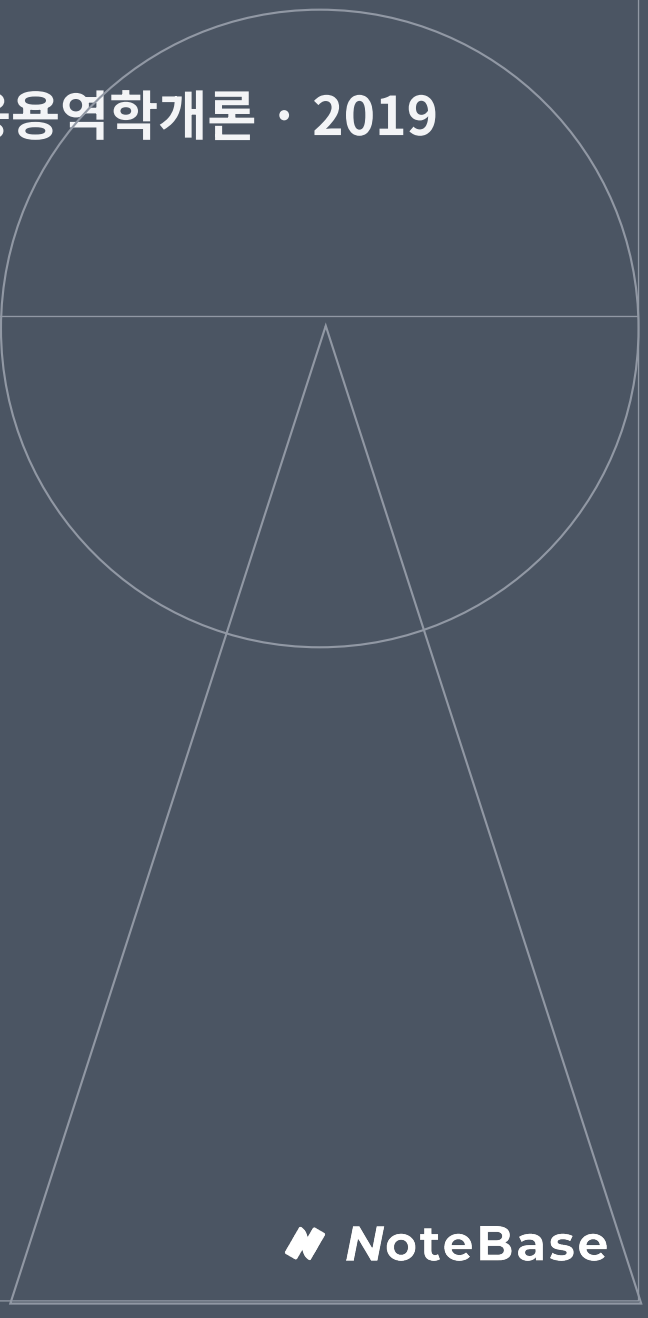
# 기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2019



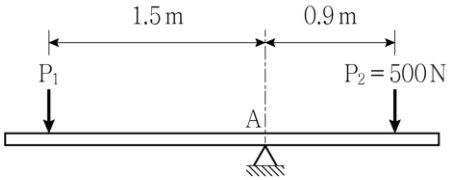
NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2019

### 공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2019

문 1. 그림과 같이 변형이 발생하지 않는 강체보(rigid beam)가 하중 $P_1$과 $P_2$에 의해 수평 상태를 유지하고 있을 때, A지점에서 수직반력의 크기[N]는? (단, 보의 자중은 무시한다)




① 500 ② 600
③ 700 ④ 800

**정답 4번**

**출제 포인트**

강체보의 모멘트 평형으로 미지 하중을 먼저 구한 뒤, 수직력 평형으로 A점의 수직반력을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: A점 왼쪽 $1.5m$ 지점에 하중 $P_1$, A점 오른쪽 $0.9m$ 지점에 하중 $P_2 = 500N$이 아래로 작용한다.
구해야 할 값: A점의 수직반력 $R_A$의 크기이다.
주의할 조건: 보는 수평 상태이므로 A점에 대한 모멘트의 합과 수직력의 합이 모두 0이어야 하며, 보의 자중은 무시한다.

**사용할 공식**

모멘트 평형: $\sum M_A = 0$
수직력 평형: $\sum F_y = 0$
A점 반력은 A점을 지나므로 A점에 대한 모멘트가 0이다. 따라서 먼저 양쪽 하중의 모멘트를 같게 놓아 $P_1$을 구하고, 이어서 아래쪽 하중의 합으로 $R_A$를 구한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. A점을 기준으로 두 하중의 회전 방향이 서로 반대이므로 모멘트 평형은 다음과 같다.

$P_1(1.5m) = (500N)(0.9m)$

2. 미지 하중은 다음과 같다.

$P_1 = \frac{(500N)(0.9m)}{1.5m} = 300N$

3. 위쪽을 양(+)으로 두고 수직력 평형을 적용한다.

$R_A - P_1 - P_2 = 0$

$R_A = 300N + 500N = 800N$

따라서 A점의 수직반력은 위쪽으로 작용하며, 그 크기는 $800N$이다.

**선지 판단**

① X — $500N$은 주어진 하중 $P_2$만 반영한 값이다. $P_1 = 300N$도 아래로 작용하므로 올바른 반력은 $800N$이다.

② X — $600N$은 수직력 평형식 $R_A = P_1 + P_2$을 만족하지 않는다. 올바르게는 $R_A = 300N + 500N = 800N$이다.

③ X — $700N$도 두 하중의 합과 일치하지 않는다. 모멘트 평형으로 구한 $P_1 = 300N$을 반영하면 올바른 값은 $800N$이다.

④ O — 모멘트 평형에서 $P_1 = 300N$이고, 수직력 평형에서 $R_A = P_1 + P_2 = 800N$이므로 맞다.

**오답 포인트**

A점에 대한 모멘트 평형만 계산해 $P_1 = 300N$을 구하고 이를 반력으로 착각하거나, 주어진 $P_2 = 500N$만 반력으로 고르는 것이 함정이다. 모멘트 평형은 미지 하중을 구하는 단계이고, 반력은 두 하중을 모두 포함한 수직력 평형에서 구한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

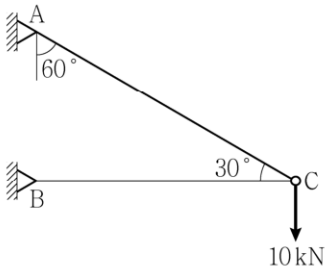
미지 하중과 지점반력이 함께 있는 평형 문제는 지점에 대한 모멘트 평형으로 미지 하중을 먼저 구한 뒤, 수직력 평형으로 지점반력을 구한다. 마지막에는 반력이 모든 아래쪽 하중의 합과 일치하는지 검산한다.

**암기 포인트**

평형 보는 $\sum M = 0, \sum F_y = 0$을 모두 만족한다. 지점 모멘트로 미지 하중을 구하고, 수직력의 합으로 반력을 구한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 구조물에서 부재 BC의 부재력의 크기[kN]는? (단, 절점은 힌지로 이루어져 있으며, 구조물의 자중은 무시한다)




① 5 ② $5\sqrt{3}$

③ 10 ④ $10\sqrt{3}$

**정답 4번**

### 출제 포인트

절점 *C*에 작용하는 세 힘에 대해 수직·수평 방향 평형조건을 적용하여 부재 *BC*의 부재력 크기와 인장·압축 여부를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 절점 *C*에 아래쪽으로 10*kN*이 작용하고, 부재 *AC*는 수평선과 30 °를 이룬다.
구해야 할 값: 부재 *BC*의 부재력 크기이다.
주의할 조건: *AC*와 *BC*는 양 끝이 힌지인 2력 부재이므로 각 부재력은 부재의 축 방향으로 작용한다.

### 사용할 공식

절점 *C*의 평형조건은 다음과 같다.

$\sum F_y = 0, \qquad \sum F_x = 0$

절점에 작용하는 힘이 평형을 이루므로 먼저 수직평형으로 *AC*의 부재력을 구하고, 이어서 수평평형으로 *BC*의 부재력을 구한다.

NoteBase

### 계산 과정

각 부재력이 절점 $C$에서 바깥쪽을 향한다고 가정한다.

1. 수직평형을 적용한다.

$F_{AC}\sin 30^\circ - 10 = 0$

$F_{AC} = \frac{10}{\sin 30^\circ} = 20kN$

양수이므로 부재 $AC$는 인장부재이다.

2. 수평평형을 적용한다.

$-F_{AC}\cos 30^\circ - F_{BC} = 0$

$F_{BC} = -20\cos 30^\circ = -10\sqrt{3}kN$

음수는 처음 가정한 인장 방향과 반대임을 뜻하므로 부재 $BC$는 압축부재이며, 그 크기는 $10\sqrt{3}kN$이다.

### 선지 판단

① X — 제시값 $5kN$은 수평평형 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 $5kN$ → 올바른 부재력의 크기는 $10\sqrt{3}kN$이다.

② X — 제시값 $5\sqrt{3}kN$은 $F_{AC} = 20kN$의 수평성분 $20\cos 30^\circ$와 일치하지 않는다. 틀린 값 $5\sqrt{3}kN$ → 올바른 부재력의 크기는 $10\sqrt{3}kN$이다.

③ X — 제시값 $10kN$은 외력의 크기를 그대로 택한 값이며, $AC$ 부재력의 수평성분을 반영하지 않았다. 틀린 값 $10kN$ → 올바른 부재력의 크기는 $10\sqrt{3}kN$이다.

④ O — 수평평형에서 $|F_{BC}| = 20\cos 30^\circ = 10\sqrt{3}kN$이므로 제시값과 일치한다.

### 오답 포인트

그림의 $60^\circ$는 부재 $AC$와 수직선 사이의 각도이고, 수평선과의 각도는 $30^\circ$이다. 또한 아래쪽 외력 $10kN$을 곧바로 $BC$의 부재력으로 보면 안 된다. $10kN$은 먼저 $AC$ 부재력의 수직성분과 평형을 이루고, $BC$는 그 $AC$ 부재력의 수평성분과 평형을 이룬다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

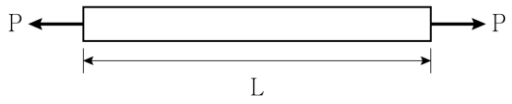
미지 부재력이 두 개인 절점을 선택하고, 각 부재력을 우선 인장 방향으로 가정한 뒤 $\sum F_y = 0$과 $\sum F_x = 0$을 차례로 적용한다. 계산값이 음수이면 실제 힘의 방향은 가정과 반대이며, 문제에서 크기를 물으면 절댓값을 답으로 선택한다.

### 암기 포인트

절점법의 순서는 '부재축 방향으로 힘 가정 → 수직평형 → 수평평형 → 부호로 인장·압축 판정'이다. 이 문제에서는 $F_{AC} = 20kN$, $BC$의 압축력 크기 $= 10\sqrt{3}kN$이다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 축방향 인장력 $P = 4\,kN$을 받는 강봉의 신장량이 $4\,mm$일 때, 이 강봉의 탄성계수 $E[N/mm^2]$는? (단, 강봉의 단면적은 $100\,mm^2$, 강봉의 길이 $L = 2\,m$이고, 자중은 무시한다)




① 5,000 ② 10,000
③ 20,000 ④ 40,000

**정답 3번**

### 출제 포인트

이 문제는 균일한 강봉의 축방향 탄성변형식 $\delta = \frac{PL}{AE}$를 이용하여 탄성계수 $E$를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: $P = 4kN = 4{,}000N$, $L = 2m = 2{,}000mm$, $A = 100mm^2$, $\delta = 4mm$
구해야 할 값: 탄성계수 $E$
주의할 조건: 탄성계수의 단위가 $N/mm^2$이므로 하중은 $N$, 길이와 신장량은 $mm$로 통일한다. 자중은 무시하므로 축력은 강봉 전체에서 $P$로 일정하다.

### 사용할 공식

균일한 단면의 강봉이 중심축을 따라 인장력을 받을 때 축방향 신장량은
$\delta = \frac{PL}{AE}$
이다. 따라서 탄성계수는
$E = \frac{PL}{A\delta}$
이다. 강봉의 단면적과 축력이 일정하고 탄성범위의 축방향 변형을 다루므로 이 공식을 사용한다.

### 계산 과정

1. 단위를 통일하면 $P = 4{,}000N$, $L = 2{,}000mm$이다.
2. 식에 대입하면
$E = \frac{(4{,}000N)(2{,}000mm)}{(100mm^2)(4mm)}$
이다.
3. 계산하면
$E = 20{,}000N/mm^2$
이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — $5{,}000N/mm^2$은 계산 결과 $20{,}000N/mm^2$과 다르다. 올바르게는 $E = 20{,}000N/mm^2$이다.
② X — $10{,}000N/mm^2$은 계산 결과의 절반이므로 틀리다. 올바르게는 길이 $2m$를 $2{,}000mm$로 바꾸어 $E = 20{,}000N/mm^2$으로 계산한다.
③ O — 축변형식에 모든 값을 대입한 결과 $E = 20{,}000N/mm^2$이므로 옳다.
④ X — $40{,}000N/mm^2$은 계산 결과의 두 배이므로 틀리다. 올바르게는 신장량 $4mm$ 전체를 분모에 대입하여 $E = 20{,}000N/mm^2$으로 계산한다.

### 오답 포인트

가장 큰 함정은 $kN$과 $N$, $m$와 $mm$를 섞어 대입하는 것이다. 또한 신장량 $\delta$는 변형률이 아니므로 $E = PL/(A\delta)$에서 길이 $L$를 빠뜨리면 안 된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

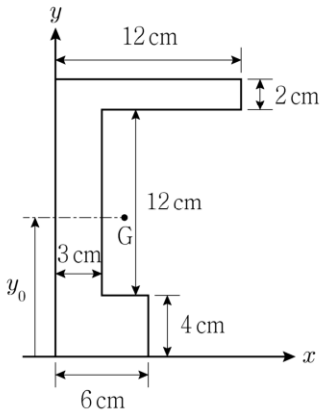
축방향 인장·압축 변형 문제에서는 먼저 $\delta = PL/(AE)$를 세우고, 요구 단위에 맞게 하중과 길이 단위를 통일한 뒤 미지수를 정리하고 단위를 검산한다.

### 암기 포인트

균일 강봉의 축변형은 $\delta = PL/(AE)$이며, 탄성계수는 $E = PL/(A\delta)$이다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 도형에서 $x$축으로부터 도심 G까지의 거리 $y_0$[cm]는?




① $\frac{74}{9}$ ② $\frac{74}{7}$

③ $\frac{68}{9}$ ④ $\frac{68}{7}$

**정답 4번**

### 출제 포인트

복합도형을 서로 겹치지 않는 직사각형으로 나눈 뒤 면적 1차 모멘트를 이용하여 도심의 높이 $y_0$를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

도형을 세 부분으로 나눈다.

하부 직사각형: $6cm \times 4cm$, 면적 $A_1 = 24cm^2$, 도심 높이 $y_1 = 2cm$

중앙 직사각형: $3cm \times 12cm$, 면적 $A_2 = 36cm^2$, 도심 높이 $y_2 = 4 + 6 = 10cm$

상부 직사각형: $12cm \times 2cm$, 면적 $A_3 = 24cm^2$, 도심 높이 $y_3 = 4 + 12 + 1 = 17cm$

각 높이는 모두 $x$축에서 각 부분 도심까지의 거리이다.

### 사용할 공식

복합도형의 도심은

$y_0 = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$

로 구한다. 각 부분의 면적 1차 모멘트 $A_i y_i$를 합한 뒤 전체 면적으로 나누면 전체 도형의 도심 위치가 되기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

전체 면적은
$\sum A_i = 24 + 36 + 24 = 84cm^2$
이다. $x$축에 대한 면적 1차 모멘트는
$\sum A_i y_i = 24 \times 2 + 36 \times 10 + 24 \times 17 = 816cm^3$
이다. 따라서
$y_0 = \frac{816}{84} = \frac{68}{7}cm$
이다.

### 선지 판단

① X — $\frac{74}{9}cm$는 계산값 $\frac{68}{7}cm$와 다르다. 올바른 값은 $\frac{68}{7}cm$이다.
② X — $\frac{74}{7}cm$는 면적 1차 모멘트의 합 $816cm^3$을 전체 면적 $84cm^2$으로 나눈 값이 아니다. 올바른 값은 $\frac{68}{7}cm$이다.
③ X — $\frac{68}{9}cm$는 계산값의 분모를 잘못 쓴 값이다. 816/84를 약분한 올바른 값은 $\frac{68}{7}cm$이다.
④ O — 816/84 = 68/7이므로 도심의 높이와 일치한다.

### 오답 포인트

중앙 직사각형의 높이 $12cm$를 도심의 $y$좌표로 그대로 쓰면 안 된다. 중앙 부분은 $x$축에서 $4cm$ 위에서 시작하므로 그 도심 높이는 $4 + 12/2 = 10cm$이다. 상부 직사각형의 도심 높이도 전체 높이 $18cm$가 아니라 $17cm$이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

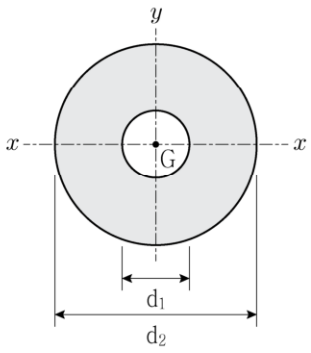
복합도형을 겹치지 않는 기본도형으로 분할하고, 각 부분의 면적과 기준축에서 잰 도심 좌표를 구한 뒤 $\sum A_i y_i / \sum A_i$를 계산한다. 마지막에는 결과가 도형의 최저점과 최고점 사이에 있는지 검산한다.

### 암기 포인트

복합도형의 도심은 '면적을 가중치로 한 위치의 평균'이며, $y_0 = \sum A_i y_i / \sum A_i$이다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 내부 지름이 $d_1$, 외부 지름이 $d_2$인 중공 단면에서 $x-x$축에 대한 회전 반지름은?




① $\frac{\sqrt{(d_2^2-d_1^2)}}{4}$

② $\frac{\sqrt{(d_2^2+d_1^2)}}{4}$

③ $\frac{\sqrt{(d_2^2-d_1^2)}}{16}$

④ $\frac{\sqrt{(d_2^2+d_1^2)}}{16}$

**정답 2번**

### 출제 포인트

중공 원형 단면의 도심축에 대한 단면2차모멘트와 단면적을 이용하여 회전 반지름을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 내경 $d_1$, 외경 $d_2$인 중공 원형 단면이다.
구해야 할 값: 도심을 지나는 $x-x$축에 대한 회전 반지름 $k_x$이다.
주의할 조건: $d_1$과 $d_2$는 같은 길이 단위를 사용하므로 별도의 단위 변환은 없으며, 계산된 회전 반지름도 길이의 차원을 갖는다.

NoteBase

**사용할 공식**

회전 반지름은 $k_x = \sqrt{I_x/A}$이다. 중공 원형 단면에서는

$$A = \frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)$$

$$I_x = \frac{\pi}{64}(d_2^4 - d_1^4)$$

이다. 회전 반지름은 단면적이 도심축에서 얼마나 퍼져 있는지를 나타내므로, 해당 축의 단면2차모멘트를 단면적으로 나눈 값의 제곱근을 사용한다.

**계산 과정**

먼저 회전 반지름 공식에 단면적과 단면2차모멘트를 대입한다.

$$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi}{64}(d_2^4 - d_1^4)}{\frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)}}$$

차의 제곱을 인수분해하면 $d_2^4 - d_1^4 = (d_2^2 - d_1^2)(d_2^2 + d_1^2)$이므로 공통인자를 약분할 수 있다.

$$k_x = \sqrt{\frac{d_2^2 + d_1^2}{16}} = \frac{\sqrt{d_2^2 + d_1^2}}{4}$$

따라서 계산 결과는 ②와 일치한다.

**선지 판단**

① X — $\frac{\sqrt{d_2^2 - d_1^2}}{4}$는 약분 뒤에도 차가 남는다고 본 값이다. $d_2^4 - d_1^4 = (d_2^2 - d_1^2)(d_2^2 + d_1^2)$이므로 올바르게는 $\frac{\sqrt{d_2^2 + d_1^2}}{4}$이다.
② O — $I_x/A = (d_2^2 + d_1^2)/16$의 제곱근과 정확히 일치한다.
③ X — $\frac{\sqrt{d_2^2 - d_1^2}}{16}$은 인수분해 후 남는 항과 제곱근 처리를 모두 잘못한 값이다. 올바르게는 근호 안에 $d_2^2 + d_1^2$가 남고 $\sqrt{16} = 4$이므로 $\frac{\sqrt{d_2^2 + d_1^2}}{4}$이다.
④ X — $\frac{\sqrt{d_2^2 + d_1^2}}{16}$은 근호 안의 분모 16을 그대로 근호 밖 분모로 옮긴 값이다. 올바르게는 $\sqrt{1/16} = 1/4$이므로 $\frac{\sqrt{d_2^2 + d_1^2}}{4}$이다.

**오답 포인트**

핵심 함정은 $d_2^4 - d_1^4$의 인수분해와 제곱근의 분모 처리이다. 두 제곱의 차를 약분하면 $d_2^2 - d_1^2$가 아니라 $d_2^2 + d_1^2$가 남으며, 근호 안의 16은 근호 밖에서 4가 된다.

NoteBase

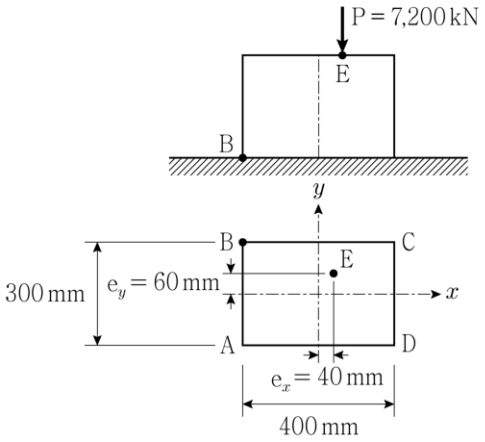
### 다시 나오면 이렇게 판단

중공 단면의 회전 반지름 문제는 먼저 $k = \sqrt{I/A}$를 세우고, $I$와 $A$를 대입한 뒤 차의 제곱을 인수분해하여 약분한다. 마지막에는 회전 반지름이 길이 차원을 갖는지 확인한다.

### 암기 포인트

중공 원형 단면의 도심축 회전 반지름은 $k = \frac{1}{4}\sqrt{d_2^2 + d_1^2}$이다.

문 6. 그림과 같이 직사각형 단면을 가지는 단주의 E점에 편심 축하중이 작용할 때, B점에 발생하는 응력의 크기[MPa]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)




① 48 ② 96
③ 144 ④ 192

**정답 2번**

### 출제 포인트

편심 축하중에 의한 직접응력과 두 축에 대한 휨응력을 중첩하여 B점의 압축응력 크기를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

하중은 $P = 7{,}200kN = 7.2 \times 10^6 N$이고, 단면의 폭은 $b = 400mm$, 높이는 $h = 300mm$이다. 편심거리는 $e_x = 40mm$, $e_y = 60mm$이다. 단면 중심을 원점으로 하면 B점의 좌표는 $x_B = -200mm$, $y_B = 150mm$이다. 구조물의 자중은 무시한다.

### 사용할 공식

직사각형 단면의 면적과 단면2차모멘트는 다음과 같다.

$A = bh, \quad I_x = \frac{bh^3}{12}, \quad I_y = \frac{hb^3}{12}$

편심 압축하중에 의한 점 $x, y$의 압축응력은 좌표의 부호를 포함하여 다음과 같이 중첩한다.

$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{Pe_x x}{I_y} + \frac{Pe_y y}{I_x}$

하중의 작용선이 단면 도심에서 $x$축과 $y$축 방향으로 모두 벗어나 있으므로 직접압축응력에 두 방향의 휨응력을 함께 더해야 한다.

NoteBase

### 계산 과정

먼저 단면 성질을 계산한다.

$A = 400 \times 300 = 120{,}000 mm^2$

$I_x = \frac{400 \times 300^3}{12} = 9.0 \times 10^8 mm^4$

$I_y = \frac{300 \times 400^3}{12} = 1.6 \times 10^9 mm^4$

B점에서 각 응력 성분은 다음과 같다.

$\frac{P}{A} = \frac{7.2 \times 10^6}{120{,}000} = 60 MPa$

$\frac{Pe_x x_B}{I_y} = \frac{(7.2 \times 10^6)(40)(-200)}{1.6 \times 10^9} = -36 MPa$

$\frac{Pe_y y_B}{I_x} = \frac{(7.2 \times 10^6)(60)(150)}{9.0 \times 10^8} = 72 MPa$

따라서 B점의 압축응력 크기는 다음과 같다.

$\sigma_B = 60 - 36 + 72 = 96 MPa$

### 선지 판단

① X — 계산 결과는 $48 MPa$가 아니라 $96 MPa$이다. B점의 부호 있는 좌표 $x_B = -200 mm$, $y_B = 150 mm$를 모두 반영하면 $60 - 36 + 72 = 96 MPa$가 된다.

② O — 직접응력 $60 MPa$, $x$방향 편심에 따른 응력 $-36 MPa$, $y$방향 편심에 따른 응력 $72 MPa$를 중첩하면 $96 MPa$이다.

③ X — 계산 결과는 $144 MPa$가 아니라 $96 MPa$이다. 두 휨응력을 크기만 보고 모두 더하지 않고 B점 좌표의 부호에 따라 $-36 MPa$와 $72 MPa$로 반영해야 한다.

④ X — 계산 결과는 $192 MPa$가 아니라 $96 MPa$이다. 직접응력과 두 휨응력을 한 번씩만 중첩한 값은 $60 - 36 + 72 = 96 MPa$이다.

### 오답 포인트

B점은 도심의 왼쪽 위에 있으므로 $x_B$는 음수이고 $y_B$는 양수이다. 편심에 의한 두 휨응력을 무조건 더하거나 한 방향 편심을 빠뜨리면 오답이 된다. 또한 $7{,}200 kN$을 $7.2 \times 10^6 N$으로 바꾸어 $N/mm^2 = MPa$가 되도록 단위를 맞춰야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

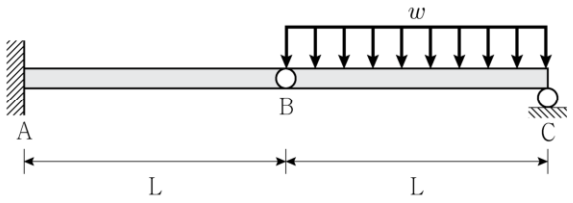
편심 축하중 문제는 도심을 원점으로 잡고 검토점의 부호 있는 좌표를 정한 뒤, $P/A$와 $Pe_x x/I_y$, $Pe_y y/I_x$를 차례로 계산하여 중첩한다. 마지막에는 응력 단위가 $N/mm^2 = MPa$인지 확인한다.

### 암기 포인트

이축 편심 압축의 핵심은 $\sigma = P/A + Pe_x x/I_y + Pe_y y/I_x$이며, 검토점 좌표의 부호가 휨응력의 가감 여부를 결정한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 하중을 받는 게르버보의 내부힌지 B점에 발생하는 수직처짐의 크기는 $C_1\frac{wL^4}{EI}$이다. 상수 $C_1$은? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)




① $\frac{1}{9}$ ② $\frac{1}{8}$

③ $\frac{1}{7}$ ④ $\frac{1}{6}$

**정답 4번**

### 출제 포인트

내부힌지에서 전달되는 전단력을 구한 뒤, 이를 캔틸레버 AB의 자유단 집중하중으로 보아 B점의 수직처짐을 계산하는 문제이다.

### 조건 정리

AB와 BC의 길이는 각각 $L$이고, BC 전체에 등분포하중 $w$가 작용한다. B는 내부힌지이므로 휨모멘트는 전달하지 않지만 전단력은 전달한다. 휨강성 $EI$는 일정하며 자중은 무시한다. 구해야 하는 값은 $\delta_B = C_1\frac{wL^4}{EI}$의 계수 $C_1$이다.

### 사용할 공식

BC는 B와 C에서 지지되는 길이 $L$의 단순보이므로 대칭인 등분포하중에 대한 B점 반력은 $R_B = wL/2$이다. 이 반력의 작용·반작용에 따라 캔틸레버 AB의 자유단 B에는 아래쪽 집중하중 $P = wL/2$가 작용한다. 캔틸레버의 자유단 집중하중에 의한 자유단 처짐의 크기는 $\delta = PL^3/(3EI)$이다.

### 계산 과정

1. BC의 전체 등분포하중은 $wL$이고 대칭이므로 $R_B = R_C = wL/2$이다.
2. 따라서 AB의 자유단 B에 전달되는 하중의 크기는 $P = wL/2$이다.
3. B점 수직처짐의 크기는

$\delta_B = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{(wL/2)L^3}{3EI} = \frac{1}{6}\frac{wL^4}{EI}$

이다. 따라서 $C_1 = 1/6$이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — 1/9은 계산 결과 $C_1 = 1/6$과 다르다. 선지의 1/9은 1/6으로 고쳐야 한다.
② X — 1/8은 캔틸레버 자유단 하중 $P = wL/2$를 $PL^3/(3EI)$에 대입한 결과와 다르다. 선지의 1/8은 1/6으로 고쳐야 한다.
③ X — 1/7은 $\delta_B = wL^4/(6EI)$에서 얻는 계수가 아니다. 선지의 1/7은 1/6으로 고쳐야 한다.
④ O — BC의 B점 반력 $wL/2$가 AB의 자유단 하중으로 전달되므로 $C_1 = 1/6$이 된다.

### 오답 포인트

BC의 전체 등분포하중 $wL$을 그대로 AB의 자유단 하중으로 사용하면 안 된다. 대칭인 단순보 BC에서 하중의 절반인 $wL/2$만 B를 통해 AB로 전달된다. 또한 내부힌지는 모멘트는 전달하지 않지만 전단력까지 전달하지 않는 절단점은 아니다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

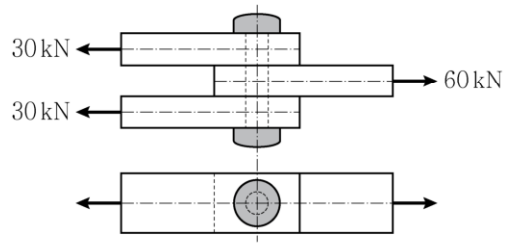
게르버보의 내부힌지 처짐은 먼저 힌지로 분리된 정정보의 평형에서 힌지 반력을 구하고, 그 반력을 인접 부재의 집중하중으로 옮긴 뒤 해당 부재의 처짐 공식을 적용해 판단한다.

### 암기 포인트

등분포하중을 받는 대칭 단순보의 끝반력은 $wL/2$, 캔틸레버 자유단 집중하중 처짐은 $PL^3/(3EI)$이다. 두 식을 연결하면 $wL^4/(6EI)$가 된다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 하중을 받는 철판을 한 개의 리벳으로 연결하기 위한 리벳의 최소 단면적[$mm^2$]은? (단, 리벳의 허용전단응력 $\upsilon_a = 100\,\mathrm{MPa}$이고, 리벳의 전단파괴만 고려하며, 마찰력은 무시한다)




① 300 ② 350
③ 400 ④ 450

**정답 1번**

### 출제 포인트

한 개의 리벳이 두 전단면에서 하중을 나누어 저항하는 이중전단 상태임을 파악하고, 허용전단응력으로부터 리벳 한 단면의 최소 단면적을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 하중: $P = 60kN = 60{,}000N$
허용전단응력: $\tau_a = 100MPa = 100N/mm^2$
구해야 할 값: 리벳 한 단면의 최소 단면적 $A$
주의할 조건: 가운데 철판을 위아래 두 철판이 감싸므로 리벳에는 전단면이 2개 생긴다. 각 전단면이 $30kN$씩 부담한다.

### 사용할 공식

이중전단 리벳의 평균전단응력은
$\tau = \frac{P}{2A}$
이다. 전단면이 2개이므로 전체 저항 단면적이 $2A$가 되어 이 공식을 사용한다. 최소 단면적에서는 계산 전단응력이 허용전단응력과 같아진다.

NoteBase

### 계산 과정

허용조건은
$\frac{P}{2A} \le \tau_a$
이다. 따라서
$A_{\min} = \frac{P}{2\tau_a} = \frac{60{,}000}{2 \times 100} = 300mm^2$
이다. 같은 계산을 각 전단면 기준으로 쓰면 $A_{\min} = 30{,}000/100 = 300mm^2$가 된다.

### 선지 판단

① O — $A = 300mm^2$일 때 $\tau = 60{,}000/(2 \times 300) = 100MPa$로 허용전단응력과 같으므로 최소 단면적이다.
② X — $350mm^2$이면 계산 전단응력은 약 $85.7MPa$로 안전하지만 최소값은 아니다. 틀린 값 $350mm^2$는 $300mm^2$로 고쳐야 한다.
③ X — $400mm^2$이면 계산 전단응력은 $75MPa$로 안전하지만 요구되는 최소 단면적보다 크다. 틀린 값 $400mm^2$는 $300mm^2$로 고쳐야 한다.
④ X — $450mm^2$이면 계산 전단응력은 약 $66.7MPa$로 안전하지만 최소값이 아니다. 틀린 값 $450mm^2$는 $300mm^2$로 고쳐야 한다.

### 오답 포인트

그림의 위아래 철판에 표시된 $30kN$을 합하면 리벳에 전달되는 전체 하중은 $60kN$이다. 이 하중에 저항하는 전단면도 2개이므로 분모를 $2A$로 두어야 한다. 또한 ②~④도 허용응력 이하로 안전한 단면적이지만, 문제는 안전한 값이 아니라 최소 단면적을 묻는다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

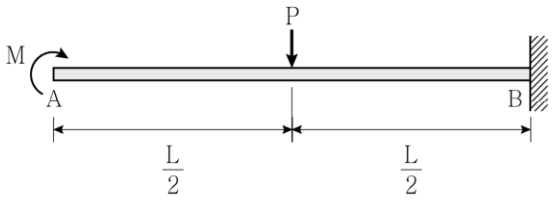
먼저 리벳의 전단면 수를 센 뒤 전체 하중을 전단면 수와 한 단면적의 곱으로 나눈다. 최소 단면적 문제에서는 $P/(nA) = \tau_a$로 놓고 $A$를 구하며, 하중과 응력의 단위를 각각 $N$, $N/mm^2$로 맞춘다.

### 암기 포인트

단전단은 저항면적 $A$, 이중전단은 저항면적 $2A$이다. 이중전단 리벳의 최소 단면적은 $A_{\min} = P/(2\tau_a)$이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 하중을 받는 캔틸레버보에서 집중 모멘트 M과 집중 하중 P에 의한 자유단 A의 수직처짐이 0일 때, 모멘트 M의 크기는? (단, $P \neq 0$, $M \neq 0$, 휨강성 EI는 일정하며, 구조물의 자중은 무시한다)




① $\frac{PL}{12}$ ② $\frac{PL}{8}$

③ $\frac{PL}{6}$ ④ $\frac{5PL}{24}$

**정답 4번**

### 출제 포인트

집중하중과 자유단 집중 모멘트가 만드는 자유단 처짐을 중첩하고, 두 처짐의 합이 0이 되는 모멘트의 크기를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

보의 전체 길이는 $L$이고 B점은 고정단, A점은 자유단이다. 집중하중 $P$는 고정단 B에서 $a = L/2$ 떨어진 곳에 작용한다. 휨강성 $EI$는 일정하고, A점의 수직처짐이 0이 되려면 모멘트 $M$이 집중하중에 의한 처짐과 반대방향의 처짐을 만들어야 한다.

### 사용할 공식

고정단에서 $a$ 떨어진 지점에 집중하중 $P$가 작용할 때 자유단 처짐은

$\delta_P = \frac{Pa^2(3L-a)}{6EI}$

이고, 자유단 집중 모멘트 $M$에 의한 자유단 처짐의 크기는

$\delta_M = \frac{ML^2}{2EI}$

이다. 선형 탄성이고 $EI$가 일정하므로 두 하중 효과를 중첩할 수 있다.

NoteBase

### 계산 과정

1. $a = L/2$를 집중하중에 의한 자유단 처짐식에 대입한다.
$\delta_P = \frac{P(L/2)^2(3L - L/2)}{6EI} = \frac{5PL^3}{48EI}$
2. A점의 수직처짐이 0이므로 서로 반대방향인 두 처짐의 크기가 같아야 한다.
$\frac{ML^2}{2EI} = \frac{5PL^3}{48EI}$
3. 양변에서 $L^2/EI$를 약분한다.
$M = \frac{5PL}{24}$

### 선지 판단

① X — $PL/12 = 2PL/24$이므로 필요한 모멘트 $5PL/24$보다 작아 집중하중에 의한 처짐을 상쇄하지 못한다. 틀린 값 $PL/12$은 $5PL/24$로 고쳐야 한다.
② X — $PL/8 = 3PL/24$이므로 처짐 상쇄 조건에서 얻은 $5PL/24$와 일치하지 않는다. 틀린 값 $PL/8$은 $5PL/24$로 고쳐야 한다.
③ X — $PL/6 = 4PL/24$이므로 필요한 모멘트보다 작다. 틀린 값 $PL/6$은 $5PL/24$로 고쳐야 한다.
④ O — $M = 5PL/24$로 계산되어 A점의 두 수직처짐을 정확히 상쇄한다.

### 오답 포인트

집중하중이 보의 중앙에 있다고 해서 길이 $L/2$인 별도의 캔틸레버보로 계산하면 안 된다. 하중점부터 자유단 A까지의 무하중 구간도 하중점의 회전에 따라 이동하므로, 전체 길이 $L$에 대한 자유단 처짐식 $Pa^2(3L - a)/(6EI)$을 사용해야 한다. 또한 처짐이 0이라는 조건은 모멘트나 회전각이 0이라는 뜻이 아니라 두 수직처짐의 대수합이 0이라는 뜻이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

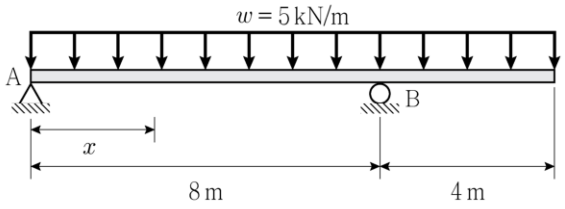
고정단에서 하중점까지의 거리를 $a$로 두고 각 하중이 자유단에 만드는 처짐을 구한 뒤, 요구된 변위 조건에 따라 부호를 포함해 중첩한다. 처짐이 0이면 반대방향 처짐의 크기를 같게 놓고 미지 하중이나 모멘트를 계산한다.

### 암기 포인트

캔틸레버보의 자유단 처짐은 중간 집중하중에 대해 $Pa^2(3L - a)/(6EI)$, 자유단 모멘트에 대해 $ML^2/(2EI)$이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 하중을 받는 내민보에서 A점으로부터 전단력이 0인 단면까지의 거리 $x$[m]는? (단, $0 \le x \le 8\,\mathrm{m}$, 자중은 무시한다)




① 3 ② 4
③ 5 ④ 6

**정답 1번**

### 출제 포인트

이 문제는 정정구조물의 평형조건으로 A점의 수직반력을 구한 뒤, A점에서 거리 $x$인 단면의 전단력식을 세워 전단력이 0인 위치를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 보의 전체 길이는 $12m$, A-B 구간은 $8m$, B점 오른쪽 돌출부는 $4m$, 전 구간의 등분포하중은 $w = 5kN/m$이다.
구해야 할 값: $0 \le x \le 8m$에서 전단력이 0이 되는 A점으로부터의 거리 $x$이다.
주의할 조건: B점의 반력은 전체 보의 평형으로 먼저 구하고, A-B 구간의 임의 단면 전단력에는 A점 반력과 길이 $x$에 걸친 등분포하중만 반영한다.

### 사용할 공식

전체 보의 평형식은 $\sum M_A = 0, \sum F_y = 0$이다. A-B 구간의 전단력은
$V(x) = R_A - wx$
이다. 전체 등분포하중의 합력은 $wL$이고, 그 작용점은 하중 구간의 중앙이다. 이 공식을 쓰는 이유는 전 구간에 일정한 등분포하중이 작용하며, A-B 구간을 절단하면 절단면 왼쪽의 수직력 합으로 전단력을 구할 수 있기 때문이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 전체 등분포하중의 합력은 $5 \times 12 = 60kN$이고 A점에서 $6m$ 떨어진 곳에 작용한다.
2. A점에 대한 모멘트 평형에서
$R_B \times 8 - 60 \times 6 = 0$
이므로 $R_B = 45kN$이다.
3. 수직력 평형에서
$R_A + R_B - 60 = 0$
이므로 $R_A = 15kN$이다.
4. A점에서 $x$ 떨어진 단면의 전단력은
$V(x) = 15 - 5x$
이다. $V(x) = 0$을 대입하면
$15 - 5x = 0 \quad \Rightarrow \quad x = 3m$
이다.

**선지 판단**

① O — 계산 결과 A점에서 전단력이 0인 위치는 $x = 3m$이므로 옳다.
② X — $x = 4m$에서는 $V = 15 - 5 \times 4 = -5kN$이므로 전단력이 0이 아니다. 틀린 값 $4m$ → 올바르게는 $3m$이다.
③ X — $x = 5m$에서는 $V = 15 - 5 \times 5 = -10kN$이므로 전단력이 0이 아니다. 틀린 값 $5m$ → 올바르게는 $3m$이다.
④ X — $x = 6m$에서는 $V = 15 - 5 \times 6 = -15kN$이므로 전단력이 0이 아니다. 틀린 값 $6m$ → 올바르게는 $3m$이다.
계산 결과 $x = 3m$이므로 정답은 1번이다.

**오답 포인트**

B점 오른쪽의 $4m$ 돌출부에도 하중이 작용하므로, A점 반력을 구할 때 A-B 구간의 $8m$만 하중 구간으로 잡으면 안 된다. 전체 $12m$의 등분포하중으로 지점반력을 구한 뒤, 절단한 A-B 구간에서는 $V(x) = R_A - wx$를 적용해야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

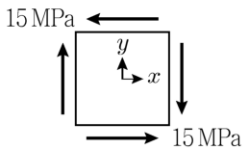
돌출보의 영전단 위치는 먼저 전체 보를 대상으로 지점반력을 구하고, 지정된 구간을 절단하여 전단력식을 세운 다음 $V(x) = 0$을 푸는 순서로 판단한다. 구한 $x$가 문제에서 지정한 구간 안에 있는지도 확인한다.

**암기 포인트**

등분포하중 아래에서 전단력은 기울기 $-w$로 변한다. A점부터 등분포하중이 시작되면 영전단 위치는 $x = R_A/w$이다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 평면응력 상태의 미소 요소에서 최대 주응력의 크기[MPa]는?




① 15 ② 20
③ 25 ④ 30

**정답 1번**

### 출제 포인트

이 문제는 순수전단응력 상태에서 주응력 공식을 이용해 최대 주응력의 크기를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 평면요소의 수직응력은 $\sigma_x = \sigma_y = 0$이고, 전단응력의 크기는 $|\tau_{xy}| = 15MPa$이다.
구해야 할 값: 최대 주응력 $\sigma_1$의 크기이다.
주의할 조건: 화살표 방향은 전단응력의 부호를 결정하지만, 주응력의 크기 계산에는 $\tau_{xy}^2$가 사용된다.

### 사용할 공식

평면응력 상태의 주응력은
$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$
이다. 이 요소에는 수직응력이 없고 전단응력만 작용하므로 순수전단 상태이며, 위 주응력 공식을 적용한다.

### 계산 과정

1. $\sigma_x = \sigma_y = 0, |\tau_{xy}| = 15MPa$를 공식에 대입한다.
2. $\sigma_{1,2} = 0 \pm \sqrt{0^2 + (15)^2} = \pm 15MPa$
3. 따라서 최대 주응력은 $\sigma_1 = 15MPa$이다.

### 선지 판단

① O — 계산 결과 최대 주응력은 $15MPa$이므로 옳다.
② X — $20MPa$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 $15MPa$이다.
③ X — $25MPa$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 $15MPa$이다.
④ X — $30MPa$는 전단응력의 양·음 주응력 사이 차이 $\sigma_1 - \sigma_2 = 30MPa$를 최대 주응력으로 잘못 본 값이다. 올바르게는 최대 주응력이 $15MPa$이다.

NoteBase

**오답 포인트**

순수전단 상태에서는 주응력이 $+\tau$와 $-\tau$로 생긴다. 두 주응력의 차이 $2\tau = 30MPa$와 최대 주응력 $\tau = 15MPa$를 혼동하면 ④를 고르게 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

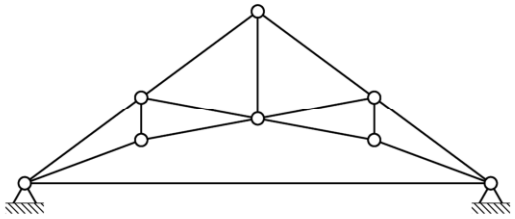
수직응력이 0이고 전단응력만 주어지면 순수전단 상태로 판단한다. 이때 주응력은 곧바로 $\sigma_{1,2} = \pm\tau$로 구하고, 양의 값이 최대 주응력이다.

**암기 포인트**

순수전단 $\tau$의 주응력은 $\pm\tau$, 최대 주응력의 크기는 $\tau$이다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 트러스 구조물의 내적 부정정 차수와 외적 부정정 차수의 합은?



① 1
② 2
③ 3
④ 4

**정답 2번**

### 출제 포인트

평면 트러스의 절점 수 $j$, 부재 수 $m$, 지점 반력 성분 수 $r$를 세어 내적 부정정 차수와 외적 부정정 차수의 합을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

절점 수: $j = 8$
부재 수: $m = 14$
양쪽 지점이 모두 힌지이므로 각 지점의 반력 성분은 2개이며, 전체 지점 반력 성분 수는 $r = 4$이다.

### 사용할 공식

외적 부정정 차수는
$D_e = r - 3$
내적 부정정 차수는
$D_i = m - (2j - 3)$
이다. 따라서 두 차수의 합은 다음과 같이 바로 계산할 수도 있다.
$D_i + D_e = m + r - 2j$
평면 구조물 전체에는 독립 평형방정식이 3개 있고, 평면 트러스의 각 절점에는 독립 평형방정식이 2개 있으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 외적 부정정 차수는 $D_e = 4 - 3 = 1$이다.
2. 내적 부정정 차수는 $D_i = 14 - (2 \times 8 - 3) = 14 - 13 = 1$이다.
3. 따라서 합은 $D_i + D_e = 1 + 1 = 2$이다.

전체식으로도 $14 + 4 - 2 \times 8 = 2$가 된다.

**선지 판단**

① X — 1은 양쪽 힌지 중 한쪽을 롤러로 보아 $r = 3$으로 잘못 센 경우 나올 수 있는 값이다. 그림에서는 양쪽 지점이 모두 힌지이므로 올바른 합은 2이다.
② O — 내적 부정정 차수 1과 외적 부정정 차수 1의 합이 2이므로 맞다.
③ X — 절점 8개, 부재 14개, 반력 성분 4개를 공식에 대입하면 3이 아니라 2이다. 올바르게는 내적·외적 부정정 차수의 합이 2이다.
④ X — 같은 수치를 대입한 결과는 4가 아니라 2이다. 올바르게는 내적·외적 부정정 차수의 합이 2이다.

**오답 포인트**

이 문제의 핵심 함정은 오른쪽 지점을 롤러로 간주하거나, 한 직선 위에 놓인 절점에서 부재가 나뉜다는 점을 놓치는 것이다. 양단 지점 기호가 모두 힌지이므로 $r = 4$이고, 중간 절점이 있는 선은 절점마다 별개의 부재로 세어야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

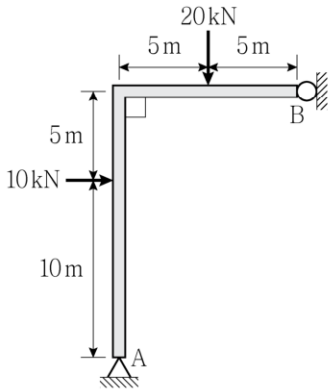
먼저 절점마다 번호를 붙여 $j$를 세고, 두 절점을 잇는 각 구간을 하나의 부재로 보아 $m$을 센다. 그다음 지점 종류별 반력 성분을 합해 $r$을 구한 뒤 $m + r - 2j$로 전체 부정정 차수를 검산한다.

**암기 포인트**

평면 트러스의 전체 부정정 차수는 $m + r - 2j$이며, 힌지는 반력 2개, 롤러는 반력 1개이다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 하중을 받는 구조물의 B점에서 수평반력의 크기 [kN]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)




① $\frac{10}{3}$

② $\frac{20}{3}$

③ $\frac{40}{3}$

④ $\frac{50}{3}$

**정답 3번**

### 출제 포인트

이 문제는 구조물 전체의 A점에 대한 모멘트 평형을 이용하여 B점의 수평반력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

A점은 힌지 지점이고, B점은 수직 벽에 접한 롤러 지점이므로 B점에서는 수평반력 $B_x$만 발생한다.
수평하중은 A점에서 $10m$ 높이에 작용하는 $10kN$이고, 수직하중은 기둥 중심선에서 오른쪽으로 $5m$ 떨어진 곳에 작용하는 $20kN$이다. B점은 A점에서 $15m$ 높이에 있다.
구해야 할 값은 B점 수평반력의 크기이다.

### 사용할 공식

평형 상태인 구조물은 임의의 점에 대한 모멘트의 합이 0이므로 다음 식을 사용한다.

$\sum M_A = 0$

A점을 모멘트 중심으로 잡으면 A점의 두 반력은 모멘트팔이 0이어서 식에서 소거되므로 B점 반력을 바로 구할 수 있다.

NoteBase

### 계산 과정

B점 반력은 벽이 구조물을 미는 왼쪽 방향으로 작용하며 A점에 대해 반시계방향 모멘트를 만든다. 두 외력은 모두 시계방향 모멘트를 만든다.

$B_x(15m) - (10kN)(10m) - (20kN)(5m) = 0$

따라서

$15B_x = 100 + 100 = 200kN \cdot m$

$B_x = \frac{200}{15} = \frac{40}{3}kN$

그러므로 B점 수평반력의 크기는 $\frac{40}{3}kN$이다.

### 선지 판단

① X — $\frac{10}{3}kN$을 대입하면 B점 반력의 모멘트는 $15 \times \frac{10}{3} = 50kN \cdot m$에 불과하여 외력의 시계방향 모멘트 $200kN \cdot m$와 평형을 이루지 못한다. 올바른 값은 $\frac{40}{3}kN$이다.

② X — $\frac{20}{3}kN$을 대입하면 B점 반력의 모멘트는 $100kN \cdot m$이므로 필요한 $200kN \cdot m$보다 작다. 올바른 값은 $\frac{40}{3}kN$이다.

③ O — $\frac{40}{3}kN$은 $15 \times \frac{40}{3} = 200kN \cdot m$의 반시계방향 모멘트를 만들어 두 외력의 시계방향 모멘트 합과 정확히 평형을 이룬다.

④ X — $\frac{50}{3}kN$을 대입하면 B점 반력의 모멘트는 $250kN \cdot m$이므로 필요한 $200kN \cdot m$보다 크다. 올바른 값은 $\frac{40}{3}kN$이다.

### 오답 포인트

수평 $10kN$ 하중의 모멘트팔은 하중 작용점의 높이인 $10m$이고, 수직 $20kN$ 하중의 모멘트팔은 기둥에서 하중 작용선까지의 수평거리인 $5m$이다. 또한 B점 반력의 모멘트팔은 보 길이 $10m$가 아니라 A점에서 B점까지의 수직거리 $15m$이다. 힘의 작용선에 수직인 거리를 모멘트팔로 사용해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

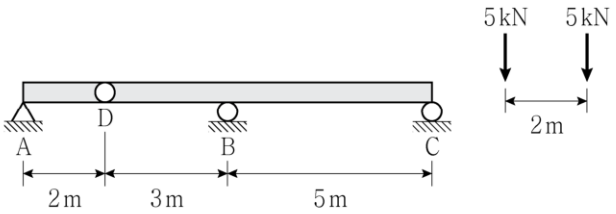
먼저 롤러가 접한 면에 수직인 방향으로 반력을 표시한다. 그다음 미지 반력이 가장 많이 소거되는 지점을 모멘트 중심으로 정하고, 각 힘의 작용선까지의 수직거리로 모멘트를 계산한다. 마지막으로 반력 모멘트와 외력 모멘트의 방향 및 단위 $kN \cdot m$를 검산한다.

### 암기 포인트

모멘트팔은 부재의 길이가 아니라 모멘트 중심에서 힘의 작용선까지의 수직거리이다. 수직 벽의 롤러 반력은 수평 방향이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 D점에 내부힌지를 갖는 게르버보에 간격이 2m인 집중 하중군이 지나갈 때, B점에서 수직반력의 최대 크기[kN]는? (단, 보의 자중은 무시한다)




① 4
② 6
③ 10
④ 14

**정답 4번**

### 출제 포인트

내부힌지가 있는 게르버보에서 B점 수직반력의 영향선을 구하고, 간격이 고정된 집중하중군의 최불리 위치를 찾는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: $AD = 2m$, $DB = 3m$, $BC = 5m$, 집중하중은 각각 $5kN$, 하중 간격은 $2m$이다.
구해야 할 값: 이동하중이 통과할 때 B점 수직반력 $R_B$의 최대 크기이다.
주의할 조건: D점은 내부힌지이므로 D점의 휨모멘트는 0이며, 두 하중의 간격 $2m$를 유지한 채 영향선 종거의 합이 최대가 되는 위치를 찾아야 한다.

### 사용할 공식

단위하중이 A에서 오른쪽으로 $x$만큼 떨어진 곳에 있을 때 B점 반력의 영향선 종거를 $y_B(x)$라 하면
y_B(x)=cases(4x)/(5),&0≤ x≤2\[4pt](10-x)/(5),&2≤ x≤10cases
따라서 주요 지점의 종거는 $y_B(A) = 0$, $y_B(D) = 1.6$, $y_B(B) = 1$, $y_B(C) = 0$이다. 반력은 각 이동하중과 그 위치의 영향선 종거를 곱하여 합한 값이므로
$R_B = \sum P_i y_i$
를 사용한다. 내부힌지 조건과 보의 평형조건으로 B점 반력 영향선을 구할 수 있고, 선형구간에서는 고정 간격 하중의 종거 합을 비교하여 최대 위치를 결정할 수 있다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 영향선의 최대 종거는 D점의 1.6이다. D의 왼쪽 기울기는 $+0.8$, 오른쪽 기울기는 $-0.2$이므로 간격 $2m$인 두 하중 중 하나를 D에 놓고 다른 하나를 D의 오른쪽 $2m$ 지점에 놓을 때 종거의 합이 최대가 된다.
2. D에서 오른쪽으로 $2m$ 떨어진 위치는 A로부터 $x = 4m$인 지점이며, 그 종거는
$y_B(4) = \frac{10-4}{5} = 1.2$
이다.
3. 두 하중에 의한 B점 반력은
$R_{B,\max} = 5(1.6) + 5(1.2) = 8 + 6 = 14kN$
이다.

**선지 판단**

① X — $4kN$은 영향선의 최대 종거 1.6과 두 하중의 기여를 모두 반영한 값이 아니다. 올바른 최대 반력은 $14kN$이다.
② X — $6kN$은 D의 오른쪽 $2m$ 지점에 놓인 한 하중의 기여분 $5 \times 1.2$만 계산한 값이다. D에 놓인 다른 하중의 $8kN$도 더해야 하므로 올바른 값은 $14kN$이다.
③ X — $10kN$은 두 하중의 크기를 단순히 합한 값으로, B점 반력 영향선 종거를 반영하지 않았다. 올바른 최대 반력은 $14kN$이다.
④ O — 두 하중을 D와 그 오른쪽 $2m$ 지점에 놓으면 $R_B = 5(1.6) + 5(1.2) = 14kN$으로 최대가 된다.

**오답 포인트**

B점 바로 위에 하중을 놓는 경우만 생각하면 안 된다. 이 보에서는 내부힌지 D에서 B점 반력 영향선 종거가 1.6으로 B점의 종거 1보다 크다. 또한 하중 하나의 기여만 계산하거나 두 하중의 크기만 단순 합하지 않고, 간격을 유지한 두 하중 위치의 영향선 종거를 각각 곱해 더해야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

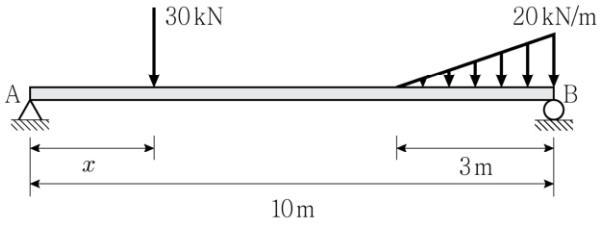
이동하중에 의한 반력의 최댓값은 먼저 해당 반력의 영향선을 그리고, 하중군의 고정 간격을 유지하면서 $\sum P_i y_i$가 최대가 되는 배치를 찾은 뒤 각 하중의 기여를 합하여 판단한다.

**암기 포인트**

게르버보의 이동하중 반력은 '내부힌지 조건으로 영향선 작성 → 고정 간격 유지 → $\sum P_i y_i$ 최대화'의 순서로 구한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 하중을 받는 단순보에서 B점의 수직반력이 A점의 수직반력의 3배일 때, A점으로부터 집중하중 30 kN이 작용하는 위치까지의 거리 $x$[m]는? (단, $0 \le x \le 10$ m, 보의 자중은 무시한다)




① 2
② 4
③ 6
④ 8

**정답 3번**

### 출제 포인트

삼각형 분포하중을 등가 집중하중으로 바꾸고, 연직력 평형과 모멘트 평형을 이용하여 집중하중의 작용 위치 $x$를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

보의 길이는 $10m$이다.
집중하중은 $30kN$이고 A점에서 $x$만큼 떨어진 곳에 작용한다.
오른쪽 $3m$ 구간의 삼각형 분포하중은 B점에서 최대 $20kN/m$이다.
B점의 수직반력 $R_B$는 A점의 수직반력 $R_A$의 3배이므로 $R_B = 3R_A$이다.

### 사용할 공식

삼각형 분포하중의 등가 집중하중은 삼각형의 넓이이므로
$W = \frac{1}{2} w_{max} L$
이고, 작용점은 하중이 큰 쪽에서 밑변 길이의 1/3만큼 떨어진 곳이다. 또한 정정 단순보이므로
$\sum F_y = 0, \quad \sum M_A = 0$
을 적용한다. 분포하중을 등가 집중하중으로 치환해야 전체 하중과 A점에 대한 모멘트를 계산할 수 있다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 삼각형 분포하중의 합력은
$W = \frac{1}{2} \times 20kN/m \times 3m = 30kN$
이다. 이 합력은 하중이 큰 B점에서 $1m$ 떨어진 곳, 즉 A점에서 $9m$인 위치에 작용한다.
2. 전체 연직하중은 $30kN + 30kN = 60kN$이므로
$R_A + R_B = 60kN$
이다. $R_B = 3R_A$를 대입하면 $R_A = 15kN$, $R_B = 45kN$이다.
3. A점에 대한 모멘트 평형을 적용하면
$R_B(10m) - (30kN)x - (30kN)(9m) = 0$
이다. 따라서
$45 \times 10 - 30x - 30 \times 9 = 0$
$30x = 180, \qquad x = 6m$
가 된다.

**선지 판단**

① X
$x = 2m$는 모멘트 평형식에서 얻은 $x = 6m$와 일치하지 않는다. 올바른 값은 $x = 6m$이다.

② X
$x = 4m$는 $R_B = 45kN$이 되도록 하는 하중 위치가 아니다. 올바른 값은 $x = 6m$이다.

③ O
$x = 6m$를 대입하면 A점에 대한 하중 모멘트가 $30 \times 6 + 30 \times 9 = 450kN \cdot m$이고, B점 반력 모멘트도 $45 \times 10 = 450kN \cdot m$이므로 평형을 만족한다.

④ X
$x = 8m$를 대입하면 필요한 B점 반력이 $51kN$이 되어 $R_B = 3R_A$ 조건을 만족하지 않는다. 올바른 값은 $x = 6m$이다.

**오답 포인트**

삼각형 분포하중의 합력 작용점을 하중이 작은 쪽에서 1/3 지점으로 잡는 것이 핵심 함정이다. 이 문제의 합력은 하중이 큰 B점에서 $1m$, 즉 A점에서 $9m$인 곳에 작용한다. 또한 $R_B = 3R_A$는 반력의 비이며, 전체 하중 $60kN$을 3배로 만드는 조건이 아니다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

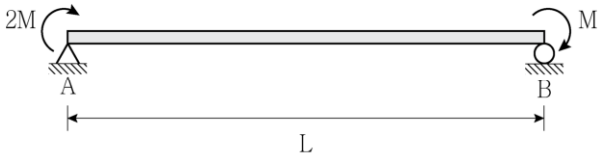
분포하중을 먼저 합력과 작용점으로 치환하고, 연직력 평형으로 반력을 구한 뒤, 한 지점에 대한 모멘트 평형으로 미지의 하중 위치를 결정한다. 계산 마지막에는 반력비와 모멘트 평형을 다시 대입하여 검산한다.

**암기 포인트**

삼각형 분포하중의 합력은 삼각형의 넓이이고, 작용점은 하중이 큰 쪽에서 $L/3$ 지점이다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 집중 모멘트 하중을 받는 단순보의 A점에서 수직반력의 크기는? (단, 보의 자중은 무시한다)




① $\frac{M}{L}$

② $\frac{2M}{L}$

③ $\frac{3M}{L}$

④ $\frac{4M}{L}$

**정답 3번**

### 출제 포인트

집중 모멘트만 작용하는 단순보에서 전체 보의 모멘트 평형과 수직력 평형을 이용해 A점 수직반력의 크기를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: A점에 시계방향 집중 모멘트 $2M$, B점에 시계방향 집중 모멘트 $M$, 지점 사이 거리 $L$이다.
구해야 할 값: A점 수직반력의 크기이다.
주의할 조건: 두 집중 모멘트는 같은 시계방향이며, 보의 자중은 무시한다.

### 사용할 공식

전체 보의 평형조건은 다음과 같다.

$\sum M_A = 0, \qquad \sum F_y = 0$

집중 모멘트는 작용점과 관계없이 그대로 모멘트 평형식에 포함되며, B점 수직반력은 A점에 대하여 $B_y L$의 모멘트를 만든다.

NoteBase

### 계산 과정

반시계방향을 양(+)으로 두고 A점에 대한 모멘트 평형을 적용한다.

$\sum M_A = B_y L - 2M - M = 0$

따라서

$B_y = \frac{3M}{L}$

수직 하중이 없으므로 수직력 평형에서

$\sum F_y = A_y + B_y = 0$

$A_y = -B_y = -\frac{3M}{L}$

A점 반력의 방향은 아래쪽이고, 그 크기는 $|A_y| = \frac{3M}{L}$이다.

### 선지 판단

① X — 두 집중 모멘트를 서로 반대 방향으로 보아 차감하면 나올 수 있는 값이다. 그림의 두 모멘트는 모두 시계방향이므로 A점 수직반력의 크기는 $\frac{M}{L}$이 아니라 $\frac{3M}{L}$이다.

② X — A점의 $2M$만 반영하고 B점의 $M$을 누락한 값이다. 두 모멘트를 모두 포함하면 A점 수직반력의 크기는 $\frac{2M}{L}$이 아니라 $\frac{3M}{L}$이다.

③ O — $B_y L - 2M - M = 0$과 $A_y + B_y = 0$에서 A점 수직반력의 크기는 $\frac{3M}{L}$이다.

④ X — $\frac{4M}{L}$을 대입하면 전체 모멘트 평형식 $B_y L - 3M = 0$을 만족하지 않는다. 올바른 A점 수직반력의 크기는 $\frac{3M}{L}$이다.

### 오답 포인트

집중 모멘트 화살표의 방향을 잘못 읽어 $2M - M$으로 계산하거나, 한쪽 집중 모멘트를 빠뜨리는 것이 핵심 함정이다. 또한 계산된 $A_y = -\frac{3M}{L}$의 음수는 가정한 반력 방향과 실제 방향이 반대라는 뜻이며, 문제에서 묻는 크기는 양수 $\frac{3M}{L}$이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

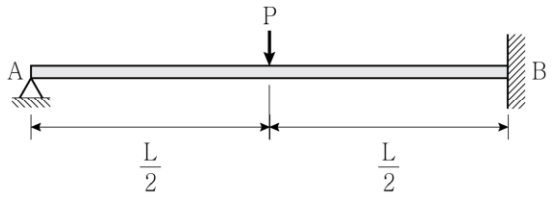
먼저 모든 집중 모멘트의 회전 방향을 같은 부호 기준으로 정리하고, 한 지점에 대한 모멘트 평형으로 다른 지점의 반력을 구한 뒤 수직력 평형으로 나머지 반력을 구한다. 마지막에는 방향을 나타내는 부호와 반력의 크기를 구분한다.

### 암기 포인트

같은 방향의 집중 모멘트는 더한다. 이 문제에서는 $2M + M = 3M$이므로 반력의 크기는 $\frac{3M}{L}$이다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 하중을 받는 부정정 구조물의 A점에서 수직반력의 크기는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하며, 보의 자중은 무시한다)




① $\frac{3}{8}$P

② $\frac{7}{12}$P

③ $\frac{5}{16}$P

④ $\frac{11}{48}$P

**정답 3번**

### 출제 포인트

이 문제는 1차 부정정 구조물에서 변위 적합조건을 이용하여 A점의 수직반력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 보의 전체 길이는 $L$이고, 집중하중 $P$는 중앙에 작용한다.
구해야 할 값: A점 수직반력의 크기 $R_A$이다.
주의할 조건: B점은 고정단이고 A점은 수직변위가 구속되므로 $\delta_A = 0$이다. 보의 휨강성 $EI$는 일정하며 자중은 무시한다.

### 사용할 공식

B점을 고정단으로 하는 외팔보를 기본계로 잡는다. 고정단 B에서 하중점까지의 거리를 $a = L/2$라 하면, 하중 $P$가 외팔보 자유단 A에 만드는 처짐의 크기는

$\delta_A^{(P)} = \frac{Pa^2(3L-a)}{6EI}$

이다. 자유단 A에 작용하는 반력 $R_A$가 만드는 반대 방향 처짐의 크기는

$\delta_A^{(R)} = \frac{R_A L^3}{3EI}$

이다. 실제 구조물에서는 A점의 수직변위가 0이어야 하므로 두 처짐의 크기를 같게 둔다.

NoteBase

### 계산 과정

처짐 적합조건은
$\frac{R_A L^3}{3EI} = \frac{Pa^2(3L-a)}{6EI}$
이다. 따라서
$R_A = \frac{Pa^2(3L-a)}{2L^3}$
이고, $a = L/2$를 대입하면
$R_A = \frac{P(L/2)^2(3L-L/2)}{2L^3} = \frac{5}{16}P$
이다. 따라서 A점 수직반력의 크기는 $5P/16$이다.

### 선지 판단

① X — $3P/8 = 6P/16$은 적합조건으로 얻은 $5P/16$과 일치하지 않는다. 틀린 계수 3/8은 5/16으로 고쳐야 한다.
② X — $7P/12$은 A점 처짐을 0으로 만드는 반력값이 아니다. $R_A L^3/(3EI) = Pa^2(3L-a)/(6EI)$에 $a = L/2$를 대입하면 $R_A = 5P/16$이다. 따라서 $7P/12$은 $5P/16$으로 고쳐야 한다.
③ O — 변위 적합조건을 풀면 $R_A = 5P/16$이므로 계산 결과와 정확히 일치한다.
④ X — $11P/48$은 적합조건으로 얻은 $15P/48 = 5P/16$과 일치하지 않는다. 틀린 계수 11/48은 15/48 = 5/16으로 고쳐야 한다.

### 오답 포인트

A점 반력을 단순지지보의 반력처럼 $P/2$로 정하면 B점의 고정단 모멘트와 변형 구속을 반영하지 못한다. 또한 하중점의 처짐이 아니라 자유단 A의 처짐을 계산해야 한다. 이 문제의 핵심 조건은 A점에서 $\delta_A = 0$이라는 점이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

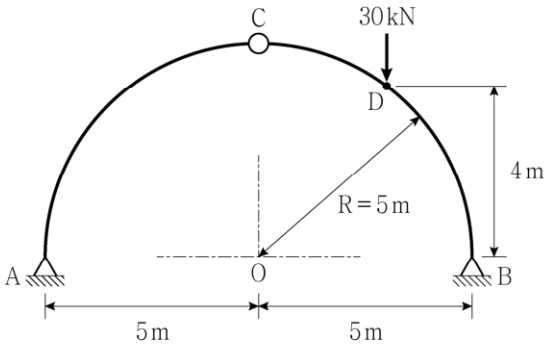
부정정 차수만큼 잉여반력을 제거해 정정 기본계를 만든 뒤, 제거한 지점의 변위 적합조건을 세운다. 이 문제에서는 A점 지지를 제거한 외팔보를 기본계로 삼고, 하중 $P$와 반력 $R_A$가 만드는 A점 처짐의 합을 0으로 둔다.

### 암기 포인트

1차 부정정 보의 반력은 평형조건만으로 구하지 않고, '잉여반력 제거 → 기본계 설정 → 지점 처짐 0'의 순서로 구한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 C점에서 내부힌지로 연결된 반지름 R = 5 m인 원형 아치가 있다. D점에 집중하중 30 kN이 작용할 때, A점에서 수평반력의 크기[kN]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)




① 4 ② 6
③ 8 ④ 10

**정답 2번**

### 출제 포인트

3힌지 원형 아치에서 전체 구조물의 평형으로 수직반력을 구한 뒤, 내부힌지 C점의 휨모멘트가 0이라는 조건으로 A점의 수평반력 크기를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

반지름은 $R = 5m$이고 A와 B 사이의 거리는 $10m$이다. D점의 높이가 $4m$이므로 $x_D^2 + 4^2 = 5^2$에서 O점 기준 D점의 수평좌표는 $x_D = 3m$이다. 따라서 A점에서 D점까지의 수평거리는 $8m$이다. D점에는 아래 방향의 집중하중 $30kN$이 작용하며, 구해야 할 값은 A점 수평반력의 크기이다.

### 사용할 공식

전체 아치의 평형조건 $\sum M_A = 0, \sum F_y = 0$으로 수직반력을 구한다. 이어서 아치를 내부힌지 C에서 나누고, 왼쪽 부분에 대해 $\sum M_C = 0$을 적용한다. 내부힌지는 휨모멘트를 전달하지 않으므로 C점에 대한 모멘트 평형을 사용하면 C점의 미지 반력 없이 A점 수평반력을 구할 수 있다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 전체 아치에서 A점에 대한 모멘트 평형을 적용한다.
$B_y(10) - 30(8) = 0$
따라서 $B_y = 24kN$이다.

2. 연직방향 힘의 평형에서
$A_y + B_y - 30 = 0$
이므로 $A_y = 6kN$이다.

3. C점에서 A점까지의 수평거리와 수직거리는 각각 $5m$이다. 왼쪽 절반의 C점에 대한 모멘트 평형은
$H_A(5) - A_y(5) = 0$
이므로
$H_A = A_y = 6kN$
이다. 따라서 A점 수평반력의 크기는 $6kN$이다.

**선지 판단**

① X — $4kN$은 계산 결과와 다르다. 올바르게는 A점 수평반력의 크기가 $6kN$이다.
② O — 내부힌지 C점에 대한 모멘트 평형에서 $H_A(5) = A_y(5)$이고 $A_y = 6kN$이므로 수평반력의 크기는 $6kN$이다.
③ X — $8kN$은 A점에서 D점까지의 수평거리 $8m$를 반력값으로 혼동한 값이다. 올바르게는 수평반력의 크기가 $6kN$이다.
④ X — $10kN$은 지점 사이의 거리 $10m$를 반력값으로 혼동한 값이다. 올바르게는 수평반력의 크기가 $6kN$이다.

**오답 포인트**

전체 아치의 평형식만으로는 수평반력을 직접 결정할 수 없다. 먼저 D점의 3 – 4 – 5 기하관계로 하중의 수평 위치를 정하고 수직반력을 구한 뒤, C점이 내부힌지여서 휨모멘트가 0이라는 조건을 추가해야 한다. 거리값 $8m$, $10m$를 반력값과 혼동하지 않아야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

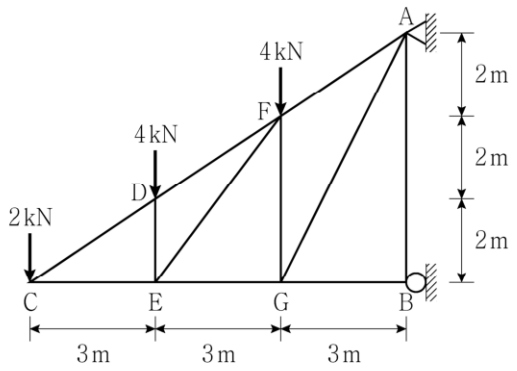
3힌지 아치는 전체 구조물의 평형으로 수직반력을 먼저 구하고, 내부힌지에서 구조물을 분리한 뒤 그 힌지점에 대한 모멘트 평형으로 수평반력을 구한다. 하중 위치가 원 위의 점으로 주어지면 원의 방정식이나 직각삼각형 관계로 수평거리를 먼저 확정한다.

**암기 포인트**

3힌지 아치에서는 '전체 평형으로 수직반력, 내부힌지의 모멘트 0으로 수평반력'의 순서를 사용한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 트러스에서 부재 EF의 부재력의 크기[kN]는? (단, 모든 부재의 자중은 무시하고, 모든 내부 절점은 힌지로 이루어져 있다)




① 2 ② 3
③ 4 ④ 5

**정답 4번**

### 출제 포인트

오른쪽에서 지지된 캔틸레버 트러스의 자유단 C부터 절점법을 적용하여 부재 EF의 축력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

C, D, F 절점에는 각각 아래쪽으로 $2kN$, $4kN$, $4kN$의 하중이 작용한다.
수평·수직 간격에서 $CD$와 $DF$의 방향비는 3 : 2이고, $EF$의 방향비는 3 : 4이므로 $EF$는 3-4-5 삼각형을 이룬다.
부재력은 인장을 양(+)으로 두며, 계산값이 음수이면 압축이다.

### 사용할 공식

각 절점에서 평형조건 $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$을 적용한다. 절점 C에서 미지 부재가 CE와 CD 두 개뿐이므로 자유단에서 시작하면 반력을 먼저 구하지 않고 순차적으로 부재력을 계산할 수 있다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 절점 C의 평형

$\sum F_y = 0 : \quad F_{CD}\frac{2}{\sqrt{13}} - 2 = 0$

따라서 $F_{CD} = \sqrt{13}\,kN$이며 인장이다.

$\sum F_x = 0 : \quad F_{CE} + F_{CD}\frac{3}{\sqrt{13}} = 0$

따라서 $F_{CE} = -3kN$이므로 CE는 $3kN$ 압축이다.

2. 절점 D의 평형

CD와 DF는 같은 직선 위에 있으므로 수평방향 평형에서 $F_{DF} = F_{CD} = \sqrt{13}\,kN$이다. 두 경사부재의 수직성분은 서로 상쇄된다.

$\sum F_y = 0 : \quad -F_{DE} - 4 = 0$

따라서 $F_{DE} = -4kN$이므로 DE는 $4kN$ 압축이다.

3. 절점 E의 평형

EF의 수직방향 성분비는 4/5이다. 압축부재 DE가 절점 E에 가하는 힘은 아래쪽으로 $4kN$이므로

$\sum F_y = 0 : \quad -4 + F_{EF}\frac{4}{5} = 0$

$F_{EF} = 5kN$

양수이므로 EF는 인장부재이며, 부재력의 크기는 $5kN$이다.

**선지 판단**

① X — $2kN$은 C절점의 외력 크기일 뿐 EF의 부재력이 아니다. 올바른 EF의 부재력 크기는 $5kN$이다.

② X — $3kN$은 절점 C에서 구한 CE의 압축력 크기이며 EF의 부재력이 아니다. 올바르게는 $F_{EF} = 5kN$이다.

③ X — $4kN$은 절점 D에서 구한 DE의 압축력 크기이며 EF의 부재력이 아니다. 올바르게는 $F_{EF} = 5kN$이다.

④ O — 절점 E의 수직평형식 $-4 + (4/5)F_{EF} = 0$에서 $F_{EF} = 5kN$이므로 맞다.

**오답 포인트**

외력 $2kN$이나 중간 계산값인 $3kN$, $4kN$을 EF의 부재력으로 착각하기 쉽다. 또한 EF의 기울기는 수평 $3m$, 수직 $4m$이므로 수직성분은 $F_{EF}(4/5)$이다. 이를 $F_{EF}(3/5)$로 바꾸어 쓰면 오답이 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

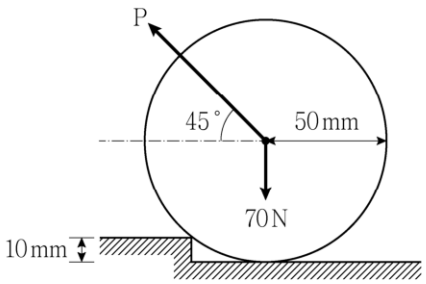
캔틸레버 트러스는 미지 부재가 두 개인 자유단 절점부터 $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$을 적용한다. 목표 부재가 있는 절점까지 차례로 이동하고, 경사부재의 방향비를 먼저 확인한 뒤 성분을 분해한다.

**암기 포인트**

자유단부터 절점법을 적용하며, EF는 3-4-5 삼각형이므로 수직성분이 $4F_{EF}/5$이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 무게가 70 N인 원판이 10 mm 높이의 장애물을 넘어가기 위해 필요한 최소한의 힘 P의 크기[N]는? (단, 힘 P는 지면과 45° 각도를 이루며 상향으로 작용하고, 장애물을 넘는 과정에서 원판의 변형과 미끄러짐은 고려하지 않는다)




① $20\sqrt{2}$

② $30\sqrt{2}$

③ $40\sqrt{2}$

④ $50\sqrt{2}$

**정답 2번**

### 출제 포인트

원판이 장애물을 막 넘어가려는 순간 장애물의 모서리를 회전 중심으로 삼아 모멘트 평형을 세우고, 필요한 최소 힘 $P$를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

원판의 무게는 $W = 70N$, 반지름은 $R = 50mm$, 장애물의 높이는 $h = 10mm$이다. 힘 $P$는 원판 중심에 수평면과 45 °를 이루며 왼쪽 위 방향으로 작용한다. 원판이 막 넘어가려는 순간에는 바닥의 반력이 0이 되고 장애물 모서리를 중심으로 회전하기 시작한다.

### 사용할 공식

장애물 모서리에서 원판 중심까지의 수직거리는 $R - h$이고, 수평거리를 $x$라 하면

$x = \sqrt{R^2 - (R-h)^2}$

이다. 장애물 모서리에 대한 한계 모멘트 평형은

$P_x(R-h) + P_y x = Wx$

이다. 힘이 45 ° 방향이므로 $P_x = P_y = P/\sqrt{2}$이다. 장애물 모서리에 작용하는 반력은 그 점을 지나므로 모멘트에 포함되지 않는다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 원판 중심과 장애물 모서리 사이의 수직거리는 $R-h=50-10=40mm$이다.
2. 수평거리는 $x=\sqrt{50^2-40^2}=30mm$이다.
3. 무게가 만드는 시계 방향 모멘트는 $70\times 30=2100N\cdot mm$이다.
4. 힘 $P$가 만드는 반시계 방향 모멘트는
$\frac{P}{\sqrt{2}}\times 40+\frac{P}{\sqrt{2}}\times 30=\frac{70P}{\sqrt{2}}$
이다. 따라서
$\frac{70P}{\sqrt{2}}=2100$
이므로 $P=30\sqrt{2}N$이다.

### 선지 판단

① X — $P=20\sqrt{2}N$이면 힘의 반시계 방향 모멘트는 $1400N\cdot mm$로, 무게의 $2100N\cdot mm$보다 작아 장애물을 넘기 시작할 수 없다. 올바른 최소 힘은 $30\sqrt{2}N$이다.
② O — $P=30\sqrt{2}N$일 때 힘과 무게의 모멘트가 각각 $2100N\cdot mm$로 같아지는 한계 상태이므로 필요한 최소 힘이다.
③ X — $P=40\sqrt{2}N$이면 힘의 모멘트는 $2800N\cdot mm$이어서 원판을 넘길 수는 있지만 최소 힘이 아니다. 올바른 최소 힘은 $30\sqrt{2}N$이다.
④ X — $P=50\sqrt{2}N$이면 힘의 모멘트는 $3500N\cdot mm$이어서 한계 모멘트보다 크므로 최소 힘이 아니다. 올바른 최소 힘은 $30\sqrt{2}N$이다.

### 오답 포인트

원판의 최하점이나 바닥 접점을 회전 중심으로 잡는 것이 아니라, 막 넘어가는 순간의 회전 중심인 장애물 모서리를 기준으로 모멘트를 계산해야 한다. 또한 힘 $P$의 수평 성분과 수직 성분이 모두 모멘트를 만들므로 둘 중 하나를 빠뜨리면 안 된다. ③과 ④의 힘도 원판을 넘길 수 있지만 문제는 '최소한의 힘'을 묻는다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

바퀴나 원판이 턱을 막 넘는 문제에서는 턱의 모서리를 회전 중심으로 정하고, 중심과 모서리의 기하관계로 수평·수직거리를 구한 뒤 각 힘의 성분이 만드는 모멘트를 평형시킨다.

### 암기 포인트

턱을 막 넘는 순간의 회전 중심은 턱 모서리이며, 최소 힘은 그 점에 대한 구동 모멘트와 저항 모멘트가 같을 때 결정된다.

NoteBase