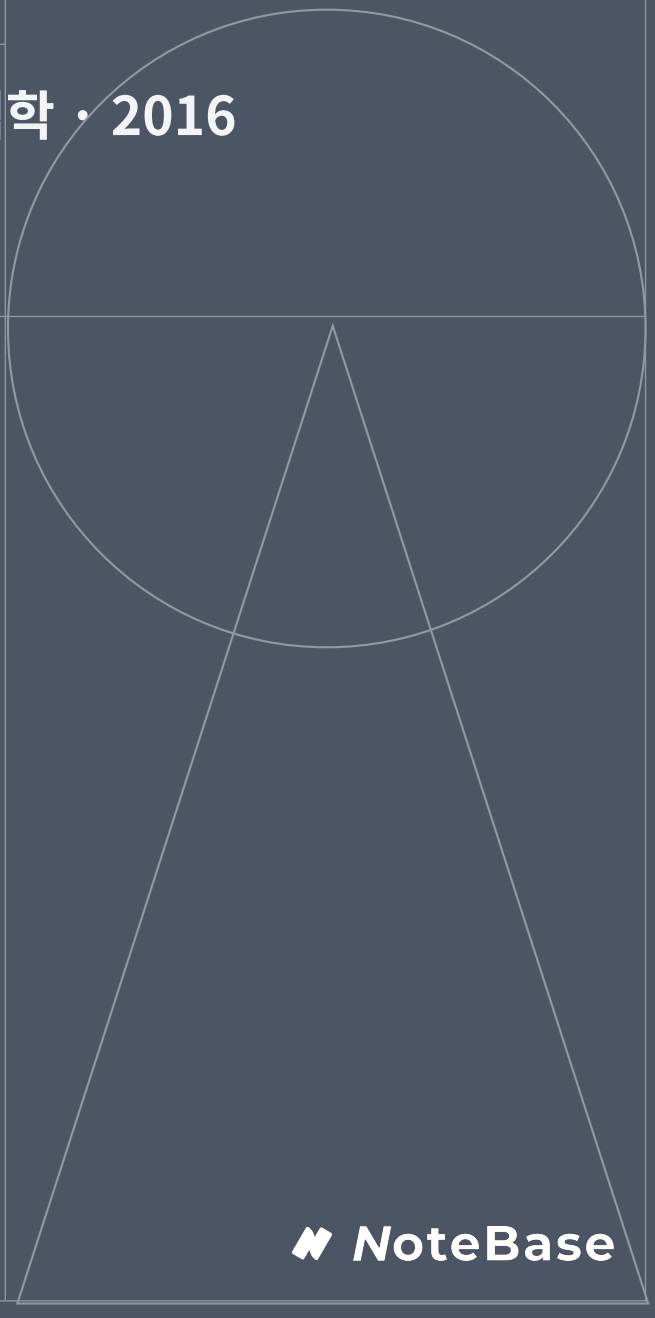
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2016



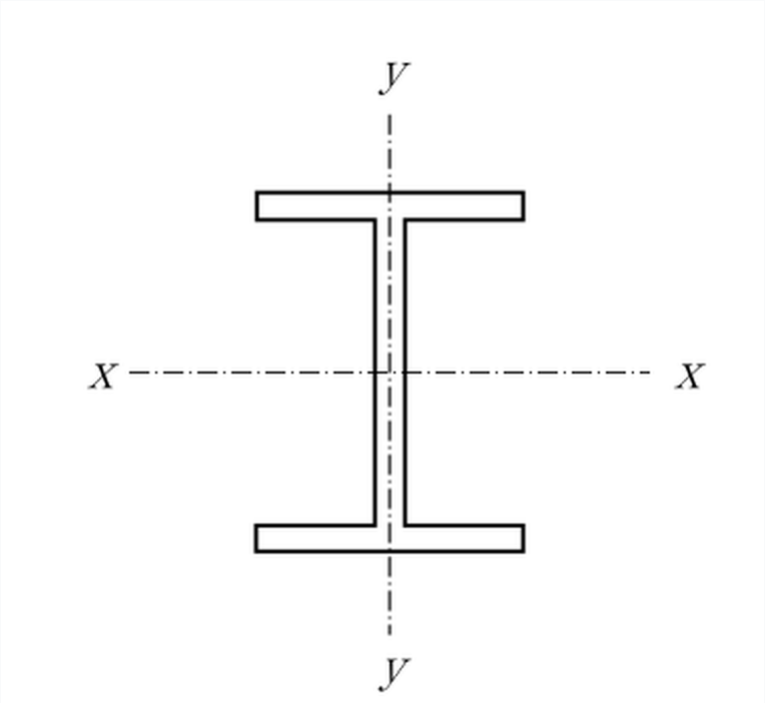
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2016

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2016

문 1. 그림과 같은 단면을 가지고 양단이 핀으로 지지된 기둥의 오일러 좌굴에 대한 임계하중 P_{cr}은? (단, 기둥의 높이는 L, 탄성계수는 E이며, x-x축과 y-y축에 대한 단면2차모멘트는 각각 $I_{xx} = 3I$, $I_{yy} = I$이다)



① $\frac{\pi^2 EI}{3L^2}$
② $\frac{\pi^2 EI}{L^2}$
③ $\frac{4\pi^2 EI}{3L^2}$
④ $\frac{3\pi^2 EI}{L^2}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 양단 핀 지지 기둥의 오일러 좌굴하중을 약축 단면2차모멘트로 계산하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 기둥의 높이 L, 탄성계수 E, $I_{xx} = 3I$, $I_{yy} = I$이다.
구해야 할 값: 오일러 좌굴에 대한 임계하중 P_{cr}이다.
주의할 조건: 양단이 핀으로 지지된 기둥이므로 유효길이는 L이고, 좌굴은 더 작은 단면2차모멘트를 갖는 축에 대해 먼저 발생한다.

사용할 공식

오일러 좌굴하중은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 E I_{min}}{L^2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 양단 핀 지지 기둥의 탄성좌굴 문제이므로 오일러 공식을 적용하며, 임계하중은 약축의 단면2차모멘트 I_{min}으로 결정된다.

계산 과정

1. 단면2차모멘트를 비교하면 $I_{xx} = 3I$, $I_{yy} = I$이므로 더 작은 값은 $I_{yy} = I$이다.
2. 좌굴은 더 작은 단면2차모멘트를 갖는 축을 기준으로 먼저 발생하므로 $I_{min} = I$이다.
3. 이를 오일러 공식에 대입하면 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$가 된다.

선지별 해설

① X
- 제시값 $\frac{\pi^2 EI}{3L^2}$는 문제 조건 어디에도 없는 $I/3$을 사용한 값이다.
- 틀린 값 → 올바르게는 약축 단면2차모멘트 $I_{yy} = I$를 그대로 대입하여 $\frac{\pi^2 EI}{L^2}$가 된다.

② O
- 양단 핀 지지이므로 오일러 계수는 그대로 1이고, 약축 단면2차모멘트가 I이므로 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$가 된다.

③ X
- 제시값 $\frac{4\pi^2 EI}{3L^2}$는 문제 조건에 없는 $\frac{4}{3}$ 계수를 포함한 값으로, 양단 핀 지지 기둥의 오일러 좌굴하중과 맞지 않는다.
- 틀린 값 → 올바르게는 핀-핀 조건의 계수는 1이고 약축 모멘트는 I이므로 $\frac{\pi^2 EI}{L^2}$가 된다.

④ X
- 제시값 $\frac{3\pi^2 EI}{L^2}$는 큰 단면2차모멘트 $I_{xx} = 3I$를 사용한 값이다.
- 틀린 값 → 올바르게는 좌굴은 강축이 아니라 더 약한 축에서 먼저 발생하므로 $I_{yy} = I$를 사용한 $\frac{\pi^2 EI}{L^2}$가 된다.

오답 포인트

$I_{xx} = 3I$, $I_{yy} = I$가 함께 주어지면 큰 값을 넣기 쉽지만, 오일러 좌굴은 더 작은 단면2차모멘트를 갖는 약축 기준으로 먼저 발생한다는 점이 함정이다. 핀-핀 조건에서 유효길이 보정계수를 임의로 바꾸는 실수도 잦다.

다시 나오면 이렇게 판단

세장기둥 좌굴 문제는 먼저 지지조건으로 오일러 공식을 정하고, 다음에 좌굴이 어느 축에서 먼저 생기는지 단면2차모멘트의 대소를 비교해 더 작은 값을 넣어 판단한다.

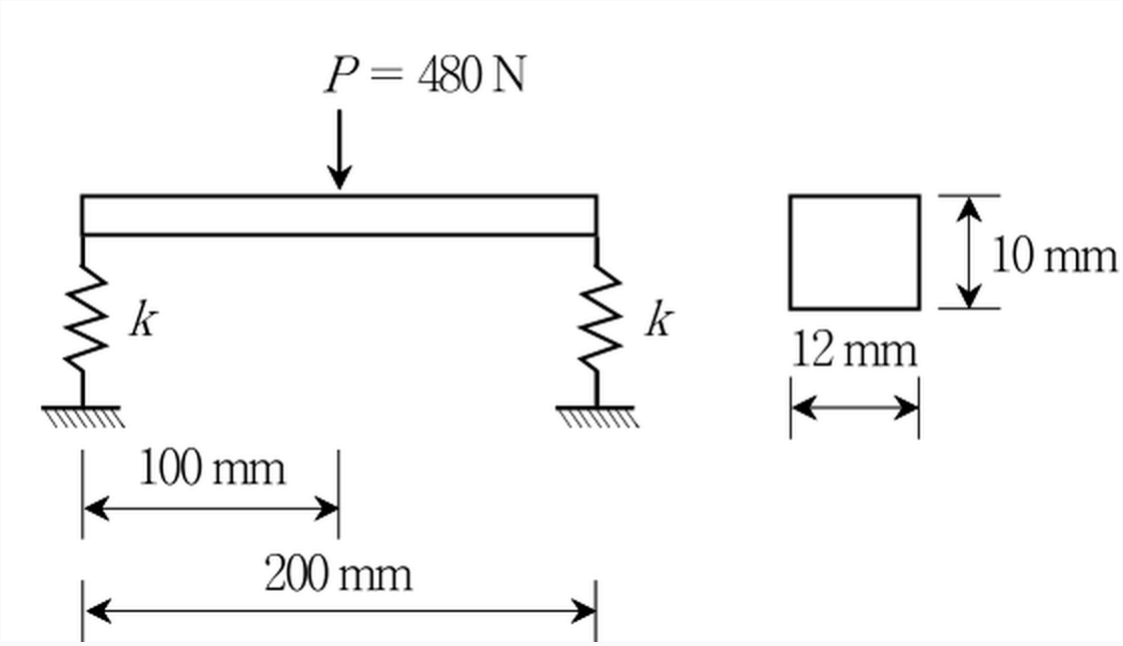
NoteBase

암기 포인트

오일러 좌굴하중은 핀-핀이면 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$이고, 실제 대입하는 I는 항상 약축의 최소 단면2차모멘트이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 폭 12 mm, 높이 10 mm인 직사각형 단면을 가지는 단순보가 양단에서 스프링계수 $k = 30\text{kN/m}$의 스프링으로 지지되어 있다. 보의 중앙에 수직하중 $P = 480\text{N}$이 작용할 때, 보의 중앙에서의 처짐[mm]은? (단, 보의 탄성계수 $E = 40\text{GPa}$이고, 보와 스프링의 자중은 무시한다)



① 8

② 10

③ 12

④ 14

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 양 지점 스프링의 압축량과 단순보의 중앙 휨처짐을 함께 더해 중앙 처짐을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 폭 $12mm$, 높이 $10mm$, 경간 $L = 200mm$, 중앙집중하중 $P = 480N$, 스프링계수 $k = 30kN/m = 30N/mm$, 탄성계수 $E = 40GPa = 40000N/mm^2$이다.
구해야 할 값은 보 중앙의 전체 처짐이다.
주의할 조건은 지점이 강체지지가 아니라 스프링지지이므로 스프링 압축량과 보의 휨처짐을 함께 고려해야 한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이다.
대칭이므로 각 지점 반력은 $R = \frac{P}{2}$이다.
각 스프링 압축량은 $\delta_s = \frac{R}{k}$이다.
단순보에 중앙집중하중이 작용할 때 중앙의 휨처짐은 $\delta_b = \frac{PL^3}{48EI}$이다.
이 문제는 좌우 스프링이 같은 만큼 내려가고, 그 위에서 보가 추가로 휘는 형상이므로 전체 처짐은 $\delta = \delta_s + \delta_b$로 계산된다.

계산 과정

1. 단면2차모멘트를 구하면 $I = \frac{12 \times 10^3}{12} = 1000mm^4$이다.
2. 대칭이므로 각 지점 반력은 $R = \frac{480}{2} = 240N$이다.
3. 각 스프링 압축량은 $\delta_s = \frac{240}{30} = 8mm$이다.
4. 보 자체의 중앙 휨처짐은 $\delta_b = \frac{480 \times 200^3}{48 \times 40000 \times 1000} = 2mm$이다.
5. 따라서 중앙의 전체 처짐은 $\delta = 8 + 2 = 10mm$이다.

선지별 해설

① X
8 mm는 스프링 압축량만 반영한 값이다. 중앙 처짐은 지점이 8 mm 내려간 뒤 보가 중앙에서 2 mm 더 휘므로 총 10 mm이다. 틀린 값 8 mm → 올바르게는 10 mm이다.

② O
계산 결과 중앙 처짐은 $10mm$이다. 스프링 압축량 $8mm$와 보의 휨처짐 $2mm$를 합한 값이므로 맞는 선지이다.

③ X
12 mm는 보의 휨처짐을 과대평가하거나 단면2차모멘트를 잘못 써서 나오는 오답이다. 이 문제의 단면2차모멘트는 $I = 1000mm^4$이고, 이에 따른 휨처짐은 2 mm이다. 틀린 값 12 mm → 올바르게는 10 mm이다.

④ X
14 mm는 좌우 스프링의 변형을 중앙 처짐에 중복해서 더한 경우에 가까운 오답이다. 중앙점은 두 스프링의 압축량 8 mm가 그대로 한 번 반영되고, 여기에 보의 휨처짐 2 mm만 추가된다. 틀린 값 14 mm → 올바르게는 10 mm이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 스프링 압축량만 구하고 끝내거나, 반대로 스프링 침하를 좌우에서 두 번 더하는 실수이다. 또한 스프링계수 $30kN/m$를 $30N/mm$로 바꾸지 않으면 계산이 틀어진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

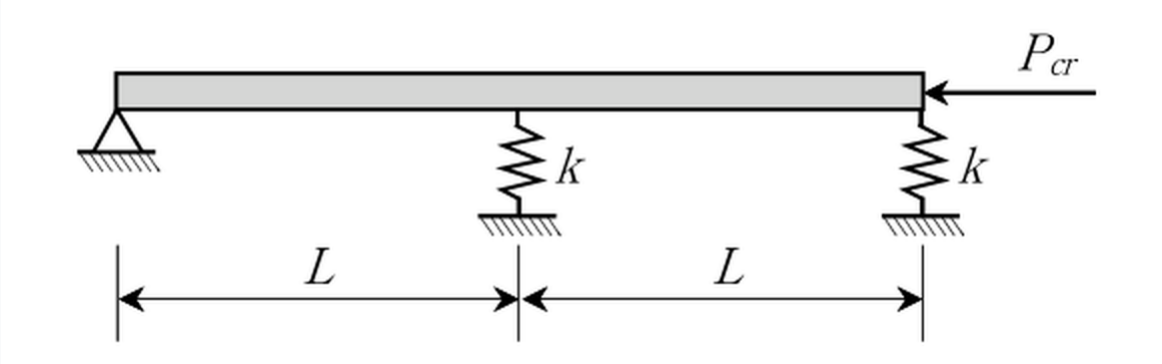
스프링지지 보의 처짐 문제는 먼저 대칭으로 반력을 구하고, 그 반력으로 지점 스프링 압축량을 계산한 뒤, 보의 상대 휨처짐을 별도로 구해 마지막에 합산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

스프링지지 보의 전체 처짐은 지점 침하량 + 보 자체 휨처짐이다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 힌지와 스프링으로 지지되어 있는 강체봉의 좌굴에 대한 임계하중 P_{cr}은? (단, k는 스프링 상수이고, 스프링과 강체봉의 자중은 무시한다)



① $\frac{5}{2}kL$

② $2kL$

③ $\frac{3}{2}kL$

④ kL

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 작은 회전에서 축하중이 만드는 전도모멘트와 스프링이 만드는 복원모멘트를 같게 두어 임계하중 P_{cr}를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 강체봉의 길이는 $2L$이다.
- 왼쪽 끝은 힌지 지지이다.
- 스프링은 $x = L, x = 2L$ 위치에 각각 스프링상수 k로 설치되어 있다.
- 강체봉이 작은 각도 θ만큼 회전하면 각 위치의 처짐은 각각 $L\theta$, $2L\theta$이다.

NoteBase

사용할 공식

각 스프링의 복원력은 $F = k\delta$이고, 복원모멘트는 힘과 모멘트팔의 곱이다.
따라서 총 복원모멘트는
$M_r = (kL\theta)\cdot L + (k(2L\theta))\cdot(2L) = 5kL^2\theta$
이다.
축하중이 만드는 전도모멘트는
$M_P = P\cdot(2L\theta)$
이다.
이 식을 쓰는 이유는 강체봉의 좌굴 직전 조건이 전도모멘트와 복원모멘트의 평형으로 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. 강체봉이 작은 각도 θ만큼 회전하면 $x = L$ 위치 처짐은 $L\theta$, $x = 2L$ 위치 처짐은 $2L\theta$이다.
2. 각 스프링의 복원력은 각각 $kL\theta$, $2kL\theta$이다.
3. 힌지점에 대한 총 복원모멘트는
$(kL\theta)\cdot L + (2kL\theta)\cdot 2L = 5kL^2\theta$
이다.
4. 축하중의 전도모멘트는 $P\cdot 2L\theta$이다.
5. 임계상태에서 두 모멘트가 같으므로
$P\cdot 2L\theta = 5kL^2\theta$
$P_{cr} = \frac{5}{2}kL$
이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 $P_{cr} = \frac{5}{2}kL$이므로 옳다.
② X: $2kL$은 오른쪽 끝 스프링의 효과만 반영하고 $x = L$ 위치 스프링의 복원모멘트를 빠뜨릴 때 나오는 값이다. 틀린 값 $2kL$ → 올바르게는 $P_{cr} = \frac{5}{2}kL$이다.
③ X: $\frac{3}{2}kL$은 스프링 변형량은 더하면서도 각 스프링의 모멘트팔 L, $2L$를 정확히 반영하지 않을 때 나오는 과소평가 값이다. 틀린 값 $\frac{3}{2}kL$ → 올바르게는 $P_{cr} = \frac{5}{2}kL$이다.
④ X: kL은 복원모멘트를 한 스프링의 부분 효과 정도로만 잡아 전체 복원능력을 지나치게 작게 본 값이다. 틀린 값 kL → 올바르게는 $P_{cr} = \frac{5}{2}kL$이다.

오답 포인트

이 문항의 핵심은 스프링 힘의 합이 아니라 스프링이 만드는 모멘트의 합이다. 가운데 스프링은 $kL\theta$에 모멘트팔 L, 끝 스프링은 $2kL\theta$에 모멘트팔 $2L$가 걸린다. 스프링 하나를 빼먹거나 변형량만 더하면 ②, ③, ④ 같은 과소값이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

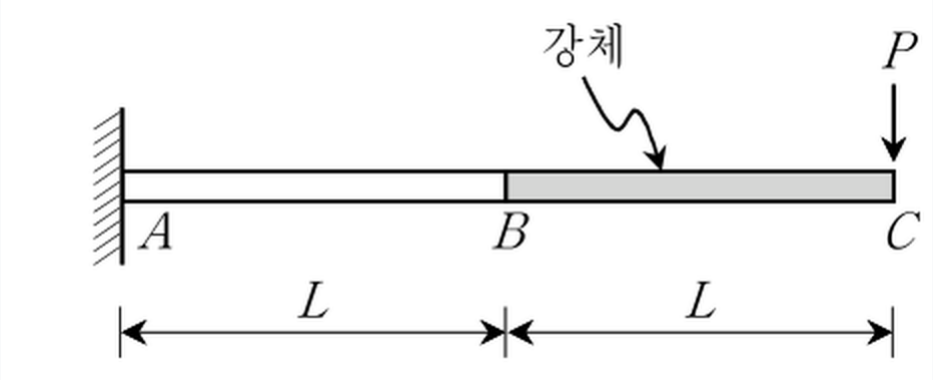
강체봉-스프링 좌굴 문제는 먼저 작은 회전 θ를 두고, 각 위치의 처짐을 $x\theta$로 만든 다음, 각 스프링의 힘 $kx\theta$에 다시 모멘트팔 x를 곱해 총 복원모멘트를 구하면 된다. 그 뒤 축하중의 전도모멘트와 같게 두면 임계하중이 정리된다.

암기 포인트

강체봉 좌굴은 처짐이 $x\theta$, 스프링 복원모멘트가 $kx^2\theta$ 꼴로 쌓인다고 정리하면 빠르다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 외팔보의 자유단에 수직하중 P가 작용할 때, C점의 수직처짐은? (단, AB구간의 휨강성은 EI이고, BC구간은 강체로 가정하며, 보의 자중은 무시한다)



① $\frac{4PL^3}{3EI}$
② $\frac{5PL^3}{3EI}$
③ $\frac{2PL^3}{EI}$
④ $\frac{7PL^3}{3EI}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 강체 구간 BC가 회전만 하고, 실제 휨변형은 AB 구간에서만 생긴다는 점을 이용해 C점 처짐을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $AB = L$, $BC = L$, AB의 휨강성은 EI, BC는 강체, 자유단 C에 수직하중 P가 작용한다.
구해야 할 값: C점의 수직처짐이다.
주의할 조건: BC는 휘지 않으므로 AB 끝점 B의 처짐과 기울기로 C점 처짐을 계산한다.

사용할 공식

AB를 길이 L인 외팔보로 보면, B점에는 전단력 P와 단부모멘트 PL이 동시에 작용한다.
끝점 집중하중 P에 대한 끝점 처짐과 기울기는 각각 $\delta_P = \frac{PL^3}{3EI}$, $\theta_P = \frac{PL^2}{2EI}$이다.
끝점 모멘트 M에 대한 끝점 처짐과 기울기는 각각 $\delta_M = \frac{ML^2}{2EI}$, $\theta_M = \frac{ML}{EI}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 강체 구간 BC의 하중 P는 B점에서 전단력 P와 모멘트 PL로 치환되고, C점 처짐은 B점 병진처짐과 강체 회전에 의한 추가처짐의 합으로 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. B점의 병진처짐을 구하면

$\delta_B = \frac{PL^3}{3EI} + \frac{(PL)L^2}{2EI} = \frac{5PL^3}{6EI}$

2. B점의 기울기를 구하면

$\theta_B = \frac{PL^2}{2EI} + \frac{(PL)L}{EI} = \frac{3PL^2}{2EI}$

3. BC는 길이 L인 강체이므로 회전에 의한 C점 추가처짐은

$\delta_{rot} = \theta_B L = \frac{3PL^3}{2EI}$

4. 따라서 C점 전체 처짐은

$\delta_C = \delta_B + \delta_{rot} = \frac{5PL^3}{6EI} + \frac{3PL^3}{2EI} = \frac{14PL^3}{6EI} = \frac{7PL^3}{3EI}$

따라서 정답값은 $\frac{7PL^3}{3EI}$이다.

선지별 해설

① X: $\frac{4PL^3}{3EI}$는 모멘트 PL이 만드는 B점 처짐 $\frac{PL^3}{2EI}$와 하중 P가 만드는 회전 추가처짐 $\frac{PL^3}{2EI}$를 빠뜨린 값이다. B점 병진처짐과 강체 회전 처짐을 모두 더하면 올바르게는 $\frac{7PL^3}{3EI}$이다.

② X: $\frac{5PL^3}{3EI}$는 $\delta_C = \delta_B + \theta_B L$의 정확한 합산과 일치하지 않는다. 실제로 $\delta_B = \frac{5PL^3}{6EI}$, $\theta_B L = \frac{3PL^3}{2EI}$이므로 합은 $\frac{14PL^3}{6EI} = \frac{7PL^3}{3EI}$이다.

③ X: $\frac{2PL^3}{EI}$는 전단력 P가 만드는 직접 처짐 $\frac{PL^3}{3EI}$를 누락한 값이다. C점 처짐은 강체 회전에 의한 항만이 아니라 B점의 직접 병진처짐까지 포함하므로 올바르게는 $\frac{7PL^3}{3EI}$이다.

④ O: AB 구간에서 생기는 B점 처짐 $\frac{5PL^3}{6EI}$와, 그 기울기로 강체 BC가 회전하면서 생기는 추가처짐 $\frac{3PL^3}{2EI}$를 더하면 $\frac{7PL^3}{3EI}$가 되므로 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 BC를 강체라고 해서 AB 구간의 휨만 계산하고 끝내는 데 있다. BC가 휘지 않는다는 뜻은 처짐이 0이라는 뜻이 아니라, B점의 기울기만큼 통째로 회전한다는 뜻이므로 $\theta_B L$ 항을 반드시 더해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

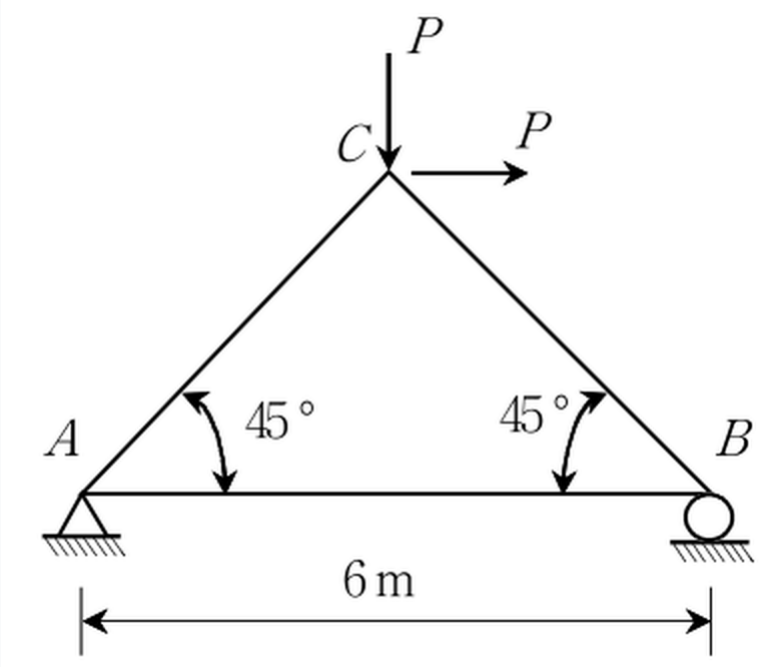
강체 부재가 휨부재 끝에 붙은 외팔보 문제는 먼저 강체 구간의 하중을 접합점의 전단력과 모멘트로 치환한다. 그다음 휨이 생기는 구간의 끝점 처짐 δ와 기울기 θ를 구하고, 최종점 처짐을 $\delta + \theta L$ 꼴로 합산하면 된다.

암기 포인트

강체 연장부가 붙으면 최종 처짐은 접합점 병진처짐과 접합점 기울기에 의한 추가처짐의 합이다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 평면 트러스에서 절점 B의 변위가 30mm로 제한될 때, 최대허용하중 P[kN]는? (단, 모든 부재의 단면적은 1,000mm^{2}이고, 탄성계수는 200GPa이며, 구조물의 자중은 무시한다)



① 1,000
② 1,500
③ 2,000
④ 2,500

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 가상일법으로 절점 B의 수평변위를 구해 허용변위 $30mm$에서 최대하중 P를 역산하는 문제이다.

조건 정리

- 부재 $AB = 6m = 6{,}000mm$이다.
- 부재 AC, BC는 각각 수평과 45°를 이룬다.
- 모든 부재의 단면적은 $A = 1{,}000mm^2$, 탄성계수는 $E = 200GPa = 200{,}000N/mm^2$이다.
- B는 롤러 지점이므로 수직변위는 구속되고, 문제의 변위는 수평변위 δ_B로 본다.

NoteBase

사용할 공식

가상일법을 적용하면
$\delta_B = \sum \frac{N_i n_i L_i}{AE}$
이다.

이 공식을 쓰는 이유:
절점 B의 변위를 직접 묻고 있으므로 실제하중에 의한 부재력 N_i와 B점 수평방향 단위하중에 의한 가상부재력 n_i를 이용해 변위를 구하는 방식이 가장 빠르다.

계산 과정

1. 실제하중 P에 대한 전체 평형에서 A점 수평반력은 P의 반대방향, B점 수직반력은 P가 된다.
2. 절점 A 평형에서 $AC = 0, AB = P$가 된다. 절점 B 평형에서 $BC = -\sqrt{2}P$이므로 압축이다.
3. B점에 수평방향 단위하중 1을 가하면 가상부재력은 $n_{AB} = 1, n_{AC} = 0, n_{BC} = 0$이다.
4. 따라서 B점 수평변위는 AB 부재만 기여하여
$\delta_B = \frac{P \cdot 1 \cdot 6{,}000}{1{,}000 \cdot 200{,}000} = 0.00003P$
이다. 여기서 P를 N으로 넣으면 δ_B는 mm가 된다.
5. $P = 1{,}000P_{kN} N$으로 두면
$\delta_B = 0.00003 \times 1{,}000P_{kN} = 0.03P_{kN}$
이다. 허용변위 $30mm$를 대입하면
$30 = 0.03P_{kN} \Rightarrow P_{kN} = 1{,}000$
이므로 최대허용하중은 $1{,}000kN$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 최대허용하중은 $1{,}000kN$이다. 허용변위 $30mm$를 정확히 만족한다.

② X
- $1{,}500kN$이면 $\delta_B = 0.03 \times 1{,}500 = 45mm$가 되어 허용변위를 초과한다. 틀린 값 $1{,}500kN$ -> 올바르게는 $1{,}000kN$이다.

③ X
- $2{,}000kN$이면 $\delta_B = 0.03 \times 2{,}000 = 60mm$가 되어 허용변위의 두 배가 된다. 틀린 값 $2{,}000kN$ -> 올바르게는 $1{,}000kN$이다.

④ X
- $2{,}500kN$이면 $\delta_B = 0.03 \times 2{,}500 = 75mm$가 되어 허용변위를 크게 넘는다. 틀린 값 $2{,}500kN$ -> 올바르게는 $1{,}000kN$이다.

오답 포인트

B가 롤러라는 점을 놓치면 수평변위가 아니라 전체 변위나 수직변위를 잘못 계산하게 된다. 또 실제부재력은 BC에도 생기지만 가상부재력에서 $n_{BC} = 0$이므로 변위 계산에는 들어가지 않는다는 점이 함정이다.
$E = 200GPa = 200{,}000N/mm^2$, $L = 6{,}000mm$의 단위 통일을 놓쳐도 큰 오차가 난다.

다시 나오면 이렇게 판단

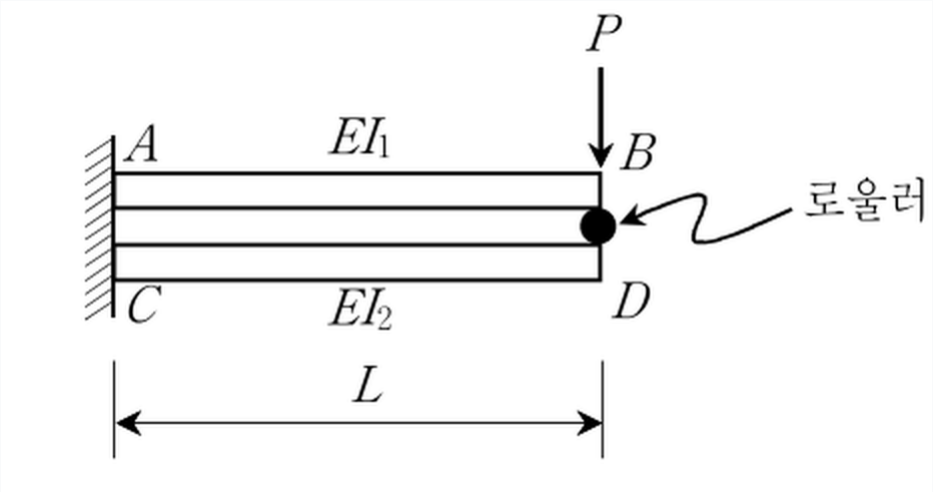
절점 변위 문제는 먼저 지점이 막는 자유도를 확인하고, 변위를 구할 방향으로 단위하중을 놓아 n_i를 구한다. 그다음 $\sum N_i n_i L_i / AE$에서 0이 되는 부재를 먼저 정리하면 계산이 매우 짧아진다.

암기 포인트

가상일법은 실제부재력 N_i와 가상부재력 n_i의 곱이 핵심이다. 이 문제에서는 $n_{AB} = 1$, 나머지는 0이어서 AB만 변위에 기여한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 외팔보 AB와 CD가 자유단에서 로울러로 연결되어 있다. 외팔보 AB의 자유단에 수직하중 P가 작용할 때, 로울러가 전달하는 힘은? (단, 외팔보 AB와 CD는 같은 재료로 만들어져 있고, 휨강성은 각각 EI_1과 EI_2이며, 보와 로울러의 자중은 무시한다)



① $\frac{PI_2}{I_1+I_2}$
② $\frac{2PI_2}{I_1+I_2}$
③ $\frac{PI_1}{I_1+I_2}$
④ $\frac{2PI_1}{I_1+I_2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 롤러로 연결된 두 외팔보의 자유단 처짐이 같아야 한다는 적합조건을 이용해 롤러가 전달하는 힘을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 위 외팔보의 휨강성은 EI_1, 아래 외팔보의 휨강성은 EI_2, 두 보의 길이는 L이다.
구해야 할 값: 롤러가 전달하는 힘 R이다.
주의할 조건: 롤러가 있으므로 두 자유단의 수직변위는 같고, 각 보에 작용하는 롤러 힘의 방향은 서로 반대이다.

NoteBase

사용할 공식

외팔보 자유단에 집중하중 W가 작용할 때 자유단 처짐은
$\delta = \frac{WL^3}{3EI}$
이다.

이 공식을 쓰는 이유:
두 부재 모두 왼쪽이 고정된 외팔보이고, 롤러 힘도 자유단에 작용하는 집중하중이므로 외팔보 자유단 처짐 공식을 그대로 적용할 수 있다.

계산 과정

1. 롤러가 전달하는 힘을 R이라 두면, 위 보 AB에는 자유단에서 위쪽 반력 R이 작용하므로 순하중은 $P - R$이다.
2. 따라서 위 보의 자유단 처짐은
$\delta_1 = \frac{(P-R)L^3}{3EI_1}$
이고, 아래 보 CD의 자유단 처짐은
$\delta_2 = \frac{RL^3}{3EI_2}$
이다.
3. 롤러로 연결된 접점의 변위는 같으므로 $\delta_1 = \delta_2$이다.
$\frac{(P-R)L^3}{3EI_1} = \frac{RL^3}{3EI_2}$
4. 공통항 L^3, $3E$를 약분하면
$\frac{P-R}{I_1} = \frac{R}{I_2}$
이고,
$(P-R)I_2 = RI_1$
$PI_2 = R(I_1 + I_2)$
이므로
$R = \frac{PI_2}{I_1 + I_2}$
이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 롤러가 전달하는 힘은 $R = \frac{PI_2}{I_1 + I_2}$이므로 옳다.
② X: $\frac{2PI_2}{I_1 + I_2}$는 실제 값의 2배이므로 틀리다. 틀린 표현은 계수를 2로 본 부분이며, 올바르게는 $\frac{PI_2}{I_1 + I_2}$이다. 이런 값은 두 보의 처짐 적합조건을 잘못 세우거나 같은 힘을 중복 반영할 때 나오기 쉽다.
③ X: $\frac{PI_1}{I_1 + I_2}$는 분자에 들어가야 할 휨강성을 반대로 쓴 값이므로 틀리다. 올바르게는 롤러 전달력 R의 분자에 아래 보의 강성항 I_2가 들어가야 하므로 $\frac{PI_2}{I_1 + I_2}$이다.
④ X: $\frac{2PI_1}{I_1 + I_2}$는 강성항도 반대로 썼고 계수 2도 불필요하게 붙은 값이므로 틀리다. 올바르게는 $\frac{PI_2}{I_1 + I_2}$이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 함정은 평형식만 보고 힘을 나누려 하거나, 더 단단한 보의 강성항이 자기 쪽 분자에 들어간다고 착각하는 점이다. 롤러 문제는 힘의 평형보다 먼저 접점 변위가 같다는 적합조건을 세워야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

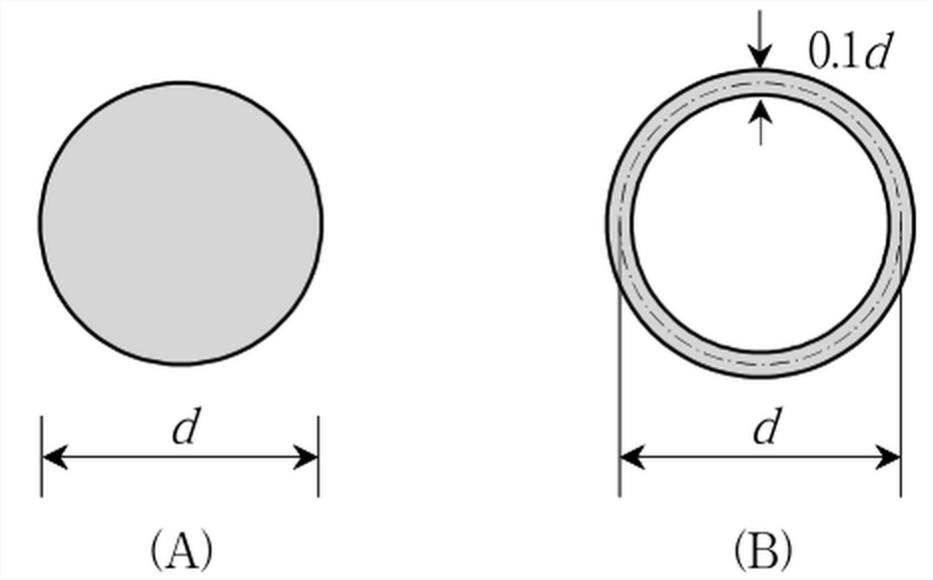
외팔보 두 개가 접촉부나 롤러로 연결되면 먼저 전달력 미지수를 두고, 각 보의 자유단 처짐식을 쓴 뒤, 접점 변위가 같다는 조건으로 미지수를 구하면 된다. 그다음 계산값을 선택지와 비교하면 된다.

암기 포인트

접촉 외팔보는 평형만으로 끝나지 않고, 자유단 처짐의 적합조건 $\delta_1 = \delta_2$를 함께 써야 한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 직경 d인 원형봉 단면(A)와 평균직경 d이고 두께 $0.1d$인 원형관 단면(B)에 각각 비틀림 모멘트 T가 작용할 때, B단면에 발생한 최대전단응력 τ_B에 대한 A단면에 발생한 최대전단응력 τ_A의 비 (τ_A/τ_B)는? (단, 원형봉과 원형관은 동일한 재료로 만들어지고, 원형관은 두께가 얇은 관에 대한 비틀림 공식을 사용한다)



① 0.40

② 0.80

③ 1.25

④ 2.50

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 원형봉과 얇은 원형관의 비틀림 최대전단응력 공식을 각각 적용하여 같은 비틀림모멘트 T에서 응력비 τ_A/τ_B를 구하는 문제이다.

조건 정리

A단면은 직경 d인 실원형봉이다.
B단면은 평균직경 d, 두께 $0.1d$인 얇은 원형관이다.
두 단면에 같은 비틀림모멘트 T가 작용한다.
구해야 할 값은 τ_A/τ_B이다.

NoteBase

사용할 공식

실원형봉의 최대전단응력은 $\tau_{max} = Tc/J$, $J = \pi d^4/32$, $c = d/2$이다.
얇은 원형관의 전단응력은 $\tau = T/(2A_m t)$이고, $A_m = \pi d^2/4$, $t = 0.1d$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 A는 실원형 단면이고 B는 문제에서 얇은 관의 비틀림 공식을 사용하라고 했기 때문이다.

계산 과정

1. A단면은
$\tau_A = \frac{T(d/2)}{\pi d^4/32} = \frac{16T}{\pi d^3}$
2. B단면은
$\tau_B = \frac{T}{2(\pi d^2/4)(0.1d)} = \frac{20T}{\pi d^3}$
3. 따라서
$\frac{\tau_A}{\tau_B} = \frac{16T/(\pi d^3)}{20T/(\pi d^3)} = \frac{16}{20} = 0.80$

선지별 해설

① X: 0.40은 계산 결과와 맞지 않는다. 실원형봉의 $c = d/2$ 또는 $J = \pi d^4/32$를 잘못 적용해 τ_A를 과소평가하면 이런 값으로 흐르기 쉽다. 올바르게는 0.80이다.
② O: $\tau_A = 16T/(\pi d^3)$, $\tau_B = 20T/(\pi d^3)$이므로 비는 0.80이다.
③ X: 1.25는 0.80의 역수이므로 τ_B/τ_A를 구한 값이다. 문제는 τ_A/τ_B를 묻는다. 올바르게는 0.80이다.
④ X: 2.50은 얇은 원형관의 응력을 지나치게 작게 계산했을 때 나오는 과대비이다. 평균직경을 이용한 A_m와 두께 t를 $2A_m t$에 정확히 넣어야 하며, 올바르게는 0.80이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 단면 종류가 다르다는 점이다. 실원형봉은 Tc/J를 쓰고, 얇은 폐단면 원형관은 $T/(2A_m t)$를 써야 한다. 또한 1.25처럼 역수를 고르면 비의 방향을 거꾸로 읽은 실수가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

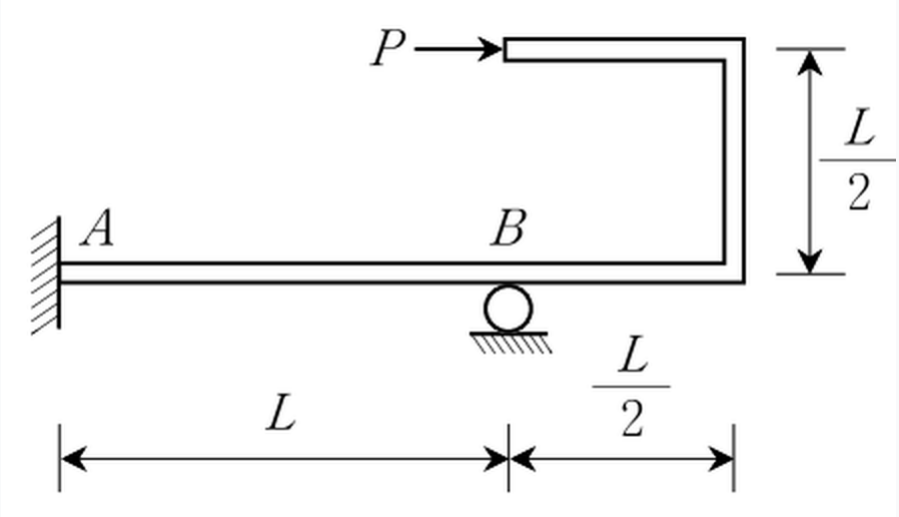
비틀림 단면 비교 문제는 먼저 단면을 실원형과 얇은 폐단면으로 구분한 뒤 각 공식으로 응력을 따로 구한다. 그다음 공통항 T, π, d^3가 약분되는지 확인하면서 비의 방향까지 점검하면 된다.

암기 포인트

실원형봉은 $\tau_{max} = 16T/(\pi d^3)$이고, 평균면적을 쓰는 얇은 원형관은 $\tau = T/(2A_m t)$로 계산한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 부정정구조물에서 수평하중 P에 의한 B점의 지점반력은? (단, 모든 부재의 휨강성 EI는 일정하고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{1}{2}P$

② $\frac{3}{4}P$

③ P

④ $\frac{3}{2}P$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 부정정 보의 지점 B 반력을 여력법으로 구하는 문제이다. 수평하중 P는 윗부재에는 축력으로만 작용하고, 오른쪽 기둥 높이 $L/2$ 때문에 아래 보의 오른쪽 절점에 단부모멘트 $M_0 = PL/2$를 전달한다.

조건 정리

- $AB = L$이다.
- B에서 오른쪽 절점까지 수평길이와 기둥 높이는 각각 $L/2$이다.
- 모든 부재의 휨강성은 같고, 축변형은 고려하지 않는다.
- B 지점을 제거한 주구조로 보면 A 고정단을 가진 외팔보에서 B점 처짐을 반력으로 상쇄하는 문제이다.

NoteBase

사용할 공식

$\delta_P = \frac{M_0 L^2}{2EI}, \qquad \delta_R = \frac{R_B L^3}{3EI}$
적합조건은 $\delta_P = \delta_R$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
B 지점을 제거하면 A에서 B까지 길이 L인 외팔보가 되고, 수평하중 P는 오른쪽 기둥을 통해 단부모멘트 $M_0 = PL/2$만 전달한다. 여기에 미지 반력 R_B가 B점 처짐을 정확히 없애야 하므로 처짐 적합조건을 적용한다.

계산 과정

1. B 지점을 제거한 주구조를 잡으면, 오른쪽 기둥 밑절점에 작용하는 모멘트는 $M_0 = P \cdot \frac{L}{2} = \frac{PL}{2}$이다.
2. 이 모멘트에 의한 B점 처짐은
$\delta_P = \frac{M_0 L^2}{2EI} = \frac{PL}{2} \cdot \frac{L^2}{2EI} = \frac{PL^3}{4EI}$
이다.
3. 같은 주구조에서 B점에 위쪽 반력 R_B가 작용할 때 B점 처짐은
$\delta_R = \frac{R_B L^3}{3EI}$
이다.
4. 실제 구조에서는 B점 처짐이 0이어야 하므로
$\delta_P = \delta_R$
$\frac{PL^3}{4EI} = \frac{R_B L^3}{3EI}$
$R_B = \frac{3}{4}P$
가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $\frac{1}{2}P$는 단부모멘트 $\frac{PL}{2}$만 보고 반력을 단순 비례로 잡은 값이다.
- 이 문제의 반력은 정정조건이 아니라 처짐 적합조건으로 구해야 하므로 $R_B = \frac{3}{4}P$가 맞다.
- 틀린 표현은 "B점 반력은 $\frac{1}{2}P$이다"이고, 올바르게는 "B점 반력은 $\frac{3}{4}P$이다"이다.

② O
- 여력법으로 구하면 $\delta_P = \frac{PL^3}{4EI}$, $\delta_R = \frac{R_B L^3}{3EI}$이므로 $R_B = \frac{3}{4}P$가 된다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

③ X
- P는 B점 반력을 하중과 같게 본 값인데, 실제로는 B가 외팔보 끝의 처짐을 일부만 구속하므로 R_B는 P와 같지 않다.
- 특히 $\delta_R = \frac{R_B L^3}{3EI}$의 계수를 잘못 써서 생기는 오답이다.
- 틀린 표현은 "B점 반력은 P이다"이고, 올바르게는 "B점 반력은 $\frac{3}{4}P$이다"이다.

④ X
- $\frac{3}{2}P$는 오른쪽 기둥이 전달하는 모멘트를 PL로 잘못 잡을 때 나오는 값이다.
- 기둥 높이는 $L/2$이므로 절점모멘트는 $M_0 = P \cdot \frac{L}{2} = \frac{PL}{2}$이어야 한다.
- 틀린 표현은 "B점 반력은 $\frac{3}{2}P$이다"이고, 올바르게는 "B점 반력은 $\frac{3}{4}P$이다"이다.

오답 포인트

수평하중 P를 아래 보에 직접 작용하는 수직하중처럼 보면 오답이 된다. 이 문제의 핵심은 P가 오른쪽 기둥 높이 $L/2$와 결합해 단부모멘트 $PL/2$를 만든다는 점과, 부정정력 R_B를 평형이 아니라 처짐 적합조건으로 구해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

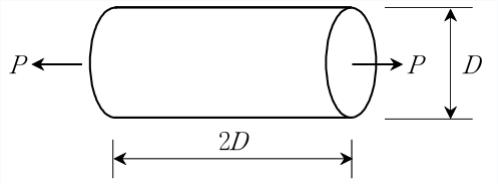
부정정 반력 문제는 먼저 지점을 하나 제거해 주구조를 만든다. 그다음 실제 하중이 만드는 처짐과 미지 반력이 만드는 처짐을 각각 구한 뒤, 지점 위치의 총처짐이 0이 되도록 적합조건을 세우면 된다.

암기 포인트

외팔보 중간지점 반력은 평형만으로 못 구하고, "주구조 처짐 = 반력에 의한 복원처짐"으로 구한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 지름 D, 길이 $2D$인 원형봉에 인장력 P를 작용시켰을 때 길이가 $\frac{D}{5}$만큼 증가했다면, 변형 전 단면적에 대한 변형 후 단면적의 비는? (단, 포아송비 $\nu = 0.25$이고, 원형봉의 자중은 무시한다)



① $\left(\frac{9}{10}\right)^2$
② $\left(\frac{37}{40}\right)^2$
③ $\left(\frac{19}{20}\right)^2$
④ $\left(\frac{39}{40}\right)^2$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 축변형률과 포아송비를 이용해 변형 후 단면적 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 지름은 D, 원래 길이는 $2D$, 길이 증가량은 $D/5$, 포아송비는 $\nu = 0.25$이다.
구해야 할 값: 변형 전 단면적에 대한 변형 후 단면적의 비이다.
주의할 조건: 먼저 축변형률을 구한 뒤 포아송비로 지름 변화를 계산해야 하며, 면적은 지름에 비례하지 않고 지름의 제곱에 비례한다.

사용할 공식

축변형률은 $\varepsilon_L = \Delta L/L$이다.
가로변형률은 $\varepsilon_d = -\nu\varepsilon_L$이다.
원형단면의 단면적 비는 $A'/A = (D'/D)^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 인장력으로 길이는 늘어나고 포아송 효과로 지름은 줄어들며, 원형단면적은 지름의 제곱에 비례하기 때문이다.

계산 과정

1. 원래 길이는 $L = 2D$, 증가량은 $\Delta L = D/5$이므로 축변형률은 $\varepsilon_L = (D/5)/(2D) = 1/10$이다.
2. 가로변형률은 $\varepsilon_d = -0.25 \times 1/10 = -1/40$이다. 따라서 변형 후 지름은 $D' = D(1 - 1/40) = 39D/40$이다.
3. 단면적 비는 $A'/A = (D'/D)^2 = (39/40)^2$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $(9/10)^2$는 지름 감소율을 10%로 본 값이다. 포아송비 0.25를 반영하면 실제 지름 감소율은 1/40이다. 올바르게는 단면적 비가 $(39/40)^2$이다.
② X: $(37/40)^2$는 계산된 지름비 39/40와 다르다. 포아송에 의한 가로수축을 과대평가한 오답이다. 올바르게는 변형 후 지름이 $39D/40$이므로 단면적 비는 $(39/40)^2$이다.
③ X: $(19/20)^2$는 지름 감소율을 5%로 본 값이다. 축변형률 1/10에 포아송비 0.25를 곱하면 실제 지름 감소율은 $1/40 = 2.5\%$이다. 올바르게는 $(39/40)^2$이다.
④ O: 축변형률 1/10, 가로변형률 $-1/40$을 적용하면 $D' = 39D/40$가 되고, 따라서 단면적 비는 $(39/40)^2$가 된다.

오답 포인트

길이 증가량 $D/5$를 그대로 변형률로 보거나 포아송비를 빼먹으면 ①, ③ 같은 오답으로 흐른다. 또 변형 전 대비 변형 후의 비를 묻는지, 그 역비를 묻는지 방향을 바꾸어 읽으면 계산이 맞아도 답을 틀리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

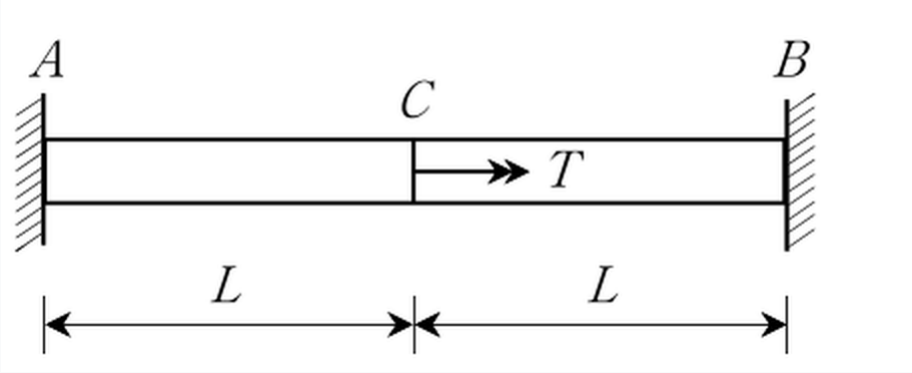
축하중을 받는 봉의 단면 변화 문제는 먼저 $\varepsilon_L = \Delta L/L$로 축변형률을 구하고, 다음에 $\varepsilon_d = -\nu\varepsilon_L$로 지름 변화를 구한 뒤, 마지막에 면적이 지름의 제곱에 비례한다는 순서로 판단한다.

암기 포인트

인장 문제는 길이비를 먼저 구하고, 가로수축은 포아송비만큼 작아지며, 원형단면적 비는 지름비의 제곱으로 정리된다는 흐름으로 기억한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 양단 고정된 원형봉의 지간 중앙 C점에 비틀림 모멘트 T가 작용할 때, C점에서의 비틀림각은? (단, AC구간의 비틀림강성 GI_P는 BC구간 비틀림강성의 3배이다)



① $\frac{TL}{4GI_P}$
② $\frac{TL}{2GI_P}$
③ $\frac{3TL}{4GI_P}$
④ $\frac{TL}{GI_P}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 양단 고정축에서 중앙 집중 비틀림모멘트가 작용할 때 평형조건과 비틀림각 호환조건으로 C점의 회전각을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건
- $AC = L, CB = L$이다.
- AC 구간의 비틀림강성은 GI_P이다.
- CB 구간의 비틀림강성은 $GI_P/3$이다.
- 양단 A, B는 고정이므로 $\theta_A = \theta_B = 0$이다.

구해야 할 값
- C점의 비틀림각 θ_C이다.

주의할 조건
- 양단 고정이므로 좌우 구간의 비틀림각이 같아야 한다.
- 중앙 토크 T는 좌우 강성비에 따라 분담된다.

NoteBase

사용할 공식

평형조건

$T_A + T_B = T$

호환조건

$\theta_C = \frac{T_A L}{GI_P} = \frac{T_B L}{GI_P/3}$

이 공식을 쓰는 이유:

양단이 모두 고정되어 있어 C점 회전은 좌측 구간이 비틀린 양과 우측 구간이 비틀린 양이 같아야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 호환조건에서

$\frac{T_A L}{GI_P} = \frac{T_B L}{GI_P/3} = \frac{3T_B L}{GI_P}$

이므로 $T_A = 3T_B$이다.

2. 평형조건 $T_A + T_B = T$에 대입하면

$3T_B + T_B = 4T_B = T$

이므로

$T_B = \frac{T}{4}, \qquad T_A = \frac{3T}{4}$

이다.

3. 따라서 C점의 비틀림각은

$\theta_C = \frac{T_A L}{GI_P} = \frac{(3T/4)L}{GI_P} = \frac{3TL}{4GI_P}$

이다.

선지별 해설

① X

- $\frac{TL}{4GI_P}$는 우측 반력토크 $T_B = \frac{T}{4}$를 그대로 AC 구간 강성 GI_P에 대입한 값이다.
- C점 회전각은 AC 구간에서 보면 $T_A = \frac{3T}{4}$를 써야 하므로 올바르게는 $\frac{3TL}{4GI_P}$이다.

② X

- $\frac{TL}{2GI_P}$는 중앙 토크가 좌우에 반씩 나뉜다고 보고 $T_A = T_B = \frac{T}{2}$로 둔 값이다.
- 이 문제는 좌우 강성이 다르므로 토크는 반씩 분담되지 않는다. 올바르게는 강성비 3 : 1에 따라 $T_A : T_B = 3 : 1$이 된다.

③ O

- 호환조건에서 $T_A = 3T_B$, 평형조건에서 $T_A + T_B = T$이므로 $T_A = \frac{3T}{4}$이다.
- 따라서 $\theta_C = \frac{T_A L}{GI_P} = \frac{3TL}{4GI_P}$가 되어 정답이다.

④ X

- $\frac{TL}{GI_P}$는 작용 토크 T 전부가 AC 구간 하나에만 걸린다고 본 값이다.
- 실제로는 양단 고정 때문에 토크가 좌우 구간으로 분담되므로 올바르게는 $T_A = \frac{3T}{4}$만 AC 구간에 전달된다.

NoteBase

오답 포인트

양단 고정 비틀림 문제를 단순 축 하나의 공식처럼 처리하면 T를 그대로 넣거나 $T/2$로 나누는 실수가 나온다. 이 문항의 함정은 고정단 반력토크와 강성비에 따른 토크 분담을 동시에 보지 않으면 ①, ②, ④ 중 하나로 끌려간다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

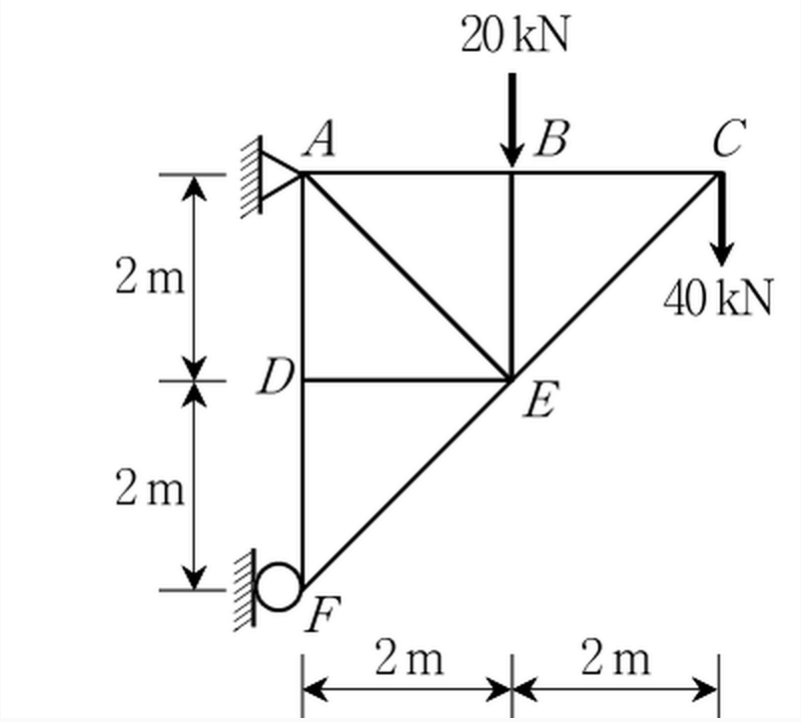
양단 고정 비틀림 문제는 먼저 반력토크를 T_A, T_B로 두고 $T_A + T_B = T$ 평형조건과 좌우 비틀림각 동일 조건을 함께 세워 푼다. 길이가 같으면 토크 분담비는 비틀림강성비와 같아진다.

암기 포인트

양단 고정축의 중앙 토크는 반씩 나뉘지 않고 강성비대로 나뉜다. 같은 길이에서는 $T_A : T_B = GJ_A : GJ_B$이다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 트러스 구조물에 하중이 작용할 때, 부재 BC의 부재력[kN]은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 40 (압축)

② 50 (압축)

③ 40 (인장)

④ 50 (인장)

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 절점법으로 절점 C의 평형을 잡아 부재 BC의 축력과 부호를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 절점 C에 아래로 40 kN의 하중이 작용한다.
- 부재 BC는 수평부재이다.
- 부재 CE는 수평 2 m, 수직 2 m이므로 45° 경사부재이다.

구해야 할 값:
- 부재 BC의 부재력

주의할 조건:
- 절점 C에는 BC와 CE만 연결되므로 20 kN 하중은 이 절점의 평형식에 직접 들어가지 않는다.
- 인장을 +, 압축을 −로 두고 해석하면 부호로 성질을 판별할 수 있다.

사용할 공식

절점 C에서 평형조건 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유:
절점 C에는 미지 부재력이 BC와 CE 두 개만 있고 외력은 40 kN 하나뿐이므로, 다른 절점을 거치지 않고 바로 해를 구할 수 있다.

계산 과정

1. 절점 C에서 부재력 F_{BC}, F_{CE}를 모두 인장으로 가정한다.
2. 수직방향 평형식은 $\sum F_y = 0$ 이므로

$-40 - F_{CE}\sin 45^\circ = 0$

$F_{CE} = -\frac{40}{\sin 45^\circ} = -40\sqrt{2}\,kN$

따라서 부재 CE는 압축이다.
3. 수평방향 평형식은 $\sum F_x = 0$ 이므로

$-F_{BC} - F_{CE}\cos 45^\circ = 0$

$-F_{BC} - (-40\sqrt{2}) \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 0$

$F_{BC} = 40kN$

F_{BC}가 +로 나왔으므로 BC는 인장이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 40 kN이라는 크기는 맞지만 "압축"이 틀렸다. 절점 C의 수평평형에서 $F_{BC} = 40kN$이 +로 나오므로 올바르게는 40 kN 인장이다.

② X

- "50"도 틀리고 "압축"도 틀렸다. 절점 C 평형만으로 $F_{BC} = 40kN$이 정확히 나오므로 50 kN은 될 수 없다. 올바르게는 40 kN 인장이다.

③ O

- 절점 C에서 $F_{CE} = -40\sqrt{2}kN$, $F_{BC} = 40kN$이므로 BC는 40 kN 인장이다.

④ X

- "50"이 틀렸다. 인장 방향 판단은 맞더라도 크기가 평형식과 맞지 않는다. 올바르게는 40 kN 인장이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 20 kN 하중이 보이자마자 절점 B부터 복잡하게 풀려는 데 있다. BC를 묻는다면 절점 C가 미지수 2개인 가장 간단한 절점이다. 또 45° 부재의 성분을 $F/\sqrt{2}$로 분해하지 않고 잘못 계산하면 50 kN 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

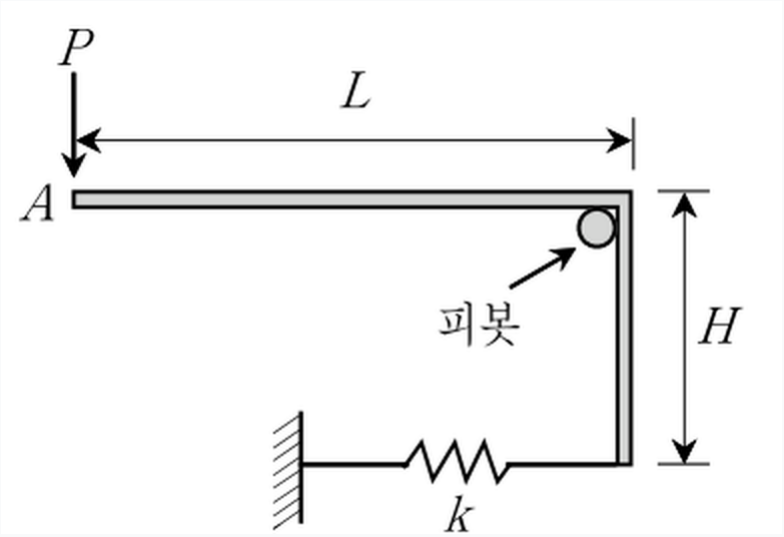
트러스 부재력 문제에서 특정 부재가 어떤 절점에만 간단히 연결되어 있으면 그 절점부터 본다. 특히 한 절점에 미지 부재력 2개와 외력만 있으면 절점법으로 $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$를 바로 세워 크기와 인장·압축을 동시에 판별할 수 있다.

암기 포인트

절점법의 우선순위는 미지수 2개인 절점이며, 45° 부재 성분은 수평·수직이 각각 $F/\sqrt{2}$이다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 ㄱ자 형태의 강체가 피봇을 중심으로 회전 가능한 상태이고 스프링강성 k인 스프링에 연결되어 있다. A점에 수직하중 P가 작용할 때, 스프링의 늘어난 길이는? (단, 모든 구조물의 자중은 무시하고, 하중 P에 의한 A점의 이동량은 L에 비해 매우 작다고 가정한다)



① $\frac{PL}{kH}$
② $\frac{PH}{kL}$
③ $\frac{2PL}{kH}$
④ $\frac{PH}{2kL}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 피벗에 대한 모멘트 평형과 강체의 작은 회전으로 생기는 스프링 변위를 연결해 스프링 연장을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 피벗에서 A점까지 수평거리: L
- 피벗에서 스프링 연결점까지 수직거리: H
- A점에 아래로 하중 P가 작용한다.
- 스프링 강성은 k이다.
- 강체는 피벗을 중심으로 미소 회전하므로 스프링의 늘어난 길이는 하단점의 수평이동량과 같다.

NoteBase

사용할 공식

피벗에 대한 모멘트 평형식은 $PL = (k\delta)H$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 하중 P가 A점에서 피벗에 대해 PL의 모멘트를 만들고, 스프링 힘 $k\delta$가 하단점에서 피벗에 대해 $(k\delta)H$의 반대모멘트를 만들기 때문이다.

계산 과정

1. A점의 하중이 만드는 모멘트는 PL이다.
2. 스프링이 δ만큼 늘어나면 스프링 힘은 $k\delta$이다.
3. 이 힘의 모멘트팔은 H이므로 스프링의 저항모멘트는 $(k\delta)H$이다.
4. 평형에서 $PL = (k\delta)H$이므로 $\delta = \frac{PL}{kH}$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 스프링 연장은 $\delta = \frac{PL}{kH}$이므로 옳다.
② X: $\frac{PH}{kL}$는 모멘트팔 L과 H를 서로 바꾼 값이어서 틀리다. 올바르게는 하중의 모멘트팔이 L, 스프링 힘의 모멘트팔이 H이므로 $\frac{PL}{kH}$이다.
③ X: $\frac{2PL}{kH}$는 모멘트를 두 번 중복 반영한 값이어서 틀리다. 올바른 평형식은 $PL = (k\delta)H$ 한 개뿐이므로 $\delta = \frac{PL}{kH}$이다.
④ X: $\frac{PH}{2kL}$는 모멘트팔을 뒤바꾸고 불필요한 $\frac{1}{2}$를 넣은 값이어서 틀리다. 올바르게는 $\frac{PL}{kH}$이다.

오답 포인트

하중 위치의 모멘트팔 L과 스프링 힘의 모멘트팔 H를 서로 바꾸기 쉽다. 또 작은 회전 문제인데 에너지식의 $\frac{1}{2}k\delta^2$를 떠올려 답에 $\frac{1}{2}$를 끼워 넣으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

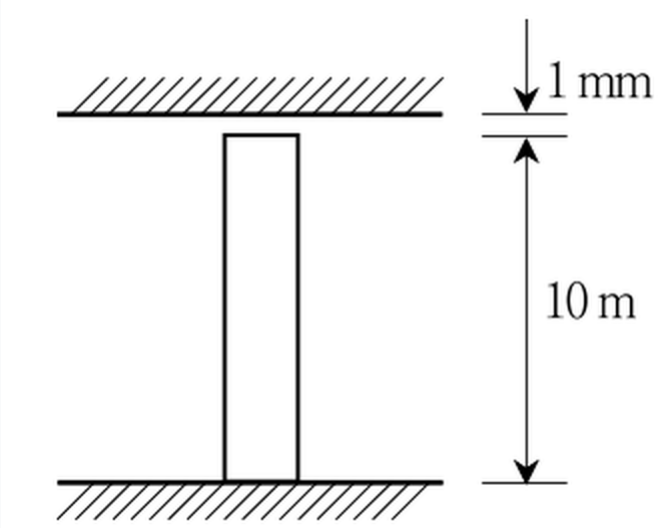
ㄱ자 강체와 스프링이 함께 나오면 먼저 피벗을 기준으로 외력과 스프링력의 모멘트팔을 잡고, 그다음 스프링력 $= k\delta$를 대입해 모멘트 평형식 한 줄로 정리하면 된다.

암기 포인트

회전 강체-스프링 평형은 하중모멘트와 스프링모멘트가 같아지는 상태이므로 $PL = (k\delta)H$이다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 높이 10 m인 기둥의 상단에서 천장까지의 거리는 1 mm이다. 온도가 30 °C 상승했을 때, 기둥에 발생하는 압축응력[MPa]은? (단, 기둥의 탄성계수는 100 GPa이고, 열팽창계수는 $1 \times 10^{-5}/^{\circ}C$ 이며, 기둥의 자중은 무시한다)



① 50

② 30

③ 20

④ 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 열팽창으로 생기는 자유팽창량과 초기 틈새를 비교한 뒤, 실제로 구속된 변형량으로 압축응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 기둥 높이 $L = 10m$, 상단 틈새 $1mm$, 온도상승 $\Delta T = 30^{\circ}C$, 탄성계수 $E = 100GPa$, 열팽창계수 $\alpha = 1 \times 10^{-5}/^{\circ}C$이다.
구해야 할 값은 기둥에 발생하는 압축응력이다.
주의할 조건은 기둥이 처음부터 완전 구속된 것이 아니라 상단에 $1mm$의 여유가 있다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

자유팽창량은 $\delta_T = \alpha L \Delta T$이다.
구속된 변형률은 $\varepsilon = \delta_r / L$이다.
응력은 $\sigma = E\varepsilon$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 온도상승으로 먼저 자유팽창량을 구하고, 그중 틈새를 넘어서 막히는 부분만 탄성압축으로 바뀌기 때문이다.

계산 과정

1. 자유팽창량은 $\delta_T = \alpha L \Delta T = (1 \times 10^{-5})(10)(30) = 0.003m = 3mm$이다.
2. 처음에 존재하던 틈새가 $1mm$이므로 실제로 구속되는 양은 $\delta_r = 3 - 1 = 2mm = 0.002m$이다.
3. 구속변형률은 $\varepsilon = \delta_r / L = 0.002/10 = 2 \times 10^{-4}$이다.
4. 압축응력은 $\sigma = E\varepsilon = (100 \times 10^9)(2 \times 10^{-4}) = 20 \times 10^6 Pa = 20MPa$이다.

선지별 해설

① X. $50MPa$는 계산 결과와 다르다. 자유팽창량 $3mm$에서 초기 틈새 $1mm$를 제외한 $2mm$만 구속되므로 압축응력은 $20MPa$이다. 틀린 표현은 "압축응력이 $50MPa$이다"라는 값이며, 올바르게는 "압축응력은 $20MPa$이다"이다.
② X. $30MPa$는 $\sigma = E\alpha\Delta T$를 그대로 적용한 완전구속 값이다. 이 문제는 상단에 $1mm$의 틈새가 있어서 전체 열팽창이 모두 응력으로 바뀌지 않는다. 틀린 표현은 "압축응력이 $30MPa$이다"라는 값이며, 올바르게는 "압축응력은 $20MPa$이다"이다.
③ O. 자유팽창량 $3mm$ 중 틈새 $1mm$를 채우고 남은 $2mm$만 압축변형이 되므로 $\sigma = 20MPa$가 된다. 따라서 정답은 3번이다.
④ X. $10MPa$는 구속량을 $1mm$로 잘못 잡은 경우에 가까운 값이다. 실제 구속량은 틈새를 채운 뒤 남는 $2mm$이다. 틀린 표현은 "압축응력이 $10MPa$이다"라는 값이며, 올바르게는 "압축응력은 $20MPa$이다"이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 $\sigma = E\alpha\Delta T$를 바로 적용해 완전구속으로 처리하는 실수이다. 이 문제는 먼저 자유팽창량을 구한 뒤, 초기 틈새를 뺀 나머지만 응력으로 연결된다는 점을 읽어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

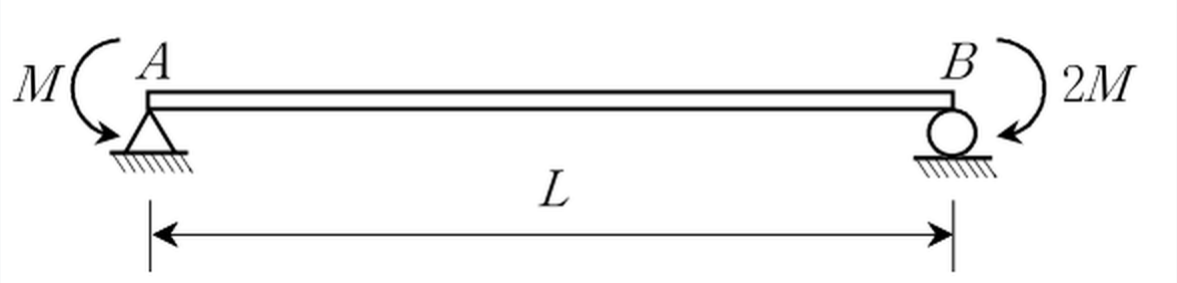
열응력 문제는 먼저 자유팽창량을 계산하고, 틈새나 여유길이가 있으면 그 값을 먼저 소모한 뒤 남는 구속량만 변형률로 바꾸어 판단한다.

암기 포인트

열응력은 "자유팽창량 계산 → 틈새 차감 → 남은 구속량으로 $\sigma = E\varepsilon$ 적용" 순서로 정리된다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 단순보의 양단 A점과 B점에 각각 휨모멘트 M과 $2M$이 작용할 때, B점에서의 회전각은? (단, 보의 휨강성은 EI이고, 보의 자중은 무시한다)



① $\frac{ML}{3EI}$
② $\frac{ML}{2EI}$
③ $\frac{2ML}{3EI}$
④ $\frac{5ML}{6EI}$

정답 4번

출제 포인트

단순보 양단에 작용하는 끝모멘트가 지점 회전에 어떻게 기여하는지를 중첩 원리로 합산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 경간 L, 휨강성 EI, A점 끝모멘트 M, B점 끝모멘트 $2M$이다.
구해야 할 값: B점 회전각 θ_B이다.
주의할 조건: 단순보이므로 각 끝모멘트가 만드는 B점 회전을 따로 구한 뒤 같은 방향의 회전은 더한다.

사용할 공식

단순보에서
_B(A점에만 M 작용)=(ML)/(6EI), _B(B점에만 M_0 작용)=(M_0L)/(3EI)
이다.

이 공식을 쓰는 이유:
끝모멘트에 대한 지점 회전은 선형탄성 범위에서 중첩할 수 있고, 이 문제의 하중은 분포하중이 아니라 양단의 집중 모멘트이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. A점 모멘트 M만 작용한다고 보면 B점 회전각은 $\frac{ML}{6EI}$이다.
2. B점 모멘트 $2M$만 작용한다고 보면 B점 회전각은 $\frac{2ML}{3EI}$이다.
3. 두 모멘트가 B점에 만드는 회전방향이 같으므로

$\theta_B = \frac{ML}{6EI} + \frac{2ML}{3EI} = \frac{ML}{6EI} + \frac{4ML}{6EI} = \frac{5ML}{6EI}$

이다.

선지 판단

① X

$\frac{ML}{3EI}$는 B점 회전에 대한 두 모멘트의 기여를 제대로 합산한 값이 아니다.

틀린 표현은 최종 회전각을 $\frac{ML}{3EI}$로 본 점이다. 올바르게는 A점 모멘트 기여 $\frac{ML}{6EI}$와 B점 모멘트 기여 $\frac{2ML}{3EI}$를 더한 $\frac{5ML}{6EI}$이다.

② X

$\frac{ML}{2EI}$는 B점의 $2M$ 효과를 충분히 반영하지 못한 오답이다.

틀린 표현은 B점의 끝모멘트가 $2M$라는 조건을 약하게 반영한 점이다. 올바르게는 B점 모멘트만의 기여가 $\frac{2ML}{3EI}$이다.

③ X

$\frac{2ML}{3EI}$는 B점의 $2M$만 고려하면 나오는 값으로, A점의 M이 만드는 $\frac{ML}{6EI}$를 누락한 오답이다.

틀린 표현은 A점 모멘트의 영향을 0으로 본 점이다. 올바르게는 양쪽 끝모멘트의 기여를 함께 더해야 한다.

④ O

B점 회전각은 $\frac{ML}{6EI} + \frac{2ML}{3EI} = \frac{5ML}{6EI}$이므로 옳다.

오답 포인트

단순보의 끝모멘트 문제에서 가장 흔한 실수는 한쪽 끝모멘트만 보고 답을 고르거나, B점의 $2M$를 M처럼 취급하는 것이다. 이 문항은 $\frac{ML}{6EI}$와 $\frac{ML}{3EI}$의 계수를 구분하는지, 그리고 $2M$ 때문에 두 번째 항이 두 배가 된다는 점을 확인하는지 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

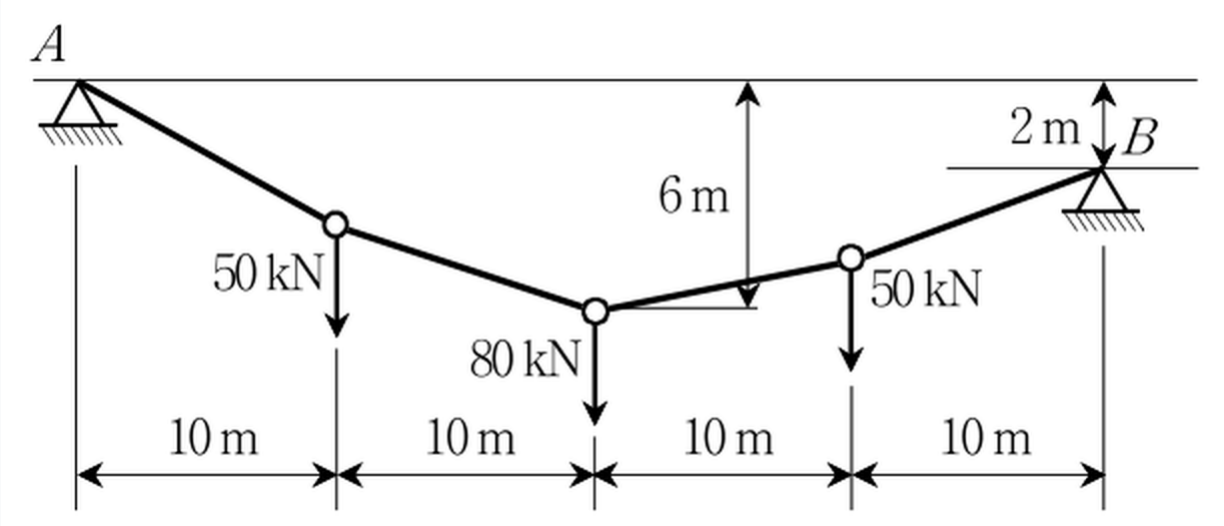
단순보 양단의 끝모멘트 문제는 각 끝모멘트를 따로 떼어 관심 지점의 회전 기여를 구한 뒤 중첩한다. 왼쪽 끝모멘트의 B점 기여는 $\frac{ML}{6EI}$, 오른쪽 끝모멘트 M_0의 B점 기여는 $\frac{M_0L}{3EI}$로 두고 방향까지 확인하면 된다.

암기 포인트

단순보 끝모멘트의 반대쪽 회전은 $\frac{ML}{6EI}$, 같은 쪽 회전은 $\frac{ML}{3EI}$이며, 여러 모멘트가 있으면 중첩한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 하중을 받고 있는 케이블에서 지점에 작용하는 수평반력의 크기[kN]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 250

② 260

③ 270

④ 280

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 수직하중을 받는 케이블에서 임의점의 휨모멘트와 처짐의 관계 $M = Hy$를 이용해 지점의 수평반력 H를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 집중하중은 왼쪽부터 $50kN$, $80kN$, $50kN$이고, 수평 간격은 모두 $10m$이다.
구해야 할 값: 지점에 작용하는 수평반력 H이다.
주의할 조건: 케이블의 처짐 y는 수평 기준선이 아니라 두 지점을 이은 현선 AB로부터 재야 한다. A와 B의 높이 차가 $2m$이므로 중앙점의 처짐은 $6m$가 아니라 $5m$이다.

사용할 공식

케이블의 수평분력은 일정하므로 같은 하중을 받는 단순보의 휨모멘트와 케이블의 현선 기준 처짐 사이에 $M = Hy$가 성립한다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 집중하중을 받는 케이블의 지점 수평반력을 묻고 있고, 중앙점의 현선 기준 처짐을 도식에서 바로 읽을 수 있으므로 보의 휨모멘트를 구해 $H = M/y$로 연결하는 것이 가장 직접적이다.

NoteBase

계산 과정

1. 같은 하중을 받는 단순보로 바꾸면 전체 하중은 $180kN$이고 하중 배치가 좌우 대칭이므로 반력은 $R_A = R_B = 90kN$이다.
2. 중앙의 $80kN$ 하중점에서 단순보 휨모멘트는 $M_C = 90 \times 20 - 50 \times 10 = 1300kN \cdot m$이다.
3. 현선 AB는 A에서 B까지 $40m$ 동안 $2m$ 내려가므로 중앙 $x = 20m$에서는 A 기준으로 $1m$ 내려간다. 케이블 중앙점은 A 기준으로 $6m$ 내려가 있으므로 현선 기준 처짐은 $y_C = 6 - 1 = 5m$이다.
4. 따라서 $H = M_C / y_C = 1300/5 = 260kN$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 수평반력은 $260kN$이므로 $250kN$은 맞지 않는다. 틀린 표현은 "수평반력이 250\,kN"이라는 수치이고, 올바르게는 $260kN$이다.
② O: $M = Hy$에서 $M_C = 1300kN \cdot m$, $y_C = 5m$이므로 $H = 260kN$이 되어 정답과 일치한다.
③ X: $270kN$이면 중앙점의 휨모멘트와 현선 기준 처짐 관계 $1300 = H \times 5$를 만족하지 못한다. 틀린 표현은 "수평반력이 270\,kN"이라는 수치이고, 올바르게는 $260kN$이다.
④ X: $280kN$도 $M = Hy$ 계산값과 다르다. 틀린 표현은 "수평반력이 280\,kN"이라는 수치이고, 올바르게는 $260kN$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 도식의 $6m$를 그대로 처짐으로 넣는 것이다. 이 $6m$는 A의 수평선 기준 높이 차이고, 케이블 공식에서 필요한 값은 현선 AB 기준 처짐이다. B가 A보다 $2m$ 낮으므로 중앙 처짐은 $5m$로 보정해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

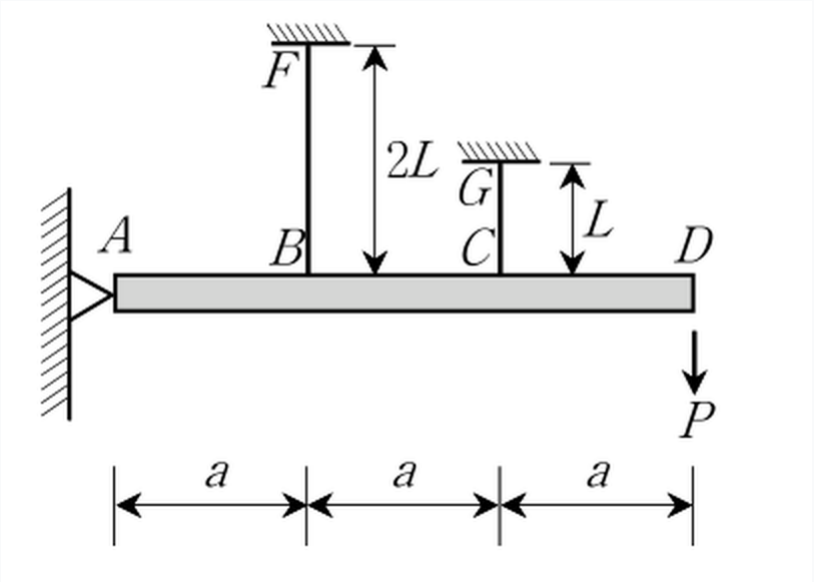
지점 높이가 다른 케이블 문제는 먼저 지점들을 잇는 현선을 그린 뒤, 보의 휨모멘트 M를 구하고 현선 기준 처짐 y를 읽어 $H = M/y$ 순서로 판단한다.

암기 포인트

케이블은 $M = Hy$, 여기서 y는 항상 현선 기준 처짐이다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 강봉 AD가 A점에서 힌지, B점과 C점에서 케이블로 지지되어 있다. 수직하중 P가 D점에 작용할 때, 케이블 CG에 작용하는 인장력은? (단, 강봉은 강체로 가정하고, 케이블 BF와 케이블 CG의 탄성계수와 단면적은 같으며, 강봉과 케이블의 자중은 무시한다)



① $\frac{1}{3}P$

② $\frac{2}{3}P$

③ P

④ $\frac{4}{3}P$

정답 4번

출제 포인트

강체의 회전변위 적합조건과 케이블 강성 $k = \frac{EA}{L}$을 이용해 두 케이블의 장력비를 구한 뒤, A점 모멘트평형으로 케이블 CG의 장력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 강봉 AD는 강체이므로 A점을 중심으로만 회전한다.
- 위치는 $AB = a$, $AC = 2a$, $AD = 3a$이다.
- 케이블 BF의 길이는 $2L$, 케이블 CG의 길이는 L이다.
- 두 케이블의 탄성계수와 단면적이 같으므로 강성은 길이에 반비례한다.

NoteBase

사용할 공식

$k = \frac{EA}{L}, \quad \delta = x\theta, \quad T = k\delta$

이 공식을 쓰는 이유는 강봉이 강체라서 각 점의 처짐이 거리 x에 비례하고, 각 케이블 장력은 그 케이블의 강성과 신장량의 곱으로 결정되기 때문이다.

계산 과정

강체 회전이므로

$\delta_B = a\theta, \quad \delta_C = 2a\theta = 2\delta_B$

케이블 강성은

$k_{BF} = \frac{EA}{2L}, \quad k_{CG} = \frac{EA}{L} = 2k_{BF}$

따라서 장력비는

$T_{CG} = k_{CG}\delta_C = (2k_{BF})(2\delta_B) = 4T_{BF}$

A점에 대한 모멘트평형은

$T_{BF} \cdot a + T_{CG} \cdot 2a = P \cdot 3a$

즉

$T_{BF} + 2T_{CG} = 3P$

여기에 $T_{CG} = 4T_{BF}$를 대입하면

$T_{BF} + 8T_{BF} = 3P \Rightarrow 9T_{BF} = 3P \Rightarrow T_{BF} = \frac{1}{3}P$

따라서

$T_{CG} = 4T_{BF} = \frac{4}{3}P$

선지별 해설

① X. $\frac{1}{3}P$는 B점 케이블 BF의 장력이다. C점 케이블은 $T_{CG} = 4T_{BF}$이므로 CG의 장력이 $\frac{1}{3}P$가 될 수 없다. 틀린 표현은 'CG의 장력 = $\frac{1}{3}P$'이고, 올바르게는 'BF의 장력 = $\frac{1}{3}P$, CG의 장력 = $\frac{4}{3}P$'이다.

② X. $\frac{2}{3}P$는 처짐비만 보거나 강성비만 보고 하나를 누락하면 나올 수 있는 값이다. 실제로는 $\delta_C = 2\delta_B$이면서 $k_{CG} = 2k_{BF}$이므로 장력비는 4 : 1이다. 틀린 표현은 'CG의 장력 = $\frac{2}{3}P$'이고, 올바르게는 'CG의 장력 = $\frac{4}{3}P$'이다.

③ X. P는 D점에 작용하는 외력일 뿐 CG 케이블 단독의 장력이 아니다. 외력 P는 두 케이블의 장력과 힌지 반력이 함께 평형을 이루며 지지한다. 틀린 표현은 'CG의 장력 = P'이고, 올바른 내용은 CG의 장력은 $\frac{4}{3}P$이다.

④ O. 강체 회전으로 $\delta_C = 2\delta_B$, 케이블 길이 차이로 $k_{CG} = 2k_{BF}$이므로 $T_{CG} = 4T_{BF}$이다. 이를 A점 모멘트평형에 대입하면 $T_{CG} = \frac{4}{3}P$가 되어 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 처짐비와 강성비를 따로 보지 않고 하나만 적용하는 데 있다. C점은 B점보다 두 배 멀리 있어 처짐이 두 배이고, 케이블 CG는 길이가 절반이라 강성이 두 배이므로 장력은 최종적으로 네 배가 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

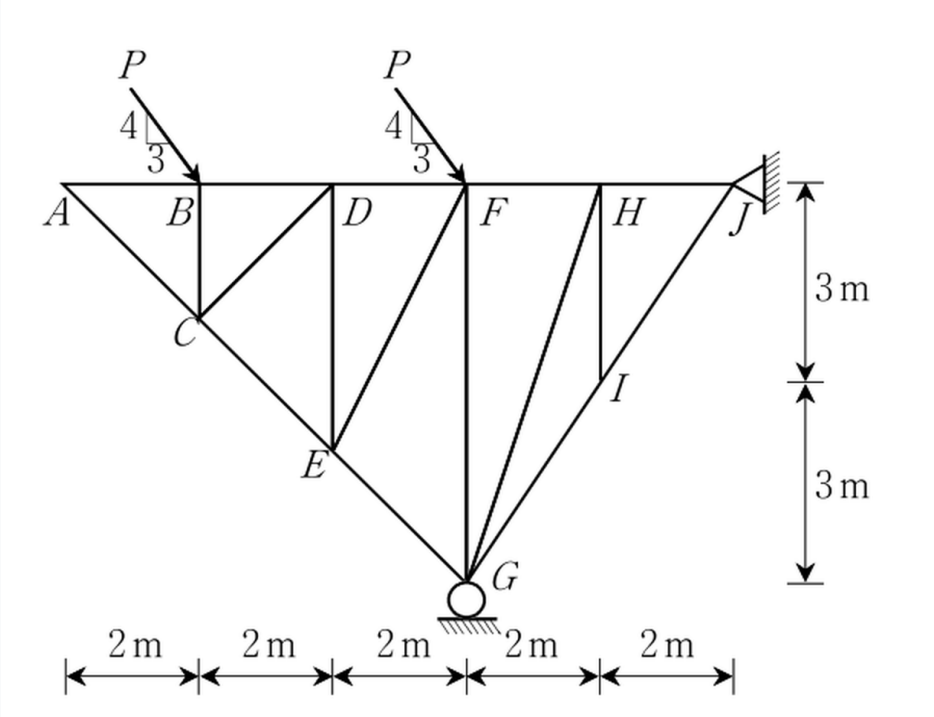
강체와 탄성지지가 함께 나오면 먼저 강체 회전으로 각 지점의 변위비를 잡고, 다음으로 $k = \frac{EA}{L}$로 각 지지의 강성비를 구한 뒤, 마지막에 평형식에 대입해 장력을 결정한다.

암기 포인트

강체 회전에서는 변위가 거리비를 따르고, 케이블 강성은 길이의 역비를 따른다. 따라서 장력비는 변위비와 강성비를 곱해 판단한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 트러스에서 FH부재의 부재력이 200 N(압축)이 되기 위한 하중 P의 크기[N]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 100

② 200

③ 300

④ 400

정답 3번

출제 포인트

절점법으로 부재 *FH*의 축력을 *P*의 식으로 정리한 뒤, 그 축력이 200 N 압축이 되도록 하중 *P*를 역산하는 문제이다.

조건 정리

- 하중 *P*는 B절점과 F절점에 각각 작용하며, 3 : 4 : 5 방향비이므로 수평성분은 오른쪽 $\frac{3}{5}P$, 수직성분은 아래쪽 $\frac{4}{5}P$이다.
- 구해야 할 값은 부재 *FH*의 축력이 200 N 압축이 되게 하는 *P*이다.
- 절점법에서 부재력을 인장으로 가정해 계산할 때 음수가 나오면 그 부재는 압축이다.

NoteBase

사용할 공식

절점 평형식 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 트러스의 각 절점에서 외력과 부재력이 평형을 이루므로, 앞 절점부터 순서대로 풀면 FH를 P의 식으로 직접 나타낼 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. A절점은 외력이 없는 2부재 절점이므로 $AB = AC = 0$이다.
2. B절점에서 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$을 적용하면 $BD = -\frac{3}{5}P, BC = -\frac{4}{5}P$이다.
3. C절점에서 $CE = -CD, BC + \sqrt{2}CD = 0$이므로 $CD = \frac{2\sqrt{2}}{5}P, CE = -\frac{2\sqrt{2}}{5}P$이다.
4. D절점에서 $DE = -\frac{2}{5}P, DF = -\frac{1}{5}P$이다.
5. E절점 평형으로 $EF = \frac{2\sqrt{5}}{15}P$를 얻는다.
6. F절점의 수평평형을 적용하면
$-DF - \frac{EF}{\sqrt{5}} + FH + \frac{3}{5}P = 0$
이고, $DF = -\frac{1}{5}P, EF = \frac{2\sqrt{5}}{15}P$를 대입하면
$\frac{1}{5}P - \frac{2}{15}P + FH + \frac{3}{5}P = 0$
$FH = -\frac{2}{3}P$
이다.
7. 따라서 FH의 압축력 크기는 $\frac{2}{3}P$이고, 이것이 200 N이므로 $\frac{2}{3}P = 200, P = 300N$이다.

선지별 해설

① X
- $P = 100N$이면 $|FH| = \frac{2}{3} \times 100 = 66.7N$ 압축이다. 200 N에 못 미치므로 틀린다.
- 틀린 표현은 하중 크기이다. 올바르게는 $P = 300N$일 때 200 N 압축이 된다.

② X
- $P = 200N$이면 $|FH| = \frac{2}{3} \times 200 = 133.3N$ 압축이다. 200 N이 아니므로 틀린다.
- 틀린 표현은 하중 크기이다. 올바르게는 $P = 300N$이다.

③ O
- $P = 300N$이면 $|FH| = \frac{2}{3} \times 300 = 200N$이다. 계산식의 부호는 음수이므로 압축이고, 문제 조건과 일치한다.

④ X
- $P = 400N$이면 $|FH| = \frac{2}{3} \times 400 = 266.7N$ 압축이다. 200 N보다 크므로 틀린다.
- 틀린 표현은 하중 크기이다. 올바르게는 $P = 300N$이다.

오답 포인트

이 문항은 절점 F까지 부재력을 차례로 정리하지 않고 감으로 고르면 오답이 된다. 특히 3 : 4 : 5 하중의 수평성분 $\frac{3}{5}P$와 수직성분 $\frac{4}{5}P$를 바꾸거나, 압축의 음수 부호와 힘의 크기를 혼동하면 200 N 조건을 잘못 맞추게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

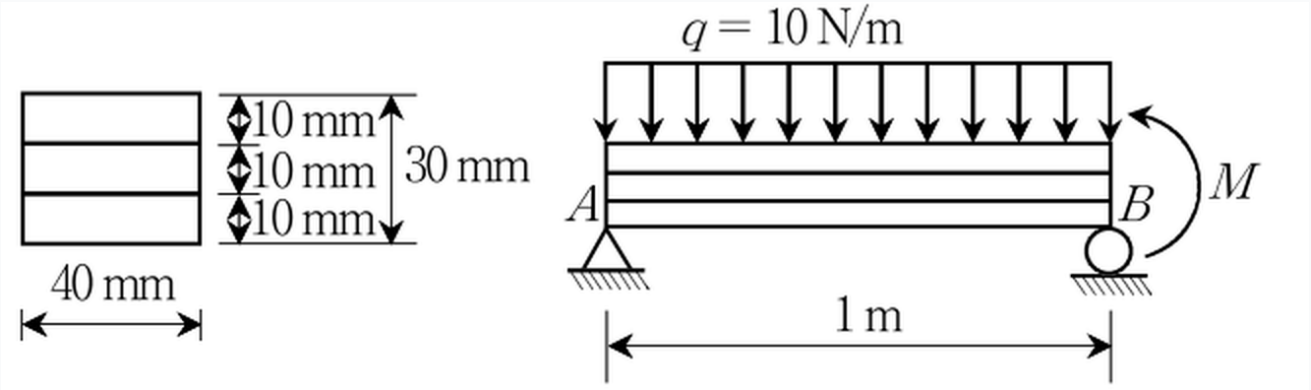
트러스 계산형은 0부재 여부를 먼저 찾고, 하중을 성분분해한 뒤, 외력이 걸린 쪽에서 가까운 절점부터 순서대로 평형식을 세우면 된다. 최종값은 부호로 인장과 압축을 확인하고, 힘의 크기를 문제 조건과 다시 대조하면 된다.

암기 포인트

무하중 2부재 절점은 0부재를 먼저 확인하고, 3 : 4 : 5 경사하중은 수평 $\frac{3}{5}P$, 수직 $\frac{4}{5}P$로 분해한 뒤 절점법을 이어 가면 된다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 두께 10mm인 세개의 보를 접착시켜 제작한 단순보가 자중을 포함한 등분포하중 $q = 10\text{N/m}$를 받고 있을 때, 지점 B에 반시계방향으로 가할 수 있는 최대허용모멘트 $M[\text{N} \cdot \text{m}]$은? (단, 접착면의 허용전단응력은 0.3MPa이다. 보의 파괴는 접착면에서의 전단파괴만을 고려하고, 파괴 이전에 접착면에서는 미끄러짐이 발생하지 않는다)



① 265

② 270

③ 275

④ 280

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 접착면의 허용전단응력으로 단면이 견딜 수 있는 최대 전단력 V를 구한 뒤, 끝점 모멘트가 지점반력과 최대 전단력에 어떻게 반영되는지를 연결하는 문제이다.

조건 정리

- 보 길이: $L = 1m$
- 등분포하중: $q = 10N/m$
- 단면 크기: 가로 $40mm$, 전체 높이 $30mm$, 각 판 두께 $10mm$
- 접착면 허용전단응력: $0.3MPa = 0.3N/mm^2$
- 파괴는 접착면의 전단파괴만 고려하며, 위쪽 접착면과 아래쪽 접착면의 전단조건은 같다.

NoteBase

사용할 공식

접착면 전단응력은 $\tau = \frac{VQ}{Ib}$를 사용한다.
여기서 $Q = A\bar{y} = (40 \times 10) \times 10 = 4000mm^3$, $I = \frac{40 \times 30^3}{12} = 90000mm^4$, $b = 40mm$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 세 장의 판이 일체로 거동할 때 접착면에는 보의 횡전단력 V에 따른 수평전단이 생기기 때문이다.

계산 과정

1. 접착면이 견딜 수 있는 최대 전단력을 구한다.
$V_{\text{allow}} = \frac{\tau Ib}{Q} = \frac{0.3 \times 90000 \times 40}{4000} = 270N$
2. 보 전체의 평형식으로 지점반력을 구한다.
$R_A + R_B = qL = 10N$
$\sum M_A = 0 : \quad R_B \cdot 1 + M - 10 \cdot 0.5 = 0$
따라서 $R_B = 5 - M$, $R_A = 5 + M$이다.
3. 전단력은 $V(x) = R_A - qx = 5 + M - 10x$이므로 반시계방향 모멘트가 커질수록 좌측 지점 A에서의 전단력이 최대가 된다.
따라서 최대 전단력은 $V_{\max} = R_A = 5 + M$이다.
4. 접착면 허용조건을 대입한다.
$5 + M = 270$
$M = 265N \cdot m$

NoteBase

선지별 해설

① O
- 접착면 허용전단응력으로부터 허용 전단력은 $270N$이다.
- 반시계방향 끝모멘트 M는 좌측 반력을 $R_A = 5 + M$로 키우므로 $5 + M = 270$에서 $M = 265N \cdot m$가 된다.

② X
- 270은 허용 전단력 값 자체이다.
- 등분포하중이 만들고 있는 기본 반력 $5N$을 빼지 않고 곧바로 $M = 270$으로 본 실수이다.
- 틀린 표현은 270이라는 수치이며, 올바르게는 $265N \cdot m$이다.

③ X
- 275는 허용 전단력 $270N$에 $5N$을 더한 값으로, 반력식의 부호를 거꾸로 잡은 경우에 나온다.
- 실제로는 반시계방향 모멘트가 R_A를 증가시키므로 $R_A = 5 + M$이고, 따라서 $M = 270 - 5$가 되어야 한다.
- 틀린 표현은 275라는 수치이며, 올바르게는 $265N \cdot m$이다.

④ X
- 280은 등분포하중 $10N$ 전체를 한 지점 반력 증가분처럼 잘못 더한 값이다.
- 단순보에 등분포하중만 작용하면 각 지점 반력은 $5N$씩 분담하므로, 모멘트와 함께 비교해야 할 값은 $10N$이 아니라 $5N$이다.
- 틀린 표현은 280이라는 수치이며, 올바르게는 $265N \cdot m$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 두 단계가 섞인다는 점이다. 먼저 접착면 허용전단응력으로 허용 전단력 $270N$을 구해야 하고, 그다음 이 값을 그대로 모멘트로 읽지 말고 지점반력 $R_A = 5 + M$와 연결해야 한다. 특히 등분포하중 $10N/m$이 길이 $1m$에 걸치므로 총하중은 $10N$, 각 지점 반력은 $5N$이라는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

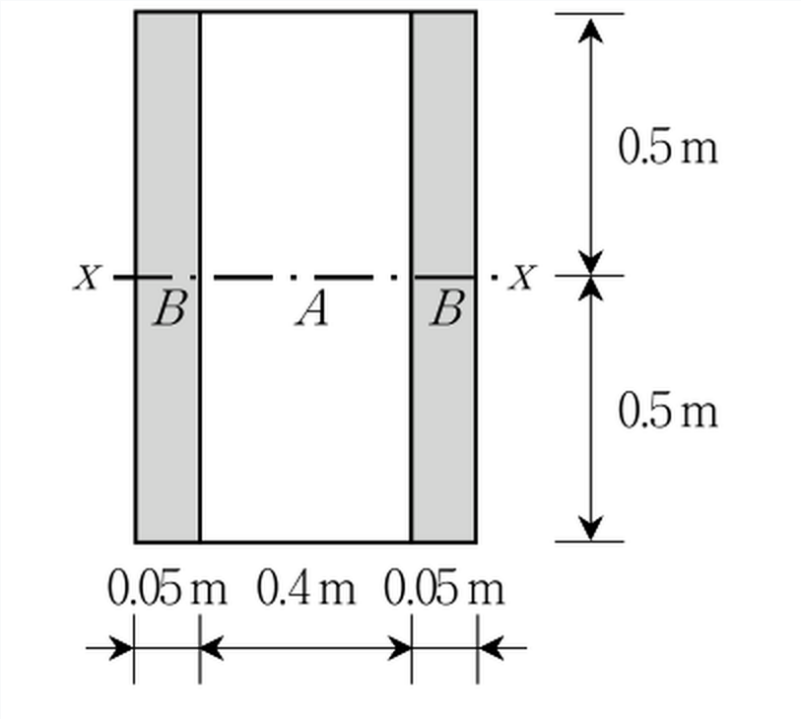
합성보 접착 문제는 먼저 $\tau = VQ/Ib$로 허용 전단력부터 구하고, 그다음 평형식으로 실제 최대 전단력이 어디서 얼마인지 확인하는 순서로 판단한다. 허용 전단력과 미지 모멘트는 직접 같지 않고, 전단력을 만드는 지점반력을 통해 연결된다고 보면 된다.

암기 포인트

접착면 문제는 τ→ V_allow→ 지점반력→ M 순서로 푼다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 두개의 다른 재료 A와 B로 구성된 합성단면의 중립축(x-x축)에 대한 최대허용휨모멘트 $[kN \cdot m]$는? (단, 재료 B의 탄성계수는 재료 A의 탄성계수의 2배이고, 재료 A와 B의 허용휨응력은 각각 $30MPa$과 $50MPa$이다. A와 B는 완전하게 결합되어 휨거동을 할 때 접촉면에서 미끄러짐이 발생하지 않는다)



① 1,500

② 2,000

③ 2,500

④ 3,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 완전 결합된 이종 재료 합성단면에서 변형률 적합조건과 허용휨응력을 이용해 최대허용휨모멘트를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:

- 전체 높이는 $h = 1.0m$, 중립축까지 거리는 $c = 0.5m$이다.
- 재료 A의 폭은 $0.4m$, 재료 B의 폭은 좌우 각각 $0.05m$이다.
- 탄성계수비는 $E_B = 2E_A$이다.
- 허용휨응력은 A가 $30MPa$, B가 $50MPa$이다.

구해야 할 값:

- 중립축 $x - x$축에 대한 최대허용휨모멘트이다.

주의할 조건:

- 완전 결합이므로 같은 높이의 섬유는 변형률이 같고, 따라서 응력비는 탄성계수비와 같아진다.

사용할 공식

같은 높이의 섬유에서

$\frac{\sigma_B}{\sigma_A} = \frac{E_B}{E_A} = 2$

따라서 극섬유에서는 $\sigma_B = 2\sigma_A$이다.

또한 합성단면의 모멘트는

$M = \kappa \sum E_i I_i$

로 계산한다.

이 공식을 쓰는 이유:

이 문제는 재료가 다르지만 완전 결합되어 있어 곡률 κ는 공통이고, 각 재료의 응력은 $E_i \kappa y$로 달라지므로 등가 휨강성 $\sum E_i I_i$를 사용해야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 허용응력 지배 재료를 판단한다.

극섬유에서 $\sigma_B = 2\sigma_A$이므로 B가 허용응력 $50MPa$에 도달할 때 A의 응력은 $25MPa$이다. 이는 A의 허용응력 $30MPa$보다 작다. 따라서 B가 먼저 지배한다.

2. 각 재료의 $x-x$축 단면2차모멘트를 구한다.

$I_A = \frac{0.4 \times 1^3}{12} = 0.033333m^4$

$I_B = 2 \times \frac{0.05 \times 1^3}{12} = 0.008333m^4$

3. 등가 휨강성을 구한다.

$\sum E_i I_i = E_A I_A + E_B I_B = E_A(0.033333 + 2 \times 0.008333) = 0.05E_A$

4. B의 허용응력으로 곡률을 구한다.

$\sigma_B = E_B \kappa c = 2E_A \kappa \times 0.5 = E_A \kappa = 50 \times 10^6 Pa$

따라서

$\kappa = \frac{50 \times 10^6}{E_A}$

5. 최대허용휨모멘트를 계산한다.

$M = \kappa \sum E_i I_i = \frac{50 \times 10^6}{E_A} \times 0.05E_A = 2.5 \times 10^6 N \cdot m$

$M = 2500kN \cdot m$

선지별 해설

① X

- 계산 결과는 $1500kN \cdot m$가 아니라 $2500kN \cdot m$이다.
- $1500kN \cdot m$는 허용응력과 탄성계수비를 함께 반영한 합성단면 계산값이 아니다.
- 틀린 수치 → 올바르게는 최대허용휨모멘트가 $2500kN \cdot m$이다.

② X

- 계산 결과는 $2000kN \cdot m$가 아니라 $2500kN \cdot m$이다.
- $2000kN \cdot m$는 B가 먼저 허용응력에 도달한다는 조건을 만족하는 값이 아니다.
- 틀린 수치 → 올바르게는 최대허용휨모멘트가 $2500kN \cdot m$이다.

③ O

- 완전 결합 조건에서 응력비는 탄성계수비와 같으므로 B가 먼저 허용응력 $50MPa$에 도달한다.
- 이때 등가 휨강성으로 계산한 최대허용휨모멘트는 $2500kN \cdot m$이므로 옳다.

④ X

- 계산 결과는 $3000kN \cdot m$가 아니라 $2500kN \cdot m$이다.
- $3000kN \cdot m$를 적용하면 B의 극섬유 응력이 허용치 $50MPa$를 초과하게 된다.
- 틀린 수치 → 올바르게는 최대허용휨모멘트가 $2500kN \cdot m$이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 함정은 단면이 대칭이라고 해서 두 재료의 허용응력을 각각 독립적으로 쓰는 데 있다. 완전 결합된 합성단면에서는 같은 높이의 변형률이 같으므로 먼저 $\sigma_B = 2\sigma_A$ 관계를 세워야 한다. 이 관계를 놓치면 A의 허용응력 $30MPa$만 적용하거나, 전체 단면을 단일 재료처럼 계산하는 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

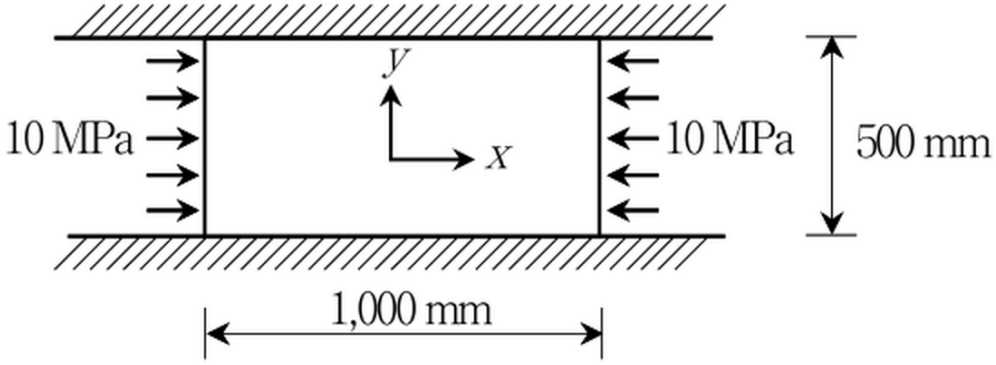
이종 재료 휨문제는 먼저 변형률 적합조건으로 응력비를 정하고, 그다음 어느 재료가 허용응력에 먼저 도달하는지 판단한다. 이후 $\sum E_i I_i$로 등가 휨강성을 만든 뒤 $M = \kappa \sum E_i I_i$ 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

완전 결합 합성단면 휨의 핵심은 같은 y에서 변형률은 같고 응력은 E비만큼 달라진다는 점이다. 즉 $\sigma \propto E$, $M = \kappa \sum E_i I_i$이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 높이 500 mm, 길이 1,000 mm, 두께 10 mm인 강판의 상면과 하면이 마찰이 없는 강체벽에 y방향으로만 구속되어 있다. 10 MPa의 압력이 x방향으로 작용할 때, 강판의 x방향 변형량[mm]은? (단, 탄성계수는 100 GPa, 포아송비는 0.2이고, 강판의 자중은 무시한다)



① 0.024

② 0.048

③ 0.072

④ 0.096

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 y방향이 구속된 판에서 포아송 효과를 반영하여 x방향 변형량을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 길이 $L = 1{,}000mm$이다.
- 높이는 $500mm$, 두께는 $10mm$이다.
- x방향 압축응력은 $\sigma_x = -10MPa$이다.
- 상면과 하면이 강체벽에 닿아 있으므로 y방향 변형률은 $\varepsilon_y = 0$이다.
- 두께 방향은 자유면으로 보아 $\sigma_z = 0$이다.

사용할 공식

$\varepsilon_y = \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)) = 0$

$\varepsilon_x = \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z))$

이 공식을 쓰는 이유는 상하면 구속 때문에 y방향 변형률이 0이 되고, 그 결과 생기는 σ_y가 x방향 변형에도 영향을 주기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 탄성계수는 $E = 100GPa = 100{,}000MPa$이다.
2. $\varepsilon_y = 0, \sigma_z = 0$이므로
$0 = \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_x)$
따라서
$\sigma_y = \nu\sigma_x = 0.2 \times (-10) = -2MPa$
이다.
3. x방향 변형률은
$\varepsilon_x = \frac{1}{100{,}000}[-10 - 0.2(-2)] = -9.6 \times 10^{-5}$
이다.
4. 따라서 x방향 변형량은
$\Delta x = |\varepsilon_x|L = 9.6 \times 10^{-5} \times 1{,}000 = 0.096mm$
이다. 압축이므로 실제로는 짧아지며, 선택지에서는 그 크기 $0.096mm$를 고르면 된다.

선지별 해설

① X
계산 결과는 $0.096mm$이므로 $0.024mm$는 틀린 값이다.
틀린 표현은 변형량을 $0.024mm$로 본 점이며, 올바르게는 $0.096mm$만큼 압축된다.

② X
계산 결과는 $0.096mm$이므로 $0.048mm$는 틀린 값이다.
틀린 표현은 변형량을 $0.048mm$로 본 점이며, 올바르게는 $0.096mm$이다.

③ X
계산 결과는 $0.096mm$이므로 $0.072mm$는 틀린 값이다.
틀린 표현은 변형량을 $0.072mm$로 본 점이며, 올바르게는 $0.096mm$이다.

④ O
y방향 구속으로 $\sigma_y = -2MPa$가 생기고, 이를 반영한 x방향 변형률이 9.6×10^{-5}이므로 변형량은 $0.096mm$이다.

오답 포인트

이 문제를 자유 팽창 문제로 보고 $\varepsilon_x = \sigma_x/E$만 적용하면 구속 조건을 놓치게 된다. 이 문항은 상하면 구속 때문에 먼저 $\varepsilon_y = 0$을 두고 σ_y를 구해야 한다. 또한 $100GPa$를 $100{,}000MPa$로 바꾸지 않거나, 압축의 음수 부호와 최종 변형량의 크기를 혼동하기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

구속 방향이 제시되면 그 방향 변형률을 먼저 0으로 둔다. 그 식으로 구속 반력응력을 구한 뒤, 원하는 방향의 변형률을 계산하고 마지막에 원래 길이를 곱해 변형량을 구하면 된다.

암기 포인트

구속 방향은 $\varepsilon = 0$, 자유면 방향은 $\sigma = 0$으로 두고 후크의 법칙을 적용한다.

NoteBase