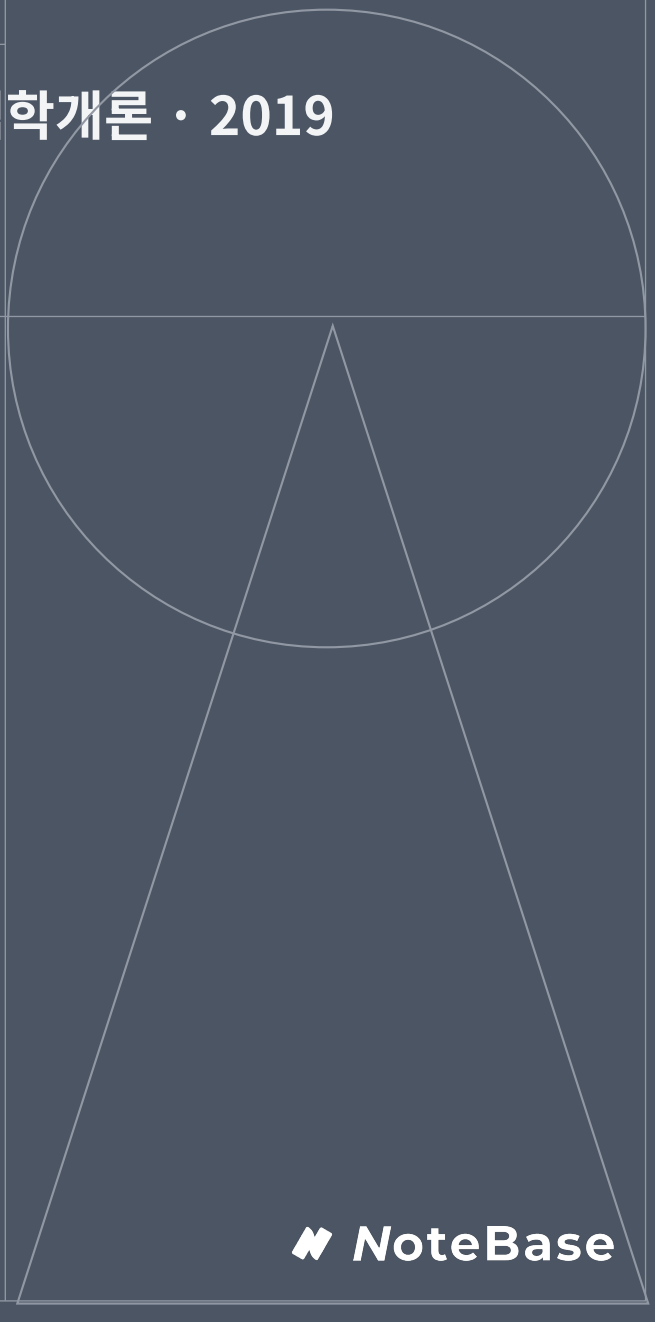
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2019

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2019

문 1. 재료의 거동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 탄성거동은 응력-변형률 관계가 보통 직선으로 나타나지만 직선이 아닌 경우도 있다.

② 크리프(creep)는 응력이 작용하고 이후 그 크기가 일정하게 유지되더라도 변형이 시간 경과에 따라 증가하는 현상이다.

③ 재료가 항복한 후 작용하중을 모두 제거한 후에도 남는 변형을 영구변형이라 한다.

④ 포아송비는 축하중이 작용하는 부재의 횡방향 변형률(ε_h)에 대한 축방향 변형률(ε_v)의 비 ($\varepsilon_v/\varepsilon_h$)이다.

정답 4번

간단한 해설

포아송비는 **축방향 변형률을 분모**로 하며, 횡방향 변형률을 그 값으로 나눈 뒤 음의 부호를 붙여 정의한다. ④는 두 변형률의 비를 거꾸로 썼다.

선지별 해설

① O: 탄성거동의 기준은 응력과 변형률의 관계가 직선인지가 아니라, **하중을 제거하면 변형이 회복되는지**이다. 응력과 변형률이 비례하는 선형탄성뿐 아니라, 두 양이 비례하지 않아도 하중 제거 후 원래 상태로 돌아오는 비선형탄성도 있다.

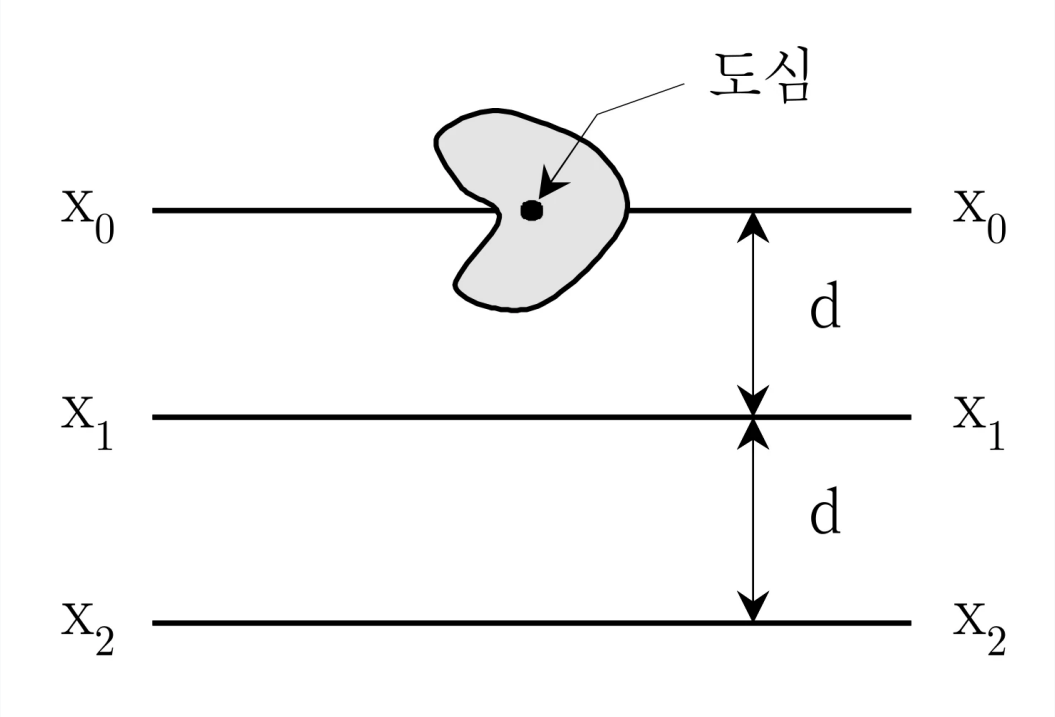
② O: 크리프는 **일정한 응력 아래에서도 시간이 지나면서 변형이 증가**하는 현상이다. 따라서 응력의 크기가 더 커지지 않더라도 재료의 변형은 계속 증가할 수 있다.

③ O: 재료가 항복하여 소성변형이 발생하면 하중을 모두 제거해도 원래 상태로 완전히 돌아오지 않는다. 하중 제거 시 탄성변형은 회복되지만 **소성변형은 남으며**, 이 잔류 변형을 영구변형이라고 한다.

④ X: 포아송비는 **축방향 변형률에 대한 횡방향 변형률의 비**로 정의하며, 부호를 가진 변형률을 사용하면 $\nu = -\frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_v}$이다. 여기서 ε_h는 횡방향 변형률, ε_v는 축방향 변형률이다. 일반적인 재료를 축방향으로 당기면 길이는 늘고 폭은 줄어 두 변형률의 부호가 반대이므로, 음의 부호를 붙인 포아송비는 양수가 된다. 선지는 분자와 분모를 뒤바꾸었으므로, 횡방향 변형률을 축방향 변형률로 나누는 관계로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 임의의 형상을 갖고 단면적이 A인 단면이 있다. 도심축 $(X_0 - X_0)$으로부터 d만큼 떨어진 축 $(X_1 - X_1)$에 대한 단면 2차모멘트가 I_{x_1}일 때, 2d만큼 떨어진 축 $(X_2 - X_2)$에 대한 단면 2차모멘트 값은?



① $I_{x_1} + Ad^2$

② $I_{x_1} + 2Ad^2$

③ $I_{x_1} + 3Ad^2$

④ $I_{x_1} + 4Ad^2$

정답 3번

간단한 해설

평행축 정리에서 도심축으로부터의 거리에 따른 증가분은 Ah^2이다. 거리가 d에서 2d로 바뀌면 증가분의 차가 $3Ad^2$이므로, 구하는 단면 2차모멘트는 $I_{x_1} + 3Ad^2$이다.

NoteBase

계산 과정

그림의 세 축은 서로 평행하고, $X_0 - X_0$는 도심을 지난다. 이 도심축에 대한 단면 2차모멘트를 I_{x_0}라 하면, 도심축에서 수직거리 h만큼 떨어진 평행축에 대해서는 $I = I_{x_0} + Ah^2$이다. 이것이 평행축 정리이며, 거리 h는 **도심축을 기준**으로 잰다.

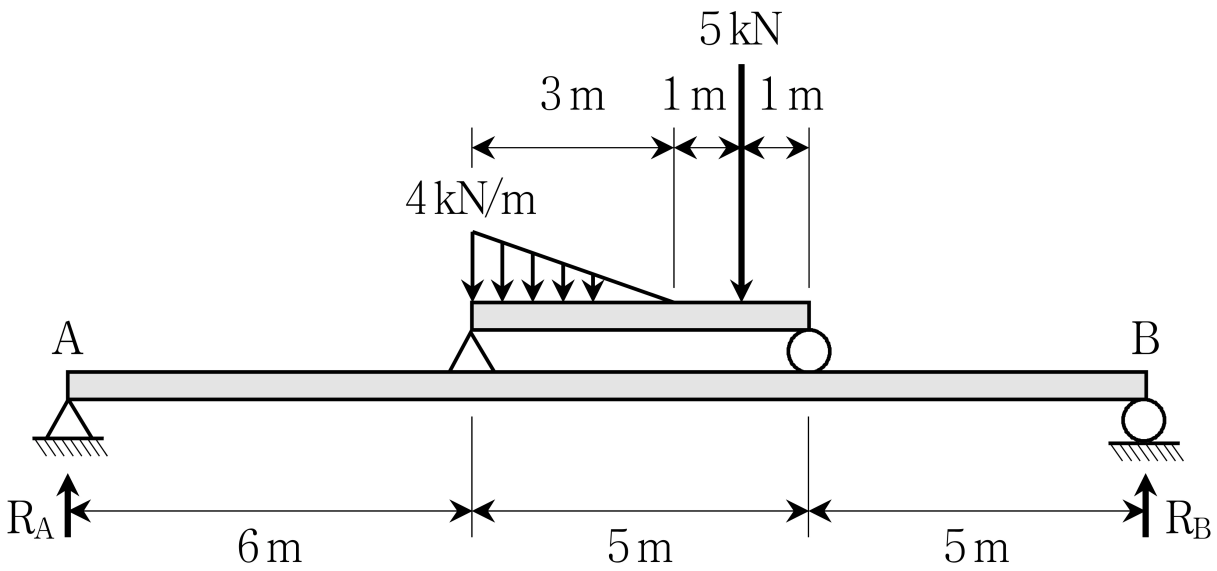
$X_1 - X_1$축은 도심축에서 d만큼 떨어져 있으므로 $I_{x_1} = I_{x_0} + Ad^2$이다. 따라서 $I_{x_0} = I_{x_1} - Ad^2$로, 주어진 값에서 거리 때문에 더해진 항을 빼면 도심축에 대한 값을 얻는다.

$X_2 - X_2$축은 도심축에서 2d만큼 떨어져 있으므로 $I_{x_2} = I_{x_0} + A(2d)^2$이다. 여기에 앞의 관계를 대입하면 $I_{x_2} = I_{x_1} - Ad^2 + 4Ad^2$, 즉 $I_{x_2} = I_{x_1} + 3Ad^2$이다. 두 비도심축 사이의 거리가 d라고 해서 I_{x_1}에 곧바로 Ad^2을 더할 수는 없다.

구하는 값은 $I_{x_1} + 3Ad^2$이며 ③의 식과 일치한다. A는 면적, d는 길이이므로 Ad^2은 단면 2차모멘트와 같은 길이의 네제곱 차원을 갖는다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 보 구조물에 집중하중과 삼각형 분포하중이 작용할 때, 지점 A와 B에 발생하는 수직방향 반력 R_A[kN]와 R_B[kN]의 값은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① R_A: $\frac{19}{4}$, R_B: $\frac{25}{4}$
② R_A: $\frac{23}{4}$, R_B: $\frac{21}{4}$
③ R_A: $\frac{21}{4}$, R_B: $\frac{23}{4}$
④ R_A: $\frac{25}{4}$, R_B: $\frac{19}{4}$

정답 3번

간단한 해설

삼각형 분포하중의 합력 6 kN은 **하중이 큰 왼쪽 끝에서 1 m 떨어진 곳**, 즉 A에서 7 m인 곳에 작용한다. 전체 구조물의 힘과 모멘트 평형을 적용하면 $R_A = \frac{21}{4}$kN, $R_B = \frac{23}{4}$kN이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전체 구조물과 거리 설정: 위·아래 보를 **하나의 구조물로 묶으면 두 보 사이의 지점력은 내부력으로 상쇄**된다. 따라서 외부하중과 A, B의 반력만으로 평형을 세울 수 있다. 자중은 무시하고 두 반력의 양의 방향을 위쪽으로 잡는다. A에서 삼각형 분포하중의 시작점까지는 6 m, B까지는 6 + 5 + 5 = 16 m이다. 5 kN 집중하중은 분포하중 시작점에서 3 + 1 = 4 m 떨어져 있으므로 A에서의 거리는 6 + 4 = 10 m이다.

2. 삼각형 분포하중의 합력: 분포하중의 합력은 하중도 면적이므로 $W = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 4 = 6\text{kN}$이며 아래쪽으로 작용한다. 작용선은 삼각형 하중도의 도심을 지나므로 **하중강도가 큰 왼쪽 끝에서 밑변 길이의 1/3**에 놓인다. 따라서 왼쪽 끝에서 $\frac{3}{3} = 1\text{m}$, A에서는 6 + 1 = 7 m 떨어진 위치이다.

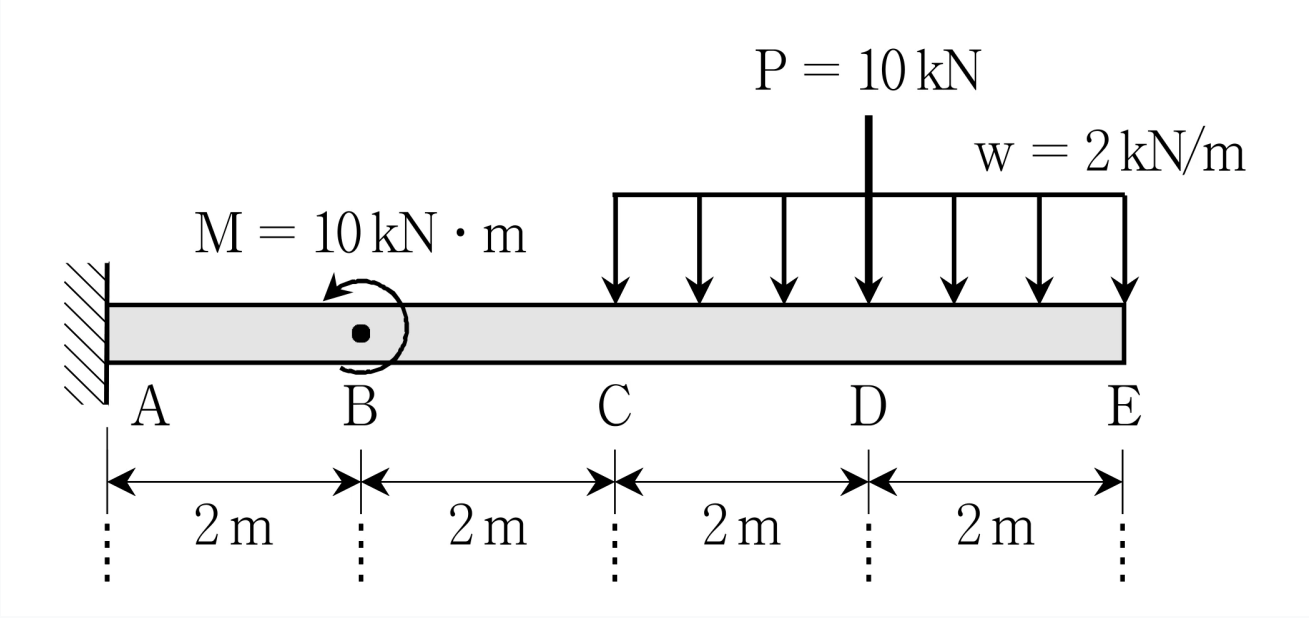
3. B의 수직반력: A에 대한 모멘트 평형을 세우면 A의 반력은 모멘트팔이 0이므로 식에서 없어진다. 반시계방향을 양으로 하고 거리 단위를 m, 힘 단위를 kN으로 쓰면 $16R_B - 6 \cdot 7 - 5 \cdot 10 = 0$이다. 두 하중의 시계방향 모멘트 합은 $6 \times 7 + 5 \times 10 = 92\ \text{kN}\cdot\text{m}$이므로 $R_B = \frac{92}{16} = \frac{23}{4}\text{kN}$이다.

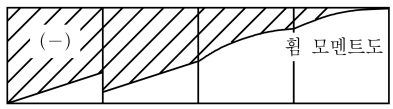
4. A의 수직반력: 전체 아래쪽 하중은 6 + 5 = 11 kN이다. 수직방향 힘의 평형에서 $R_A + R_B = 11\text{kN}$이므로 $R_A = 11 - \frac{23}{4} = \frac{21}{4}\text{kN}$이다. 두 반력 모두 양수이므로 처음에 잡은 위쪽 방향으로 작용한다.

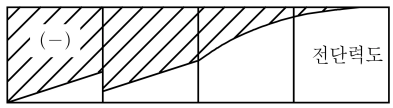
따라서 $R_A = \frac{21}{4}\text{kN}$, $R_B = \frac{23}{4}\text{kN}$이며, 이 값의 쌍은 ③과 일치한다.

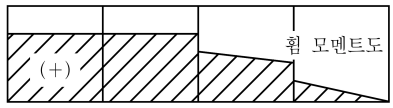
NoteBase

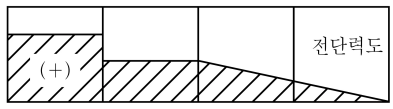
문 4. 그림과 같이 모멘트 M, 분포하중 w, 집중하중 P가 작용하는 캔틸레버 보에 대해 작성한 전단력도 또는 휨모멘트도의 대략적인 형태로 적절한 것은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 

② 

③ 

④ 

정답 1번

간단한 해설

집중모멘트가 작용하는 **B에서는 휨모멘트도가 불연속**이고, 집중하중이 작용하는 **D에서는 휨모멘트가 연속인 채 기울기만 바뀐다**. 또한 등분포하중이 없는 A~C는 직선, 등분포하중이 있는 C~E는 포물선 형태의 휨모멘트도가 된다.

NoteBase

도식 해설

전단력도의 형태: C~E의 등분포하중 합력은 2 × 4 = 8 kN이고, D의 집중하중은 10 kN이다. 따라서 A~C의 전단력은 18 kN으로 일정하다. C~D에서는 등분포하중 때문에 18 kN에서 14 kN까지 직선적으로 감소하고, D에서 10 kN만큼 급감하여 4 kN이 된 뒤 D~E에서 직선적으로 감소하여 0이 된다. B의 집중모멘트는 수직력의 평형에 영향을 주지 않으므로 **B에서 전단력은 변하지 않는다**.

A~C의 휨모멘트도: 전단력이 일정하므로 휨모멘트는 위치에 따라 직선적으로 변한다. 다만 B의 반시계방향 집중모멘트 때문에 **B를 왼쪽에서 오른쪽으로 지날 때 휨모멘트가 10 kN·m만큼 불연속적으로 감소**한다. B 오른쪽 부분의 하향하중 18 kN은 모두 B에서 4 m 떨어진 D에 합력으로 모이므로, B 바로 오른쪽의 휨모멘트는 −72 kN·m이다. 바로 왼쪽은 여기에 10 kN·m를 더한 −62 kN·m로, 양쪽 모두 음수이다. A 쪽으로 갈수록 하향하중의 모멘트팔이 커지므로 A~C의 휨모멘트도는 음의 영역에 놓인다.

C~E의 휨모멘트도: 등분포하중으로 전단력이 직선적으로 변하므로 휨모멘트도는 포물선 형태가 된다. C에는 집중하중이나 집중모멘트가 없어 휨모멘트와 그 기울기가 모두 연속이다. D의 집중하중은 전단력을 급변시키므로 **휨모멘트값은 연속이지만 기울기는 불연속**이다. 자유단 E에서는 휨모멘트와 전단력이 모두 0이므로 휨모멘트도는 0에 도달하며 수평 접선을 갖는다.

①의 휨모멘트도: A~C의 직선, B의 불연속, C~E의 포물선과 D의 기울기 변화를 나타내므로 주어진 하중에 부합한다.

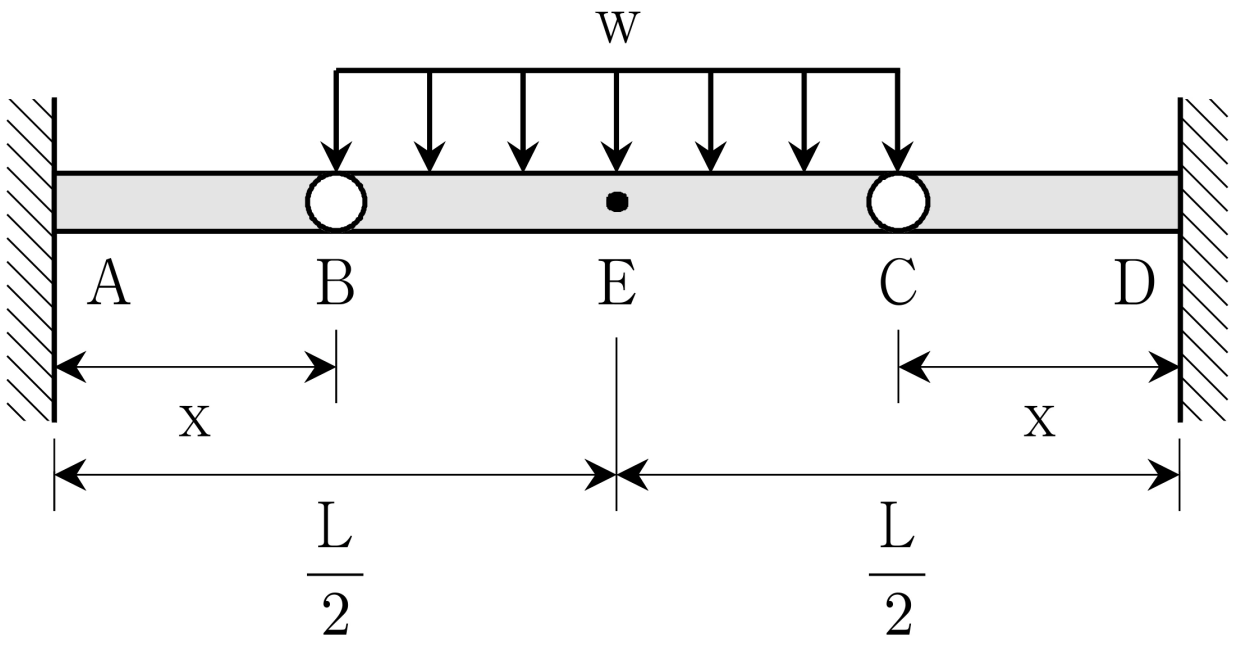
②의 전단력도: B에서 불연속이고 C~E가 곡선이어서 맞지 않는다. 전단력도는 B에서 연속이고 C~E의 각 구간이 직선이어야 한다.

③의 휨모멘트도: A~C가 수평이고 C와 D에서 값이 불연속이어서 맞지 않는다. A~C는 경사진 직선이며, 불연속은 B에서 생겨야 한다.

④의 전단력도: 불연속이 생기는 위치를 B로 표시했다. **전단력의 불연속 위치는 B가 아니라 D**이며, D에서 10 kN만큼 감소해야 한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 양단에서 각각 x만큼 떨어져 있는 B점과 C점에 내부힌지를 갖는 보에 분포하중 w가 작용하고 있다. A점 고정단 모멘트의 크기와 중앙부 E점 모멘트의 크기가 같아지기 위한 x값은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{L}{6}$

② $\frac{L}{5}$

③ $\frac{L}{4}$

④ $\frac{L}{3}$

정답 1번

간단한 해설

분포하중은 **두 내부힌지 사이에만** 작용한다. 힌지 사이 길이를 $\ell = L - 2x$라 하면 A점 모멘트의 크기는 $\frac{w\ell x}{2}$, E점 모멘트의 크기는 $\frac{w\ell^2}{8}$이므로, 두 크기를 같게 놓으면 $x = \frac{L}{6}$이다.

NoteBase

계산 과정

길이와 하중 범위: 그림에서 전체 길이는 L이고, AB와 CD의 길이는 각각 x이다. 따라서 BC의 길이를 ℓ이라 두면 $\ell = L - 2x$이다. 등분포하중 w는 **BC 구간에만 작용**하며, 자중은 무시하므로 AB와 CD에는 분포하중이 없다.

내부힌지의 전달력: B와 C의 내부힌지에서는 **휨모멘트가 0**이다. BC 구간을 분리하면 양 끝에서 수직력으로 지지되는 보로 볼 수 있다. 하중이 좌우 대칭이므로 BC에 작용하는 양 끝의 상향 수직력은 같고, 각각 $R = \frac{w\ell}{2}$이다. 이 힘은 바깥쪽 AB와 CD에는 반대로 하향 작용한다.

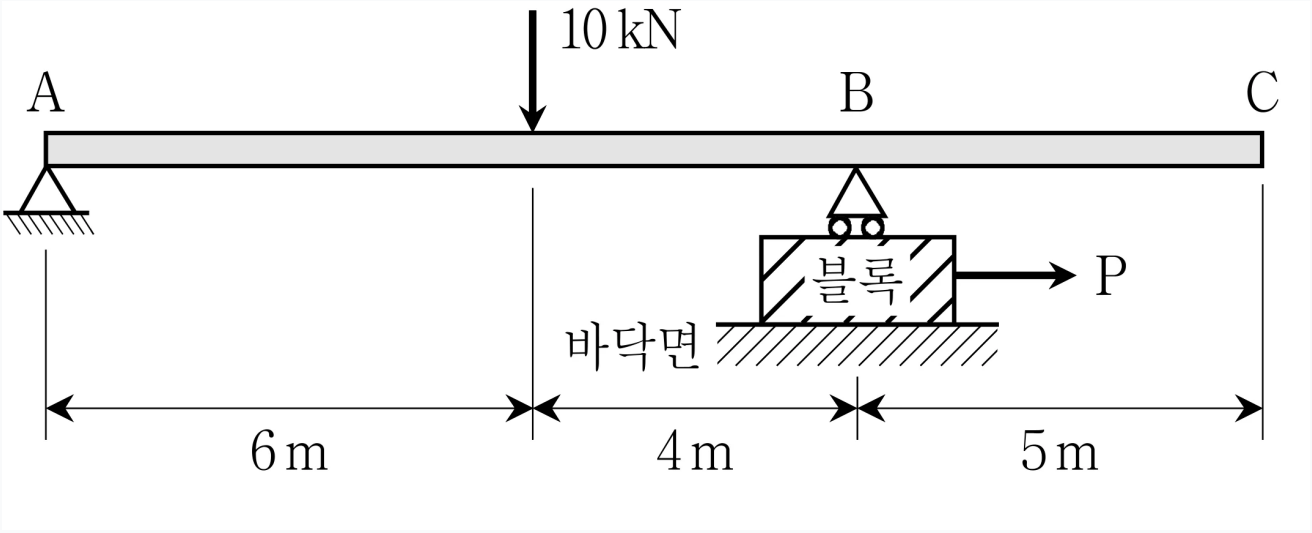
A점 모멘트: AB에는 분포하중이 없고 B점에 하향력 R이 작용한다. 따라서 A점 모멘트의 크기는 힘 R에 거리 x를 곱한 $|M_A| = R \cdot x = \frac{w\ell x}{2}$이다.

E점 모멘트: E는 BC의 중앙이므로 B에서 E까지의 거리는 $\frac{\ell}{2}$이다. BC의 왼쪽 절반을 보면 B점의 상향력 R과 길이 $\frac{\ell}{2}$에 걸친 분포하중이 작용한다. 그 분포하중의 합력은 $\frac{w\ell}{2}$이고 E까지의 거리는 $\frac{\ell}{4}$이므로, $M_E = R \cdot \frac{\ell}{2} - \frac{w\ell^2}{8}$이다. R을 대입하면 $M_E = \frac{w\ell^2}{8}$을 얻는다.

두 모멘트의 크기 비교: A점과 E점의 휨모멘트는 부호가 반대이지만, 문제에서는 **크기가 같은 조건**을 묻는다. 따라서 $\frac{w\ell x}{2} = \frac{w\ell^2}{8}$로 놓는다. 하중 w와 길이 ℓ이 양수이므로 약분하면 $4x = \ell = L - 2x$이다. 이를 풀면 $6x = L$, 즉 $x = \frac{L}{6}$이며 ①에 해당한다. x는 L과 같은 길이 단위를 갖는다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 수평으로 놓여 있는 보의 B점은 롤러로 지지되어 있고 이 롤러의 아래에 강체 블록이 놓여 있을 때, 블록이 움직이지 않도록 하기 위해 허용할 수 있는 힘 P[kN]의 최댓값은? (단, 블록, 보, 롤러의 자중은 무시하고 롤러와 블록 사이의 마찰은 없으며, 블록과 바닥 접촉면의 정지마찰계수는 0.3으로 가정한다)



① 1.2

② 1.8

③ 2.4

④ 3.0

정답 2번

간단한 해설

블록이 움직이기 직전에는 힘 P가 바닥의 **최대정지마찰력**과 같아진다. 보에서 블록으로 전달되는 수직력이 6 kN이므로, 허용되는 P의 최댓값은 $0.3 \times 6 = 1.8$ kN이다.

NoteBase

계산 과정

B점 반력: 그림에서 10 kN 하중은 A점에서 6 m 떨어져 있고, A점과 B점 사이의 거리는 6 + 4 = 10 m이다. B점의 위쪽 수직반력을 R_B라 하면, A점에 대한 모멘트 평형으로 A점 반력을 소거할 수 있다. 반시계방향을 양으로 잡으면 $R_B \cdot 10 - 10 \cdot 6 = 0$이므로 $R_B = \frac{10 \cdot 6}{10} = 6$ kN이다. B점에서 C점까지의 5 m 돌출부에는 하중이 없으므로 이 모멘트식에 추가되는 항은 없다.

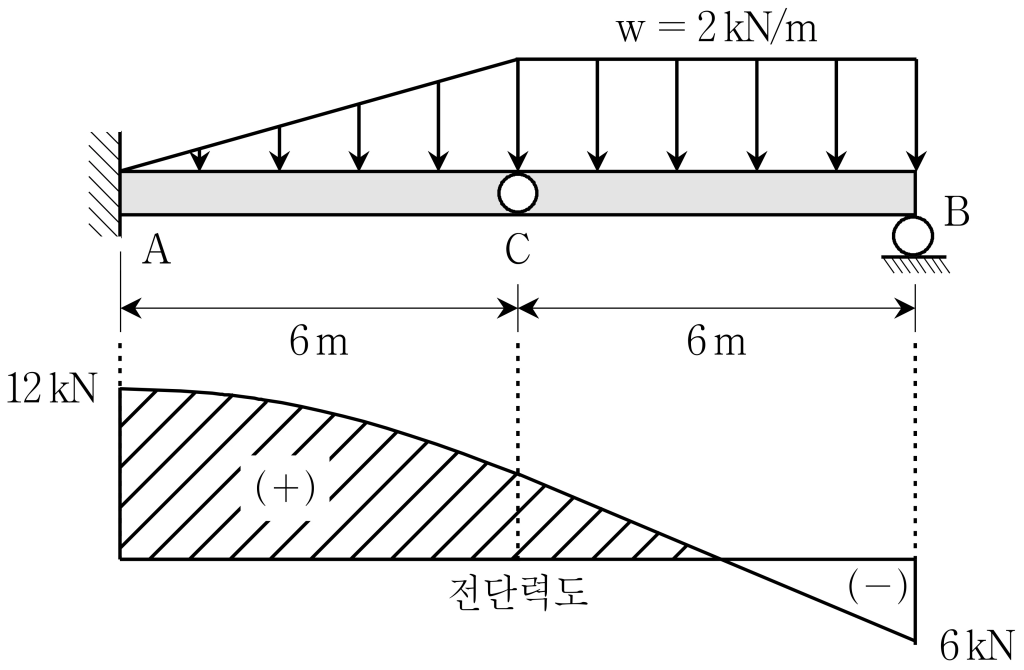
블록의 수직항력: 롤러와 블록 사이에 마찰이 없으므로 접촉력은 수직방향으로만 전달된다. 보는 롤러를 통해 블록을 아래로 6 kN만큼 누른다. 블록과 롤러의 자중을 무시하므로, 블록의 수직방향 평형에서 **바닥의 수직항력은 보에서 전달된 힘과 같다**. 따라서 바닥의 수직항력 N은 6 kN이다.

미끄러짐 한계: P가 블록을 오른쪽으로 밀면 바닥의 정지마찰력 F는 왼쪽으로 작용한다. 정지 상태에서는 F = P이고, 정지마찰력은 $F \le \mu_s N$을 만족해야 한다. **움직이기 직전의 한계 상태**에서 $F_{\max} = \mu_s N$이므로, 정지마찰계수 0.3과 수직항력 6 kN을 대입하면 최대정지마찰력은 $0.3 \times 6 = 1.8$ kN이다.

따라서 허용되는 P의 최댓값은 1.8 kN이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같은 하중이 작용하는 게르버 보에 대해 작성된 전단력도의 빗금 친 부분의 면적[kN·m]은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 9

② 51

③ 60

④ 69

정답 4번

간단한 해설

A~C에서는 삼각형 분포하중 때문에 전단력이 **포물선으로 감소**하고, C~B에서는 등분포하중 때문에 직선으로 감소한다. 빗금 친 양(+)의 면적은 A~C의 60 kN·m와 C 이후 삼각형의 9 kN·m를 더한 69 kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

A~C 구간의 전단력: 그림에서 A의 전단력은 12 kN이고, A~C와 C~B의 길이는 각각 6 m이다. A에서 오른쪽으로 잰 거리를 x[m]라 하면, A~C의 하중강도는 $w(x) = \frac{2}{6}x$ [kN/m]이다. 전단력은 **그 지점까지 작용한 하향 분포하중의 합력만큼 감소**하므로, $V(x) = 12 - \frac{1}{2}x \cdot \frac{2x}{6} = 12 - \frac{x^2}{6}$ [kN]이다. 따라서 C의 전단력은 $V(6) = 12 - \frac{6^2}{6} = 6$ kN이다.

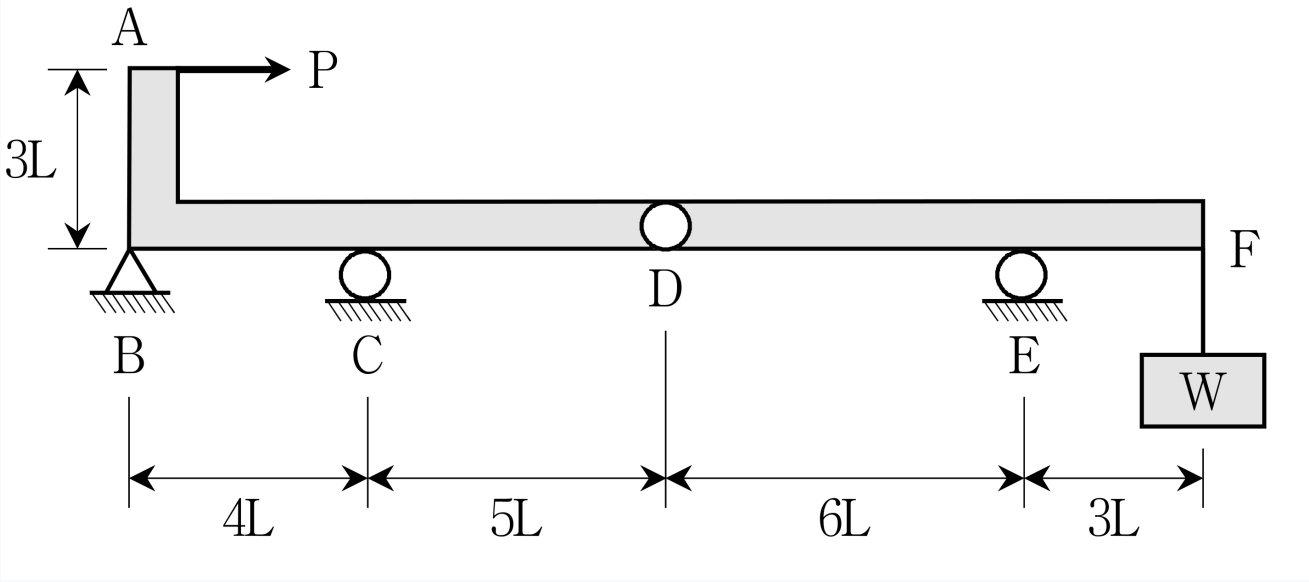
A~C 구간의 면적: 전단력도의 면적은 전단력을 보의 길이에 대해 적분한 값이다. 이 구간은 전단력이 계속 양수이며, 경계가 포물선이므로 직선으로 연결한 사다리꼴의 면적을 사용하지 않는다. 면적은 $S_{AC} = \int_0^6 \left(12 - \frac{x^2}{6}\right)dx$이고, $S_{AC} = \left[12x - \frac{x^3}{18}\right]_0^6 = 72 - 12 = 60$ kN·m이다.

C 이후의 빗금 면적: C~B에는 2 kN/m의 등분포하중이 작용하므로 전단력은 1 m마다 2 kN씩 감소한다. C의 전단력 6 kN이 0이 되는 지점은 C에서 $\frac{6}{2} = 3$ m 떨어진 곳이다. 따라서 **C에서 전단력이 0이 되는 지점까지**의 빗금은 밑변 3 m, 높이 6 kN인 삼각형이며, 그 면적은 $S_C = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 6 = 9$ kN·m이다. 그 지점부터 B까지의 음(-)의 부분은 빗금 영역에 포함되지 않는다.

전체 빗금 면적은 60 + 9 = 69 kN·m이며, ④의 69에 해당한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 절점 D에 내부힌지를 갖는 게르버 보의 A점에는 수평하중 P가 작용하고 F점에는 무게 W가 매달려 있을 때, 지점 C에서 수직 반력이 발생하지 않도록 하기 위한 하중 P와 무게 W의 비(P/W)는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



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

정답 1번

간단한 해설

내부힌지 D를 기준으로 오른쪽 부분의 평형을 구하면, D점은 왼쪽 부분에 위쪽으로 $\frac{W}{2}$의 힘을 전달한다. **C점의 수직 반력이 0**이면 B점에 대한 모멘트 평형에서 $9L \cdot \frac{W}{2} = 3LP$이므로 $\frac{P}{W} = \frac{3}{2}$이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 B와 D 사이의 수평거리는 4L + 5L = 9L이고, DE = 6L, EF = 3L, AB = 3L이다. 구조물의 자중은 무시하며, **내부힌지는 모멘트를 전달하지 않으므로** D에서 구조물을 나누어 각 부분에 힘과 모멘트의 평형을 적용한다.

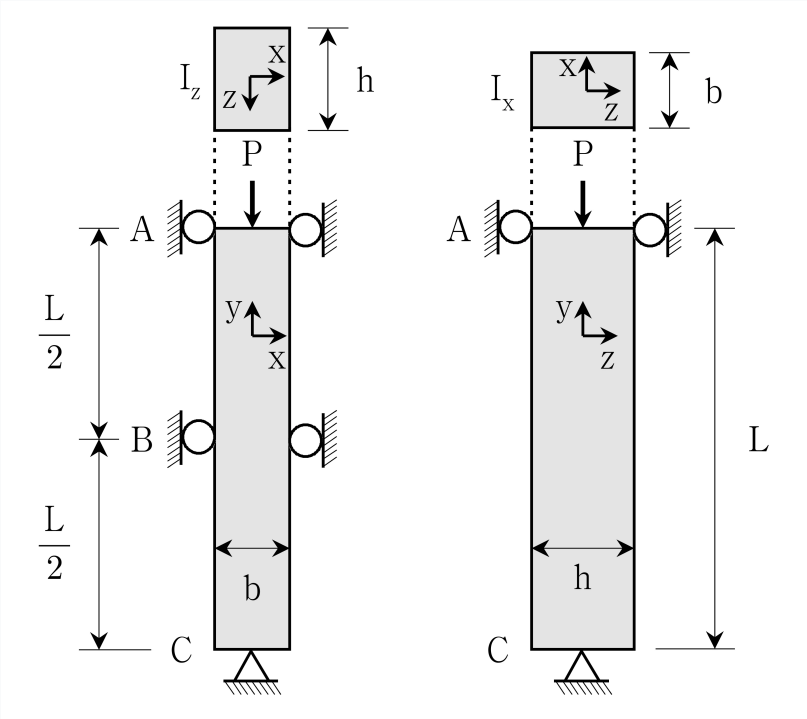
오른쪽 DF 부분: 왼쪽 부분이 오른쪽 부분의 D점에 가하는 힘을 아래쪽으로 V_D라 둔다. E점에 대해 모멘트를 취하면 E점 반력은 모멘트를 만들지 않는다. D점의 아래쪽 힘은 반시계방향, F점의 무게 W는 시계방향 모멘트를 만들므로 $6L \cdot V_D - 3L \cdot W = 0$이다. 따라서 $V_D = \frac{W}{2}$이며, 작용·반작용에 따라 **왼쪽 부분의 D점에는 위쪽으로** 같은 크기의 힘이 작용한다.

왼쪽 부분: C점의 위쪽 수직 반력을 R_C라 둔다. B점에 대해 모멘트를 취하면 B점의 수평·수직 반력은 식에서 사라진다. C점 반력과 D점의 위쪽 힘은 반시계방향 모멘트를, A점의 오른쪽 수평하중 P는 시계방향 모멘트를 만든다. 이때 P의 모멘트팔은 **작용선과 B점 사이의 수직거리 3L**이므로 $4L \cdot R_C + 9L \cdot V_D - 3L \cdot P = 0$이다.

반력이 발생하지 않는 조건 $R_C = 0$과 $V_D = \frac{W}{2}$를 대입하면 $9L \cdot \frac{W}{2} = 3LP$이다. 이를 정리하면 $\frac{P}{W} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2}$로, 하중과 무게의 비는 단위가 없는 값이며 ①에 해당한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 축하중 P를 받고 있는 기둥 ABC의 중앙 B점에서는 x방향의 변위가 구속되어 있고 양끝단 A점과 C점에서는 x방향과 z방향의 변위가 구속되어 있을 때, 기둥 ABC의 탄성좌굴을 발생시키는 P의 최솟값은? (단, 탄성계수 E = $\frac{L^2}{\pi^2}$, 단면 2차모멘트 $I_x = 20\pi$, $I_z = \pi$로 가정한다)



① 2π

② 4π

③ 5π

④ 20π

정답 2번

간단한 해설

B점에서 x방향 변위가 구속되므로 **x방향 좌굴의 유효길이**는 $L/2$이다. 두 방향의 탄성좌굴하중은 각각 4π와 20π이므로, 먼저 좌굴이 발생하는 하중은 **작은 값인 4π**이다.

NoteBase

계산 과정

탄성좌굴에는 오일러 식 $P_{cr}=\frac{\pi^2 EI}{\ell_e^2}$을 적용한다. 여기서 ℓ_e는 해당 좌굴 방향의 유효길이이고, I는 휨이 일어나는 축에 대한 단면 2차모멘트이다. 그림의 지점은 횡변위를 구속하되 회전을 허용하므로, 각 방향의 횡지지 간격으로 유효길이를 정한다. 주어진 탄성계수에서 $\pi^2 E = L^2$이다.

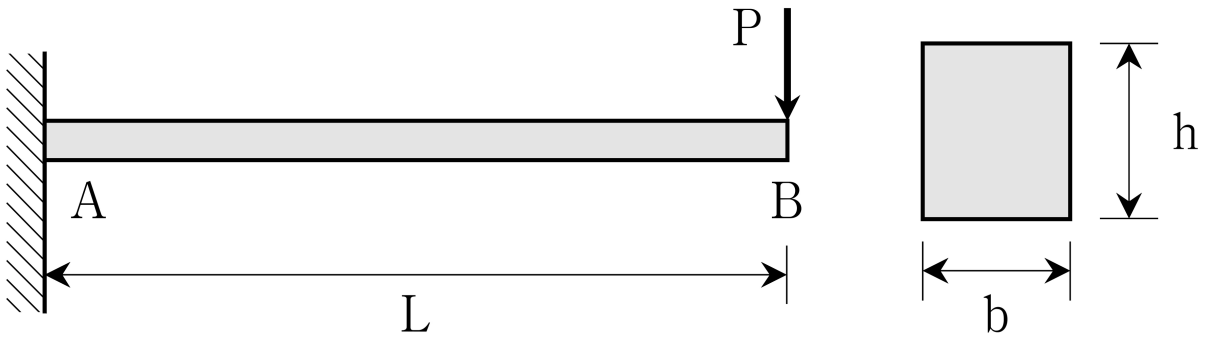
x방향 좌굴: x방향으로 휘면 z축에 대한 휨이므로 $I_z=\pi$를 사용한다. 그림 왼쪽에서는 A·B·C점 모두 x방향 변위가 구속되어 있고 AB와 BC의 길이가 각각 $L/2$이므로, **유효길이는 전체 길이의 절반**이다. 따라서 $P_{cr,x}=\frac{\pi^2 EI_z}{(L/2)^2}$이며, $P_{cr,x}=4I_z=4\pi$이다.

z방향 좌굴: z방향으로 휘면 x축에 대한 휨이므로 $I_x=20\pi$를 사용한다. 그림 오른쪽에서는 A·C점만 z방향 횡변위를 구속하고 **B점에는 z방향 구속이 없으므로**, 유효길이는 L이다. 따라서 $P_{cr,z}=\frac{\pi^2 EI_x}{L^2}=I_x=20\pi$이다.

최소 좌굴하중: 하중을 증가시키면 두 방향 중 임계하중이 작은 방향에서 먼저 좌굴한다. 4π가 20π보다 작으므로, 기둥 ABC의 탄성좌굴을 발생시키는 P의 최솟값은 4π이며 ②에 해당한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 집중하중 P를 받는 캔틸레버 보에서 보의 높이 h가 폭 b와 같을 경우($h = b$) B점의 수직방향 처짐량이 8 mm라면, 동일한 하중조건에서 B점의 수직방향 처짐량이 27 mm가 되기 위한 보의 높이 h는? (단, 구조물의 자중은 무시하고 단면폭 b는 일정하게 유지한다)



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

정답 2번

간단한 해설

하중·길이·재료와 단면폭이 같으면 처짐량은 **높이의 세제곱에 반비례**한다. 처짐량이 8 mm에서 27 mm로 커지려면 높이는 원래의 $\frac{2}{3}$배인 $h = \frac{2}{3}b$가 되어야 한다.

계산 과정

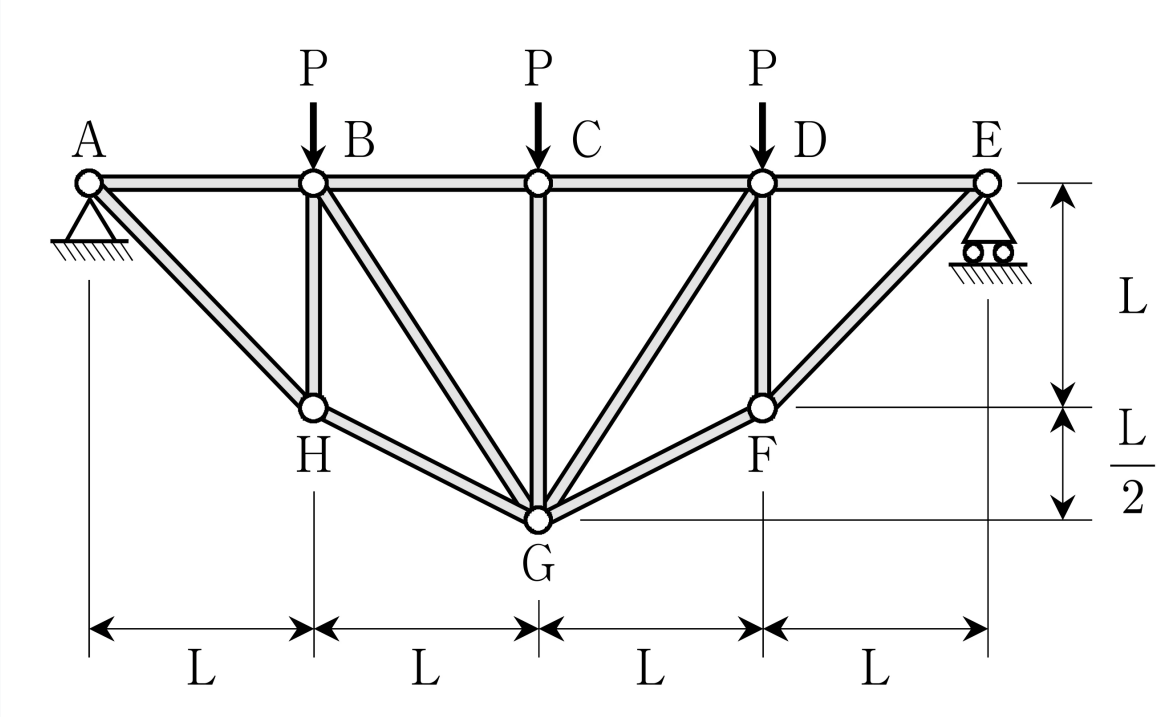
그림은 A가 고정되고 자유단 B에 집중하중 P가 작용하는 캔틸레버 보이다. 보의 길이를 L, 재료의 탄성계수를 E, 단면2차모멘트를 I라 하면 B점의 처짐량 크기는 $\delta = \frac{PL^3}{3EI}$이다. 자중은 무시하고 하중·길이·재료는 그대로이므로, 처짐량의 변화는 단면2차모멘트의 변화로 결정된다.

직사각형 단면이 수직하중으로 휘어질 때 $I = \frac{bh^3}{12}$이다. **폭 b가 일정**하므로 $\delta \propto \frac{1}{h^3}$이다. 처음 높이는 b이고 변경 후 높이는 h이므로, 처짐량의 비는 $\frac{27}{8} = \left(\frac{b}{h}\right)^3$이다. 두 처짐량의 단위가 모두 mm이므로 비를 구할 때 단위는 소거된다.

역수를 취하면 $\left(\frac{h}{b}\right)^3 = \frac{8}{27}$이고, 양변의 세제곱근을 취하면 $\frac{h}{b} = \frac{2}{3}$이다. 즉 높이를 줄여 휨에 대한 강성을 낮추면 처짐량이 증가한다. 필요한 높이는 $h = \frac{2}{3}b$로, ②에 해당한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 트러스에서 부재 BC의 부재력의 크기는? (단, 모든 부재의 자중은 무시하고, 모든 내부 절점은 힌지로 이루어져 있다)



① $\frac{P}{3}$

② P

③ $2P$

④ $\frac{4}{3}P$

정답 4번

간단한 해설

BC·BG·HG를 절단하고 **G점에 대한 모멘트 평형**을 적용하면, G점을 지나는 BG와 HG의 부재력은 식에서 사라진다. BC의 모멘트팔은 $\frac{3L}{2}$이며, 부재력의 크기는 $\frac{4P}{3}$인 압축력이다.

NoteBase

계산 과정

1. 부재력과 치수: 자중을 무시하고 절점이 힌지인 트러스이므로 각 부재에는 부재축 방향의 인장력 또는 압축력이 작용한다. 그림에서 상부 절점 사이의 수평거리는 각각 L이고, G점에서 상부 수평부재까지의 높이는 $L + \frac{L}{2} = \frac{3L}{2}$이다.

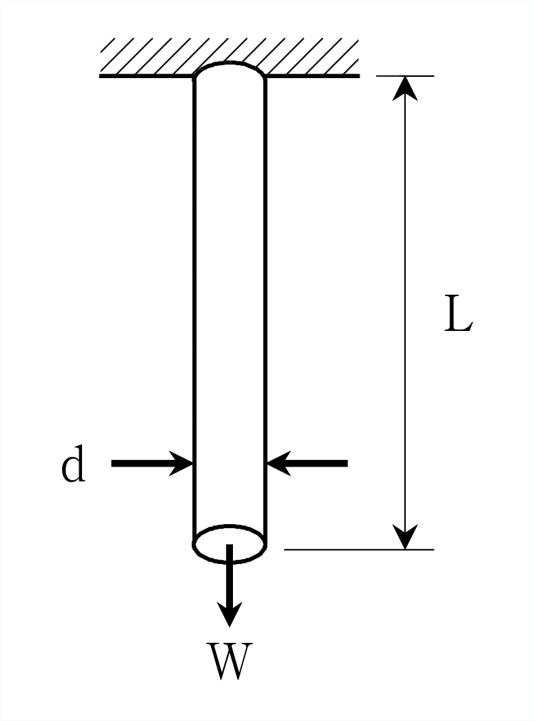
2. 지점반력: A는 힌지지점, E는 롤러지점이다. 외부 수평하중이 없으므로 A의 수평반력은 0이다. B·C·D에 작용하는 하중과 형상이 좌우 대칭이고 총 수직하중이 3P이므로, 위쪽 수직반력은 각각 $A_y = E_y = \frac{3P}{2}$이다.

3. 절단면과 모멘트 중심: BC·BG·HG를 가로질러 절단한 뒤 A·B·H를 포함하는 왼쪽 부분을 취한다. **BG와 HG의 부재력 작용선은 모두 G점을 지나므로**, G점에 대한 모멘트에는 기여하지 않는다. BC는 수평이므로 그 부재력의 모멘트팔은 G점과 상부 부재 사이의 수직거리 $\frac{3L}{2}$이다.

4. BC의 부재력: BC가 압축을 받는다고 가정하고 그 크기를 C_{BC}라 두면, 왼쪽 절단면에는 왼쪽 방향으로 작용한다. G점에 대해 반시계방향을 양으로 잡으면 BC의 압축력과 B점의 하중 P는 양의 모멘트, A의 위쪽 반력은 음의 모멘트를 만든다. 각 수평거리는 G에서 B까지 L, G에서 A까지 2L이므로 평형식은 다음과 같다.
$C_{BC} \cdot \frac{3L}{2} + PL - A_y \cdot 2L = 0.$
$C_{BC} \cdot \frac{3L}{2} = 3PL - PL = 2PL$이므로 $C_{BC} = \frac{2PL}{3L/2} = \frac{4P}{3}$이다. 양수이므로 가정한 압축 방향과 일치한다. 부재력은 P와 같은 힘의 단위를 가지며, 그 크기 $\frac{4P}{3}$은 ④의 값과 같다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 천장에 수직으로 고정되어 있는 길이 L, 지름 d인 원형 강철봉에 무게가 W인 물체가 달려있을 때, 강철봉에 작용하는 최대응력은? (단, 원형 강철봉의 단위중량은 γ이다)



① $\frac{4W}{\pi d^2} + \gamma L$
② $\frac{4W}{\pi d^2} + \frac{\pi d^2 \gamma L}{4}$
③ $\frac{2W}{\pi d^2} + \gamma L$
④ $\frac{2W}{\pi d^2} + \frac{\pi d^2 \gamma L}{2}$

정답 1번

간단한 해설

천장 쪽 단면은 **물체의 무게와 강철봉 전체의 자중**을 함께 지지하므로 인장응력이 가장 크다. 이 힘을 원형 단면적으로 나누면 최대응력은 $\frac{4W}{\pi d^2} + \gamma L$이다.

NoteBase

계산 과정

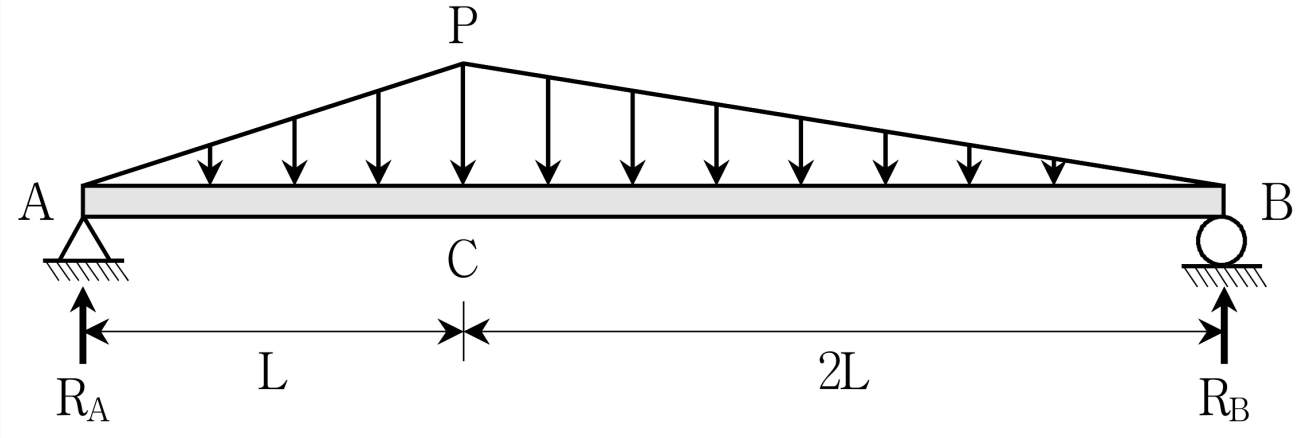
단면적과 자중: 지름이 d인 원형 강철봉의 단면적을 A라 하면 $A = \frac{\pi d^2}{4}$이다. 단위중량 γ는 **단위부피당 무게**이므로, 부피가 AL인 강철봉 전체의 자중은 γAL이다.

최대 축력의 위치: 그림의 하단 하중 W는 봉을 아래로 당긴다. 봉의 어느 단면을 잘라 아래쪽 부분의 평형을 생각하면, 그 단면의 인장 축력은 W와 절단면 아래에 있는 봉의 자중을 합한 값이다. 위쪽 단면일수록 지지하는 봉의 길이가 길어지므로 **천장 바로 아래 단면에서 축력이 최대**가 되며, $N_{\max} = W + \gamma AL$이다. 단면적이 일정하므로 인장응력도 이 위치에서 최대이다.

최대응력 계산: 축방향 인장응력은 축력을 단면적으로 나눈 값이다. 따라서 $\sigma_{\max} = \frac{W + \gamma AL}{A}$이고, 이를 나누어 쓰면 $\sigma_{\max} = \frac{W}{A} + \gamma L$이다. 여기에 원형 단면적을 대입하면 $\sigma_{\max} = \frac{4W}{\pi d^2} + \gamma L$로, ①의 식과 일치한다. 자중에 의한 응력은 **봉의 자중을 다시 단면적으로 나눈 값**이므로 γL만 남는다. 두 항 모두 힘을 면적으로 나눈 응력의 단위를 갖는다.

NoteBase

문 13. 그림과 같은 분포하중을 받는 보에서 B점의 수직반력(R_B)의 크기는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{1}{6}PL$

② $\frac{1}{3}PL$

③ $\frac{2}{3}PL$

④ $\frac{5}{6}PL$

정답 3번

간단한 해설

분포하중을 두 삼각형으로 나누면 각 합력은 **삼각형의 도심**에 작용한다. A점에 대한 모멘트 평형을 적용하면 B점의 위쪽 반력은 $R_B = \frac{2}{3}PL$이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 AC의 길이는 L, CB의 길이는 2L이므로 지점 간 거리 AB는 3L이다. P는 C점에서의 최대 분포하중 강도이며, 힘을 길이로 나눈 단위를 갖는다. 구조물의 자중은 무시하고, 아래로 작용하는 분포하중만 고려한다.

AC 구간: 삼각형 분포하중의 합력은 하중도 면적과 같으므로 $W_1 = \frac{1}{2}PL$이다. 작용점은 **하중 강도가 큰 C점에서 AC 길이의 1/3만큼 떨어진 곳**이므로 A점에서의 거리는 $x_1 = \frac{2}{3}L$이다. 이 합력이 A점에 만드는 시계방향 모멘트는 $M_1 = W_1 x_1 = \frac{1}{3}PL^2$이다.

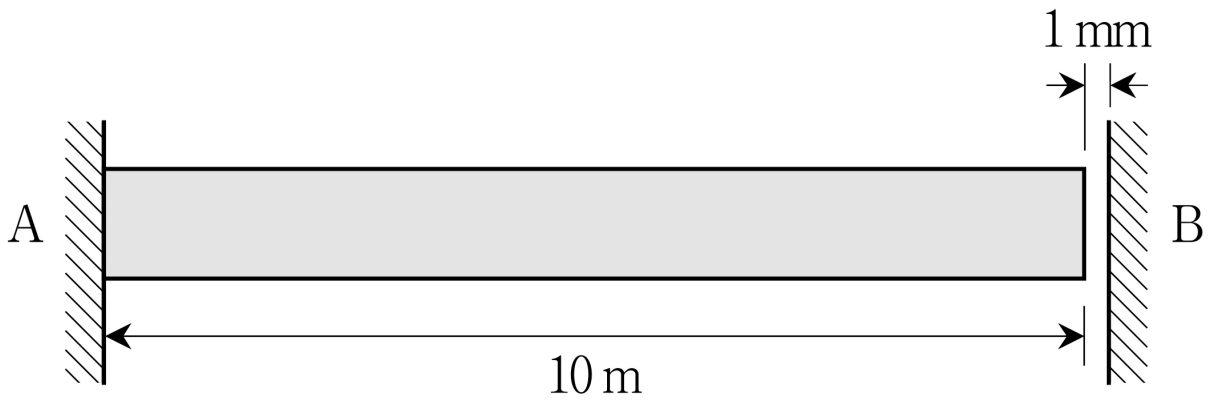
CB 구간: 밑변이 2L인 삼각형이므로 합력은 $W_2 = \frac{1}{2}P \cdot 2L = PL$이다. 작용점은 C점에서 B점 쪽으로 $\frac{2}{3}L$ 떨어져 있으므로, **A점에서의 거리에는 AC 길이 L도 포함**해야 한다. 따라서 $x_2 = L + \frac{2}{3}L = \frac{5}{3}L$이고, 시계방향 모멘트는 $M_2 = W_2 x_2 = \frac{5}{3}PL^2$이다.

모멘트 평형: A점을 기준으로 하면 A점 반력의 모멘트는 0이고, B점의 위쪽 반력은 반시계방향 모멘트를 만든다. 따라서 $R_B \cdot 3L = M_1 + M_2$이며, 두 하중의 모멘트 합은 $M_1 + M_2 = 2PL^2$이다.

이를 지점 간 거리 3L로 나누면 $R_B = \frac{2PL^2}{3L} = \frac{2}{3}PL$이다. 반력은 위쪽으로 작용하며 그 크기는 ③의 값과 일치한다. P가 단위길이당 힘이므로 PL은 힘의 단위를 갖는다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 한 쪽 끝은 벽에 고정되어 있고 다른 한 쪽 끝은 벽과 1 mm 떨어져 있는 수평부재가 있다. 부재의 온도가 20 °C 상승할 때, 부재 내에 발생하는 압축응력의 크기[kPa]는? (단, 보 부재의 탄성계수 $E = 2$ GPa**, 열팽창계수** $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\mathrm{C}$**이며, 자중은 무시한다.)**



① 100
② 200
③ 300
④ 400

정답 2번

간단한 해설

자유 열팽창량 2 mm 중 틈새 1 mm를 넘는 **1 mm의 팽창이 구속**된다. 이 구속량에 해당하는 압축변형률에 탄성계수를 곱하면 압축응력은 200 kPa이다.

NoteBase

계산 과정

1. 조건과 단위: 그림에서 부재 길이는 L = 10 m = 10,000 mm이고, 오른쪽 벽과의 틈새는 1 mm이다. 온도 상승량은 20 °C, 열팽창계수는 $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\mathrm{C}$, 탄성계수는 E = 2 GPa = 2,000,000 kPa이다. 자중은 무시한다.

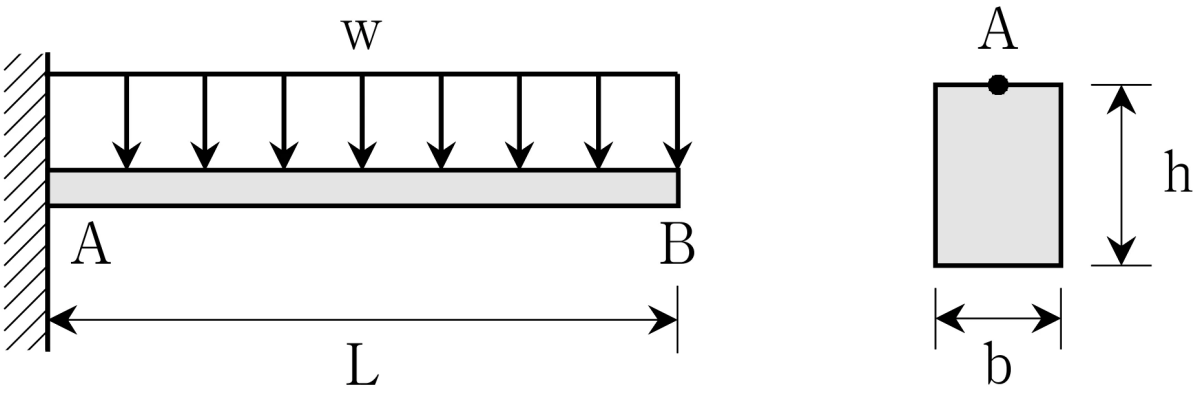
2. 자유 열팽창량: 축방향 팽창을 구속하지 않을 때 열변형률은 $\alpha\Delta T = 0.0002$이다. 길이 변화는 열변형률에 원래 길이를 곱한 값이므로 $\delta_T = \alpha\Delta TL$이다. 따라서 자유 열팽창량은 0.0002 × 10,000 = 2 mm이다.

3. 구속되는 팽창량: 오른쪽 끝이 벽에 닿기 전까지는 축방향으로 자유롭게 늘어나므로 압축응력이 생기지 않는다. 벽에 닿은 뒤에는 추가 팽창이 막혀, 최종적으로 부재가 늘어날 수 있는 길이는 틈새인 1 mm이다. 따라서 자유 열팽창량에서 **틈새를 뺀 2 − 1 = 1 mm**가 압축에 의한 탄성 수축량에 해당한다.

4. 압축응력: 압축변형률의 크기는 탄성 수축량을 원래 길이로 나눈 값이므로 $\varepsilon_c = \frac{1}{10{,}000} = 0.0001$이다. 선형 탄성관계 $\sigma_c = E\varepsilon_c$를 적용하면 압축응력의 크기는 2,000,000 × 0.0001 = 200 kPa이다. 이는 ②의 200 kPa와 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 단위중량 γ, 길이 L인 캔틸레버 보에 자중에 의한 분포하중 w가 작용할 때, 보의 고정단 A점에 발생하는 휨 응력에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 보의 단면은 사각형이고 전구간에서 동일하다)



① 폭 b가 2배가 되면 휨 응력값은 2배가 된다.

② 높이 h가 2배가 되면 휨 응력값은 $\frac{1}{2}$배가 된다.

③ 단위중량 γ가 2배가 되면 휨 응력값은 2배가 된다.

④ 길이 L이 2배가 되면 휨 응력값은 4배가 된다.

정답 1번

간단한 해설

폭이 2배가 되면 자중에 의한 휨모멘트와 단면계수가 모두 2배가 되어 **휨 응력은 변하지 않는다**. 자중도 단면 크기에 따라 달라지므로, 휨모멘트를 일정하게 두고 판단해서는 안 된다.

NoteBase

선지별 해설

그림의 보는 전 구간에서 단면이 일정하므로 자중은 등분포하중으로 작용한다. 단위중량은 단위부피당 무게이므로 단위길이당 하중은 $w = \gamma bh$이다. 전체 하중 wL의 작용점은 고정단에서 $L/2$ 떨어져 있으므로, 고정단 휨모멘트의 크기는 $M_A = \frac{wL^2}{2}$이다.

사각형 단면의 단면계수는 $Z = \frac{bh^2}{6}$이다. 단면 위쪽 끝에 표시된 A점은 중립축에서 가장 멀리 있으므로 휨 응력의 크기는 $\sigma_A = \frac{M_A}{Z}$로 구한다. 자중을 대입하여 정리하면 $\sigma_A = \frac{3\gamma L^2}{h}$이다. 각 선지는 나머지 조건을 그대로 두고 해당 변수만 바꾼 경우로 판단한다.

① X: 폭 b가 2배가 되면 단면적이 2배가 되어 자중하중과 휨모멘트가 2배가 된다. 동시에 단면계수도 2배가 되므로 둘의 비인 **휨 응력은 그대로이다**. '2배가 된다'를 '변하지 않는다'로 고친다.

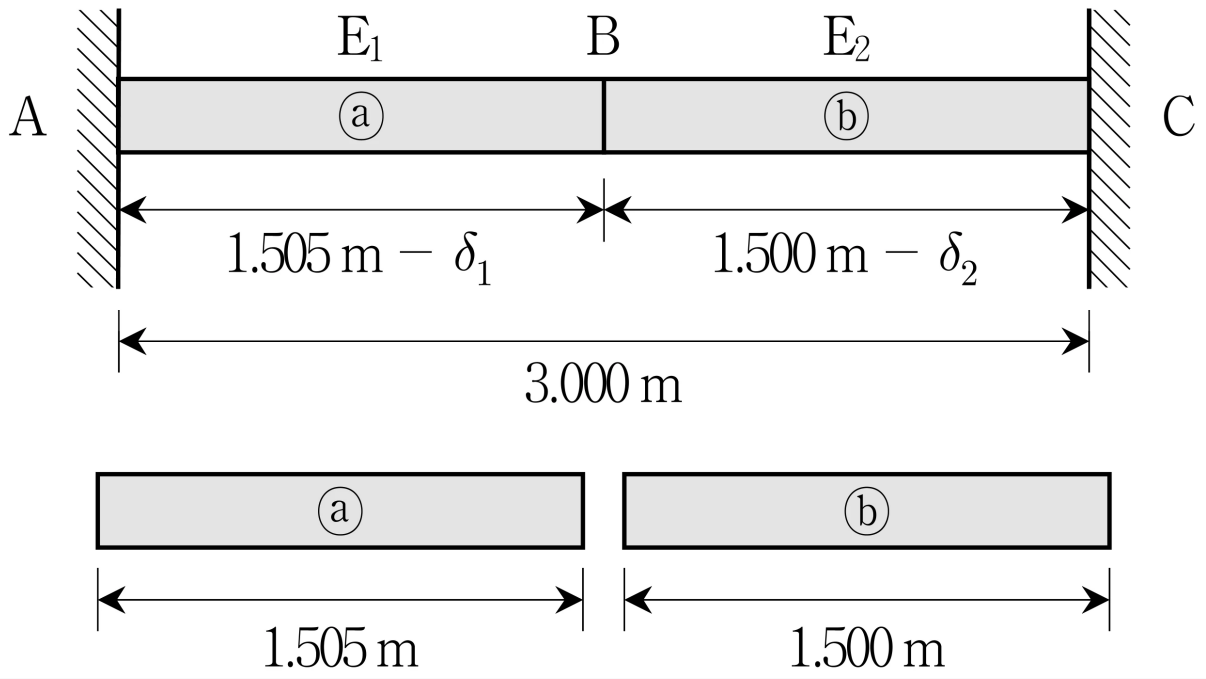
② O: 높이 h가 2배가 되면 자중하중과 휨모멘트는 2배가 되지만, 단면계수는 높이의 제곱에 비례하여 4배가 된다. 따라서 휨 응력은 원래의 $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$배가 된다. 자중을 함께 고려한 휨 응력은 **높이에 반비례한다**.

③ O: 단위중량 γ가 2배가 되면 같은 단면과 길이에서 자중하중과 휨모멘트가 2배가 된다. 단면계수는 변하지 않으므로 휨 응력도 2배가 된다.

④ O: 길이 L이 2배가 되면 전체 자중이 2배가 되고, 그 합력의 작용점까지 고정단으로부터의 거리도 2배가 된다. 따라서 휨모멘트가 4배가 되며, 단면계수는 그대로이므로 휨 응력도 4배가 된다. 즉, 휨 응력은 **길이의 제곱에 비례한다**.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 길이가 각각 1.505 m, 1.500 m이고 동일한 단면적을 갖는 부재 ⓐ와 ⓑ를 폭이 3.000 m인 강체 벽체 A와 C 사이에 강제로 끼워 넣었다. 이때 부재 ⓐ는 δ_1, 부재 ⓑ는 δ_2만큼 길이가 줄어들었다면, 줄어든 길이의 비($\delta_1 : \delta_2$)는? (단, 부재의 자중은 무시하고, ⓑ의 탄성계수 E_2가 부재 ⓐ의 탄성계수 E_1의 3배이다)



① 0.723 : 1.000

② 1.505 : 1.000

③ 3.010 : 1.000

④ 4.515 : 1.000

정답 3번

간단한 해설

두 부재에는 **같은 압축력**이 작용하고 단면적도 같으므로, 줄어든 길이는 원래 길이에 비례하고 탄성계수에 반비례한다. 길이 차이와 탄성계수의 비를 함께 반영하면 $\delta_1 : \delta_2 = 3.010 : 1.000$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전체 단축량: 두 부재의 원래 길이 합은 1.505 + 1.500 = 3.005 m로, 벽체 사이 거리 3.000 m보다 0.005 m 길다. 강체 벽체는 움직이지 않으므로 두 부재가 줄어든 길이의 합은 $\delta_1 + \delta_2 = 0.005\text{m}$, 즉 5 mm이다.

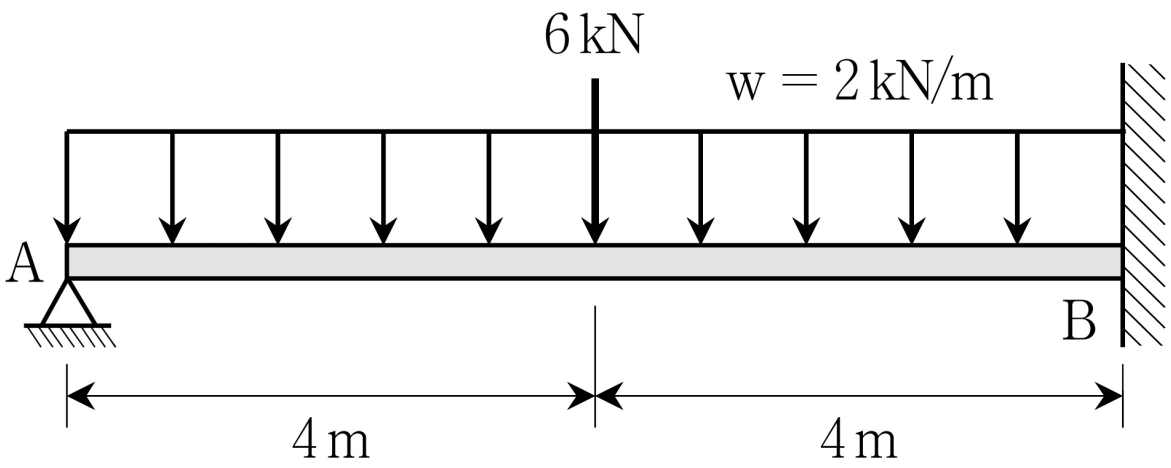
2. 압축력과 변형 관계: 그림에서 두 부재는 B에서 맞닿아 직렬로 놓여 있고, B에 별도의 외력이 작용하지 않으므로 **두 부재의 압축력 크기는 같다**. 그 크기를 P, 공통 단면적을 S라 하자. 선형탄성 축변형식 $\delta = \frac{PL}{SE}$를 적용하면 $\delta_1 = \frac{PL_1}{SE_1}$, $\delta_2 = \frac{PL_2}{SE_2}$이다. 여기서 L은 변형 전 길이이며, 압축으로 줄어든 길이를 양수로 나타낸다.

3. 단축량의 비: 두 식을 나누면 공통인 P와 S가 소거되어 $\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{L_1}{L_2} \cdot \frac{E_2}{E_1}$이 된다. **변형 전 길이**는 각각 1.505 m, 1.500 m이고 $E_2 = 3E_1$이므로, $\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{1.505}{1.500} \cdot 3 = 3.010$이다. 따라서 탄성계수가 작은 ⓐ가 ⓑ보다 3.010배 많이 줄어든다.

줄어든 길이의 비는 $\delta_1 : \delta_2 = 3.010 : 1.000$으로, ③의 값과 일치한다. 같은 길이 단위끼리 나눈 비이므로 단위는 없다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 부정정보에서 B점의 고정단 모멘트[kN · m]의 크기는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 20

② 25

③ 30

④ 35

정답 2번

간단한 해설

A점의 **처짐이 0**이라는 조건으로 위쪽 반력 7.875 kN을 구한다. 이 반력을 포함하여 B점의 모멘트 평형을 적용하면 고정단 모멘트의 크기는 25 kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 해석 방법: 그림에서 보의 전체 길이는 L = 8 m, 전 구간의 등분포하중은 w = 2 kN/m, 중앙 집중하중은 P = 6 kN이다. B점에서 집중하중까지의 거리를 a라 하면 a = 4 m이다. 자중은 무시하고, 일정한 휨강성 EI를 갖는 선형 탄성보로 해석한다. E는 탄성계수, I는 단면2차모멘트이다.

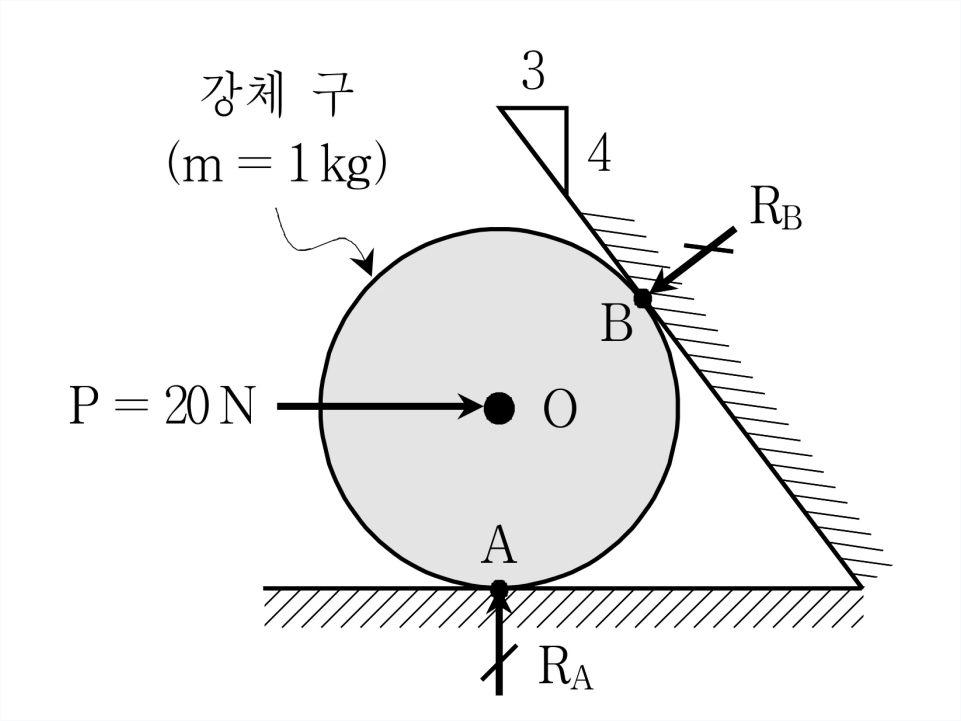
A점의 변형 조건: A점의 연직 지지를 제거하면 B점이 고정된 외팔보가 된다. 제거한 지지의 효과를 A점의 위쪽 반력 R_A로 대신한다. 원래 구조에서 **A점의 연직 처짐은 0**이므로, 등분포하중과 집중하중에 의한 아래쪽 처짐의 합이 반력에 의한 위쪽 처짐과 같아야 한다. 외팔보 자유단 A에서 각 처짐의 크기는 $\delta_w = \frac{wL^4}{8EI}$, $\delta_P = \frac{Pa^2(3L-a)}{6EI}$, $\delta_R = \frac{R_A L^3}{3EI}$이므로, $\delta_w + \delta_P = \delta_R$를 적용한다.

A점 반력 계산: 처짐 조건을 반력에 대해 정리하면 $R_A = \frac{3wL}{8} + \frac{Pa^2(3L-a)}{2L^3}$이다. 첫째 항은 등분포하중에 의한 반력으로 $\frac{3 \cdot 2 \cdot 8}{8} = 6$ kN이다. 둘째 항은 중앙 집중하중에 의한 반력이며, $a = \frac{L}{2}$를 대입하면 $\frac{5P}{16} = \frac{5 \cdot 6}{16} = 1.875$ kN이다. 따라서 A점의 전체 위쪽 반력은 6 + 1.875 = 7.875 kN이다.

B점 모멘트 계산: 등분포하중의 합력은 $2 \times 8 = 16$ kN이고, 작용점은 B에서 4 m 떨어진 중앙이다. 집중하중 6 kN도 B에서 4 m 떨어져 있다. 두 하중은 B점에 대해 반시계방향 모멘트를 만들고, A점의 위쪽 반력은 **반대인 시계방향 모멘트**를 만든다. 따라서 고정단이 부담할 모멘트의 크기는 $|M_B| = 16 \cdot 4 + 6 \cdot 4 - 7.875 \cdot 8$에서 64 + 24 − 63 = 25 kN·m이다. B점의 고정단 모멘트 크기는 25 kN·m로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 두 벽면 사이에 놓여있는 강체 구(질량 m = 1 kg)의 중심(O)에 수평방향 외력(P = 20 N)이 작용할 때, 반력 R_A의 크기[N]는? (단, 벽과 강체 구 사이의 마찰은 없으며, 중력가속도는 10 m/s^{2}로 가정한다)



① 15

② 20

③ 25

④ 30

정답 3번

간단한 해설

마찰이 없으므로 경사면의 반력은 **왼쪽 아래 방향**으로 작용한다. 이 반력의 아래쪽 성분 15 N까지 바닥이 지탱해야 하므로, 바닥 반력은 무게 10 N을 더한 25 N이다.

NoteBase

계산 과정

1. 작용하는 힘: 구의 무게는 W = mg = 1 × 10 = 10 N으로 아래쪽에 작용하고, 외력 P = 20 N은 오른쪽에 작용한다. 마찰이 없으므로 접촉 반력은 각각 **접촉면에 수직**이다. 따라서 A점의 반력 R_A는 위쪽, B점의 반력 R_B는 왼쪽 아래 방향이다.

2. 경사면 반력의 성분: 그림의 작은 직각삼각형에서 경사면의 수평 길이와 수직 길이의 비는 3 : 4이고 빗변은 5이다. 반력은 경사면에 수직이므로 **반력의 수평·수직 성분 크기의 비는 4 : 3**이다. 따라서 R_B의 왼쪽 성분은 $\frac{4}{5}R_B$, 아래쪽 성분은 $\frac{3}{5}R_B$이다.

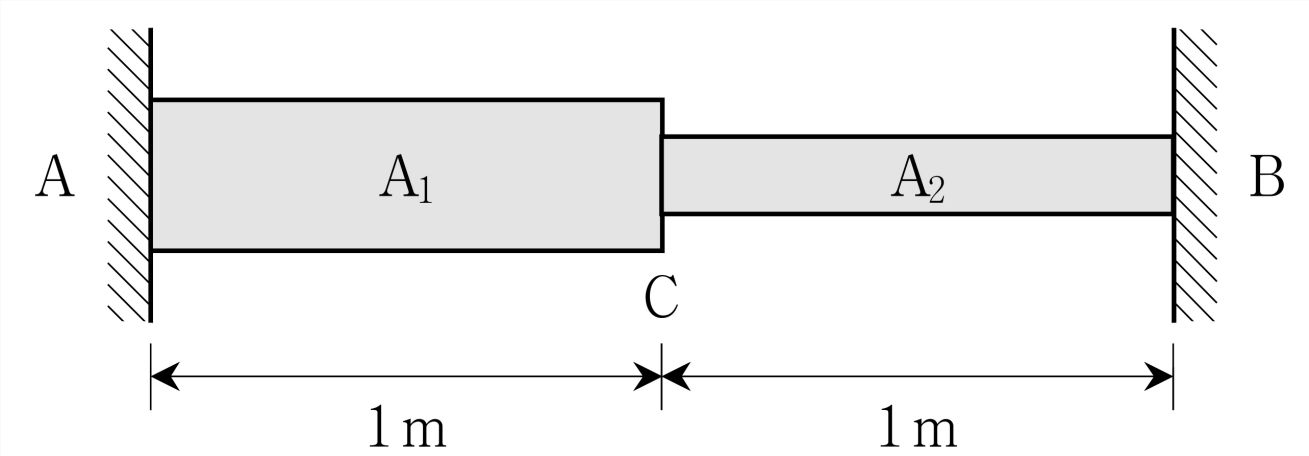
3. 수평방향 평형: 오른쪽 외력 20 N과 경사면 반력의 왼쪽 성분이 같아야 한다. 따라서 $\frac{4}{5}R_B = 20$이고, $R_B = 20 \cdot \frac{5}{4} = 25\text{N}$이다. 이때 반력의 아래쪽 성분은 $\frac{3}{5} \cdot 25 = 15\text{N}$이다.

4. 수직방향 평형: 바닥 반력은 **구의 무게와 경사면 반력의 아래쪽 성분을 모두** 지탱한다. 따라서 $R_A - 10 - 15 = 0$에서 $R_A = 25\text{N}$이다.

구한 바닥 반력 25 N은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 재료와 길이가 동일하고 단면적이 각각 $A_1 = 1{,}000\ \text{mm}^2$, $A_2 = 500\ \text{mm}^2$인 부재가 있다. 부재의 양쪽 끝은 고정되어 있고 온도가 최초 대비 10℃ 올라갔을 때, 이로 인해 유발되는 A점에서의 반력 변화량[kN]은? (단, 부재의 자중은 무시하고 탄성계수 $E = 210\ \text{GPa}$, 열팽창계수 $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$이다)



① 8.0

② 14.0

③ 24.0

④ 42.0

정답 2번

간단한 해설

양단이 고정되어 있으므로 **전체 열팽창량과 압축력에 의한 전체 단축량이 같아야 한다.** 두 구간에 같은 압축력이 작용한다는 조건을 적용하면 A점의 반력 변화량은 14.0 kN이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 축력: 그림의 AC와 CB는 각각 길이가 1 m인 직렬 부재이다. 각 구간의 길이를 L로 두면 L = 1,000 mm이며, 탄성계수는 $E = 210{,}000\ \text{N/mm}^2$이다. 접합점 C에 외력이 없으므로 두 구간에는 **같은 크기의 압축력** P가 발생한다. 이 힘의 크기가 A점의 반력 변화량과 같다.

자유 열팽창량: 구속이 없다면 각 구간은 $\alpha L \Delta T$만큼 늘어난다. 여기서 $\alpha \Delta T = 1.0 \times 10^{-5} \times 10 = 10^{-4}$이므로, 두 구간의 자유 열팽창량 합계는 $2\alpha L \Delta T = 2 \times 10^{-4} \times 1{,}000 = 0.2$ mm이다.

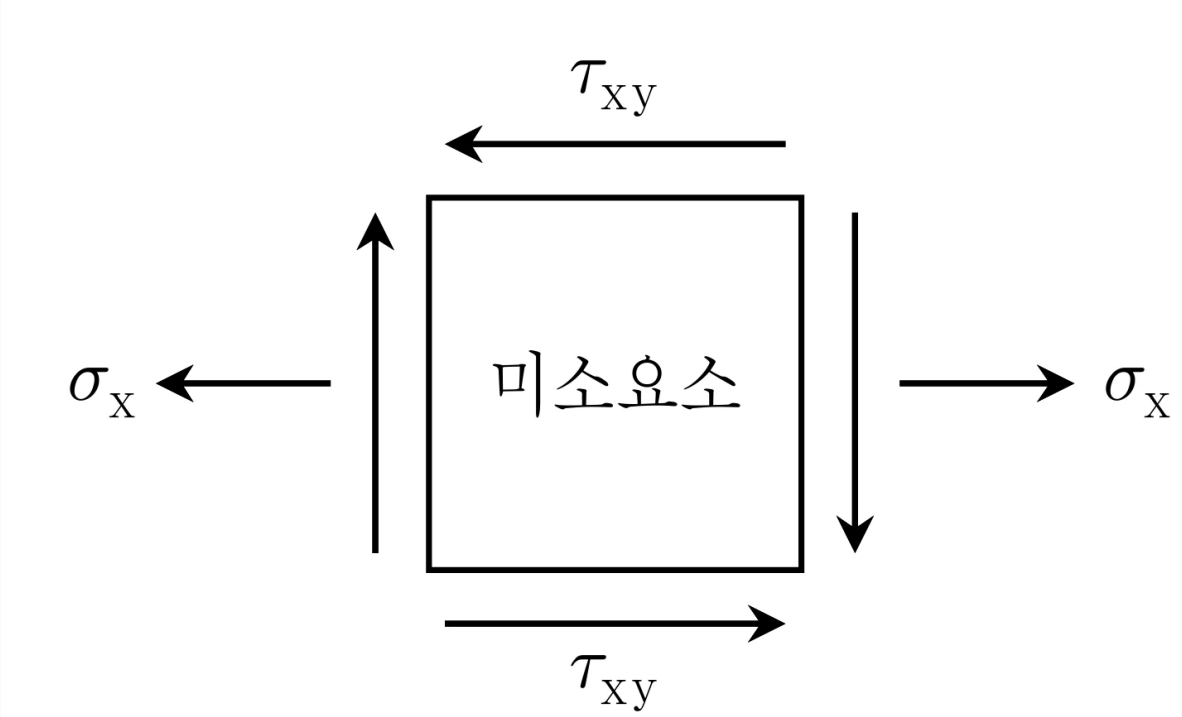
변형 적합조건: 압축력 P에 의한 각 구간의 탄성 단축량은 $PL/(EA_i)$이다. 양단 A와 B가 고정되어 **두 구간의 실제 길이 변화 합계가 0**이므로, 전체 탄성 단축량이 자유 열팽창량과 같아야 한다. 따라서 $\frac{PL}{EA_1} + \frac{PL}{EA_2} = 2\alpha L \Delta T$이다. 두 구간의 길이가 같으므로 L을 소거하여 $P = \frac{2E\alpha\Delta T}{1/A_1 + 1/A_2}$를 얻는다.

압축력 계산: $E\alpha\Delta T = 210{,}000 \times 10^{-4} = 21\ \text{N/mm}^2$이고, $\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} = \frac{3}{1{,}000}\ \text{mm}^{-2}$이다. 이를 대입하면 $P = \frac{2 \times 21}{3/1{,}000} = 14{,}000$ N이다.

반력 변화량: 온도 상승에 따른 A점 반력은 부재의 팽창을 억제하는 오른쪽 방향으로 14.0 kN만큼 증가한다. 따라서 반력 변화량의 크기는 14.0 kN이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같은 평면응력상태에 있는 미소요소에서 발생할 수 있는 최대 전단응력의 크기[MPa]는? (단, $\sigma_x = 36$ MPa, $\tau_{xy} = 24$ MPa)



① 30

② 40

③ 50

④ 60

정답 1번

간단한 해설

최대 전단응력은 **모어 원의 반지름**에 해당한다. 그림에서 $\sigma_y = 0$이므로, 수직응력 차의 절반인 18 MPa와 전단응력 24 MPa로 구한 최대 전단응력은 30 MPa이다.

NoteBase

계산 과정

응력 성분: 그림의 좌우 면에는 인장응력 $\sigma_x = 36$ MPa가 작용하고, 상하 면에는 수직응력이 없으므로 $\sigma_y = 0$이다. 전단응력의 크기는 $|\tau_{xy}| = 24$ MPa이다.

최대 전단응력 관계: 면의 방향이 바뀔 때 수직응력과 전단응력의 조합은 모어 원 위에서 변한다. 따라서 전단응력 크기의 최댓값은 **원의 반지름**이며, $\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$로 구한다. 전단응력의 부호는 제곱되므로 이 계산 결과에 영향을 주지 않는다.

수치 대입: 수직응력 차의 절반은 $\frac{36 - 0}{2} = 18$ MPa이다. 따라서 $\tau_{\max} = \sqrt{18^2 + 24^2} = 30$ MPa이며, 이는 ①의 30 MPa에 해당한다.

NoteBase