 기여를 모두 포함하면서 음의 기여를 제외한 것은 ①의 AB·CD 재하이므로, 이때 E점 정모멘트가 가장 크다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 3활절 아치에 등분포하중이 작용할 때, D점에 발생하는 휨모멘트의 크기 [kN·m]는? (단, 휨강성 EI와 축강성 EA는 일정하고, D점의 위치는 계산 편의를 위한 수치이며, 자중은 무시한다)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 3번

간단한 해설

3활절 아치는 **중앙 힌지 C의 휨모멘트가 0**인 조건으로 수평반력을 구한다. D점에서는 수직하중이 만드는 모멘트에서 수평반력이 만드는 모멘트를 빼면 휨모멘트의 크기가 6 kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

① 조건과 풀이 원리: 그림에서 전체 수평거리는 3 + 5 + 8 = 16 m이고, C점은 A점에서 수평으로 8 m, 높이 5 m에 있다. D점은 A점에서 수평으로 3 m, 높이 3 m에 있다. 하중은 수평거리 전체에 걸쳐 아래로 작용하는 20 kN/m의 등분포하중이다. 자중은 무시한다. 3활절 아치는 정정구조이므로 EI와 EA를 이용한 변형 계산 없이 평형조건으로 반력과 휨모멘트를 구할 수 있다.

② 수직반력: 전체 하중의 합력은 20 × 16 = 320 kN이며, 수평거리의 중앙에 작용한다. A·B 지점에 대한 모멘트 평형으로 두 수직반력은 같고 위쪽으로 작용한다. 따라서 $V_A = V_B = \frac{320}{2} = 160$ kN이다.

③ 수평반력: A점의 오른쪽 수평반력을 H라 두면 B점에는 같은 크기의 왼쪽 수평반력이 작용한다. 아치의 왼쪽 절반을 분리하여 **C점의 힌지에서 휨모멘트가 0**인 조건을 적용한다. 왼쪽 절반의 분포하중 합력은 20 × 8 = 160 kN이고, C점에서 수평으로 4 m 떨어진 곳에 작용한다. C점에 대한 모멘트 평형식은 $160 \cdot 8 - 160 \cdot 4 - 5H = 0$이다. 따라서 $H = \frac{640}{5} = 128$ kN이다.

④ D점의 휨모멘트: D점 왼쪽 부분에서 A점의 수직반력이 만드는 모멘트는 160 × 3 = 480 kN·m이다. A~D 구간의 분포하중 합력은 20 × 3 = 60 kN이며, D점에서 수평으로 $\frac{3}{2} = 1.5$ m 떨어져 작용하므로 그 모멘트는 60 × 1.5 = 90 kN·m이다. 수평반력의 모멘트팔은 **D점의 높이 3 m**이므로 그 모멘트는 128 × 3 = 384 kN·m이다. 하부가 인장되는 휨모멘트를 양으로 잡으면 $M_D = 480 - 90 - 384 = 6$ kN·m이다. 따라서 요구한 크기는 6 kN·m로 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 안지름이 420 mm인 얇은 벽으로 된 원통형 압력용기가 3 MPa의 내부압력을 받고 있다. 원주방향의 허용응력이 90 MPa일 경우 필요한 최소 두께[mm]는?

① 5

② 7

③ 9

④ 11

정답 2번

간단한 해설

얇은 원통형 압력용기의 원주방향 응력은 $\sigma_\theta = \frac{pd}{2t}$이다. 이 응력이 **허용응력 90 MPa 이하**가 되어야 하므로 필요한 최소 두께는 7 mm이다.

계산 과정

주어진 안지름은 d = 420 mm, 내부압력은 p = 3 MPa이며, 구할 벽 두께를 t라 한다. 얇은 벽 조건에서는 벽 두께에 걸쳐 원주방향 응력이 일정하다고 근사한다. 1 MPa = 1 N/mm^{2}이므로 압력과 응력을 MPa, 길이를 mm로 넣으면 두께가 mm로 계산된다.

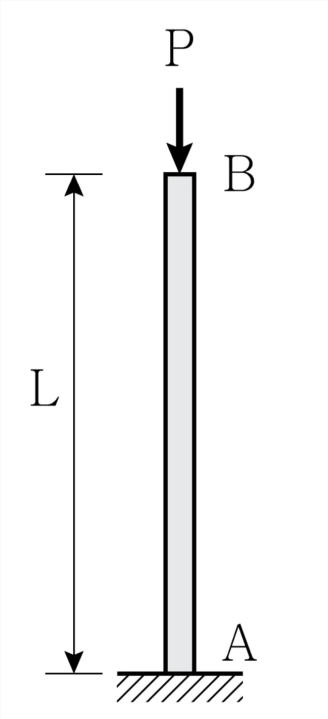
원주방향 응력 σ_θ는 용기의 둘레 방향으로 벽을 잡아당기는 인장응력이다. 원통을 중심축을 포함하는 면으로 길이 L만큼 잘라 반쪽의 힘 평형을 생각하면, 내부압력에 의한 힘은 pdL, 두 절단면이 저항하는 힘은 $2\sigma_\theta tL$이다. 따라서 $pdL = 2\sigma_\theta tL$에서 $\sigma_\theta = \frac{pd}{2t}$를 얻는다.

두께가 얇을수록 원주방향 응력이 커지므로, **최소 두께에서는 발생 응력이 허용응력과 같아진다**. 허용응력을 σ_a라 하면 필요한 조건은 $\frac{pd}{2t} \le \sigma_a$이고, 이를 두께에 대해 정리하면 $t \ge \frac{pd}{2\sigma_a}$이다.

주어진 값을 대입하면 $t_{\min} = \frac{3 \cdot 420}{2 \cdot 90} = 7\text{mm}$이다. 따라서 필요한 최소 두께는 7 mm이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 지름이 D인 원형단면을 가지는 일단 고정 타단 자유인 탄성좌굴 기둥부재에 압축력 P가 작용하고 있다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, E는 탄성계수, I는 단면 2차모멘트이고, 자중은 무시한다)



① 회전반경 $r = \frac{D}{4}$

② 유효세장비 $\lambda_e = \frac{4L}{D}$

③ 탄성좌굴하중 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$

④ 탄성좌굴응력 $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 ED^2}{64L^2}$

정답 2번

간단한 해설

일단 고정·타단 자유 기둥은 **유효길이가 실제 길이의 2배**이다. 따라서 유효세장비는 $\lambda_e = \frac{2L}{D/4} = \frac{8L}{D}$이며, ②의 식은 유효길이 대신 실제 길이 L을 사용한 것이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 회전반경은 단면적 A와 단면 2차모멘트 I로부터 $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$로 정의된다. 지름 D인 원형단면은 $A = \frac{\pi D^2}{4}$, $I = \frac{\pi D^4}{64}$이므로 $\frac{I}{A} = \frac{D^2}{16}$이다. 따라서 $r = \frac{D}{4}$이다.

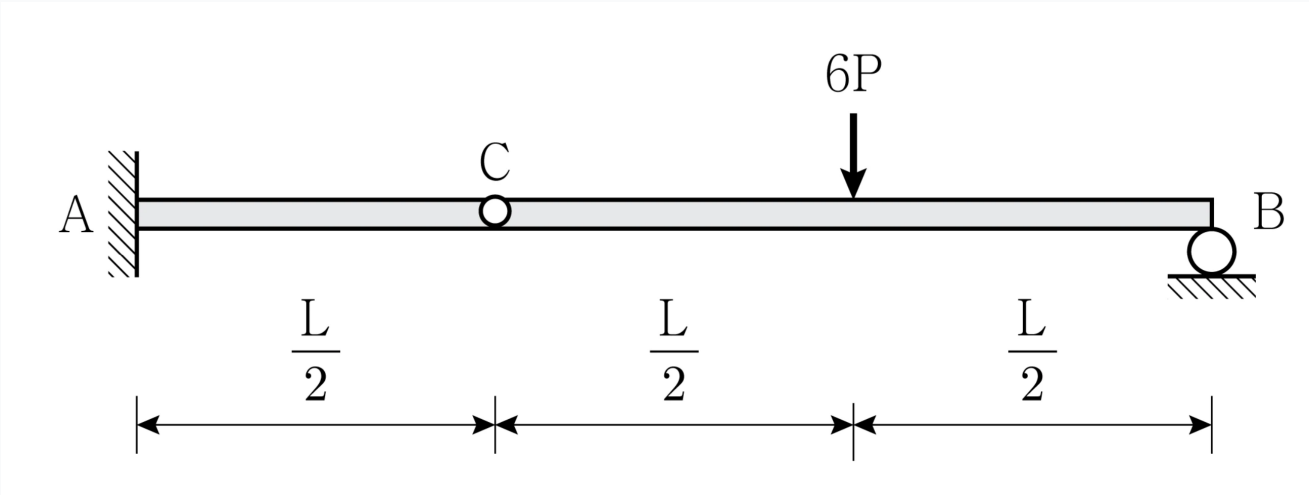
② X: 유효세장비는 **유효길이를 회전반경으로 나눈 값**이다. 그림에서 A단은 고정되고 B단은 자유이므로 유효길이는 $L_e = 2L$이다. 따라서 $\lambda_e = \frac{L_e}{r} = \frac{2L}{D/4} = \frac{8L}{D}$로 고쳐야 한다. 선지의 $\frac{4L}{D}$는 실제 길이 L을 회전반경으로 나눈 값으로, 단부의 구속조건을 반영하지 않았다.

③ O: 주어진 탄성좌굴 기둥에는 오일러 좌굴식을 적용한다. 유효길이를 사용한 좌굴하중은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$이며, $L_e = 2L$을 대입하면 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$이다. 유효길이가 제곱으로 들어가므로 분모에 계수 4가 붙는다.

④ O: 탄성좌굴응력은 **좌굴하중을 단면적으로 나눈 값**이다. 따라서 $\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A}$이고, ③의 좌굴하중을 적용하면 $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{4L^2} \cdot \frac{I}{A}$이다. 원형단면의 $\frac{I}{A} = \frac{D^2}{16}$을 대입하면 $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E D^2}{64L^2}$이 된다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 게르버보의 C점에서 수직처짐은? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{PL^3}{8EI}$
② $\frac{3PL^3}{8EI}$
③ $\frac{5PL^3}{8EI}$
④ $\frac{7PL^3}{8EI}$

정답 1번

간단한 해설

CB 구간의 중앙에 작용하는 6P는 C와 B에 각각 3P씩 전달된다. 따라서 AC는 **자유단에 3P가 작용하는 외팔보**로 계산하며, C점의 처짐은 아래쪽으로 $\frac{PL^3}{8EI}$이다.

NoteBase

계산 과정

구조와 조건: A는 고정단, C는 내부 힌지, B는 롤러 지점이다. 그림에서 AC의 길이는 $\frac{L}{2}$, CB의 길이는 L이고, 6P는 CB의 중앙에 아래쪽으로 작용한다. P는 힘, L은 길이이며, E는 탄성계수, I는 단면2차모멘트이다. 휨강성 EI는 일정하고 자중은 무시한다. 내부 힌지는 **휨모멘트를 전달하지 않지만 수직변위는 생길 수 있다**.

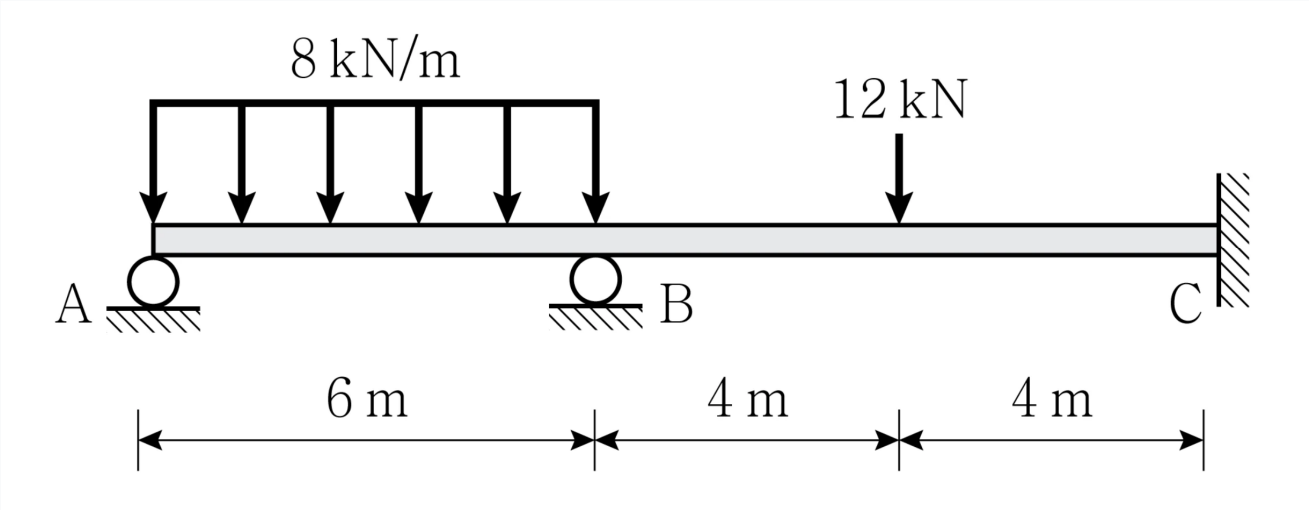
CB의 평형: CB만 분리하여 C에 대한 모멘트 평형을 적용한다. B의 상향 반력을 R_B라 하면 $R_B L = 6P \cdot \frac{L}{2}$이므로 $R_B = 3P$이다. 수직력 평형에 따라 C에서도 CB에 위쪽으로 3P가 작용한다. 작용·반작용에 의해 **AC의 C점에는 아래쪽으로 3P**가 작용한다.

AC의 처짐: AC는 A에서 고정되고 C에서 모멘트를 받지 않으므로, 길이 $a = \frac{L}{2}$인 외팔보의 끝에 집중하중 Q = 3P가 작용하는 경우이다. 휨강성이 일정한 외팔보의 자유단 집중하중에 의한 끝 처짐 크기는 $\delta = \frac{Qa^3}{3EI}$이다. 이를 적용하면 $\delta_C = \frac{3P(L/2)^3}{3EI}$, 즉 $\delta_C = \frac{PL^3}{8EI}$이다.

C점의 수직처짐은 아래쪽으로 $\frac{PL^3}{8EI}$이며, ①의 식과 일치한다. 이 값은 길이 차원을 가지므로 P, L, E, I에 일관된 단위를 사용하면 해당 길이 단위로 얻어진다.

NoteBase

문 20. 그림과 같은 부정정보의 C점에서 발생하는 부모멘트의 크기[kN · m]는? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① 3

② 6

③ 9

④ 12

정답 2번

간단한 해설

B점에서 보의 회전이 연속이라는 조건과 **C점의 회전각이 0**이라는 조건을 함께 적용한다. C점의 휨모멘트는 −6 kN·m이므로 부모멘트의 크기는 6 kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

1. 조건과 부호: AB의 길이는 6 m, BC의 길이는 8 m이다. AB 전 구간에 8 kN/m의 등분포하중이 작용하고, BC 중앙에 12 kN의 집중하중이 작용한다. 정모멘트를 양수로 두고 각 지점의 휨모멘트를 M_A, M_B, M_C라 하자. A는 단순지지점이므로 $M_A = 0$이다. **B는 보 내부의 힌지가 아니므로** 지점 위에서도 휨모멘트가 생길 수 있다.

2. B점의 회전 연속조건: EI가 일정하므로 A·B·C에 3연모멘트 정리를 적용한다. 경간 길이를 각각 $L_1 = 6$, $L_2 = 8$, 하중을 $w = 8$, $P = 12$로 대입한다. 등분포하중에 의한 항은 $\frac{wL_1^3}{4} = 432$, 중앙 집중하중에 의한 항은 $\frac{3PL_2^2}{8} = 288$이다. 따라서 모멘트의 단위를 kN·m로 두면 $28M_B + 8M_C = -(432 + 288) = -720$이 된다. 이 식은 B점에서 왼쪽 경간과 오른쪽 경간의 회전각이 같다는 조건을 나타낸다.

3. C점의 고정조건: BC 양 끝의 처짐이 0이고 **고정단 C의 회전각도 0**이므로, 중앙 집중하중을 받는 BC의 단부모멘트는 $M_B + 2M_C = -\frac{3PL_2}{8}$을 만족한다. 수치를 대입하면 $M_B + 2M_C = -36$이다. 고정단이라는 조건은 회전을 막는다는 뜻이며, 휨모멘트를 0으로 두는 조건이 아니다.

4. 연립과 결과: 두 번째 식에 4를 곱하면 $4M_B + 8M_C = -144$이다. 이를 첫 번째 식에서 빼면 $24M_B = -576$이므로 $M_B = -24$ kN·m이다. 다시 $-24 + 2M_C = -36$에 대입하면 $M_C = -6$ kN·m이다. 음수는 부모멘트를 뜻하므로, 요구한 크기는 6 kN·m로 ②에 해당한다.

NoteBase