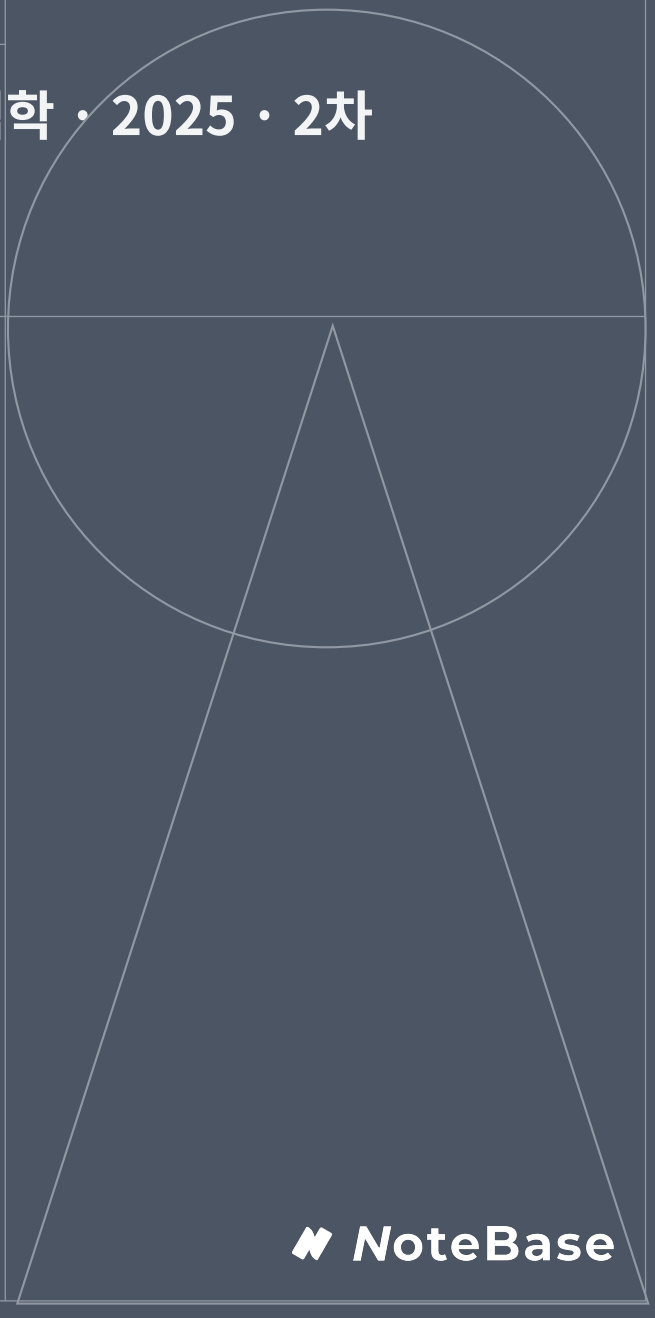
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2025 · 2차



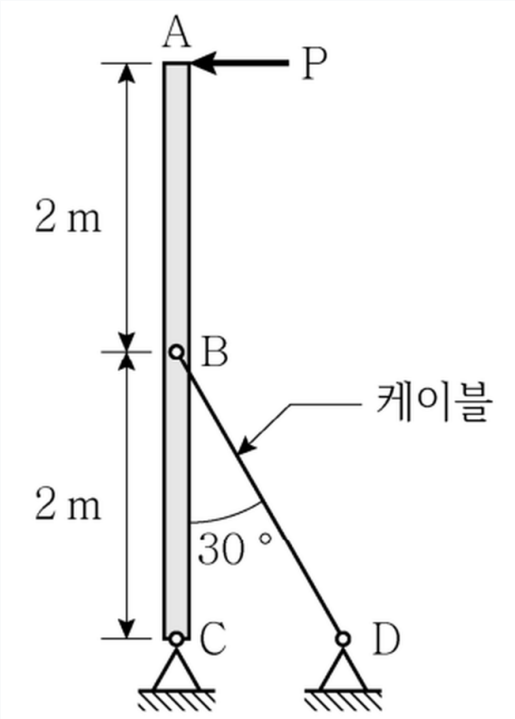
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2025 · 2차

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2025 · 2차

문 1. 그림과 같이 강체 AC는 B점에서 케이블 BD로 지지되어 있고, A점에 수평하중 P가 작용할 때, 케이블 BD의 인장력은 αP이다. α의 크기는? (단, 강체와 케이블의 자중은 무시한다)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 C점을 기준으로 한 모멘트 평형을 이용해 케이블 장력 $T = \alpha P$의 계수 α를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: $AB = 2m$, $BC = 2m$이므로 $AC = 4m$이다.
주어진 하중: A점에 왼쪽 방향 수평하중 P가 작용한다.
케이블 조건: BD는 B점에 연결되어 있고 강체 AC와 30°를 이룬다.
구해야 할 값: 케이블 장력 T와 P의 비 $\alpha = T/P$이다.

사용할 공식

강체 AC가 정지하므로 C점에 대한 모멘트의 합은 0이다.

$$\sum M_C = 0$$

이 공식을 쓰는 이유는 C점이 지점이므로 반력의 모멘트가 사라지고, A점의 수평하중과 B점 케이블 힘만으로 평형을 바로 세울 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. A점의 수평하중 P는 C점에서 4m 떨어져 있으므로 모멘트 크기는 $4P$이다.
2. B점 케이블 장력 T에서 C점 모멘트를 만드는 성분은 수평성분뿐이므로 $T\sin 30^\circ = T/2$이다.
3. 이 수평성분의 작용점 높이는 C점에서 2m이므로 케이블이 만드는 모멘트 크기는
$2 \times T\sin 30^\circ = 2 \times T/2 = T$이다.
4. 평형식은 $T = 4P$가 되고, 따라서 $\alpha = 4$이다.

선지 판단

① 2: X. $\alpha = 2$이면 $T = 2P$인데, 모멘트 평형식 $T = 4P$를 만족하지 못한다. 틀린 표현은 \"케이블 장력이 $2P$이다\"이고, 올바르게는 \"케이블 장력은 $4P$이다\"이다. 이 값은 A점의 모멘트팔 4m를 2m로 잘못 본 경우에 자주 나온다.
② 4: O. C점에 대한 모멘트 평형에서 $2 \times T\sin 30^\circ = 4P$이므로 $T = 4P$이다. 따라서 $\alpha = 4$가 맞다.
③ 6: X. $\alpha = 6$이면 $T = 6P$가 되어 평형식 좌변이 $2 \times 6P \times 1/2 = 6P$가 되므로 우변 $4P$와 맞지 않는다. 틀린 표현은 \"케이블 장력이 $6P$이다\"이고, 올바르게는 \"케이블 장력은 $4P$이다\"이다. 이 값은 30° 성분 분해를 잘못 적용해 수평성분을 과대평가할 때 생긴다.
④ 8: X. $\alpha = 8$이면 케이블이 만드는 모멘트가 $2 \times 8P \times 1/2 = 8P$가 되어 A점 하중의 모멘트 $4P$보다 두 배 커진다. 틀린 표현은 \"케이블 장력이 $8P$이다\"이고, 올바르게는 \"케이블 장력은 $4P$이다\"이다. 이 값은 모멘트팔과 힘 성분을 동시에 중복 계산한 경우에 해당한다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 케이블 장력 T 전체가 아니라 C점 모멘트를 만드는 수평성분 $T\sin 30^\circ$만 써야 한다는 점이다. 또 A점 하중의 모멘트팔은 2m가 아니라 A에서 C까지의 4m이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

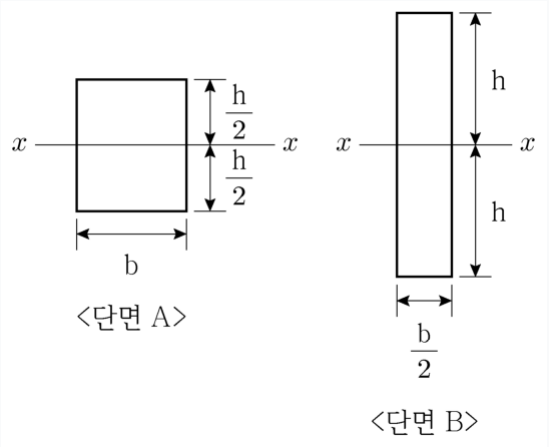
막대와 케이블이 함께 나온 정역학 문제는 먼저 회전중심을 잡고, 각 힘에서 그 점에 대한 모멘트를 만드는 성분과 모멘트팔만 남겨 평형식을 세우면 된다. 이 문항에서는 C점을 기준으로 \"A점 수평하중의 4m 모멘트\"와 \"B점 케이블의 수평성분 모멘트\"만 비교하면 된다.

암기 포인트

모멘트는 힘 전체가 아니라 회전중심에 대해 수직인 성분만 작용하며, 이 문제에서는
$2 \times T\sin 30^\circ = 4P \Rightarrow T = 4P$이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 면적이 같은 직사각형 단면에서 수평축(x축)에 대한 단면2차모멘트의 비 $\left(\frac{I_B}{I_A}\right)$는? (단, I_A는 단면 A의 단면2차모멘트이고, I_B는 단면 B의 단면2차모멘트이다)



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직사각형의 중심축에 대한 단면2차모멘트 공식 $I_x = \frac{bh^3}{12}$를 이용해 $\frac{I_B}{I_A}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 단면 A의 폭이 b, 높이가 h이고 단면 B의 폭이 $\frac{b}{2}$, 높이가 $2h$라는 점이다. 두 단면 모두 수평축 x는 도심을 지나는 중심축이다. 구해야 할 값은 $\frac{I_B}{I_A}$이다. 주의할 조건은 면적이 같아도 단면2차모멘트는 높이의 세제곱에 비례하므로 같아지지 않는다는 점이다.

사용할 공식

직사각형이 도심을 지나는 수평축에 대해 가질 때의 단면2차모멘트는 $I_x = \frac{bh^3}{12}$이다.

이 공식을 쓰는 이유는 두 단면 모두 직사각형이고, 문제의 x축이 각 단면의 중앙을 지나는 수평 중심축이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면 A에 대해 $I_A = \frac{bh^3}{12}$ 이다.
2. 단면 B는 폭이 $\frac{b}{2}$, 높이가 $2h$이므로 $I_B = \frac{(\frac{b}{2})(2h)^3}{12} = \frac{(\frac{b}{2})8h^3}{12} = \frac{4bh^3}{12}$ 이다.
3. 따라서 $\frac{I_B}{I_A} = \frac{\frac{4bh^3}{12}}{\frac{bh^3}{12}} = 4$ 이다.

선지 판단

① X
- 계산 결과와 비교하면 비가 1이라는 판단은 틀리다.
- 틀린 표현은 $\frac{I_B}{I_A} = 1$이라는 값이고, 올바르게는 $\frac{I_B}{I_A} = 4$이다.
- 이 오답은 면적이 같으면 단면2차모멘트도 같다고 보는 실수에서 나오기 쉽다.

② X
- 계산 결과와 비교하면 비가 2라는 판단은 틀리다.
- 틀린 표현은 $\frac{I_B}{I_A} = 2$라는 값이고, 올바르게는 $\frac{I_B}{I_A} = 4$이다.
- 이 오답은 폭은 절반이지만 높이는 두 배이므로 단순히 2배라고 보는 선형적 판단에서 나오기 쉽다.

③ X
- 계산 결과와 비교하면 비가 3이라는 판단은 틀리다.
- 틀린 표현은 $\frac{I_B}{I_A} = 3$이라는 값이고, 올바르게는 $\frac{I_B}{I_A} = 4$이다.
- 이 오답은 높이 변화에 대한 세제곱 효과를 정확히 반영하지 못했을 때 나오는 값이다.

④ O
- 계산 결과 $\frac{I_B}{I_A} = 4$이므로 옳다.
- 단면2차모멘트는 폭에는 1차, 높이에는 3차로 반영되므로 폭이 절반이 되어도 높이가 두 배가 되면 전체적으로 4배가 된다.

계산 결과 $\frac{I_B}{I_A} = 4$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 면적이 같다는 조건에 끌려 단면2차모멘트도 같다고 보는 점과, 높이 변화가 세제곱으로 들어간다는 사실을 놓치는 점이다. 특히 폭 b가 $\frac{b}{2}$로 줄어드는 것만 보고 값이 작아질 것이라고 판단하면 오답에 빠진다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 단면 비교 문제는 먼저 기준축이 중심축인지 확인하고, 그다음 $I_x = \frac{bh^3}{12}$에 각 단면의 폭과 높이를 그대로 대입해 비를 계산하면 된다. 면적이 같다는 조건보다 높이가 몇 제곱으로 들어가는지를 먼저 본다.

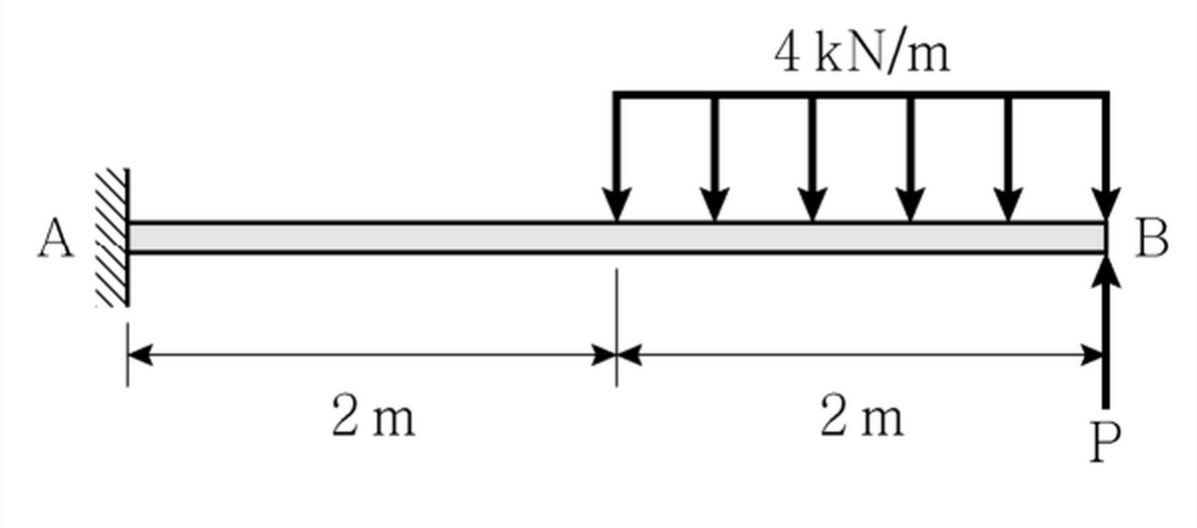
NoteBase

암기 포인트

직사각형의 중심축 단면2차모멘트는 $I_x = \frac{bh^3}{12}$이고, 높이는 3차로 작용한다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 캔틸레버보에서 고정지점 A의 반력모멘트 크기가 0이 되기 위한 집중하중 P의 크기[kN]는? (단, 자중은 무시한다)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 등분포하중을 등가 집중하중으로 치환한 뒤 고정단 A에서의 반력모멘트가 0이 되도록 모멘트 평형을 맞추는 문제이다.

조건 정리

보의 전체 길이는 4m이다.
오른쪽 2m 구간에 등분포하중 4kN/m가 아래로 작용한다.
B점에는 위쪽 집중하중 P가 작용한다.
고정지점 A의 반력모멘트 크기가 0이라는 것은 외력들이 A점에 대해 만드는 모멘트의 합이 0이라는 뜻이다.

NoteBase

사용할 공식

등분포하중의 등가 집중하중은 $W = wL$이고, 작용점은 하중 구간의 도심이다.
A점에 대한 모멘트 평형은 $\sum M_A = 0$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
주어진 4kN/m 하중은 오른쪽 2m 구간에 균등하게 분포하므로 먼저 하나의 집중하중으로 바꾸어야 A점 모멘트를 바로 계산할 수 있다.

계산 과정

1. 등분포하중의 합력은 $W = 4 \times 2 = 8$ kN이다.
2. 이 합력의 작용점은 하중이 걸린 2m 구간의 중앙이므로 A점에서 3m 떨어진 위치이다.
3. 따라서 등분포하중이 A점에 대해 만드는 시계방향 모멘트는 $8 \times 3 = 24$ kN·m이다.
4. B점 집중하중 P는 A점에서 4m 떨어져 있으므로 반시계방향 모멘트는 $4P$이다.
5. 반력모멘트가 0이 되려면 $4P = 24$이어야 하므로 $P = 6$ kN이다.

선지 판단

1번 X: 2 kN이면 A점에 대한 반시계방향 모멘트가 $2 \times 4 = 8$ kN·m에 불과하다. 등분포하중 모멘트 24 kN·m를 상쇄하지 못한다. 올바르게는 6 kN이어야 한다.
2번 X: 4 kN이면 반시계방향 모멘트가 $4 \times 4 = 16$ kN·m이다. 아직 8 kN·m가 부족하다. 올바르게는 6 kN이어야 한다.
3번 O: 6 kN이면 반시계방향 모멘트가 $6 \times 4 = 24$ kN·m이 되어 등분포하중의 시계방향 모멘트 24 kN·m와 정확히 같아진다.
4번 X: 8 kN이면 반시계방향 모멘트가 $8 \times 4 = 32$ kN·m으로 오히려 과다하다. 등분포하중의 합력 8 kN를 그대로 P로 착각한 값이며, 올바르게는 모멘트팔 4m를 반영해 6 kN이어야 한다.

오답 포인트

등분포하중 4kN/m를 그대로 힘으로 쓰거나, 2m 구간의 중앙 작용점을 빠뜨리면 틀린다. 특히 8 kN를 그대로 P로 두는 실수와, 합력의 작용거리를 2m 또는 4m로 잘못 잡는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

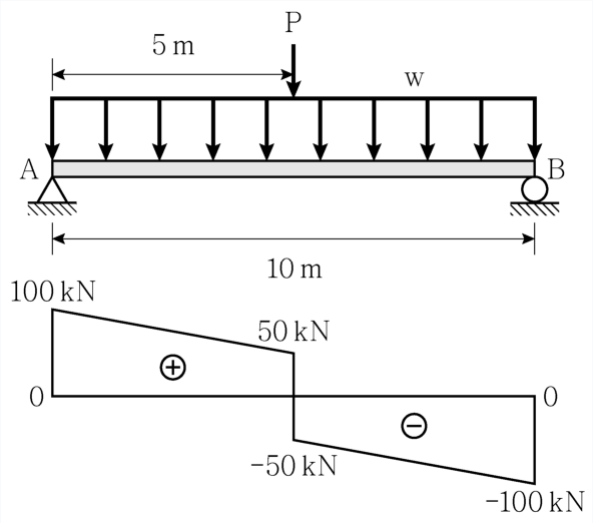
보의 분포하중 문제는 먼저 wL로 합력을 만들고, 그 합력의 작용점을 도심에 놓은 뒤, 기준점에 대한 모멘트 평형으로 미지하중을 구하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

등분포하중은 wL의 한 점하중으로 바꾸고, 작용점은 하중 구간의 정중앙이다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 전단력선도에서 단순보에 작용하는 집중하중 P와 등분포하중 w의 크기를 바르게 연결한 것은? (단, 자중은 무시한다)



① P: 50 kN, w: 5kN/m

② P: 50 kN, w: 10kN/m

③ P: 100 kN, w: 5kN/m

④ P: 100 kN, w: 10kN/m

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 전단력선도의 기울기와 집중하중 위치에서의 점프량을 이용해 등분포하중 w와 집중하중 P를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 단순보 길이는 10m이고, 집중하중 위치는 A에서 5m이다. 전단력은 A 직후 $+100kN$, 집중하중 직전 $+50kN$, 집중하중 직후 $-50kN$, B 직전 $-100kN$이다. 구해야 할 값: P와 w이다. 주의할 조건: 전단력선도의 기울기는 등분포하중의 크기와 같고, 수직 점프량은 집중하중의 크기와 같다.

사용할 공식

전단력선도에서 $\frac{dV}{dx} = -w$ 이고, 집중하중이 작용하는 점에서는 전단력이 하중 크기만큼 불연속적으로 변한다. 이 공식을 쓰는 이유는 등분포하중이 작용하면 전단력이 직선으로 감소하고, 집중하중이 작용하면 그 지점에서 전단력선도가 수직으로 점프하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. A에서 집중하중 직전까지 5m 구간의 전단력은 $+100kN$에서 $+50kN$으로 50 kN 감소한다. 따라서 $w = \frac{100-50}{5} = 10kN/m$이다.
2. 집중하중 위치에서 전단력은 $+50kN$에서 $-50kN$으로 100 kN만큼 수직 하강한다. 따라서 $P = 100kN$이다.
3. 오른쪽 5m 구간에서도 전단력은 $-50kN$에서 $-100kN$으로 50 kN 더 감소하므로 $w = 10kN/m$가 다시 확인된다. 따라서 $P = 100kN$, $w = 10kN/m$이므로 정답은 4번이다.

선지별 해설

① X: $P = 50kN$, $w = 5kN/m$는 둘 다 틀리다. 전단력선도의 5m 구간 기울기에서 $w = 10kN/m$가 나오고, 집중하중 위치의 점프량은 100 kN이다. 올바르게는 $P = 100kN$, $w = 10kN/m$이다.
② X: $w = 10kN/m$는 맞지만 $P = 50kN$가 틀리다. 집중하중 위치에서 전단력은 $+50kN$에서 $-50kN$으로 100 kN 감소하므로 점프량 전체를 읽어야 한다. 올바르게는 $P = 100kN$, $w = 10kN/m$이다.
③ X: $P = 100kN$는 맞지만 $w = 5kN/m$가 틀리다. 5m 구간에서 전단력이 50 kN 감소하므로 단위길이당 하중은 $50/5 = 10kN/m$이다. 올바르게는 $P = 100kN$, $w = 10kN/m$이다.
④ O: 5m 구간의 전단력 감소량이 50 kN이므로 $w = 10kN/m$이고, 집중하중 위치의 전단력 점프량이 100 kN이므로 $P = 100kN$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 전단력선도의 기울기와 점프량을 서로 바꾸어 읽는 데 있다. w는 선도의 기울기에서 읽는 값인데 감소량 50 kN만 보고 곧바로 $w = 5kN/m$나 $w = 50kN/m$로 착각하기 쉽다. P는 집중하중 지점의 좌우 전단력 차이 전체를 읽어야 하는데, 한쪽 값 50 kN만 읽으면 ②처럼 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

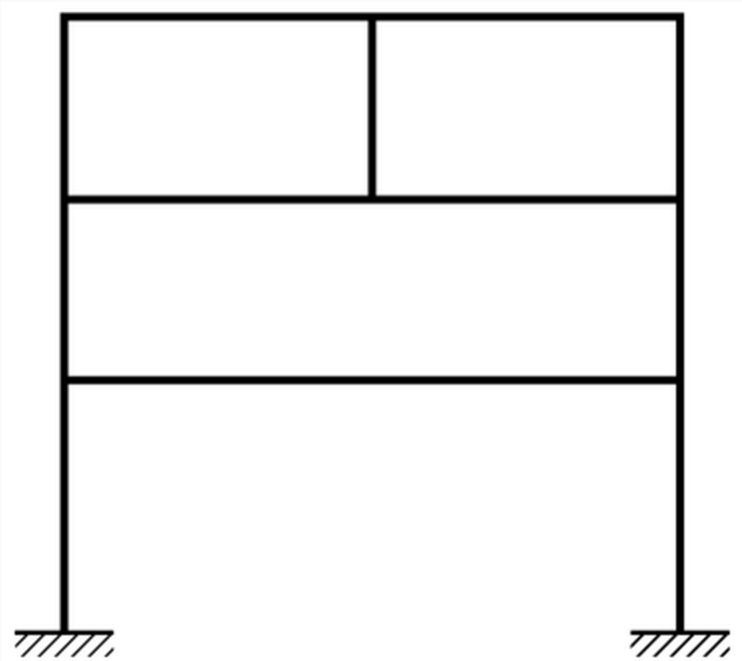
전단력선도 문항은 먼저 직선 구간의 기울기에서 분포하중을 구하고, 다음으로 수직 점프량에서 집중하중을 읽는 순서로 판단한다. 구간 길이와 전단력 변화량을 나누어 w를 구하고, 점프 전후 값의 차이로 P를 구하면 된다.

암기 포인트

전단력선도에서 기울기는 w, 수직 점프는 P이다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 프레임 구조물의 부정정 차수는?



① 9

② 12

③ 15

④ 18

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 내부 힌지가 없는 평면 강절 프레임에서 지점반력 수, 부재 수, 절점 수를 정확히 세어 부정정 차수 D_s를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

- 구조형식: 내부 힌지가 없는 평면 프레임이다.
- 지점조건: 양쪽 하단이 고정지점이므로 지점반력 수는 $r = 6$이다.
- 그림 읽기: 가로부재(보)가 위에서부터 맨 위, 중간, 맨 아래의 3개 높이에 걸려 있고, 좌우 기둥은 바닥 고정지점에서 출발해 이 세 보의 높이를 차례로 지나 맨 위까지 이어진다. 따라서 각 기둥은 보가 만나는 곳마다 끊어 세어 (고정지점→맨 아래 보 높이), (맨 아래 보 높이→중간 보 높이), (중간 보 높이→맨 위 보 높이)의 3개 분절이 된다. 또한 맨 위 보와 중간 보는 중앙에서 짧은 세로부재로 연결되어 각각 좌우 2개 구간으로 나뉜다.
- 부재 수: 좌우 기둥이 각 3개 분절이므로 $2 \times 3 = 6$개, 맨 아래 가로부재 1개, 중간 가로부재 2개(중앙 세로부재가 좌우로 나눔), 맨 위 가로부재 2개(중앙 세로부재가 좌우로 나눔), 중앙 세로부재 1개를 모두 더하면 $m = 6 + 1 + 2 + 2 + 1 = 12$이다.
- 절점 수: 좌측 고정지점, 좌측 하부 접합점, 좌측 중간 접합점, 좌측 상단 접합점, 상부 중앙 접합점, 우측 상단 접합점, 중간 중앙 접합점, 우측 중간 접합점, 우측 하부 접합점, 우측 고정지점으로 $j = 10$이다.

사용할 공식

내부 힌지가 없는 평면 강절 프레임의 부정정 차수는 $D_s = r + 3m - 3j$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 구조가 평면 프레임이고 각 부재가 축력, 전단력, 휨모멘트의 3개 내부력을 가지며, 내부 힌지가 보이지 않기 때문이다.

계산 과정

1. 지점반력 수를 센다. 양단 고정이므로 $r = 6$이다.
2. 부재 수를 센다. 각 접합점 사이를 하나의 부재로 보면, 좌측 기둥 3 + 우측 기둥 3 + 맨 위 보 2 + 중간 보 2 + 맨 아래 보 1 + 중앙 세로부재 1 = $m = 12$이다.
3. 절점 수를 센다. 지점과 모든 강절 접합부를 포함하면, 좌측에서 (고정지점·하부·중간·상단) 4개, 우측에서 (고정지점·하부·중간·상단) 4개, 중앙에서 (맨 위 보의 중앙·중간 보의 중앙) 2개로 $j = 10$이다.
4. 공식에 대입한다.
$D_s = r + 3m - 3j = 6 + 3(12) - 3(10) = 6 + 36 - 30 = 12$
따라서 부정정 차수는 12이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 9는 중앙 세로부재를 빠뜨려 부재 수를 $m = 11$로 세면 나오는 값이다.
- 중앙 세로부재도 위아래 접합점 사이의 독립 부재이므로 반드시 포함해야 한다. 틀린 표현은 "부정정 차수는 9이다"이고, 올바르게는 "부정정 차수는 12이다"이다.

② O

- $r = 6, m = 12, j = 10$을 대입하면 $D_s = 12$가 된다.
- 그림의 모든 접합부를 빠짐없이 세면 정답이 12로 확정된다.

③ X

- 15는 절점 하나를 누락하여 $j = 9$로 오산할 때 나오는 값이다.
- 중앙 접합점이나 상단 접합점 중 하나라도 빼면 절점 수가 줄어 과대평가된다. 틀린 표현은 "부정정 차수는 15이다"이고, 올바르게는 "절점 수는 10개이며 부정정 차수는 12이다"이다.

④ X

- 18은 양쪽 고정지점을 절점에서 제외하여 $j = 8$로 세는 대표적 오산값이다.
- 고정지점도 구조해석상의 절점에 포함한다. 틀린 표현은 "부정정 차수는 18이다"이고, 올바르게는 "고정지점을 포함해 절점 수 10개로 계산하므로 부정정 차수는 12이다"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 중앙 세로부재와 그 양 끝 접합점을 놓치기 쉽다는 점이다. 또한 고정지점은 반력만 세고 절점에서는 빼는 실수를 자주 한다. 이 두 실수가 각각 9, 15, 18 같은 오답값을 만든다.

다시 나오면 이렇게 판단

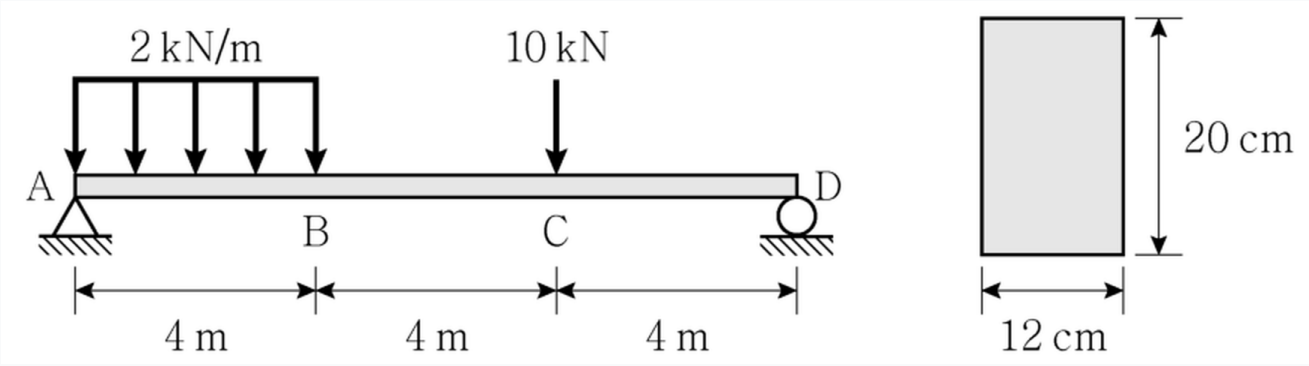
평면 프레임의 부정정 차수 문제는 먼저 내부 힌지 유무를 확인한 뒤 $D_s = r + 3m - 3j$를 적용한다. 그다음 지점반력 수, 접합점 사이의 부재 수, 지점까지 포함한 절점 수를 순서대로 세면 된다.

암기 포인트

무힌지 평면 강절 프레임은 $D_s = r + 3m - 3j$를 쓰며, 절점은 지점과 모든 접합점을 포함한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 직사각형 단면을 갖는 단순보에 집중하중과 등분포하중이 작용한다. 단순보의 C점에 발생하는 최대 휨인장응력의 크기[MPa]는? (단, 자중은 무시한다)



① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단순보의 C점 휨모멘트를 구한 뒤 단면계수로 최대 휨인장응력 $\sigma = \frac{M}{Z}$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A-B 구간 4m에 등분포하중 $w = 2kN/m$, C점에 집중하중 $P = 10kN$, 보 길이 12m, 직사각형 단면 폭 12cm, 높이 20cm이다.

구해야 할 값: C점의 최대 휨인장응력이다.

주의할 조건: 등분포하중은 합력 $8kN$으로 바꾸고 작용점은 A에서 2m 위치이다. 단면 치수는 m 단위로 바꿔야 한다.

사용할 공식

$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{Z}$

$I = \frac{bh^3}{12}, \quad Z = \frac{I}{c} = \frac{bh^2}{6}$

이 공식을 쓰는 이유: 직사각형 단면 보의 최대 휨응력은 해당 단면의 휨모멘트와 단면계수로 바로 계산되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 등분포하중의 합력은 $2 \times 4 = 8kN$이고 작용점은 A에서 2m 위치이다.
2. 평형조건에서 $R_A + R_D = 18kN$, A점 모멘트 평형으로 $R_D \times 12 = 8 \times 2 + 10 \times 8 = 96$이므로 $R_D = 8kN$, $R_A = 10kN$이다.
3. C점 휨모멘트는 $M_C = R_A \times 8 - 8 \times (8-2) = 80 - 48 = 32kN \cdot m$이다.
4. 단면계수는 $Z = \frac{0.12 \times 0.2^2}{6} = 8.0 \times 10^{-4} m^3$이다.
5. 따라서 최대 휨인장응력은 $\sigma = \frac{32 \times 10^3}{8.0 \times 10^{-4}} = 4.0 \times 10^7 Pa = 40MPa$이다.

선지별 해설

① X: 선택지의 "10"은 계산값과 다르다. C점 최대 휨인장응력은 $40MPa$이므로 틀린 표현은 "10 MPa"이고, 올바르게는 "40 MPa"이다.
② X: 선택지의 "20"은 등분포하중만 반영하거나 휨모멘트를 절반으로 잘못 잡을 때 나올 수 있는 오답값이다. 실제로는 $M_C = 32kN \cdot m$이므로 올바른 값은 $40MPa$이다.
③ X: 선택지의 "30"은 C점 휨모멘트 또는 단면계수를 부정확하게 계산한 값이다. 정답값은 $\sigma = 40MPa$이므로 "30 MPa"는 틀리고, 올바르게는 "40 MPa"이다.
④ O: C점에서의 휨모멘트가 $32kN \cdot m$, 단면계수가 $8.0 \times 10^{-4} m^3$이므로 최대 휨인장응력은 $40MPa$이다.

오답 포인트

등분포하중을 합력으로 바꿀 때 크기와 작용점을 함께 반영하지 않으면 반력과 C점 휨모멘트가 틀어진다. 또 단면 12cm, 20cm를 그대로 대입하면 단위가 어긋나므로 m로 바꾼 뒤 단면계수를 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

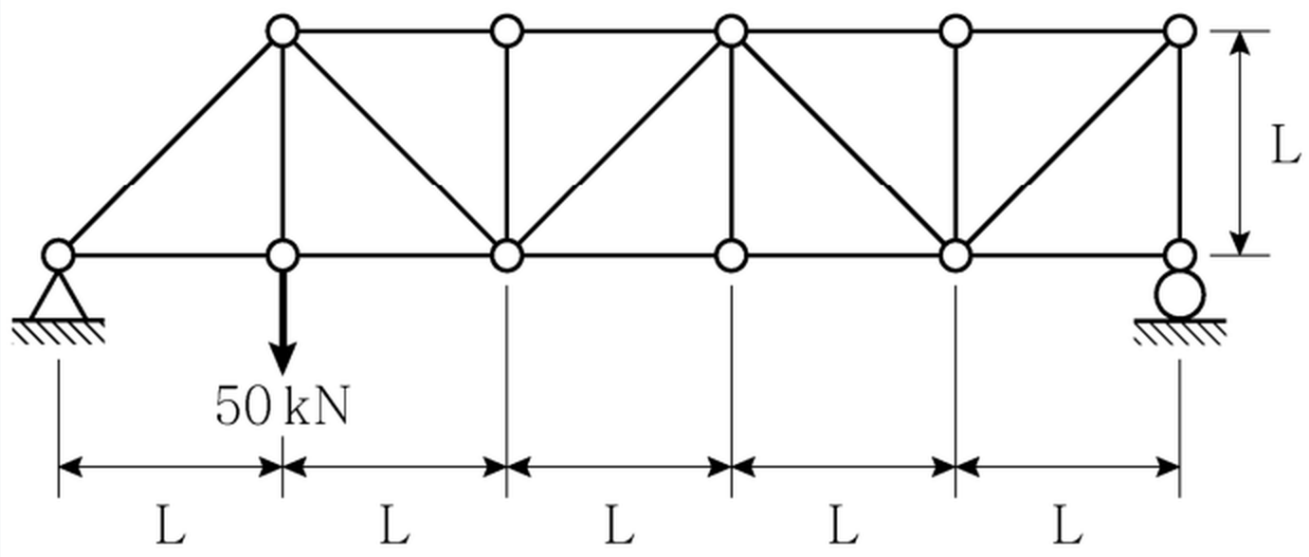
보의 응력 계산 문제는 하중을 합력으로 정리한 뒤 반력을 먼저 구하고, 목표 단면의 휨모멘트를 계산한 다음 $\sigma = \frac{M}{Z}$ 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

직사각형 단면의 최대 휨응력은 $\sigma = \frac{M}{Z}, Z = \frac{bh^2}{6}$이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같은 트러스에서 부재력이 0인 부재는 모두 몇 개인가?



① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 3번

출제 포인트

무하중 절점과 지점 절점의 평형조건을 이용해 영부재를 빠르게 찾는 문제이다. 외력이 작용하지 않는 절점에서 두 부재가 일직선을 이루면 그와 만나는 비공선 부재 한 개는 영부재가 되고, 지점 절점에서는 반력 방향과 부재 방향을 함께 살펴 특정 방향 성분을 홀로 담당하는 부재가 영부재가 되는지 확인한다.

NoteBase

조건 정리

트러스는 하부에 6개 절점(왼쪽 핀지점부터 차례로 핀-C-D-E와 오른쪽 롤러지점까지)과 상부 5개 절점(U1~U5)으로 이루어진 평면 트러스이며, 50 kN 하중은 핀지점 오른쪽 첫 번째 하부 절점에 아래 방향으로 작용한다.
절점 평형으로 영부재를 하나씩 확인하면 다음과 같다.
· 상부 절점 U2: 외력이 없고 상현재 두 개가 일직선이므로, 이와 만나는 수직재 CU2는 $\sum F_y = 0$에 의해 0이다.
· 하부 절점 D: 외력이 없고 하현재 두 개가 일직선이므로, 이와 만나는 수직재 DU3은 0이다.
· 상부 절점 U4: 외력이 없고 상현재 두 개가 일직선이므로, 수직재 EU4는 0이다.
· 오른쪽 롤러 지점 절점 F: 롤러 반력은 수직방향이고 수직재 FU5도 수직방향이므로, 수평방향 평형 $\sum F_x = 0$을 홀로 담당하는 하현재 EF는 0이다.
따라서 영부재는 CU2, DU3, EU4, EF의 4개이다.

선지별 해설

① X: 영부재가 2개라면 상부 절점 U2와 U4의 수직재만 센 경우이다. 그러나 외력이 없는 하부 절점 D에서 하현재가 일직선이므로 수직재 DU3도 0이고, 롤러 지점 F에서 수평 성분을 홀로 담당하는 EF도 0이므로 2개가 아니다. 틀린 표현은 '2개'이고, 올바르게는 '4개'이다.
② X: 영부재가 3개라면 무하중 절점 평형으로 얻는 수직재 CU2, DU3, EU4까지만 센 경우이다. 그러나 오른쪽 롤러 지점 F에서 반력과 FU5는 모두 수직방향이고 EF만 수평방향이므로, 수평 평형에서 EF=0이 추가된다. 틀린 표현은 '3개'이고, 올바르게는 '4개'이다.
③ O: 무하중 절점 U2, D, U4의 수직재 CU2, DU3, EU4와 롤러 지점 F의 하현재 EF까지 모두 4개가 영부재이므로 옳다.
④ X: 영부재가 5개라면 대각재 하나를 추가로 영부재로 본 경우이다. 그러나 50 kN 하중이 핀지점에서 두 지점으로 전달되는 경로에 대각재가 모두 참여하므로 어떤 대각재도 0이 아니다. 틀린 표현은 '5개'이고, 올바르게는 '4개'이다.

오답 포인트

상부 절점 U2, U4의 수직재만 보고 2개로 끝내거나, 외력이 없는 하부 절점 D에서 하현재가 일직선이라는 점을 놓쳐 수직재 DU3을 빠뜨리기 쉽다. 특히 오른쪽 롤러 지점 F에서 롤러 반력이 수직방향이어서 수평방향 평형을 하현재 EF가 홀로 담당하므로 EF=0이 된다는 점을 놓치면 3개로 잘못 센다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 외력이 없는 절점 중에서 '두 부재가 일직선 + 나머지 비공선 부재 한 개' 형태를 모두 찾아 그 비공선 부재를 영부재로 표시한다. 그다음 지점 절점에서 반력 방향을 그리고, 반력과 한 부재가 같은 방향이면 나머지 방향 성분을 홀로 담당하는 부재가 영부재인지 확인한다.

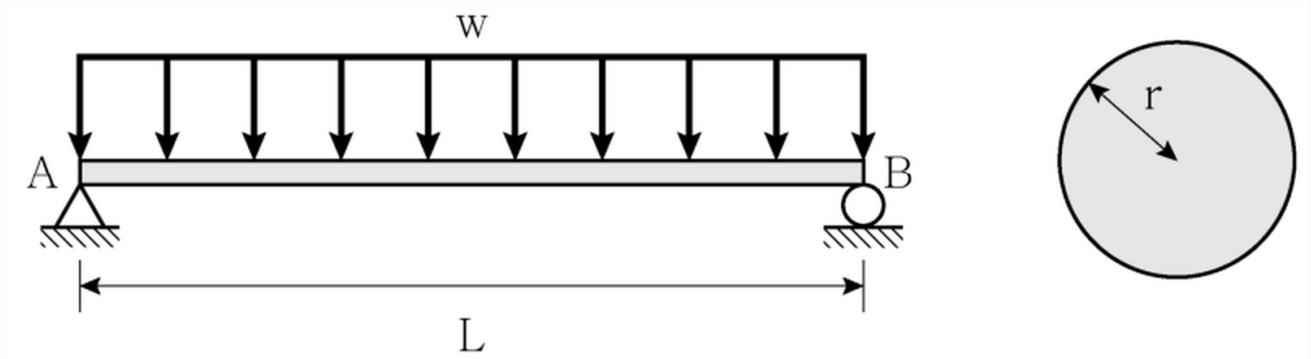
NoteBase

암기 포인트

무하중 절점에서 두 부재가 일직선이면 비공선 1재는 0이고, 지점 절점에서 반력과 같은 방향의 부재만 있으면 다른 방향 성분을 혼자 맡는 부재도 0이 된다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 원형 단면을 가진 단순보에 등분포하중이 작용할 때, 최대휨응력(σ_{max})과 최대전단응력(τ_{max})의 비$\left(\frac{\sigma_{max}}{\tau_{max}}\right)$는? (단, 자중은 무시한다)



① $\frac{3L}{4r}$

② $\frac{7L}{8r}$

③ $\frac{8L^2}{9r}$

④ $\frac{9L}{10r^2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 단순보의 최대휨모멘트와 최대전단력, 그리고 원형 실단면의 휨응력식과 최대전단응력식을 연결해 응력비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 단순보, 경간 L, 등분포하중 W
- 원형 실단면 반지름 r

구해야 할 값:
- σ_{max}/τ_{max}

주의할 조건:
- 최대휨응력은 최대휨모멘트가 생기는 중앙에서 결정된다.
- 최대전단응력은 최대전단력이 생기는 지점부 단면에서 결정된다.
- 원형 실단면의 최대전단응력은 평균전단응력 V/A가 아니라 $4V/(3A)$이다.

NoteBase

사용할 공식

$M_{\max}=\frac{WL^2}{8},\quad V_{\max}=\frac{WL}{2}$
$\sigma_{\max}=\frac{M_{\max}r}{I}=\frac{4M_{\max}}{\pi r^3},\quad \tau_{\max}=\frac{4V_{\max}}{3\pi r^2}$
이 공식을 쓰는 이유:
- 전 구간 등분포하중을 받는 단순보이므로 최대휨모멘트와 최대전단력은 각각 $WL^2/8$, $WL/2$이다.
- 원형 실단면은 $I=\pi r^4/4$, $A=\pi r^2$이고, 최대전단응력은 중심에서 $4V/(3A)$가 된다.

계산 과정

1. 최대휨모멘트와 최대전단력을 구하면 $M_{\max}=WL^2/8$, $V_{\max}=WL/2$이다.
2. 이를 응력식에 대입하면 $\sigma_{\max}=4M_{\max}/(\pi r^3)$, $\tau_{\max}=4V_{\max}/(3\pi r^2)$이다.
3. 따라서
$\frac{\sigma_{\max}}{\tau_{\max}}=\frac{\frac{4M_{\max}}{\pi r^3}}{\frac{4V_{\max}}{3\pi r^2}}=\frac{3M_{\max}}{V_{\max}r}=\frac{3\left(\frac{WL^2}{8}\right)}{\left(\frac{WL}{2}\right)r}=\frac{3L}{4r}$
계산 결과 $\sigma_{\max}/\tau_{\max}=3L/(4r)$이므로 정답은 1번이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $3L/(4r)$이므로 맞다.

② X
- 계산 결과와 계수가 다르다. $7L/(8r)$이 아니라 $3L/(4r)$이어야 한다.
- 이런 오답은 원형 단면의 최대전단응력식을 다른 단면 식과 혼동할 때 나오기 쉽다.

③ X
- $\sigma_{\max}/\tau_{\max}$는 응력의 비이므로 무차원량이어야 한다. $8L^2/(9r)$는 길이 차원이 남아 식 자체가 성립하지 않는다.
- $8L^2/(9r)$가 아니라 $3L/(4r)$이어야 한다.

④ X
- 응력의 비에 r^2가 남으면 차원이 1/길이가 되어 물리적으로 맞지 않는다.
- $9L/(10r^2)$가 아니라 $3L/(4r)$이어야 한다.

오답 포인트

휨응력은 M으로, 전단응력은 V로 결정된다는 점과 원형 실단면의 최대전단응력 계수 4/3을 놓치기 쉽다. 또한 응력비는 무차원량이라는 차원 검산을 하지 않으면 ③, ④ 같은 선지를 빠르게 걸러내지 못한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

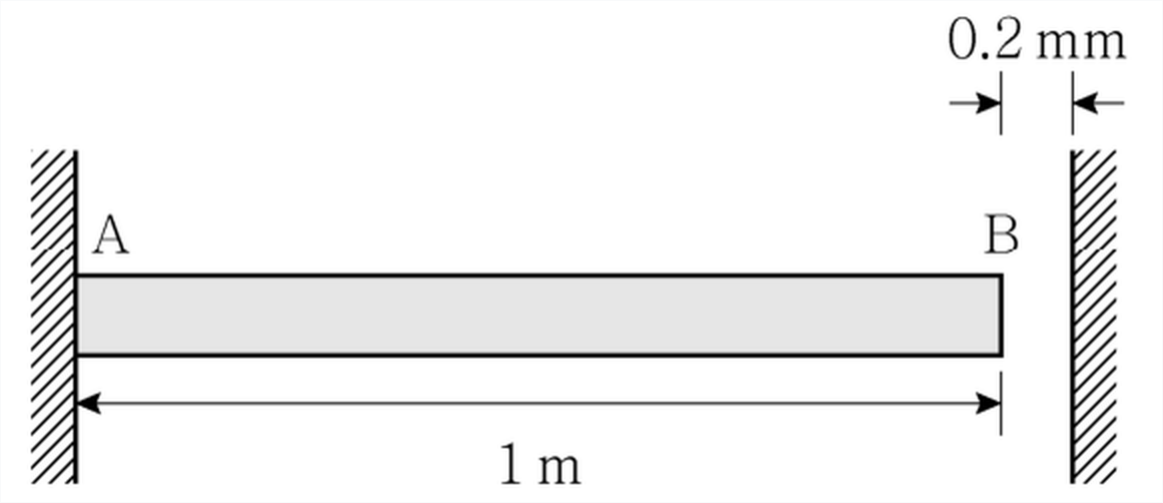
보의 응력비 문제는 먼저 M_{max}와 V_{max}를 구하고, 다음에 단면 형상에 맞는 σ_{max}, τ_{max} 공식을 대입한 뒤 마지막에 차원 검산까지 하면 안정적으로 판단할 수 있다.

암기 포인트

단순보 등분포하중은 $M_{max} = WL^2/8$, $V_{max} = WL/2$이고, 원형 실단면은 $I = \pi r^4/4$, $\tau_{max} = 4V/(3A)$이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 길이가 1m인 AB부재 전체에 온도가 균일하게 50°C만큼 상승하였다. AB부재에 발생하는 압축응력의 크기[MPa]는? (단, AB부재의 탄성계수 $E = 100\text{GPa}$, 온도팽창계수 $\alpha = 20 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$이고, 자중은 무시한다)



① 40

② 60

③ 80

④ 100

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 온도상승으로 생기는 자유팽창량에서 틈새 $0.2mm$를 뺀 구속팽창량으로 압축응력 σ를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 길이 $L = 1m = 1000mm$, 탄성계수 $E = 100GPa$, 온도팽창계수 $\alpha = 20 \times 10^{-6}/^\circ C$, 온도상승량 $\Delta T = 50^\circ C$이다. 구해야 할 값은 AB부재의 압축응력이다. 주의할 조건은 오른쪽에 $0.2mm$ 틈새가 있어서 자유팽창 전체가 바로 응력으로 바뀌지 않는다는 점이다.

사용할 공식

자유팽창량은 $\delta_T = \alpha L \Delta T$이고, 구속으로 생기는 변형률은 $\varepsilon = \delta/L$, 응력은 $\sigma = E\varepsilon$이다. 이 문제에서는 먼저 온도상승으로 생기는 자유팽창량을 구하고, 그중 틈새 $0.2mm$를 메우고 남는 길이만 탄성압축으로 상쇄되므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 자유팽창량은 $\delta_T = \alpha L \Delta T = 20 \times 10^{-6} \times 1000mm \times 50 = 1.0mm$이다.
2. 오른쪽 틈새가 $0.2mm$이므로 실제로 구속되는 길이는 $\delta = 1.0 - 0.2 = 0.8mm$이다.
3. 변형률은 $\varepsilon = \delta / L = 0.8/1000 = 8 \times 10^{-4}$이다.
4. 압축응력은 $\sigma = E\varepsilon = 100GPa \times 8 \times 10^{-4} = 0.08GPa = 80MPa$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 압축응력은 $40MPa$가 아니라 $80MPa$이다. 자유팽창량에서 틈새를 고려한 뒤 응력으로 환산하면 $0.08GPa$가 되므로 ①은 맞지 않는다.
② X: 계산 결과 압축응력은 $60MPa$가 아니라 $80MPa$이다. 틈새를 메운 뒤 남는 구속길이는 $0.8mm$이므로 이에 대응하는 응력은 $60MPa$와 일치하지 않는다.
③ O: 자유팽창량 $1.0mm$ 중 틈새 $0.2mm$를 제외한 $0.8mm$만 구속되므로 압축응력은 $80MPa$가 된다.
④ X: $100MPa$는 틈새가 전혀 없어서 자유팽창량 전체가 구속될 때의 값 $E\alpha\Delta T$이다. 이 문제는 $0.2mm$ 틈새가 있으므로 압축응력은 $100MPa$가 아니라 $80MPa$이다.

오답 포인트

많이 틀리는 지점은 오른쪽 $0.2mm$ 틈새를 무시하고 바로 $\sigma = E\alpha\Delta T$를 적용하는 것이다. 그러면 ④의 $100MPa$가 나오지만, 이 문항은 자유팽창량 $1.0mm$ 중 $0.8mm$만 응력으로 바뀐다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

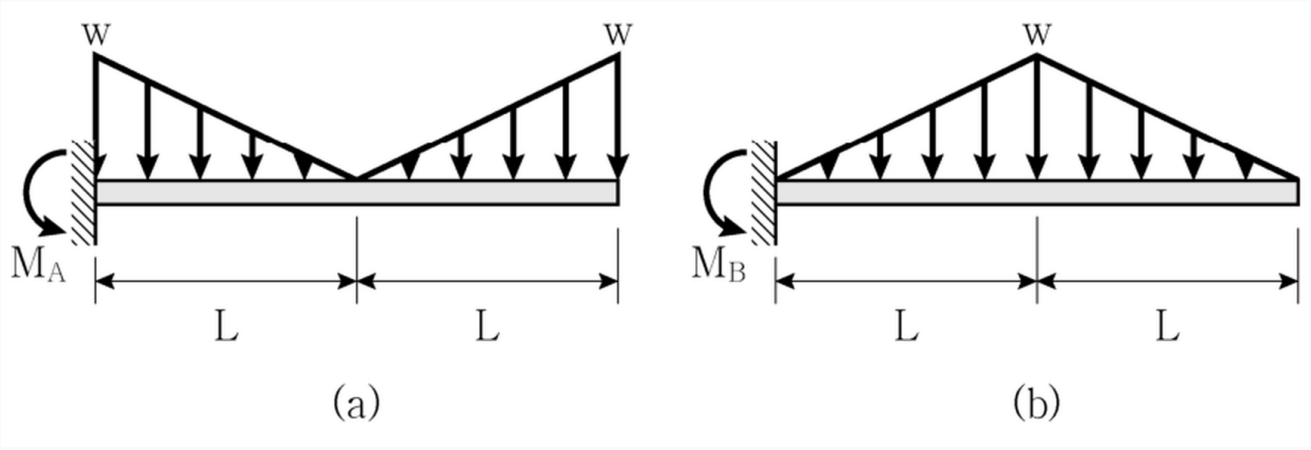
온도응력 문제에서 틈새나 여유길이가 보이면 먼저 자유팽창량 $\alpha L \Delta T$를 구하고, 그중 실제로 구속되는 길이만 남겨 변형률 δ / L로 바꾼 뒤 응력을 판단한다.

암기 포인트

온도응력은 자유팽창량 전부가 아니라 구속된 팽창량만 응력으로 환산한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 두 캔틸레버보에서 고정지점의 휨모멘트 반력의 비 $\left(\frac{M_B}{M_A}\right)$는? (단, 자중은 무시한다)



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 삼각분포하중의 합력과 작용점을 이용하여 두 캔틸레버보의 고정단 휨모멘트를 비교하는 문제이다.

조건 정리

- (a)는 전체 길이 $2L$인 캔틸레버보에 길이 L의 삼각분포하중 두 개가 연속해서 작용한다.
- 왼쪽 삼각하중은 고정단에서 세기 W, 중앙에서 0이다.
- 오른쪽 삼각하중은 중앙에서 0, 자유단에서 세기 W이다.
- (b)는 전체 길이 $2L$인 캔틸레버보에 중앙에서 최대세기 W를 갖는 대칭 삼각분포하중이 작용한다.
- 구해야 할 값은 $\frac{M_B}{M_A}$이다.

사용할 공식

삼각분포하중의 합력은

R=(1)/(2)× 밑변× 높이

이고, 작용점은 큰 쪽에서 $\frac{1}{3}$ 지점이다. 고정단 모멘트는 $M = Rx$이다. 이 공식을 쓰는 이유는 각 분포하중을 등가집중하중으로 바꾸면 고정단 모멘트를 직접 비교할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. (a)의 왼쪽 삼각하중 합력은 $R_1 = \frac{WL}{2}$이고 작용점은 고정단에서 $\frac{L}{3}$이므로, 모멘트는 $M_1 = \frac{WL}{2} \cdot \frac{L}{3} = \frac{WL^2}{6}$이다.
2. (a)의 오른쪽 삼각하중 합력은 $R_2 = \frac{WL}{2}$이고 작용점은 고정단에서 $L + \frac{2L}{3} = \frac{5L}{3}$이므로, 모멘트는 $M_2 = \frac{WL}{2} \cdot \frac{5L}{3} = \frac{5WL^2}{6}$이다.
3. 따라서 $M_A = M_1 + M_2 = \frac{WL^2}{6} + \frac{5WL^2}{6} = WL^2$이다.
4. (b)의 전체 삼각분포하중 합력은 $R = \frac{1}{2} \cdot 2L \cdot W = WL$이다. 대칭하중이므로 작용점은 중앙, 즉 고정단에서 L 떨어진 곳이다.
5. 따라서 $M_B = WL \cdot L = WL^2$이다.
6. 그러므로 $\frac{M_B}{M_A} = \frac{WL^2}{WL^2} = 1$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과 $\frac{M_B}{M_A} = 1$이므로 옳다. 두 보의 고정단 휨모멘트는 모두 WL^2이다.

② X
- 비가 2라고 보면 (b)의 대칭 삼각하중이 더 큰 모멘트를 만든다고 오해한 것이다. 실제로는 (a)도 두 삼각하중의 모멘트를 합하면 정확히 WL^2가 된다.
- 틀린 표현은 '비가 2이다'이고, 올바르게는 '비가 1이다'이다.

③ X
- 비가 3이라는 값은 (a)의 오른쪽 삼각하중 작용점을 잘못 잡아 모멘트를 과대평가할 때 나오는 오답이다. 실제 작용점은 고정단에서 $\frac{5L}{3}$이다.
- 틀린 표현은 '비가 3이다'이고, 올바르게는 '비가 1이다'이다.

④ X
- 비가 4라는 값은 합력의 크기만 보고 작용점 거리를 무시한 계산 오류에 가깝다. 실제로는 두 경우 모두 합력과 작용점을 반영한 고정단 모멘트가 WL^2로 같다.
- 틀린 표현은 '비가 4이다'이고, 올바르게는 '비가 1이다'이다.

오답 포인트

(a)는 하중이 두 조각으로 나뉘어 있어 복잡해 보이지만, 삼각하중 두 개의 합력과 작용점을 각각 계산하면 된다. 특히 오른쪽 삼각하중의 작용점을 고정단에서 $\frac{5L}{3}$로 잡아야 하는데, 이를 $\frac{2L}{3}$ 또는 $\frac{4L}{3}$로 착각하면 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

분포하중 비교 문제는 하중 모양을 바로 외형 비교하지 않고, 각 하중을 등가 집중하중으로 바꾼 뒤 $M = Rx$로 고정단 모멘트를 계산하면 된다. 대칭하중은 합력이 중앙에 작용하는지도 함께 확인하면 된다.

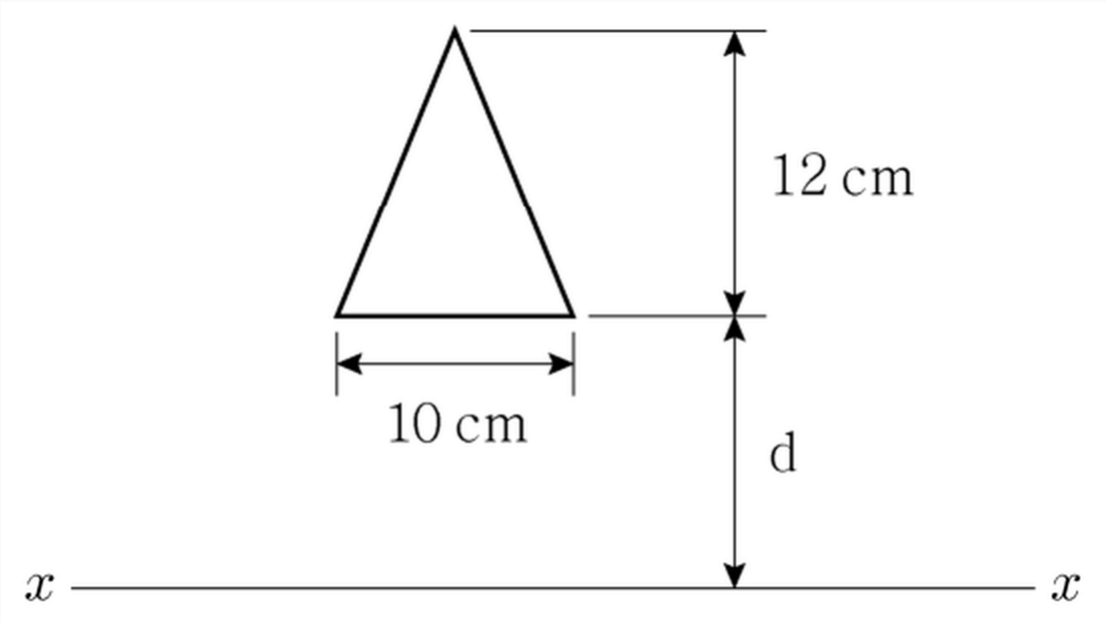
NoteBase

암기 포인트

삼각분포하중은 면적이 합력이고 작용점은 큰 쪽에서 $\frac{1}{3}$ 지점이다. 고정단 모멘트 비교는 '합력 × 작용점 거리'로 정리된다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 삼각형 단면의 $x-x$축에 대한 단면2차모멘트 $I_{x-x}=6{,}480\text{cm}^4$일 때, 길이 d[cm]는?



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 삼각형의 도심축 단면2차모멘트와 평행축정리를 이용해 $x-x$축까지의 거리 d를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 밑변 $b=10cm$, 높이 $h=12cm$, $x-x$축에 대한 단면2차모멘트 $I_{x-x}=6{,}480cm^4$이다.
구해야 할 값은 삼각형 밑변에서 $x-x$축까지의 거리 d이다.
삼각형의 도심은 밑변에서 $h/3=4cm$ 위에 있으므로, 도심축과 $x-x$축 사이 거리는 $d+4cm$이다.

사용할 공식

삼각형의 도심축 단면2차모멘트는 $I_G=\frac{bh^3}{36}$이다.
삼각형의 면적은 $A=\frac{1}{2}bh$이다.
평행축정리는 $I_{x-x}=I_G+A\ell^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제의 $x-x$축이 삼각형의 도심축이 아니라 그와 평행한 다른 축이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 도심축 단면2차모멘트를 구하면 $I_G = \frac{10 \times 12^3}{36} = \frac{10 \times 1728}{36} = 480cm^4$ 이다.
2. 면적을 구하면 $A = \frac{1}{2} \times 10 \times 12 = 60cm^2$ 이다.
3. 평행축정리를 적용하면 $6480 = 480 + 60(d+4)^2$ 이다.
4. 정리하면 $60(d+4)^2 = 6000, \quad (d+4)^2 = 100$ 이다.
5. 길이는 양수이므로 $d + 4 = 10$, 따라서 $d = 6cm$ 이다.

선지별 해설

① X

$d = 2cm$이면 도심축과 $x-x$축 사이 거리는 $2+4 = 6cm$가 되어 $I_{x-x} = 480 + 60 \times 6^2 = 2640cm^4$ 이다. 이는 주어진 $6480cm^4$와 다르다. 틀린 표현은 $d = 2cm$라는 값이며, 올바르게는 $d = 6cm$이다.

② X

$d = 4cm$이면 도심축과 $x-x$축 사이 거리는 $8cm$가 되어 $I_{x-x} = 480 + 60 \times 8^2 = 4320cm^4$이다. 역시 조건을 만족하지 못한다. 틀린 표현은 $d = 4cm$라는 값이며, 올바르게는 $d = 6cm$이다.

③ O

$d = 6cm$이면 도심축과 $x-x$축 사이 거리는 $10cm$가 되어 $I_{x-x} = 480 + 60 \times 10^2 = 6480cm^4$이다. 주어진 단면2차모멘트와 정확히 일치하므로 옳다.

④ X

$d = 8cm$이면 도심축과 $x-x$축 사이 거리는 $12cm$가 되어 $I_{x-x} = 480 + 60 \times 12^2 = 9120cm^4$이다. 이는 주어진 값보다 크다. 틀린 표현은 $d = 8cm$라는 값이며, 올바르게는 $d = 6cm$이다.

오답 포인트

삼각형의 도심이 밑변에서 $h/3$만큼 떨어진다는 점을 빼먹고 거리항을 d로만 두면 오답이 된다. 또한 삼각형의 도심축 단면2차모멘트를 $bh^3/12$나 $bh^3/36$과 혼동해도 수치가 어긋난다.

다시 나오면 이렇게 판단

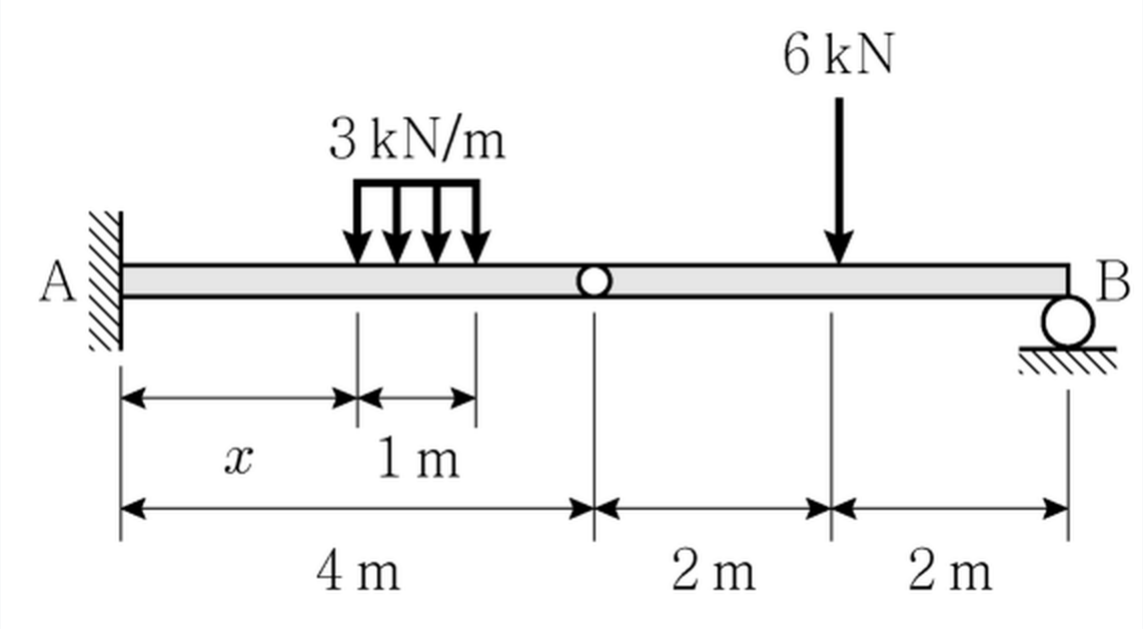
평행축정리 문제는 먼저 도심 위치를 잡고, 도심축 기본공식으로 I_G를 구한 뒤, 이동거리 ℓ를 정확히 써서 $I = I_G + A\ell^2$를 적용하면 된다.

암기 포인트

삼각형은 도심이 밑변에서 $h/3$, 도심축 단면2차모멘트는 $bh^3/36$이다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 내부힌지가 있는 보에 하중이 작용할 때, 고정지점 A에서 휨모멘트 반력의 크기가 15 kN·m이다. 거리 x[m]는? (단, 자중은 무시한다)



① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 2.0

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 내부힌지가 있는 보에서 우측 경간의 반력을 먼저 구한 뒤, 그 힘과 등분포하중이 고정단 A에 만드는 모멘트를 이용해 x를 구하는 문제이다.

조건 정리

- A는 고정단이다.
- 내부힌지는 A로부터 $4m$ 지점에 있다.
- B는 롤러지점이며 내부힌지로부터 $4m$ 떨어져 있다.
- 우측 경간 중앙에 $6kN$ 집중하중이 작용한다.
- 좌측 경간에는 길이 $1m$의 등분포하중 $3kN/m$이 작용하며, 그 시작점이 A로부터 xm 지점이다.
- 고정단 A에서의 휨모멘트 반력의 크기는 $15kN \cdot m$이다.

NoteBase

사용할 공식

내부힌지에서는 휨모멘트가 0이다.
우측 경간 평형에서
Σ M_힌지=0, R_B× 4-6× 2=0
이므로 $R_B = 3kN$이고, 내부힌지 반력도 $3kN$이다.
좌측 경간에서 고정단 모멘트의 크기는
$M_A = 3 \times 4 + (3 \times 1) \times (x + 0.5)$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 우측 경간이 내부힌지와 롤러지점으로 이루어진 단순보이므로 반력을 먼저 구할 수 있고, 그 내부힌지 반력이 좌측 경간의 끝점하중으로 작용하기 때문이다.

계산 과정

1. 우측 경간은 길이 $4m$의 단순보이고 중앙에 $6kN$이 작용하므로 양 지점 반력은 각각 $3kN$이다.
2. 따라서 좌측 경간에는 내부힌지 위치 $4m$에서 아래로 $3kN$의 힘이 작용한다.
3. 등분포하중 $3kN/m$이 $1m$ 구간에 작용하므로 합력은 $3kN$이고, 작용점은 그 구간의 중앙이므로 A로부터 $x + 0.5m$ 지점이다.
4. 고정단 A에서의 모멘트 크기는
$15 = 3 \times 4 + 3 \times (x + 0.5)$
이다.
5. 이를 정리하면
$15 = 12 + 3x + 1.5 = 13.5 + 3x$
$3x = 1.5 \quad \Rightarrow \quad x = 0.5m$
이다.

NoteBase

선지 판단

① O
- 계산 결과 $x = 0.5m$이므로 옳다.

② X
- $x = 1.0m$이면 $M_A = 3 \times 4 + 3 \times 1.5 = 16.5kN \cdot m$가 되어 주어진 $15kN \cdot m$와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 $x = 1.0m$이고, 올바르게는 $x = 0.5m$이다.

③ X
- $x = 1.5m$이면 $M_A = 3 \times 4 + 3 \times 2.0 = 18kN \cdot m$가 되어 조건보다 크다.
- 틀린 표현은 $x = 1.5m$이고, 올바르게는 $x = 0.5m$이다.

④ X
- $x = 2.0m$이면 $M_A = 3 \times 4 + 3 \times 2.5 = 19.5kN \cdot m$가 되어 조건보다 크다.
- 틀린 표현은 $x = 2.0m$이고, 올바르게는 $x = 0.5m$이다.

계산 결과 $x = 0.5m$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

우측 경간의 $6kN$을 그대로 A점까지 전달해 계산하면 내부힌지의 역할을 놓치게 된다. 이 문제의 함정은 우측 경간을 먼저 분리해 내부힌지 반력 $3kN$을 구해야 한다는 점과, 등분포하중의 합력이 하중구간 중앙인 $x + 0.5m$에서 작용한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

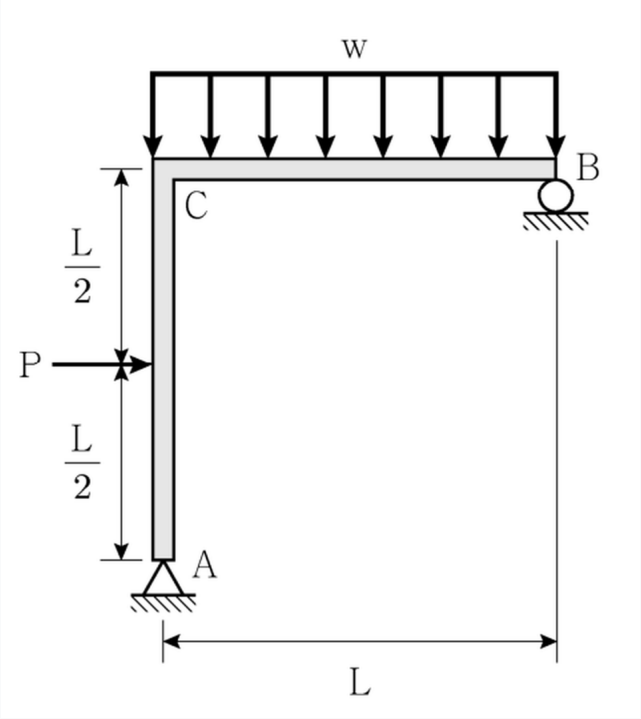
내부힌지가 있는 보가 나오면 먼저 힌지를 기준으로 경간을 분리하고, 힌지에서 모멘트가 0이라는 조건으로 각 경간의 반력을 구한 뒤, 그 반력을 다른 경간의 외력으로 옮겨서 고정단 모멘트를 계산한다.

암기 포인트

내부힌지에서는 $M = 0$이고, 등분포하중 wL의 합력 작용점은 항상 하중구간의 중앙이다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 구조물에 집중하중 P와 등분포하중 w가 작용할 때, 지점 A의 수직반력이 0이라면 P와 w의 관계식은 $P = \alpha(wL)$이다. α의 크기는? (단, 자중은 무시한다)



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 구조물 전체의 평형조건을 이용하여 지점 A의 수직반력이 0일 때 $P = \alpha(wL)$의 α를 구하는 문제이다.

조건 정리

수직부 AC의 길이는 L, 수평부 CB의 길이도 L이다.
집중하중 P는 A에서 위로 $L/2$ 지점에 수평으로 작용한다.
등분포하중 w는 CB 전 구간 L에 작용하므로 합력은 wL이고, 작용점은 보의 중앙인 C에서 $L/2$ 지점이다.
구해야 할 값은 $P = \alpha(wL)$의 α이다.
주어진 조건은 지점 A의 수직반력 $A_y = 0$이다.

NoteBase

사용할 공식

전체 구조물에 대해

$\sum F_y = 0, \qquad \sum M_A = 0$

를 적용한다.

이 공식을 쓰는 이유는 지점 A의 수직반력 조건이 직접 주어졌고, 등분포하중은 합력 wL로 치환할 수 있으므로 전체 자유물체도의 평형식만으로 P와 w의 관계를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 수직방향 평형에서

$A_y + B_y - wL = 0$

인데 $A_y = 0$이므로

$B_y = wL$

이다.

2. A점에 대한 모멘트 평형을 잡으면, B점 반력은 반시계방향 모멘트 B_yL를 만들고, 등분포하중 합력 wL은 시계방향 모멘트 $(wL)(L/2)$, 수평하중 P는 시계방향 모멘트 $P(L/2)$를 만든다. 따라서

$B_yL - (wL)(L/2) - P(L/2) = 0$

이다.

3. $B_y = wL$를 대입하면

$wL \cdot L - (wL)(L/2) - P(L/2) = 0$

$\frac{wL^2}{2} = \frac{PL}{2}$

$P = wL$

이다. 따라서 $P = \alpha(wL)$에서 $\alpha = 1$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 $P = wL$이므로 $\alpha = 1$이다. 따라서 ①은 옳다.

② X
- $\alpha = 2$라면 $P = 2wL$이 되어 A점 모멘트 평형식 $B_y L - (wL)(L/2) - P(L/2) = 0$를 만족하지 않는다. 틀린 표현은 \"$\alpha = 2$\"이고, 올바르게는 \"$\alpha = 1$\"이다.

③ X
- $\alpha = 3$이면 $P = 3wL$이 되어 등분포하중이 만드는 시계방향 모멘트보다 수평하중의 모멘트가 과대평가된다. 틀린 표현은 \"$\alpha = 3$\"이고, 올바르게는 \"$\alpha = 1$\"이다.

④ X
- $\alpha = 4$이면 $P = 4wL$이 되어 전체 평형이 성립하지 않는다. 틀린 표현은 \"$\alpha = 4$\"이고, 올바르게는 \"$\alpha = 1$\"이다.

오답 포인트

등분포하중의 합력 크기를 wL, 작용점을 보의 중앙으로 잡지 않으면 모멘트가 잘못 계산된다. 또한 $A_y = 0$ 조건을 먼저 $\sum F_y = 0$에 넣어 $B_y = wL$를 만든 뒤 모멘트식을 세워야 식이 단순해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

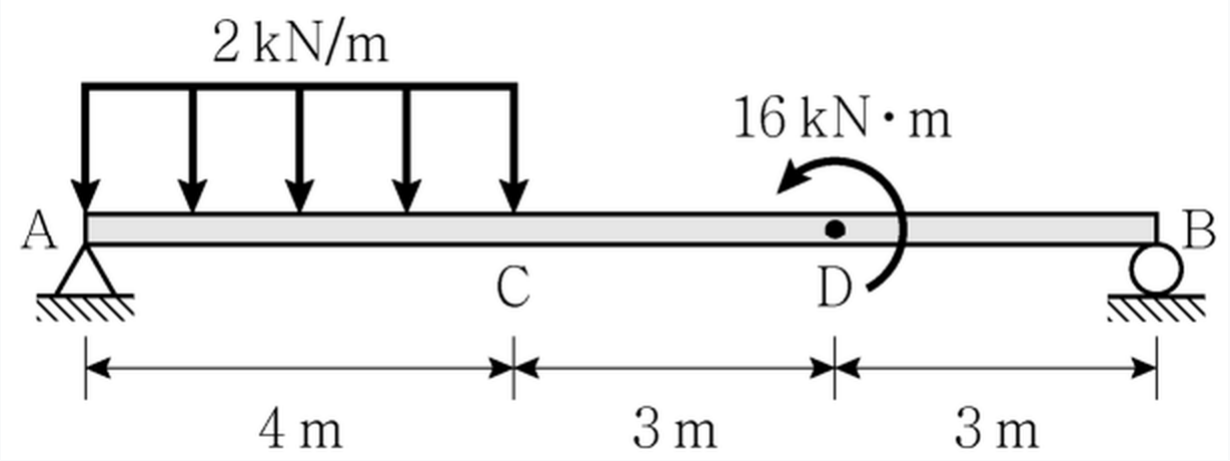
반력 조건이 주어진 프레임 계산형 문제는 먼저 전체 구조물 자유물체도를 그린 뒤, $\sum F_y = 0$로 반력을 정리하고, 그다음 한 점에 대한 모멘트 평형으로 미지하중을 구하면 된다. 등분포하중은 항상 합력과 작용점을 함께 바꿔 넣어야 한다.

암기 포인트

등분포하중 w가 길이 L에 걸리면 합력은 wL, 작용점은 중앙이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 단순보에 등분포하중과 집중모멘트 하중이 작용할 때, 옳지 않은 것은? (단, 자중은 무시한다)



① C점의 전단력은 0이다.

② D점의 전단력은 16 kN이다.

③ C점의 휨모멘트는 16 kN·m이다.

④ D점의 휨모멘트는 16 kN·m이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 등분포하중을 등가집중하중으로 바꾸고, 반력·전단력·휨모멘트의 관계를 이용해 C점과 D점의 값을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A-B는 단순보이고 전체 길이는 10m이다. A-C는 4m, C-D는 3m, D-B는 3m이다. A-C 구간에 $2kN/m$의 등분포하중이 작용하므로 등가집중하중은 $8kN$이고 작용점은 A에서 2m 지점이다. D점에는 $16kN \cdot m$의 집중모멘트가 작용한다.
구해야 할 값: C점과 D점의 전단력 및 휨모멘트이다.
주의할 조건: 집중모멘트는 전단력을 바꾸지 않고 휨모멘트만 불연속적으로 변화시킨다.

사용할 공식

평형조건은 $\sum V = 0, \sum M = 0$이다. 전단력은 구간 내 수직하중의 누적값으로 정해지고, 휨모멘트는 전단력도를 적분한 값이다.
이 공식을 쓰는 이유: 단순보의 반력을 먼저 구해야 각 점의 전단력과 휨모멘트를 판정할 수 있고, 이 문항의 핵심 함정은 집중모멘트를 전단력으로 잘못 읽는 데 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 등분포하중을 등가집중하중으로 바꾸면 $wL = 2 \times 4 = 8kN$이고 작용점은 A에서 2m이다.
2. A점에 대한 모멘트평형을 잡으면 $10B_y - 8 \times 2 + 16 = 0$이므로 $B_y = 0$이다. 따라서 $A_y = 8kN$이다.
3. C점 전단력은 $V_C = A_y - 8 = 8 - 8 = 0kN$이다.
4. C점 휨모멘트는 $M_C = A_y \times 4 - 8 \times (4 - 2) = 8 \times 4 - 8 \times 2 = 16kN \cdot m$이다.
5. C-D 구간에는 수직하중이 없으므로 전단력은 계속 0이고, 휨모멘트도 D점 직전까지 $16kN \cdot m$로 일정하다. 집중모멘트는 이 지점에서 휨모멘트만 변화시킨다.

선지별 해설

① O: C점의 전단력은 0이다. A에서 올라가는 반력 $8kN$과 A-C 구간의 등가집중하중 $8kN$이 정확히 상쇄되므로 $V_C = 0$이다.
② X: D점의 전단력은 16 kN이 아니다. C-D 구간에는 추가 수직하중이 없고 집중모멘트는 전단력을 바꾸지 않으므로 $V_D = 0$이다. 틀린 표현은 '전단력은 16 kN'이고, 올바르게는 'D점의 전단력은 0이다'이다.
③ O: C점의 휨모멘트는 $16kN \cdot m$이다. $M_C = 8 \times 4 - 8 \times 2 = 16kN \cdot m$으로 계산된다.
④ O: D점의 휨모멘트는 16 $kN \cdot m$이다. C-D 구간의 전단력이 0이므로 휨모멘트는 일정하고, 따라서 D점 직전 단면의 휨모멘트도 $16kN \cdot m$이다.

오답 포인트

집중모멘트 $16kN \cdot m$를 전단력 값으로 오해하면 ②를 맞는 선지로 착각하기 쉽다. 이 문제의 핵심은 '집중모멘트는 전단력을 바꾸지 않고 휨모멘트만 점프시킨다'는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

보 문제는 먼저 등분포하중을 등가집중하중으로 치환하고 반력을 구한 뒤, 각 구간에 수직하중이 있는지부터 확인하면 된다. 수직하중이 없으면 전단력은 일정하고, 집중모멘트가 있으면 그 지점에서는 전단력이 아니라 휨모멘트만 변한다.

암기 포인트

집중하중은 전단력을 바꾸고, 집중모멘트는 휨모멘트를 바꾼다.

NoteBase

문 15. 같은 하중조건과 단면적을 가지는 단순보에서 직사각형 단면의 보에 발생하는 최대전단응력은 $\alpha\left(\frac{V}{A}\right)$ 이고, 원형 단면의 보에 발생하는 최대전단응력은 $\beta\left(\frac{V}{A}\right)$이다. 두 최대전단응력의 비 $\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)$는? (단, 단순보의 단면적은 A, 최대전단력은 V이고, 자중은 무시한다)

① $\frac{1}{2}$
② $\frac{9}{8}$
③ $\frac{3}{2}$
④ $\frac{5}{3}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단면 형상에 따른 최대전단응력 계수 $\tau_{max}/(V/A)$를 비교하여 비 α/β를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 직사각형 단면의 최대전단응력 $\tau_{rect,\,max}=\alpha(V/A)$, 원형 단면의 최대전단응력 $\tau_{cir,\,max}=\beta(V/A)$이다.
구해야 할 값은 α/β이다.
주의할 조건은 두 보의 단면적이 모두 A이고 최대전단력이 모두 V이므로 단면 형상에 따른 계수만 비교하면 된다는 점이다.

사용할 공식

직사각형 단면의 최대전단응력은 $\tau_{rect,\,max}=\frac{3}{2}\frac{V}{A}$이고, 원형 단면의 최대전단응력은 $\tau_{cir,\,max}=\frac{4}{3}\frac{V}{A}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 같은 V와 A를 가진 서로 다른 단면의 최대전단응력 계수 α, β만 비교하게 했기 때문이다.

계산 과정

1. 직사각형 단면에서 $\alpha=\frac{3}{2}$이다.
2. 원형 단면에서 $\beta=\frac{4}{3}$이다.
3. 따라서
$\frac{\alpha}{\beta}=\frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}}=\frac{3}{2}\times\frac{3}{4}=\frac{9}{8}$
이므로 정답값은 $\frac{9}{8}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: α/β는 $\frac{9}{8}$이므로 $\frac{1}{2}$가 아니다. 틀린 표현은 '비가 $\frac{1}{2}$이다'이고, 올바르게는 '비는 $\frac{9}{8}$이다'이다.
② O: 직사각형의 계수 $\frac{3}{2}$를 원형의 계수 $\frac{4}{3}$로 나누면 $\frac{9}{8}$이 된다. 따라서 ②는 옳다.
③ X: $\frac{3}{2}$는 직사각형 단면 하나의 최대전단응력 계수 α일 뿐, α/β가 아니다. 틀린 표현은 '비가 $\frac{3}{2}$이다'이고, 올바르게는 '직사각형 계수는 $\frac{3}{2}$이지만 두 최대전단응력의 비는 $\frac{9}{8}$이다'이다.
④ X: 원형 단면의 계수까지 반영한 비는 $\frac{5}{3}$가 아니라 $\frac{9}{8}$이다. 틀린 표현은 '비가 $\frac{5}{3}$이다'이고, 올바르게는 '비는 $\frac{9}{8}$이다'이다.

오답 포인트

직사각형의 최대전단응력 계수 $\frac{3}{2}$만 기억하고 그대로 답으로 고르기 쉽다. 또 두 단면의 최대전단응력을 비교하는 문제인데 평균전단응력 V/A만 보고 계수 비교를 빼먹으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

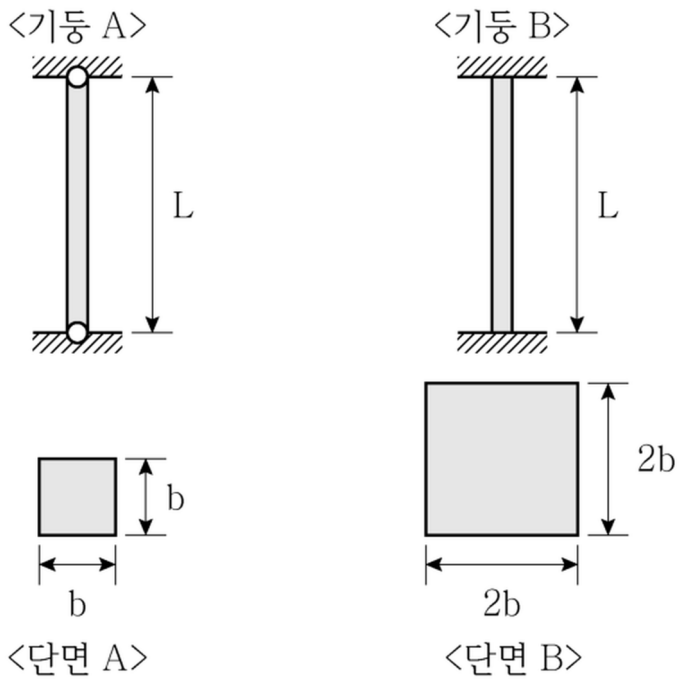
같은 V와 A를 주고 단면만 바꿔 비교하면 절대값 계산보다 단면별 최대전단응력 계수를 먼저 적어 놓고 그 계수의 비를 계산하면 된다.

암기 포인트

최대전단응력 계수는 직사각형 $\frac{3}{2}$, 원형 $\frac{4}{3}$이며, 두 단면을 비교하면 계수만 나누어 판단한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 양단이 힌지로 지지된 한 변이 b인 정사각형 단면을 갖는 기둥의 임계 좌굴하중(P_A)과, 양단이 고정된 한 변이 2b인 정사각형 단면을 갖는 기둥의 임계 좌굴하중(P_B)의 비 $\left(\frac{P_B}{P_A}\right)$는? (단, 두 탄성좌굴 기둥의 길이와 재료는 동일하고, 기둥의 자중은 무시한다)



① 8

② 16

③ 32

④ 64

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 오일러 좌굴하중식에서 단면2차모멘트와 유효좌굴길이의 영향을 함께 비교하는 문제이다.

조건 정리

기둥 A: 양단 힌지, 길이 L, 정사각형 단면 한 변 b이다.
기둥 B: 양단 고정, 길이 L, 정사각형 단면 한 변 $2b$이다.
두 기둥의 재료는 같으므로 E는 같다.
구해야 할 값은 P_B/P_A이다.

NoteBase

사용할 공식

오일러 좌굴하중은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$ 이다.
이 문제는 두 기둥 모두 탄성좌굴 기둥이므로 임계 좌굴하중이 단면2차모멘트 I에 비례하고 유효길이계수 K의 제곱에 반비례하는 관계를 그대로 비교할 수 있다.

계산 과정

1. 기둥 A는 양단 힌지이므로 $K_A = 1$이다.
2. 기둥 B는 양단 고정이므로 $K_B = 0.5$이다.
3. 정사각형 단면의 단면2차모멘트는 $I = \frac{a^4}{12}$ 이므로 $I_A = \frac{b^4}{12}, \quad I_B = \frac{(2b)^4}{12} = 16\frac{b^4}{12} = 16I_A$ 이다.
4. 따라서 $\frac{P_B}{P_A} = \frac{I_B}{I_A} \cdot \frac{K_A^2}{K_B^2} = 16 \cdot \frac{1^2}{0.5^2} = 16 \cdot 4 = 64$ 이다.

선지 판단

① X: 8은 단면 영향과 지지조건 영향을 모두 반영한 값이 아니다. 올바른 값은 64이다.
② X: 16은 정사각형 단면의 한 변이 $b \to 2b$로 커질 때 단면2차모멘트가 16배가 되는 점만 반영하고, 양단 고정으로 유효길이가 절반이 되어 좌굴하중이 추가로 4배 커지는 점을 빠뜨린 값이다. 올바른 값은 64이다.
③ X: 32는 고정단 효과를 4배가 아니라 2배 정도로 잘못 반영한 값이다. 양단 고정은 KL이 $L/2$가 되므로 좌굴하중은 2배가 아니라 4배 커진다. 올바른 값은 64이다.
④ O: 단면2차모멘트 16배와 유효길이 효과 4배를 곱하면 $16 \times 4 = 64$이므로 옳다.

오답 포인트

정사각형 단면에서 한 변이 2배가 되면 면적은 4배이지만 단면2차모멘트는 16배가 된다. 또한 양단 고정은 유효길이가 절반이므로 좌굴하중이 2배가 아니라 4배가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

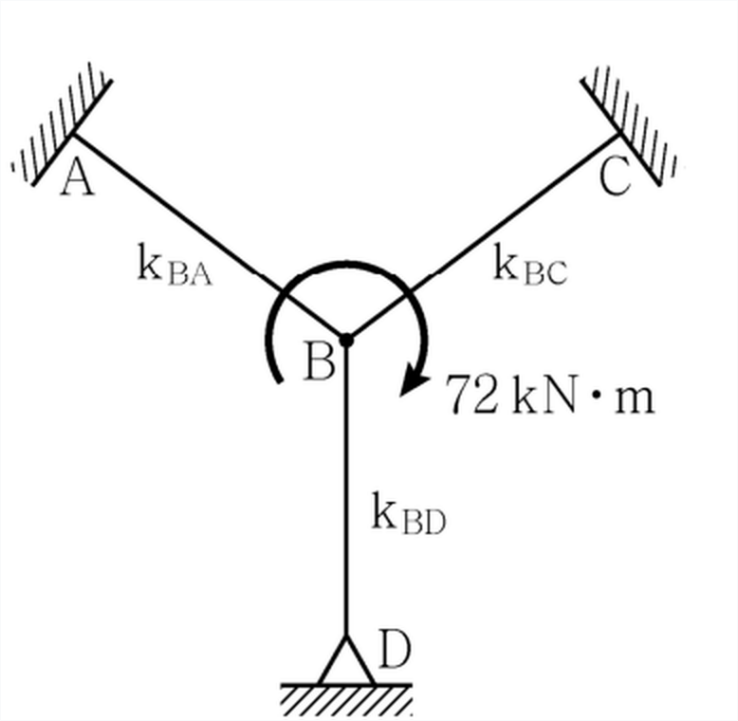
좌굴 비교 문제는 $P_{cr} \propto I/(KL)^2$를 먼저 잡고, 지지조건으로 K를 정한 뒤 단면2차모멘트 비와 유효길이 비의 제곱을 곱해 판단한다.

암기 포인트

오일러 좌굴은 I에 비례하고 $(KL)^2$에 반비례한다. 정사각형 한 변 2배는 I 16배, 양단 고정은 힌지 대비 4배 효과이다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 구조물의 B점에 72 kN·m의 모멘트가 작용할 때, C점의 모멘트가 6 kN·m이다. 부재 BA의 강성비(k_{BA})는? (단, 부재 BD의 수정강성비 $k'_{BD} = 3$, 부재 BC의 강성비 $k_{BC} = 1$이고, 자중은 무시한다)



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 모멘트 분배법에서 분배계수와 전달모멘트의 관계를 이용해 부재 k_{BA}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $M_B = 72kN \cdot m$, $M_C = 6kN \cdot m$, $k_{BC} = 1$, $k'_{BD} = 3$이다. 구해야 할 값은 k_{BA}이다. 여기서 k'_{BD}는 수정강성비로, BD 부재의 원단 D가 핀지지여서 전달모멘트가 0이 되므로 강성을 $\frac{3}{4}$로 줄여 보정한 값($\frac{3}{4}k$)이며, 분배 분모에는 더하되 D로의 전달은 없다. 반면 원단이 고정단인 BA, BC는 보통의 강성비를 쓰고 전달모멘트가 발생한다. C점 모멘트 6은 BC 부재의 전달모멘트이므로 먼저 B단의 분배모멘트로 환산해야 한다.

NoteBase

사용할 공식

전달모멘트는 원단 모멘트의 절반이므로 $M_C = \frac{1}{2}M_{BC}$이다. 또한 BC 부재의 분배계수는 $DF_{BC} = \frac{k_{BC}}{k_{BA}+k_{BC}+k'_{BD}} = \frac{1}{k_{BA}+1+3}$이다. 따라서 $M_{BC} = 72 \times DF_{BC}$로 둔다. 이 공식을 쓰는 이유는 B점에 작용한 모멘트가 각 부재 강성비에 비례해 분배되고, 그중 BC에 분배된 모멘트가 다시 C점으로 절반 전달되기 때문이다.

계산 과정

먼저 $M_C = 6kN\cdot m$이므로 $M_{BC} = 12kN\cdot m$이다. 따라서

$$72 \times \frac{1}{k_{BA}+1+3} = 12$$

이고,

$$\frac{72}{k_{BA}+4} = 12$$

이므로

$$k_{BA}+4 = 6, \quad k_{BA} = 2$$

이다.

선지별 해설

① X: $k_{BA}=1$이면 $DF_{BC} = \frac{1}{1+1+3} = \frac{1}{5}$이므로 $M_{BC} = 72 \times \frac{1}{5} = 14.4kN\cdot m$이고 전달모멘트는 $7.2kN\cdot m$가 된다. 조건의 $6kN\cdot m$와 맞지 않는다. 올바르게는 $k_{BA}=2$이다.

② O: $k_{BA}=2$이면 $DF_{BC} = \frac{1}{2+1+3} = \frac{1}{6}$이므로 $M_{BC} = 72 \times \frac{1}{6} = 12kN\cdot m$이다. 전달모멘트는 $6kN\cdot m$가 되어 조건과 정확히 일치한다.

③ X: $k_{BA}=3$이면 $DF_{BC} = \frac{1}{3+1+3} = \frac{1}{7}$이므로 $M_{BC} = \frac{72}{7}kN\cdot m$이고 전달모멘트는 $\frac{36}{7} \approx 5.14kN\cdot m$이다. 조건보다 작다. 올바르게는 $k_{BA}=2$이다.

④ X: $k_{BA}=4$이면 $DF_{BC} = \frac{1}{4+1+3} = \frac{1}{8}$이므로 $M_{BC} = 9kN\cdot m$이고 전달모멘트는 $4.5kN\cdot m$이다. 조건의 $6kN\cdot m$를 만족하지 못한다. 올바르게는 $k_{BA}=2$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 C점 모멘트 6을 곧바로 B단 분배모멘트로 쓰는 것이다. 이 문제의 6은 전달된 값이므로 반드시 두 배로 되돌려 $M_{BC} = 12kN\cdot m$로 바꿔야 한다. 또한 분모의 총강성에는 k_{BA}, $k_{BC}=1$, $k'_{BD}=3$이 모두 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

모멘트 분배 문제는 먼저 주어진 모멘트가 원단모멘트인지 전달모멘트인지부터 구분한다. 그다음 전달모멘트이면 원단으로 환산하고, 분배계수 =(해당 부재 강성)/(접합부 총강성)를 세워 미지 강성을 역산하면 된다.

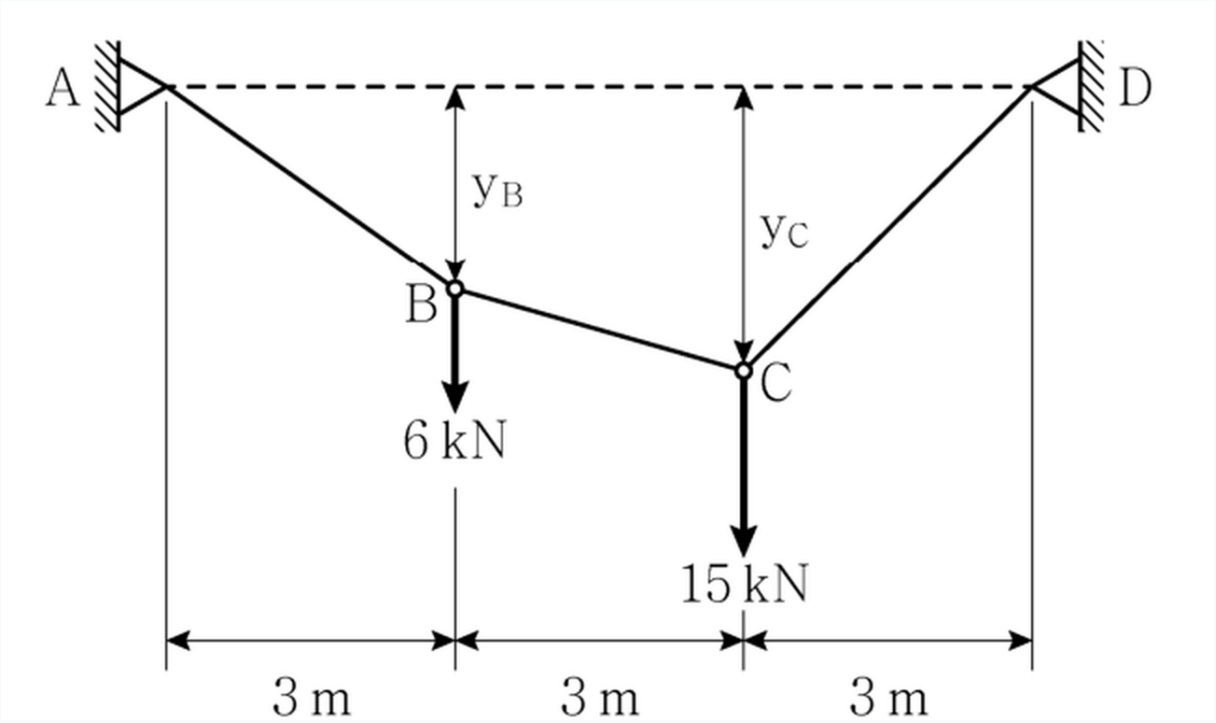
NoteBase

암기 포인트

전달모멘트는 원단모멘트의 절반이고, 분배계수의 분모는 접합부에 모인 강성의 합이다. 원단이 핀지지인 부재는 수정강성($\frac{3}{4}k$ 또는 직접 주어진 값)을 분배 분모에만 더하고 그 단으로의 전달모멘트는 없다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 케이블 구조물에서 지점 A에서의 수평반력의 크기가 9 kN일 때, 수평인 선분 AD에서 B점과 C점까지의 각각 수직거리 y_B와 y_C의 합($y_B + y_C$)의 크기[m]는? (단, 케이블의 자중은 무시한다)



① 6

② 7

③ 8

④ 9

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 집중하중을 받는 케이블에서 수평장력 H와 같은 하중조건의 단순보 휨모멘트 M의 관계 $y = M/H$를 이용해 각 점의 처짐을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 A점 수평반력 $H = 9kN$, B점 집중하중 6 kN, C점 집중하중 15 kN, 각 수평간격 3m이다.
구해야 할 값은 $y_B + y_C$이다.
A와 D는 같은 높이에 있고 케이블 자중은 없으므로 각 구간은 직선이고, 처짐은 같은 하중조건의 단순보 휨모멘트를 H로 나누어 구할 수 있다.

NoteBase

사용할 공식

케이블의 수평성분이 일정할 때 각 점의 수직거리 y는 $y = M/H$이다.
여기서 M은 같은 하중을 받는 경간 9m 단순보의 해당 단면 휨모멘트이다.
이 공식을 쓰는 이유는 자중이 없는 케이블은 집중하중 사이가 직선이 되고, 케이블 형상이 대응 단순보의 휨모멘트도와 수평장력 H에 비례하기 때문이다.

계산 과정

1. 같은 하중조건의 단순보 반력을 구하면 $R_A \times 9 = 6 \times 6 + 15 \times 3 = 81$이므로 $R_A = 9kN$이다.
2. B점 휨모멘트는 $M_B = R_A \times 3 = 27kN \cdot m$이다. 따라서 $y_B = M_B/H = 27/9 = 3m$이다.
3. C점 휨모멘트는 $M_C = R_A \times 6 - 6 \times 3 = 36kN \cdot m$이다. 따라서 $y_C = M_C/H = 36/9 = 4m$이다.
4. 따라서 $y_B + y_C = 3 + 4 = 7m$이다.

선지 판단

① X: 계산 결과 $y_B + y_C = 7m$이므로 6m는 틀리다. 6m는 C점 처짐 $y_C = 4m$를 3m로 잘못 본 경우의 오답이며, 올바르게는 7m이다.
② O: $M_B = 27kN \cdot m$, $M_C = 36kN \cdot m$이므로 $y_B = 3m$, $y_C = 4m$가 되어 합은 7m이다.
③ X: 계산 결과와 비교하면 8m는 틀리다. 8m는 B점과 C점의 휨모멘트를 과대평가한 값이며, 올바르게는 7m이다.
④ X: 계산 결과와 비교하면 9m는 틀리다. 9m는 수평반력 $H = 9kN$을 처짐값과 혼동하거나 총하중만으로 단순 합산한 경우의 오답이며, 올바르게는 7m이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 케이블 문제를 절점평형만으로 복잡하게 보다가 $y = M/H$ 관계를 놓치는 점이다. 특히 C점에서는 $M_C = R_A \times 6 - 6 \times 3$처럼 B점 하중의 영향을 빼 주어야 하는데, 이를 빠뜨리면 8m나 9m 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

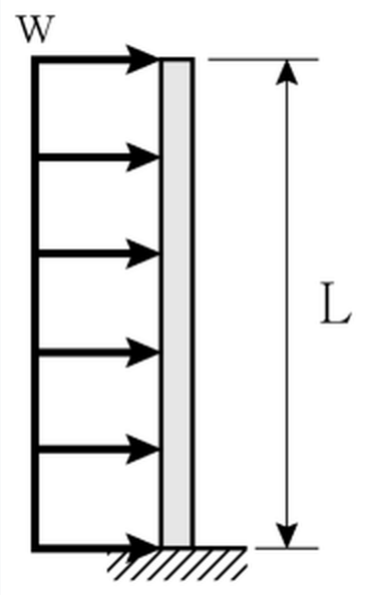
집중하중 케이블에서 수평장력 H가 주어지면 먼저 같은 하중조건의 단순보 반력과 휨모멘트를 구한 뒤 각 점에 대해 $y = M/H$를 적용한다. 마지막에 각 처짐의 합이나 차를 요구한 값에 맞게 정리하면 된다.

암기 포인트

자중 없는 집중하중 케이블은 대응 단순보의 휨모멘트도와 닮고, 처짐은 $y = M/H$이다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 등분포하중(w)이 작용하는 구조물에서 소성붕괴 등분포하중 $w_u = \alpha\left(\frac{M_p}{L^2}\right)$이다. α의 크기는? (단, 휨강성 EI는 일정하고, M_p는 소성모멘트이며 자중은 무시한다)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 1번

출제 포인트

등분포하중을 받는 외팔기둥의 소성붕괴하중을 고정단 최대모멘트와 소성모멘트 M_p를 같게 두어 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건은 높이 L의 외팔기둥에 전 구간 등분포하중 w가 작용하고, 소성모멘트가 M_p로 일정하다는 점이다. 구해야 할 값은 $w_u = \alpha(M_p/L^2)$에서의 α이다. 외팔기둥은 고정단에 소성힌지 1개가 생기면 바로 기구가 되므로 붕괴조건은 고정단 모멘트가 M_p에 도달하는 순간이다.

사용할 공식

$M_{\max} = \frac{wL^2}{2}$

외팔기둥 전 구간에 등분포하중이 작용하면 최대휨모멘트는 고정단에서 생긴다. 소성붕괴 시에는 이 최대모멘트가 소성모멘트와 같아지므로 $M_p = \frac{w_u L^2}{2}$를 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 등분포하중 w_u를 받는 외팔기둥의 고정단 모멘트는 $M = \frac{w_u L^2}{2}$이다.
2. 소성붕괴 조건은 $M = M_p$이므로 $M_p = \frac{w_u L^2}{2}$이다.
3. 따라서 $w_u = \frac{2M_p}{L^2}$이다.
4. 이를 $w_u = \alpha\left(\frac{M_p}{L^2}\right)$와 비교하면 $\alpha = 2$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 $w_u = \frac{2M_p}{L^2}$이므로 $\alpha = 2$이다. 따라서 ①은 맞다.
② X: 4는 고정단 모멘트를 $\frac{wL^2}{4}$처럼 잘못 잡거나 소성힌지 수를 과대평가한 값이다. 틀린 수치 4 → 올바르게는 $\alpha = 2$이다.
③ X: 6은 외팔기둥의 모멘트식을 잘못 적용해 붕괴하중을 실제보다 크게 본 값이다. 틀린 수치 6 → 올바르게는 $\alpha = 2$이다.
④ X: 8은 단순지지보나 다힌지 구조처럼 착각하여 소성붕괴조건을 잘못 세운 값이다. 이 구조는 고정단 1개에서 최대모멘트가 생기므로 틀린 수치 8 → 올바르게는 $\alpha = 2$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 소성붕괴라는 말 때문에 소성힌지가 여러 개 필요하다고 착각하는 점이다. 하지만 외팔기둥은 정정구조이므로 고정단에 소성힌지 1개가 생기면 바로 기구가 된다. 따라서 모멘트 분포를 복잡하게 그릴 필요 없이 고정단 최대모멘트만 정확히 잡으면 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

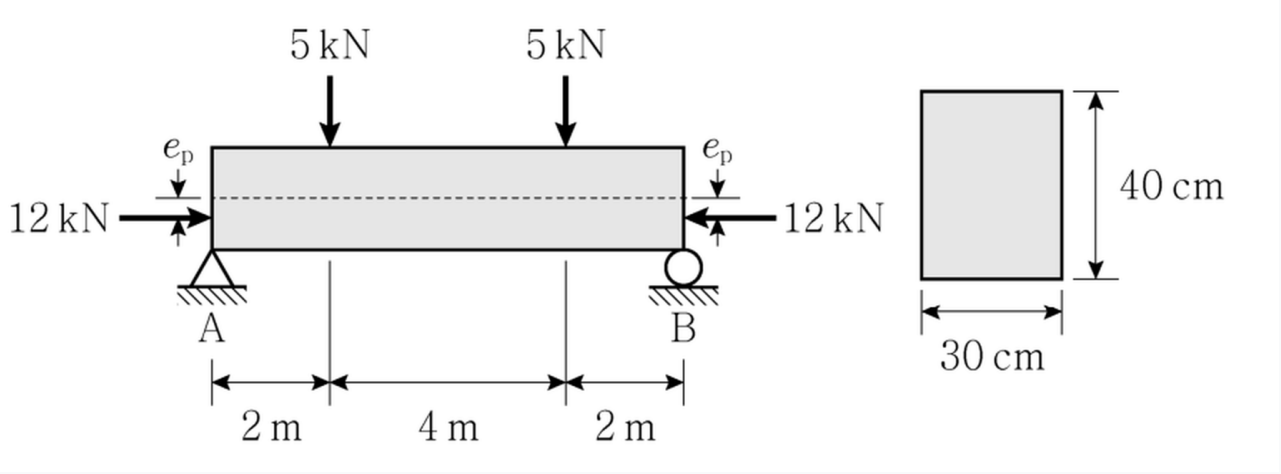
외팔부재의 소성붕괴 문제는 먼저 정정구조인지 확인하고, 정정 외팔이면 소성힌지 1개로 붕괴한다고 판단한다. 그다음 등분포하중의 고정단 최대모멘트 $\frac{wL^2}{2}$를 바로 M_p와 같게 두면 된다.

암기 포인트

외팔 + 전구간 등분포하중이면 고정단모멘트는 $\frac{wL^2}{2}$, 정정 외팔의 소성붕괴는 소성힌지 1개이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 직사각형 단면의 단순보에서 지간 중앙 단면의 하단에 발생하는 수직응력의 크기[MPa]는? (단, 편심 $e_p = 10cm$, 탄성계수 E는 일정하고, 자중은 무시한다)



① 1.0(압축응력)

② 1.0(인장응력)

③ 1.5(압축응력)

④ 1.5(인장응력)

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단순보의 휨응력과 편심축력에 의한 축응력을 합성하여 지간 중앙 단면 하단의 최종 수직응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

단면은 가로 30cm, 세로 40cm인 직사각형이다.
수직하중은 5 kN 두 개가 대칭으로 작용하므로 지점반력은 각각 5 kN이다.
축력은 12 kN 압축이고, 작용선은 도심에서 아래로 $e_p = 10cm$ 편심되어 있다.
구해야 할 값은 지간 중앙 단면 하단의 수직응력이다.

사용할 공식

직접축응력은 $\sigma_N = \frac{P}{A}$, 휨응력은 $\sigma_b = \frac{Mc}{I}$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 문제의 하단 응력이 수직하중에 의한 휨응력과 편심축력에 의한 직접축응력 및 추가 휨응력의 중첩으로 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

단면적은 $A = 30 \times 40 = 1200cm^2 = 0.12m^2$이다.
단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12} = \frac{30 \times 40^3}{12} = 160000cm^4 = 0.0016m^4$이다.
도심에서 하단까지 거리는 $c = 20cm = 0.2m$이다.
수직하중에 의한 지간 중앙 휨모멘트는 $M_V = 5 \times 2 = 10kN \cdot m$이고, 따라서 하단 휨응력은 $\sigma_V = \frac{M_V c}{I} = \frac{10 \times 10^3 \times 0.2}{0.0016} = 1.25MPa$ 인장이다.
축력의 직접축응력은 $\sigma_N = \frac{12 \times 10^3}{0.12} = 0.1MPa$ 압축이다.
편심에 의한 추가모멘트는 $M_e = Pe = 12 \times 0.1 = 1.2kN \cdot m$이고, 작용선이 도심 아래에 있으므로 하단에는 압축이 더해진다. 따라서 하단 추가응력은 $\sigma_e = \frac{M_e c}{I} = \frac{1.2 \times 10^3 \times 0.2}{0.0016} = 0.15MPa$ 압축이다.
하단의 축력 관련 합성응력은 $0.1 + 0.15 = 0.25MPa$ 압축이고, 최종 하단 응력은 $1.25 - 0.25 = 1.0MPa$ 인장이다.

선지 판단

① X: 크기 1.0 MPa까지는 맞지만 '압축응력'이 틀렸다. 올바르게는 하단 응력은 1.0 MPa 인장응력이다.
② O: 수직하중으로 하단에 1.25 MPa 인장이 생기고, 편심축력으로 하단에 0.25 MPa 압축이 더해져 최종적으로 1.0 MPa 인장이 된다.
③ X: '1.5'와 '압축응력'이 모두 틀렸다. 올바르게는 1.0 MPa 인장응력이며, 1.5 MPa는 편심축력의 압축효과를 반대로 더하거나 부호를 잘못 잡을 때 나오는 값이다.
④ X: '1.5'가 틀렸다. 올바르게는 편심축력 관련 0.25 MPa 압축을 빼야 하므로 1.0 MPa 인장응력이다.

오답 포인트

편심축력의 작용선이 도심 위인지 아래인지에 따라 하단이 인장인지 압축인지가 바뀐다. 이 문제는 작용선이 도심 아래이므로 하단에는 압축이 추가되는데, 이를 반대로 잡으면 1.5 MPa 인장으로 오답 처리된다.

다시 나오면 이렇게 판단

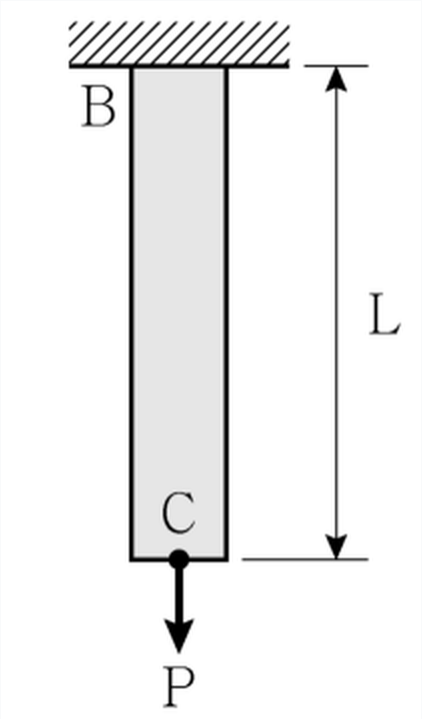
편심축력 문제가 나오면 먼저 도심 기준 편심 방향을 확인하고, 다음에 직접축응력 P/A와 편심모멘트 응력 Pec/I의 부호를 정한 뒤, 마지막으로 외력 휨응력과 합성한다.

암기 포인트

하단 최종응력은 외력 휨응력과 편심축력 응력을 부호까지 정해 중첩한 값이며, 이 문제에서는 $1.25 - 0.25 = 1.0MPa$ 인장이다.

NoteBase

문 21. 그림과 같이 집중하중 P가 작용하는 부재의 자중을 고려한 부재 끝단 C점에서의 수직 변형량은? (단, 부재의 단면적 A와 탄성계수 E는 일정하고, 재료는 균일하며, 자중 W는 부재 전체의 무게이다)



① $\frac{L}{AE}\left(\frac{P}{2}+\frac{W}{3}\right)$
② $\frac{L}{AE}\left(P+\frac{W}{3}\right)$
③ $\frac{L}{AE}\left(P+\frac{W}{2}\right)$
④ $\frac{L}{AE}(P+2W)$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 축하중을 받는 등단면 수직부재에서 집중하중과 자중이 함께 작용할 때의 축변형량을 적분으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 길이 L, 단면적 A, 탄성계수 E, 끝단 집중하중 P, 부재 전체 자중 W이다.
구해야 할 값: 끝단 C점의 수직 변형량이다.
주의할 조건: 자중은 부재 전 길이에 균등 분포하므로 단면축력은 길이에 따라 선형으로 변한다.

NoteBase

사용할 공식

축변형량은 $\delta = \int_0^L \frac{N(x)}{AE} dx$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 단면적과 탄성계수는 일정하지만 자중 때문에 축력 $N(x)$가 위치에 따라 달라지므로 적분으로 계산해야 한다.

계산 과정

아래끝 C에서 위로 x만큼 떨어진 단면을 잡으면 그 단면의 축력은 아래에 매달린 집중하중과 그 아래 구간의 자중을 합한 $N(x) = P + \frac{W}{L}x$ 이다.
따라서
$\delta = \int_0^L \frac{P + \frac{W}{L}x}{AE} dx$
$= \frac{1}{AE}\left[Px + \frac{W}{2L}x^2\right]_0^L$
$= \frac{1}{AE}\left(PL + \frac{WL}{2}\right) = \frac{L}{AE}\left(P + \frac{W}{2}\right)$
계산 결과 $\delta = \frac{L}{AE}\left(P + \frac{W}{2}\right)$ 이다.

선지별 해설

① X
- P는 부재 전 구간에 동일하게 작용하는 일정 축력이므로 변형 기여는 $\frac{PL}{AE}$ 이다. 선지의 $\frac{P}{2}$ 는 P를 선형분포 하중처럼 잘못 평균낸 표현이다.
- 자중 항도 $\frac{W}{3}$ 가 아니라 선형으로 변하는 축력의 평균값 $\frac{W}{2}$ 가 들어가야 한다. 틀린 표현은 $\frac{P}{2} + \frac{W}{3}$ 이고, 올바르게는 $P + \frac{W}{2}$ 이다.

② X
- 집중하중 P 항은 맞지만, 자중에 의한 축력은 0에서 W까지 선형으로 증가하므로 평균은 $\frac{W}{2}$ 이다. $\frac{W}{3}$ 는 삼각형 분포를 잘못 처리한 값이다.
- 틀린 표현은 $P + \frac{W}{3}$ 이고, 올바르게는 $P + \frac{W}{2}$ 이다.

③ O
- 단면 축력 $N(x) = P + \frac{W}{L}x$ 를 적분하면 $\delta = \frac{L}{AE}\left(P + \frac{W}{2}\right)$ 가 된다. 집중하중의 일정항 P와 자중의 선형항 평균 $\frac{W}{2}$ 를 정확히 반영한 식이다.

④ X
- 자중 W는 전 구간에 일정하게 작용하는 추가 집중하중이 아니다. 자중 효과는 선형 분포 축력의 적분 결과로 $\frac{W}{2}$ 만큼만 반영된다.
- 틀린 표현은 $P + 2W$ 이고, 올바르게는 $P + \frac{W}{2}$ 이다.

오답 포인트

집중하중 P는 전 구간에서 일정한 축력인데 이를 평균내어 $\frac{P}{2}$ 로 줄이거나, 자중에 의한 선형 축력의 평균을 $\frac{W}{3}$ 로 착각하는 경우가 많다. 이 문제의 핵심은 하중분포가 아니라 단면축력 $N(x)$의 분포를 적분하는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

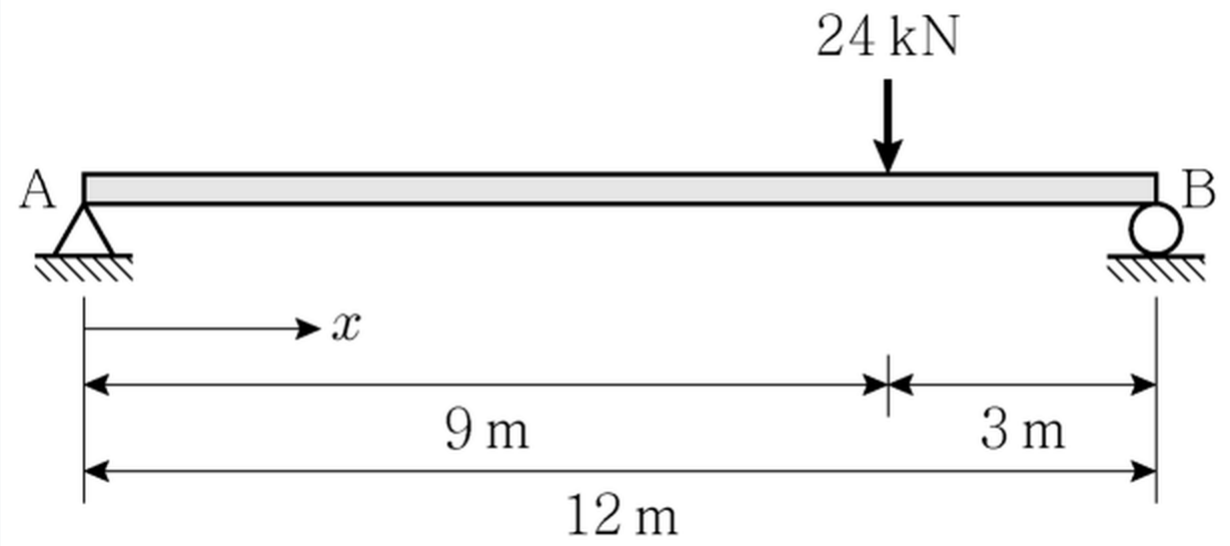
자중이 있는 축변형 문제는 먼저 임의 단면의 축력 $N(x)$를 잡고, 집중하중은 상수항으로, 자중은 위치에 따라 선형항으로 넣은 뒤 $\delta = \int N(x)/(AE)dx$ 로 계산하면 된다.

암기 포인트

등단면 수직부재의 자중 변형은 전체 자중 W가 평균 $\frac{W}{2}$ 만큼 작용한 것과 같아서 $\delta = \frac{L}{AE}\left(P + \frac{W}{2}\right)$ 이다.

NoteBase

문 22. 그림과 같이 단순보에 집중하중이 작용할 때, 보에 발생하는 최대 처짐의 위치 x[m]는? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



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

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단순보에 편심된 집중하중이 작용할 때 처짐곡선의 기울기 $\theta = dy/dx$가 0이 되는 지점을 찾아 최대처짐 위치를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 경간 $12m$, 집중하중 $24kN$, 하중 위치는 A점에서 $9m$이다.
구해야 할 값은 최대처짐의 위치 x이다.
주의할 조건은 EI가 일정하므로 $EId^2y/dx^2 = M(x)$를 구간별로 적분하고, 최대처짐은 처짐이 가장 큰 점이므로 기울기 $dy/dx = 0$으로 판단한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

반력은 정정조건으로 구한다.

$R_A = \frac{24 \times 3}{12} = 6kN, \qquad R_B = \frac{24 \times 9}{12} = 18kN$

처짐곡선은

$EI\frac{d^2y}{dx^2} = M(x)$

최대처짐 위치는 기울기 0 조건

$\frac{dy}{dx} = 0$

으로 구한다.

이 공식을 쓰는 이유는 단순보의 EI가 일정하고, 하중이 한 점에 작용하므로 휨모멘트가 구간별 함수로 나뉘기 때문이다.

계산 과정

1. 하중점 왼쪽 구간 $0 \le x \le 9$에서 휨모멘트는 $M_1(x) = 6x$이다. 하중점 오른쪽 구간 $9 \le x \le 12$에서는 $M_2(x) = 6x - 24(x-9) = 216 - 18x$이다.

2. 이를 적분하면

$EIy_1' = 3x^2 + C_1, \qquad EIy_2' = 216x - 9x^2 + C_3$

이고, 처짐과 기울기의 연속조건 $x = 9$, 경계조건 $y(0) = 0, y(12) = 0$을 적용하면

$C_1 = -135, C_3 = -1107$이 된다.

3. 왼쪽 구간의 기울기식은

$EIy_1' = 3x^2 - 135 = 0$

이므로

$x^2 = 45, \qquad x = 3\sqrt{5}m$

이다. 오른쪽 구간에서 얻는 근 $x = 12 \pm \sqrt{21}$는 구간 $9 \le x \le 12$에 맞지 않으므로 채택하지 않는다. 따라서 최대처짐 위치는 $x = 3\sqrt{5}m$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

$2\sqrt{3}m$는 실제 기울기 조건식 $3x^2 - 135 = 0$을 만족하지 않는다. 최대처짐 위치는 $2\sqrt{3}m$가 아니라 $3\sqrt{5}m$이다.

② O

기울기 $dy/dx = 0$ 조건으로 구한 값이 $x = 3\sqrt{5}m$이므로 옳다.

③ X

$4\sqrt{5}m$를 대입하면 $3x^2 - 135 = 105eq0$이어서 최대처짐 위치가 될 수 없다. 최대처짐 위치는 $4\sqrt{5}m$가 아니라 $3\sqrt{5}m$이다.

④ X

$5\sqrt{7}m \approx 13.23m$는 보의 경간 $12m$를 벗어나므로 물리적으로 성립하지 않는다. 최대처짐 위치는 $5\sqrt{7}m$가 아니라 $3\sqrt{5}m$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 최대처짐 위치를 최대모멘트 위치나 하중 작용점과 같다고 보는 데 있다. 점하중이 한쪽으로 치우쳐 있으면 최대처짐 위치는 하중점과 일치하지 않을 수 있고, 반드시 $V = 0$이나 M 최대가 아니라 기울기 $dy/dx = 0$으로 판정해야 한다.

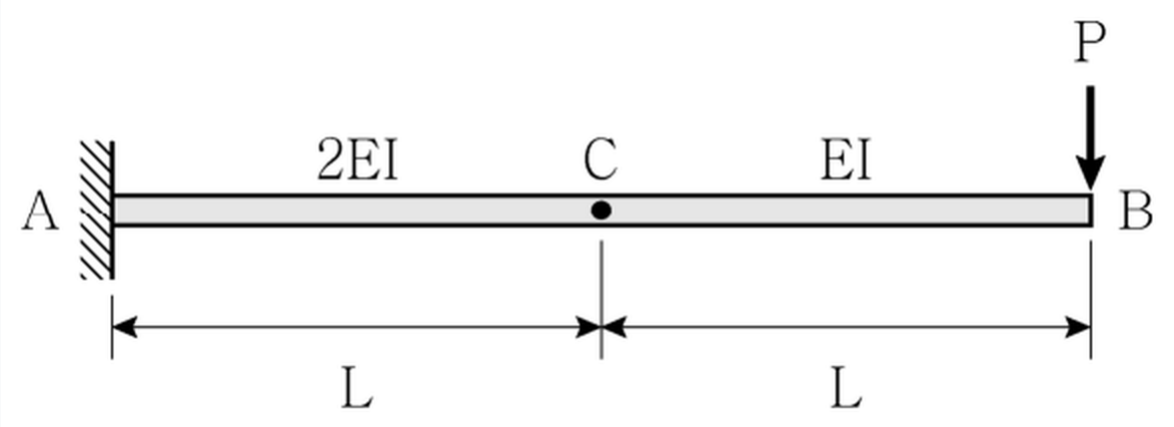
다시 나오면 이렇게 판단

단순보 처짐 위치 문제는 반력 계산, 구간별 휨모멘트 설정, $EId^2y/dx^2 = M(x)$ 적분, 경계조건과 연속조건 적용, 마지막으로 $dy/dx = 0$ 검토의 순서로 판단한다.

암기 포인트

최대처짐 위치는 $M = 0$인 점이 아니라 기울기 $\theta = dy/dx = 0$인 점이다.

문 23. 그림과 같이 캔틸레버보에 집중하중이 작용할 때, B점과 C점에 발생하는 처짐각의 비 $\left(\frac{\theta_B}{\theta_C}\right)$는? (단, 부재 AC의 휨강성은 $2EI$, 부재 BC의 휨강성은 EI이고, 자중은 무시한다)



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

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 구간별 휨강성이 다른 캔틸레버보에서 처짐각을 $\theta = \int \frac{M}{EI} dx$로 구해 두 점의 기울기비를 계산하는 문제이다.

조건 정리

전체 길이는 $2L$이다. 고정단은 A이고 자유단은 B이다. $AC = L$ 구간의 휨강성은 $2EI$, $CB = L$ 구간의 휨강성은 EI이다. 자유단 B에 집중하중 P가 작용한다. 구해야 할 값은 θ_B/θ_C이다.

사용할 공식

처짐각 θ는 보 축선의 회전각으로, 고정단 A에서 0이고 고정단에서 목표점까지 $\frac{M}{EI}$ 면적을 누적할수록 커진다. 즉 캔틸레버보의 한 점 처짐각은 고정단에서 그 점까지의 $\frac{M}{EI}$ 적분값이다. 따라서 θ_C는 AC 구간만 적분한 값이고, θ_B는 AC와 CB를 모두 누적한 값이라는 점을 계산 전에 구분해 둔다. 이 문제는 휨강성이 구간별로 다르므로 AC와 CB를 나누어 적분해야 한다. 단면력은 A에서 x만큼 떨어진 위치에서 $M(x) = P(2L - x)$이다.

NoteBase

계산 과정

먼저 C점의 처짐각은 $\theta_C = \int_0^L \frac{P(2L-x)}{2EI}dx = \frac{P}{2EI}\left[2Lx - \frac{x^2}{2}\right]_0^L = \frac{3PL^2}{4EI}$이다. 다음으로 B점의 처짐각은 $\theta_B = \int_0^L \frac{P(2L-x)}{2EI}dx + \int_L^{2L} \frac{P(2L-x)}{EI}dx$이다. 첫 항은 $\frac{3PL^2}{4EI}$이고, 둘째 항은 $\int_L^{2L} \frac{P(2L-x)}{EI}dx = \frac{P}{EI}\left[2Lx - \frac{x^2}{2}\right]_L^{2L} = \frac{PL^2}{2EI}$이므로 $\theta_B = \frac{3PL^2}{4EI} + \frac{PL^2}{2EI} = \frac{5PL^2}{4EI}$이다. 따라서 $\frac{\theta_B}{\theta_C} = \frac{\frac{5PL^2}{4EI}}{\frac{3PL^2}{4EI}} = \frac{5}{3}$이다.

선지 판단

① X: 분모와 분자를 거꾸로 놓아 θ_C/θ_B를 구하면 $\frac{\frac{3PL^2}{4EI}}{\frac{5PL^2}{4EI}} = \frac{3}{5}$이 되어 $\frac{3}{5} = 0.6$이고, $\frac{1}{3}$은 이 역비와도 일치하지 않는다. 또 두 구간의 적분값만 단순 비교해도 AC 구간 $\frac{3PL^2}{4EI}$과 CB 구간 $\frac{PL^2}{2EI} = \frac{2PL^2}{4EI}$의 비는 $\frac{2}{3}$ 또는 $\frac{3}{2}$이어서 어느 쪽으로도 $\frac{1}{3}$이 나오지 않는다. 따라서 $\frac{1}{3}$은 정비·역비·구간비 어느 경우에도 성립하지 않는 값이다.

② X: θ_B를 CB 구간 적분값($\frac{2PL^2}{4EI}$)만으로 잘못 잡고 $\theta_C = \frac{3PL^2}{4EI}$로 나누면 $\frac{2}{3}$이 나온다. θ_B는 AC 구간 누적분($\frac{3PL^2}{4EI}$)까지 더해야 하는데 이를 빠뜨린 오류로, $\frac{2}{3}$은 맞지 않는다.

③ O: $\theta_C = \frac{3PL^2}{4EI}$($AC$만), $\theta_B = \frac{5PL^2}{4EI}$($AC + CB$)이므로 비는 $\frac{5}{3}$이다.

④ X: 구간별 EI 차이를 무시하고 전체를 단일 EI로 처리하면 $\theta_C = \int_0^L \frac{P(2L-x)}{EI}dx = \frac{3PL^2}{2EI}$, $\theta_B = \int_0^{2L} \frac{P(2L-x)}{EI}dx = \frac{2PL^2}{EI}$가 되어 비는 $\frac{4}{3}$이다. 반대로 두 구간의 강성을 바꿔 $AC = EI$, $CB = 2EI$로 놓으면 비는 $\frac{7}{6}$이 된다. 즉 강성을 잘못 처리한 어느 계산도 $\frac{4}{3}$이나 $\frac{7}{6}$을 넘지 못하므로, 가장 큰 값인 $\frac{7}{3}$은 일관된 계산으로 도출되지 않는 과대 오답이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 전체 보를 한 번에 같은 EI로 처리하거나, C점 처짐각을 구할 때도 CB 구간의 낮은 강성 효과를 끌어와 섞어 버리는 데 있다. 처짐각은 해당 점까지의 $\frac{M}{EI}$ 적분값이므로 C점은 AC 구간만, B점은 AC와 CB를 모두 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

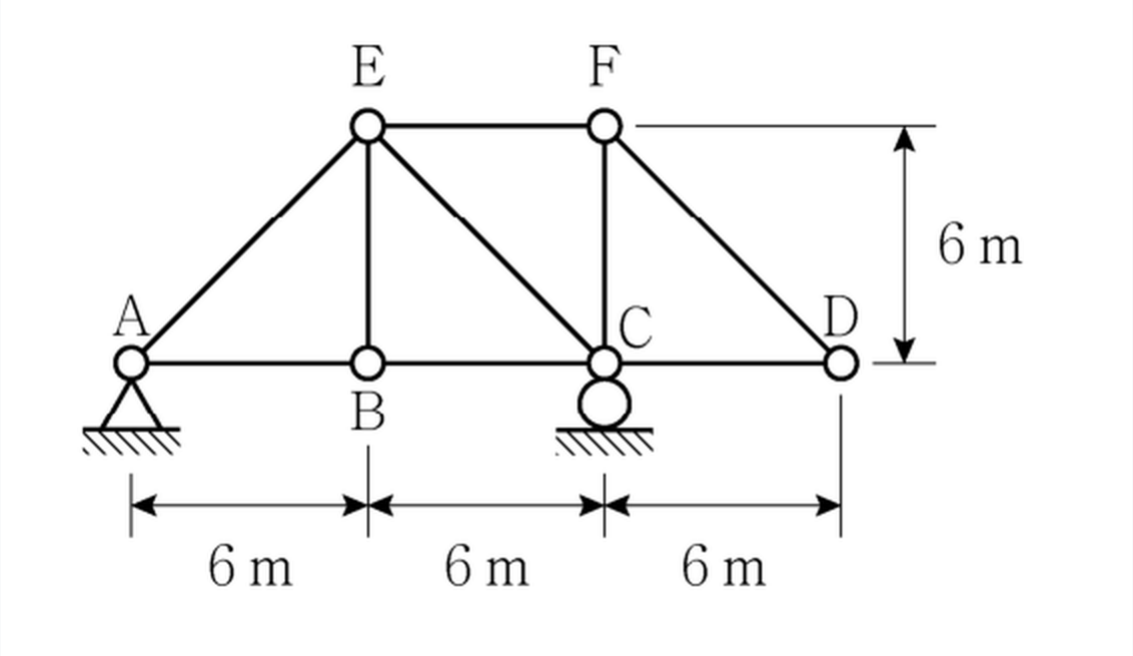
구간별 강성이 다른 보 문제는 먼저 목표점까지 포함되는 구간을 표시하고, 각 구간마다 M/EI를 따로 적분한 뒤 합산하는 방식으로 판단한다. 비를 구할 때는 공통인 P, L^2, EI가 소거되는지도 함께 확인한다.

암기 포인트

처짐각은 목표점까지의 $\int \frac{M}{EI}dx$ 누적값이며, 구간별 EI가 다르면 적분도 구간별로 나누어 계산한다.

NoteBase

문 24. 그림과 같은 트러스 구조물의 CF 부재와 EF 부재가 계획보다 각각 10mm 길게 제작되었을 때, 이들 부재의 길이 차이로 발생하는 절점 D의 수직변위(δ_V)와 수평변위(δ_H)의 크기[mm]는? (단, 자중은 무시한다)



① δ_V: 0, δ_H: 0

② δ_V: 10, δ_H: 20

③ δ_V: 10, δ_H: 0

④ δ_V: 0, δ_H: 20

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 부재 제작오차 10mm가 절점 변위로 어떻게 전달되는지를 부재축 방향 호환조건으로 판단하는 문제이다.

조건 정리

CF는 수직부재이고 계획보다 10mm 길다.
EF는 수평부재이고 계획보다 10mm 길다.
왼쪽 A-B-C-E 부분(부재 AB, BC, AE, BE, EC)은 제작오차가 없고, 지점 A(힌지)와 C(롤러)로 위치가 고정된 삼각형들로만 구성되어 자체적으로 형상이 변하지 않는다. 따라서 절점 E와 C는 원위치를 유지한다.
F절점의 좌표는 (12m, 6m), D절점은 (18m, 0m)이므로 FD는 수평 6m·수직 6m의 45도 대각부재이고, CD는 수평부재이다.

NoteBase

사용할 공식

부재의 길이 변화는 두 절점 상대변위의 부재축 방향 성분과 같다.
$\Delta L = (\mathbf{u}_j - \mathbf{u}_i) \cdot \mathbf{n}_{ij}$
이 공식을 쓰는 이유는 이 문제의 정보가 모두 특정 부재의 제작오차로 주어져 있고, 절점 변위도 각 부재축 성분으로 바로 연결되기 때문이다.

계산 과정

1. CF가 수직부재이므로 F절점은 C절점에 대해 위로 10mm 이동한다. 따라서 $\delta_{Fy} = 10$ mm이다.
2. EF가 수평부재이므로 F절점은 E절점에 대해 오른쪽으로 10mm 이동한다. 따라서 $\delta_{Fx} = 10$ mm이다.
3. 따라서 F절점의 이동은 오른쪽 10mm, 위쪽 10mm이다.
4. CD는 길이 변화가 없는 수평부재이므로 C와 D의 수평 상대변위는 0이다. 따라서 $\delta_H = 0$이다.
5. FD의 기하를 확인하면 F(12, 6)에서 D(18, 0)로 수평 6m, 수직 -6m이므로 정확히 45도 부재이고 단위벡터는 $(1/\sqrt{2},\ -1/\sqrt{2})$이다. FD는 길이 변화가 없으므로 D와 F의 상대변위를 이 부재축에 투영한 값이 0이어야 한다. F는 $(+10,\ +10)$, D는 (δ_H, δ_V)이므로 $(\delta_H - 10)/\sqrt{2} - (\delta_V - 10)/\sqrt{2} = 0$이다. 즉 $\delta_H = \delta_V$이다.
6. 4단계의 $\delta_H = 0$을 대입하면 $\delta_V = 0$이다.
7. 따라서 $\delta_V = 0$ mm, $\delta_H = 0$ mm이다.

선지 판단

① O: 호환조건을 적용하면 $\delta_H = 0$, $\delta_V = 0$이므로 맞다.
② X: $\delta_V = 10$, $\delta_H = 20$이면 CD 수평부재의 길이 변화가 20mm 생기고 FD 조건도 만족하지 못한다. 틀린 값은 $\delta_V = 10$, $\delta_H = 20$이고, 올바르게는 $\delta_V = 0$, $\delta_H = 0$이다.
③ X: $\delta_H = 0$은 맞지만 $\delta_V = 10$이면 45도 부재 FD의 축방향 길이 변화가 생긴다. 틀린 값은 $\delta_V = 10$이고, 올바르게는 $\delta_V = 0$이다.
④ X: $\delta_V = 0$은 맞지만 $\delta_H = 20$이면 CD 수평부재가 늘어난다. 틀린 값은 $\delta_H = 20$이고, 올바르게는 $\delta_H = 0$이다.

오답 포인트

F절점이 오른쪽 10mm, 위쪽 10mm 움직인다는 사실만 보고 그 변위를 그대로 D절점에 더하면 틀린다. D절점은 변화 없는 부재 CD와 FD의 축방향 호환조건을 동시에 만족해야 하므로 단순 합산이 아니라 부재축 투영으로 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

제작오차 문제는 길이가 변한 부재부터 절점 이동을 수평·수직 성분으로 잡고, 그 다음 길이 변화가 없는 연결 부재들에 축방향 호환식 $\Delta L = 0$을 세워 미지 변위를 정리하면 된다.

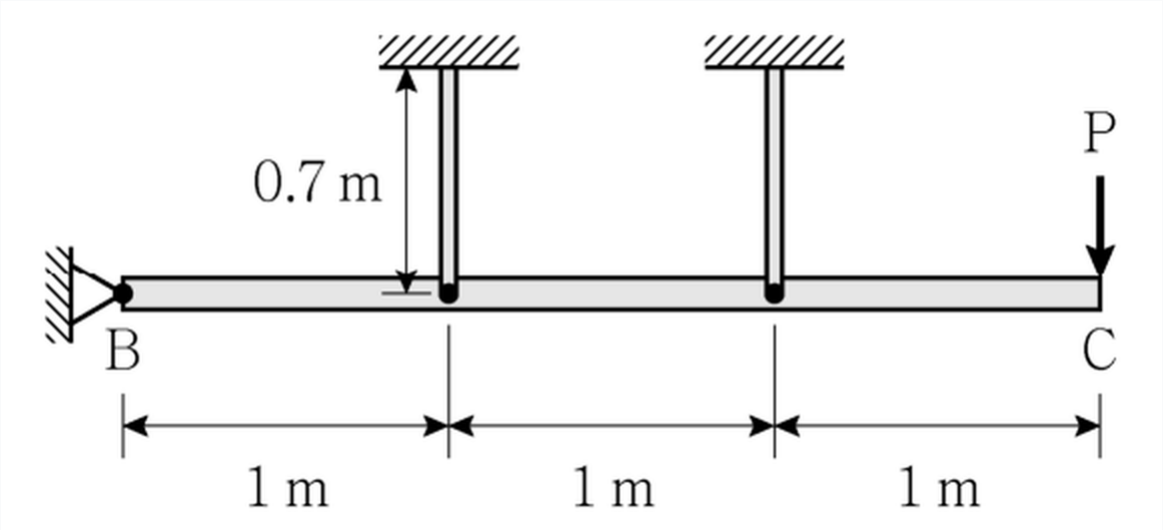
NoteBase

암기 포인트

수평부재 무변화는 수평 상대변위 0, 수직부재 무변화는 수직 상대변위 0, 45도 부재 무변화는 두 성분의 축방향 투영이 같다는 뜻이다.

NoteBase

문 25. 그림과 같이 완전 탄소성 재료로 만들어진 두 개의 같은 봉이 강체 BC를 지지하고 있다. 봉의 단면적은 A, 항복응력은 σ_y, 항복변형률은 ε_y, 탄성계수가 E일 때, 소성하중 $P_p = \alpha(\sigma_y A)$이다. α의 크기는? (단, 자중은 무시한다)



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 강체봉의 회전 적합조건과 완전 탄소성 봉의 소성하중 조건을 이용해 $P_p = \alpha(\sigma_y A)$의 α를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 길이 $0.7m$인 같은 봉 2개가 강체 BC의 $x = 1m, x = 2m$ 지점을 지지한다.
- BC는 B에서 힌지 지지된 강체이므로 회전 시 각 지점의 처짐은 거리비대로 생겨 $\delta_2 = 2\delta_1$이다.
- 두 봉은 동일 단면적 A, 동일 재료 E이므로 항복 전 축력은 $T = (AE/L)\delta$이다.
- 완전 탄소성 재료이므로 항복 후 봉의 축력은 $\sigma_y A$로 더 커지지 않는다.
- 구해야 할 값은 소성하중 $P_p = \alpha(\sigma_y A)$의 α이다.

NoteBase

사용할 공식

$T = \frac{AE}{L}\delta, \qquad T_y = \sigma_y A, \qquad \sum M_B = 0$

이 공식을 쓰는 이유는 강체봉의 회전으로 두 봉의 신장비가 정해지고, 각 봉의 축력이 항복 전에는 탄성식으로, 항복 후에는 완전 탄소성 조건으로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 강체 BC가 B를 중심으로 회전하면 $x = 1m$ 지점과 $x = 2m$ 지점의 처짐비가 $1 : 2$이므로 $\delta_2 = 2\delta_1$이다.
2. 두 봉이 같으므로 항복 전 축력비도 $T_2 = 2T_1$이다. 따라서 $x = 2m$ 봉이 먼저 항복하고, 그 뒤에는 $T_2 = \sigma_y A$로 유지된다.
3. 하중이 더 증가하면 $x = 1m$ 봉도 결국 항복하여 $T_1 = \sigma_y A$가 된다. 이때 두 봉이 모두 소성상태이므로 저항모멘트는 $\sigma_y A \cdot 1 + \sigma_y A \cdot 2 = 3\sigma_y A$이다.
4. B점 모멘트평형에서 $P_p \cdot 3 = 3\sigma_y A$이므로 $P_p = \sigma_y A$이다. 따라서 $\alpha = 1$이다.

선지별 해설

① O

- 계산 결과 $\alpha = 1$이므로 맞다. 두 봉이 모두 항복한 상태에서 B점에 대한 저항모멘트가 $3\sigma_y A$가 되고, 하중점 C의 모멘트팔도 $3m$이므로 $P_p = \sigma_y A$가 된다.

② X

- 계산 결과와 다르므로 틀리다. 틀린 표현은 $\alpha = 2$이고, 올바르게는 $\alpha = 1$이다.
- 이 값은 소성하중을 구하면서 모멘트팔 $3m$를 반영하지 않거나, 봉의 항복축력을 단순 합산하는 실수에서 나오기 쉽다.

③ X

- 계산 결과와 다르므로 틀리다. 틀린 표현은 $\alpha = 3$이고, 올바르게는 $\alpha = 1$이다.
- 이 값은 각 봉의 저항모멘트 기여를 보지 않고 숫자를 기계적으로 더하는 실수에서 나오는 오답이다.

④ X

- 계산 결과와 다르므로 틀리다. 틀린 표현은 $\alpha = 4$이고, 올바르게는 $\alpha = 1$이다.
- 이 값은 두 봉이 모두 항복하면 하중도 크게 증가한다고 막연히 보는 경우의 오답이다. 소성하중은 봉의 축력 합이 아니라 모멘트평형으로 정해진다.

오답 포인트

이 문항의 핵심 함정은 첫 항복하중과 소성하중을 혼동하는 점이다. $x = 2m$ 봉이 먼저 항복해도 바로 소성하중이 되는 것은 아니고, 다른 봉도 항복하여 두 봉이 모두 한계축력 $\sigma_y A$에 도달했을 때가 소성하중이다. 또한 힘의 크기만 보지 말고 B점에 대한 모멘트팔 $1m$, $2m$, $3m$를 함께 봐야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

강체봉과 수직 지지봉이 함께 나오면 먼저 강체 회전으로 변위비를 잡고, 같은 봉이면 그 비율로 탄성구간 축력비를 정한다. 그다음 먼저 항복하는 봉을 찾고, 완전 탄소성 조건에서는 항복한 봉의 축력을 $\sigma_y A$로 고정한 뒤 최종적으로 모든 한계축력을 모멘트평형에 넣어 소성하중을 구한다.

암기 포인트

강체 회전 문제의 소성하중은 변위비로 항복 순서를 찾고, 마지막에는 한계축력들의 저항모멘트 합과 외력모멘트를 같게 두어 구한다.

NoteBase