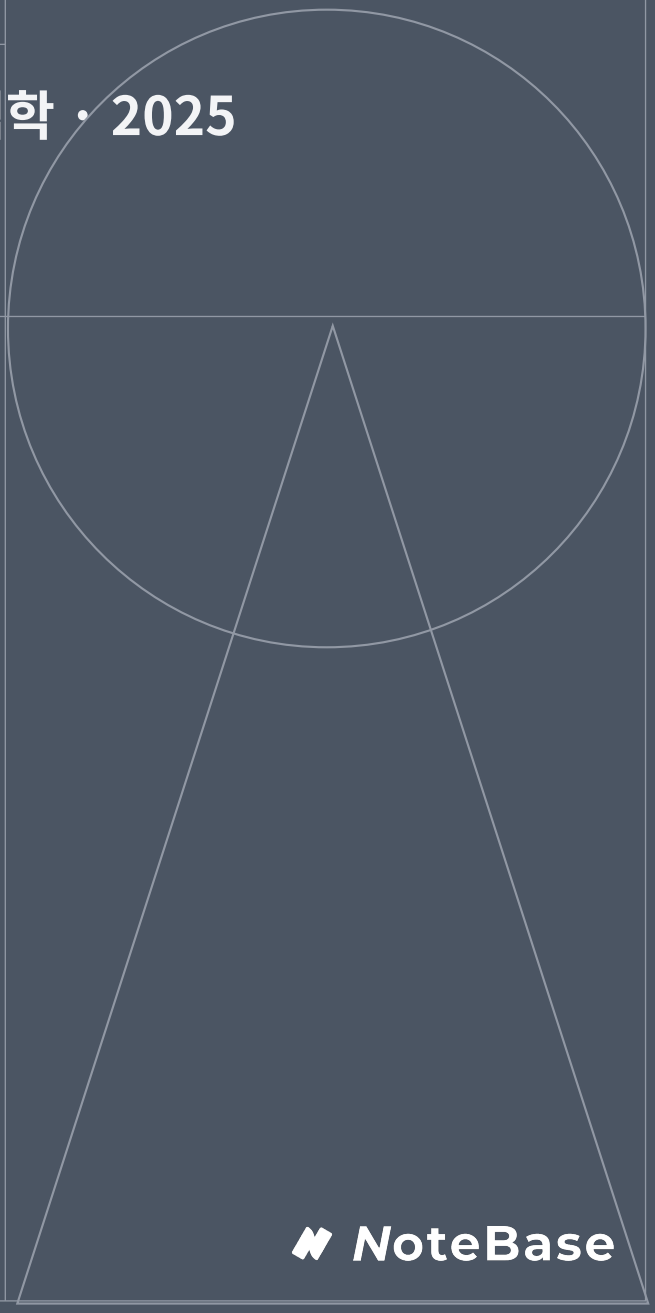
기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 응용역학 · 2025



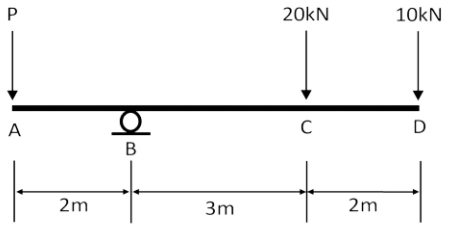
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 응용역학 · 2025

공무원/군무원/9급 · 응용역학 · 2025

1. 그림과 같은 구조물이 평형을 이루기 위하여 A점에 작용시켜야 하는 힘의 크기 [kN]는?



① 50 ② 55
③ 60 ④ 65

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 한 점에 대한 모멘트 평형조건을 이용하여 A점에 작용시켜야 하는 힘의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

B점을 모멘트 기준점으로 잡는다. A는 B의 왼쪽 $2m$, C는 B의 오른쪽 $3m$, D는 B의 오른쪽 $5m$에 있다. C와 D에는 각각 아래쪽으로 $20kN$, $10kN$이 작용하고, A에는 아래쪽으로 미지의 힘 P가 작용한다.

사용할 공식

평형을 이루려면 B점에 대한 모멘트의 대수합이 0이어야 한다.

$\sum M_B = 0$

B점의 지점반력은 B점을 지나므로 B점에 대한 모멘트가 0이다. 따라서 지점반력을 구하지 않고도 외력의 모멘트만으로 P를 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

반시계방향 모멘트를 양(+)으로 정한다. A의 힘 P는 반시계방향 모멘트 $2P$를 만들고, C와 D의 하중은 각각 시계방향 모멘트 20×3, 10×5를 만든다.

$2P - 20 \times 3 - 10 \times 5 = 0$

$2P = 60 + 50 = 110$

$P = 55kN$

선지 판단

① X — $P = 50kN$이면 $2P - 110 = -10kN \cdot m$이므로 시계방향 모멘트가 남아 평형이 아니다. $50kN$이 아니라 $55kN$이어야 한다.

② O — $P = 55kN$이면 $2P = 110kN \cdot m$으로 오른쪽 두 하중의 합성 모멘트와 같아 모멘트 평형을 이룬다.

③ X — $P = 60kN$이면 $2P - 110 = 10kN \cdot m$의 반시계방향 모멘트가 남는다. $60kN$이 아니라 $55kN$이어야 한다.

④ X — $P = 65kN$이면 $2P - 110 = 20kN \cdot m$의 반시계방향 모멘트가 남는다. $65kN$이 아니라 $55kN$이어야 한다.

계산 결과 $P = 55kN$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

A의 힘과 C·D의 하중이 모두 아래쪽이라는 이유만으로 모멘트 방향까지 같다고 판단하면 안 된다. B점의 왼쪽에 있는 A의 하중은 반시계방향, 오른쪽에 있는 C와 D의 하중은 시계방향 모멘트를 만든다. 또한 D까지의 모멘트팔은 C에서 D까지의 $2m$가 아니라 B에서 D까지의 $5m$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

미지의 지점반력이 있는 점을 모멘트 기준점으로 잡아 그 반력의 모멘트를 제거한 뒤, 각 힘의 작용선까지의 수직거리와 회전방향을 확인하여 $\sum M = 0$을 적용한다.

암기 포인트

평형의 핵심은 $\sum F = 0$, $\sum M = 0$이며, 모멘트는 힘과 기준점에서 작용선까지의 수직거리의 곱이다.

NoteBase

2. 힘과 모멘트에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
① 우력의 합은 0이며 그 크기는 우력모멘트로 표시한다.
② 3개의 힘 P_1, P_2, P_3가 서로 균형일 때, 이 3개의 힘은 동일 평면상에 있고, 한 점에서 만난다.
③ 임의의 점에서의 우력모멘트는 항상 일정하다.
④ 힘의 3요소는 작용점, 크기, 방향이며 스칼라량으로 표시한다.

정답 4번

출제 포인트

힘과 우력의 기본 성질, 3력 평형 조건, 힘의 표시 방법을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

우력은 크기가 같고 방향이 반대이며 평행한 두 힘으로 이루어져 합력은 0이지만 회전 효과인 우력모멘트는 남는다.
한 평면에서 서로 평행하지 않은 세 힘이 평형을 이루면 세 힘의 작용선은 한 점에서 만나야 한다. 다만 세 힘이 모두 평행한 상태에서도 평형이 가능하므로, 일반적인 3력 평형 조건은 '서로 평행하지 않으면 한 점에서 만나고, 그렇지 않으면 모두 평행하다'로 구분해야 한다.
힘은 작용점·크기·방향의 3요소를 가지며, 크기와 방향을 함께 갖는 벡터량이다.

선지별 해설

① O — 우력을 이루는 두 힘의 합력은 0이고, 우력의 회전 효과와 크기는 우력모멘트로 나타낸다.

② X — 세 힘이 서로 평행하지 않은 경우에는 같은 평면에 놓이고 세 작용선이 한 점에서 만나지만, 세 힘이 모두 평행한 평형도 가능하다. 따라서 원문처럼 비평행 조건 없이 세 힘이 반드시 한 점에서 만난다고 한 것은 일반적으로 성립하지 않는다. 이 조건 누락 때문에 ②에도 부적절한 표현이 있으나, 공식 채점 답은 ④이다.

③ O — 우력모멘트는 기준점의 위치와 관계없이 동일하므로 임의의 점에 대한 우력모멘트는 일정하다.

④ X — 틀린 표현은 '스칼라량으로 표시한다'이다. 힘의 3요소가 작용점·크기·방향이라는 부분은 맞지만, 힘은 크기와 방향을 갖기 때문에 올바르게는 '벡터량으로 표시한다'이다.

NoteBase

오답 포인트

④에서 '크기'만 보고 힘을 스칼라량으로 오인하기 쉽다. 힘에는 방향도 있으므로 벡터량이며, 작용점까지 함께 보아야 힘의 작용 효과가 정해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

물리량에 크기만 있으면 스칼라량이고 크기와 방향이 함께 있으면 벡터량이다. 우력은 합력이 0이어도 모멘트는 0이 아니며, 우력모멘트는 기준점에 관계없이 일정하다는 기준으로 판단한다.

암기 포인트

우력은 합력 0·모멘트 존재, 힘은 작용점·크기·방향을 가진 벡터량이다.

NoteBase

3. 단면의 주축에 대한 특성으로 가장 적절하지 않은 것은?
① 주축에 대한 단면 상승 모멘트는 0이다.
② 주축에 대한 단면 2차 모멘트는 최대 및 최소이다.
③ 원형 단면의 주축은 하나이다.
④ 대칭축은 항상 주축이 되고, 그 주축에 직교하는 축도 주축이 된다.

정답 3번

출제 포인트

단면의 주축에서 단면상승모멘트가 0이 되고 단면 2차 모멘트가 극값을 이루는 성질과, 대칭 단면의 주축 개수를 묻는 문제이다.

핵심 개념

주축: 단면상승모멘트가 $I_{xy} = 0$이 되는 서로 직교하는 축이며, 이 축들에 대한 단면 2차 모멘트는 최대값과 최소값인 주단면 2차 모멘트가 된다.
대칭 단면: 대칭축과 그에 직교하면서 도심을 지나는 축이 주축이 된다.
원형 단면: 모든 도심축에 대한 단면 2차 모멘트가 같고 단면상승모멘트가 0이므로, 특정한 한 축만이 아니라 도심을 지나는 모든 방향의 축이 주축이다.

선지별 해설

① O — 주축을 좌표축으로 잡으면 단면상승모멘트는 $I_{xy} = 0$이다. 이는 주축을 판별하는 핵심 조건이다.
② O — 주축 방향에서는 회전축에 따른 단면 2차 모멘트가 극값을 이루며, 두 주단면 2차 모멘트는 각각 최대값과 최소값이다.
③ X — 틀린 표현은 '주축은 하나이다'이다. 원형 단면은 모든 도심축 방향에서 단면 2차 모멘트가 같고 단면상승모멘트가 0이므로, 올바르게는 '원형 단면의 주축은 무수히 많다'이다.
④ O — 대칭축을 기준으로 면적이 쌍을 이루어 단면상승모멘트가 상쇄되므로 대칭축은 주축이다. 또한 그 대칭축에 직교하면서 도심을 지나는 축도 주축이 된다.

오답 포인트

일반 단면에서 서로 직교하는 두 주축을 찾는다는 사실만 떠올리면 ③의 '하나'를 지나치기 쉽다. 원형 단면은 모든 방향이 동등하므로 주축 방향이 특정되지 않고 무수히 많다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

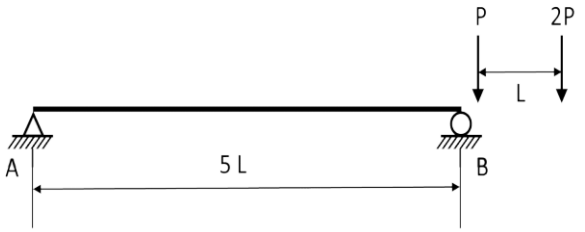
먼저 단면상승모멘트가 0인 축인지 확인한다. 대칭축이 있으면 대칭축과 도심을 지나며 이에 직교하는 축을 주축으로 판단하고, 원형처럼 모든 방향의 단면 2차 모멘트가 같은 단면은 모든 도심축을 주축으로 판단한다.

암기 포인트

주축이면 상승모멘트 0, 주단면 2차 모멘트는 최대·최소, 원형의 주축은 무수히 많다.

NoteBase

4. 그림과 같이 이동하중이 B점에서 A점 방향으로 이동할 때 A점의 최대반력은?



① 1.6 P ② 1.9 P
③ 2.3 P ④ 2.6 P

정답 4번

출제 포인트

단순보 위를 이동하는 집중하중군에 대하여 A점 반력의 영향선 종거를 이용해 최대반력을 구하는 문제이다.

조건 정리

보의 경간은 $5L$이고, 이동하중은 왼쪽의 P와 그로부터 L 오른쪽에 있는 $2P$이다. 하중군은 B점에서 A점 방향으로 이동한다. A점 반력 영향선의 종거는 A점에서 1, B점에서 0이므로, 두 하중이 모두 보 위에 있으면서 A점에 가장 가까워질 때 반력이 최대가 된다. 따라서 최대 위치는 P가 A점에 있고 $2P$가 A점에서 L 떨어진 상태이다.

사용할 공식

A점에서 오른쪽으로 x만큼 떨어진 집중하중 W가 만드는 A점 반력은 다음과 같다.

$R_A = W\frac{5L - x}{5L}$

A점 반력 영향선의 종거에 각 하중을 곱하여 합산하는 공식이다.

계산 과정

최대 위치에서 P의 위치는 $x = 0$, $2P$의 위치는 $x = L$이다.

$R_{A,\max} = P\frac{5L - 0}{5L} + 2P\frac{5L - L}{5L}$

$= P + 2P\left(\frac{4}{5}\right) = P + 1.6P = 2.6P$

따라서 A점의 최대반력은 $2.6P$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $1.6P$는 A점에서 L 떨어진 $2P$가 만드는 반력만 계산한 값으로, A점에 놓인 P의 기여 P를 빠뜨렸다. '$1.6P$'는 '$2.6P$'로 고쳐야 한다.
② X — 최대 위치의 두 하중을 영향선에 대입하면 $P + 1.6P = 2.6P$이므로 $1.9P$가 아니다. '$1.9P$'는 '$2.6P$'로 고쳐야 한다.
③ X — 최대 위치에서 계산한 A점 반력은 $2.6P$이므로 $2.3P$가 아니다. '$2.3P$'는 '$2.6P$'로 고쳐야 한다.
④ O — P가 A점에 있고 $2P$가 A점에서 L 떨어질 때 $R_{A,\max} = 2.6P$가 된다.

오답 포인트

하중 $2P$만 고려하면 ①의 $1.6P$가 나오지만, 이동하중군의 반력은 보 위에 있는 모든 하중의 기여를 합산해야 한다. 또한 하중군이 A점 방향으로 이동하므로 선두 하중 P가 A점에 도달한 순간이 최대 위치이며, 그때 $2P$도 아직 보 위에 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

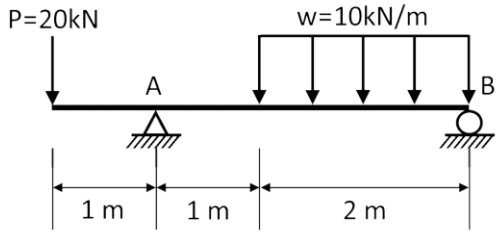
지점반력의 영향선을 그린 뒤 각 하중이 '하중×영향선 종거'의 합을 가장 크게 만드는 위치를 찾는다. A점 반력처럼 영향선 종거가 A점에서 가장 크고 B점 쪽으로 갈수록 작아지는 경우에는 하중군을 가능한 한 A점 가까이 배치하여 각 기여를 합산한다.

암기 포인트

이동하중에 의한 반력은 '각 하중×해당 위치의 영향선 종거'의 합이며, 최대값은 하중군의 배치를 바꾸어 그 합이 가장 커지는 순간에 생긴다.

NoteBase

5. 그림과 같이 하중을 받는 보의 두 지점 사이에서 모멘트의 크기가 0이 되는 위치의 B점으로부터 거리 [m]는?



① $\frac{1}{3}$ ② $\frac{2}{3}$

③ 1 ④ $\frac{4}{3}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 보 전체의 모멘트 평형으로 B점의 반력을 구한 뒤, B점에서 임의 단면까지의 부분 보에 대해 휨모멘트가 0이 되는 거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

집중하중: 왼쪽 자유단의 $20kN$

등분포하중: B점 왼쪽 $2m$ 구간에 $w = 10kN/m$

지점 간 거리: A점에서 B점까지 $3m$

구해야 할 값: A점과 B점 사이의 내부 영모멘트점에서 B점까지의 거리 y

사용할 공식

보 전체의 평형식은 $\sum M_A = 0$이다. B점에서 왼쪽으로 y만큼 떨어진 단면의 휨모멘트는

$M(y) = R_B y - \frac{wy^2}{2}$

이다. 절단면 오른쪽에는 B점 반력 R_B와 길이 y에 걸친 등분포하중만 있으므로 이 식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 등분포하중의 합력은 $10 \times 2 = 20kN$이고, 그 작용점은 A점에서 오른쪽으로 $2m$ 떨어진 곳이다.
2. A점에 대한 모멘트 평형을 적용한다.
$20 \times 1 - (10 \times 2) \times 2 + R_B \times 3 = 0$
따라서
$R_B = \frac{20}{3} kN$
이다.
3. B점에서 왼쪽으로 y 떨어진 단면의 모멘트를 0으로 둔다.
$0 = \frac{20}{3} y - \frac{10y^2}{2} = y\left(\frac{20}{3} - 5y\right)$
해는 $y = 0$과 $y = \frac{4}{3}m$이다. $y = 0$은 지점 B 자체이므로, A점과 B점 사이의 내부 영모멘트점은 B점에서 $\frac{4}{3}m$ 떨어진 곳이다.

선지 판단

① X — $\frac{1}{3}m$는 계산 결과와 다르다. 올바른 거리는 B점으로부터 $\frac{4}{3}m$이다.
② X — $\frac{2}{3}m$는 계산 결과와 다르다. 올바른 거리는 B점으로부터 $\frac{4}{3}m$이다.
③ X — $1m$는 계산 결과와 다르다. 올바른 거리는 B점으로부터 $\frac{4}{3}m$이다.
④ O — 모멘트식의 0이 아닌 해가 $y = \frac{4}{3}m$이므로 B점으로부터의 거리와 일치한다.

오답 포인트

B점은 단순지지점이므로 그 지점 자체에서도 모멘트가 0이지만, 문제는 A점과 B점 사이의 내부 영모멘트 위치를 묻는다. 또한 등분포하중의 모멘트는 합력 wy가 단면에서 $y/2$ 떨어진 곳에 작용하므로 $wy^2/2$가 된다. 이 1/2을 빠뜨리거나 A점부터의 거리와 B점부터의 거리를 혼동하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 보 전체의 평형식으로 지점 반력을 구한다. 다음으로 거리를 묻는 기준점 쪽에서 보를 절단하고, 절단면 한쪽의 하중만으로 $M(y) = 0$을 세운다. 마지막으로 지점 자체에 해당하는 자명한 해와 보 내부의 영모멘트 해를 구분한다.

암기 포인트

등분포하중 구간을 길이 y만큼 잘랐을 때 합력은 wy, 작용거리는 $y/2$, 단면에 대한 모멘트는 $wy^2/2$이다.

NoteBase

6. 직사각형 단면 형상을 갖는 휨부재의 응력 거동에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?
① 휨응력(수직응력)은 단면에 발생하는 모멘트와 정비례한다.
② 전단응력은 단면의 폭과 비례한다.
③ 휨응력(수직응력) 값은 중립축에서 떨어진 거리와 반비례한다.
④ 전단응력은 단면 높이에 따라 직선적으로 분포한다.

정답 1번

출제 포인트

직사각형 단면에서 휨모멘트에 의한 수직응력과 전단력에 의한 전단응력의 크기 및 분포 형태를 구분하는 문제이다.

조건 정리

폭이 b, 높이가 h인 직사각형 단면을 생각한다. 휨응력은 중립축에서의 거리 y에 따라 선형으로 변하고, 전단응력은 단면 높이 방향으로 포물선 형태로 변한다.

사용할 공식

휨응력은 $\sigma_x = \frac{My}{I}$ 이다. 직사각형 단면의 전단응력은 $\tau(y) = \frac{3V}{2bh}\left(1 - \frac{4y^2}{h^2}\right)$ 이다. 따라서 휨응력은 휨모멘트 M와 중립축으로부터의 거리 y에 각각 비례하고, 전단응력은 폭 b에 반비례하며 높이 방향으로 포물선 분포를 이룬다.

계산 과정

휨 공식에서 단면의 I와 위치 y가 일정하면 $\sigma_x \propto M$이다. 전단 공식에서 V, h, y가 일정하면 $\tau \propto 1/b$이다. 또한 $y = 0$인 중립축에서 $\tau_{max} = 3V/(2bh)$이고, $y = \pm h/2$인 단면 상·하단에서 $\tau = 0$이므로 전단응력은 직선이 아니라 포물선으로 분포한다.

NoteBase

선지 판단

① O — $\sigma_x = My/I$이므로 단면의 I와 검토 위치 y가 일정할 때 휨응력은 휨모멘트 M에 정비례한다.
② X — '전단응력은 단면의 폭과 비례한다'는 표현이 틀리다. 올바르게는 같은 전단력과 높이에서 전단응력은 단면 폭 b에 반비례한다.
③ X — '중립축에서 떨어진 거리와 반비례한다'는 표현이 틀리다. 올바르게는 휨응력의 크기가 중립축에서 떨어진 거리 $|y|$에 비례하며, 중립축에서 0이고 가장 바깥쪽에서 최대가 된다.
④ X — '단면 높이에 따라 직선적으로 분포한다'는 표현이 틀리다. 올바르게는 직사각형 단면의 전단응력이 높이 방향으로 포물선 분포하며, 중립축에서 최대이고 단면 상·하단에서 0이 된다.

오답 포인트

휨응력의 선형분포와 전단응력의 포물선분포를 바꾸어 기억하기 쉽다. 특히 ③의 '반비례'와 ④의 '직선적'이 함정이다. 휨응력만 중립축 거리와 선형적으로 변하고, 직사각형 단면의 전단응력은 중립축을 꼭짓점으로 하는 포물선 형태이다.

다시 나오면 이렇게 판단

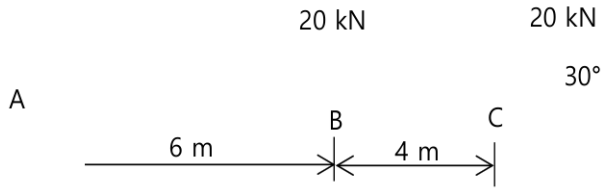
먼저 하중 효과를 구분한다. 휨모멘트가 작용하면 $\sigma_x = My/I$로 비례관계를 판단하고, 전단력이 작용하면 $\tau = VQ/(Ib)$로 폭에 대한 관계와 단면 높이 방향의 분포를 판단한다.

암기 포인트

직사각형 단면에서 휨응력은 중립축 기준 직선분포, 전단응력은 중립축에서 최대인 포물선분포이다.

NoteBase

7. 그림과 같은 캔틸레버에서 A점의 전단력 [kN]은?



① 10 ② 20
③ 30 ④ 40

정답 3번

출제 포인트

캔틸레버의 고정단 A에서 전단력의 크기를 구하기 위해 작용 하중의 수직성분을 합산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: B점의 수직하중은 $20kN$, C점의 경사하중은 $20kN$, 경사각은 수평선과 30°이다.
구해야 할 값: A점 전단력의 크기 V_A이다.
주의할 조건: 전단력에는 경사하중의 수직성분만 포함되며, $6m$와 $4m$의 거리는 전단력 계산에는 필요하지 않다.

사용할 공식

$V_A = \sum F_y$
$F_{Cy} = F_C \sin 30^\circ$
절단면의 전단력은 한쪽에 작용하는 모든 수직력의 대수합과 평형을 이루므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. C점 경사하중의 수직성분을 구한다.
$F_{Cy} = 20 \sin 30^\circ = 20 \times 0.5 = 10kN$
2. B점 수직하중과 C점 하중의 수직성분을 합한다.
$V_A = 20 + 10 = 30kN$
따라서 A점 전단력의 크기는 $30kN$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 10kN은 C점 경사하중의 수직성분만 계산하고 B점의 20kN 수직하중을 누락한 값이다. 올바르게는 두 수직하중 성분을 합한 30kN이다.
② X — 20kN은 B점 수직하중만 반영하고 C점 경사하중의 수직성분 10kN을 누락한 값이다. 올바르게는 30kN이다.
③ O — $20 + 20\sin 30^\circ = 30kN$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — 40kN은 경사하중 20kN 전체를 수직하중으로 더한 값이다. 경사하중은 수직성분 10kN만 전단력에 포함하므로 올바르게는 30kN이다.

오답 포인트

C점의 20kN을 그대로 더하면 ④가 되고, C점 하중의 수직성분만 구한 뒤 B점 하중을 빠뜨리면 ①이 된다. 또한 거리 6m와 4m는 모멘트 계산에는 쓰이지만 전단력 계산에는 쓰이지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

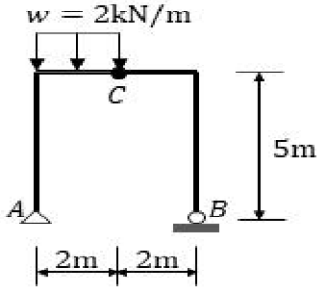
고정단 전단력은 먼저 모든 하중을 수평·수직 성분으로 분해한 뒤 수직성분만 대수적으로 합산한다. 하중까지의 거리는 고정단 모멘트를 구할 때만 곱한다.

암기 포인트

전단력은 수직성분의 합, 축력은 수평성분의 합, 모멘트는 힘과 수직거리의 곱이다.

NoteBase

8. 그림과 같은 정정라멘에서 C점의 휨모멘트의 크기 [kN · m]는?



① 2 ② 3
③ 4 ④ 6

정답 1번

출제 포인트

정정 라멘의 전체 평형으로 지점반력을 구한 뒤 C점에서 절단하여 휨모멘트의 크기를 계산하는 문제이다.

조건 정리

등분포하중은 왼쪽 기둥 상단부터 C점까지 길이 $2m$에 걸쳐 작용한다. 하중의 합력은 $W = wL = 2kN/m \times 2m = 4kN$이고, 작용점은 하중 구간의 중앙이므로 A에서 수평으로 $1m$ 떨어진 곳이다. 전체 보의 수평 경간은 $4m$이며, 구해야 할 값은 C점 휨모멘트의 크기이다.

사용할 공식

전체 구조물의 평형식 $\sum M_A = 0, \sum F_y = 0$으로 수직반력을 구한다. 이어서 C점에서 절단한 왼쪽 부분에 $\sum M_C = 0$을 적용한다. 정정 라멘이므로 이 평형식만으로 반력과 C점의 휨모멘트를 결정할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. A점에 대한 전체 구조물의 모멘트 평형에서 오른쪽 지점의 수직반력 B_y를 구한다.
$4B_y - (4kN)(1m) = 0$
따라서 $B_y = 1kN$이다.

2. 수직력 평형에서 왼쪽 지점의 수직반력은
$A_y + B_y - 4 = 0$
이므로 $A_y = 3kN$이다.

3. C점에서 왼쪽 부분을 절단한다. C점에 대한 외력의 모멘트 크기는
$|M_C| = |(3kN)(2m) - (4kN)(1m)| = 2kN \cdot m$
이다. 따라서 C점 휨모멘트의 크기는 $2kN \cdot m$이다.

선지 판단

① O — 계산값 $2kN \cdot m$와 일치한다.
② X — $3kN \cdot m$가 아니라 $2kN \cdot m$이다. $3kN$은 A점의 수직반력 값이므로 이를 C점 휨모멘트와 혼동하면 안 된다.
③ X — $4kN \cdot m$가 아니라 $2kN \cdot m$이다. $4kN$은 등분포하중의 합력이며, 모멘트는 힘에 작용팔을 곱하고 다른 외력의 모멘트와 함께 평형을 맞춰야 한다.
④ X — $6kN \cdot m$가 아니라 $2kN \cdot m$이다. $6kN \cdot m$는 $A_y \times 2m$만 계산한 값으로, 등분포하중 합력의 모멘트 $4kN \cdot m$를 빼야 한다.

오답 포인트

C점 왼쪽의 등분포하중을 합력 $4kN$으로 바꾸되, 그 작용점이 하중 구간 중앙이라는 점을 놓치기 쉽다. 특히 $A_y(2m) = 6kN \cdot m$만 계산하고 하중 합력의 모멘트를 누락하면 ④를 고르게 된다. 그림의 $5m$ 높이는 수직하중에 대한 C점 휨모멘트 계산에는 직접 사용되지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

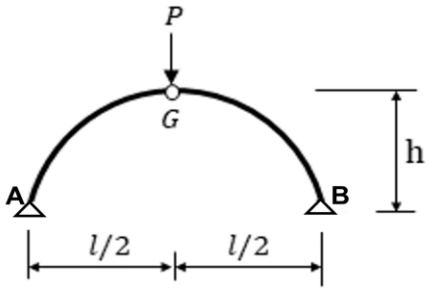
정정 라멘의 특정 점 휨모멘트는 먼저 전체 구조물의 평형으로 지점반력을 구하고, 해당 점에서 절단한 뒤 한쪽 부분의 모멘트 평형을 적용한다. 등분포하중은 반드시 합력 wL과 하중 구간 중앙의 작용점으로 치환한다.

암기 포인트

전체 평형으로 반력, 절단 평형으로 휨모멘트를 구한다. 등분포하중은 wL, 작용점은 구간의 중앙이다.

NoteBase

9. 그림과 같은 3힌지 아치의 A점의 수평반력은?



① $\frac{Pl}{2h}$ ② $\frac{Pl}{3h}$

③ $\frac{Pl}{4h}$ ④ $\frac{Pl}{h}$

정답 3번

출제 포인트

대칭인 3힌지 아치에서 수직반력을 먼저 구한 뒤, 중앙 힌지 G에 대한 한쪽 아치의 모멘트 평형으로 A점의 수평반력 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 경간은 l, 중앙 힌지 G의 높이는 h, G에 연직 집중하중 P가 작용한다.
구해야 할 값: A점 수평반력의 크기 H_A이다.
주의할 조건: 구조와 하중이 좌우 대칭이므로 두 지점의 수직반력은 같으며, 힌지 G에서는 휨모멘트가 0이다.

사용할 공식

전체 아치의 연직방향 평형과 대칭성에서
$V_A = V_B = \frac{P}{2}$
이다. 왼쪽 반쪽 아치를 분리하여 G점에 대한 모멘트 평형을 적용하면
$H_A h = V_A \frac{l}{2}$
이다. G점은 힌지이므로 G를 지나는 힌지력과 G에 작용하는 하중은 G점에 대한 모멘트를 만들지 않아 이 식을 사용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 대칭성에 의해 A점의 수직반력은 $V_A = P/2$이다.
2. 왼쪽 반쪽 아치에서 G점에 대한 모멘트 평형을 세우면 $H_A h = V_A(l/2)$이다.
3. $V_A = P/2$를 대입하면

$H_A h = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{Pl}{4}$

이므로

$H_A = \frac{Pl}{4h}$

이다.

선지 판단

① X — $Pl/(2h)$는 계산값 $Pl/(4h)$의 2배이다. 틀린 표현 $Pl/(2h)$는 $Pl/(4h)$로 고쳐야 한다.

② X — $Pl/(3h)$는 G점 모멘트 평형 $H_A h = (P/2)(l/2)$을 만족하지 않는다. 틀린 표현 $Pl/(3h)$는 $Pl/(4h)$로 고쳐야 한다.

③ O — $H_A = (P/2)(l/2)/h = Pl/(4h)$이므로 계산 결과와 일치한다.

④ X — Pl/h는 계산값 $Pl/(4h)$의 4배이다. 틀린 표현 Pl/h는 $Pl/(4h)$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

A점 수직반력을 P로 두거나, A와 G 사이의 수평거리 $l/2$를 l로 두면 계수 1/4을 놓치기 쉽다. 수직반력과 반경간에 각각 1/2이 들어간다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

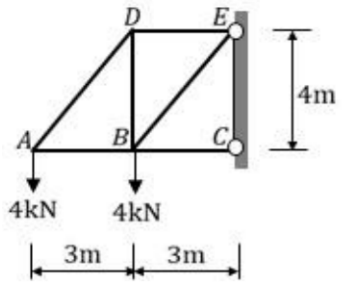
대칭 3힌지 아치는 먼저 전체 구조의 대칭성으로 수직반력을 구하고, 한쪽 아치를 절단한 뒤 중앙 힌지에 대한 모멘트 평형을 세워 수평반력을 계산한다.

암기 포인트

대칭 중앙하중을 받는 3힌지 아치에서는 $V_A = P/2$, $H_A h = V_A(l/2)$이므로 $H_A = Pl/(4h)$이다.

NoteBase

10. 그림과 같은 트러스에서 DE 부재의 부재력 [kN]은?



① 3 (압축)　② 3 (인장)
③ 4 (압축)　④ 4 (인장)

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 캔틸레버 트러스의 자유단 절점부터 절점법을 적용하여 DE 부재의 부재력과 인장·압축 여부를 구하는 문제이다.

조건 정리

A점과 B점에 각각 아래쪽으로 $4kN$의 하중이 작용한다. A-B와 B-C의 수평거리는 각각 $3m$, 트러스의 높이는 $4m$이므로 AD 부재는 3-4-5 삼각형을 이룬다. 구해야 할 값은 DE 부재의 축력이며, 부재력을 우선 인장으로 가정하고 계산한다.

사용할 공식

각 절점에서 평형조건 $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$을 적용한다. 트러스 부재는 양 끝이 핀으로 연결된 2력 부재이므로 부재력은 부재축 방향으로만 작용한다. 미지 부재력이 2개인 자유단 A 절점부터 해석하면 지점반력을 먼저 구하지 않고 DE 부재력까지 순서대로 계산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. A 절점에서 AD의 방향비는 수평 3, 수직 4, 길이 5이다. 수직평형으로

$\sum F_y = 0 : \quad F_{AD}\frac{4}{5} - 4 = 0$

따라서 $F_{AD} = 5kN$이며, 양의 값이므로 AD는 인장부재이다.

2. A 절점의 수평평형으로

$\sum F_x = 0 : \quad F_{AB} + 5\frac{3}{5} = 0$

따라서 $F_{AB} = -3kN$, 즉 AB는 $3kN$ 압축부재이다.

3. D 절점에서 인장력 $F_{AD} = 5kN$은 D점을 A점 방향으로 당기므로 그 수평성분은 왼쪽으로 $5 \times (3/5) = 3kN$이다. 수평평형으로

$\sum F_x = 0 : \quad F_{DE} - 3 = 0$

따라서 $F_{DE} = 3kN$이고, 가정한 방향과 같으므로 DE는 인장부재이다.

선지 판단

① X — DE의 크기 $3kN$은 맞지만 압축이 아니라 인장이다. 올바르게는 '$3kN$ 인장'이다.

② O — D 절점의 수평평형에서 $F_{DE} = 3kN$이고 인장으로 확인된다.

③ X — 크기와 성질이 모두 틀렸다. DE는 $4kN$ 압축이 아니라 $3kN$ 인장이다.

④ X — 인장이라는 성질은 맞지만 크기가 틀렸다. DE는 $4kN$ 인장이 아니라 $3kN$ 인장이다.

오답 포인트

수직하중 $4kN$을 그대로 DE의 축력으로 보면 ④를 고르기 쉽다. 그러나 DE는 수평부재이므로 D 절점에서 AD 축력의 수평성분 $3kN$과 평형을 이룬다. 또한 인장으로 가정한 부재력이 양수이면 인장, 음수이면 압축이라는 부호 판정을 뒤집으면 ①을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

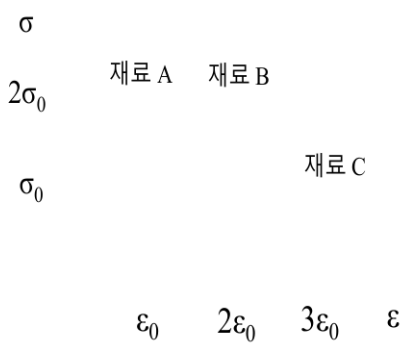
캔틸레버 트러스는 미지 부재력이 2개 이하인 자유단 절점부터 해석한다. 사재의 기하비로 축력을 구한 뒤 다음 절점에서 필요한 방향의 성분만 평형식에 넣고, 계산값의 부호로 인장과 압축을 판정한다.

암기 포인트

3-4-5 사재에서 수직성분이 $4kN$이면 사재력은 $5kN$, 수평성분은 $3kN$이다. DE는 이 수평성분과 평형을 이루므로 $3kN$ 인장이다.

NoteBase

11. 그림은 재료 A, B, C의 응력(σ) – 변형률(ε) 관계를 나타낸다. 재료 A, B, C의 탄성계수 비는?



① 3 : 2 : 1
② 6 : 3 : 1
③ 8 : 4 : 1
④ 16 : 9 : 1

정답 2번

출제 포인트

응력–변형률 관계에서 탄성계수 $E = \sigma/\varepsilon$를 이용하여 세 재료의 탄성계수 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

그래프에서 읽은 좌표는 $A(\varepsilon_0, 2\sigma_0)$, $B(2\varepsilon_0, 2\sigma_0)$, $C(3\varepsilon_0, \sigma_0)$이다.
구해야 할 값은 $E_A : E_B : E_C$이다.
각 재료의 응력을 해당 변형률로 나누어야 한다.

사용할 공식

탄성계수는 응력–변형률 관계의 기울기이므로 다음 식을 사용한다.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

각 재료의 상태가 원점과 해당 점을 잇는 직선의 기울기로 표현되므로 이 공식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

각 재료의 탄성계수는 다음과 같다.

$$E_A = \frac{2\sigma_0}{\varepsilon_0}, \qquad E_B = \frac{2\sigma_0}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}, \qquad E_C = \frac{\sigma_0}{3\varepsilon_0} = \frac{1}{3}\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}$$

공통인 σ_0/ε_0를 소거하면

$$E_A : E_B : E_C = 2 : 1 : \tfrac{1}{3} = 6 : 3 : 1$$

따라서 재료 A, B, C의 탄성계수 비는 6:3:1이다.

선지 판단

① X — 3:2:1은 계산 결과 6:3:1과 다르다. 올바르게는 6:3:1이다.
② O — 각 점에서 $E = \sigma/\varepsilon$를 계산한 비가 6:3:1이므로 맞다.
③ X — 8:4:1은 계산 결과와 다르다. 올바르게는 6:3:1이다.
④ X — 16:9:1은 응력과 변형률의 비로 계산한 결과가 아니다. 올바르게는 6:3:1이다.

오답 포인트

그래프의 응력값이나 변형률값만 서로 비교하면 안 된다. 탄성계수는 각 점의 세로좌표를 가로좌표로 나눈 값이며, C의 탄성계수 $\frac{1}{3}\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}$까지 구한 뒤 분수를 없애기 위해 전체 비에 3을 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

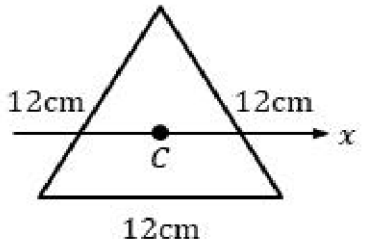
응력–변형률 그래프에서 각 재료의 좌표를 먼저 읽고, 재료별로 $E = \sigma/\varepsilon$를 계산한 다음, 공통 인자를 소거하고 분수가 없는 정수비로 정리한다.

암기 포인트

탄성계수는 응력–변형률 그래프의 기울기이며, 같은 응력에서는 변형률이 작을수록 탄성계수가 크다.

NoteBase

12. 그림과 같이 한 변이 12cm인 정삼각형의 도심을 지나는 축에 대한 회전반경 [cm]은?



① $\sqrt{3}$ ② $2\sqrt{3}$
③ $\sqrt{6}$ ④ $2\sqrt{6}$

정답 3번

출제 포인트

정삼각형의 도심을 지나는 밑변과 평행한 축에 대하여 단면2차모멘트와 단면적을 이용해 회전반경을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 정삼각형의 한 변은 $a = 12cm$이다.
삼각형의 밑변은 $b = 12cm$, 높이는 $h = \frac{\sqrt{3}}{2}a = 6\sqrt{3}cm$이다.
구해야 할 값: 도심 C를 지나며 밑변과 평행한 x축에 대한 회전반경 k_x이다.

사용할 공식

회전반경은 다음과 같다.
$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$
삼각형의 도심을 지나며 밑변과 평행한 축에 대한 단면2차모멘트와 단면적은 다음과 같다.
$I_x = \frac{bh^3}{36}$, $A = \frac{bh}{2}$
그림의 축이 삼각형의 도심을 지나고 밑변과 평행하므로 이 도심축 공식을 사용한다.

계산 과정

높이는 $h = 6\sqrt{3}cm$이다.
단면2차모멘트와 단면적을 회전반경 공식에 대입한다.
$k_x^2 = \frac{I_x}{A} = \frac{bh^3/36}{bh/2} = \frac{h^2}{18}$
따라서
$k_x = \frac{h}{3\sqrt{2}} = \frac{6\sqrt{3}}{3\sqrt{2}} = \sqrt{6}cm$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 계산 결과는 $\sqrt{6}cm$이므로 $\sqrt{3}cm$는 틀린 값이다. 올바른 값은 $\sqrt{6}cm$이다.
② X — 계산 결과는 $\sqrt{6}cm$이므로 $2\sqrt{3}cm$는 틀린 값이다. 올바른 값은 $\sqrt{6}cm$이다.
③ O — $k_x = \sqrt{I_x/A} = \sqrt{6}cm$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — 계산 결과는 $\sqrt{6}cm$이므로 $2\sqrt{6}cm$는 틀린 값이다. 올바른 값은 $\sqrt{6}cm$이다.

오답 포인트

삼각형의 높이를 한 변의 길이인 $12cm$로 두거나, 도심축에 대한 단면2차모멘트 $I_x = bh^3/36$ 대신 밑변축 공식을 사용하면 오답이 된다. 또한 회전반경은 I_x/A 자체가 아니라 그 제곱근인 $\sqrt{I_x/A}$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 도형의 높이와 단면적을 구하고, 회전축의 위치에 맞는 도심축 단면2차모멘트를 선택한 뒤 $k = \sqrt{I/A}$에 대입한다. 마지막에는 회전반경의 단위가 길이 단위인지 확인한다.

암기 포인트

삼각형의 도심축이 밑변과 평행하면 $I_x = bh^3/36$이고, 회전반경은 $k_x = \sqrt{I_x/A} = h/\sqrt{18}$이다.

NoteBase

13. 변형률과 응력에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?
① 변형률은 단위가 없다.
② 변형률은 음수값을 가질 수 없다.
③ 응력은 탄성계수(Young 계수)와 단위가 다르다.
④ 포아송비는 축방향 응력에 대한 하중이 작용하는 직각방향 응력의 비이다.

정답 1번

출제 포인트

변형률, 응력, 탄성계수 및 포아송비의 정의·단위·부호를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

변형률은 원래 길이에 대한 길이 변화량의 비로, $\varepsilon = \Delta L/L$이며 단위가 없는 무차원량이다. 인장변형률은 양수, 압축변형률은 음수가 될 수 있다.
응력은 단위 면적당 힘으로 $\sigma = F/A$이며 압력과 같은 단위를 사용한다. 영계수는 $E = \sigma/\varepsilon$이므로 변형률이 무차원량인 만큼 응력과 같은 단위를 갖는다.
포아송비는 일축하중을 받을 때 축방향 변형률에 대한 하중 직각방향 변형률의 음의 비로, $\nu = -\varepsilon_{\text{transverse}}/\varepsilon_{\text{axial}}$이다.

선지별 해설

① O — 변형률은 길이 변화량과 원래 길이의 비이므로 길이 단위가 서로 소거되어 단위가 없다.
② X — 틀린 표현은 '음수값을 가질 수 없다'이다. 실제로는 일반적인 부호 규약에서 인장변형률은 양수이고 압축변형률은 음수이므로 변형률은 음수값을 가질 수 있다.
③ X — 틀린 표현은 '탄성계수(Young 계수)와 단위가 다르다'이다. 실제로는 $E = \sigma/\varepsilon$이고 변형률 ε에는 단위가 없으므로 응력과 영계수의 단위는 같다.
④ X — 틀린 표현은 '직각방향 응력의 비'이다. 실제로 포아송비는 응력의 비가 아니라 축방향 변형률에 대한 직각방향 변형률의 음의 비이다.

오답 포인트

②에서는 '변형률은 단위가 없다'는 사실을 '부호도 없다'로 혼동하기 쉽다. ③에서는 영계수가 재료상수라는 이유로 응력과 단위가 다르다고 착각하기 쉽고, ④에서는 포아송비를 변형률비가 아닌 응력비로 바꾼 표현에 주의해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

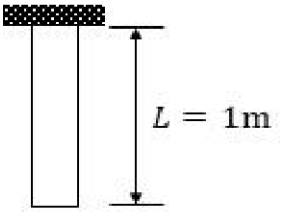
각 물리량의 정의식을 먼저 확인한다. 길이의 비인 변형률은 무차원이고 양수와 음수가 모두 가능하며, 영계수는 응력을 변형률로 나눈 값이므로 응력과 단위가 같다. 포아송비는 두 방향의 응력이 아니라 두 방향 변형률의 비이다.

암기 포인트

변형률은 무차원·부호 가능, 영계수와 응력은 같은 단위, 포아송비는 직각방향 변형률과 축방향 변형률의 비이다.

NoteBase

14. 그림과 같은 봉부재의 온도가 50 °C 증가할 때, 온도에 의한 길이 변화량 [mm]은? (단, 온도팽창계수는 1.0×10^{-5}/ °C이다.)



① 0.05 ② 0.5
③ 5 ④ 50

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 선팽창 공식으로 온도 상승에 따른 봉의 길이 증가량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 봉의 길이 $L = 1m$, 온도 증가량 $\Delta T = 50^\circ C$, 선팽창계수 $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}/^\circ C$이다.
구해야 할 값: 온도에 의한 길이 증가량 ΔL을 mm 단위로 구한다.
주의할 조건: 계산값은 먼저 m로 나오므로 $1m = 1000mm$를 적용한다.

사용할 공식

선팽창에 따른 길이 변화량은
$\Delta L = \alpha L \Delta T$
이다. 봉의 길이 변화량이 원래 길이, 선팽창계수, 온도 변화량에 각각 비례하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

주어진 값을 대입하면
$\Delta L = (1.0 \times 10^{-5}/^\circ C)(1m)(50^\circ C) = 5.0 \times 10^{-4}m$
이다. 이를 mm로 환산하면
$5.0 \times 10^{-4}m \times 1000mm/m = 0.5mm$
이므로 길이는 $0.5mm$ 증가한다.

NoteBase

선지 판단

① X — '0.05mm'는 계산 결과보다 10배 작은 값이다. 올바르게는 0.5mm이며, m에서 mm로 환산할 때 자릿수를 잘못 옮기면 나올 수 있다.
② O — 선팽창 공식과 단위 환산으로 구한 길이 증가량이 0.5mm이므로 맞다.
③ X — '5mm'는 계산 결과보다 10배 큰 값이다. 올바르게는 0.5mm이며, 지수 계산이나 단위 환산에서 10배를 과대 적용한 값이다.
④ X — '50mm'는 계산 결과보다 100배 큰 값이다. 올바르게는 0.5mm이며, $5.0 \times 10^{-4} m$의 단위 환산 자릿수를 두 자리 크게 잡은 값이다.

오답 포인트

핵심 함정은 $5.0 \times 10^{-4} m$를 mm로 바꾸는 과정이다. m에서 mm로 바꿀 때 1000을 곱하므로 0.5mm가 되며, 0.05, 5, 50처럼 소수점 위치를 잘못 잡지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

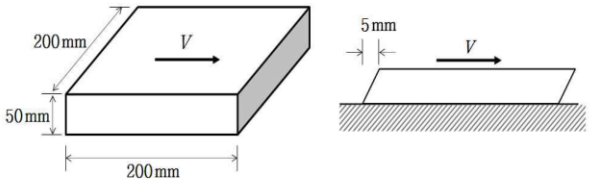
온도에 따른 길이 변화 문제는 $\Delta L = \alpha L \Delta T$에 값을 대입한 뒤, 마지막에 요구 단위로 환산하는 순서로 판단한다. 온도가 증가하면 길이 변화량의 부호는 양수이다.

암기 포인트

선팽창은 '계수 × 원래 길이 × 온도 변화'이며, $1m = 1000mm$이다.

NoteBase

15. 그림과 같이 크기가 400 N인 전단력 V가 부재 윗면에 고르게 작용할 때 5 mm의 수평변위가 발생하였다면, 이 재료의 전단탄성계수 [MPa]는?



① 0.01 ② 0.05
③ 0.1 ④ 0.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 전단응력과 전단변형률을 구한 뒤 $G = \tau/\gamma$를 이용하여 전단탄성계수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전단력 $V = 400N$, 전단면 크기 $200mm \times 200mm$, 부재 높이 $h = 50mm$, 수평변위 $\delta = 5mm$이다.
구해야 할 값: 전단탄성계수 G이다.
주의할 조건: 전단력이 윗면에 고르게 작용하므로 전단응력 계산에는 윗면의 면적을 사용하고, 전단변형률 계산에는 수평변위를 부재 높이로 나눈다.

사용할 공식

전단응력은 $\tau = V/A$, 전단변형률은 $\gamma = \delta/h$, 전단탄성계수는 $G = \tau/\gamma$이다.
전단력이 면 전체에 고르게 분포하므로 평균 전단응력 공식을 적용하며, 수평변위와 높이의 비가 전단변형률이므로 이 공식들을 사용한다.

계산 과정

1. 전단면적은 $A = 200 \times 200 = 40{,}000mm^2$이다.
2. 전단응력은 $\tau = 400/40{,}000 = 0.01N/mm^2 = 0.01MPa$이다.
3. 전단변형률은 $\gamma = 5/50 = 0.1$이다.
4. 따라서 $G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{0.01}{0.1} = 0.1MPa$ 이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $0.01MPa$는 전단응력 τ의 값이며 전단탄성계수의 값이 아니다. 틀린 값 $0.01MPa$ → 올바르게는 $0.1MPa$이다.
② X — 계산값 $0.1MPa$와 일치하지 않는다. 틀린 값 $0.05MPa$ → 올바르게는 $0.1MPa$이다.
③ O — $G = 0.01/0.1 = 0.1MPa$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — 계산값 $0.1MPa$의 5배이므로 일치하지 않는다. 틀린 값 $0.5MPa$ → 올바르게는 $0.1MPa$이다.
계산 결과가 $0.1MPa$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

①의 $0.01MPa$는 전단응력까지만 구하고 이를 전단탄성계수로 착각할 때 선택하기 쉽다. 전단탄성계수는 전단응력을 전단변형률로 한 번 더 나누어야 한다. 또한 면적에는 $200mm \times 200mm$, 변형률의 기준 길이에는 높이 $50mm$를 사용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

균일 전단 문제는 전단면적으로 $\tau = V/A$를 구하고, 변위 방향에 수직인 부재 높이로 $\gamma = \delta/h$를 구한 다음 $G = \tau/\gamma$를 적용한다. 마지막에는 $1N/mm^2 = 1MPa$로 단위를 검산한다.

암기 포인트

전단탄성계수는 '전단응력÷전단변형률', 즉 $G = \tau/\gamma$이다.

NoteBase

16. 지름 20 cm, 길이 1 m인 강봉의 한끝을 고정하고 다른 끝에 비틀림 모멘트를 1.6 kN · m만큼 작용시킬 때, 이 봉에 생기는 최대 전단응력 [MPa]은?

① 1.02 ② 1.50

③ 2.04 ④ 2.50

정답 1번

출제 포인트

중실 원형축에 비틀림 모멘트가 작용할 때 극관성모멘트와 비틀림 전단응력 공식을 이용하여 최대 전단응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 지름 $d = 20cm = 0.20m$, 길이 $L = 1m$, 비틀림 모멘트 $T = 1.6kN \cdot m = 1{,}600N \cdot m$이다.
구해야 할 값: 축 표면에서의 최대 전단응력 τ_{max}이다.
주의할 조건: 최대 전단응력은 중심에서 가장 먼 표면 $c = d/2$에서 생긴다. 길이 L은 비틀림각 계산에는 필요하지만 이 문항의 최대 전단응력 계산에는 들어가지 않는다.

사용할 공식

중실 원형축의 극관성모멘트는 $J = \frac{\pi d^4}{32}$이고, 비틀림 전단응력은 $\tau = \frac{Tr}{J}$이다. 따라서 표면에서의 최대 전단응력은
$\tau_{max} = \frac{T(d/2)}{\pi d^4/32} = \frac{16T}{\pi d^3}$
이다. 단면이 속이 찬 원형이고 축에 비틀림 모멘트가 작용하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 단위를 환산하면 $d = 0.20m$, $T = 1{,}600N \cdot m$이다.
2. 공식에 대입하면
$\tau_{max} = \frac{16(1{,}600)}{\pi(0.20)^3} = 1.0186 \times 10^6 Pa$
이다.
3. $1MPa = 10^6 Pa$이므로
$\tau_{max} = 1.0186MPa \approx 1.02MPa$
이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과가 $1.02MPa$이므로 옳다.
② X — $1.50MPa$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 $1.50MPa$는 $1.02MPa$로 고쳐야 한다.
③ X — $2.04MPa$는 계산 결과의 약 2배로서 최대 전단응력이 아니다. 틀린 값 $2.04MPa$는 $1.02MPa$로 고쳐야 한다.
④ X — $2.50MPa$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 $2.50MPa$는 $1.02MPa$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

지름 $20cm$를 $0.20m$로 바꾸지 않거나, $\tau_{max} = 16T/(\pi d^3)$에서 지름과 반지름을 혼동하면 오답이 된다. 또한 주어진 길이 $1m$를 전단응력 공식에 불필요하게 대입하는 함정에 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

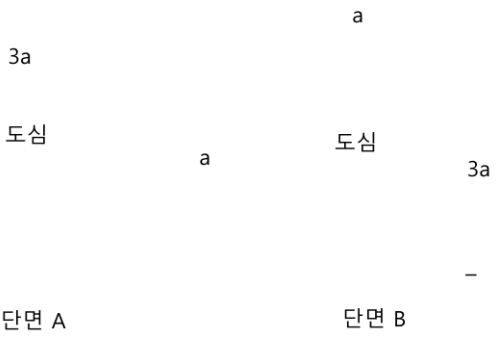
중실 원형축의 비틀림 문제에서는 먼저 지름과 토크의 단위를 통일하고, $J = \pi d^4/32$와 $\tau_{max} = Tc/J = 16T/(\pi d^3)$를 적용한 뒤 응력 단위를 MPa로 환산한다.

암기 포인트

중실 원형축의 최대 비틀림 전단응력은 표면에서 생기며, $\tau_{max} = 16T/(\pi d^3)$이다.

NoteBase

17. 그림과 같은 사각단면 A와 이것을 90도 회전한 사각단면 B가 있다. 사각단면 A와 B의 도심을 지나는 수평축 기준의 단면 2차 모멘트 비는?



① 1 : 3　② 1 : 4
③ 1 : 9　④ 1 : 27

정답 3번

출제 포인트

직사각형 단면을 90도 회전했을 때 도심을 지나는 수평축에 대한 단면 2차 모멘트가 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

단면 A: 폭 $b_A = 3a$, 높이 $h_A = a$이다.
단면 B: 폭 $b_B = a$, 높이 $h_B = 3a$이다.
두 단면 모두 도심을 지나는 수평축을 기준으로 하며, 수평축에 수직인 높이가 세제곱으로 반영된다는 점에 주의한다.

사용할 공식

직사각형의 도심 수평축에 대한 단면 2차 모멘트는
$I_x = \frac{bh^3}{12}$
이다. 여기서 b는 수평축과 나란한 폭, h는 수평축에 수직인 높이이다. 단면 2차 모멘트는 높이의 세제곱에 비례하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

단면 A의 단면 2차 모멘트는
$I_A = \frac{(3a)(a)^3}{12} = \frac{a^4}{4}$
이다.
단면 B의 단면 2차 모멘트는
$I_B = \frac{(a)(3a)^3}{12} = \frac{9a^4}{4}$
이다.
따라서
$I_A : I_B = \frac{a^4}{4} : \frac{9a^4}{4} = 1 : 9$
이다.

선지 판단

① X — 1 : 3은 계산 결과와 다르다. 틀린 비율 1 : 3을 올바르게 고치면 1 : 9이다.
② X — 1 : 4는 계산 결과와 다르다. 틀린 비율 1 : 4를 올바르게 고치면 1 : 9이다.
③ O — 계산 결과 $I_A : I_B = 1 : 9$이므로 옳다.
④ X — 1 : 27은 높이 변화만 세제곱하여 보고 폭이 $3a$에서 a로 변하는 것을 반영하지 않은 값이다. 틀린 비율 1 : 27을 올바르게 고치면 1 : 9이다.

오답 포인트

90도 회전하면 폭과 높이가 서로 바뀐다. 특히 단면 2차 모멘트에서 높이만 세제곱하여 1 : 27로 판단하거나, 폭과 높이를 모두 단순한 1차 비율로 처리하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

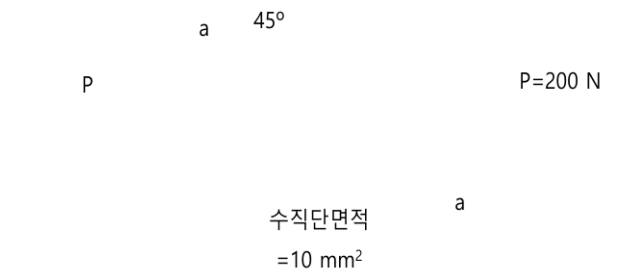
먼저 기준축과 나란한 치수를 b, 기준축에 수직인 치수를 h로 정한 뒤, 각 단면에 $I_x = bh^3/12$를 각각 적용하여 비를 약분한다.

암기 포인트

직사각형의 도심 수평축 단면 2차 모멘트는 $I_x = bh^3/12$이며, 축에 수직인 높이가 세제곱된다.

NoteBase

18. 그림과 같이 수직 단면적이 $10\,\mathrm{mm}^2$인 단면에 축방향으로 인장력이 $200\,\mathrm{N}$만큼 작용할 때, 경사면 $a-a$에 작용하는 수직응력 [MPa]은?



① 4 ② 6
③ 8 ④ 10

정답 4번

출제 포인트

축방향 인장력을 받는 부재에서 축에 대해 기울어진 단면에 작용하는 수직응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 인장력 $P=200N$, 수직단면적 $A=10mm^2$, 경사각 45°이다.
구해야 할 값: 경사면 $a-a$에 작용하는 수직응력 σ_n이다.
주의할 조건: A는 경사면의 면적이 아니라 축에 수직인 단면적이다.

사용할 공식

축에 수직인 단면의 축응력은
$\sigma=\frac{P}{A}$
이고, 경사면의 법선과 축방향이 이루는 각을 θ라 하면 경사면의 수직응력은
$\sigma_n=\sigma\cos^2\theta=\frac{P}{A}\cos^2\theta$
이다. 경사면에서 힘의 법선성분과 경사면적을 함께 고려하면 $\cos^2\theta$가 곱해지므로 이 공식을 사용한다. 이 그림에서는 경사면과 축의 각이 45°이고 경사면의 법선과 축의 예각도 45°이므로 $\theta=45^\circ$이다.

계산 과정

1. 축에 수직인 단면의 축응력을 계산한다.
$\sigma=\frac{200N}{10mm^2}=20N/mm^2=20MPa$
2. 경사면의 수직응력을 계산한다.
$\sigma_n=20\cos^2 45^\circ=20\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2=10MPa$
따라서 경사면 $a-a$에 작용하는 수직응력은 $10MPa$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $4MPa$는 계산 결과 $10MPa$와 다르다. 올바르게는 $10MPa$이다.
② X — $6MPa$는 계산 결과 $10MPa$와 다르다. 올바르게는 $10MPa$이다.
③ X — $8MPa$는 계산 결과 $10MPa$와 다르다. 올바르게는 $10MPa$이다.
④ O — $20MPa \times \cos^2 45^\circ = 10MPa$이므로 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

수직단면의 축응력 $20MPa$을 그대로 답으로 삼거나, 경사면 수직응력에 $\cos 45^\circ$를 한 번만 곱하기 쉽다. 경사면의 힘 성분과 면적 변화를 모두 반영하므로 $\cos^2 45^\circ$를 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

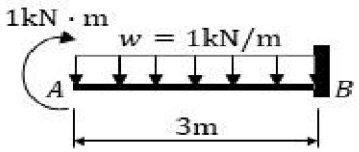
먼저 P/A로 수직단면의 축응력을 구한 뒤, 경사면의 법선과 축방향 사이의 각 θ를 확인하여 $\sigma_n = \sigma\cos^2\theta$를 적용한다. 마지막으로 $1N/mm^2 = 1MPa$인지 단위를 검산한다.

암기 포인트

일축응력 상태에서 경사면의 수직응력은 $\sigma_n = \sigma\cos^2\theta$이다. 45° 경사면에서는 축응력의 절반이다.

NoteBase

19. 그림과 같은 외팔보에서 휨모멘트 변곡점의 자유단 A점으로부터 거리 [m]는?



① $\sqrt{2}$ ② 1.5
③ $\sqrt{3}$ ④ 2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 자유단에서 임의 단면까지의 휨모멘트식을 세우고, 휨모멘트의 부호가 바뀌는 변곡점에서 $M(x) = 0$이 되는 위치를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 자유단 A의 시계방향 모멘트는 $1kN \cdot m$, 전 구간의 등분포하중은 $w = 1kN/m$, 보의 길이는 $3m$이다.
구해야 할 값: 자유단 A로부터 휨모멘트 변곡점까지의 거리 x이다.
주의할 조건: A점의 집중모멘트와 등분포하중이 단면에 만드는 모멘트의 방향은 서로 반대이며, 구한 위치는 보의 범위 $0 \le x \le 3m$ 안에 있어야 한다.

사용할 공식

A점에서 x만큼 떨어진 단면의 휨모멘트는
$M(x) = -1 + \frac{wx^2}{2}$
이다. 등분포하중의 합력 wx가 하중 구간의 중앙인 단면으로부터 $x/2$ 떨어진 곳에 작용하므로, 이 하중이 만드는 모멘트가 $wx \cdot x/2 = wx^2/2$이 되기 때문에 이 공식을 사용한다. 변곡점에서는 휨모멘트가 0이 된다.

계산 과정

1. 변곡점 조건을 적용하면 $M(x) = 0$이다.
2. $w = 1kN/m$을 대입하면
$-1 + \frac{x^2}{2} = 0$
이다.
3. 따라서 $x^2 = 2$이고, 거리는 양수이므로
$x = \sqrt{2}m$
이다. 이 값은 $0 \le x \le 3m$를 만족한다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과가 $x = \sqrt{2}m$이므로 변곡점의 위치와 일치한다.
② X — $x = 1.5m$를 대입하면 $M = -1 + 1.5^2/2 = 0.125kN \cdot m$로 0이 아니다. 틀린 값 $1.5m$가 아니라 올바른 거리는 $\sqrt{2}m$이다.
③ X — $x = \sqrt{3}m$를 대입하면 $M = -1 + 3/2 = 0.5kN \cdot m$로 0이 아니다. 틀린 값 $\sqrt{3}m$가 아니라 올바른 거리는 $\sqrt{2}m$이다.
④ X — $x = 2m$를 대입하면 $M = -1 + 2^2/2 = 1kN \cdot m$로 0이 아니다. 틀린 값 $2m$가 아니라 올바른 거리는 $\sqrt{2}m$이다.

오답 포인트

등분포하중의 합력 wx만 구하고 작용점까지의 거리 $x/2$를 빠뜨리면 하중 모멘트를 $wx^2/2$가 아닌 다른 식으로 세우게 된다. 또한 자유단의 집중모멘트와 등분포하중 모멘트의 방향이 반대라는 점을 반영해야 휨모멘트가 0이 되는 내부 지점을 찾을 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

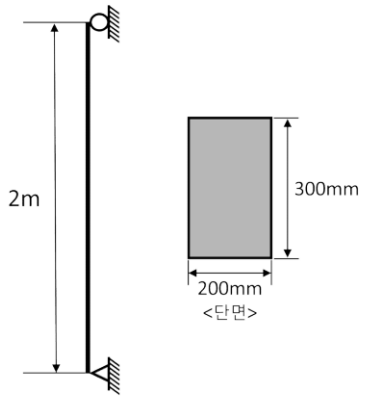
자유단에서 거리 x인 곳을 절단하고, 절단면 한쪽의 집중모멘트와 분포하중 합력의 모멘트를 방향까지 포함해 합산한다. 이어서 $M(x) = 0$을 풀고, 해가 실제 보의 길이 안에 있는지 확인한다.

암기 포인트

휨모멘트 변곡점은 $M = 0$이면서 전후에서 부호가 바뀌는 점이고, 길이 x에 걸친 등분포하중의 단면 모멘트는 $wx^2/2$이다.

NoteBase

20. 그림과 같은 구조물의 세장비 λ_{max}는?



① $10\sqrt{3}$ ② $20\sqrt{3}$
③ $30\sqrt{3}$ ④ $40\sqrt{3}$

정답 2번

출제 포인트

양단 지지조건으로 유효길이를 정하고, 직사각형 단면의 최소 회전반경을 이용하여 최대 세장비를 구하는 문제이다.

조건 정리

부재 길이: $L = 2m = 2{,}000mm$
단면: $200mm \times 300mm$ 직사각형
지지조건: 양단에서 회전은 자유롭고 횡변위는 구속되므로 양단 힌지 기둥으로 보며, 유효길이계수는 $K = 1$이다.
구해야 할 값: 단면의 약축에 대한 최대 세장비 λ_{max}이다.

사용할 공식

$L_e = KL, \qquad \lambda_{max} = \frac{L_e}{i_{min}}$
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$
직사각형 단면에서 각 변 방향에 대응하는 회전반경은 그 변의 길이를 $\sqrt{12}$로 나눈 값이다. 좌굴 세장비는 회전반경이 작을수록 커지므로 최소 회전반경을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 양단 힌지이므로 유효길이는 $L_e = KL = 1 \times 2{,}000 = 2{,}000mm$이다.
2. 두 방향의 회전반경은 다음과 같다.
$i_{(300)} = \frac{300}{\sqrt{12}} = 50\sqrt{3}mm, \qquad i_{(200)} = \frac{200}{\sqrt{12}} = \frac{100}{\sqrt{3}}mm$
3. 작은 값은 $i_{\min} = 100/\sqrt{3}mm$이므로 최대 세장비는 다음과 같다.
$\lambda_{\max} = \frac{2{,}000}{100/\sqrt{3}} = 20\sqrt{3}$
따라서 계산값은 $20\sqrt{3}$이다.

선지 판단

① X — $10\sqrt{3}$은 계산값과 다르다. 이는 유효길이를 $1{,}000mm$, 즉 $K = 0.5$로 잘못 적용한 값이며, 올바르게는 $20\sqrt{3}$이다.
② O — 최소 회전반경 $100/\sqrt{3}mm$과 유효길이 $2{,}000mm$를 적용하면 $20\sqrt{3}$이 된다.
③ X — $30\sqrt{3}$은 계산값과 다르다. 이는 유효길이를 $3{,}000mm$, 즉 $K = 1.5$로 잡아야 나오는 값으로 그림의 지지조건과 맞지 않으며, 올바르게는 $20\sqrt{3}$이다.
④ X — $40\sqrt{3}$은 계산값과 다르다. 이는 고정-자유 기둥처럼 $K = 2$를 적용한 값이며, 그림은 양단 힌지 조건이므로 올바르게는 $20\sqrt{3}$이다.

오답 포인트

단면의 큰 치수 $300mm$로 회전반경을 계산하면 최대 세장비를 얻을 수 없다. 최대 세장비는 약축 좌굴에 대응하므로 작은 치수 $200mm$에서 정해지는 최소 회전반경을 사용한다. 또한 그림의 양단 회전 자유 조건을 고정단 조건으로 오인하여 유효길이계수를 바꾸지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

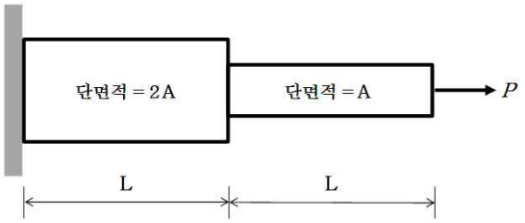
먼저 지지조건에서 K를 정해 $L_e = KL$을 구하고, 단면의 두 회전반경 중 작은 $i_{\min}$을 찾은 뒤 $\lambda_{\max} = L_e/i_{\min}$에 대입한다. 길이와 회전반경의 단위를 같게 맞춘다.

암기 포인트

최대 세장비는 '유효길이 ÷ 최소 회전반경'이며, 직사각형은 짧은 변 쪽 회전반경이 최소가 된다.

NoteBase

21. 그림과 같이 봉 부재에 축하중 P가 작용할 때 저장된 변형에너지는? (단, 탄성계수 E는 일정하다.)



① $\frac{3P^2L}{4EA}$ ② $\frac{P^2L}{2EA}$

③ $\frac{P^2L}{3EA}$ ④ $\frac{P^2L}{4EA}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 축하중을 받는 단면이 다른 두 봉 구간의 변형에너지를 각각 구한 뒤 합산하는 문제이다.

조건 정리

두 구간에 작용하는 축력은 모두 P이다. 왼쪽 구간은 길이 L, 단면적 $2A$이고, 오른쪽 구간은 길이 L, 단면적 A이다. 탄성계수 E는 두 구간에서 일정하다.

사용할 공식

축력이 일정한 균일 단면 봉의 변형에너지는 다음과 같다.

$U = \frac{N^2L}{2EA}$

각 구간에서는 축력과 단면적이 일정하므로 이 공식을 구간별로 적용한 뒤 더한다.

계산 과정

왼쪽 구간의 변형에너지는

$U_1 = \frac{P^2L}{2E(2A)} = \frac{P^2L}{4EA}$

이다. 오른쪽 구간의 변형에너지는

$U_2 = \frac{P^2L}{2EA}$

이다. 따라서 전체 변형에너지는

$U = U_1 + U_2 = \frac{P^2L}{4EA} + \frac{P^2L}{2EA} = \frac{3P^2L}{4EA}$

이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 두 구간의 변형에너지를 합한 값 $\frac{3P^2L}{4EA}$와 일치한다.
② X — $\frac{P^2L}{2EA}$는 단면적이 A인 오른쪽 구간의 변형에너지만 계산한 값으로, 왼쪽 구간의 에너지가 빠졌다. 올바른 전체 값은 $\frac{3P^2L}{4EA}$이다.
③ X — 구간별 단면적 $2A$와 A를 공식의 분모에 각각 반영하여 합하면 분모가 $3EA$인 값이 나오지 않는다. 올바른 전체 값은 $\frac{3P^2L}{4EA}$이다.
④ X — $\frac{P^2L}{4EA}$는 단면적이 $2A$인 왼쪽 구간의 변형에너지만 계산한 값으로, 오른쪽 구간의 에너지가 빠졌다. 올바른 전체 값은 $\frac{3P^2L}{4EA}$이다.

오답 포인트

봉 전체의 길이와 하나의 단면적을 한 번에 공식에 넣거나, 두 구간 중 하나의 변형에너지만 구하면 오답이 된다. 단면적이 바뀌는 지점에서 구간을 나누어 각각 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

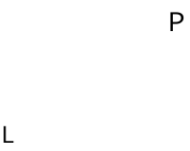
축력, 단면적 또는 탄성계수가 바뀌는 지점에서 부재를 나누고, 각 구간에 $U_i = \frac{N_i^2 L_i}{2E_i A_i}$를 적용한 뒤 $U = \sum U_i$로 합산한다.

암기 포인트

축변형에너지는 N^2L에 비례하고 EA에 반비례하며, 단면이 달라지면 구간별 에너지를 더한다.

NoteBase

22. 그림과 같이 길이가 L인 캔틸레버 끝단에 집중하중 P가 작용할 때 끝단에서의 처짐은? (단, EI는 휨강성이다.)



① $\frac{PL^3}{12EI}$ ② $\frac{PL^3}{6EI}$

③ $\frac{PL^3}{4EI}$ ④ $\frac{PL^3}{3EI}$

정답 4번

출제 포인트

길이 L인 캔틸레버의 자유단에 집중하중 P가 작용할 때, 모멘트-곡률 관계와 고정단 경계조건을 이용하여 자유단 처짐을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 보의 길이 L, 자유단 집중하중 P, 일정한 휨강성 EI이다.
구해야 할 값: 하중이 작용하는 자유단의 처짐 크기이다.
주의할 조건: 고정단에서는 처짐과 회전각이 모두 0이며, 처짐 방향은 하중 방향인 아래쪽이다.

사용할 공식

고정단에서 자유단 방향으로 좌표 x를 잡으면 단면의 휨모멘트는 $M(x) = -P(L - x)$이고, 모멘트-곡률 관계는 다음과 같다.
$EI\frac{d^2v}{dx^2} = M(x) = -P(L - x)$
이 공식을 쓰는 이유는 EI가 일정한 보의 탄성 처짐을 휨모멘트 분포로부터 구할 수 있기 때문이다. 고정단 경계조건은 $v(0) = 0$, $v'(0) = 0$이다.

NoteBase

계산 과정

모멘트-곡률식을 한 번 적분하고 $v'(0)=0$을 적용하면 다음과 같다.
$EIv'(x) = -P\left(Lx - \frac{x^2}{2}\right)$
다시 적분하고 $v(0)=0$을 적용하면 다음과 같다.
$EIv(x) = -P\left(\frac{Lx^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right)$
자유단 $x=L$을 대입하면 다음과 같다.
$v(L) = -\frac{PL^3}{3EI}$
음수는 아래쪽 처짐을 뜻하므로 자유단 처짐의 크기는 $\frac{PL^3}{3EI}$이다.

선지 판단

① X — $\frac{PL^3}{12EI}$는 계산된 처짐 크기의 14에 불과하다. 틀린 값 $\frac{PL^3}{12EI}$ → 올바른 자유단 처짐은 $\frac{PL^3}{3EI}$이다.
② X — $\frac{PL^3}{6EI}$는 계산된 처짐 크기의 12에 불과하다. 틀린 값 $\frac{PL^3}{6EI}$ → 올바른 자유단 처짐은 $\frac{PL^3}{3EI}$이다.
③ X — $\frac{PL^3}{4EI}$는 계산된 처짐 크기의 34이므로 일치하지 않는다. 틀린 값 $\frac{PL^3}{4EI}$ → 올바른 자유단 처짐은 $\frac{PL^3}{3EI}$이다.
④ O — 모멘트-곡률식을 두 번 적분하고 고정단 경계조건을 적용한 결과 $\frac{PL^3}{3EI}$와 정확히 일치한다.
계산 결과 자유단 처짐의 크기는 $\frac{PL^3}{3EI}$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

자유단 집중하중을 받는 캔틸레버의 처짐계수 13을 다른 하중·지지 조건의 계수와 혼동하기 쉽다. 또한 두 번 적분한 뒤 고정단 조건 $v(0)=0$, $v'(0)=0$을 모두 적용하지 않으면 분모가 6, 4, 12인 오답을 선택하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

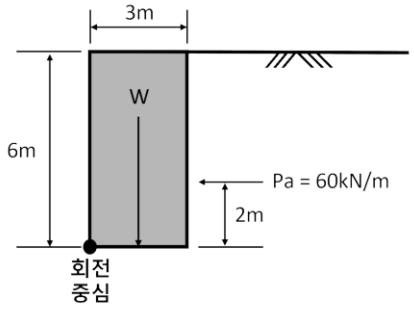
캔틸레버의 자유단 집중하중 문제에서는 먼저 $M(x) = -P(L-x)$를 세우고, $EIv'' = M$을 두 번 적분한 뒤 고정단의 처짐과 회전각이 0이라는 두 경계조건을 적용한다. 마지막으로 자유단 $x=L$을 대입하고 처짐 방향과 크기를 구분한다.

암기 포인트

캔틸레버 자유단 집중하중: 자유단 처짐 크기 $\delta = \frac{PL^3}{3EI}$, 자유단 회전각 크기 $\theta = \frac{PL^2}{2EI}$이다.

NoteBase

23. 그림과 같은 단위중량이 $20\,\mathrm{kN/m^3}$인 콘크리트 옹벽의 전도에 대한 안전율은? (단, 흙의 마찰력과 수동토압은 무시한다.)



① 1.5 ② 2.5
③ 3.5 ④ 4.5

정답 4번

출제 포인트

옹벽의 자중에 의한 저항모멘트와 주동토압에 의한 전도모멘트의 비로 전도 안전율을 구하는 문제이다.

조건 정리

옹벽의 폭은 $3m$, 높이는 $6m$, 콘크리트의 단위중량은 $20kN/m^3$이다. 벽체 길이 $1m$를 기준으로 계산한다.
자중 W는 직사각형 벽체의 도심인 회전중심에서 $1.5m$ 떨어진 곳에 작용한다.
주동토압의 합력은 $P_a = 60kN/m$이고, 회전중심에서 수직으로 $2m$ 떨어진 높이에 작용한다.
흙의 마찰력과 수동토압은 무시한다.

사용할 공식

$$F_s = \frac{\sum M_R}{\sum M_O}$$

여기서 M_R은 자중에 의한 저항모멘트이고, M_O는 주동토압에 의한 전도모멘트이다. 전도에 대한 안전율은 회전중심을 기준으로 전도를 막는 모멘트를 전도를 일으키는 모멘트로 나눈 값이므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 벽체 길이 $1m$당 자중을 구한다.

$W = 20kN/m^3 \times 3m \times 6m \times 1m = 360kN$

2. 자중에 의한 저항모멘트를 구한다.

$M_R = W \times 1.5m = 360kN \times 1.5m = 540kN \cdot m$

3. 벽체 길이 $1m$에 작용하는 주동토압의 합력과 전도모멘트를 구한다.

$P_a = 60kN/m \times 1m = 60kN$

$M_O = P_a \times 2m = 60kN \times 2m = 120kN \cdot m$

4. 전도 안전율을 계산한다.

$F_s = \frac{540}{120} = 4.5$

선지 판단

① X — 1.5는 계산된 안전율 4.5와 일치하지 않는다. '안전율은 1.5이다'가 아니라 '안전율은 4.5이다'가 옳다.

② X — 2.5는 저항모멘트 $540kN \cdot m$를 전도모멘트 $120kN \cdot m$로 나눈 값과 일치하지 않는다. '안전율은 2.5이다'가 아니라 '안전율은 4.5이다'가 옳다.

③ X — 3.5는 540/120의 계산 결과가 아니다. '안전율은 3.5이다'가 아니라 '안전율은 4.5이다'가 옳다.

④ O — 저항모멘트와 전도모멘트의 비가 540/120 = 4.5이므로 옳다.

오답 포인트

벽체 폭 $3m$의 절반인 $1.5m$는 자중의 모멘트팔이지 안전율이 아니다. 또한 주동토압의 작용높이 $2m$를 빠뜨리거나 안전율의 분자와 분모를 뒤바꾸면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

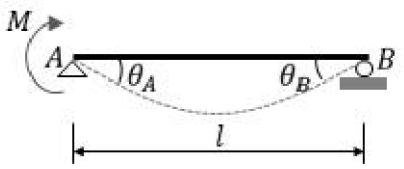
먼저 회전중심을 정하고 각 힘의 작용선까지 수직거리를 구한다. 그다음 자중에 의한 저항모멘트와 토압에 의한 전도모멘트를 각각 계산한 뒤 $F_s = \sum M_R / \sum M_O$를 적용한다.

암기 포인트

전도 안전율은 '버티는 모멘트 ÷ 넘어뜨리는 모멘트'이다.

NoteBase

24. 그림과 같이 단순보의 A점에 모멘트 M을 작용할 때, A점과 B점의 처짐각 비 $\frac{\theta_A}{\theta_B}$는? (단, 휨강성은 일정하다.)



① 2 ② 3
③ 4 ④ 5

정답 1번

출제 포인트

단순보의 한쪽 끝에 모멘트가 작용할 때 탄성곡선의 미분방정식을 적분하여 양 끝의 처짐각 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 지간은 l, A점에 작용하는 모멘트는 M, 휨강성은 일정한 EI이다.
구해야 할 값: A점과 B점의 처짐각 크기의 비 θ_A/θ_B이다.
주의할 조건: 단순지지된 A점과 B점에서는 처짐이 0이므로 $v(0) = v(l) = 0$이다. 처짐각의 부호는 서로 반대이지만, 선지의 비는 그림에 표시된 각의 크기 비를 뜻한다.

사용할 공식

A에서 오른쪽으로 x축을 잡으면 보의 휨모멘트는 A에서 M, B에서 0이 되도록 선형으로 변하므로
$M(x) = M\left(1 - \frac{x}{l}\right)$
이다. 탄성곡선의 미분방정식은
$EI\frac{d^2v}{dx^2} = M(x)$
이다. 휨강성이 일정하므로 이 식을 두 번 적분하고 단순보의 처짐 경계조건을 적용하면 양 끝의 처짐각을 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

탄성곡선의 미분방정식을 한 번 적분하면
$EI\frac{dv}{dx} = M\left(x - \frac{x^2}{2l}\right) + C_1$
이고, 다시 적분하면
$EIv = M\left(\frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6l}\right) + C_1 x + C_2$
이다. $v(0) = 0$에서 $C_2 = 0$이고, $v(l) = 0$에서
$C_1 = -\frac{Ml}{3}$
을 얻는다. 따라서 양 끝의 기울기는
$\theta_A = \frac{dv}{dx}\Big|_{x=0} = -\frac{Ml}{3EI}, \qquad \theta_B = \frac{dv}{dx}\Big|_{x=l} = \frac{Ml}{6EI}$
이다. 두 처짐각은 회전 방향이 반대이고 크기의 비는
$\frac{|\theta_A|}{|\theta_B|} = \frac{Ml/(3EI)}{Ml/(6EI)} = 2$
이다.

선지 판단

① O — 계산 결과 처짐각 크기의 비가 2이므로 옳다.
② X — 3은 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $\theta_A/\theta_B = 2$이다.
③ X — 4는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $\theta_A/\theta_B = 2$이다.
④ X — 5는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $\theta_A/\theta_B = 2$이다.
따라서 정답은 ①이다.

오답 포인트

양 끝 처짐각의 회전 방향이 반대라는 점 때문에 부호 있는 기울기 비와 선지에서 묻는 각의 크기 비를 혼동하기 쉽다. 또한 단순지지점에서는 처짐이 0일 뿐 처짐각이 0인 것은 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

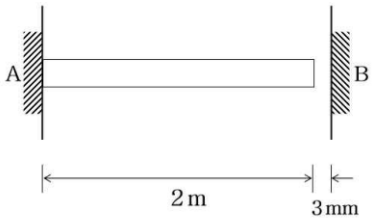
끝모멘트가 작용하는 단순보에서는 먼저 휨모멘트도를 선형식으로 나타내고, $EIv'' = M(x)$를 두 번 적분한 뒤 $v(0) = v(l) = 0$을 적용한다. 마지막에는 기울기의 부호와 처짐각의 크기를 구분하여 선지와 비교한다.

암기 포인트

한쪽 끝모멘트 M을 받는 단순보는 $|\theta_A| = Ml/(3EI)$, $|\theta_B| = Ml/(6EI)$이므로 모멘트 작용점의 처짐각 크기가 반대쪽의 2배이다.

NoteBase

25. 그림과 같이 지점 A는 고정되어 있고, 다른 한쪽 끝은 벽과 3 mm 떨어져 있는 수평부재가 있다. 부재의 온도가 200 °C 상승할 때, 부재 내에 발생하는 압축응력 [MPa]은? (단, 처짐에 의한 휨응력은 발생하지 않고, 부재의 온도팽창계수는 1×10^{-5}/°C이며, 탄성계수는 200 GPa이다.)



① 50 ② 100
③ 150 ④ 200

정답 2번

출제 포인트

온도 상승에 따른 자유팽창량에서 벽과의 틈을 뺀 구속 변형량을 구하고, 이를 변형률과 압축응력으로 환산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 부재 길이 $L = 2m = 2{,}000mm$, 벽과의 틈 $g = 3mm$, 온도 상승 $\Delta T = 200^\circ C$, 온도팽창계수 $\alpha = 1 \times 10^{-5}/^\circ C$, 탄성계수 $E = 200GPa = 200{,}000MPa$이다.
구해야 할 값: 벽에 닿은 뒤 추가 팽창이 구속되어 발생하는 압축응력이다.
주의할 조건: 자유팽창량 전체가 구속되는 것이 아니라, 먼저 $3mm$의 틈이 닫힌 뒤 남는 팽창량만 구속된다.
처짐에 의한 휨응력은 고려하지 않는다.

사용할 공식

자유 열팽창량은 $\delta_T = \alpha \Delta T L$이다. 틈이 닫힌 뒤의 구속 변형량은 $\delta_c = \delta_T - g$, 구속 변형률의 크기는 $\varepsilon_c = \delta_c / L$, 압축응력의 크기는 $\sigma = E\varepsilon_c$이다.
이 공식은 부재가 벽에 닿기 전까지 자유롭게 팽창하고, 벽에 닿은 뒤 남은 열팽창만 축방향으로 구속되기 때문에 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 자유 열팽창량을 구한다.

$\delta_T = (1 \times 10^{-5})(200)(2{,}000) = 4mm$

2. 틈을 제외한 구속 변형량을 구한다.

$\delta_c = 4 - 3 = 1mm$

3. 구속 변형률을 구한다.

$\varepsilon_c = \frac{1}{2{,}000} = 5 \times 10^{-4}$

4. 압축응력의 크기를 구한다.

$\sigma = (200{,}000)(5 \times 10^{-4}) = 100MPa$

따라서 부재에 발생하는 압축응력은 $100MPa$이다.

선지 판단

① X — $50MPa$는 계산값 $100MPa$와 다르다. 틀린 값 $50MPa$ → 올바르게는 $100MPa$이다.

② O — 틈이 닫힌 뒤 구속되는 변형량은 $1mm$이고, 이에 따른 압축응력은 $100MPa$이다.

③ X — $150MPa$는 계산값 $100MPa$와 다르다. 틀린 값 $150MPa$ → 올바르게는 $100MPa$이다.

④ X — $200MPa$는 틈을 반영한 계산값이 아니다. 틀린 값 $200MPa$ → 올바르게는 $100MPa$이다.

오답 포인트

자유 열팽창량 $4mm$ 전체를 곧바로 구속 변형으로 보면 안 된다. 부재는 먼저 $3mm$의 틈만큼 무응력 상태로 팽창하므로, 응력을 만드는 구속 변형량은 남은 $1mm$뿐이다. 또한 m와 mm, GPa와 MPa의 단위를 일치시켜야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

틈이 있는 열팽창 문제는 자유팽창량을 먼저 계산한 뒤 틈과 비교한다. 자유팽창량이 틈보다 작거나 같으면 접촉하지 않아 응력이 0이고, 틈보다 크면 초과 팽창량만 길이로 나누어 구속 변형률을 구한 다음 탄성계수를 곱한다.

암기 포인트

틈이 있는 부재의 열응력은 '자유팽창량 - 틈 = 실제 구속량'이며, $\sigma = E(\alpha \Delta T - g/L)$로 정리된다. 단, $\alpha \Delta T L > g$일 때만 압축응력이 발생한다.

NoteBase