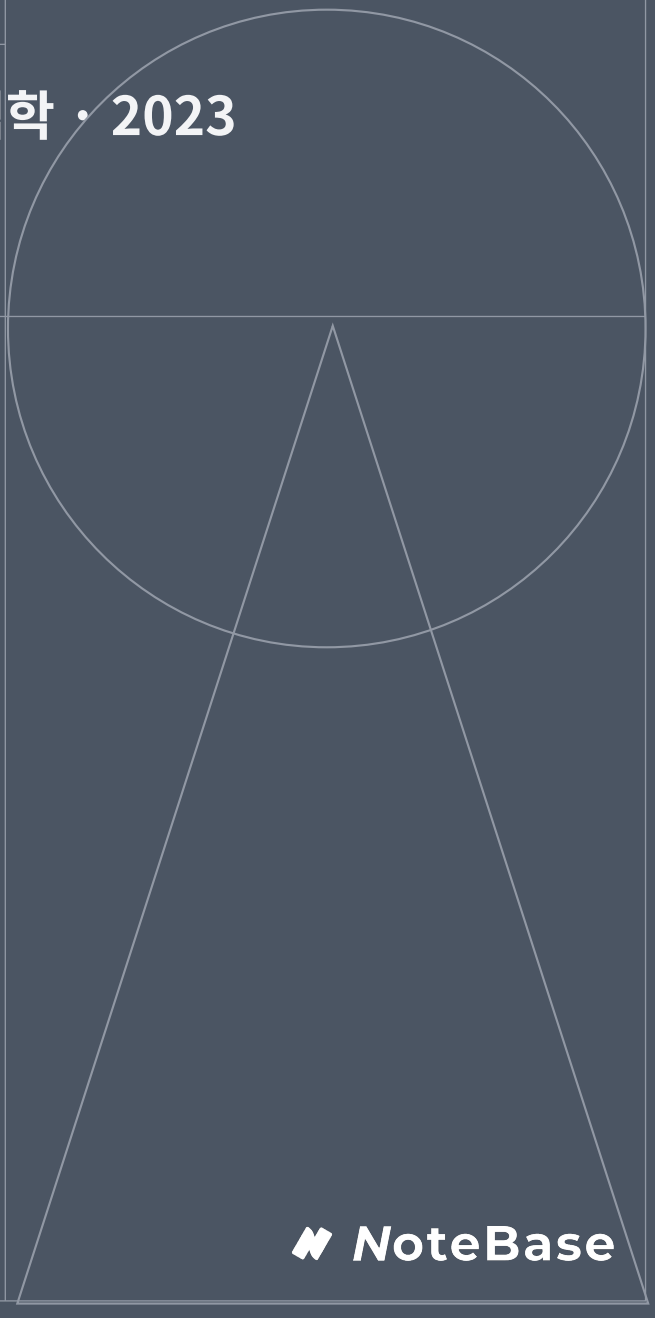
# 기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 응용역학 · 2023



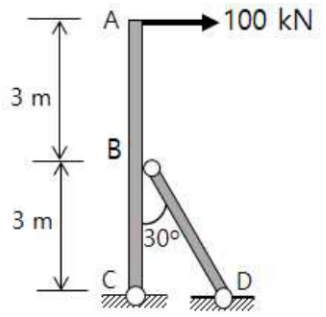
NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/군무원/9급 · 응용역학 · 2023

**공무원/군무원/9급 · 응용역학 · 2023**

1. 그림과 같은 구조물의 BD부재에 작용하는 힘[kN]은?




① 400 ② 425
③ 450 ④ 480

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 BD를 2력 부재로 보고, C점에 대한 모멘트 평형을 이용하여 BD 부재의 축력을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

A점의 수평하중은 $100kN$이고, C점에서 A점까지의 높이는 $6m$, C점에서 B점까지의 높이는 $3m$이다. BD는 수직선과 30 °를 이루는 2력 부재이므로 B점에 작용하는 힘은 BD의 축 방향이다. 구해야 할 값은 BD 부재력 $N_{BD}$이다.

**사용할 공식**

C점에 대한 모멘트 평형은 다음과 같다.

$$\sum M_C = 0$$

BD 부재력의 수직성분은 작용선이 C점을 지나므로 C점에 대한 모멘트가 0이다. 따라서 모멘트를 만드는 성분은 수평성분 $N_{BD}\sin 30°$뿐이다. A점 하중의 시계방향 모멘트와 이 수평성분의 반시계방향 모멘트가 같아야 한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. C점에 대한 A점 하중의 모멘트 크기는 $100kN \times 6m = 600kN \cdot m$이다.
2. B점에서 필요한 수평성분을 $H_B$라 하면 $H_B \times 3m = 600kN \cdot m$이므로 $H_B = 200kN$이다.
3. BD가 수직선과 $30\,^\circ$를 이루므로 $H_B = N_{BD}\sin 30\,^\circ$이다.
4. 따라서 $N_{BD} = \frac{200}{\sin 30\,^\circ} = \frac{200}{0.5} = 400kN$이다. B점에 필요한 수평성분이 왼쪽 방향이므로 BD는 압축력 $400kN$을 받는다.

**선지 판단**

① O — 계산한 BD 부재력은 $400kN$이므로 옳다.
② X — $425kN$은 모멘트 평형과 성분 분해로 얻은 $400kN$보다 $25kN$ 크다. 올바르게는 BD 부재력은 $400kN$이다.
③ X — $450kN$은 계산 결과인 $400kN$보다 $50kN$ 크다. 올바르게는 BD 부재력은 $400kN$이다.
④ X — $480kN$은 계산 결과인 $400kN$보다 $80kN$ 크다. 올바르게는 BD 부재력은 $400kN$이다.

**오답 포인트**

BD 부재력 전체가 C점에 대한 모멘트를 만드는 것으로 처리하면 안 된다. 모멘트에 기여하는 것은 B점 힘의 수평성분이며, 그림의 $30\,^\circ$는 수직선과의 각도이므로 그 수평성분은 $N_{BD}\sin 30\,^\circ$이다. 또한 A점 하중의 모멘트팔은 $3m$가 아니라 C점부터 A점까지인 $6m$이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

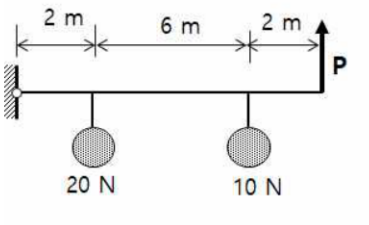
핀으로 연결된 직선 부재의 양 끝에만 힘이 작용하면 2력 부재로 판단한다. 전체 구조에서 미지 반력을 없애기 쉬운 지점을 모멘트 중심으로 잡고, 부재력을 그 모멘트에 실제로 기여하는 성분으로 분해한 뒤 평형식을 세운다.

**암기 포인트**

2력 부재의 힘은 부재축 방향이며, 한 점에 대한 모멘트는 그 점에서 힘의 작용선까지의 수직거리로 계산한다. 이 문제에서는 $100 \times 6 = (N_{BD}\sin 30\,^\circ) \times 3$이다.

NoteBase

2. 그림과 같은 물체가 평형 상태로 유지될 때의 하중 P[N]는?




① 8 ② 10
③ 12 ④ 14

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 한 점에 대한 모멘트 평형 조건을 이용해 미지 하중 $P$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

왼쪽 지점을 $A$라 하면 $20N$ 하중의 작용 거리는 $2m$, $10N$ 하중의 작용 거리는 $2 + 6 = 8m$, 상향 하중 $P$의 작용 거리는 $2 + 6 + 2 = 10m$이다. 구해야 할 값은 평형을 유지하는 $P$이다. 왼쪽 지점의 반력은 $A$를 지나므로 $A$ 점에 대한 모멘트가 0이다.

**사용할 공식**

평형 상태에서는 임의의 점에 대한 모멘트의 합이 0이다.

$\sum M_A = 0$

왼쪽 지점을 기준으로 $P$가 만드는 반시계방향 모멘트와 두 하중이 만드는 시계방향 모멘트가 같아야 하므로 다음 식을 사용한다.

$P \times 10 = 20 \times 2 + 10 \times 8$

**계산 과정**

1. 두 하향 하중의 시계방향 모멘트를 합한다.

$20 \times 2 + 10 \times 8 = 40 + 80 = 120N \cdot m$

2. 상향 하중 $P$의 반시계방향 모멘트와 같게 둔다.

$P \times 10 = 120$

3. 양변을 $10m$로 나누면 다음과 같다.

$P = 12N$

NoteBase

**선지 판단**

① X — $8N$이면 반시계방향 모멘트는 $8 \times 10 = 80N \cdot m$로, 시계방향 모멘트 $120N \cdot m$와 같지 않다. ①의 '$8N$'은 틀리며, 올바르게는 $12N$이다.
② X — $10N$이면 반시계방향 모멘트는 $10 \times 10 = 100N \cdot m$이므로 모멘트 평형을 만족하지 않는다. ②의 '$10N$'은 틀리며, 올바르게는 $12N$이다.
③ O — $12N$이면 반시계방향 모멘트가 $12 \times 10 = 120N \cdot m$가 되어 두 하향 하중의 시계방향 모멘트와 정확히 같다.
④ X — $14N$이면 반시계방향 모멘트는 $14 \times 10 = 140N \cdot m$이므로 시계방향 모멘트보다 크다. ④의 '$14N$'은 틀리며, 올바르게는 $12N$이다.

**오답 포인트**

그림에 적힌 $6m$와 $2m$는 각 구간의 길이이다. 모멘트 팔길이는 왼쪽 지점부터 각 힘의 작용점까지의 전체 거리이므로 $10N$에는 $8m$, $P$에는 $10m$를 적용해야 한다. 특히 $10N$ 하중만 반영하면 ①의 $8N$이 나오므로 $20N$ 하중을 빠뜨리지 않아야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

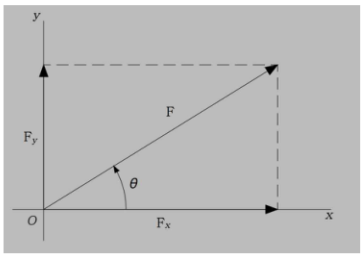
평형 문제에서는 미지 반력이 지나 모멘트가 0이 되는 지점을 기준점으로 정하고, 각 힘의 작용점까지의 전체 수직거리를 구한 뒤 시계방향 모멘트와 반시계방향 모멘트를 같게 둔다. 마지막에는 양쪽 모멘트의 단위가 모두 $N \cdot m$인지 확인한다.

**암기 포인트**

평형의 핵심은 $\sum M = 0$이며, 모멘트는 '힘 × 기준점에서 힘의 작용선까지의 수직거리'이다.

NoteBase

3. 힘의 직각 분력을 나타내는 다음 그림에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?




① 힘 F의 수평성분은 $F_x = |\vec{F}|\cos\theta$이다.

② 힘 F의 수직성분은 $F_y = |\vec{F}|\sin\theta$이다.

③ 힘 F가 직각성분 $F_x, F_y$로 각각 정의되어 있다면 $\tan\theta = \frac{F_y}{F_x}$이다.

④ 힘 F의 크기는 $\sqrt{F_x + F_y}$이다.

**정답 4번**

### 출제 포인트

이 문제는 힘을 서로 직각인 수평성분과 수직성분으로 분해할 때 삼각함수와 피타고라스 정리를 올바르게 적용하는지를 묻는다.

### 조건 정리

주어진 값: 힘 $\vec{F}$의 크기 $|\vec{F}|$, 수평성분 $F_x$, 수직성분 $F_y$, 수평축과 힘 사이의 각 $\theta$이다.
구해야 할 내용: 각 선지의 성분식과 힘의 크기식이 옳은지 판단한다.
주의할 조건: $F_x$와 $F_y$는 서로 직각인 성분이므로 힘의 크기를 구할 때 두 성분을 각각 제곱하여 더한다.

### 사용할 공식

$F_x = |\vec{F}|\cos\theta, \quad F_y = |\vec{F}|\sin\theta$
$\tan\theta = \frac{F_y}{F_x}, \quad |\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$
수평성분은 각 $\theta$의 인접변, 수직성분은 대변에 해당한다. 또한 두 성분이 직각삼각형의 두 직각변을 이루므로 피타고라스 정리를 사용한다.

### 계산 과정

1. 힘 벡터를 수평·수직으로 투영하면 $F_x = |\vec{F}|\cos\theta, F_y = |\vec{F}|\sin\theta$가 된다.
2. 두 식의 비를 구하면 $F_y/F_x = \sin\theta/\cos\theta = \tan\theta$가 된다.
3. 직각성분을 다시 합성하면 $|\vec{F}|^2 = F_x^2 + F_y^2$이므로 $|\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$이다.

NoteBase

**선지 판단**

① O — 수평성분은 힘의 크기에 수평축과 이루는 각의 코사인을 곱한 $F_x = |\vec{F}|\cos\theta$이다.
② O — 수직성분은 힘의 크기에 사인을 곱한 $F_y = |\vec{F}|\sin\theta$이다.
③ O — 성분의 비는 $F_y/F_x = \tan\theta$이므로 제시된 식이 옳다.
④ X — '힘의 크기는 $\sqrt{F_x + F_y}$'라는 표현이 틀렸다. 서로 직각인 성분은 단순히 더하지 않고 각각 제곱한 뒤 합의 제곱근을 취하므로, 올바르게는 $|\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$이다.

**오답 포인트**

④는 제곱근 기호만 보고 피타고라스 정리로 착각하기 쉽지만, 피타고라스 정리에는 반드시 $F_x^2$와 $F_y^2$가 들어간다. 또한 $\sqrt{F_x + F_y}$는 힘 성분을 더한 뒤 제곱근을 취하므로 물리량의 차원도 힘의 크기와 맞지 않는다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

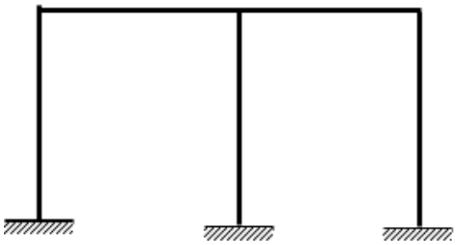
각도가 수평축을 기준으로 주어지면 수평성분에 코사인, 수직성분에 사인을 대응시킨다. 방향각은 $\tan\theta = F_y/F_x$로, 벡터의 크기는 직각성분의 제곱합에 제곱근을 취해 판단한다.

**암기 포인트**

수평은 코사인, 수직은 사인, 방향은 $F_y/F_x$, 크기는 $\sqrt{F_x^2 + F_y^2}$이다.

NoteBase

4. 다음 라멘 구조물의 부정정 차수는?



① 3차 부정정　② 4차 부정정
③ 5차 부정정　④ 6차 부정정

**정답 4번**

### 출제 포인트

평면 라멘의 부재 수, 절점 수, 지점 반력 성분 수를 세어 정정 구조보다 초과된 미지수의 개수인 부정정 차수를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

부재 수: 기둥 3개와 보 2개이므로 $m = 5$이다.
절점 수: 기둥 하단 절점 3개와 상단 절점 3개이므로 $j = 6$이다.
지점 반력 성분 수: 고정단 하나마다 수평력, 수직력, 모멘트의 3개 반력 성분이 생기므로 $r = 3 \times 3 = 9$이다.
내부 힌지는 없다.

### 사용할 공식

내부 힌지가 없는 평면 강절 라멘의 부정정 차수는 다음과 같다.
$D_s = 3m + r - 3j$
각 절점에서 사용할 수 있는 독립 평형방정식은 3개이므로, 전체 미지수 $3m + r$에서 평형방정식 수 $3j$를 빼는 공식이다.

### 계산 과정

그림에서 $m = 5$, $j = 6$, $r = 9$를 센다.
$D_s = 3 \times 5 + 9 - 3 \times 6 = 15 + 9 - 18 = 6$
따라서 주어진 라멘은 6차 부정정 구조이다.

NoteBase

**선지 판단**

① X — 계산 결과는 6차이므로 '3차 부정정'은 틀린 표현이다. 올바르게는 '6차 부정정'이다.
② X — 계산 결과는 6차이므로 '4차 부정정'은 틀린 표현이다. 올바르게는 '6차 부정정'이다.
③ X — 계산 결과는 6차이므로 '5차 부정정'은 틀린 표현이다. 올바르게는 '6차 부정정'이다.
④ O — $D_s = 6$이므로 '6차 부정정'이 맞다.

**오답 포인트**

가운데 기둥과 만나는 상부 절점을 빼거나, 연속된 상부 보 전체를 부재 1개로 세면 부재 수와 절점 수가 잘못된다. 또한 고정단은 반력 성분이 3개라는 점을 누락하면 부정정 차수가 작게 계산된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

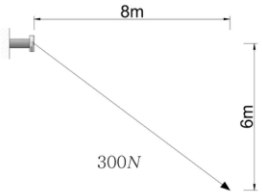
평면 라멘에서는 먼저 절점 사이를 각각 하나의 부재로 나누어 $m$을 세고, 지점을 포함한 모든 절점 $j$와 지점 반력 성분 $r$을 센 뒤 $D_s = 3m + r - 3j$에 대입한다. 내부 힌지가 있으면 그에 따른 조건을 추가로 반영한다.

**암기 포인트**

평면 강절 라멘은 '부재마다 3개, 반력은 더하고, 절점마다 3개를 뺀다': $D_s = 3m + r - 3j$이다.

NoteBase

5. 그림과 같이 볼트에 로프를 걸어 300N의 힘을 가하고 있을 때 볼트에 가해지는 힘의 수평분력($F_x$) 및 수직분력($F_y$)의 값은? (화살표는 힘의 방향을 나타낸다.)




① $F_x = 240N\rightarrow,\ F_y = 180N\downarrow$
② $F_x = 200N\rightarrow,\ F_y = 150N\downarrow$
③ $F_x = 180N\rightarrow,\ F_y = 240N\uparrow$
④ $F_x = 300N\rightarrow,\ F_y = 300N\uparrow$

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 힘의 작용 방향을 나타내는 직각삼각형의 길이비를 이용하여 $300N$ 힘의 수평성분과 수직성분을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 수평거리 $8m$, 수직거리 $6m$, 힘의 크기 $F = 300N$이다.
구해야 할 값: 수평성분 $F_x$와 수직성분 $F_y$의 크기 및 방향이다.
주의할 조건: 힘은 오른쪽 아래로 작용하므로 $F_x$는 오른쪽, $F_y$는 아래쪽이다.

**사용할 공식**

방향삼각형의 빗변 길이는

$$L = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10m$$

이다. 따라서 힘의 성분은

$$F_x = F\frac{8}{10}, \qquad F_y = F\frac{6}{10}$$

으로 구한다. 힘의 방향과 수평축·수직축이 이루는 길이비가 각각 8/10, 6/10이므로 이 성분 공식을 사용한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 방향삼각형은 6-8-10 직각삼각형이다.
2. 수평성분은 $F_x = 300 \times \frac{8}{10} = 240N$이고 방향은 오른쪽이다.
3. 수직성분의 크기는 $F_y = 300 \times \frac{6}{10} = 180N$이고 방향은 아래쪽이다.
4. 검산하면 $\sqrt{240^2 + 180^2} = 300N$이므로 원래 힘의 크기와 일치한다.

**선지 판단**

① O — $F_x = 240N$ 오른쪽, $F_y = 180N$ 아래쪽으로 계산값과 방향이 모두 일치한다.

② X — '$F_x = 200N$, $F_y = 150N$'가 틀렸다. 두 성분의 합성 크기는 $\sqrt{200^2 + 150^2} = 250N$에 불과하여 주어진 $300N$과 일치하지 않는다. 올바르게는 $F_x = 240N$ 오른쪽, $F_y = 180N$ 아래쪽이다.

③ X — '$F_x = 180N$, $F_y = 240N$ 위쪽'이 틀렸다. 수평거리 8과 수직거리 6에 대응하는 성분을 서로 바꾸었고, 힘의 수직 방향도 아래쪽인데 위쪽으로 표시하였다. 올바르게는 $F_x = 240N$ 오른쪽, $F_y = 180N$ 아래쪽이다.

④ X — '$F_x = 300N$, $F_y = 300N$ 위쪽'이 틀렸다. 성분을 각각 원래 힘과 같게 둘 수 없으며, 이 경우 합성 크기도 $300\sqrt{2}N$이 되어 주어진 힘과 다르다. 수직 방향 역시 반대이다. 올바르게는 $F_x = 240N$ 오른쪽, $F_y = 180N$ 아래쪽이다.

계산 결과와 방향이 모두 일치하는 선지는 ①이다.

**오답 포인트**

핵심 함정은 8과 6을 각각 어느 성분에 대응시키는지와 수직방향의 부호이다. 수평거리 8은 수평성분에, 수직거리 6은 수직성분에 대응하며, 화살표가 오른쪽 아래를 향하므로 수직성분은 아래쪽이다. 또한 두 성분의 합성 크기가 반드시 $300N$인지 검산해야 한다.

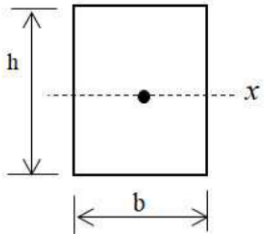
**다시 나오면 이렇게 판단**

힘의 방향삼각형에서 빗변을 먼저 구한 뒤 '힘의 크기 × 해당 축의 길이 ÷ 빗변'으로 각 성분의 크기를 계산한다. 마지막에는 원래 화살표를 보고 방향을 붙이고, $\sqrt{F_x^2 + F_y^2} = F$인지 확인한다.

**암기 포인트**

6-8-10 방향삼각형에서 $300N$은 180-240-300 성분삼각형이 된다.

6. 그림과 같이 폭은 $b$, 높이가 $h$인 직사각형 단면의 도심을 지나는 $x$축에 대한 회전반경($r$)은?




① $\frac{h}{2\sqrt{3}}$ ② $\frac{b}{2\sqrt{3}}$

③ $\frac{bh}{2\sqrt{3}}$ ④ $\frac{bh^2}{2\sqrt{3}}$

**정답 1번**

### 출제 포인트

직사각형 단면의 도심을 지나는 $x$축에 대한 단면2차모멘트와 단면적을 이용하여 회전반경을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 직사각형의 폭은 $b$, 높이는 $h$이다.

구해야 할 값: 도심을 지나는 수평 $x$축에 대한 회전반경 $r_x$이다.

주의할 조건: $x$축과 수직인 방향의 치수인 높이 $h$가 단면2차모멘트에서 세제곱된다.

### 사용할 공식

회전반경은

$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$

로 정의된다. 직사각형의 도심축에 대한 단면2차모멘트는 $I_x = \frac{bh^3}{12}$, 단면적은 $A = bh$이므로 이 공식을 사용한다.

### 계산 과정

$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{bh^3/12}{bh}} = \sqrt{\frac{h^2}{12}} = \frac{h}{2\sqrt{3}}$

따라서 폭 $b$는 약분되고 회전반경은 높이 $h$에 비례한다.

NoteBase

### 선지 판단

① O — 계산 결과 $r_x = \frac{h}{2\sqrt{3}}$이므로 옳다.
② X — $\frac{b}{2\sqrt{3}}$는 도심을 지나는 수직 $y$축에 대한 회전반경에 해당한다. 틀린 표현 $\frac{b}{2\sqrt{3}}$은 $\frac{h}{2\sqrt{3}}$으로 고쳐야 한다.
③ X — 회전반경은 길이 차원이어야 하는데 $\frac{bh}{2\sqrt{3}}$는 길이의 제곱 차원이므로 옳지 않다. 틀린 표현 $\frac{bh}{2\sqrt{3}}$은 $\frac{h}{2\sqrt{3}}$으로 고쳐야 한다.
④ X — $\frac{bh^2}{2\sqrt{3}}$는 길이의 세제곱 차원이며, 단면적 $bh$로 나눈 뒤 제곱근을 취하는 과정을 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현 $\frac{bh^2}{2\sqrt{3}}$은 $\frac{h}{2\sqrt{3}}$으로 고쳐야 한다.

### 오답 포인트

②처럼 축과 평행한 폭 $b$를 선택하기 쉽지만, 도심축에 대한 직사각형의 회전반경은 그 축에 수직인 치수로 결정된다. 또한 ③과 ④처럼 단면적과 단면2차모멘트의 치수를 그대로 남기면 회전반경이 반드시 길이 차원이어야 한다는 조건에 어긋난다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

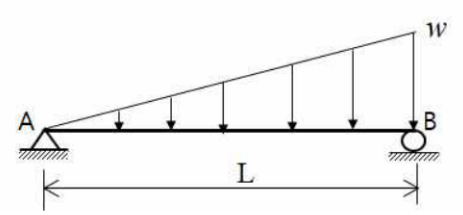
먼저 회전반경의 정의 $r = \sqrt{I/A}$를 쓰고, 회전축에 수직인 직사각형 치수를 확인한 뒤 단면적을 약분한다. 마지막으로 결과가 길이 차원인지 검산한다.

### 암기 포인트

직사각형의 도심축 회전반경은 '축에 수직인 치수'를 $2\sqrt{3}$으로 나눈 값이다. 따라서 $r_x = \frac{h}{2\sqrt{3}}$, $r_y = \frac{b}{2\sqrt{3}}$이다.

NoteBase

7. 그림과 같이 단순보가 등변분포하중을 받는다. 이때, 휨모멘트가 최대인 단면은 A 지점에서 얼마만큼 떨어져 있는가?




① $\frac{L}{\sqrt{2}}$ ② $\frac{L}{\sqrt{3}}$

③ $\frac{L}{\sqrt{4}}$ ④ $\frac{L}{\sqrt{5}}$

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 삼각형 분포하중의 합력과 지점반력을 구한 뒤, 휨모멘트가 최대가 되는 전단력 0의 위치를 찾는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 단순보의 길이는 $L$이고, 분포하중은 A에서 0, B에서 $w$까지 직선적으로 증가한다.
구해야 할 값: 휨모멘트가 최대인 단면의 A로부터 거리 $x$이다.
주의할 조건: 최대 휨모멘트 위치에서는 전단력 $V(x)$가 0이다.

**사용할 공식**

삼각형 분포하중의 전체 합력은 $W = \frac{1}{2}wL$이고, 그 작용점은 작은 쪽인 A에서 $\frac{2L}{3}$ 떨어진 곳이다.
A점 반력은 모멘트 평형으로 $R_A = \frac{wL}{6}$이다.
A에서 $x$까지의 분포하중 합력은 $W_x = \int_0^x \frac{ws}{L} ds = \frac{wx^2}{2L}$이므로 전단력은 $V(x) = R_A - W_x$이다.
휨모멘트의 미분값이 전단력이므로 $V(x) = 0$인 곳에서 휨모멘트가 최대가 된다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 전체 삼각형 하중에 대한 평형에서 $R_A = \frac{wL}{6}$을 구한다.
2. A에서 $x$까지의 누적 분포하중은 $\frac{wx^2}{2L}$이다.
3. 최대 휨모멘트 조건을 적용한다.

$V(x) = \frac{wL}{6} - \frac{wx^2}{2L} = 0$

$x^2 = \frac{L^2}{3}, \qquad x = \frac{L}{\sqrt{3}}$

거리는 양수이므로 양의 근을 취한다.

### 선지 판단

① X — $x = \frac{L}{\sqrt{2}}$를 대입하면 $V = \frac{wL}{6} - \frac{wL}{4} = -\frac{wL}{12} \neq 0$이므로 최대 휨모멘트 위치가 아니다. 틀린 값 $\frac{L}{\sqrt{2}}$은 올바르게는 $\frac{L}{\sqrt{3}}$이다.

② O — $x = \frac{L}{\sqrt{3}}$에서 $V = \frac{wL}{6} - \frac{wL}{6} = 0$이므로 휨모멘트가 최대가 된다.

③ X — $\frac{L}{\sqrt{4}} = \frac{L}{2}$를 대입하면 $V = \frac{wL}{6} - \frac{wL}{8} = \frac{wL}{24} \neq 0$이다. 틀린 값 $\frac{L}{\sqrt{4}}$은 올바르게는 $\frac{L}{\sqrt{3}}$이다.

④ X — $x = \frac{L}{\sqrt{5}}$를 대입하면 $V = \frac{wL}{6} - \frac{wL}{10} = \frac{wL}{15} \neq 0$이다. 틀린 값 $\frac{L}{\sqrt{5}}$은 올바르게는 $\frac{L}{\sqrt{3}}$이다.

### 오답 포인트

삼각형 분포하중을 등분포하중처럼 처리하거나, 최대 휨모멘트 위치를 단순히 보의 중앙으로 정하면 오답이 된다. 또한 A에서 $x$까지의 하중은 삼각형의 면적이므로 $wx/2$가 아니라 하중강도 $wx/L$에 길이 $x$를 곱한 $wx^2/(2L)$이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

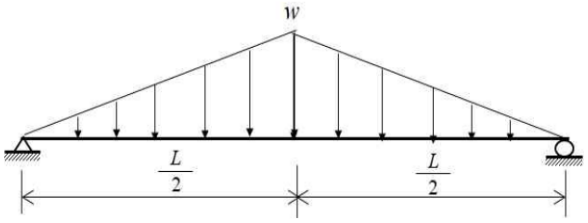
변분포하중을 받는 보에서는 먼저 전체 하중의 합력과 작용점으로 지점반력을 구하고, 기준점부터 임의 단면까지의 누적하중을 계산한 뒤 $V(x) = 0$을 풀어 최대 휨모멘트 위치를 판단한다.

### 암기 포인트

휨모멘트 최대 위치는 전단력 0의 위치이다. 삼각형 분포하중의 합력은 삼각형의 면적이고, 작용점은 하중이 작은 쪽에서 전체 길이의 2/3 지점이다.

NoteBase

8. 그림과 같은 단순보의 중앙 단면에 대해 대칭으로 등변분포하중이 작용할 때, 최대전단력과 최대휨모멘트의 절댓값을 순서대로 나열한 것은?




① $\frac{wL}{3}$, $\frac{wL^2}{12}$

② $\frac{wL}{3}$, $\frac{wL^2}{10}$

③ $\frac{wL}{4}$, $\frac{wL^2}{12}$

④ $\frac{wL}{4}$, $\frac{wL^2}{10}$

**정답 3번**

### 출제 포인트

대칭 삼각형 등변분포하중의 합력과 작용점을 이용하여 단순보의 최대전단력과 최대휨모멘트의 절댓값을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

하중은 양 끝에서 0이고 중앙에서 최대강도 $w$인 대칭 삼각형 분포이다.
보의 전체 길이는 $L$이며 각 절반의 길이는 $L/2$이다.
대칭하중이므로 양쪽 지점반력은 서로 같다.
구해야 할 값은 최대전단력 V_과 최대휨모멘트 $M_{max}$이다.

### 사용할 공식

삼각형 분포하중의 합력은 하중도 면적이므로 W_t=(1)/(2)× 밑변× 높이이다.
왼쪽 절반의 삼각형 하중 합력은 $W_L = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot w = \frac{wL}{4}$이고, 그 작용점은 하중강도가 0인 왼쪽 끝에서 $\frac{2}{3} \cdot \frac{L}{2} = \frac{L}{3}$ 떨어진 곳이다.
대칭하중에서는 전체 하중을 양 지점이 절반씩 부담한다. 중앙에서는 전단력이 0이 되어 휨모멘트가 최대가 되므로, 중앙 절단면에 대해 왼쪽 하중들의 모멘트를 합산한다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 전체 분포하중은 좌우 삼각형 두 개의 면적이므로 $W = 2 \cdot \frac{wL}{4} = \frac{wL}{2}$이다.
2. 대칭성에 따라 $R_A = R_B = \frac{W}{2} = \frac{wL}{4}$이다. 지점 바로 안쪽에서 전단력의 절댓값이 가장 크므로 V_=(wL)/(4)이다.
3. 왼쪽 삼각형 하중의 작용점과 보 중앙 사이 거리는 $\frac{L}{2} - \frac{L}{3} = \frac{L}{6}$이다.
4. 중앙의 휨모멘트는 $M_{\max} = R_A\frac{L}{2} - W_L\frac{L}{6} = \frac{wL}{4} \cdot \frac{L}{2} - \frac{wL}{4} \cdot \frac{L}{6} = \frac{wL^2}{12}$.

따라서 최대전단력과 최대휨모멘트의 절댓값은 순서대로 $\frac{wL}{4}$, $\frac{wL^2}{12}$이다.

### 선지 판단

① X — $\frac{wL^2}{12}$은 최대휨모멘트로 맞지만, 최대전단력을 $\frac{wL}{3}$으로 제시한 부분이 틀렸다. 올바르게는 $\frac{wL}{4}$, $\frac{wL^2}{12}$이다.
② X — 최대전단력 $\frac{wL}{3}$과 최대휨모멘트 $\frac{wL^2}{10}$이 모두 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $\frac{wL}{4}$, $\frac{wL^2}{12}$이다.
③ O — $\frac{wL}{4}$, $\frac{wL^2}{12}$은 지점반력으로 구한 최대전단력과 중앙 단면에서 구한 최대휨모멘트에 각각 일치한다.
④ X — 최대전단력 $\frac{wL}{4}$은 맞지만, 최대휨모멘트를 $\frac{wL^2}{10}$으로 제시한 부분이 틀렸다. 올바르게는 $\frac{wL}{4}$, $\frac{wL^2}{12}$이다.

### 오답 포인트

분포하중의 최대강도 $w$를 보 전체에 작용하는 등분포하중처럼 취급하면 반력과 전단력을 잘못 구하게 된다.
또한 왼쪽 삼각형 하중의 합력 작용점은 왼쪽 끝에서 $L/3$이고 중앙 단면까지의 거리는 $L/6$이라는 점을 구분해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

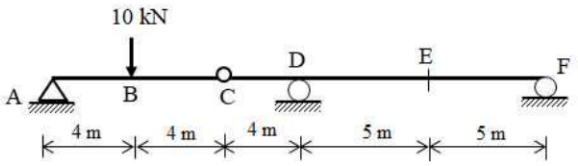
대칭 분포하중을 만나면 먼저 하중도 면적으로 전체 합력을 구하고, 대칭성으로 지점반력을 계산한다.
최대전단력은 지점 바로 안쪽에서 확인하고, 전단력이 0인 중앙 단면에서 한쪽 하중의 합력과 도심 위치를 이용해 최대휨모멘트를 계산한다.

### 암기 포인트

양 끝이 0이고 중앙이 $w$인 대칭 삼각형 하중의 단순보에서는 V_=(wL)/(4), $M_{\max} = \frac{wL^2}{12}$이다.

NoteBase

9. 그림과 같은 게르버보의 E점에서의 휨모멘트 $[kN\cdot m]$는?




① 8 (부모멘트)
② 10 (부모멘트)
③ 12 (부모멘트)
④ 14 (부모멘트)

**정답 2번**

**출제 포인트**

게르버보의 내부힌지에서는 휨모멘트가 0이라는 조건을 이용해 힌지 전달력을 구한 뒤, 오른쪽 보의 평형조건으로 E점의 휨모멘트를 계산하는 문제이다.

**조건 정리**

- A-C 구간: 길이 $8m$, 중앙 B에 $10kN$의 집중하중이 작용한다.
- C점: 내부힌지이므로 $M_C = 0$이다.
- C-D 구간은 $4m$, D-E와 E-F 구간은 각각 $5m$이다.
- 구해야 할 값: E점의 휨모멘트이며, 부호가 음이면 부모멘트이다.
- 별도의 단위 변환은 필요하지 않으며, 힘 $kN$과 거리 $m$를 곱하면 모멘트 단위는 $kN \cdot m$이다.

**사용할 공식**

평형조건은 $\sum V = 0, \sum M = 0$이고, 내부힌지에서는 $M_C = 0$이다.

내부힌지 C가 보를 정정 구조의 두 부분으로 나누므로, 먼저 A-C 부분의 평형에서 C점 전달력을 구하고 그 힘을 C-F 부분에 반대 방향으로 작용시킨다.

NoteBase

**계산 과정**

1. A-C 부분에서 A점에 대한 모멘트 평형을 적용한다.
$R_C(8) - 10(4) = 0$
따라서 $R_C = 5kN$이다. 작용·반작용에 따라 C-F 부분에는 C점에서 아래쪽으로 $5kN$이 작용한다.

2. C-F 부분에서 D점에 대한 모멘트 평형을 적용한다. 위쪽 반력을 양(+)으로 두면 다음과 같다.
$5(4) + R_F(10) = 0$
따라서 $R_F = -2kN$이다. 즉, 계산상 F점 반력은 아래쪽으로 $2kN$이다.

3. E점 오른쪽에는 F점 반력만 있고 E-F 거리는 $5m$이므로 E점 휨모멘트는 다음과 같다.
$M_E = R_F(5) = (-2)(5) = -10kN \cdot m$
음의 부호는 부모멘트를 뜻하므로 E점의 휨모멘트는 $10kN \cdot m$의 부모멘트이다.

**선지 판단**

① X — $8kN \cdot m$의 부모멘트가 아니라 $10kN \cdot m$의 부모멘트이다. C점의 전달력과 F점 반력을 차례로 구하면 $M_E = -10kN \cdot m$이 된다.
② O — 계산 결과 E점의 휨모멘트는 $-10kN \cdot m$이므로 $10kN \cdot m$의 부모멘트가 맞다.
③ X — $12kN \cdot m$의 부모멘트가 아니라 $10kN \cdot m$의 부모멘트이다. E-F 구간에서는 $2kN$의 아래쪽 반력과 $5m$의 거리를 곱한다.
④ X — $14kN \cdot m$의 부모멘트가 아니라 $10kN \cdot m$의 부모멘트이다. D점 반력 $7kN$에 거리 $5m$만 곱하면 안 되고, C점의 아래쪽 힘 $5kN$이 만드는 모멘트도 함께 반영해야 한다.

**오답 포인트**

내부힌지 C에서 휨모멘트가 0이라는 사실만 확인하고 C점의 전달력을 오른쪽 보에 반대 방향으로 옮기지 않으면 반력과 E점 모멘트가 모두 틀어진다. 또한 $M_E = -10kN \cdot m$에서 음의 부호를 누락하지 않아야 하며, 이 부호가 선지의 '부모멘트'에 해당한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

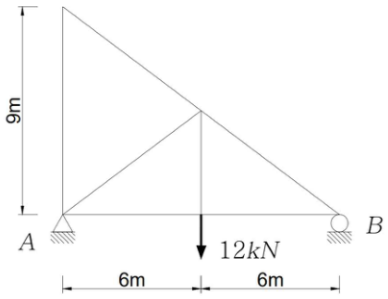
게르버보는 내부힌지에서 구조를 나누고, 힌지 모멘트를 0으로 두어 한쪽 부분의 전달력을 먼저 구한다. 그 전달력을 다른 쪽 부분에 반대 방향으로 적용한 뒤 지점반력과 목표 단면의 모멘트를 계산하고, 마지막에 모멘트 부호와 단위를 확인한다.

**암기 포인트**

내부힌지는 $M = 0$, 전달력은 양쪽 보에서 크기가 같고 방향이 반대이다. E점은 오른쪽 절단면을 쓰면 $M_E = R_F \times EF$로 간단히 계산된다.

NoteBase

10. 다음 그림과 같은 트러스에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?




① A점의 수직반력은 6kN(↑)이다.
② A점의 수평반력은 0kN이다.
③ B점의 수직반력은 6kN(↑)이다.
④ 이 구조물은 정정구조물이며 부적절하게 구속되어 있다.

**정답 4번**

### 출제 포인트

트러스 전체의 평형조건으로 지점반력을 구하고, 평면 트러스의 정정 판별식과 구속 상태를 함께 판단하는 문제이다.

### 조건 정리

A점은 힌지 지점이므로 수평반력 $A_x$와 수직반력 $A_y$가 생기고, B점은 롤러 지점이므로 수직반력 $B_y$가 생긴다. 외력은 A점에서 수평거리 $6m$인 위치에 작용하는 하향 집중하중 $12kN$이며, A점과 B점 사이의 거리는 $12m$이다. 부재 수는 $m = 7$, 절점 수는 $j = 5$, 지점반력 성분 수는 $r = 3$이다.

### 사용할 공식

트러스 전체에 대해 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M = 0$을 적용한다. 평면 트러스의 정정 여부는 $m + r = 2j$로 판별한다. 다만 이 등식은 정정의 필요조건이므로, 실제로 안정된 삼각형 조합인지와 지점이 강체운동을 막는지도 함께 확인한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 수평 외력이 없으므로 $\sum F_x = 0$에서 $A_x = 0kN$이다.
2. A점에 대한 모멘트 평형은 $B_y(12m) - (12kN)(6m) = 0$이므로 $B_y = 6kN$이다.
3. 수직력 평형은 $A_y + B_y - 12kN = 0$이므로 $A_y = 6kN$이다.
4. 정정 판별식에 대입하면 $m + r = 7 + 3 = 10$, $2j = 2 \times 5 = 10$으로 서로 같다. 또한 내부는 삼각형으로 구성되고 A점 힌지와 B점 롤러가 강체운동을 막으므로 적절하게 구속된 안정 구조물이다.

**선지 판단**

① O — 수직력 평형과 모멘트 평형으로 구한 A점의 수직반력은 위쪽 $6kN$이다.
② O — 수평 외력이 없고 B점 롤러는 수평반력을 발생시키지 않으므로 A점의 수평반력은 $0kN$이다.
③ O — A점에 대한 모멘트 평형으로 구한 B점의 수직반력은 위쪽 $6kN$이다.
④ X — $m + r = 2j$를 만족하고 구조 형상도 안정하므로 정정구조물이라는 부분은 맞지만, '부적절하게 구속되어 있다'는 표현이 틀리다. 올바르게는 '이 구조물은 정정구조물이며 적절하게 구속되어 있다'이다.

**오답 포인트**

하중이 경간 중앙에 있으므로 두 수직반력은 각각 $6kN$으로 같다는 점은 쉽게 확인할 수 있다. 핵심 함정은 ④에서 '정정구조물'과 '부적절하게 구속'을 한 문장에 묶은 것이다. 판별식의 등식만 확인하지 않고 지점 배치와 삼각형 구성이 실제로 안정한지도 확인해야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

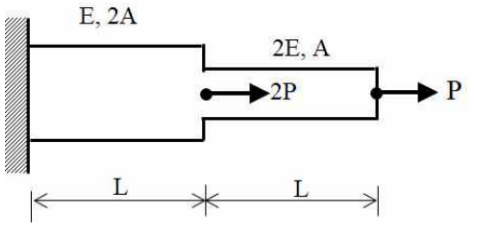
먼저 트러스 전체를 하나의 자유물체로 보고 지점 종류에 따라 반력 성분을 정한 뒤, 모멘트 평형과 힘의 평형으로 반력을 구한다. 그다음 $m + r$와 $2j$를 비교하고, 마지막으로 지점 배치와 부재 형상이 강체운동이나 기구 변형을 허용하는지 확인한다.

**암기 포인트**

평면 트러스는 '$m + r = 2j$ + 안정한 형상 + 적절한 지점 구속'까지 확인해야 정정구조물로 판단할 수 있다.

NoteBase

11. 다음 그림과 같은 부재의 길이 변화량은? (단, 각 부재 구간의 탄성계수와 단면적은 E와 A를 사용하여 나타내었다.)




① $\frac{PL}{EA}$ ② $\frac{2PL}{EA}$

③ $\frac{3PL}{EA}$ ④ $\frac{4PL}{EA}$

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 집중하중이 작용하는 지점마다 달라지는 부재의 축력과 축강성 $EA$를 구간별로 반영하여 전체 길이 변화량을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

왼쪽 구간: 길이 $L$, 탄성계수 $E$, 단면적 $2A$이다.
오른쪽 구간: 길이 $L$, 탄성계수 $2E$, 단면적 $A$이다.
왼쪽 구간의 축력은 그 오른쪽에 작용하는 하중의 합이므로 $N_1 = 2P + P = 3P$이다.
오른쪽 구간의 축력은 우측 끝 하중만 전달하므로 $N_2 = P$이다.
두 구간 모두 인장되므로 각 구간의 신장량을 더한다.

### 사용할 공식

축력과 축강성이 일정한 구간의 길이 변화량은
$\delta_i = \frac{N_i L_i}{E_i A_i}$
이다. 이 부재는 하중 작용점에서 축력이 달라지고 구간별 탄성계수와 단면적도 다르므로, 각 구간의 변형량을 따로 구한 뒤 합산한다.

NoteBase

### 계산 과정

왼쪽 구간의 신장량은
$\delta_1 = \frac{3P \cdot L}{E \cdot 2A} = \frac{3PL}{2EA}$
이다.
오른쪽 구간의 신장량은
$\delta_2 = \frac{P \cdot L}{2E \cdot A} = \frac{PL}{2EA}$
이다.
따라서 전체 길이 변화량은
$\delta = \delta_1 + \delta_2 = \frac{3PL}{2EA} + \frac{PL}{2EA} = \frac{2PL}{EA}$
이다.

### 선지 판단

① X — $\frac{PL}{EA}$는 구간별 축력과 축강성을 반영해 합산한 값이 아니다. ①의 값은 틀리며, 올바른 전체 길이 변화량은 $\frac{2PL}{EA}$이다.
② O — 계산 결과가 $\frac{2PL}{EA}$이므로 옳다.
③ X — $\frac{3PL}{EA}$는 왼쪽 구간의 축력 $3P$에 단면적 $2A$를 반영하지 않는 등 구간별 축강성을 잘못 적용한 값이다. ③의 값은 틀리며, 올바른 값은 $\frac{2PL}{EA}$이다.
④ X — $\frac{4PL}{EA}$는 각 구간에서 실제로 전달되는 축력과 축강성으로 계산한 합계가 아니다. ④의 값은 틀리며, 올바른 값은 $\frac{2PL}{EA}$이다.

### 오답 포인트

중간의 $2P$를 부재 전체의 축력으로 보거나, 양쪽 구간의 $E$와 $A$를 같게 취급하면 오답이 된다. 집중하중이 있는 단면을 경계로 축력이 달라지며, 오른쪽 구간의 축강성은 $(2E)A = 2EA$, 왼쪽 구간의 축강성도 $E(2A) = 2EA$이지만 전달 축력은 각각 $P$와 $3P$로 다르다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

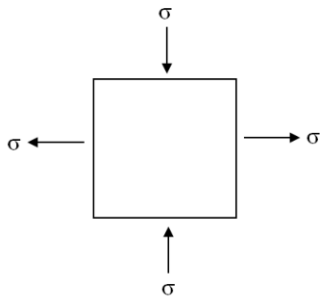
축하중 부재는 집중하중 작용점을 기준으로 구간을 나누고, 각 구간을 절단하여 한쪽에 있는 외력의 합으로 축력 $N_i$를 구한 뒤 $\frac{N_i L_i}{E_i A_i}$를 부호와 함께 합산한다.

### 암기 포인트

전체 축변형은 구간별 $\frac{NL}{EA}$의 합이며, 축력 $N$은 집중하중을 지날 때 달라진다.

NoteBase

12. 그림과 같이 응력요소가 2축 응력상태에 있을 때, 이 응력 요소의 최대전단응력의 크기는?




① $\frac{\sigma}{2}$ ② $\frac{\sqrt{2}\sigma}{2}$

③ $\frac{\sqrt{3}\sigma}{2}$ ④ $\sigma$

**정답 4번**

### 출제 포인트

이 문제는 서로 직교하는 인장응력과 압축응력이 작용하는 평면응력 상태에서 주응력의 차를 이용하여 최대전단응력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

수평 방향 응력은 바깥쪽으로 작용하는 인장이므로 $\sigma_x = +\sigma$이다.

수직 방향 응력은 안쪽으로 작용하는 압축이므로 $\sigma_y = -\sigma$이다.

응력요소의 면에 전단응력은 작용하지 않으므로 $\tau_{xy} = 0$이다. 따라서 현재 수평면과 수직면이 곧 주응력면이다.

### 사용할 공식

평면응력 상태의 최대전단응력은 두 주응력 차의 절반이다.

$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$

전단응력이 0인 현재 요소에서는 $\sigma_1 = +\sigma$, $\sigma_2 = -\sigma$이므로 이 공식을 바로 적용할 수 있다.

### 계산 과정

인장응력은 양수, 압축응력은 음수로 두면 두 주응력의 차는 $\sigma - (-\sigma) = 2\sigma$이다.

따라서

$\tau_{max} = \frac{\sigma - (-\sigma)}{2} = \frac{2\sigma}{2} = \sigma$

이므로 최대전단응력의 크기는 $\sigma$이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — $\sigma/2$는 압축응력의 부호를 고려하지 않고 응력 차를 $\sigma$로 잘못 본 값이다. 올바르게는 $\sigma_x - \sigma_y = \sigma - (-\sigma) = 2\sigma$이므로 최대전단응력은 $\sigma$이다.
② X — $\sqrt{2}\sigma/2$는 이 응력 상태의 주응력 차에서 얻어지는 값이 아니다. 올바르게는 주응력 차 $2\sigma$의 절반인 $\sigma$이다.
③ X — $\sqrt{3}\sigma/2$는 이축 응력의 최대전단응력 공식에 인장 $+\sigma$와 압축 $-\sigma$을 대입한 결과가 아니다. 올바르게는 $\tau_{max} = \{\sigma - (-\sigma)\}/2 = \sigma$이다.
④ O — 두 주응력 $+\sigma$와 $-\sigma$의 차를 2로 나누면 최대전단응력의 크기는 $\sigma$가 된다.

### 오답 포인트

압축응력의 크기도 $\sigma$라고 하여 부호까지 양수로 두는 것이 함정이다. 수평 인장은 $+\sigma$, 수직 압축은 $-\sigma$이므로 두 응력의 차는 0이 아니라 $2\sigma$이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

응력 화살표로 인장과 압축을 구분한 뒤 인장은 양수, 압축은 음수로 표시한다. 전단응력이 없으면 직교면의 수직응력이 주응력이며, 최대전단응력은 가장 큰 주응력과 가장 작은 주응력의 차를 2로 나누어 판단한다.

### 암기 포인트

최대전단응력은 주응력 차의 절반이다: $\tau_{max} = (\sigma_1 - \sigma_2)/2$. 인장 $+\sigma$와 압축 $-\sigma$의 조합에서는 $\tau_{max} = \sigma$이다.

NoteBase

13. 단면적이 $20mm^2$인 강봉의 온도가 10℃ 상승하여 강봉이 늘어난다. 온도가 10℃ 상승하더라도 강봉의 길이가 변하지 않도록 하기 위해 가해야 하는 축방향 압축력[N]은? (단, 강봉의 탄성계수=200,000MPa, 열팽창계수=$1.0\times10^{-5}$/℃이다.)

① 100 ② 200
③ 300 ④ 400

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 온도 상승에 따른 자유 열팽창을 완전히 구속할 때 생기는 열응력을 구한 뒤, 단면적을 곱하여 축방향 압축력을 계산하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 단면적 $A = 20mm^2$, 탄성계수 $E = 200{,}000MPa = 200{,}000N/mm^2$, 열팽창계수 $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}/^\circ C$, 온도 상승량 $\Delta T = 10^\circ C$이다.
구해야 할 값: 강봉의 길이 변화를 막는 데 필요한 축방향 압축력 $P$이다.
주의할 조건: 열팽창이 완전히 구속되므로 자유 열변형률과 같은 크기의 압축 변형률이 생긴다.

**사용할 공식**

자유 열변형률은 $\varepsilon_T = \alpha\Delta T$이고, 완전 구속 시 열응력의 크기는 $\sigma = E\alpha\Delta T$이다. 축력은 $P = \sigma A$이므로 다음과 같이 계산한다.

$P = EA\alpha\Delta T$

강봉의 열팽창을 전부 막는 조건이므로 구속에 필요한 압축응력에 단면적을 곱하는 이 공식을 사용한다.

**계산 과정**

1. 자유 열변형률을 구하면 $\alpha\Delta T = (1.0 \times 10^{-5})(10) = 1.0 \times 10^{-4}$이다.
2. 열응력의 크기는 $\sigma = E\alpha\Delta T = (200{,}000N/mm^2)(1.0 \times 10^{-4}) = 20N/mm^2$이다.
3. 필요한 축방향 압축력은 $P = \sigma A = (20N/mm^2)(20mm^2) = 400N$이다.

NoteBase

**선지 판단**

① X — 100$N$은 계산 결과 400$N$과 일치하지 않는다. '100$N$'은 틀린 값이며, 올바르게는 400$N$이다.
② X — 200$N$은 계산 결과의 절반으로, 필요한 구속력을 나타내지 않는다. '200$N$'은 틀린 값이며, 올바르게는 400$N$이다.
③ X — 300$N$은 $P = EA\alpha\Delta T$로 계산한 값과 일치하지 않는다. '300$N$'은 틀린 값이며, 올바르게는 400$N$이다.
④ O — 완전 구속 열응력 $20N/mm^2$에 단면적 $20mm^2$를 곱하면 축방향 압축력은 400$N$이다.

**오답 포인트**

온도 상승량 10을 빼먹거나, 열응력 $\sigma$까지만 구하고 축력 $P = \sigma A$로 바꾸지 않으면 오답이 된다. 또한 온도가 상승한 강봉의 팽창을 막는 힘의 방향은 인장력이 아니라 압축력이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

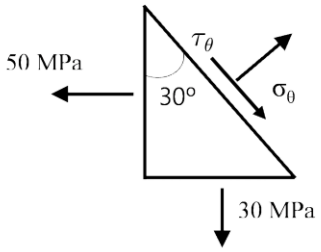
온도 변화가 완전히 구속된 부재는 먼저 $\sigma = E\alpha\Delta T$로 열응력을 구하고, 힘을 묻는 경우 $P = \sigma A$를 적용한 뒤 응력과 단면적의 단위가 서로 맞는지 확인한다.

**암기 포인트**

완전 구속 열응력은 $E\alpha\Delta T$, 완전 구속 축력은 $EA\alpha\Delta T$이다. 온도 상승을 막을 때는 압축력이 작용한다.

NoteBase

14. 횡방향으로 50MPa의 인장응력과 종방향으로 30MPa의 인장응력이 서로 직각으로 작용할 때, 횡단면과 30° 를 이루는 경사 단면에서의 수직응력[MPa]은?




① 30 (인장응력)
② 35 (인장응력)
③ 40 (인장응력)
④ 45 (인장응력)

**정답 4번**

### 출제 포인트

서로 직각인 두 방향으로 인장응력만 작용할 때 응력변환식을 이용하여 경사면의 수직응력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 횡방향 인장응력은 $\sigma_x = 50MPa$, 종방향 인장응력은 $\sigma_y = 30MPa$, 전단응력은 $\tau_{xy} = 0$이다.
구해야 할 값: 경사면의 수직응력 $\sigma_\theta$이다.
주의할 조건: 그림의 경사면은 횡단면과 30°를 이루므로, 경사면의 법선은 횡방향과 30°를 이룬다.

### 사용할 공식

경사면의 법선이 횡방향과 이루는 각을 $\theta$라고 하면 수직응력은
$\sigma_\theta = \sigma_x \cos^2\theta + \sigma_y \sin^2\theta + 2\tau_{xy}\sin\theta\cos\theta$
이다. 이 식은 직교하는 평면응력 상태에서 임의 방향의 면에 작용하는 수직응력을 구하는 응력변환식이다. 이 문제는 전단응력이 없으므로 마지막 항은 0이 된다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 경사면 법선의 각은 $\theta = 30^\circ$이다.
2. 응력변환식에 값을 대입한다.

$\sigma_\theta = 50\cos^2 30^\circ + 30\sin^2 30^\circ$

3. $\cos^2 30^\circ = 3/4$, $\sin^2 30^\circ = 1/4$이므로

$\sigma_\theta = 50 \times \frac{3}{4} + 30 \times \frac{1}{4} = 37.5 + 7.5 = 45MPa$

이다. 따라서 경사면의 수직응력은 $45MPa$의 인장응력이다.

**선지 판단**

① X — $30MPa$는 종방향 주응력 자체이며 경사면의 수직응력이 아니다. 틀린 값 $30MPa$ → 올바르게는 $45MPa$의 인장응력이다.

② X — 응력변환식의 가중값 $50 \times 3/4 + 30 \times 1/4$은 $35MPa$가 아니라 $45MPa$이다. 틀린 값 $35MPa$ → 올바르게는 $45MPa$의 인장응력이다.

③ X — 각 응력에 $\cos^2\theta$, $\sin^2\theta$를 곱해 합산하면 $40MPa$가 나오지 않는다. 틀린 값 $40MPa$ → 올바르게는 $45MPa$의 인장응력이다.

④ O — 계산 결과가 $45MPa$이고 두 주응력이 모두 인장이므로 $45MPa$의 인장응력이라는 설명이 맞다.

**오답 포인트**

그림의 $30^\circ$를 경사면 자체와 횡방향 사이의 각으로 잘못 읽으면 사인과 코사인의 가중치가 뒤바뀐다. 수직응력 공식에는 면 자체의 방향이 아니라 그 면의 법선 방향을 사용한다. 또한 두 응력의 단순평균 $40MPa$은 법선이 두 축과 $45^\circ$를 이룰 때의 값이므로 이 문제에 적용할 수 없다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

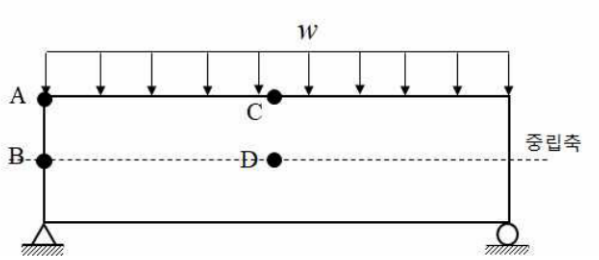
먼저 경사면의 법선을 그어 기준축과의 각 $\theta$를 정한다. 그다음 $\sigma_n = \sigma_x\cos^2\theta + \sigma_y\sin^2\theta$를 적용하고, 결과가 두 주응력 $30MPa$와 $50MPa$ 사이인지 검산한다.

**암기 포인트**

경사면 수직응력은 '면의 각'이 아니라 '법선의 각'으로 계산하며, 전단응력이 없으면 $\sigma_n = \sigma_x\cos^2\theta + \sigma_y\sin^2\theta$이다.

NoteBase

15. 그림과 같은 등분포 하중을 받는 단순보에서 최대 휨압축응력과 최대 전단응력이 발생하는 위치를 순서대로 나열한 것은? (단, A와 B점은 지점에 위치하며, C와 D점은 단면 중앙에 위치한다.)




① A, B
② A, D
③ C, B
④ C, D

**정답 3번**

**출제 포인트**

등분포하중을 받는 단순보에서 휨모멘트와 전단력의 위치별 크기를 구한 뒤, 직사각형 단면의 휨응력·전단응력 분포와 연결하는 문제이다.

**조건 정리**

A와 B는 지점 단면에 있고, C와 D는 보의 중앙 단면에 있다. A와 C는 단면의 최상단, B와 D는 중립축에 있다. 등분포하중을 받는 단순보에서는 휨모멘트가 중앙에서 최대이고 지점에서 0이며, 전단력의 절댓값은 지점 부근에서 최대이고 중앙에서 0이다.

NoteBase

### 사용할 공식

보의 경간을 $L$이라 하면 최대 휨모멘트와 최대 전단력의 크기는

$M_{\max} = \frac{wL^2}{8}, \qquad |V|_{\max} = \frac{wL}{2}$

이다.

휨응력은

$\sigma = -\frac{My}{I}$

이므로 같은 단면에서는 중립축에서 멀수록 크고 중립축에서 0이다. 아래 방향 하중으로 생기는 양의 휨모멘트에서는 단면 상부가 압축을 받는다.

직사각형 단면의 전단응력은

$\tau = \frac{VQ}{It}, \qquad \tau_{\max} = \frac{3V}{2A}$

로 나타나며, 단면의 상·하단에서 0이고 중립축에서 최대이다. 따라서 전단력의 절댓값이 최대인 지점 단면의 중립축에서 최대 전단응력이 생긴다.

### 계산 과정

1. 휨모멘트는 중앙 단면에서 $wL^2/8$로 최대이다. 그 단면의 최상단 C는 중립축에서 가장 멀고 압축측이므로 최대 휨압축응력이 발생한다.
2. 전단력의 절댓값은 지점 부근에서 $wL/2$로 최대이다. 그 단면의 중립축 B에서는 직사각형 단면의 전단응력도 최대가 된다.
3. 따라서 위치의 순서는 C, B이다.

### 선지 판단

① X — A는 지점 단면의 최상단이어서 지점의 휨모멘트가 0이고, 최대 휨압축응력이 발생하지 않는다. B가 최대 전단응력 위치라는 부분만 맞다. 틀린 ‘A, B’는 ‘C, B’로 고쳐야 한다.

② X — A는 최대 휨압축응력 위치가 아니며, D는 중앙 단면의 중립축이지만 중앙에서는 전단력이 0이므로 최대 전단응력 위치가 아니다. 틀린 ‘A, D’는 ‘C, B’로 고쳐야 한다.

③ O — 중앙 단면 최상단 C에서 최대 휨압축응력이 발생하고, 지점 단면 중립축 B에서 최대 전단응력이 발생한다.

④ X — C가 최대 휨압축응력 위치라는 부분은 맞지만, D에서는 중앙 단면의 전단력이 0이어서 전단응력도 0이다. 틀린 ‘C, D’는 ‘C, B’로 고쳐야 한다.

따라서 최대 휨압축응력과 최대 전단응력의 위치는 각각 C와 B이므로 정답은 3번이다.

### 오답 포인트

최대 전단력의 위치와 단면 내부의 최대 전단응력 위치를 한 번에 구분해야 한다. 보의 길이 방향으로는 전단력의 절댓값이 큰 지점 단면을 선택하고, 그 단면 안에서는 전단응력이 최대인 중립축을 선택한다. 또한 중앙 단면의 중립축 D는 단면 형상만 보면 전단응력이 최대가 될 위치처럼 보이지만, 그곳의 전단력 자체가 0이므로 전단응력도 0이다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

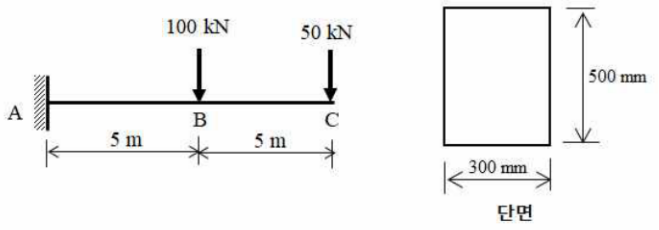
먼저 보의 길이 방향에서 $M$과 $V$가 최대인 단면을 찾고, 다음으로 그 단면 안에서 휨응력은 최외단, 직사각형 단면의 전단응력은 중립축을 선택한다. 양의 휨모멘트를 받는 단순보에서는 상부가 압축측이다.

**암기 포인트**

등분포하중 단순보는 '중앙의 상단에서 최대 휨압축, 지점의 중립축에서 최대 전단'으로 정리된다.

NoteBase

16. 그림과 같은 직사각형 단면을 갖는 캔틸레버보의 최대전단응력[MPa]은?




① 1.5 ② 2.0
③ 2.5 ④ 3.0

**정답 1번**

### 출제 포인트

이 문제는 캔틸레버보의 최대 전단력과 직사각형 단면의 최대 전단응력 공식을 이용해 최대전단응력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

작용하중은 100 kN과 50 kN이며, 두 하중은 모두 아래쪽으로 작용한다.
직사각형 단면의 폭은 $b = 300mm$, 높이는 $h = 500mm$이다.
캔틸레버보의 전단력 절댓값은 고정단 A에서 가장 크고, 직사각형 단면의 전단응력은 중립축에서 가장 크다.
하중의 작용거리 5 m와 10 m는 휨모멘트 계산에는 필요하지만 전단력의 크기에는 영향을 주지 않는다.

### 사용할 공식

고정단의 최대 전단력은
$V_{\max} = 100 + 50 = 150kN$
이다. 직사각형 단면의 최대 전단응력은 평균 전단응력의 1.5배이므로
$\tau_{\max} = \frac{3V}{2A} = \frac{3V}{2bh}$
를 사용한다. 이는 직사각형 단면의 전단응력 분포가 포물선이고 중립축에서 최댓값을 갖기 때문이다.

### 계산 과정

단면적은
$A = bh = (300mm)(500mm) = 150{,}000mm^2$
이다. 또한 $150kN = 150{,}000N$이므로
$\tau_{\max} = \frac{3(150{,}000N)}{2(150{,}000mm^2)} = 1.5N/mm^2 = 1.5MPa$
이다.

NoteBase

### 선지 판단

① O — 계산한 최대전단응력 $1.5MPa$와 일치한다.
② X — $2.0MPa$는 계산값과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $1.5MPa$이다.
③ X — $2.5MPa$는 계산값과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $1.5MPa$이다.
④ X — $3.0MPa$는 계산값과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $1.5MPa$이다.

### 오답 포인트

하중의 작용거리를 이용해 고정단 휨모멘트를 구하는 문제로 오인하기 쉽다. 이 문항은 최대전단응력을 묻기 때문에 먼저 수직하중을 합하여 최대 전단력 $150kN$을 구한다. 또한 $V/A = 1.0MPa$는 평균 전단응력이며, 직사각형 단면의 최대값은 여기에 $3/2$를 곱한 $1.5MPa$이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

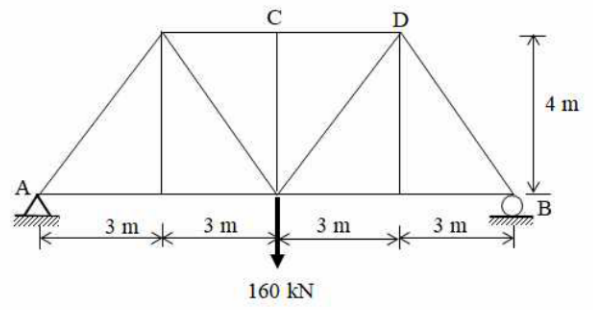
캔틸레버보의 전단응력 문제에서는 하중도를 보고 최대 전단력 위치를 찾은 뒤, 단면적을 계산하고 단면 형상에 맞는 최대 전단응력 공식을 적용한다. 직사각형 단면이면 $\tau_{max} = 3V/(2A)$를 사용하고 단위를 $N$과 $mm^2$로 맞추면 결과가 $N/mm^2 = MPa$로 나온다.

### 암기 포인트

직사각형 단면은 $\tau_{max} = 1.5\tau_{avg} = 3V/(2A)$이다.

NoteBase

17. 그림과 같은 트러스의 CD 부재의 부재력[kN]은?




① 90 (압축)
② 100 (압축)
③ 110 (압축)
④ 120 (압축)

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 대칭 트러스의 지점반력을 구한 뒤 절단법과 모멘트 평형을 이용하여 CD 부재의 부재력을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 중앙 집중하중은 $160kN$, 트러스 전체 경간은 $12m$, 높이는 $4m$이다.
구해야 할 값: CD 부재의 축력과 인장·압축 여부이다.
주의할 조건: 하중과 구조가 좌우 대칭이므로 A와 B의 수직반력은 각각 전체 하중의 절반이다.

**사용할 공식**

전체 트러스의 평형에서
$A_y + B_y = 160kN$
대칭 조건에서
$A_y = B_y = 80kN$
CD, 중앙-D 대각재, 중앙-오른쪽 하현재를 가로질러 절단한 뒤 우측 부분을 취한다. 중앙 하현재 절점에 대한 모멘트 평형식은
Σ M_중앙 절점=0
이다. 이 점을 모멘트 중심으로 잡으면 절단된 대각재와 하현재의 작용선이 모두 이 점을 지나므로 두 부재력의 모멘트가 0이 되어 CD 부재력만 바로 구할 수 있다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 대칭에 의해 B점의 수직반력은 $B_y = 160/2 = 80kN$이다.
2. 중앙 하현재 절점에서 B점까지의 수평거리는 $6m$이고, CD 부재와 중앙 하현재 절점 사이의 수직거리는 $4m$이다.
3. 우측 절단면에 대해 중앙 하현재 절점의 모멘트 평형을 적용하면

$80kN \times 6m - F_{CD} \times 4m = 0$

이므로

$F_{CD} = 120kN$

이다. 우측 절단부에서 평형을 이루려면 CD가 절단면을 오른쪽으로 미는 방향으로 작용하므로 CD 부재는 압축을 받는다.

**선지 판단**

① X — CD 부재력은 $90kN$ 압축이 아니다. 올바르게는 $120kN$ 압축이다.
② X — CD 부재력은 $100kN$ 압축이 아니다. 올바르게는 $120kN$ 압축이다.
③ X — CD 부재력은 $110kN$ 압축이 아니다. 올바르게는 $120kN$ 압축이다.
④ O — 모멘트 평형 $80 \times 6 = F_{CD} \times 4$에서 $F_{CD} = 120kN$이며, 부재의 성질은 압축이다.

**오답 포인트**

B점 반력의 모멘트팔은 중앙 절점에서 B점까지의 $6m$이고, CD 부재력의 모멘트팔은 트러스 높이인 $4m$이다. 패널 길이 $3m$를 모멘트팔로 잘못 쓰거나 중앙하중 $160kN$을 반력으로 그대로 사용하면 오답이 된다. 또한 절단면에서 인장을 양(+)으로 가정했을 때 계산 결과가 반대 방향이면 압축임을 뜻한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

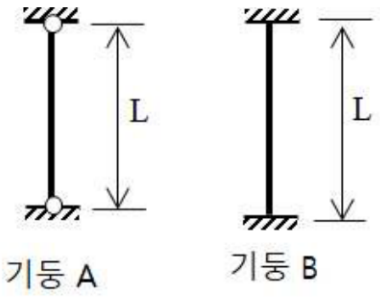
대칭 트러스는 먼저 지점반력을 절반씩 구한다. 그다음 목표 부재를 포함하도록 세 부재를 절단하고, 나머지 두 절단 부재의 작용선이 만나는 점을 모멘트 중심으로 선택하면 목표 부재력을 한 번의 평형식으로 구할 수 있다.

**암기 포인트**

절단법의 핵심은 '구하려는 부재 외의 절단 부재력이 사라지는 모멘트 중심'을 잡는 것이다. 이 문항은 $80 \times 6 = F_{CD} \times 4$이므로 CD는 $120kN$ 압축이다.

NoteBase

18. 단면과 장주의 길이가 동일한 두 기둥이 있다. 기둥 A의 좌굴하중이 50kN일 때, 기둥 B의 좌굴하중[kN]은?




① 100
② 200
③ 400
④ 800

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 단부 지지조건에 따른 유효길이를 오일러 좌굴하중 공식에 적용하여 기둥 B의 좌굴하중을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 두 기둥의 단면과 실제 길이 $L$이 같고, 기둥 A의 좌굴하중은 $50kN$이다.
지지조건: 기둥 A는 양단 힌지이므로 유효길이가 $L$이고, 기둥 B는 양단 고정이므로 유효길이가 $L/2$이다.
구해야 할 값: 기둥 B의 좌굴하중이다.

**사용할 공식**

오일러 좌굴하중은
$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$
이다. 두 기둥의 $E$, $I$, 실제 길이 $L$이 같으므로 좌굴하중의 차이는 유효길이 $KL$에서 생기며, 좌굴하중은 유효길이의 제곱에 반비례한다.

NoteBase

**계산 과정**

기둥 A와 B의 유효길이는 각각 $L$, $L/2$이다. 따라서
$\frac{P_{cr,B}}{P_{cr,A}} = \left(\frac{L}{L/2}\right)^2 = 4$
이므로
$P_{cr,B} = 4 \times 50kN = 200kN$
이다.

**선지 판단**

① X — $100kN$은 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $100kN$ → 올바르게는 $200kN$이다.
② O — 양단 고정인 기둥 B의 유효길이는 양단 힌지인 기둥 A의 절반이므로 좌굴하중은 4배인 $200kN$이다.
③ X — $400kN$은 유효길이비의 제곱으로 구한 4배를 초과한다. 틀린 값 $400kN$ → 올바르게는 $200kN$이다.
④ X — $800kN$은 유효길이비의 제곱으로 구한 4배를 초과한다. 틀린 값 $800kN$ → 올바르게는 $200kN$이다.

**오답 포인트**

양단 고정 기둥의 유효길이가 절반이라는 사실만 보고 좌굴하중을 2배로 계산하기 쉽다. 좌굴하중은 유효길이에 단순 반비례하는 것이 아니라 유효길이의 제곱에 반비례하므로 절반이 되면 4배가 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

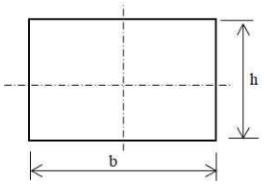
먼저 각 기둥의 단부조건으로 유효길이를 정하고, $P_{cr} \propto 1/(KL)^2$를 이용하여 좌굴하중의 비를 계산한 뒤 단위를 확인한다.

**암기 포인트**

양단 힌지는 $KL = L$, 양단 고정은 $KL = L/2$이며, 같은 기둥에서 양단 고정의 오일러 좌굴하중은 양단 힌지의 4배이다.

NoteBase

19. 두 변의 길이가 $b$와 $h$인 직사각형 단면을 기둥 설계에 적용할 때 기둥 단면의 핵(core) 면적은?




① $\frac{bh}{8}$ ② $\frac{bh}{18}$

③ $\frac{bh}{32}$ ④ $\frac{bh}{36}$

**정답 2번**

### 출제 포인트

직사각형 단면에서 인장응력이 생기지 않도록 압축력의 작용점이 놓일 수 있는 핵(core)의 형상과 면적을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 직사각형 단면의 폭은 $b$, 높이는 $h$이다.
구해야 할 값: 기둥 단면의 핵 면적이다.
주의할 조건: 직사각형 단면의 핵은 직사각형이 아니라 네 점 $(\pm b/6, 0)$, $(0, \pm h/6)$을 꼭짓점으로 하는 마름모이다.

### 사용할 공식

마름모의 면적은 두 대각선 길이의 곱의 절반이므로
$A_k = \frac{1}{2} d_1 d_2$
를 사용한다. 직사각형 단면에서 일축 편심의 무인장 한계는 각 축 방향으로 단면 치수의 1/6이므로, 핵의 가로 대각선은 $b/3$, 세로 대각선은 $h/3$이 된다.

### 계산 과정

1. 폭 방향 핵의 양 끝점은 $x = \pm b/6$이므로 가로 대각선은 $b/3$이다.
2. 높이 방향 핵의 양 끝점은 $y = \pm h/6$이므로 세로 대각선은 $h/3$이다.
3. 따라서 핵 면적은

$A_k = \frac{1}{2}\left(\frac{b}{3}\right)\left(\frac{h}{3}\right) = \frac{bh}{18}$

이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — $bh/8$은 핵의 두 대각선을 잘못하여 $b/2$, $h/2$로 잡았을 때 나오는 값이다. 올바른 핵 면적은 $bh/18$이다.
② O — 핵의 두 대각선 $b/3$, $h/3$을 마름모 면적 공식에 대입하면 $bh/18$이 된다.
③ X — $bh/32$은 직사각형 단면의 핵 경계를 단면 치수의 1/6이 아닌 다른 비율로 잘못 정한 값이다. 올바른 경계점은 $(\pm b/6, 0)$, $(0, \pm h/6)$이고 면적은 $bh/18$이다.
④ X — $bh/36$은 두 반대각선 $b/6$, $h/6$을 곱하면서 마름모가 같은 넓이의 삼각형 네 개로 이루어진다는 점을 빠뜨린 값이다. 올바르게는 $4 \times \frac{1}{2} \times \frac{b}{6} \times \frac{h}{6} = bh/18$이다.
계산 결과가 $bh/18$이므로 정답은 2번이다.

### 오답 포인트

핵의 축 방향 한계거리 $b/6$, $h/6$을 핵 전체의 대각선 길이로 착각하기 쉽다. 이 값들은 중심에서 꼭짓점까지의 반대각선이며, 전체 대각선은 각각 $b/3$, $h/3$이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

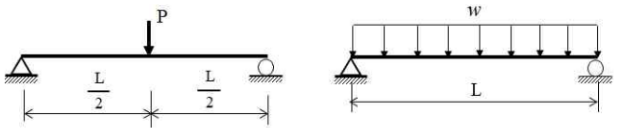
직사각형 단면의 핵 문제는 먼저 네 꼭짓점을 $(\pm b/6, 0)$, $(0, \pm h/6)$으로 잡고, 두 대각선 $b/3$, $h/3$에 마름모 면적 공식을 적용한다.

### 암기 포인트

직사각형의 핵은 중앙 마름모이고, 면적은 $bh/18$이다.

NoteBase

20. 그림과 같은 두 단순보 중앙점의 처짐이 같을 때, 등분포 하중($w$)과 집중하중($P$)의 관계를 나타낸 것은? (단, 두 단순보의 $EI$는 같다.)




① $w = \frac{6P}{5L}$ ② $w = \frac{7P}{5L}$

③ $w = \frac{8P}{5L}$ ④ $w = \frac{9P}{5L}$

**정답 3번**

### 출제 포인트

단순보 중앙의 집중하중에 의한 최대 처짐과 전 경간 등분포하중에 의한 최대 처짐을 같게 두어 $w$와 $P$의 관계를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

두 보는 경간이 $L$인 단순보이고 $EI$가 서로 같다.
왼쪽 보는 중앙에 집중하중 $P$가 작용하고, 오른쪽 보는 전 경간에 등분포하중 $w$가 작용한다.
두 보의 중앙점 처짐이 같다는 조건을 사용한다.

### 사용할 공식

중앙 집중하중을 받는 단순보의 중앙 처짐은
$\delta_P = \frac{PL^3}{48EI}$
이고, 전 경간 등분포하중을 받는 단순보의 중앙 처짐은
$\delta_w = \frac{5wL^4}{384EI}$
이다. 두 하중 경우 모두 최대 처짐이 보의 중앙에서 발생하므로 이 두 식을 직접 같게 둘 수 있다.

NoteBase

### 계산 과정

중앙점 처짐이 같으므로

$\frac{PL^3}{48EI} = \frac{5wL^4}{384EI}$

이다. 양변에서 공통인 $EI$와 $L^3$을 약분하면

$\frac{P}{48} = \frac{5wL}{384}$

이고, $384/48 = 8$이므로

$8P = 5wL$

이다. 따라서

$w = \frac{8P}{5L}$

을 얻는다.

### 선지 판단

① X — $w = \frac{6P}{5L}$은 처짐을 같게 한 결과와 계수가 다르다. 틀린 표현 $\frac{6P}{5L}$은 올바르게는 $\frac{8P}{5L}$이다.
② X — $w = \frac{7P}{5L}$은 $384/48 = 8$이라는 계수비를 잘못 계산한 값이다. 틀린 표현 $\frac{7P}{5L}$은 올바르게는 $\frac{8P}{5L}$이다.
③ O — 두 중앙 처짐을 같게 두고 정리하면 정확히 $w = \frac{8P}{5L}$이 된다.
④ X — $w = \frac{9P}{5L}$은 처짐 공식의 계수비와 일치하지 않는다. 틀린 표현 $\frac{9P}{5L}$은 올바르게는 $\frac{8P}{5L}$이다.

### 오답 포인트

집중하중 공식의 분모 48과 등분포하중 공식의 분모 384만 비교하거나, 등분포하중 처짐식의 계수 5를 빠뜨리면 선지의 계수를 잘못 고르게 된다. 핵심은 $384/48 = 8$과 등분포하중 처짐식의 계수 5를 함께 반영하는 것이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

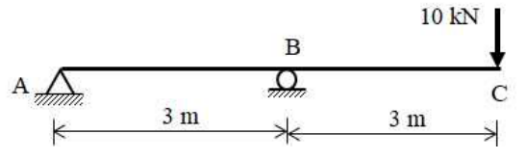
하중 형태별 중앙 처짐 공식을 각각 쓴 뒤, 같은 처짐 조건으로 두 식을 등치하고 공통인 $EI$와 경간의 거듭제곱을 약분한다. 마지막에는 $w$의 차원이 하중/길이인지 확인한다.

### 암기 포인트

단순보 중앙 처짐은 중앙 집중하중에서 $\frac{PL^3}{48EI}$, 전 경간 등분포하중에서 $\frac{5wL^4}{384EI}$이다. 두 처짐이 같으면 $w = \frac{8P}{5L}$이다.

NoteBase

21. 그림과 같은 내민보의 B 지점의 처짐각은?




① $\frac{10}{EI}$ ② $\frac{20}{EI}$

③ $\frac{30}{EI}$ ④ $\frac{40}{EI}$

**정답 3번**

### 출제 포인트

내민보의 지점 반력을 구한 뒤 탄성곡선식 $EIv'' = M(x)$를 적분하여 B점의 처짐각을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

A–B 구간의 길이는 $3m$, B–C 내민 구간의 길이는 $3m$이고, C점에 아래 방향의 $10kN$ 집중하중이 작용한다.
구해야 할 값은 B점 처짐각의 크기이다.
반시계방향을 양(+)으로 두면 계산된 B점 처짐각은 음(-)이므로 실제 회전 방향은 시계방향이다.

### 사용할 공식

평형조건은 $\sum M_A = 0$, $\sum F_y = 0$이고, 탄성곡선의 미분방정식은 다음과 같다.
$EI\frac{d^2v}{dx^2} = M(x)$
A–B 구간에서는 하중에 의해 생기는 휨모멘트를 위치 $x$의 함수로 나타낼 수 있으므로 이 식을 두 번 적분한다.
단순지지점 A와 B에서는 처짐이 0이므로 $v(0) = 0$, $v(3) = 0$을 적분상수 결정에 사용한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. A점에 대한 모멘트 평형에서 B점 반력을 구한다.
$R_B(3) - 10(6) = 0 \quad \Rightarrow \quad R_B = 20kN$
연직력 평형으로부터 다음을 얻는다.
$R_A + R_B - 10 = 0 \quad \Rightarrow \quad R_A = -10kN$
즉, A점 반력은 아래 방향이다.

2. A점에서 오른쪽으로 $x$만큼 떨어진 A–B 구간의 휨모멘트는 다음과 같다.
$M(x) = R_A x = -10x$
따라서 탄성곡선식을 적분하면 다음과 같다.
$EIv' = -5x^2 + C_1$
$EIv = -\frac{5}{3}x^3 + C_1 x + C_2$

3. $v(0) = 0$에서 $C_2 = 0$이다. $v(3) = 0$을 적용하면 다음과 같다.
$-\frac{5}{3}(3)^3 + 3C_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad C_1 = 15$
B점인 $x = 3$에서의 처짐각은 다음과 같다.
$EI\theta_B = -5(3)^2 + 15 = -30$
따라서 $\theta_B = -\frac{30}{EI}$이고, 처짐각의 크기는 $\frac{30}{EI}$이다.

**선지 판단**

① X — $\frac{10}{EI}$는 계산 결과와 다르다. B점 처짐각의 크기는 $\frac{10}{EI}$가 아니라 $\frac{30}{EI}$이다.
② X — $\frac{20}{EI}$는 B점의 위쪽 반력 $20kN$을 처짐각의 분자처럼 사용한 값이므로 틀리다. 올바른 처짐각의 크기는 $\frac{30}{EI}$이다.
③ O — 탄성곡선식을 적분하고 두 지점의 처짐 조건을 적용하면 $\theta_B = -\frac{30}{EI}$이므로 그 크기는 $\frac{30}{EI}$이다.
④ X — $\frac{40}{EI}$는 탄성곡선 적분 결과와 다르다. 올바르게는 B점 처짐각의 크기가 $\frac{30}{EI}$이다.

**오답 포인트**

내민보의 A점 반력을 무조건 위쪽으로 생각하면 부호가 틀어진다. 이 보에서는 C점 하중 때문에 $R_A = -10kN$, $R_B = 20kN$이다. 또한 B점 반력의 수치 20을 처짐각으로 바로 고르는 것이 아니라, A–B 구간의 모멘트식을 적분하고 $v(0) = v(3) = 0$을 적용해야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

내민보의 지점 처짐각은 먼저 전체 보의 평형으로 반력을 구하고, 해당 구간의 $M(x)$를 세운 뒤, $EIv'' = M(x)$를 적분하여 지점의 처짐 조건을 적용하는 순서로 판단한다. 마지막에는 회전각의 부호와 선지가 묻는 크기를 구분한다.

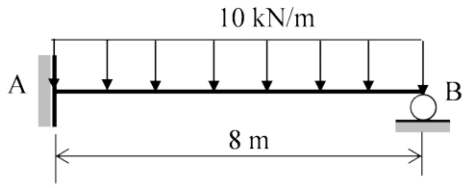
NoteBase

**암기 포인트**

내민보도 순서는 '반력 → 모멘트식 → 두 번 적분 → 지점 처짐 0'이다. 이 문항의 B점은 시계방향으로 회전하며 처짐각의 크기는 $30/EI$이다.

NoteBase

22. 그림과 같은 구조물의 A 지점의 전단력[kN]은?




① 50 ② 60
③ 70 ④ 100

**정답 1번**

### 출제 포인트

이 문제는 한쪽이 고정되고 다른 쪽이 롤러로 받쳐진 1차 부정정 보에서 B점의 처짐이 0이라는 적합조건을 이용해 A점의 전단력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 등분포하중 $w = 10kN/m$, 경간 $L = 8m$이다.
구해야 할 값: A점 전단력 $V_A$의 크기이다.
주의할 조건: B점은 롤러 지점이므로 수직변위가 0이며, A점과 B점의 수직반력 합은 전체 등분포하중과 같다.

### 사용할 공식

B점 지지를 제거한 외팔보에서 전 구간 등분포하중에 의한 자유단 처짐과 B점 반력에 의한 자유단 처짐은 각각 다음과 같다.

$\delta_w = \frac{wL^4}{8EI}$, $\delta_{R_B} = \frac{R_B L^3}{3EI}$

B점의 실제 처짐이 0이므로 두 처짐의 크기가 같아야 한다.

$\frac{wL^4}{8EI} = \frac{R_B L^3}{3EI}$

이 적합조건으로 B점 반력을 구한 뒤, 수직력 평형식 $V_A + R_B = wL$을 적용한다.

### 계산 과정

1. 적합조건에서 B점 반력을 구한다.

$R_B = \frac{3wL}{8} = \frac{3 \times 10 \times 8}{8} = 30kN$

2. 전체 등분포하중의 합력을 구한다.

$wL = 10 \times 8 = 80kN$

3. 수직력 평형으로 A점 전단력을 구한다.

$V_A = wL - R_B = 80 - 30 = 50kN$

따라서 A점 전단력의 크기는 $50kN$이다.

NoteBase

**선지 판단**

① O — 적합조건과 수직력 평형으로 구한 A점 전단력은 50$kN$이므로 옳다.
② X — 60$kN$은 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 60$kN$ → 올바르게는 50$kN$이다.
③ X — 70$kN$은 B점 반력 30$kN$을 반영한 80 − 30의 결과가 아니다. 틀린 값 70$kN$ → 올바르게는 50$kN$이다.
④ X — 100$kN$은 전체 하중 80$kN$과 두 지점의 반력 분담을 만족하지 않는다. 틀린 값 100$kN$ → 올바르게는 50$kN$이다.
계산 결과가 50$kN$이므로 정답은 1번이다.

**오답 포인트**

이 보를 단순보나 순수 외팔보로 보고 반력을 임의로 나누는 것이 핵심 함정이다. B점 반력은 단순히 전체 하중의 절반이 아니라, B점 처짐이 0이라는 적합조건에서 $R_B = 3wL/8$로 결정된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

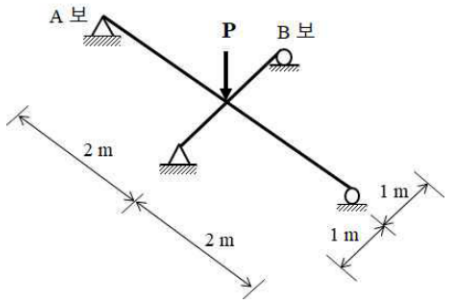
받침이 추가된 외팔보는 먼저 추가 지점의 반력을 미지수로 두고 그 지점의 처짐 조건으로 반력을 구한 다음, 전체 평형식으로 고정단 전단력을 계산한다.

**암기 포인트**

전 구간 등분포하중을 받는 받침 외팔보에서는 $R_B = 3wL/8$, $V_A = 5wL/8$이다.

NoteBase

23. 그림과 같이 단면과 EI가 동일한 두 개의 보가 중앙에서 직각으로 연결된다. 길이가 긴 보(A 보)가 분담하는 하중의 크기는?




① $\frac{1}{9}P$ ② $\frac{1}{8}P$

③ $\frac{1}{7}P$ ④ $\frac{1}{6}P$

**정답 1번**

**출제 포인트**

중앙에서 연결된 두 단순보의 처짐이 같다는 적합조건과 중앙 집중하중에 대한 처짐 공식을 이용하여 각 보의 하중 분담을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

A보의 길이는 $L_A = 2 + 2 = 4m$, B보의 길이는 $L_B = 1 + 1 = 2m$이다. 두 보는 단면과 $EI$가 같고 중앙에서 연결되어 있으므로 연결점의 처짐이 같다. A보와 B보가 분담하는 하중을 각각 $P_A$, $P_B$라 하면 $P_A + P_B = P$이다.

**사용할 공식**

단순보 중앙에 집중하중 $Q$가 작용할 때 중앙 처짐은 다음과 같다.

$\delta = \frac{QL^3}{48EI}$

두 보 모두 중앙에서 하중을 전달받는 단순보이고 $EI$가 동일하므로 이 공식을 적용하며, 연결점에서 $\delta_A = \delta_B$를 만족한다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 연결점의 처짐 적합조건을 세우면 다음과 같다.
$\frac{P_A L_A^3}{48EI} = \frac{P_B L_B^3}{48EI}$
2. 보의 길이를 대입하면 다음 관계를 얻는다.
$P_A(4)^3 = P_B(2)^3$
$64P_A = 8P_B \quad \Rightarrow \quad P_B = 8P_A$
3. 연결점의 하중 평형조건 $P_A + P_B = P$에 대입한다.
$P_A + 8P_A = P \quad \Rightarrow \quad P_A = \frac{1}{9}P$
따라서 길이가 긴 A보가 분담하는 하중은 $\frac{1}{9}P$이다.

### 선지 판단

① O — A보의 하중 분담은 계산 결과 $\frac{1}{9}P$이므로 옳다.
② X — $\frac{1}{8}P$은 두 보의 강성비 1 : 8에서 긴 보의 비율만 취하고 전체 비율의 합 1 + 8 = 9로 나누지 않은 값이다. 올바르게는 $\frac{1}{9}P$이다.
③ X — A보의 하중 분담은 $\frac{1}{7}P$이 아니다. 두 보의 하중 분담비는 길이의 역세제곱에 따라 $P_A : P_B = 1 : 8$이므로, 올바르게는 $\frac{1}{9}P$이다.
④ X — A보의 하중 분담은 $\frac{1}{6}P$이 아니다. 길이비를 단순 비례로 처리하지 않고 중앙 처짐의 $L^3$ 항을 적용해야 하므로, 올바르게는 $\frac{1}{9}P$이다.

### 오답 포인트

두 보가 하중을 절반씩 분담한다고 보면 안 된다. 동일한 $EI$라도 중앙 하중에 대한 보의 강성은 $EI/L^3$에 비례하므로, 길이가 절반인 B보는 A보보다 8배 강하다. 또한 강성비 1 : 8을 구한 뒤에는 전체 9등분 중 A보의 몫을 취해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

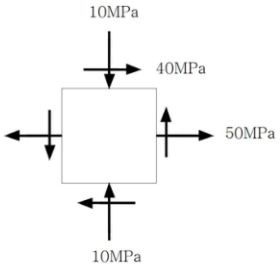
여러 보가 한 점에서 연결되어 하중을 나누어 받으면 먼저 연결점의 처짐 적합조건을 세우고, 각 보의 처짐 공식으로 하중비를 구한 다음, 분담하중의 합이 전체 하중과 같다는 평형조건을 적용한다.

### 암기 포인트

동일한 $EI$의 단순보가 중앙에서 연결되면 하중 분담은 중앙 강성 $k = 48EI/L^3$에 비례한다. 길이가 절반이면 강성은 8배이다.

NoteBase

24. 다음 그림에 보인 평면응력 상태에서 주응력($\sigma_{\max}, \sigma_{\min}$), 주면의 각도($\theta_p$) 및 최대전단응력($\tau_{\max}$) 값으로 옳은 것은?




① $\sigma_{\max} = 30MPa$
② $\sigma_{\min} = -30MPa$
③ $\tan 2\theta_p = 1.0$
④ $\tau_{\max} = 25MPa$

**정답 2번**

### 출제 포인트

평면응력 상태에서 모어원의 중심과 반지름을 이용하여 주응력, 주면의 각도 및 최대전단응력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

그림에서 $\sigma_x = 50MPa, \sigma_y = -10MPa, \tau_{xy} = 40MPa$이다. 수직방향의 $10MPa$는 요소를 누르는 압축응력이므로 음수로 둔다.

### 사용할 공식

평균수직응력과 모어원의 반지름은 각각
$\sigma_{avg} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$
$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$
이다. 따라서 주응력은 $\sigma_{max,\,min} = \sigma_{avg} \pm R$, 최대전단응력은 $\tau_{max} = R$이고, 주면의 각도는 $\tan 2\theta_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$로 구한다. 평면응력의 주응력과 최대전단응력은 모어원의 양 끝점과 반지름에 해당하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 평균수직응력은 $\sigma_{avg} = (50 - 10)/2 = 20MPa$이다.
2. 모어원의 반지름은 $R = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50MPa$이다.
3. 주응력은 $\sigma_{max} = 20 + 50 = 70MPa$, $\sigma_{min} = 20 - 50 = -30MPa$이다.
4. 주면 각도는 $\tan 2\theta_p = 80/60 = 4/3$이고, 최대전단응력은 $\tau_{max} = 50MPa$이다.

### 선지 판단

① X — $\sigma_{max} = 30MPa$라는 값은 틀리다. 올바르게는 $\sigma_{max} = 70MPa$이다.
② O — 계산 결과 최소주응력은 $\sigma_{min} = -30MPa$이므로 옳다.
③ X — $\tan 2\theta_p = 1.0$은 틀리다. 올바르게는 $\tan 2\theta_p = 4/3$이다.
④ X — $\tau_{max} = 25MPa$는 모어원의 지름과 반지름을 혼동한 값이다. 올바르게는 모어원의 반지름인 $\tau_{max} = 50MPa$이다.

### 오답 포인트

수직방향의 $10MPa$를 인장응력으로 보거나, 최대전단응력을 모어원의 지름이 아닌 반지름과 연결하지 못하면 오답이 된다. 특히 ④의 $25MPa$는 계산된 반지름 $50MPa$를 다시 절반으로 나눈 값이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

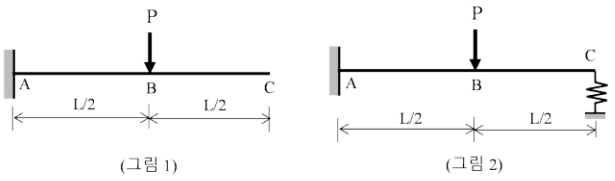
먼저 인장은 양수, 압축은 음수로 응력 성분을 정리한 뒤, 모어원의 중심 $(\sigma_x + \sigma_y)/2$과 반지름을 계산한다. 중심에 반지름을 더하고 빼서 주응력을 구하고, 반지름 자체를 최대전단응력으로 판단한다.

### 암기 포인트

주응력은 '중심 ± 반지름', 최대전단응력은 '반지름'이다.

NoteBase

25. 그림 1 구조물의 C점 처짐량에 비해 그림 2 구조물의 C점 처짐량이 $\frac{1}{2}$이 되도록 C점에 스프링을 설치할 때 스프링에 작용하는 하중은? (단, EI는 일정하다)



(그림 1)



(그림 2)

① $\frac{5P}{8}$ ② $\frac{5P}{16}$

③ $\frac{5P}{32}$ ④ $\frac{5P}{64}$

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 하중 중첩법과 처짐 적합조건을 이용하여 자유단 C의 처짐을 절반으로 줄이는 스프링 하중을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

그림 1은 길이 $L$인 외팔보의 중앙 B에 집중하중 $P$가 작용한다. 그림 2의 스프링이 보의 C점에 가하는 상향력을 $R$이라 두면, 스프링에 작용하는 하중의 크기도 작용·반작용에 따라 $R$이다. 요구 조건은 그림 2의 C점 하향 처짐이 그림 1의 C점 하향 처짐의 1/2이 되는 것이다. $EI$는 일정하므로 각 하중에 의한 처짐을 중첩할 수 있다.

**사용할 공식**

고정단에서 거리 $a$인 지점에 집중하중 $P$가 작용할 때 자유단 처짐은

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

이다. 자유단에 집중하중 $R$이 작용할 때 자유단 처짐은

$\delta_R = \frac{RL^3}{3EI}$

이다. 이 문제에서는 $a = L/2$이고, 스프링의 상향력에 의한 처짐은 하중 $P$에 의한 하향 처짐과 반대 방향이므로 두 처짐을 빼서 적합조건을 세운다.

NoteBase

### 계산 과정

먼저 그림 1의 C점 처짐은

$\delta_1 = \frac{P(L/2)^2(3L - L/2)}{6EI} = \frac{5PL^3}{48EI}$

이다. 그림 2에서는 스프링의 상향력 $R$이 C점의 하향 처짐을 줄이므로

$\delta_2 = \delta_1 - \frac{RL^3}{3EI}$

이다. 조건 $\delta_2 = \delta_1/2$를 대입하면

$\frac{RL^3}{3EI} = \frac{\delta_1}{2} = \frac{5PL^3}{96EI}$

이므로

$R = \frac{5P}{32}$

이다. 따라서 스프링에 작용하는 하중은 $5P/32$이다.

### 선지 판단

① X — $5P/8$은 적합조건에서 얻은 $R = 5P/32$와 일치하지 않는다. 틀린 값 $5P/8$은 $5P/32$로 고쳐야 한다.

② X — $5P/16$은 계산값 $5P/32$의 2배이므로 조건을 만족하지 않는다. 틀린 값 $5P/16$은 $5P/32$로 고쳐야 한다.

③ O — 처짐 중첩식과 $\delta_2 = \delta_1/2$을 적용하면 스프링 하중은 정확히 $5P/32$이다.

④ X — $5P/64$은 계산값 $5P/32$의 절반이므로 처짐을 요구량만큼 상쇄하지 못한다. 틀린 값 $5P/64$은 $5P/32$로 고쳐야 한다.

### 오답 포인트

C점의 최종 처짐이 원래 처짐의 절반이라는 조건은 스프링 하중이 $P/2$이라는 뜻이 아니다. 스프링은 자유단 C에 작용하고 하중 $P$는 중앙 B에 작용하므로 두 하중의 처짐 영향계수가 다르다. 또한 스프링력은 원래 하향 처짐을 줄이는 상향력이므로 처짐 중첩식에서 부호를 반대로 잡아야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

외팔보에 탄성지지가 추가되어 특정 점의 처짐 비가 주어지면, 지지력을 미지수로 두고 원래 하중의 처짐과 지지력의 반대 방향 처짐을 중첩한 뒤 목표 처짐을 적합조건으로 대입한다.

### 암기 포인트

외팔보 자유단 집중하중의 자유단 처짐은 $RL^3/(3EI)$이며, 중앙 집중하중에 의한 자유단 처짐은 $5PL^3/(48EI)$이다. 처짐을 절반으로 줄일 때 스프링이 상쇄해야 하는 양은 원래 처짐의 절반이다.

NoteBase