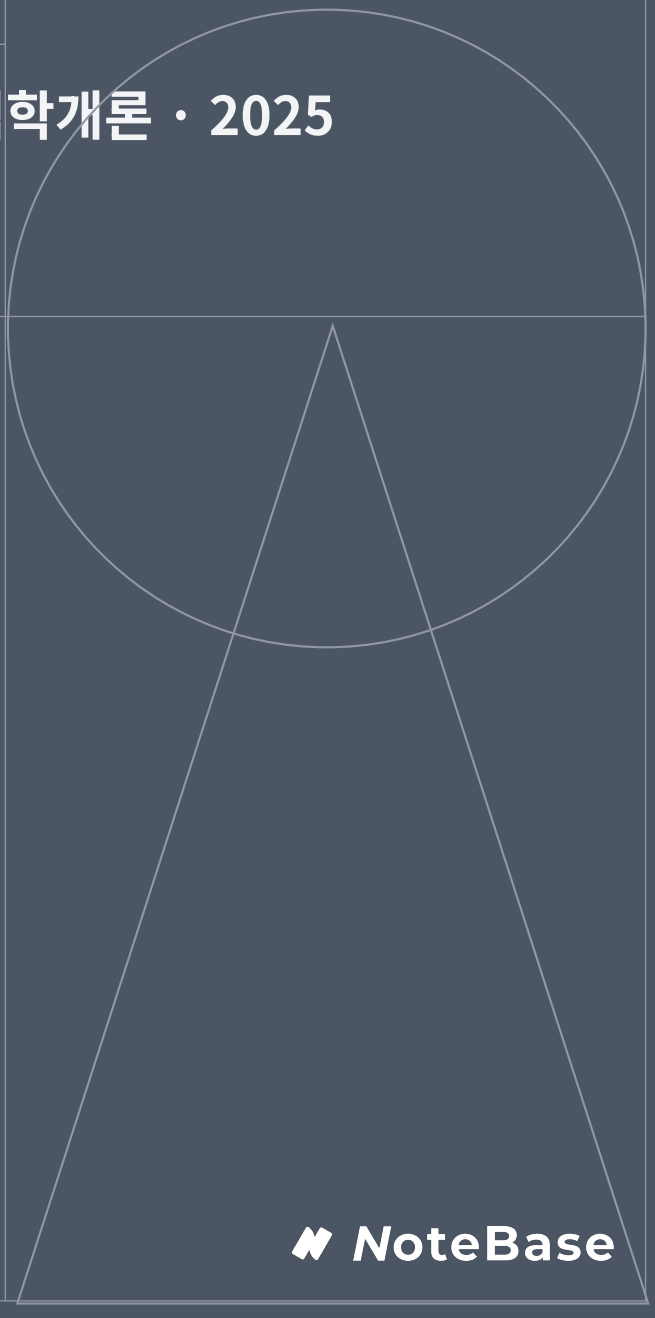
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2025



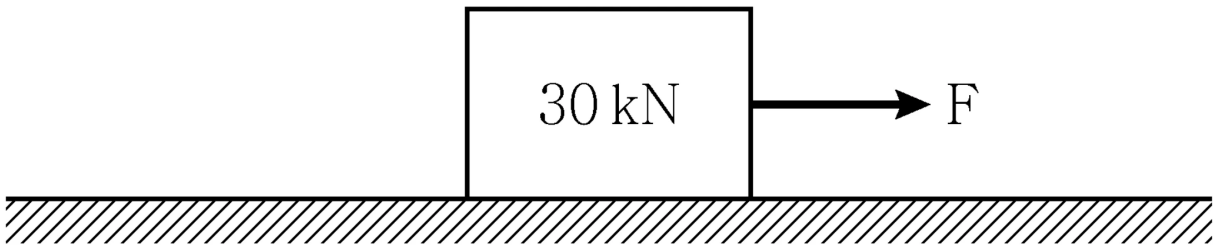
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2025

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2025

문 1. 그림과 같이 무게 30 kN의 직사각형 블록에 수평방향으로 하중이 작용할 때, 블록이 미끄러짐이 발생하기 직전의 최대 수평방향 힘(F)의 크기[kN]는? (단, 블록과 수평면 사이의 정지마찰계수는 0.5이다)



① 10

② 15

③ 20

④ 30

정답 2번

간단한 해설

미끄러지기 직전에는 수평력이 **최대 정지마찰력**과 같아진다. 수직항력이 블록의 무게인 30 kN이므로, 최대 수평력은 0.5 × 30 = 15 kN이다.

NoteBase

계산 과정

수직항력: 그림의 힘 F는 오른쪽 수평방향으로 작용하므로 수직성분이 없다. 수직방향에서는 아래로 작용하는 무게 W와 바닥이 위로 미는 수직항력 N이 평형을 이루므로, $N = W = 30\text{kN}$이다.

마찰 한계: 정지마찰력은 블록이 오른쪽으로 움직이려는 경향을 막는 왼쪽 방향으로 작용한다. 그 크기는 수평력 F에 맞추어 증가하지만, **미끄러지기 직전**에는 최대값에 도달한다. 정지마찰계수를 μ_s라 하면 최대 정지마찰력은 $f_{s,\,\max} = \mu_s N$이다.

최대 수평력: 미끄러지기 직전까지 수평방향 평형이 유지되므로 $F_{\max} = f_{s,\,\max}$이다. 따라서 최대 수평력은 $0.5 \times 30 = 15\ \text{kN}$이며, 이는 ②의 값이다.

NoteBase

문 2. 길이가 3 m인 강봉의 온도가 20°C 상승하였을 때, 길이 변형량[mm]은? (단, 강봉의 열팽창계수 α = 1.0×10^{-5}/°C이다)

① 0.2

② 0.4

③ 0.6

④ 0.8

정답 3번

간단한 해설

온도 상승에 따른 길이 변형량은 $\Delta L = \alpha L \Delta T$로 구한다. 주어진 값을 적용하면 강봉의 길이는 **0.6 mm 증가한다**.

계산 과정

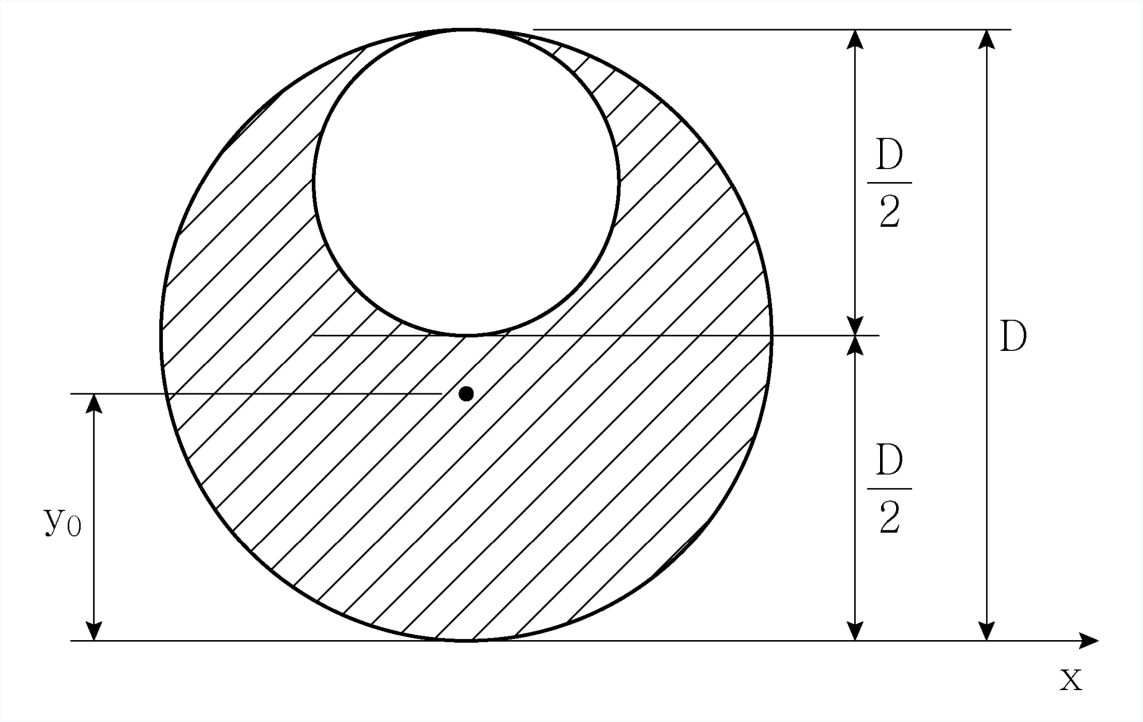
열팽창계수 α는 온도가 1°C 상승할 때 원래 길이에 비해 늘어나는 비율이다. 따라서 길이 변형량은 $\Delta L = \alpha L \Delta T$이며, 여기서 L은 원래 길이, ΔT는 온도 변화량이다. 구하려는 단위가 mm이므로 **원래 길이를 3 m = 3,000 mm로 환산**한다.

온도가 20°C 상승할 때의 열변형률은 $\alpha\Delta T = 1.0 \times 10^{-5} \times 20 = 2.0 \times 10^{-4}$이다. 이는 강봉이 **원래 길이의 0.0002배만큼 늘어난다**는 뜻이다.

이 비율에 원래 길이를 곱하면 $\Delta L = 3{,}000 \times 2.0 \times 10^{-4} = 0.6\text{mm}$이다. 길이 변형량 0.6 mm는 ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 직경 D인 원에서 직경 $\frac{D}{2}$인 원을 뺀 나머지 부분의 x축에서 도심까지의 거리(y_0)는?



① $\frac{1}{3}D$

② $\frac{3}{8}D$

③ $\frac{5}{11}D$

④ $\frac{5}{12}D$

정답 4번

간단한 해설

큰 원에서 **제거한 원의 면적과 면적의 1차 모멘트**를 각각 빼고, 남은 1차 모멘트를 남은 면적으로 나눈다. 위쪽 부분이 제거되므로 도심은 큰 원의 중심보다 아래로 이동하며, x축에서의 거리는 $y_0 = \frac{5}{12}D$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 각 원의 도심 높이: 큰 원을 1, 제거한 작은 원을 2라 하고, x축에서 위쪽으로 잰 높이를 각각 y_1, y_2라 한다. 원의 도심은 중심에 있으므로 $y_1 = \frac{D}{2}$이다. 그림에서 작은 원의 아래끝은 높이 $\frac{D}{2}$에 있고 반지름은 $\frac{D}{4}$이므로, 작은 원의 도심 높이는 $y_2 = \frac{D}{2} + \frac{D}{4} = \frac{3D}{4}$이다.

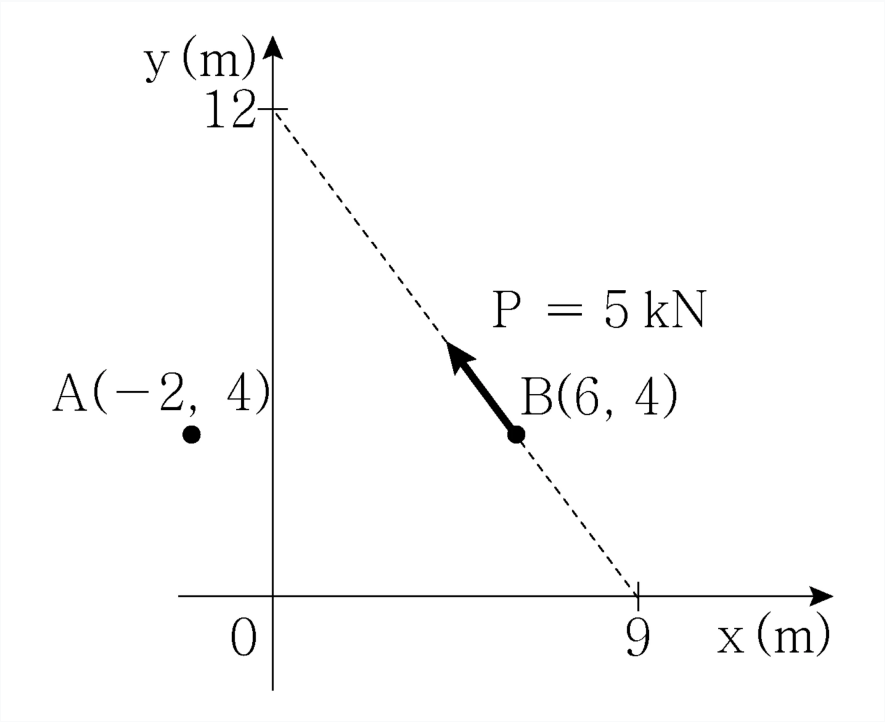
2. 면적과 도심 공식: 큰 원의 면적은 $A_1 = \frac{\pi D^2}{4}$, 작은 원의 면적은 $A_2 = \frac{\pi D^2}{16}$이다. 면적의 1차 모멘트는 면적에 도심 높이를 곱한 값이다. **제거한 부분은 면적과 1차 모멘트에서 모두 빼야** 하므로, 남은 면적을 A, x축에 대한 1차 모멘트를 Q라 하면 $A = A_1 - A_2$, $Q = A_1 y_1 - A_2 y_2$이고 $y_0 = \frac{Q}{A}$이다.

3. 남은 부분의 면적과 1차 모멘트: 면적은 $A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi D^2}{16} = \frac{3\pi D^2}{16}$이다. 큰 원의 1차 모멘트는 $A_1 y_1 = \frac{\pi D^3}{8}$, 제거한 원의 1차 모멘트는 $A_2 y_2 = \frac{3\pi D^3}{64}$이므로, $Q = \frac{\pi D^3}{8} - \frac{3\pi D^3}{64} = \frac{5\pi D^3}{64}$이다.

4. 도심까지의 거리: 위에서 구한 Q를 A로 나누면 $y_0 = \frac{Q}{A} = \frac{5D}{12}$이다. 이는 D와 같은 길이 단위를 가지며, 큰 원의 중심 높이 $\frac{D}{2}$보다 작다. 구한 값은 ④의 $\frac{5}{12}D$와 일치한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 힘 P가 작용할 때, 힘 P의 A점에 대한 모멘트의 크기[kN · m]는?



① 32

② 35

③ 38

④ 40

정답 1번

간단한 해설

A점과 B점의 높이가 같아 힘의 수평 성분은 A점에 대한 모멘트를 만들지 않는다. **수직 성분 4 kN**에 수평거리 8 m를 곱하면 모멘트의 크기는 **32 kN·m**이다.

NoteBase

계산 과정

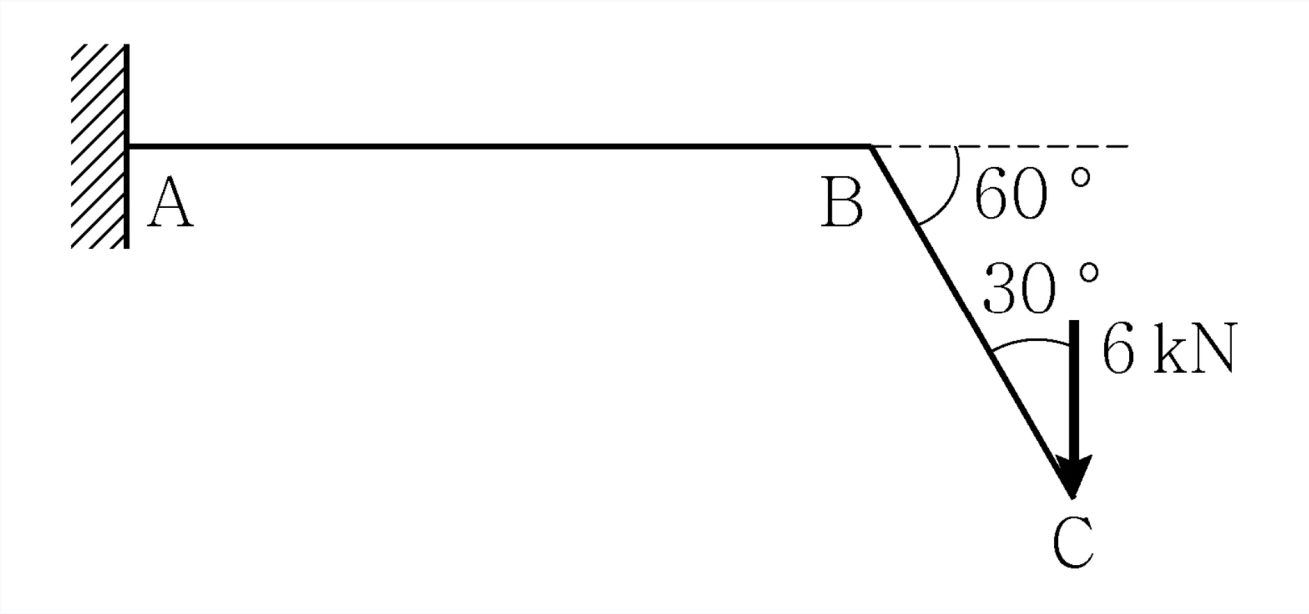
힘의 수직 성분: 힘 P는 B(6, 4)에서 y축 위의 점 (0, 12)를 향한다. 이 방향의 수평거리는 6 m, 수직거리는 8 m이므로 빗변 길이는 $\sqrt{6^2+8^2}=10\text{m}$이다. 힘의 성분도 같은 비율을 따르므로 위쪽 수직 성분은 $P_y=5\cdot\frac{8}{10}=4\text{kN}$이다.

모멘트 팔: 힘의 모멘트는 힘의 크기와 기준점에서 그 힘의 작용선까지의 수직거리를 곱한 값이다. A(−2, 4)와 B(6, 4)는 y좌표가 같으므로 수평 성분의 작용선이 A점을 지난다. 따라서 **수평 성분의 모멘트는 0**이다. 수직 성분의 작용선은 B점을 지나는 수직선이므로 A점에서 이 작용선까지의 거리는 6 − (−2) = 8 m이다.

모멘트 계산: A점의 오른쪽에서 위로 작용하는 수직 성분은 반시계 방향의 모멘트를 만든다. 반시계 방향을 양으로 두면 $M_A=8\cdot4=32\text{kN}\cdot\text{m}$이다. 구하는 모멘트의 크기는 32 kN·m이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 캔틸레버 구조물에서 부재 BC에 발생하는 축력의 크기[kN]는? (단, 자중은 무시한다)



① $2\sqrt{3}$

② 3

③ $3\sqrt{3}$

④ 4

정답 3번

간단한 해설

축력은 하중의 **부재 길이 방향 성분**이다. BC는 수직선과 30°를 이루므로, 축력의 크기는 $6\cos 30° = 3\sqrt{3}$ kN이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 방향: C점에는 아래로 6 kN이 작용하고 자중은 무시한다. BC는 수평선과 60°를 이루므로 수직인 하중 방향과 이루는 각은 30°이다. 구할 축력 N은 **BC에 평행한 단면력**이다.

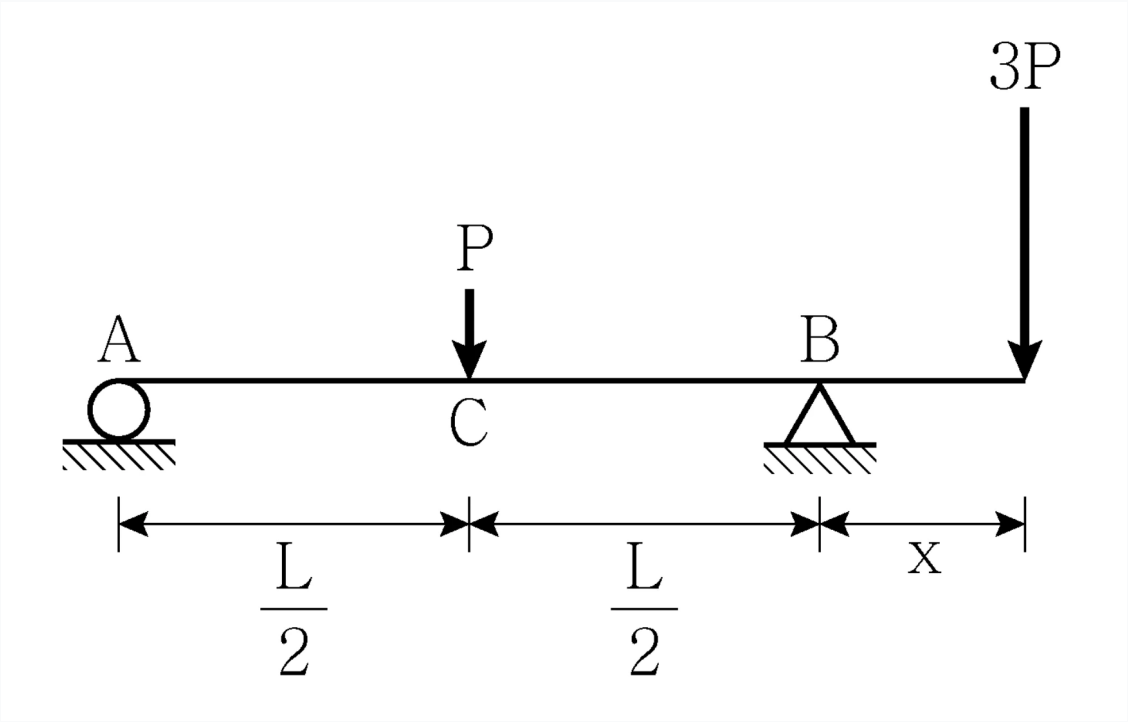
축방향 평형: BC의 임의 단면을 잘라 C쪽 부분을 분리한다. 6 kN을 BC에 평행한 성분과 수직인 성분으로 나누면, 축력과 평형을 이루는 것은 평행 성분이다. 하중과 부재 축 사이의 각이 30°이므로 그 크기는 $6\cos 30°$ kN이다. 이 성분은 C쪽 부분을 절단면에서 멀어지는 방향으로 당기므로 BC에는 **인장 축력**이 발생한다.

크기 계산: 축방향 힘의 평형에서 $N = 6\cos 30°$이다. $\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$를 대입하면 $N = 6 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 3\sqrt{3}$ kN이다.

따라서 BC의 축력 크기는 $3\sqrt{3}$ kN으로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 내민보에서 C점의 휨모멘트가 0이 되는 길이 x는? (단, 자중은 무시한다)



① $\frac{L}{6}$
② $\frac{L}{4}$
③ $\frac{L}{3}$
④ $\frac{L}{2}$

정답 1번

간단한 해설

C점 왼쪽에는 A점의 반력만 작용하므로, **C점의 휨모멘트가 0이면 A점의 반력도 0**이다. 이때 B점에 대한 두 하중의 모멘트가 상쇄되는 조건에서 $x = \frac{L}{6}$을 얻는다.

NoteBase

계산 과정

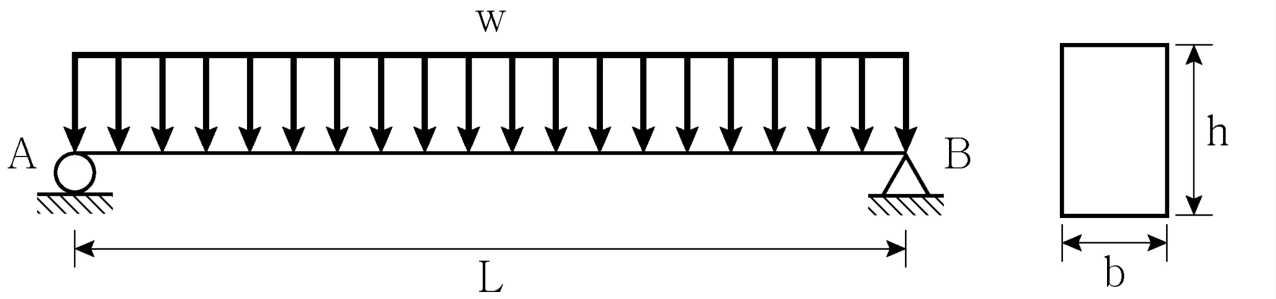
C점의 휨모멘트 조건: A점의 위쪽 수직반력을 R_A라 하자. 자중을 무시하므로 AC 구간에는 다른 하중이 없고, AC의 길이는 $\frac{L}{2}$이다. 따라서 C점의 휨모멘트는 $M_C = R_A \cdot \frac{L}{2}$이다. C점의 집중하중 P는 C점에 대한 모멘트 팔이 0이므로 이 식에 기여하지 않는다. $M_C = 0$이 되려면 **A점의 수직반력이 0**이어야 한다.

B점에 대한 모멘트 평형: A점의 반력이 0인 상태에서 보 전체를 생각한다. B점의 반력은 B점을 지나므로 B점에 대한 모멘트가 없다. C점의 하중 P는 B점 왼쪽 $\frac{L}{2}$에서 반시계방향 모멘트를, 오른쪽 끝의 하중 3P는 B점 오른쪽 x에서 시계방향 모멘트를 만든다. **두 하중의 모멘트 크기가 같아야** 평형이므로 $P \cdot \frac{L}{2} - 3P \cdot x = 0$이다.

x 계산: 위 식을 정리하면 $3P \cdot x = \frac{PL}{2}$이므로 $x = \frac{L}{6}$이다. 즉, 내민 길이는 지점 간 거리 L의 1/6이며, 선택지 ①에 해당한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같은 단순보에서 등분포하중(w)에 의한 보의 최대휨응력의 크기가 $\alpha\left(\frac{wL^2}{bh^2}\right)$일 때, α의 크기는? (단, 자중은 무시한다)



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

정답 4번

간단한 해설

전 구간에 등분포하중을 받는 단순보의 최대휨모멘트는 $M_{max}=\frac{wL^2}{8}$이고, 직사각형 단면의 단면계수는 $Z=\frac{bh^2}{6}$이다. **최대휨응력은 최대휨모멘트를 단면계수로 나눈 값**이므로 $\alpha=\frac{3}{4}$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 하중과 지점반력: 그림에서 w는 단위 길이당 하중, L은 지점 A와 B 사이의 길이이다. 자중을 무시하므로 전체 수직하중은 wL이며, 하중과 지점 배치가 좌우 대칭이므로 두 지점의 수직반력은 각각 $R_A = R_B = \frac{wL}{2}$이다.

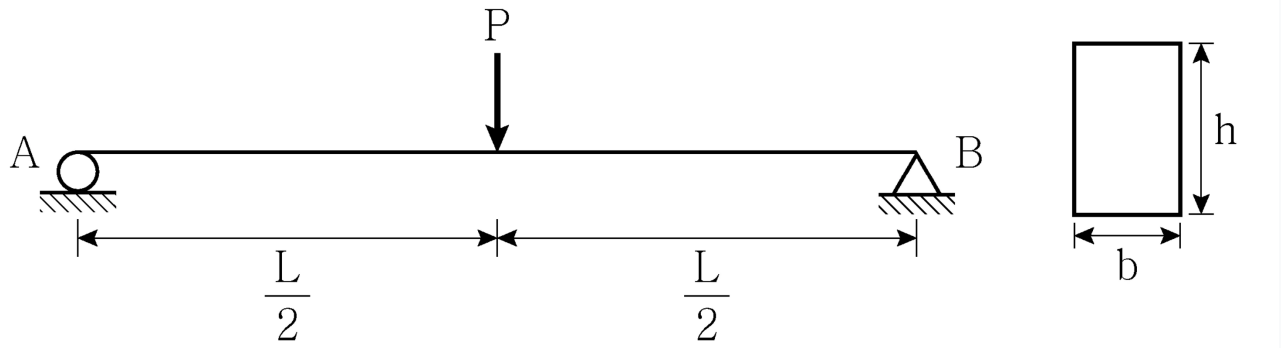
2. 최대휨모멘트: A에서 오른쪽으로 x만큼 떨어진 단면의 전단력은 $V(x) = \frac{wL}{2} - wx$이다. 전단력이 양에서 음으로 바뀌는 $x = \frac{L}{2}$, 즉 **보의 중앙에서 휨모멘트가 최대**가 된다. 중앙의 왼쪽 절반에 작용하는 등분포하중의 합력은 $\frac{wL}{2}$이고 중앙에서 $\frac{L}{4}$ 떨어져 작용한다. 따라서 $M_{\max} = \frac{wL}{2} \cdot \frac{L}{2} - \frac{wL}{2} \cdot \frac{L}{4} = \frac{wL^2}{8}$이다.

3. 직사각형 단면의 단면계수: 그림의 b는 단면의 폭, h는 높이이다. 휨에 대한 중립축은 단면 높이의 중앙을 지나는 수평축이며, 이 축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이다. 중립축에서 최외단까지의 거리는 $c = \frac{h}{2}$이므로 단면계수는 $Z = \frac{I}{c} = \frac{bh^2}{6}$이다.

4. 최대휨응력과 계수: 휨응력의 크기는 $\sigma = \frac{|M|y}{I}$이므로 **최대휨모멘트가 작용하는 단면의 최외단**에서 가장 크다. 따라서 $\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{Z}$에 앞의 값을 대입하면 $\sigma_{\max} = \frac{wL^2}{8} \cdot \frac{6}{bh^2}$이며, 정리하면 $\sigma_{\max} = \frac{3}{4} \cdot \frac{wL^2}{bh^2}$이다. 주어진 식의 계수와 비교하면 $\alpha = \frac{3}{4}$이므로 ④에 해당한다. 휨응력의 단위는 힘/면적이며, 계수 α는 무차원이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 직사각형 단면을 가진 단순보의 지간 중앙에 집중하중이 가해질 때, 최대전단응력(τ_{max})과 최대휨응력(σ_{max})의 비($\frac{\tau_{max}}{\sigma_{max}}$)는? (단, 자중은 무시한다)



① $\frac{h}{3L}$
② $\frac{L}{4h}$
③ $\frac{h}{2L}$
④ $\frac{h}{L}$

정답 3번

간단한 해설

중앙 집중하중을 받는 단순보에서 최대전단력은 $P/2$, 최대휨모멘트는 $PL/4$이다. 직사각형 단면의 최대전단응력은 **평균전단응력의 1.5배**이므로, 최대휨응력과의 비는 $\frac{\tau_{max}}{\sigma_{max}} = \frac{h}{2L}$이 된다.

NoteBase

계산 과정

지점반력: 그림의 전체 지간은 L이고, 중앙의 집중하중은 P, 직사각형 단면의 폭은 b, 높이는 h이다. 자중을 무시하면 하중과 지점 배치가 대칭이므로 두 지점의 상향 반력은 각각 $R_A = R_B = \frac{P}{2}$이다.

최대전단력과 최대휨모멘트: 하중 왼쪽 구간의 전단력은 $P/2$, 오른쪽 구간은 $-P/2$이므로 최대전단력의 크기는 $V_{\max} = \frac{P}{2}$이다. 휨모멘트는 **지간 중앙에서 최대**이며, 왼쪽 반력에 중앙까지의 거리를 곱하면 $M_{\max} = \frac{P}{2} \cdot \frac{L}{2} = \frac{PL}{4}$이다.

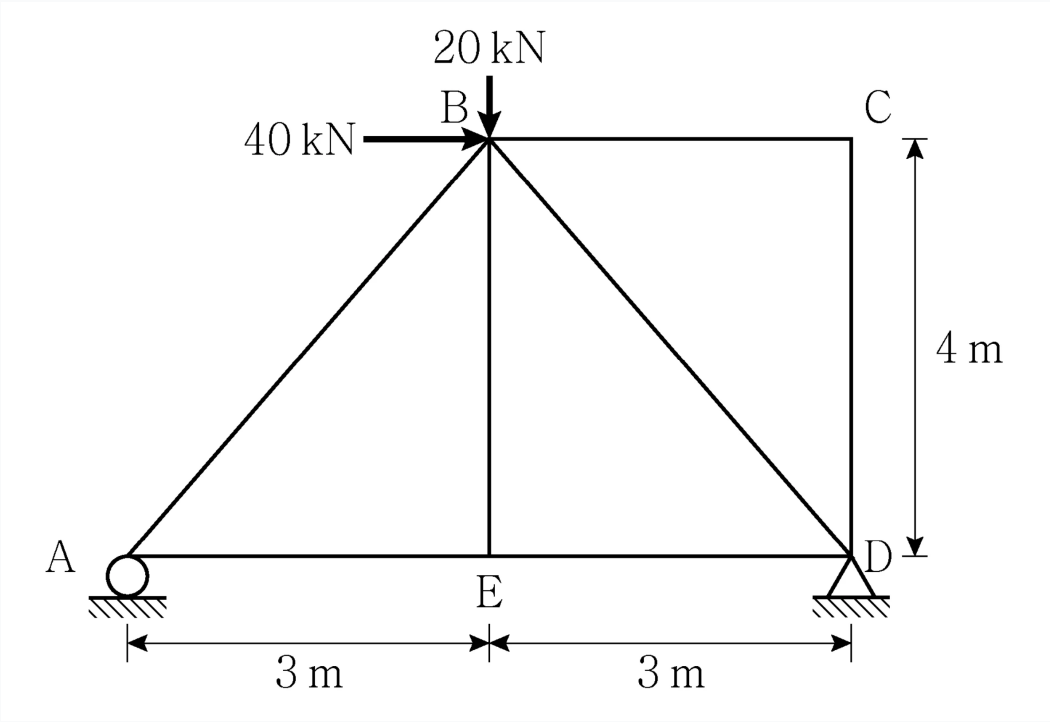
최대전단응력: 단면적은 $A = bh$이다. 직사각형 단면의 전단응력은 높이 방향으로 포물선 형태로 분포하고 **중립축에서 평균값의 1.5배**가 된다. 따라서 $\tau_{\max} = \frac{3V_{\max}}{2bh} = \frac{3P}{4bh}$이다.

최대휨응력: 휨응력은 중립축에서의 거리에 비례하므로 **단면의 위·아래 끝에서 크기가 최대**이다. 중립축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$, 가장 바깥 섬유까지의 거리는 $c = \frac{h}{2}$이므로 $\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} c}{I} = \frac{6M_{\max}}{bh^2}$이다. 중앙의 최대휨모멘트를 대입하면 $\sigma_{\max} = \frac{3PL}{2bh^2}$이다.

응력의 비: 각각 구한 최대응력을 나누면 하중 P와 단면 폭 b가 소거되어 $\frac{\tau_{\max}}{\sigma_{\max}} = \frac{h}{2L}$이다. h와 L은 같은 길이 단위로 나타내므로 이 비는 무차원이며, ③의 식과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 트러스 구조물에서 부재 BC의 부재력 크기[kN]는? (단, 자중은 무시한다)



① 0

② 20

③ 40

④ 60

정답 1번

간단한 해설

절점 C에는 외력이나 지점반력이 없고, 수평 부재 BC와 수직 부재 CD만 연결되어 있다. 수평방향 힘의 평형을 만족하려면 BC의 부재력이 **0 kN**이어야 하므로 BC는 영부재이다.

NoteBase

계산 과정

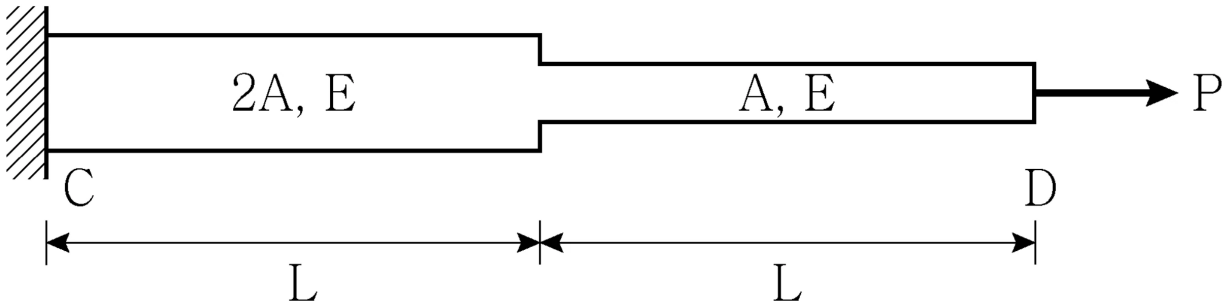
절점 C의 힘: 트러스 부재에는 부재 축 방향으로만 힘이 작용한다. C에는 수평 부재 BC와 수직 부재 CD만 연결되어 있으며, **외력과 지점반력이 작용하지 않는다**. 따라서 C에 작용하는 수평방향 힘은 BC의 부재력뿐이고, 수직방향 힘은 CD의 부재력뿐이다.

평형식 적용: 부재력 F_{BC}, F_{CD}를 각각 인장으로 가정하면 C에서 왼쪽과 아래쪽으로 작용한다. 오른쪽과 위쪽을 양의 방향으로 잡을 때, 수평방향 평형식은 $\sum F_x = -F_{BC} = 0$이므로 $F_{BC} = 0$이다. 수직방향도 $\sum F_y = -F_{CD} = 0$이므로 $F_{CD} = 0$이다. 즉, **외력이 없는 절점에 두 부재가 서로 다른 방향으로 연결**되어 있으면 두 부재 모두 영부재가 된다.

결과: 부재 BC의 부재력 크기는 0 kN이며, ①의 값과 일치한다. 절점 C의 평형만으로 구할 수 있으므로 전체 지점반력이나 다른 부재력을 먼저 계산할 필요가 없다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 축력이 작용하는 봉에서 D점의 축방향 변형량이 $\alpha\left(\frac{PL}{EA}\right)$일 때, α의 크기는? (단, 단면적은 구간별로 각각 2A 및 A이고, 탄성계수는 E로 일정하며, 자중은 무시한다)



① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 2.0

정답 3번

간단한 해설

두 구간에는 모두 인장력 P가 작용하며, D점의 변위는 **두 구간 신장량의 합**이다. 단면적이 2A인 구간은 A인 구간의 절반만큼 늘어나므로 전체 변위는 $\frac{3PL}{2EA}$이고, α = 1.5이다.

계산 과정

구간별 축력과 변형식: C점은 고정되어 있으므로 D점의 축방향 변위는 봉 전체의 길이 증가량과 같다. 자중을 무시하고 중간에 외력이 없으므로 어느 구간을 절단해도 축력 N은 인장력 P이다. 선형 탄성 범위에서 길이 ℓ, 단면적 S인 균일 구간의 신장량은 $\delta = \frac{N\ell}{ES}$이다. 따라서 **축력과 단면적이 일정한 각 구간을 따로 계산**한 뒤 더한다.

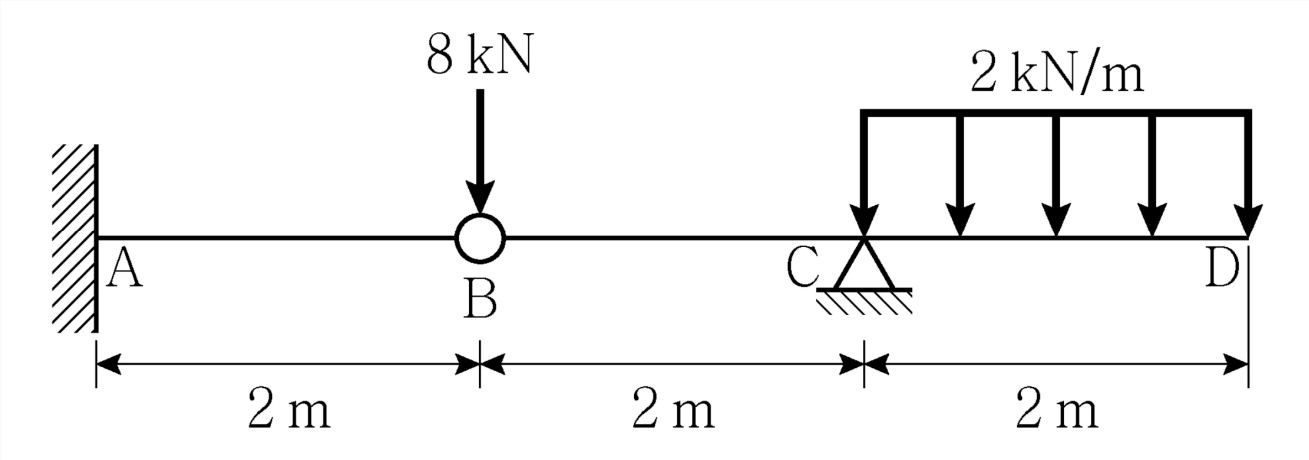
C점 쪽 구간: 길이는 L, 단면적은 2A이므로 $\delta_1 = \frac{PL}{E \cdot 2A} = \frac{PL}{2EA}$이다. 같은 힘과 길이에서 단면적이 두 배이면 축방향 강성이 두 배가 되어 신장량은 절반이 된다.

D점 쪽 구간: 길이는 L, 단면적은 A이므로 $\delta_2 = \frac{PL}{EA}$이다. 두 구간은 직렬로 연결되어 있어 **하중 P를 나누어 부담하지 않고** 동일한 인장력 P를 전달한다.

D점의 변위와 계수: 두 구간 모두 인장으로 늘어나므로 신장량을 같은 부호로 합한다. $\delta_D = \delta_1 + \delta_2$이므로 $\delta_D = \frac{PL}{2EA} + \frac{PL}{EA} = \frac{3PL}{2EA}$이다. 이는 D점이 오른쪽으로 이동한 거리이며, $\frac{PL}{EA}$는 길이의 차원을 갖는다. 주어진 표현과 계수를 비교하면 $\alpha = \frac{3}{2} = 1.5$로 무차원이며, ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 B점에 내부힌지가 있는 보에서, 지점 C에 발생하는 휨모멘트의 크기 [kN·m]는? (단, 자중은 무시한다)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 2번

간단한 해설

C 오른쪽의 등분포하중은 C에서 1 m 떨어진 곳에 작용하는 4 kN의 집중하중으로 바꿀 수 있다. 따라서 C의 휨모멘트 크기는 **4 × 1 = 4 kN·m**이다.

계산 과정

해석 구간: C에서 보를 절단하여 오른쪽 CD 구간의 평형을 생각한다. 내부힌지는 B에 있으므로 B의 휨모멘트는 0이지만, **C에서는 보가 끊어지지 않고 이어져 있으므로** 단순지점이라도 보 내부의 휨모멘트가 생길 수 있다. B의 8 kN 하중은 분리한 CD 구간에 포함되지 않으며, 자중은 무시한다.

등분포하중의 합력: CD의 길이는 2 m이고 하중 강도는 2 kN/m이므로 합력은 2 × 2 = 4 kN이다. 등분포하중의 합력은 **하중 구간의 중앙**에 작용하므로 C에서 합력까지의 거리는 1 m이다.

C의 휨모멘트: CD 구간에서 C에 대한 모멘트 평형을 적용한다. C의 지점반력과 절단면의 전단력은 C에 대한 모멘트팔이 0이므로 모멘트 계산에 기여하지 않는다. 따라서 C 단면의 휨모멘트는 등분포하중의 합력이 만드는 모멘트와 크기가 같고 방향은 반대이다. 그 크기는 $|M_C| = 4 \cdot 1 = 4\text{kN} \cdot \text{m}$이므로 선택지 ②의 4에 해당한다.

NoteBase

문 12. 정사각형 단면 한 변의 길이가 b인 기둥의 유효길이가 5 m일 때, 이 기둥의 유효세장비가 100이 되기 위한 b의 크기[cm]는?

① $5\sqrt{5}$

② $10\sqrt{3}$

③ $15\sqrt{5}$

④ $20\sqrt{3}$

정답 2번

간단한 해설

유효세장비는 **유효길이를 단면2차반경으로 나눈 값**이므로, 유효길이 500 cm에서 세장비가 100이 되려면 단면2차반경이 5 cm여야 한다. 정사각형 단면에서는 $i = b/\sqrt{12}$이므로 한 변의 길이는 $10\sqrt{3}\,\text{cm}$이다.

계산 과정

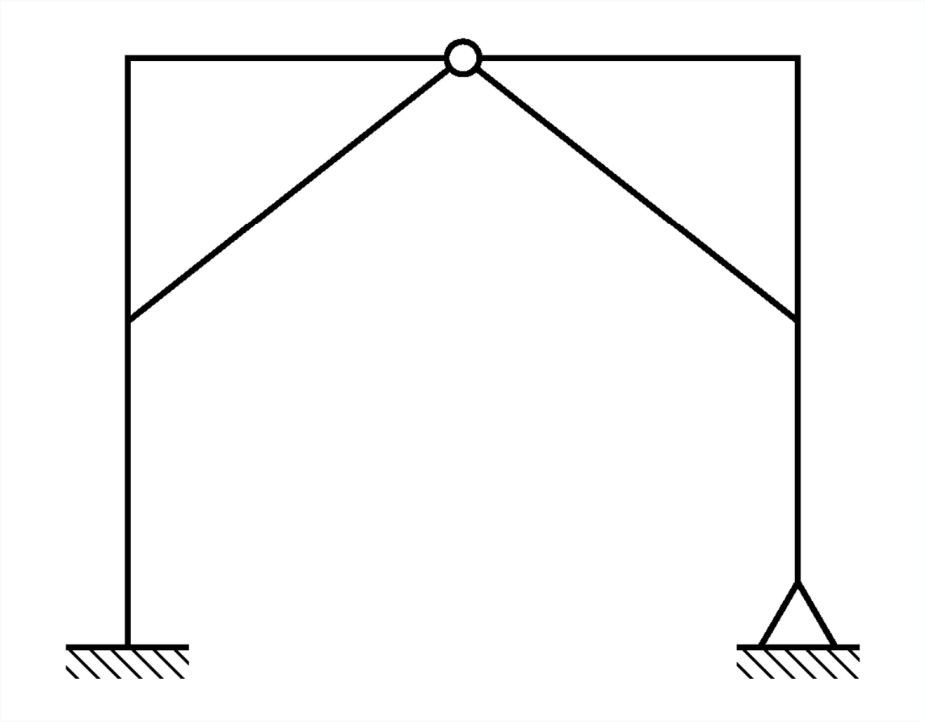
유효세장비와 단면2차반경: 유효세장비는 $\lambda = L_e/i$이다. 여기서 L_e는 기둥의 유효길이, i는 좌굴축에 대한 단면2차반경이다. 주어진 5 m는 **이미 유효길이**이므로 별도의 유효길이계수를 곱하지 않는다. 길이 단위를 cm로 통일하면 5 m = 500 cm이고, 필요한 단면2차반경은 $i = \frac{L_e}{\lambda} = \frac{500}{100} = 5\text{cm}$이다.

정사각형 단면의 관계식: 단면2차반경은 $i = \sqrt{I/A}$로 정의한다. A는 단면적, I는 해당 도심축에 대한 단면2차모멘트이다. 한 변의 길이가 b인 정사각형은 $A = b^2$, $I = \frac{b^4}{12}$이므로 $i = \sqrt{\frac{b^4/12}{b^2}} = \frac{b}{\sqrt{12}}$이다. 즉, 세장비의 분모에는 **한 변의 길이 b가 아니라 단면2차반경 i**를 사용한다.

한 변의 길이: 필요한 단면2차반경 5 cm를 대입하면 $\frac{b}{\sqrt{12}} = 5$이다. 따라서 $b = 5\sqrt{12} = 10\sqrt{3}\,\text{cm}$이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같은 프레임 구조물의 부정정 차수는?



① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 3번

간단한 해설

상단 중앙 힌지에는 네 부재가 연결되어 있으므로 **모멘트 해제 수는 3**이다. 부재 8개, 절점 7개, 지점 반력 5개를 평면 프레임의 부정정 차수 식에 적용하면 **5차 부정정 구조물**이다.

NoteBase

계산 과정

부정정 차수는 평형방정식만으로 구할 수 없는 여분의 미지력 수이다. 안정한 평면 프레임에서는 $D = 3m + r - 3j - c$로 구한다. 여기서 m은 절점 사이 부재 수, r은 지점 반력 성분 수, j는 지점을 포함한 절점 수, c는 내부 힌지에 의한 모멘트 해제 수이다. 각 부재의 독립적인 힘 성분 3개와 지점 반력을 세고, 절점마다 적용되는 평형방정식 3개 및 힌지의 추가 조건을 빼는 식이다.

부재와 절점: 양쪽 기둥은 대각재가 만나는 지점에서 각각 상·하 두 부재로 나뉘어 총 4개이다. 여기에 상부 수평재 2개와 대각재 2개를 더하면 m = 8이다. 절점은 양쪽 지점 2개, 기둥과 대각재의 접합점 2개, 상부 양쪽 모서리 2개, 중앙 힌지 1개로 j = 7이다.

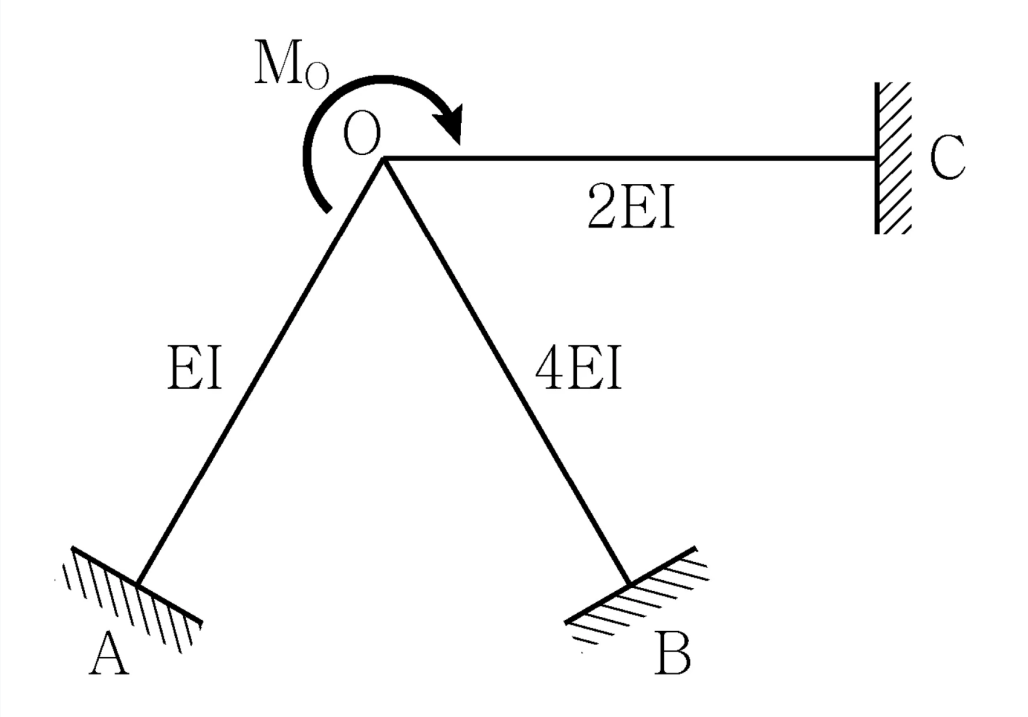
지점 반력: 왼쪽 고정단에는 수평 반력·수직 반력·반력 모멘트의 3개 성분이 있다. 오른쪽 힌지 지점에는 수평·수직 반력의 2개 성분이 있으므로 r = 3 + 2 = 5이다.

내부 힌지: 상단 중앙의 원형 표시는 좌우 수평재와 좌우 대각재, 총 네 부재가 만나는 힌지이다. 이곳에서는 각 부재 끝의 모멘트가 0이다. 네 모멘트가 모두 0이라는 조건 중 하나는 이미 절점의 모멘트 평형식에 포함되어 있으므로, **추가로 독립적인 조건은 4 − 1 = 3개**이다. 따라서 c = 3이며, 힌지 표시가 하나라고 해제 수를 1로 세면 안 된다.

부정정 차수 계산: $D = 3 \times 8 + 5 - 3 \times 7 - 3 = 5$이다. 부정정 차수는 단위가 없는 수이며, 계산값 5는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 각 부재의 길이는 L이고 절점 A, B, C는 고정지점일 때, OC부재의 모멘트 분배율은? (단, 각 부재의 휨강성은 EI, 4EI, 2EI이고, 자중은 무시한다)



① $\frac{1}{7}$
② $\frac{2}{7}$
③ $\frac{1}{3}$
④ $\frac{2}{3}$

정답 2번

간단한 해설

모멘트 분배율은 절점에 연결된 전체 부재의 회전강성 중 **해당 부재의 회전강성이 차지하는 비율**이다. 세 부재는 길이가 같고 반대쪽 끝이 모두 고정되어 있으므로 회전강성의 비는 OA : OB : OC = 1 : 4 : 2이며, OC의 분배율은 $\frac{2}{7}$이다.

NoteBase

계산 과정

모멘트 분배율은 절점의 불균형 모멘트를 각 부재가 나누어 부담하는 비율이다. 절점 O에서 부재들이 같은 각도만큼 회전하므로, 각 부재가 부담하는 모멘트는 그 부재의 회전강성에 비례한다. 따라서 **OC의 회전강성을 O에 연결된 세 부재의 회전강성 합으로 나눈다**.

반대쪽 끝이 고정된 부재의 회전강성은 K=4(EI)_부재L이다. 여기서 (EI)_부재는 각 부재의 휨강성이고, L은 부재 길이이다. 그림에서 OA·OB·OC의 휨강성은 각각 EI·4EI·2EI이므로, $K_{OA}=\frac{4EI}{L}$, $K_{OB}=\frac{16EI}{L}$, $K_{OC}=\frac{8EI}{L}$이다. **길이와 반대쪽 고정 조건이 같으므로** 공통인자를 소거하면 회전강성의 비는 OA : OB : OC = 1 : 4 : 2가 된다.

OC의 모멘트 분배율을 D_{OC}라 하면 $D_{OC}=\frac{K_{OC}}{K_{OA}+K_{OB}+K_{OC}}$이다. 강성비를 대입하면 $D_{OC}=\frac{2}{1+4+2}=\frac{2}{7}$이므로 ②에 해당한다. 분자와 분모의 강성 단위가 소거되므로 분배율에는 단위가 없다.

NoteBase

문 15. 직경 d의 강봉을 P의 힘으로 인장하였을 때, 강봉 직경의 감소량이 $\alpha\left(\frac{P\mu}{\pi dE}\right)$이라면, α의 크기는? (단, μ는 푸아송비, E는 탄성계수이다)

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 4번

간단한 해설

푸아송비에 따라 **직경 감소율은 축방향 인장 변형률의 μ배**이다. 원형 단면적을 적용하면 직경 감소량은 $\frac{4P\mu}{\pi dE}$가 되므로 α = 4이다.

계산 과정

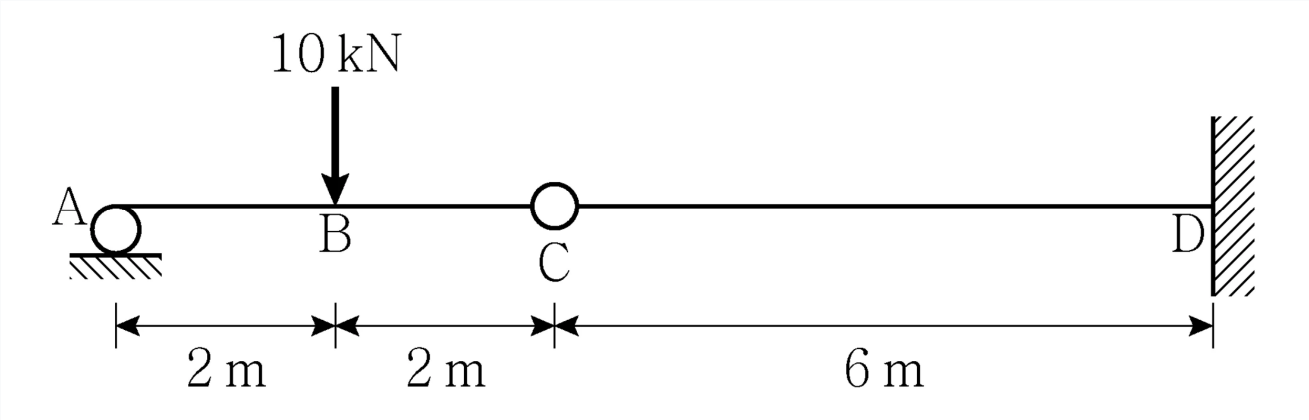
1. 축방향 응력과 변형률: 강봉이 선형 탄성 범위에서 축방향 인장을 받는 것으로 본다. 직경이 d인 원형 단면의 면적은 $A=\frac{\pi d^2}{4}$이므로, 인장응력은 $\sigma=\frac{P}{A}=\frac{4P}{\pi d^2}$이다. 훅의 법칙에 따라 축방향 변형률은 $\varepsilon_{\parallel}=\frac{\sigma}{E}=\frac{4P}{\pi d^2E}$이다.

2. 직경 방향 변형률: 푸아송비 μ는 축방향 변형률에 대한 횡방향 변형률의 비에 음의 부호를 붙인 값이다. 따라서 $\varepsilon_{\perp}=-\mu\varepsilon_{\parallel}=-\frac{4P\mu}{\pi d^2E}$이다. 음의 부호는 **축방향으로 늘어날 때 직경은 줄어듦**을 나타낸다.

3. 직경 감소량과 계수: 직경 감소량을 양수인 δ로 두면 $\varepsilon_{\perp}=-\frac{\delta}{d}$이므로, 변형률의 크기에 원래 직경 d를 곱하여 $\delta=-d\varepsilon_{\perp}=\frac{4P\mu}{\pi dE}$를 얻는다. δ는 직경과 같은 길이 단위를 가지며, 이를 문제의 $\alpha\left(\frac{P\mu}{\pi dE}\right)$와 비교하면 α = 4로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 C점에 내부힌지가 있는 보에서 지점 D에 발생하는 휨모멘트의 크기 [kN·m]는? (단, 자중은 무시한다)



① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 3번

간단한 해설

내부힌지 C는 **휨모멘트를 전달하지 않으므로** AC 구간을 따로 떼어 평형을 적용할 수 있다. AC의 중앙에 작용하는 10 kN 하중으로 인해 CD 구간의 C점에는 아래로 5 kN이 작용하며, D까지의 거리가 6 m이므로 D점 휨모멘트의 크기는 30 kN·m이다.

계산 과정

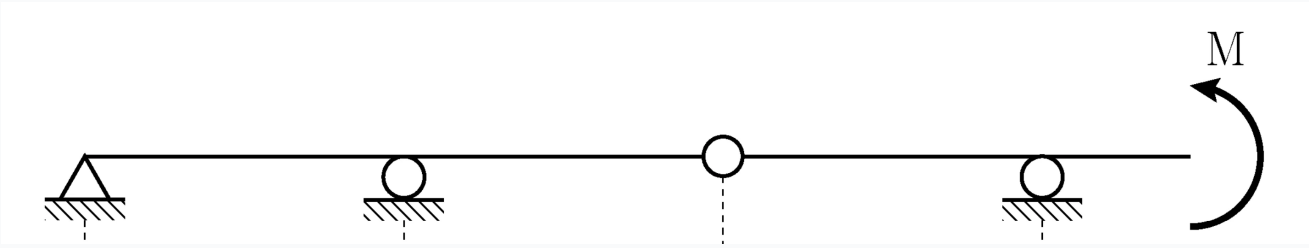
1. 구간 분리: A는 이동지점, D는 고정지점이며, AB = BC = 2 m, CD = 6 m이다. 자중은 무시하고 B점의 하향 집중하중 10 kN만 고려한다. 내부힌지 C는 힘을 전달하지만 **휨모멘트는 전달하지 않으므로**, C에서 보를 나누어 각 구간의 평형을 적용한다.

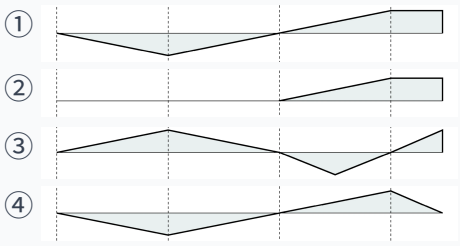
2. C점 전달력: AC 구간에 작용하는 C점의 상향력을 R_C라 하자. A점에 대한 모멘트 평형을 세우면 A점 반력은 모멘트를 만들지 않으므로 $4R_C - 10 \times 2 = 0$이다. 따라서 $R_C = \frac{10 \times 2}{4} = 5$ kN이다. 이는 AC 구간이 C에서 위로 받는 힘이며, 작용·반작용에 따라 **CD 구간의 C점에는 아래로 5 kN**이 작용한다.

3. D점 휨모멘트: CD 구간에는 C점의 하향력 5 kN이 작용하고, 그 힘의 D점에 대한 팔길이는 6 m이다. 따라서 D점에서 이를 평형시키는 모멘트의 크기는 $5 \times 6 = 30$ kN·m이다. D점 휨모멘트의 크기 30 kN·m는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 내부힌지가 있는 보에 대한 정성적인 휨모멘트도로 옳은 것은? (단, 자중은 무시한다)





정답 1번

간단한 해설

내부힌지는 **휨모멘트가 0이지만 전단력은 전달**하므로, 힌지 왼쪽 보에도 휨이 생긴다. 오른쪽 롤러지점에서 자유단까지는 횡하중 없이 끝모멘트 M만 작용하므로 **휨모멘트가 일정**한 수평선이 된다.

NoteBase

도식 해설

경계조건: 왼쪽 끝의 단순지점과 내부힌지에서는 휨모멘트가 0이다. 다만 내부힌지는 두 부분 사이의 상대회전을 허용하여 모멘트를 전달하지 않는 연결이며, **전단력까지 0인 것은 아니다**. 오른쪽 자유단에는 모멘트 M이 직접 작용하므로 자유단 바로 안쪽의 휨모멘트 크기는 M이다.

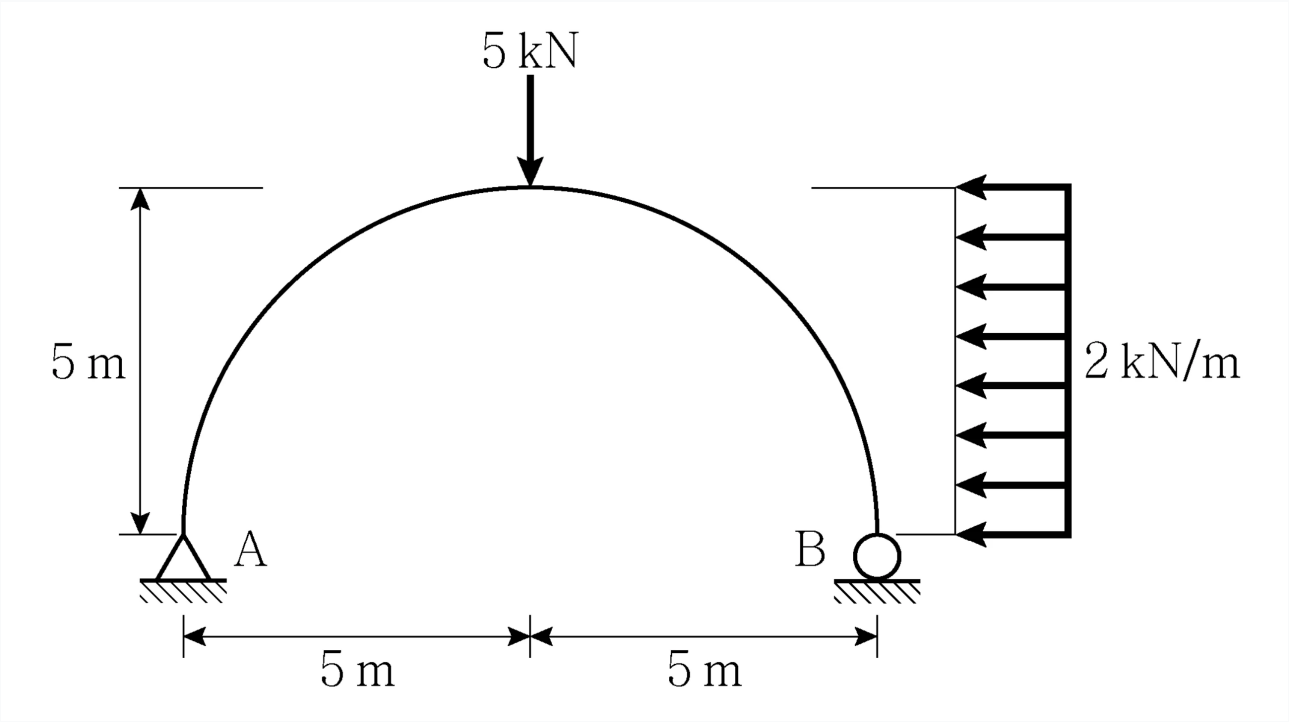
오른쪽 구간의 모양: 오른쪽 롤러지점과 자유단 사이의 임의 단면을 잘라 자유단 쪽을 보면, 횡방향 힘은 없고 끝모멘트 M만 있다. 따라서 이 구간의 전단력은 0이고 **휨모멘트는 크기 M으로 일정**하다. 내부힌지와 오른쪽 롤러지점 사이에도 중간 하중이 없으므로 전단력이 일정하고, 휨모멘트는 힌지의 0에서 롤러지점의 값까지 직선으로 변한다. 선택지의 표시 방향으로는 힌지에서 기준선 위쪽으로 올라간 뒤 수평으로 이어지는 모양이다.

왼쪽 구간의 모양: 내부힌지에서 오른쪽 부분을 떼어 보면, 반시계방향의 끝모멘트 M과 평형을 이루려면 오른쪽 롤러의 반력은 아래쪽이어야 한다. 수직력 평형에 따라 오른쪽 부분의 힌지에는 위쪽 힘이 작용하고, 작용·반작용으로 왼쪽 부분의 힌지에는 아래쪽 힘이 작용한다. 이 힘이 왼쪽 롤러 바깥의 돌출부를 아래로 누르므로 왼쪽 롤러 위치에 **윗면이 인장되는 휨**이 생긴다. 왼쪽 끝과 내부힌지의 모멘트는 0이고 각 지점 사이에 중간 하중이 없으므로, 선택지에서는 왼쪽 롤러까지 기준선 아래로 내려갔다가 힌지까지 직선으로 올라오는 모양이다.

선택지 대조: ①은 왼쪽 구간의 꺾인 직선, 내부힌지에서의 0, 오른쪽 돌출부의 수평선을 모두 만족한다. ②처럼 왼쪽 전체를 0으로 그리면 힌지가 전달하는 전단력에 의한 휨을 반영하지 못한다. ③처럼 힌지와 오른쪽 롤러 사이의 하중 없는 곳에서 기울기가 바뀔 수 없으며, 오른쪽 돌출부도 수평이어야 한다. ④의 오른쪽 끝은 0이 아니라 **작용 모멘트 M에 대응하는 일정한 값**으로 이어져야 한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 아치 구조물의 지점 A에서 수평 반력의 크기[kN]는? (단, 자중은 무시한다)



① 5
② 10
③ 15
④ 20

정답 2번

간단한 해설

B는 수평면 위의 롤러 지점이므로 **수평 반력이 없다**. 왼쪽으로 작용하는 등분포하중의 합력은 $2 \times 5 = 10$ kN이므로, A에서는 이를 상쇄하는 10 kN의 수평 반력이 오른쪽으로 작용한다.

NoteBase

계산 과정

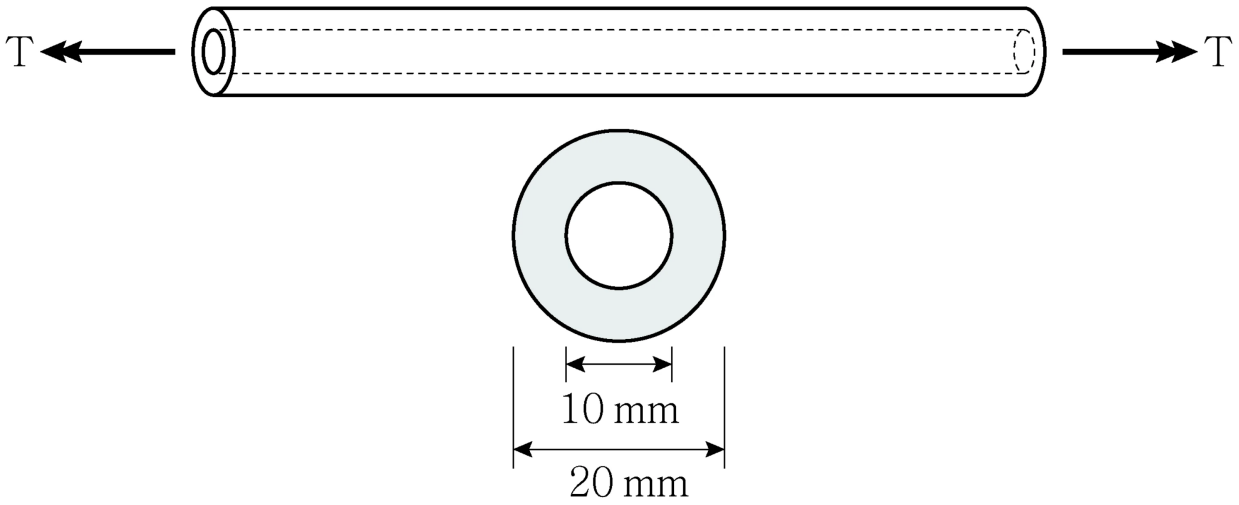
지점 조건: A는 힌지 지점으로 수평·수직 반력을 전달하고, B는 수평면 위의 롤러 지점으로 **수직 반력만 전달한다**. 따라서 구조물 전체의 수평방향 평형은 A의 수평 반력과 외부 수평하중으로 결정된다. 자중은 무시하며, 꼭대기의 5 kN 하중은 수직방향으로 작용한다.

수평하중의 합력: 그림의 왼쪽 방향 등분포하중은 수직 높이 5 m에 걸쳐 2 kN/m로 작용한다. 등분포하중의 합력은 **하중 강도에 분포 길이를 곱한 값**이므로, 합력은 $2 \times 5 = 10$ kN이며 방향은 왼쪽이다.

수평방향 평형: 오른쪽을 양의 방향으로 하고 A의 수평 반력을 A_x라 두면, $\sum F_x = 0$에서 $A_x - 10 = 0$이다. 따라서 $A_x = 10$ kN으로 오른쪽을 향한다. 구하는 수평 반력의 크기는 10 kN이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 외경이 20 mm, 내경이 10 mm인 원형 강봉이 비틀림 모멘트 T를 받을 때, 강봉에 발생하는 최대전단응력(τ_{max})과 최소전단응력(τ_{min})의 비($\frac{\tau_{max}}{\tau_{min}}$)는?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

원형 강봉의 비틀림 전단응력은 **중심에서의 거리에 비례**한다. 중공 단면에서는 바깥면에서 최대, 안쪽면에서 최소이므로 응력비는 반지름비와 같은 $\frac{10}{5} = 2$이다.

NoteBase

계산 과정

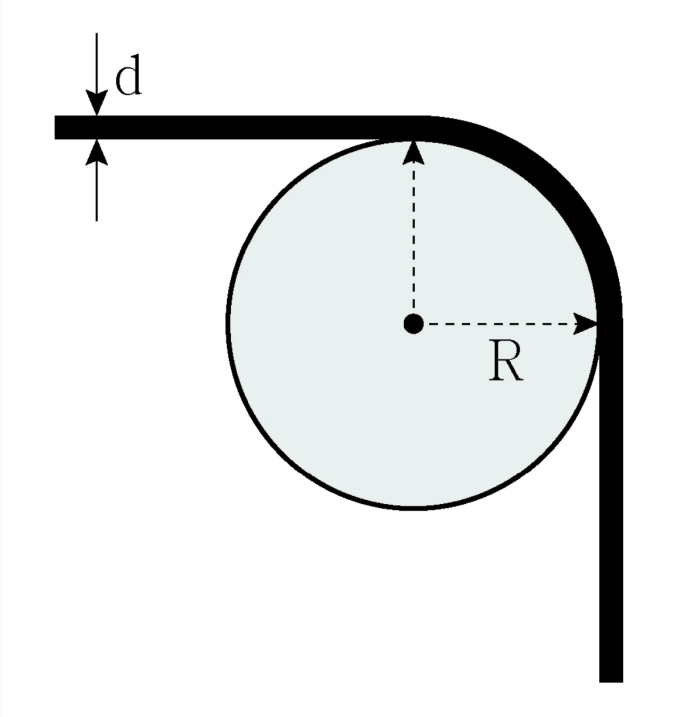
전단응력 분포: 탄성 범위에서 원형 강봉에 비틀림이 작용하면 전단응력의 크기는 $\tau(r) = \frac{Tr}{J}$이다. 여기서 T는 비틀림 모멘트의 크기, r은 단면 중심에서의 거리, J는 단면의 극관성모멘트이다. 같은 단면에서는 T와 J가 일정하므로 전단응력은 r에 비례하여 커진다.

최대·최소 위치: 외경이 20 mm이므로 외반지름은 10 mm이고, 내경이 10 mm이므로 내반지름은 5 mm이다. 따라서 최대전단응력은 바깥면에서, 최소전단응력은 안쪽면에서 발생한다. **중심의 빈 공간에는 강봉 재료가 없으므로** 중심을 기준으로 최소전단응력을 0으로 잡지 않는다.

응력비 계산: 두 응력의 비를 구하면 공통인 T와 J가 소거되어 $\frac{\tau_{max}}{\tau_{min}} = \frac{r_o}{r_i}$가 된다. 외반지름과 내반지름을 대입하면 $\frac{10}{5} = 2$이다. 같은 단위의 응력끼리 나눈 비이므로 단위는 없으며, 이는 ②의 값 2에 해당한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 지름 d인 원형 강봉을 강체 드럼을 사용하여 구부릴 때, 원형 강봉에 발생하는 최대 인장변형률의 크기는? (단, 미소변위이론을 적용하고, R은 강체 드럼의 반지름이다)



① $\frac{2d}{R}$

② $\frac{d}{2R}$

③ $\frac{2d}{R+2d}$

④ $\frac{d}{2R+d}$

정답 4번

간단한 해설

최대 인장변형률은 **중립축에서 가장 먼 바깥쪽 표면**에서 발생한다. 중립축의 곡률반지름은 $R+\frac{d}{2}$이므로, 최대 인장변형률은 $\frac{d}{2R+d}$이다.

NoteBase

계산 과정

중립축의 위치: 굽힘으로 길이가 늘어나지도 줄어들지도 않는 선을 중립축이라 한다. 미소변위 굽힘이론에서 원형 강봉의 중립축은 단면의 중심을 지난다. 그림의 R은 강봉 안쪽 표면이 닿는 드럼의 반지름이므로, **중립축의 곡률반지름**은 $\rho = R + \frac{d}{2}$이다.

변형률 관계: 굽혀진 부분의 중심각을 θ, 중립축에서 바깥쪽으로 잰 거리를 y라 하자. 중립축은 길이가 변하지 않으므로 굽히기 전 길이는 $L_0 = \rho\theta$이고, y 위치의 굽힌 뒤 길이는 $L = (\rho + y)\theta$이다. 따라서 늘어난 길이는 $\Delta L = y\theta$이며, 길이 변화량을 처음 길이로 나눈 인장변형률은 $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{y}{\rho}$이다.

최대값 계산: 바깥쪽으로 갈수록 y가 커져 인장변형률도 커진다. 바깥쪽 표면에서는 **중립축으로부터의 거리가 강봉 반지름**이므로 $y_{\max} = \frac{d}{2}$이다. 이를 대입하면 $\varepsilon_{\max} = \frac{d/2}{R + d/2} = \frac{d}{2R + d}$이다. 변형률은 길이의 비이므로 단위가 없으며, 이 식은 ④에 해당한다.

NoteBase