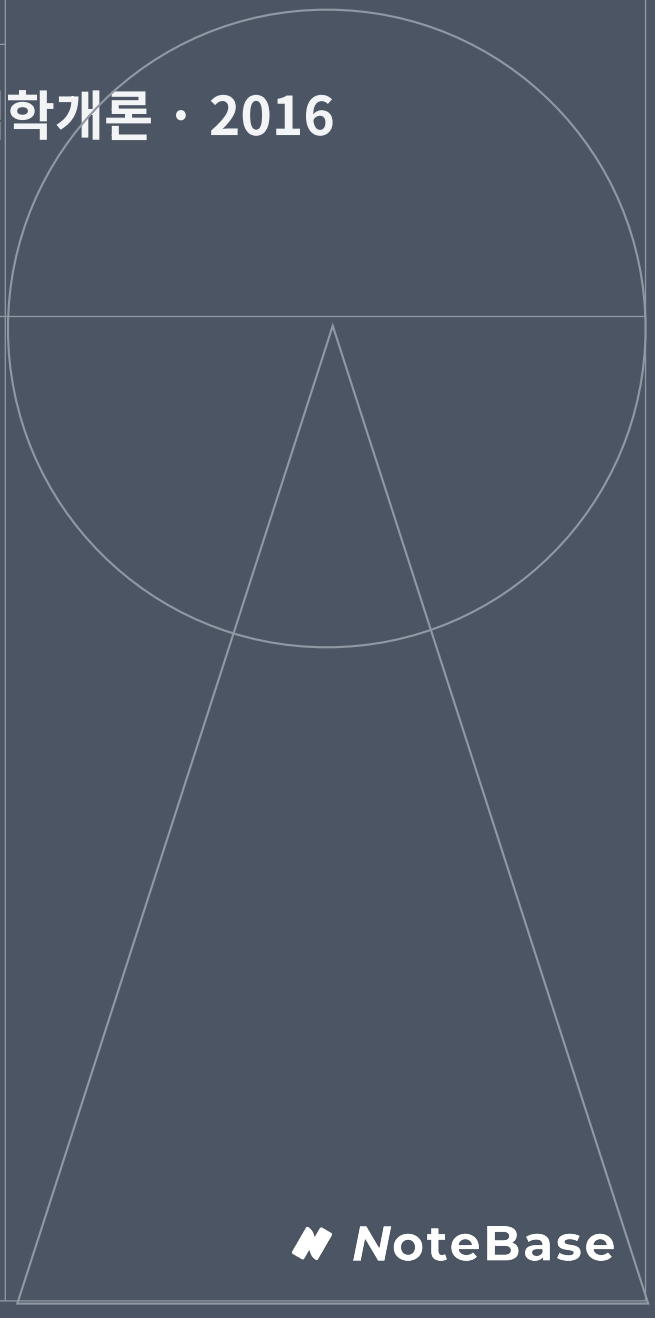
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2016



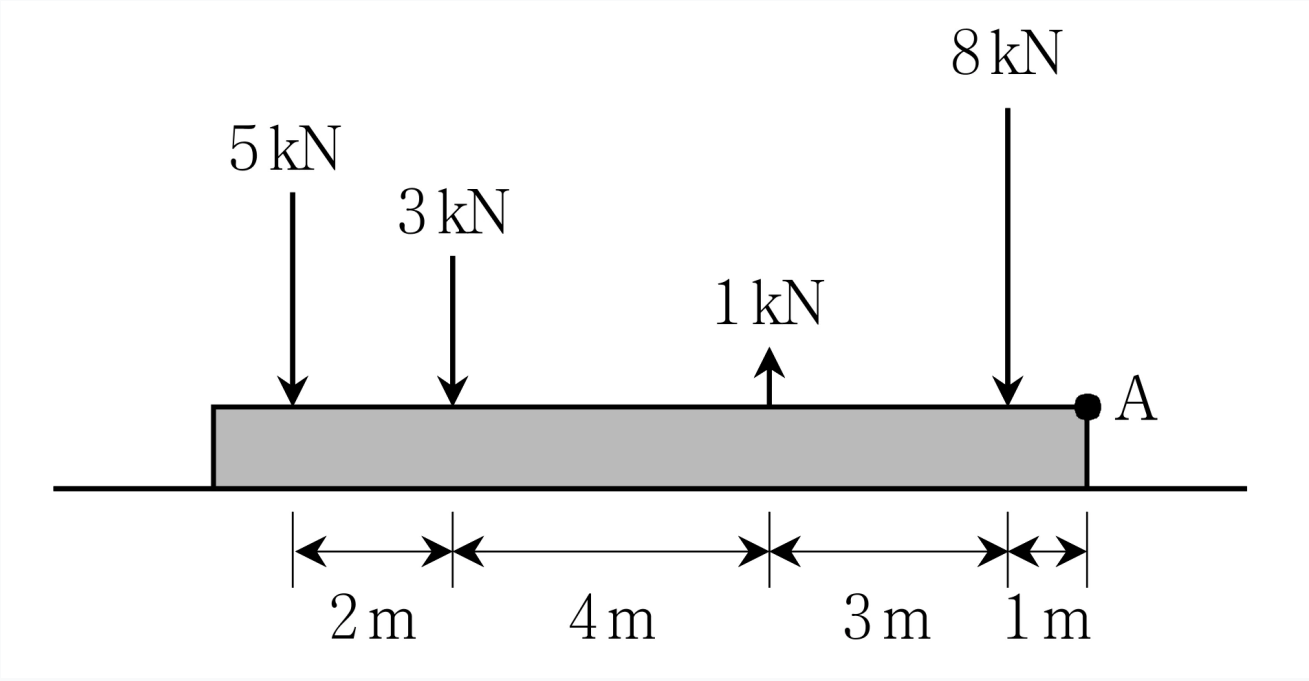
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2016

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2016

문 1. 그림과 같이 여러 힘이 평행하게 강체에 작용하고 있을 때, 합력의 위치는?



① A점에서 왼쪽으로 5.2 m

② A점에서 오른쪽으로 5.2 m

③ A점에서 왼쪽으로 5.8 m

④ A점에서 오른쪽으로 5.8 m

정답 1번

간단한 해설

합력은 아래쪽 15 kN이며, A점에 대한 반시계방향 모멘트 78 kN·m를 그대로 만들어야 한다. 따라서 합력의 작용선은 **A점 왼쪽 5.2 m**를 지난다.

NoteBase

계산 과정

평행한 힘들을 하나의 합력으로 바꾸려면 **힘의 합과 한 점에 대한 모멘트의 합**이 모두 같아야 한다. 모멘트는 힘의 크기에 기준점에서 작용선까지의 수직거리를 곱하여 구한다.

거리 확인: 그림에서 모든 힘의 작용선은 A점 왼쪽에 있다. A점에서 5 kN까지의 거리는 1 + 3 + 4 + 2 = 10 m, 3 kN까지는 1 + 3 + 4 = 8 m, 1 kN까지는 1 + 3 = 4 m, 8 kN까지는 1 m이다.

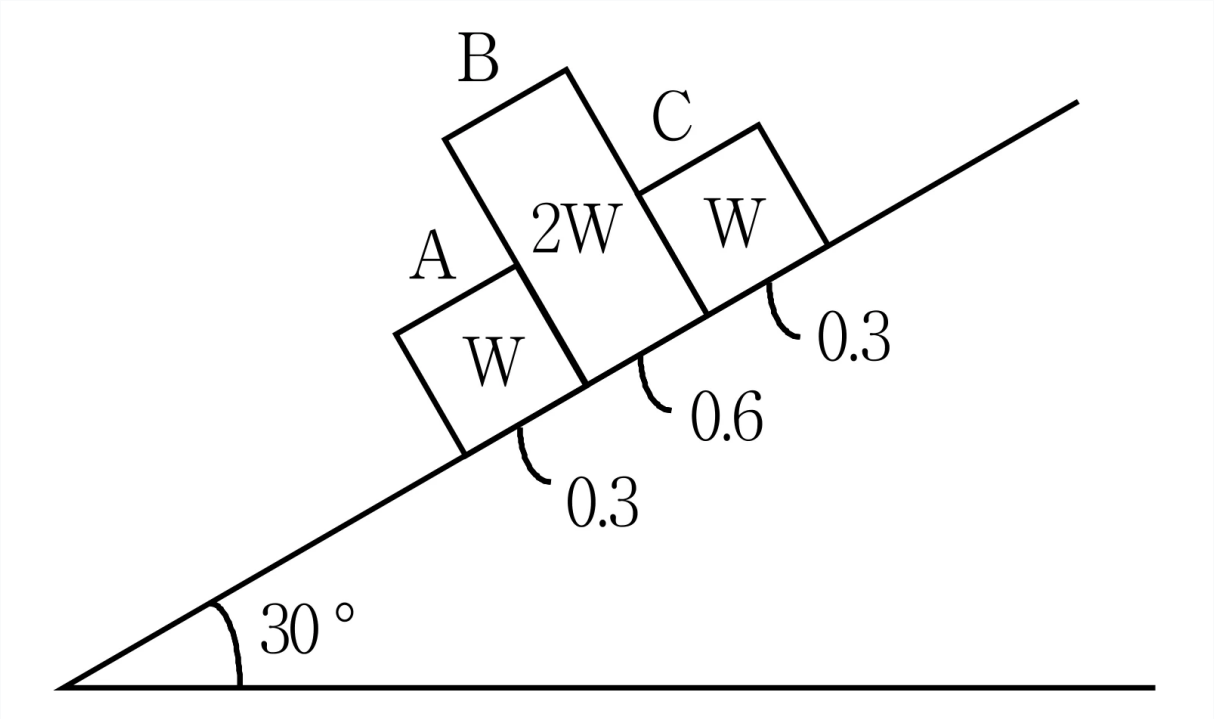
합력의 크기와 방향: 아래쪽 힘은 5 kN, 3 kN, 8 kN이고 위쪽 힘은 1 kN이다. 아래쪽을 양으로 잡으면 R = 5 + 3 + 8 − 1 = 15 kN이므로 합력은 아래쪽으로 작용한다.

A점에 대한 모멘트: A점 왼쪽의 아래쪽 힘들은 반시계방향, 위쪽 1 kN은 시계방향으로 회전시키려 한다. 반시계방향을 양으로 잡으면 $M_A = 5 \cdot 10 + 3 \cdot 8 - 1 \cdot 4 + 8 \cdot 1$이고, $M_A = 78\text{kN} \cdot \text{m}$이다.

합력의 위치: 아래쪽 합력이 반시계방향 모멘트를 만들려면 작용선이 **A점 왼쪽**에 있어야 한다. A점에서 그 작용선까지의 거리를 d라 하면 $Rd = M_A$이므로 $d = \frac{78}{15} = 5.2\text{m}$이다. 따라서 합력의 위치는 A점에서 왼쪽으로 5.2 m이며, ①과 일치한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 무게와 정지마찰계수가 다른 3개의 상자를 30° 경사면에 놓았을 때, 발생되는 현상은? (단, 상자 A, B, C의 무게는 각각 W, 2W, W이며, 정지마찰계수는 각각 0.3, 0.6, 0.3이다. 또한, 경사면의 재질은 일정하다)



① A상자만 미끄러져 내려간다.

② A, B상자만 미끄러져 내려간다.

③ 모두 미끄러져 내려간다.

④ 모두 정지해 있다.

정답 3번

간단한 해설

A는 경사면 아래로 작용하는 중력 성분이 최대정지마찰력보다 커서 미끄러진다. B는 홀로 있을 때와 달리 **위쪽 C가 미는 힘**도 받으며, B·C의 중력 성분 합 1.5W가 최대정지마찰력 합 약 1.299W보다 크므로 두 상자도 미끄러진다.

NoteBase

계산 과정

마찰력의 한계: 무게가 P인 상자의 중력을 경사면에 수직·평행한 방향으로 나누면 수직항력은 $N = P\cos 30^\circ$, 아래쪽 중력 성분은 $T = P\sin 30^\circ$이다. 정지마찰계수를 μ_s라 하면 최대정지마찰력은 $F_{\max} = \mu_s N$이다. 정지마찰력은 항상 이 값으로 작용하는 것이 아니라 **정지에 필요한 만큼만 작용하며 이 한계를 넘을 수 없다**.

A상자: 무게 W, 정지마찰계수 0.3이므로 아래쪽 중력 성분은 $T_A = W\sin 30^\circ = 0.5W$이다. 최대정지마찰력은 $F_{A,\max} = 0.3W\cos 30^\circ \approx 0.260W$이다. 중력 성분이 마찰력의 한계보다 크므로 A는 아래로 미끄러진다. 그림에서 B는 A의 위쪽에 있으므로 B와의 접촉력이 A를 위쪽으로 붙잡아 주지도 못한다.

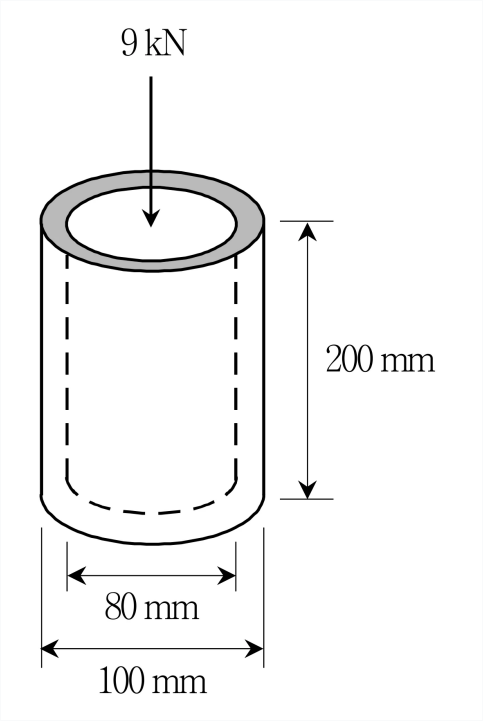
B상자를 따로 볼 때: 무게가 2W이므로 아래쪽 중력 성분은 $T_B = 2W\sin 30^\circ = W$이다. 최대정지마찰력은 $F_{B,\max} = 0.6 \cdot 2W\cos 30^\circ \approx 1.039W$이다. 따라서 B만 놓으면 정지할 수 있다. 그러나 그림에서는 **위쪽에 접한 C가 B를 아래쪽으로 미는 효과**까지 고려해야 한다.

B·C를 함께 볼 때: C도 A와 무게와 마찰계수가 같아 홀로는 정지하지 못하며, 바로 아래의 B를 민다. 두 상자를 하나의 계로 보면 서로 미는 힘은 내부력이므로 상쇄된다. 아래쪽 중력 성분의 합은 $T_{BC} = 3W\sin 30^\circ = 1.5W$이다. 두 최대정지마찰력의 합은 $F_{BC,\max} = 1.5W\cos 30^\circ \approx 1.299W$이다. 이는 B의 마찰계수 0.6에 무게 2W를, C의 마찰계수 0.3에 무게 W를 각각 적용하여 더한 값이다. **중력 성분의 합이 마찰력의 최대 합보다 크므로** B·C는 함께 정지할 수 없다. 이미 아래로 미끄러지는 A도 두 상자를 붙잡아 줄 수 없으므로 C가 B를 밀며 내려간다.

A가 미끄러지고 B와 C도 미끄러지므로, 발생하는 현상은 ③의 '모두 미끄러져 내려간다'에 해당한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 길이 200 mm, 바깥지름 100 mm, 안지름 80 mm, 탄성계수가 200 GPa인 원형 파이프에 축하중 9 kN이 작용할 때, 축하중에 의한 원형 파이프의 수축량[mm]은? (단, 축하중은 단면 도심에 작용한다)



① $\frac{1}{50\pi}$

② $\frac{1}{100\pi}$

③ $\frac{9}{1600\pi}$

④ $\frac{9}{2500\pi}$

정답 2번

간단한 해설

도심에 작용하는 압축 축하중에 의한 수축량은 $\delta = \frac{PL}{EA}$로 구한다. 단면적은 **바깥 원에서 안쪽 빈 원을 뺀 면적**이므로 $900\pi\ \text{mm}^2$이며, 수축량은 $\frac{1}{100\pi}$ mm이다.

NoteBase

계산 과정

1. 적용 관계: 그림의 9 kN 하중은 파이프를 축방향으로 누르는 압축하중이다. 하중이 **단면 도심에 작용**하므로 편심에 의한 휨을 고려하지 않고 축방향 탄성변형을 구한다. 축응력은 $\sigma = \frac{P}{A}$, 변형률은 $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$이다. 변형률에 길이 L을 곱하면 길이 변화량이므로, 수축량의 크기는 $\delta = \frac{PL}{EA}$이다. 여기서 P는 압축하중의 크기, A는 재료가 차지하는 단면적, E는 탄성계수이다.

2. 단면적: 바깥지름 D = 100 mm, 안지름 d = 80 mm이므로 **속이 빈 부분의 면적을 제외**한다. 따라서 $A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$에 주어진 지름을 대입하면 $A = \frac{\pi}{4}(100^2 - 80^2) = 900\pi$ mm^2이다.

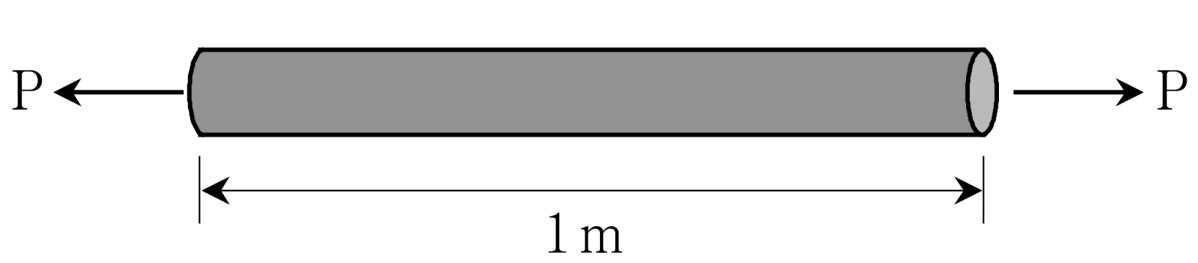
3. 단위 통일: 길이 L = 200 mm에 맞추어 하중은 P = 9,000 N, 탄성계수는 E = 200,000 N/mm^2로 환산한다. 1 GPa = 1,000 N/mm^2이므로 200 GPa는 200,000 N/mm^2이다. 이렇게 N과 mm로 단위를 맞추면 수축량은 mm로 나온다.

4. 수축량 계산: $\delta = \frac{9000 \cdot 200}{200000 \cdot 900\pi}$ mm이므로, $\delta = \frac{1}{100\pi}$ mm이다. 압축으로 길이가 줄어들지만, 문제에서 묻는 수축량은 **줄어든 길이의 크기**로 나타낸다.

따라서 수축량 $\frac{1}{100\pi}$ mm는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 길이가 1 m, 지름이 30 mm, 포아송비가 0.3인 강봉에 인장력 P가 작용하고 있다. 강봉이 축 방향으로 3 mm 늘어날 때, 강봉의 최종 지름[mm]은?



① 29.730

② 29.973

③ 30.027

④ 30.270

정답 2번

간단한 해설

포아송비는 축 방향 변형률에 대한 가로 방향 변형률의 크기 비이다. 인장으로 길이가 늘어나면 **지름은 감소**하며, 이때 지름 감소량은 0.027 mm이므로 최종 지름은 29.973 mm이다.

계산 과정

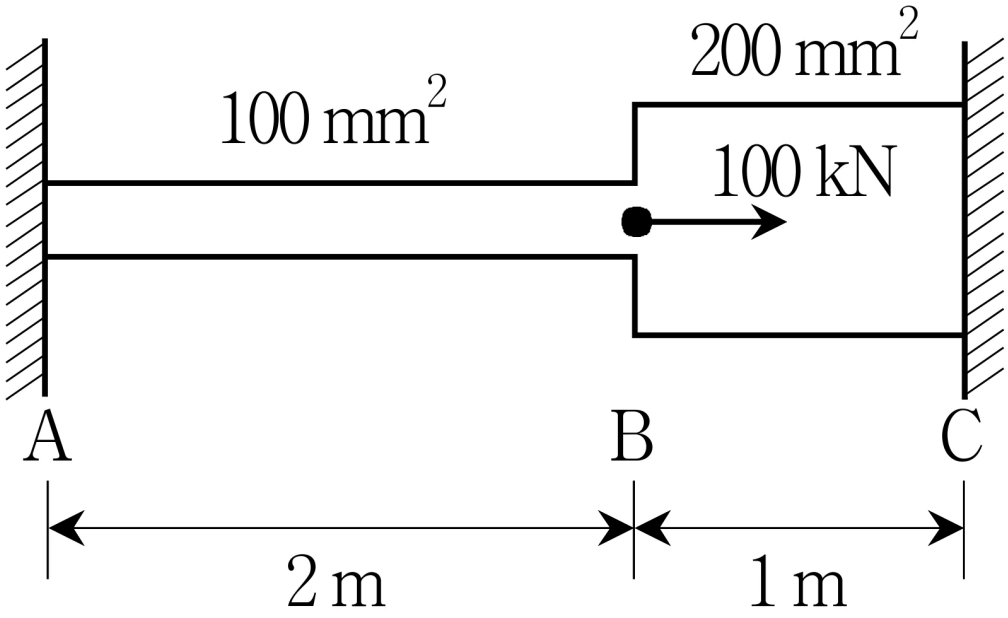
축 방향 변형률: 그림의 양 끝 인장력 P에 의해 강봉이 늘어난다. 원래 길이를 L, 늘어난 길이를 ΔL이라 하면, 축 방향 변형률은 **원래 길이에 대한 늘어난 길이의 비**이다. 길이 단위를 맞추면 L = 1 m = 1,000 mm이므로 $\varepsilon_L = \frac{\Delta L}{L} = \frac{3}{1000} = 0.003$이다. 변형률은 길이끼리의 비이므로 무차원이다.

지름 방향 변형률: 축 방향 인장에 따른 작은 변형에서 포아송비는 $\nu = -\frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_L}$로 정의된다. 여기서 ε_d는 지름 방향 변형률이다. 따라서 $\varepsilon_d = -\nu\varepsilon_L = -0.3 \cdot 0.003 = -0.0009$이다. 음의 부호는 **지름이 줄어든다**는 뜻이며, 지름의 감소 비율은 0.09%이다.

최종 지름: 원래 지름을 d = 30 mm, 지름 변화량을 Δd라 하면 $\Delta d = d\varepsilon_d = 30 \cdot (-0.0009) = -0.027\text{mm}$이다. 따라서 최종 지름은 30 − 0.027 = 29.973 mm이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 양단 고정봉에 100 kN의 하중이 작용하고 있다. AB 구간의 단면적은 100 mm^2, BC 구간의 단면적은 200 mm^2으로 각각 일정할 때, A지점에 작용하는 수평반력[kN]의 크기는? (단, 탄성계수는 200 GPa로 일정하고, 자중은 무시한다)



① 20

② 30

③ 40

④ 50

정답 1번

간단한 해설

양단이 고정되어 AB의 늘어난 길이와 BC의 줄어든 길이가 같아야 한다. BC의 축강성이 AB의 **4배**이므로 하중도 1 : 4로 분담하여, A지점의 반력 크기는 **20 kN**이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 평형: 그림에서 AB의 길이는 2 m, BC의 길이는 1 m이고, 단면적은 각각 100 mm^2, 200 mm^2이다. A와 C의 반력을 왼쪽 방향으로 두고 그 크기를 각각 R_A, R_C라 하면, 전체 봉의 수평방향 힘의 평형에서 $R_A + R_C = 100\text{kN}$이다. 이때 AB에는 인장력이, BC에는 압축력이 작용한다.

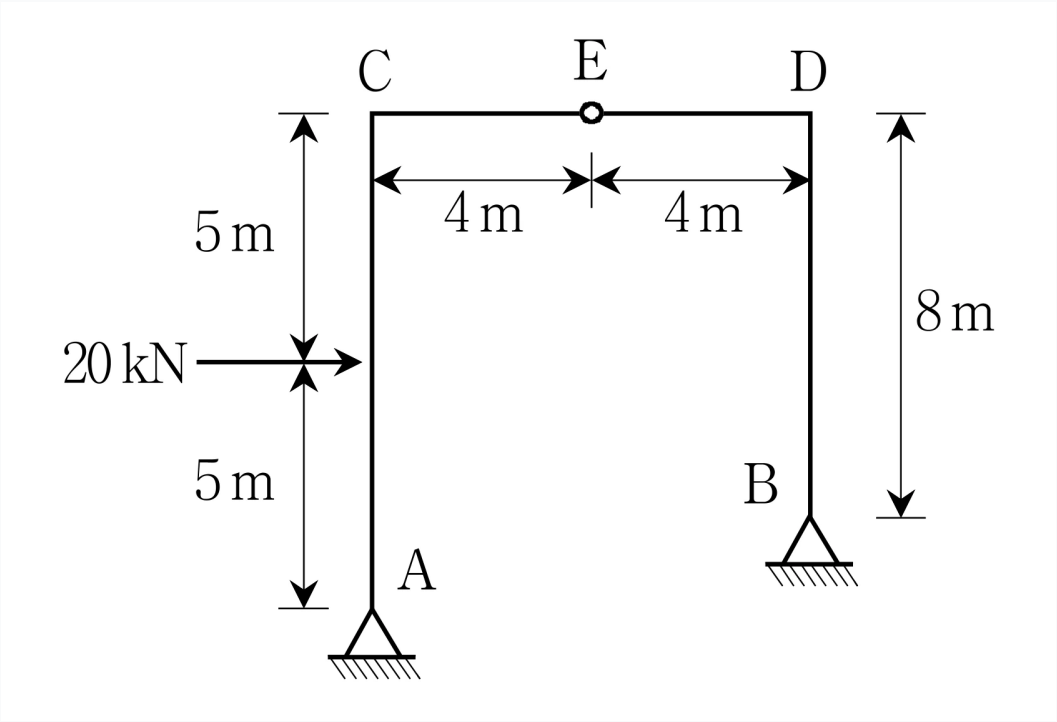
변형 적합조건: 단면적과 탄성계수가 일정한 각 구간의 축방향 변형량은 $\delta = \frac{NL}{EA}$이다. 여기서 N은 축력, L은 구간 길이, E는 탄성계수, A는 단면적이다. 양 끝 A와 C가 고정되어 전체 길이가 변하지 않으므로 **AB의 신장량과 BC의 수축량이 같아야 한다**. 따라서 각 구간의 길이와 단면적에 구간명을 아래첨자로 붙이면 $\frac{R_A L_{AB}}{EA_{AB}} = \frac{R_C L_{BC}}{EA_{BC}}$이다.

반력비 계산: 두 구간의 탄성계수는 모두 200 GPa이므로 위 식에서 E가 소거된다. 길이를 각각 2000 mm, 1000 mm로 바꾸어 대입하면 $\frac{2000}{100} R_A = \frac{1000}{200} R_C$이고, 이를 정리하면 $R_C = 4R_A$이다. 이는 같은 B점 변위에 대해 **BC가 AB보다 4배 큰 힘을 부담한다**는 뜻이다.

수평반력: 반력비를 평형식에 대입하면 $R_A + 4R_A = 100\text{kN}$이므로 $R_A = 20\text{kN}$이다. A지점의 반력은 왼쪽으로 작용하며, 그 크기 20 kN은 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 3힌지 라멘구조에서 A지점의 수평반력[kN]의 크기는? (단, 자중은 무시한다)



① 2.50

② 6.67

③ 10.00

④ 14.44

정답 4번

간단한 해설

내부 힌지 E에서는 **휨모멘트가 0**이므로, 오른쪽 부분과 전체 구조의 모멘트 평형을 함께 이용해 B의 수평반력을 구한다. 이를 20 kN의 수평하중에서 빼면 A의 수평반력 크기는 **14.44 kN**이다.

NoteBase

계산 과정

치수와 반력 방향: A에서 상부 보까지의 높이는 5 + 5 = 10 m이고, B에서 상부 보까지는 8 m이므로 **B는 A보다 2 m 높다**. A와 B의 수평거리는 4 + 4 = 8 m이며, 20 kN의 오른쪽 방향 하중은 A보다 5 m 위에 작용한다. 자중은 무시한다. A와 B의 수평반력을 각각 왼쪽 방향의 H_A, H_B로, B의 수직반력을 위쪽 방향의 V_B로 가정한다.

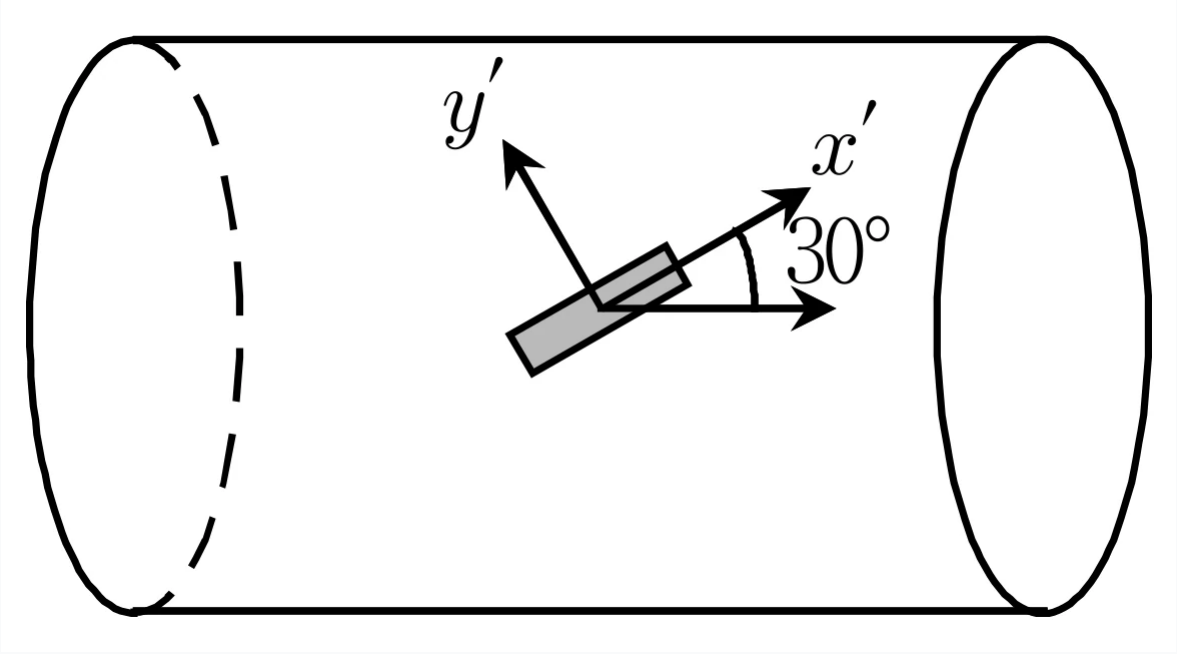
오른쪽 부분 E–D–B의 평형: 내부 힌지 E는 힘을 전달하지만 **모멘트를 전달하지 않는다**. 따라서 이 부분을 분리하여 E에 대한 모멘트 평형을 세울 수 있다. 반시계방향을 양으로 하면 $4V_B - 8H_B = 0$이다. 수직반력의 모멘트 팔길이는 4 m, 수평반력의 모멘트 팔길이는 8 m이므로 $V_B = 2H_B$가 된다.

전체 구조의 모멘트 평형: A에 대한 모멘트를 취하면 A의 반력은 식에서 사라진다. B의 위쪽 반력과 왼쪽 반력은 모두 반시계방향 모멘트를 만들고, 20 kN 하중은 시계방향 모멘트를 만든다. 따라서 $8V_B + 2H_B - 20 \cdot 5 = 0$이다. 여기에 $V_B = 2H_B$를 대입하면 $18H_B = 100$이므로 $H_B = \frac{50}{9}$kN이다. 이는 B가 부담하는 왼쪽 수평반력이다.

A의 수평반력: 전체 구조에서 **두 지점의 왼쪽 수평반력 합이 20 kN**이어야 하므로 $H_A + H_B = 20$이다. 따라서 $H_A = 20 - \frac{50}{9} = \frac{130}{9}$kN이다. 양수이므로 가정한 왼쪽 방향이며, 그 크기는 소수 셋째 자리에서 반올림하여 14.44 kN으로 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 x'과 y'축에 대하여 게이지로 응력을 측정하여 $\sigma_{x'} = 55$ MPa, $\sigma_{y'} = 45$ MPa, $\tau_{x'y'} = -12$ MPa의 응력을 얻었을 때, 주응력[MPa]은?



① σ_{max}: 24, σ_{min}: 12

② σ_{max}: 37, σ_{min}: 32

③ σ_{max}: 50, σ_{min}: 13

④ σ_{max}: 63, σ_{min}: 37

정답 4번

간단한 해설

주응력은 **전단응력이 0인 면의 수직응력**이다. 평균 수직응력 50 MPa에 모어 원의 반지름 13 MPa를 더하고 빼면 최대 주응력은 63 MPa, 최소 주응력은 37 MPa이다.

NoteBase

계산 과정

주어진 x', y' 방향의 응력 성분으로 면내 주응력을 구한다. 주응력은 전단응력이 0이 되는 면의 수직응력이며, 모어 원에서 수직응력 축과 만나는 두 점에 해당한다. 그림의 30°는 측정축의 기울기이다. **주응력의 값은 좌표축을 회전해도 변하지 않으므로** 측정된 성분을 그대로 사용할 수 있다.

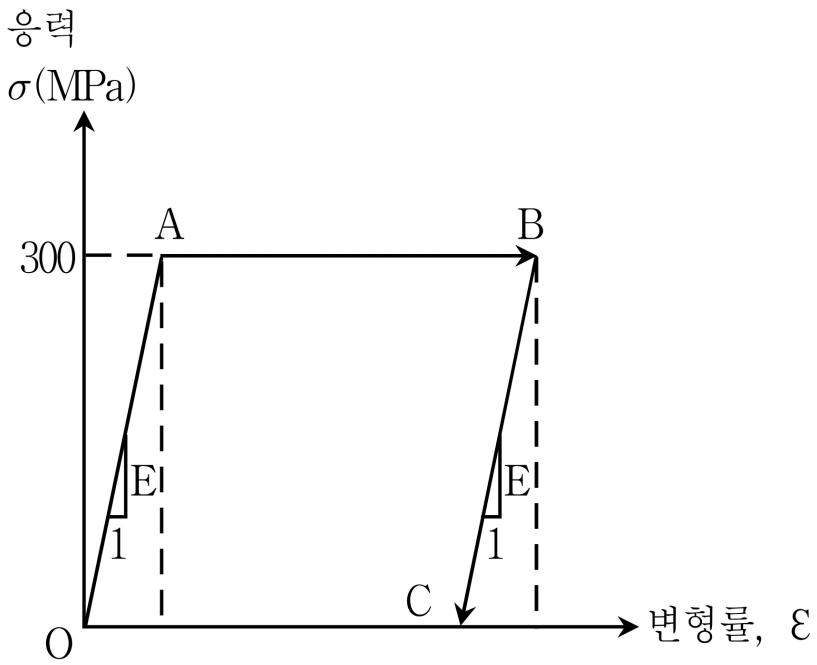
평균 수직응력: 두 수직응력의 평균을 m이라 하면 $m = \frac{55 + 45}{2} = 50$ MPa이다. 이 값은 모어 원 중심의 수직응력 좌표이며, 최대·최소 주응력의 중간값이다.

모어 원의 반지름: 수직응력 차의 절반을 d라 하면 $d = \frac{55 - 45}{2} = 5$ MPa이다. 모어 원에서 측정 응력점은 중심으로부터 수평으로 d, 수직으로 $\tau_{x'y'}$만큼 떨어져 있으므로 반지름은 $R = \sqrt{d^2 + \tau_{x'y'}^2}$이다. 따라서 $R = \sqrt{5^2 + (-12)^2} = 13$ MPa이다. 전단응력의 음수 부호는 응력점의 위치를 나타내며, **반지름 계산에서는 제곱**하므로 양수로 반영된다.

주응력 산정: 모어 원의 수직응력 축상 양 끝점은 중심에서 반지름만큼 떨어져 있다. 따라서 $\sigma_{\max} = m + R = 50 + 13 = 63$ MPa, $\sigma_{\min} = m - R = 50 - 13 = 37$ MPa이다. 최대 63 MPa, 최소 37 MPa의 조합은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 응력-변형률 관계를 갖는 길이 1.5 m의 강봉에 인장력이 작용되어 응력상태가 점 O에서 A를 지나 B에 도달하였으며, 봉의 길이는 15 mm 증가하였다. 이때, 인장력을 완전히 제거하여 응력상태가 C점에 도달할 경우 봉의 영구 신장량[mm]은? (단, 봉의 응력-변형률 관계는 완전탄소성 거동이며, 항복강도는 300 MPa이고 탄성계수는 E = 200 GPa이다)



① 1.25

② 2.25

③ 12.75

④ 13.75

정답 3번

간단한 해설

인장력을 제거하면 전체 신장량 중 **탄성 신장량만 회복**되고 소성 신장량은 남는다. 회복량이 2.25 mm이므로 영구 신장량은 15 - 2.25 = 12.75 mm이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 O→A는 탄성 구간이고, A→B는 응력이 300 MPa로 일정한 소성 구간이다. 따라서 B점의 응력은 300 MPa이다. B→C의 제하 직선은 O→A와 같은 기울기 E를 가지므로, 하중을 제거할 때는 **탄성변형만 회복**된다. 응력이 0이 된 C점의 변형률은 남아 있는 소성변형률이다.

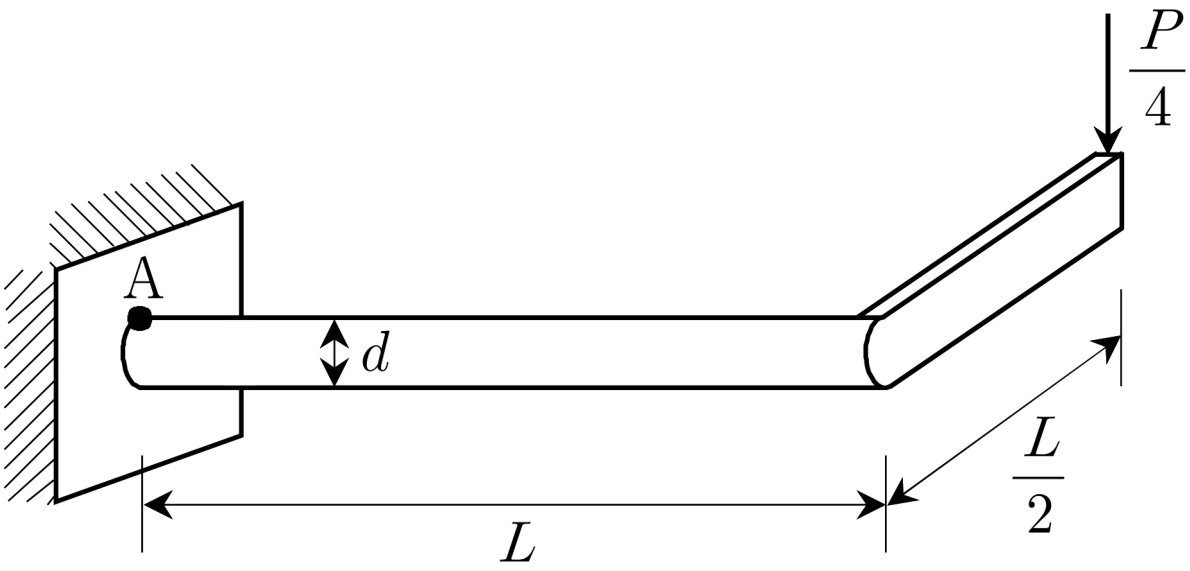
회복되는 탄성변형률을 ε_e, B점의 응력을 σ_B라 하면, 탄성 관계에 따라 $\varepsilon_e = \frac{\sigma_B}{E}$이다. 응력과 탄성계수의 단위를 맞추면 E = 200 GPa = 200000 MPa이므로, $\varepsilon_e = \frac{300}{200000} = 0.0015$이다. 이는 제하 과정에서 줄어드는 변형률이다.

봉의 원래 길이는 L = 1.5 m = 1500 mm이다. 변형률은 원래 길이에 대한 신장량의 비이므로, 회복되는 탄성 신장량은 $\Delta L_e = \varepsilon_e L$이다. 따라서 회복량은 0.0015 × 1500 = 2.25 mm이다.

B점까지의 전체 신장량 15 mm에서 **회복되는 2.25 mm를 뺀 값**이 영구 신장량이다. 영구 신장량을 ΔL_p라 하면 $\Delta L_p = \Delta L - \Delta L_e$이므로, 15 - 2.25 = 12.75 mm이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 길이 L인 원형 막대의 끝단에 길이 $\frac{L}{2}$의 직사각형 막대가 직각으로 연결되어 있다. 직사각형 막대의 끝에 $\frac{P}{4}$의 하중이 작용할 때, 고정지점의 최상단 A점에서의 전단응력은? (단, 원형 막대의 직경은 d이고, 자중은 무시한다)



① $\frac{4P}{3\pi d^2}$
② $\frac{2PL}{\pi d^3}$
③ $\frac{4PL}{\pi d^3}$
④ $\frac{8PL}{\pi d^3}$

정답 2번

간단한 해설

A점에서는 횡전단력에 의한 전단응력이 0이므로 **비틀림에 의한 전단응력**만 구한다. 비틀림모멘트는 $T = \frac{P}{4} \cdot \frac{L}{2} = \frac{PL}{8}$이고, 원형 단면의 비틀림 공식을 적용하면 $\tau_A = \frac{2PL}{\pi d^3}$이다.

NoteBase

계산 과정

하중과 단면력: 자중을 무시하면 고정단의 횡전단력 크기는 $V = \frac{P}{4}$이다. 하중의 작용선은 원형 막대의 축에서 $\frac{L}{2}$ 만큼 떨어져 있으므로, 축을 비트는 모멘트의 크기는 $T = \frac{P}{4} \cdot \frac{L}{2} = \frac{PL}{8}$이다. 원형 막대 길이 L에 의한 모멘트 $M = \frac{PL}{4}$는 휨모멘트이며, 비틀림모멘트와 구분한다.

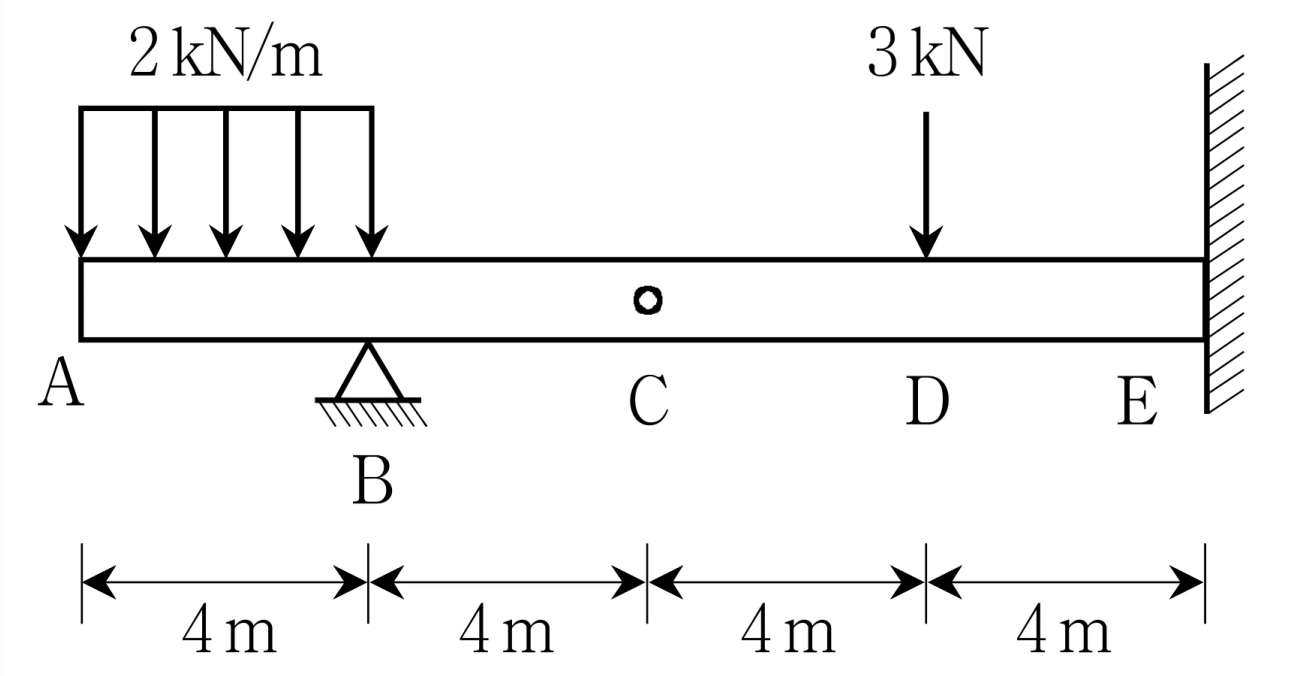
A점에서 고려할 응력: 원형 단면의 최상단 A에서는 **횡전단력에 의한 전단응력이 0**이다. 휨모멘트는 막대 축 방향의 수직응력을 발생시키므로, 단면의 전단응력을 구할 때 더하지 않는다. 따라서 A점의 전단응력은 비틀림에 의한 성분만으로 계산한다.

원형 단면의 비틀림 공식: 탄성 범위의 원형 축에서 비틀림 전단응력은 $\tau = \frac{Tr}{J}$이다. 여기서 r은 단면 중심에서 해당 점까지의 거리이고, J는 극단면2차모멘트이다. 지름이 d인 속이 찬 원형 단면에서는 $J = \frac{\pi d^4}{32}$이며, A점은 외주에 있으므로 $r = \frac{d}{2}$이다.

전단응력 계산: 단면값을 대입하면 $\tau_A = \frac{Tr}{J} = \frac{16T}{\pi d^3}$이다. 여기에 $T = \frac{PL}{8}$을 넣으면 $\tau_A = \frac{16}{\pi d^3} \cdot \frac{PL}{8} = \frac{2PL}{\pi d^3}$을 얻는다. 이는 ②의 식과 일치하며, 힘을 N, 길이를 mm로 통일하여 넣으면 응력 단위는 $\mathrm{N/mm^2}$이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 게르버보에서 고정지점 E점의 휨모멘트[kN·m]의 크기는? (단, C점은 내부힌지이며, 자중은 무시한다)



① 8

② 12

③ 20

④ 44

정답 3번

간단한 해설

내부힌지는 모멘트를 전달하지 않지만 전단력은 전달한다. 왼쪽 보의 평형에서 오른쪽 보의 C점에는 **위쪽으로 4 kN**이 작용하며, 이 힘과 D점 하중이 E점에 만드는 모멘트는 서로 반대 방향이므로 휨모멘트의 크기는 32 − 12 = 20 kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

하중과 해석 조건: 자중을 무시하므로 그림의 등분포하중과 집중하중만 고려한다. A–B 구간 4 m에 작용하는 2 kN/m의 등분포하중은 합력 $2 \times 4 = 8$ kN으로 바꾸며, 작용점은 A–B의 중앙인 B점 왼쪽 2 m이다. C점은 내부힌지이므로 **휨모멘트가 0**이고, 여기서 보를 나누어 각각 평형식을 세울 수 있다.

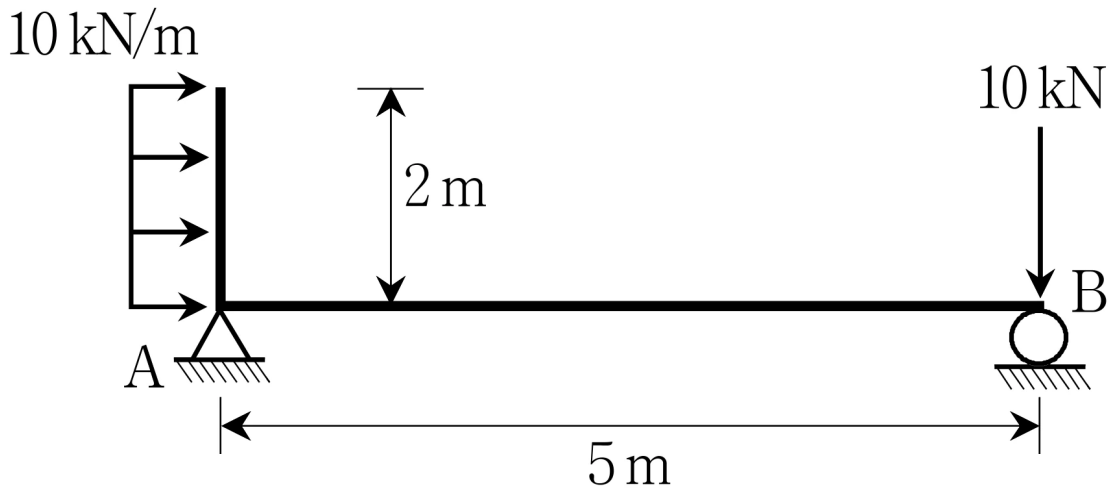
왼쪽 보 A–C의 평형: C점에서 왼쪽 보에 작용하는 수직력을 아래쪽으로 가정하고 그 크기를 V_C(kN)라 한다. B점에 대한 모멘트를 구하면 B점 반력은 팔길이가 0이므로 제외된다. 반시계방향을 양으로 두면 $8 \cdot 2 - 4V_C = 0$이므로 $V_C = \frac{8 \cdot 2}{4} = 4$ kN이다. 따라서 왼쪽 보의 C점에는 아래쪽으로 4 kN이 작용한다.

오른쪽 보 C–E로의 힘 전달: 내부힌지 양쪽의 힘은 작용·반작용 관계이므로, 오른쪽 보의 C점에는 **위쪽으로 4 kN**이 작용한다. 힌지에서 모멘트는 전달되지 않지만 이 수직력은 전달된다.

E점의 휨모멘트: C–E 거리는 $4 + 4 = 8$ m이므로 C점의 위쪽 힘은 E점에 대해 시계방향으로 $4 \times 8 = 32$ kN·m의 모멘트를 만든다. D점의 아래쪽 3 kN은 E점에서 4 m 떨어져 있어 반시계방향으로 $3 \times 4 = 12$ kN·m의 모멘트를 만든다. **두 모멘트의 방향이 반대**이므로 외력 모멘트의 합은 시계방향 $32 - 12 = 20$ kN·m이다. 이를 평형시키는 고정단 반력모멘트와 E점 단면의 휨모멘트는 크기가 같으므로, 요구한 크기는 20 kN·m이며 ③에 해당한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 구조물에서 A지점의 수직반력[kN]은? (단, 자중은 무시한다)



① 4(↑)

② 4(↓)

③ 5(↑)

④ 5(↓)

정답 2번

간단한 해설

수평 등분포하중은 A에 대해 20 kN·m의 시계방향 모멘트를 만든다. 이를 평형시키는 B의 반력은 14 kN이므로, 수직력 평형상 A의 반력은 **아래쪽 4 kN**이다.

NoteBase

계산 과정

자중을 무시하고 구조물 전체의 평형을 적용한다. A와 B의 수직반력을 각각 A_y, B_y라 하고, 위쪽을 양(+)으로 정한다. A와 B 사이의 수평거리는 5 m이다.

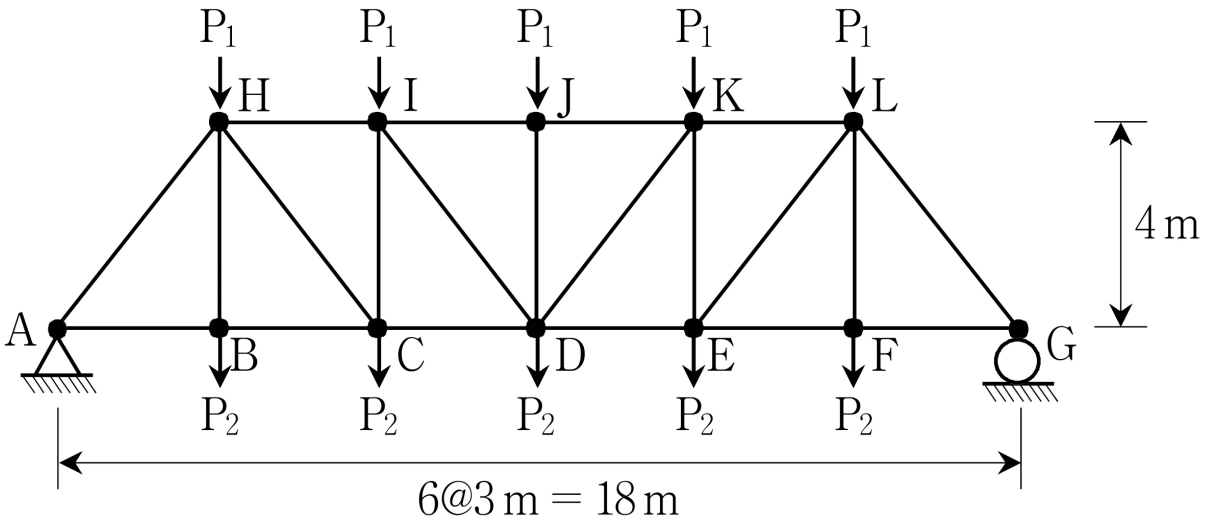
수평 등분포하중의 합력: 높이 2 m에 걸쳐 오른쪽으로 작용하는 10 kN/m의 등분포하중을 합치면 $10 \times 2 = 20$ kN이다. 합력은 **분포 구간의 중앙**에 작용하므로 A에서 높이 1 m인 곳에 작용한다. 따라서 A에 대해 $20 \times 1 = 20$ kN·m의 시계방향 모멘트를 만든다.

B의 수직반력: A에 대한 모멘트 평형을 이용하면 A의 반력은 모멘트에 기여하지 않는다. 반시계방향을 양(+)으로 잡을 때, B의 상향 반력은 반시계방향으로, B의 하향 집중하중 10 kN과 수평하중의 합력은 시계방향으로 작용한다. 따라서 $5B_y - 10 \cdot 5 - 20 \cdot 1 = 0$이고, $B_y = \frac{50 + 20}{5} = 14\text{kN}$이다. 이는 B가 구조물을 위로 14 kN 밀어 준다는 뜻이다.

A의 수직반력: 수평하중은 수직력 합에 포함되지 않으므로 수직력 평형식은 $A_y + B_y - 10 = 0$이다. 여기에 B의 반력을 대입하면 $A_y = 10 - 14 = -4\text{kN}$이다. **음수는 처음 정한 위쪽과 반대 방향**이라는 뜻이므로 A의 수직반력은 아래쪽 4 kN이며, ②의 4(↓)에 해당한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 트러스에서 사재 AH의 부재력[kN]은? (단, $P_1 = 10$ kN, $P_2 = 30$ kN이며, 자중은 무시한다)



① 75(인장)

② 75(압축)

③ 125(인장)

④ 125(압축)

정답 4번

간단한 해설

하중이 좌우 대칭이므로 A점의 수직반력은 100 kN이다. 사재 AH의 수직성분이 이 반력을 상쇄해야 하므로, 수직성분과 부재력의 비 4/5를 적용하면 **125 kN의 압축력**이 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 지점반력: 상부 H~L의 5개 절점에는 각각 10 kN, 하부 B~F의 5개 절점에는 각각 30 kN이 아래로 작용한다. 전체 수직하중은 $5 \times 10 + 5 \times 30 = 200$ kN이다. **하중과 지점 배치가 좌우 대칭**이므로 A점과 G점의 수직반력은 같으며, $A_y = G_y = \frac{200}{2} = 100\text{kN}$이다.

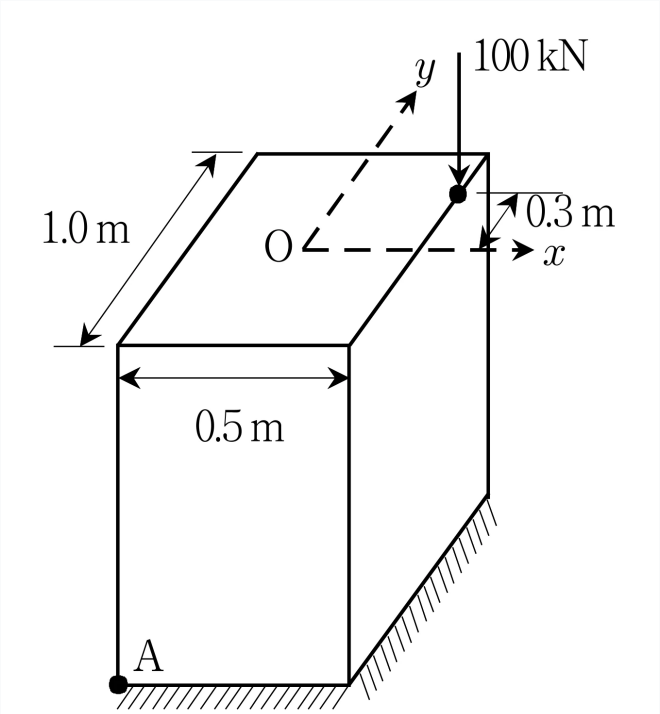
2. 사재의 기하관계: 그림에서 AB = 3 m, BH = 4 m이므로 $AH = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\text{m}$이다. 사재 AH가 수평선과 이루는 각을 θ라 하면 $\sin\theta = \frac{4}{5}$이다. 따라서 AH 부재력의 수직성분은 부재력의 4/5이다.

3. A절점의 평형: 트러스 부재는 축방향 힘을 전달한다. A절점에 연결된 AB는 수평이므로 수직성분이 없고, AH의 수직성분만 A점의 위쪽 반력 100 kN과 평형을 이룬다. AH의 부재력 N_{AH}를 인장일 때 양수로 정하면, 인장력은 A에서 H를 향하여 위쪽 성분을 갖는다. 위쪽을 양수로 한 수직방향 평형식은 $100 + \frac{4}{5}N_{AH} = 0$이고, 이를 풀면 $N_{AH} = -100 \times \frac{5}{4} = -125\text{kN}$이다.

4. 부호의 의미: **인장을 양수로 정했을 때 음수**가 나왔으므로 AH는 압축을 받는다. 실제로 AH는 A절점을 왼쪽 아래로 밀어 수직반력을 상쇄한다. 따라서 AH의 부재력은 125 kN(압축)으로, ④에 해당한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같은 단주에서 지점 A에 발생하는 응력[kN/m^2]의 크기는? (단, O점은 단면의 도심이고, 자중은 무시한다)



① 640

② 680

③ 760

④ 800

정답 3번

간단한 해설

편심하중에 의한 **축응력과 두 방향 휨응력을 중첩**한다. A점에서는 두 휨응력이 모두 인장 방향으로 작용하므로, 압축을 양으로 잡으면 200 − 600 − 360 = −760 kN/m^{2}가 되어 **인장응력 760 kN/m^2**가 발생한다.

NoteBase

계산 과정

하중과 편심: 단주의 편심하중은 도심에 작용하는 축하중과 두 축에 대한 휨모멘트로 나누어 계산한다. 그림에서 x방향 단면 폭은 0.5 m, y방향 단면 길이는 1.0 m이다. 하중 P = 100 kN은 오른쪽 가장자리에 작용하므로 도심에서의 x방향 편심은 $e_x = \frac{0.5}{2} = 0.25\text{m}$이고, y방향 편심은 $e_y = 0.3\text{m}$이다. 따라서 $M_y = Pe_x = 25\text{kN}\cdot\text{m}$, $M_x = Pe_y = 30\text{kN}\cdot\text{m}$이다.

균일 축응력: 단면적은 S = 0.5 × 1.0 = 0.5 m^2이다. 자중을 무시하므로 축력은 100 kN이며, 단면 전체에 균일하게 작용하는 압축응력은 $\sigma_0 = \frac{P}{S} = \frac{100}{0.5} = 200\text{kN/m}^2$이다.

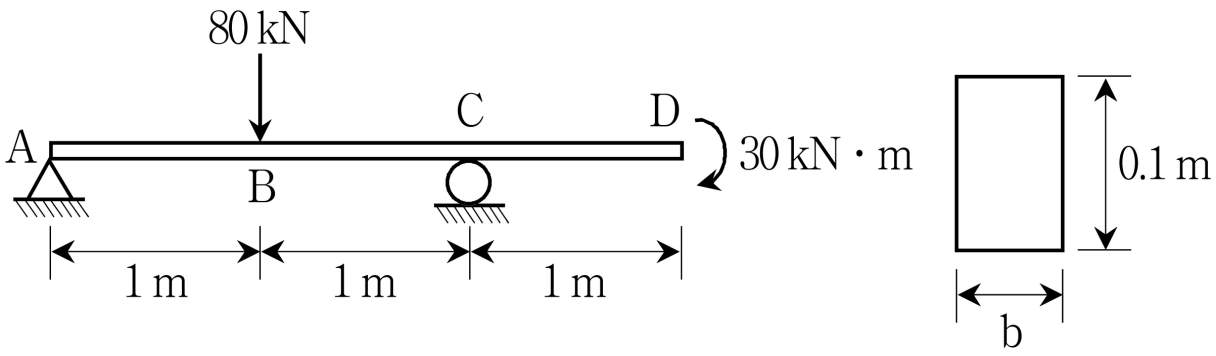
단면2차모멘트: 각 도심축에서 **그 축에 수직인 단면 치수를 세제곱**한다. x축에 대해서는 $I_x = \frac{0.5\cdot 1.0^3}{12} = \frac{1}{24}\text{m}^4$이고, y축에 대해서는 $I_y = \frac{1.0\cdot 0.5^3}{12} = \frac{1}{96}\text{m}^4$이다.

A점의 휨응력: A는 도심에서 x방향으로 0.25 m, y방향으로 0.5 m 떨어진 모서리이다. 휨응력의 크기는 모멘트에 중립축으로부터의 거리를 곱하고 단면2차모멘트로 나눈다. y축 휨에 의한 크기는 $\frac{25\cdot 0.25}{1/96} = 600\text{kN/m}^2$이고, x축 휨에 의한 크기는 $\frac{30\cdot 0.5}{1/24} = 360\text{kN/m}^2$이다. A는 두 방향 모두 하중 작용점의 반대쪽에 있으므로 **두 휨응력 모두 인장 방향**으로 작용한다.

응력 합성: 압축을 양으로 잡으면 축응력은 양수이고, A점의 두 휨응력은 음수이다. 따라서 $\sigma_A = 200 - 600 - 360 = -760\text{kN/m}^2$이다. 음수는 인장을 뜻하므로 A점 응력의 크기는 760 kN/m^2이며, ③의 760에 해당한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 내민보가 하중을 받고 있다. 내민보의 단면은 폭이 b이고 높이가 0.1 m인 직사각형이다. 내민보의 인장 및 압축에 대한 허용휨응력이 600 MPa일 때, 폭 b의 최솟값[m]은? (단, 자중은 무시한다)



① 0.03

② 0.04

③ 0.05

④ 0.06

정답 1번

간단한 해설

최대 휨모멘트의 절댓값은 B점의 25 kN·m보다 큰 **C~D 구간의 30 kN·m**이다. 직사각형 단면의 휨응력이 허용값 600 MPa를 넘지 않도록 하면 폭 b의 최솟값은 0.03 m이다.

NoteBase

계산 과정

지점 반력: A와 C의 연직 반력을 각각 R_A, R_C라 하며 위쪽을 양으로 둔다. 그림에서 AB, BC, CD는 각각 1 m이고, D에는 시계방향 모멘트 30 kN·m가 작용한다. A점에 대한 모멘트 평형에서 $2R_C - 80 \cdot 1 - 30 = 0$이므로 $R_C = 55\text{kN}$이다. 연직력 평형으로 $R_A = 80 - 55 = 25\text{kN}$을 얻는다.

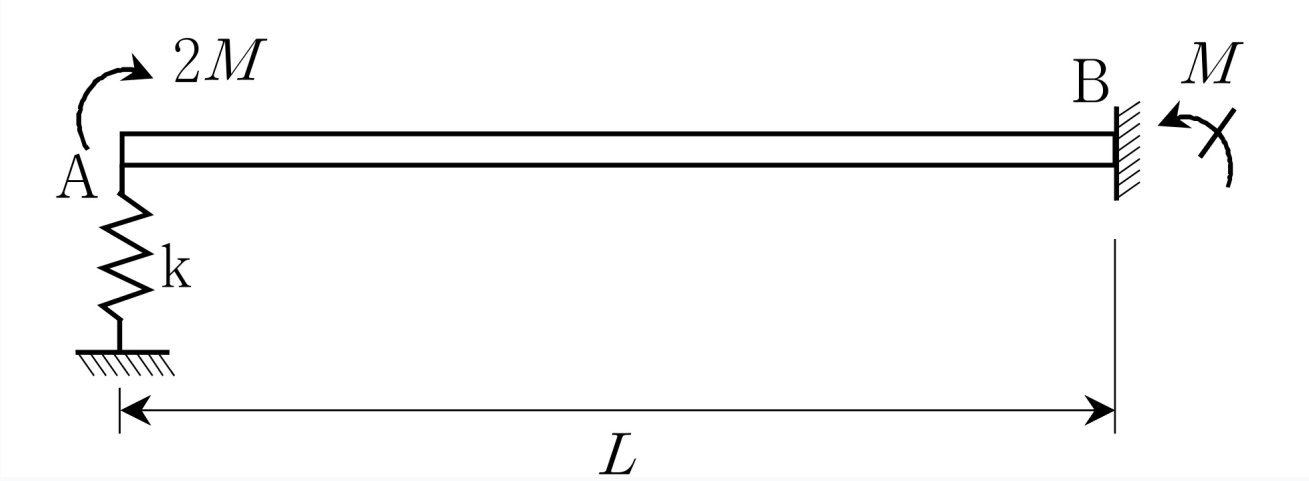
최대 휨모멘트: 보가 아래로 처지는 휨모멘트를 양으로 두면 A에서의 휨모멘트는 0이고, B에서는 $M_B = 25 \cdot 1 = 25\text{kN}\cdot\text{m}$이다. C에서는 $M_C = 25 \cdot 2 - 80 \cdot 1 = -30\text{kN}\cdot\text{m}$이다. 자중을 무시하므로 AB와 BC에서는 휨모멘트가 각각 직선적으로 변하고, CD에서는 전단력이 25 − 80 + 55 = 0이므로 휨모멘트가 −30 kN·m로 일정하다. 따라서 설계에 사용할 값은 부호가 아닌 **휨모멘트의 절댓값 중 최댓값**인 30 kN·m이다.

필요 단면계수: 직사각형 단면의 높이를 h라 하면 $h = 0.1\text{m}$이고, 중립축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이다. 중립축에서 가장 먼 위·아래 표면까지 거리는 h/2이므로 단면계수는 $Z = \frac{I}{h/2} = \frac{bh^2}{6}$이다. 최대 휨응력은 $\sigma_{\max} = \frac{|M|_{\max}}{Z}$이며, **인장과 압축의 허용휨응력이 같으므로** 이 응력의 크기를 600 MPa 이하로 제한하면 된다. 허용응력은 $600\text{MPa} = 600000\text{kN/m}^2$이므로 필요한 단면계수는 $Z \geq \frac{30}{600000} = 0.00005\text{m}^3$이다.

최소 폭: 필요한 단면계수를 만족하려면 (b(0.1)^2)/(6)≥0.00005이어야 한다. 따라서 $b \geq \frac{6 \cdot 0.00005}{(0.1)^2} = 0.03\text{m}$이다. 폭이 커질수록 단면계수가 커져 휨응력이 작아지므로, 허용값에 도달하는 최소 폭은 0.03 m이며 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 보-스프링 구조에서 A점에 휨모멘트 $2M$이 작용할 때, 수직변위가 상향으로 $\frac{L}{100}$, 지점 B의 모멘트 반력 M이 발생하였다. 이때, 스프링 상수 k는? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{50M}{L^2}$
② $\frac{100M}{L^2}$
③ $\frac{150M}{L^2}$
④ $\frac{200M}{L^2}$

정답 2번

간단한 해설

B점에 대한 모멘트 평형으로 스프링력이 $\frac{M}{L}$임을 구한다. 이를 **스프링의 변형량** $\frac{L}{100}$으로 나누면 스프링 상수는 $k = \frac{100M}{L^2}$이다.

NoteBase

계산 과정

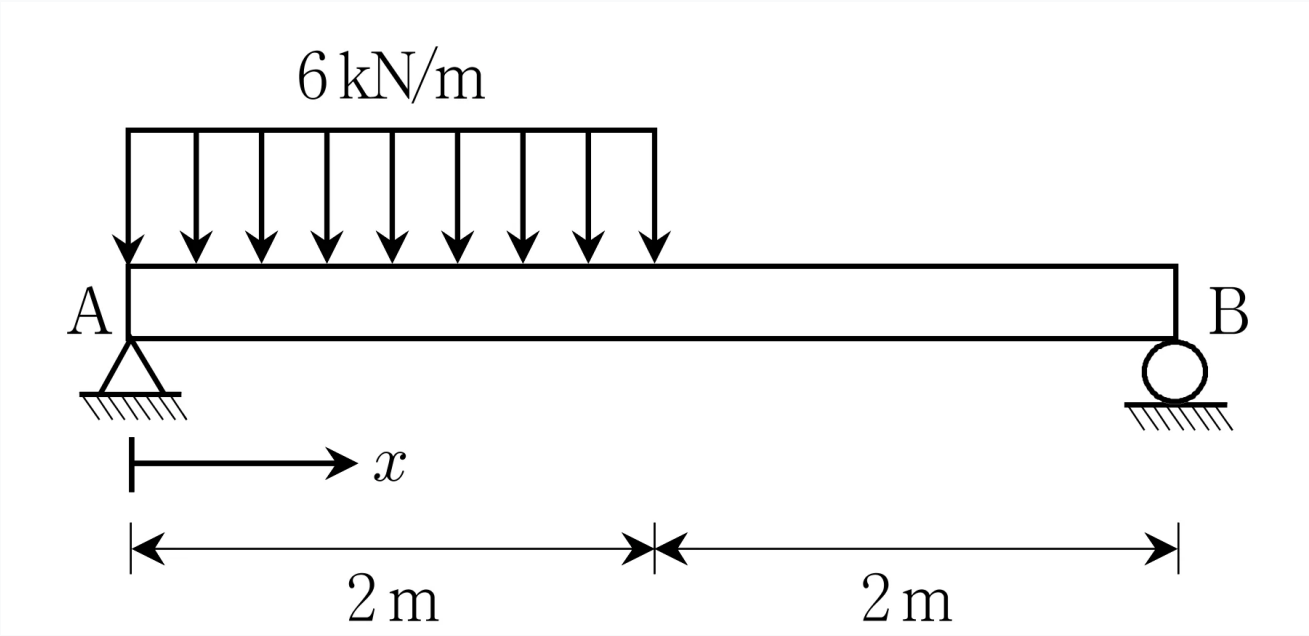
스프링의 변형량과 힘: 스프링 아래쪽은 고정되어 있으므로 A점이 위로 이동한 거리 $\delta = \frac{L}{100}$이 스프링의 늘어난 길이이다. 스프링은 늘어나는 방향을 거슬러 보의 A점을 **아래쪽으로 당긴다**. 이 힘의 크기를 F라 하면 선형 스프링의 힘과 변형량 관계는 $F = k\delta$이다.

B점에 대한 모멘트 평형: 반시계방향을 양으로 정한다. 그림에서 A점의 작용 모멘트 $2M$은 시계방향이고, B점의 모멘트 반력 M은 반시계방향이다. A점의 하향 스프링력 F도 B점에 대해 반시계방향 모멘트를 만들며, 그 팔길이는 L이다. 자중을 무시하므로 $M + FL - 2M = 0$이다. 따라서 $FL = M$, $F = \frac{M}{L}$을 얻는다. B점의 힘 반력은 B점을 지나므로 이 모멘트 식에 나타나지 않는다.

스프링 상수 계산: **스프링력을 변형량으로 나누어** $k = \frac{F}{\delta}$를 구한다. 앞서 구한 값을 대입하면 $k = \frac{M/L}{L/100} = \frac{100M}{L^2}$이다. 스프링 상수의 단위는 힘을 길이로 나눈 단위이며, M을 N·m, L을 m로 넣으면 N/m가 된다. 계산값은 ②와 일치한다. 주어진 모멘트 반력과 변위로 계산할 수 있으므로 휨강성 EI를 이용한 별도의 처짐 계산은 필요하지 않다.

NoteBase

문 16. 그림과 같은 단순보에서 최대 휨모멘트가 발생하는 곳의 위치 x [m]는? (단, 자중은 무시한다)



① 1.0

② 1.25

③ 1.5

④ 1.75

정답 3번

간단한 해설

휨모멘트는 **전단력이 양수에서 음수로 바뀌는 지점**에서 최대가 된다. A의 수직반력은 9 kN이므로, 6 kN/m의 등분포하중에 의해 전단력이 0이 되는 위치는 A에서 오른쪽으로 1.5 m이다.

NoteBase

계산 과정

하중의 합력: 보의 전체 길이는 4 m이고, A에서 오른쪽 2 m 구간에만 6 kN/m의 등분포하중이 작용한다. 자중은 무시하므로 전체 하중은 $6 \times 2 = 12$ kN이다. 이 합력은 **하중이 작용하는 구간의 중앙**, 즉 A에서 1 m 떨어진 곳에 아래쪽으로 작용한다.

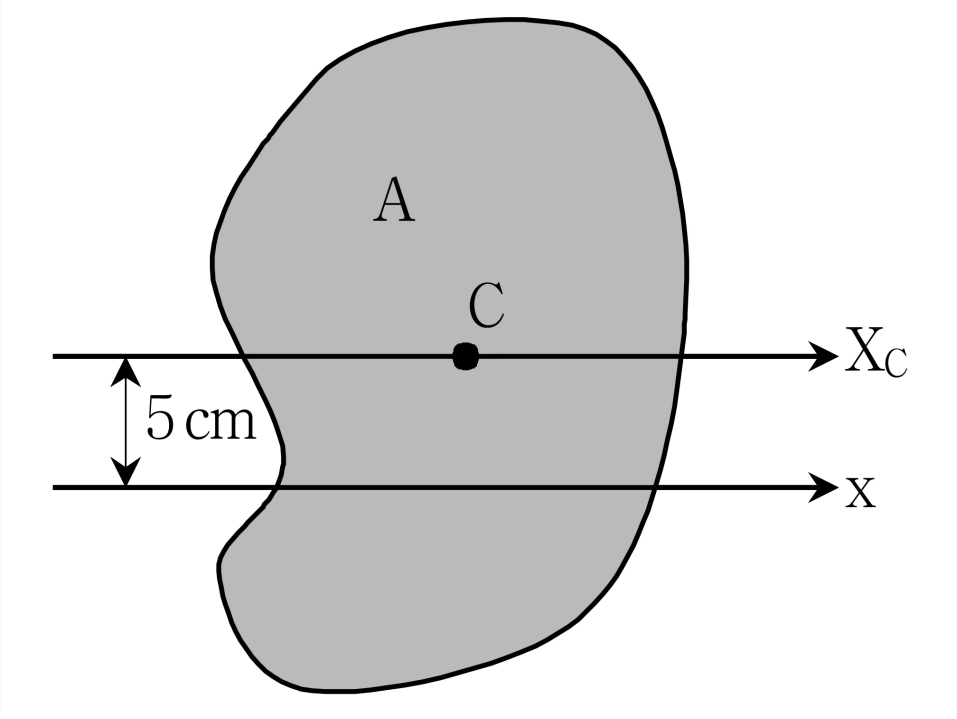
지점반력: A와 B의 위쪽 수직반력을 각각 R_A, R_B라 한다. A에 대한 모멘트 평형에서 $R_B \cdot 4 = 12 \cdot 1$이므로 $R_B = 3$ kN이다. 수직력 평형에 따라 $R_A = 12 - 3 = 9$ kN이다.

전단력과 휨모멘트의 관계: x를 A에서 오른쪽으로 잰 거리[m]라 하면, 하중 구간 $0 \le x \le 2$에서 전단력은 $V(x) = 9 - 6x$ [kN]이다. 이는 A의 반력 9 kN에서 절단면 왼쪽의 분포하중 합력 $6x$ kN을 뺀 값이다. 휨모멘트 M과 전단력 V는 $\frac{dM}{dx} = V$의 관계이므로, **전단력이 양수이면 휨모멘트가 증가하고 음수이면 감소한다**.

최대 위치: 전단력이 0이 되는 조건은 $9 - 6x = 0$이며, 이를 풀면 $x = \frac{9}{6} = 1.5$ m이다. 이 위치 전에는 전단력이 양수이고 이후에는 음수이다. 또한 하중이 없는 2~4 m 구간에서도 전단력은 9 - 12 = -3 kN으로 음수이므로 휨모멘트는 B까지 계속 감소한다. 따라서 최대 휨모멘트의 위치는 A에서 오른쪽으로 1.5 m이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 단면의 도심 C점을 지나는 X_C축에 대한 단면2차모멘트가 5,000 cm^4이고, 단면적이 A = 100 cm^2이다. 이때, 도심축에서 5 cm 떨어진 x축에 대한 단면2차모멘트[cm^4]는?



① 2,500

② 5,000

③ 5,500

④ 7,500

정답 4번

간단한 해설

도심축과 평행한 x축의 단면2차모멘트는 **평행축 정리**에 따라 도심축의 값에 Ad^2를 더한다. 축 사이 거리가 5 cm이므로 증가량은 2,500 cm^4이고, x축에 대한 값은 7,500 cm^4이다.

NoteBase

계산 과정

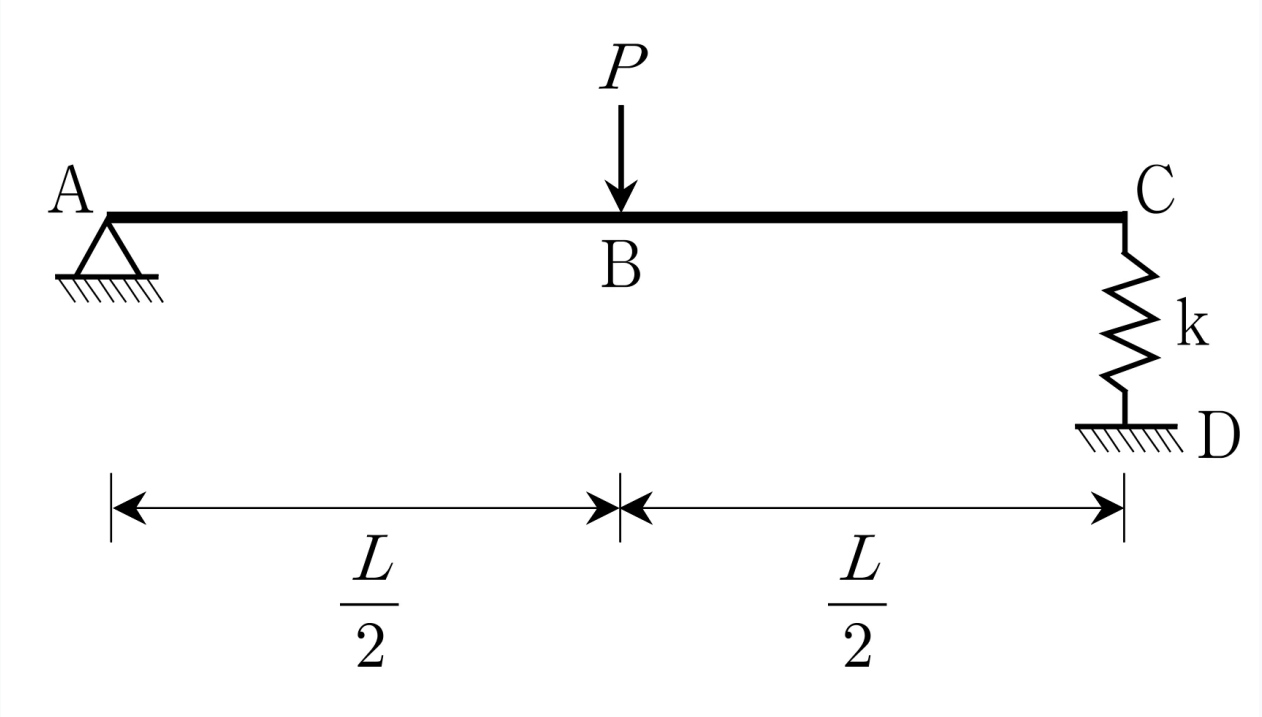
그림에서 X_C축은 도심 C를 지나고, x축은 그 아래 5 cm에서 평행하게 놓여 있다. **도심축과 그에 평행한 축** 사이에는 평행축 정리 $I_x = I_{X_C} + Ad^2$를 적용한다. 여기서 I_{X_C}는 도심축에 대한 단면2차모멘트, A는 단면적, d는 두 축 사이의 수직거리이다.

주어진 값은 $I_{X_C} = 5{,}000\text{cm}^4$, A = 100 cm^2, d = 5 cm이다. 축을 옮길 때 더해지는 항은 $Ad^2 = 100 \cdot 5^2 = 2{,}500\text{cm}^4$이다. 이는 **도심축에서 5 cm 떨어진 데 따른 증가량**이다.

따라서 x축에 대한 단면2차모멘트는 5,000 + 2,500 = 7,500 cm^4이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 보-스프링 구조에서 스프링 상수 $k = \frac{24EI}{L^3}$일 때, B점에서의 처짐은? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{PL^3}{16EI}$
② $\frac{PL^3}{24EI}$
③ $\frac{PL^3}{32EI}$
④ $\frac{PL^3}{48EI}$

정답 3번

간단한 해설

B점의 처짐은 **보 자체의 휨 처짐과 스프링 압축에 따른 지점 이동분의 합**이다. 중앙 B점에는 C점 하강량의 절반이 더해져, 아래쪽 처짐이 $\frac{PL^3}{32EI}$가 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 지점 반력: A는 힌지 지점이고 C는 수직 스프링으로 지지되어 있으며, 집중하중 P는 길이 L인 보의 중앙 B에 작용한다. C점의 위쪽 반력을 R_C라 하면 A점에 대한 모멘트 평형은 $R_C L = P\frac{L}{2}$이므로 $R_C = \frac{P}{2}$이다. A점의 수직 반력도 $\frac{P}{2}$이다.

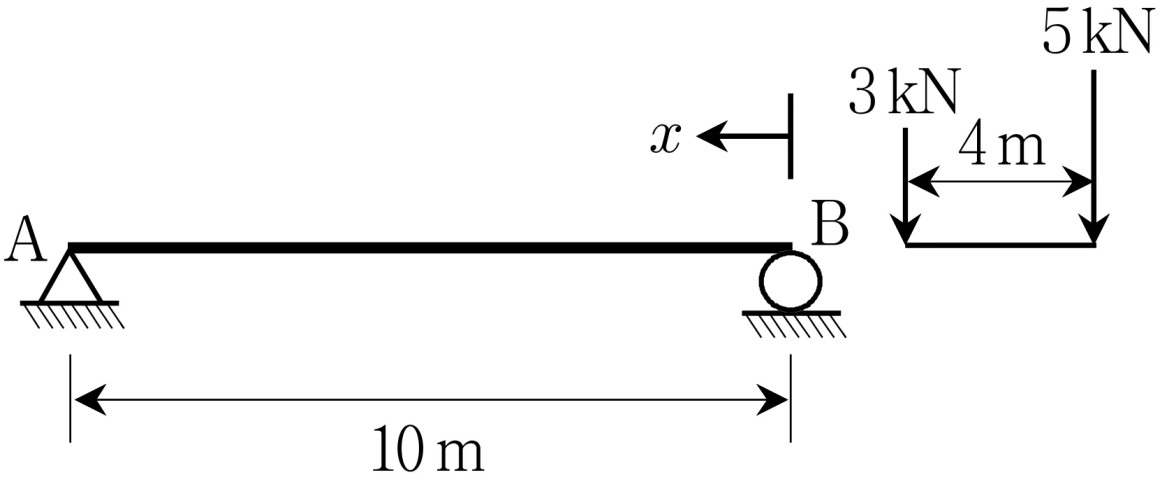
2. 스프링 압축량: 스프링이 보를 받치는 힘은 R_C이고, D점은 고정되어 있으므로 **스프링 압축량이 곧 C점의 하강량**이다. 이를 δ_C라 하면 $\delta_C = \frac{R_C}{k} = \frac{P}{2k}$이다. 주어진 $k = \frac{24EI}{L^3}$를 대입하면 $\delta_C = \frac{PL^3}{48EI}$이다.

3. 보 자체의 휨 처짐: 휨강성 EI가 일정하고 중앙에 집중하중 P를 받는 단순보의 중앙 처짐은 $\delta_f = \frac{PL^3}{48EI}$이다. 이 구조에서도 양 끝에서 모멘트를 전달하지 않고 반력이 각각 $\frac{P}{2}$이므로, 같은 휨모멘트 분포에 의한 **양 끝을 이은 직선에 대한 상대 처짐**은 이 식으로 구한다.

4. B점의 전체 처짐: A점은 움직이지 않고 C점만 δ_C만큼 내려간다. 따라서 양 끝을 이은 직선은 중앙 B 위치에서 $\frac{\delta_C}{2} = \frac{PL^3}{96EI}$만큼 내려간다. 여기에 보 자체의 휨 처짐을 더하면 $\delta_B = \delta_f + \frac{\delta_C}{2}$이고, $\delta_B = \frac{PL^3}{48EI} + \frac{PL^3}{96EI}$이다. 따라서 B점의 아래쪽 처짐은 $\frac{PL^3}{32EI}$로, ③의 값과 일치한다. 이 식은 길이의 단위를 갖는다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 단순보에 집중하중군이 이동할 때, 절대최대휨모멘트가 발생하는 위치 x[m]는? (단, 자중은 무시한다)



① 4.25

② 4.50

③ 5.25

④ 5.75

정답 1번

간단한 해설

각 집중하중 아래의 휨모멘트는 **그 하중과 합력이 보 중앙에 대해 대칭**일 때 최대가 된다. 5 kN 하중과 합력의 간격은 1.5 m이므로, 절대최대휨모멘트가 생기는 5 kN 하중의 위치는 B에서 왼쪽으로 $x = \frac{10 - 1.5}{2} = 4.25$ m 이다.

NoteBase

계산 과정

하중 조건과 합력: 경간은 10 m이고, 왼쪽의 3 kN 하중과 오른쪽의 5 kN 하중이 4 m 간격을 유지하며 이동한다. 자중은 무시한다. 그림의 x 방향에 따라 위치는 B에서 왼쪽으로 잰다. 두 하중의 합력은 3 + 5 = 8 kN이며, 5 kN 하중에서 왼쪽으로 떨어진 거리는 $e = \frac{3 \cdot 4}{8} = 1.5$ m이다. 이는 5 kN 하중점을 기준으로 합력의 모멘트가 3 kN 하중의 모멘트와 같아야 하기 때문이다.

5 kN 하중 아래의 최대 후보: 집중하중 사이에서 휨모멘트는 직선으로 변하므로 최대값의 후보는 각 하중 바로 아래에서 찾는다. 하중군을 이동시킬 때 특정 하중 아래의 휨모멘트가 최대가 되는 조건은 **그 하중과 합력의 중간점이 보 중앙에 놓이는 것**이다. 합력이 5 kN 하중의 왼쪽 1.5 m에 있으므로, 5 kN 하중은 중앙에서 오른쪽으로 0.75 m에 놓인다. 따라서 B에서의 거리는 $x = \frac{10 - 1.5}{2} = 4.25$ m이고, A에서의 거리는 5.75 m이다. 이때 합력도 B에서 5.75 m 떨어져 있으므로, B점에 대한 모멘트 평형으로 A의 반력은 $R_A = \frac{8 \cdot 5.75}{10} = 4.6$ kN이다. 5 kN 하중 바로 아래의 휨모멘트는 왼쪽 부분의 힘으로 계산하여 $M_5 = 4.6 \cdot 5.75 - 3 \cdot 4 = 14.45$ kN · m이다.

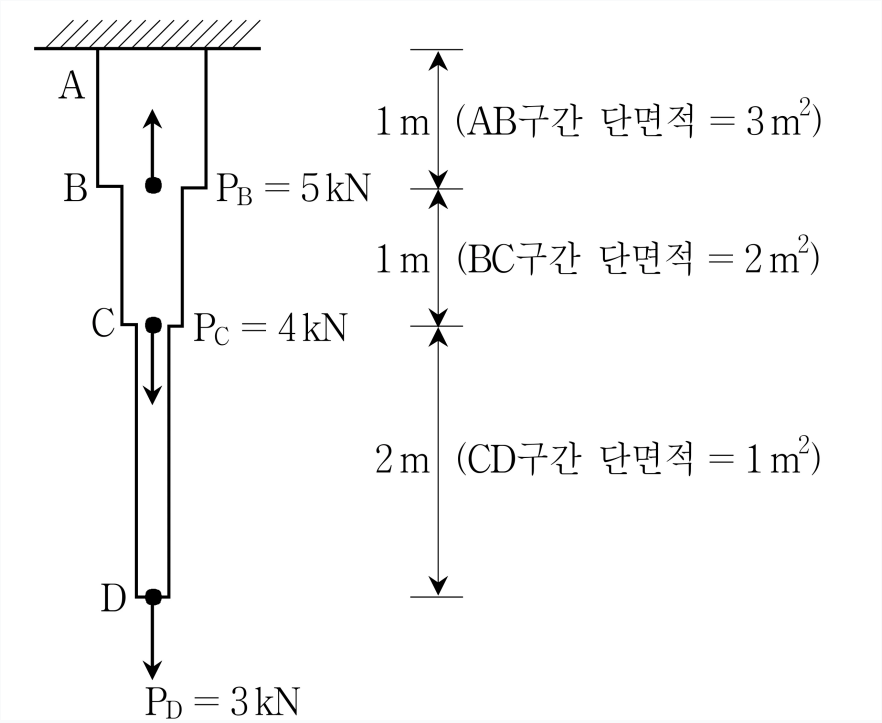
3 kN 하중 아래의 최대 후보: 합력은 3 kN 하중에서 오른쪽으로 $\frac{5 \cdot 4}{8} = 2.5$ m 떨어져 있다. 같은 대칭 조건을 적용하면 3 kN 하중의 A로부터 거리는 $\frac{10 - 2.5}{2} = 3.75$ m이다. 이때 합력의 B로부터 거리도 3.75 m이므로 $R_A = \frac{8 \cdot 3.75}{10} = 3$ kN이다. 3 kN 하중의 왼쪽에는 다른 하중이 없으므로, 그 바로 아래의 최대 후보는 $M_3 = 3 \cdot 3.75 = 11.25$ kN · m이다.

하중 하나만 보 위에 있는 경우: 단순보에 단일 집중하중 P가 재하되면 하중이 중앙에 있을 때 휨모멘트가 가장 크고, 그 값은 $\frac{PL}{4}$이다. 따라서 5 kN 하중만 있을 때도 $\frac{5 \cdot 10}{4} = 12.5$ kN · m, 3 kN 하중만 있을 때도 $\frac{3 \cdot 10}{4} = 7.5$ kN · m를 넘을 수 없다. 둘 다 두 하중이 재하된 경우의 14.45 kN · m보다 작다.

후보들을 비교하면 절대최대휨모멘트는 14.45 kN · m이며, **5 kN 하중 바로 아래**에서 발생한다. 그 위치는 B에서 왼쪽으로 x = 4.25 m이므로 ①의 4.25와 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 단면적이 다른 봉이 있을 때, 점 D의 수직변위[m]는? (단, 탄성계수 E = 20 kN/m^{2}이고, 자중은 무시한다)



① 0.475 (↓)

② 0.508 (↓)

③ 0.675 (↓)

④ 0.708 (↓)

정답 2번

간단한 해설

각 구간의 축력은 **그 구간 아래쪽에 작용하는 하중의 합**으로 구한다. AB·BC·CD의 인장력은 각각 2 kN, 7 kN, 3 kN이며, 구간별 신장량을 합하면 D는 **아래로 약 0.508 m** 이동한다.

NoteBase

계산 과정

A가 고정되어 있으므로 D의 수직변위는 AB·BC·CD의 길이 변화량을 합한 값이다. 인장에 의한 신장과 아래쪽 변위를 양(+)으로 둔다. 자중을 무시하면 각 구간의 축력 N은 일정하며, 단면적 A와 탄성계수 E도 각 구간에서 일정하므로 길이 변화량은 $\delta = \frac{NL}{EA}$이다. 여기서 L은 구간 길이이며, E = 20 kN/m^{2}이다. 하중은 kN, 길이는 m, 단면적은 m^{2}로 주어져 별도 단위 환산 없이 변형량을 m로 구한다.

AB 구간: 절단면 아래에는 B의 상향 5 kN과 C·D의 하향 4 kN, 3 kN이 작용한다. 하향 합력이 4 + 3 − 5 = 2 kN이므로 AB에는 **2 kN의 인장력**이 작용한다. 길이 1 m, 단면적 3 m^{2}를 적용하면 $\delta_{AB} = \frac{2 \cdot 1}{20 \cdot 3} = \frac{1}{30}$ m이다.

BC 구간: 절단면 아래에 있는 하중은 C의 하향 4 kN과 D의 하향 3 kN이다. **B의 하중은 절단면 위에 있으므로** 아래쪽 부분의 평형식에 포함하지 않는다. 따라서 인장력은 4 + 3 = 7 kN이고, 길이 1 m, 단면적 2 m^{2}이므로 $\delta_{BC} = \frac{7 \cdot 1}{20 \cdot 2} = \frac{7}{40}$ m이다.

CD 구간: 절단면 아래에는 D의 하향 3 kN만 작용하므로 인장력은 3 kN이다. 길이는 **2 m**, 단면적은 1 m^{2}이므로 $\delta_{CD} = \frac{3 \cdot 2}{20 \cdot 1} = \frac{3}{10}$ m이다.

D의 변위: 세 구간이 모두 늘어나므로 $u_D = \delta_{AB} + \delta_{BC} + \delta_{CD}$이다. 구간별 신장량의 합은 $\frac{1}{30} + \frac{7}{40} + \frac{3}{10} = \frac{61}{120}$ 이므로 $u_D = \frac{61}{120}$ m ≈ 0.508 m이다. 점 D는 아래로 약 0.508 m 이동하므로 ②의 0.508 (↓)에 해당한다.

NoteBase