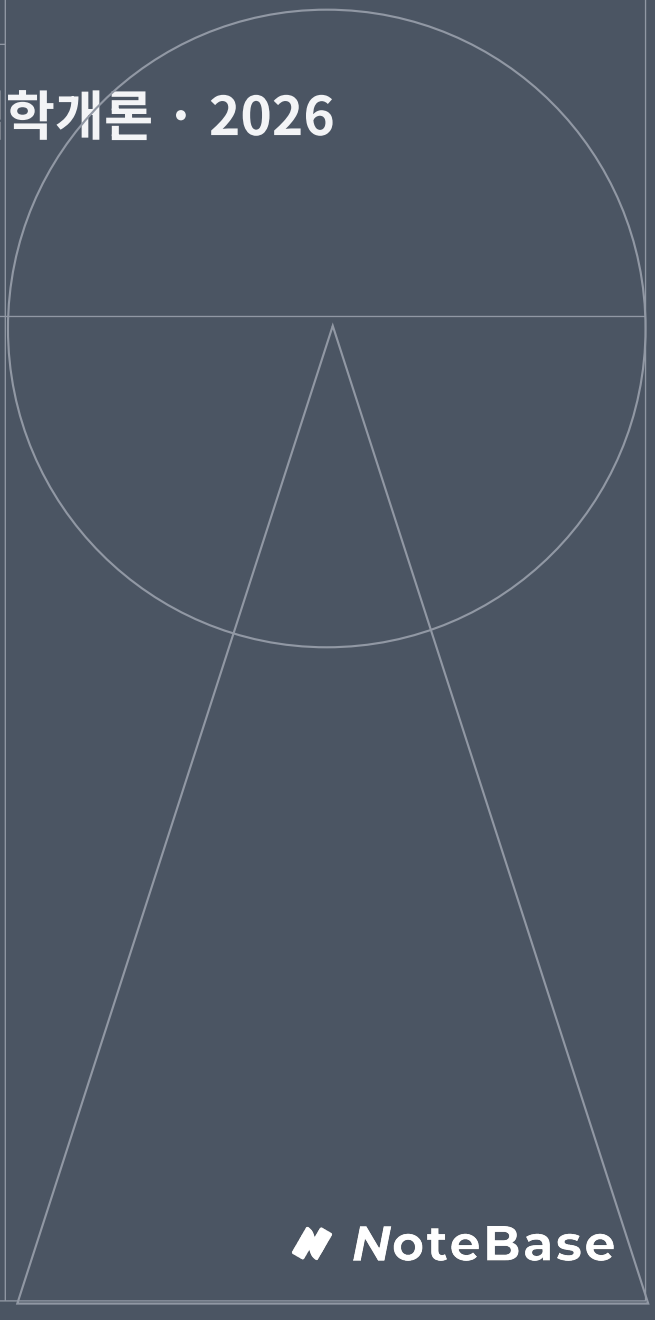
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2026



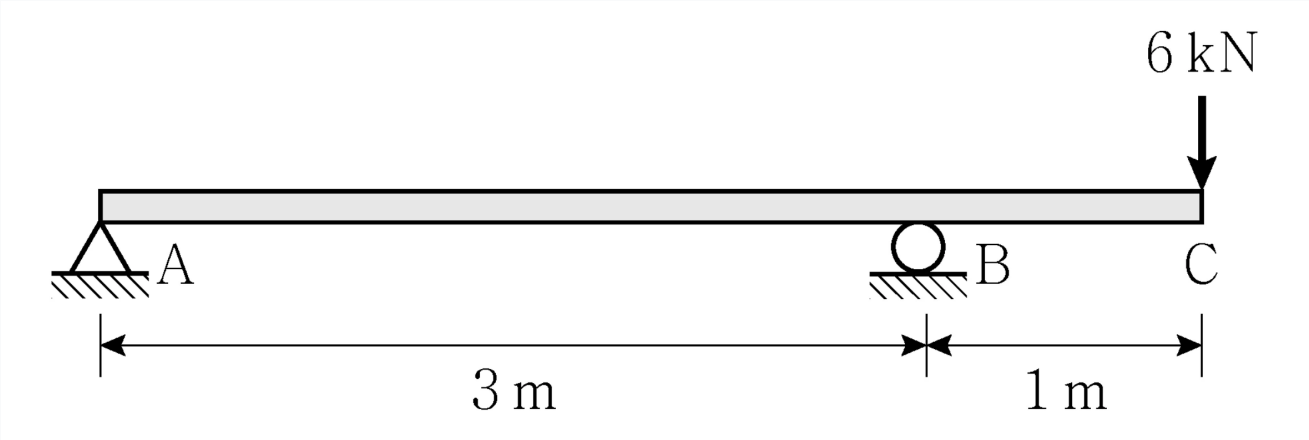
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2026

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2026

문 1. 그림과 같이 내민보의 자유단 C점에 6 kN의 집중하중이 작용할 때, 지점 B의 수직반력 크기[kN]는? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 6

② 8

③ 10

④ 12

정답 2번

간단한 해설

A점을 기준으로 모멘트 평형을 세우면 B 반력의 팔길이는 3 m, C점 하중의 팔길이는 4 m이다. 두 힘의 모멘트가 같아야 하므로 B의 수직반력은 **위쪽으로 8 kN**이다.

NoteBase

계산 과정

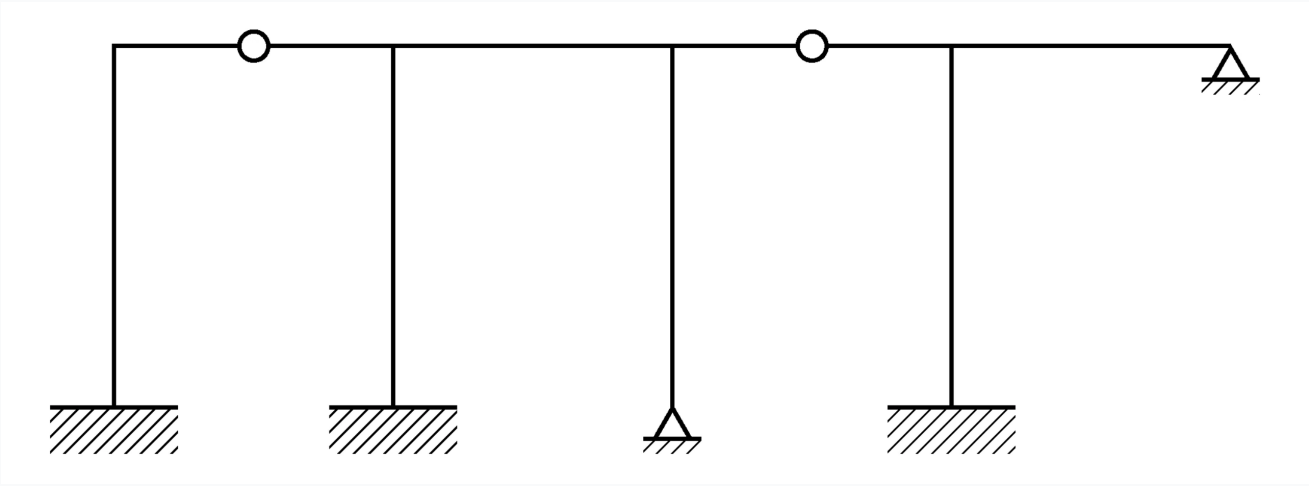
그림에서 AB는 3 m, BC는 1 m이므로 AC는 4 m이다. 보의 자중을 무시하고, B점의 수직반력을 위쪽으로 작용하는 R_B라 둔다. 모멘트는 힘과 그 작용선까지의 수직거리를 곱한 값이며, 이 문제에서는 힘이 수직이므로 수평거리가 팔길이가 된다.

A점을 기준으로 모멘트 평형을 적용하면 A점 반력은 팔길이가 0이어서 식에서 제외된다. C점의 아래쪽 하중은 시계방향으로 $6 \times 4 = 24$ kN·m의 모멘트를 만들고, B점의 위쪽 반력은 반시계방향 모멘트를 만든다. 반시계방향을 양으로 하고 힘은 kN, 거리는 m로 대입하면 $3R_B - 6 \cdot 4 = 0$이다.

따라서 $R_B = \frac{6 \cdot 4}{3} = 8$kN이다. 양수이므로 가정한 위쪽 방향으로 작용하며, 수직반력의 크기 8 kN은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 라멘 구조물의 부정정 차수는?



① 8차

② 9차

③ 10차

④ 11차

정답 1번

간단한 해설

두 내부힌지는 **모멘트를 전달하지 않으므로** 각각 부정정 차수를 1씩 낮춘다. 지점반력 13개에서 전체 평형조건 3개와 내부힌지 조건 2개를 빼면 **8차 부정정**이다.

NoteBase

계산 과정

지점반력 수: 왼쪽부터 첫째·둘째·넷째 기둥 하단은 고정지점이므로 수평반력·수직반력·반력모멘트가 각각 발생한다. 셋째 기둥 하단과 보의 오른쪽 끝은 힌지지점이므로 수평반력과 수직반력만 발생한다. 따라서 외부 지점반력은 $3 \times 3 + 2 \times 2 = 13$개이다.

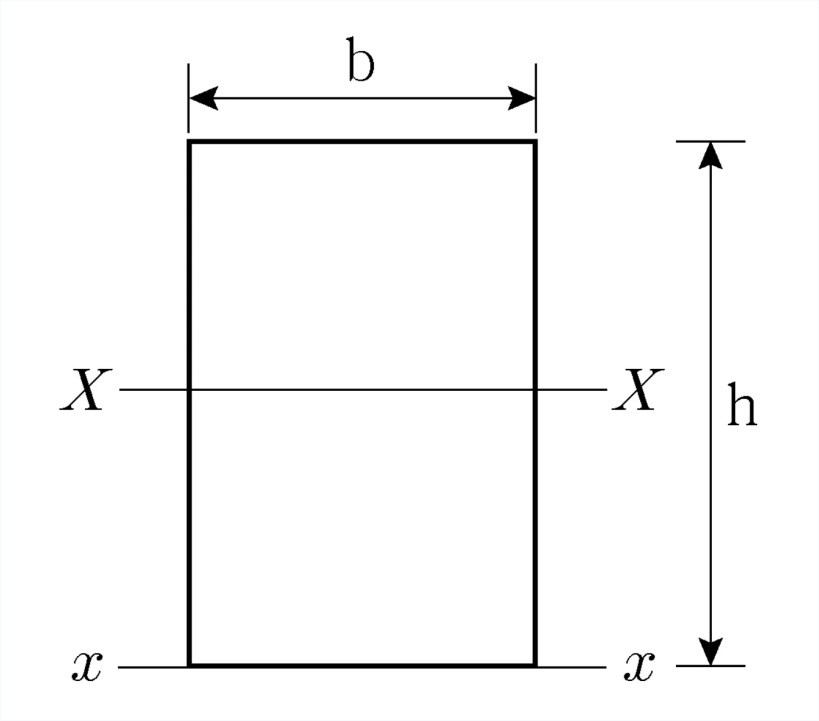
내부힌지의 미지력: 보 위의 원 두 개는 내부힌지이다. 이 두 곳에서 분리하면 구조물은 세 부분으로 나뉜다. 내부힌지는 **수평력과 수직력은 전달하지만 모멘트는 전달하지 않는다**. 각 힌지의 양쪽 힘은 작용·반작용 관계이므로 독립 미지력은 힌지 하나당 2개이다. 따라서 분리한 구조물 전체의 미지력 수는 $13 + 2 \times 2 = 17$개이다.

평형방정식 수: 분리된 각 부분에는 수평력 평형, 수직력 평형, 모멘트 평형의 세 식을 적용할 수 있다. 즉, 각 부분에 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M = 0$을 적용하므로 독립 평형방정식은 $3 \times 3 = 9$개이다.

부정정 차수: 부정정 차수는 **독립 평형방정식만으로 결정할 수 없는 미지력의 수**이다. 미지력 17개에서 평형방정식 9개를 빼면 $17 - 9 = 8$이므로 8차 부정정이며, ①의 8차에 해당한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같은 직사각형 단면에서 도심축 $X-X$와 이에 평행한 하단축 $x-x$에 대한 단면2차모멘트의 비 $I_X : I_x$는?



① 1 : 0.5

② 1 : 2

③ 1 : 3

④ 1 : 4

정답 4번

간단한 해설

하단축은 도심축에서 높이의 절반만큼 떨어져 있으므로 **평행축 정리**를 적용한다. 하단축의 단면2차모멘트는 도심축의 4배가 되어, $I_X : I_x = 1 : 4$이다.

NoteBase

계산 과정

축과 치수: 그림의 직사각형은 폭이 b, 높이가 h이고 면적은 $A = bh$이다. 도심은 높이의 중앙에 있으므로 도심축 $X - X$와 하단축 $x - x$ 사이의 수직거리는 $d = \frac{h}{2}$이다.

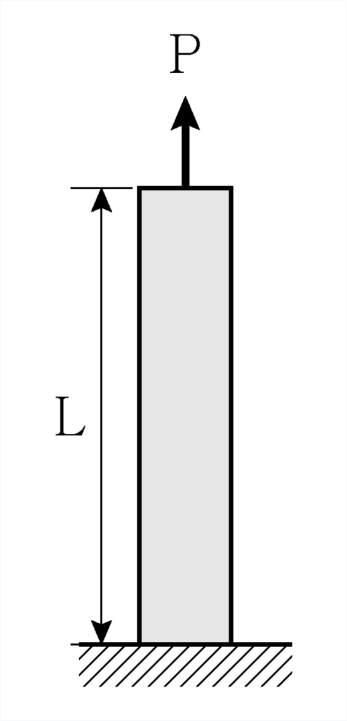
도심축에 대한 값: 단면2차모멘트는 각 미소면적에 축까지의 거리의 제곱을 곱하여 합한 값이다. 폭 b, 높이 h인 직사각형의 수평 도심축에 대해서는 $I_X = \frac{bh^3}{12}$이다.

하단축에 대한 값: **도심축과 평행한 축**에 대해서는 평행축 정리 $I_x = I_X + Ad^2$를 적용한다. 여기서 $Ad^2 = bh\left(\frac{h}{2}\right)^2 = \frac{bh^3}{4}$는 축을 도심에서 하단으로 옮길 때 더해지는 양이다. 따라서 $I_x = \frac{bh^3}{12} + \frac{bh^3}{4} = \frac{bh^3}{3}$이다.

비의 계산: $I_X : I_x = \frac{bh^3}{12} : \frac{bh^3}{3} = 1 : 4$이다. 두 값은 모두 길이의 네제곱 차원을 가지므로 비에는 단위가 없으며, ④의 1 : 4와 일치한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 직경 d = 10 mm인 원형단면을 갖는 길이 L인 강재 축부재가 인장력 P를 받고 있을 때, 부재 축강성의 크기[N]는? (단, 강재의 탄성계수 E = 200 GPa이고, π = 3으로 가정한다)



① 5×10^6

② 10×10^6

③ 15×10^6

④ 20×10^6

정답 3번

간단한 해설

문제에서 단위를 N으로 제시한 **축강성은 EA**로, 탄성계수 E와 단면적 A의 곱이다. 원형단면의 면적 75 mm^2에 탄성계수를 곱하면 $15 \cdot 10^6$ N이다.

NoteBase

계산 과정

축강성의 의미: 선형탄성 범위에서 축방향 응력과 변형률은 $\sigma = E\varepsilon$의 관계를 갖는다. 축력은 $P = \sigma A = EA\varepsilon$이므로, 이 문제에서 묻는 단위가 N인 축강성 EA는 **축력과 축방향 변형률의 비**이다. 길이 L은 늘어난 길이 δ를 구하는 $\delta = \frac{PL}{EA}$에 쓰이며, EA 자체를 계산할 때는 필요하지 않다.

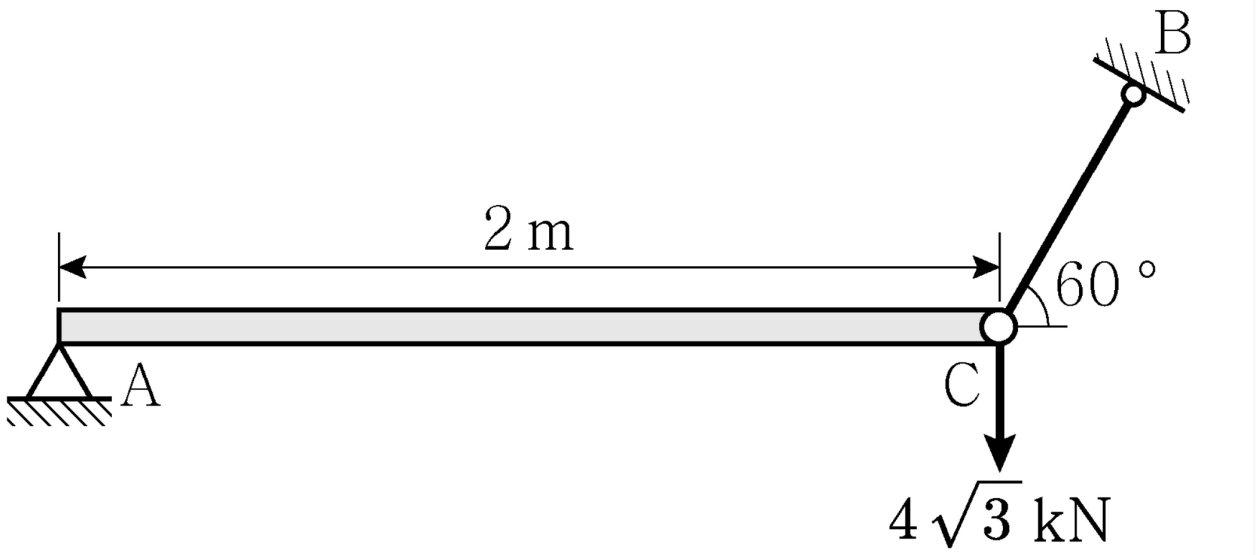
단면적 계산: 직경 d = 10 mm인 원형단면의 면적은 $A = \frac{\pi d^2}{4}$이다. 주어진 π = 3을 적용하면 $A = \frac{3 \cdot 10^2}{4} = 75\ \text{mm}^2$이다.

탄성계수의 단위 변환: 단면적을 mm^2로 구했으므로 **탄성계수도 N/mm^2로 맞춘다**. 1 GPa = 1000 N/mm^2이므로 E = 200 GPa = 200000 N/mm^2이다.

축강성 계산: $EA = 200000 \cdot 75 = 15 \cdot 10^6$ N이다. 탄성계수의 단위 N/mm^2에 면적의 단위 mm^2를 곱하여 N이 남는다. 계산값은 ③의 $15 \cdot 10^6$ N과 일치한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 핀으로 연결된 절점 C에 수평부재 AC와 경사부재 BC가 연결되어 있다. 부재 BC는 수평과 60°를 이루고 있으며, 절점 C에는 아래 방향으로 하중 $4\sqrt{3}$ kN이 작용한다. 이때 절점 C의 평형을 만족시키기 위해 부재 BC에 발생하는 축력의 크기 [kN]는? (단, 부재의 자중은 무시한다)



① 4

② $4\sqrt{3}$

③ 8

④ $8\sqrt{3}$

정답 3번

간단한 해설

수평부재 AC의 축력에는 수직 성분이 없으므로, **BC 축력의 수직 성분**이 아래쪽 하중 $4\sqrt{3}$ kN을 모두 지탱해야 한다. BC가 수평과 60°를 이루므로 축력의 크기는 8 kN이다.

NoteBase

계산 과정

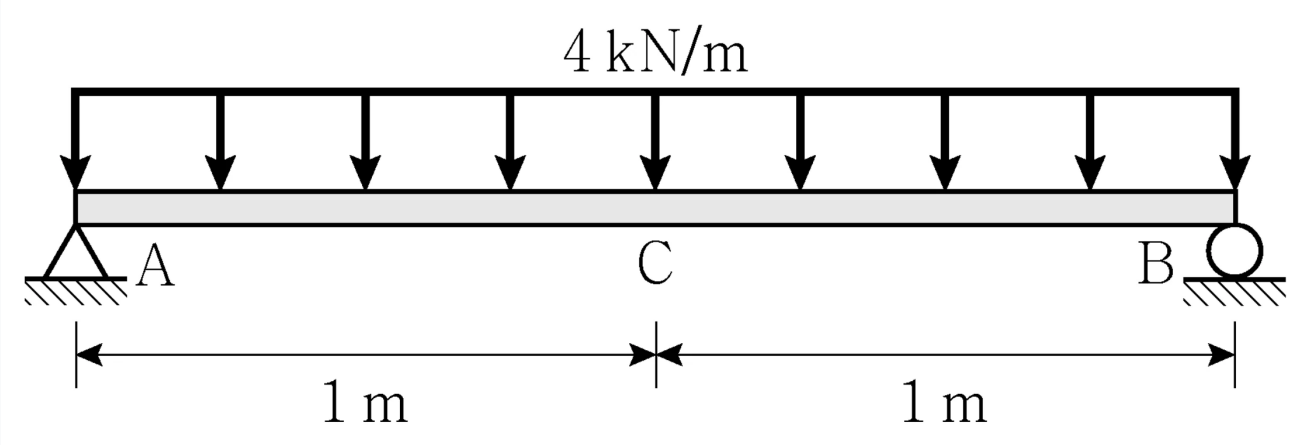
힘의 방향: 부재의 자중을 무시하고 양 끝이 핀으로 연결되어 있으므로, 각 부재는 양 끝에서 부재 축 방향의 힘만 받는 이력부재이다. 절점 C에서 AC의 축력은 수평으로 작용하여 **수직 성분이 없다**. 따라서 아래쪽 하중 $4\sqrt{3}$ kN을 지탱하려면 BC가 C를 B 쪽으로 당겨야 하며, BC에는 인장력이 발생한다.

수직방향 평형: BC 축력의 크기를 N_{BC}라 하고 위쪽을 양의 방향으로 잡는다. 그림의 60°는 **수평선과 이루는 각**이므로, 위쪽 힘 성분은 $N_{BC}\sin 60^\circ$이다. 절점 C의 수직방향 힘의 합이 0이어야 하므로 $N_{BC}\sin 60^\circ - 4\sqrt{3} = 0$이다. 이 식에서 힘의 단위는 kN이다.

축력 계산: $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$를 적용하면 $N_{BC} = \frac{4\sqrt{3}}{\sin 60^\circ} = 8$ kN이다. 이는 BC 축력 전체의 크기이며, 그 수직 성분이 주어진 하중과 같아진다. 계산한 8 kN은 ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 등분포하중이 작용하는 단순보에서 최대수직처짐 [kN · m^3/EI]은? (단, 보의 휨강성은 EI로 일정하고, 자중은 무시한다)



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

정답 2번

간단한 해설

전 구간에 등분포하중을 받는 단순보의 최대처짐은 **중앙 C점**에서 발생한다. $\delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI}$에 w = 4 kN/m, L = 2 m를 대입하면 $\frac{5}{6}$kN · m^3/EI이다.

계산 과정

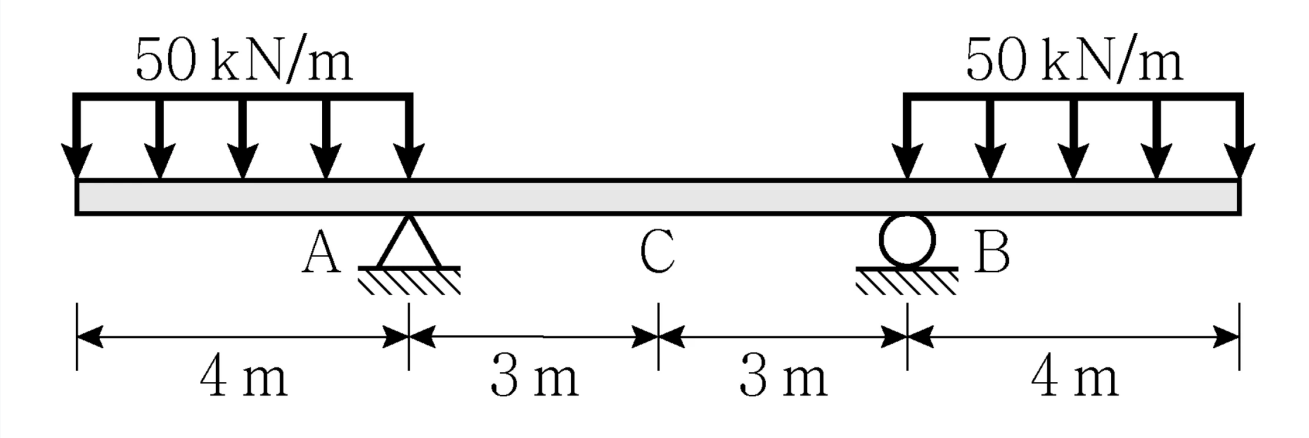
하중과 경간: 그림에서 등분포하중의 세기는 w = 4 kN/m이고, 전체 경간은 L = 1 + 1 = 2 m이다. A는 힌지, B는 롤러로 지지되어 있으며, 휨강성 EI는 일정하고 자중은 무시한다.

최대처짐 공식: **보의 전 구간에 일정한 등분포하중**이 작용하는 단순보이므로 $\delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI}$를 적용한다. 하중과 지지조건이 좌우 대칭이어서 중앙 C점의 접선 기울기가 0이 되며, 이곳에서 아래쪽 처짐이 최대가 된다. 공식의 L은 절반 길이인 1 m가 아니라 **전체 경간 2 m**이다.

수치 계산: 주어진 값을 대입하면 처짐의 계수는 $\frac{5 \cdot 4 \cdot 2^4}{384} = \frac{320}{384} = \frac{5}{6}$이다. 하중 세기의 단위 kN/m에 경간의 네제곱을 곱하므로 분자의 단위는 kN · m^3가 된다. 따라서 최대수직처짐의 크기는 $\frac{5}{6}$kN · m^3/EI이고, 주어진 단위에서 계수가 $\frac{5}{6}$인 ②에 해당한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 내민보에 등분포하중이 작용할 때, C점에서의 전단력 [kN]은? (단, 보의 자중은 무시한다)



① −200

② 0

③ 100

④ 200

정답 2번

간단한 해설

하중과 지점 배치가 C점을 기준으로 대칭이므로 A와 B의 수직반력은 각각 200 kN이다. C점 왼쪽의 **상향 반력과 하향 하중이 서로 상쇄**되어 C점의 전단력은 0 kN이다.

계산 과정

등분포하중의 합력: 양쪽 내민 부분에는 각각 50 kN/m의 하중이 4 m에 걸쳐 작용한다. 각 부분의 합력은 50 × 4 = 200 kN이며, 해당 4 m 구간의 중앙에서 아래로 작용한다. 보의 자중은 무시하므로 A와 B 사이에는 하중이 없다.

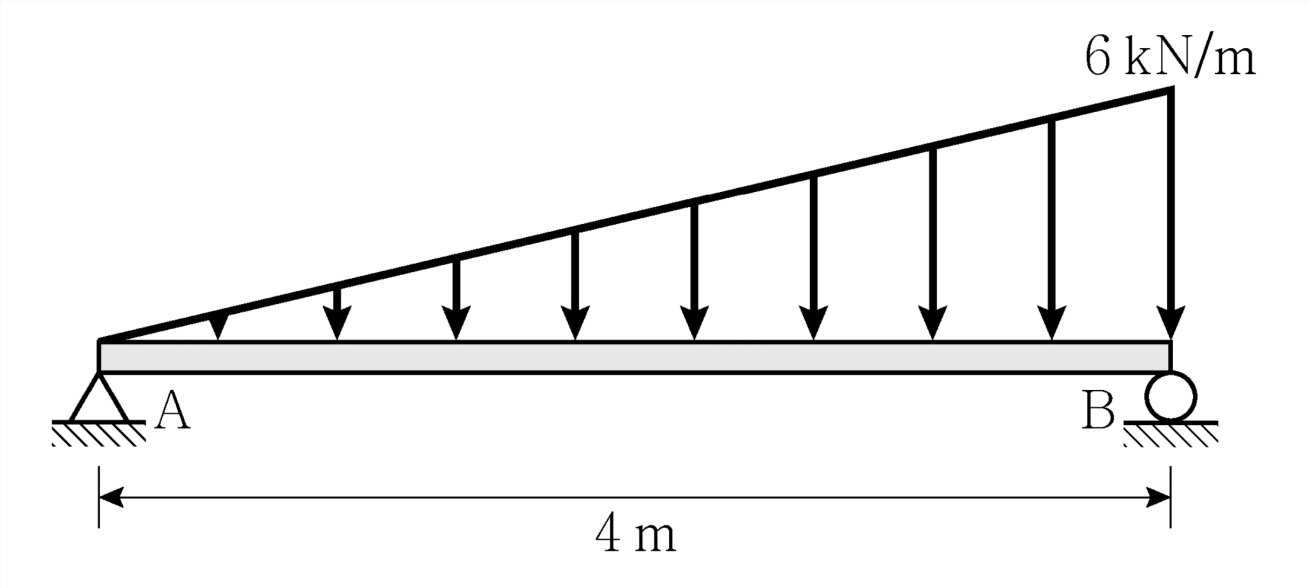
지점반력: **하중과 지점 배치가 C점에 대해 대칭**이므로 A와 B의 수직반력은 같다. 전체 보의 수직력 평형에 따라 두 반력의 합은 400 kN이므로, $R_A = R_B = \frac{200 + 200}{2} = 200\text{kN}$이다. 두 반력은 모두 위쪽으로 작용한다.

C점의 전단력: C점에서 보를 절단하여 왼쪽 부분을 살펴본다. 위쪽 외력을 양으로 합산하면 전단력은 **A의 반력에서 왼쪽 등분포하중의 합력을 뺀 값**이다. 따라서 $V_C = R_A - 200 = 200 - 200 = 0\text{kN}$이다.

C점의 전단력은 0 kN이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 단순보에 삼각형 분포하중이 작용한다. A지점으로부터 분포하중의 합력 작용점까지의 거리[m]는?



① $\frac{4}{3}$

② 2

③ $\frac{8}{3}$

④ 3

정답 3번

간단한 해설

삼각형 분포하중의 합력은 하중도형의 **도심**을 지나며, 하중이 0인 A점에서 보 길이의 2/3만큼 떨어져 작용한다. 따라서 A점으로부터의 거리는 $\frac{8}{3}$m이다.

계산 과정

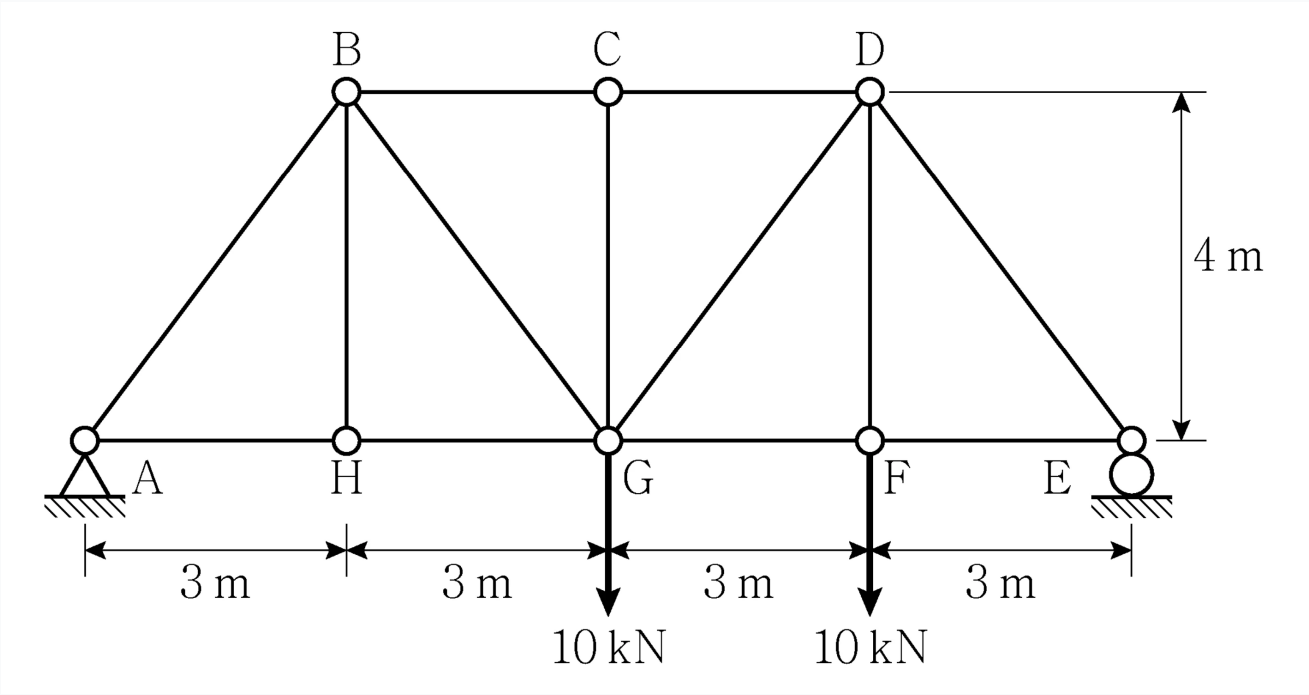
그림에서 보의 길이는 L = 4 m이고, 아래쪽 분포하중은 A점의 0에서 B점의 6 kN/m까지 선형으로 증가한다. 구할 값 x는 A점에서 합력의 작용선까지의 수평거리이다.

분포하중을 하나의 합력으로 바꾸려면 전체 힘뿐 아니라 **모멘트도 같아야 한다**. 이를 만족하는 합력의 작용선은 하중도형의 도심을 지난다. 삼각형의 도심은 하중이 0인 A점에서 $\frac{2L}{3}$, 하중이 최대인 B점에서 $\frac{L}{3}$만큼 떨어져 있으므로, 거리를 재는 기준점을 구별해야 한다.

A점을 기준으로 계산하면 $x = \frac{2}{3} \cdot 4 = \frac{8}{3}$m이다. 따라서 구한 거리는 ③의 $\frac{8}{3}$ m에 해당한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 트러스 구조물에서 부재력이 0인 부재만을 고른 것은? (단, 부재의 자중은 무시한다)



① BH, CG

② CD, DE

③ AB, BH

④ BC, BG

정답 1번

간단한 해설

H와 C에서는 외력 없이 세 부재가 만나고, 그중 두 부재가 수평으로 일직선을 이룬다. 따라서 수직방향 평형을 위해 나머지 수직부재인 **BH와 CG의 부재력은 0**이어야 한다.

NoteBase

도식 해설

부재의 자중을 무시하는 트러스에서 부재력은 각 부재의 축방향으로 작용한다. 한 절점에 세 부재가 연결되고 그중 두 부재가 일직선상에 있을 때, 그 절점에 **외력이나 지점 반력이 없으면** 나머지 부재는 영부재가 된다. 일직선에 수직인 방향으로는 나머지 부재력만 작용하므로, 평형을 이루려면 그 힘이 0이어야 한다.

H 절점: AH와 HG는 수평으로 일직선을 이루고, BH는 수직이다. H에는 하중이나 지점 반력이 없으므로 수직방향 힘의 합이 0이 되려면 **BH의 부재력이 0**이어야 한다.

C 절점: BC와 CD는 수평으로 일직선을 이루고, CG는 수직이다. C에도 하중이나 지점 반력이 없으므로 **CG의 부재력이 0**이어야 한다.

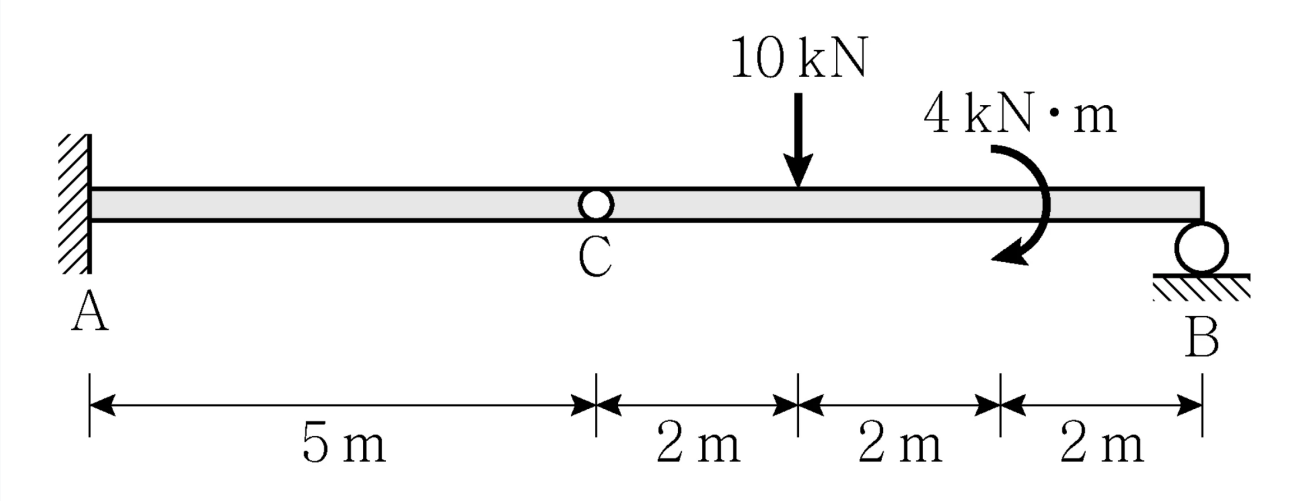
AB·DE: 두 하향 하중이 지점 A와 E 사이에 작용하므로 두 지점에는 상향 반력이 생긴다. A에서는 수평부재 AH가 수직력을 전달할 수 없으므로 경사부재 AB가 그 반력과 평형을 이루어야 한다. E에서도 수평부재 FE가 아닌 경사부재 DE가 수직 반력과 평형을 이룬다. 따라서 **AB와 DE에는 압축력**이 작용하며, 영부재가 아니다.

BC·BG·CD: B에서 BH의 부재력은 0이지만, 압축부재 AB가 B를 오른쪽 위로 민다. 그 수직성분을 상쇄하려면 BG가 B를 오른쪽 아래로 당겨야 하므로 BG에는 인장력이 작용한다. AB와 BG의 수평성분은 모두 오른쪽을 향하므로, 이를 상쇄하는 **BC에는 압축력**이 작용한다. C에서는 CG의 부재력이 0이므로 CD가 BC와 같은 크기의 압축력을 전달한다. 따라서 BC·BG·CD도 영부재가 아니다.

부재력이 0인 부재는 BH와 CG이며, ①의 구성과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 집중하중과 모멘트하중을 받는 게르버보에서 C점의 전단력 크기 [kN]는? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 5

② 6

③ 7

④ 8

정답 2번

간단한 해설

내부 힌지 C는 **휨모멘트는 전달하지 않지만 전단력은 전달**한다. C 오른쪽 보에서 B점에 대한 모멘트 평형을 적용하면 C점의 전단력 크기는 6 kN이다.

NoteBase

계산 과정

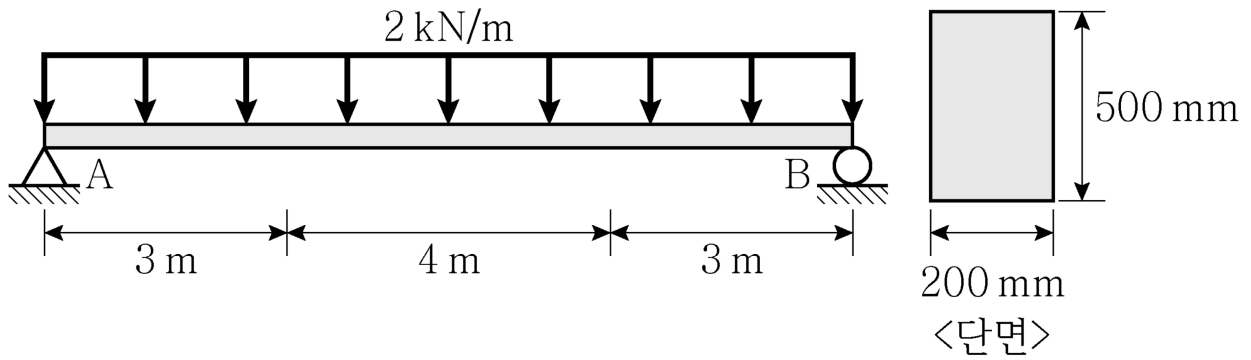
1. C 오른쪽 보의 분리: C는 내부 힌지이므로 휨모멘트가 0이다. 따라서 CB 구간을 분리하여 C의 수직력을 구하면 된다. CB에 작용하는 C의 위쪽 수직력을 R_C라 두면, 그 크기가 구하려는 C점 전단력의 크기이다. 보의 자중은 무시한다.

2. B점에 대한 모멘트 평형: CB의 길이는 2 + 2 + 2 = 6 m이고, 10 kN 하중은 B에서 왼쪽으로 4 m 떨어져 있다. **B점을 기준으로 하면 B의 지점반력이 만드는 모멘트는 0**이므로 미지수 하나로 계산할 수 있다. 반시계방향을 양으로 정하면 10 kN 하중은 양의 모멘트, C의 위쪽 수직력과 그림의 시계방향 모멘트하중 4 kN·m는 음의 모멘트를 만든다. 모멘트를 kN·m 단위로 나타내면 $10 \cdot 4 - 4 - 6R_C = 0$이다. 모멘트하중은 힘과 달리 별도의 거리 값을 곱하지 않는다.

3. 전단력의 크기: 평형식을 풀면 $R_C = \frac{40-4}{6} = 6\text{kN}$이다. 즉, CB 구간은 C에서 위쪽으로 6 kN의 힘을 받는다. 반대쪽 보에는 같은 크기의 힘이 반대 방향으로 작용하며, 구하는 전단력의 크기는 6 kN으로 ②에 해당한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 직사각형 단면을 갖는 단순보에 등분포하중이 작용하고 있다. 보에 발생하는 최대휨응력 크기[MPa]는? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 1.5

② 2.0

③ 2.5

④ 3.0

정답 4번

간단한 해설

전 구간에 등분포하중을 받는 단순보는 **중앙에서 휨모멘트가 최대**이며, 그 크기는 25 kN·m이다. 이를 직사각형 단면의 단면계수로 나누면 최대휨응력은 **3.0 MPa**이다.

NoteBase

계산 과정

조건 확인: 그림에서 지간은 L = 3 + 4 + 3 = 10 m이고, 등분포하중의 세기는 w = 2 kN/m이다. 단면의 폭은 b = 200 mm, **높이는 h = 500 mm**이다. 보의 자중은 무시하므로 표시된 등분포하중만 고려한다.

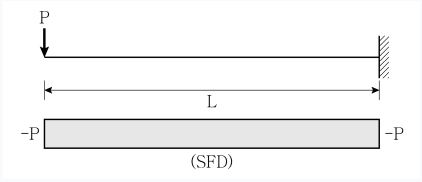
최대휨모멘트: 전체 하중은 $2 \times 10 = 20$ kN이며, 하중과 지지가 대칭이므로 A와 B의 수직반력은 각각 10 kN이다. 중앙에서 왼쪽 절반의 분포하중 10 kN이 반력과 같아 전단력이 0이 되므로, 이곳에서 휨모멘트가 최대이다. 전 구간 등분포하중을 받는 단순보의 관계식 $M_{\max} = \frac{wL^2}{8}$을 적용하면 $M_{\max} = \frac{2 \cdot 10^2}{8} = 25\text{kN} \cdot \text{m}$이다.

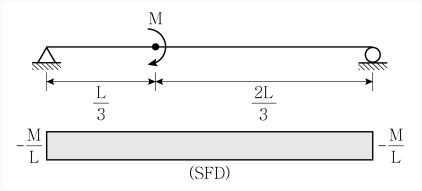
단면계수: 휨응력의 크기는 중립축에서 멀수록 커지므로 단면의 위·아래 끝에서 최대가 된다. 직사각형의 중립축은 높이의 중앙을 지나며, 중립축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$, 최외단까지의 거리는 $c = \frac{h}{2}$이다. 따라서 **최외단의 휨응력을 구하는 단면계수**는 $Z = \frac{I}{c} = \frac{bh^2}{6}$이다. 수치를 대입하면 $Z = \frac{200 \cdot 500^2}{6} = \frac{25 \cdot 10^6}{3}\text{mm}^3$이다.

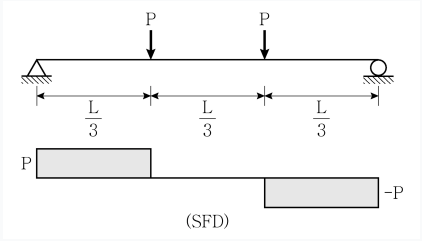
최대휨응력: 탄성 휨공식 $\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} c}{I} = \frac{M_{\max}}{Z}$을 적용한다. 단면계수의 길이 단위가 mm이므로 휨모멘트도 $25\text{kN} \cdot \text{m} = 25 \cdot 10^6\text{N} \cdot \text{mm}$로 바꾼다. 이에 따라 $\sigma_{\max} = \frac{25 \cdot 10^6}{(25 \cdot 10^6)/3} = 3.0\text{N/mm}^2$이다. $1\ \text{N/mm}^2 = 1$ MPa이므로 최대휨응력의 크기는 3.0 MPa이며, ④의 값과 일치한다.

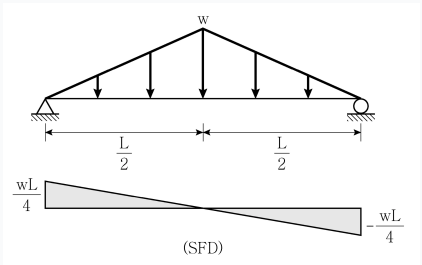
NoteBase

문 12. 유형이 각각 다른 보에서 작용하중에 따른 전단력선도(SFD)를 다음 그림과 같이 나타내었을 때, 옳지 않은 것은? (단, 자중은 무시한다)

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

간단한 해설

④의 하중은 위치에 따라 세기가 선형으로 변하므로 전단력선도는 직선이 아니라 **두 구간의 포물선**이어야 한다. 그림에 표시된 양 끝 전단력의 값은 맞지만, 이를 직선으로 연결한 것이 잘못이다.

NoteBase

선지별 해설

전단력 V는 절단면 왼쪽에 작용하는 수직력의 합으로 구하며, 위쪽 힘은 양수, 아래쪽 힘은 음수로 본다. 아래쪽 분포하중의 세기를 q(x)라 하면 $\frac{dV}{dx} = -q(x)$이므로, 전단력선도의 기울기는 분포하중의 세기에 따라 달라진다.

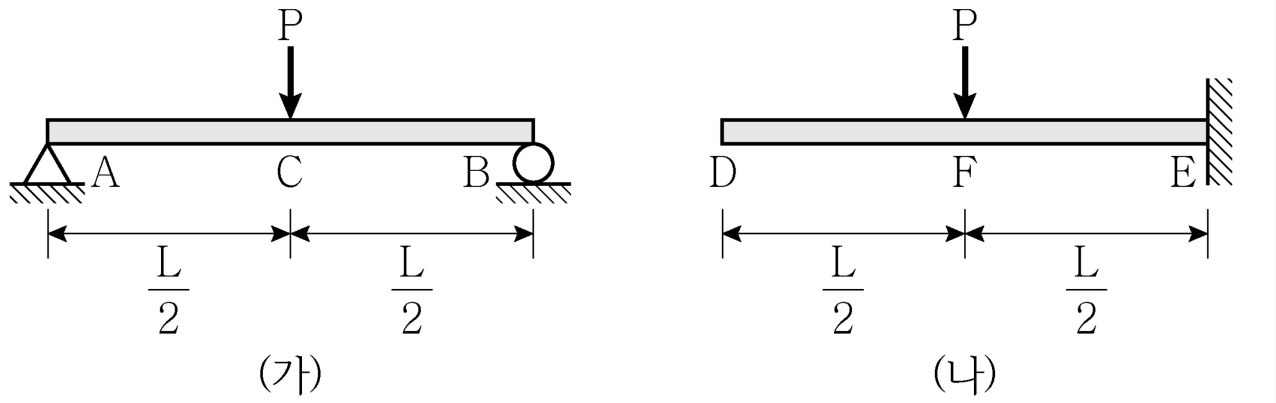
① O: 왼쪽 자유단에 아래쪽 집중하중 P가 작용한다. 자유단과 오른쪽 고정단 사이의 어느 위치에서 절단해도 왼쪽 부분에 작용하는 수직력은 −P뿐이다. 따라서 전단력은 전 구간에서 −P로 일정하며, 그림과 같은 **음의 직사각형 선도**가 된다.

② O: 전체 경간은 L이고 시계방향 집중모멘트 M이 작용한다. 왼쪽 지점에 대한 모멘트 평형에서 오른쪽 반력은 $R_B = \frac{M}{L}$로 위쪽이며, 수직력 평형에서 왼쪽 반력은 $R_A = -\frac{M}{L}$로 아래쪽이다. 지점 사이에는 수직하중이 없으므로 전단력은 $V = -\frac{M}{L}$로 일정하다. **집중모멘트는 전단력을 불연속적으로 변화시키지 않으므로**, 모멘트가 작용하는 위치에서도 그림처럼 같은 값이 유지된다.

③ O: 두 집중하중 P가 보의 양 끝에서 각각 같은 거리만큼 떨어져 있어 대칭이며, 전체 하중은 2P이다. 따라서 양쪽 지점의 위쪽 반력은 각각 P이다. 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하면 첫 하중 전에는 전단력이 P이고, 첫 하중을 지나면 P − P = 0, 두 번째 하중을 지나면 P − P − P = −P가 된다. 각 **집중하중 위치에서 전단력이 P만큼 감소**하므로 그림과 같은 계단형 선도가 된다.

④ X: 최대 세기가 w인 대칭 삼각형 분포하중의 합력은 하중도 면적인 $\frac{wL}{2}$이며, 양쪽 반력은 각각 $\frac{wL}{4}$이다. 따라서 왼쪽 끝의 $\frac{wL}{4}$, 중앙의 0, 오른쪽 끝의 $-\frac{wL}{4}$라는 값은 맞다. 그러나 하중 세기가 일정하지 않으므로 전단력선도를 직선으로 연결할 수 없다. 왼쪽 지점에서 잰 거리를 x라 하면 왼쪽 절반의 하중 세기는 $q(x) = \frac{2wx}{L}$이다. 이 구간에서 절단면 왼쪽의 삼각형 하중 합력은 $\frac{wx^2}{L}$이므로 전단력은 $V(x) = \frac{wL}{4} - \frac{wx^2}{L}$가 된다. 즉 왼쪽 절반은 아래로 굽는 포물선이고, 오른쪽 절반은 위로 굽는 포물선이다. 올바른 선도는 **양 끝에서 수평 접선을 가지며 중앙에서 가장 가파른 두 포물선**이 연속해서 이어지는 모양이다.

문 13. 그림과 같은 두 개의 보에서 발생하는 최대수직처짐의 비 ≤ft(_나_가)는? (단, 두 보의 휨강성은 EI로 동일하며, 자중은 무시한다)



① 3

② 5

③ 7

④ 9

정답 2번

간단한 해설

(가)는 중앙 C에서, (나)는 하중점 F가 아닌 **자유단 D에서 최대처짐**이 발생한다. 두 최대처짐은 각각 $\frac{PL^3}{48EI}$, $\frac{5PL^3}{48EI}$ 이므로, (나)의 최대처짐은 (가)의 **5배**이다.

NoteBase

계산 과정

두 보의 전체 길이는 L이고 중앙에 집중하중 P가 작용한다. 휨강성 EI가 같고 자중은 무시하므로, 각 보의 지지조건에 따른 휨처짐을 구해 그 크기를 비교한다.

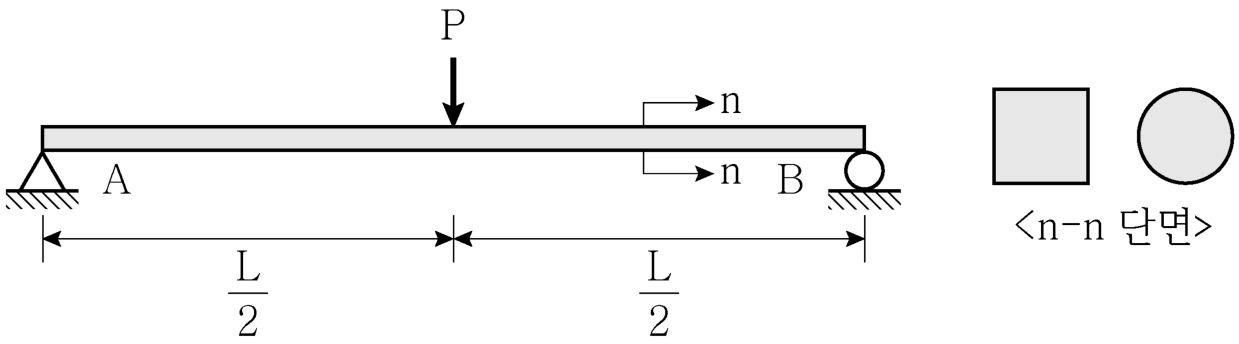
(가)의 최대처짐: A는 힌지, B는 롤러로 지지된 단순보이다. 중앙 집중하중에 대해 처짐곡선이 좌우 대칭이고 중앙 C에서 기울기가 0이 되므로, 최대처짐은 **중앙 C**에 생긴다. 중앙 집중하중을 받는 단순보의 처짐식에 따라 _가=(PL^3)/(48EI)이다.

(나)의 최대처짐: E가 고정되고 D가 자유로운 캔틸레버보이다. 고정단 E부터 하중점 F까지의 거리를 $a = \frac{L}{2}$로 두면, EF 구간은 길이 a인 끝단 집중하중 캔틸레버와 같다. 따라서 F의 처짐은 $\delta_F = \frac{Pa^3}{3EI}$, 회전각의 크기는 $\theta_F = \frac{Pa^2}{2EI}$이다. 하중이 없는 FD 구간은 휨모멘트가 0이어서 곡률도 0이지만, **F에서의 기울기를 유지한 채 직선으로 기울어진다**. 그러므로 최대처짐은 D에서 발생하며, F의 처짐에 회전에 따른 추가 처짐을 더한 $\delta_D = \delta_F + \theta_F(L - a)$로 구한다. $a = \frac{L}{2}$를 대입하면 F의 처짐은 $\frac{PL^3}{24EI}$, 추가 처짐은 $\frac{PL^3}{16EI}$이므로, 두 값을 더한 최대처짐은 _나=(5PL^3)/(48EI)이다.

최대처짐의 비: _나_가=(5PL^3/(48EI))/(PL^3/(48EI))=5이다. 동일한 하중·길이·휨강성 항이 소거되어 비는 무차원이며, ②의 5에 해당한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같은 단순보의 단면이 각각 직사각형 및 원형으로 되어 있다. 보의 단면적이 동일하다면, 직사각형 단면일 때와 원형 단면일 때 단면에 일어나는 최대전단응력의 비 _m(직사각형) : _m(원형)는? (단, 자중은 무시한다)



① 3 : 4

② 4 : 3

③ 8 : 9

④ 9 : 8

정답 4번

간단한 해설

두 단면은 전단력과 단면적이 같아 평균전단응력이 같지만, **최대전단응력의 배율**은 직사각형이 $\frac{3}{2}$, 원형이 $\frac{4}{3}$이다. 두 배율의 비를 구하면 최대전단응력의 비는 9 : 8이다.

NoteBase

계산 과정

전단력과 단면적: 그림에서 집중하중 P는 경간 L의 중앙에 작용하므로 양쪽 지점의 연직반력은 각각 $\frac{P}{2}$이다. 따라서 하중 오른쪽에 표시된 n-n 단면의 전단력 크기 V도 $\frac{P}{2}$이다. 자중을 무시하므로 단면 형상이 바뀌어도 이 전단력은 같고, 공통 단면적을 A라 하면 두 단면의 **평균전단응력은 모두** $\frac{V}{A}$이다.

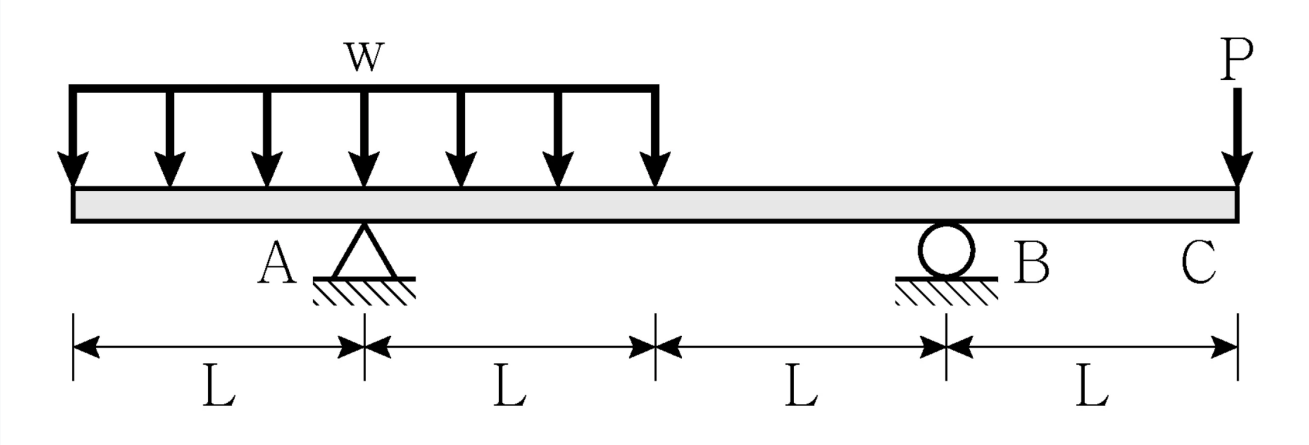
직사각형 단면: 전단응력은 위·아래 표면에서 0이고 중립축에서 최대인 포물선 분포를 이룬다. 보의 전단응력 공식에 직사각형의 단면 특성을 적용하면 최대전단응력은 평균값의 $\frac{3}{2}$배이므로, _m(직사각형)=(3V)/(2A)=(3P)/(4A)이다.

원형 단면: 속이 찬 원형 단면도 중립축에서 최대전단응력이 발생한다. 원형의 단면 특성을 적용한 최대전단응력은 평균값의 $\frac{4}{3}$배이므로, _m(원형)=(4V)/(3A)=(2P)/(3A)이다. 단면적이 같아도 전단응력의 분포가 달라 최대값은 같지 않다.

최대전단응력의 비: 두 식에 공통으로 들어 있는 $\frac{V}{A}$를 약분하면 직사각형과 원형의 비는 $\frac{3}{2} : \frac{4}{3} = 9 : 8$이다. 따라서 최대전단응력의 비는 9 : 8로, ④의 값과 일치한다. 이 비는 같은 단위의 응력끼리 비교한 값이므로 단위가 없다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 내민보에 등분포하중 w와 집중하중 P가 작용할 때, A점의 수직반력과 B점의 수직반력이 같기 위한 집중하중 P의 크기는? (단, 자중은 무시한다)



① $\frac{wL}{2}$

② wL

③ 2wL

④ 4wL

정답 2번

간단한 해설

등분포하중의 합력은 **A점을 지나므로 A점에 대한 모멘트가 0**이다. 모멘트 평형과 두 수직반력이 같다는 조건을 함께 적용하면 집중하중은 $P = wL$이 된다.

NoteBase

계산 과정

등분포하중의 합력: 그림에서 하중강도 w인 등분포하중은 왼쪽 끝부터 길이 2L에 걸쳐 작용한다. 합력은 $W = w \cdot 2L = 2wL$이며, 작용점은 하중 구간의 중앙인 A점이다. 따라서 **이 합력은 A점에 대한 모멘트를 만들지 않는다**. w는 단위 길이당 힘이므로 wL은 힘의 단위를 갖는다.

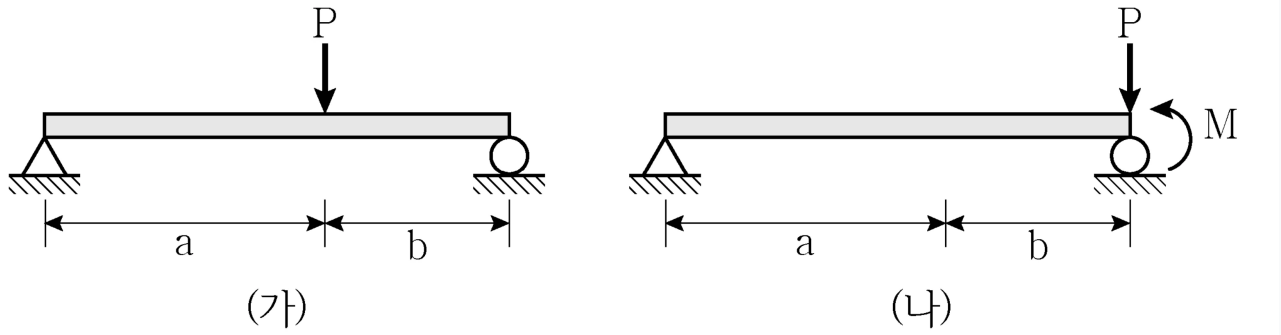
A점 모멘트 평형: 위쪽을 양으로 한 A, B점의 수직반력을 각각 R_A, R_B라 한다. A에서 B까지는 2L, 집중하중이 작용하는 C까지는 3L이다. 반시계방향을 양으로 하면 $R_B \cdot 2L - P \cdot 3L = 0$이므로 $R_B = \frac{3P}{2}$이다. A점 반력도 작용선이 A점을 지나므로 이 모멘트 식에는 나타나지 않는다.

수직력 평형: 보의 자중을 무시하므로 아래로 작용하는 하중은 등분포하중의 합력 2wL과 집중하중 P뿐이다. 따라서 $R_A + R_B = 2wL + P$이다. **두 수직반력이 같다는 조건**을 적용하면 $2R_B = 2wL + P$가 된다.

집중하중 계산: $R_B = \frac{3P}{2}$를 수직력 평형식에 대입하면 $3P = 2wL + P$이다. 이를 정리하면 $2P = 2wL$, 즉 $P = wL$을 얻는다. 이때 두 반력은 각각 $\frac{3wL}{2}$로 같으며, 구한 집중하중은 ②의 wL과 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림 (가)와 같이 집중하중 P를 받는 강체(단순보)가 있다. 그림 (가) 구조와 같은 반력을 발생시키는 등가력계를 그림 (나)와 같이 오른쪽 끝단에 힘 P와 집중모멘트 M이 작용하는 구조로 변환하려고 할 때, M의 크기로 옳은 것은? (단, 두 보의 형상 및 특성은 동일하다)



① Pb

② Pa

③ $P(a+b)$

④ $\frac{Pa}{(a+b)}$

정답 1번

간단한 해설

힘 P의 작용점을 오른쪽으로 b만큼 옮기면, 등가력계를 이루도록 **반시계방향 모멘트**를 더해야 한다. 그 크기는 힘과 이동 거리의 곱인 $M = Pb$이다.

계산 과정

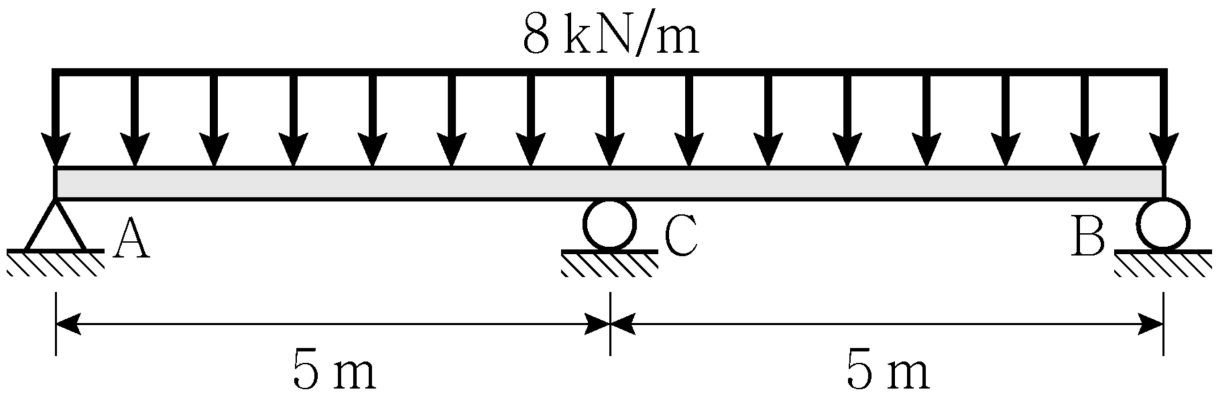
등가 조건: 두 구조의 지점반력이 같으려면 외력의 합과 같은 점에 대한 외력 모멘트의 합이 같아야 한다. 두 그림 모두 아래로 작용하는 힘의 합은 P이므로, **모멘트의 합을 일치**시키면 된다.

(가)의 모멘트: 오른쪽 끝단을 기준점으로 잡으면, 힘 P의 작용선은 기준점에서 왼쪽으로 b만큼 떨어져 있다. 아래로 향하는 P는 이 점에 대해 반시계방향으로 회전시키므로, 반시계방향을 양으로 할 때 모멘트는 $P \cdot b$이다. 여기서 모멘트 팔은 전체 길이 a + b가 아니라 **기준점과 힘의 작용선 사이의 수직거리 b**이다.

(나)의 모멘트: 힘 P가 기준점인 오른쪽 끝단에 작용하므로 이 힘의 모멘트는 0이다. 따라서 그림에 표시된 반시계방향 집중모멘트 M이 (가)의 모멘트를 모두 대신해야 하며, $M = Pb$가 된다. 모멘트의 단위는 힘×길이로, P를 N, b를 m로 나타내면 M의 단위는 N·m이다. 이 결과는 ①의 Pb에 해당한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 연속보에서 C지점의 휨모멘트 크기[kN·m]는? (단, 부재의 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① 10

② 16

③ 25

④ 40

정답 3번

간단한 해설

두 경간의 길이와 EI가 같고 전체에 같은 등분포하중이 작용하므로, C의 휨모멘트는 $M_C = -\frac{wL^2}{8}$이다. 음수는 **부모멘트**를 뜻하며, 그 크기는 **25 kN·m**이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 지점모멘트: 각 경간의 길이는 L = 5 m, 등분포하중은 w = 8 kN/m이다. 양 끝 A와 B는 단순지지된 보의 끝이므로 $M_A = M_B = 0$이다. C는 롤러지점이지만 **보가 연속되어 있고 내부힌지가 아니므로** 휨모멘트를 0으로 둘 수 없다. 아래로 볼록하게 휘게 하는 모멘트를 양수로 정한다.

3연모멘트식 적용: EI가 일정하고 지점침하가 없는 연속보에서는 인접한 두 경간이 C에서 같은 회전각을 갖도록 3연모멘트식을 적용한다. 이 문제처럼 길이 L인 두 경간에 각각 등분포하중 w가 작용하면 $M_A + 4M_C + M_B = -\frac{wL^2}{2}$이다. 양 끝 모멘트가 0이므로 $4M_C = -\frac{wL^2}{2}$가 된다.

C의 휨모멘트 계산: 양변을 4로 나누면 $M_C = -\frac{wL^2}{8}$이다. 수치를 대입하면 $M_C = -\frac{8 \times 5^2}{8} = -25\text{kN} \cdot \text{m}$이다.

크기와 선지 연결: 음의 부호는 C 부근에서 위로 볼록하게 휘게 하는 부모멘트임을 나타낸다. 문제는 부호를 포함한 값이 아니라 **휨모멘트의 크기**를 물으므로 25 kN·m이며, ③의 25에 해당한다.

NoteBase

문 18. 모아원(Mohr's circle)을 이용하여 평면응력을 구하는 방법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, x 축과 y 축에서의 평면응력이며, 모아원의 반경 $R=\sqrt{\left(\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2}\right)^2+(\tau_{xy})^2}$ 이다)

① 모아원의 중심은 $\left(\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2},\,0\right)$이다.

② 주응력 $\sigma_{1,\,2}=\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}\pm R$이다.

③ 최대전단응력 $\tau_{\max}=R$이다.

④ 주평면의 주각 $\theta_p=\frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\sqrt{\frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x-\sigma_y}}\right)$이다.

정답 4번

간단한 해설

주평면은 **전단응력이 0인 면**이며, 주각은 $\tan(2\theta_p)=\frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x-\sigma_y}$ 관계로 구한다. ④처럼 역탄젠트 안의 응력비에 **제곱근을 씌우지 않는다**.

선지별 해설

① O: 모아원은 가로축에 수직응력 σ, 세로축에 전단응력 τ를 나타낸다. 서로 직교하는 두 면의 응력점은 지름의 양 끝에 있으므로, 그 중점인 원의 중심은 $\left(\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2},\,0\right)$이다. 중심의 가로좌표는 두 수직응력의 **평균값**이다.

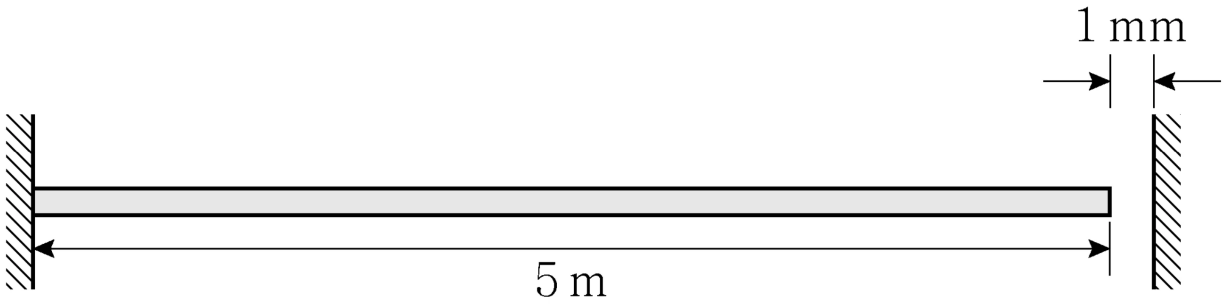
② O: 주응력은 **전단응력이 0인 주평면의 수직응력**이다. 모아원에서는 수평축과 만나는 두 점의 가로좌표에 해당한다. 중심에서 오른쪽과 왼쪽으로 반경 R만큼 떨어져 있으므로 $\sigma_1=\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}+R$, $\sigma_2=\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}-R$이다.

③ O: 이 문항에서 다루는 **면내 최대전단응력**은 모아원의 가장 위나 아래 점에서 전단응력의 절댓값으로 구한다. 원의 중심이 수평축 위에 있으므로 그 값은 반경과 같아 $\tau_{\max}=R$이다. 이때 수직응력은 원 중심의 가로좌표인 $\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}$이며, 이 평균값이 0이면 수직응력도 0이다.

④ X: 주평면에서는 전단응력이 0이므로 응력변환식에서 $(\sigma_x-\sigma_y)\sin(2\theta_p)=2\tau_{xy}\cos(2\theta_p)$가 성립한다. 따라서 $\sigma_x\neq\sigma_y$일 때 $\tan(2\theta_p)=\frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x-\sigma_y}$이며, $\theta_p=\frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x-\sigma_y}\right)$로 구한다. 선지의 식은 **역탄젠트 안의 제곱근을 제거**해야 한다. 모아원에서의 회전각은 실제 면의 회전각의 두 배이므로 1/2을 곱한다. 역탄젠트로 각을 구할 때는 응력 성분의 부호에 맞는 사분면을 확인하며, 서로 직교하는 두 주평면의 주각은 90° 차이가 난다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 우측 단부에서 1.0 mm 떨어져 있는 봉부재가 있다. 온도가 40 ℃ 상승하여 봉부재에 30 MPa의 압축응력이 발생하였다. 봉부재의 탄성계수[MPa]는? (단, 온도팽창계수 $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$/℃이고, 자중은 무시한다)



① 1.0×10^5

② 1.2×10^5

③ 1.5×10^5

④ 2.0×10^5

정답 3번

간단한 해설

온도 상승으로 자유롭게 늘어날 길이는 2.0 mm이지만, 실제 신장은 틈새 크기인 1.0 mm로 제한된다. **억제된 신장량 1.0 mm**가 압축응력에 의한 탄성 수축량이므로, 탄성계수는 1.5×10^5MPa이다.

NoteBase

계산 과정

조건 정리: 그림에서 봉의 길이는 L = 5 m = 5,000 mm이고, 오른쪽 벽과의 틈새는 1.0 mm이다. 온도 상승량은 $\Delta T = 40\,^\circ\mathrm{C}$, 온도팽창계수는 $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}/\,^\circ\mathrm{C}$이다. 봉이 벽에 닿기 전에는 자유롭게 팽창하며, **벽에 닿은 뒤의 추가 팽창이 구속**되어 압축응력이 생긴다.

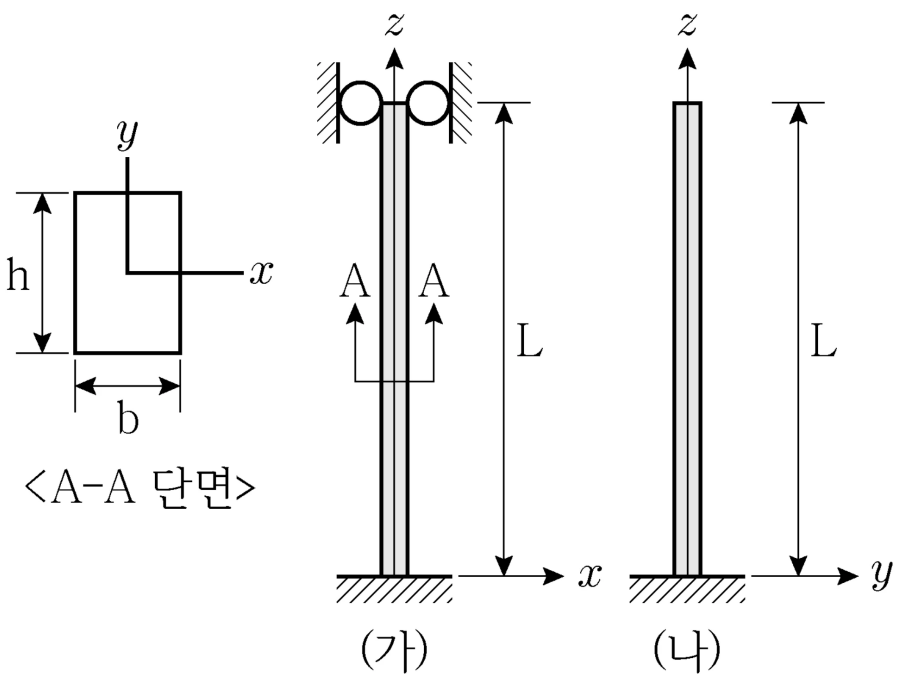
자유 열팽창량: 구속이 없을 때의 열변형률은 $\alpha\Delta T$이므로, 길이 변화는 $\delta_T = \alpha\Delta T L$이다. 주어진 값을 대입하면 $\delta_T = (1.0 \times 10^{-5}) \cdot 40 \cdot 5{,}000 = 2.0\mathrm{mm}$이다.

탄성 수축량: 실제로 늘어날 수 있는 길이는 틈새인 1.0 mm뿐이다. 따라서 자유 열팽창량 2.0 mm 중 **벽의 구속으로 억제된 1.0 mm**가 압축응력에 의한 탄성 수축량이다. 수축량의 크기를 δ_c라 하면 $\delta_c = 2.0 - 1.0 = 1.0\mathrm{mm}$이다.

탄성계수: 축방향 탄성변형에 후크의 법칙을 적용하면 압축변형률의 크기는 $\varepsilon_c = \frac{\delta_c}{L} = \frac{1.0}{5{,}000} = 2.0 \times 10^{-4}$이다. 압축응력의 크기가 30 MPa이므로 $E = \frac{\sigma_c}{\varepsilon_c} = \frac{30}{2.0 \times 10^{-4}} = 1.5 \times 10^{5}\mathrm{MPa}$이다. 이 값은 ③의 수치와 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 길이 L인 기둥에서 그림 (가) $x-z$ 평면과 그림 (나) $y-z$ 평면에서의 기둥의 임계좌굴하중의 크기가 같을 때, 단면의 변 h의 크기[cm]는? (단, 단면의 변 $b=7$ cm이며, E는 일정하고 자중은 무시한다)



① 7

② 14

③ 20

④ 28

정답 3번

간단한 해설

두 평면의 지지조건이 달라 **유효좌굴길이**는 (가)에서 약 0.7L, (나)에서 2L이다. 임계좌굴하중이 같으려면 단면치수가 $\frac{h}{b}=\frac{2}{0.7}$을 만족해야 하므로 h = 20 cm이다.

NoteBase

계산 과정

오일러 좌굴식은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$이다. 여기서 E는 탄성계수, I는 휨축에 대한 단면2차모멘트, K는 지지조건에 따른 유효길이계수이다. 같은 기둥이므로 두 평면의 E와 L은 같고, 지지조건과 휨축에 따라 K와 I가 달라진다.

(가)의 지지조건: 아래쪽은 고정되어 있고, 위쪽 롤러는 x방향 이동을 막지만 회전은 허용한다. 따라서 이 평면에서는 **고정–힌지 기둥**으로 보아 K_(가)≈0.7을 사용한다. x방향으로 휘므로 휨축은 y축이며, 적용할 단면2차모멘트는 I_y이다.

(나)의 지지조건: 아래쪽은 고정되어 있고 위쪽은 y방향 이동과 회전이 자유롭다. 따라서 **고정–자유 기둥**으로서 K_(나)=2이다. y방향으로 휘므로 휨축은 x축이며, 적용할 단면2차모멘트는 I_x이다.

단면2차모멘트: A–A 단면에서 b는 x방향 폭, h는 y방향 높이이다. 직사각형의 도심축에 대해 $I_y = \frac{hb^3}{12}$, $I_x = \frac{bh^3}{12}$ 이므로, 두 값의 비는 $\frac{I_x}{I_y} = \frac{h^2}{b^2}$이다. **휨축에 수직인 치수**가 세제곱으로 들어간다.

임계좌굴하중의 일치 조건: 오일러 식에서 공통인 $\pi^2 E$를 소거하면 $\frac{I_y}{(0.7L)^2} = \frac{I_x}{(2L)^2}$이다. 이를 정리하면 $\frac{I_x}{I_y} = \left(\frac{2}{0.7}\right)^2$ 이 된다. 즉, 유효길이가 더 긴 (나) 평면에서는 그만큼 큰 단면2차모멘트가 필요하다.

h의 계산: 위 두 비를 같게 놓으면 $\frac{h^2}{b^2} = \left(\frac{2}{0.7}\right)^2$이다. 단면 치수는 양수이므로 $h = \frac{2}{0.7}b$이고, b = 7 cm를 대입하면 $h = \frac{2}{0.7} \cdot 7 = 20$ cm이다. 따라서 구하는 크기는 ③의 20 cm이다.

NoteBase