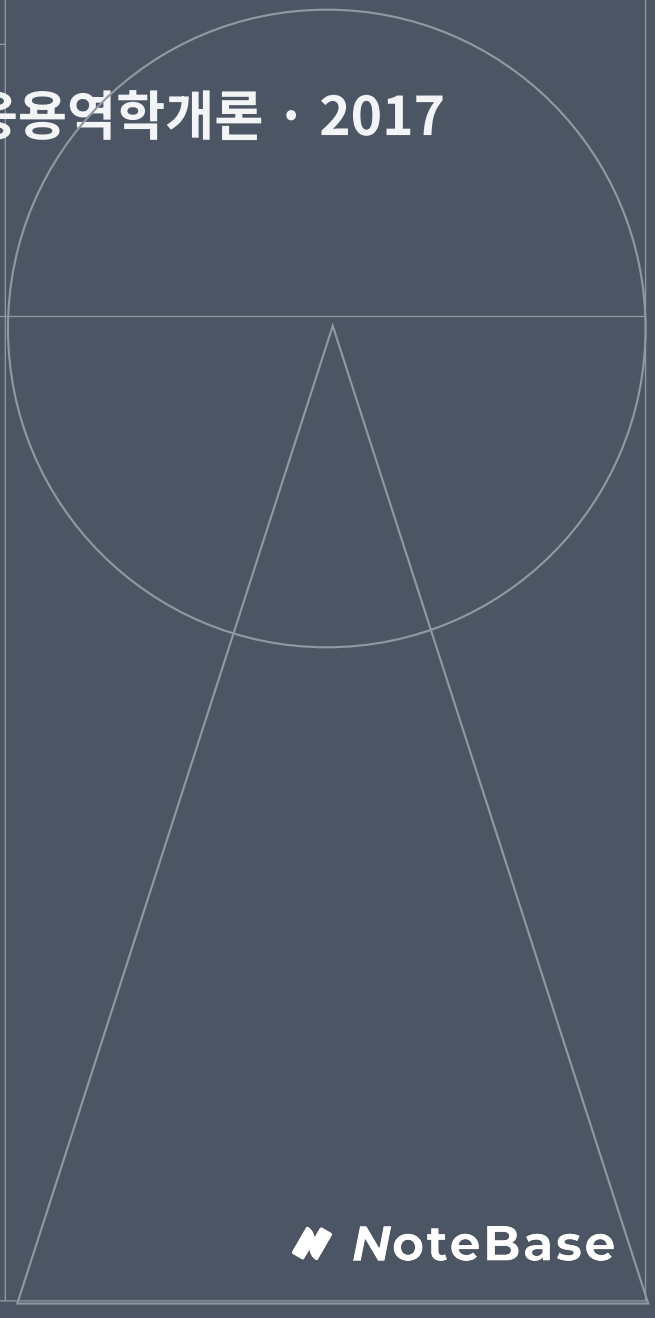
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2017



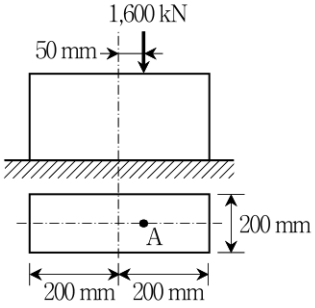
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2017

공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2017

문 1. 그림과 같이 직사각형 단면을 가지는 단주의 A점에 편심 축하중이 작용할 때, 부재 단면에 발생하는 최대 응력의 크기[MPa]는?



① 15 ② 35
③ 55 ④ 85

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 편심 축하중에 의한 직접압축응력과 휨응력을 합성하여 단면의 최대 압축응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 하중 $P = 1{,}600kN = 1.6 \times 10^6 N$, 편심거리 $e = 50mm$, 단면 폭 $b = 400mm$, 단면 높이 $h = 200mm$이다.
구해야 할 값: 편심 방향의 압축측 끝단에서 발생하는 최대 응력이다.
주의할 조건: 하중이 단면 중심에서 폭 방향으로 편심하므로 폭 $400mm$에 걸쳐 휨응력이 변하고, 끝단거리에는 $c = 200mm$를 사용한다.

NoteBase

사용할 공식

편심 축하중은 중심축하중 P와 모멘트 $M = Pe$가 함께 작용하는 것으로 본다.

$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I}$

단면적과 편심 방향 휨에 대한 단면2차모멘트는 다음과 같다.

$A = bh, \qquad I = \frac{hb^3}{12}$

이 공식을 쓰는 이유는 직접압축응력과 휨에 의한 압축응력이 같은 끝단에서 더해져 최대 응력을 만들기 때문이다.

계산 과정

1. 단면적은 $A = 400 \times 200 = 80{,}000mm^2$이다. 따라서 직접압축응력은

$\frac{P}{A} = \frac{1.6 \times 10^6}{80{,}000} = 20N/mm^2 = 20MPa$

이다.

2. 편심모멘트는 $M = Pe = (1.6 \times 10^6)(50) = 80 \times 10^6 N \cdot mm$이다.

3. 단면2차모멘트는

$I = \frac{200 \times 400^3}{12} = 1.0667 \times 10^9 mm^4$

이고, 끝단거리 $c = 200mm$이므로 휨응력은

$\frac{Mc}{I} = \frac{(80 \times 10^6)(200)}{1.0667 \times 10^9} = 15MPa$

이다.

4. 압축측 끝단에서는 두 응력이 더해지므로

$\sigma_{\max} = 20 + 15 = 35MPa$

이다.

선지 판단

① X — $15MPa$는 편심모멘트에 의한 휨응력만 계산한 값으로, 직접압축응력 $20MPa$가 빠져 있다. '최대 응력은 $15MPa$'가 아니라 '휨응력 성분은 $15MPa$, 최대 응력은 $35MPa$'가 옳다.

② O — 직접압축응력 $20MPa$와 압축측 휨응력 $15MPa$를 더하면 최대 응력은 $35MPa$이다.

③ X — 합성응력 계산 결과는 $35MPa$이므로 $55MPa$는 맞지 않는다. '최대 응력은 $55MPa$'를 '최대 응력은 $35MPa$'로 고쳐야 한다.

④ X — 합성응력 계산 결과는 $35MPa$이므로 $85MPa$는 맞지 않는다. '최대 응력은 $85MPa$'를 '최대 응력은 $35MPa$'로 고쳐야 한다.

계산 결과 $35MPa$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

①의 $15MPa$는 휨응력 성분만 구한 값이라는 점이 핵심 함정이다. 편심 축하중에서는 P/A를 빠뜨리지 않고, 최대 압축응력에서는 P/A와 Mc/I를 더한다. 또한 편심이 단면의 폭 방향이므로 $I = hb^3/12$와 $c = b/2$를 사용해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

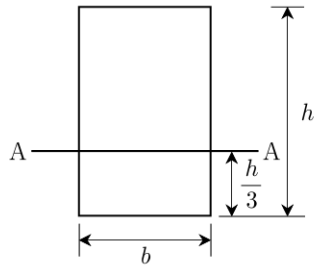
편심 축하중 문제는 편심 방향을 먼저 확인한 뒤 A, 해당 축의 I, 끝단거리 c를 정하고, $P/A \pm Mc/I$로 양 끝단 응력을 계산한다. 두 응력이 더해지는 압축측 끝단의 값이 최대 응력이다.

암기 포인트

편심 축하중의 끝단응력은 $\sigma = P/A \pm Pec/I$이며, 최대 압축응력은 더하기 부호를 사용한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 직사각형 단면에 전단력 V가 작용할 때, A−A위치에 발생하는 전단응력의 크기는?



① $\frac{V}{2bh}$ ② $\frac{4V}{3bh}$

③ $\frac{3V}{2bh}$ ④ $\frac{5V}{3bh}$

정답 2번

출제 포인트

직사각형 단면에서 특정 수평면의 전단응력을 단면 1차 모멘트 공식으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 단면의 폭은 b, 높이는 h, 전단력은 V이다.
구해야 할 값: 밑면에서 $h/3$ 떨어진 A-A 위치의 전단응력 크기이다.
주의할 조건: A-A는 중립축이 아니며, 중립축에서 아래로 $h/6$ 떨어진 위치이다.

사용할 공식

$\tau = \frac{VQ}{It}$

여기서 Q는 A-A 위쪽 부분의 중립축에 대한 단면 1차 모멘트, I는 전체 단면의 중립축에 대한 단면 2차 모멘트, t는 A-A 위치의 단면 폭이다. 직사각형 단면 내부의 한 지점에서 전단응력을 구하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. A-A 위쪽 부분의 높이는 $2h/3$이고, 그 도심은 전체 단면의 중립축에서 위로 $h/6$ 떨어져 있다.

$Q = \left(b\frac{2h}{3}\right)\left(\frac{h}{6}\right) = \frac{bh^2}{9}$

2. 직사각형 전체 단면의 단면 2차 모멘트와 A-A 위치의 폭은 다음과 같다.

$I = \frac{bh^3}{12}, \qquad t = b$

3. 전단응력 공식에 대입한다.

$\tau_{A-A} = \frac{V(bh^2/9)}{(bh^3/12)b} = \frac{4V}{3bh}$

따라서 A-A 위치에서 발생하는 전단응력의 크기는 $4V/(3bh)$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $V/(2bh)$는 계산 결과 $4V/(3bh)$와 다르다. 이 선지는 틀렸으며, 올바른 값은 $4V/(3bh)$이다.
② O — 단면 1차 모멘트 $Q = bh^2/9$를 사용하면 $\tau_{A-A} = 4V/(3bh)$가 되어 계산 결과와 일치한다.
③ X — $3V/(2bh)$는 직사각형 단면의 중립축에서 나타나는 최대 전단응력이다. A-A는 중립축에서 $h/6$ 아래에 있으므로 틀렸으며, 올바른 값은 $4V/(3bh)$이다.
④ X — $5V/(3bh)$는 계산 결과와 다르며 직사각형 단면의 최대값 $3V/(2bh)$보다도 크다. 이 선지는 틀렸으며, 올바른 값은 $4V/(3bh)$이다.

오답 포인트

A-A를 중립축으로 오인하면 최대 전단응력인 ③을 고르기 쉽다. 또한 Q를 구할 때 A-A 위쪽 면적의 도심에서 A-A까지의 거리 $h/3$을 쓰는 것이 아니라, 전체 단면의 중립축까지의 거리 $h/6$을 사용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

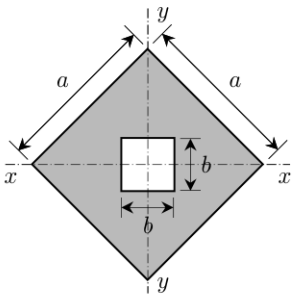
먼저 전단응력을 구할 위치를 확인한 뒤, 그 위치의 위쪽 또는 아래쪽 부분에 대해 중립축 기준의 Q를 구하고 $\tau = VQ/(It)$에 대입한다. 마지막으로 표면에서는 0, 중립축에서는 최대가 되는 전단응력 분포와 비교해 결과를 검산한다.

암기 포인트

직사각형 단면의 전단응력은 중립축에서 $3V/(2bh)$로 최대이고, 위아래 표면에서 0이 되는 포물선 분포이다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 속이 비고 한변의 길이가 a인 정사각형에서 $x-x$축에 대한 단면2차모멘트는?



① $\frac{a\,b^3-a^3\,b}{12\sqrt{2}}$

② $\frac{a^3\,b-a\,b^3}{12}$

③ $\frac{a^4-b^4}{12\sqrt{2}}$

④ $\frac{a^4-b^4}{12}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 도심을 지나는 축에 대한 정사각형의 단면2차모멘트를 구하고, 바깥 정사각형에서 정사각형 구멍의 값을 빼는 문제이다.

조건 정리

바깥 정사각형의 한 변은 a이고, 중심의 정사각형 구멍 한 변은 b이다. 두 정사각형의 도심은 x-축 위의 같은 점에 있으므로 평행축정리를 적용할 이동거리가 없다. 바깥 정사각형은 x-축에 대해 45° 회전해 있지만, 정사각형은 도심축 방향이 달라져도 단면2차모멘트가 같다.

사용할 공식

한 변이 s인 정사각형의 도심축에 대한 단면2차모멘트는

$I_c = \frac{s^4}{12}$

이다. 정사각형은 서로 직교하는 두 도심축의 단면2차모멘트가 같고 도심에서 대칭이므로, 축을 회전해도 이 값은 변하지 않는다. 구멍은 음의 면적으로 보아

$I_x = I_{x,\,\text{outer}} - I_{x,\,\text{hole}}$

를 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 바깥 정사각형의 x-축에 대한 단면2차모멘트는 $I_{x,\,\text{outer}} = a^4/12$이다.
2. 정사각형 구멍의 x-축에 대한 단면2차모멘트는 $I_{x,\,\text{hole}} = b^4/12$이다.
3. 구멍의 값을 빼면
$I_x = \frac{a^4}{12} - \frac{b^4}{12} = \frac{a^4 - b^4}{12}$
가 된다.

선지 판단

① X — $\frac{ab^3 - a^3b}{12\sqrt{2}}$는 바깥 정사각형과 구멍의 변을 서로 곱한 항으로 구성되어 각 정사각형의 단면2차모멘트가 아니다. 또한 $a > b$이면 분자가 음수가 되는 모순도 생긴다. 올바르게는 각 도형의 네제곱 항을 빼서 $\frac{a^4 - b^4}{12}$이다.
② X — $\frac{a^3b - ab^3}{12}$는 서로 다른 두 정사각형의 치수를 교차하여 곱한 식이다. 올바르게는 바깥 정사각형의 $a^4/12$에서 구멍의 $b^4/12$를 빼므로 $\frac{a^4 - b^4}{12}$이다.
③ X — $\frac{a^4 - b^4}{12\sqrt{2}}$는 분자까지는 맞지만, 정사각형이 45° 회전했다는 이유로 $\sqrt{2}$를 추가한 것이 잘못이다. 정사각형의 도심축 단면2차모멘트는 축 방향에 무관하므로 올바르게는 $\frac{a^4 - b^4}{12}$이다.
④ O — 바깥 정사각형의 $a^4/12$에서 중심 구멍의 $b^4/12$를 뺀 $\frac{a^4 - b^4}{12}$와 일치한다.

오답 포인트

그림에서 바깥 정사각형이 45° 기울어져 있으므로 대각선 길이의 $\sqrt{2}$를 공식에 넣기 쉽다. 그러나 정사각형의 도심축 단면2차모멘트는 축을 회전해도 같으며, 구멍은 각 도형의 단면2차모멘트를 따로 구한 뒤 빼야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

합성단면에서는 전체 도형의 단면2차모멘트를 더하고 구멍의 단면2차모멘트를 뺀다. 각 부분의 도심이 기준축에서 벗어나면 평행축정리를 적용하고, 정사각형처럼 두 직교 도심축의 값이 같은 도형은 축 회전에 따른 추가 계수가 없는지 먼저 확인한다.

암기 포인트

정사각형 도심축은 $I = s^4/12$, 중심 구멍은 빼기, 정사각형의 회전에는 $\sqrt{2}$ 계수를 붙이지 않는다.

NoteBase

문 4. 양단 고정인 장주의 오일러 좌굴응력의 크기[MPa]는? (단, 장주의 탄성계수 $E = 200\,\mathrm{GPa}$, 세장비 $\lambda = 200$이고, 장주의 자중은 무시한다)

① $\frac{\pi^2}{20}$ ② $\frac{\pi^2}{10}$

③ $10\pi^2$ ④ $20\pi^2$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 양단 고정 장주의 유효길이를 반영한 오일러 좌굴응력의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 탄성계수 $E = 200GPa = 200{,}000MPa$, 세장비 $\lambda = L/r = 200$이다.
구해야 할 값: 오일러 임계 좌굴응력 σ_{cr}의 크기이다.
주의할 조건: 양단 고정이므로 유효길이계수는 $K = 0.5$이고 유효길이는 $L_e = KL = L/2$이다. 장주의 자중은 무시하므로 자중에 의한 추가 축력은 고려하지 않는다.

사용할 공식

오일러 좌굴하중과 좌굴응력은 다음과 같다.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$
$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 E}{(K\lambda)^2}$$

여기서 $r = \sqrt{I/A}$, $\lambda = L/r$이다. 장주가 탄성범위에서 좌굴하고 양단 고정이라는 조건이 주어졌으므로 오일러 공식에 $K = 0.5$를 적용한다.

계산 과정

1. 양단 고정이므로 $K = 0.5$이다.
2. 유효 세장비는 $K\lambda = 0.5 \times 200 = 100$이다.
3. 좌굴응력을 계산하면 다음과 같다.

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2(200{,}000)}{100^2} = 20\pi^2 MPa$$

따라서 오일러 좌굴응력의 크기는 $20\pi^2 MPa$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $\pi^2/20MPa$는 양단 고정의 유효길이 $L/2$와 $E = 200{,}000MPa$를 반영한 계산 결과가 아니다. 올바르게는 $20\pi^2MPa$이다.
② X — $\pi^2/10MPa$는 $\sigma_{cr} = \pi^2E/(K\lambda)^2$에 주어진 값을 대입한 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 $20\pi^2MPa$이다.
③ X — $10\pi^2MPa$는 계산값 $20\pi^2MPa$의 절반이다. 양단 고정 조건에서 $K = 0.5$를 적용하면 올바른 값은 $20\pi^2MPa$이다.
④ O — 양단 고정의 유효 세장비 $K\lambda = 100$을 사용하면 $\sigma_{cr} = 20\pi^2MPa$가 되어 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

핵심 함정은 주어진 세장비 $\lambda = L/r$를 그대로 분모에 넣고 양단 고정의 유효길이계수 $K = 0.5$를 빠뜨리는 것이다. 또한 탄성계수 $200GPa$를 응력 단위에 맞게 $200{,}000MPa$로 환산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

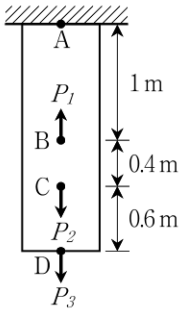
오일러 좌굴 문제는 지점 조건에서 K를 정한 뒤 유효 세장비 $K\lambda$를 만들고, $\sigma_{cr} = \pi^2E/(K\lambda)^2$에 단위를 통일하여 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

양단 고정은 $K = 0.5$이므로 같은 L/r에서 핀-핀 장주보다 오일러 좌굴응력이 4배가 된다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 P_1, P_2, P_3의 하중이 B, C, D점에 작용할 때, D점에서의 수직방향 변위가 발생하지 않기 위한 하중 P_1의 크기[kN]는? (단, $P_2 = 10\,\text{kN}$, $P_3 = 5\,\text{kN}$이다. 재료가 균질하고 면적이 일정한 봉이며, 봉의 자중은 무시한다)



① 3 ② 9
③ 15 ④ 24

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 축력에 의한 봉의 전체 변위를 구간별 변형량의 합으로 계산하고, D점의 수직방향 변위가 0이 되는 적합조건을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $P_2 = 10kN$, $P_3 = 5kN$, $L_{AB} = 1m$, $L_{BC} = 0.4m$, $L_{CD} = 0.6m$이다.
구해야 할 값: D점의 변위가 0이 되게 하는 P_1이다.
주의할 조건: 봉의 재료와 단면적이 일정하므로 모든 구간에서 EA가 같으며, 인장 변형은 양수, 압축 변형은 음수로 합산한다.

사용할 공식

축력 N_i가 일정한 각 구간의 변형량은 $\delta_i = N_i L_i/(EA)$이고, D점의 전체 변위는 $\delta_D = \sum N_i L_i/(EA)$이다.
D점의 변위가 발생하지 않아야 하므로 $\delta_D = 0$, 즉 $\sum N_i L_i = 0$을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

각 구간의 축력은 절단면 아래쪽에 작용하는 하중의 합으로 구한다.
$N_{AB} = P_2 + P_3 - P_1 = 15 - P_1 kN$
$N_{BC} = P_2 + P_3 = 15kN$
$N_{CD} = P_3 = 5kN$

따라서 적합조건은 다음과 같다.
$(15 - P_1)(1) + (15)(0.4) + (5)(0.6) = 0$
$15 - P_1 + 6 + 3 = 0$
$P_1 = 24kN$

이때 AB구간은 $N_{AB} = -9kN$의 압축 상태이고, 각 구간의 $N_i L_i$는 $-9, 6, 3kN \cdot m$이므로 합이 0이다.

선지 판단

① X — $P_1 = 3kN$을 대입하면 $\sum N_i L_i = 24 - 3 = 21kN \cdot m$이므로 D점의 변위가 0이 아니다. 올바른 값은 $24kN$이다.
② X — $P_1 = 9kN$을 대입하면 $\sum N_i L_i = 24 - 9 = 15kN \cdot m$이므로 적합조건을 만족하지 않는다. 올바른 값은 $24kN$이다.
③ X — $P_1 = 15kN$을 대입하면 AB구간의 축력만 0이 되고, BC와 CD구간의 인장 변형이 남아 $\sum N_i L_i = 9kN \cdot m$이다. 올바른 값은 $24kN$이다.
④ O — $P_1 = 24kN$이면 $\sum N_i L_i = -9 + 6 + 3 = 0$이 되어 D점의 수직방향 변위가 발생하지 않는다.

오답 포인트

단순히 하향 하중의 합 $P_2 + P_3 = 15kN$만 맞추면 전체 힘의 평형은 생각할 수 있지만, D점의 변위가 0이라는 조건은 만족하지 않는다. 이 문제에서는 각 구간의 축력에 해당 길이를 곱한 변형 기여량을 부호와 함께 합해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

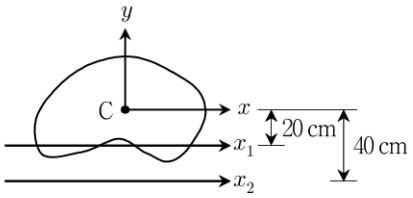
집중하중이 작용하는 지점마다 봉을 구간으로 나누고, 각 구간의 축력 N_i를 구한 뒤 $\sum N_i L_i / (E_i A_i)$에 목표 변위 조건을 적용한다. E와 A가 일정하면 공통인 EA를 소거할 수 있다.

암기 포인트

축변형 적합조건은 힘의 합이 아니라 부호를 포함한 $NL/(EA)$의 합이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 단면적이 $100\,\mathrm{cm}^2$인 도형이 있다. 도형의 도심(C점)에서 $40\,\mathrm{cm}$ 떨어진 x_2축에서 단면2차모멘트가 $162{,}000\,\mathrm{cm}^4$일 때, 도심(C점)에서 $20\,\mathrm{cm}$ 떨어진 x_1축에서의 단면2차모멘트[cm^4]는? (단, x, x_1, x_2축은 서로 평행하다)



① 2,000
② 40,000
③ 42,000
④ 122,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 평행축 정리를 이용하여 도심축의 단면2차모멘트를 먼저 구한 뒤, 다른 평행축의 단면2차모멘트를 계산하는 문제이다.

조건 정리

단면적: $A = 100cm^2$
도심축 x에서 x_2축까지의 거리: $d_2 = 40cm$
도심축 x에서 x_1축까지의 거리: $d_1 = 20cm$
주어진 값: $I_{x_2} = 162{,}000cm^4$
구해야 할 값: I_{x_1}

사용할 공식

평행축 정리는 다음과 같다.
$I_{x_i} = I_C + Ad_i^2$
여기서 I_C는 도심축 x에 대한 단면2차모멘트이고, d_i는 도심축과 평행축 사이의 거리이다. x, x_1, x_2축이 서로 평행하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. x_2축에 평행축 정리를 적용하여 도심축의 단면2차모멘트를 구한다.
$I_C = I_{x_2} - Ad_2^2 = 162{,}000 - 100 \times 40^2 = 2{,}000cm^4$
2. 구한 I_C를 이용하여 x_1축의 단면2차모멘트를 계산한다.
$I_{x_1} = I_C + Ad_1^2 = 2{,}000 + 100 \times 20^2 = 42{,}000cm^4$
따라서 x_1축에 대한 단면2차모멘트는 $42{,}000cm^4$이다.

선지 판단

① X — 2,000은 x_1축의 값이 아니라 계산 중 구한 도심축 x의 단면2차모멘트이다. '2,000'은 틀린 값이며, 올바르게는 $42{,}000cm^4$이다.
② X — 40,000은 $Ad_1^2 = 100 \times 20^2$인 축 이동항만 계산한 값으로, 도심축의 단면2차모멘트 $I_C = 2{,}000cm^4$를 더하지 않았다. '40,000'은 틀린 값이며, 올바르게는 $42{,}000cm^4$이다.
③ O — $I_{x_1} = 2{,}000 + 100 \times 20^2 = 42{,}000cm^4$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — 122,000은 주어진 I_{x_2}에서 $Ad_1^2 = 40{,}000cm^4$만 직접 빼어 축별 거리 차이를 잘못 처리한 값이다. '122,000'은 틀린 값이며, 올바르게는 도심축 기준으로 각각 계산한 $42{,}000cm^4$이다.

오답 포인트

평행한 두 비도심축 사이에서 단면2차모멘트를 옮길 때 두 축의 거리 차이만 넣거나, 주어진 단면2차모멘트에서 다른 축의 이동항을 곧바로 빼면 안 된다. 먼저 x_2축의 값으로 I_C를 구하고, 그다음 x_1축의 거리 d_1를 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

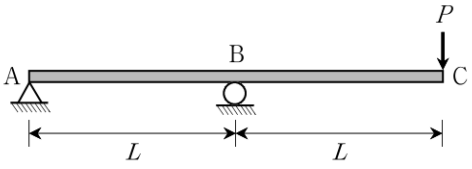
평행한 축의 단면2차모멘트는 '주어진 축에서 도심축으로 복원한 뒤 목표 축으로 이동'하는 순서로 계산한다. 즉, $I_C = I_{given} - Ad_{given}^2$를 먼저 구하고 $I_{target} = I_C + Ad_{target}^2$를 적용한다.

암기 포인트

평행축 정리의 핵심은 $I = I_C + Ad^2$이며, 비도심축끼리는 반드시 도심축 I_C를 거쳐 이동한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 하중을 받는 내민보의 C점에서 발생하는 수직 처짐의 크기는 $C_1\frac{PL^3}{EI}$이다. 상수 C_1은? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{4}{3}$

③ 2 ④ $\frac{8}{3}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 돌출보의 지점반력을 구한 뒤 구간별 모멘트식을 탄성곡선 방정식에 대입하여 자유단 C의 처짐 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

보의 전체 길이는 $2L$이고, 단순지지점 A와 B 사이 및 돌출부 BC의 길이는 각각 L이다. 자유단 C에 집중하중 P가 작용하며, EI는 일정하다. 지점에서는 $v(0)=0$, $v(L)=0$이고 B에서 처짐각이 연속이다. 구해야 할 값은 C점 수직 처짐의 크기이다.

사용할 공식

전체 보의 평형조건은

$R_A + R_B = P, \qquad R_B L - P(2L) = 0$

이므로 $R_B = 2P$, $R_A = -P$이다. 좌단에서의 좌표를 x라 하면 굽힘모멘트는

$M_1(x) = -Px \quad (0 \le x \le L)$

$M_2(x) = P(x-2L) \quad (L \le x \le 2L)$

이다. 탄성곡선 방정식 $EIv'' = M(x)$을 구간별로 두 번 적분한다. 보가 B에서 꺾이지 않고 연속이므로 지점의 처짐 조건과 함께 B에서 처짐각 연속조건을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

구간 AB에서 적분하고 $v_1(0) = v_1(L) = 0$을 적용하면
$EIv_1 = -\frac{Px^3}{6} + \frac{PL^2}{6}x$
이며, B점의 처짐각은
$EIv_1'(L) = -\frac{PL^2}{3}$
이다. 구간 BC에서는 $s = x - L$로 두면 $M = P(s - L)$이다. $v_2(0) = 0$과 $v_2'(0) = v_1'(L)$을 적용하여
$EIv_2 = P\left(\frac{s^3}{6} - \frac{Ls^2}{2}\right) - \frac{PL^2}{3}s$
를 얻는다. 자유단 C에서는 $s = L$이므로
EI v_C=PL^3≤ft(16-12-13)=-23PL^3
이다. 음수는 아래쪽 처짐을 뜻하므로 수직 처짐의 크기는
v_C=23(PL^3)/(EI)
이다. 따라서 C_1=23이다.

선지 판단

① O — C_1=23이므로 계산 결과와 일치한다.
② X — 제시값 43은 계산값의 2배이므로 틀리다. 올바르게는 C_1=23이다.
③ X — 제시값 2는 구간별 적분과 경계조건을 적용한 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 C_1=23이다.
④ X — 제시값 83은 계산값의 4배이므로 틀리다. 올바르게는 C_1=23이다.

오답 포인트

단순지지보처럼 두 반력을 모두 위쪽으로 가정하면 안 된다. 모멘트 평형에서 $R_B = 2P$, $R_A = -P$가 되어 A의 반력은 아래쪽으로 작용한다. 또한 B는 내부힌지가 아니라 연속된 보의 롤러 지점이므로 처짐은 0이지만 처짐각은 일반적으로 0이 아니며, 양 구간의 처짐각이 연속이어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

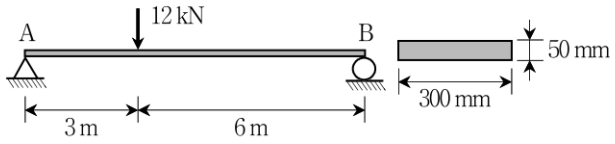
돌출보의 처짐은 먼저 전체 평형으로 반력의 크기와 방향을 정하고, 지점 또는 하중 위치에서 구간을 나누어 $M(x)$를 세운다. 각 구간에서 $EIv'' = M(x)$를 적분한 뒤 지점의 처짐 조건과 연결점의 처짐·처짐각 연속조건을 적용한다. 마지막에는 부호와 문제에서 요구한 처짐의 크기를 구분한다.

암기 포인트

이 돌출보에서는 $R_A = -P$, $R_B = 2P$이고, 자유단 처짐은 아래쪽으로 23(PL^3)/(EI)이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 폭 300 mm, 높이 50 mm의 단면을 가지는 단순보에 하중이 작용할 때, 보에 발생하는 최대 휨응력의 크기[MPa]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 136 ② 164
③ 192 ④ 220

정답 3번

출제 포인트

단순보의 지점반력과 최대 휨모멘트를 구한 뒤, 직사각형 단면의 단면계수를 이용해 최대 휨응력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

보의 경간은 $L = 3 + 6 = 9m$이고, 집중하중은 $P = 12kN$이며 A점에서 $3m$ 떨어진 곳에 작용한다. 단면의 폭은 $b = 300mm$, 높이는 $h = 50mm$이다. 구해야 할 값은 보에 발생하는 최대 휨응력이고, 구조물의 자중은 무시한다.

사용할 공식

단순보에 집중하중이 작용하므로 평형조건으로 지점반력을 구한다.

$R_A = \frac{P \times 6}{9}, \quad R_B = \frac{P \times 3}{9}$

집중하중 위치에서 전단력의 부호가 바뀌므로 그곳의 휨모멘트가 최대이다.

$M_{max} = R_A \times 3$

직사각형 단면의 단면계수와 최대 휨응력은 다음과 같다.

$Z = \frac{bh^2}{6}, \quad \sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z}$

NoteBase

계산 과정

1. A점의 지점반력은 다음과 같다.

$R_A = \frac{12 \times 6}{9} = 8kN$

2. 집중하중 위치의 최대 휨모멘트는 다음과 같다.

$M_{\max} = 8 \times 3 = 24kN \cdot m = 24 \times 10^6 N \cdot mm$

3. 직사각형 단면의 단면계수는 다음과 같다.

$Z = \frac{300 \times 50^2}{6} = 125{,}000mm^3$

4. 최대 휨응력은 다음과 같다.

$\sigma_{\max} = \frac{24 \times 10^6}{125{,}000} = 192N/mm^2 = 192MPa$

선지 판단

① X — $136MPa$는 계산값 $192MPa$와 일치하지 않는다. 올바른 최대 휨응력은 $192MPa$이다.

② X — $164MPa$는 계산값 $192MPa$와 일치하지 않는다. 올바른 최대 휨응력은 $192MPa$이다.

③ O — 지점반력으로 구한 최대 휨모멘트 $24kN \cdot m$를 단면계수 $125{,}000mm^3$로 나누면 $192MPa$가 된다.

④ X — $220MPa$는 계산값 $192MPa$와 일치하지 않는다. 올바른 최대 휨응력은 $192MPa$이다.

오답 포인트

단면의 폭 $300mm$와 높이 $50mm$를 바꾸어 대입하면 안 된다. 직사각형 단면계수에서 휨에 수직인 높이 h가 제곱되며, $24kN \cdot m$는 $24 \times 10^6 N \cdot mm$로 변환해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

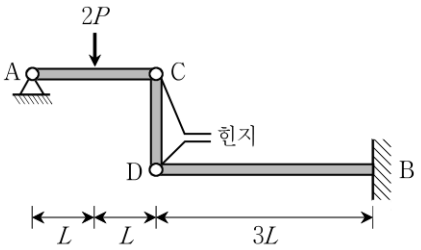
단순보의 휨응력 문제는 지점반력 계산 → 전단력의 부호가 바뀌는 위치에서 최대 휨모멘트 계산 → 단면계수 계산 → 길이 단위 통일 → $\sigma = M/Z$ 적용의 순서로 판단한다.

암기 포인트

직사각형 단면은 $Z = bh^2/6$, 최대 휨응력은 $\sigma_{\max} = M_{\max}/Z$이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 하중을 받는 구조물의 B점에서 모멘트 반력의 크기는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① PL ② $2PL$
③ $3PL$ ④ $4PL$

정답 3번

출제 포인트

힌지로 연결된 부재에서 전달되는 힘을 구한 뒤, 그 힘이 고정단 B에 만드는 모멘트 반력의 크기를 계산하는 문제이다.

조건 정리

상부 보 AC의 길이는 $2L$이고, 중앙에 $2P$의 집중하중이 작용한다.
AC는 A와 C에서 지지되며 하중이 중앙에 있으므로 두 지점의 수직반력은 같다.
CD의 양 끝은 힌지이므로 CD는 축력만 전달하는 2력 부재이다.
하부 부재 DB의 길이는 $3L$이며, B는 고정단이다.

사용할 공식

상부 보 AC에서 A점에 대한 모멘트 평형은
$C_y(2L) - (2P)L = 0$
이다. 하부 부재 DB에서 B점 모멘트 반력의 크기는
$M_B = F_D \cdot 3L$
이다. 첫 번째 식은 AC가 정적 평형을 이루어야 하기 때문에 사용하고, 두 번째 식은 D에서 전달된 힘의 B점에 대한 모멘트를 구하기 위해 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. AC의 A점에 대한 모멘트 평형에서
$C_y(2L) = (2P)L$
이므로 $C_y = P$이다.
2. CD는 2력 부재이므로 C에서 받은 크기 P의 힘을 D에 그대로 전달한다. 따라서 DB에는 D점에서 크기 P의 수직력이 작용한다.
3. D와 B 사이의 거리는 $3L$이므로
$|M_B| = P \cdot 3L = 3PL$
이다.

선지 판단

① X — PL은 전달력 P에 잘못된 팔길이 L을 곱한 값이다. B점 모멘트 반력의 올바른 크기는 $3PL$이다.
② X — $2PL$은 상부 하중 $2P$가 A와 C에 분담되어 C로는 P만 전달된다는 점과 D-B의 팔길이 $3L$을 정확히 반영하지 못한 값이다. 올바른 값은 $3PL$이다.
③ O — C의 반력 P가 CD를 거쳐 D에 전달되고, B까지의 거리가 $3L$이므로 모멘트 반력의 크기는 $3PL$이다.
④ X — $4PL$은 전달력 P과 팔길이 $3L$의 곱과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $3PL$이다.

오답 포인트

전체 하중 $2P$를 곧바로 DB에 작용시키면 안 된다. 먼저 AC만 분리하여 C의 반력 P를 구하고, 그 힘이 CD를 통해 D로 전달된다고 보아야 한다. 또한 B점 모멘트의 팔길이는 AC의 L이나 $2L$이 아니라 DB의 전체 길이 $3L$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

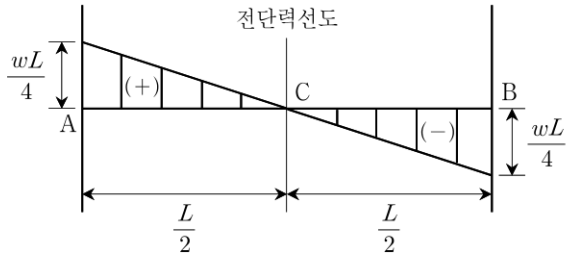
힌지가 포함된 결합 구조는 각 부재를 자유물체로 분리한다. 먼저 하중을 직접 받는 부재의 지점반력을 구하고, 2력 부재를 통해 전달되는 힘을 확인한 뒤, 마지막 부재에서 고정단 모멘트를 계산한다.

암기 포인트

중앙 집중하중은 양 지점에 절반씩 분담되고, 2력 부재는 그 힘을 축 방향으로 전달한다. 고정단 모멘트의 크기는 전달력과 고정단까지의 수직거리의 곱이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 전단력선도를 가지는 단순보 AB의 C점에서 수직 처짐의 크기는 $C_1\frac{wL^4}{EI}$이다. 상수 C_1은? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{5}{48}$ ② $\frac{5}{96}$

③ $\frac{5}{384}$ ④ $\frac{5}{768}$

정답 4번

출제 포인트

전단력선도의 기울기에서 등분포하중의 크기를 구한 뒤, 단순보의 중앙 처짐 공식을 적용하는 문제이다.

조건 정리

전단력은 A점의 $wL/4$에서 B점의 $-wL/4$까지 길이 L에 걸쳐 직선적으로 감소한다. 따라서 전 구간에 일정한 등분포하중이 작용하며, 보와 하중은 중앙 C점에 대하여 대칭이다. 구해야 할 값은 C점의 수직 처짐 크기이다.

사용할 공식

하중강도와 전단력의 관계는 $dV/dx = -q$이다. 단순보에 전 구간 등분포하중 q가 작용할 때 중앙의 최대 처짐 크기는

$\delta_C = \frac{5qL^4}{384EI}$

이다. 전단력선도가 일정한 기울기의 직선이고 양 끝의 전단력이 크기는 같고 부호가 반대이므로 이 공식을 적용할 수 있다.

계산 과정

1. 전단력선도의 기울기로 하중강도를 구한다.

$\frac{dV}{dx} = \frac{-wL/4 - wL/4}{L} = -\frac{w}{2}$

따라서 $q = w/2$이다.

2. 중앙 처짐 공식에 대입한다.

$\delta_C = \frac{5(w/2)L^4}{384EI} = \frac{5}{768}\frac{wL^4}{EI}$

3. 문제의 C_1과 비교하면 $C_1 = 5/768$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $C_1 = 5/48$은 계산값 5/768의 16배이므로 틀리다. 올바른 계수는 5/768이다.
② X — $C_1 = 5/96$은 계산값의 8배이므로 틀리다. 올바른 계수는 5/768이다.
③ X — $C_1 = 5/384$은 계산값의 2배이므로 틀리다. 이는 전단력선도의 기울기에서 실제 하중강도가 $w/2$임을 반영하지 않고 $q = w$로 대입할 때 나오는 값이며, 올바른 계수는 5/768이다.
④ O — $q = w/2$를 중앙 처짐 공식에 대입한 결과 $C_1 = 5/768$이므로 옳다.

오답 포인트

그림의 w를 곧바로 등분포하중 q로 보면 ③을 고르게 된다. 전단력 변화량은 $-wL/2$이고 길이는 L이므로, 선도의 기울기에 해당하는 실제 하중강도는 반드시 $w/2$로 환산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

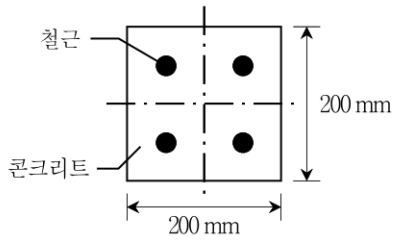
전단력선도가 주어지면 먼저 $q = -dV/dx$로 하중을 복원하고, 지지조건과 하중 대칭성을 확인한 뒤 해당 처짐 공식에 대입한다. 마지막에는 계산된 계수를 선지와 직접 비교한다.

암기 포인트

전단력선도의 기울기는 하중강도의 음수이며, 전장 등분포하중을 받는 단순보의 중앙 처짐 크기는 $5qL^4/(384EI)$이다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 단면을 가진 철근 콘크리트 기둥에 중심 축방향 압축력 $P = 490\,\text{kN}$이 작용할 때, 콘크리트에 작용하는 압축응력 [MPa]은? (단, 축방향 철근 4개의 단면적 합 $A_s = 1{,}000\,\text{mm}^2$이고, 콘크리트의 탄성계수 $E_c = 2.0 \times 10^4\,\text{MPa}$이며, 철근의 탄성계수 $E_s = 2.0 \times 10^5\,\text{MPa}$이다)



① 6 ② 8
③ 10 ④ 12

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 철근과 콘크리트의 변형률이 같다는 적합조건과 탄성계수비를 이용하여 철근콘크리트 기둥의 콘크리트 압축응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $P = 490kN = 490{,}000N$, 전체 단면적 $A_g = 200 \times 200 = 40{,}000mm^2$, 철근 단면적의 합 $A_s = 1{,}000mm^2$, $E_c = 2.0 \times 10^4 MPa$, $E_s = 2.0 \times 10^5 MPa$이다.
구해야 할 값: 콘크리트에 작용하는 압축응력 σ_c이다.
주의할 조건: 콘크리트의 실제 단면적은 철근 면적을 제외한 $A_c = A_g - A_s = 39{,}000mm^2$이다.

사용할 공식

중심축 압축을 받고 철근과 콘크리트가 완전히 부착되어 있으므로 두 재료의 축변형률은 같다. 따라서
$\varepsilon_s = \varepsilon_c, \quad \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{\sigma_c}{E_c}$
이고, 탄성계수비 $n = E_s/E_c$를 사용하면 $\sigma_s = n\sigma_c$이다. 전체 압축력은 두 재료가 분담하므로
$P = \sigma_c A_c + \sigma_s A_s = \sigma_c(A_c + nA_s)$
를 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 탄성계수비를 계산하면 $n = E_s/E_c = (2.0 \times 10^5)/(2.0 \times 10^4) = 10$이다.
2. 콘크리트 환산단면적은 $A_c + nA_s = 39{,}000 + 10 \times 1{,}000 = 49{,}000mm^2$이다. 이는 $A_g + (n-1)A_s$와 같은 값이다.
3. 콘크리트 압축응력은
$\sigma_c = \frac{P}{A_c + nA_s} = \frac{490{,}000N}{49{,}000mm^2} = 10N/mm^2 = 10MPa$
이다.

선지 판단

① X — $6MPa$는 계산 결과 $10MPa$와 다르다. 올바른 콘크리트 압축응력은 $10MPa$이다.
② X — $8MPa$는 환산단면적 $49{,}000mm^2$에 압축력 $490{,}000N$을 나눈 값이 아니다. 올바른 값은 $10MPa$이다.
③ O — 적합조건과 힘의 평형을 적용하면 $\sigma_c = 10MPa$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — $12MPa$는 계산 결과 $10MPa$보다 크다. 올바른 콘크리트 압축응력은 $10MPa$이다.

오답 포인트

전체 단면적 A_g와 실제 콘크리트 면적 A_c를 혼동하거나, 탄성계수비 $n = 10$을 무시하여 압축력을 전체 면적으로만 나누는 것이 핵심 함정이다. 콘크리트와 철근은 같은 변형률을 가지지만 응력은 같지 않으며, 철근 응력은 콘크리트 응력의 10배이다.

다시 나오면 이렇게 판단

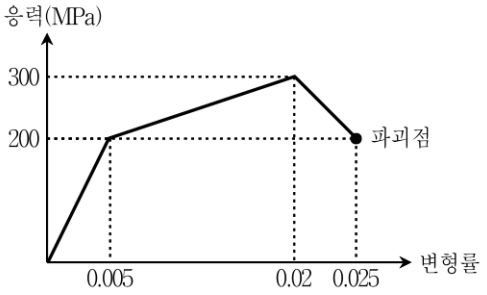
합성단면의 축응력 문제는 먼저 변형률 적합조건으로 재료별 응력 관계를 구하고, 각 재료가 분담하는 힘의 합이 전체 하중과 같다는 평형조건을 세운 뒤, 면적과 하중의 단위를 통일하여 계산한다.

암기 포인트

철근콘크리트 중심축 압축에서는 $n = E_s/E_c$, $\sigma_s = n\sigma_c$, $P = \sigma_c[A_g + (n-1)A_s]$이다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 응력－변형률 곡선을 가지는 재료의 인성[MPa]은? (단, 인성(toughness)은 재료가 파괴될 때까지 단위부피당 에너지를 흡수할 수 있는 재료의 능력을 의미한다)



① 5.5 ② 7.5
③ 9.5 ④ 11.5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 재료가 파괴될 때까지의 응력–변형률 곡선 아래 면적을 구하여 인성을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 점: $(0, 0)$, $(0.005, 200MPa)$, $(0.02, 300MPa)$, $(0.025, 200MPa)$
구해야 할 값: 파괴 변형률 0.025까지 곡선 아래의 전체 면적
주의할 조건: 변형률은 무차원량이므로 응력과 변형률을 곱한 면적의 단위는 MPa이다.

사용할 공식

인성 U_t는 파괴 변형률 ε_f까지의 응력–변형률 곡선 아래 면적이다.
$U_t = \int_0^{\varepsilon_f} \sigma d\varepsilon$
곡선이 직선 구간으로 이루어져 있으므로 각 구간을 삼각형 또는 사다리꼴로 나누어 면적을 합한다.

계산 과정

1. 변형률 0~0.005 구간은 삼각형이다.
$U_1 = \frac{1}{2} \times 0.005 \times 200 = 0.5MPa$
2. 변형률 0.005~0.02 구간은 높이가 200에서 $300MPa$로 변하는 사다리꼴이다.
$U_2 = \frac{200 + 300}{2} \times (0.02 - 0.005) = 3.75MPa$
3. 변형률 0.02~0.025 구간은 높이가 300에서 $200MPa$로 변하는 사다리꼴이다.
$U_3 = \frac{300 + 200}{2} \times (0.025 - 0.02) = 1.25MPa$
4. 세 면적을 합하면 다음과 같다.
$U_t = 0.5 + 3.75 + 1.25 = 5.5MPa$

NoteBase

선지 판단

① O — 계산한 전체 면적이 5.5*MPa*이므로 맞는다.
② X — 7.5*MPa*는 세 구간의 실제 면적 합과 일치하지 않는다. 틀린 값 7.5를 올바르게 고치면 5.5*MPa*이다.
③ X — 9.5*MPa*는 파괴점까지의 곡선 아래 면적이 아니다. 틀린 값 9.5를 올바르게 고치면 5.5*MPa*이다.
④ X — 11.5*MPa*는 각 직선 구간의 삼각형·사다리꼴 면적을 합한 값이 아니다. 틀린 값 11.5를 올바르게 고치면 5.5*MPa*이다.
계산 결과 5.5*MPa*이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

최대응력 300*MPa*만 보거나 파괴점의 응력 200*MPa*만 사용하는 것이 아니라, 원점부터 파괴점까지 곡선 아래의 전체 면적을 구해야 한다. 또한 마지막 하강 구간도 파괴 전까지 흡수한 에너지에 포함되므로 누락하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

응력–변형률 곡선에서 인성을 묻는 경우에는 파괴 변형률까지 구간을 나누고, 각 구간의 삼각형 또는 사다리꼴 면적을 모두 합한다.

암기 포인트

인성은 파괴점까지의 응력–변형률 곡선 아래 전체 면적이다.

NoteBase

문 13. 지름이 100 mm이고 길이가 250 mm인 원형봉에 인장력이 작용하여 지름은 99.8 mm로, 길이는 252 mm로 변하였다. 원형봉 재료의 푸아송비는? (단, 원형봉의 자중은 무시한다)

① 0.25 ② 0.30
③ 0.35 ④ 0.40

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 축방향 변형률과 횡방향 변형률의 비로 원형봉 재료의 푸아송비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 원래 지름 $d_0 = 100mm$, 변형 후 지름 $d = 99.8mm$, 원래 길이 $L_0 = 250mm$, 변형 후 길이 $L = 252mm$이다.
구해야 할 값: 푸아송비 ν이다.
주의할 조건: 인장으로 길이는 증가하지만 지름은 감소하므로 축방향 변형률과 횡방향 변형률의 부호가 서로 반대이다. 자중은 무시하므로 주어진 치수 변화만 이용한다.

사용할 공식

푸아송비는 다음과 같다.
ν=-_횡_축
여기서 _축=(Δ L)/(L_0), _횡=(Δ d)/(d_0)이다. 인장 시 축방향 신장과 횡방향 수축이 동시에 일어나므로 두 변형률의 음의 비를 사용한다.

계산 과정

1. 길이 변화량은 $\Delta L = 252 - 250 = 2mm$이므로 축방향 변형률은
_축=(2)/(250)=0.008
이다.
2. 지름 변화량은 $\Delta d = 99.8 - 100 = -0.2mm$이므로 횡방향 변형률은
_횡=(-0.2)/(100)=-0.002
이다.
3. 따라서 푸아송비는
$\nu = -\frac{-0.002}{0.008} = 0.25$
이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산한 푸아송비가 0.25이므로 옳다.
② X — 0.30은 계산 결과 0.25와 다르다. 올바른 값은 0.25이다.
③ X — 0.35는 계산 결과 0.25와 다르다. 올바른 값은 0.25이다.
④ X — 0.40은 계산 결과 0.25와 다르다. 올바른 값은 0.25이다.

오답 포인트

지름 변화량 $-0.2mm$과 변형 후 지름 $99.8mm$을 혼동하면 안 된다. 변형률의 분모에는 변형 후 치수가 아니라 원래 치수인 $100mm$와 $250mm$를 사용한다. 또한 푸아송비 정의의 음의 부호를 적용하면 일반 재료의 푸아송비는 양수가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

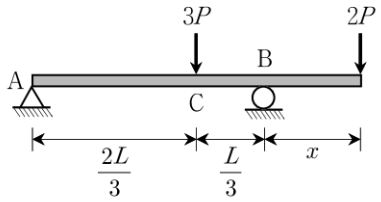
먼저 원래 치수를 분모로 하여 축방향 변형률과 횡방향 변형률을 각각 구한 뒤, ν=-_횡/_축에 대입하고 부호와 단위를 검산한다.

암기 포인트

푸아송비는 '횡변형률의 음의 값 ÷ 축변형률'이며, 변형률의 기준 길이는 항상 원래 치수이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 하중을 받는 내민보의 C점에서 발생하는 휨모멘트가 0이 되기 위한 x는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{L}{3}$ ② $\frac{L}{2}$

③ $\frac{2L}{3}$ ④ L

정답 2번

출제 포인트

보 전체의 평형조건으로 지점반력 R_A를 구한 뒤, C점의 휨모멘트가 0이 되는 조건을 적용해 돌출부 길이 x를 구하는 문제이다.

조건 정리

A에서 C까지의 거리는 $2L/3$, C에서 B까지의 거리는 $L/3$이므로 A에서 B까지의 거리는 L이다. C에는 하중 $3P$, B의 오른쪽 끝에는 하중 $2P$가 작용하며, B에서 오른쪽 끝까지의 거리는 x이다. 구조물의 자중은 무시한다. 구해야 할 값은 C점 휨모멘트를 0으로 만드는 x이다.

NoteBase

사용할 공식

위쪽 반력을 양(+)으로 두고 A점에 대한 모멘트 평형을 적용하면

$$R_B L - 3P\left(\frac{2L}{3}\right) - 2P(L + x) = 0$$

따라서

$$R_B = 4P + \frac{2Px}{L}$$

수직력 평형에서

$$R_A + R_B - 3P - 2P = 0$$

이므로

$$R_A = P - \frac{2Px}{L}$$

C점의 휨모멘트는 C점 왼쪽 부분을 절단하여 구하면

$$M_C = R_A\left(\frac{2L}{3}\right) = \frac{2P}{3}(L - 2x)$$

이다. C점 왼쪽에는 A의 반력만 있으므로 이 식을 사용할 수 있다.

계산 과정

C점의 휨모멘트가 0이어야 하므로

$$\frac{2P}{3}(L - 2x) = 0$$

이다. $P \neq 0$이므로

$$L - 2x = 0, \qquad x = \frac{L}{2}$$

를 얻는다. 따라서 조건을 만족하는 길이는 $L/2$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $x = L/3$을 대입하면 $M_C = 2PL/9$로 0이 아니다. 올바르게는 $x = L/2$이다.
② O — $x = L/2$를 대입하면 $M_C = 0$이 되어 주어진 조건을 정확히 만족한다.
③ X — $x = 2L/3$을 대입하면 $M_C = -2PL/9$로 0이 아니다. 올바르게는 $x = L/2$이다.
④ X — $x = L$을 대입하면 $M_C = -2PL/3$로 0이 아니다. 올바르게는 $x = L/2$이다.

오답 포인트

C점에 하중 $3P$가 직접 작용한다고 해서 C점 휨모멘트가 자동으로 0이 되는 것은 아니다. 집중하중은 전단력을 불연속으로 바꾸지만, 외력이 집중모멘트가 아닌 한 휨모멘트는 연속이다. 또한 A-C 거리 $2L/3$와 C-B 거리 $L/3$를 혼동하거나, 끝 하중 $2P$의 A점 기준 거리 $L + x$에서 x를 빠뜨리면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

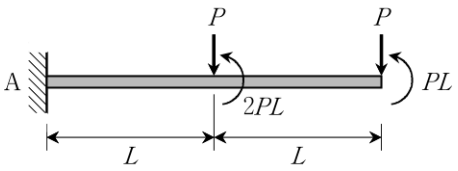
돌출보의 특정 점에서 휨모멘트가 0이 되는 길이를 묻는 경우에는 먼저 전체 보의 평형으로 지점반력을 미지 길이의 식으로 구하고, 해당 점에서 절단한 한쪽 부분의 모멘트식을 0으로 둔다. 마지막에는 구한 길이를 모멘트식에 대입하여 0이 되는지 검산한다.

암기 포인트

전체 보의 평형으로 반력을 구하고, 절단면 모멘트식에 $M = 0$을 적용한다. 집중하중점이라고 해서 휨모멘트가 반드시 0인 것은 아니다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 집중 하중과 집중 모멘트가 작용하는 캔틸레버보의 A점에서 발생하는 모멘트 반력의 크기는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 0 ② $3PL$
③ $6PL$ ④ $9PL$

정답 1번

출제 포인트

캔틸레버보 전체의 모멘트 평형을 이용하여 고정단 A의 모멘트 반력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A에서 거리 L과 $2L$인 지점에 각각 아래쪽 집중하중 P가 작용하고, 크기 $2PL$과 PL인 반시계방향 집중 모멘트가 작용한다.
구해야 할 값: A점의 모멘트 반력의 크기이다.
주의할 조건: 구조물의 자중은 무시하며, 집중 모멘트는 작용 위치와 관계없이 그 크기와 회전 방향을 그대로 모멘트 평형식에 더한다.

사용할 공식

평형 조건은 $\sum M_A = 0$이다.

이 공식을 쓰는 이유: 정지해 있는 캔틸레버보는 A점을 기준으로 한 모든 외력 모멘트와 반력 모멘트의 대수합이 0이어야 하기 때문이다.

계산 과정

반시계방향을 양(+)으로 두고 A점의 모멘트 반력을 M_A라 한다.
1. 두 집중하중이 만드는 모멘트는 시계방향이므로 $-P \cdot L - P \cdot 2L = -3PL$이다.
2. 두 집중 모멘트의 합은 반시계방향이므로 $2PL + PL = 3PL$이다.
3. A점에 대한 모멘트 평형식을 세우면 $M_A - 3PL + 3PL = 0$이므로 $M_A = 0$이다.
따라서 A점에서 발생하는 모멘트 반력의 크기는 0이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과 $M_A = 0$이므로 옳다. 두 집중하중의 시계방향 모멘트 $3PL$과 두 집중 모멘트의 반시계방향 합 $3PL$이 상쇄된다.
② X — $3PL$은 집중하중만 합산하거나 집중 모멘트만 합산했을 때의 크기이며, 서로 반대 방향인 두 효과를 함께 반영하지 않은 값이다. 틀린 값 $3PL$은 올바르게는 0이다.
③ X — $6PL$은 시계방향 $3PL$과 반시계방향 $3PL$의 방향을 무시하고 크기만 더한 값이다. 틀린 값 $6PL$은 올바르게는 0이다.
④ X — $9PL$은 주어진 하중과 집중 모멘트를 부호에 따라 한 번씩 합산한 평형식에서 나올 수 없는 값이다. 틀린 값 $9PL$은 올바르게는 0이다.
계산 결과 모멘트 반력은 0이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

집중하중 P는 A점까지의 거리와 곱하여 모멘트를 구하지만, 집중 모멘트 $2PL$, PL에는 거리를 다시 곱하지 않는다. 또한 모멘트의 크기만 더하지 않고 시계방향과 반시계방향의 부호를 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

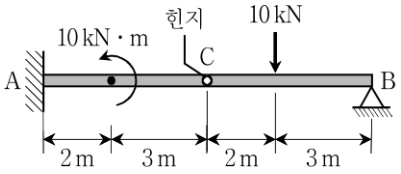
캔틸레버보의 고정단 반력 모멘트는 기준점에 대한 집중하중의 모멘트와 주어진 집중 모멘트를 회전 방향에 따라 대수적으로 합한 뒤, 전체 모멘트 평형이 0이 되도록 결정한다.

암기 포인트

힘의 모멘트는 힘×거리이고, 집중 모멘트는 거리와 무관하게 부호를 붙여 그대로 더한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 하중을 받는 게르버보의 A점에서 모멘트 반력의 크기[kN · m]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 10 ② 20
③ 30 ④ 40

정답 2번

출제 포인트

내부힌지에서 구조물을 분리하여 지점반력을 구한 뒤, 왼쪽 부재의 모멘트 평형으로 고정단 A의 모멘트 반력 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: C에서 B까지의 길이는 $5m$이고, 집중하중 $10kN$은 C에서 $2m$, B에서 $3m$ 떨어진 곳에 작용한다.
왼쪽 부재에는 반시계방향의 모멘트 $10kN \cdot m$가 작용한다.
구해야 할 값: 고정단 A의 모멘트 반력 크기 M_A이다.
주의할 조건: 내부힌지 C에서는 모멘트가 전달되지 않으므로 C-B 구간을 먼저 분리하여 해석할 수 있다.

사용할 공식

평면 구조물의 평형조건 $\sum F_y = 0$, $\sum M = 0$을 사용한다. 내부힌지 C를 기준으로 오른쪽 부재의 모멘트 평형을 적용하면 C의 힌지력이 모멘트식에서 제거되어 B의 수직반력을 바로 구할 수 있다.

계산 과정

1. C-B 구간에서 C점에 대한 모멘트 평형을 적용한다.

$\sum M_C = 0 : \quad B_y(5) - 10(2) = 0$

따라서 $B_y = 4kN$이다.

2. C-B 구간의 수직력 평형을 적용한다.

$C_y + B_y - 10 = 0$

따라서 오른쪽 부재에 작용하는 C의 반력은 위쪽으로 $C_y = 6kN$이다. 작용·반작용에 따라 왼쪽 A-C 부재에는 C에서 아래쪽으로 $6kN$이 작용한다.

3. 반시계방향을 양(+)으로 정하고 A-C 구간에서 A점에 대한 모멘트 평형을 적용한다.

$\sum M_A = 0 : \quad M_A + 10 - 6(5) = 0$

따라서 $M_A = 20kN \cdot m$이며, 모멘트 반력의 크기는 $20kN \cdot m$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $10kN \cdot m$는 외력 모멘트만 보고 C의 힌지력이 만드는 $30kN \cdot m$를 반영하지 않은 값이다. 올바른 모멘트 반력의 크기는 $20kN \cdot m$이다.
② O — 평형식 $M_A + 10 - 6(5) = 0$에서 $M_A = 20kN \cdot m$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — $30kN \cdot m$는 C에서 작용하는 $6kN$의 힘이 A에 만드는 모멘트만 계산하고, 반대 효과를 내는 외력 모멘트 $10kN \cdot m$를 누락한 값이다. 올바르게는 $30 - 10 = 20kN \cdot m$이다.
④ X — $40kN \cdot m$는 $30kN \cdot m$와 $10kN \cdot m$를 방향을 무시하고 더한 값이다. 두 모멘트의 회전방향이 반대이므로 올바르게는 $30 - 10 = 20kN \cdot m$이다.

오답 포인트

내부힌지라고 해서 힌지력이 0인 것은 아니다. C에서 모멘트만 0이고 수직력은 전달된다. 또한 A-C 부재에서 C의 하향력에 의한 시계방향 모멘트와 주어진 반시계방향 모멘트를 같은 방향으로 더하면 ④를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

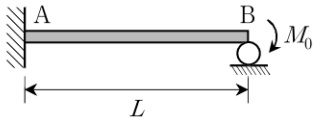
내부힌지가 있는 보에서는 힌지에서 구조물을 분리하고, 단순한 쪽 부재의 평형으로 힌지력을 먼저 구한 다음 고정단이 있는 부재의 모멘트 평형을 적용한다. 모멘트는 크기뿐 아니라 시계·반시계 방향의 부호까지 함께 판단한다.

암기 포인트

내부힌지는 모멘트는 0이지만 힘은 전달한다. 이 문제에서는 $C_y = 6kN$, $M_A = 6 \times 5 - 10 = 20kN \cdot m$이다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 하중을 받는 부정정 구조물의 B점에서 반력은? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{3M_0}{2L}$ ② $\frac{2M_0}{L}$

③ $\frac{5M_0}{2L}$ ④ $\frac{3M_0}{L}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 1차 부정정 구조물인 받침 있는 외팔보에서 B점의 수직 처짐이 0이라는 변형 적합조건을 이용하여 B점 반력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 보의 길이는 L, 휨강성은 일정한 EI, B점에는 시계방향 모멘트 M_0가 작용한다.
구해야 할 값: B점의 수직 반력 R_B이다.
주의할 조건: B점은 롤러 지점이므로 회전은 가능하지만 수직 처짐은 0이다. 구조물의 자중은 무시한다.

사용할 공식

A를 고정단으로 하는 외팔보를 기본 구조로 잡고, 위쪽을 양(+)으로 정하면 자유단 모멘트와 자유단 집중력에 의한 B점 처짐은 각각
$\delta_{B,M} = -\frac{M_0 L^2}{2EI}$, $\delta_{B,R} = \frac{R_B L^3}{3EI}$
이다. 이 공식을 쓰는 이유는 제거한 B점 반력 R_B를 미지력으로 되돌린 뒤, 실제 롤러 지점의 처짐 조건 $\delta_B = 0$을 적용할 수 있기 때문이다.

계산 과정

B점의 변형 적합조건은
$\delta_B = \delta_{B,M} + \delta_{B,R} = 0$
이다. 따라서
$-\frac{M_0 L^2}{2EI} + \frac{R_B L^3}{3EI} = 0$
이고, 이를 R_B에 대하여 정리하면
$R_B = \frac{3M_0}{2L}$
이다. 양(+)의 결과이므로 B점 반력의 방향은 위쪽이다.

NoteBase

선지 판단

① O — $R_B = \frac{3M_0}{2L}$를 대입하면 반력에 의한 위쪽 처짐과 모멘트에 의한 아래쪽 처짐이 정확히 상쇄되어 B점 처짐이 0이 된다.
② X — $R_B = \frac{2M_0}{L}$를 대입하면 $\delta_B = \frac{M_0 L^2}{6EI}$가 되어 B점 처짐이 0이 아니다. 틀린 값 $\frac{2M_0}{L}$이 아니라 올바르게는 $\frac{3M_0}{2L}$이다.
③ X — $R_B = \frac{5M_0}{2L}$를 대입하면 $\delta_B = \frac{M_0 L^2}{3EI}$가 되어 B점 처짐 조건을 만족하지 않는다. 틀린 값 $\frac{5M_0}{2L}$이 아니라 올바르게는 $\frac{3M_0}{2L}$이다.
④ X — $R_B = \frac{3M_0}{L}$를 대입하면 $\delta_B = \frac{M_0 L^2}{2EI}$가 되어 B점에 위쪽 처짐이 남는다. 틀린 값 $\frac{3M_0}{L}$이 아니라 올바르게는 $\frac{3M_0}{2L}$이다.

오답 포인트

평형방정식만으로는 B점 반력을 구할 수 없다는 점이 핵심 함정이다. 또한 자유단 모멘트에 의한 처짐의 계수 1/2와 자유단 집중력에 의한 처짐의 계수 1/3을 혼동하면 실제보다 큰 ②~④의 반력을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

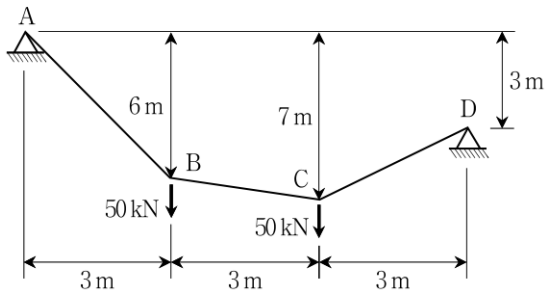
받침 있는 외팔보에서는 여분의 받침 반력을 제거하여 외팔보를 기본 구조로 만든 뒤, 외력과 미지 반력에 의한 해당 지점의 처짐을 합하고 그 값을 0으로 두어 판단한다. 마지막에는 구한 반력을 대입하여 처짐이 실제로 0이 되는지 검산한다.

암기 포인트

외팔보 자유단에서 모멘트 처짐은 $\frac{ML^2}{2EI}$, 집중력 처짐은 $\frac{PL^3}{3EI}$이며, 받침점에서는 두 처짐의 합이 0이다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 케이블 구조의 D점에서 수평 반력의 크기[kN]는? (단, 케이블은 인장력만 저항하며, 케이블의 자중은 무시한다)



① 10 ② 20
③ 30 ④ 50

정답 3번

출제 포인트

무게를 무시한 케이블에서 장력의 수평성분 H가 일정하다는 성질과 절점의 수직력 평형을 이용하여 D점의 수평 반력을 구하는 문제이다.

조건 정리

A-B, B-C, C-D의 수평거리는 각각 $3m$이다. A를 높이의 기준으로 잡으면 B는 $6m$, C는 $7m$, D는 $3m$ 아래에 있다. 따라서 B에서 A까지는 $6m$ 상승하고, B에서 C까지는 $1m$ 하강한다. B와 C에는 각각 아래쪽으로 $50kN$이 작용한다. 케이블의 자중을 무시하고 중간 절점에 수평 외력이 없으므로 각 구간 장력의 수평성분 H는 일정하며, D점 수평 반력의 크기도 H와 같다.

사용할 공식

케이블 구간의 기울기가 $\Delta y/\Delta x$이면 그 구간 장력의 수직성분 크기는 $H|\Delta y/\Delta x|$이다. 이는 장력의 수평성분과 수직성분의 비가 케이블 구간의 수평거리와 높이 차의 비와 같기 때문이다. 따라서 절점 B의 수직력 평형식은 $H\left(\frac{6}{3}\right) - H\left(\frac{1}{3}\right) - 50 = 0$ 이다.

계산 과정

1. BA 구간이 B에서 왼쪽 위로 향하므로 수직성분은 위쪽으로 $H(6/3) = 2H$이다.
2. BC 구간이 B에서 오른쪽 아래로 향하므로 수직성분은 아래쪽으로 $H(1/3) = H/3$이다.
3. B점의 수직력 평형에서 $2H - \frac{H}{3} - 50 = 0\ \frac{5H}{3} = 50,\qquad H = 30kN$ 을 얻는다.
4. D점에서 케이블 장력의 수평성분과 지점의 수평 반력이 평형을 이루므로 D점 수평 반력의 크기는 $30kN$이다. C점에서도 왼쪽 구간의 위쪽 성분 $H/3$과 오른쪽 구간의 위쪽 성분 $4H/3$의 합이 $50kN$이 되어 같은 결과를 확인할 수 있다.

NoteBase

선지 판단

① X — 10*kN*은 계산 결과 30*kN*과 다르다. 올바르게는 'D점 수평 반력의 크기는 30*kN*이다.'이다.
② X — 20*kN*은 B점에서 BA와 BC 장력의 수직성분을 함께 반영한 평형값이 아니다. 올바르게는 'D점 수평 반력의 크기는 30*kN*이다.'이다.
③ O — 절점 B의 평형에서 장력의 일정한 수평성분이 $H = 30kN$이고, 이것이 D점 수평 반력의 크기와 같다.
④ X — 50*kN*은 절점에 작용하는 수직 집중하중을 그대로 수평 반력으로 본 값이다. 올바르게는 'D점 수평 반력의 크기는 30*kN*이다.'이다.

오답 포인트

D점에 가까운 C-D 구간만 보고 50*kN*을 수평 반력으로 착각하기 쉽다. 수평 반력은 수직 집중하중 자체가 아니라 케이블 기울기와 절점 평형으로 결정되는 장력의 수평성분 *H*이다. 또한 B-C 구간은 B에서 내려가므로 B점 평형에서 그 수직성분이 아래쪽으로 작용한다는 부호를 놓치면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

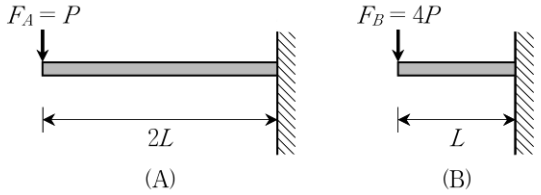
케이블의 각 절점 좌표 차로 구간 기울기를 정리하고, 수평성분 *H*가 일정하다고 놓은 뒤 계산이 가장 간단한 절점에서 수직력 평형식을 세운다. 구한 *H*를 끝 지점의 수평 반력 크기로 연결하고 다른 절점의 평형으로 검산한다.

암기 포인트

집중하중만 받는 무게 없는 케이블에서는 장력의 수평성분 *H*가 전 구간에서 일정하고, 구간의 수직성분은 '*H* × 기울기'이다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 하중을 받고 휨강성이 같은 두 개의 캔틸레버보 (A)와 (B)에서 보(A)의 탄성변형에너지 U_A는 1 J일 때, 보(B)의 탄성변형에너지 U_B[J]는? (단, 탄성변형에너지 $U=\frac{1}{2}F\delta$로 계산하고, F는 구조물에 작용하는 하중, δ는 하중 F가 작용하는 지점의 변위를 사용하며, 구조물의 자중은 무시한다)



① 1 ② 2
③ 3 ④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 자유단에 집중하중을 받는 캔틸레버보의 처짐과 탄성변형에너지 공식을 이용해 두 보의 에너지 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

보 (A): 하중은 P, 길이는 $2L$, 탄성변형에너지는 $U_A = 1J$이다.
보 (B): 하중은 $4P$, 길이는 L이다.
두 보는 휨강성 EI가 같고 자중은 무시한다. 구해야 할 값은 U_B이다.

사용할 공식

자유단에 집중하중 F가 작용하는 캔틸레버보의 하중점 처짐은
$\delta = \frac{F\ell^3}{3EI}$
이고, 탄성변형에너지는
$U = \frac{1}{2}F\delta = \frac{F^2\ell^3}{6EI}$
이다. 두 보의 EI가 같으므로 에너지 비를 취하면 공통인 $6EI$가 소거된다.

NoteBase

계산 과정

보 (A)의 탄성변형에너지는
$U_A = \frac{P^2(2L)^3}{6EI} = \frac{8P^2L^3}{6EI}$
이다. 보 (B)의 탄성변형에너지는
$U_B = \frac{(4P)^2L^3}{6EI} = \frac{16P^2L^3}{6EI}$
이다. 따라서
$\frac{U_B}{U_A} = \frac{16}{8} = 2$
이므로 $U_B = 2U_A = 2J$이다.

선지 판단

① X — 1J은 두 보의 탄성변형에너지가 같다고 본 값이지만, 계산 결과 $U_B/U_A = 2$이다. 틀린 값 1J은 2J로 고쳐야 한다.
② O — 계산 결과 $U_B = 2U_A = 2J$이므로 맞는다.
③ X — 3J은 계산된 에너지 비 2와 일치하지 않는다. 틀린 값 3J은 2J로 고쳐야 한다.
④ X — 4J은 하중이 4배라는 점만 반영하고 길이의 세제곱 효과를 누락할 때 나올 수 있는 값이다. 실제로는 하중 제곱과 길이 세제곱을 함께 반영하므로 4J이 아니라 2J이다.

오답 포인트

탄성변형에너지는 하중에 단순 비례하지 않고 F^2에 비례하며, 보 길이에 대해서는 ℓ^3에 비례한다. (B)의 하중 증가 효과는 $4^2 = 16$배이고, 길이 감소 효과는 $(L/(2L))^3 = 1/8$배이므로 전체 비는 $16 \times 1/8 = 2$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

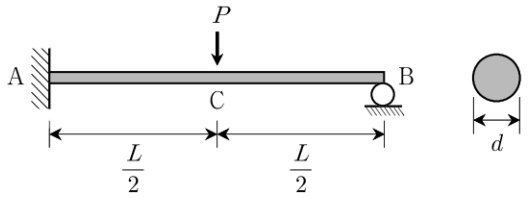
같은 휨강성의 캔틸레버보 비교에서는 $U \propto F^2\ell^3$를 적용해 하중비는 제곱하고 길이비는 세제곱한 뒤 곱한다.

암기 포인트

캔틸레버보 끝점 집중하중의 변형에너지는 $U = F^2\ell^3/(6EI)$, 즉 $U \propto F^2\ell^3$이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 하중을 받고 직경이 d인 원형 단면을 가지는 부정정보의 최대 휨응력의 크기는 $C_1\frac{PL}{\pi d^3}$이다. 상수 C_1은? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 구조물의 자중은 무시한다)



① 6 ② $\frac{1}{6}$

③ 16 ④ $\frac{1}{16}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 1차 부정정보의 변위 적합조건으로 지점반력을 구하고, 최대 휨모멘트와 원형 단면의 단면계수를 이용해 최대 휨응력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 보의 길이는 L, 중앙 C의 집중하중은 P, 원형 단면의 직경은 d이다.
구해야 할 값: $\sigma_{max} = C_1\frac{PL}{\pi d^3}$에서 상수 C_1이다.
주의할 조건: B점의 수직변위는 0이며, 최대 휨모멘트의 절댓값은 고정단 A와 하중점 C를 모두 비교해 결정한다.

사용할 공식

B점 반력을 R_B라 하면, 외팔보 기본계에서 중앙하중에 의한 자유단 처짐과 B점 반력에 의한 자유단 처짐의 합이 0이다.

$\frac{Pa^2(3L-a)}{6EI} - \frac{R_B L^3}{3EI} = 0, \qquad a = \frac{L}{2}$

원형 단면의 단면2차모멘트와 최외단 거리 및 휨응력 공식은 다음과 같다.

I=(π d^4)/(64), c= d2, _=(M_)/(I)=(32M_)/(π d^3)

B점이 롤러로 지지되어 처짐이 0이므로 변위 적합조건을 사용하며, 단면의 최외단에서 휨응력이 최대가 되므로 Mc/I를 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 변위 적합조건에 $a = L/2$를 대입하면 다음과 같다.
$R_B = \frac{Pa^2(3L-a)}{2L^3} = \frac{5P}{16}$
2. 평형조건으로 A점의 수직반력과 고정단 휨모멘트의 크기를 구한다.
$R_A = P - R_B = \frac{11P}{16}$
$|M_A| = \frac{PL}{2} - R_B L = \frac{3PL}{16}$
3. 하중점 C의 휨모멘트는 오른쪽 구간을 이용하면 다음과 같다.
M_C=R_B L2=(5PL)/(32)
따라서 $|M_A| = 6PL/32$가 $M_C = 5PL/32$보다 크므로 $M_{\max} = 3PL/16$이다.
4. 최대 휨응력을 계산한다.
$\sigma_{\max} = \frac{32}{\pi d^3} \cdot \frac{3PL}{16} = 6\frac{PL}{\pi d^3}$
따라서 $C_1 = 6$이다.

선지 판단

① O — 계산 결과 $C_1 = 6$이므로 옳다.
② X — 1/6은 계산된 계수 6의 역수이므로 틀리다. 올바르게는 $C_1 = 6$이다.
③ X — 16은 B점 반력 $R_B = 5P/16$의 분모에 나타나는 수를 계수로 잘못 취한 값이므로 틀리다. 올바르게는 $C_1 = 6$이다.
④ X — 1/16 역시 반력 계산의 분모를 응력계수로 잘못 취한 값이므로 틀리다. 올바르게는 $C_1 = 6$이다.
계산 결과 $C_1 = 6$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

단순지지보처럼 $M_{\max} = PL/4$를 적용하면 부정정보의 지점조건을 무시하게 된다. 또한 C점의 양의 휨모멘트 $5PL/32$만 확인하지 않고, 고정단 A의 음의 휨모멘트 절댓값 $3PL/16$과 비교해야 한다. 원형 단면에서는 $I = \pi d^4/64$와 $c = d/2$를 함께 적용하므로 $c/I = 32/(\pi d^3)$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

고정단과 추가 지점이 함께 있는 1차 부정정보는 추가 지점의 반력을 미지수로 두고 해당 지점의 처짐이 0이라는 적합조건을 먼저 적용한다. 그다음 주요 지점의 휨모멘트 절댓값을 비교해 $M_{\max}$를 정하고, $\sigma_{\max} = M_{\max}c/I$에 대입한다.

암기 포인트

중앙 집중하중을 받는 양단 고정–롤러 보에서는 $R_B = 5P/16$, $|M_A| = 3PL/16$, $M_C = 5PL/32$이며, 원형 단면의 최대 휨응력은 $32M_{\max}/(\pi d^3)$이다.

NoteBase