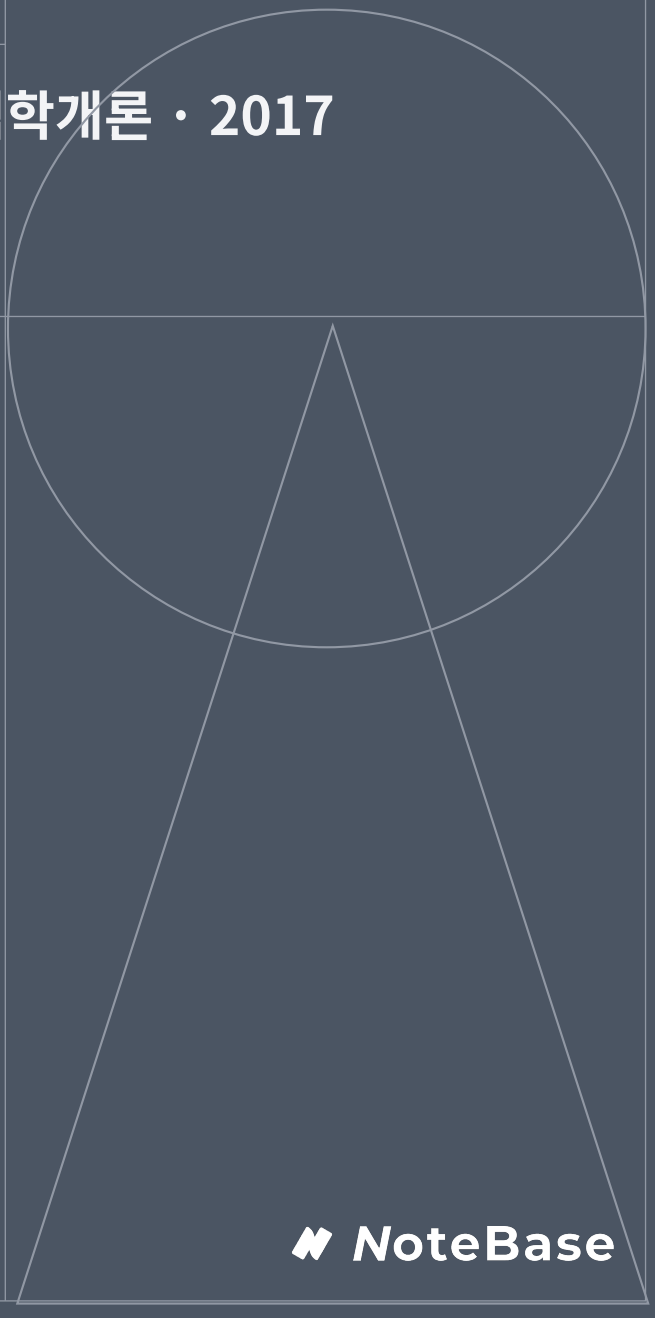
# 기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2017



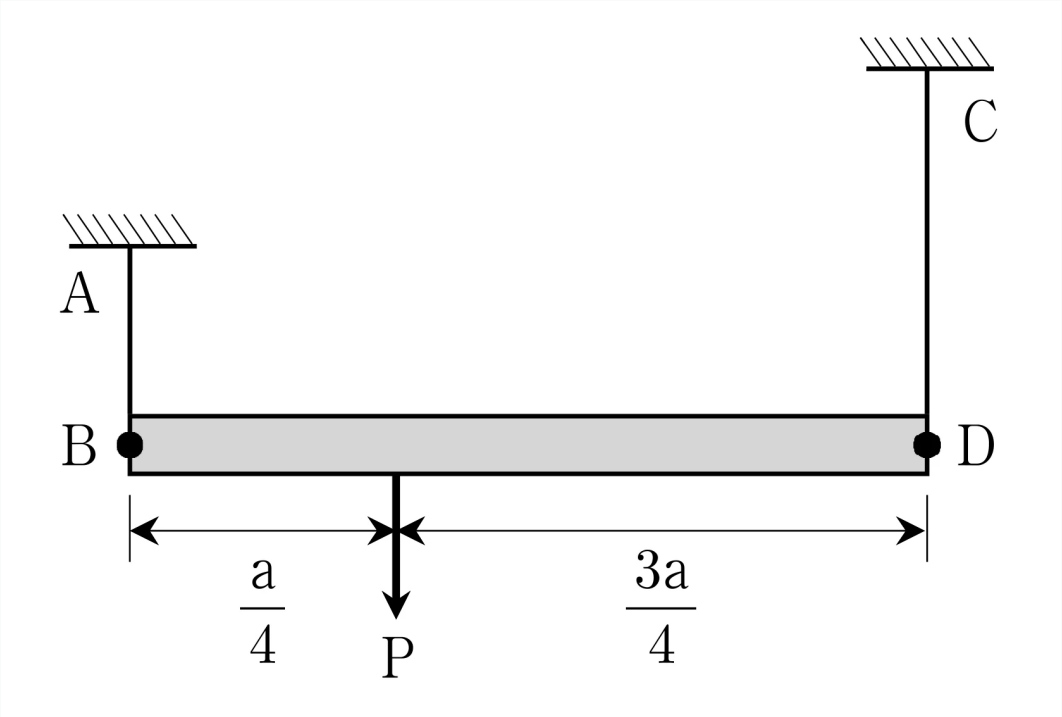
NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2017

공무원/지방직/9급 · 응용역학개론 · 2017

**문 1. 그림과 같이 보 BD가 같은 탄성계수를 갖는 케이블 AB와 CD에 의해 수직하중 P를 지지하고 있다. 케이블 AB의 길이가 L이라 할 때, 보 BD가 수평을 유지하기 위한 케이블 CD의 길이는? (단, 보 BD는 강체이고, 케이블 AB의 단면적은 케이블 CD의 단면적의 3배이며, 모든 자중은 무시한다)**




① $\frac{L}{4}$

② $\frac{3L}{4}$

③ L

④ 3L

**정답 3번**

**간단한 해설**

보가 수평을 유지하려면 두 케이블의 **늘어난 길이가 같아야 한다**. AB의 장력과 단면적이 모두 CD의 3배여서 두 케이블의 응력과 변형률이 같으므로, CD의 길이도 L이어야 한다.

NoteBase

**계산 과정**

조건과 변수: 케이블 CD의 단면적을 A, 길이를 x라 두면 AB의 단면적은 3A, 길이는 L이다. 두 케이블의 탄성계수는 E로 같다. 그림에서 보 BD의 길이는 a이고, 하중 P는 B에서 $\frac{a}{4}$, D에서 $\frac{3a}{4}$ 떨어진 곳에 작용한다.

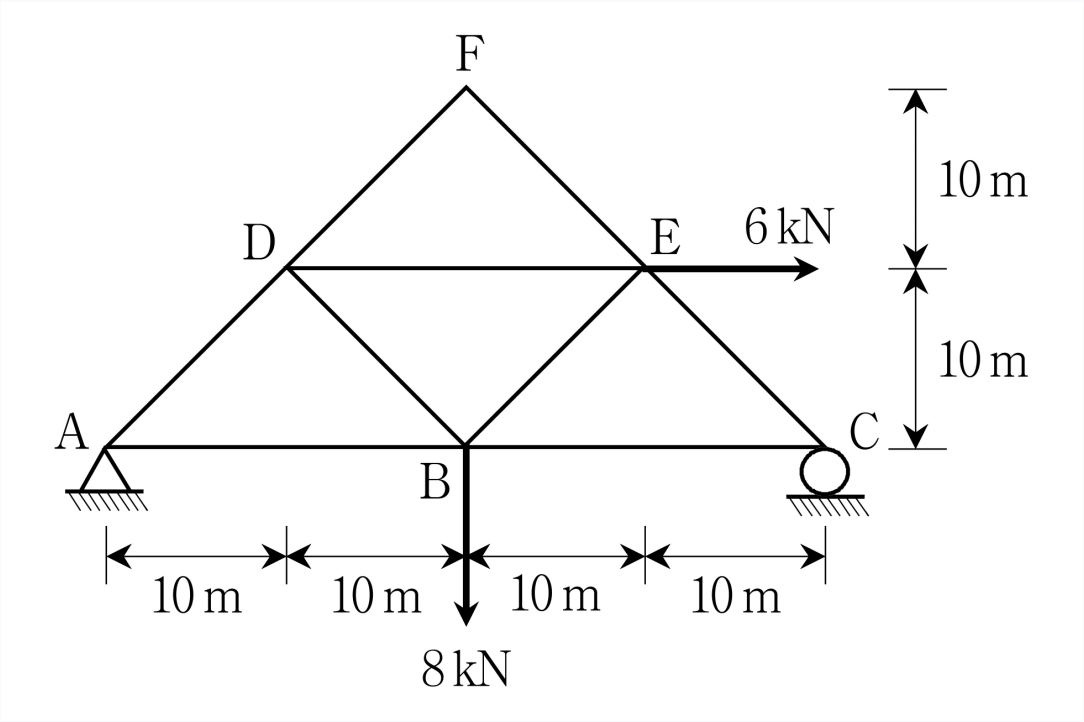
장력 계산: AB와 CD의 장력을 각각 $T_{AB}$, $T_{CD}$라 한다. 자중을 무시하므로 B점에 대한 모멘트 평형은 $T_{CD} \cdot a = P \cdot \frac{a}{4}$이다. 따라서 $T_{CD} = \frac{P}{4}$이고, 수직력 평형에서 $T_{AB} = P - T_{CD} = \frac{3P}{4}$이다. 하중이 B에 더 가까우므로 **AB가 CD보다 3배 큰 장력**을 부담한다.

수평 유지 조건: 보 BD는 강체이므로 휘어지지 않는다. 보가 회전하지 않고 수평을 유지하려면 B와 D가 같은 양만큼 내려가야 하므로, **두 케이블의 신장량이 같아야 한다**. 탄성 범위에서 축방향 인장을 받는 케이블의 신장량은 $\delta = \frac{T\ell}{EA}$이다. 여기서 T는 장력, $\ell$은 케이블 길이, A는 해당 케이블의 단면적이다.

길이 계산: AB의 신장량은 $\delta_{AB} = \frac{(3P/4)L}{E \cdot 3A} = \frac{PL}{4EA}$이고, CD의 신장량은 $\delta_{CD} = \frac{(P/4)x}{EA} = \frac{Px}{4EA}$이다. 두 신장량을 같게 놓으면 $\frac{PL}{4EA} = \frac{Px}{4EA}$이므로 x = L이다. 따라서 케이블 CD의 길이는 L이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 2. 그림과 같은 트러스 구조물에서 부재 AD의 부재력[kN]은? (단, 모든 자중은 무시한다)**




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

**정답 1번**

**간단한 해설**

A점의 위쪽 반력 2.5 kN과 평형을 이루려면 AD가 A절점을 **아래쪽으로 밀어야 하므로 압축**이다. AD의 경사각이 45°이므로 부재력의 크기는 $\frac{2.5}{\sin 45^\circ} = \frac{5\sqrt{2}}{2}$ kN이다.

NoteBase

**계산 과정**

조건과 기하: 자중을 무시하고 절점에 작용하는 하중만 고려하므로 트러스 부재에는 축방향 힘이 작용한다. A는 힌지 지점, C는 수평면 위의 롤러 지점이므로 A에는 수평·수직 반력, C에는 수직 반력이 생긴다. 그림에서 AC는 40 m, A에서 B까지의 수평거리는 20 m이다. AD는 수평거리와 높이 차가 각각 10 m이므로 수평선과 이루는 각이 45°이다.

지점 반력: A와 C의 위쪽 수직 반력을 각각 $A_y$, $C_y$라 한다. A점에 대한 모멘트 평형을 이용하면 A점 반력은 식에서 사라진다. B의 아래쪽 하중 8 kN과 E의 오른쪽 하중 6 kN은 모두 A점에 대해 시계방향 모멘트를 만든다. 특히 6 kN의 모멘트팔은 **수평거리가 아니라 작용선까지의 수직거리 10 m**이다. 반시계방향을 양으로 잡으면 $40C_y - 8\cdot 20 - 6\cdot 10 = 0$이다. 따라서 $C_y = \frac{220}{40} = 5.5$ kN이고, 수직력 평형에서 $A_y = 8 - 5.5 = 2.5$ kN이다.

절점 A의 평형: A절점에 연결된 부재는 수평인 AB와 경사진 AD이다. AB와 A점의 수평 반력에는 수직성분이 없으므로, **AD의 수직성분만으로 위쪽 반력 2.5 kN을 상쇄**해야 한다. AD의 부재력 $N_{AD}$를 인장일 때 양으로 가정하면 A절점에서 D를 향하는 오른쪽 위 방향으로 작용한다. 수직력 평형식은 $2.5 + N_{AD}\sin 45^\circ = 0$이고, $N_{AD} = -\frac{2.5}{\sin 45^\circ} = -\frac{5\sqrt{2}}{2}$ kN이다.

부재력의 해석: 음수는 실제 힘이 가정한 인장 방향과 반대라는 뜻이다. AD는 A절점을 왼쪽 아래로 밀기 때문에 압축부재이며, 그 부재력의 크기는 $\frac{5\sqrt{2}}{2}$ kN이다. 이는 ①의 값과 압축 조건에 해당한다.

NoteBase

**문 3. 지름 d = 50 mm, 길이 L = 1 m인 강봉의 원형단면 도심에 축방향 인장력이 작용했을 때 길이는 1 mm 늘어나고, 지름은 0.0055 mm 줄어들었다. 탄성계수 E = 1.998 × $10^5$ [N/$mm^2$]라면 전단탄성계수 G의 크기[N/$mm^2$]는? (단, 강봉의 축강성은 일정하고, 자중은 무시한다)**

① $9.0 \times 10^4$

② $10.0 \times 10^4$

③ $12.0 \times 10^4$

④ $15.0 \times 10^4$

**정답 1번**

**간단한 해설**

길이와 지름의 변형률로 구한 **포아송비는 0.11**이다. 탄성계수 사이의 관계 $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$를 적용하면 전단탄성계수는 $9.0 \times 10^4 \text{N/mm}^2$이다.

**계산 과정**

1. 축방향·횡방향 변형률: 변형률은 **변형량을 변형 전 치수로 나눈 값**이다. 길이는 L = 1 m = 1,000 mm로 환산한다. 늘어남은 양수, 줄어듦은 음수이므로 축방향 변형률과 횡방향 변형률은 다음과 같다.

$\varepsilon_L = \frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{1000} = 0.001$

$\varepsilon_d = \frac{\Delta d}{d} = \frac{-0.0055}{50} = -0.00011$

2. 포아송비: 포아송비 $\nu$는 단축 인장 상태에서 **횡방향 변형률과 축방향 변형률의 비에 음수를 붙인 값**이다. 인장에 따라 길이는 늘고 지름은 줄기 때문에 두 변형률의 부호가 반대이며, 이 강봉의 포아송비는 양수가 된다.

$\nu = -\frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_L} = -\frac{-0.00011}{0.001} = 0.11$

3. 전단탄성계수: 강봉을 등방성 선형탄성체로 다루면 탄성계수 E, 전단탄성계수 G, 포아송비 사이에 $E = 2G(1+\nu)$가 성립한다. 이를 G에 대해 정리하고 주어진 E와 앞에서 구한 포아송비를 대입한다.

$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$

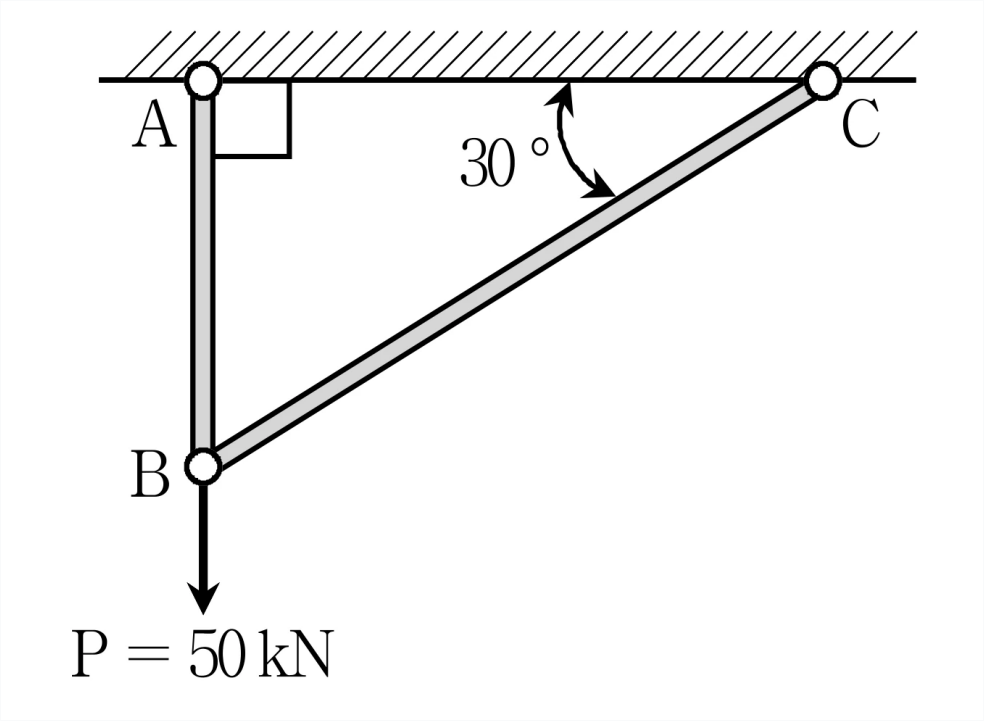
$G = \frac{1.998 \times 10^5}{2(1+0.11)}$

$G = 9.0 \times 10^4 \text{N/mm}^2$

계산한 전단탄성계수 $9.0 \times 10^4 \text{N/mm}^2$는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 4. 그림과 같이 50 kN의 수직하중이 작용하는 트러스 구조물에서 BC 부재력의 크기[kN]는? (단, 모든 자중은 무시한다)**




① 0

② 25

③ 50

④ 100

**정답 1번**

**간단한 해설**

절점 B에서 AB 부재와 50 kN 하중은 모두 수직방향이므로, 수평방향 힘은 BC 부재력의 수평성분뿐이다.
수평방향 평형을 만족하려면 **BC 부재력은 0 kN**이어야 한다.

NoteBase

**계산 과정**

절점 B의 힘: 자중을 무시하는 트러스의 각 부재에는 부재 축방향으로 힘이 작용한다. 그림에서 AB는 수직이고 BC는 수평선과 30°를 이룬다. 절점 B에는 AB 부재력, BC 부재력과 아래쪽으로 작용하는 50 kN 하중이 작용한다.

수평방향 평형: BC 부재력 $N_{BC}$를 B에서 C로 향하는 인장력으로 가정하고, 오른쪽을 양의 방향으로 잡는다. AB 부재력과 외부하중에는 수평성분이 없으므로 **BC 부재력의 수평성분만** 평형식에 남는다. 따라서 $\sum F_x = N_{BC}\cos 30^\circ = 0$이다.

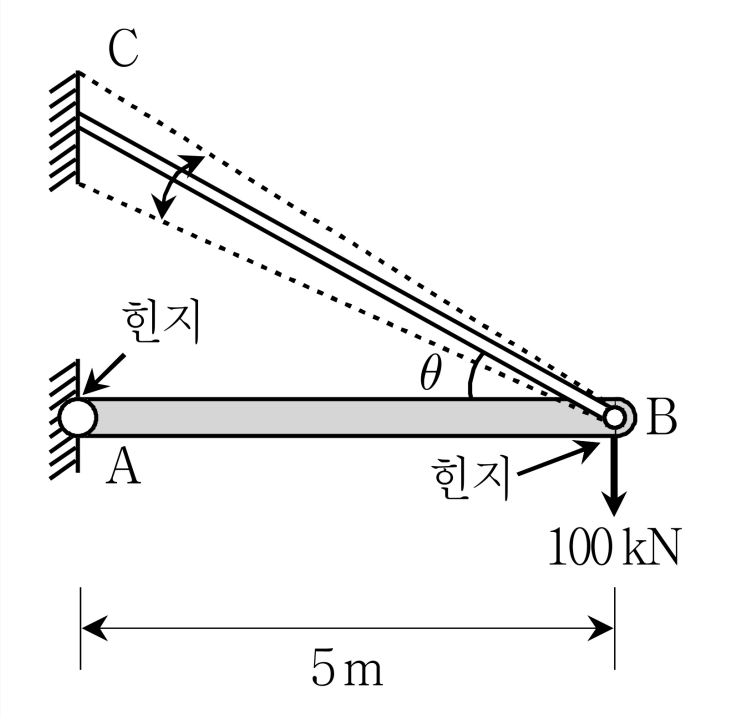
부재력의 크기: $\cos 30^\circ$는 0이 아니므로 $N_{BC} = 0$이다. 즉, 이 하중 조건에서 BC는 힘을 전달하지 않는 영부재이며, 부재력의 크기는 0 kN으로 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 5. 케이블 $BC$의 허용축력이 150 kN일 때, 그림과 같은 100 kN의 수직하중을 지지할 수 있는 구조물에서, 경사각 $0° \leq \theta \leq 60°$일 때, 가장 작은 단면의 케이블을 사용하려고 한다. 필요한 경사각의 크기는? (단, 봉 AB는 강체로 가정하고, 모든 자중과 미소변형 및 케이블의 처짐은 무시한다)**

<계산참고(근삿값)>

$\sin 10^\circ = 0.2, \sin 50^\circ = 0.8, \sin 60^\circ = 0.9$




① $10^\circ$

② $30^\circ$

③ $50^\circ$

④ $60^\circ$

**정답 4번**

**간단한 해설**

케이블의 장력은 $T = \frac{100}{\sin\theta}$kN이므로, 주어진 범위에서는 **경사각이 클수록 필요한 장력이 작아진다**. 따라서 60°에서 가장 작은 단면을 사용할 수 있으며, 이때 장력은 주어진 근삿값으로 약 111.1 kN이어서 허용축력 150 kN 이내이다.

NoteBase

**계산 과정**

힘의 설정: 케이블 BC의 장력을 T라 하면, B점에서 케이블이 봉을 당기는 힘의 수직성분은 $T\sin\theta$이다. 그림에서 봉 AB는 수평이고 길이는 5 m이며, B점에 100 kN의 하중이 수직 아래로 작용한다. 자중과 변형, 케이블의 처짐을 무시하므로 그림의 형상 그대로 평형식을 세운다.

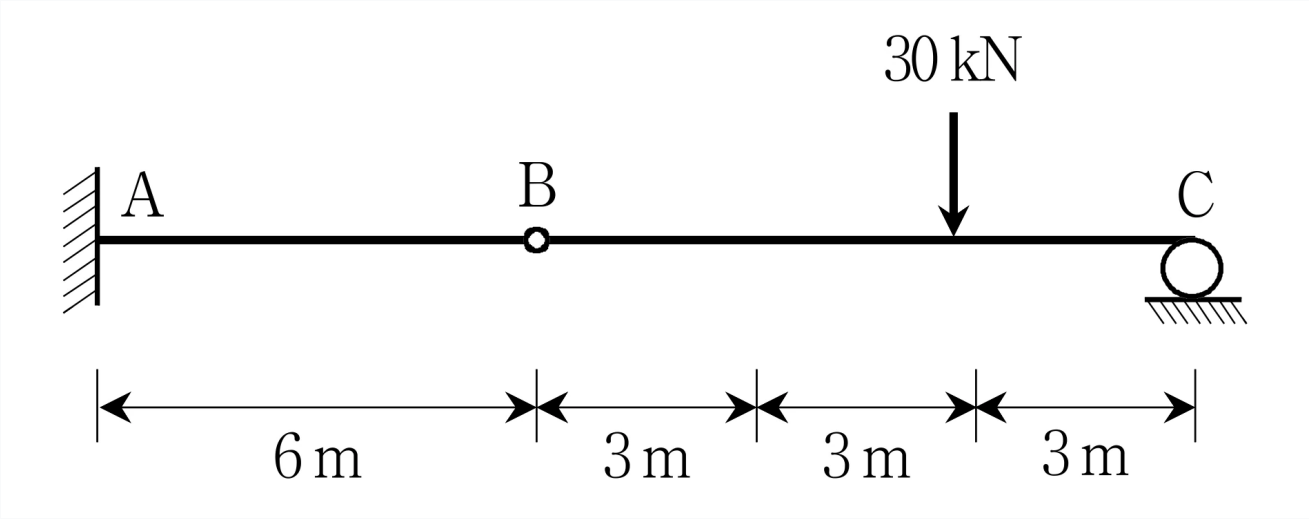
모멘트 평형: **A점에 대한 모멘트**를 취하면 A점의 힌지 반력은 식에서 사라진다. 장력의 수평성분도 작용선이 A점을 지나므로 모멘트를 만들지 않는다. 따라서 수직성분과 하중의 모멘트가 평형을 이루어 $(T\sin\theta)\cdot 5 = 100\cdot 5$이고, $T = \frac{100}{\sin\theta}$kN이다. 즉, 케이블 장력의 수직성분이 100 kN을 부담해야 한다.

최소 단면의 조건: 같은 허용응력 조건에서 케이블에 필요한 단면적은 장력에 비례하므로 **필요 장력을 최소화**해야 한다. 0^<θ≤60^에서는 경사각이 커질수록 $\sin\theta$가 증가하여 T가 감소한다. 따라서 범위의 최댓값인 60°에서 필요한 단면적이 가장 작다. 0°에서는 장력의 수직성분이 없어 이 하중을 지지할 수 없다.

허용축력 확인: 주어진 $\sin 60^\circ \approx 0.9$를 사용하면 최소 장력은 $T = \frac{100}{0.9} \approx 111.1$kN이다. 이는 허용축력 150 kN보다 작아 하중을 지지할 수 있다. 150 kN은 넘지 않아야 할 한계이므로 장력을 반드시 그 값과 같게 둘 필요는 없다. 필요한 경사각 60°는 ④에 해당한다.

NoteBase

**문 6. 그림과 같은 정정보의 휨변형에 의한 B점의 수직 변위의 크기[mm]는? (단, B점은 힌지이고, 휨강성 EI = 100,000 kN · $m^2$이고, 자중은 무시한다)**




① 3.6

② 7.2

③ 12.2

④ 14.4

**정답 2번**

**간단한 해설**

BC 구간의 평형에서 구한 **힌지 전달력 10 kN**이 외팔보 AB의 끝 B에 아래쪽으로 작용한다. 길이 6 m인 AB의 자유단 처짐을 계산하면 B점의 수직 변위 크기는 **7.2 mm**이다.

NoteBase

**계산 과정**

구조와 치수: A는 고정단이고 B는 내부힌지이다. 내부힌지는 **휨모멘트는 전달하지 않지만 전단력은 전달**하며, 지반에 지지된 점이 아니므로 B의 수직 변위가 0인 것은 아니다. 그림에서 AB는 6 m, BC는 3 + 3 + 3 = 9 m이고, 30 kN 하중은 C에서 왼쪽으로 3 m 떨어져 있다.

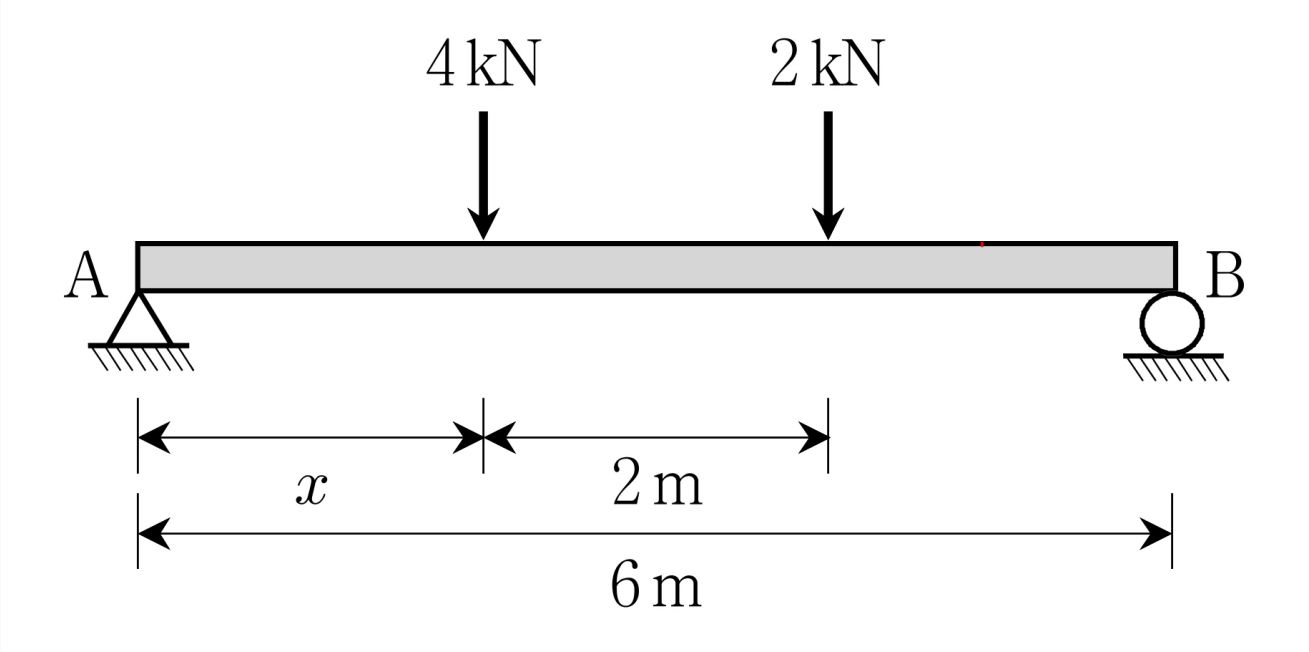
힌지 전달력: BC 구간을 분리하고, B에서 BC에 작용하는 위쪽 힘을 $R_B$라 한다. B에서 전달되는 모멘트가 없으므로 C점에 대한 모멘트 평형은 $R_B \cdot 9 - 30 \cdot 3 = 0$이다. 따라서 $R_B = \frac{30 \cdot 3}{9} = 10$ kN이다. 작용·반작용에 따라 AB의 끝 B에는 **아래쪽으로 10 kN**이 작용한다.

휨에 의한 처짐: AB는 A가 고정되고 끝 B에 집중하중 P = 10 kN이 작용하는 길이 L = 6 m의 외팔보로 계산한다. 자중을 무시하고 휨강성 EI가 일정하므로, 자유단의 처짐 크기에는 $\delta_B = \frac{PL^3}{3EI}$를 적용한다. 이 식은 고정단에서 변위와 회전각이 모두 0인 조건으로 보의 휨변형을 구한 결과이다. 주어진 EI = 100,000 kN·m$^2$를 대입하면 $\delta_B = \frac{10 \cdot 6^3}{3 \cdot 100{,}000} = 0.0072$ m이다.

단위와 선택지: 0.0072 m = 7.2 mm이므로 B점은 아래로 7.2 mm 이동한다. 요구한 수직 변위의 크기는 7.2 mm로, ②에 해당한다.

NoteBase

**문 7. 그림과 같은 단순보의 수직 반력 $R_A$ 및 $R_B$가 같기 위한 거리 $x$의 크기[m]는? (단, 보의 휨강성 $EI$는 일정하고, 자중은 무시한다)**




① $\frac{7}{3}$

② $\frac{8}{3}$

③ $\frac{10}{3}$

④ $\frac{11}{3}$

**정답 1번**

**간단한 해설**

두 수직 반력이 같으면 각각 **3 kN**이다. 이 반력을 A점에 대한 모멘트 평형식에 대입하면 $x = \frac{7}{3}$m가 된다.

NoteBase

**계산 과정**

하중과 거리: 보의 길이는 6 m이고, 아래 방향으로 4 kN과 2 kN의 집중하중이 작용한다. A점에서 4 kN 하중까지의 거리가 $x$이므로, 2 kN 하중까지의 거리는 $x + 2$ m이다. 자중은 무시하며, 단순보의 반력은 힘과 모멘트의 평형으로 구할 수 있다.

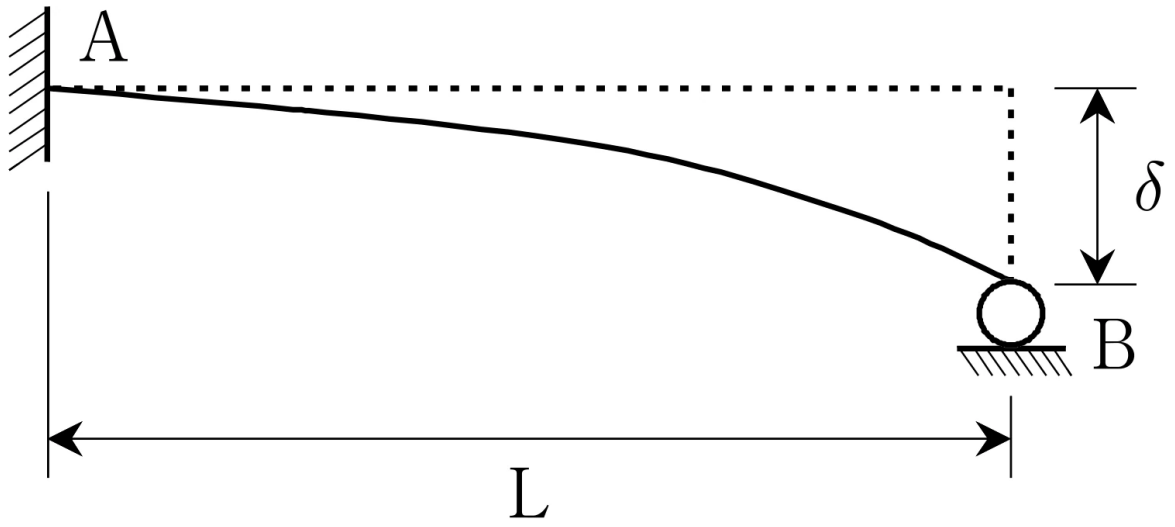
수직 반력: 위쪽을 양의 방향으로 잡으면 $R_A + R_B = 4 + 2 = 6$kN이다. 두 반력이 같아야 하므로 $R_A = R_B = 3$kN이다. 즉, 각 지점이 전체 하중 6 kN의 절반씩을 지지한다.

A점 모멘트 평형: A점에 작용하는 반력은 A점에 대한 모멘트가 0이다. 반시계방향을 양으로 잡으면 B점 반력은 양의 모멘트를, 두 집중하중은 음의 모멘트를 만든다. **각 힘에 A점으로부터의 거리를 곱하여** 합하면 $3 \cdot 6 - 4x - 2(x + 2) = 0$이다. 여기서 각 항의 단위는 kN·m이다.

거리 계산: 모멘트 평형식을 정리하면 $18 - 6x - 4 = 0$, 즉 $6x = 14$이다. 따라서 $x = \frac{14}{6} = \frac{7}{3}$m이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 8. 그림과 같이 길이가 L인 부정정보에서, B지점이 δ만큼 침하하였다. 이때 B지점에 발생하는 반력의 크기는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시하며, 휨에 의한 변형만을 고려한다)**




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

**정답 3번**

**간단한 해설**

B의 구속을 해제한 외팔보에서 끝점 힘에 의한 처짐은 $\frac{RL^3}{3EI}$이다. 이 처짐이 **지점 침하량 δ와 같아야 하므로**, B 반력의 크기는 $\frac{3EI\delta}{L^3}$이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 지지 조건과 해제 구조: A는 고정단이고 B는 회전이 자유로운 롤러 지점이다. B의 수직 구속을 해제하면 길이 L인 외팔보가 된다. 자중과 다른 외력이 없으므로, 이 외팔보의 끝점 B에 반력을 작용시켜 **실제 침하량 δ를 재현**한다.

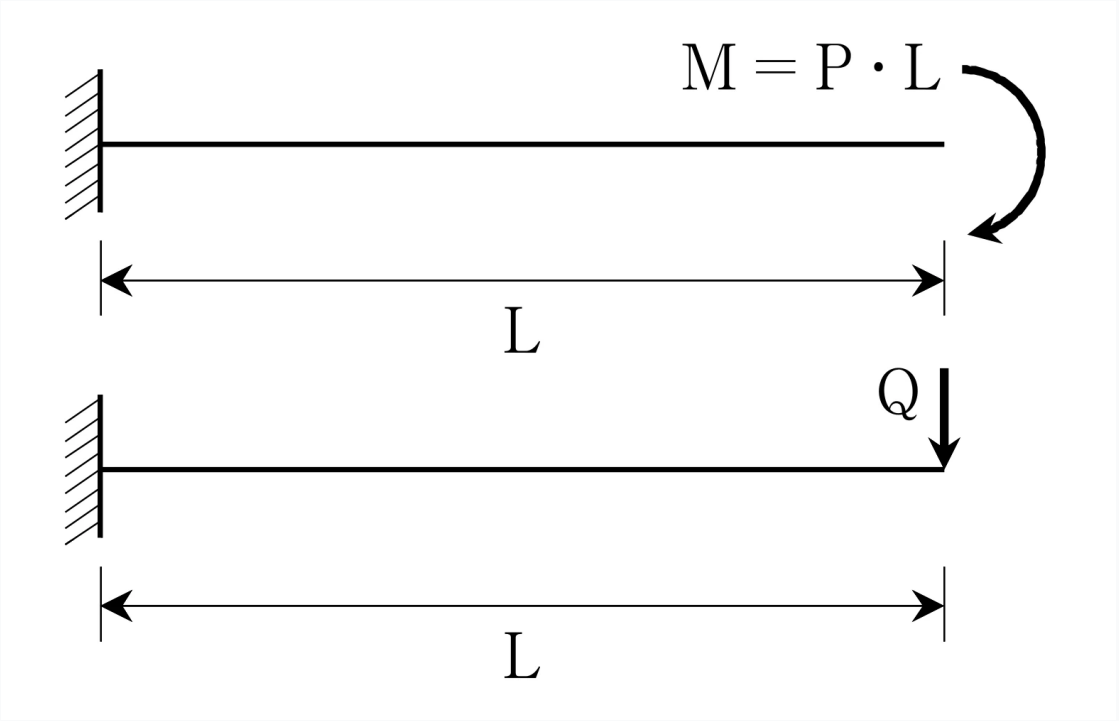
2. 반력에 의한 끝점 처짐: 아래쪽을 양의 방향으로 정하고 B에 작용하는 힘을 R이라 하자. 휨강성 EI가 일정한 외팔보에 끝점 집중하중 R이 작용하면, 휨에 의한 끝점 처짐은 $v_B = \frac{RL^3}{3EI}$이다. 여기서 E는 탄성계수, I는 단면2차모멘트이며, 이 식은 A의 처짐과 회전이 모두 0이고 B의 휨모멘트가 0인 조건에 적용된다.

3. 변형 적합조건: 지점이 침하한 뒤에도 보의 B점은 지점과 함께 δ만큼 아래로 이동해야 한다. 따라서 **처짐과 침하량을 같게** 놓으면 $\frac{RL^3}{3EI} = \delta$이고, 이를 풀면 $R = \frac{3EI\delta}{L^3}$이다. 아래쪽을 양으로 정했으므로 이 힘은 아래 방향이며, 위쪽을 양으로 잡은 수직반력은 음수가 된다.

4. 반력의 크기: 요구한 크기는 $\frac{3EI\delta}{L^3}$이며 ③의 식과 일치한다. E를 $N/m^2$, I를 $m^4$, L과 δ를 m로 넣으면 반력의 단위는 N이다.

NoteBase

**문 9. 그림과 같은 외팔보의 자유단에 모멘트 하중(= P · L)이 작용할 때 보에 저장되는 탄성 변형에너지와 동일한 크기의 탄성 변형에너지를 집중하중을 이용하여 발생시키고자 할 때, 보의 자유단에 작용시켜야 하는 수직하중 $Q$의 크기는? (단, 모든 보의 휨강성 $EI$는 일정하고, 자중은 무시한다)**




① $\sqrt{2}P$

② $2\sqrt{2}P$

③ $\sqrt{3}P$

④ $2\sqrt{3}P$

**정답 3번**

**간단한 해설**

모멘트 하중을 받을 때의 변형에너지는 $\frac{P^2L^3}{2EI}$, 자유단 집중하중을 받을 때는 $\frac{Q^2L^3}{6EI}$이다. **두 변형에너지가 같아야 하므로** 필요한 수직하중의 크기는 $Q=\sqrt{3}P$이다.

NoteBase

**계산 과정**

에너지식과 조건: 두 외팔보의 길이는 L이고 휨강성 EI는 일정하다. 자유단에서 고정단 쪽으로 잰 거리를 x, 단면 휨모멘트의 크기를 $m(x)$라 하면, 휨에 따른 탄성 변형에너지는 $U = \int_0^L \frac{m(x)^2}{2EI} dx$이다. 즉, **휨모멘트의 제곱을 보 전체 길이에 걸쳐 적분**하여 에너지를 구한다.

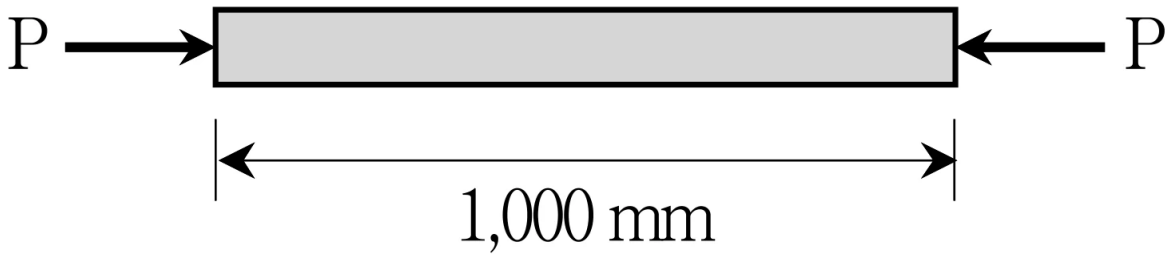
모멘트 하중: 위쪽 보의 자유단에는 $M = PL$인 모멘트만 작용하므로, 모든 단면에서 휨모멘트의 크기가 PL로 일정하다. 따라서 이때 저장되는 에너지는 $U_M = \frac{(PL)^2 L}{2EI} = \frac{P^2 L^3}{2EI}$이다.

수직 집중하중: 아래쪽 보에서는 자유단에서 x만큼 떨어진 단면의 휨모멘트 크기가 $m(x) = Qx$이다. 자유단에서는 0이고 고정단에서는 QL이므로 **휨모멘트가 거리에 비례하여 증가**한다. 따라서 에너지는 $U_Q = \frac{Q^2}{2EI} \int_0^L x^2 dx$이며, 적분하면 $U_Q = \frac{Q^2 L^3}{6EI}$이다.

에너지 같음 조건과 Q: $U_M = U_Q$를 적용하면 $\frac{P^2 L^3}{2EI} = \frac{Q^2 L^3}{6EI}$이다. 공통인자를 약분하면 $Q^2 = 3P^2$이고, 하중의 크기를 구하므로 양의 값을 취하여 $Q = \sqrt{3}P$를 얻는다. P와 Q는 같은 힘의 단위를 가지며, 이 값은 ③에 해당한다.

NoteBase

**문 10. 그림의 봉 부재는 단면적이 10,000 $mm^2$이며, 단면도심에 압축 하중 P를 받고 있다. 이 부재의 변형에너지밀도(strain energy density, u)가 u = 0.01 $N/mm^2$일 때, 수평하중 P의 크기[kN]는? (단, 부재의 축강성 EA = 500 kN이고, 자중은 무시한다)**




① 10

② 11

③ 100

④ 110

**정답 1번**

**간단한 해설**

축방향 압축을 받는 선형탄성 부재의 **변형에너지밀도**는 $u = \frac{\sigma^2}{2E}$이다. 주어진 축강성과 단면적으로 구한 탄성계수는 50 $N/mm^2$이므로 압축응력의 크기는 1 $N/mm^2$이고, 하중의 크기는 10 kN이다.

NoteBase

**계산 과정**

하중 조건: 그림의 봉 길이는 1,000 mm이고 단면적 A는 10,000 $mm^2$이다. 단면도심에 작용하는 두 하중은 봉을 압축하며, 봉 내부 축력의 크기는 **2P가 아니라 P**이다. 자중을 무시하므로 축력은 길이에 따라 일정하다.

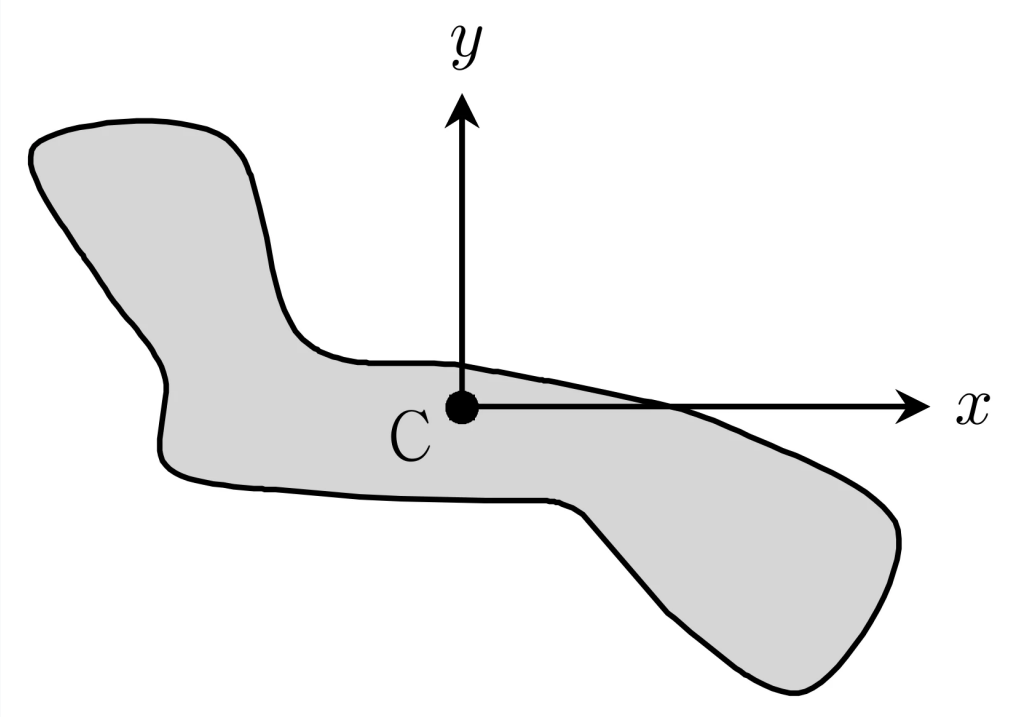
에너지밀도 관계: 변형에너지밀도 u는 단위체적에 저장된 변형에너지이다. 선형탄성 범위에서는 응력–변형률 선도 아래의 삼각형 면적으로부터 $u = \frac{1}{2}\sigma\varepsilon = \frac{\sigma^2}{2E}$가 된다. 여기서 E는 탄성계수, σ는 축응력, ε는 축변형률이다. 압축에서는 σ와 ε가 모두 음수여도 에너지밀도는 양수이다. 전체 에너지를 체적으로 나눈 값이므로 이 관계로 하중을 구할 때 봉의 길이는 필요하지 않다.

탄성계수와 응력: 축강성 EA = 500 kN = 500,000 N이므로 $E = \frac{EA}{A} = \frac{500{,}000}{10{,}000} = 50$ $N/mm^2$이다. 주어진 u = 0.01 $N/mm^2$를 적용하면 $|\sigma| = \sqrt{2Eu} = \sqrt{2 \cdot 50 \cdot 0.01} = 1$ $N/mm^2$이다. 이 값은 단위면적에 작용하는 압축력의 크기이다.

하중 계산: 응력은 축력을 단면적으로 나눈 값이므로 $P = |\sigma|A$이다. 따라서 P = 1 × 10,000 = 10,000 N = 10 kN이며, ①의 10에 해당한다.

NoteBase

**문 11. 그림과 같이 $x-y$평면상에 있는 단면의 최대 주단면 2차모멘트 $I_{max}$ [mm$^4$]는? (단, $x$축과 $y$축의 원점 C는 단면의 도심이다. 단면 2차모멘트는 $I_x = 3$ mm$^4$, $I_y = 7$ mm$^4$이며, 최소 주단면 2차모멘트 $I_{min} = 2$ mm$^4$이다.)**




① 5

② 6

③ 7

④ 8

**정답 4번**

**간단한 해설**

같은 도심을 지나는 직교축을 회전해도 **두 단면 2차모멘트의 합은 일정하다**. 따라서 최대·최소 주단면 2차모멘트의 합도 3 + 7 = 10 mm$^4$이므로, 최댓값은 10 − 2 = 8 mm$^4$이다.

NoteBase

**계산 과정**

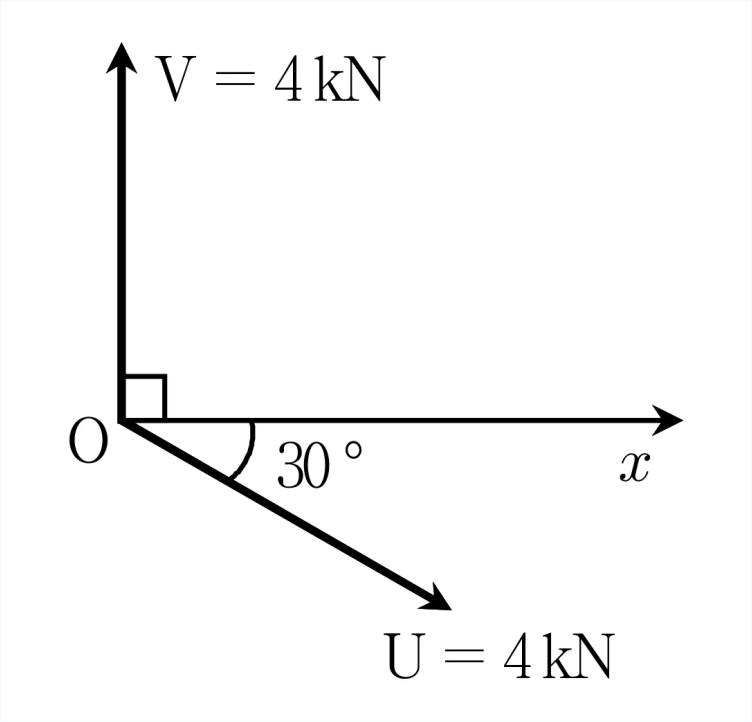
그림의 x축과 y축은 도심 C를 지나는 서로 수직인 축이다. 이 축들을 C 주위로 회전해도 각 미소면적에서 C까지의 거리 제곱은 변하지 않으므로, 두 축에 대한 단면 2차모멘트의 합은 일정하다. 최대·최소 주단면 2차모멘트를 갖는 주축도 **같은 도심을 지나는 직교축**이므로 $I_{max} + I_{min} = I_x + I_y$가 성립한다.

주어진 두 단면 2차모멘트의 합은 $3 + 7 = 10\ \text{mm}^4$이다. 이 값은 최대·최소 주단면 2차모멘트의 합이기도 하다.

최소 주단면 2차모멘트가 $2\ \text{mm}^4$이므로, 합에서 이를 빼면 $I_{max} = 10 - 2 = 8\ \text{mm}^4$이다. 이는 ④의 $8\ \text{mm}^4$에 해당한다.

NoteBase

**문 12. 그림과 같이 2개의 힘이 동일점 O에 작용할 때, 두 힘 U, V의 합력의 크기[kN]는?**




① 1
② 2
③ 3
④ 4

**정답 4번**

**간단한 해설**

힘 U의 아래쪽 성분 2 kN이 위쪽 힘 V의 일부를 상쇄하므로, 합력의 수직 성분은 2 kN이다. 수평 성분 $2\sqrt{3}$ kN과 **직각으로 합성**하면 합력의 크기는 4 kN이다.

NoteBase

**계산 과정**

힘의 방향: 오른쪽을 x축의 양의 방향, 위쪽을 y축의 양의 방향으로 잡는다. 그림에서 U는 크기가 4 kN이고 x축 아래로 30° 기울어져 있으며, V는 수직 위쪽으로 4 kN이다. 두 힘은 방향이 다르므로 크기만 더하지 않고 **같은 축의 성분끼리 더한다**.

합력의 성분: U의 수평 성분은 $U_x = 4\cos 30^\circ = 2\sqrt{3}$ kN이고, 수직 성분은 $U_y = -4\sin 30^\circ = -2$ kN이다. 아래쪽 성분이므로 음의 부호를 붙인다. V의 수평 성분은 0, 수직 성분은 4 kN이므로 합력 R의 성분은 $R_x = 2\sqrt{3}$ kN, $R_y = -2 + 4 = 2$ kN이다. 즉, 수직 방향에서는 **서로 반대인 성분이 상쇄**되어 위쪽으로 2 kN이 남는다.

합력의 크기: 수평 성분과 수직 성분은 서로 직각이므로 피타고라스 정리를 적용한다. $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$에 성분값을 대입하면 $R = \sqrt{(2\sqrt{3})^2 + 2^2}$ kN이고, $R = \sqrt{12 + 4} = 4$ kN이다. 이는 ④의 4 kN에 해당한다.

NoteBase

**문 13. 공칭응력(nominal stress)과 진응력(true stress, 실제응력), 공칭변형률(nominal strain)과 진변형률(true strain, 실제변형률)에 대한 설명으로 옳은 것은?**

① 변형이 일어난 단면에서의 실제 단면적을 사용하여 계산한 응력을 공칭응력이라고 한다.

② 모든 공학적 용도에서는 진응력과 진변형률을 사용하여야 한다.

③ 인장실험의 경우 진응력은 공칭응력보다 크다.

④ 인장실험의 경우 진변형률은 공칭변형률보다 크다.

**정답 3번**

**간단한 해설**

인장으로 단면적이 줄어들면 같은 인장하중을 **현재 단면적**으로 나눈 진응력이 초기 단면적으로 나눈 공칭응력보다 커진다. 두 응력의 차이는 하중이 아니라 계산에 쓰는 단면적에서 생긴다.

**선지별 해설**

① X: 공칭응력은 하중을 **변형 전의 초기 단면적**으로 나눈 값이다. 인장하중을 F, 초기 단면적을 $A_0$, 현재 단면적을 A라 하면 공칭응력은 $\sigma_n = \frac{F}{A_0}$, 진응력은 $\sigma_t = \frac{F}{A}$이다. 따라서 선지의 '실제 단면적을 사용하여 계산한 응력'은 진응력으로 고쳐야 한다.

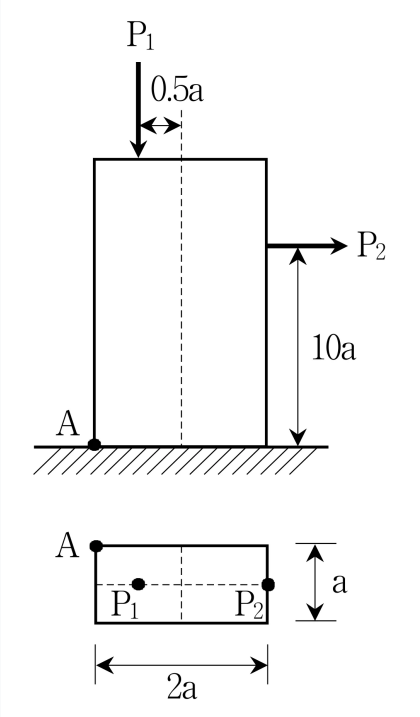
② X: **모든 공학적 용도에서 진응력과 진변형률을 사용해야 하는 것은 아니다**. 변형이 작으면 초기 치수와 현재 치수의 차이가 작아 공칭값과 진값이 거의 같으므로, 공칭응력과 공칭변형률로도 해석할 수 있다. 변형이 큰 경우에는 치수 변화를 반영하는 진응력과 진변형률이 필요하다.

③ O: 통상적인 인장시험에서는 시편이 늘어나면서 단면적이 줄어들어 $A < A_0$가 된다. **같은 인장하중에서 분모인 단면적이 작을수록 응력이 크므로**, $\frac{F}{A} > \frac{F}{A_0}$이고 진응력이 공칭응력보다 크다.

④ X: 인장 시에는 진변형률이 공칭변형률보다 **작다**. 초기 길이를 $L_0$, 현재 길이를 L이라 하면 공칭변형률은 $e = \frac{L - L_0}{L_0}$이다. 균일하게 늘어나는 구간에서 진변형률은 각 순간의 길이를 기준으로 미소 길이 변화를 누적하므로 $\varepsilon_t = \int_{L_0}^{L} \frac{d\ell}{\ell} = \ln\frac{L}{L_0}$이다. 따라서 $\varepsilon_t = \ln(1+e)$이고, 인장 상태인 $e > 0$에서는 $\ln(1+e) < e$이다.

NoteBase

**문 14. 그림과 같은 하중을 받는 사각형 단면의 탄성 거동하는 짧은 기둥이 있다. A점의 응력이 압축이 되기 위한 $P_1/P_2$의 최솟값은? (단, 기둥의 자중은 무시한다)**




① 6

② 8

③ 10

④ 12

**정답 4번**

**간단한 해설**

A점에는 수직하중의 축압축과 편심에 의한 압축이 더해지고, 수평하중의 휨에 의한 인장이 작용한다. 이를 합한 응력이 0이 되는 **압축·인장의 경계**에서 $P_1/P_2 = 12$이다.

NoteBase

**계산 과정**

단면 특성: 단면의 폭은 2a, 깊이는 a이고, A점은 도심에서 폭 방향으로 a만큼 떨어져 있다. 단면적을 $A_s$, 도심축에 대한 단면2차모멘트를 I, 도심축에서 A점까지의 거리를 c라 하면 $A_s = 2a^2$, $c = a$이다. 하중에 의해 폭 방향으로 휨응력이 변하므로 $I = \frac{a(2a)^3}{12} = \frac{2a^4}{3}$을 쓴다.

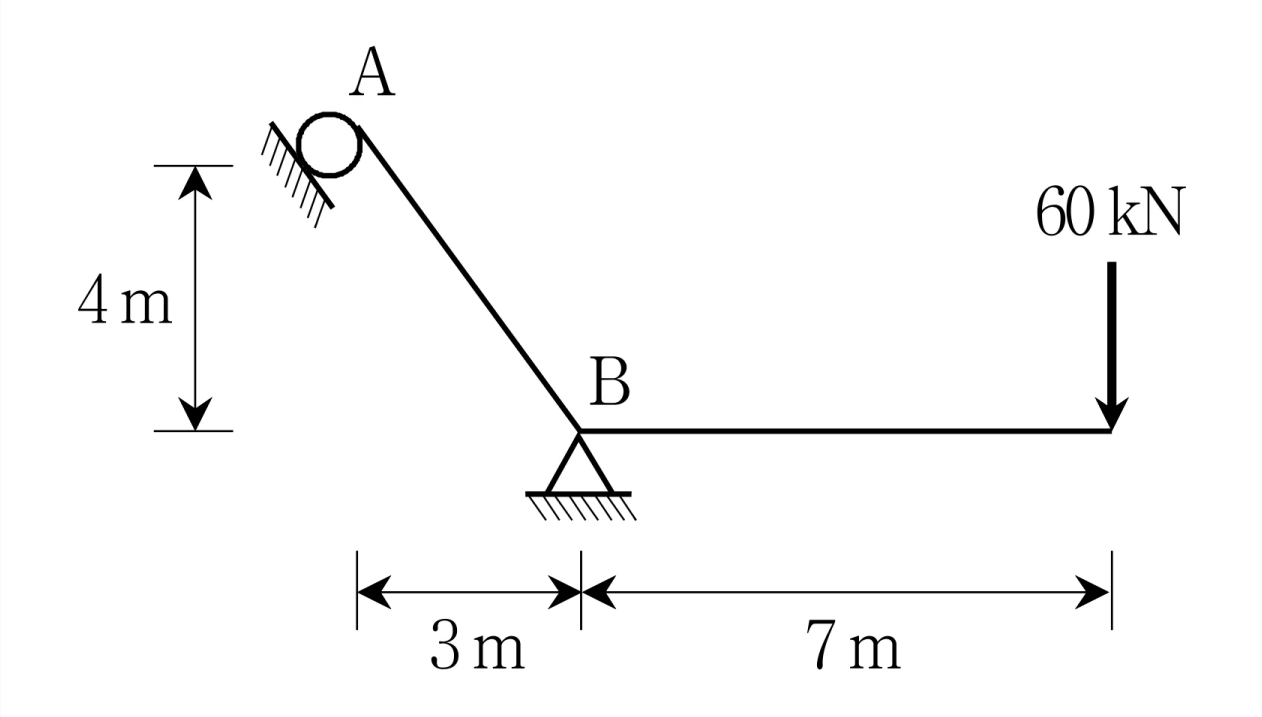
하중과 모멘트: 수직하중 $P_1$은 축압축력으로 작용하면서, 도심의 왼쪽으로 0.5a 편심되어 **A점의 압축을 증가시키는** 모멘트를 만든다. 수평하중 $P_2$는 밑면에서 10a 높이에 작용하여 A점에 인장 휨응력을 만든다. 따라서 A점을 압축시키는 모멘트를 양으로 잡으면 밑면의 합성 모멘트는 $M = 0.5aP_1 - 10aP_2$이다.

응력의 중첩: 탄성 거동하는 짧은 기둥이므로 축력에 의한 균일응력과 휨응력을 합한다. 압축응력을 양으로 잡으면 $\sigma_A = \frac{P_1}{A_s} + \frac{Mc}{I}$이다. 단면 특성과 모멘트를 대입하면 $\sigma_A = \frac{P_1}{2a^2} + \frac{3(0.5P_1 - 10P_2)}{2a^2}$이고, 정리하면 $\sigma_A = \frac{5P_1 - 60P_2}{4a^2}$이다. 첫 항은 축압축응력이며, 두 번째 항은 두 하중이 만드는 휨응력의 합이다.

한계조건: **인장에서 압축으로 바뀌는 경계**는 $\sigma_A = 0$일 때이다. 따라서 $5P_1 - 60P_2 = 0$에서 $\frac{P_1}{P_2} = 12$를 얻는다. 이 비는 무차원이며, 문제에서 묻는 한계 최솟값은 12로 ④에 해당한다. 경계에서는 응력이 0이고, 비가 12보다 커지면 A점에 압축응력이 생긴다.

NoteBase

**문 15. 그림과 같은 라멘 구조물에서 지점 A의 반력의 크기[kN]는? (단, 모든 부재의 축강성과 휨강성은 일정하고, 자중은 무시한다)**




① 60

② 84

③ 105

④ 140

**정답 2번**

**간단한 해설**

A의 롤러 반력은 **경사 지지면에 수직**하므로 B점에 대한 모멘트 팔길이는 AB의 길이인 5 m이다. B점에 대한 모멘트 평형으로 구한 A의 반력 크기는 84 kN이다.

NoteBase

**계산 과정**

반력의 작용선: A는 경사면 위의 롤러 지점이므로 반력은 지지면에 수직으로 작용한다. 그림에서 경사 지지면은 부재 AB와 평행하므로, A의 반력 작용선은 AB에 수직이다. 반력의 크기를 $R_A$라 둔다.

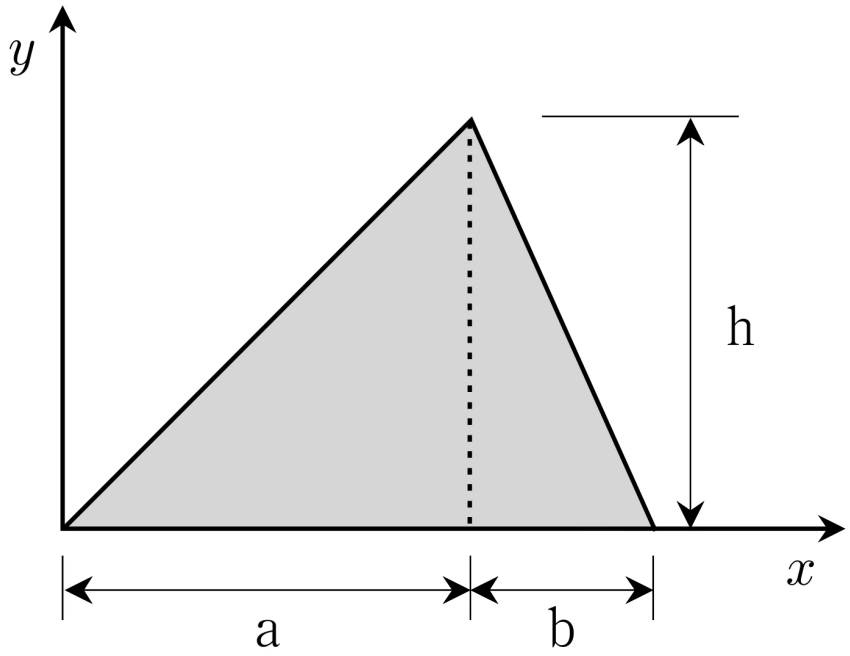
모멘트 팔길이: A와 B 사이의 수평거리는 3 m, 수직거리는 4 m이므로 $AB = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\text{m}$이다. 모멘트 팔길이는 기준점에서 힘의 작용선까지의 **수직거리**이다. AB가 A 반력의 작용선과 수직이므로, B점에서 이 작용선까지의 거리는 5 m이다.

B점에 대한 모멘트 평형: B는 힌지 지점이므로 지점모멘트가 없고, B의 수평·수직 반력은 모두 B를 지나므로 B점에 대한 모멘트가 0이다. 자중을 무시하면 끝단의 60 kN 하중과 A 반력의 모멘트만 고려하면 된다. 끝단 하중의 팔길이는 7 m이므로 시계방향 모멘트는 $60 \times 7 = 420\ \text{kN}\cdot\text{m}$이다. 이를 상쇄하는 A 반력의 반시계방향 모멘트에 대해 $R_A \cdot 5 = 60 \cdot 7$이 성립한다.

반력의 크기: $R_A = \frac{60 \cdot 7}{5} = 84\text{kN}$이다. 따라서 A의 반력 크기 84 kN에 해당하는 선택지는 ②이다.

NoteBase

**문 16. 그림과 같은 삼각형 단면에서 y축에서 도심까지의 거리는?**




① $\frac{2a+b}{3}$

② $\frac{a+2b}{4}$

③ $\frac{a+b}{3}$

④ $\frac{a+2b}{3}$

**정답 1번**

**간단한 해설**

삼각형의 도심은 **세 꼭짓점 좌표의 평균**에 있다. 그림의 x좌표가 각각 0, a, a + b이므로 y축에서 도심까지의 거리는 $\frac{2a+b}{3}$이다.

NoteBase

**계산 과정**

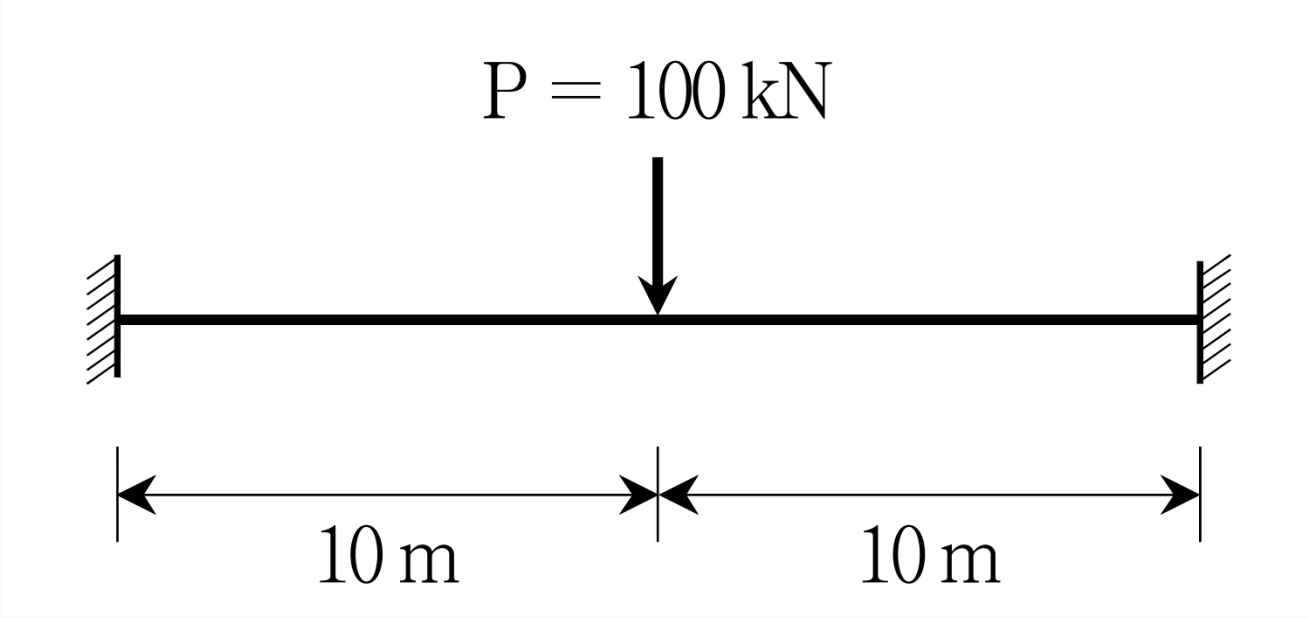
그림에서 왼쪽 아래 꼭짓점은 원점이고, 위쪽 꼭짓점의 수직 투영점은 원점에서 a만큼 떨어져 있다. 오른쪽 아래 꼭짓점은 여기서 b만큼 더 떨어져 있으므로 세 꼭짓점의 좌표는 각각 $(0, 0)$, $(a, h)$, $(a + b, 0)$이다. 구하는 거리는 **도심의 x좌표**이다.

삼각형 단면의 도심은 세 중선의 교점이며, 각 중선을 꼭짓점에서부터 2:1로 나누는 점이다. 이에 따라 도심의 각 좌표는 세 꼭짓점 좌표의 산술평균이므로, 세 꼭짓점의 x좌표를 $x_1, x_2, x_3$라 하면 $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}$을 적용한다.

세 x좌표의 합은 $0 + a + (a + b) = 2a + b$이다. 따라서 $\bar{x} = \frac{2a + b}{3}$이며, 이는 ①의 식과 일치한다. a와 b를 같은 길이 단위로 나타내면 구한 거리도 그 단위를 따른다.

NoteBase

**문 17. 그림과 같은 양단 고정보에 수직하중이 작용할 때, 하중 작용점 위치의 휨모멘트 크기[kN·m]는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)**




① 125

② 250

③ 275

④ 400

**정답 2번**

**간단한 해설**

중앙 집중하중을 받는 양단 고정보에서는 단부의 회전이 구속되어, 중앙 휨모멘트가 $M_C = \frac{PL}{8}$이 된다. 하중 100 kN과 전체 경간 20 m를 적용하면 **중앙 휨모멘트의 크기는 250 kN·m**이다.

NoteBase

**계산 과정**

조건과 부호: 그림의 하중 작용점을 C, 왼쪽과 오른쪽 고정단을 각각 A, B라 하자. 집중하중 P = 100 kN이 중앙에 작용하고, 전체 경간은 L = 10 + 10 = 20 m이다. 휨강성 EI는 일정하고 자중은 무시한다. 아래로 볼록하게 휘게 하는 정모멘트를 양(+)으로 정한다.

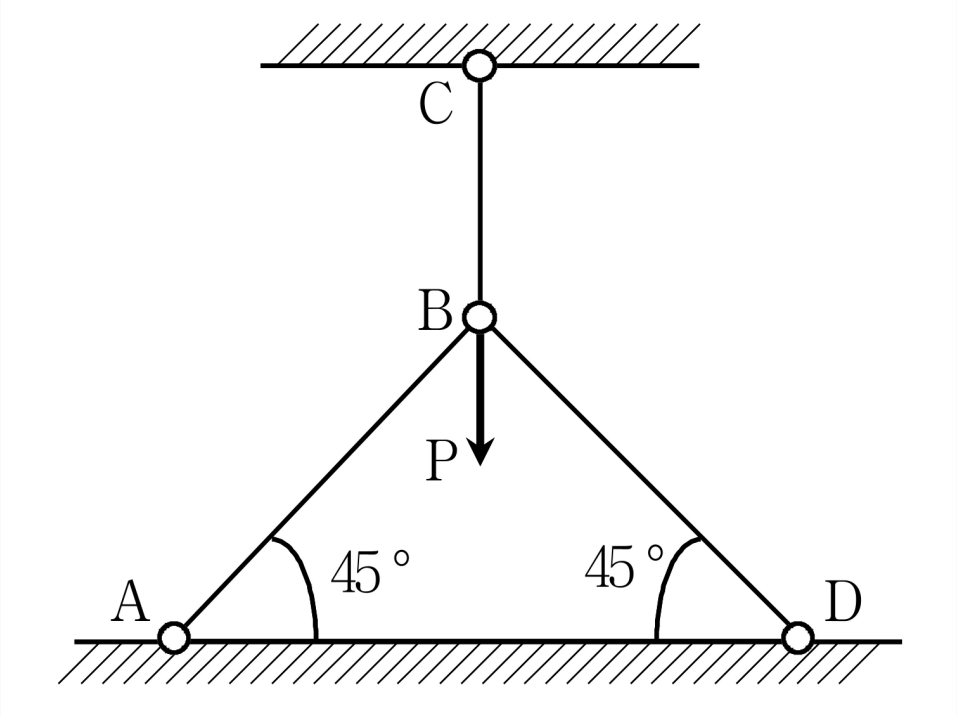
수직반력: 지지조건과 하중이 좌우 대칭이므로 두 수직반력은 같다. 수직방향 힘의 평형에서 $R_A = R_B = \frac{P}{2} = 50$ kN이다.

고정단 모멘트: 고정단 A의 회전각은 0이고, 중앙 C도 대칭에 의해 회전각이 0이다. 회전각의 변화는 휨모멘트를 EI로 나눈 값의 적분이므로, EI가 일정한 이 보에서는 **A부터 C까지 휨모멘트도의 부호를 고려한 면적이 0**이어야 한다. A와 C 사이에는 분포하중이 없어 휨모멘트가 직선적으로 변하므로 $M_A + M_C = 0$이다. 한편 반력에 의한 모멘트 증가량은 $M_C - M_A = R_A \cdot 10 = 500$ kN·m이다.

하중 작용점의 휨모멘트: 위 두 관계를 더하면 $2M_C = 500$이므로 $M_C = 250$ kN·m이고, 고정단 모멘트는 $M_A = -250$ kN·m이다. 이를 일반식으로 쓰면 $M_C = \frac{PL}{8}$이며, 수치를 대입하면 $M_C = \frac{100 \cdot 20}{8} = 250$ kN·m이다. 요구한 크기 250 kN·m는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 18. 그림과 같이 트러스 부재들의 연결점 B에 수직하중 P가 작용하고 있다. 모든 부재들의 길이 L, 단면적 A, 탄성계수 E가 같은 경우, 부재 BC의 부재력은? (단, 모든 자중은 무시한다)**




① $\frac{P}{3}$ (압축)

② $\frac{P}{2}$ (인장)

③ $\frac{2P}{3}$ (압축)

④ $\frac{3P}{4}$ (인장)

**정답 2번**

**간단한 해설**

세 부재의 축강성은 같지만, 경사 부재는 변형과 부재력을 각각 수직방향으로 환산해야 한다. 두 경사 부재의 수직방향 강성을 합하면 BC의 강성과 같아, BC는 하중의 절반인 $\frac{P}{2}$를 **인장력**으로 부담한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 조건과 변위: A·C·D는 지점이고, 세 부재의 길이 L, 단면적 A, 탄성계수 E가 같으므로 축강성은 모두 $k = \frac{EA}{L}$이다. 자중은 무시한다. 좌우 대칭 구조에 수직하중 P가 작용하므로 B는 수평으로 이동하지 않는다. B의 아래쪽 변위를 $\delta$로 두고, 미소변형을 전제로 계산한다.

2. 변형 적합조건: B가 내려가면 수직 부재 BC는 $\delta$만큼 늘어나고, 45° 경사 부재 AB·BD는 각각 $\delta \sin 45^\circ$만큼 줄어든다. 경사 부재의 길이 변화는 **B의 변위를 부재 축방향으로 투영한 값**이다.

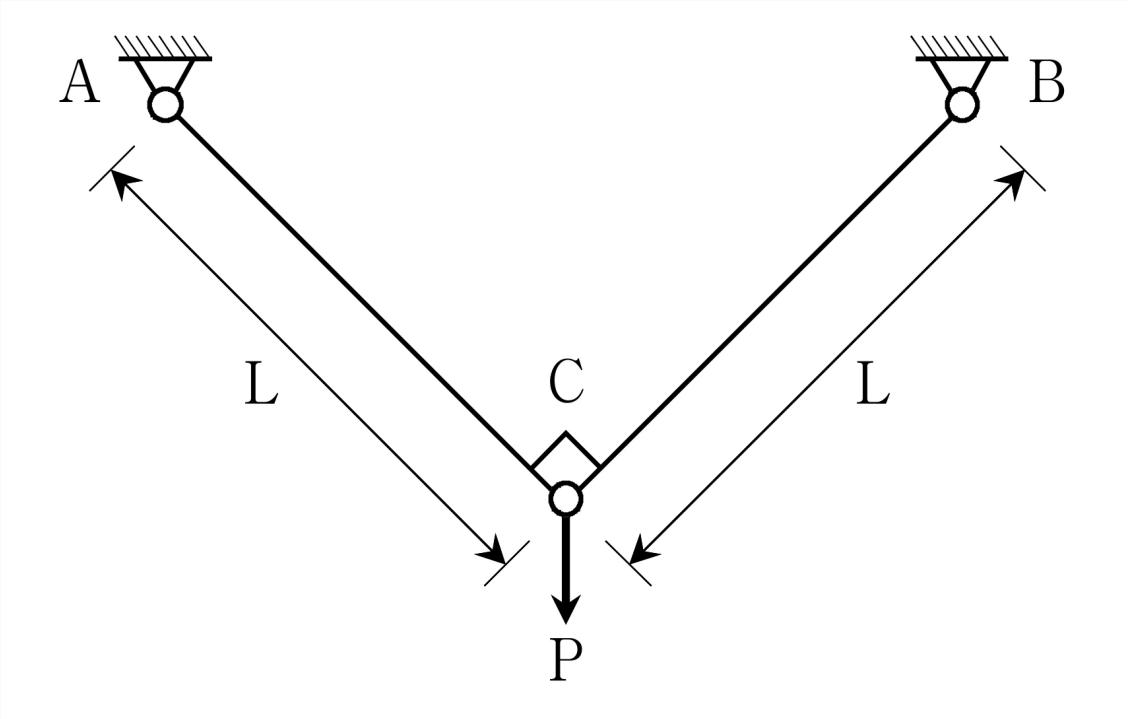
3. 각 부재의 저항력: 축력의 크기는 축강성과 길이 변화의 곱이다. 따라서 BC의 인장력은 $T = k\delta$, 각 경사 부재의 압축력 크기는 $C = k\delta \sin 45^\circ$이다. BC의 인장력은 B를 위로 당기고, AB·BD의 압축력은 B를 비스듬히 위로 민다. 경사 부재 하나가 부담하는 수직력은 $C \sin 45^\circ$이므로, **변형과 힘에 각각 한 번씩** 투영이 필요하다.

4. B점의 수직력 평형: 위쪽 저항력의 합이 P와 같아야 하므로 $T + 2C \sin 45^\circ = P$이다. 부재력 식을 대입하면 $k\delta + 2k\delta \sin^2 45^\circ = P$이고, $\sin^2 45^\circ = \frac{1}{2}$이므로 $2k\delta = P$가 된다. 즉, 두 경사 부재가 합해서 부담하는 수직력은 BC의 인장력과 같다.

5. BC의 부재력: $T = k\delta = \frac{P}{2}$이다. B가 내려가면서 BC가 늘어나므로 **인장**이며, 크기는 P와 같은 힘의 단위를 쓴다. 이는 ②의 $\frac{P}{2}$ (인장)에 해당한다.

NoteBase

**문 19. 그림과 같은 구조물에서 C점에 단위크기(=1)의 수직방향 처짐을 발생시키고자 할 때, C점에 가해 주어야 하는 수직하중 P의 크기는? (단, 모든 자중은 무시하고, AC, BC 부재의 단면적은 A, 탄성계수는 E인 트러스 부재이다)**




① $\frac{EA}{4L}$

② $\frac{EA}{3L}$

③ $\frac{EA}{2L}$

④ $\frac{EA}{L}$

**정답 4번**

**간단한 해설**

두 부재는 각각 수평선과 45°를 이루므로, 부재의 축방향 신장량을 C점의 수직 처짐으로 환산해야 한다. 이때 **수직하중과 처짐의 관계**는 $P = \frac{EA}{L}\delta_C$이므로, 단위 처짐에 필요한 하중은 $\frac{EA}{L}$이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 구조와 변형 조건: AC와 BC의 길이는 모두 L이고, C점에서 두 부재가 이루는 각은 90°이다. A와 B가 같은 높이에 있는 대칭 구조이므로 각 부재는 수평선과 45°를 이룬다. 트러스 부재는 축력에 의해 늘어나며, 대칭인 수직하중 P를 받으면 C점은 수직으로 처진다. 아래쪽 처짐을 $\delta_C$, 각 부재의 인장력을 N으로 둔다.

2. 각 부재의 축력: C점에서 두 인장력의 수평성분은 서로 상쇄되고, 수직성분의 합이 P와 평형을 이룬다. 따라서 $2N\sin 45^\circ = P$에서 $N = \frac{P}{\sqrt{2}}$이다.

3. 부재 신장량과 수직 처짐: 길이 L인 탄성 트러스 부재의 축방향 신장량은 $\Delta\ell = \frac{NL}{EA} = \frac{PL}{\sqrt{2}EA}$이다. 미소변형에서 부재의 신장량은 **C점 수직변위의 부재축 방향 성분**이므로 $\Delta\ell = \delta_C \sin 45^\circ$이다. 따라서 $\delta_C = \frac{\Delta\ell}{\sin 45^\circ} = \frac{PL}{EA}$가 된다.

4. 단위 처짐에 필요한 하중: 위 관계를 하중에 대해 정리하면 $P = \frac{EA}{L}\delta_C$이다. 여기서 $\frac{EA}{L}$은 **단위 수직 처짐당 필요한 하중**, 즉 C점의 수직강성이다. 처짐의 크기가 주어진 길이 단위로 1일 때 필요한 하중은 $P = \frac{EA}{L}$이며, ④의 식과 일치한다.

NoteBase

**문 20. 단면적 500 $mm^2$, 길이 1 m인 강봉 단면의 도심에 100 kN의 인장력을 주었더니, 길이가 1 mm 늘어났다. 이 강봉의 탄성계수 E [$N/mm^2$]는? (단, 강봉의 축강성은 일정하고, 자중은 무시한다)**

① $1.0 \times 10^5$

② $1.5 \times 10^5$

③ $1.8 \times 10^5$

④ $2.0 \times 10^5$

**정답 4번**

**간단한 해설**

탄성계수는 **응력을 변형률로 나눈 값**이다. 응력은 200 $N/mm^2$, 변형률은 0.001이므로 탄성계수는 $2.0 \times 10^5$ $N/mm^2$이다.

**계산 과정**

공식 적용: 인장력이 단면의 도심에 작용하므로 축방향 인장변형을 구한다. 자중을 무시하면 축력 P는 100 kN으로 일정하다. 탄성범위에서 후크의 법칙 $\sigma = E\varepsilon$이 성립하므로 $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$이다. 여기서 σ는 축응력, ε는 **원래 길이에 대한 늘어난 길이의 비**인 축변형률이다.

단위 통일: 요구 단위가 $N/mm^2$이므로 힘은 N, 길이는 mm로 맞춘다. 인장력 P = 100 kN = 100,000 N, 단면적 A = 500 $mm^2$, 원래 길이 L = 1 m = 1,000 mm, 늘어난 길이 ΔL = 1 mm이다.

응력과 변형률: 축응력은 $\sigma = \frac{P}{A} = \frac{100{,}000}{500} = 200$ $N/mm^2$이다. 축변형률은 $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{1{,}000} = 0.001$이다. 변형률은 같은 길이 단위끼리 나눈 비이므로 단위가 없다.

탄성계수 계산: $E = \frac{200}{0.001} = 2.0 \times 10^5$ $N/mm^2$이다. 이는 응력 200 $N/mm^2$를 발생시키는 데 변형률 0.001이 생겼다는 뜻이며, 계산값은 ④의 값과 일치한다.

NoteBase