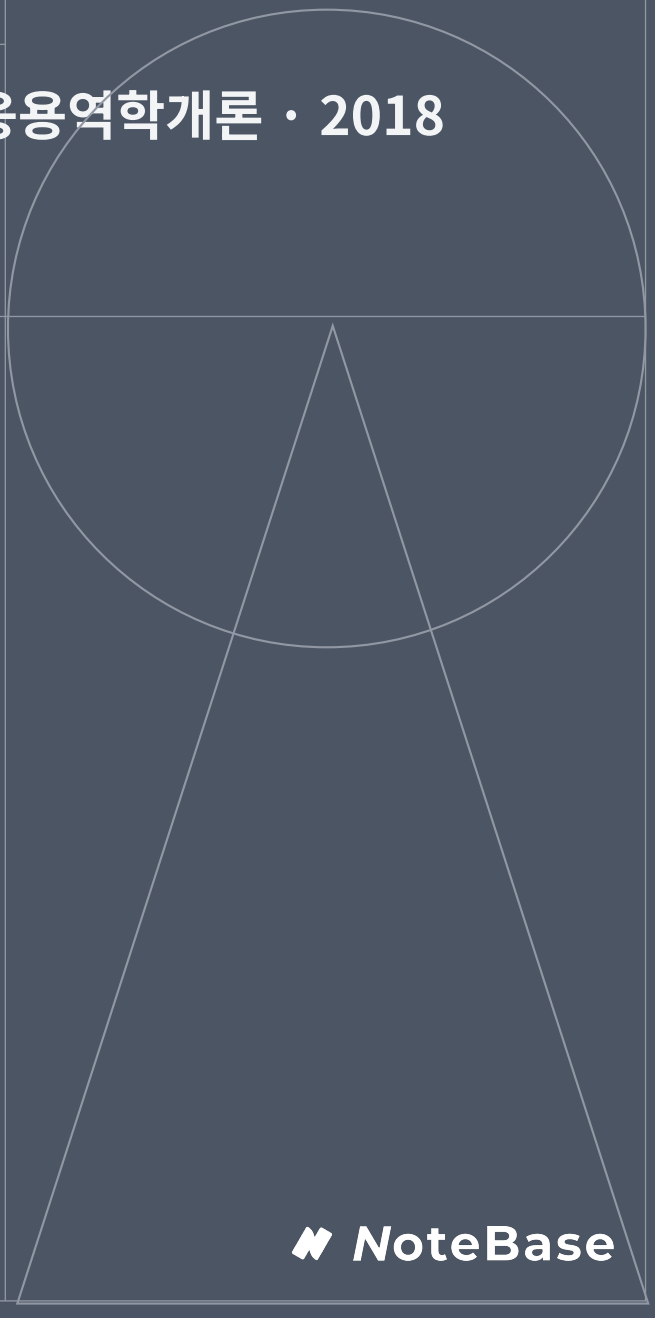
# 기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2018



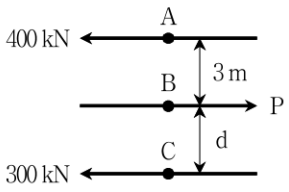
NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2018

### 공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2018

문 1. 그림과 같이 평행한 세 힘이 평형상태에 있을 때, B점에 작용하는 힘 P의 크기[kN]와 BC 사이 d의 길이[m]는?




| | P | d |
|---|---|---|
| ① | 500 | 3 |
| ② | 500 | 4 |
| ③ | 700 | 3 |
| ④ | 700 | 4 |

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 평행한 힘들의 힘의 평형과 모멘트의 평형을 함께 적용하여 힘 $P$와 거리 $d$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: A점에서 왼쪽으로 $400kN$, C점에서 왼쪽으로 $300kN$, B점에서 오른쪽으로 $P$가 작용하며 $AB = 3m$, $BC = d$이다.
구해야 할 값: $P$와 $d$이다.
주의할 조건: 세 힘이 평형이려면 수평방향 합력과 임의의 점에 대한 모멘트의 합이 모두 0이어야 한다.

**사용할 공식**

힘의 평형식은 $\sum F_x = 0$이고, B점에 대한 모멘트의 평형식은 $\sum M_B = 0$이다.
세 힘이 평형상태에 있으므로 병진 평형과 회전 평형을 동시에 만족해야 한다. B점에 대한 모멘트를 취하면 $P$의 모멘트가 0이 되어 $d$를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 오른쪽을 양(+)으로 하여 수평방향 힘의 평형식을 세운다.

$P - 400 - 300 = 0$

따라서 $P = 700kN$이다.

2. B점에 대한 모멘트를 계산한다. A점의 $400kN$ 힘과 C점의 $300kN$ 힘은 B점에 대해 서로 반대 방향의 모멘트를 만든다.

$400kN \times 3m = 300kN \times d$

3. 이를 풀면 다음과 같다.

$d = \frac{400 \times 3}{300} = 4m$

따라서 $P = 700kN$, $d = 4m$이다.

### 선지 판단

① X — $P = 500kN$, $d = 3m$는 모두 틀리다. 수평 합력의 평형에서 $P$는 $700kN$이어야 하고, B점에 대한 모멘트의 평형에서 $d$는 $4m$이어야 한다.

② X — $d = 4m$는 맞지만 $P = 500kN$가 틀리다. 왼쪽 방향 두 힘의 합이 $700kN$이므로 올바른 힘은 $P = 700kN$이다.

③ X — $P = 700kN$은 맞지만 $d = 3m$가 틀리다. $d = 3m$이면 두 모멘트의 크기가 각각 $1200kN \cdot m$와 $900kN \cdot m$로 같지 않다. 올바른 거리는 $d = 4m$이다.

④ O — $P = 700kN$이면 수평 합력이 0이고, $d = 4m$이면 B점에 대한 두 모멘트가 각각 $1200kN \cdot m$로 같아 회전 평형도 성립한다.

### 오답 포인트

힘의 평형만 적용하면 $P = 700kN$까지는 구할 수 있지만 ③과 ④를 구별할 수 없다. 거리 $d$는 반드시 모멘트의 평형으로 구해야 한다. 또한 B점에 작용하는 $P$는 B점에 대한 모멘트가 0이므로 모멘트식에 포함되지 않는다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

평행력의 평형 문제는 먼저 $\sum F = 0$으로 힘의 크기를 구하고, 미지력이 지나가는 점을 모멘트 중심으로 선택하여 $\sum M = 0$으로 거리 또는 작용 위치를 구한다. 마지막에는 힘의 단위와 모멘트의 단위 $kN \cdot m$를 구분해 검산한다.

### 암기 포인트

평형의 두 조건은 합력 0, 합모멘트 0이다. 모멘트 중심을 지나는 힘의 모멘트는 0이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 지름 d = 10 mm인 원형단면의 봉이 있다. 봉이 축하중 P에 의해 축방향으로 신장되었을 때, 단면의 지름이 0.016 mm 감소되었다. 이때 하중 P의 크기[kN]는? (단, 봉의 탄성계수 E = 70 GPa, 푸아송비 $\nu = 0.4$이며, $\pi = 3$으로 계산하고, 자중은 무시한다)




① 14

② 21

③ 28

④ 35

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 푸아송비로 횡변형률과 축변형률의 관계를 세운 뒤, 훅의 법칙과 축력 공식을 이용하여 하중 $P$를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 원형 봉의 지름 $d = 10mm$, 지름 감소량 $\Delta d = -0.016mm$, 탄성계수 $E = 70GPa = 70{,}000N/mm^2$, 푸아송비 $\nu = 0.4$, $\pi = 3$이다.
구해야 할 값: 축하중 $P$의 크기이다.
주의할 조건: 인장 시 축방향 변형률은 양수이고 지름 방향의 횡변형률은 음수이다. 하중의 크기를 구할 때에는 변형률과 응력의 절댓값을 사용한다.

### 사용할 공식

횡변형률은 $\varepsilon_t = \Delta d/d$이고, 푸아송비는 $\nu = -\varepsilon_t/\varepsilon_l$이다. 따라서 축변형률은 $\varepsilon_l = -\varepsilon_t/\nu$이다. 선형 탄성 범위에서 $\sigma = E\varepsilon_l$이고, 축하중은 $P = \sigma A$, 원형 단면적은 $A = \pi d^2/4$이다.
지름 감소량으로 횡변형률이 주어졌으므로 푸아송비 관계를 먼저 사용하고, 이어서 훅의 법칙으로 축응력을 구한 후 단면적을 곱한다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 횡변형률을 구한다.

$\varepsilon_t = \frac{-0.016}{10} = -0.0016$

2. 푸아송비 관계로 축변형률을 구한다.

$\varepsilon_l = -\frac{\varepsilon_t}{\nu} = -\frac{-0.0016}{0.4} = 0.004$

3. 축응력을 구한다.

$\sigma = E\varepsilon_l = (70{,}000)(0.004) = 280 N/mm^2$

4. $\pi = 3$을 적용하여 단면적을 구한다.

$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3 \times 10^2}{4} = 75 mm^2$

5. 축하중을 구하고 $N$을 $kN$으로 변환한다.

$P = \sigma A = (280)(75) = 21{,}000N = 21kN$

### 선지 판단

① X — 계산 결과는 $21kN$이므로 $14kN$은 일치하지 않는다. 올바른 값은 $14kN$이 아니라 $21kN$이다.

② O — 푸아송비 관계, 훅의 법칙, 원형 단면적을 차례로 적용한 결과가 $21kN$이므로 옳다.

③ X — 계산 결과는 $21kN$이므로 $28kN$은 일치하지 않는다. 올바른 값은 $28kN$이 아니라 $21kN$이다.

④ X — 계산 결과는 $21kN$이므로 $35kN$은 일치하지 않는다. 올바른 값은 $35kN$이 아니라 $21kN$이다.

따라서 정답은 2번이다.

### 오답 포인트

지름 감소율 0.016/10을 곧바로 축변형률로 사용하면 안 된다. 이는 횡변형률의 크기이므로 푸아송비 0.4로 나누어 축변형률 0.004를 구해야 한다. 또한 $70GPa = 70{,}000N/mm^2$, $21{,}000N = 21kN$의 단위 변환과 문제에서 지정한 $\pi = 3$을 빠뜨리지 않아야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

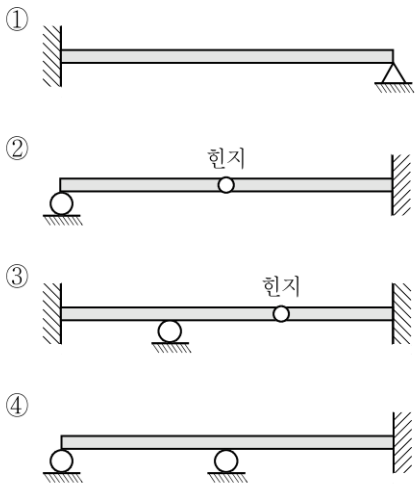
지름 변화가 주어진 축하중 문제는 지름 변화율로 횡변형률을 구하고, 푸아송비로 축변형률을 환산한 다음, $\sigma = E\varepsilon$, $P = \sigma A$의 순서로 계산한다. 마지막에는 응력과 단면적의 단위가 서로 맞는지 확인한다.

### 암기 포인트

횡변형률에서 축하중까지의 연결은 $\varepsilon_t \to \varepsilon_l \to \sigma \to P$이며, 핵심 관계는 $\nu = -\varepsilon_t/\varepsilon_l$이다.

NoteBase

문 3. 그림에 나타낸 구조물 중 부정정 차수가 3인 것은?




**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 도식에서 고정단·핀·롤러의 반력 성분 수와 내부 힌지의 수를 세어 평면 구조물의 부정정 차수를 판단하는 문제이다. 고정단은 3개, 핀은 2개, 롤러는 1개의 반력 성분을 가지며, 내부 힌지 1개는 독립적인 평형조건을 1개 추가한다.

**선지별 해설**

① X

고정단의 반력 3개와 핀 지점의 반력 2개로 외적 반력은 5개이고 내부 힌지는 없다. 따라서 부정정 차수는 $5 - 3 = 2$이다. '부정정 차수가 3'이라는 판단은 틀리며, 올바르게는 2차 부정정 구조물이다.

② X

롤러 지점의 반력 1개와 고정단의 반력 3개로 외적 반력은 4개이며, 내부 힌지 1개가 독립적인 평형조건을 1개 추가한다. 따라서 부정정 차수는 $4 - 3 - 1 = 0$이다. '부정정 차수가 3'이라는 판단은 틀리며, 올바르게는 정정 구조물이다.

③ O

양쪽 고정단에서 반력 6개, 중간 롤러 지점에서 반력 1개가 생겨 외적 반력은 모두 7개이다. 내부 힌지 1개를 반영하면 부정정 차수는 $7 - 3 - 1 = 3$이므로 3차 부정정 구조물이다.

④ X

두 롤러 지점의 반력 2개와 고정단의 반력 3개로 외적 반력은 5개이고 내부 힌지는 없다. 따라서 부정정 차수는 $5 - 3 = 2$이다. '부정정 차수가 3'이라는 판단은 틀리며, 올바르게는 2차 부정정 구조물이다.

NoteBase

**오답 포인트**

③은 지점 반력만 세면 7개여서 4차 부정정처럼 보이지만, 내부 힌지 1개가 독립 평형조건을 하나 더 제공하므로 차수가 1만큼 감소한다. 또한 ①의 삼각형 지점은 롤러가 아니라 수평·수직 반력을 갖는 핀 지점이라는 점을 구분해야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

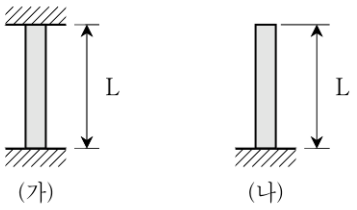
먼저 고정단 3개, 핀 2개, 롤러 1개로 외적 반력 수를 합산한다. 그다음 평면 전체의 평형방정식 3개를 빼고, 내부 힌지마다 추가되는 독립 평형조건 1개를 더 빼서 부정정 차수를 판단한다.

**암기 포인트**

고정 3·핀 2·롤러 1, 내부 힌지 하나당 부정정 차수는 1 감소한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 지지조건만 다르고 동일한 두 개의 기둥이 있다. 그림 (가)와 같은 양단고정 기둥의 임계 좌굴하중($P_{cr}$)이 3,200 kN일 때, 그림 (나)와 같은 일단고정 타단자유인 캔틸레버 기둥의 임계 좌굴하중($P_{cr}$)의 크기[kN]는? (단, 기둥의 자중은 무시한다)




① 200
② 400
③ 800
④ 1,600

**정답 1번**

### 출제 포인트

이 문제는 기둥의 지지조건에 따른 유효길이계수 $K$를 오일러 좌굴하중 공식에 적용하여 임계 좌굴하중을 비교하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 양단고정 기둥 (가)의 임계 좌굴하중은 P_cr,(가)=3,200 kN이다.
구해야 할 값: 일단고정·타단자유인 캔틸레버 기둥 (나)의 P_cr,(나)이다.
주의할 조건: 두 기둥은 지지조건만 다르고 $E$, $I$, 실제 길이 $L$은 동일하며, 자중은 무시한다.

### 사용할 공식

오일러 좌굴하중은
$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$
이다. 양단고정 기둥은 $K = 0.5$, 일단고정·타단자유 기둥은 $K = 2$이므로, 동일한 $E$, $I$, $L$을 가진 두 기둥의 좌굴하중은 $K^2$에 반비례한다.

### 계산 과정

유효길이는 (가)가 0.5$L$, (나)가 2$L$이다. 따라서
(P_cr,(나))/(P_cr,(가))=≤ft((K_(가))/(K_(나)))^2=≤ft((0.5)/(2))^2=(1)/(16)
이므로,
P_cr,(나)=3,200×(1)/(16)=200 kN
이다.

NoteBase

**선지 판단**

① O — 계산 결과가 200$kN$이므로 옳다.
② X — 400$kN$은 계산 결과와 다르다. 올바른 값은 200$kN$이다.
③ X — 800$kN$은 유효길이비만 4배로 보고 좌굴하중의 제곱 반비례를 반영하지 않을 때 나오는 값이다. 올바른 값은 200$kN$이다.
④ X — 1,600$kN$은 계산 결과와 다르다. 올바른 값은 200$kN$이다.

**오답 포인트**

양단고정에서 캔틸레버로 바뀌면 유효길이는 0.5$L$에서 2$L$로 4배가 된다. 좌굴하중은 유효길이에 단순 반비례하는 것이 아니라 유효길이의 제곱에 반비례하므로 1/4이 아니라 1/16로 감소한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

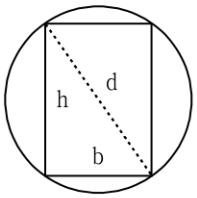
먼저 각 지지조건의 유효길이계수 $K$를 정하고, 동일한 재료와 단면의 기둥끼리는 $P_{cr} \propto 1/(KL)^2$의 비례식으로 비교한다. 마지막으로 유효길이비를 반드시 제곱했는지 확인한다.

**암기 포인트**

양단고정은 $K = 0.5$, 캔틸레버는 $K = 2$이며, 오일러 좌굴하중은 유효길이 $KL$의 제곱에 반비례한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 지름이 d인 원형 단면의 나무를 잘라 직사각형 단면의 각재를 만들려고 한다. 잘라 낸 각재가 최대의 단면계수($S$)가 되기 위한 각재의 직사각형 단면의 폭 b와 높이 h의 비($\frac{h}{b}$)는? (단, b < h이다)




① 2
② $\sqrt{2}$
③ 3
④ $\sqrt{3}$

**정답 2번**

### 출제 포인트

원에 내접한 직사각형의 대각선 조건과 직사각형 단면계수 공식을 결합하여 단면계수가 최대가 되는 높이와 폭의 비를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

원의 지름은 직사각형의 대각선이므로 $b^2 + h^2 = d^2$이다. 직사각형 단면의 폭은 $b$, 높이는 $h$이며 $b < h$이다. 구해야 할 값은 단면계수 $S$가 최대일 때의 $h/b$이다.

### 사용할 공식

높이 방향으로 휨을 받는 직사각형의 단면2차모멘트는 $I = bh^3/12$이고, 중립축에서 최외단까지의 거리는 $c = h/2$이다. 따라서 단면계수는

$S = \frac{I}{c} = \frac{bh^2}{6}$

이다. 원에 내접한 직사각형은 대각선의 길이가 원의 지름과 같으므로 $h^2 = d^2 - b^2$를 함께 사용한다.

NoteBase

### 계산 과정

단면계수에 $h^2 = d^2 - b^2$를 대입하면

$S = \frac{b(d^2 - b^2)}{6}$

이다. 이를 $b$에 관하여 미분하면

$\frac{dS}{db} = \frac{d^2 - 3b^2}{6} = 0$

이므로 $d^2 = 3b^2$이다. 따라서

$h^2 = d^2 - b^2 = 3b^2 - b^2 = 2b^2$

이고, $b < h$이므로

$\frac{h}{b} = \sqrt{2}$

이다. 이때 양 끝 조건에서는 단면계수가 0이고 내부의 유일한 정지점이므로 이 값에서 최대가 된다.

### 선지 판단

① X — $h/b = 2$는 최댓값 조건 $h^2 = 2b^2$를 만족하지 않는다. 올바르게는 $h/b = \sqrt{2}$이다.

② O — 최댓값 조건에서 $h^2 = 2b^2$이므로 $h/b = \sqrt{2}$이다.

③ X — $h/b = 3$은 최댓값 조건과 일치하지 않는다. 올바르게는 $h/b = \sqrt{2}$이다.

④ X — $h/b = \sqrt{3}$은 $h^2 = 3b^2$를 뜻하므로 최댓값 조건 $h^2 = 2b^2$와 다르다. 올바르게는 $h/b = \sqrt{2}$이다.

### 오답 포인트

대각선 조건 $b^2 + h^2 = d^2$만으로 비를 정할 수는 없다. 또한 단면계수 $S = bh^2/6$에서 상수 1/6은 최적 비에 영향을 주지 않지만, 높이 $h$가 제곱으로 들어간다는 점을 빠뜨리면 ①이나 ④와 같은 비를 고르기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

원에 내접한 직사각형 문제에서는 먼저 대각선 조건 $b^2 + h^2 = d^2$을 세운다. 그다음 목적함수인 단면계수 $S = bh^2/6$에 한 변을 소거하여 대입하고, 한 변수 함수로 미분해 최댓값 조건을 구한다.

### 암기 포인트

원형 단면에서 잘라 낸 직사각형의 단면계수 최대 조건은 $h^2 = 2b^2$, 즉 $h/b = \sqrt{2}$이다.

NoteBase

문 6. 어떤 재료의 전단변형률 $\gamma = 0.0002$, 전단응력 $\tau = 16\,\mathrm{MPa}$, 탄성계수 $\mathrm{E} = 200\,\mathrm{GPa}$, 푸아송비 $\nu = 0.25$일 때, 전단탄성계수 G의 크기[GPa]는?

① 60
② 80
③ 100
④ 120

**정답 2번**

### 출제 포인트

전단응력과 전단변형률의 관계 및 탄성계수와 푸아송비의 관계를 이용해 전단탄성계수 $G$를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 전단변형률 $\gamma = 0.0002$, 전단응력 $\tau = 16MPa$, 탄성계수 $E = 200GPa$, 푸아송비 $\nu = 0.25$이다.
구해야 할 값: 전단탄성계수 $G$이다.
주의할 조건: $\tau/\gamma$로 계산하면 결과의 단위가 $MPa$이므로 $GPa$로 환산해야 한다.

### 사용할 공식

선형 탄성 범위에서 전단응력과 전단변형률의 관계는
$\tau = G\gamma$
이므로
$G = \frac{\tau}{\gamma}$
이다. 또한 등방성 탄성재료에서는
$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$
가 성립한다. 첫 번째 식으로 직접 값을 구하고, 두 번째 식으로 주어진 $E$와 $\nu$에 부합하는지 검산할 수 있다.

### 계산 과정

1. 전단응력과 전단변형률을 공식에 대입한다.
$G = \frac{16MPa}{0.0002} = 80{,}000MPa$
2. 단위를 환산한다.
$80{,}000MPa = 80GPa$
3. 탄성계수와 푸아송비로 검산한다.
$G = \frac{200GPa}{2(1+0.25)} = \frac{200}{2.5}GPa = 80GPa$
두 계산이 모두 $80GPa$로 일치한다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — 60$GPa$는 계산 결과 80$GPa$와 일치하지 않는다. 올바른 값은 80$GPa$이다.
② O — $G = \tau/\gamma = 80GPa$이며, $G = E/[2(1+\nu)]$로 검산해도 80$GPa$이다.
③ X — 100$GPa$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바른 값은 80$GPa$이다.
④ X — 120$GPa$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바른 값은 80$GPa$이다.

### 오답 포인트

전단응력 16$MPa$를 전단변형률 0.0002로 나눈 결과는 80,000$MPa$이다. 이를 $GPa$로 환산하지 않거나, $G = E/[2(1+\nu)]$에서 분모의 2 또는 $1+\nu$를 빠뜨리면 오답이 된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

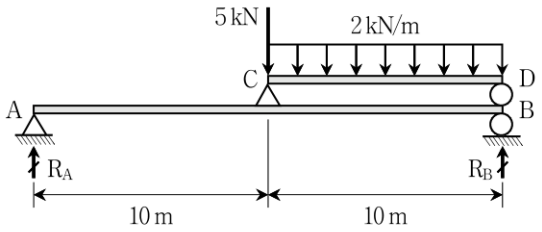
전단응력과 전단변형률이 함께 주어지면 먼저 $G = \tau/\gamma$를 적용하고, $E$와 $\nu$도 주어지면 $G = E/[2(1+\nu)]$로 검산한다. 마지막에는 $1GPa = 1{,}000MPa$를 적용해 단위를 맞춘다.

### 암기 포인트

전단 관계는 $\tau = G\gamma$, 등방성 탄성 관계는 $G = E/[2(1+\nu)]$이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 CD부재에 의해 간접하중을 받는 단순보(AB부재)의 B지점에서 수직반력 $R_B$의 크기[kN]는? (단, 보의 자중은 무시한다)




① 7.0
② 7.5
③ 10.0
④ 17.5

**정답 4번**

### 출제 포인트

이 문제는 상부 보 CD의 하중이 접점 C와 D를 통해 하부 단순보 AB에 전달되는 관계와 전체 구조물의 모멘트 평형을 이용하여 B점 수직반력 $R_B$를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

보 AB의 경간은 $20m$이고, C점은 A에서 $10m$, D점은 A에서 $20m$ 떨어져 있다. CD에는 C점의 집중하중 $5kN$과 길이 $10m$ 전 구간의 등분포하중 $2kN/m$이 작용한다. 보의 자중은 무시한다. 구해야 할 값은 B점의 수직반력 $R_B$이다.

### 사용할 공식

등분포하중의 합력은 $W = wL$이며, 그 작용점은 분포 구간의 중앙이다. 전체 구조물에 대해 A점 모멘트 평형 $\sum M_A = 0$을 적용한다. CD와 AB 사이의 C점·D점 접촉력은 전체 구조물에서는 내력이므로 서로 상쇄되며, 외력과 지점반력만으로 $R_B$를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 등분포하중의 합력은 $W = 2kN/m \times 10m = 20kN$이다.
2. 이 합력은 CD의 중앙, 즉 C에서 $5m$ 떨어진 지점에 작용하므로 A에서는 $15m$ 떨어져 있다.
3. A점에 대한 모멘트 평형은
$R_B(20m) - (5kN)(10m) - (20kN)(15m) = 0$
이다.
4. 따라서
$R_B = \frac{50 + 300}{20} = 17.5kN$
이다.

**선지 판단**

① X — $7.0kN$은 전체 외력의 A점 모멘트 $350kN \cdot m$를 경간 $20m$로 나눈 값이 아니다. 올바른 값은 $17.5kN$이다.
② X — $7.5kN$은 CD가 C점에서 AB에 전달하는 $15kN$ 하중이 B반력에 기여하는 값 $15 \times 10/20$만 계산하고, D점에서 직접 전달되는 $10kN$을 누락한 값이다. 올바르게는 $7.5 + 10 = 17.5kN$이다.
③ X — $10.0kN$은 상부 보 CD의 D점 반력만 반영한 값이다. C점 전달하중이 하부 보의 B반력에 더하는 $7.5kN$까지 포함하면 $17.5kN$이다.
④ O — 전체 외력의 A점 모멘트 평형에서 $R_B = 17.5kN$이므로 옳다.

**오답 포인트**

상부 보 CD의 D점 반력 $10kN$을 곧바로 하부 보 AB의 최종 B점 반력으로 판단하면 ③을 고르게 된다. B점 반력에는 D점에서 전달되는 힘뿐 아니라 C점 전달하중이 만드는 반력 성분도 포함된다. 전체 구조물을 하나의 자유물체로 보면 접점의 내력을 계산하지 않고 이 누락을 피할 수 있다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

겹쳐진 보의 최종 지점반력을 구할 때는 전체 구조물을 하나의 자유물체로 분리하고, 분포하중을 합력으로 치환한 뒤 구하려는 반력의 반대쪽 지점에 대한 모멘트 평형을 적용한다. 내부 접점력은 전체 자유물체에서 상쇄된다.

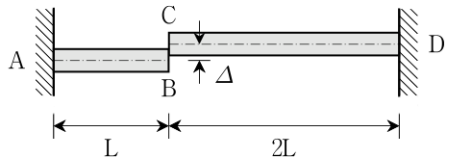
**암기 포인트**

겹보 전체의 지점반력은 '전체 외력의 모멘트 ÷ 지점 간 거리'로 구하며, 내부 접점력은 전체 평형식에서 제외된다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 휨강성(EI)이 같은 두 캔틸레버 보를 연결 하는데, 자유단 B, C점에서 수직방향으로 $\Delta$만큼 차이가 있다. B, C점에서 $\Delta$가 0이 되도록 수직하중을 가해 힌지로 연결한 후, 힘을 제거했을 때, A, D지점에서 고정단 모멘트 크기의 비$\left(\frac{M_D}{M_A}\right)$는?

(단, 보의 자중은 무시한다)




① 0.5
② 1.0
③ 2.0
④ 4.0

**정답 3번**

### 출제 포인트

간극이 있는 두 캔틸레버 보를 힌지로 연결했을 때, 연결부에 작용하는 공통 전단력으로부터 각 고정단 모멘트의 크기 비를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

왼쪽 보는 A점 고정, B점 자유인 길이 $L$의 캔틸레버 보이고, 오른쪽 보는 D점 고정, C점 자유인 길이 $2L$의 캔틸레버 보이다. 두 보의 휨강성은 모두 $EI$이다. B점과 C점의 초기 수직 간극은 $\Delta$이고, 연결 후 힌지는 모멘트를 전달하지 않지만 두 보 사이의 수직력을 전달한다. 구해야 할 값은 고정단 모멘트 크기의 비 $M_D/M_A$이다.

### 사용할 공식

캔틸레버 보의 자유단에 집중력 $P$가 작용할 때 자유단 처짐과 고정단 모멘트의 크기는 각각

$\delta = \frac{P\ell^3}{3EI}, \qquad M = P\ell$

이다. 힌지의 작용·반작용으로 두 보의 자유단에 작용하는 힘의 크기는 모두 $P$로 같다. 따라서 모멘트 비에서는 간극 $\Delta$를 이용해 $P$를 직접 구하지 않아도 공통인 $P$가 약분된다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 두 자유단이 서로 접근한 처짐의 합이 초기 간극과 같으므로
$\frac{PL^3}{3EI} + \frac{P(2L)^3}{3EI} = \Delta$
이다. 이 식은 연결부 힘 $P$가 두 보에 공통으로 작용함을 보여 준다.

2. 왼쪽 보의 고정단 모멘트 크기는
$M_A = PL$
이고, 오른쪽 보의 고정단 모멘트 크기는
$M_D = P(2L) = 2PL$
이다.

3. 따라서
$\frac{M_D}{M_A} = \frac{2PL}{PL} = 2.0$
이다.

**선지 판단**

① X — 0.5는 요구된 비 $M_D/M_A$가 아니라 그 역수 $M_A/M_D$이다. 올바른 값은 2.0이다.

② X — 두 보에 작용하는 연결부 힘의 크기는 같지만 보의 길이는 $L$과 $2L$로 다르므로 고정단 모멘트가 같지 않다. 올바른 값은 2.0이다.

③ O — $M_D = 2PL$, $M_A = PL$이므로 $M_D/M_A = 2.0$이다.

④ X — 고정단 모멘트 $M = P\ell$은 보 길이에 비례하므로 길이비를 제곱하여 4.0으로 계산할 수 없다. 올바른 값은 2.0이다.

**오답 포인트**

처짐 공식에는 길이의 세제곱이 들어가지만, 고정단 모멘트는 $M = P\ell$이므로 길이의 일제곱에 비례한다. 또한 문제에서 요구한 비는 $M_D/M_A$이므로 분자와 분모를 뒤집으면 ①의 0.5가 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

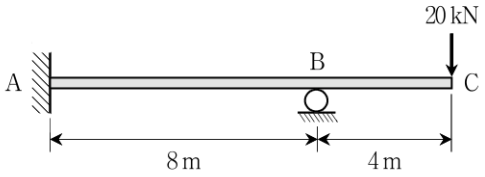
힌지 연결부의 작용·반작용으로 양쪽 보에 같은 크기의 힘 $P$가 작용한다는 점을 먼저 잡고, 각 고정단까지의 거리와 $M = P\ell$을 적용한다. 간극은 연결부 힘의 크기를 결정하지만, 같은 힘이 약분되는 모멘트 비에는 영향을 주지 않는다.

**암기 포인트**

같은 힌지력 $P$가 작용하면 고정단 모멘트의 크기 비는 각 캔틸레버 길이의 비와 같다: $M_D : M_A = 2L : L = 2 : 1$.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 부정정보의 A지점에서 반력 모멘트의 크기[kN · m]는?
(단, 휨강성 EI는 일정하고 자중은 무시한다)




① 10
② 20
③ 30
④ 40

**정답 4번**

### 출제 포인트

이 문제는 B점의 수직 처짐이 0이라는 변형 적합조건을 이용하여 부정정 반력과 A점의 반력 모멘트를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

A점은 고정단이고 B점은 수직변위를 구속하는 받침점이다. $AB = 8m$, $BC = 4m$, 전체 길이는 $L = 12m$이며 C점에 $P = 20kN$이 아래로 작용한다. 구해야 할 값은 A점 반력 모멘트의 크기이다. 휨강성 $EI$는 일정하고 자중은 무시한다.

### 사용할 공식

B점 받침을 제거한 길이 $L$의 외팔보를 기본 구조로 삼고, $a = AB$라 한다. 자유단 집중하중 $P$가 거리 $a$인 점에 만드는 처짐의 크기와 B점 반력 $R_B$가 그 점에 만드는 처짐의 크기는 각각 다음과 같다.

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

두 처짐의 방향은 반대이고 실제 B점의 처짐은 0이므로 $\delta_B^{(P)} = \delta_B^{(R_B)}$를 사용한다.

NoteBase

### 계산 과정

처짐 적합조건을 적용하면

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

이므로

$R_B = \frac{P(3L-a)}{2a} = \frac{20(3\times 12-8)}{2\times 8} = 35kN$

이다. A점에 대한 모멘트 평형을 반시계방향 양(+)으로 두면

$M_A + R_B(8) - P(12) = 0$

이고,

$M_A + 35(8) - 20(12) = 0, \qquad M_A = -40kN\cdot m$

이다. 음의 부호는 가정한 양의 방향과 반대임을 뜻하므로 반력 모멘트의 크기는 $40kN\cdot m$이다.

### 선지 판단

① X — $10kN\cdot m$는 처짐 적합조건으로 구한 결과와 일치하지 않는다. 올바른 값은 $40kN\cdot m$이다.

② X — $20kN\cdot m$는 계산된 A점 모멘트의 크기가 아니다. 올바른 값은 $40kN\cdot m$이다.

③ X — $30kN\cdot m$는 $R_B = 35kN$을 사용한 모멘트 평형 결과와 일치하지 않는다. 올바른 값은 $40kN\cdot m$이다.

④ O — 계산 결과 A점 반력 모멘트는 $-40kN\cdot m$이고, 그 크기는 $40kN\cdot m$이다.

### 오답 포인트

이 구조는 미지 반력이 평형방정식의 수보다 하나 많은 1차 부정정 구조이므로 정정구조처럼 평형방정식만으로 풀 수 없다. 또한 문제는 모멘트의 방향이 아니라 크기를 묻고 있으므로 계산값 $-40kN\cdot m$에서 부호를 제외한 $40kN\cdot m$를 선택해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

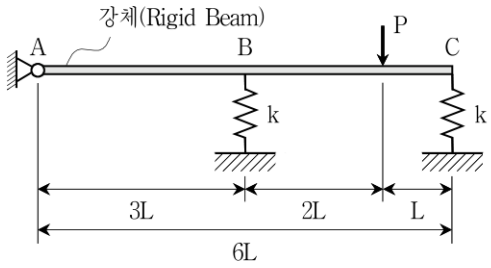
받침 하나를 잉여력으로 정해 기본 정정구조를 만든 뒤, 제거한 받침점의 처짐이 0이라는 적합조건으로 잉여반력을 구하고 마지막에 전체 구조의 평형방정식으로 고정단 모멘트를 계산한다.

### 암기 포인트

부정정 보는 평형조건에 변형 적합조건을 더한다. 받침점 B에서는 $\delta_B = 0$이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 변형이 발생되지 않는 강체로 제작된 보(Rigid Beam)가 A지점은 힌지로, B점과 C점은 스프링상수 k가 동일한 스프링으로 지지되어 있다. 이때 A지점의 수직반력은? (단, 보의 자중은 무시한다)




① $\frac{P}{3}(\uparrow)$

② $\frac{P}{3}(\downarrow)$

③ 0

④ $\frac{2P}{3}(\uparrow)$

**정답 3번**

### 출제 포인트

강체보의 회전변위 적합조건과 모멘트 평형·수직력 평형을 함께 이용하여 힌지 A의 수직반력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

A에서 B까지의 거리는 $3L$, A에서 하중 $P$까지의 거리는 $5L$, A에서 C까지의 거리는 $6L$이다.
보가 변형되지 않고 A를 중심으로 회전하므로 수직변위는 A로부터의 거리에 비례하여 $\delta_C = 2\delta_B$이다.
두 스프링의 강성은 모두 $k$이므로 스프링 반력도 $F_C = k\delta_C = 2k\delta_B = 2F_B$가 된다.

### 사용할 공식

스프링 반력은 $F = k\delta$이다.
A점에 대한 모멘트 평형은 $\sum M_A = 0$이고, 전체 수직력 평형은 $\sum F_y = 0$이다.
강체보는 A를 중심으로 회전하므로 B와 C의 변위비를 먼저 스프링 반력비로 바꾼 뒤 평형식을 적용한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. $F_C = 2F_B$이다.
2. A점에 대한 모멘트 평형을 세우면
$F_B(3L) + F_C(6L) - P(5L) = 0$
이다. $F_C = 2F_B$를 대입하면
$3LF_B + 12LF_B = 5LP$
이므로 $F_B = P/3$, $F_C = 2P/3$이다.
3. A점의 위쪽 수직반력을 $A_y$라 두고 수직력 평형을 적용하면
$A_y + F_B + F_C - P = 0$
$A_y + \frac{P}{3} + \frac{2P}{3} - P = 0$
이므로 $A_y = 0$이다.

**선지 판단**

① X — A점의 수직반력은 위쪽 $P/3$이 아니라 0이다. $P/3$은 B점 스프링의 위쪽 반력이다. 틀린 표현 '$P/3(\uparrow)$'은 '0'으로 고쳐야 한다.
② X — A점에는 아래쪽 $P/3$의 반력이 생기지 않는다. 두 스프링 반력의 합이 하중 $P$와 같으므로 A점 수직반력은 0이다. 틀린 표현 '$P/3(\downarrow)$'은 '0'으로 고쳐야 한다.
③ O — $F_B + F_C = P/3 + 2P/3 = P$이므로 수직력 평형에서 A점의 수직반력은 0이다.
④ X — A점의 수직반력은 위쪽 $2P/3$이 아니라 0이다. $2P/3$은 C점 스프링의 위쪽 반력이다. 틀린 표현 '$2P/3(\uparrow)$'은 '0'으로 고쳐야 한다.

**오답 포인트**

스프링상수 $k$가 같다고 해서 B와 C의 스프링 반력이 같은 것은 아니다. 강체보가 A를 중심으로 회전하면 C의 변위가 B의 2배이므로 C의 스프링 반력도 B의 2배이다. 또한 $P/3$과 $2P/3$은 각각 스프링 반력이며, 이를 A점 반력으로 혼동하면 안 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

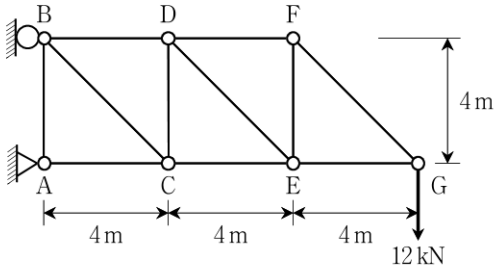
강체보-스프링 문제는 회전 중심에서의 거리비로 변위비를 구하고, $F = k\delta$로 반력비를 만든 다음 모멘트 평형과 수직력 평형을 차례로 적용한다.

**암기 포인트**

강체 회전에서는 '거리비 = 변위비'이고, 같은 $k$의 스프링에서는 '변위비 = 스프링 반력비'이다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 트러스에서 CE부재의 부재력[kN]은? (단, 부재의 자중은 무시한다)




① 18(압축)
② 18(인장)
③ 24(압축)
④ 24(인장)

**정답 3번**

### 출제 포인트

이 문제는 트러스의 우측 자유단에서 절점법을 차례로 적용하여 $CE$ 부재의 축력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 각 패널의 폭과 트러스 높이는 모두 $4m$이고, 절점 $G$에 아래쪽으로 $12kN$이 작용한다.
구해야 할 값: $CE$ 부재력의 크기와 인장·압축 여부이다.
주의할 조건: 대각 부재 $FG$, $DE$의 기울기는 45 °이다. 미지 부재력을 인장으로 가정했을 때 계산값이 음수이면 실제로는 압축이다.

### 사용할 공식

각 절점은 평형 상태이므로 다음 식을 사용한다.

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

우측 끝 절점부터 해석하면 한 절점에 포함된 미지 부재력이 두 개 이하이므로 절점법으로 순차 계산할 수 있다.

NoteBase

**계산 과정**

모든 미지 부재력을 인장 방향으로 가정한다.

1. 절점 $G$의 평형

$\sum F_y = 0 : \quad F_{FG}\sin 45^\circ - 12 = 0$

F_FG=12√(2) kN(인장)

$\sum F_x = 0 : \quad -F_{EG} - F_{FG}\cos 45^\circ = 0$

F_EG=-12 kN⇒ 12 kN 압축

2. 절점 $F$의 평형

$FG$의 수직성분은 아래쪽으로 $12kN$이므로

$\sum F_y = 0 : \quad -F_{EF} - 12 = 0$

F_EF=-12 kN⇒ 12 kN 압축

3. 절점 $E$의 평형

수직방향 평형에서

$\sum F_y = 0 : \quad F_{DE}\sin 45^\circ - 12 = 0$

F_DE=12√(2) kN(인장)

수평방향 평형에서 $EG$의 압축력과 $DE$의 수평성분이 각각 왼쪽으로 $12kN$씩 작용하므로

$\sum F_x = 0 : \quad -F_{CE} - 12 - 12 = 0$

$F_{CE} = -24kN$

따라서 $CE$ 부재력은 $24kN$ 압축이다.

**선지 판단**

① X — $CE$는 압축 부재이지만 크기는 $18kN$이 아니라 $24kN$이다. 올바르게는 '$24kN$(압축)'이다.

② X — 크기와 힘의 종류가 모두 틀렸다. $CE$는 $18kN$ 인장이 아니라 $24kN$ 압축이다.

③ O — 절점 $E$의 수평방향 평형으로 $F_{CE} = -24kN$이므로 $CE$에는 $24kN$의 압축력이 작용한다.

④ X — 크기 $24kN$은 맞지만 인장이라는 판단이 틀렸다. 인장으로 가정한 $F_{CE}$가 음수이므로 올바르게는 '$24kN$(압축)'이다.

**오답 포인트**

절점 $E$에서 $EG$의 압축력 $12kN$만 반영하고 $DE$의 왼쪽 수평성분 $12kN$을 빠뜨리면 $CE$ 부재력을 잘못 구하게 된다. 또한 부재력을 인장으로 가정한 뒤 음수가 나온 경우, 그 부재가 압축이라는 부호 해석을 놓치면 ④를 고르게 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

트러스 절점법에서는 미지 부재력이 두 개 이하인 자유단 절점부터 시작한다. 부재력을 모두 인장으로 가정하고 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$을 적용한 뒤, 음수 결과는 압축으로 판정한다.

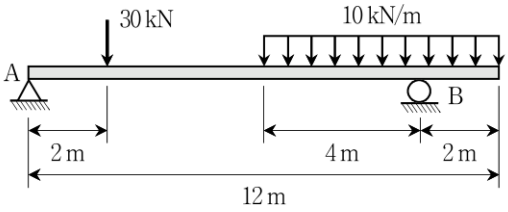
NoteBase

**암기 포인트**

절점법은 '자유단부터, 인장 가정, 음수는 압축'으로 정리된다. 이 문제의 우측부 수평력은 $12 + 12 = 24kN$ 이므로 $CE$는 $24kN$ 압축이다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 단순보의 A지점에서 수직반력의 크기[kN]는?
(단, 보의 자중은 무시한다)




① 10
② 20
③ 30
④ 40

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 등분포하중을 등가 집중하중으로 바꾸고 평형조건을 적용하여 단순보의 $A$지점 수직반력을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

점하중은 $A$점에서 2m 떨어진 곳에 30kN으로 작용한다. 등분포하중 10kN/m은 $A$점에서 6m인 위치부터 보의 오른쪽 끝까지 6m 구간에 작용한다. $B$지점은 $A$점에서 10m 떨어져 있고, 보의 오른쪽 끝은 $B$지점에서 2m 돌출되어 있다. 구해야 할 값은 $A$점의 수직반력 $R_A$이다.

**사용할 공식**

등분포하중의 합력은 하중강도와 작용 길이의 곱이며, 그 작용점은 등분포 구간의 중앙이다.

$W = wL$

보가 정지해 있으므로 수직력과 모멘트의 평형조건을 적용한다.

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

NoteBase

**계산 과정**

1. 등분포하중을 합력으로 바꾸면 다음과 같다.
$W = (10\text{kN/m})(6\text{m}) = 60\text{kN}$
이 합력은 등분포 구간의 중앙인 $A$점에서 9m 떨어진 곳에 작용한다.

2. $A$점에 대한 모멘트 평형으로 $B$점 반력 $R_B$를 구한다.
$R_B(10\text{m}) - (30\text{kN})(2\text{m}) - (60\text{kN})(9\text{m}) = 0$
$R_B = 60\text{kN}$

3. 수직력 평형을 적용한다.
$R_A + R_B - 30\text{kN} - 60\text{kN} = 0$
$R_A = 90\text{kN} - 60\text{kN} = 30\text{kN}$

**선지 판단**

① X — 10kN은 계산 결과와 다르다. 올바른 $A$점 수직반력은 30kN이다.
② X — 20kN은 계산 결과와 다르다. 올바른 값은 30kN이다.
③ O — 모멘트 평형과 수직력 평형으로 구한 $A$점 수직반력이 30kN이므로 맞다.
④ X — 40kN은 계산 결과와 다르다. 올바른 값은 30kN이다.

**오답 포인트**

등분포하중이 $B$지점까지만 작용한다고 잘못 읽기 쉽다. 실제로는 오른쪽 돌출부 끝까지 총 6m에 작용하므로 합력은 60kN, 작용점은 $A$점에서 9m인 위치이다. 또한 전체 하중 90kN을 두 지점이 절반씩 부담한다고 보면 오른쪽 돌출부가 만드는 모멘트 효과를 놓치게 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

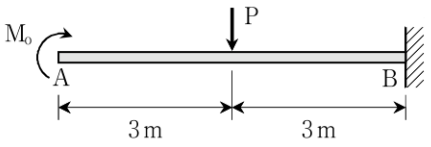
먼저 등분포하중을 크기 $wL$, 작용점은 분포구간 중앙인 등가 집중하중으로 바꾼다. 그다음 한 지점에 대한 모멘트 평형으로 다른 지점 반력을 구하고, 마지막에 수직력 평형으로 남은 반력을 계산한다.

**암기 포인트**

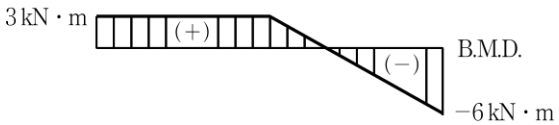
등분포하중은 '면적이 합력, 도심이 작용점'이며, 단순보 반력은 '모멘트 평형 후 수직력 평형'의 순서로 구한다.

NoteBase

문 13. 그림 (가)와 같이 집중하중 P와 모멘트 $M_o$가 작용하는 캔틸레버 보의 휨모멘트선도(B.M.D.)는 그림 (나)와 같다. 캔틸레버 보에 작용하는 집중하중 P의 크기[kN]와 모멘트 $M_o$의 크기[kN · m]는? (단, 보의 자중은 무시한다)




(가)




(나)

| | P | $M_o$ |
|---|---|---|
| ① | 3 | 3 |
| ② | 3 | 6 |
| ③ | 6 | 3 |
| ④ | 6 | 6 |

**정답 1번**

### 출제 포인트

집중모멘트가 만드는 휨모멘트선도의 수직 변화와 집중하중 구간에서의 휨모멘트선도 기울기를 이용해 $M_0$와 $P$를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: A점부터 집중하중 작용점까지 $3m$, 집중하중 작용점부터 고정단 B까지 $3m$이다. 휨모멘트는 A점부터 하중 작용점까지 $+3kN \cdot m$로 일정하고, B점에서 $-6kN \cdot m$이다.
구해야 할 값: 집중하중의 크기 $P$와 집중모멘트의 크기 $M_0$이다.
주의할 조건: 집중모멘트는 휨모멘트선도의 값에 직접 나타나고, 집중하중이 작용하는 구간에서는 휨모멘트선도가 직선으로 변한다. 크기를 묻고 있으므로 최종값은 절댓값으로 판단한다.

NoteBase

### 사용할 공식

집중모멘트의 크기는 자유단 휨모멘트선도의 크기와 같으므로

$M_0 = |M_A|$

이다. 또한 분포하중이 없는 구간에서는 전단력과 휨모멘트선도의 기울기 사이에

$V = \frac{\Delta M}{\Delta x}$

의 관계가 있고, 집중하중만 작용하므로 전단력의 크기는 $P$와 같다. 따라서

$P = \left|\frac{\Delta M}{\Delta x}\right|$

를 사용한다.

### 계산 과정

1. A점부터 하중 작용점까지 휨모멘트가 $+3kN \cdot m$로 일정하므로 자유단 집중모멘트의 크기는

$M_0 = 3kN \cdot m$

이다.

2. 하중 작용점에서 B점까지 휨모멘트의 변화량은

$\Delta M = (-6) - (+3) = -9kN \cdot m$

이다.

3. 이 변화가 $3m$ 구간에서 생기므로 휨모멘트선도의 기울기 크기는

$P = \left|\frac{-9kN \cdot m}{3m}\right| = 3kN$

이다. 따라서 $P = 3kN$, $M_0 = 3kN \cdot m$이다.

### 선지 판단

① O — $P = 3kN$, $M_0 = 3kN \cdot m$로 계산 결과와 모두 일치한다.

② X — $P = 3kN$는 맞지만 $M_0 = 6kN \cdot m$가 틀렸다. 올바르게는 A점의 일정한 휨모멘트 크기와 같은 $M_0 = 3kN \cdot m$이다.

③ X — $M_0 = 3kN \cdot m$는 맞지만 $P = 6kN$가 틀렸다. 올바르게는 휨모멘트 변화량 $9kN \cdot m$를 구간 길이 $3m$로 나눈 $P = 3kN$이다.

④ X — $P = 6kN$, $M_0 = 6kN \cdot m$가 모두 틀렸다. 올바르게는 $P = 3kN$, $M_0 = 3kN \cdot m$이다.

### 오답 포인트

B점의 휨모멘트 크기 $6kN \cdot m$를 그대로 $M_0$ 또는 $P$로 선택하면 안 된다. $M_0$는 A점의 휨모멘트 값 $3kN \cdot m$에서 읽고, $P$는 하중 오른쪽 구간의 전체 휨모멘트 변화량 $|-6-(+3)| = 9kN \cdot m$을 길이 $3m$로 나누어 구한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

집중모멘트는 휨모멘트선도의 해당 끝값 또는 불연속 변화량에서 구하고, 집중하중은 휨모멘트선도의 직선 구간 기울기 $|\Delta M/\Delta x|$에서 구한다. 마지막에는 힘은 $kN$, 모멘트는 $kN \cdot m$인지 단위를 확인한다.

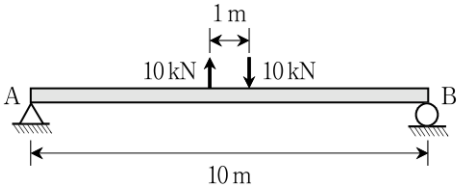
NoteBase

**암기 포인트**

B.M.D.의 높이는 모멘트, B.M.D.의 기울기는 전단력이다. 집중모멘트는 높이를 바꾸고, 집중하중은 기울기를 바꾼다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 단순보에 평행한 수직하중 10 kN이 1 m 간격으로 작용할 때, B지점의 수직반력[kN]은? (단, 보의 자중은 무시한다)




① 1(↑)　② 1(↓)
③ 10(↑)　④ 10(↓)

**정답 1번**

### 출제 포인트

크기가 같고 방향이 반대인 두 평행하중이 만드는 우력을 계산하고, 단순보의 모멘트 평형으로 B점의 수직반력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 위쪽 하중과 아래쪽 하중은 각각 $10kN$이고, 두 하중의 간격은 $1m$, 보의 지간은 $10m$이다.
구해야 할 값: B점의 수직반력 $R_B$이다.
주의할 조건: 두 하중의 합력은 0이지만 시계방향 우력은 남는다. 보의 자중은 무시한다.

### 사용할 공식

두 평행하중이 만드는 우력의 크기는
$M = Pd$
이고, A점에 대한 모멘트 평형식은
$\sum M_A = 0$
이다. 두 하중의 작용점 위치를 각각 $x$, $x+1$이라 하면, 위치 $x$와 관계없이 두 하중의 모멘트 합은
$10x - 10(x+1) = -10kN \cdot m$가 된다. 따라서 두 하중은 시계방향 우력만 만들며, B점 반력의 모멘트로 이를 상쇄해야 한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 두 하중이 만드는 우력의 크기는 $10kN \times 1m = 10kN \cdot m$이고 방향은 시계방향이다.
2. 반시계방향을 양(+)으로 두고 A점에 대한 모멘트 평형을 세우면
$-10kN \cdot m + R_B(10m) = 0$
이다.
3. 따라서
$R_B = \frac{10kN \cdot m}{10m} = 1kN$
이며, 양(+)으로 계산되었으므로 B점 반력의 방향은 위쪽이다.

**선지 판단**

① O — 계산 결과 B점의 수직반력은 위쪽 $1kN$이므로 옳다.
② X — 크기 $1kN$은 맞지만 방향을 아래쪽으로 표시한 것이 틀리다. 올바르게는 위쪽 $1kN$이다.
③ X — 방향은 위쪽이지만 반력의 크기를 $10kN$으로 본 것이 틀리다. 우력 $10kN \cdot m$를 지간 $10m$로 나누므로 올바르게는 위쪽 $1kN$이다.
④ X — 크기와 방향이 모두 틀리다. 올바르게는 위쪽 $1kN$이다.

**오답 포인트**

각 하중이 $10kN$이라는 이유로 B점 반력도 곧바로 $10kN$이라고 판단하면 안 된다. 두 하중의 합력은 0이고 $10kN \cdot m$의 우력만 남으므로, 이를 보의 지간 $10m$로 나누어 반력의 크기를 구한다. 또한 그림의 왼쪽 위 방향·오른쪽 아래 방향 하중은 시계방향 우력을 만들기 때문에 B점 반력은 반시계방향 모멘트를 만드는 위쪽이어야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

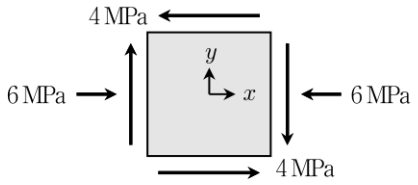
크기가 같고 방향이 반대인 평행하중은 먼저 합력 0과 우력 $Pd$로 정리한다. 그다음 한 지점에 대한 모멘트 평형을 세워 반력의 크기와 방향을 판단한다.

**암기 포인트**

같고 반대인 평행하중 한 쌍은 합력은 0, 우력은 $Pd$이다. 이 문항에서는 $R_B = M/L = 10/10 = 1kN$이고 방향은 위쪽이다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 평면응력상태의 미소 요소에서 최대주응력($f_1$)의 크기[MPa]는?




① 0 ② 1
③ 2 ④ 6

**정답 3번**

### 출제 포인트

이 문제는 평면응력상태에서 수직응력과 전단응력을 이용하여 최대주응력 $\sigma_1$을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: $x$방향 수직응력은 압축이므로 $\sigma_x = -6MPa$, $y$방향 수직응력은 없으므로 $\sigma_y = 0$, 전단응력의 크기는 $|\tau_{xy}| = 4MPa$이다.
구해야 할 값: 최대주응력 $\sigma_1$이다.
주의할 조건: 압축응력은 음수로 두며, 주응력 계산에서는 전단응력이 제곱되므로 전단응력의 부호는 결과에 영향을 주지 않는다.

### 사용할 공식

평면응력상태의 주응력은 다음과 같다.
$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$
서로 직교하는 두 면의 수직응력과 전단응력이 주어졌으므로 이 공식을 사용한다. 더하기 부호를 취한 값이 최대주응력 $\sigma_1$이다.

### 계산 과정

평균수직응력은
$\frac{-6+0}{2} = -3MPa$
이고, 모어원 반지름에 해당하는 값은
$\sqrt{\left(\frac{-6-0}{2}\right)^2 + 4^2} = \sqrt{9+16} = 5MPa$
이다. 따라서 두 주응력은
$\sigma_1 = -3+5 = 2MPa, \quad \sigma_2 = -3-5 = -8MPa$
이며, 최대주응력의 크기는 $2MPa$이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — 0은 계산 결과와 다르다. 올바르게는 최대주응력의 크기가 2*MPa*이다.
② X — 1은 계산 결과와 다르다. 올바르게는 평균수직응력 $-3MPa$에 반지름 $5MPa$를 더하여 $2MPa$가 된다.
③ O — 주응력 공식으로 구한 최대주응력이 2*MPa*이므로 맞다.
④ X — 6은 주어진 압축 수직응력의 크기일 뿐 최대주응력이 아니다. 올바르게는 전단응력까지 함께 반영한 최대주응력이 2*MPa*이다.

### 오답 포인트

그림의 6*MPa*를 양의 인장응력으로 넣거나, ④의 6을 그대로 최대주응력으로 고르는 것이 함정이다. 화살표가 요소 안쪽을 향하므로 $\sigma_x$는 압축응력 $-6MPa$이며, 전단응력 $4MPa$도 주응력 계산에 포함해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

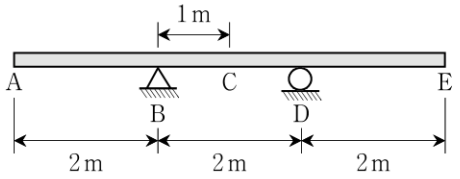
먼저 화살표 방향으로 인장과 압축의 부호를 정하고, 두 수직응력의 평균을 구한 뒤, $\sqrt{((\sigma_x-\sigma_y)/2)^2+\tau_{xy}^2}$를 더하여 최대주응력을 판단한다.

### 암기 포인트

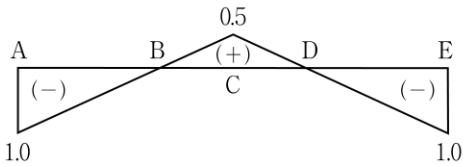
최대주응력은 '평균수직응력 + 모어원 반지름'이다. 즉 $\sigma_1=\sigma_{avg}+R$이다.

NoteBase

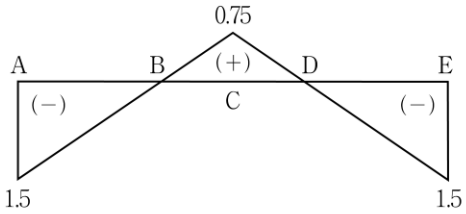
문 16. 그림과 같은 내민 보에서 B지점에서 거리 1 m에 위치하는 C점에 대한 휨모멘트의 영향선은?



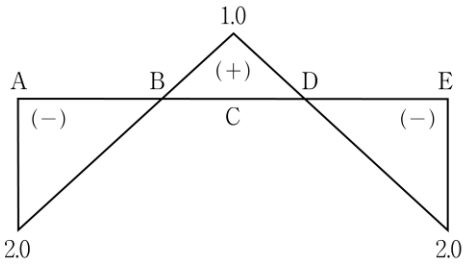

①



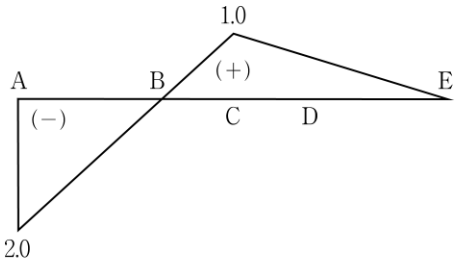

②




③




④




**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 이동하는 단위하중의 위치에 따라 C점 휨모멘트를 계산하여 영향선의 주요 절점값과 부호를 결정하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

보의 좌표를 A에서부터 재면 $A=0m, B=2m, C=3m, D=4m, E=6m$이다.
B와 D가 지점이고, C는 두 지점의 중앙에 있다.
단위하중의 위치를 $\xi$라 하고 각 위치에서 C점 휨모멘트 $M_C$를 구한다. 정정구조의 영향선은 하중 위치 사이에서 직선으로 이어진다.

### 사용할 공식

단위하중에 대한 지점반력은 평형조건으로부터
$R_B + R_D = 1, \qquad 2R_D - (\xi - 2) = 0$
이므로
$R_D = \frac{\xi - 2}{2}, \qquad R_B = \frac{4 - \xi}{2}$
이다. C의 왼쪽에 단위하중이 있을 때와 오른쪽에 있을 때 C점 단면의 왼쪽 부분에 모멘트 평형을 적용한다.

### 계산 과정

단위하중이 C의 왼쪽에 있는 $0 \le \xi \le 3$에서는
$M_C = R_B(1) - (3 - \xi) = \frac{\xi - 2}{2}$
이다. 따라서 A, B, C에서의 영향선 종거는 각각 $-1m$, 0, $+0.5m$이다.
단위하중이 C의 오른쪽에 있는 $3 \le \xi \le 6$에서는
$M_C = R_B(1) = \frac{4 - \xi}{2}$
이다. 따라서 C, D, E에서의 영향선 종거는 각각 $+0.5m$, 0, $-1m$이다.
결국 주요 종거는 $A=-1m, B=0, C=+0.5m, D=0, E=-1m$이고, 이 점들을 직선으로 연결한다.

### 선지 판단

① O — A와 E에서 $-1.0$, B와 D에서 0, C에서 $+0.5$인 대칭 직선이므로 계산 결과와 일치한다.
② X — A와 E의 $-1.5$, C의 $+0.75$는 반력과 C점 모멘트를 실제 거리로 계산한 값이 아니다. 올바르게는 A와 E가 $-1.0$, C가 $+0.5$이고 B와 D가 0이다.
③ X — A와 E의 $-2.0$, C의 $+1.0$은 올바른 종거의 2배이다. 올바르게는 A와 E가 $-1.0$, C가 $+0.5$이다.
④ X — C에서 $+1.0$, A에서 $-2.0$으로 표시되고 D에서 0이 되지 않는 비대칭 형상은 계산 결과와 다르다. 올바르게는 B와 D에서 0, C에서 $+0.5$, A와 E에서 $-1.0$인 대칭 형상이다.

### 오답 포인트

C가 B와 D의 중앙이라는 이유만으로 영향선의 최고 종거를 1로 두면 ③을 고르게 된다. C에서 단위하중을 재하했을 때 $R_B = R_D = 0.5$이고 B에서 C까지의 거리가 $1m$이므로 $M_C = 0.5 \times 1 = 0.5$이다. 또한 지점 B와 D에 단위하중이 놓이면 C점 휨모멘트가 0이 되지만, 내민 끝 A와 E에서는 음의 값이 생긴다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

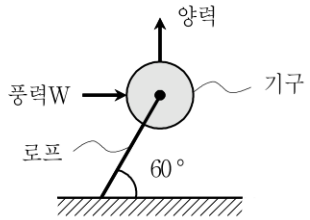
정정 내민보의 휨모멘트 영향선은 단위하중을 주요점에 차례로 놓고 지점반력을 구한 뒤, 해당 단면의 한쪽에서 모멘트를 계산한다. 지점 위치의 영점, 단면 위치의 양의 종거, 내민 끝의 음의 종거를 확인하고 각 점을 직선으로 연결한다.

**암기 포인트**

C점 휨모멘트 영향선의 주요 종거는 A·B·C·D·E 순서로 $-1,\ 0,\ +0.5,\ 0,\ -1$이다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 로프에 매달린 기구가 풍력을 받아 60° 기울어진 상태에서 로프에 허용되는, 기구에 작용하는 최대 풍력 W의 크기[kN]는? (단, 로프의 단면적이 400 $mm^2$이고 허용인장응력은 10 MPa이며, 자중은 무시한다)




① 1 ② 2
③ 3 ④ 4

**정답 2번**

### 출제 포인트

허용인장응력으로 로프의 허용장력을 구한 뒤, 로프 장력의 수평성분과 풍력의 평형을 이용해 최대 풍력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

로프 단면적: $A = 400mm^2$
허용인장응력: $\sigma_a = 10MPa = 10N/mm^2$
로프와 수평면의 각도: $60^\circ$
구해야 할 값: 기구에 작용하는 최대 풍력 $W$
주의할 조건: 기구의 자중은 무시하며, 풍력은 로프 장력의 수평성분과 평형을 이룬다.

### 사용할 공식

로프의 허용장력은
$T_{allow} = \sigma_a A$
이고, 수평방향 힘의 평형은
$W = T_{allow}\cos 60^\circ$
이다. 허용인장응력에 단면적을 곱하면 로프가 견딜 수 있는 최대 축력이 나오며, 풍력은 그 장력의 수평성분과 같기 때문에 이 공식을 사용한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 로프의 허용장력을 구한다.

$T_{allow} = (10N/mm^2)(400mm^2) = 4000N = 4kN$

2. 허용장력의 수평성분을 구한다.

$W_{max} = 4kN \times \cos 60^\circ = 4kN \times 0.5 = 2kN$

따라서 허용되는 최대 풍력은 $2kN$이다.

**선지 판단**

① X — $1kN$은 허용 범위 안의 풍력이지만 최대값은 아니다. 올바르게는 최대 풍력이 $2kN$이다.

② O — 허용장력 $4kN$의 수평성분은 $4\cos 60^\circ = 2kN$이므로 계산 결과와 일치한다.

③ X — $3kN$은 최대 풍력 $2kN$을 초과한다. 올바르게는 $2kN$이다.

④ X — $4kN$은 로프의 허용장력 자체를 풍력으로 잘못 본 값이다. 올바르게는 허용장력의 수평성분인 $2kN$이다.

**오답 포인트**

허용인장응력과 단면적을 곱해 얻은 $4kN$은 로프 방향의 허용장력이지 수평 풍력이 아니다. 로프가 수평면과 $60^\circ$를 이루므로 풍력에는 $\cos 60^\circ$를 곱한 수평성분을 사용한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

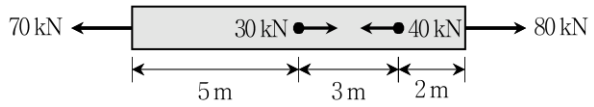
먼저 $T_{allow} = \sigma_a A$로 허용장력을 구하고, 힘의 방향을 기준으로 성분을 분해한 다음, 평형방정식과 단위를 검산한다.

**암기 포인트**

허용응력 × 단면적 = 허용장력, 풍력 = 로프 장력의 수평성분이다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 축하중만을 받는 강봉에서 축력에 의해 발생되는 총신장량[mm]는? (단, 강봉의 단면적 $A = 500\,mm^2$이며, 탄성계수 $E = 2 \times 10^5\,MPa$이고, 자중은 무시한다)




① 1.1 ② 3.5
③ 6.3 ④ 8.2

**정답 3번**

### 출제 포인트

축력이 구간마다 달라지는 강봉에서 각 구간의 축력과 신장량을 구한 뒤 모두 합산하는 문제이다.

### 조건 정리

단면적은 $A = 500mm^2$, 탄성계수는 $E = 2 \times 10^5 MPa = 2 \times 10^5 N/mm^2$이다.
왼쪽부터 구간 길이는 각각 5m = 5000mm, 3m = 3000mm, 2m = 2000mm이다.
전체 하중은 $-70 + 30 - 40 + 80 = 0$이므로 평형을 이룬다. 각 구간의 축력은 왼쪽 부분의 평형으로부터 차례로 70kN, 40kN, 80kN이며 모두 인장력이다.

### 사용할 공식

축력 $N$이 일정한 구간의 신장량은 $\delta = NL/(AE)$이다. 이 강봉은 집중하중이 작용하는 지점에서 축력이 달라지므로 구간별 신장량을 계산하여 $\delta_{total} = \sum NL/(AE)$로 합산한다.

### 계산 과정

각 구간의 축력을 길이와 곱하여 합산하면 다음과 같다.

$$\delta_{total} = \frac{(70 \times 10^3)(5000) + (40 \times 10^3)(3000) + (80 \times 10^3)(2000)}{500(2 \times 10^5)}$$

$$= \frac{630 \times 10^6}{100 \times 10^6} = 6.3mm$$

따라서 강봉의 총신장량은 6.3mm이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — 1.1mm는 구간별 축력과 길이를 모두 반영한 합계가 아니다. 올바른 총신장량은 6.3mm이다.
② X — 3.5mm는 첫 번째 5m 구간만 계산한 값 $70 \times 10^3 \times 5000/[500(2 \times 10^5)]$이다. 나머지 두 구간까지 합한 값은 6.3mm이다.
③ O — 세 구간의 신장량을 모두 더하면 6.3mm이므로 옳다.
④ X — 8.2mm는 평형으로 구한 구간별 축력 70, 40, 80kN을 적용한 결과와 일치하지 않는다. 올바른 총신장량은 6.3mm이다.

### 오답 포인트

봉 전체에 하나의 축력을 적용하거나 첫 구간의 신장량 3.5mm만 구하면 틀린다. 집중하중을 지날 때마다 축력이 바뀌며, kN은 N으로, m는 mm로 변환해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

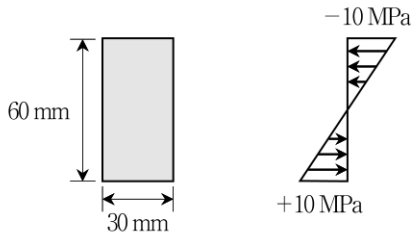
집중하중 작용점을 기준으로 봉을 나누고, 각 구간에서 절단면 한쪽의 힘을 합하여 축력의 크기와 인장·압축 여부를 정한다. 그다음 각 구간에 $NL/(AE)$를 적용하고 부호를 포함해 합산한다.

### 암기 포인트

축력이 바뀌는 봉의 총변형은 구간별 변형의 합, 즉 $\delta = \sum NL/(AE)$이다.

NoteBase

문 19. 그림 (가)와 같은 직사각형 단면의 보가 휨모멘트를 받고 있다. 단면에 발생되는 응력분포가 그림 (나)와 같을 때 단면에 작용한 휨모멘트의 크기[N · m]는?




① 180 ② 200
③ 220 ④ 240

**정답 1번**

### 출제 포인트

직사각형 단면에 선형으로 분포하는 휨응력으로부터 휨모멘트의 크기를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

단면의 폭은 $b = 30mm$, 높이는 $h = 60mm$이다.
최외단 응력의 크기는 $\sigma_{max} = 10MPa = 10N/mm^2$이고, 중립축에서 최외단까지의 거리는 $c = h/2 = 30mm$이다.
위쪽은 압축, 아래쪽은 인장이며 응력분포가 단면 중앙에서 0이 되므로 휨모멘트의 크기는 최외단 응력의 절댓값으로 계산한다.

### 사용할 공식

직사각형 단면의 도심축에 대한 단면2차모멘트는
$I = \frac{bh^3}{12}$
이고, 휨공식은
$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$
이므로
$M = \frac{\sigma_{max} I}{c}$
이다. 응력이 중립축에서 0이고 최외단까지 선형으로 변하므로 휨공식을 적용한다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 단면2차모멘트를 계산한다.

$I = \frac{30 \times 60^3}{12} = 540{,}000mm^4$

2. 휨모멘트를 계산한다.

$M = \frac{10 \times 540{,}000}{30} = 180{,}000N \cdot mm$

3. 단위를 변환한다.

$180{,}000N \cdot mm = 180N \cdot m$

따라서 휨모멘트의 크기는 $180N \cdot m$이다.

### 선지 판단

① O — 계산 결과가 $180N \cdot m$이므로 옳다.

② X — $200N \cdot m$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 $180N \cdot m$이다.

③ X — $220N \cdot m$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 $180N \cdot m$이다.

④ X — $240N \cdot m$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 $180N \cdot m$이다.

### 오답 포인트

단면2차모멘트에서 세제곱되는 치수는 응력이 변하는 방향의 높이 $60mm$이다. 또한 계산된 $180{,}000N \cdot mm$를 $N \cdot m$로 바꿀 때 1,000으로 나누어야 한다. 인장과 압축의 부호는 모멘트의 방향을 나타내지만, 문제는 크기를 묻고 있으므로 최종값은 양의 크기로 표시한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

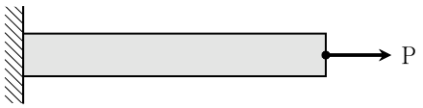
선형 휨응력분포가 주어지면 응력이 변하는 방향을 높이로 정하여 $I = bh^3/12$를 계산하고, $M = \sigma_{max} I/c$에 대입한 뒤 요구 단위로 변환한다.

### 암기 포인트

직사각형 단면의 휨은 $I = bh^3/12$, $c = h/2$, $M = \sigma_{max} I/c$로 연결한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 축방향 인장력 P를 받는 봉의 허용인장응력 $f_{allow} = 120\,\text{MPa}$, 허용전단응력 $\tau_{allow} = 40\,\text{MPa}$일 때, 단면의 축방향 수직응력과 45° 기울어진 면의 전단응력을 고려하여, 봉에 허용되는 최대 축방향 인장력 P의 크기[kN]는? (단, 막대의 단면적은 $100\,\text{mm}^2$이고, 자중은 무시한다)




① 4 ② 8
③ 10 ④ 12

**정답 2번**

### 출제 포인트

단축 인장 상태에서 축방향 수직응력과 축에 대해 45°인 면의 전단응력을 각각 검토한 뒤, 두 허용하중 중 작은 값을 최대 허용 인장력으로 정하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 허용인장응력 $f_{allow} = 120MPa$, 허용전단응력 $\tau_{allow} = 40MPa$, 단면적 $A = 100mm^2$이다.
구해야 할 값: 두 허용응력 조건을 모두 만족하는 최대 축방향 인장력 $P$이다.
주의할 조건: $1MPa = 1N/mm^2$이며, 단축응력 상태에서 45° 면에는 최대전단응력 $\tau_{max} = \sigma/2$가 작용한다.

### 사용할 공식

축방향 수직응력은 $\sigma = P/A$이다. 축과 45°를 이루는 면의 전단응력은 응력변환식 $\tau = (\sigma/2)\sin 2\theta$에서 $\theta = 45^\circ$이므로 $\tau_{45} = \sigma/2 = P/(2A)$이다.
봉은 단축 인장 상태이고 문제에서 축방향 수직응력과 45° 면의 전단응력을 모두 제한하므로 두 식으로 각각 허용하중을 구한다.

### 계산 과정

1. 인장응력 조건은 $P/A \le 120MPa$이므로
$P \le 120N/mm^2 \times 100mm^2 = 12{,}000N = 12kN$
이다.
2. 45° 면의 전단응력 조건은 $P/(2A) \le 40MPa$이므로
$P \le 2 \times 40N/mm^2 \times 100mm^2 = 8{,}000N = 8kN$
이다.
3. 두 조건을 동시에 만족해야 하므로 $P_{allow} = \min(12, 8) = 8kN$이다.

NoteBase

**선지 판단**

① X — $P = 4kN$이면 $\sigma = 40MPa$, $\tau_{45} = 20MPa$로 허용범위이지만 최대값은 아니다. 올바르게는 최대 허용 인장력이 $8kN$이다.
② O — $P = 8kN$이면 $\sigma = 80MPa < 120MPa$, $\tau_{45} = 40MPa$이므로 두 조건을 만족하면서 전단응력 한계에 도달한다.
③ X — $P = 10kN$이면 $\sigma = 100MPa$는 허용되지만 $\tau_{45} = 50MPa > 40MPa$이므로 허용되지 않는다. 올바르게는 전단 조건에 따라 $P \le 8kN$이어야 한다.
④ X — $P = 12kN$이면 축방향 수직응력은 $120MPa$이지만, 45° 면의 전단응력이 $60MPa > 40MPa$이므로 허용되지 않는다. 올바르게는 인장응력 조건의 한계 $12kN$이 아니라 두 조건 중 작은 $8kN$을 택한다.

**오답 포인트**

④의 $12kN$은 $P = f_{allow}A$만 적용한 값이다. 45° 면의 전단응력 조건을 빠뜨리면 이 값을 고르게 된다. 또한 $40MPa$를 곧바로 축응력으로 사용하면 $4kN$이 나오지만, 45° 면에서는 $\tau_{45} = \sigma/2$이므로 허용 축응력은 $80MPa$이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

복수의 허용응력이 주어지면 각 조건별 허용하중을 따로 계산하고 그중 가장 작은 값을 택한다. 단축응력 상태의 45° 면에서는 $\tau_{max} = \sigma/2$를 적용한 뒤 단위를 검산한다.

**암기 포인트**

단축 인장·압축에서 45° 면의 최대전단응력은 축응력의 절반이며, 최종 허용하중은 각 제한조건이 주는 값 중 최솟값이다.

NoteBase