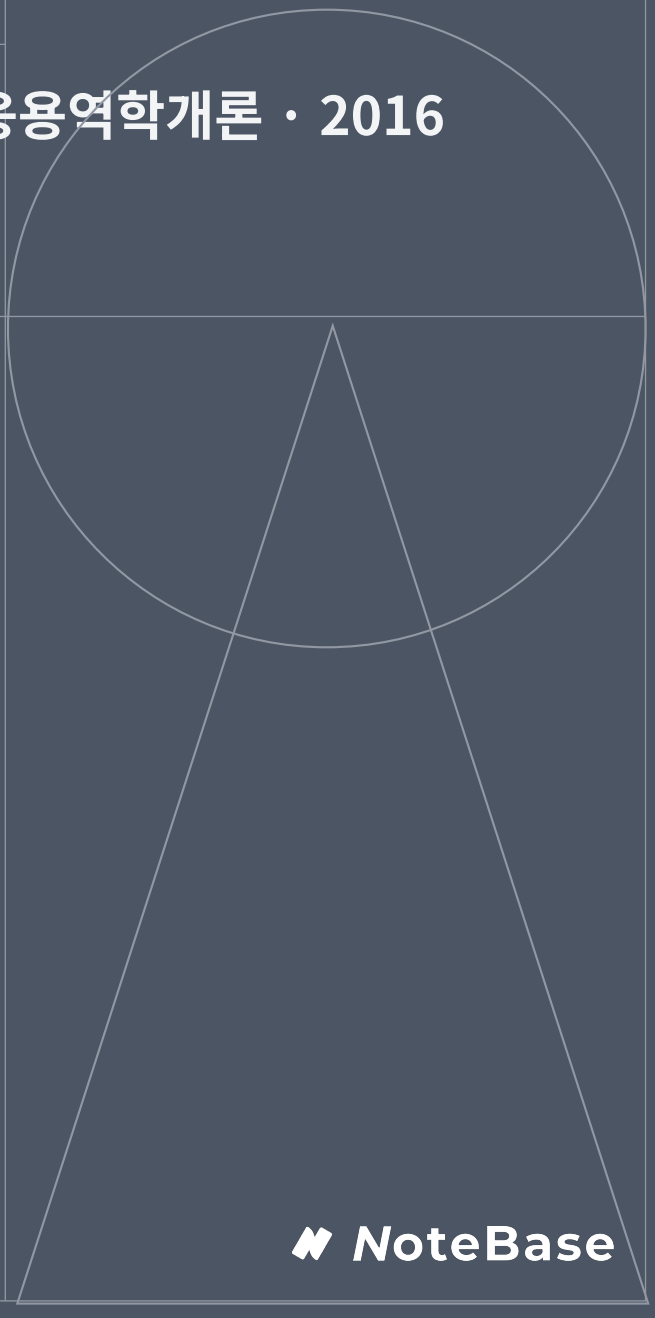
# 기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2016



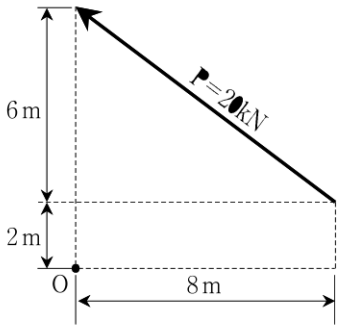
NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2016

**공무원/지방직/9급 경력 · 응용역학개론 · 2016**

문 1. 그림과 같이 힘 P가 작용할 때, O점에 대한 모멘트[kN · m]는?
(단, 시계방향(+), 반시계방향(−)으로 한다)




① 32
② −32
③ 128
④ −128

**정답 4번**

### 출제 포인트

이 문제는 경사력의 수평·수직 성분을 구한 뒤, O점에 대한 각 성분의 모멘트를 합성하고 문제에서 정한 회전 방향의 부호를 적용하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 힘의 크기는 $P = 20kN$이고, 힘의 작용점은 O점에서 오른쪽으로 $8m$, 위쪽으로 $2m$ 떨어져 있다.
힘의 방향: 작용점에서 왼쪽으로 $8m$, 위쪽으로 $6m$인 방향이다. 이 방향의 삼각형은 6 : 8 : 10이다.
구해야 할 값: O점에 대한 힘의 모멘트이다.
주의할 조건: 시계방향은 양(+)이고 반시계방향은 음(-)이다.

NoteBase

### 사용할 공식

힘의 성분은

$F_x = 20\left(-\frac{8}{10}\right) = -16kN, \qquad F_y = 20\left(\frac{6}{10}\right) = 12kN$

이다. 통상적인 반시계방향 양(+) 기준의 평면 모멘트는

$M_O^{(\mathrm{CCW}+)} = xF_y - yF_x$

이다. 이 공식을 쓰는 이유는 힘의 작용점 위치벡터와 힘의 외적이 O점에 대한 모멘트를 나타내기 때문이다. 이 문제는 시계방향을 양(+)으로 정했으므로 계산한 통상 부호를 마지막에 반대로 바꾼다.

### 계산 과정

1. 작용점의 위치는 $x = 8m, y = 2m$이다.
2. 통상적인 반시계방향 양(+) 기준으로 계산하면

$M_O^{(\mathrm{CCW}+)} = (8m)(12kN) - (2m)(-16kN) = 96 + 32 = 128kN \cdot m$

이다.

3. 계산 결과는 반시계방향 모멘트이다. 문제에서는 반시계방향을 음(-)으로 정했으므로

$M_O = -128kN \cdot m$

이다.

### 선지 판단

① X — $32kN \cdot m$는 수평 성분이 만드는 모멘트의 크기만 취한 데다 문제의 부호까지 잘못 적용한 값이다. 수직 성분의 모멘트도 합산해야 하며, 올바른 전체 값은 $-128kN \cdot m$이다.

② X — $-32kN \cdot m$는 수평 성분 $-16kN$이 만드는 모멘트만 반영하고 수직 성분이 만드는 $-96kN \cdot m$를 누락한 값이다. 올바르게는 두 값을 합한 $-128kN \cdot m$이다.

③ X — $128kN \cdot m$는 모멘트의 크기는 맞지만 부호가 반대이다. 힘은 O점에 대해 반시계방향 회전을 일으키므로 문제의 부호 규약에 따르면 $-128kN \cdot m$이다.

④ O — 수평 성분과 수직 성분의 모멘트를 모두 합하면 크기는 $128kN \cdot m$이고, 반시계방향이므로 문제의 부호 규약에 따라 $-128kN \cdot m$이다.

### 오답 포인트

힘의 작용선에 표시된 $6m$와 $8m$를 이용해 성분을 구할 때 방향 부호를 빠뜨리기 쉽다. 또한 $128kN \cdot m$를 얻은 뒤 통상적인 반시계방향 양(+) 규약을 그대로 적용하면 ③을 고르게 된다. 이 문제는 시계방향 양(+), 반시계방향 음(-)이라는 별도 조건을 마지막에 반드시 반영해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

경사력의 모멘트는 먼저 방향 삼각형으로 힘을 수평·수직 성분으로 분해하고, $xF_y - yF_x$로 모멘트의 크기와 통상 방향을 구한 뒤, 문제에서 제시한 부호 규약과 일치시키는 순서로 판단한다.

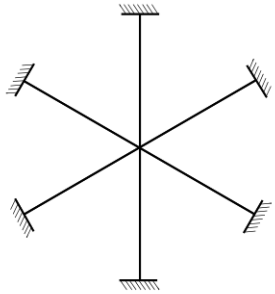
NoteBase

**암기 포인트**

평면 모멘트의 기본형은 $M_O = xF_y - yF_x$이다. 부호 규약이 통상 기준과 반대이면 최종 부호도 반대로 바뀐다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 구조물의 부정정 차수는?



① 15차 ② 16차
③ 17차 ④ 19차

**정답 1번**

### 출제 포인트

평면 강절골조에서 부재 수, 절점 수, 반력 성분 수를 정확히 세어 부정정 차수를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

중앙 교차부는 하나의 강접점이다.
중앙 강접점에서 각 고정단까지를 각각 한 부재로 세므로 부재 수는 $m = 6$이다.
중앙 절점 1개와 외곽 고정단 절점 6개를 합하면 절점 수는 $j = 7$이다.
평면 고정단 하나에는 수평반력, 수직반력, 모멘트반력의 3개 반력 성분이 있으므로 전체 반력 성분 수는 $r = 6 \times 3 = 18$이다.
구조물 내부에 별도의 힌지는 없다.

### 사용할 공식

내부 힌지가 없는 평면 강절골조의 부정정 차수는 다음과 같다.
$D_s = 3m + r - 3j$
각 부재는 축력, 전단력, 휨모멘트의 3개 부재력 성분을 가지며, 각 절점에서는 평면 평형방정식 3개를 적용할 수 있으므로 이 식을 사용한다.

### 계산 과정

$D_s = 3(6) + 18 - 3(7) = 18 + 18 - 21 = 15$
따라서 그림과 같은 구조물의 부정정 차수는 15차이다.

NoteBase

**선지 판단**

① O — 계산 결과가 15이므로 15차가 맞다.
② X — 16차는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $3 \times 6 + 18 - 3 \times 7 = 15$이므로 15차이다.
③ X — 17차는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 중앙 교차부를 하나의 절점으로 세어 $j = 7$을 적용하므로 15차이다.
④ X — 19차는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 6개의 고정단에서 반력 성분을 각각 3개씩 세어 $r = 18$을 적용하므로 15차이다.

**오답 포인트**

세 직선이 중앙에서 교차한다는 이유로 직선 전체를 각각 한 부재로 세면 안 된다. 중앙 절점이 각 직선을 나누므로 부재는 총 6개이다. 또한 고정단은 반력 성분이 3개이고, 중앙 교차부는 여러 개가 아니라 하나의 절점이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

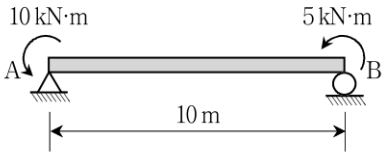
평면 강절골조에서는 먼저 절점 사이의 구간을 부재로 세고, 모든 절점을 센 뒤, 지점별 반력 성분을 합하여 $D_s = 3m + r - 3j$에 대입한다. 내부 힌지가 표시되어 있다면 그에 따른 감소 항도 별도로 반영한다.

**암기 포인트**

평면 강절골조는 '부재당 3개, 절점당 평형식 3개, 고정단 반력 3개'로 센다.

NoteBase

문 3. 그림과 같은 단순보에서 지점 A의 수직 반력[kN]은? (단, 자중은 무시한다)




① 1.5 ② 1.8
③ 2.0 ④ 2.3

**정답 1번**

### 출제 포인트

이 문제는 우력모멘트가 작용하는 단순보에 평형조건을 적용하여 지점 $A$의 수직 반력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 반시계방향 우력모멘트 $10kN \cdot m$와 $5kN \cdot m$, 지간 $10m$이다.
구해야 할 값: 지점 $A$의 수직 반력 $R_A$이다.
주의할 조건: 우력모멘트는 작용점과 관계없이 그대로 모멘트 평형식에 넣으며, 자중은 무시한다. 위쪽 힘과 반시계방향 모멘트를 양(+)으로 둔다.

### 사용할 공식

연직방향 힘의 평형식은 $\sum F_y = 0$, 지점 $A$에 대한 모멘트 평형식은 $\sum M_A = 0$이다. 외력이 우력모멘트와 지점 반력뿐이므로 이 두 평형식으로 두 수직 반력을 결정할 수 있다.

### 계산 과정

1. 지점 $A$에 대한 모멘트 평형을 적용한다.
$10 + 5 + 10R_B = 0$
따라서 $R_B = -1.5kN$이다. 음수이므로 실제 $B$점 반력은 아래쪽이다.
2. 연직방향 힘의 평형을 적용한다.
$R_A + R_B = 0$
$R_A = -R_B = 1.5kN$
따라서 지점 $A$의 수직 반력은 위쪽으로 $1.5kN$이다.

NoteBase

### 선지 판단

① O — 계산 결과 지점 $A$의 수직 반력은 $1.5kN$이므로 옳다.
② X — $1.8kN$은 평형식으로 구한 값과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $1.5kN$이다.
③ X — $2.0kN$은 두 우력모멘트의 합 $15kN \cdot m$을 지간 $10m$로 나눈 값이 아니다. 올바른 값은 $1.5kN$이다.
④ X — $2.3kN$은 모멘트 평형을 만족하지 않는다. 올바른 값은 $1.5kN$이다.

### 오답 포인트

두 우력모멘트의 회전 방향을 반대로 읽거나 우력모멘트에 다시 거리 값을 곱하면 오답이 된다. 그림의 두 모멘트는 모두 반시계방향이므로 합은 $15kN \cdot m$이고, 이를 지간 $10m$가 만드는 반력의 모멘트와 평형시킨다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

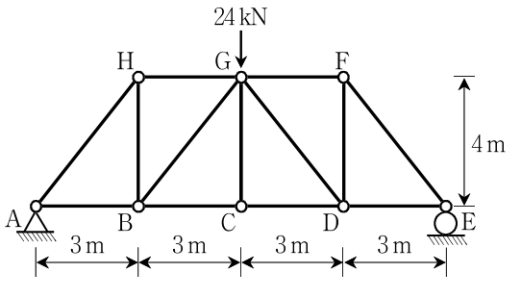
먼저 각 우력모멘트의 방향을 부호로 정리하고, 한 지점에 대한 모멘트 평형으로 반대쪽 반력을 구한 뒤, 연직방향 힘의 평형으로 나머지 반력을 구한다. 마지막에는 반력과 지간의 곱이 전체 우력모멘트와 같은지 검산한다.

### 암기 포인트

외력이 우력모멘트뿐인 단순보에서는 두 지점 반력의 크기가 같고 방향은 반대이며, R=전체 우력모멘트지간이다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 트러스 구조에서 GF 부재의 부재력[kN]은?




① −7
② −8
③ −9
④ −10

**정답 3번**

### 출제 포인트

대칭 트러스의 지점반력을 구한 뒤 절점법의 수평·수직 평형조건을 이용하여 부재 (GF)의 축력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

전체 경간은 $12m$이고 중앙 절점 $G$에 $24kN$의 하중이 수직으로 작용한다. 구조와 하중이 좌우 대칭이므로 지점의 수직반력은 $A_y = E_y = 12kN$이다. 대각부재 $EF$는 가로 $3m$, 세로 $4m$인 3-4-5 삼각형을 이루므로 수평·수직 방향성분 비는 각각 3/5, 4/5이다. 부재력은 인장을 양수, 압축을 음수로 정한다.

### 사용할 공식

각 절점은 평형상태이므로 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$을 만족한다. 미지 부재력이 적은 끝 절점 $E$에서 시작하면 $EF$의 부재력을 먼저 구할 수 있고, 이어서 절점 $F$에서 $GF$를 구할 수 있다.

### 계산 과정

1. 전체 트러스의 대칭성과 수직력 평형에서 $A_y = E_y = 24/2 = 12kN$이다.
2. 절점 $E$의 수직방향 평형은 $12 + \frac{4}{5}N_{EF} = 0$이므로 $N_{EF} = -15kN$이다. 음수이므로 $EF$는 압축부재이다.
3. 절점 $F$에서 압축력 $N_{EF} = -15kN$의 수평성분은 왼쪽으로 $9kN$이다. 수평방향 평형은 $-N_{GF} + \frac{3}{5}N_{EF} = 0$이므로 $N_{GF} = -9kN$이다. 따라서 $GF$는 $9kN$의 압축부재이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — $-7kN$은 절점 $F$의 수평방향 평형에서 얻는 값이 아니다. 올바르게는 $N_{GF} = -9kN$이다.
② X — $-8kN$은 $EF$의 3-4-5 방향성분을 적용한 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 $N_{GF} = -9kN$이다.
③ O — 절점 $E$에서 $N_{EF} = -15kN$을 구한 뒤 절점 $F$의 수평방향 평형을 적용하면 $N_{GF} = -9kN$이다.
④ X — $-10kN$은 대각부재 $EF$의 수평성분 $15 \times 3/5 = 9kN$과 일치하지 않는다. 올바르게는 $N_{GF} = -9kN$이다.

### 오답 포인트

대각부재의 전체 힘 $15kN$을 그대로 $GF$의 힘으로 보거나, 3-4-5 삼각형에서 수평성분 3/5과 수직성분 4/5을 바꾸어 적용하면 오답이 된다. 또한 음의 부호는 힘의 크기가 아니라 압축을 뜻한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

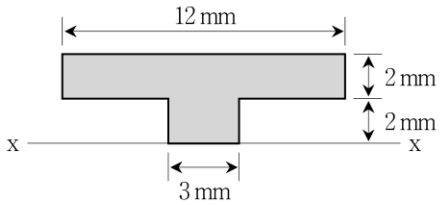
먼저 전체 구조의 평형으로 지점반력을 구하고, 미지 부재력이 두 개 이하인 끝 절점부터 절점법을 적용한다. 경사부재는 기하비로 수평·수직 성분을 나누며, 마지막에 부호로 인장과 압축을 판정한다.

### 암기 포인트

절점법은 '전체 반력 → 미지수가 적은 절점 → 경사부재 성분 분해 → 부호로 인장·압축 판정'의 순서이다. 이 문항에서 $GF = -9kN$이므로 $9kN$ 압축이다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 단면에 대해 x−x 축에 대한 단면2차모멘트[$mm^4$]는?




① 224
② 232
③ 256
④ 316

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 단면을 겹치지 않는 두 직사각형으로 나누고 평행축정리를 이용하여 $x-x$축에 대한 단면2차모멘트를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 상부 플랜지는 폭 $12mm$, 높이 $2mm$이고, 세로부재는 폭 $3mm$, 높이 $2mm$이다.
구해야 할 값: 세로부재 하단의 $x-x$축에 대한 단면2차모멘트 $I_x$이다.
주의할 조건: 상부 플랜지의 도심은 $x-x$축에서 $3mm$, 세로부재의 도심은 $1mm$ 떨어져 있다.

### 사용할 공식

직사각형의 도심축 단면2차모멘트와 평행축정리는 각각
$I_c = \frac{bh^3}{12}$, $I_x = I_c + Ad^2$
이다. 여기서 $A$는 직사각형의 면적, $d$는 해당 도심축과 $x-x$축 사이의 거리이다. 주어진 $x-x$축이 각 직사각형의 도심축과 일치하지 않으므로 평행축정리를 사용한다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 상부 플랜지의 단면2차모멘트는
$I_{x1} = \frac{12 \times 2^3}{12} + (12 \times 2) \times 3^2 = 8 + 216 = 224mm^4$
이다.
2. 세로부재의 단면2차모멘트는
$I_{x2} = \frac{3 \times 2^3}{12} + (3 \times 2) \times 1^2 = 2 + 6 = 8mm^4$
이다.
3. 전체 단면의 단면2차모멘트는
$I_x = I_{x1} + I_{x2} = 224 + 8 = 232mm^4$
이다.

### 선지 판단

① X — $224mm^4$는 상부 플랜지의 기여분만 계산한 값으로 세로부재의 $8mm^4$가 빠져 있다. 올바른 전체 값은 $232mm^4$이다.
② O — 두 직사각형의 기여분을 합하면 $224 + 8 = 232mm^4$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — $256mm^4$는 두 직사각형의 단면2차모멘트 합 $232mm^4$와 일치하지 않는다. 올바른 값은 $232mm^4$이다.
④ X — $316mm^4$는 평행축정리로 계산한 전체 값 $232mm^4$와 일치하지 않는다. 올바른 값은 $232mm^4$이다.
계산 결과가 $232mm^4$이므로 정답은 2번이다.

### 오답 포인트

①의 $224mm^4$는 상부 플랜지만 계산하고 아래 세로부재를 누락할 때 나오는 값이다. 또한 각 직사각형의 도심축과 주어진 $x-x$축이 다르므로 도심축 공식 $bh^3/12$만 적용해서는 안 되고 반드시 $Ad^2$을 더해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

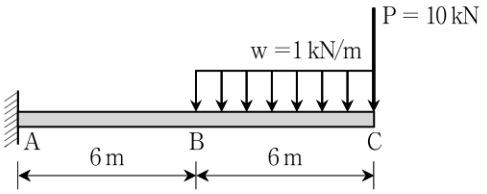
복합단면의 단면2차모멘트는 단면을 겹치지 않는 기본 도형으로 분할하고, 각 도형에 대해 $I_c + Ad^2$을 계산한 뒤 모두 합하는 순서로 판단한다. 마지막에는 기준축의 위치와 단위 $mm^4$를 확인한다.

### 암기 포인트

도심축이 아닌 축에 대해서는 $I = I_c + Ad^2$이며, 복합단면의 전체 $I$는 각 부분의 $I$를 합한 값이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 캔틸레버 보에서 C점에 집중하중 P와 BC구간에 등분포하중 w가 작용할 때, 고정단 A에서의 모멘트 반력[kN · m]은? (단, 자중은 무시한다)




① −26
② −54
③ −120
④ −174

**정답 4번**

### 출제 포인트

집중하중과 등분포하중이 함께 작용하는 캔틸레버 보에서 등분포하중을 등가 집중하중으로 치환하여 고정단 모멘트를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: $AB = 6m$, $BC = 6m$, $P = 10kN$, $w = 1kN/m$이다.
구해야 할 값: 고정단 A의 모멘트 반력이다.
주의할 조건: $BC$ 구간의 등분포하중은 크기 $wL = 6kN$인 등가 집중하중으로 바뀌며, 그 작용점은 $BC$의 중앙이므로 A에서 $6 + 3 = 9m$ 떨어져 있다. 이 문항의 선지 부호 규약에서는 하향하중에 의한 고정단 휨모멘트를 음수로 나타낸다.

### 사용할 공식

등분포하중의 합력과 작용점은 각각 $W = wL$, 구간의 중앙이다. 따라서 고정단 모멘트는
M_A=-≤ft(P· 12+W· 9
ight)
로 계산한다. 집중하중과 등가 집중하중이 A에 만드는 모멘트를 모두 합해야 하기 때문에 이 공식을 사용한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. $BC$의 등분포하중을 등가 집중하중으로 바꾸면 $W = wL = (1kN/m)(6m) = 6kN$이다.
2. 이 합력은 A에서 $9m$ 떨어진 곳에 작용하므로 그 모멘트는 $-(6kN)(9m) = -54kN \cdot m$이다.
3. C점 집중하중의 모멘트는 $-(10kN)(12m) = -120kN \cdot m$이다.
4. 두 모멘트를 합하면

$M_A = -54 - 120 = -174kN \cdot m$

이다.

**선지 판단**

① X — $-26kN \cdot m$는 두 하중의 크기와 A까지의 실제 모멘트팔을 적용한 합계가 아니다. 올바르게는 $-174kN \cdot m$이다.

② X — $-54kN \cdot m$는 $BC$의 등분포하중만 반영한 모멘트로, C점의 $10kN$ 집중하중을 누락한 값이다. 올바르게는 집중하중 모멘트 $-120kN \cdot m$도 더하여 $-174kN \cdot m$이다.

③ X — $-120kN \cdot m$는 C점 집중하중만 반영한 모멘트로, $BC$의 등분포하중을 누락한 값이다. 올바르게는 등분포하중 모멘트 $-54kN \cdot m$도 더하여 $-174kN \cdot m$이다.

④ O — 집중하중과 등분포하중의 모멘트를 모두 합한 값이 $-174kN \cdot m$이므로 옳다.

**오답 포인트**

②는 등분포하중만, ③은 집중하중만 계산했을 때 나오는 값이다. 또한 등분포하중의 합력 $6kN$이 A에서 $3m$가 아니라 $9m$ 떨어진 곳에 작용한다는 점과 고정단 휨모멘트의 음의 부호를 함께 확인해야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

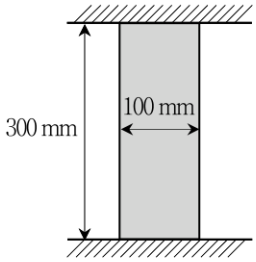
등분포하중을 먼저 $wL$의 집중하중으로 치환하고 그 구간 중앙까지의 고정단 기준 거리를 구한 뒤, 모든 하중의 모멘트를 빠짐없이 합하고 마지막에 부호 규약을 적용한다.

**암기 포인트**

등분포하중 $wL$은 하중 구간의 중앙에 작용하며, 캔틸레버의 고정단 모멘트는 각 하중의 '하중 × 고정단까지의 거리'를 모두 합한 값이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 길이가 300 mm이고, 한 변의 길이가 100 mm인 정사각형 단면의 부재가 양 끝이 고정되어 있어서 길이의 변화가 없다. 온도가 10 °C 하강했을 때, 이로 인한 부재의 축방향 단면력의 크기[kN]는? (단, 탄성계수 $E = 2.0 \times 10^6$ MPa이고, 열팽창계수 $\alpha = 1.0 \times 10^{-6}$/°C이며, 자중은 무시한다)




① 100
② 200
③ 1,000
④ 2,000

**정답 2번**

### 출제 포인트

양 끝이 고정된 부재의 온도 변화로 생기는 열응력과 축방향 단면력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 정사각형 단면의 한 변 $b = 100mm$, 탄성계수 $E = 2.0 \times 10^6 MPa$, 열팽창계수 $\alpha = 1.0 \times 10^{-6}/^\circ C$, 온도 하강량의 크기 $|\Delta T| = 10^\circ C$이다.
구해야 할 값: 축방향 단면력의 크기 $|N|$이다.
주의할 조건: 양 끝이 고정되어 자유 열수축이 완전히 구속되므로 인장 열응력이 생긴다. 부재 길이 $300mm$는 열변형량을 구할 때는 필요하지만, 완전 구속 열응력에는 소거되어 단면력의 크기에 영향을 주지 않는다.

### 사용할 공식

완전 구속된 부재의 열응력 크기는
$|\sigma_t| = E\alpha|\Delta T|$
이고, 축방향 단면력의 크기는
$|N| = |\sigma_t|A$
이다. 자유 열변형률 $\alpha\Delta T$이 고정단 때문에 발생하지 못하므로, 그 변형률을 상쇄하는 탄성변형률에 대응하는 열응력을 사용한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 정사각형 단면적을 계산한다.

$A = b^2 = (100mm)^2 = 10{,}000mm^2$

2. 온도 하강에 따른 열응력의 크기를 계산한다. $1MPa = 1N/mm^2$이다.

$|\sigma_t| = (2.0 \times 10^6 MPa)(1.0 \times 10^{-6}/^\circ C)(10^\circ C) = 20MPa = 20N/mm^2$

3. 축방향 단면력의 크기를 계산한다.

$|N| = (20N/mm^2)(10{,}000mm^2) = 200{,}000N = 200kN$

따라서 부재에는 크기 $200kN$의 인장 단면력이 생긴다.

**선지 판단**

① X — 100은 계산값 $200kN$과 다르다. '$100kN$'은 틀린 값이며, 올바르게는 $200kN$이다.

② O — 완전 구속 열응력 $20MPa$에 단면적 $10{,}000mm^2$를 곱하면 $200kN$이 된다.

③ X — 1,000은 계산값 $200kN$과 다르다. '$1{,}000kN$'은 틀린 값이며, 올바르게는 $200kN$이다.

④ X — 2,000은 계산값 $200kN$과 다르다. '$2{,}000kN$'은 틀린 값이며, 올바르게는 $200kN$이다.

**오답 포인트**

온도가 하강하므로 힘의 방향은 인장이지만, 문제는 크기를 묻는다. 또한 $MPa = N/mm^2$와 $1kN = 1{,}000N$의 단위 환산을 빠뜨리거나, 정사각형 단면적을 $100mm^2$로 잘못 두면 오답이 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

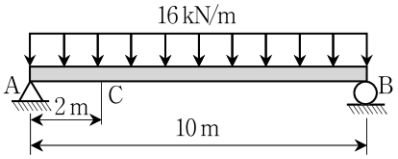
양 끝 완전 고정 여부를 먼저 확인한 뒤, $|\sigma_t| = E\alpha|\Delta T|$, $A = b^2$, $|N| = |\sigma_t|A$의 순서로 계산하고 $N$을 $kN$으로 환산한다. 온도 하강이면 인장, 온도 상승이면 압축이라는 방향도 함께 판단한다.

**암기 포인트**

완전 구속 열응력은 $|\sigma_t| = E\alpha|\Delta T|$, 열단면력은 $|N| = E\alpha|\Delta T|A$이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 단순보에 등분포하중이 작용할 때, 지점 A에서 2m 떨어진 위치 C에서의 전단력[kN]은? (단, 자중은 무시한다)




① 80
② 60
③ 55
④ 48

**정답 4번**

### 출제 포인트

단순보의 지점반력을 평형조건으로 구한 뒤, 절단면 한쪽에 작용하는 수직력의 합으로 C점의 전단력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 보의 전체 길이는 $L = 10\text{m}$, 등분포하중은 $w = 16\text{kN/m}$, A점에서 C점까지의 거리는 $x = 2\text{m}$이다.
구해야 할 값: C점의 전단력 $V_C$이다.
주의할 조건: 보와 하중이 좌우 대칭이고 자중은 무시하므로, A와 B의 수직반력은 전체 등분포하중을 절반씩 부담한다.

### 사용할 공식

전체 등분포하중과 지점반력은

$$W = wL, \qquad R_A = R_B = \frac{W}{2}$$

이고, A점에서 $x$만큼 떨어진 단면의 전단력은

$$V(x) = R_A - wx$$

이다. C점 왼쪽 부분을 절단하면 위쪽의 A점 반력과 아래쪽의 등분포하중만 작용하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 전체 등분포하중은
$W = (16\text{kN/m})(10\text{m}) = 160\text{kN}$
이다.
2. 대칭이므로 A점의 수직반력은
$R_A = \frac{160}{2} = 80\text{kN}$
이다.
3. A점에서 C점까지 작용하는 등분포하중은
$wx = (16\text{kN/m})(2\text{m}) = 32\text{kN}$
이다.
4. 따라서 C점의 전단력은
$V_C = R_A - wx = 80 - 32 = 48\text{kN}$
이다.

**선지 판단**

① X — 80kN은 A점의 수직반력이다. C점에서는 A와 C 사이의 등분포하중 32kN을 빼야 하므로 올바른 값은 48kN이다.
② X — $V_C = R_A - wx = 80 - 32$이므로 60kN이 아니다. 올바른 값은 48kN이다.
③ X — C점 왼쪽의 힘을 합하면 $80 - 16 \times 2 = 48$이므로 55kN이 아니다. 올바른 값은 48kN이다.
④ O — 계산 결과 C점의 전단력은 48kN이므로 맞다.

**오답 포인트**

①의 80kN은 지점반력을 구한 뒤 C점까지의 분포하중을 빼지 않을 때 선택하기 쉬운 값이다. 전단력은 지점반력 자체가 아니라 절단면 한쪽에 작용하는 수직력의 대수합이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

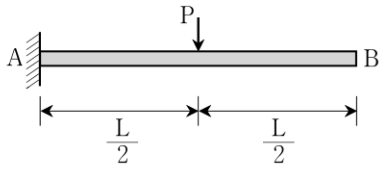
먼저 전체 보의 평형으로 지점반력을 구하고, 구하려는 위치에서 보를 절단한 뒤 한쪽 구간의 수직력을 대수적으로 합한다. 등분포하중은 하중강도와 작용길이의 곱인 집중하중으로 바꾸어 계산한다.

**암기 포인트**

전 구간 등분포하중을 받는 대칭 단순보에서는 $R_A = R_B = wL/2$이고, 왼쪽에서 $x$인 단면의 전단력은 $V(x) = R_A - wx$이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 캔틸레버 보의 부재 중앙에 하중 P가 작용할 때, B점의 수직 처짐은? (단, 휨강성 $EI$는 일정하고, 자중은 무시한다)




① $\frac{PL^3}{24EI}$ ② $\frac{PL^3}{16EI}$

③ $\frac{PL^3}{12EI}$ ④ $\frac{5PL^3}{48EI}$

**정답 4번**

### 출제 포인트

캔틸레버 보의 중간에 집중하중이 작용할 때, 하중점의 처짐과 하중점 이후 구간이 회전하며 생기는 자유단의 추가 처짐을 합하여 B점의 수직 처짐을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

보의 전체 길이는 $L$이고, 집중하중 $P$는 고정단 A에서 $a = L/2$ 떨어진 곳에 작용한다.
구해야 할 값은 자유단 B의 아래쪽 수직 처짐의 크기이다.
하중점부터 B점까지는 외력이 없으므로 휨모멘트와 곡률이 0이며, 이 구간은 하중점에서의 접선 기울기를 유지한 채 직선으로 이동한다.

### 사용할 공식

고정단에서 $a$ 떨어진 곳에 집중하중 $P$가 작용할 때 하중점의 처짐과 회전각은 각각
$\delta_a = \frac{Pa^3}{3EI}$, $\theta_a = \frac{Pa^2}{2EI}$
이다. 따라서 자유단 B의 처짐은
$\delta_B = \delta_a + \theta_a(L-a) = \frac{Pa^2(3L-a)}{6EI}$
이다. 하중점 이후 구간에는 곡률이 없지만 하중점의 회전각은 존재하므로, 하중점 처짐만으로 B점 처짐을 판단할 수 없다.

NoteBase

### 계산 과정

$a = L/2$를 대입하면 하중점의 처짐은
$\delta_a = \frac{P(L/2)^3}{3EI} = \frac{PL^3}{24EI}$
이고, 회전에 따른 B점의 추가 처짐은
$\theta_a(L-a) = \frac{P(L/2)^2}{2EI}\left(L - \frac{L}{2}\right) = \frac{PL^3}{16EI}$
이다. 그러므로
$\delta_B = \frac{PL^3}{24EI} + \frac{PL^3}{16EI} = \frac{2PL^3 + 3PL^3}{48EI} = \frac{5PL^3}{48EI}$
이다.

### 선지 판단

① X — $PL^3/(24EI)$는 하중점 자체의 처짐일 뿐이다. 하중점의 회전으로 생기는 자유단의 추가 처짐을 빠뜨린 값이며, 올바른 B점 처짐은 $5PL^3/(48EI)$이다.
② X — $PL^3/(16EI)$는 하중점의 회전각에 하중점부터 B점까지의 거리 $L/2$를 곱한 추가 처짐만 계산한 값이다. 하중점 자체의 처짐까지 더하면 $5PL^3/(48EI)$이다.
③ X — $PL^3/(12EI) = 4PL^3/(48EI)$이므로 직접 계산한 $5PL^3/(48EI)$와 일치하지 않는다. 올바른 값은 $5PL^3/(48EI)$이다.
④ O — 하중점 처짐 $PL^3/(24EI)$와 회전에 따른 추가 처짐 $PL^3/(16EI)$를 합한 $5PL^3/(48EI)$와 정확히 일치한다.

### 오답 포인트

하중점 오른쪽 구간의 휨모멘트가 0이라는 사실을 그 구간의 처짐도 0이라는 뜻으로 해석하면 안 된다. 이 구간은 추가로 휘지는 않지만 하중점에서 이미 발생한 처짐과 회전각을 그대로 이어받는다. ①은 하중점 처짐만, ②는 회전에 따른 추가 처짐만 택하도록 만든 선지이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

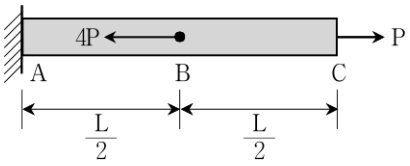
캔틸레버 보의 중간에 집중하중이 있고 자유단 처짐을 묻는 경우에는 하중점까지의 보를 먼저 계산한 뒤, 자유단 처짐을 '하중점 처짐 + 하중점 회전각 × 남은 길이'로 판단한다.

### 암기 포인트

중간 집중하중을 받는 캔틸레버 보의 자유단 처짐은 $\delta_B = Pa^2(3L - a)/(6EI)$이며, 여기서 $a$는 고정단부터 하중점까지의 거리이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 부재에서 B점에 힘 4P가 작용하고, C점에 힘 P가 작용할 때, 전체 늘어난 길이($\Delta$L)는? (단, 단면적은 $A$이고, 탄성계수는 $E$이다)




① $\frac{PL}{EA}$ ② $\frac{3PL}{EA}$

③ $-\frac{PL}{EA}$ ④ $-\frac{2PL}{EA}$

**정답 3번**

### 출제 포인트

집중하중이 작용하는 지점마다 축력을 구간별로 나누어 구하고, 각 구간의 축변형을 부호와 함께 합산하는 문제이다.

### 조건 정리

부재의 전체 길이는 $L$이고, $AB = BC = L/2$이다. 단면적은 $A$, 탄성계수는 $E$로 일정하다. 인장 축력과 늘어남은 양수, 압축 축력과 줄어듦은 음수로 둔다.

### 사용할 공식

축력이 일정한 각 구간의 변형은 $\delta_i = N_i L_i/(EA)$이므로 전체 변형은 다음과 같다.

$\Delta L = \sum_i \frac{N_i L_i}{EA}$

하중이 작용하는 B점에서 축력이 달라지므로 AB 구간과 BC 구간을 나누어 이 공식을 적용한다.

### 계산 과정

1. BC 구간을 절단하면 절단면 오른쪽에는 C점의 오른쪽 방향 하중 $P$만 있으므로 $N_{BC} = P$인 인장 상태이다.
2. AB 구간의 절단면 오른쪽에 있는 하중의 합은 $P - 4P = -3P$이므로 $N_{AB} = -3P$인 압축 상태이다.
3. 두 구간의 변형을 합산하면 다음과 같다.

$\Delta L = \frac{(-3P)(L/2)}{EA} + \frac{P(L/2)}{EA} = -\frac{PL}{EA}$

따라서 부재는 전체적으로 $PL/(EA)$만큼 줄어든다.

NoteBase

**선지 판단**

① X — $PL/(EA)$는 부호가 양수여서 늘어남을 뜻하지만, 실제 합산 결과는 $-PL/(EA)$이다. 틀린 표현 $PL/(EA)$ → 올바르게는 $-PL/(EA)$이다.
② X — $3PL/(EA)$는 AB와 BC의 서로 다른 축력과 각 구간 길이 $L/2$를 반영한 합산값이 아니다. 틀린 표현 $3PL/(EA)$ → 올바르게는 $-PL/(EA)$이다.
③ O — 구간별 변형 $-3PL/(2EA)$와 $PL/(2EA)$를 합하면 $-PL/(EA)$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — $-2PL/(EA)$는 압축 변형과 인장 변형을 구간별로 합산한 값과 다르다. 틀린 표현 $-2PL/(EA)$ → 올바르게는 $-PL/(EA)$이다.

**오답 포인트**

B점의 $4P$만 보고 부재 전체가 같은 압축력을 받는다고 처리하면 안 된다. B점을 경계로 AB의 축력은 $-3P$, BC의 축력은 $P$이며, 압축 변형과 인장 변형을 부호와 함께 더해야 한다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

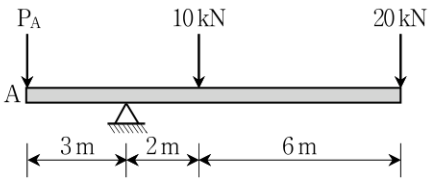
축하중이 작용하는 점에서 부재를 구간으로 나눈 뒤, 각 구간을 절단하여 축력의 크기와 인장·압축 부호를 정하고 $N_iL_i/(EA)$를 합산한다. 마지막에는 전체 변형의 부호로 늘어남인지 줄어듦인지 검산한다.

**암기 포인트**

축력은 하중 작용점마다 달라지며, 전체 길이 변화는 $\Delta L = \sum N_iL_i/(EA)$이다. 인장은 양수, 압축은 음수이다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 막대에 여러 힘이 작용할 때, 평형을 유지하도록 하기 위해 A점에 작용해야 할 힘 $P_A$ [kN]는? (단, 부재는 무한강성이고, 자중은 무시한다)




① 30
② 47
③ 60
④ 75

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 지점을 기준으로 한 모멘트 평형식 $\sum M = 0$을 이용해 A점에 필요한 힘 $P_A$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

A점은 지점에서 왼쪽으로 $3m$ 떨어져 있다. $10kN$ 하중은 지점에서 오른쪽으로 $2m$, $20kN$ 하중은 지점에서 오른쪽으로 $2 + 6 = 8m$ 떨어져 있다. 구해야 할 값은 막대가 회전하지 않도록 A점에 아래쪽으로 작용시키는 힘 $P_A$이다.

**사용할 공식**

평형 상태에서는 임의의 점에 대한 모멘트의 합이 0이다. 지점을 기준으로 하면 지점 반력의 모멘트팔이 0이므로 반력을 구하지 않고 $P_A$를 바로 계산할 수 있다.

Σ M_지점=0

NoteBase

**계산 과정**

A점의 아래쪽 힘은 지점 왼쪽에 있으므로 반시계방향 모멘트를 만들고, 두 오른쪽 하중은 시계방향 모멘트를 만든다.

$P_A(3) - 10(2) - 20(8) = 0$

$3P_A = 20 + 160 = 180$

$P_A = 60kN$

따라서 A점에 필요한 힘은 $60kN$이다.

**선지 판단**

① X — $30kN$을 대입하면 A점의 모멘트는 $30 \times 3 = 90kN \cdot m$로, 오른쪽 하중의 합성 모멘트 $180kN \cdot m$와 같지 않다. $30kN$이 아니라 $60kN$이어야 한다.

② X — $47kN$을 대입하면 A점의 모멘트는 $47 \times 3 = 141kN \cdot m$에 불과하여 모멘트 평형을 만족하지 않는다. $47kN$이 아니라 $60kN$이어야 한다.

③ O — $60kN$을 대입하면 $60 \times 3 = 180kN \cdot m$가 되어 두 오른쪽 하중의 모멘트 $10 \times 2 + 20 \times 8 = 180kN \cdot m$와 정확히 평형을 이룬다.

④ X — $75kN$을 대입하면 A점의 모멘트는 $75 \times 3 = 225kN \cdot m$로 오른쪽 하중의 모멘트보다 크다. $75kN$이 아니라 $60kN$이어야 한다.

**오답 포인트**

$20kN$ 하중의 모멘트팔을 그림에 표시된 $6m$로만 잡기 쉽다. 그러나 $6m$는 $10kN$ 하중부터 오른쪽 끝까지의 거리이므로, 지점에서 $20kN$ 하중까지의 거리는 $2 + 6 = 8m$이다. 또한 지점 왼쪽의 아래쪽 힘과 지점 오른쪽의 아래쪽 힘은 서로 반대 방향의 모멘트를 만든다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

집중하중 문제에서는 모멘트팔이 각 하중의 작용선과 기준점 사이의 수직거리임을 확인한다. 미지 반력이 작용하는 지점을 모멘트 기준점으로 잡고, 시계방향과 반시계방향 모멘트를 구분해 $\sum M = 0$을 적용한다.

**암기 포인트**

모멘트는 힘과 모멘트팔의 곱이다. 지점을 기준으로 모멘트를 잡으면 지점 반력의 모멘트는 0이 된다.

NoteBase

문 12. 길이 1 m인 기둥의 단면적이 $100\,\mathrm{cm}^2$이고 최소단면2차모멘트가 $10{,}000\,\mathrm{cm}^4$일 때, 기둥의 세장비는?

① 5

② 10

③ 20

④ 40

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 최소단면2차모멘트와 단면적으로 최소 회전반경을 구한 뒤, 기둥 길이를 그 회전반경으로 나누어 세장비를 계산하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 기둥 길이 $L = 1m = 100cm$, 단면적 $A = 100cm^2$, 최소단면2차모멘트 $I_{min} = 10{,}000cm^4$이다.
구해야 할 값: 세장비 $\lambda$이다.
주의할 조건: 길이와 회전반경의 단위를 같게 맞추며, 세장비에는 최소 회전반경을 사용한다.

### 사용할 공식

최소 회전반경은 $r_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$이고, 세장비는 $\lambda = \frac{L}{r_{min}}$이다.
단면2차모멘트와 단면적이 주어졌으므로 먼저 회전반경을 구하고, 기둥 길이와 회전반경의 비로 세장비를 계산한다.

### 계산 과정

1. 길이의 단위를 변환하면 $1m = 100cm$이다.
2. 최소 회전반경은 $r_{min} = \sqrt{\frac{10{,}000cm^4}{100cm^2}} = \sqrt{100cm^2} = 10cm$이다.
3. 따라서 세장비는 $\lambda = \frac{100cm}{10cm} = 10$이다. 세장비는 길이의 비이므로 단위가 없는 값이다.

### 선지 판단

① X — 세장비는 5가 아니라 10이다. 올바르게는 $L = 100cm$와 $r_{min} = 10cm$를 사용하여 100/10 = 10으로 계산한다.
② O — 계산한 세장비 $\lambda = 10$과 일치한다.
③ X — 세장비는 20이 아니라 10이다. 올바르게는 기둥 길이 $100cm$를 최소 회전반경 $10cm$로 나눈다.
④ X — 세장비는 40이 아니라 10이다. 올바르게는 $\sqrt{I_{min}/A} = 10cm$를 먼저 구한 뒤 $L/r_{min}$을 계산한다.
계산 결과 세장비가 10이므로 정답은 2번이다.

NoteBase

**오답 포인트**

기둥 길이 $1m$를 $100cm$로 바꾸지 않거나, $I_{min}/A$에 제곱근을 취하지 않으면 세장비를 잘못 계산하게 된다. 또한 세장비는 $L/r_{min}$이지 $r_{min}/L$이 아니다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

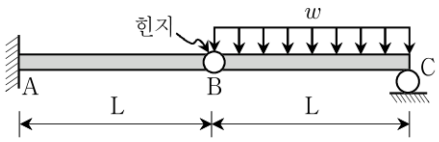
단면적과 최소단면2차모멘트가 주어지면 $r_{min} = \sqrt{I_{min}/A}$로 최소 회전반경을 구하고, 길이의 단위를 맞춘 뒤 $\lambda = L/r_{min}$을 계산한다. 마지막에는 길이 단위가 서로 소거되는지 확인한다.

**암기 포인트**

세장비는 '기둥 길이 ÷ 최소 회전반경'이며, $\lambda = L/\sqrt{I_{min}/A}$이다.

NoteBase

문 13. 그림과 같은 게르버 보에서 지점 C에 발생하는 반력은? (단, 자중은 무시한다)




① $wL$

② $\frac{wL}{4}$

③ $\frac{wL}{2}$

④ $\frac{3}{4}wL$

**정답 3번**

### 출제 포인트

이 문제는 내부힌지 B에서 보를 분리한 뒤, 오른쪽 구간 BC의 평형조건으로 지점 C의 반력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 구간 BC의 길이는 $L$이고, 구간 BC 전체에 등분포하중 $w$가 작용한다.
구해야 할 값: 지점 C의 수직반력 $R_C$이다.
주의할 조건: 내부힌지 B에서는 휨모멘트를 전달하지 않으므로, 구간 BC를 B와 C에서 지지되는 단순보로 분리하여 해석할 수 있다.

### 사용할 공식

등분포하중의 합력은 $W = wL$이고, 그 작용점은 하중 구간의 중앙인 B에서 $L/2$ 떨어진 곳이다. 구간 BC에 대해 B점 모멘트 평형을 적용하면 다음과 같다.

$\sum M_B = 0 : \quad R_C L - (wL)\frac{L}{2} = 0$

내부힌지에서 분리한 오른쪽 구간만으로 C의 반력을 직접 구할 수 있으므로 이 평형식을 사용한다.

### 계산 과정

1. 등분포하중을 집중합력으로 바꾸면 $W = wL$이다.
2. 합력 $wL$은 B와 C의 중앙에 작용하므로 B에 대한 모멘트팔은 $L/2$이다.
3. B점에 대한 모멘트 평형에서

$R_C L = (wL)\frac{L}{2}$

이므로

$R_C = \frac{wL}{2}$

이다.

NoteBase

**선지 판단**

① X — $wL$은 구간 BC에 작용하는 등분포하중의 전체 합력이며 C의 반력이 아니다. B와 C가 하중을 나누어 부담하므로 올바른 값은 $wL/2$이다.
② X — $wL/4$은 B점 모멘트 평형 $R_C L = (wL)(L/2)$을 만족하지 않는다. 올바른 값은 $wL/2$이다.
③ O — 구간 BC는 중앙에 합력 $wL$이 작용하는 단순보이므로 양쪽 반력이 같고, C의 반력은 $wL/2$이다.
④ X — $3wL/4$은 대칭인 하중과 지지조건에서 B와 C의 반력이 같아야 한다는 조건에 어긋난다. 올바른 값은 $wL/2$이다.
계산 결과 지점 C의 반력은 $wL/2$이므로 정답은 3번이다.

**오답 포인트**

고정단 A가 있다는 이유로 전체 보를 한꺼번에 해석하면 불필요하게 복잡해진다. 핵심은 내부힌지 B에서 보를 분리하고, 등분포하중의 합력 $wL$ 전체를 C의 반력으로 착각하지 않는 것이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

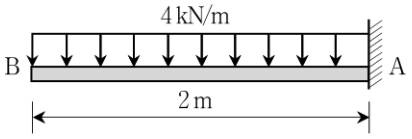
내부힌지가 있는 보는 힌지에서 구간을 분리한다. 목표 반력이 포함된 구간의 하중을 합력으로 바꾼 뒤, 힌지점에 대한 모멘트 평형을 적용하면 힌지 반력을 소거하고 목표 반력을 바로 구할 수 있다.

**암기 포인트**

전 구간에 등분포하중 $w$가 작용하는 길이 $L$의 단순보는 양쪽 반력이 각각 $wL/2$이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같은 캔틸레버 보에 등분포하중이 작용할 때, B점의 처짐은? (단, 휨강성 $EI$는 일정하고, 자중은 무시한다)




① $\frac{5}{EI}$

② $\frac{6}{EI}$

③ $\frac{7}{EI}$

④ $\frac{8}{EI}$

**정답 4번**

### 출제 포인트

전 구간에 등분포하중을 받는 캔틸레버 보의 자유단 처짐 공식을 이용해 B점의 처짐을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 등분포하중 $w = 4kN/m$, 보의 길이 $L = 2m$이다.

구해야 할 값: 자유단 B의 처짐이다.

주의할 조건: A는 고정단이고 B는 자유단이며, $EI$는 일정하고 자중은 무시한다.

### 사용할 공식

전 구간에 등분포하중 $w$가 작용하는 캔틸레버 보의 자유단 처짐 크기는

$\delta_B = \frac{wL^4}{8EI}$

이다. B점이 자유단이고 하중이 보 전체에 균일하게 작용하므로 이 공식을 사용한다.

### 계산 과정

주어진 값을 공식에 대입하면

$\delta_B = \frac{4 \times 2^4}{8EI} = \frac{4 \times 16}{8EI} = \frac{8}{EI}$

이다. 따라서 B점은 아래쪽으로 $\frac{8}{EI}$만큼 처진다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — $\frac{5}{EI}$는 계산값 $\frac{8}{EI}$와 다르다. 틀린 값 $\frac{5}{EI}$ → 올바른 B점의 처짐 크기는 $\frac{8}{EI}$이다.
② X — $\frac{6}{EI}$는 등분포하중을 받는 캔틸레버 보의 자유단 처짐 공식에 값을 대입한 결과가 아니다. 틀린 값 $\frac{6}{EI}$ → 올바른 값은 $\frac{8}{EI}$이다.
③ X — $\frac{7}{EI}$는 계산값 $\frac{8}{EI}$와 일치하지 않는다. 틀린 값 $\frac{7}{EI}$ → 올바른 값은 $\frac{8}{EI}$이다.
④ O — $\frac{wL^4}{8EI}$에 $w = 4kN/m, L = 2m$를 대입하면 $\frac{8}{EI}$이므로 일치한다.

### 오답 포인트

고정단 A의 처짐은 0이지만, 문제는 자유단 B의 처짐을 묻는다. 또한 길이는 $L^4$으로 반영되므로 $2^4 = 16$을 빠뜨리거나 지수를 잘못 적용하면 오답이 된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

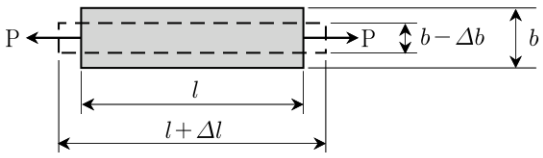
고정단과 자유단을 먼저 구분한 뒤, 전 구간 등분포하중이면 자유단 처짐 공식 $\delta = \frac{wL^4}{8EI}$을 선택하고 하중과 길이를 대입한다.

### 암기 포인트

캔틸레버 보 전체에 등분포하중이 작용할 때 자유단 처짐은 $\frac{wL^4}{8EI}$이다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 지름 $b = 100\,\text{mm}$, 길이 $l = 500\,\text{mm}$, 푸아송 비 $\nu = 0.2$인 강재에 인장력이 작용할 때, 축방향 변형률이 0.005 발생했다. 이때 지름의 감소량 $\Delta b$ [mm]는? (단, 자중은 무시한다)




① 0.01
② 0.1
③ 0.5
④ 5.0

**정답 2번**

### 출제 포인트

축방향 인장 변형률과 포아송비를 이용하여 횡방향 변형률과 지름의 감소량을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 지름 $b = 100mm$, 길이 $l = 500mm$, 포아송비 $\nu = 0.2$, 축방향 변형률 $\varepsilon_x = 0.005$이다.
구해야 할 값: 지름의 감소량 $\Delta b$이다.
주의할 조건: 인장 시 축방향 길이는 늘어나지만 횡방향 지름은 줄어든다. 지름 감소량 계산에는 길이 $l$이 직접 사용되지 않는다.

### 사용할 공식

포아송비의 정의에 따라 횡방향 변형률은
$\varepsilon_y = -\nu\varepsilon_x$
이고, 지름의 감소량은
$\Delta b = |\varepsilon_y| b = \nu\varepsilon_x b$
이다. 포아송비는 축방향 변형률에 대한 횡방향 변형률의 절댓값 비이므로 이 공식을 사용한다.

### 계산 과정

1. 횡방향 변형률을 계산한다.
$\varepsilon_y = -0.2 \times 0.005 = -0.001$
2. 음의 부호는 지름이 감소한다는 뜻이므로 감소량은 절댓값을 사용한다.
$\Delta b = 0.001 \times 100mm = 0.1mm$
따라서 지름의 감소량은 $0.1mm$이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — $0.01mm$는 계산 결과 $0.1mm$의 10분의 1이므로 틀리다. 올바른 값은 $0.1mm$이다.
② O — $\Delta b = 0.2 \times 0.005 \times 100mm = 0.1mm$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — $0.5mm$는 $0.005 \times 100mm$로 계산하여 포아송비 0.2를 누락한 값이다. 올바른 값은 $0.1mm$이다.
④ X — $5.0mm$는 포아송비를 반영한 횡방향 변형량과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $0.1mm$이다.
계산 결과 $0.1mm$이므로 정답은 2번이다.

### 오답 포인트

축방향 변형률 0.005를 지름에 바로 곱하면 ③의 $0.5mm$가 나온다. 횡방향 변형률은 축방향 변형률에 포아송비를 곱한 0.001이며, 감소량을 묻는 경우 음의 부호가 아니라 그 크기를 답해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

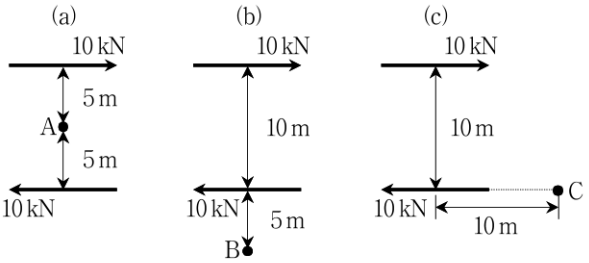
축방향 변형률을 확인한 뒤 $\varepsilon_y = -\nu\varepsilon_x$로 횡방향 변형률을 구하고, 여기에 횡방향 원치수 $b$를 곱해 치수 변화량을 계산한다. 마지막에는 부호가 증가·감소 중 무엇을 뜻하는지 확인한다.

### 암기 포인트

인장 시 횡치수는 감소하며, 횡치수 감소량의 크기는 $\nu\varepsilon_x b$이다.

NoteBase

문 16. 그림(a), 그림(b), 그림(c)와 같은 힘이 작용할 때, 그림(a) ~ (c)에서 각각 A, B, C점에 대한 모멘트의 크기를 $M_A$, $M_B$, $M_C$라 하면, 각 모멘트 크기를 비교한 것으로 옳은 것은?




① $M_A = M_B = M_C$
② $M_A > M_C > M_B$
③ $M_A > M_B > M_C$
④ $M_B > M_C > M_A$

**정답 1번**

### 출제 포인트

크기가 같고 방향이 반대이며 서로 평행한 두 힘은 우력이며, 우력모멘트의 크기는 기준점의 위치와 관계없이 한 힘의 크기와 두 힘 작용선 사이의 수직거리의 곱으로 구한다.

### 조건 정리

주어진 값: 서로 반대 방향인 두 힘의 크기는 각각 $10kN$이고, 두 힘 작용선 사이의 수직거리는 $10m$이다.
구해야 할 값: 그림 (a), (b), (c)의 기준점 A, B, C에 대한 모멘트의 크기 $M_A$, $M_B$, $M_C$이다.
주의할 조건: 기준점에서 각 힘까지 표시된 $5m$, $10m$ 거리는 개별 힘의 모멘트를 계산할 때는 쓰이지만, 우력의 합성모멘트는 기준점 위치에 영향을 받지 않는다.

### 사용할 공식

우력모멘트의 크기는

$M = Fd$

이다. 여기서 $F$는 한 힘의 크기이고 $d$는 두 평행한 힘의 작용선 사이의 수직거리이다. 두 힘의 합력이 0이므로 우력모멘트는 어느 점에 대하여 계산해도 크기와 회전방향이 같다.

NoteBase

**계산 과정**

우력 자체의 모멘트는
$M = (10kN)(10m) = 100kN \cdot m$
이다.
그림 (a)에서는 A점에서 두 작용선까지 각각 $5m$이므로 두 힘의 모멘트가 같은 회전방향으로 더해져
$10 \times 5 + 10 \times 5 = 100kN \cdot m$이다.
그림 (b)에서는 B점에서 아래 작용선까지 $5m$, 위 작용선까지 $15m$이다. 두 개별 모멘트의 방향이 반대이므로 그 크기의 차는 $10 \times 15 - 10 \times 5 = 100kN \cdot m$이다.
그림 (c)에서는 아래 힘의 작용선이 C점을 지나므로 그 힘의 모멘트는 0이고, 위 힘의 수직거리는 $10m$이므로 $10 \times 10 = 100kN \cdot m$이다. 따라서 $M_A = M_B = M_C = 100kN \cdot m$이다.

**선지 판단**

① O — $M_A = M_B = M_C = 100kN \cdot m$이므로 옳다.
② X — '$M_A > M_C > M_B$'는 기준점과 힘 작용선 사이의 개별 거리만 비교한 잘못이다. 올바르게는 $M_A = M_B = M_C$이다.
③ X — '$M_A > M_B > M_C$'는 C점에서 아래 힘의 모멘트가 0이라는 사실만 보고 우력 전체의 모멘트까지 작아진다고 본 잘못이다. 올바르게는 $M_A = M_B = M_C$이다.
④ X — '$M_B > M_C > M_A$'는 B점에서 위 힘까지의 거리 $15m$만 사용하고 아래 힘의 반대방향 모멘트를 함께 합산하지 않은 잘못이다. 올바르게는 $M_A = M_B = M_C$이다.

**오답 포인트**

그림 (b)의 $5m$와 그림 (c)의 수평거리 $10m$ 때문에 기준점이 멀수록 모멘트가 커진다고 판단하기 쉽다. 그러나 모멘트팔은 힘의 작용선까지의 수직거리이며, 우력의 두 힘을 모두 합산하면 기준점에 관계없이 $Fd$가 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

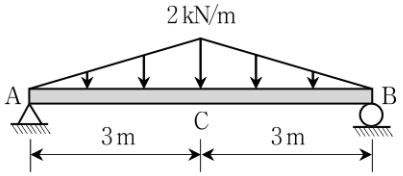
서로 크기가 같고 방향이 반대인 평행한 두 힘을 확인하면 먼저 우력으로 판단한다. 한 힘의 크기 $F$에 두 작용선 사이의 수직거리 $d$를 곱하고, 기준점의 위치나 작용선 방향의 수평거리는 우력모멘트의 크기에 영향을 주지 않는다고 판단한다.

**암기 포인트**

우력은 합력은 0이고 모멘트는 $M = Fd$이며, 기준점을 옮겨도 우력모멘트는 변하지 않는다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 삼각형 분포하중을 받는 단순보에서 부재 중앙 C점의 휨모멘트[kN · m]는? (단, 자중은 무시한다)




① 2
② 4
③ 6
④ 8

**정답 3번**

### 출제 포인트

대칭 삼각형 분포하중을 등가 집중하중으로 바꾸고, 단순보의 대칭 반력과 단면 모멘트 평형을 이용해 중앙 C점의 휨모멘트를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

보의 전체 길이는 $6m$이고 C점은 중앙에 있다. 분포하중은 A와 B에서 0, C에서 $2kN/m$인 대칭 삼각형이다. 구해야 할 값은 C점의 휨모멘트이며 자중은 무시한다.

### 사용할 공식

삼각형 분포하중의 합력은 삼각형의 면적이므로 $W = \frac{1}{2}bh$이다. 합력의 작용점은 하중강도가 0인 쪽에서 밑변의 $\frac{2}{3}$ 지점이다. C점 휨모멘트는 C에서 보를 절단한 뒤 한쪽 구간의 C점에 대한 모멘트 평형으로 구한다.

### 계산 과정

1. 전체 분포하중의 합력은 $W = 2\left(\frac{1}{2} \times 3m \times 2kN/m\right) = 6kN$이다.
2. 하중과 보가 대칭이므로 지점반력은 $R_A = R_B = \frac{6kN}{2} = 3kN$이다.
3. A-C 구간의 삼각형 하중 합력은 $W_L = \frac{1}{2} \times 3m \times 2kN/m = 3kN$이다. 이 합력은 A에서 $2m$, 즉 C에서 왼쪽으로 $1m$ 떨어진 곳에 작용한다.
4. C점에 대한 왼쪽 구간의 모멘트를 계산하면

$M_C = R_A \times 3m - W_L \times 1m = 3kN \times 3m - 3kN \times 1m = 6kN \cdot m$이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — $2kN \cdot m$는 계산값 $6kN \cdot m$와 일치하지 않는다. '$2kN \cdot m$'는 '$6kN \cdot m$'로 고쳐야 한다.
② X — $4kN \cdot m$는 반력 모멘트 $9kN \cdot m$에서 왼쪽 삼각형 하중의 모멘트 $3kN \cdot m$를 뺀 값과 다르다. '$4kN \cdot m$'는 '$6kN \cdot m$'로 고쳐야 한다.
③ O — 정확한 C점 휨모멘트는 $9 - 3 = 6kN \cdot m$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — $8kN \cdot m$는 계산값 $6kN \cdot m$보다 크다. '$8kN \cdot m$'는 '$6kN \cdot m$'로 고쳐야 한다.

### 오답 포인트

삼각형 분포하중의 최대강도 $2kN/m$를 곧바로 집중하중처럼 사용하면 안 된다. 먼저 삼각형의 면적으로 합력을 구해야 한다. 또한 A-C 구간의 합력 작용점은 구간 중앙이 아니라 하중강도가 0인 A에서 $2m$, 즉 C에서 $1m$ 떨어진 곳이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

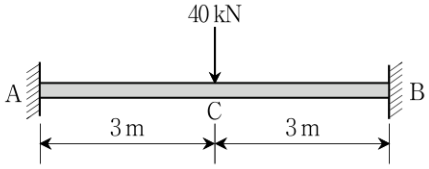
대칭 분포하중 문제에서는 전체 하중의 면적으로 합력을 구하고, 대칭성으로 지점반력을 계산한 다음, 구하려는 단면에서 절단하여 한쪽 하중만으로 모멘트 평형을 적용한다.

### 암기 포인트

삼각형 하중의 합력은 '면적', 작용점은 '큰 쪽에서 밑변의 1/3'이며, 대칭보의 양쪽 반력은 전체 하중의 절반이다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 양단 고정인 부정정보에 집중하중 P가 C점에 작용할 때, C점에서의 휨모멘트[kN · m]는? (단, 자중은 무시한다)




① 20
② 24
③ 30
④ 40

**정답 3번**

### 출제 포인트

양단 고정보의 중앙에 집중하중이 작용할 때 고정단 모멘트와 지점반력을 이용하여 중앙점의 휨모멘트를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 집중하중은 $P = 40kN$, 보의 전체 길이는 $L = 3 + 3 = 6m$이다.
구해야 할 값: 중앙 C점의 휨모멘트이다.
주의할 조건: 양단이 고정되어 있으므로 단순보의 중앙 휨모멘트 $PL/4$를 그대로 적용하지 않는다. 자중은 무시한다.

### 사용할 공식

중앙 집중하중을 받는 양단 고정보의 각 고정단 모멘트는 $M_A = M_B = -PL/8$이고, 대칭에 의해 각 수직반력은 $R_A = R_B = P/2$이다.
이 공식은 하중과 지지 조건이 좌우 대칭이고 양 끝의 회전이 구속된 고정보이기 때문에 적용한다.

### 계산 과정

1. 좌측 고정단 모멘트는 $M_A = -(40 \times 6)/8 = -30kN \cdot m$이다.
2. 좌측 수직반력은 $R_A = 40/2 = 20kN$이다.
3. A점에서 C점까지의 거리는 $3m$이므로, 정모멘트를 양(+)으로 하면

$M_C = M_A + R_A \times 3 = -30 + 20 \times 3 = 30kN \cdot m$

따라서 C점의 휨모멘트는 $30kN \cdot m$이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X — $20kN \cdot m$가 아니라 $30kN \cdot m$이다. 20은 각 지점의 수직반력 $20kN$과 숫자를 혼동한 값이다.
② X — $24kN \cdot m$가 아니라 $M_C = PL/8 = 30kN \cdot m$이다. 주어진 $P = 40kN$, $L = 6m$를 공식에 대입하면 24가 나오지 않는다.
③ O — 계산 결과 C점의 휨모멘트가 $30kN \cdot m$이므로 옳다.
④ X — $40kN \cdot m$가 아니라 $30kN \cdot m$이다. 40은 집중하중의 수치이며, 하중 자체와 휨모멘트를 구분해야 한다.

### 오답 포인트

이 문항의 함정은 양단 고정보를 단순보로 보아 중앙 모멘트를 $PL/4$로 계산하거나, 지점반력 $20kN$의 숫자를 휨모멘트와 혼동하는 데 있다. 고정단의 부모멘트 $-PL/8$을 먼저 반영해야 C점의 정모멘트가 $PL/8$이 된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

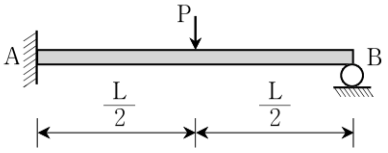
먼저 지지 조건이 고정-고정인지 확인하고, 중앙 집중하중이면 고정단 모멘트 $-PL/8$과 대칭 반력 $P/2$을 구한다. 이어서 절단면 모멘트식 $M(x) = M_A + R_A x$에 중앙 거리 $x = L/2$를 대입하고 부호와 단위를 검산한다.

### 암기 포인트

양단 고정보의 중앙 집중하중: 양 끝은 $-PL/8$, 중앙은 $+PL/8$이다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 부정정보에서 지점 B의 수직 반력은? (단, 자중은 무시한다)




① $\frac{5}{16}$P

② $\frac{1}{8}$P

③ $\frac{1}{4}$P

④ $\frac{3}{16}$P

**정답 1번**

### 출제 포인트

이 문제는 1차 부정정보에서 잉여반력인 지점 B의 수직 반력을 변형 적합조건 $\delta_B = 0$으로 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 보의 전체 길이는 $L$, 집중하중은 A에서 $a = L/2$인 중앙에 작용한다.

구해야 할 값: 지점 B의 수직 반력 $R_B$이다.

주의할 조건: B는 롤러 지점이므로 회전은 가능하지만 수직 처짐은 0이다. 자중은 무시한다.

### 사용할 공식

B의 지점을 제거하여 길이 $L$인 외팔보를 기본 구조로 잡는다. 외팔보에서 고정단으로부터 $a$ 떨어진 집중하중 $P$가 자유단 B에 만드는 처짐은

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

이고, 자유단의 상향력 $R_B$가 만드는 반대 방향 처짐의 크기는

$\delta_{B,R} = \frac{R_B L^3}{3EI}$

이다. 실제 지점 B의 수직 처짐이 0이어야 하므로 두 처짐의 크기를 같게 둔다.

NoteBase

### 계산 과정

1. $a = L/2$를 집중하중에 의한 자유단 처짐식에 대입한다.

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

2. B의 상향 반력에 의한 처짐과 크기를 같게 둔다.

$\frac{R_B L^3}{3EI} = \frac{5PL^3}{48EI}$

3. 공통항을 약분하면 다음과 같다.

$R_B = \frac{5}{16}P$

따라서 B의 수직 반력은 위쪽으로 $5P/16$이다.

### 선지 판단

① O — $R_B = 5P/16$이므로 계산 결과와 일치한다.

② X — $R_B = P/8$을 대입하면 B의 처짐 적합조건 $\delta_B = 0$을 만족하지 않는다. 틀린 값 $P/8$은 올바르게는 $5P/16$이다.

③ X — $R_B = P/4$는 계산된 반력 $5P/16$보다 작아 B에 하향 처짐이 남는다. 틀린 값 $P/4$는 올바르게는 $5P/16$이다.

④ X — $R_B = 3P/16$도 처짐 적합식 $R_B L^3/(3EI) = 5PL^3/(48EI)$을 만족하지 않는다. 틀린 값 $3P/16$은 올바르게는 $5P/16$이다.

### 오답 포인트

단순보의 중앙 집중하중 반력처럼 정정역학의 평형조건만 적용하면 안 된다. 이 구조는 고정단 A와 롤러 B를 함께 가진 1차 부정정보이므로, 평형조건에 더해 B의 수직 처짐이 0이라는 변형 적합조건을 사용해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

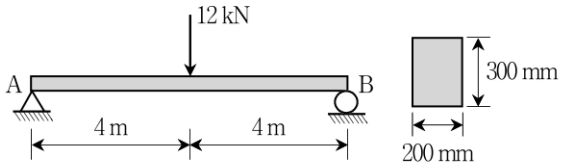
부정정보의 반력을 구할 때는 잉여지점을 제거한 기본 구조를 정하고, 외력에 의한 잉여지점의 처짐과 잉여반력에 의한 반대 방향 처짐의 합을 0으로 둔다.

### 암기 포인트

중앙 집중하중을 받는 받침 외팔보의 끝 반력은 $R_B = 5P/16$이며, 핵심 조건은 $\delta_B = 0$이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 폭 200 mm, 높이 300 mm의 단면을 가지는 단순보의 중앙에 집중하중이 작용할 때, 보에 발생하는 최대전단응력[MPa]은? (단, 자중은 무시한다)




① 0.10
② 0.15
③ 0.20
④ 0.25

**정답 2번**

### 출제 포인트

중앙 집중하중을 받는 단순보의 최대 전단력과 직사각형 단면의 최대전단응력 공식을 이용해 보에 발생하는 최대전단응력을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 보의 경간은 $8m$, 중앙 집중하중은 $12kN$, 단면의 폭은 $b = 200mm$, 높이는 $h = 300mm$이다.
구해야 할 값: 보에 발생하는 최대전단응력 $\tau_{max}$이다.
주의할 조건: 자중은 무시하며, 하중과 지점 조건이 좌우 대칭이므로 두 지점의 반력은 같다.

### 사용할 공식

중앙 집중하중을 받는 단순보의 지점반력은
$R_A = R_B = \frac{P}{2}$
이다. 직사각형 단면의 최대전단응력은
$\tau_{max} = \frac{3}{2}\frac{V}{A} = \frac{3V}{2bh}$
이다. 직사각형 단면의 전단응력은 높이 방향으로 포물선형으로 분포하고 중립축에서 최대가 되므로,
최대전단응력은 평균전단응력 $V/A$의 3/2배이다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 좌우 지점반력과 보의 최대 전단력은
$R_A = R_B = \frac{12}{2} = 6kN, \qquad V_{\max} = 6kN = 6000N$
이다.
2. 직사각형 단면적은
$A = bh = 200 \times 300 = 60{,}000mm^2$
이다.
3. 최대전단응력은
$\tau_{\max} = \frac{3}{2}\frac{6000}{60{,}000} = 0.15N/mm^2 = 0.15MPa$
이다.

### 선지 판단

① X — $0.10MPa$는 $V/A = 6000/60{,}000$으로 구한 평균전단응력이다. 직사각형 단면의 최대전단응력으로 고치면 $0.15MPa$이다.
② O — 계산한 최대전단응력 $0.15MPa$와 일치한다.
③ X — 제시된 $0.20MPa$는 직사각형 단면의 최대전단응력 공식으로 계산한 값과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $0.15MPa$이다.
④ X — 제시된 $0.25MPa$는 계산 결과보다 크다. 올바른 값은 $0.15MPa$이다.
따라서 정답은 2번이다.

### 오답 포인트

①의 $0.10MPa$는 평균전단응력 $V/A$까지만 계산하고 직사각형 단면의 최대값 계수 3/2를 누락할 때 나오는 값이다. 또한 중앙에서 최대가 되는 휨모멘트와 최대전단응력을 혼동하면 안 된다. 이 문제에서는 전단력 $V$를 사용한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

집중하중과 지점 조건으로 최대 전단력 $V_{\max}$를 먼저 구하고, 단면적과 단면 형상에 맞는 전단응력 공식을 적용한 뒤 $N/mm^2 = MPa$로 단위를 검산한다.

### 암기 포인트

직사각형 단면에서는 $\tau_{\max} = 1.5V/A$이며, 최대전단응력은 중립축에서 발생한다.

NoteBase