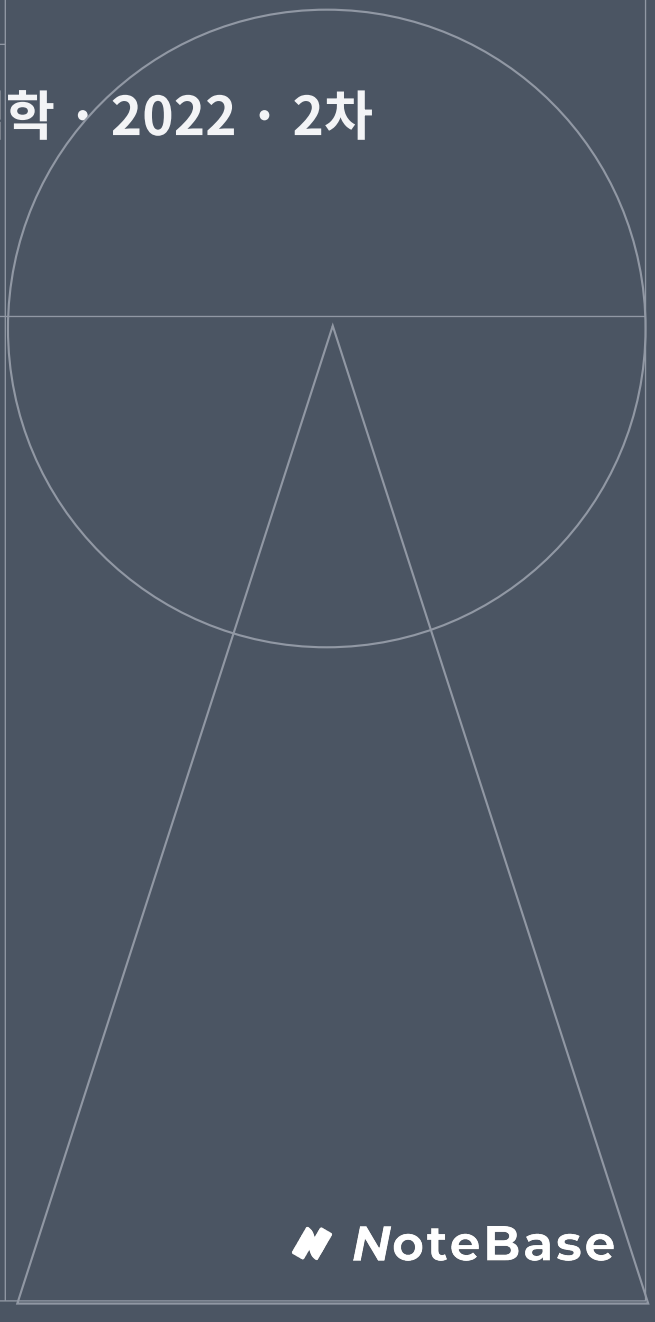
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2022 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2022 · 2차

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2022 · 2차

문 1. 길이가 500 cm이고 직경이 10 cm인 강봉에 축하중이 작용하여 직경이 0.003 cm 감소하였다. 이때 봉에 발생한 축응력의 크기[MPa]는? (단, 푸아송비는 0.3, 전단탄성계수는 80 GPa이다)

① 104

② 160

③ 208

④ 300

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 푸아송비로 횡변형률과 축변형률의 관계를 구한 뒤, $E = 2G(1 + \nu)$와 $\sigma = E\varepsilon$를 이용해 축응력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

봉의 직경은 $10cm$, 직경 감소량은 $0.003cm$, 푸아송비는 $\nu = 0.3$, 전단탄성계수는 $G = 80GPa$이다.
횡변형률은 $\varepsilon_t = -\Delta d/d = -0.003/10 = -0.0003$이다.
축변형률은 $\varepsilon = -\varepsilon_t/\nu = 0.0003/0.3 = 0.001$이다.

사용할 공식

사용 공식은 $E = 2G(1 + \nu)$, $\sigma = E\varepsilon$, $\nu = -\varepsilon_t/\varepsilon$이다.
이 문제는 전단탄성계수와 푸아송비가 주어지고 직경 감소량으로 횡변형률을 알 수 있으므로, 먼저 E를 구하고 이어서 축응력을 계산하는 순서가 맞다.

계산 과정

1. 탄성계수는 $E = 2G(1 + \nu) = 2 \times 80 \times (1 + 0.3) = 208GPa$이다.
2. 축변형률은 $\varepsilon = 0.001$이다.
3. 축응력은 $\sigma = E\varepsilon = 208GPa \times 0.001 = 0.208GPa = 208MPa$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 104MPa는 $E = G(1 + \nu)$처럼 2를 빠뜨려 E를 절반으로 계산할 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 "축응력이 104 MPa이다"이고, 올바르게는 "축응력은 208 MPa이다"이다.
2번 X: 160MPa는 주어진 G와 ν의 관계식을 쓰지 않거나 탄성계수를 임의의 값으로 둔 계산에서 나오는 오답이다. 틀린 표현은 "축응력이 160 MPa이다"이고, 올바르게는 "축응력은 208 MPa이다"이다.
3번 O: 횡변형률 0.0003, 축변형률 0.001, 탄성계수 208GPa를 순서대로 적용하면 축응력은 208MPa가 된다.
4번 X: 300MPa는 푸아송 관계나 $E = 2G(1 + \nu)$를 무시한 값이다. 틀린 표현은 "축응력이 300 MPa이다"이고, 올바르게는 "축응력은 208 MPa이다"이다.

오답 포인트

직경 감소량으로 바로 축변형률을 잡거나, $E = 2G(1 + \nu)$에서 2를 빠뜨리면 오답이 된다. 횡변형률과 축변형률을 푸아송비로 연결하는 단계가 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

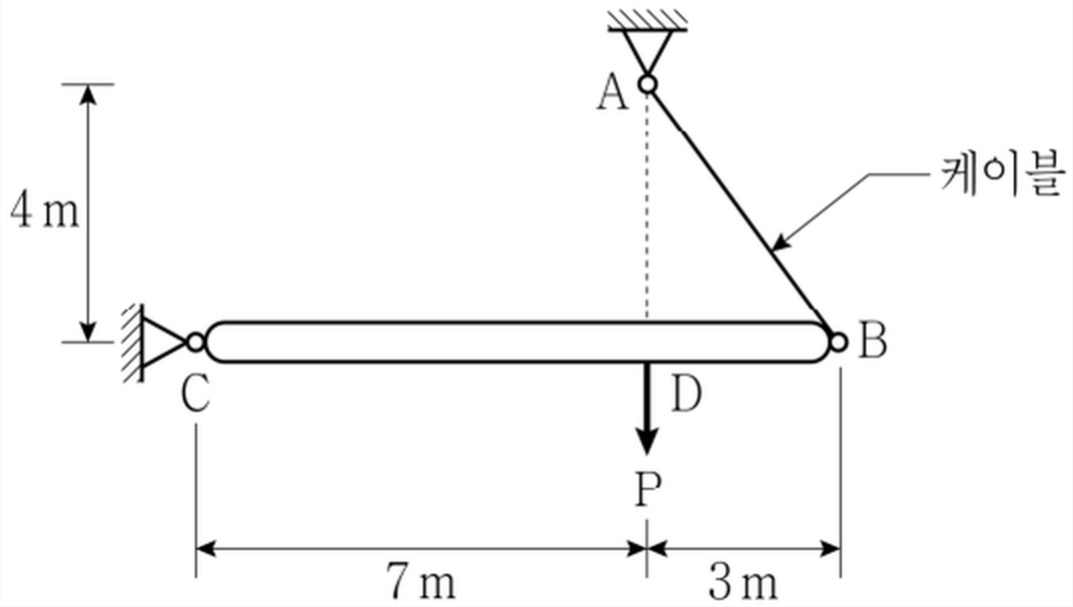
원형봉의 지름 변화가 보이면 먼저 횡변형률을 구하고, 푸아송비로 축변형률을 환산한 뒤, G와 ν로 E를 만든 다음 $\sigma = E\varepsilon$를 적용하면 된다.

암기 포인트

횡변형률 → 푸아송비로 축변형률 → $E = 2G(1 + \nu)$ → $\sigma = E\varepsilon$ 순서로 정리하면 계산형 재료역학 문제가 풀린다.

NoteBase

문 2. 케이블 AB가 보 BC를 지지하고 있을 때 케이블 AB에 작용하는 인장력은? (단, 케이블과 보의 자중은 무시한다)



① $\frac{P}{8}$
② $\frac{3P}{8}$
③ $\frac{5P}{8}$
④ $\frac{7P}{8}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 보의 평형조건과 케이블의 3 : 4 : 5 기하관계로 케이블 장력 T를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 보 BC의 길이는 $10m$이다.
- 하중 P는 C에서 $7m$ 떨어진 점 D에 아래로 작용한다.
- 점 A는 점 D의 바로 위 $4m$ 위치에 있으므로 케이블 AB는 가로 $3m$, 세로 $4m$의 3 : 4 : 5 삼각형을 이룬다.
- 구해야 할 값은 케이블 장력 T이다.
- 모멘트를 만드는 힘은 장력 전체가 아니라 장력의 수직성분이다.

NoteBase

사용할 공식

$\sum M_C = 0, \qquad T_y = \frac{4}{5}T$

이 공식을 쓰는 이유는 보가 정지해 있으므로 C점에 대한 모멘트 평형을 만족해야 하고, B점에서 모멘트를 만드는 성분은 케이블 장력의 수직성분뿐이기 때문이다.

계산 과정

1. 케이블 AB는 3 : 4 : 5 삼각형이므로 수직성분은 $T_y = \frac{4}{5}T$이다.
2. C점에 대한 모멘트 평형을 세우면 $\left(\frac{4}{5}T\right) \times 10 - P \times 7 = 0$이다.
3. 이를 정리하면 $8T = 7P$이므로 $T = \frac{7P}{8}$이다.

선지별 해설

① X

- $\frac{P}{8}$은 하중의 작용거리 $7m$를 반영하지 못한 값이다. 모멘트 평형에는 $P \times 7$이 들어가야 하므로 올바르게는 $\frac{7P}{8}$이다.

② X

- $\frac{3P}{8}$은 거리 조건을 일부만 반영한 오답값이다. B점까지의 모멘트팔 $10m$, 하중 위치 $7m$, 케이블의 수직성분 $\frac{4}{5}T$를 함께 써야 하므로 올바르게는 $\frac{7P}{8}$이다.

③ X

- $\frac{5P}{8}$은 케이블의 3 : 4 : 5 성분분해를 잘못 적용한 값이다. 모멘트를 만드는 힘은 장력 전체가 아니라 $\frac{4}{5}T$이므로 올바르게는 $\frac{7P}{8}$이다.

④ O

- C점 모멘트 평형에서 $\left(\frac{4}{5}T\right) \times 10 = 7P$가 되고, 이를 정리하면 $T = \frac{7P}{8}$이므로 옳다.

오답 포인트

장력 T 자체와 모멘트를 만드는 수직성분 $\frac{4}{5}T$를 구분하지 않으면 ③ 같은 오답이 나온다. 또 하중 P의 작용점이 C에서 $7m$라는 조건을 빠뜨리면 ① 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

핀 지지 보와 케이블이 함께 나오면 먼저 케이블의 기하관계로 성분을 나누고, 그다음 힌지점을 기준으로 모멘트 평형식을 세우면 된다. 이때 모멘트를 만드는 성분과 작용거리를 함께 확인하면 된다.

암기 포인트

케이블 장력 문제는 장력 전체가 아니라 모멘트를 만드는 성분을 써서 $\sum M = 0$으로 푼다.

NoteBase

문 3. 직사각형 균일 단면을 가진 양단 고정 기둥이 있다. 도심에 작용하는 축하중에 의해 발생하는 기둥좌굴하중의 비 $\frac{P_{crmax}}{P_{crmin}}$는? (단, 기둥 단면은 균질하고, 단면의 폭은 b이고 높이는 $2b$, 길이가 L인 직선 장주이다)

① 4

② 6

③ 8

④ 10

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 오일러 좌굴하중 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$에서 지점조건과 재료, 길이가 같을 때 좌굴하중 비가 단면2차모멘트 비와 같아진다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 단면 폭은 b이다.
- 단면 높이는 $2b$이다.
- 기둥은 양단 고정이므로 두 경우 모두 유효길이계수 K가 같다.
- 재료와 길이는 동일하므로 E, L도 같다.

구해야 할 값:
- $\frac{P_{crmax}}{P_{crmin}}$이다.

주의할 조건:
- 최대 좌굴하중은 강축 좌굴, 최소 좌굴하중은 약축 좌굴에서 발생한다.

사용할 공식

$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$

이 공식을 쓰는 이유:
양단 고정 장주의 탄성좌굴하중은 오일러 공식으로 구한다. 이 문제는 두 좌굴방향의 비를 묻기 때문에 E, K, L은 약분되고 결국 P_{cr}의 비는 I의 비가 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 직사각형 $b \times 2b$ 단면의 강축 단면2차모멘트는
$I_{max} = \frac{b(2b)^3}{12} = \frac{8b^4}{12} = \frac{2}{3}b^4$
이다.
2. 약축 단면2차모멘트는
$I_{min} = \frac{(2b)b^3}{12} = \frac{2b^4}{12} = \frac{1}{6}b^4$
이다.
3. 따라서 좌굴하중의 비는
$\frac{P_{crmax}}{P_{crmin}} = \frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(2/3)b^4}{(1/6)b^4} = 4$
이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 4이므로 옳다.
- 강축과 약축의 단면2차모멘트 비를 정확히 구하면 4가 된다.

② X
- 6은 계산 결과와 다르므로 틀리다.
- 틀린 표현은 '비가 6이다'이다. 올바르게는 '비가 4이다'이다.
- 6은 단면 치수의 차이만 보고 비를 과대 해석하거나 단면2차모멘트 공식을 잘못 대입할 때 나오는 오답이다.

③ X
- 8은 계산 결과와 다르므로 틀리다.
- 틀린 표현은 '비가 8이다'이다. 올바르게는 '비가 4이다'이다.
- 8은 $(2b)^3 : b^3$만 보고 앞의 밑변 계수 차이까지 함께 정리하지 않을 때 나오는 오답이다.

④ X
- 10은 계산 결과와 다르므로 틀리다.
- 틀린 표현은 '비가 10이다'이다. 올바르게는 '비가 4이다'이다.
- 10은 오일러 좌굴식의 공통항을 소거하지 못하고 단면2차모멘트 비와 무관한 값을 섞을 때 나오는 오답이다.

오답 포인트

양단 고정이라는 조건에 눈이 가더라도 두 방향 모두 지점조건이 같으므로 K는 비 계산에서 소거된다. 결국 핵심은 단면2차모멘트의 강축·약축 비인데, $(2b)^3$만 보고 8로 끝내거나 직사각형 두 축의 공식을 바꿔 쓰면 오답이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

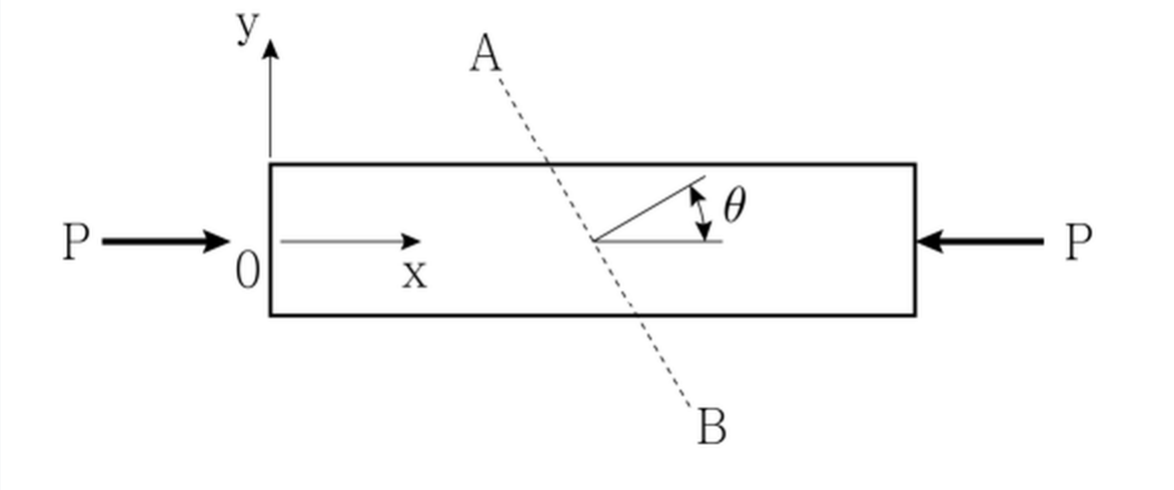
직사각형 기둥의 좌굴하중 비를 묻는 문제는 먼저 P_{cr}에서 공통항 E, K, L이 소거되는지 확인한 뒤, 강축과 약축의 단면2차모멘트 $I = bh^3/12$ 또는 $I = hb^3/12$를 각각 계산해 그 비로 판단한다.

암기 포인트

같은 기둥의 좌굴하중 비는 결국 단면2차모멘트 비이다. 직사각형 $b \times 2b$의 강축:약축 I 비는 $4 : 1$이다.

NoteBase

문 4. 균일 단면 봉에 축하중 P가 도심에 작용하고 있을 때, 봉을 절단한 경사단면 AB에 작용하는 응력에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① θ = 45°인 경우 단면 AB에 대한 수직응력은 축하중응력 크기의 $\frac{1}{2}$배이다.

② θ = 30°인 경우 단면 AB에 대한 전단응력은 축하중응력 크기의 $\frac{3}{4}$배이다.

③ 경사단면의 최대 수직응력은 θ = 0°인 경우 발생한다.

④ 경사단면의 최대 전단응력은 최대 수직응력의 $\frac{1}{2}$배이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 축하중만 작용하는 봉의 경사단면에서 수직응력과 전단응력을 응력변환식으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 축하중응력의 크기 $\sigma = P/A$

구해야 할 값: 경사단면 AB에서의 수직응력과 전단응력

주의할 조건: 그림의 θ는 경사단면의 법선과 축방향 x축이 이루는 각으로 보아야 한다.

사용할 공식

단축응력 상태에서 경사단면의 응력은

$\sigma_n = \sigma\cos^2\theta, \qquad \tau = \sigma\sin\theta\cos\theta = \frac{\sigma}{2}\sin 2\theta$

이다.

이 공식을 쓰는 이유: 봉에는 축방향 정상응력 $\sigma = P/A$만 존재하므로, 경사단면의 응력은 이를 단면 법선방향과 접선방향으로 분해해서 구하면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 축하중응력의 크기를 $\sigma = P/A$로 둔다.
2. 경사단면의 수직응력은 $\sigma_n = \sigma\cos^2\theta$이다.
3. 경사단면의 전단응력은 $\tau = \sigma\sin\theta\cos\theta$이다.
4. $\theta = 45^\circ$이면 $\sigma_n = \sigma\cos^2 45^\circ = \sigma \times 1/2$이다.
5. $\theta = 30^\circ$이면 $\tau = \sigma\sin 30^\circ\cos 30^\circ = \sigma \times (1/2) \times (\sqrt{3}/2) = \sqrt{3}\sigma/4$이다.
6. σ_n의 최대값은 $\cos^2\theta$가 최대인 $\theta = 0^\circ$에서 σ가 된다.
7. τ의 최대값은 $\sin 2\theta = 1$인 $\theta = 45^\circ$에서 $\sigma/2$가 된다.

선지별 해설

① O

$\theta = 45^\circ$이면 $\sigma_n = \sigma\cos^2 45^\circ = \sigma/2$이다. 따라서 단면 AB에 대한 수직응력은 축하중응력 크기의 1/2배가 맞다.

② X

$\theta = 30^\circ$이면 $\tau = \sigma\sin 30^\circ\cos 30^\circ = \sqrt{3}\sigma/4$이다. 선지의 "3/4배"가 틀린 표현이며, 올바르게는 "$\sqrt{3}/4$배"이다.

③ O

경사단면의 수직응력은 $\sigma_n = \sigma\cos^2\theta$이므로 $\cos^2\theta$가 최대인 $\theta = 0^\circ$에서 최대가 발생한다. 이때 값은 축하중응력 자체와 같다.

④ O

경사단면의 최대 전단응력은 $\tau_{max} = \sigma/2$이고, 최대 수직응력은 $\sigma_{n,\,max} = \sigma$이다. 따라서 최대 전단응력은 최대 수직응력의 1/2배가 맞다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 전단응력 식에서 $\sin\theta\cos\theta$를 수치 대입할 때 $\cos 30^\circ = \sqrt{3}/2$를 빠뜨리고 단순히 3/4로 오인하는 데 있다. 또한 θ를 경사면 자체의 각도로 착각하면 식 선택이 어긋날 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

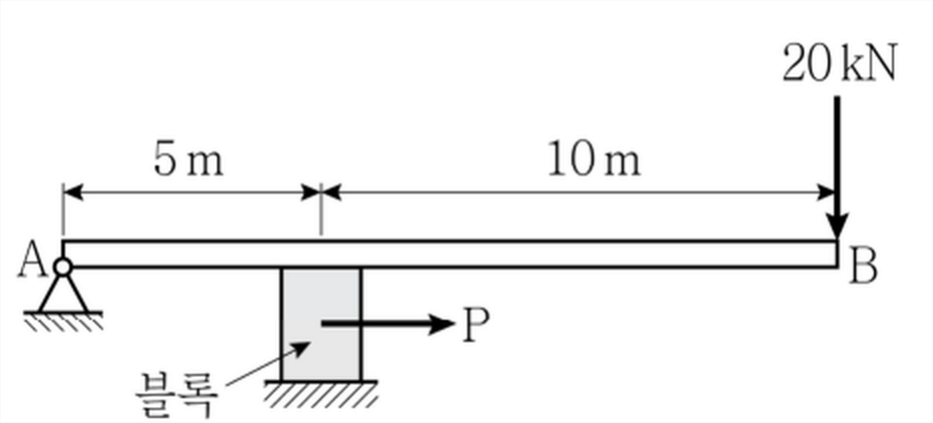
축하중을 받는 경사단면 문제는 먼저 $\sigma = P/A$를 놓고, 수직응력은 $\cos^2\theta$, 전단응력은 $\sin\theta\cos\theta$로 분해해서 본다. 최대값은 $\cos^2\theta$와 $\sin 2\theta$의 최대 조건으로 바로 판단할 수 있다.

암기 포인트

단축응력의 경사단면에서는 $\sigma_n = \sigma\cos^2\theta$, $\tau = (\sigma/2)\sin 2\theta$, 그리고 $\tau_{max} = \sigma/2$이다.

NoteBase

문 5. 수평으로 놓여 있는 보가 블록으로 지지되어 있다. 블록이 움직이지 않는 범위에서 허용할 수 있는 힘 P의 최댓값[kN]은? (단, 모든 부재의 자중은 무시하고, 보와 블록 사이의 정마찰계수 $\mu_1 = 0.2$, 블록과 바닥면의 정마찰계수 $\mu_2 = 0.4$, 하중 P는 블록의 도심에 작용한다)



① 6

② 12

③ 24

④ 36

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 보의 반력으로 블록에 작용하는 수직항력을 구한 뒤, 보-블록 사이와 블록-바닥면 사이의 최대 정마찰력을 합산하여 허용 가능한 힘 P의 최댓값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- A에서 블록까지 거리 $5m$
- 블록에서 B까지 거리 $10m$
- B점 집중하중 $20kN$
- 보와 블록 사이 정마찰계수 $\mu_1 = 0.2$
- 블록과 바닥면 사이 정마찰계수 $\mu_2 = 0.4$

구해야 할 값: 블록이 움직이지 않는 범위에서 허용 가능한 P의 최댓값
주의할 조건: 블록은 오른쪽으로 밀리므로 상면과 하면의 마찰력이 모두 왼쪽으로 작용하여 P를 저항한다.

NoteBase

사용할 공식

보의 평형식과 최대 정마찰력 공식을 사용한다.

$\sum M_A = 0, \quad \sum V = 0, \quad F_{\max} = \mu N$

이 공식을 쓰는 이유:

보 끝 B에 작용하는 $20kN$ 하중 때문에 블록 위치에서 수직반력이 생기고, 그 수직반력이 곧 블록의 상면 접촉력과 바닥면 반력을 결정한다. 각 접촉면의 최대 정마찰력은 μN으로 구하므로 먼저 반력을 계산해야 한다.

계산 과정

1. 보의 A점에 대한 모멘트평형을 잡으면

$R_C \cdot 5 - 20 \cdot 15 = 0$

이므로 블록 위치의 수직반력은

$R_C = \frac{20 \cdot 15}{5} = 60kN$

이다.

2. 따라서 보가 블록을 누르는 힘은 $60kN$이고, 블록이 바닥을 누르는 힘도 자중을 무시하면 $60kN$이다. 즉 상면과 하면의 수직항력은 각각 $N_1 = 60kN$, $N_2 = 60kN$이다.

3. 최대 정마찰력은

$F_1 = \mu_1 N_1 = 0.2 \times 60 = 12kN$

$F_2 = \mu_2 N_2 = 0.4 \times 60 = 24kN$

이다.

4. 블록을 오른쪽으로 미는 P에 대해 상면 마찰과 하면 마찰이 모두 왼쪽으로 저항하므로 허용 최대값은

$P_{\max} = F_1 + F_2 = 12 + 24 = 36kN$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $6kN$은 허용 최대값이 아니다. 이는 블록에 작용하는 수직반력을 잘못 계산하여 상면 마찰력만 절반 수준으로 오산한 값에 가깝다.
- 올바르게는 블록 위치의 수직반력은 $60kN$이고, 허용 최대 P는 $36kN$이다.

② X
- $12kN$은 보와 블록 사이의 최대 정마찰력 F_1만 고려한 값이다.
- 블록과 바닥면 사이에서도 $24kN$까지 저항할 수 있으므로, 올바르게는 $P_{max} = 12 + 24 = 36kN$이다.

③ X
- $24kN$은 블록과 바닥면 사이의 최대 정마찰력 F_2만 고려한 값이다.
- 상면 접촉에서도 추가로 $12kN$을 저항하므로, 올바르게는 총 저항력 $36kN$을 써야 한다.

④ O
- 보의 반력으로부터 상면과 하면의 수직항력은 각각 $60kN$이다.
- 따라서 최대 정마찰력은 각각 $12kN$, $24kN$이고, 이를 합하면 $36kN$이므로 정답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 마찰면이 두 곳이라는 점을 놓치게 만드는 데 있다. ②는 상면 마찰만 본 경우이고, ③은 하면 마찰만 본 경우이다. 또 보의 수직반력을 먼저 구하지 않으면 정마찰력의 기준이 되는 수직항력 자체를 잘못 잡게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

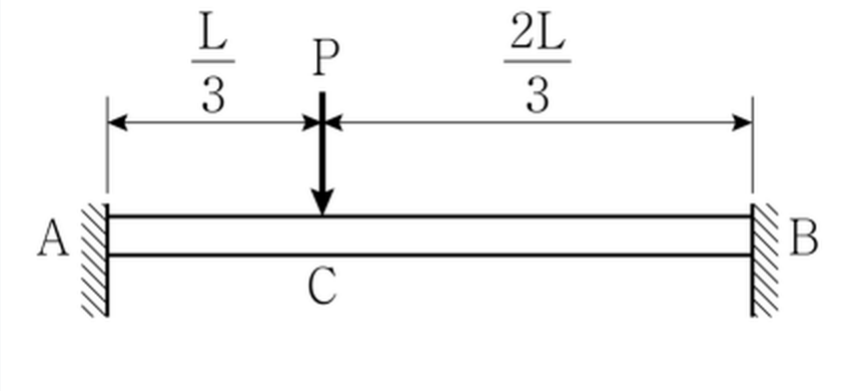
이런 계산형 마찰 문제는 먼저 보나 구조물의 평형으로 접촉면의 수직항력을 구하고, 그다음 각 접촉면의 최대 정마찰력 μN을 계산한 뒤, 실제 운동을 막는 방향의 마찰력만 합산하여 판단한다.

암기 포인트

마찰 최대값은 μN이고, 여러 접촉면이 같은 운동을 함께 막으면 각 면의 허용 마찰력을 방향에 맞게 합산한다.

NoteBase

문 6. 양단 고정보에 집중하중 P가 작용하고 있다. 보의 탄소성거동을 고려할 때 극한하중 P_u는? (단, 보의 자중은 무시하며, M_p는 소성모멘트이다)



① $\frac{6M_p}{L}$
② $\frac{9M_p}{L}$
③ $\frac{11M_p}{L}$
④ $\frac{15M_p}{L}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 양단 고정보의 소성붕괴기구를 잡고 가상일의 원리로 극한하중 P_u를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 좌측 고정단 A에서 하중점 C까지 $a = L/3$, 우측 고정단 B에서 하중점 C까지 $b = 2L/3$이다.
구해야 할 값: 극한하중 P_u이다.
주의할 조건: 양단 고정보는 정정차수가 2이므로 붕괴 시 총 3개의 소성힌지가 필요하고, 이 문제에서는 A, C, B에 각각 소성힌지가 생긴다.

사용할 공식

가상일의 원리는 외부일과 내부일이 같아진다는 관계이다.
$P_u\delta = \sum M_p\theta$
이 공식을 쓰는 이유: 극한상태에서는 하중점 C와 양 고정단 A, B에 소성힌지가 생겨 기구가 형성되므로, 각 힌지의 회전과 하중점 처짐을 연결해 P_u를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 붕괴기구에서 좌측 부재 AC의 회전을 θ_A, 우측 부재 CB의 회전을 θ_B라 두면 하중점 C의 처짐은 양쪽에서 같아야 하므로

$a\theta_A = b\theta_B$

이다. 따라서 $a = L/3$, $b = 2L/3$를 대입하면 $\theta_B = \theta_A/2$이다.

2. 하중점 C의 처짐은 $\delta = a\theta_A = (L/3)\theta_A$이다. 중앙 소성힌지의 상대회전은 $\theta_C = \theta_A + \theta_B$이다.

3. 내부일은

$W_i = M_p\theta_A + M_p(\theta_A + \theta_B) + M_p\theta_B = 2M_p(\theta_A + \theta_B)$

이고, $\theta_B = \theta_A/2$를 넣으면

$W_i = 2M_p\left(\theta_A + \frac{\theta_A}{2}\right) = 3M_p\theta_A$

이다.

4. 외부일은

$W_e = P_u\delta = P_u\left(\frac{L}{3}\theta_A\right)$

이다.

5. $W_e = W_i$이므로

$P_u\left(\frac{L}{3}\theta_A\right) = 3M_p\theta_A$

$P_u = \frac{9M_p}{L}$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $P_u = 6M_p/L$이면 외부일은 $W_e = (6M_p/L)\cdot(L/3)\theta_A = 2M_p\theta_A$가 된다. 이는 내부일 $3M_p\theta_A$와 같지 않으므로 붕괴조건을 만족하지 않는다.
- 틀린 값 $6M_p/L$ → 올바르게는 $P_u = 9M_p/L$이다.

② O
- $P_u = 9M_p/L$이면 외부일은 $W_e = (9M_p/L)\cdot(L/3)\theta_A = 3M_p\theta_A$가 되어 내부일과 정확히 일치한다.
- 따라서 소성붕괴기구의 가상일 조건을 만족하는 값은 ②이다.

③ X
- $P_u = 11M_p/L$이면 외부일은 $W_e = (11M_p/L)\cdot(L/3)\theta_A = \frac{11}{3}M_p\theta_A$가 된다. 내부일 $3M_p\theta_A$보다 커서 가상일 평형이 맞지 않는다.
- 틀린 값 $11M_p/L$ → 올바르게는 $P_u = 9M_p/L$이다.

④ X
- $P_u = 15M_p/L$이면 외부일은 $W_e = (15M_p/L)\cdot(L/3)\theta_A = 5M_p\theta_A$가 된다. 내부일 $3M_p\theta_A$와 불일치하므로 극한하중이 될 수 없다.
- 틀린 값 $15M_p/L$ → 올바르게는 $P_u = 9M_p/L$이다.

오답 포인트

양단 고정보이므로 소성힌지를 3개 잡아야 한다는 점을 빼먹기 쉽다. 특히 중앙 힌지의 상대회전을 $\theta_A + \theta_B$로 보지 않거나, 처짐 적합조건 $a\theta_A = b\theta_B$를 놓치면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

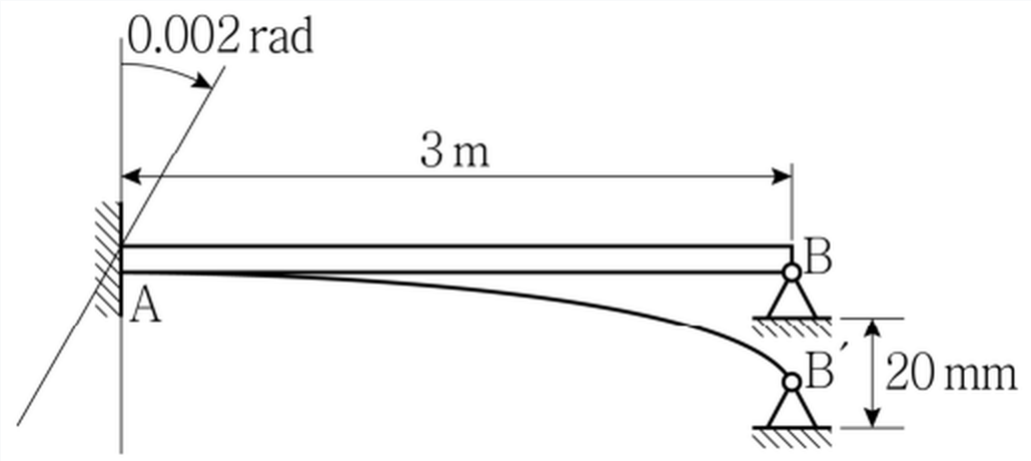
부정정보의 소성붕괴 문제는 먼저 필요한 소성힌지 수를 정하고, 다음에 기구의 처짐 적합조건을 세운 뒤, 마지막에 가상일 외부일=내부일로 극한하중을 구하면 된다.

암기 포인트

양단 고정보 점하중 붕괴는 소성힌지 3개와 처짐 적합조건을 먼저 잡으면 P_u가 정리된다.

NoteBase

문 7. 구조물에서 고정지점 A가 시계방향으로 0.002 rad 회전하고, 힌지지점 B가 침하하여 B' 지점으로 20 mm 수직 하향 이동하였을 때, B' 지점의 회전각의 크기[10^{-3}rad]는? (단, 구조물의 자중은 무시하고, 휨강성 EI는 일정하다)



① 8

② 9

③ 10

④ 11

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 고정단-힌지 보에서 지점회전과 지점침하가 함께 주어졌을 때 슬로프-디플렉션식을 이용해 B단 회전각을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 부재 길이: $L = 3m$
- A단 회전: 시계방향 $\theta_A = 0.002rad = 2 \times 10^{-3}rad$
- B단 침하: $\Delta = 20mm = 0.02m$
- B단은 힌지이므로 단부모멘트가 없어 $M_{BA} = 0$이다.
- 침하에 따른 chord rotation은 $\psi = \Delta/L = 0.02/3 = 6.67 \times 10^{-3}rad$이다.

사용할 공식

$M_{BA} = \frac{2EI}{L}(2\theta_B + \theta_A - 3\psi)$

힌지단 B에서는 단부모멘트가 0이므로 $M_{BA} = 0$을 두고 B단 회전각 θ_B를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

힌지단 조건 $M_{BA}=0$을 대입하면

$2\theta_B+\theta_A-3\psi=0$

이다.

주어진 값을 넣으면

$2\theta_B+2\times10^{-3}-3(6.67\times10^{-3})=0$

$2\theta_B+2\times10^{-3}-20\times10^{-3}=0$

$2\theta_B=18\times10^{-3}$

$\theta_B=9\times10^{-3}rad$

따라서 B' 지점의 회전각 크기는 $9\times10^{-3}rad$이다.

선지별 해설

① X

- $8\times10^{-3}rad$는 침하에 따른 chord rotation ψ를 6.67×10^{-3}보다 작게 잡거나 중간 반올림을 과하게 했을 때 나오는 과소값이다. 틀린 수치 → 올바르게는 $9\times10^{-3}rad$이다.

② O

- 슬로프-디플렉션식에서 $M_{BA}=0$을 적용하면 $\theta_B=9\times10^{-3}rad$가 된다. 따라서 2번이 옳다.

③ X

- $10\times10^{-3}rad$는 $\psi=0.00667$을 0.007로 너무 일찍 반올림하면 생기는 값이다. 틀린 수치 → 올바르게는 $9\times10^{-3}rad$이다.

④ X

- $11\times10^{-3}rad$는 A단 회전의 부호를 잘못 처리하여 $2\theta_B=3\psi+\theta_A$처럼 계산할 때 생기는 값이다. 틀린 수치 → 올바르게는 $2\theta_B=3\psi-\theta_A$이므로 $\theta_B=9\times10^{-3}rad$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 침하량 Δ를 바로 각도로 보지 않고 먼저 $\psi=\Delta/L$로 바꿔야 한다는 점과, A단 회전 θ_A의 부호를 함께 처리해야 한다는 점이다. 특히 힌지단이라는 이유로 $\theta_B=\psi$처럼 단순화하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

지점침하와 지점회전이 함께 나오면 먼저 $\psi=\Delta/L$를 구하고, 모멘트가 0인 단부가 있으면 그 단부의 슬로프-디플렉션식에 $M=0$을 넣어 미지 회전각을 푸는 순서로 판단한다.

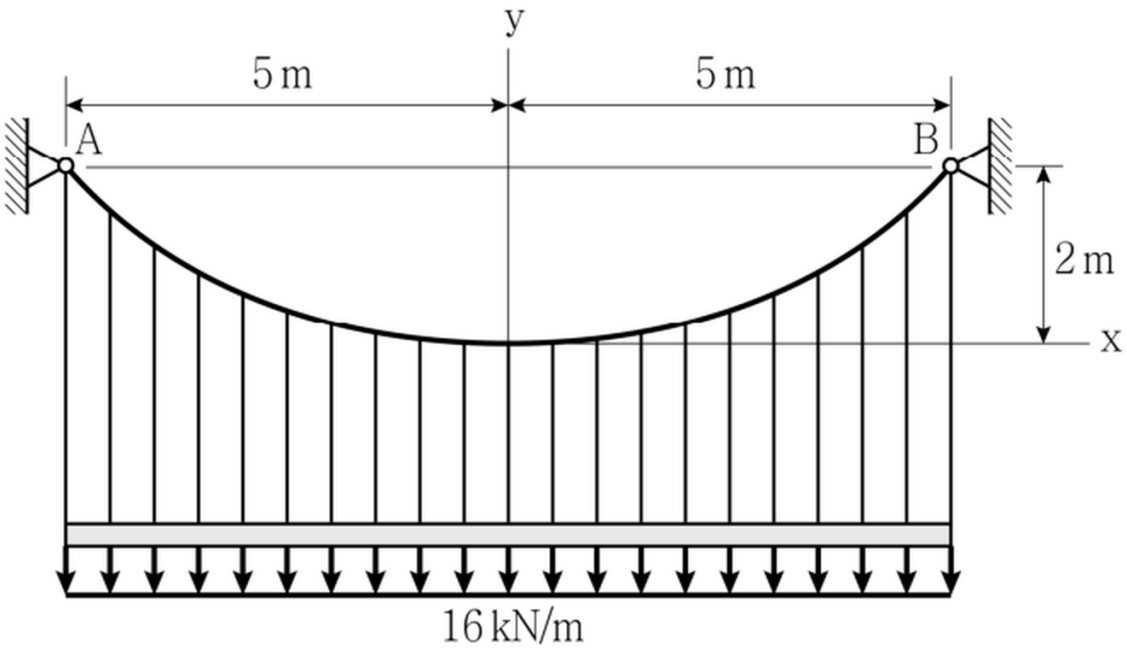
NoteBase

암기 포인트

고정단-힌지 보의 침하 문제는 힌지단 조건 $M = 0$과 $\psi = \Delta/L$를 먼저 쓰면 회전각이 정리된다.

NoteBase

문 8. 케이블 AB가 등분포하중 16kN/m를 받는 보를 지지하고 있을 때, 케이블 AB에 발생하는 최소 장력 [kN]은? (단, 보와 케이블의 자중은 무시한다)



① 80

② 100

③ 120

④ 160

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 등고 지점 사이에 걸린 포물선 케이블에서 처짐 f, 경간 L, 등분포하중 w로부터 최저점의 최소 장력 H를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 경간 $L = 10m$, 처짐 $f = 2m$, 등분포하중 $w = 16kN/m$이다.
구해야 할 값: 케이블 AB의 최소 장력이다.
주의할 조건: 최소 장력은 지점 장력이 아니라 케이블 최저점에서의 장력이며, 최저점에서는 기울기가 0이어서 장력이 수평성분만 남는다.

NoteBase

사용할 공식

포물선 케이블의 최저점 수평장력은
$H = \frac{wL^2}{8f}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 등분포하중을 받는 케이블이 포물선 형상을 이루고, 같은 높이의 두 지점 사이에서는 최저점 장력이 곧 수평장력 H가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 경간 전체 길이는 $L = 5 + 5 = 10m$이다.
2. 최저점의 수평장력을 계산하면
$H = \frac{wL^2}{8f} = \frac{16 \times 10^2}{8 \times 2} = \frac{1600}{16} = 100kN$
이다.
3. 최저점에서는 케이블의 기울기가 0이므로 장력의 크기는 수평장력과 같고, 따라서 최소 장력은 $100kN$이다.
4. 참고로 지점의 연직반력은 $V = \frac{wL}{2} = 80kN$이고, 지점 장력은 $\sqrt{100^2 + 80^2} \approx 128kN$이므로 최소 장력과는 다르다.

선지 판단

1번 X: $80kN$은 $\frac{wL}{2} = \frac{16 \times 10}{2}$로 구한 지점의 연직반력이다. 최소 장력은 최저점의 수평장력 $100kN$이다.
2번 O: $H = \frac{wL^2}{8f} = 100kN$이므로 최소 장력은 $100kN$이다.
3번 X: $120kN$은 올바른 공식으로 나온 값이 아니다. 최소 장력은 최저점에서의 $100kN$이고, 지점 장력도 $\approx 128kN$이므로 $120kN$은 어느 기준에도 맞지 않는다.
4번 X: $160kN$은 총하중 $wL = 16 \times 10$에 해당하는 값이다. 총하중을 그대로 장력으로 보면 틀리며, 최소 장력은 $100kN$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 최소 장력을 지점 반력이나 지점 장력과 혼동하는 점이다. 최저점에서는 기울기가 0이므로 장력이 수평성분만 남고, 지점에서는 연직성분이 추가되어 장력이 더 커진다.

다시 나오면 이렇게 판단

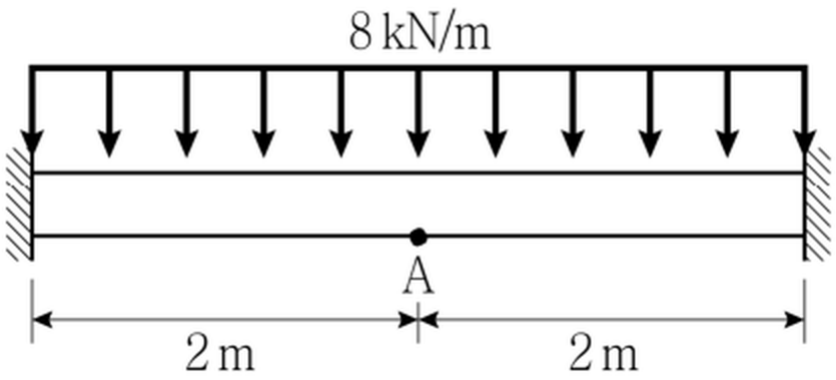
케이블 계산형 문제는 먼저 경간 L, 처짐 f, 하중 w를 정리한 뒤 $H = \frac{wL^2}{8f}$로 최저점 장력을 구하고, 마지막에 문제에서 묻는 값이 최저점 장력인지 지점 장력인지 구분해 판단한다.

암기 포인트

같은 높이의 두 지점 사이 포물선 케이블에서 최소 장력은 최저점의 수평장력이며 $H = \frac{wL^2}{8f}$이다.

NoteBase

문 9. 양단 고정보에 온도가 $20^\circ C$ 상승하여 초기 응력이 발생하고 있다. 등분포하중 8kN/m가 보에 작용할 때, 지간 중앙 단면의 하단 A점에서 축방향으로 작용하는 수직응력의 크기[MPa]는? (단, 보의 자중은 무시하며, 단면은 한 변의 길이가 0.2m인 정사각형이고, 보의 열팽창계수 $\alpha = 5 \times 10^{-6}/^\circ C$, 탄성계수 $E = 100GPa$이다)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 양단 고정보의 구속 열응력과 등분포하중에 의한 중앙 단면 휨응력을 합성하여 하단 A점의 축방향 수직응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 보 길이 $L = 4m$, 등분포하중 $w = 8kN/m$, 단면 한 변 $a = 0.2m$, 열팽창계수 $\alpha = 5 \times 10^{-6}/^\circ C$, 탄성계수 $E = 100GPa$, 온도상승 $\Delta T = 20^\circ C$이다.
- 구해야 할 값: 지간 중앙 단면 하단 A점의 축방향 수직응력의 크기이다.
- 주의할 조건: 온도상승은 양단 고정 때문에 압축의 축응력을 만들고, 중앙 하단은 등분포하중에 의해 인장 휨응력이 생긴다. 두 응력은 부호가 반대이므로 합성할 때 서로 상쇄된다.

NoteBase

사용할 공식

구속 열응력은 $\sigma_t = E\alpha\Delta T$이다.

고정보에 전 구간 등분포하중이 작용할 때 중앙 단면 모멘트는 $M_c = wL^2/24$이다.

휨응력은 $\sigma_b = Mc/I$이고, 정사각형 단면의 단면2차모멘트는 $I = a^4/12$이다.

이 공식을 쓰는 이유: 이 문항은 온도변화로 생기는 축응력과 하중으로 생기는 휨응력이 동시에 작용하는 조합응력 문제이기 때문이다.

계산 과정

1. 구속 열응력을 구하면

$\sigma_t = E\alpha\Delta T = (100 \times 10^9)(5 \times 10^{-6})(20) = 10 \times 10^6 Pa = 10MPa$

이다. 온도상승이 자유팽창을 못 하므로 압축응력이다.

2. 중앙 단면의 휨모멘트는

$M_c = \frac{wL^2}{24} = \frac{8 \times 4^2}{24} = \frac{128}{24} = 5.333kN \cdot m$

이다. 정사각형 단면에서 $I = 0.2^4/12 = 1.333 \times 10^{-4} m^4$, 하단까지 거리 $c = 0.1m$이다.

3. 하단 A점의 휨응력은

$\sigma_b = \frac{M_c c}{I} = \frac{5.333 \times 10^3 \times 0.1}{1.333 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^6 Pa = 4MPa$

이다. 중앙의 정모멘트이므로 하단은 인장이다.

4. 따라서 A점의 축방향 수직응력은 압축 $10MPa$와 인장 $4MPa$의 합성으로

$\sigma = 10 - 4 = 6MPa$

이다. 방향은 압축이고, 크기는 6 MPa이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 2 MPa는 중앙 휨모멘트를 잘못 잡아 하중에 의한 응력을 과대평가했을 때 나오는 값이다. 실제 중앙 휨응력은 $4MPa$이므로 합성응력의 크기는 $10 - 4 = 6MPa$이다.
- 틀린 값 2 MPa → 올바르게는 6 MPa이다.

② X
- 4 MPa는 등분포하중에 의한 중앙 하단의 휨응력만 본 값이다. 이 문제는 양단 고정에 따른 구속 열응력 $10MPa$도 함께 고려해야 한다.
- 틀린 값 4 MPa → 올바르게는 6 MPa이다.

③ O
- 중앙 하단 A점에는 구속 열응력으로 압축 $10MPa$, 휨응력으로 인장 $4MPa$가 작용한다. 부호가 반대이므로 합성하면 크기는 $6MPa$이다.

④ X
- 8 MPa는 응력 합성에서 하중에 의한 중앙 휨응력의 크기나 부호를 잘못 처리한 값이다. 중앙 하단은 인장 $4MPa$이므로 압축 열응력과 상쇄되어야 한다.
- 틀린 값 8 MPa → 올바르게는 6 MPa이다.

오답 포인트

고정보의 등분포하중에서 중앙모멘트를 $wL^2/24$가 아니라 다른 값으로 외우면 오답이 된다. 또 온도상승에 의한 구속 열응력은 단면 전체에 균일한 압축응력이라는 점, 중앙 하단의 휨응력은 인장이라는 점을 함께 보지 않으면 4 MPa나 8 MPa로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

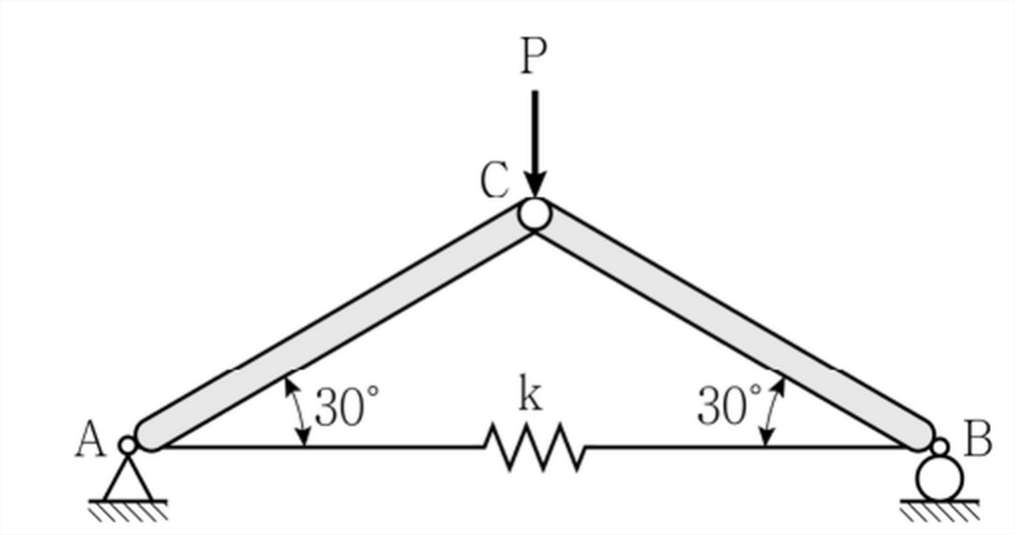
조합응력 계산형은 먼저 축응력과 휨응력을 분리해 구한 뒤, 해당 점이 인장인지 압축인지 부호를 정해서 마지막에 합성하면 된다. 고정보 등분포하중의 중앙모멘트와 구속 열응력 공식을 따로 떠올리면 빠르게 정리된다.

암기 포인트

양단 고정 온도상승은 $\sigma_t = E\alpha\Delta T$의 압축응력이고, 고정보 전 구간 등분포하중의 중앙모멘트는 $wL^2/24$이다.

NoteBase

문 10. 스프링으로 지지된 트러스 부재의 점 C에 수직 하중 P가 작용하는 경우, 스프링에 발생하는 힘의 크기는? (단, 트러스 부재의 자중은 무시하며, 트러스 부재의 길이는 L이고 축강성은 EA로 일정하고, 스프링 상수는 k, 미소변형이론을 적용한다)



① $\frac{\sqrt{3}}{4}P$

② $\frac{\sqrt{3}}{2}P$

③ $\sqrt{3}P$

④ $2\sqrt{3}P$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 대칭 3부재 정정 트러스에서 절점 평형만으로 경사부재력과 스프링력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:

- 부재 AC, BC는 길이 L의 대칭 부재이고 수평과 30 °를 이룬다.
- 점 C에 수직하중 P가 작용한다.
- 하부 AB는 스프링이다.

구해야 할 값:

- 스프링에 발생하는 힘 F_s

주의할 조건:

- 이 구조는 부재 3개, 절점 3개인 정정 트러스이므로 EA, k, L은 부재력 결정에 직접 필요하지 않다.

NoteBase

사용할 공식

$2N\sin 30^\circ = P$
$F_s = N\cos 30^\circ$
이 공식을 쓰는 이유:
점 C에서는 두 경사부재의 수직성분이 외력 P를 지지하고, A 또는 B 절점에서는 스프링력이 경사부재의 수평성분과 평형을 이루기 때문이다.

계산 과정

1. 대칭이므로 두 경사부재력의 크기는 같다고 두고 $N_{AC} = N_{BC} = N$이라 둔다.
2. C절점의 수직평형에서 $2N\sin 30^\circ = P$이므로 $N = P$가 된다. 따라서 AC, BC의 축력은 각각 크기 P의 압축력이다.
3. A 또는 B 절점의 수평평형에서 $F_s = N\cos 30^\circ = P \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$이다.
4. 따라서 스프링 힘은 $F_s = \frac{\sqrt{3}}{2}P$이다.

선지별 해설

① X
- $\frac{\sqrt{3}}{4}P$는 정답의 절반이다. C절점에서 두 경사부재가 함께 P를 지지한다는 점을 놓치고 $2N\sin 30^\circ = P$를 $N\sin 30^\circ = P$처럼 처리하면 $N = \frac{P}{2}$로 잘못 계산되어 이런 값이 나온다.
- 틀린 표현은 스프링 힘의 크기이다. 올바르게는 $F_s = \frac{\sqrt{3}}{2}P$이다.

② O
- C절점 평형에서 $N = P$이고, A 또는 B 절점 수평평형에서 $F_s = N\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}P$가 된다. 따라서 ②가 옳다.

③ X
- $\sqrt{3}P$는 스프링력이 한 절점에서 경사부재 하나의 수평성분과 평형을 이룬다는 점을 놓치고 $2N\cos 30^\circ$처럼 2배를 잘못 곱하면 나오는 값이다.
- 틀린 표현은 스프링 힘의 크기이다. 올바르게는 $F_s = \frac{\sqrt{3}}{2}P$이다.

④ X
- $2\sqrt{3}P$는 $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$를 잘못 적용하면서 수평성분도 과대평가한 값이다. 이 문제의 스프링력은 $P\cos 30^\circ$ 크기로 정해진다.
- 틀린 표현은 스프링 힘의 크기이다. 올바르게는 $F_s = \frac{\sqrt{3}}{2}P$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 EA, k, L이 보인다고 해서 변형적합식부터 세우게 만드는 점이다. 그러나 이 구조는 정정 트러스이므로 절점 평형만으로 끝난다. 또 C절점에서 경사부재 두 개가 함께 P를 지지한다는 점을 놓치면 $N = \frac{P}{2}$로 착각하고, 스프링력이 양쪽 수평성분의 합이라고 오해하면 ③처럼 2배 오답이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

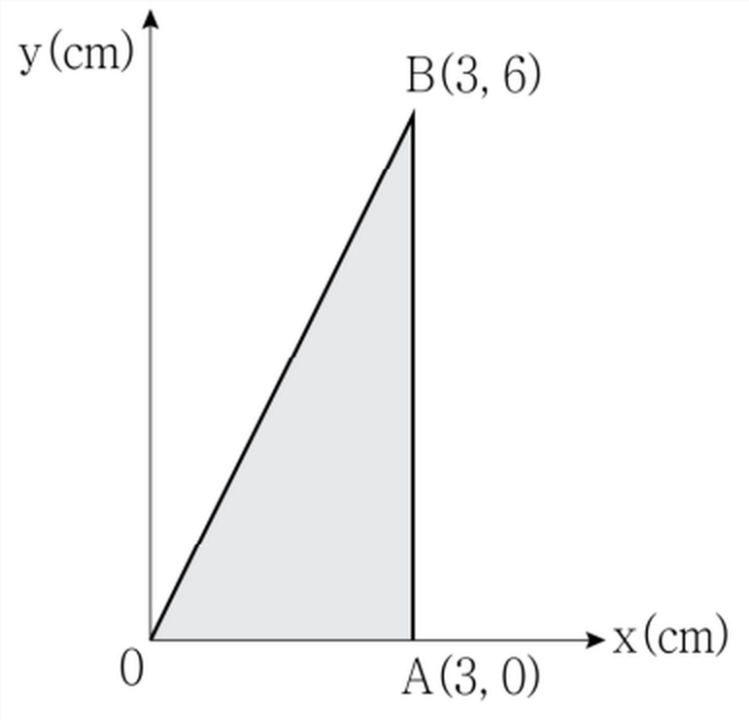
대칭 삼각 트러스에서 꼭짓점 집중하중이 작용하면 먼저 꼭짓점 절점에서 $2N\sin\theta = P$로 경사부재력을 구하고, 다음에 지지 절점의 수평평형으로 하부 부재력이나 스프링력을 읽어 내는 순서로 판단한다. 정정 트러스이면 강성값 EA, k, 길이 L은 부재력 결정에 쓰이지 않는다.

암기 포인트

대칭 2경사부재 트러스의 꼭짓점 하중은 $2N\sin\theta = P$, 하부 수평부재력은 $N\cos\theta$이다.

NoteBase

문 11. 삼각형의 x축에 대한 단면 2차모멘트의 크기[cm^4]는?



① 12

② 18

③ 36

④ 54

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 밑변이 x축에 놓인 삼각형의 x축에 대한 단면 2차모멘트 I_x를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 밑변 $b = 3cm$, 높이 $h = 6cm$이다.
구해야 할 값: x축에 대한 단면 2차모멘트 I_x이다.
주의할 조건: x축은 삼각형의 밑변과 일치하는 축이므로 도심축이 아니라 밑변축 기준 공식을 써야 한다.

사용할 공식

삼각형의 밑변축에 대한 단면 2차모멘트는 $I_x = \frac{bh^3}{12}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제의 x축이 바로 삼각형 밑변이 놓인 축이기 때문이다.
같은 내용을 평행축정리로 쓰면 도심축 기준 $I_{cg} = \frac{bh^3}{36}$ 에서 $I_x = I_{cg} + Ad^2$ 이다.

NoteBase

계산 과정

1. 밑변과 높이를 읽으면 $b = 3cm, h = 6cm$이다.
2. 밑변축 공식에 대입하면 $I_x = \frac{3 \times 6^3}{12} = \frac{3 \times 216}{12} = 54cm^4$ 이다.
3. 따라서 x축에 대한 단면 2차모멘트는 $54cm^4$이다.

선지별 해설

① X
- $12cm^4$는 계산 결과와 다르다. 삼각형의 x축 기준 단면 2차모멘트는 $\frac{bh^3}{12}$로 계산해야 하므로 값은 $54cm^4$이다.
- 틀린 값 12는 공식을 잘못 적용한 수치이고, 올바르게는 $54cm^4$이다.

② X
- $18cm^4$는 도심을 지나는 축에 대한 삼각형의 단면 2차모멘트 $\frac{bh^3}{36}$ 에 해당한다.
- 문제는 도심축이 아니라 x축을 묻고 있으므로 평행축정리를 더해야 하며, 올바르게는 $54cm^4$이다.

③ X
- $36cm^4$도 x축 기준 계산 결과와 맞지 않는다.
- 도심축값과 평행축 이동을 혼동하면 나올 수 있는 오답이고, x축 기준으로는
$I_x = I_{cg} + Ad^2 = 18 + 9 \times 2^2 = 54cm^4$가 되어야 한다.
- 틀린 값 36은 54로 고쳐야 한다.

④ O
- 밑변축 공식 $I_x = \frac{bh^3}{12}$에 $b = 3, h = 6$을 대입하면 $54cm^4$가 된다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

삼각형의 도심축 공식 $\frac{bh^3}{36}$과 밑변축 공식 $\frac{bh^3}{12}$을 바꾸어 쓰기 쉽다. 이 문항은 축이 x축인지 도심축인지 먼저 구분하는지를 묻는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

단면 2차모멘트 문제는 먼저 기준축이 어디인지 확인하고, 밑변축이면 $\frac{bh^3}{12}$, 도심축이면 $\frac{bh^3}{36}$을 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

삼각형은 도심축 $\frac{bh^3}{36}$, 밑변축 $\frac{bh^3}{12}$로 3배 차이가 난다.

NoteBase

문 12. 등방성인 부재 단면 도심에 축하중만 작용하는 경우, 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 부재는 균질하고 균일하며, 길이 방향으로 직선이다)

① 재료의 수직응력에 대한 탄성계수 E와 전단탄성계수 G는 서로 독립적이다.

② 낮은 변형률 값에서 인장 파손되고, 비례한도 이후에 작은 신장량만으로 파손되는 재료는 연성재료로 분류한다.

③ 인장 또는 압축 하중을 받는 균일 단면 봉의 신장량 또는 신축량은 봉의 하중과 길이에 비례하며, 봉의 축강성 EA에 비례한다.

④ 최대 수직응력은 봉의 축방향으로 발생하고, 최대 전단응력은 최대 수직응력의 반이다.

정답 4번

출제 포인트

등방성 재료의 탄성상수 관계, 축하중을 받는 봉의 변형식, 일축응력 상태의 최대 전단응력 관계를 함께 묻는 문제이다.

핵심 개념

등방성 재료에서는 탄성계수 E, 전단탄성계수 G, 포아송비 ν가 서로 독립이 아니라 $E = 2G(1 + \nu)$의 관계를 가진다.
축하중만 받는 균일 단면 봉의 축변형은 $\delta = PL/EA$이므로 하중 P, 길이 L에는 비례하고 축강성 EA에는 반비례한다.
일축응력 상태에서는 축방향 수직응력이 주응력이 되고, 최대 전단응력은 $\tau_{max} = \sigma/2$이다.

선지별 해설

① X: 등방성 재료의 E와 G는 서로 독립이 아니다. 포아송비 ν와 함께 $E = 2G(1 + \nu)$의 관계로 연결된다. 틀린 표현은 "서로 독립적이다"이며, 올바르게는 "포아송비를 포함한 탄성상수 관계식으로 서로 연관된다"이다.
② X: 낮은 변형률에서 인장 파손되고 비례한도 이후에도 작은 신장만 보이는 재료는 연성재료가 아니라 취성재료이다. 틀린 표현은 "연성재료"이며, 올바르게는 "취성재료"이다.
③ X: 균일 단면 봉의 신장량 또는 신축량은 $\delta = PL/EA$이므로 하중과 길이에는 비례하지만 축강성 EA에는 반비례한다. 틀린 표현은 "봉의 축강성 EA에 비례한다"이며, 올바르게는 "봉의 축강성 EA에 반비례한다"이다.
④ O: 축하중만 작용하면 봉의 축방향에 수직응력 σ만 존재하는 일축응력 상태가 된다. 이때 최대 수직응력은 축방향에서 발생하고, 최대 전단응력은 그 절반인 $\sigma/2$이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

③은 식의 분모에 있는 EA를 보고도 습관적으로 "비례"라고 읽기 쉬운 점이 함정이다. ①은 등방성 재료의 탄성상수 관계를 잊으면 독립 변수처럼 오해하기 쉽고, ②는 연성과 취성을 파단 전 소성변형의 크기로 구분하지 않으면 뒤바뀌기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

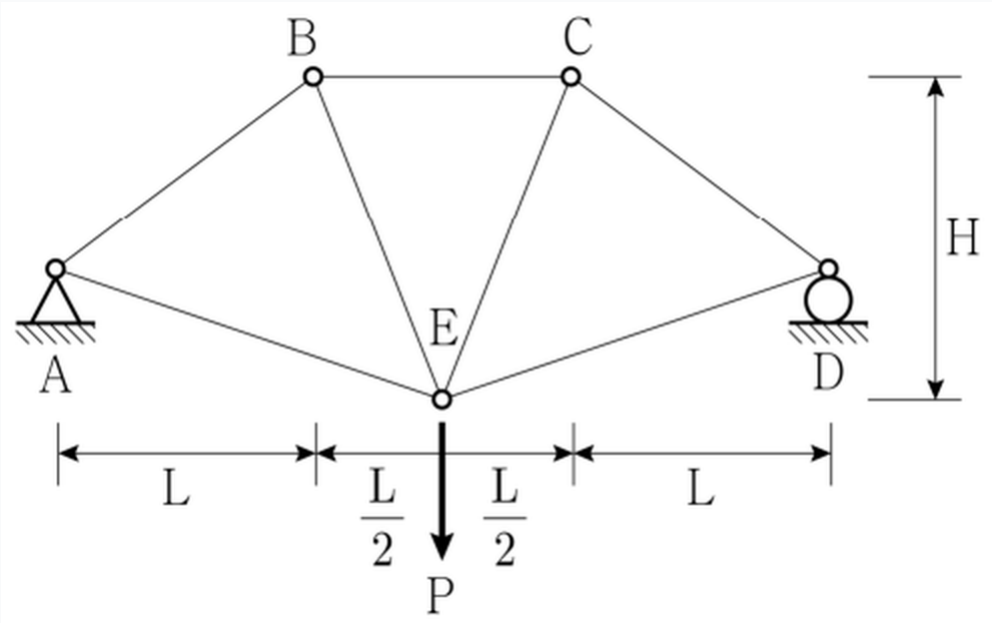
축하중 문제는 먼저 일축응력 상태인지 확인하고, 변형은 $\delta = PL/EA$, 최대 전단응력은 $\sigma/2$를 바로 대입해 판단한다. 재료 분류 선지는 파단 전 소성변형이 큰지 작은지로 연성재료와 취성재료를 구분하면 된다.

암기 포인트

등방성 재료는 E-G-ν가 연결되고, 축변형은 PL/EA, 일축응력의 최대 전단응력은 $\sigma/2$이다.

NoteBase

문 13. 트러스에서 BC 부재력이 $a\frac{PL}{H}$일 때, a의 크기는? (단, 트러스의 자중은 무시한다)



① $\frac{3}{4}$
② $\frac{5}{4}$
③ $\frac{7}{4}$
④ $\frac{7}{2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 절단법과 모멘트 평형을 이용해 상현재 BC의 부재력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 중앙 절점 E에 하중 P가 작용하고, BC는 수평부재이며 E에서 BC까지의 수직거리는 H이다.
구해야 할 값: BC 부재력 $= a\frac{PL}{H}$의 계수 a이다.
주의할 조건: 대칭 트러스이므로 지점반력은 $A_y = D_y = \frac{P}{2}$이고, A에서 E까지의 수평거리는 $L + \frac{L}{2} = \frac{3L}{2}$이다.

사용할 공식

절단법으로 AE, BE, BC를 자른 뒤 왼쪽 부분에 대해 E점 모멘트 평형을 쓴다.
$\sum M_E = 0$
$F_{BC} \cdot H = A_y \cdot \frac{3L}{2}$
이 공식을 쓰는 이유: AE와 BE의 작용선은 모두 E를 지나므로 E점 모멘트를 취하면 두 미지력을 소거하고 BC만 바로 남길 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전체 트러스의 대칭으로부터 $A_y = D_y = \frac{P}{2}$이다.
2. 절단면을 AE, BE, BC에 지나가게 잡고 왼쪽 부분을 취한다.
3. E점 모멘트 평형을 적용하면

$F_{BC} \cdot H = \frac{P}{2} \cdot \frac{3L}{2}$

따라서

$F_{BC} = \frac{3PL}{4H}$

이다. 인장으로 가정하면 부호가 음수로 나오므로 실제 BC는 압축이고, 크기는 $\frac{3PL}{4H}$이다.

선지별 해설

① O

모멘트 평형 결과가 바로 $F_{BC} = \frac{3PL}{4H}$이므로 옳다. 따라서 $a = \frac{3}{4}$이다.

② X

틀린 표현은 $a = \frac{5}{4}$라는 수치이다. 올바르게는 $a = \frac{3}{4}$이다. A에서 E까지의 수평거리 $\frac{3L}{2}$를 잘못 읽어 더 크게 잡으면 이런 과대값이 나온다.

③ X

틀린 표현은 $a = \frac{7}{4}$라는 수치이다. 올바르게는 $a = \frac{3}{4}$이다. 절단 후 E점 모멘트를 쓰지 않고 지레팔을 잘못 잡으면 정답보다 큰 값이 나온다.

④ X

틀린 표현은 $a = \frac{7}{2}$라는 수치이다. 올바르게는 $a = \frac{3}{4}$이다. 지점반력 $\frac{P}{2}$ 대신 전체 하중 P를 그대로 넣거나 거리까지 함께 잘못 잡은 값이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 절단면을 잘 잡지 못해 미지수가 많아지는 점과, $A_y = \frac{P}{2}$ 및 AE와 BE의 작용선이 E를 지난다는 사실을 놓치는 점이다. BC의 모멘트팔은 H, 반력의 모멘트팔은 $\frac{3L}{2}$라는 두 거리만 정확히 잡으면 계산이 바로 끝난다.

다시 나오면 이렇게 판단

트러스에서 특정 부재력 하나를 묻고 두 절단부재의 작용선이 한 점에서 만나면, 그 점에 대한 모멘트를 먼저 검토한다. 이 문제에서는 AE와 BE가 E를 지나므로 E점 모멘트만으로 BC를 바로 구할 수 있다.

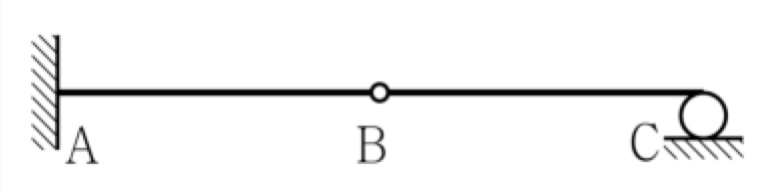
NoteBase

암기 포인트

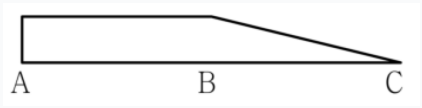
절단법의 핵심은 미지력 두 개의 교점을 모멘트 중심으로 잡아 나머지 한 부재력을 바로 구하는 것이다. 이 문항은 E점 모멘트, $A_y = \frac{P}{2}$, 모멘트팔 $\frac{3L}{2}$와 H만 기억하면 된다.

NoteBase

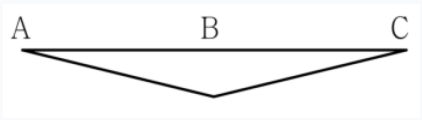
문 14. 게르버보의 정성적인 영향선(Müller-Breslau의 원리)로 옳지 않은 것은? (단, A는 고정지점, B는 내부힌지, C는 롤러지점이다)



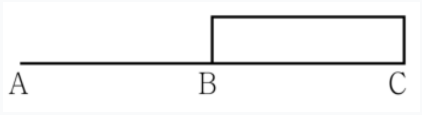
① A점의 수직 반력



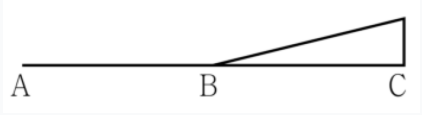
② A점의 모멘트 반력



③ B점의 전단력



④ C점의 수직 반력



정답 3번

출제 포인트

이 문제는 내부힌지 B를 가진 게르버보에서 각 반력과 단면력의 영향선 형상을 Müller-Breslau 원리와 구간 평형으로 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

1번: O. A점의 수직반력 영향선은 하중이 AB 구간에 있으면 BC가 무하중이므로 B와 C의 반력이 0이 되어 A가 전부 부담하므로 값이 1로 일정하다. 하중이 BC 구간에 있으면 BC는 B-C 단순보가 되어 B 반력이 B에서 1, C에서 0으로 선형 감소하고, 그 값이 그대로 A에 전달되므로 제시도와 같다.
2번: O. A점의 모멘트반력 영향선은 하중이 A와 C에 있을 때 0이고, B에서 최대가 되는 선형 형상이다. AB 구간에서는 하중이 A에서 B로 갈수록 A의 모멘트가 선형으로 커지고, BC 구간에서는 B 반력이 C 쪽으로 갈수록 줄어들어 A의 모멘트도 선형으로 0까지 감소하므로 제시된 V자형이 맞다.
3번: X. 틀린 표현은 'B점의 전단력 영향선이 BC 전 구간에서 일정한 직사각형'이라는 부분이다. 올바르게는 하중이 AB 구간에 있을 때 B점 전단력은 0이고, 하중이 BC 구간에 있을 때는 B-C 단순보의 B 반력과 같아서 B에서 1, C에서 0으로 선형 감소하는 삼각형이 된다.
4번: O. C점의 수직반력 영향선은 하중이 AB 구간에 있으면 BC가 무하중이므로 0이고, 하중이 BC 구간에 있으면 단순보 반력으로 B에서 0, C에서 1까지 선형 증가한다. 따라서 B부터 C까지 올라가는 삼각형 형상이 옳다.

오답 포인트

내부힌지가 있으면 힌지점 전단력이 언제나 일정하게 전달된다고 착각하기 쉽다. 이 문제에서는 BC가 단순보처럼 거동하므로 B점 전단력도 지점반력처럼 하중 위치에 따라 선형으로 변하며, AB 구간 하중에는 아예 0이 된다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

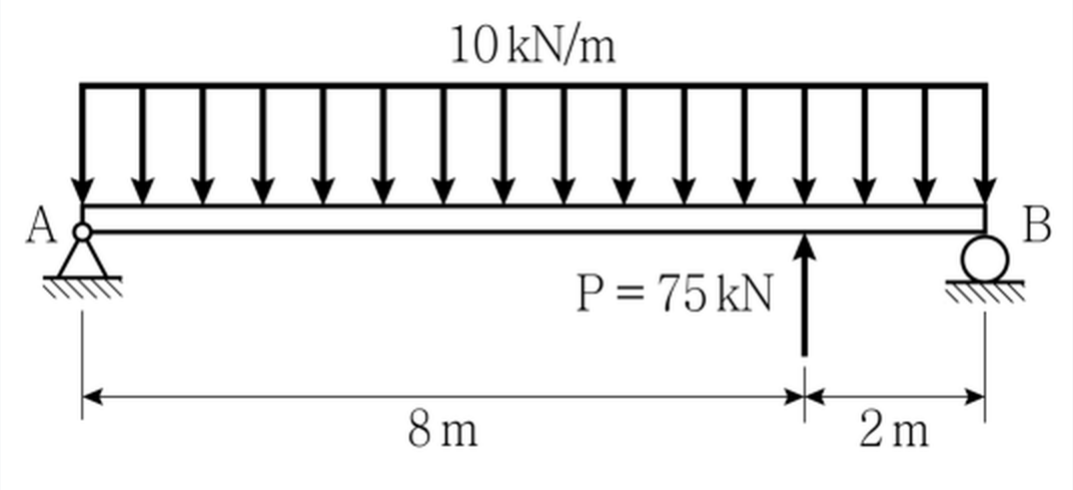
내부힌지가 보이면 먼저 구조를 AB와 BC로 분리해서 본다. 하중이 없는 쪽 구간의 반력과 힌지전달력은 0이 되고, 하중이 BC에 있으면 BC는 단순보가 되어 B와 C의 반력 영향선이 서로 보완하는 삼각형이 된다. 그 뒤 필요한 반력이나 단면력이 어느 구간에서 어떻게 전달되는지만 연결하면 된다.

암기 포인트

게르버보의 내부힌지 한쪽이 단순보이면 그 구간의 반력·전단력 영향선은 직사각형이 아니라 삼각형으로 변한다.

NoteBase

문 15. 하중을 받는 단순보에서 지점을 제외하고 지점 A로부터 가장 가깝게 곡률이 0이 되는 위치[m]는? (단, 보의 자중은 무시하고 휨강성 EI는 일정하다)



① 5

② 6

③ 7

④ 8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 EI가 일정한 보에서 곡률이 0이 되는 조건 $M = 0$을 이용해 내부 위치를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:

- 등분포하중 $w = 10kN/m$
- 보 길이 $L = 10m$
- 상향 집중하중 $P = 75kN$, 작용 위치 $x = 8m$

구해야 할 값:

- 지점 A에서 가장 가까운 내부의 곡률 0 위치

주의할 조건:

- EI가 일정하므로 곡률 $\kappa = M/EI$이다.
- 따라서 곡률이 0인 곳은 휨모멘트 M이 0인 곳이다.

NoteBase

사용할 공식

$\kappa = \frac{M}{EI}$

$\kappa = 0 \Rightarrow M = 0$

$\sum V = 0, \quad \sum M = 0$

이 공식을 쓰는 이유:

문제는 처짐이 아니라 곡률이 0인 위치를 묻고 있으므로, EI가 일정할 때 휨모멘트가 0이 되는 단면을 찾으면 된다. 이를 위해 먼저 지점반력을 구한 뒤 구간별 휨모멘트식을 세운다.

계산 과정

1. 전체 하중을 정리하면 등분포하중의 합력은 $100kN$이고 작용점은 A에서 $5m$이다.

2. 평형조건에서

$R_A + R_B + 75 - 100 = 0$

$10R_B + 75 \times 8 - 100 \times 5 = 0$

따라서

$R_B = -10kN, \quad R_A = 35kN$

이다.

3. $0 < x < 8$ 구간의 휨모멘트는

$M(x) = R_A x - \frac{wx^2}{2} = 35x - 5x^2 = 5x(7 - x)$

이다.

4. $M(x) = 0$이면

$5x(7 - x) = 0$

이므로 $x = 0, 7$이다. 이 중 지점 A 자체인 $x = 0$은 제외하므로 내부 해는 $x = 7m$이다.

5. 참고로 $8 < x < 10$ 구간에서는

$M(x) = 35x - 5x^2 + 75(x - 8)$

이고 이 식의 내부 해는 없으며 $x = 10m$에서만 0이 된다. 따라서 A에서 가장 가까운 곡률 0 위치는 $7m$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- $x = 5m$에서 $M = 35 \times 5 - 5 \times 5^2 = 50kN \cdot m$이므로 곡률은 0이 아니다.
- 틀린 값 5를 고치면, 올바른 내부 위치는 $7m$이다.

② X

- $x = 6m$에서 $M = 35 \times 6 - 5 \times 6^2 = 30kN \cdot m$이므로 여전히 휨모멘트가 남아 있다.
- 틀린 값 6을 고치면, 올바른 내부 위치는 $7m$이다.

③ O

- $0 < x < 8$ 구간에서 $M(x) = 5x(7 - x)$이므로 내부에서 $M = 0$이 되는 점은 $x = 7m$이다.
- 따라서 지점 A로부터 가장 가까운 곡률 0 위치는 $7m$이다.

④ X

- $x = 8m$은 상향 집중하중 작용점일 뿐이며, 그 위치의 휨모멘트는 $M = 35 \times 8 - 5 \times 8^2 = -40kN \cdot m$로 0이 아니다.
- 틀린 값 8을 고치면, 올바른 내부 위치는 $7m$이다.

오답 포인트

곡률 0을 전단력 0이나 하중 작용점과 혼동하면 오답이 된다. 이 문제는 EI 일정 조건이 핵심이므로 곡률 0은 곧 $M = 0$이다. 또한 상향 집중하중이 있어 반력 R_B가 음수가 될 수 있다는 점을 놓치면 모멘트식을 잘못 세우게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

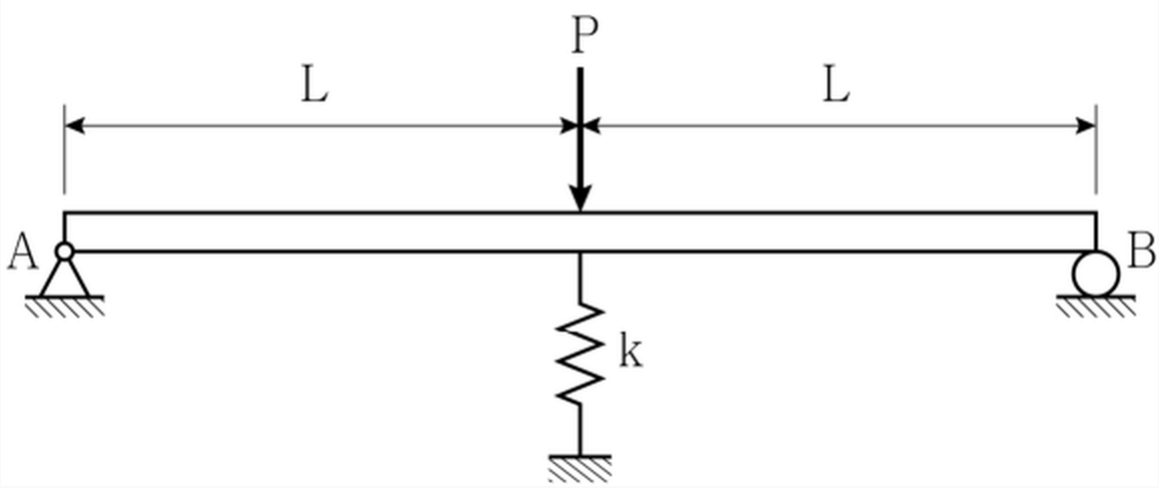
보의 곡률을 묻는 문제는 먼저 $\kappa = M/EI$ 관계를 확인한다. EI가 일정하면 곡률 0은 $M = 0$으로 바뀌므로, 반력을 구한 뒤 하중 변화점 기준으로 구간별 휨모멘트식을 세워 내부 해만 고르면 된다.

암기 포인트

EI 일정이면 곡률 0은 휨모멘트 0과 같다. 전단력 0은 최대·최소 모멘트점이고, 모멘트 0은 변곡점 후보이다.

NoteBase

문 16. 길이가 2L인 보의 중앙에 하중 P가 작용할 때, 작용 하중 P와 스프링에 작용하는 힘 F_s의 비$\left(\frac{P}{F_s}\right)$는? (단, 보의 자중은 무시하며, 휨강성 EI는 일정하고, 스프링계수 $k=\frac{EI}{L^3}$이다)



① 1

② 3

③ 5

④ 7

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단순지지보의 중앙 처짐식과 스프링의 하중-변형 관계를 적합조건으로 연결해 P/F_s를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 보의 길이는 $2L$, 중앙에 하중 P가 작용하고 중앙 아래 스프링의 강성은 $k=EI/L^3$이다.
구해야 할 값: 작용하중 P와 스프링력 F_s의 비 P/F_s이다.
주의할 조건: 스프링은 중앙 처짐만큼 압축되고, 보에는 아래로 P, 위로 F_s가 동시에 작용하므로 보의 순하중은 $P-F_s$이다.

NoteBase

사용할 공식

단순지지보에 중앙 집중하중 W가 작용할 때 중앙 처짐은

$\delta = \frac{W(2L)^3}{48EI} = \frac{WL^3}{6EI}$

이다.

스프링 압축량은

$\delta = \frac{F_s}{k}$

이다.

이 공식을 쓰는 이유는 중앙점에서 보의 처짐량과 스프링 압축량이 같아야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 보에 작용하는 중앙 순하중을 $W = P - F_s$로 둔다.

2. 따라서 보의 중앙 처짐은

$\delta = \frac{(P - F_s)L^3}{6EI}$

이다.

3. 스프링 강성 $k = EI/L^3$이므로 스프링 압축량은

$\delta = \frac{F_s}{k} = \frac{F_sL^3}{EI}$

이다.

4. 중앙점의 처짐과 스프링 압축량이 같으므로

$\frac{(P - F_s)L^3}{6EI} = \frac{F_sL^3}{EI}$

이다.

5. L^3/EI를 약분하면

$\frac{P - F_s}{6} = F_s$

이고,

$P - F_s = 6F_s \Rightarrow P = 7F_s$

이므로

$\frac{P}{F_s} = 7$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
'1'이라는 값이 틀렸다. 올바르게는 $P/F_s = 7$이다. $P = F_s$가 되려면 보가 스프링 역할을 전혀 하지 않는 경우와 같은 해석이 되어 이 문제의 처짐 적합조건과 맞지 않는다.

② X
'3'이라는 값이 틀렸다. 올바르게는 $P/F_s = 7$이다. 이 값은 중앙 처짐식을 잘못 적용하거나 $48EI$와 $6EI$의 환산을 놓치면 나올 수 있다.

③ X
'5'라는 값이 틀렸다. 올바르게는 $P/F_s = 7$이다. 스프링 압축량 F_s/k와 보의 처짐식을 같게 놓는 과정에서 계수 6을 빠뜨리면 오답이 된다.

④ O
$P/F_s = 7$이므로 옳다. 적합조건 $\delta_{beam} = \delta_{spring}$을 적용하면 $P = 7F_s$가 바로 나온다.

오답 포인트

보에 실제로 처짐을 만드는 하중을 P로 두고 그대로 계산하는 실수가 가장 흔하다. 이 문제에서 보는 중앙에서 스프링의 반력 F_s를 위로 받으므로 순하중은 반드시 $P - F_s$로 두어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

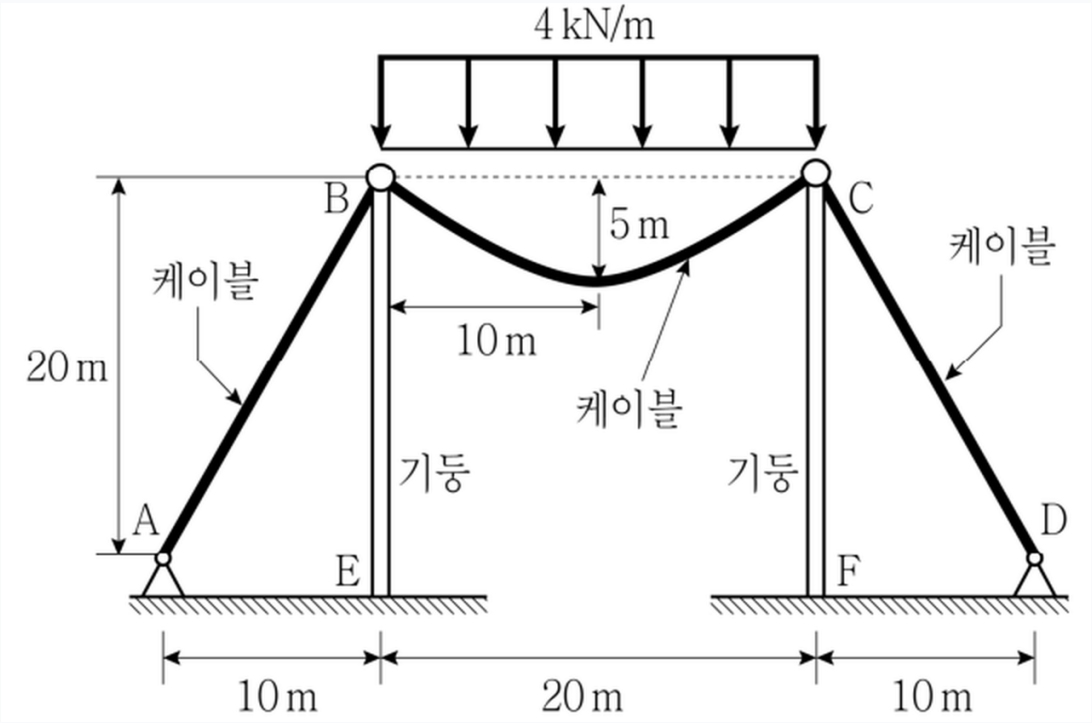
보와 스프링이 함께 있는 문제는 먼저 보의 순하중을 정리하고, 다음으로 보의 처짐식과 스프링의 $F = k\delta$ 관계를 같은 변위 조건으로 연결해 푼다. 마지막에 미지력 비를 정리하면 된다.

암기 포인트

중앙 스프링이 달린 단순지지보는 '보 처짐 = 스프링 압축량'을 놓고, 보의 중앙 순하중은 $P - F_s$로 잡는다.

NoteBase

문 17. 하중을 받는 케이블과 기둥의 합성 구조물에서 기둥 BE에 작용하는 압축력의 크기[kN]는? (단, 구조물의 자중과 좌굴은 무시한다)



① 60

② 80

③ 100

④ 120

정답 4번

출제 포인트

포물선 케이블의 수평장력과 지점 수직반력을 구한 뒤, 절점 B에서 케이블 힘의 수직성분을 합산하여 기둥 BE의 압축력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 경간 $20m$, 처짐 $5m$, 등분포하중 $4kN/m$, 좌측 케이블 AB의 수평거리 $10m$, 높이 $20m$이다.
구해야 할 값: 기둥 BE에 작용하는 압축력이다.
주의할 조건: BC는 등분포하중을 받는 대칭 포물선 케이블이고, BE는 수직 2력부재이므로 절점 B의 수직평형으로 압축력이 정해진다.

NoteBase

사용할 공식

포물선 케이블의 수평장력은 $H = \frac{wL^2}{8f}$, 지점 수직반력은 $V = \frac{wL}{2}$이다.
또한 절점 B에서 AB의 수평성분은 BC의 수평장력과 같으므로 $H_{AB} = H_{BC}$이고, AB의 기울기가 수평 $10m$, 수직 $20m$이므로 $V_{AB} = H_{AB} \times \frac{20}{10}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 가운데 케이블 BC는 등분포하중을 받는 대칭 포물선 케이블이고, 기둥 BE의 축력은 절점 B에 모이는 케이블들의 수직성분 합으로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 가운데 케이블 BC의 수평장력은 $H_{BC} = \frac{wL^2}{8f} = \frac{4 \times 20^2}{8 \times 5} = 40kN$이다.
2. BC의 지점 B 수직반력은 $V_{BC} = \frac{wL}{2} = \frac{4 \times 20}{2} = 40kN$이다.
3. 절점 B에서 좌측 케이블 AB의 수평성분은 $H_{AB} = 40kN$이어야 한다. AB의 기울기비가 수평:수직 $= 10 : 20 = 1 : 2$이므로 수직성분은 $V_{AB} = 40 \times \frac{20}{10} = 80kN$이다.
4. 따라서 기둥 BE의 압축력은 $N_{BE} = V_{AB} + V_{BC} = 80 + 40 = 120kN$이다.

선지별 해설

① X
- $60kN$은 절점 B의 실제 수직평형식 $N_{BE} = 80 + 40$을 만족하지 못한다. 압축력은 $60kN$이 아니라 $120kN$이다.

② X
- $80kN$은 좌측 케이블 AB의 수직성분만 반영하고, 가운데 케이블 BC가 절점 B에 주는 지점 수직반력 $40kN$을 누락한 값이다. 압축력은 $80kN$이 아니라 $120kN$이다.

③ X
- $100kN$은 AB의 기울기비 또는 절점 B의 힘 합성을 잘못 적용한 값이다. 절점 B에서는 $V_{AB} = 80kN$, $V_{BC} = 40kN$이므로 압축력은 $100kN$이 아니라 $120kN$이다.

④ O
- $N_{BE} = 80 + 40 = 120kN$이므로 맞는 값이다. 가운데 케이블의 지점반력과 좌측 케이블의 수직성분을 함께 더해야 한다.

오답 포인트

가운데 케이블 BC의 지점 수직반력 $40kN$을 빼먹거나, 좌측 케이블 AB의 기울기 $1 : 2$를 쓰지 않고 장력 자체를 바로 기둥축력으로 보는 실수가 가장 흔하다. 이 문제는 포물선 케이블 계산과 절점 평형을 분리해서 보지 않으면 오답이 나오기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

케이블-기둥 합성 구조물은 먼저 하중을 받는 케이블의 H와 지점 수직반력을 구하고, 다음에 절점에서 수평평형으로 다른 케이블 성분을 맞춘 뒤, 마지막에 수직성분을 합산하여 기둥 축력을 판단한다.

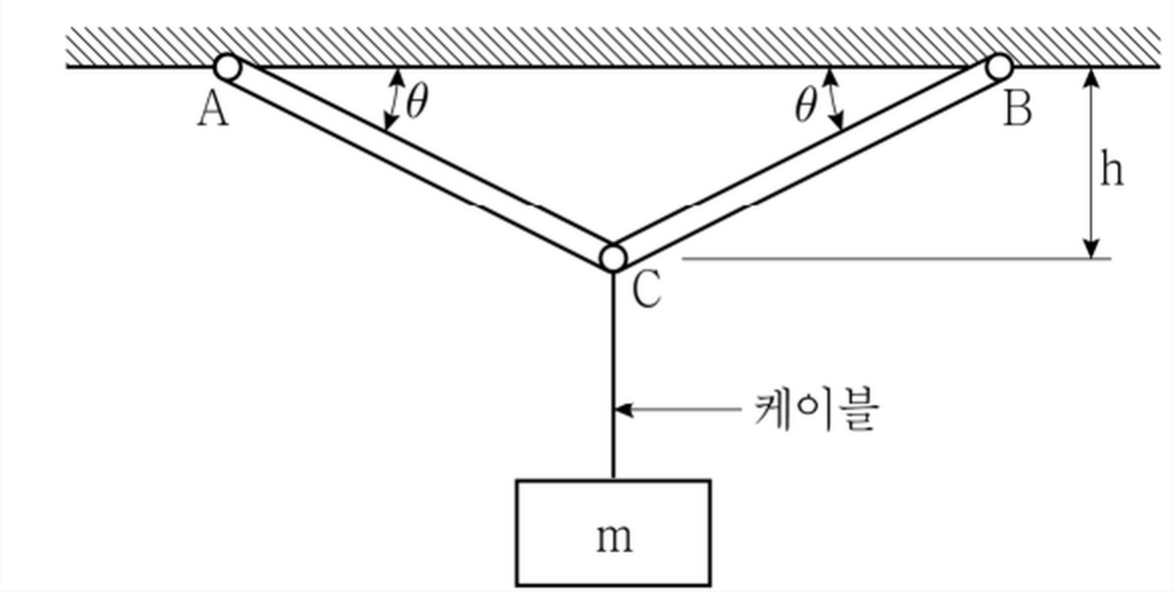
NoteBase

암기 포인트

포물선 케이블은 $H = \frac{wL^2}{8f}$, 지점 수직반력은 $\frac{wL}{2}$이고, 절점에서는 수평평형을 먼저 맞춘 뒤 수직성분을 더해 기둥축력을 구한다.

NoteBase

문 18. 두 개의 트러스 부재에 질량 m인 물체를 매달았을 때, C점의 수직 변위는? (단, 트러스 부재와 케이블의 자중은 무시하며, g는 중력가속도, 트러스의 축강성 EA는 일정하다)



① $\frac{mgh}{6EA\sin^2\theta}$
② $\frac{mgh}{4EA\sin^2\theta}$
③ $\frac{mgh}{2EA\sin^3\theta}$
④ $\frac{mgh}{EA\sin^3\theta}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 대칭 2부재 트러스에서 절점 평형으로 축력을 구한 뒤, 축신장과 기하관계로 C점의 수직변위를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 하중은 $P = mg$이다.
두 부재는 대칭이므로 각 부재의 축력은 동일하게 N이다.
부재의 각도는 수평과 θ를 이루고, 수직 높이는 h이므로 부재 길이는 $L = h/\sin\theta$이다.
구해야 할 값은 C점의 수직변위 δ_C이다.

NoteBase

사용할 공식

절점 C의 연직평형은 $2N\sin\theta = mg$이다.
부재의 축신장량은 $\Delta L = NL/EA$이다.
C점이 수직으로 δ_C만큼 내려가면 각 부재의 축방향 신장은 $\Delta L = \delta_C \sin\theta$이므로 $\delta_C = \Delta L/\sin\theta$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 외력이 절점 C에만 작용하고, 변형은 두 부재의 축변형으로만 발생하기 때문이다.

계산 과정

1. 절점 C의 평형에서 $2N\sin\theta = mg$이므로 $N = mg/(2\sin\theta)$이다.
2. 부재 길이는 $L = h/\sin\theta$이므로 각 부재의 신장량은
$\Delta L = \frac{NL}{EA} = \frac{mg}{2\sin\theta} \cdot \frac{h}{EA\sin\theta} = \frac{mgh}{2EA\sin^2\theta}$
이다.
3. 수직변위는 $\delta_C = \Delta L/\sin\theta$이므로
$\delta_C = \frac{mgh}{2EA\sin^2\theta} \cdot \frac{1}{\sin\theta} = \frac{mgh}{2EA\sin^3\theta}$
이다.

선지별 해설

① X
계산 결과는 $\delta_C = mgh/(2EA\sin^3\theta)$이므로 $mgh/(6EA\sin^2\theta)$는 일치하지 않는다. 분모의 계수 6과 $\sin\theta$ 차수 2는 절점 평형식 $2N\sin\theta = mg$ 및 기하관계 $\delta_C = \Delta L/\sin\theta$와 맞지 않는다. 틀린 식 → 올바르게는 $mgh/(2EA\sin^3\theta)$이다.

② X
$mgh/(4EA\sin^2\theta)$는 계산된 수직변위와 다르다. 수직변위를 구하려면 축신장량을 다시 $\sin\theta$로 나누는 기하관계가 필요하므로 분모의 $\sin\theta$가 하나 더 있어야 한다. 틀린 식 → 올바르게는 $mgh/(2EA\sin^3\theta)$이다.

③ O
절점 평형으로 $N = mg/(2\sin\theta)$, 부재 길이로 $L = h/\sin\theta$, 변위 적합으로 $\delta_C = \Delta L/\sin\theta$를 적용하면 $\delta_C = mgh/(2EA\sin^3\theta)$가 된다. 계산 결과와 정확히 일치한다.

④ X
$mgh/(EA\sin^3\theta)$는 정답의 2배이다. 이는 하중 mg를 두 부재가 대칭으로 분담한다는 점을 빠뜨리고 $N = mg/\sin\theta$처럼 계산한 경우의 오답이다. 틀린 식 → 올바르게는 $mgh/(2EA\sin^3\theta)$이다.

오답 포인트

이 문제의 핵심 함정은 부재 신장량 ΔL과 C점의 수직변위 δ_C를 같은 값으로 보는 실수이다. 또한 절점 C에서 하중 mg를 두 부재가 대칭으로 나눠 가진다는 점을 놓치면 ④처럼 2배 큰 값이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

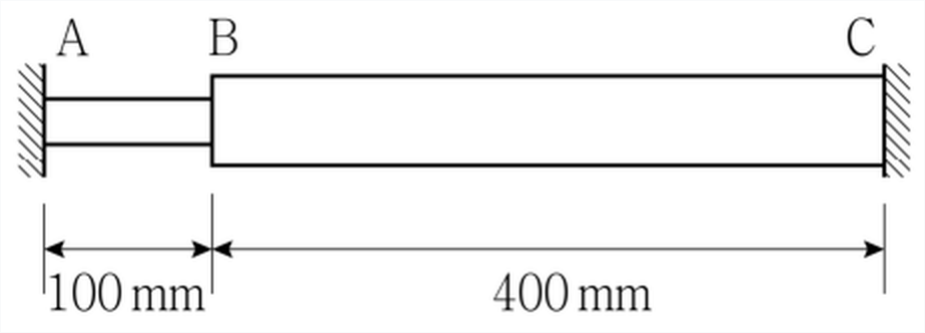
대칭 트러스 변형 문제는 먼저 절점 평형으로 축력부터 구하고, 다음에 $\Delta L = NL/EA$로 부재 신장량을 구한 뒤, 마지막에 변위와 신장량의 기하관계까지 연결해서 판단한다.

암기 포인트

대칭 2부재 절점하중은 $2N\sin\theta = P$, 수직변위는 축신장량에 $1/\sin\theta$가 한 번 더 붙는다.

NoteBase

문 19. 단면 크기와 길이가 다르지만, 동일한 재료로 구성된 부재가 양단 고정되어 있다. 이 부재의 온도가 동일하게 $20^\circ C$ 상승할 경우, AB 단면에 발생하는 압축응력의 크기 [MPa]는? (단, 부재의 자중은 무시하며, 열팽창계수 $\alpha = 10^{-5}/^\circ C$, 탄성계수 $E = 200GPa$, AB 부재의 단면적은 $100mm^2$, BC 부재의 단면적은 $400mm^2$이다)



① 50

② 100

③ 200

④ 400

정답 2번

출제 포인트

양단 고정된 이단 축부재에서 자유 열팽창량과 축력에 의한 탄성수축량을 같게 두고, 공통 축력으로 AB 단면의 압축응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $L_{AB} = 100mm$, $L_{BC} = 400mm$, $A_{AB} = 100mm^2$, $A_{BC} = 400mm^2$, $\alpha = 10^{-5}/^\circ C$, $E = 200GPa = 200000MPa$, $\Delta T = 20^\circ C$이다.
구해야 할 값은 AB 단면 압축응력 σ_{AB}이다.
양단 고정이므로 전체 길이 증가는 0이고, 직렬 부재이므로 두 구간에 작용하는 축력 P는 같다.

사용할 공식

$\alpha \Delta T(L_{AB} + L_{BC}) = \frac{PL_{AB}}{A_{AB}E} + \frac{PL_{BC}}{A_{BC}E}$
$\sigma_{AB} = \frac{P}{A_{AB}}$
이 공식을 쓰는 이유는 양단이 고정되어 자유 열팽창은 막히고, 그만큼 두 구간의 탄성수축량 합이 생겨야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전체 자유 열팽창량은 $\delta_T = \alpha \Delta T (L_{AB} + L_{BC}) = 10^{-5} \times 20 \times (100 + 400) = 0.1mm$ 이다.
2. 두 구간의 탄성수축량 합은 $\delta_P = \frac{P}{E}\left(\frac{L_{AB}}{A_{AB}} + \frac{L_{BC}}{A_{BC}}\right) = \frac{P}{200000}\left(\frac{100}{100} + \frac{400}{400}\right) = \frac{2P}{200000}$ 이다.
3. 양단 고정 조건에서 $\delta_T = \delta_P$ 이므로 $0.1 = \frac{2P}{200000}$ 이고, 따라서 $P = 10000N$이다.
4. 따라서 AB 단면 압축응력은 $\sigma_{AB} = \frac{P}{A_{AB}} = \frac{10000}{100} = 100MPa$ 이다.

선지별 해설

① X

$50MPa$가 되려면 공통 축력이 $5000N$이어야 하지만, 변형 적합식에서 구한 축력은 $10000N$이다.

옳게는 AB 단면 압축응력은 $100MPa$이다.

② O

공통 축력은 $10000N$이고, $\sigma_{AB} = P/A_{AB} = 10000/100 = 100MPa$이므로 옳다.

같은 축력이 작용해도 AB는 단면적이 더 작아서 BC보다 응력이 크게 나타난다.

③ X

$200MPa$가 되려면 공통 축력이 $20000N$이어야 한다.

이 값은 BC 구간의 탄성수축을 무시하고 AB만 수축한다고 잘못 보면 나올 수 있다.

옳게는 두 구간이 함께 수축하므로 AB 단면 압축응력은 $100MPa$이다.

④ X

$400MPa$가 되려면 공통 축력이 $40000N$이어야 하지만, 이는 전체 자유 열팽창량 $0.1mm$과 양 구간의 공동 수축 조건에 맞지 않는다.

옳게는 공통 축력 $10000N$을 AB 단면적 $100mm^2$로 나누어 $100MPa$가 된다.

오답 포인트

양단 고정 열응력 문제에서 $\sigma = E\alpha\Delta T$를 그대로 적용하면 안 되는 경우가 있다. 이 문항은 직렬 이단 부재이므로 전체 자유 열팽창량과 두 구간의 탄성수축량 합을 같게 두어야 하며, 축력은 같고 응력은 단면적에 따라 달라진다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

양단 고정된 직렬 부재가 가열되면 먼저 $\alpha\Delta T\sum L$로 전체 자유 열팽창량을 구하고, 다음에 $\sum \frac{PL}{AE}$와 같게 두어 공통 축력 P를 구한 뒤, 필요한 단면의 응력은 $\sigma = P/A$로 계산하면 된다.

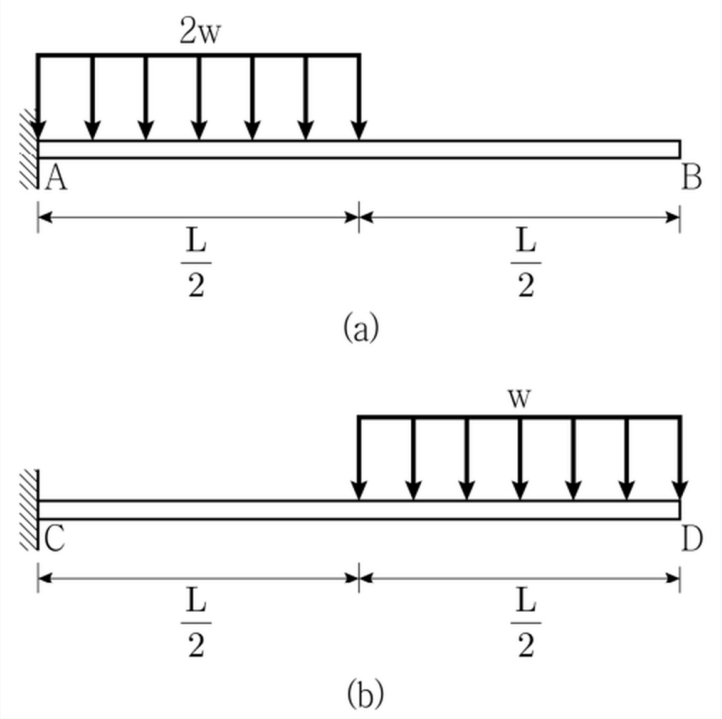
NoteBase

암기 포인트

직렬 고정보의 열응력은 $\alpha \Delta T \sum L = \sum \frac{PL}{AE}$로 구하며, 같은 축력이라도 단면적이 작은 구간의 응력이 더 크게 나타난다.

NoteBase

문 20. 두 개의 캔틸레버 보에서 발생하는 각각의 최대 처짐각의 비 ($\frac{\theta_{(a)}}{\theta_{(b)}}$)는? (단, 보의 자중은 무시하며, A와 C는 고정지점, B와 D는 자유단, 휨강성 EI는 일정하다)



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

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 캔틸레버 보의 자유단 처짐각이 $\theta = \frac{1}{EI}\int_0^L M(x)dx$로 주어짐을 이용하여 두 보의 모멘트면적비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 두 보의 전체 길이는 모두 L이고, 휨강성 EI는 일정하다.
구해야 할 값: $\theta_{(a)}/\theta_{(b)}$이다.
주의할 조건: 최대 처짐각은 두 캔틸레버 모두 자유단에서 발생하므로 자유단 기울기만 비교하면 된다.

NoteBase

사용할 공식

캔틸레버 보에서 고정단 기울기는 0이므로 자유단 처짐각은 모멘트도형의 면적과 같다.

$\theta = \frac{1}{EI}\int_0^L M(x)dx$

이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 두 보의 처짐량이 아니라 최대 처짐각의 비를 묻고 있고, EI가 같으므로 각 보의 M/EI 면적만 계산하면 바로 비를 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

(a)보는 고정단 쪽 $L/2$ 구간에만 등분포하중 $2w$가 작용한다.

$\theta_{(a)} = \frac{1}{EI}\int_0^{L/2} 2w \cdot \frac{(L/2-x)^2}{2}dx = \frac{w}{EI}\int_0^{L/2}(L/2-x)^2dx = \frac{wL^3}{24EI}$

(b)보는 자유단 쪽 $L/2$ 구간에만 등분포하중 w가 작용한다.

$0 \le x \le L/2$에서는 하중 합력이 $wL/2$, 그 작용점은 단면에서 $3L/4 - x$ 떨어져 있으므로

$M(x) = \frac{wL}{2}\left(\frac{3L}{4} - x\right)$

$L/2 \le x \le L$에서는

$M(x) = w \cdot \frac{(L-x)^2}{2}$

따라서

$\theta_{(b)} = \frac{1}{EI}\left[\int_0^{L/2}\frac{wL}{2}\left(\frac{3L}{4}-x\right)dx + \int_{L/2}^{L} w \cdot \frac{(L-x)^2}{2}dx\right] = \frac{1}{EI}\left(\frac{wL^3}{8} + \frac{wL^3}{48}\right) = \frac{7wL^3}{48EI}$

그러므로

$\frac{\theta_{(a)}}{\theta_{(b)}} = \frac{wL^3/(24EI)}{7wL^3/(48EI)} = \frac{2}{7}$

선지별 해설

① O: 계산 결과 $\theta_{(a)}/\theta_{(b)} = 2/7$이므로 옳다.

② X: $4/7$은 정답비 $2/7$를 두 배로 본 값이다. 하중 크기만 보고 처짐각도 단순 비례한다고 보면 나오는 오답이며, 올바르게는 $2/7$이다.

③ X: $7/2$는 분자와 분모를 뒤집은 값이다. 문제는 $\theta_{(a)}/\theta_{(b)}$를 묻고 있으므로 올바르게는 $2/7$이다.

④ X: $7/4$는 (b)보의 고정단 쪽 모멘트면적을 빠뜨리거나 자유단 쪽 하중 구간만 적분할 때 나오는 오답이다. (b)보는 고정단부터 자유단까지 모멘트가 이어지므로 올바르게는 $2/7$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 하중의 크기만 보고 처짐각 비를 바로 정하려는 데 있다. (a)는 하중이 더 크지만 고정단 근처의 짧은 구간에만 작용하고, (b)는 하중이 더 작아도 자유단 쪽 하중 때문에 전체 모멘트면적이 더 크게 형성된다. 또 $\theta_{(a)}/\theta_{(b)}$와 $\theta_{(b)}/\theta_{(a)}$를 뒤집는 실수도 자주 발생한다.

다시 나오면 이렇게 판단

캔틸레버의 처짐각 비교 문제는 먼저 최대 처짐각 위치가 자유단인지 확인하고, 그다음 각 하중배치에 대한 모멘트도형 면적을 구해 비교하면 된다. 부분 등분포하중은 하중이 걸린 구간 안쪽과 바깥쪽의 모멘트식을 나누어 적분하면 안정적으로 풀린다.

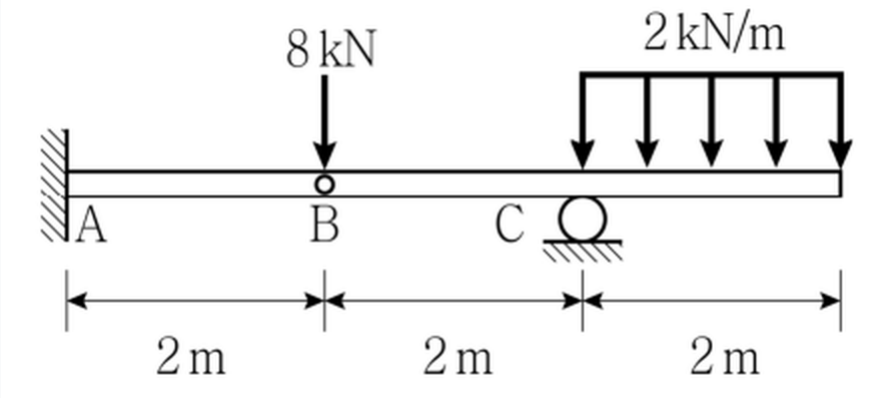
NoteBase

암기 포인트

캔틸레버 자유단 처짐각은 M/EI 면적이며, 부분 등분포하중은 하중 위치에 따라 모멘트면적이 크게 달라진다.

NoteBase

문 21. 게르버보에 발생하는 최대전단력과 최대모멘트의 크기는? (단, 자중은 무시하며, A는 고정지점, B는 내부힌지, C는 롤러지점이다)



① 최대전단력: 4kN, 최대모멘트: 6kN · m

② 최대전단력: 4kN, 최대모멘트: 12kN · m

③ 최대전단력: 6kN, 최대모멘트: 12kN · m

④ 최대전단력: 6kN, 최대모멘트: 24kN · m

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 내부힌지가 있는 게르버보를 B점에서 분리하여 반력을 구하고, 전단력도와 모멘트도에서 전체 보의 최대값을 찾는 문제이다.

조건 정리

- A는 고정지점이다.
- B는 내부힌지이므로 모멘트가 0이다.
- C는 롤러지점이다.
- B점에 아래로 $8kN$ 집중하중이 작용한다.
- C 오른쪽 $2m$ 구간에 $2kN/m$ 등분포하중이 작용하므로 합력은 $4kN$이고 작용점은 C에서 오른쪽 $1m$ 지점이다.
- 구해야 할 값은 전체 보의 최대전단력과 최대모멘트이다.

NoteBase

사용할 공식

평형조건 $\sum V = 0, \sum M = 0$와 전단력-모멘트 관계를 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유:
내부힌지에서는 모멘트가 전달되지 않으므로 B점에서 보를 분리하면 각 부분이 정정보가 된다. 따라서 각 부분의 반력을 평형조건으로 구한 뒤, 전단력도와 모멘트도에서 최대값을 판단할 수 있다.

계산 과정

1. 우측부 $B-C-D$를 분리하여 C 반력을 R_C, 힌지반력을 R_B라 둔다.
2. B점 모멘트 평형을 적용하면
$2R_C - 4 \times 3 = 0$
이므로 $R_C = 6kN$이다.
3. 수직방향 평형을 적용하면
$R_B + R_C - 8 - 4 = 0$
이므로 $R_B = 6kN$이다.
4. 따라서 좌측부 $A-B$에는 B점에서 아래로 $6kN$가 작용하는 길이 $2m$의 캔틸레버가 된다. 이 구간의 전단력 크기는 전 구간에서 $6kN$이고, A점 고정모멘트의 크기는
$M_A = 6 \times 2 = 12kN \cdot m$
이다.
5. 우측부 전단력은 $B \sim C$에서 $-2kN$, C 직후에서 $+4kN$, 자유단에서 0이 된다. 우측부 모멘트는 B와 자유단에서 0, C에서 $-4kN \cdot m$이다.
6. 전체 보를 비교하면 최대전단력은 $6kN$, 최대모멘트는 $12kN \cdot m$이다.

선지별 해설

① X: 최대전단력은 $4kN$가 아니라 $6kN$이다. 최대모멘트도 $6kN \cdot m$가 아니라 $12kN \cdot m$이다. 올바른 조합은 4, 6이 아니라 6, 12이다.
② X: 최대모멘트 $12kN \cdot m$는 맞지만 최대전단력을 $4kN$로 본 것이 틀리다. 이는 우측 오버행의 전단력만 보고 좌측 캔틸레버 $A-B$의 전단력 $6kN$를 놓친 경우이다. 올바른 조합은 4, 12가 아니라 6, 12이다.
③ O: 좌측부 $A-B$의 전단력 크기가 $6kN$, A점 고정모멘트의 크기가 $12kN \cdot m$이므로 옳다.
④ X: 최대전단력 $6kN$는 맞지만 최대모멘트를 $24kN \cdot m$로 본 것이 틀리다. 이는 $8kN$ 집중하중을 그대로 좌측 고정단에 작용시키거나 내부힌지의 모멘트 0 조건을 무시한 값이다. 올바르게는 최대모멘트가 $12kN \cdot m$이다.

오답 포인트

내부힌지가 있으면 힌지점 모멘트가 0이라는 조건으로 먼저 절단해야 한다. 이 문제의 함정은 B점 $8kN$ 하중만 보고 좌측 고정단 모멘트를 크게 잡거나, 반대로 우측 오버행만 보고 최대전단력을 $4kN$로 판단하는 데 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

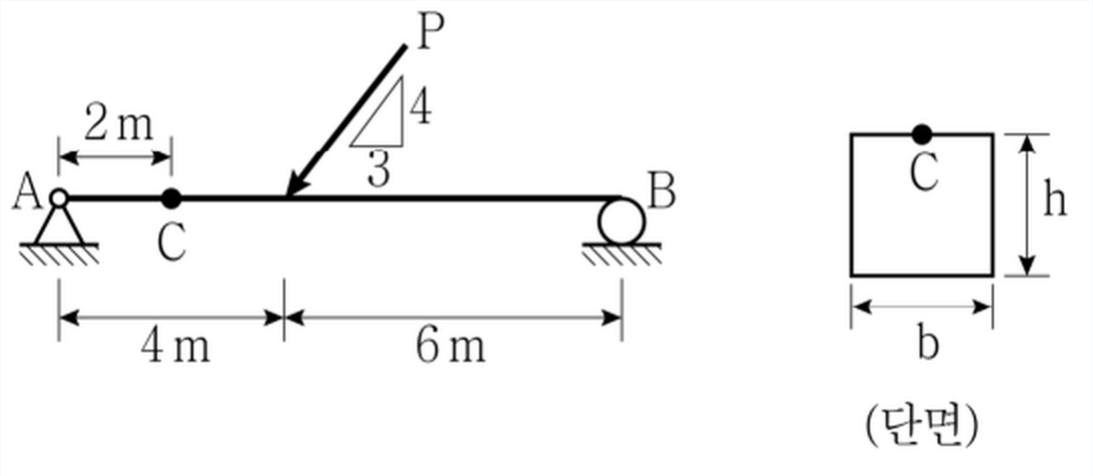
게르버보는 내부힌지에서 먼저 분리하고, 한쪽 부분의 반력을 평형조건으로 구한 뒤 다른 쪽에 전달되는 힌지력을 적용한다. 그 다음 각 구간의 전단력도와 모멘트도의 극값을 따로 구해 전체에서 가장 큰 값을 비교하면 된다.

암기 포인트

내부힌지는 모멘트 0, 게르버보의 최대전단력과 최대모멘트는 절단 후 각 구간도를 구해서 전체에서 비교한다.

NoteBase

문 22. 단순보에 있는 C점에서의 축력에 의한 응력($C_1\frac{P}{bh}$), 전단력에 의한 응력($C_2\frac{P}{bh}$), 휨에 의한 응력($C_3\frac{P}{bh^2}$)이 발생한다. $C_1 \sim C_3$ 크기의 합은? (단, 보의 자중은 무시하며, C점은 직사각형 단면의 상단 가운데 위치한다)



① $\frac{68}{25}$
② $\frac{104}{25}$
③ $\frac{159}{25}$
④ $\frac{219}{25}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 경사하중을 수평·수직 성분으로 분해한 뒤 C단면의 축력, 전단력, 휨모멘트로부터 C_1, C_2, C_3를 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 경사하중 P의 성분은 수평 $3P/5$, 수직 $4P/5$이다.
- 하중은 A로부터 $4m$, B로부터 $6m$ 위치에 작용한다.
- C단면은 A로부터 $2m$ 위치이다.
- C점은 직사각형 단면의 상단 가운데이다.

구해야 할 값:
- $C_1 + C_2 + C_3$

주의할 조건:
- 직사각형 단면의 전단응력은 상단과 하단에서 0이다.
- 문제는 응력의 크기를 묻기 때문에 부호보다 절댓값이 중요하다.

NoteBase

사용할 공식

축응력은 $\sigma_N = N/A$이다.
전단응력은 직사각형 단면에서 $\tau = \frac{3}{2}\frac{V}{A}\left(1 - \frac{4y^2}{h^2}\right)$이다.
휨응력은 $\sigma_b = Mc/I = M/Z$이다.
직사각형 단면의 $A = bh, I = bh^3/12, Z = bh^2/6$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
- C단면에서 필요한 내력은 축력 N, 전단력 V, 휨모멘트 M의 세 가지이다.
- C점이 상단 섬유에 있으므로 전단응력은 0이고, 휨응력은 단면계수 $Z = bh^2/6$으로 바로 계산할 수 있다.

계산 과정

1. 경사하중을 분해하면 수평성분은 $3P/5$, 수직성분은 $4P/5$이다.
2. 평형조건으로 반력을 구하면
$A_x = \frac{3P}{5}, \quad A_y + B_y = \frac{4P}{5}, \quad 10B_y - 4 \cdot \frac{4P}{5} = 0$
이므로
$B_y = \frac{8P}{25}, \quad A_y = \frac{12P}{25}$
이다.
3. C단면은 하중보다 왼쪽에 있으므로
$N_C = \frac{3P}{5}, \quad V_C = \frac{12P}{25}, \quad M_C = A_y \cdot 2 = \frac{24P}{25}$
이다.
4. 축응력은
$\sigma_N = \frac{N_C}{bh} = \frac{3P}{5bh}$
이므로 $C_1 = 3/5$이다.
5. C점은 직사각형 단면의 상단이므로 $y = h/2$이고, 전단응력은
$\tau_C = \frac{3}{2}\frac{V_C}{bh}\left(1 - \frac{4(h/2)^2}{h^2}\right) = 0$
이므로 $C_2 = 0$이다.
6. 휨응력은
$\sigma_b = \frac{M_C}{Z} = \frac{24P/25}{bh^2/6} = \frac{144P}{25bh^2}$
이므로 $C_3 = 144/25$이다.
7. 따라서
$C_1 + C_2 + C_3 = \frac{3}{5} + 0 + \frac{144}{25} = \frac{159}{25}$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 수치가 68/25이다. C점 상단에서는 전단응력이 0이어야 하고, 휨응력 계수도 144/25가 되어야 하므로 합은 이 값보다 커진다. 올바르게는 159/25이다.

② X
틀린 수치가 104/25이다. 반력으로부터 $M_C = 24P/25$를 구한 뒤 직사각형 단면계수 $Z = bh^2/6$을 써야 하므로 휨응력 계수는 144/25가 된다. 올바르게는 159/25이다.

③ O
$C_1 = 3/5$, $C_2 = 0$, $C_3 = 144/25$이므로 합은 159/25이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

④ X
틀린 수치가 219/25이다. C점 상단의 전단응력을 0으로 보지 않거나 내력을 과대평가하면 이런 과대값이 나온다. 올바르게는 159/25이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 두 가지이다. 첫째, 경사하중 P를 바로 쓰고 3 : 4 : 5 성분분해를 하지 않는 실수이다. 둘째, C점이 직사각형 단면의 상단이라는 조건을 놓쳐 전단응력을 0으로 처리하지 못하는 실수이다. 이 문제는 전단력 V가 0이 아니라도 상단 점의 전단응력은 0이라는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

경사하중이 있으면 먼저 성분분해를 하고, 그다음 반력을 구한 뒤 관심단면의 N, V, M을 정리한다. 마지막으로 점의 위치가 중립축인지 상단 섬유인지 확인하여 축응력, 전단응력, 휨응력 공식을 각각 적용하면 된다.

암기 포인트

직사각형 단면은 전단응력이 상하단에서 0, 중립축에서 최대이다. 휨응력은 $\sigma = M/Z$, 직사각형의 단면계수는 $Z = bh^2/6$이다.

NoteBase

문 23. 구형 저장 용기에 내부 압력 $p = 10\text{MPa}$이 작용할 때, 압력을 받는 용기 내부에서 발생하는 최대 전단응력의 크기[MPa]는? (단, 저장 용기의 자중은 무시하며, 구형 저장 용기의 반경은 200mm이고 두께는 10mm이다)

① 50

② 55

③ 60

④ 65

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 얇은 구형 압력용기의 막응력과 반지름방향 응력을 함께 고려하여 내면의 최대 전단응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 내부 압력 $p = 10MPa$, 반경 $r = 200mm$, 두께 $t = 10mm$이다.
구해야 할 값: 용기 내면에서의 최대 전단응력이다.
주의할 조건: 구형 용기의 접선방향 막응력은 두 방향에서 같고, 내면에는 반지름방향 압축응력 $-p$가 작용한다.

사용할 공식

구형 얇은 압력용기의 접선응력은 $\sigma_t = \frac{pr}{2t}$이다.
최대 전단응력은 세 주응력의 차에서 $\tau_{max} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 이 문제의 용기는 얇은 구형 압력용기이므로 두 접선응력이 같고, 내면에서는 반지름방향 응력까지 포함한 세 주응력으로 최대 전단응력을 판단해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 접선응력은 $\sigma_t = \frac{pr}{2t} = \frac{10 \times 200}{2 \times 10} = 100MPa$이다.
2. 내면의 주응력은 $\sigma_1 = 100MPa$, $\sigma_2 = 100MPa$, $\sigma_3 = -10MPa$이다.
3. 따라서 최대 전단응력은 $\tau_{max} = \frac{100 - (-10)}{2} = 55MPa$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $50MPa$는 반지름방향 응력을 0으로 보고 $\frac{100-0}{2}$처럼 계산한 값이다. 올바르게는 내면에서 $\sigma_3 = -10MPa$를 포함해야 하므로 최대 전단응력은 $55MPa$이다.
② O: 내면의 최대 전단응력은 $\frac{100-(-10)}{2} = 55MPa$이므로 맞는 선택지이다.
③ X: $60MPa$가 되려면 $\frac{\sigma_{max}-\sigma_{min}}{2} = 60MPa$가 되어야 하므로 접선응력이 $110MPa$ 이상이어야 한다. 올바르게는 주어진 수치로 계산한 접선응력이 $100MPa$이어서 최대 전단응력은 $55MPa$이다.
④ X: $65MPa$가 되려면 접선응력이 $120MPa$ 이상이어야 한다. 올바르게는 구형 용기의 접선응력이 $\frac{pr}{2t} = 100MPa$이므로 최대 전단응력은 $55MPa$이다.

오답 포인트

구형 압력용기 문제에서 막응력 $\sigma_t = \frac{pr}{2t}$만 구하고 바로 $\frac{\sigma_t}{2}$로 끝내면 ①에 걸리기 쉽다. 최대 전단응력은 내면의 반지름방향 압축응력 $-p$까지 포함한 세 주응력으로 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

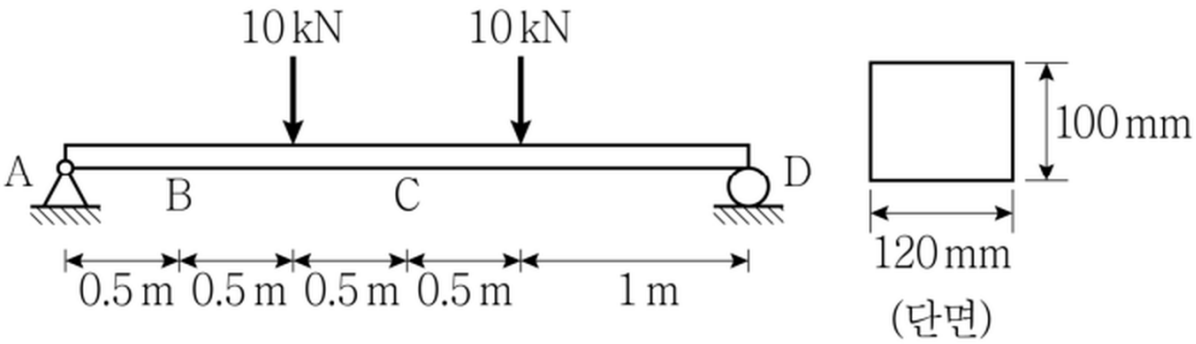
얇은 압력용기 문제는 먼저 형상을 구분한 뒤 구형이면 $\sigma_t = \frac{pr}{2t}$를 계산하고, 최대 전단응력은 내면에서 σ_{max}와 σ_{min}을 잡아 $\frac{\sigma_{max}-\sigma_{min}}{2}$로 정리한다.

암기 포인트

구형 용기에서는 막응력이 $\frac{pr}{2t}$이고, 내면 최대 전단응력은 $\frac{\sigma_t + p}{2}$로 정리된다.

NoteBase

문 24. 직사각형 단면을 가진 단순보에서 B점과 C점의 곡률반경의 비($\frac{R_B}{R_C}$)는? (단, 보의 자중은 무시하며, 탄성계수는 200GPa이다)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 단순보의 휨모멘트와 곡률반경의 관계 $R = EI/M$를 이용해 B점과 C점의 곡률반경 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 지점 A, D의 단순지지보에 $10kN$ 집중하중 2개가 작용한다.
점 위치: $A = 0, B = 0.5m$, 첫 하중 $= 1.0m, C = 1.5m$, 둘째 하중 $= 2.0m, D = 3.0m$이다.
구해야 할 값: R_B/R_C이다.
주의할 조건: 단면과 탄성계수는 전 구간에서 같으므로 EI는 일정하다.

사용할 공식

사용할 공식은 $\frac{1}{R} = \frac{M}{EI}$, 즉 $R = \frac{EI}{M}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 보의 곡률반경은 해당 단면의 휨모멘트에 반비례하고, 이 문제는 같은 보의 두 점에서 곡률반경의 비를 묻기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 하중이 좌우 대칭이므로 지점반력은 $R_A = R_D = 10kN$이다.
2. B점의 휨모멘트는 $M_B = R_A \times 0.5 = 10 \times 0.5 = 5kN \cdot m$이다.
3. C점의 휨모멘트는 $M_C = R_A \times 1.5 - 10 \times (1.5 - 1.0) = 15 - 5 = 10kN \cdot m$이다.
4. 따라서 $\frac{R_B}{R_C} = \frac{EI/M_B}{EI/M_C} = \frac{M_C}{M_B} = \frac{10}{5} = 2$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 $R_B/R_C = 2$이므로 옳다. B점보다 C점의 휨모멘트가 2배 크므로 곡률반경은 C점이 절반이 된다.
② X: 4는 계산값과 다르다. 틀린 표현은 $R_B/R_C = 4$라는 부분이며, 올바르게는 $R_B/R_C = 2$이다. 휨모멘트비를 과대평가하거나 거리 해석을 잘못한 오답이다.
③ X: 6은 계산값과 다르다. 틀린 표현은 $R_B/R_C = 6$이라는 부분이며, 올바르게는 $R_B/R_C = 2$이다. C점 모멘트를 과대평가하거나 B점 모멘트를 과소평가한 오답이다.
④ X: 8은 계산값과 다르다. 틀린 표현은 $R_B/R_C = 8$이라는 부분이며, 올바르게는 $R_B/R_C = 2$이다. 곡률반경이 휨모멘트에 반비례한다는 관계를 놓치고 수치를 과도하게 키운 오답이다.

오답 포인트

곡률반경비를 구할 때 휨모멘트비와 같은 방향으로 놓는 실수가 잦다. 이 문제는 $R = EI/M$이므로 곡률반경은 휨모멘트에 반비례하고, 같은 보에서는 결국 $R_B/R_C = M_C/M_B$로 바뀐다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

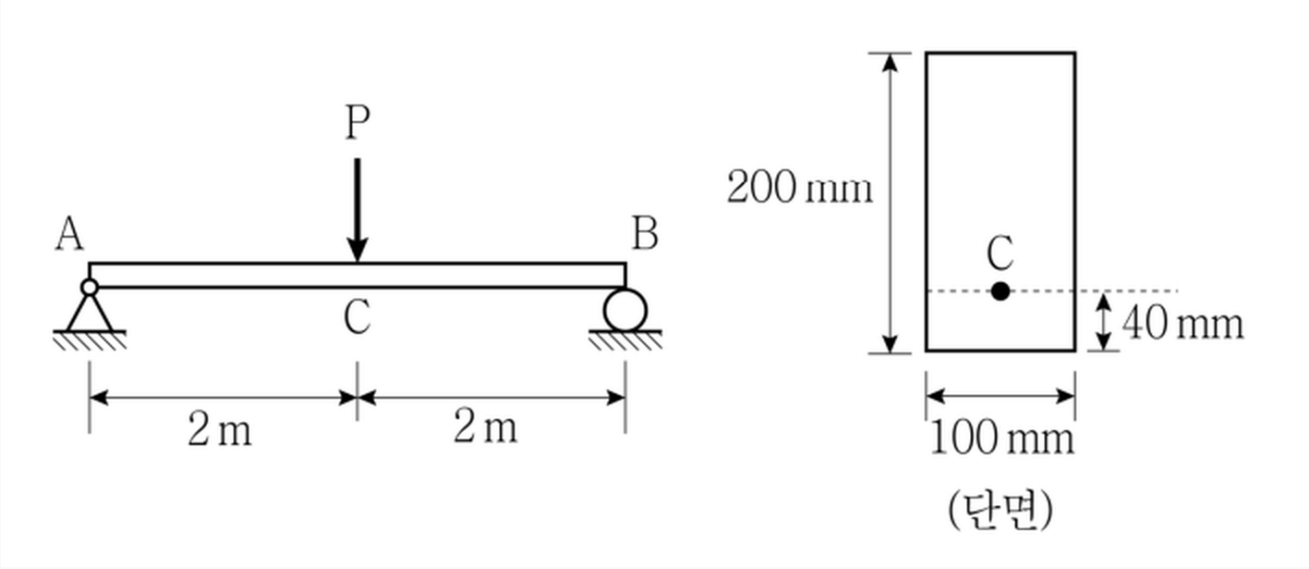
곡률반경 문제는 먼저 $R = EI/M$ 관계를 확인하고, 같은 재료와 같은 단면이면 EI를 약분한 뒤 두 점의 휨모멘트만 비교하면 된다. 이후 모멘트가 큰 점의 곡률반경이 더 작다는 방향까지 함께 점검하면 된다.

암기 포인트

같은 보에서는 곡률반경비가 휨모멘트비의 역수로 정리된다. 즉 $R_1/R_2 = M_2/M_1$이다.

NoteBase

문 25. 단순보에 하중 P가 작용할 때, 보의 최대 처짐은 4mm이다. C점에서 발생하는 휨응력의 크기[MPa]는? (단, 보의 자중은 무시하며, 탄성계수는 10GPa이다)



① 1.0

② 1.4

③ 1.8

④ 2.2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 단순보 중앙집중하중의 최대 처짐식으로 하중 P를 먼저 구한 뒤, 휨응력식 $\sigma = My/I$로 C점 응력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 경간 $L = 4m = 4000mm$, 최대 처짐 $\delta_{max} = 4mm$, 탄성계수 $E = 10GPa = 10000MPa$, 단면 폭 $b = 100mm$, 단면 높이 $h = 200mm$이다.
구해야 할 값: C점의 휨응력 크기이다.
주의할 조건: C점은 단면 하단에서 $40mm$ 위에 있으므로 중립축에서의 거리는 $y = 100 - 40 = 60mm$이다.

사용할 공식

단순보 중앙집중하중의 최대 처짐은 $\delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI}$이고, 휨응력은 $\sigma = \frac{My}{I}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 하중 P가 경간 중앙에 작용하는 단순보이므로 최대 처짐식을 그대로 적용할 수 있고, 하중을 구한 뒤 같은 단면의 응력은 휨응력식으로 연결할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12} = \frac{100 \times 200^3}{12} = 6.667 \times 10^7 mm^4$이다.
2. 최대 처짐식에서 하중은 $P = \frac{48EI\delta_{max}}{L^3} = \frac{48 \times 10000 \times 6.667 \times 10^7 \times 4}{4000^3} = 2000N = 2kN$이다.
3. 중앙 최대휨모멘트는 $M_{max} = \frac{PL}{4} = \frac{2 \times 4}{4} = 2kN \cdot m = 2.0 \times 10^6 N \cdot mm$이다.
4. C점의 휨응력은 $\sigma_C = \frac{My}{I} = \frac{(2.0 \times 10^6)(60)}{6.667 \times 10^7} = 1.8MPa$이다.

선지별 해설

① X

- 선지의 값 $1.0MPa$는 계산 결과 $1.8MPa$와 다르다.
- 틀린 표현은 `1.0`이고, 올바르게는 `1.8`이다. 이 값은 모멘트 또는 중립축에서 C점까지의 거리 y를 과소평가했을 때의 오답 방향이다.

② X

- 선지의 값 $1.4MPa$는 계산 결과 $1.8MPa$와 다르다.
- 틀린 표현은 `1.4`이고, 올바르게는 `1.8`이다. 이 값도 P, M, y 중 하나를 작게 잡아 응력을 낮게 본 오답이다.

③ O

- 처짐으로부터 $P = 2kN$, 최대휨모멘트 $M = 2kN \cdot m$, 중립축에서 C점까지 거리 $y = 60mm$를 구하면 응력은 $1.8MPa$가 된다.

④ X

- 선지의 값 $2.2MPa$는 계산 결과 $1.8MPa$와 다르다.
- 틀린 표현은 `2.2`이고, 올바르게는 `1.8`이다. 이 값은 C점 거리나 모멘트를 실제보다 크게 보아 응력을 과대평가한 오답이다.

계산 결과 $1.8MPa$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

처짐식과 응력식을 따로 외우고 연결하지 못하면 오답이 된다. 특히 C점 위치를 하단에서 $40mm$라는 조건 그대로 $y = 40mm$로 넣는 실수가 흔한데, 응력식에는 중립축 기준 거리 $y = 60mm$를 넣어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

단순보 처짐형 문제는 `처짐식으로 하중 역산 -> 최대휨모멘트 계산 -> 중립축에서 관심점까지 거리 확인 -> $\sigma = My/I$ 적용` 순서로 판단한다.

암기 포인트

중앙집중하중 단순보는 $\delta_{max} = PL^3/(48EI)$로 하중을 구하고, 응력은 끝까지 $\sigma = My/I$로 연결하는 구조이다.

NoteBase