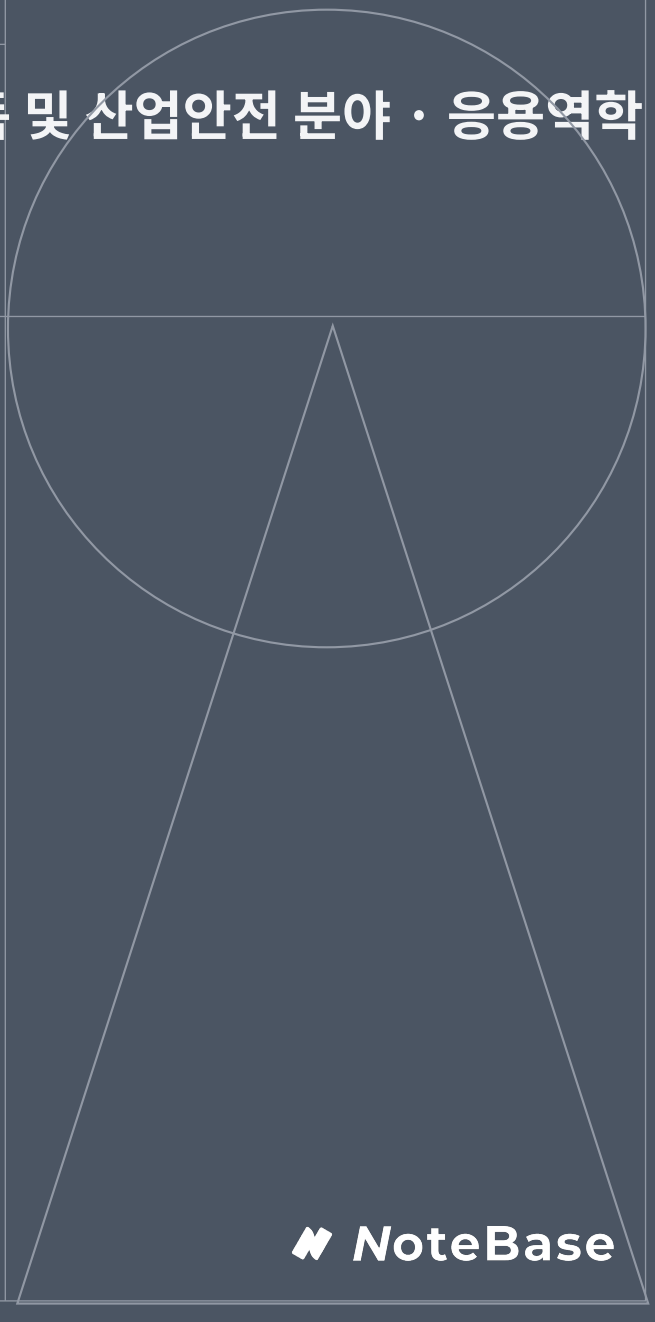
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 응용역학 · 202



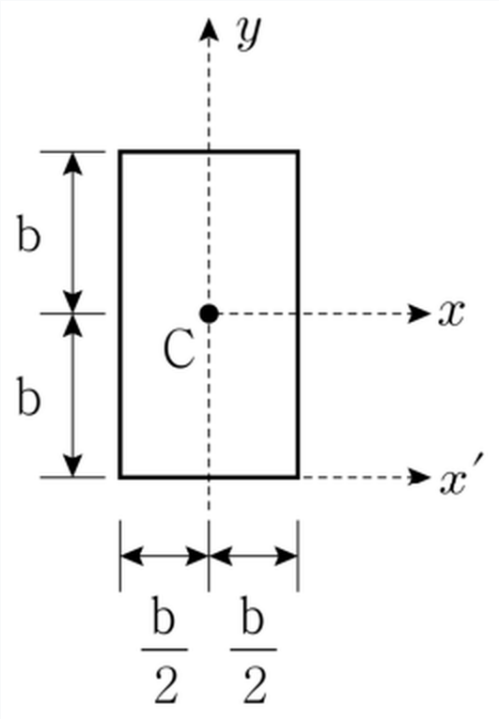
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 응용역학 · 2025 · 2차

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 응용역학 · 2025 · 2차

문 1. 그림과 같은 폭 b, 높이 $2b$인 직사각형 단면에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, C점은 단면의 도심이다)



① x축에 대한 단면1차모멘트는 0이다.

② x축에 대한 단면2차모멘트는 x'축에 대한 단면2차모멘트보다 작다.

③ x축에 대한 단면2차모멘트는 y축에 대한 단면2차모멘트의 4배이다.

④ x'축에 대한 단면2차모멘트는 y축에 대한 단면2차모멘트의 8배이다.

정답 4번

출제 포인트

폭 b, 높이 2b인 직사각형 단면에서 도심축에 대한 단면1차모멘트와 단면2차모멘트를 직사각형 기본 공식으로 구하고, 비도심축(하단 x'축)에는 평행축 정리를 적용하여 각 축 사이의 비율을 올바르게 계산하는 능력을 묻는다.

NoteBase

조건 정리

폭 b, 높이 2b인 직사각형 단면. 단면적 $A = b \times 2b = 2b^2$. C: 도심(단면의 기하학적 중심). x축: 도심 C를 지나는 수평축. y축: 도심 C를 지나는 수직축. x'축: 단면 하단을 지나는 수평축. 도심에서 x'축까지의 거리 $d = b$.

사용할 공식

도심축에 대한 단면1차모멘트: $Q_x = 0$(도심을 지나는 축이면 항상 0).
직사각형 도심축 단면2차모멘트: $I_x = \frac{bh^3}{12}$(b=축에 평행한 변의 길이, h=축에 수직인 변의 길이).
평행축 정리: $I_{x'} = I_x + Ad^2$(d=도심에서 이동 축까지의 거리).

계산 과정

1) 수평 도심축(x축)에 대한 단면2차모멘트:
$I_x = \frac{b \cdot (2b)^3}{12} = \frac{8b^4}{12} = \frac{2b^4}{3}$

2) 수직 도심축(y축)에 대한 단면2차모멘트:
$I_y = \frac{2b \cdot b^3}{12} = \frac{2b^4}{12} = \frac{b^4}{6}$

3) 하단 x'축에 대한 단면2차모멘트(평행축 정리 적용, d = b):
$I_{x'} = I_x + Ad^2 = \frac{2b^4}{3} + 2b^2 \cdot b^2 = \frac{2b^4}{3} + 2b^4 = \frac{2b^4}{3} + \frac{6b^4}{3} = \frac{8b^4}{3}$

4) 비율 계산:
$\frac{I_x}{I_y} = \frac{2b^4/3}{b^4/6} = \frac{2}{3} \times 6 = 4$
$\frac{I_{x'}}{I_y} = \frac{8b^4/3}{b^4/6} = \frac{8}{3} \times 6 = 16$

선지 판단

① x축은 도심 C를 지나는 축이므로 단면1차모멘트 $Q_x = A\bar{y} = 0$이다. → 옳다.
② $I_x = \frac{2b^4}{3}$, $I_{x'} = \frac{8b^4}{3}$이므로 $I_x < I_{x'}$이다. → 옳다.
③ $\frac{I_x}{I_y} = \frac{2b^4/3}{b^4/6} = 4$이므로 x축 단면2차모멘트는 y축의 4배이다. → 옳다.
④ $\frac{I_{x'}}{I_y} = \frac{8b^4/3}{b^4/6} = 16$이므로 x'축 단면2차모멘트는 y축의 16배이다. 선지는 '8배'라고 했으므로 틀렸다. → 옳지 않다.

오답 포인트

④에서 '8배'로 잘못 계산하는 원인은 평행축 정리의 Ad^2 항을 빠뜨리거나, ③에서 $I_x = 4I_y$임을 확인한 뒤 $I_{x'}$도 비슷한 감으로 8배라고 추정하는 것이다. x'축은 도심축이 아니므로 반드시 $I_{x'} = I_x + Ad^2$를 계산한 후 비율을 구해야 한다. d = b, A = 2b^{2}이면 $Ad^2 = 2b^4$이 더해져 $I_{x'} = \frac{8b^4}{3}$이 되고, 이는 $I_y = \frac{b^4}{6}$의 16배이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 단면의 각 축에 대한 단면2차모멘트를 비교하는 문제가 나오면, 먼저 도심축 공식으로 I_x, I_y를 계산하고, 비도심축(가장자리축 등)에는 반드시 평행축 정리를 적용한 뒤 비율을 구한다. 폭 b, 높이 2b이면 $I_x = 4I_y$, $I_{x'} = 16I_y$임을 확인한다.

암기 포인트

폭 b, 높이 2b 직사각형 도심축 단면2차모멘트: $I_x = \frac{2b^4}{3}$(수평), $I_y = \frac{b^4}{6}$(수직), 비율 $I_x : I_y = 4 : 1$. 하단 x'축: $I_{x'} = \frac{8b^4}{3} = 16I_y$(y축의 16배). 도심을 지나는 축에 대한 단면1차모멘트는 항상 0이다.

NoteBase

문 2. 지름 10mm인 강봉의 양단에 인장력 300 kN이 단면의 도심에 작용할 때, 강봉 직경의 감소량[mm]은? (단, 탄성계수 $E = 200\text{GPa}$, 포아송비 $\nu = 0.2$, $\pi = 3$으로 계산한다)

① 0.02

② 0.04

③ 0.2

④ 0.4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 축응력으로부터 종변형률을 구한 뒤 포아송비를 적용하여 직경 감소량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 직경 $d = 10\text{mm}$, 인장력 $P = 300\text{kN} = 300{,}000\text{N}$, 탄성계수 $E = 200\text{GPa} = 200{,}000\text{N/mm}^2$, 포아송비 $\nu = 0.2$, $\pi = 3$이다.
구해야 할 값: 강봉 직경의 감소량이다.
주의할 조건: 단면적을 mm^2로 계산하고, 직경 감소는 종변형률이 아니라 횡변형률로 구해야 한다.

사용할 공식

단면적은 $A = \frac{\pi d^2}{4}$, 축응력은 $\sigma = \frac{P}{A}$, 종변형률은 $\varepsilon_L = \frac{\sigma}{E}$, 횡변형률은 $\varepsilon_T = -\nu\varepsilon_L$이다. 직경 감소량의 크기는 $\Delta d = |\varepsilon_T| d$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 양단 인장력이 단면 도심에 작용하므로 순수 축인장 상태가 되고, 직경 변화는 포아송 효과에 따른 횡수축으로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 단면적은 $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3 \times 10^2}{4} = 75\text{mm}^2$이다.
2. 축응력은 $\sigma = \frac{300{,}000}{75} = 4{,}000\text{N/mm}^2$이다.
3. 종변형률은 $\varepsilon_L = \frac{4{,}000}{200{,}000} = 0.02$이다.
4. 횡변형률의 크기는 $|\varepsilon_T| = \nu\varepsilon_L = 0.2 \times 0.02 = 0.004$이다.
5. 직경 감소량은 $\Delta d = 0.004 \times 10 = 0.04\text{mm}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 0.02는 종변형률 값일 뿐 직경 감소량이 아니다. 틀린 표현은 감소량을 변형률과 같게 본 점이다. 올바르게는 횡변형률 0.004에 원직경 10mm를 곱한 0.04mm가 감소량이다.
② O: 계산 결과 직경 감소량은 0.04mm이므로 옳다.
③ X: 0.2는 종변형률 0.02에 직경 10mm를 곱해 포아송비를 빠뜨렸을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 직경 감소를 종변형률로 계산한 점이다. 올바르게는 $\nu = 0.2$를 먼저 곱해 횡변형률로 바꾼 뒤 계산해야 한다.
④ X: 0.4는 포아송비를 잘못 적용하거나 소수점을 한 자리 잘못 옮긴 값이다. 틀린 표현은 횡변형률 0.004를 0.04로 본 점이다. 올바르게는 $0.004 \times 10 = 0.04$mm이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 종변형률 0.02와 직경 감소량을 혼동하는 점이다. 축방향 변형과 직각방향 변형은 다르므로 포아송비를 반드시 한 번 더 적용해야 하며, 마지막에는 변형률에 실제 직경을 곱해 길이 단위로 바꿔야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

축하중 문제에서 직경이나 폭의 변화량을 묻으면 먼저 $A \rightarrow \sigma \rightarrow \varepsilon_L$ 순서로 종변형률을 구하고, 이어서 포아송비로 횡변형률로 바꾼 다음 원래 치수를 곱해 감소량을 판단한다.

암기 포인트

축변형은 $\varepsilon_L = \sigma/E$, 옆수축은 $|\varepsilon_T| = \nu\varepsilon_L$, 치수 변화량은 변형률에 원래 치수를 곱해 구한다.

NoteBase

문 3. 평면응력 상태에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 주평면에서는 전단응력이 최대가 된다.

② 최대전단응력은 주응력 차이의 절반이다.

③ 모어(Mohr) 원의 반지름은 주응력 평균값을 나타낸다.

④ 최대주응력은 반드시 인장응력이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 평면응력 상태에서 주응력, 최대전단응력, 모어원의 중심과 반지름의 의미를 구별할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

주평면은 전단응력이 0이 되는 면이고, 그 면에서의 수직응력이 주응력이다.
최대전단응력은 주응력 차의 절반으로, 주평면에서 45도 기울어진 면에서 발생한다.
모어원의 중심은 주응력 평균값 $\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$이고, 반지름은 최대전단응력 $\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
주평면에서는 전단응력이 0이다. 최대가 되는 것은 전단응력이 아니라 수직응력인 주응력이다.
틀린 표현은 "주평면에서는 전단응력이 최대가 된다"이다. 올바르게는 "주평면에서는 전단응력이 0이 되고, 그 면의 수직응력이 주응력이다"이다.

② O
평면응력 상태에서 최대전단응력은 모어원 반지름과 같고, 그 값은 $\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$이다. 따라서 최대전단응력은 주응력 차의 절반이라는 설명이 옳다.

③ X
모어원에서 주응력 평균값을 나타내는 것은 반지름이 아니라 중심의 σ좌표이다. 반지름은 최대전단응력의 크기를 뜻한다.
틀린 표현은 "반지름은 주응력 평균값"이다. 올바르게는 "모어원 중심이 주응력 평균값을 나타내고, 반지름은 최대전단응력을 나타낸다"이다.

④ X
최대주응력은 대수적으로 가장 큰 주응력일 뿐이며, 항상 인장응력인 것은 아니다. 모든 주응력이 압축이라면 최대주응력도 압축응력일 수 있다.
틀린 표현은 "반드시 인장응력"이다. 올바르게는 "최대주응력은 응력 상태에 따라 인장일 수도 있고 압축일 수도 있다"이다.

오답 포인트

주평면과 최대전단응력면을 같은 면으로 혼동하면 ①에 끌리기 쉽다. 또 모어원의 중심과 반지름 역할을 뒤바꾸면 ③을 고르기 쉽다. ④는 "최대"를 크기의 절댓값으로 오해할 때 흔히 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

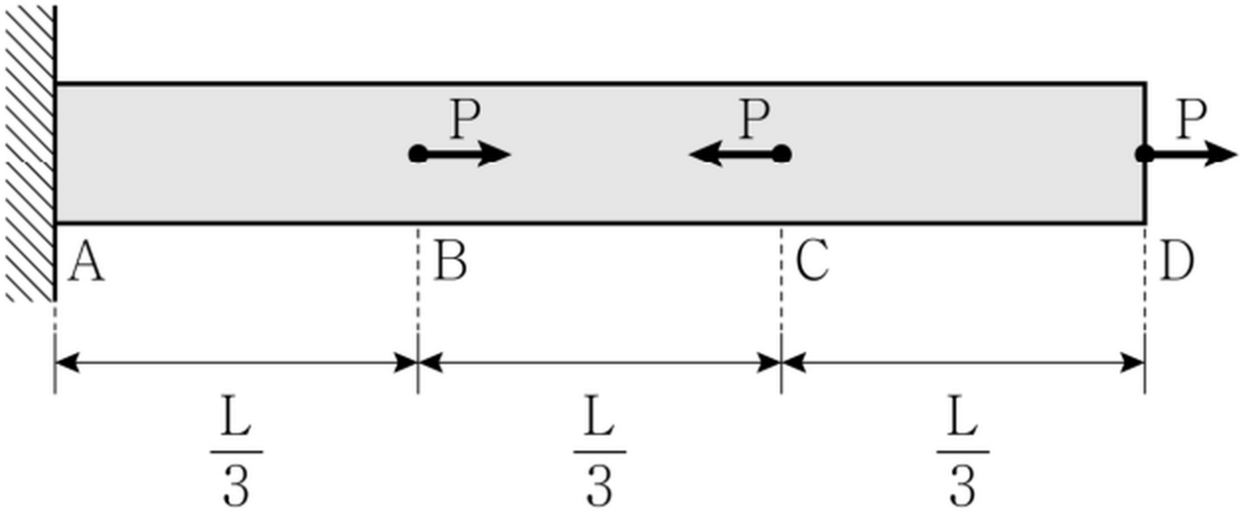
평면응력 문제에서는 먼저 주평면에서 전단응력이 0이라는 점을 확인하고, 다음으로 최대전단응력은 주응력 차의 절반이라는 관계를 대입해 판단한다. 모어원은 중심이 평균, 반지름이 차이의 절반이라는 대응으로 정리하면 선지를 빠르게 가를 수 있다.

암기 포인트

주평면은 전단 0, 모어원 중심은 평균, 반지름은 최대전단응력이다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 B, C, D점에 축방향 하중이 작용하는 봉에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 부재의 축방향 강성 EA는 일정하고, 자중은 무시한다)



① B-C 구간은 압축력을 받는다.

② A-B, C-D 구간은 인장력을 받는다.

③ 전체 부재의 길이 변화량은 $\frac{2PL}{3EA}$이다.

④ 지점 A에 발생하는 수평반력의 크기는 P이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 축하중을 받는 봉의 구간별 축력과 전체 길이 변화량을 절단면 평형과 $\delta = NL/EA$로 판단하는 문제이다.

조건 정리

전체 길이는 L이고 각 구간 길이는 $L/3$이다.
점하중은 B에서 오른쪽 P, C에서 왼쪽 P, D에서 오른쪽 P이다.
축방향 강성 EA는 일정하므로 각 구간 변형량을 구해 합하면 전체 길이 변화량이 된다.

사용할 공식

구간 축력은 절단면의 평형조건 $\sum F_x = 0$으로 구한다.
구간 변형량은 $\delta_i = N_i L_i / EA$이다.
인장을 +, 압축을 −로 두면 전체 변형은 $\Delta = \sum \delta_i$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 문항이 구간마다 축력이 달라지는 정정 축부재 문제이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전체 평형에서 A점 반력은 왼쪽 방향이고 크기는 P이다.
2. A-B 구간을 절단하면 $-P + N_{AB} = 0$이므로 $N_{AB} = P$이고 인장이다.
3. B-C 구간을 절단하면 $-P + P + N_{BC} = 0$이므로 $N_{BC} = 0$이다.
4. C-D 구간을 절단하면 $-P + P - P + N_{CD} = 0$이므로 $N_{CD} = P$이고 인장이다.
5. 전체 길이 변화량은 $\Delta = P(L/3)/EA + 0 + P(L/3)/EA = 2PL/(3EA)$이다.

선지별 해설

① X

B-C 구간은 압축력이 아니라 축력이 0인 구간이다. 틀린 표현은 '압축력을 받는다'이고, 올바르게는 'B-C 구간의 축력은 0이다'이다.

② O

A-B, C-D 구간은 각각 $N = P$이므로 둘 다 인장력을 받는다.

③ O

늘어나는 구간은 A-B와 C-D뿐이므로 전체 길이 변화량은 $2PL/(3EA)$이다.

④ O

전체 외력의 합은 오른쪽 P이므로 A점은 이를 상쇄하는 왼쪽 반력을 낸다. 따라서 수평반력의 크기는 P이다.

오답 포인트

①의 함정은 가운데 구간 양쪽에 반대 방향 하중이 있으니 곧바로 압축이라고 단정하는 점이다. 축력은 구간마다 절단해서 평형으로 구해야 하며, B-C에서는 B의 오른쪽 P와 A반력의 왼쪽 P가 상쇄되어 축력이 0이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

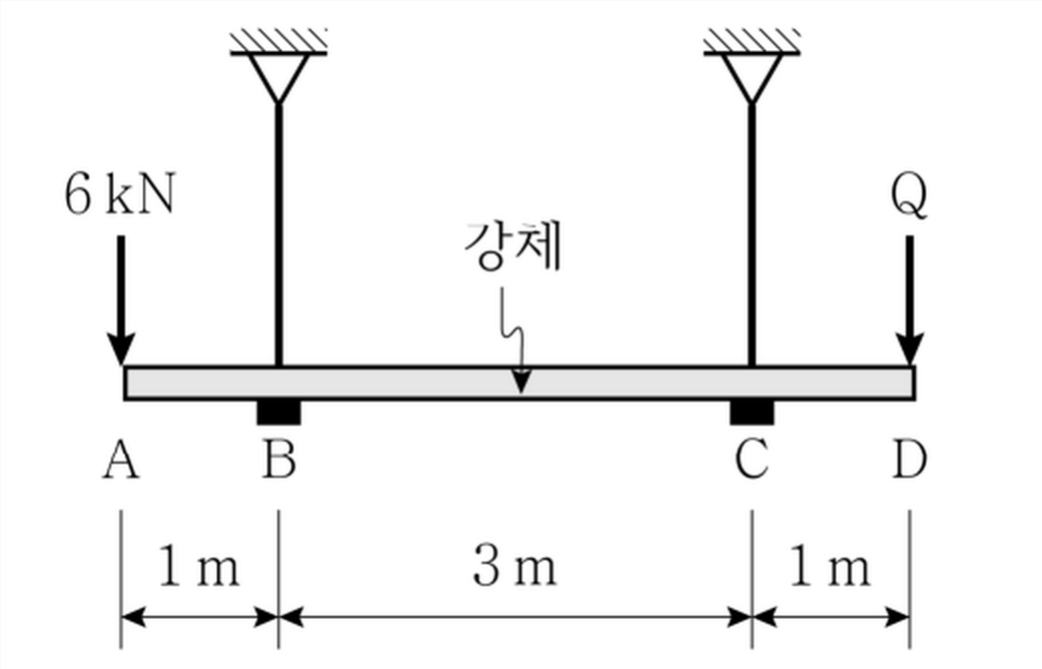
축하중 봉 문제는 먼저 전체 평형으로 지점 반력을 구한 뒤, 각 구간을 절단하여 절단면 한쪽에 남는 축방향 힘의 대수합으로 축력을 계산하면 된다. 마지막에는 $N > 0$이면 인장, $N < 0$이면 압축, $N = 0$이면 무응력으로 판단한다.

암기 포인트

구간 축력은 절단면 한쪽에 남는 축방향 힘의 대수합이며, 전체 변형은 각 구간의 NL/EA 합이다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 강체보가 케이블 B와 C에 의해 지지되고 있다. A점에 6 kN의 하중이 작용하고 있을 때, 케이블 B를 끊어도 보가 수평이 유지되기 위한 D점에 작용하는 힘 Q의 크기[kN]는? (단, 자중은 무시한다)



① 12

② 18

③ 24

④ 30

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 케이블 B를 끊은 뒤 강체보가 C점을 기준으로 회전하지 않도록 모멘트 평형을 적용해 Q를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A점에 아래로 6 kN, A-B = 1m, B-C = 3m, C-D = 1m이다.
구해야 할 값: D점에 작용하는 아래방향 힘 Q의 크기이다.
주의할 조건: 케이블 B를 끊으면 지지는 C점만 남으므로 보가 수평을 유지하려면 C점에 대한 합모멘트가 0이어야 한다.

NoteBase

사용할 공식

모멘트 평형식은 $\sum M_C = 0$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 케이블 B를 끊은 뒤 보가 수평을 유지한다는 것은 강체보가 C점을 기준으로 회전하지 않는다는 뜻이므로, C점에 대한 시계방향 모멘트와 반시계방향 모멘트가 서로 같아야 한다.

계산 과정

A점 하중 6 kN은 C점의 왼쪽 4m에 작용하므로 모멘트 크기는 $6 \times 4 = 24 kN \cdot m$이다.
D점의 힘 Q는 C점의 오른쪽 1m에 작용하므로 모멘트 크기는 $Q \times 1 = Q kN \cdot m$이다.
수평 유지 조건에서 두 모멘트가 같으므로 $6 \times 4 = Q \times 1$ 이고, 따라서 $Q = 24 kN$ 이다.

선지별 해설

① X: 12 kN은 C점에 대한 모멘트 평형식 $6 \times 4 = Q \times 1$을 만족하지 못한다. 올바르게는 $Q = 24 kN$이다.
② X: 18 kN은 A점 하중의 작용거리 4m를 제대로 반영하지 못한 값이다. 올바르게는 A에서 C까지의 거리 전체 4m를 써서 $Q = 24 kN$이 된다.
③ O: A점의 6 kN이 만드는 모멘트 $24 kN \cdot m$을 D점의 힘이 1m 팔길이로 상쇄해야 하므로 $Q = 24 kN$이 맞다.
④ X: 30 kN은 C점의 수직반력 크기와 혼동하기 쉬운 값이다. 올바르게는 모멘트 평형으로 구한 $Q = 24 kN$이다.

오답 포인트

B를 끊은 뒤에도 거리 계산을 A-B, C-D만 따로 보거나, 힘의 평형과 모멘트 평형을 섞어 Q를 30 kN으로 착각하기 쉽다. 이 문항은 C점을 기준으로 한 팔길이 비교만 정확히 하면 바로 풀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

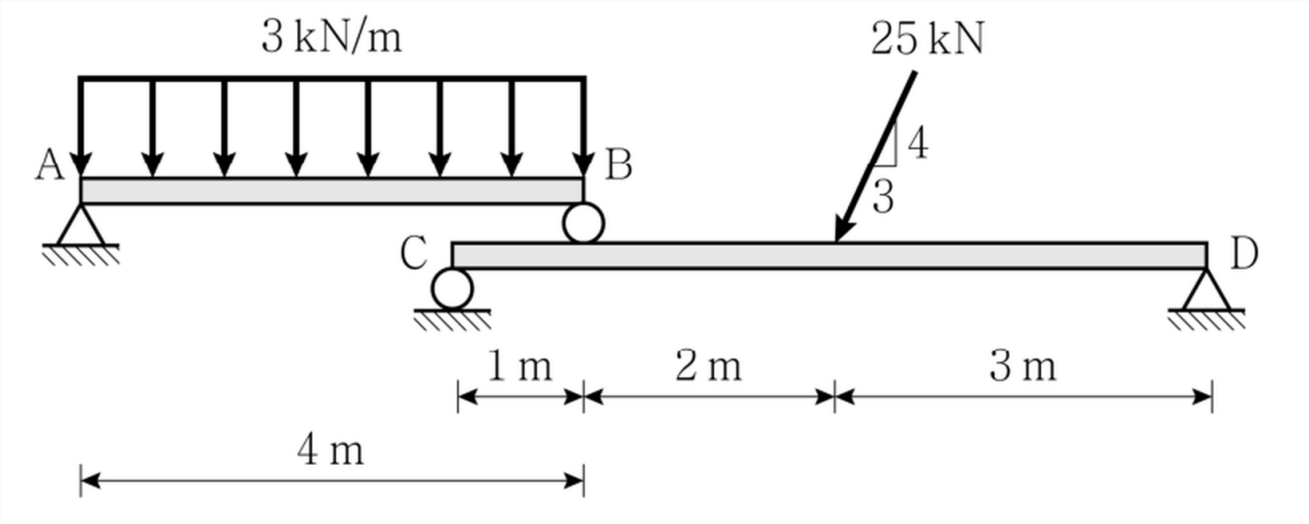
강체보에서 지지 하나가 제거된 뒤 수평 유지 조건을 묻는 문제는 남는 지점을 기준으로 잡고, 각 하중의 작용거리까지 포함한 모멘트 평형식부터 세우면 된다.

암기 포인트

수평 유지 = 회전 없음 = 기준점에 대한 합모멘트 0이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 하중이 작용하는 보에서 지점 A, B, C, D의 수직반력의 합[kN]은? (단, 자중은 무시한다)



① 32

② 38

③ 42

④ 48

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 상부 보와 하부 보의 평형을 각각 구한 뒤, 지점 A, B, C, D의 수직반력을 모두 합하는 문제이다.

조건 정리

- 상부 보 AB 길이: $4m$
- 상부 보 등분포하중: $3kN/m$
- 하부 보에서 C와 B 사이 거리: $1m$
- B와 25 kN 하중 작용점 사이 거리: $2m$
- 하중 작용점과 D 사이 거리: $3m$
- 경사하중 25 kN의 수직성분: $25 \times \frac{4}{5} = 20kN$
- 경사하중의 수평성분은 수직반력의 합에는 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

정정 구조물의 평형조건 $\sum V = 0, \sum M = 0$를 사용한다.
상부 보는 등분포하중을 받는 단순보이므로 양 지점 반력이 대칭으로 같고, 그 반력이 하부 보에는 접점 B에서 아래로 작용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 상부 보 AB의 등분포하중 합력은 $3 \times 4 = 12kN$이다.
2. 상부 보는 대칭이므로 $R_A = R_B = \frac{12}{2} = 6kN$이다.
3. 이때 접점 B는 하부 보를 아래로 $6kN$ 누른다.
4. 하부 보의 수직하중은 접점 B의 $6kN$와 경사하중의 수직성분 $20kN$이므로 $R_C + R_D = 26kN$이다.
5. C점에 대한 모멘트평형은 $R_D \times 6 - 6 \times 1 - 20 \times 3 = 0$이다.
6. 따라서 $R_D = 11kN$, $R_C = 15kN$이다.
7. 지점 A, B, C, D의 수직반력의 합은 $6 + 6 + 15 + 11 = 38kN$이다.

선지별 해설

① X

32 kN은 전체 외력의 수직성분 $12 + 20 = 32kN$만 더한 값으로, 문제에서 요구한 지점 A, B, C, D의 수직반력 합과 다르다. 특히 접점 B의 수직반력 $6kN$을 포함해야 한다. 틀린 표현은 "32 kN"이고, 올바르게는 "38 kN"이다.

② O

상부 보에서 $R_A = 6kN$, $R_B = 6kN$이고, 하부 보에서 $R_C = 15kN$, $R_D = 11kN$이므로 합은 $38kN$이다.

③ X

42 kN이라면 $A + B = 12kN$를 뺀 나머지 $C + D$가 $30kN$이 되어야 한다. 그러나 하부 보의 실제 수직평형은 $C + D = 6 + 20 = 26kN$이므로 성립하지 않는다. 틀린 표현은 "42 kN"이고, 올바르게는 "38 kN"이다.

④ X

48 kN이라면 $A + B = 12kN$를 제외한 $C + D$가 $36kN$이어야 한다. 이는 하부 보에 작용하는 실제 수직하중 $26kN$과 맞지 않아 평형조건에 어긋난다. 틀린 표현은 "48 kN"이고, 올바르게는 "38 kN"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 보를 하나로만 보고 외력의 수직성분 합 32 kN만 답으로 고르는 데 있다. 문제는 외력 합이 아니라 지점 A, B, C, D 각각의 수직반력 합을 묻기 때문에, 내부 접점 B의 수직반력도 따로 포함해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

연결된 보 문제는 각 보를 분리하여 자유물체도를 그린 뒤, 먼저 경사하중을 수직·수평성분으로 나누고, 각 보마다 $\sum V = 0$, $\sum M = 0$를 적용해 반력을 구하면 된다. 마지막에는 문제에서 묻는 반력의 범위가 외력합인지, 각 지점 반력의 총합인지 구분해야 한다.

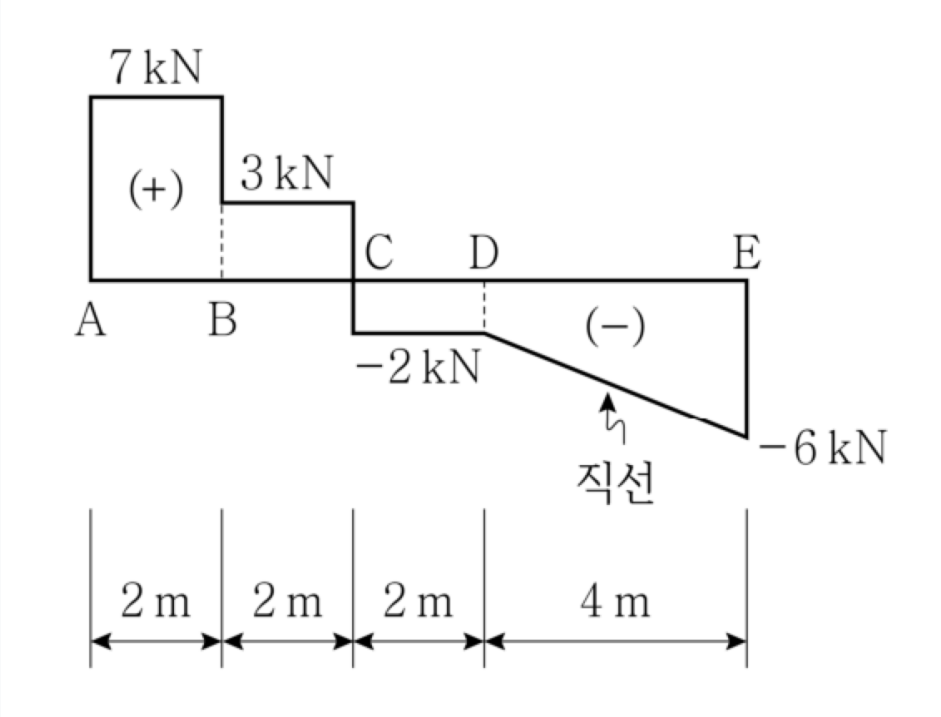
NoteBase

암기 포인트

연결보 반력 문제는 보를 분리하고, 경사하중은 성분분해하며, 접점 반력은 따로 센다.

NoteBase

문 7. 그림과 같은 단순보의 전단력도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 집중모멘트 하중은 작용하지 않고, 지점에는 하중이 작용하지 않는다)



<전단력도>

① B와 C점에 집중하중이 작용한다.

② D-E 구간에는 등분포하중이 작용한다.

③ 최대 휨모멘트는 B점에서 발생한다.

④ C-E 구간에서 휨모멘트는 감소한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 전단력도의 점프와 기울기에서 집중하중과 분포하중을 읽고, 전단력의 부호로 휨모멘트의 증감과 최대 위치를 판단할 수 있는지를 묻는다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 전단력도에서 한 점에서 값이 갑자기 변하면 그 점에 집중하중이 작용한다. B점에서는 $+7 \rightarrow +3\text{kN}$, C점에서는 $+3 \rightarrow -2\text{kN}$로 점프하므로 B와 C점에 집중하중이 작용한다.
② O: 전단력도가 구간에서 직선으로 변하면 그 구간에는 크기가 일정한 등분포하중이 작용한다. D-E 구간은 -2에서 -6kN까지 직선으로 감소하므로 등분포하중이 작용한다.
③ X: 최대 휨모멘트는 전단력이 0이 되거나 부호가 바뀌는 지점에서 생긴다. 이 전단력도는 C점에서 $+3 \rightarrow -2\text{kN}$로 부호가 바뀌므로 최대 휨모멘트는 C점에서 발생한다. 틀린 표현은 "B점"이며, 올바르게는 "최대 휨모멘트는 C점에서 발생한다"이다. 실제로 $M_B = 7 \times 2 = 14\text{kN}\cdot\text{m}$, $M_C = 7 \times 2 + 3 \times 2 = 20\text{kN}\cdot\text{m}$이다.
④ O: 휨모멘트의 기울기는 전단력이다. C-E 구간에서 전단력은 -2kN 이하의 음수이므로 휨모멘트는 계속 감소한다.

오답 포인트

전단력도의 높이가 큰 B점만 보고 최대 휨모멘트도 B점이라고 오해하기 쉽다. 최대 휨모멘트는 전단력의 절대값이 큰 곳이 아니라 전단력의 부호가 바뀌는 곳에서 결정된다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

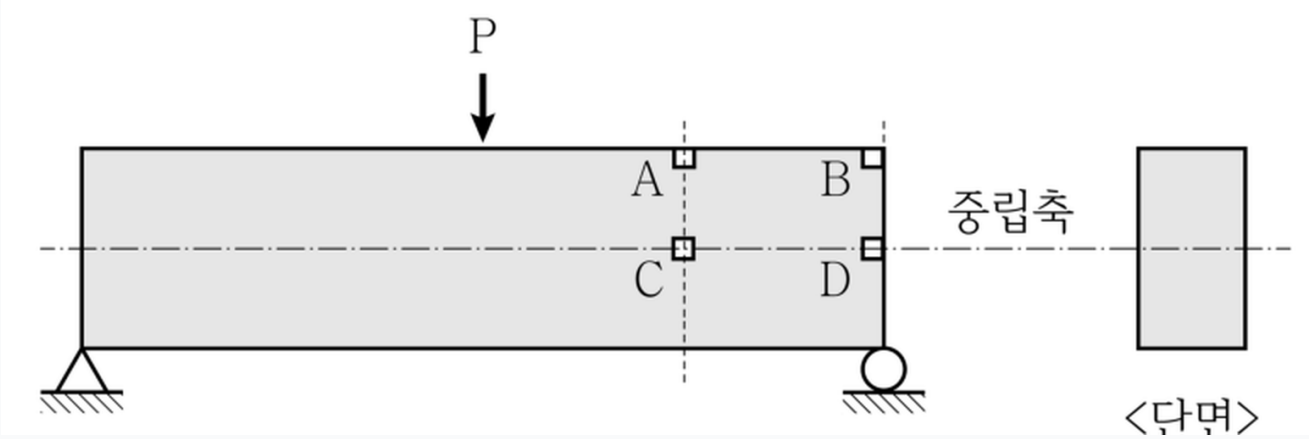
전단력도 문제는 먼저 수직 점프가 있는 점에서 집중하중을 찾고, 기울기가 있는 구간에서 분포하중을 읽는다. 그다음 전단력의 부호를 따라 $V > 0$이면 휨모멘트 증가, $V < 0$이면 감소로 판단하고, 부호가 바뀌는 점을 최대 또는 최소 휨모멘트 위치로 잡는다.

암기 포인트

전단력도에서 점프는 집중하중, 직선 기울기는 등분포하중, 부호 변화점은 최대·최소 휨모멘트 위치이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 중앙에 집중하중을 받는 직사각형 단면을 갖는 단순보에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① A, B점에서 모두 동일한 휨응력을 가진다.

② A, B점에서 모두 동일한 전단응력을 가진다.

③ C, D점에서 모두 동일한 휨응력을 가진다.

④ C, D점에서 모두 동일한 전단응력을 가진다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 중앙 집중하중을 받는 단순보에서 단면 위치에 따른 휨모멘트 변화와 직사각형 단면의 휨응력·전단응력 분포를 함께 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① X: A와 B는 모두 상단섬유이므로 y는 같지만, A가 있는 내부 단면과 B가 있는 지점 단면의 휨모멘트 M는 다르다. $\sigma = My/I$에서 B 단면은 지점이므로 $M = 0$이고 A 단면은 $M > 0$이다. 따라서 '모두 동일한 휨응력'이라는 표현이 틀렸고, 올바르게는 'A점과 B점의 휨응력은 동일하지 않다'이다.

② O: A와 B는 모두 직사각형 단면의 맨 윗면에 있어 전단응력이 0이다. 중앙과 지점 사이에서는 전단력도 동일하게 $P/2$이므로 두 점의 전단응력은 모두 같다.

③ O: C와 D는 모두 중립축 위의 점이므로 휨응력은 0이다. 휨응력은 $\sigma = My/I$에서 $y = 0$이면 항상 0이므로 두 점은 동일한 휨응력을 가진다.

④ O: C와 D는 모두 중립축 위의 점이고, 두 단면은 같은 직사각형 단면이며 중앙과 지점 사이에서 전단력 V도 같다. 직사각형 단면의 중립축 전단응력은 최대값으로 같으므로 두 점의 전단응력은 동일하다.

NoteBase

오답 포인트

상단의 A와 B가 같은 높이에 있다는 이유만으로 휨응력도 같다고 착각하기 쉽다. 이 문항의 함정은 같은 높이와 같은 단면형상만 보지 말고, 그 단면의 휨모멘트 M가 같은지도 함께 보아야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

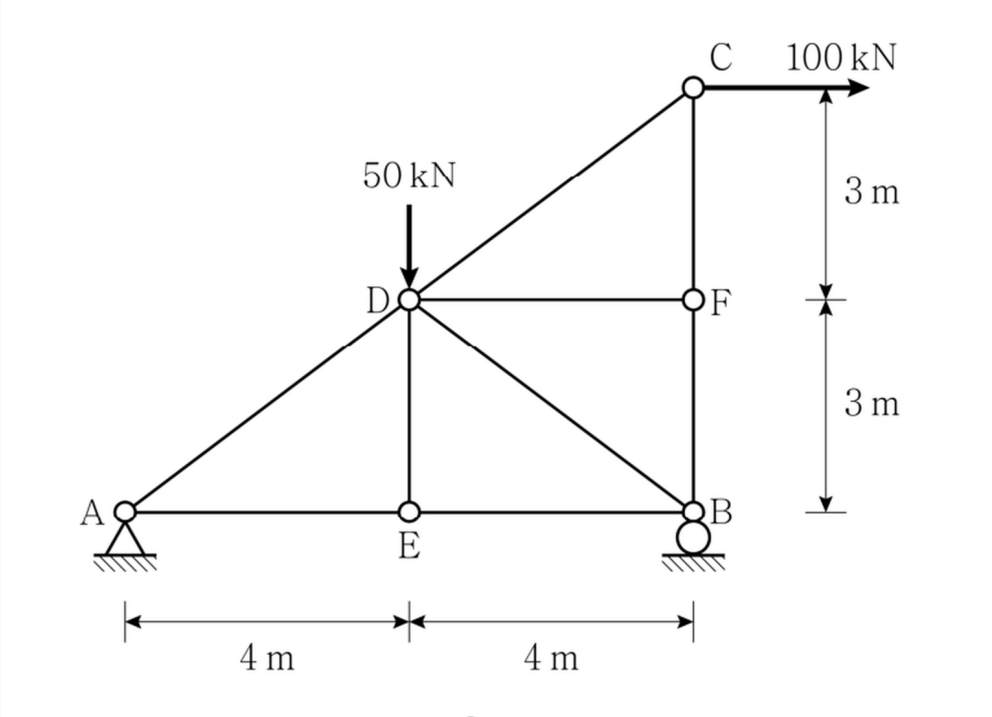
보의 응력을 비교할 때는 먼저 어떤 단면끼리 비교하는지 확인하고, 다음으로 휨은 M과 y, 전단은 V와 단면 내 위치로 판단한다. 상단섬유이면 전단응력 0, 중립축이면 휨응력 0을 먼저 대입하면 빠르게 정리된다.

암기 포인트

휨응력은 M과 섬유 위치가 결정하고, 전단응력은 V와 단면 내 높이가 결정한다. 상단 전단 0, 중립축 휨 0이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 집중하중이 작용하는 트러스에서 부재력이 발생하지 않는 영 부재는? (단, 자중은 무시한다)



① AD, DC

② AE, EB

③ DE, DF

④ CF, FB

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 트러스 절점에서 두 부재가 일직선이고 외력이 없는 경우의 영부재 판정 규칙을 도식에서 바로 적용할 수 있는지를 묻는다.

NoteBase

선지별 해설

① AD, DC: X. D절점에는 50 kN의 외력이 직접 작용하고 AD, DC 외에도 DB, DE, DF가 연결되어 있어 영부재 조건이 성립하지 않는다. 틀린 표현은 "AD, DC가 영부재"이며, 올바르게는 "AD, DC는 D절점과 C절점의 하중 전달에 관여하는 부재"이다.
② AE, EB: X. E절점에서 영부재가 되는 것은 수직부재 DE이고, AE와 EB는 서로 일직선인 하현재로서 전체 트러스의 축력을 전달한다. 틀린 표현은 "AE, EB가 영부재"이며, 올바르게는 "E절점에서는 DE만 영부재로 판정된다"이다.
③ DE, DF: O. E절점은 AE와 EB가 일직선이고 외력이 없으므로 DE가 영부재이다. F절점은 CF와 FB가 일직선이고 외력이 없으므로 DF가 영부재이다. 따라서 영부재의 쌍은 DE, DF이다.
④ CF, FB: X. C절점에는 100 kN의 수평하중이 작용하므로 CF는 DC와 함께 평형을 맞추는 데 필요하고, F절점에서 DF가 0이더라도 CF와 FB는 서로 축력을 주고받을 수 있다. 틀린 표현은 "CF, FB가 영부재"이며, 올바르게는 "F절점에서 영부재는 DF이고 CF, FB는 축력을 가질 수 있다"이다.

오답 포인트

외력이 작용하는 절점과 외력이 없는 절점을 구분하지 않으면 ①이나 ④를 고르기 쉽다. 영부재 판정은 부재의 모양이 아니라 절점에 외력이 있는지와 두 부재가 일직선인지로 결정된다.

다시 나오면 이렇게 판단

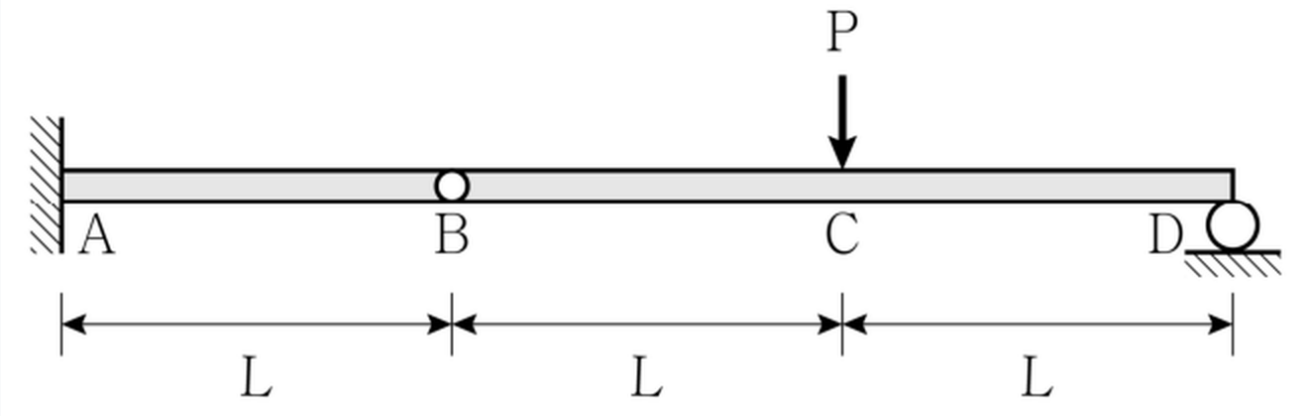
먼저 외력이 없는 절점을 찾고, 그 절점에서 두 부재가 일직선이면 나머지 한 부재를 영부재로 본다. 이 문제에서는 E절점과 F절점을 먼저 보면 DE와 DF가 즉시 결정된다.

암기 포인트

외력 없는 절점 + 두 부재 일직선이면 나머지 한 부재는 영부재이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 게르버보에서 B점에서의 수직처짐의 크기는? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{PL^3}{6EI}$
② $\frac{PL^3}{3EI}$
③ $\frac{PL^3}{2EI}$
④ $\frac{2PL^3}{3EI}$

정답 1번

출제 포인트

게르버보를 내부힌지에서 분리하여 오른쪽 정정보의 반력을 구한 뒤, 그 반력이 작용하는 왼쪽 외팔보의 자유단 처짐을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 형상은 $AB = L$, $BC = L$, $CD = L$이다.
B는 내부힌지이므로 모멘트는 전달되지 않지만 수직변위는 좌우 부재에서 같아야 한다.
오른쪽 BD 구간의 길이는 $2L$이고, C점에 아래방향 집중하중 P가 작용한다.
구해야 할 값은 B점의 수직처짐 크기이다.

사용할 공식

$R_B = R_D = \frac{P}{2}$
$\delta_B = \frac{QL^3}{3EI}$
이 문제에서 오른쪽 BD 구간은 내부힌지 B와 롤러 D를 가진 정정보이므로 반력은 평형조건만으로 구할 수 있다.
왼쪽 AB 구간은 A 고정, B 자유단인 외팔보가 되고, B에서 전달되는 전단력 Q가 자유단 집중하중처럼 작용하므로 외팔보 자유단 처짐식 $\delta = QL^3/3EI$를 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 오른쪽 BD 구간에 대해 B점 모멘트를 취하면 $R_D \cdot 2L - P \cdot L = 0$이므로 $R_D = P/2$이다.
2. 수직방향 평형에서 $R_B = P - R_D = P/2$이다. 따라서 내부힌지 B를 통해 왼쪽 외팔보 끝에 작용하는 하중 크기는 $Q = P/2$이다.
3. 왼쪽 AB는 길이 L의 외팔보이므로 $\delta_B = \frac{QL^3}{3EI} = \frac{(P/2)L^3}{3EI} = \frac{PL^3}{6EI}$
따라서 B점 수직처짐의 크기는 $PL^3/6EI$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 바로 $\frac{PL^3}{6EI}$이므로 옳다.

② X
- B점에 전달되는 힘을 전체하중 P로 잘못 본 오답이다. 오른쪽 정정보의 반력은 $P/2$씩 분담하므로 틀린 식 $\frac{PL^3}{3EI}$가 아니라 올바른 식은 $\frac{PL^3}{6EI}$이다.

③ X
- 외팔보 자유단 처짐계수 1/3 또는 전달하중 $P/2$를 잘못 적용해 과대평가한 오답이다. 틀린 식 $\frac{PL^3}{2EI}$가 아니라 올바른 식은 $\frac{PL^3}{6EI}$이다.

④ X
- 내부힌지 반력과 외팔보 처짐식을 함께 잘못 적용하여 값을 지나치게 크게 만든 오답이다. 틀린 식 $\frac{2PL^3}{3EI}$가 아니라 올바른 식은 $\frac{PL^3}{6EI}$이다.

오답 포인트

내부힌지를 보면 곧바로 B점 처짐이 0이라고 착각하거나, C점 하중 P가 그대로 왼쪽 외팔보 끝에 전달된다고 오해하기 쉽다. 내부힌지는 모멘트만 0일 뿐 처짐을 막는 지점이 아니며, 먼저 오른쪽 정정보의 반력 $P/2$를 구해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

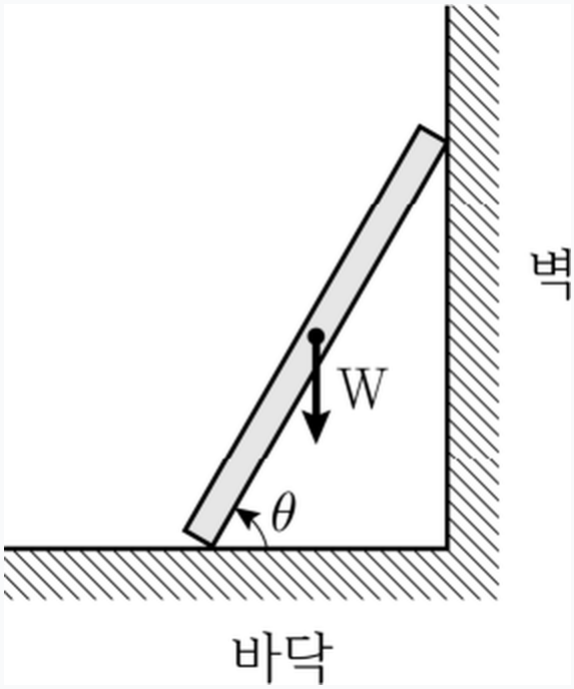
게르버보 처짐 문제는 먼저 내부힌지에서 부재를 분리해 정정보 구간의 반력을 구한다. 그다음 그 반력이 다른 쪽 부재에 어떤 하중으로 전달되는지 바꿔 보고, 마지막에 해당 부재의 표준 처짐공식을 적용하면 된다.

암기 포인트

내부힌지는 모멘트 0, 처짐 연속이다. 정정보 반력부터 구한 뒤 외팔보 자유단 처짐식 $\delta = QL^3/3EI$를 적용한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 길이 2m이고 원형단면인 봉이 바닥과 수직인 벽에 비스듬하게 세워져 있다. 봉과 벽과의 정지마찰계수는 0, 봉과 바닥과의 정지마찰계수가 0.5일 때 바닥에 최대정지마찰력이 걸리기 위한 봉의 세워진 각도 θ[°]는? (단, 봉의 밀도는 일정하다)



① 30

② 45

③ 50

④ 60

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 매끈한 벽과 거친 바닥에 기대어 선 균일 봉의 평형조건과 최대정지마찰조건을 이용해 각도 θ를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 봉의 길이 2m, 벽과의 정지마찰계수 0, 바닥과의 정지마찰계수 0.5이다.
구해야 할 값: 바닥에 최대정지마찰력이 걸릴 때의 각도 θ이다.
주의할 조건: 벽은 매끈하므로 벽에서는 수평반력만 작용하고, 봉의 무게 W는 중심에서 아래로 작용한다.

NoteBase

사용할 공식

수평방향 평형은 $F = R_w$, 수직방향 평형은 $N = W$이다. 최대정지마찰조건은 $F_{\max} = \mu N = 0.5W$이다.
모멘트 평형은 밑점을 기준으로 $R_w \cdot 2\sin\theta = W \cdot \left(\frac{2}{2}\cos\theta\right)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 봉이 미끄러지기 직전에도 정지평형을 만족해야 하고, 최대정지마찰력이 걸리는 순간에는 마찰력이 한계값 μN에 도달하기 때문이다.

계산 과정

1. 수직방향 평형에서 바닥의 수직반력은 $N = W$이다.
2. 따라서 바닥의 최대정지마찰력은 $F_{\max} = 0.5W$이다.
3. 수평방향 평형에서 벽의 반력 R_w와 바닥 마찰력 F는 같으므로 미끄러지기 직전 $R_w = 0.5W$이다.
4. 밑점을 기준으로 모멘트 평형을 세우면 $R_w \cdot 2\sin\theta = W \cdot \cos\theta$이므로 $R_w = \frac{W}{2}\cot\theta$이다.
5. $\frac{W}{2}\cot\theta = 0.5W$를 대입하면 $\cot\theta = 1$이고, 따라서 $\theta = 45^\circ$이다.

선지 판단

① X: 30°이면 $R_w = \frac{W}{2}\cot 30^\circ = 0.866W$가 되어 필요한 마찰력이 $0.5W$를 넘는다. 따라서 최대정지마찰력이 막 걸리는 각도가 아니다. 틀린 표현은 "30"이고, 올바르게는 "45"이다.
② O: 45°이면 $R_w = \frac{W}{2}\cot 45^\circ = 0.5W$가 되어 바닥 마찰력이 정확히 최대정지마찰력과 같아진다.
③ X: 50°이면 $R_w = \frac{W}{2}\cot 50^\circ \approx 0.420W$이므로 바닥 마찰력은 최대값보다 작다. 틀린 표현은 "50"이고, 올바르게는 "45"이다.
④ X: 60°이면 $R_w = \frac{W}{2}\cot 60^\circ \approx 0.289W$이므로 바닥 마찰력은 최대값보다 훨씬 작다. 틀린 표현은 "60"이고, 올바르게는 "45"이다.

오답 포인트

벽이 매끈하다는 조건을 놓치고 벽 마찰력까지 넣으면 식이 복잡해지고 틀리기 쉽다. 또 모멘트팔을 잘못 잡아 $\sin\theta$와 $\cos\theta$를 바꾸면 30°나 60° 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

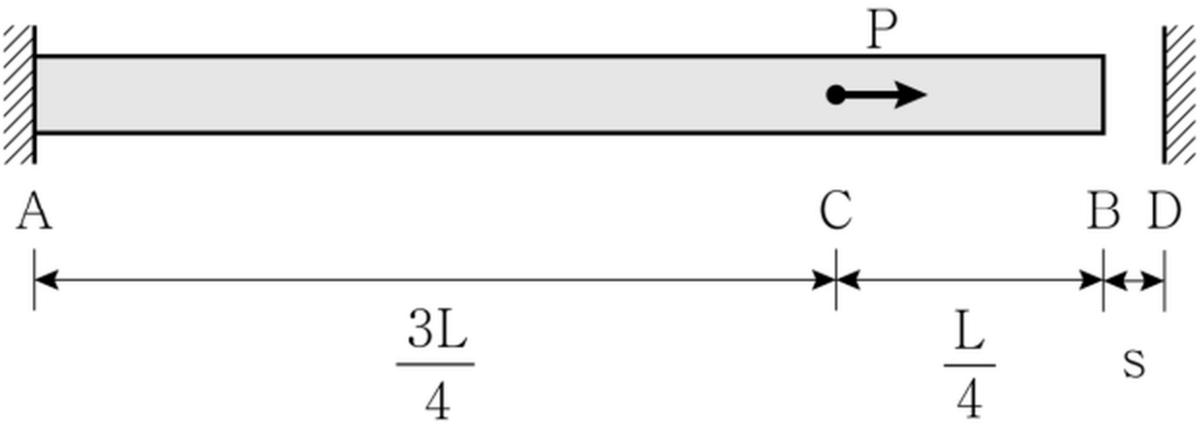
사다리·봉 평형 문제는 먼저 접촉면별 반력을 정리하고, 마찰이 한계에 도달한 면에서는 $F = \mu N$을 둔 뒤, 한 점에 대한 모멘트 평형으로 각도나 반력을 구하면 된다.

암기 포인트

매끈한 벽-거친 바닥 봉은 $N = W$, $F = R_w$, 모멘트 평형에서 $R_w = \frac{W}{2}\cot\theta$로 정리된다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 길이 L인 강봉이 우측 단부에서 간격 s만큼 떨어져 있다. C점에 우측으로 수평하중 P가 작용하여 초기 간격 s가 0이 되기 위한 최소 수평하중 P는? (단, 축방향 강성 EA는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{EA}{2L}s$
② $\frac{3EA}{4L}s$
③ $\frac{EA}{L}s$
④ $\frac{4EA}{3L}s$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 집중하중이 작용하는 축부재에서 구간별 축력을 나누어 끝점 변위를 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

강봉 전체 길이는 L이다.
$AC = \frac{3L}{4}$, $CB = \frac{L}{4}$이다.
오른쪽 끝 B와 고정벽 D 사이 초기 간격은 s이다.
C점에서 우측으로 하중 P가 작용하고, 자중은 무시한다.

사용할 공식

축변형은 $\delta = \frac{NL}{EA}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 강봉이 축방향 하중만 받고 있고, EA가 일정하므로 축력 N이 존재하는 구간의 변형량 합으로 끝점 B의 수평변위를 구할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

하중 P는 내부점 C에서 작용하므로 축력은 구간별로 달라진다.
AC 구간은 하중 P를 전달하므로 축력 $N = P$가 생긴다.
CB 구간의 오른쪽에는 외력이 없으므로 축력 $N = 0$이다.
따라서 끝점 B의 변위는 AC 구간의 신장량만큼이다.
$\delta_B = \frac{P\left(\frac{3L}{4}\right)}{EA}$
초기 간격이 막 닫히는 최소하중에서는 $\delta_B = s$이다.
$s = \frac{P\left(\frac{3L}{4}\right)}{EA}$
$P = \frac{4EA}{3L}s$

선지 판단

① X: $P = \frac{EA}{2L}s$를 대입하면 $\delta_B = \frac{3L}{4EA}P = \frac{3}{8}s$가 된다. 간격 s를 닫지 못하므로 틀리다. 올바르게는 $P = \frac{4EA}{3L}s$이어야 한다.
② X: $P = \frac{3EA}{4L}s$를 대입하면 $\delta_B = \frac{9}{16}s$가 된다. 여전히 s보다 작아서 접촉이 일어나지 않는다. 올바르게는 $P = \frac{4EA}{3L}s$이어야 한다.
③ X: $P = \frac{EA}{L}s$를 대입하면 $\delta_B = \frac{3}{4}s$가 된다. 끝점 변위가 부족하므로 틀리다. 올바르게는 $P = \frac{4EA}{3L}s$이어야 한다.
④ O: $P = \frac{4EA}{3L}s$이면 $\delta_B = \frac{3L}{4EA} \cdot \frac{4EA}{3L}s = s$가 되어 초기 간격이 정확히 0이 된다.

오답 포인트

강봉 전체 길이 L에 대해 한 번에 $\delta = \frac{PL}{EA}$를 적용하면 틀리기 쉽다. 이 문제의 함정은 하중이 끝단이 아니라 내부점 C에 작용하므로 AC 구간에만 축력이 생기고 CB 구간은 무응력이라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

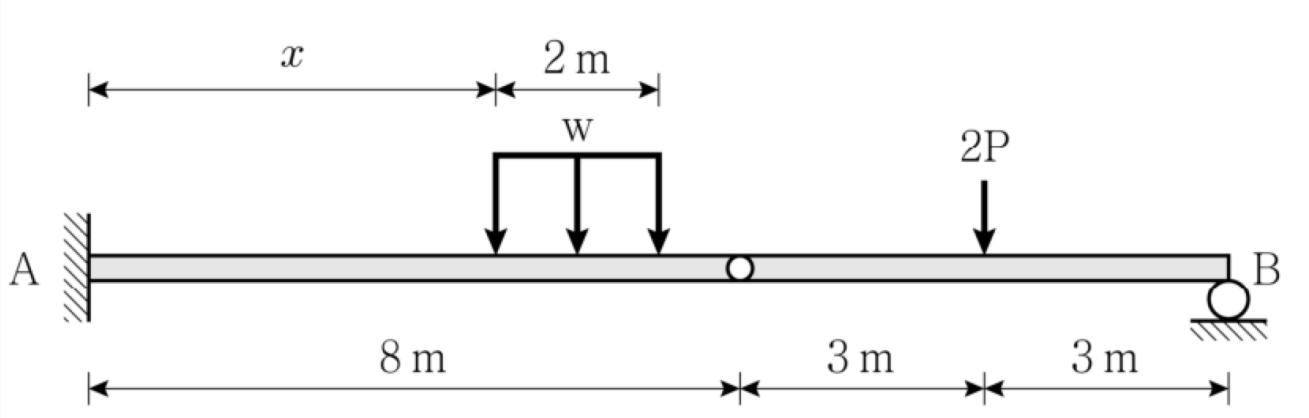
축하중이 내부점에 작용하면 먼저 구간을 나누고, 각 구간의 축력 유무를 확인한 뒤, 축력이 있는 구간의 변형량만 합산해 필요한 변위를 맞추면 된다.

암기 포인트

축변형은 전체 길이가 아니라 실제로 축력이 존재하는 구간 길이로 계산한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 하중을 받는 게르버보에서 지점 A에서의 수직반력이 지점 B에서의 수직반력의 2배일 때, 등분포하중 w의 크기는? (단, 자중은 무시한다)



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

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 게르버보의 내부힌지 반력과 전체 연직평형을 이용해 등분포하중의 세기 w를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 내부힌지 오른쪽 경간은 길이 6m이고, 가운데에 집중하중 $2P$가 작용한다.
- 내부힌지 왼쪽 경간에는 길이 2m 구간에 등분포하중 w가 작용한다.
- 지점 A의 수직반력은 지점 B의 수직반력의 2배이다.

구해야 할 값:
- 등분포하중의 세기 w

주의할 조건:
- 내부힌지는 모멘트를 전달하지 않으므로 오른쪽 경간을 따로 떼어 평형시킬 수 있다.

NoteBase

사용할 공식

오른쪽 경간의 평형과 전체 보의 연직평형을 사용한다.

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

이 공식을 쓰는 이유:

- 내부힌지 오른쪽은 단순지지보처럼 해석할 수 있고, 그 반력이 왼쪽 경간에 같은 크기의 반대방향 힘으로 전달되기 때문이다.

계산 과정

1. 내부힌지에서 B까지의 오른쪽 경간만 본다. 길이 6m의 단순지지보 중앙에 $2P$가 작용하므로 양 지점 반력은 같아서 내부힌지 반력과 B반력은 각각 P이다.
2. 따라서 지점 B의 수직반력은 P이고, 조건에 따라 지점 A의 수직반력은 $2P$이다.
3. 보 전체의 연직평형을 쓰면 등분포하중의 합력은 $2w$이므로

$R_A + R_B = 2w + 2P$

$2P + P = 2w + 2P$

$2w = P$

$w = \frac{P}{2}$

따라서 정답은 3번이다.

선지별 해설

① X

- $w = \frac{P}{4}$이면 등분포하중의 합력은 $2w = \frac{P}{2}$이다. 그러면 전체 연직평형에서 $R_A + R_B = \frac{P}{2} + 2P = \frac{5P}{2}$이고 $R_B = P$이므로 $R_A = \frac{3P}{2}$가 되어 조건 $R_A = 2R_B = 2P$를 만족하지 못한다.
- 틀린 표현은 $w = \frac{P}{4}$라는 값이다. 올바르게는 $w = \frac{P}{2}$이다.

② X

- $w = \frac{P}{3}$이면 등분포하중의 합력은 $2w = \frac{2P}{3}$이다. 그러면 $R_A + R_B = \frac{2P}{3} + 2P = \frac{8P}{3}$이고 $R_B = P$이므로 $R_A = \frac{5P}{3}$가 되어 역시 조건과 다르다.
- 틀린 표현은 $w = \frac{P}{3}$이라는 값이다. 올바르게는 $w = \frac{P}{2}$이다.

③ O

- 오른쪽 경간의 대칭으로 $R_B = P$이고, 조건상 $R_A = 2P$이다. 전체 연직평형에서 $2P + P = 2w + 2P$이므로 $2w = P$, 따라서 $w = \frac{P}{2}$가 된다.

④ X

- $w = P$이면 등분포하중의 합력은 $2P$이다. 그러면 $R_A + R_B = 2P + 2P = 4P$이고 $R_B = P$이므로 $R_A = 3P$가 되어 조건보다 크게 나온다.
- 틀린 표현은 $w = P$라는 값이다. 올바르게는 $w = \frac{P}{2}$이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 등분포하중의 세기 w와 2m 구간의 합력 $2w$를 혼동하는 점이다. 또 내부힌지 오른쪽 경간의 반력을 먼저 구하지 않고 미지수 x를 억지로 사용하려 들면 계산이 길어지기 쉽다. 이 문항에서는 x가 필요 없고, 내부힌지 오른쪽의 대칭 반력과 전체 연직평형만으로 끝난다.

다시 나오면 이렇게 판단

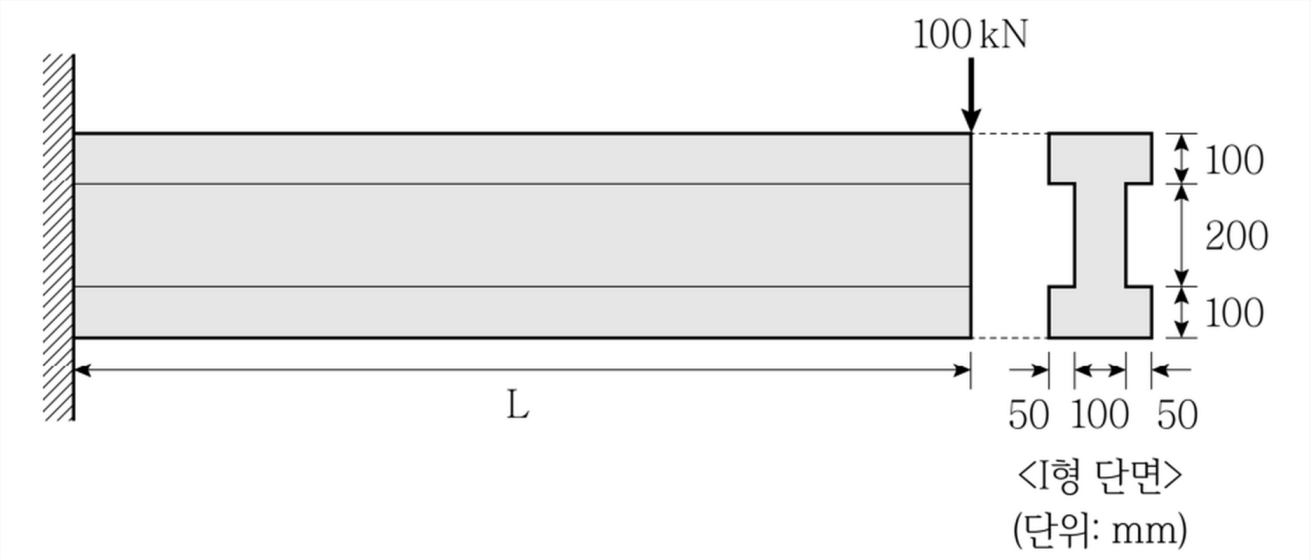
게르버보 계산형은 먼저 내부힌지에서 보를 끊어 단순한 쪽 경간의 반력을 구하고, 그 반력을 다른 경간에 전달한 뒤 전체 연직평형으로 미지하중을 정리하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

게르버보는 내부힌지로 분리하고, 등분포하중은 세기 w가 아니라 합력 wl로 평형식에 넣는다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 대칭 I형 단면을 가진 캔틸레버보의 끝단에 집중하중 100 kN이 작용할 때, 단면 내에 발생하는 최대 전단응력의 크기 [MPa]는? (단, 자중은 무시하고, 탄성계수 E는 일정하다)



① 2.5

② 3.0

③ 3.5

④ 4.0

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 대칭 I형 단면의 최대 전단응력을 $\tau = \frac{VQ}{Ib}$로 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 전단력: $V = 100kN = 100{,}000N$
- 단면 치수: 전체 높이 400mm, 플랜지 폭 200mm, 플랜지 두께 100mm, 웨브 두께 100mm, 웨브 높이 200mm이다.
- 대칭 단면이므로 중립축은 단면 중앙에 있고, 최대 전단응력은 중립축이 지나는 웨브에서 발생한다.

사용할 공식

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

여기서 Q는 중립축 위쪽 부분의 단면1차모멘트이고, b는 그 위치의 단면 폭이다.

캔틸레버보 끝단 집중하중에 의한 단면 전단력은 $V = 100kN$로 일정하므로, 중립축을 지나는 웨브에서 Q와 b를 구해 최대 전단응력을 계산한다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면2차모멘트는
$I = 2\left(\frac{200 \times 100^3}{12} + 200 \times 100 \times 150^2\right) + \frac{100 \times 200^3}{12} = 1.0 \times 10^9 mm^4$
이다.
2. 중립축 위쪽 면적의 단면1차모멘트는 상부 플랜지와 웨브의 절반을 합해
$Q = (200 \times 100) \times 150 + (100 \times 100) \times 50 = 3.5 \times 10^6 mm^3$
이다.
3. 중립축에서의 폭은 웨브 두께이므로 $b = 100mm$이다.
4. 따라서 최대 전단응력은
$\tau_{max} = \frac{100{,}000 \times 3.5 \times 10^6}{1.0 \times 10^9 \times 100} = 3.5N/mm^2 = 3.5MPa$
이다.

선지 판단

① X
- 계산 결과는 2.5 MPa가 아니라 3.5 MPa이다. Q 또는 I를 잘못 잡아 전단응력을 과소평가한 값이므로 옳지 않다. 올바르게는 최대 전단응력은 3.5 MPa이다.

② X
- 3.0 MPa는 중립축 위쪽의 Q를 구할 때 상부 플랜지 $(200 \times 100) \times 150$만 반영하고, 웨브 절반 $(100 \times 100) \times 50$을 빠뜨리면 나오는 값이다. 최대 전단응력은 3.0 MPa가 아니라 3.5 MPa이다.

③ O
- $I = 1.0 \times 10^9 mm^4$, $Q = 3.5 \times 10^6 mm^3$, $b = 100mm$를 대입하면 $\tau_{max} = 3.5MPa$가 된다. 따라서 옳은 선택지이다.

④ X
- 4.0 MPa는 중립축 위치의 폭 b를 잘못 보거나 Q를 과대평가하면 생기는 값이다. 이 단면의 최대 전단응력은 4.0 MPa가 아니라 3.5 MPa이다.

오답 포인트

I형 단면의 최대 전단응력은 플랜지가 아니라 중립축을 지나는 웨브에서 구해야 한다는 점이 핵심이다. 특히 Q는 상부 플랜지만이 아니라 중립축 위쪽의 반쪽 웨브까지 포함해야 하므로, 이 부분을 누락하면 ②처럼 작은 값이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

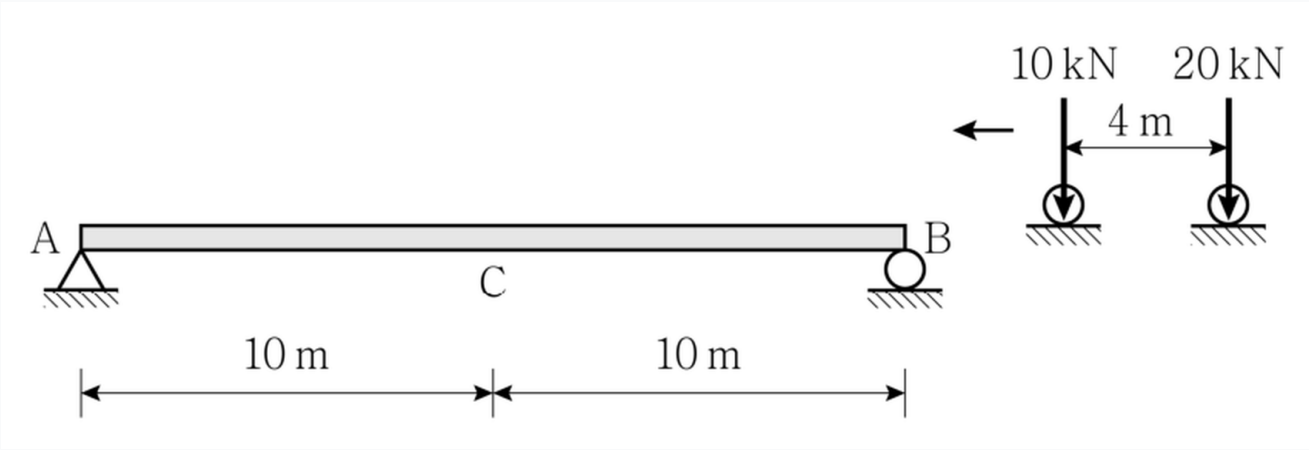
I형 단면 전단응력 문제는 먼저 최대 전단응력 위치가 중립축의 웨브임을 확인하고, 그 다음 I, 중립축 위쪽 면적에 대한 Q, 해당 위치 폭 b를 차례로 구해 $\tau = VQ/Ib$에 대입하면 된다.

암기 포인트

대칭 I형 단면의 최대 전단응력은 중립축 웹에서 구하며, Q는 위쪽 플랜지와 반쪽 웨브를 함께 잡는다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 단순보에 이동하중이 통과할 때, C점의 최대 휨모멘트 [kN·m]는? (단, 자중은 무시한다)



① 130

② 140

③ 150

④ 160

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 C점 휨모멘트 영향선을 이용하여 두 집중이동하중이 통과할 때의 최대 휨모멘트를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 단순보 AB의 경간은 20m이다.
- C는 중앙점이므로 $AC = CB = 10m$이다.
- 이동하중은 $10kN$, $20kN$의 두 집중하중이고 간격은 4m이다.
- C점 휨모멘트 영향선은 A와 B에서 0, C에서 최대가 되는 삼각형이다.

NoteBase

사용할 공식

단면 C의 휨모멘트는 각 하중에 대하여 영향선 ordinate와 하중의 곱을 더해서 구한다.

$M_C = \sum P_i y_i$

중앙점 C의 영향선 최대 ordinate는

$y_{\max} = \frac{AC \cdot CB}{AB} = \frac{10 \times 10}{20} = 5$

이다.

이 공식을 쓰는 이유:

이 문제는 특정 단면 C의 최대 휨모멘트를 묻고 있으므로, 이동하중을 C점 휨모멘트 영향선 위에 놓아 가장 큰 합성값이 되는 위치를 찾으면 된다.

계산 과정

1. 영향선의 정점은 C점이므로 더 큰 하중 $20kN$을 C점에 놓는 것이 최대 조건이다.
2. 이때 $20kN$ 하중의 ordinate는 5이다.
3. $10kN$ 하중은 C의 왼쪽 4m 위치에 있으므로 A로부터 6m 지점에 놓인다. 좌측 직선구간의 ordinate는

$y = \frac{5}{10}x = \frac{x}{2}$

이므로 $x = 6$에서 ordinate는 3이다.

4. 따라서 C점 휨모멘트는

$M_C = 20 \times 5 + 10 \times 3 = 100 + 30 = 130kN \cdot m$

이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 응용역학 · 2025 · 2차

선지 판단

① O
- $M_C = 130kN \cdot m$이므로 옳다.

② X
- ②의 값 $140kN \cdot m$는 틀렸고, 올바른 값은 $130kN \cdot m$이다.
- 이는 $10kN$ 하중의 ordinate를 실제 3이 아니라 4로 잘못 읽으면 나오는 값이다.

③ X
- ③의 값 $150kN \cdot m$는 틀렸고, 올바른 값은 $130kN \cdot m$이다.
- 이는 두 하중이 모두 C점 부근의 최대 ordinate를 가진다고 오해하여 간격 4m 조건을 무시할 때 나오는 값이다.

④ X
- ④의 값 $160kN \cdot m$는 틀렸고, 올바른 값은 $130kN \cdot m$이다.
- 이는 (10 + 20) × 5처럼 두 하중이 동시에 정점 ordinate 5를 갖는다고 계산한 값인데, 실제로는 하중 간격 때문에 불가능하다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 큰 하중을 C점에 놓아야 한다는 점은 알아도, 나머지 $10kN$ 하중의 위치와 ordinate를 정확히 읽지 못하는 데 있다. 특히 하중 간격 4m를 무시하고 두 하중이 동시에 정점에 있다고 보면 150이나 160 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

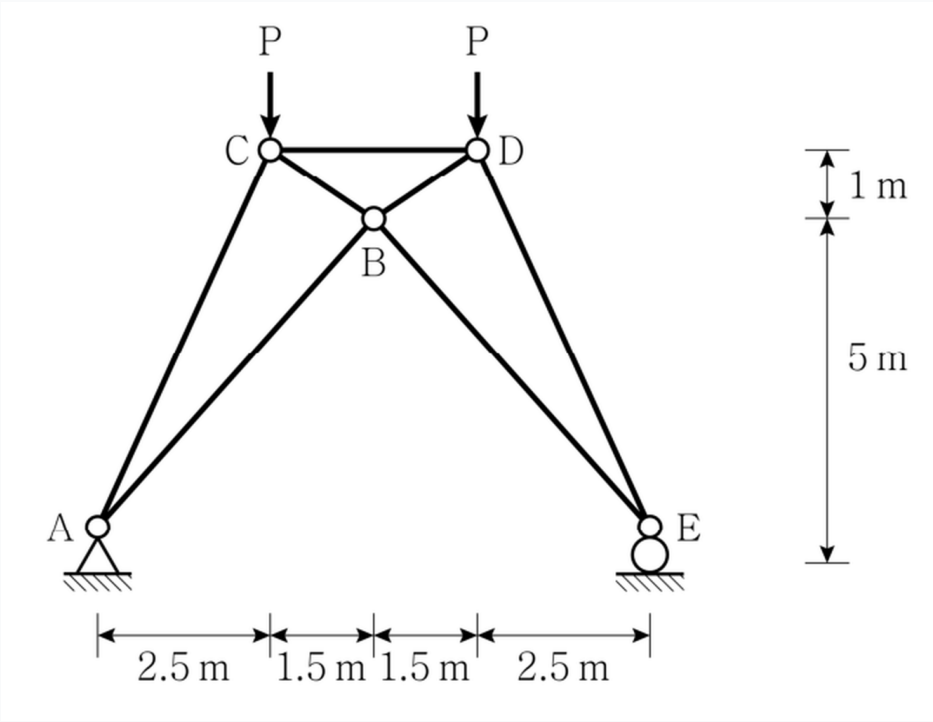
이동하중 최대값 문제는 먼저 구하려는 단면의 영향선을 그린 뒤, 가장 큰 하중을 영향선의 최대 ordinate 위치에 놓고 나머지 하중의 ordinate를 선형적으로 읽어 합산하면 된다.

암기 포인트

단면 휨모멘트의 최대값은 $M = \sum Py$로 구하고, 집중이동하중군은 보통 가장 큰 하중을 영향선의 정점에 놓는 경우를 먼저 검토한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 트러스에 집중하중이 작용할 때, CD부재의 부재력은? (단, 자중은 무시한다)



① $\frac{5}{3}P$ (인장)
② $\frac{5}{3}P$ (압축)
③ $\frac{5}{2}P$ (인장)
④ $\frac{5}{2}P$ (압축)

정답 4번

출제 포인트

대칭 트러스에서 지점반력을 먼저 구한 뒤, CD를 지나는 절단면에 대해 절점 B의 모멘트를 취해 CD부재력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: C점과 D점에 각각 아래 방향 집중하중 P가 작용한다. 좌우가 대칭이므로 지점반력은 $A_y = E_y = P$이다.
구해야 할 값: CD부재의 축력 크기와 인장·압축 여부이다.
주의할 조건: 절단법으로 CD, BD, BE를 함께 자른 뒤 오른쪽 부분에 대해 절점 B 모멘트를 취하면 BD와 BE의 힘은 소거된다.

NoteBase

사용할 공식

전체 평형식 $\sum V = 0$, 절단면 평형식 $\sum M_B = 0$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유: 이 문제는 특정 부재 CD의 힘만 빠르게 구하면 되므로, 전체 트러스의 반력을 먼저 구한 뒤 CD를 지나는 절단면을 잡아 모멘트식 하나로 바로 푸는 것이 가장 효율적이다.

계산 과정

1. 전체 트러스에 대해 $\sum V = 0$을 적용하면 $A_y + E_y = 2P$이고 좌우 대칭이므로 $A_y = E_y = P$이다.
2. CD, BD, BE를 자르는 절단면을 잡고 오른쪽 부분만 분리한다.
3. 절점 B에 대한 모멘트를 취하면 BD와 BE의 힘은 B를 지나므로 소거된다. 따라서 $\sum M_B = 0$에서
$F_{CD} \cdot 1 + E_y \cdot 4 - P \cdot 1.5 = 0$
가 된다.
4. $E_y = P$를 대입하면
$F_{CD} + 4P - 1.5P = 0$
$F_{CD} = -\frac{5}{2}P$
이다. 음수는 처음 인장으로 가정한 방향과 반대라는 뜻이므로 실제 CD부재는 $\frac{5}{2}P$의 압축이다.

선지별 해설

① X. 계산 결과 CD부재력은 $-\frac{5}{2}P$이므로 크기부터 $\frac{5}{3}P$가 아니다. 또한 인장도 아니다. 올바르게는 $\frac{5}{2}P$ 압축이다.
② X. 압축이라는 방향 판단은 맞지만 크기가 틀렸다. B점 모멘트식은 $F_{CD} + 4P - 1.5P = 0$이므로 $F_{CD} = -\frac{5}{2}P$이다. 올바르게는 $\frac{5}{2}P$ 압축이다.
③ X. 크기 $\frac{5}{2}P$는 맞지만 부호가 음수이므로 인장이 아니라 압축이다. 절단력 방향을 인장으로 가정했을 때 음수가 나오면 실제 상태는 압축이다. 올바르게는 $\frac{5}{2}P$ 압축이다.
④ O. 대칭 반력 $E_y = P$를 이용해 오른쪽 절단체의 B점 모멘트를 취하면 $F_{CD} = -\frac{5}{2}P$가 된다. 따라서 CD부재력은 $\frac{5}{2}P$ 압축이 맞다.

오답 포인트

이 문항은 크기보다 부호를 놓치기 쉽다. ③처럼 $\frac{5}{2}P$까지 구하고도 음수 부호를 해석하지 않으면 인장으로 잘못 판단한다. 또 절단법에서 B점 모멘트를 잡을 때 E반력의 모멘트팔 4m, D점 하중의 모멘트팔 1.5m, CD의 모멘트팔 1m를 잘못 읽으면 크기도 틀리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

대칭 하중 트러스는 먼저 전체 평형으로 반력을 구하고, 목표 부재를 지나는 절단면을 잡은 뒤 나머지 미지력 두 개가 지나는 점에 대해 모멘트를 취해 한 번에 계산한다. 마지막에는 부호를 보고 인장인지 압축인지 판정한다.

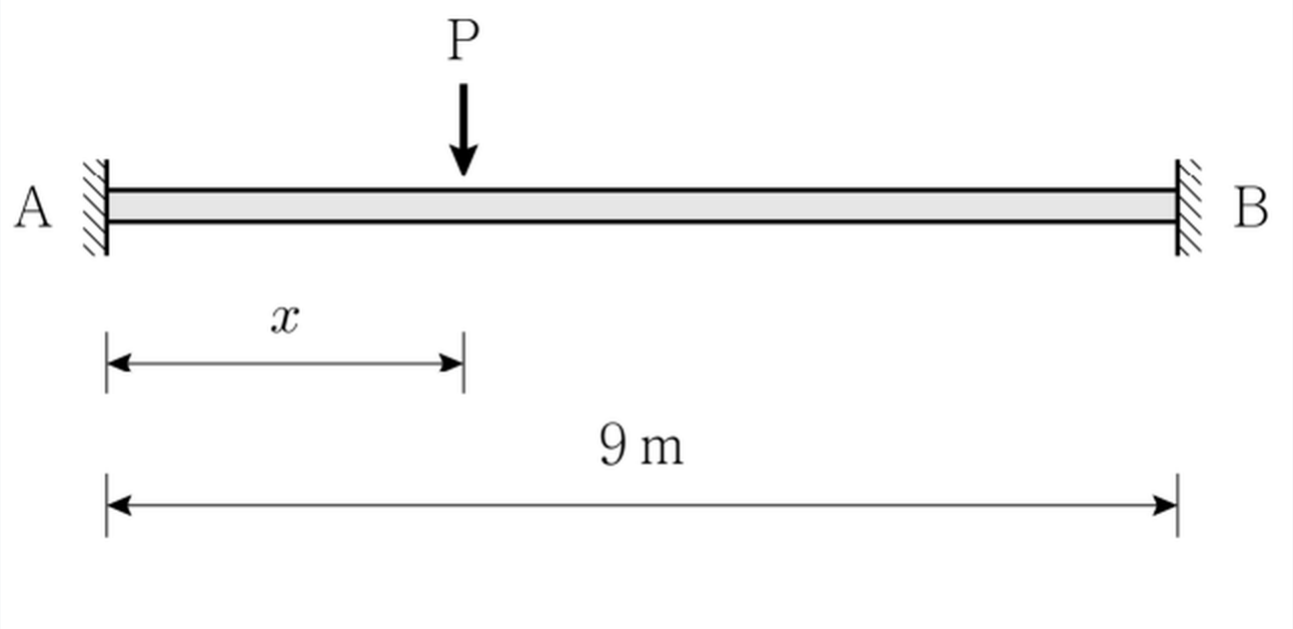
NoteBase

암기 포인트

절단법에서 인장으로 가정한 부재력이 음수이면 실제로는 압축이다. 대칭 하중을 받는 상현재 수평부재는 압축으로 나오는 경우가 많다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 양단 고정보에 집중하중 P가 임의점에 작용하고 있다. 고정단 A점의 휨모멘트반력 크기가 최대가 되기 위한 하중 P의 위치 x[m]는? (단, x의 위치는 하중이 지점에 재하되는 경우는 제외하고, 보의 자중은 무시한다)



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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 양단 고정보에서 점하중 위치에 따른 A단 고정단모멘트 $|M_A|$를 식으로 놓고 최대가 되는 x를 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 보 길이는 9m이고, 점하중 P가 A점에서 x만큼 떨어진 위치에 작용한다.
구해야 할 값: A점의 휨모멘트반력 크기 $|M_A|$가 최대가 되는 x이다.
주의할 조건: 하중이 지점에 직접 재하되는 경우는 제외하므로 $x = 0$, 9는 답이 될 수 없다.

NoteBase

사용할 공식

양단 고정보에 점하중 P가 작용할 때 A단 고정단모멘트의 크기는
$|M_A| = \frac{Pab^2}{L^2}$
이다. 여기서 $a = x$, $b = 9 - x$, $L = 9$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제의 보는 양단 고정, 하중은 경간 내 임의점의 집중하중이므로 점하중에 대한 고정단모멘트 공식을 그대로 적용할 수 있다.

계산 과정

A점 모멘트 크기를 x의 함수로 쓰면
$|M_A| = \frac{Px(9-x)^2}{9^2} = \frac{P}{81}x(9-x)^2$
이다.
이를 미분하면
$\frac{d|M_A|}{dx} = \frac{P}{81}(9-x)(9-3x)$
이다.
극값 조건 $\frac{d|M_A|}{dx} = 0$에서 $x = 9$ 또는 $x = 3$이 나온다.
이 중 $x = 9$는 지점 재하이므로 제외된다.
따라서 경간 내부에서 $|M_A|$를 최대로 만드는 위치는 $x = 3m$이다.

선지 판단

① X: $x = \frac{3}{2}m$이면 $|M_A| = \frac{P}{81} \times \frac{3}{2} \times \left(\frac{15}{2}\right)^2 = \frac{25}{24}P$이다. 최대값 위치가 아니다. 틀린 표현은 "최대 위치가 $\frac{3}{2}m$"라는 점이며, 올바르게는 $3m$이다.
② X: $x = \frac{9}{5}m$이면 $|M_A| = \frac{P}{81} \times \frac{9}{5} \times \left(\frac{36}{5}\right)^2 = 1.152P$이다. 최대값보다 작다. 틀린 표현은 "최대 위치가 $\frac{9}{5}m$"라는 점이며, 올바르게는 $3m$이다.
③ X: $x = \frac{9}{4}m$이면 $|M_A| = \frac{P}{81} \times \frac{9}{4} \times \left(\frac{27}{4}\right)^2 = 1.265625P$이다. 역시 최대값이 아니다. 틀린 표현은 "최대 위치가 $\frac{9}{4}m$"라는 점이며, 올바르게는 $3m$이다.
④ O: $x = 3m$이면 $|M_A| = \frac{P}{81} \times 3 \times 6^2 = \frac{4}{3}P$이다. 또한 $x = 3$에서 미분값 부호가 양에서 음으로 바뀌므로 최대값이 된다.

오답 포인트

단순히 하중을 A점에 가깝게 둘수록 A단 모멘트가 커진다고 생각하면 틀린다. A단 모멘트는 x와 $9 - x$가 함께 들어가는 $x(9-x)^2$ 형태이므로, 한쪽에 너무 붙이면 오히려 반대쪽 거리 효과가 줄어 최대가 사라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

고정단모멘트의 최대 위치를 묻는 문제는 먼저 해당 고정단모멘트를 하중 위치의 함수로 쓴 뒤, 지점 재하 조건을 제외하고 미분하여 내부 극값이 최대인지 확인하는 순서로 판단한다.

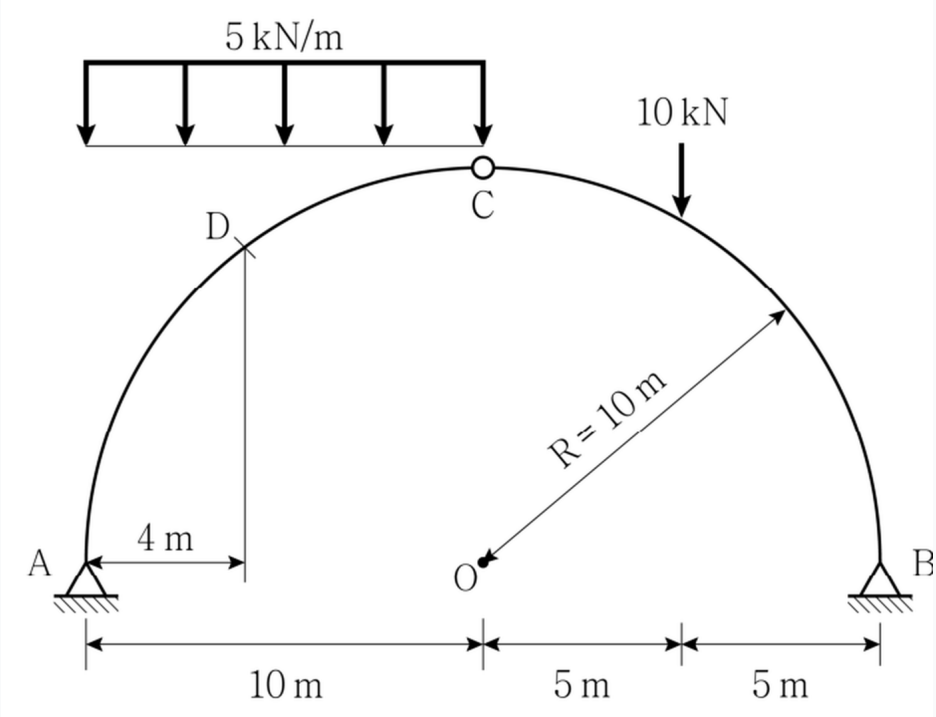
NoteBase

암기 포인트

양단 고정보의 점하중 고정단모멘트는 $M_A \propto ab^2$, $M_B \propto a^2b$ 형태이므로 A단 최대는 하중이 A에서 $\frac{L}{3}$ 지점에 있을 때 생긴다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 원호 3활절 아치의 D점에서의 휨모멘트의 크기 [kN·m]는? (단, 자중은 무시한다)



① 0

② 20

③ 40

④ 90

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 3활절 아치의 단면 휨모멘트를 $M = M_0 - Hy$로 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 반지름 $R = 10m$, 중앙 힌지 C, A에서 D의 수직투영까지 4m, $A \sim C$ 구간 등분포하중 5kN/m, 우측에 집중하중 10 kN
- 구해야 할 값: D점의 휨모멘트
- 주의할 조건: 3활절 아치는 같은 하중의 단순보 모멘트 M_0에서 수평추력 H와 연직좌표 y의 곱 Hy를 빼서 단면모멘트를 구한다.

NoteBase

사용할 공식

$M_D = M_{0,D} - Hy_D$

$H = \frac{M_{0,C}}{y_C}$

이 공식을 쓰는 이유는 3활절 아치의 크라운 힌지 C에서 휨모멘트가 0이므로, 먼저 같은 하중을 받는 단순보의 크라운 모멘트로 수평추력 H를 구한 뒤 각 점의 단면모멘트를 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 전체 연직반력을 구하면 $\sum V = 0$에서 $A_y + B_y = 50 + 10 = 60$이고, $\sum M_A = 0$에서 $20B_y = 50 \times 5 + 10 \times 15 = 400$이므로 $B_y = 20kN$, $A_y = 40kN$이다.
2. 단순보의 C점 모멘트는 $M_{0,C} = 40 \times 10 - 5 \times 10 \times 5 = 150kN \cdot m$이다. 크라운 높이 $y_C = 10m$이므로 $H = 150/10 = 15kN$이다.
3. D점의 높이는 원호식 $(x-10)^2 + y^2 = 10^2$에서 $x = 4$를 대입하여 $y_D = \sqrt{10^2 - 6^2} = 8m$이다.
4. 같은 하중을 받는 단순보의 D점 모멘트는 $M_{0,D} = 40 \times 4 - 5 \times 4 \times 2 = 120kN \cdot m$이다.
5. 따라서 $M_D = 120 - 15 \times 8 = 120 - 120 = 0kN \cdot m$이다.

선지별 해설

① O

- 계산 결과 $M_D = 0kN \cdot m$이므로 맞다. D점에서는 단순보 모멘트 120과 아치 수평추력에 의한 감소모멘트 120이 정확히 상쇄된다.

② X

- 20 kN·m는 실제 계산값과 다르다. 20이 되려면 $Hy_D = 100kN \cdot m$ 또는 $M_{0,D} = 140kN \cdot m$이어야 하는데, 주어진 형상에서는 $H = 15kN$, $y_D = 8m$, $M_{0,D} = 120kN \cdot m$이므로 성립하지 않는다.
- 틀린 수치는 20 kN·m가 아니라 0 kN·m이다.

③ X

- 40 kN·m도 실제 계산값과 다르다. 40이 되려면 $Hy_D = 80kN \cdot m$처럼 수평추력 효과를 작게 계산해야 하는데, 크라운 힌지 조건으로 구한 $H = 15kN$와 원호 높이 $y_D = 8m$를 쓰면 $Hy_D = 120kN \cdot m$이다.
- 틀린 수치는 40 kN·m가 아니라 0 kN·m이다.

④ X

- 90 kN·m는 아치의 수평추력을 거의 반영하지 않은 값에 가깝다. 이 문제의 핵심은 단순보 모멘트에서 Hy를 빼는 것인데, D점에서는 그 값이 120이라 휨모멘트가 0이 된다.
- 틀린 수치는 90 kN·m가 아니라 0 kN·m이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제는 단순보 모멘트만 보고 값을 고르거나, D점의 원호 높이 y_D를 계산하지 않고 감으로 수평추력을 빼면 오답이 된다. 특히 3활절 아치는 C점에서 먼저 H를 구한 뒤 관심 단면에 적용해야 한다는 순서를 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

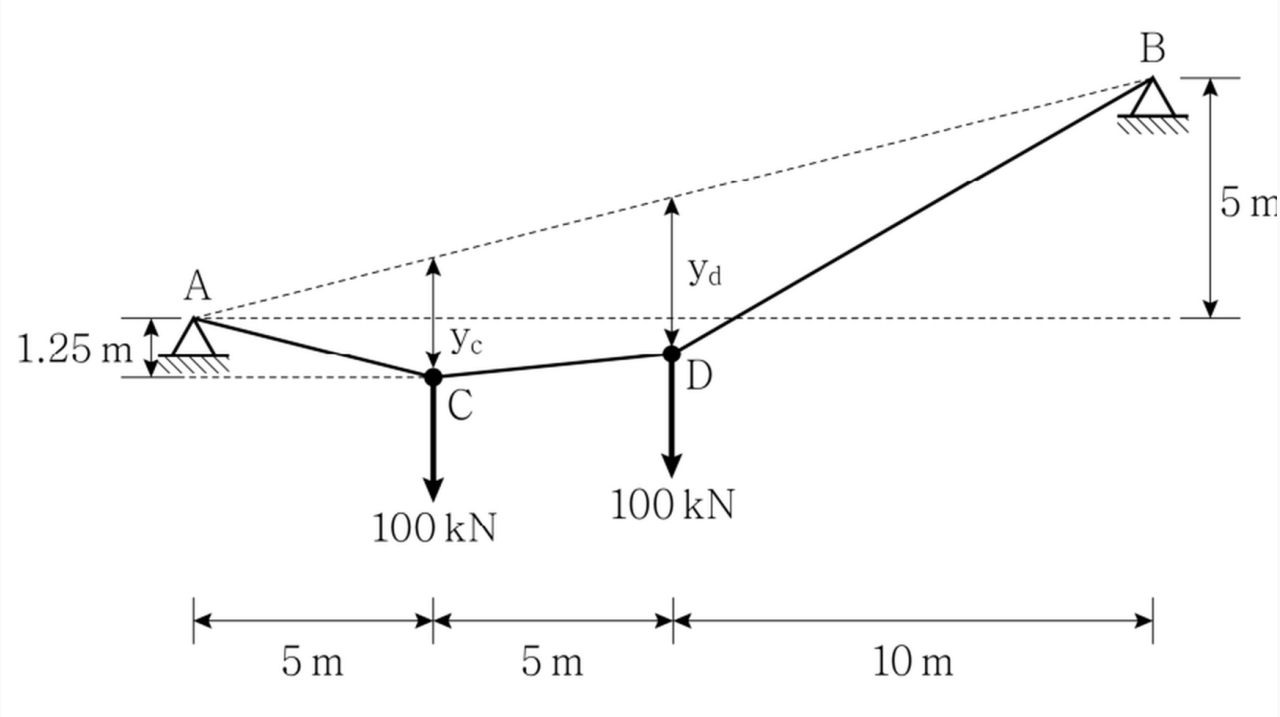
3활절 아치의 단면모멘트 문제는 먼저 같은 하중의 단순보 반력과 모멘트를 구하고, 크라운 힌지에서 $H = M_{0,C}/y_C$를 계산한 다음, 관심 단면에 $M = M_0 - Hy$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

3활절 아치의 단면모멘트는 단순보 모멘트에서 수평추력 모멘트 Hy를 뺀 값이다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 두 개의 집중하중을 받는 케이블의 하중 작용점 위치에서 원래 케이블 현까지의 거리 y_d [m]는? (단, 자중은 무시한다)



① 2.25

② 2.50

③ 2.75

④ 3.00

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 케이블의 수평분력 H가 일정하다는 성질과 절점 평형을 이용해 하중점 D의 처짐 y_d를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 수평거리: $AC = 5m$, $CD = 5m$, $DB = 10m$이다.
- 집중하중: C, D에서 각각 $100kN$이 아래로 작용한다.
- 지점 높이: B는 A보다 $5m$ 높고, C는 A보다 $1.25m$ 낮다.
- 구해야 할 값: 현 AB로부터 D점까지의 연직거리 y_d이다.

NoteBase

사용할 공식

케이블의 각 직선 구간에서는 기울기가 그 구간 장력의 수직분력 대 수평분력의 비와 같다.
$\tan\theta = \frac{V}{H}$
또한 케이블 전체에 대해서는 지점반력과 수평분력으로 평형식을 세울 수 있다.
이 문제는 자중이 없고 집중하중만 있으므로 각 구간이 직선이며, 절점마다 수직분력만 바뀌는 전형적인 케이블 평형 문제이다.

계산 과정

1. AC 구간의 기울기에서 A점 수직반력과 수평분력의 비를 구한다.
$\frac{V_A}{H} = \frac{1.25}{5} = 0.25$
따라서 $V_A = 0.25H$이다.
2. B점에 대한 전체 모멘트 평형을 잡는다.
$20V_A + 5H = 100 \times 15 + 100 \times 10 = 2500$
여기에 $V_A = 0.25H$를 대입하면
$20(0.25H) + 5H = 2500 \Rightarrow 10H = 2500 \Rightarrow H = 250kN$
따라서 $V_A = 62.5kN$이다.
3. C절점 오른쪽 구간 CD의 기울기를 구한다.
$\tan\theta_{CD} = \frac{100 - V_A}{H} = \frac{100 - 62.5}{250} = 0.15$
따라서 C에서 D까지의 상승량은
$0.15 \times 5 = 0.75m$
이다.
4. C는 A보다 $1.25m$ 아래에 있으므로 D는 A보다
$1.25 - 0.75 = 0.50m$
아래에 있다.
5. 현 AB는 A에서 B까지 $20m$ 동안 $5m$ 상승하므로, $x = 10m$인 D 위치에서 현의 높이는
$\frac{5}{20} \times 10 = 2.50m$
이다.
따라서 현에서 D점까지의 연직거리는
$y_d = 2.50 + 0.50 = 3.00m$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 $y_d = 3.00m$이므로 $2.25m$는 틀리다.
- 틀린 표현은 "$y_d = 2.25m$"이다. 올바르게는 "$y_d = 3.00m$"이다.

② X
- D점은 A보다 $0.50m$ 아래에 있고, D 위치의 현 높이는 $2.50m$이므로 y_d는 $3.00m$이다. 따라서 $2.50m$는 틀리다.
- 틀린 표현은 "$y_d = 2.50m$"이다. 올바르게는 "$y_d = 3.00m$"이다.

③ X
- CD 구간의 상승량 $0.75m$만 부분적으로 반영하면 오차가 생긴다. 전체 평형으로 구한 값은 $y_d = 3.00m$이므로 $2.75m$는 틀리다.
- 틀린 표현은 "$y_d = 2.75m$"이다. 올바르게는 "$y_d = 3.00m$"이다.

④ O
- 전체 평형에서 $H = 250kN$, $V_A = 62.5kN$가 되고, D는 A보다 $0.50m$ 아래에 있다.
- D 위치에서 현 AB의 높이 $2.50m$에 이 $0.50m$를 더하면 $y_d = 3.00m$이므로 옳다.

오답 포인트

지점 높이가 다를 때는 수평분력 H가 전체 모멘트 평형에 함께 들어간다. 이를 빼고 단순보 반력처럼만 처리하면 값이 틀어진다. 또 y_d는 D점의 절대높이가 아니라 현 AB에서 D점까지의 연직거리라는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

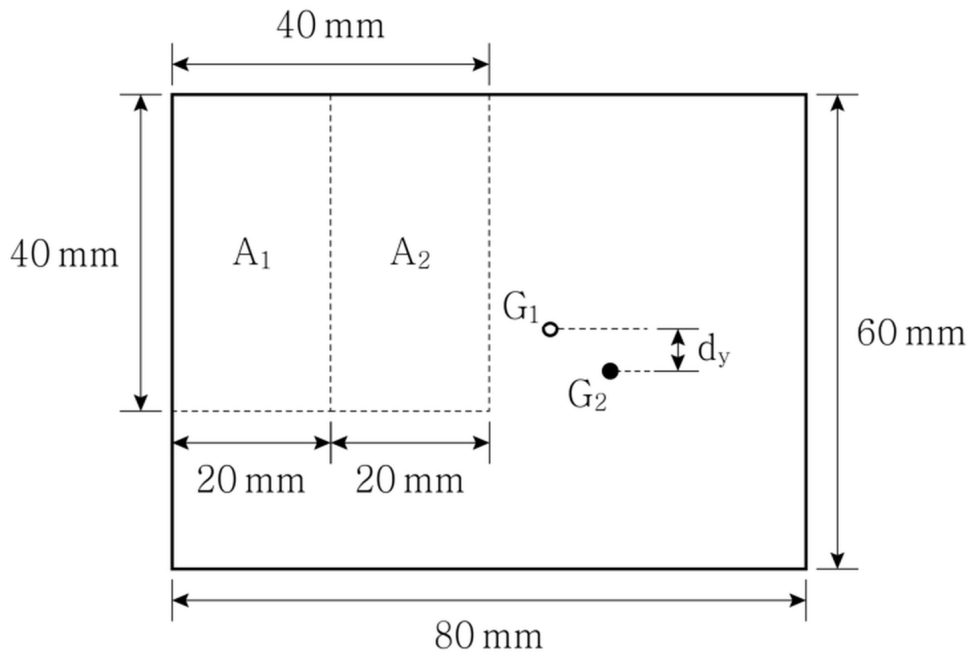
케이블 계산형은 먼저 지점 높이차가 있는지 확인하고, 구간 기울기에서 V/H를 잡은 뒤 전체 모멘트 평형으로 H를 구하는 순서로 판단한다. 마지막에는 절점의 실제 높이와 현의 높이를 따로 계산해 처짐을 구한다.

암기 포인트

케이블 집중하중 문제는 `구간기울기 = 수직분력/수평분력`, `처짐 = 현의 높이 - 점의 실제 높이`로 정리되는 유형이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 가로 80mm, 세로 60mm의 직사각형이 있다. 왼쪽 상단 모서리를 $A_1(20 \times 40\text{mm}^2)$ 만큼 절취하였을 때 도심은 G_1이고 $A_2(20 \times 40\text{mm}^2)$만큼 추가로 절취하였을 때 도심은 G_2이다. 도심 G_1과 G_2의 수직거리 d_y[mm]는?



① 1

② 3

③ 5

④ 7

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 절취된 직사각형을 음의 면적으로 두는 합성도형 도심 공식을 이용해 절취 전후 도심의 수직 이동량을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:

- 전체 직사각형: 가로 80mm, 세로 60mm
- 전체 면적: $80 \times 60 = 4800mm^2$
- 전체 직사각형의 도심 높이: 바닥에서 $30mm$
- 절취 면적 A_1, A_2: 각각 $20 \times 40 = 800mm^2$
- A_1, A_2의 도심 높이: 모두 바닥에서 $40mm$

구해야 할 값:

- G_1과 G_2의 수직거리 d_y

주의할 조건:

- 절취 면적은 음의 면적으로 계산한다.

사용할 공식

합성도형의 도심 높이는 다음 식으로 구한다.

$\bar{y} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$

절취된 부분은 실제 도형에서 빠져나간 면적이므로 음의 면적으로 넣는다. 이 문제는 위쪽 직사각형을 순차적으로 잘라 낼 때 도심이 아래로 얼마나 이동하는지를 묻고 있으므로 이 공식을 그대로 적용한다.

계산 과정

1. A_1만 절취했을 때의 도심 G_1 높이를 구한다.

$\bar{y}_{G_1} = \frac{4800 \times 30 - 800 \times 40}{4800 - 800} = \frac{112000}{4000} = 28mm$

2. A_2까지 추가 절취했을 때의 도심 G_2 높이를 구한다.

$\bar{y}_{G_2} = \frac{4800 \times 30 - 800 \times 40 - 800 \times 40}{4800 - 800 - 800} = \frac{80000}{3200} = 25mm$

3. 두 도심의 수직거리를 구한다.

$d_y = 28 - 25 = 3mm$

따라서 도심은 추가 절취 후 아래로 $3mm$ 이동한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 $d_y = 3mm$이므로 1mm는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 수직거리를 1mm로 본 부분이며, 올바르게는 3mm이다.
- 1mm는 절취가 도심을 아래로 이동시키는 효과를 지나치게 작게 본 오답이다.

② O
- $G_1 = 28mm$, $G_2 = 25mm$이므로 두 도심의 수직거리는 $3mm$이다.
- 따라서 3mm를 제시한 ②가 옳다.

③ X
- 5mm는 전체 원래 도심 $30mm$와 $G_2 = 25mm$를 비교했을 때 나오는 값이다.
- 문제는 원래 도심이 아니라 G_1과 G_2의 차이를 묻는다.
- 틀린 표현은 수직거리를 5mm로 본 부분이며, 올바르게는 3mm이다.

④ X
- 7mm는 절취 면적을 음수가 아니라 양수처럼 취급하거나 기준 도심을 잘못 잡을 때 생기는 오답이다.
- 도심 계산에서는 잘라낸 면적을 반드시 빼야 하므로 7mm는 성립하지 않는다.
- 틀린 표현은 수직거리를 7mm로 본 부분이며, 올바르게는 3mm이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 절취 면적의 부호를 반대로 넣거나, 원래 도심 30mm와 G_2를 비교해 5mm를 답으로 고르는 것이다. 이 문제는 전체 도형의 절대 도심이 아니라 G_1에서 G_2로의 추가 이동량만 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

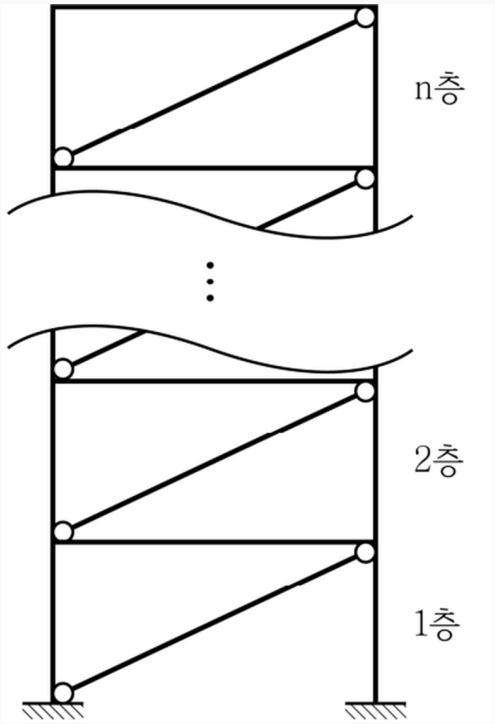
합성도형 도심 문제는 기준이 되는 원도형의 도심을 먼저 잡고, 절취 부분은 음의 면적으로 넣어 각 단계의 도심을 구한 뒤, 문제에서 묻는 두 기준점 사이의 차이만 마지막에 비교하면 된다.

암기 포인트

절취 도형의 도심은 뺀 면적을 음수로 넣고, 최종 답은 문제에서 지정한 두 도심의 차이로 정리한다.

NoteBase

문 21. 그림과 같은 층 구조물의 부정정 차수가 32차가 되기 위한 층수(n)는?



① 4

② 8

③ 16

④ 32

정답 2번

출제 포인트

평면 층구조물에서 부재 종류별 자유도 기여를 구분하여 부정정 차수식을 세우는 문제이다.

NoteBase

계산 과정

보·기둥 같은 강절 부재 수를 m_r, 가새 같은 2력부재 수를 m_t, 절점 수를 j, 반력 수를 r라 두면
$D_s = 3m_r + m_t + r - 3j$
이다.
이 도식에서
$m_r = 2n + n = 3n, \quad m_t = n, \quad j = 2(n+1), \quad r = 6$
이므로
$D_s = 3(3n) + n + 6 - 3 \times 2(n+1) = 4n$
이다.
부정정 차수가 32차이면 $4n = 32$이므로 $n = 8$이다.

선지별 해설

① X: $n = 4$이면 $D_s = 4n = 16$차이다. 틀린 표현은 '4층이면 32차'라는 판단이다. 올바르게는 4층 구조물은 16차이다.
② O: $n = 8$이면 $D_s = 4n = 32$차이므로 정답이다.
③ X: $n = 16$이면 $D_s = 64$차이다. 틀린 표현은 '16층이면 32차'라는 판단이다. 올바르게는 16층 구조물은 64차이다.
④ X: $n = 32$이면 $D_s = 128$차이다. 틀린 표현은 '32층이면 32차'라는 판단이다. 올바르게는 32층 구조물은 128차이다.

오답 포인트

가새를 보·기둥과 같은 강절 부재로 세거나, 한 층이 늘 때 증가하는 절점 수를 빠뜨리면 층당 증가량을 잘못 잡는다. 이 문제의 함정은 대각가새 1개를 2력부재로 보지 않아 D_s를 과대 계산하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

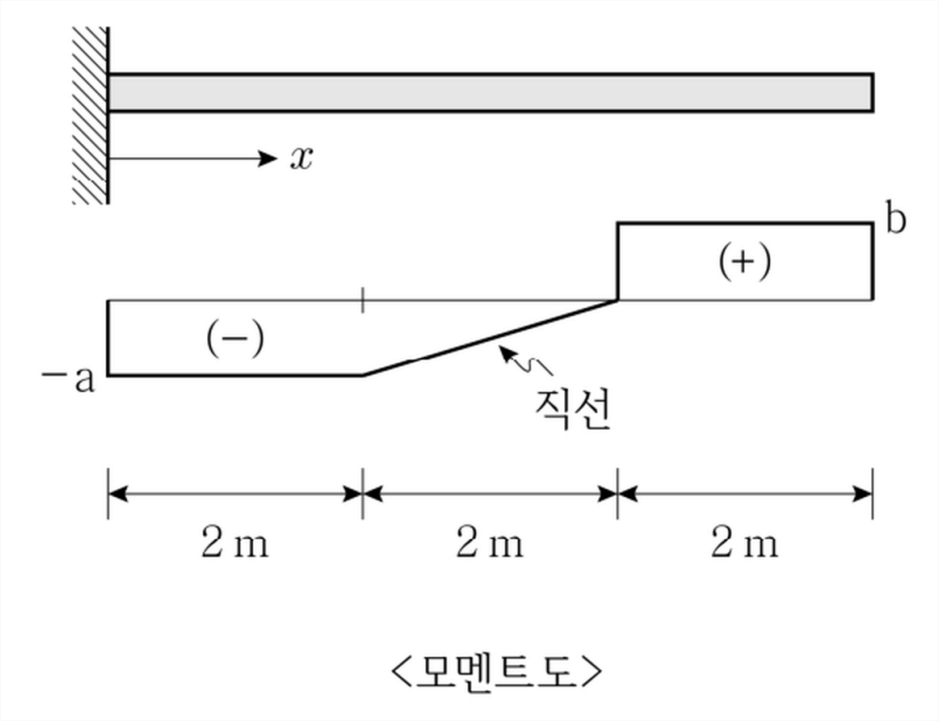
층구조물 부정정 차수 문제는 한 층이 추가될 때 늘어나는 보·기둥·가새·절점 수를 먼저 세고, 강절부재는 3, 2력부재는 1, 절점은 3을 빼는 방식으로 반복식을 만든다.

암기 포인트

이 도식은 층마다 '보·기둥 3개, 가새 1개, 절점 2개'가 반복되므로 부정정 차수는 $D_s = 4n$으로 정리된다.

NoteBase

문 22. 캔틸레버보에서 휨모멘트도가 그림과 같을 때, $x = 5\text{m}$인 위치에서 처짐량은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하다)



<모멘트도>

① $\frac{1}{EI}(3a - b)$

② $\frac{1}{EI}(3a - 2b)$

③ $\frac{1}{EI}\left(\frac{21}{2}a - \frac{1}{2}b\right)$

④ $\frac{1}{EI}\left(\frac{31}{3}a - \frac{1}{2}b\right)$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 모멘트-면적법의 제2정리를 이용해 $x = 5\text{m}$ 위치의 처짐량을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 고정단은 왼쪽, 보 길이는 6m이다.
- 휨모멘트도는 $0 \sim 2\text{m}$ 구간에서 $-a$, $2 \sim 4\text{m}$ 구간에서 $-a$에서 0까지 직선 변화, $4 \sim 6\text{m}$ 구간에서 $+b$이다.
- EI는 일정하다.

구해야 할 값:
- $x = 5\text{m}$에서의 처짐량이다.

주의할 조건:
- 처짐량은 $x = 5\text{m}$까지의 모멘트도만 사용한다. 따라서 $4 \sim 6\text{m}$의 $+b$ 구간 전체가 아니라 $4 \sim 5\text{m}$의 1m만 반영된다.

사용할 공식

캔틸레버보의 고정단에서는 기울기가 0이므로, $x = 5\text{m}$에서의 처짐은 고정단부터 $x = 5\text{m}$까지의 M/EI 도형의 $x = 5\text{m}$점에 대한 1차 모멘트와 같다.

$\delta_5 = \left| \int_0^5 \frac{M(x)}{EI}(5 - x)dx \right|$

이 공식을 쓰는 이유:
- 문제가 외력도가 아니라 휨모멘트도를 직접 주었으므로, 각 도형의 면적과 도심거리만으로 처짐량을 바로 구할 수 있다.

계산 과정

1. $0 \sim 2\text{m}$ 직사각형의 면적은 $2a$이고, 도심에서 $x = 5\text{m}$까지의 거리는 4m이므로 기여량은 $-2a \times 4 = -8a$이다.
2. $2 \sim 4\text{m}$ 삼각형의 면적은 a이고, 도심은 꼭짓점($M = 0$인 $x = 4\text{m}$ 쪽)에서 전체 길이의 $\frac{2}{3} \times 2 = \frac{4}{3}\text{m}$ 떨어져 있으므로 원점 기준 $x = 4 - \frac{4}{3} = \frac{8}{3}\text{m}$이다(밑면 $x = 2\text{m}$ 기준으로는 $\frac{1}{3} \times 2 = \frac{2}{3}\text{m}$). 따라서 $x = 5\text{m}$까지의 거리는 $\frac{7}{3}\text{m}$이다. 따라서 기여량은 $-a \times \frac{7}{3} = -\frac{7a}{3}$이다.
3. $4 \sim 5\text{m}$ 양의 직사각형의 면적은 b이고, 도심에서 $x = 5\text{m}$까지의 거리는 $\frac{1}{2}\text{m}$이므로 기여량은 $+b \times \frac{1}{2} = \frac{b}{2}$이다.
4. 이를 합하면

$\delta_5 = \frac{1}{EI}\left| -8a - \frac{7a}{3} + \frac{b}{2} \right| = \frac{1}{EI}\left(\frac{31}{3}a - \frac{1}{2}b\right)$

부호까지 쓰면 아래쪽 처짐으로 $y(5) = -\frac{1}{EI}\left(\frac{31}{3}a - \frac{1}{2}b\right)$이고, 보기에서는 처짐량의 크기를 묻고 있으므로 절댓값을 취한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $\frac{1}{EI}(3a-b)$는 모멘트도의 부호 있는 면적만 단순 합산한 값에 가깝다. 처짐량은 면적의 합이 아니라 $x=5\text{m}$ 점에 대한 1차 모멘트로 구해야 하므로 틀리다.
- 올바르게는 $\frac{1}{EI}\left(\frac{31}{3}a-\frac{1}{2}b\right)$이다.

② X
- $\frac{1}{EI}(3a-2b)$도 1차 모멘트가 아니라 단순 면적 처리에 머문 값이다. 특히 $+b$ 구간은 $4\sim5\text{m}$의 1m만 반영되고, 그 기여도 면적 b에 도심거리 $\frac{1}{2}$를 곱한 $\frac{b}{2}$이어야 한다.
- 올바르게는 $\frac{1}{EI}\left(\frac{31}{3}a-\frac{1}{2}b\right)$이다.

③ X
- $\frac{1}{EI}\left(\frac{21}{2}a-\frac{1}{2}b\right)$는 음의 삼각형 부분의 도심 거리를 잘못 잡으면 나오는 값이다. $2\sim4\text{m}$ 삼각형의 $x=5\text{m}$에 대한 도심 거리는 $\frac{5}{2}\text{m}$가 아니라 $\frac{7}{3}\text{m}$이다.
- 올바르게는 $\frac{1}{EI}\left(\frac{31}{3}a-\frac{1}{2}b\right)$이다.

④ O
- 직사각형 $-8a$, 삼각형 $-\frac{7a}{3}$, 양의 직사각형 $+\frac{b}{2}$의 1차 모멘트를 합하면 $\frac{1}{EI}\left(\frac{31}{3}a-\frac{1}{2}b\right)$가 된다. 문제의 처짐량과 일치한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 모멘트도에서 기울기 변화와 처짐을 혼동하는 점이다. 면적의 합은 기울기 변화이고, 처짐은 구하려는 점에 대한 1차 모멘트이다. 또 $x=5\text{m}$의 처짐을 구할 때 $4\sim6\text{m}$ 전체를 쓰지 않고 $4\sim5\text{m}$만 써야 한다는 점도 자주 놓친다.

다시 나오면 이렇게 판단

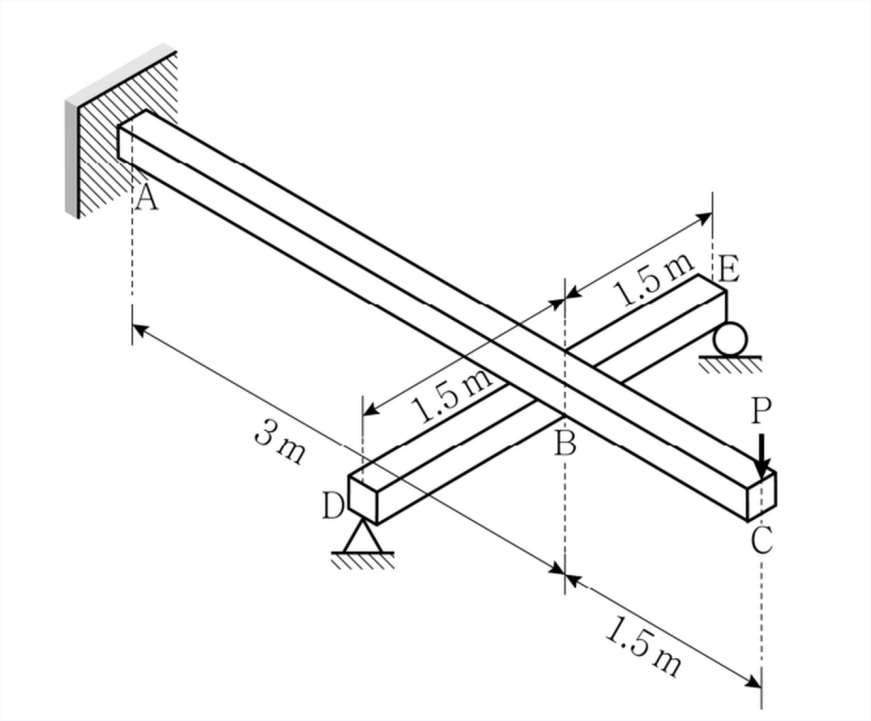
모멘트도가 직접 주어지면 먼저 구하려는 점에서 도형을 자르고, 그 점까지 남는 각 도형의 면적과 도심거리를 구해 1차 모멘트를 합산한다. 고정단 캔틸레버에서는 그 값이 곧 해당 점의 처짐량이 된다.

암기 포인트

모멘트도에서 기울기는 면적, 처짐은 면적의 1차 모멘트이다.

NoteBase

문 23. 그림과 같이 길이 4.5m 캔틸레버보의 A점은 고정단, B점은 길이 3m 단순보 DE의 중앙에 지지되고, C점에 집중하중 $P = 17\text{kN}$이 작용한다. 고정단 A점의 모멘트 M_A의 크기[kN·m]는? (단, 모든 보의 휨강성 EI는 동일하고 일정하며, 자중은 무시한다)



① 6.5

② 7

③ 7.5

④ 8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 탄성지지된 캔틸레버보에서 B점 처짐의 적합조건을 이용하여 고정단 모멘트 M_A의 크기를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:

- 캔틸레버보 길이 $AC = 4.5m$
- $AB = 3m, BC = 1.5m$
- 단순보 $DE = 3m$, B점은 그 중앙
- 집중하중 $P = 17kN$
- 모든 보의 휨강성은 동일하게 EI이다.

구해야 할 값:

- 고정단 A의 모멘트 크기 M_A

주의할 조건:

- B점은 강체지지가 아니라 단순보 DE가 받쳐 주는 탄성지지점이므로, B점 처짐 적합조건을 함께 써야 한다.

사용할 공식

B점 처짐 적합조건은 다음과 같다.

_B(캔틸레버보)=_B(단순보 DE)

캔틸레버보의 B점 처짐은 C점 하중에 의한 아래처짐과 B점 반력에 의한 위처짐의 합성으로 본다.

$\delta_P = \frac{Px^2(3L - x)}{6EI} \quad (L = 4.5, x = 3)$

$\delta_R = \frac{Ra^3}{3EI} \quad (a = 3)$

단순보 DE의 중앙 집중하중 R에 대한 중앙처짐은

$\delta_{DE} = \frac{RL^3}{48EI} \quad (L = 3)$

이 공식을 쓰는 이유는 B점이 두 보의 접점이어서 두 보의 실제 처짐이 같아야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. C점 하중 P만 작용할 때 캔틸레버보의 B점 처짐은

$\delta_P = \frac{17 \times 3^2 \times (3 \times 4.5 - 3)}{6EI} = \frac{267.75}{EI}$

이다.

2. B점 반력 R이 위로 작용할 때 캔틸레버보의 B점 위처짐은

$\delta_R = \frac{R \times 3^3}{3EI} = \frac{9R}{EI}$

이다.

3. 단순보 DE의 중앙에 아래로 R이 작용할 때 중앙처짐은

$\delta_{DE} = \frac{R \times 3^3}{48EI} = \frac{9R}{16EI}$

이다.

4. B점 적합조건

$\delta_P - \delta_R = \delta_{DE}$

을 적용하면

$\frac{267.75}{EI} - \frac{9R}{EI} = \frac{9R}{16EI}$

$267.75 = 9R + \frac{9R}{16} = \frac{153R}{16}$

이므로

$R = 28kN$

이다.

5. 따라서 A점 고정모멘트는

$M_A = |P \times 4.5 - R \times 3| = |17 \times 4.5 - 28 \times 3| = |76.5 - 84| = 7.5kN \cdot m$

이다. 부호는 음이지만 문제는 크기를 물으므로 $7.5kN \cdot m$만 취한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 $M_A = 7.5kN \cdot m$이므로 6.5와 일치하지 않는다.
- 틀린 표현은 "6.5"이고, 올바르게는 "7.5 kN·m"이다.

② X
- B점 처짐 적합조건을 적용하면 $R = 28kN$이 나오고, 이에 따른 고정단 모멘트 크기는 $7.5kN \cdot m$이다.
- 틀린 표현은 "7"이고, 올바르게는 "7.5 kN·m"이다.

③ O
- $R = 28kN$을 구한 뒤 $M_A = |17 \times 4.5 - 28 \times 3|$로 계산하면 $7.5kN \cdot m$이 된다.
- 고정단 모멘트의 실제 부호는 음이지만 문제는 크기를 묻기 때문에 7.5가 맞다.

④ X
- 8은 계산 결과와 다르다. 탄성지지 효과까지 포함한 적합조건 해에서는 M_A의 크기가 $7.5kN \cdot m$으로 정해진다.
- 틀린 표현은 "8"이고, 올바르게는 "7.5 kN·m"이다.

오답 포인트

B점을 단순한 받침으로 보고 정정구조처럼 바로 반력을 잡으면 오답이 나온다. 이 문항의 핵심 함정은 B점이 단순보 DE의 중앙에 놓인 탄성지지점이라는 점이며, 캔틸레버보의 B점 처짐과 단순보 중앙처짐을 같게 두는 적합조건을 빠뜨리면 ①, ②, ④ 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

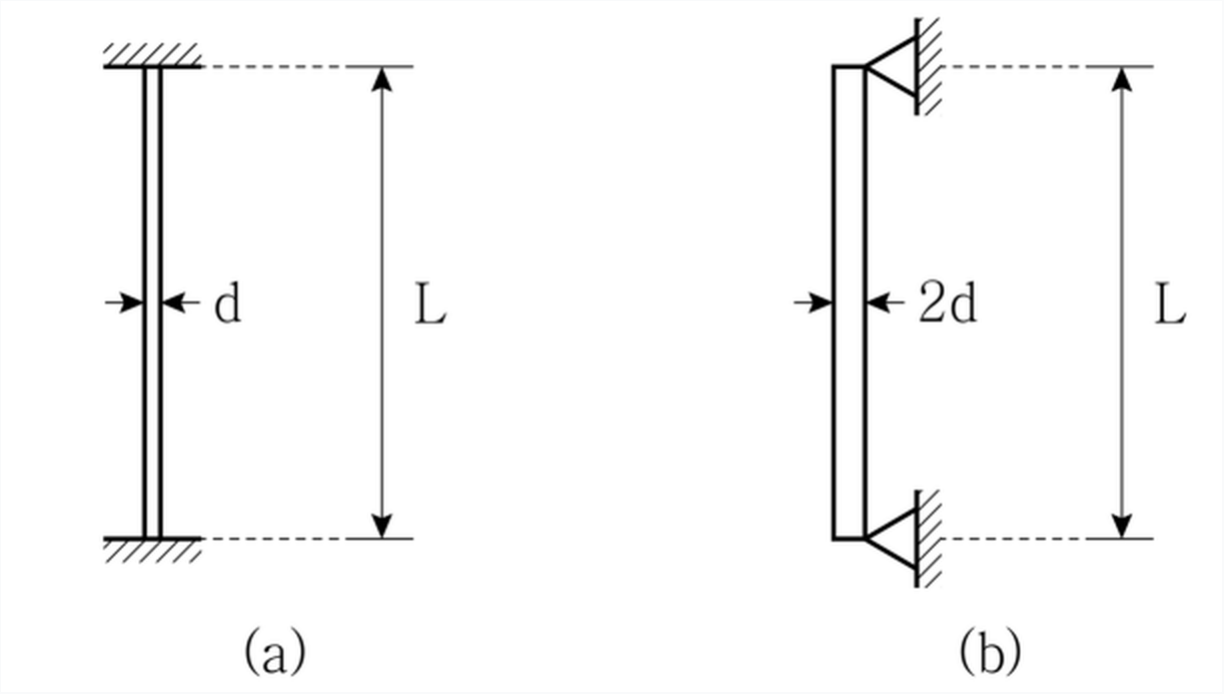
보와 보가 접점으로 연결된 구조가 나오면 먼저 그 접점이 강체지지인지 탄성지지인지를 구분한다. 탄성지지이면 접점 반력 R을 미지수로 두고, 각 부재에서 계산한 같은 점의 처짐을 같게 두는 적합조건으로 R을 구한 뒤 최종 모멘트와 전단력을 계산한다.

암기 포인트

탄성지지 보 문제는 "접점 반력 미지수 설정 → 같은 점 처짐 일치 → 구한 반력으로 최종 내력 계산" 순서로 정리된다.

NoteBase

문 24. 그림 (a)와 같이 지름이 d인 원형 단면을 갖는 양단이 고정된 기둥에서 온도상승이 ΔT일 때, 임계좌굴하중에 도달하였다. 그림 (b)와 같이 지름이 $2d$인 원형 단면을 갖는 양단 힌지로 지지된 기둥에서 임계좌굴하중에 도달하기 위한 온도상승량은? (단, 부재는 선형탄성거동을 하고, 재료는 동일하며, 자중은 무시한다)



① ΔT

② $2\Delta T$

③ $3\Delta T$

④ $4\Delta T$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 온도상승으로 생기는 축압축력 $P = E\alpha\Delta TA$와 오일러 임계좌굴하중 P_{cr}를 같게 두고, 지지조건과 단면 변화에 따른 비례관계를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건은 그림 (a)에서 양단 고정, 지름 d, 길이 L인 원형 단면 기둥이 온도상승량 ΔT에서 임계좌굴하중에 도달한다는 점이다.
그림 (b)는 양단 힌지, 지름 $2d$, 길이 L이며 재료와 자중 조건은 동일하다.
구해야 할 값은 그림 (b)가 임계좌굴하중에 도달하는 온도상승량이다.

NoteBase

사용할 공식

온도상승으로 양단 구속 부재에 생기는 축력은 $P = E\alpha\Delta TA$이다.
오일러 좌굴하중은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$이다.
양단 고정은 $K = 0.5$이므로 $P_{cr,a} = \frac{4\pi^2 EI_1}{L^2}$이고, 양단 힌지는 $K = 1$이므로 $P_{cr,b} = \frac{\pi^2 EI_2}{L^2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 기둥 모두 온도상승에 따른 압축력이 증가하다가 오일러 임계하중과 같아지는 순간 좌굴이 시작되기 때문이다.

계산 과정

원형 단면이므로 $A \propto d^2$, $I \propto d^4$이다.
그림 (a)에서 $E\alpha\Delta TA_1 = P_{cr,a} = \frac{4\pi^2 EI_1}{L^2}$이다.
그림 (b)는 지름이 $2d$이므로 $A_2 = 4A_1$, $I_2 = 16I_1$이다.
따라서 그림 (b)의 임계좌굴하중은
$P_{cr,b} = \frac{\pi^2 EI_2}{L^2} = \frac{\pi^2 E(16I_1)}{L^2} = 4\left(\frac{4\pi^2 EI_1}{L^2}\right) = 4P_{cr,a}$
이다.
한편 그림 (b)의 온도축력은 $P_b = E\alpha\Delta T_b A_2 = E\alpha\Delta T_b \cdot 4A_1$이다.
임계좌굴 조건 $P_b = P_{cr,b}$를 대입하면
$E\alpha\Delta T_b \cdot 4A_1 = 4P_{cr,a} = 4E\alpha\Delta TA_1$
이므로 $\Delta T_b = \Delta T$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
그림 (b)는 단면 2차모멘트가 16배로 커지지만 양단 힌지라서 좌굴하중 계수는 양단 고정보다 4분의 1이 된다. 결과적으로 임계좌굴하중은 그림 (a)보다 4배가 되고, 단면적도 4배이므로 필요한 온도상승량은 그대로 ΔT이다.

② X
$2\Delta T$가 되려면 그림 (b)의 임계좌굴하중 증가율이 단면적 증가율보다 2배 더 커야 하는데, 실제로는 둘 다 4배이다. 틀린 표현은 온도상승량이 2배라는 점이며, 올바르게는 ΔT이다.

③ X
$3\Delta T$는 지지조건 변화와 단면 변화의 비례관계를 임의의 배수로 오해한 값이다. 좌굴하중은 4배, 단면적도 4배이므로 온도상승량 3배가 될 근거가 없다. 틀린 표현은 온도상승량이 3배라는 점이며, 올바르게는 ΔT이다.

④ X
$4\Delta T$는 좌굴하중이 4배가 된 사실만 보고 단면적 4배 증가를 반영하지 않은 값이다. 온도축력은 $P = E\alpha\Delta TA$이므로 같은 재료에서는 단면적이 커지면 같은 축력을 내는 데 필요한 온도상승량이 그만큼 줄어든다. 틀린 표현은 온도상승량이 4배라는 점이며, 올바르게는 ΔT이다.

오답 포인트

지름이 $2d$가 되면 I가 16배, A가 4배가 된다는 점과 지지조건이 양단 고정에서 양단 힌지로 바뀌면 좌굴하중 계수가 4분의 1로 낮아진다는 점을 함께 보아야 한다. 한쪽 변화만 보고 $4\Delta T$로 판단하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

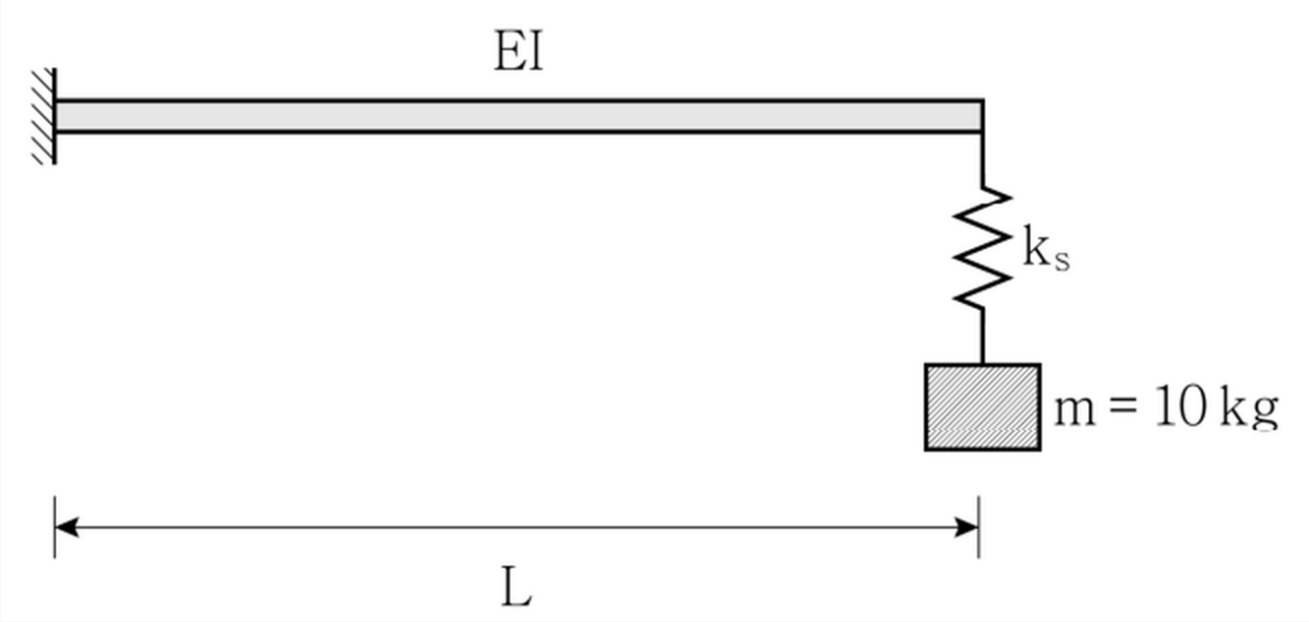
온도좌굴 문제는 먼저 $P = E\alpha\Delta TA$와 $P_{cr} = \pi^2 EI/(KL)^2$를 세운다. 그다음 단면적은 d^2, 단면2차모멘트는 d^4, 지지조건은 K값으로 바꿔 비례식으로 비교하면 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

온도축력은 A에 비례하고 오일러 좌굴하중은 $I/(KL)^2$에 비례한다. 원형 단면은 $A \propto d^2$, $I \propto d^4$이다.

NoteBase

문 25. 그림과 같은 보-스프링 시스템을 질량 m의 수직이동자유도에 대한 단자유도계로 가정할 때, 시스템 등가 강성 k_e는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 스프링상수 $k_s = \frac{12EI}{L^3}$이며, 보와 스프링의 질량은 무시한다)



① $\frac{EI}{15L^3}$
② $\frac{5EI}{12L^3}$
③ $\frac{12EI}{5L^3}$
④ $\frac{15EI}{L^3}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 캔틸레버 보 끝단의 수직강성과 스프링의 직렬 결합을 이용해 시스템 등가강성 k_e를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 스프링상수 $k_s = \frac{12EI}{L^3}$와 일정한 보의 휨강성 EI이다.
구해야 할 값은 질량 m의 수직이동에 대한 시스템 등가강성 k_e이다.
질량 $m = 10kg$은 동특성 계산에는 쓰일 수 있으나, 이 문항의 강성 계산에는 직접 필요하지 않다.
보 끝단 처짐과 스프링 변형이 같은 하중 전달선상에서 연속으로 발생하므로 보와 스프링은 직렬 요소로 본다.

NoteBase

사용할 공식

캔틸레버 보 자유단에 집중하중이 작용할 때 끝단 강성은 $k_b = \frac{3EI}{L^3}$이다.
직렬 연결의 등가강성은 $\frac{1}{k_e} = \frac{1}{k_b} + \frac{1}{k_s}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 질량이 아래로 변위할 때 스프링만 늘어나는 것이 아니라 보 끝단도 함께 처지므로, 전체 변위가 각 요소 변위의 합으로 표현되는 직렬계이기 때문이다.

계산 과정

1. 캔틸레버 보 자유단의 수직강성을 구한다.
$\delta_b = \frac{PL^3}{3EI}, \quad k_b = \frac{P}{\delta_b} = \frac{3EI}{L^3}$
2. 보와 스프링의 직렬 등가강성을 적용한다.
$\frac{1}{k_e} = \frac{1}{k_b} + \frac{1}{k_s} = \frac{1}{3EI/L^3} + \frac{1}{12EI/L^3} = \frac{L^3}{3EI} + \frac{L^3}{12EI} = \frac{5L^3}{12EI}$
3. 역수를 취하면
$k_e = \frac{12EI}{5L^3}$
이므로 정답은 3번이다.

선지별 해설

① X
값 $\frac{EI}{15L^3}$는 실제 등가강성 $\frac{12EI}{5L^3}$보다 지나치게 작다. 직렬 결합이라는 점은 보더라도 보의 자유단 강성 $\frac{3EI}{L^3}$을 잘못 잡거나 분자·분모를 잘못 뒤집으면 나오는 오답이다. 틀린 표현은 $\frac{EI}{15L^3}$이며, 올바르게는 $\frac{12EI}{5L^3}$이다.

② X
$\frac{5EI}{12L^3}$는 $\frac{1}{k_e} = \frac{5L^3}{12EI}$까지 구한 뒤 역수를 취하지 않은 값이다. 틀린 표현은 $\frac{5EI}{12L^3}$이며, 올바르게는 $\frac{12EI}{5L^3}$이다.

③ O
보의 자유단 강성 $\frac{3EI}{L^3}$와 스프링 강성 $\frac{12EI}{L^3}$를 직렬 합성하면 $\frac{1}{k_e} = \frac{5L^3}{12EI}$이고, 따라서 $k_e = \frac{12EI}{5L^3}$가 된다. 제시값과 일치하므로 옳다.

④ X
$\frac{15EI}{L^3}$는 $\frac{3EI}{L^3} + \frac{12EI}{L^3}$처럼 두 강성을 병렬로 단순 가산했을 때의 값이다. 이 문제의 보와 스프링은 같은 힘을 전달하면서 변위가 합쳐지는 직렬계이므로 병렬 합을 쓰면 안 된다. 틀린 표현은 $\frac{15EI}{L^3}$이며, 올바르게는 $\frac{12EI}{5L^3}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 보와 스프링이 붙어 있다는 외형만 보고 병렬처럼 더하는 데 있다. 또 $\frac{1}{k_e}$를 구한 뒤 마지막 역수를 빠뜨리면 ② 같은 오답으로 바로 이어진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

보-스프링 결합 문제는 먼저 각 요소가 같은 힘을 받는지, 같은 변위를 갖는지부터 구분한다. 같은 힘이고 전체 변위가 합쳐지면 직렬이므로 $\frac{1}{k}$를 더하고, 보 요소가 있으면 끝단 강성을 먼저 $\frac{3EI}{L^3}$ 같은 기본식으로 바꿔 넣으면 된다.

암기 포인트

캔틸레버 자유단 강성은 $\frac{3EI}{L^3}$, 직렬 강성은 역수 합, 병렬 강성은 직접 합이다.

NoteBase