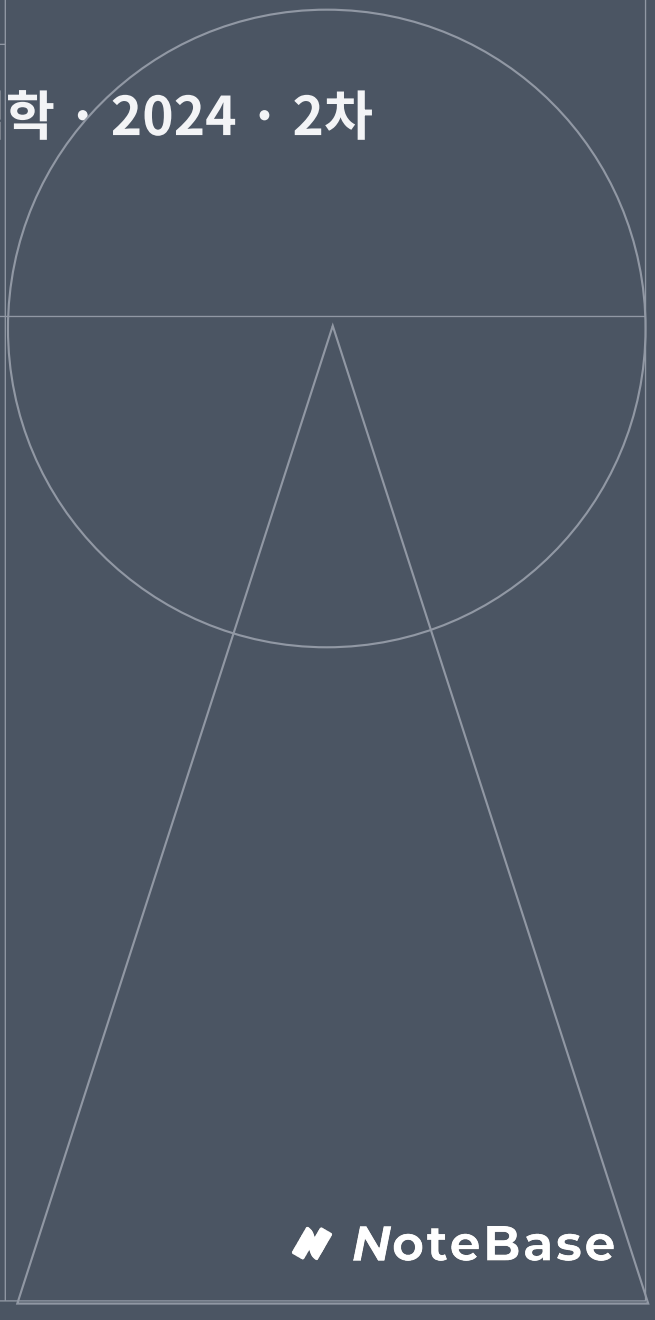
# 기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2024 · 2차



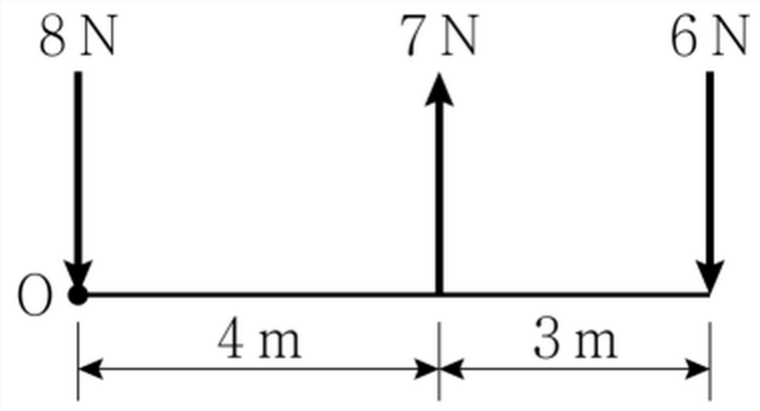
NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2024 · 2차

**공무원/국가직/7급 · 응용역학 · 2024 · 2차**

**문 1. 다음 그림에서 3개 평행력의 합력 크기[N]와 O점을 기준으로 하는 작용점 거리[m]는?**




① 합력 크기[N]: 6, 거리[m]: 2

② 합력 크기[N]: 7, 거리[m]: 2

③ 합력 크기[N]: 6, 거리[m]: 3

④ 합력 크기[N]: 7, 거리[m]: 3

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 평행력계의 합력과 O점을 기준으로 한 모멘트의 평형관계로 합력의 크기와 작용점 거리를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: O점에서 아래로 8 N, O점에서 4 m 위치에서 위로 7 N, O점에서 7 m 위치에서 아래로 6 N이 작용한다.
구해야 할 값: 3개 평행력의 합력 크기와 O점을 기준으로 한 작용점 거리이다.
주의할 조건: 위쪽을 양(+)으로 두면 아래쪽 힘은 음(-)이 되고, O점에 작용하는 8 N은 모멘트팔이 0이므로 O점에 대한 모멘트는 0이다.

NoteBase

### 사용할 공식

합력은 $R = \sum F$로 구하고, 작용점 거리는 O점에 대한 모멘트 등가조건 $Rx = \sum M_O$로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 여러 평행력을 하나의 합력으로 치환할 때는 힘의 대수합이 같아야 하고, 같은 기준점에 대한 모멘트도 같아야 하기 때문이다.

### 계산 과정

1. 합력을 구하면 $R = -8 + 7 - 6 = -7N$이다. 따라서 합력의 크기는 7 N이고 방향은 아래쪽이다.
2. O점에 대한 모멘트를 구하면 $\sum M_O = 7 \times 4 - 6 \times 7 = 28 - 42 = -14N \cdot m$이다. 8 N은 O점에 작용하므로 모멘트가 0이다.
3. 합력의 작용점 거리를 $x$라 두면 $Rx = \sum M_O$이므로 $(-7)x = -14$이다. 따라서 $x = 2m$이다.

### 선지 판단

1번: X. 합력의 크기 6 N이 틀렸다. 계산 결과 합력은 $-7N$이므로 크기는 7 N이다. 작용점 거리 2 m만 맞고, 올바르게는 7 N과 2 m이다.
2번: O. 합력의 크기는 7 N이고, O점에 대한 모멘트 $-14N \cdot m$를 만족하는 작용점 거리는 2 m이므로 맞다.
3번: X. 합력의 크기 6 N과 거리 3 m가 모두 틀렸다. 올바르게는 합력의 크기 7 N, 작용점 거리 2 m이다. 3 m는 모멘트나 힘의 대수합을 잘못 계산했을 때 나오는 값이다.
4번: X. 합력의 크기 7 N은 맞지만 거리 3 m가 틀렸다. 올바르게는 O점 기준 작용점 거리가 2 m이다. 거리만 따로 보면 모멘트 $-14N \cdot m$를 합력 7 N으로 나누어야 한다.

### 오답 포인트

위쪽 힘과 아래쪽 힘의 부호를 섞어 쓰거나, O점에 작용하는 8 N까지 모멘트에 넣어 버리면 오답이 된다. 또 합력의 크기만 구하고 모멘트 등가조건으로 작용점을 다시 계산하지 않으면 3 m 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

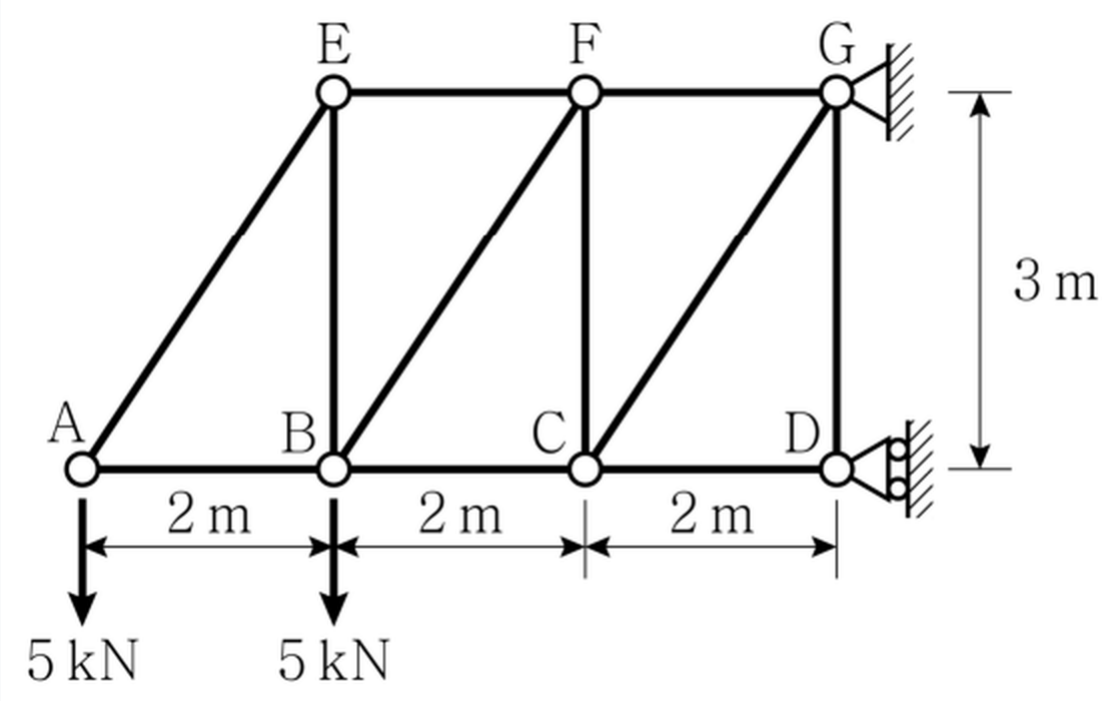
평행력 문제는 먼저 힘의 방향을 정해 $\sum F$로 합력부터 구하고, 그다음 같은 기준점에 대한 $\sum M$을 구해 $Rx = \sum M$으로 작용점을 판단한다.

### 암기 포인트

평행력계는 합력 $R = \sum F$, 작용점은 모멘트 등가식 $Rx = \sum M$으로 정리된다.

NoteBase

**문 2. 그림과 같은 트러스에서 BC의 부재력[kN]은?**




① 10(압축)

② 10(인장)

③ 20(압축)

④ 20(인장)

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 절점법으로 각 절점의 평형을 적용하여 부재 $BC$의 축력을 구하고, 부호로 인장과 압축을 판별하는 문제이다.

**조건 정리**

- 하부 절점 간격은 각 $2m$이고, 상하 절점 높이는 $3m$이다.
- $A$와 $B$에 각각 아래로 $5kN$이 작용한다.
- 대각 부재 $AE$, $BF$, $CG$는 $2:3$ 기하를 가지므로 길이는 $\sqrt{13}$ 비례이다.
- 수직 부재 $BE$, $CF$, $DG$가 상현 절점 $E$, $F$, $G$와 하현 절점 $B$, $C$, $D$를 각각 연직으로 잇는다.
- 구해야 할 값은 부재 $BC$의 축력이며, 양(+)이면 인장, 음(-)이면 압축으로 본다.

NoteBase

**사용할 공식**

절점 평형식 $\sum H = 0, \sum V = 0$를 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유:
트러스의 각 절점은 핀 접합으로 이상화되므로, 한 절점에서 만나는 부재력과 외력을 수평·수직 방향 평형으로 바로 구할 수 있다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 절점 $A$에서 대각 부재 $AE$를 먼저 구한다.
$N_{AE} \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 5$
따라서
$N_{AE} = \frac{5\sqrt{13}}{3} kN$
이다.

2. 같은 절점 $A$의 수평평형에서 부재 $AB$를 구한다.
$N_{AB} + N_{AE} \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = 0$
$N_{AB} = -\frac{10}{3} kN$
이므로 $AB$는 $\frac{10}{3} kN$ 압축이다.

3. 절점 $E$의 수직평형에서 수직 부재 $BE$를 구한다.
절점 $E$에는 대각 부재 $AE$, 수직 부재 $BE$, 수평 부재 $EF$가 만나고 외력은 없다. 수평 부재 $EF$는 연직성분이 없으므로 절점 $E$의 연직평형은 $AE$의 수직성분과 $BE$만으로 성립한다.
$N_{BE} + N_{AE} \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0$
$N_{BE} = -5kN$
이므로 수직 부재 $BE$는 $5kN$ 압축이며, 절점 $A$에 걸린 하중이 $AE$를 거쳐 $BE$를 통해 절점 $B$로 아래 방향 $5kN$ 만큼 전달된다.

4. 절점 $B$의 수직평형에서 대각 부재 $BF$를 구한다.
절점 $B$에는 직접 작용하는 하중 $5kN$과, 수직 부재 $BE$가 전달하는 아래 방향 힘 $5kN$이 함께 아래로 작용하므로, 이 둘을 대각 부재 $BF$의 수직성분이 받쳐야 한다.
$N_{BF} \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} - 5 - 5 = 0$
$N_{BF} = \frac{10\sqrt{13}}{3} kN$
이다.

5. 절점 $B$의 수평평형에서 부재 $BC$를 구한다.
절점 $B$에는 $AB$ 압축으로 인한 오른쪽 힘 $\frac{10}{3} kN$, $BF$의 수평성분인 오른쪽 힘 $\frac{20}{3} kN$이 작용한다.
$\frac{10}{3} + N_{BC} + \frac{20}{3} = 0$
$N_{BC} = -10kN$
따라서 부재 $BC$는 $10kN$ 압축이다.

NoteBase

**선지별 해설**

① O
- 계산 결과 $N_{BC} = -10kN$이므로 $BC$의 부재력은 $10kN$ 압축이다.

② X
- 크기 $10kN$까지는 맞지만 부호 해석이 틀렸다. $N_{BC}$가 음수이므로 인장이 아니라 압축이다.
- 틀린 표현은 "10(인장)"이고, 올바르게는 "10(압축)"이다.

③ X
- $20kN$은 절점 $B$의 두 하중 $5kN + 5kN$을 축력으로 직접 오인하면 나오는 값이다. 실제로는 대각 부재의 성분 분해와 절점 평형을 거쳐야 하므로 $BC$는 $20kN$이 아니다.
- 틀린 표현은 "20(압축)"이고, 올바르게는 "10(압축)"이다.

④ X
- 크기와 방향이 모두 틀렸다. $BC$는 $20kN$ 인장이 아니라 $10kN$ 압축이다.
- 틀린 표현은 "20(인장)"이고, 올바르게는 "10(압축)"이다.

**오답 포인트**

대각 부재의 기하를 무시하고 절점 하중 $5kN$ 두 개를 그대로 $BC$ 축력으로 옮기면 $20kN$ 같은 오답이 나온다. 또 $N_{BC} = -10kN$에서 음수 부호를 놓치면 압축과 인장을 뒤바꾸게 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

캔틸레버형 트러스는 자유단에 가까운 절점부터 절점법으로 푼다. 먼저 미지수 2개 이하인 절점 $A$를 풀고, 상현 절점 $E$에서 수직 부재 $BE$를 구해 하중 전달 경로를 확인한 뒤, 절점 $B$로 이동하여 $\sum V = 0$로 대각 부재를 구하고 $\sum H = 0$로 목표 부재의 축력을 정리하면 된다.

**암기 포인트**

트러스 축력은 절점법, 방향 판별은 부호로 정리된다. $N < 0$이면 압축, $N > 0$이면 인장이다.

NoteBase

**문 3. 그림과 같은 3경간 연속보의 영향선도 중 옳지 않은 것은?**



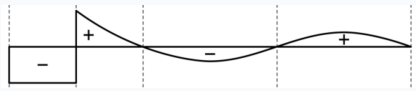

① 지점 A 반력




② 지점 B 반력




③ 단면 C 전단력




④ 단면 C 휨모멘트




**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 3경간 연속보에서 반력, 전단력, 휨모멘트의 영향선 형상을 구분하고 특히 단면 C 전단력 영향선의 불연속 조건을 판별하는 문제이다.

**선지별 해설**

1번 O: 지점 A 반력의 영향선은 A에서 양의 값을 가지고 다른 지점들을 지나면서 연속보의 구속조건에 따라 부호가 바뀔 수 있다. 그림의 형상처럼 첫 경간에서는 양, 다음 경간에서는 음, 마지막 경간에서는 다시 양으로 나타나는 배열은 가능하다.

2번 O: 지점 B 반력의 영향선은 B 부근에서 가장 크게 나타나고 인접 경간과 먼 경간에서 부호가 달라질 수 있다. 제시된 형상은 내부지점 반력 영향선의 일반적인 부호 변화와 맞는다.

3번 X: 단면 C 전단력 영향선은 C에서만 1만큼의 수직 점프가 생겨야 한다. 하중이 C의 왼쪽에 있으면 $V_C = R_A - 1$, 오른쪽에 있으면 $V_C = R_A$가 되므로 C 좌측 구간도 지점 A 반력 영향선을 1만큼 내린 곡선 또는 직선 형상이어야 한다. 제시된 그림처럼 A에서 C까지가 일정한 직사각형 상수값으로 유지되면 잘못이다. 틀린 표현은 'A~C 구간이 일정한 음의 값이다'이고, 올바르게는 'A에서는 0에서 시작하여 C 직전까지 연속적으로 변한 뒤 C에서 1만큼 점프한다'이다.

4번 O: 단면 C 휨모멘트 영향선은 단면 위치 C에서 최대 양의 값을 갖고, 인접 지점에서는 0을 지나며 다른 경간에서는 연속보 효과로 음과 양의 구간이 생길 수 있다. 제시된 형상은 단면 C 휨모멘트 영향선으로 타당하다.

NoteBase

**오답 포인트**

전단력 영향선을 단순히 '좌측은 음, 우측은 양'으로만 외우면 3번처럼 좌측 구간을 상수 직사각형으로 잘못 보게 된다. 이 문제의 함정은 전단력 영향선에도 단면 외 구간에서는 반력 영향선의 변화가 그대로 반영된다는 점이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

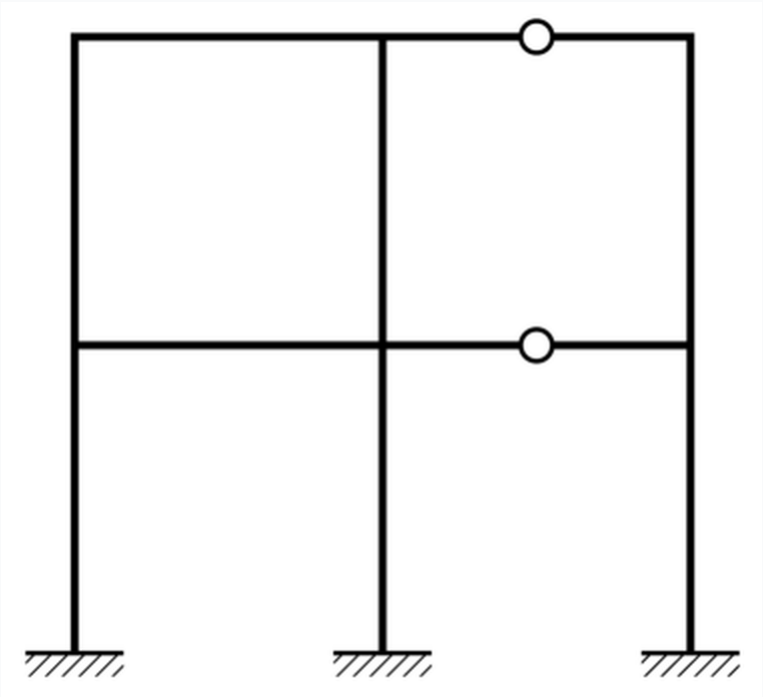
전단력 영향선이 나오면 먼저 절단면에서 1만큼 점프하는지 확인하고, 그다음 좌측은 해당 반력 영향선에서 1을 뺀 값, 우측은 해당 반력 영향선과 같은 형상인지 비교하면 된다.

**암기 포인트**

전단력 영향선은 절단면에서 단위 점프, 휨모멘트 영향선은 절단면에서 꼭짓점 형상이다.

NoteBase

**문 4. 그림과 같은 구조물의 부정정차수는?**



① 6

② 8

③ 10

④ 12

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 평면 강절골조의 부정정차수를 기본식으로 구하고, 내부힌지 수만큼 차수를 줄이는 원리를 묻는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 구조물은 2층 2경간의 평면 강절골조이다.
지점은 3개이며 모두 고정지지이므로 반력 성분 수는 9이다.
부재 수는 기둥 6개 구간과 보 4개 구간을 합해 10이다.
절점 수는 하부 3개, 중간층 3개, 상부 3개로 9이다.
우측 경간의 보에 내부힌지가 2개 있다.

NoteBase

**사용할 공식**

평면 강절골조의 부정정차수는 $D_s = r + 3m - 3j - h$이다.
여기서 $r$은 외부반력 수, $m$은 부재 수, $j$는 절점 수, $h$는 내부힌지 수이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 구조가 평면 골조이고, 내부힌지가 있는 강절구조이기 때문이다.

**계산 과정**

1. 외부반력 수는 고정지지 3개이므로 $r = 3 \times 3 = 9$이다.
2. 부재 수는 기둥 6개와 보 4개를 합해 $m = 10$이다.
3. 절점 수는 기초 3개, 중간층 3개, 상부 3개로 $j = 9$이다.
4. 내부힌지는 2개이므로 $h = 2$이다.
5. 따라서
$D_s = r + 3m - 3j - h = 9 + 3 \times 10 - 3 \times 9 - 2 = 10$
이다.

**선지별 해설**

① X
6은 부정정차수를 지나치게 적게 계산한 값이다. 내부힌지 2개만 보고 큰 폭으로 차수를 줄이면 안 된다.
올바르게는 $12 - 2 = 10$이므로 정정값은 10이다.

② X
8은 절점 수나 부재 수를 일부 누락해서 계산한 경우에 나오는 값이다. 이 구조의 보는 4개 구간, 기둥은 6개 구간으로 세어야 한다. 올바른 값은 10이다.

③ O
고정지지 3개이므로 외부반력은 9, 부재 수는 10, 절점 수는 9, 내부힌지는 2개이다. 따라서
$D_s = 9 + 30 - 27 - 2 = 10$이므로 맞다.

④ X
12는 내부힌지가 없는 같은 골조의 기본 부정정차수이다. 이 문제의 구조에는 내부힌지 2개가 있으므로 12에서 2를 빼야 한다. 올바른 값은 10이다.

**오답 포인트**

이 문제의 함정은 내부힌지가 그려져 있는데도 이를 무시하고 기본 골조값 12를 고르는 경우와, 반대로 내부힌지 때문에 부재 수나 절점 수까지 잘못 다시 세어 지나치게 작은 값을 고르는 경우이다. 내부힌지는 부정정차수를 1개씩 줄인다는 점이 핵심이다.

NoteBase

### 다시 나오면 이렇게 판단

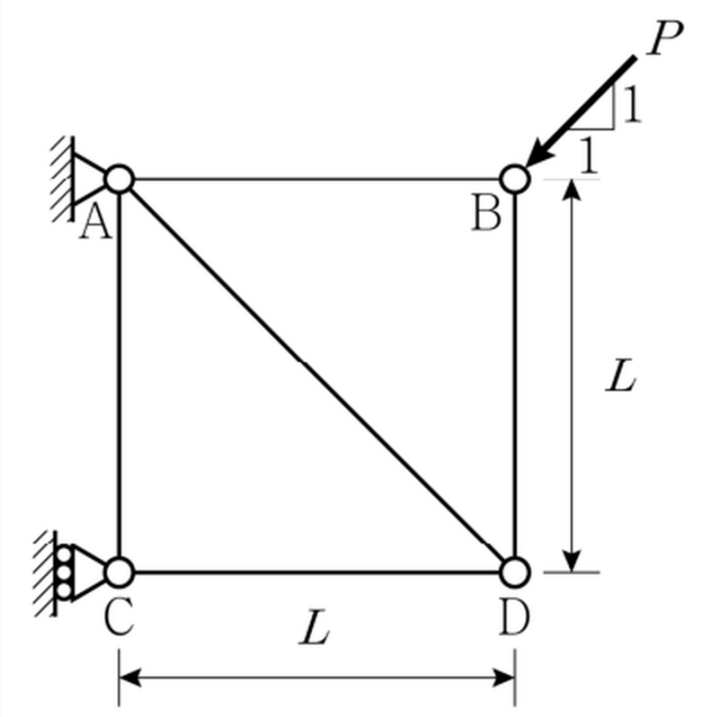
골조의 부정정차수 문제는 먼저 지점 종류로 $r$을 세고, 다음으로 보와 기둥의 부재 수 $m$, 절점 수 $j$를 센 뒤, 내부힌지가 있으면 마지막에 $h$만큼 차감하는 순서로 판단한다.

### 암기 포인트

평면 강절골조는 $D_s = r + 3m - 3j - h$이며, 내부힌지 1개는 부정정차수 1 감소로 기억한다.

NoteBase

**문 5. 그림과 같은 트러스 구조물에서 영(0)부재는?**




① AB

② AC

③ AD

④ CD

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 트러스 절점에 작용하는 힘의 방향을 보고 0부재를 판정하는 문제이다. C절점에는 수평 반력과 수평부재 CD만 작용하므로 수직부재 AC의 축력이 0이 된다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X: "AB가 0부재이다"가 틀렸다. B절점에는 45도 방향의 하중 $P$가 작용하므로 수평 성분을 평형시키는 AB에는 축력이 생긴다. 올바르게는 AB는 축력이 0이 아닌 부재이다.
② O: C절점의 지점은 수직벽에 대한 롤러이므로 반력은 수평방향만 존재한다. C절점에 연결된 부재는 수직인 AC와 수평인 CD뿐이므로 $\sum F_y = 0$에서 AC의 축력은 0이 된다.
③ X: "AD가 0부재이다"가 틀렸다. AD는 대각부재로서 B절점 하중과 다른 부재력의 평형을 맞추는 과정에 참여하므로 축력이 생긴다. 올바르게는 AD는 하중전달에 참여하는 부재이다.
④ X: "CD가 0부재이다"가 틀렸다. C절점의 수평 반력을 CD가 함께 평형시켜야 하므로 CD에는 수평축력이 작용한다. 올바르게는 CD는 일반적으로 축력이 0이 아닌 수평부재이다.

### 오답 포인트

0부재 판정을 할 때 하중이 걸린 절점부터 무조건 보는 경우가 많다. 이 문제는 B절점보다 C절점이 더 단순하며, C절점에서 수직 성분을 가지는 부재가 AC 하나뿐이라는 점을 놓치면 AB나 AD를 답으로 고르기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

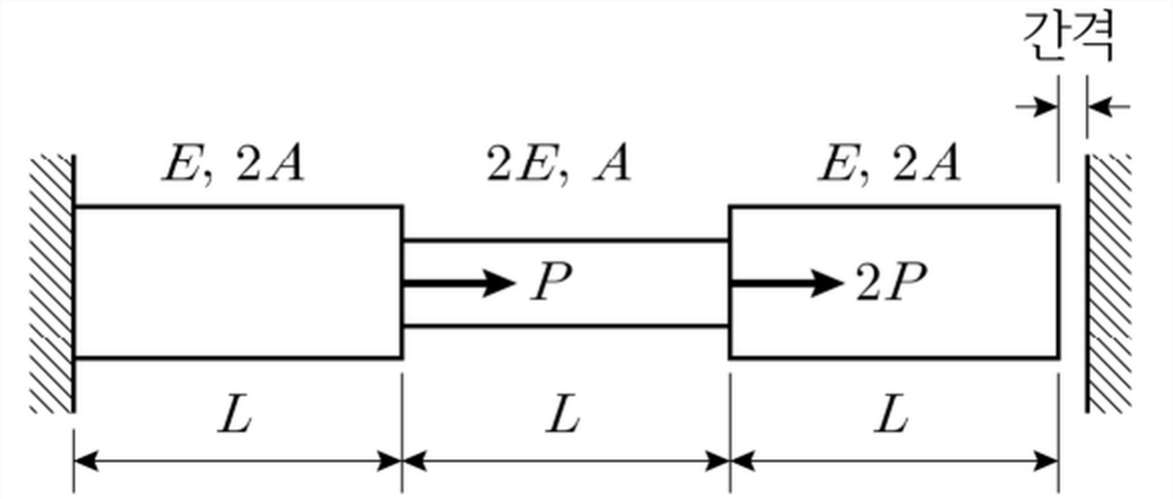
먼저 외력이나 지점반력의 방향이 단순한 절점을 찾는다. 그 절점에서 어떤 방향의 힘을 부담하는 부재가 하나뿐이면 그 방향 평형식으로 0부재를 바로 판정할 수 있다.

### 암기 포인트

수직 성분이 없는 절점에서 수직부재가 하나뿐이면 그 부재는 0부재가 된다.

NoteBase

**문 6. 그림과 같이 부재가 왼쪽 단은 구속되어 있고 오른쪽 단에는 벽과 간격을 두고 있다. 부재에 작용한 하중에 의해 오른쪽 벽에 반력이 발생하지 않기 위한 최소간격[mm]은? (단, $E$는 탄성계수, $A$는 단면적이고, $\frac{PL}{EA} = 1\text{mm}$이다)**




① 1.0

② 1.5

③ 2.0

④ 2.5

**정답 4번**

**출제 포인트**

축하중을 받는 단계축 부재에서 각 구간의 축력과 축강성 $E_iA_i$를 구한 뒤 자유단 변위를 합산하는 문제이다.

**조건 정리**

왼쪽 끝은 고정이고 오른쪽 끝은 벽과 간격만 있으며 아직 접촉하지 않은 상태이다.
오른쪽 벽에 반력이 생기지 않는 최소간격은 접촉 직전 오른쪽 끝 변위와 같다.
세 구간의 축강성은 각각 $E_1A_1 = E \cdot 2A = 2EA$, $E_2A_2 = 2E \cdot A = 2EA$, $E_3A_3 = E \cdot 2A = 2EA$로 모두 같다.
주어진 값은 $PL/EA = 1mm$이다.

**사용할 공식**

축변형량은 $\delta = \sum N_iL_i/(E_iA_i)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 각 구간의 재료와 단면이 다르므로 구간별 축력을 먼저 구한 뒤 변형량을 합산해야 하기 때문이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 오른쪽 벽과 접촉하기 전에는 오른쪽 끝 반력이 0이므로 각 구간 축력은 그 절단면 오른쪽에 있는 외력의 합으로 정한다.
2. 오른쪽 구간은 하중 작용점이 더 없으므로 $N_3 = 0$이다.
3. 가운데 구간은 오른쪽의 $2P$만 전달하므로 $N_2 = 2P$이다.
4. 왼쪽 구간은 오른쪽의 $P$와 $2P$를 모두 전달하므로 $N_1 = 3P$이다.
5. 따라서 오른쪽 끝 변위는 $\delta = \frac{3PL}{2EA} + \frac{2PL}{2EA} + \frac{0 \cdot L}{2EA} = \frac{5}{2}\frac{PL}{EA} = 2.5mm$이다.
6. 접촉 직전 변위가 최소간격이므로 필요한 간격은 2.5 mm이다.

**선지별 해설**

① X: 1.0 mm는 주어진 $PL/EA = 1mm$만 그대로 쓴 값이라서 각 구간의 실제 축력과 변형량 합산이 빠져 있다. 간격은 1.0 mm가 아니라 2.5 mm이다.
② X: 1.5 mm는 왼쪽 구간의 변형량 $3PL/(2EA) = 1.5mm$만 반영한 값이다. 올바르게는 가운데 구간의 $2PL/(2EA) = 1.0mm$도 더해야 하므로 2.5 mm이다.
③ X: 2.0 mm는 총변형량에서 $PL/(2EA) = 0.5mm$를 빠뜨린 값이라서 틀리다. 올바르게는 왼쪽 구간 1.5 mm와 가운데 구간 1.0 mm를 합해 2.5 mm이다.
④ O: 왼쪽 구간은 1.5 mm, 가운데 구간은 1.0 mm, 오른쪽 구간은 0 mm 변형하므로 총 자유단 변위는 2.5 mm이다. 따라서 반력이 생기지 않기 위한 최소간격은 2.5 mm이다.

**오답 포인트**

벽에 반력이 발생하지 않는다는 조건을 놓치면 오른쪽 끝을 지지점처럼 해석하기 쉽다. 이 문항은 접촉 전 상태이므로 오른쪽 끝은 자유단이고, 따라서 오른쪽 구간 축력은 0이며 왼쪽으로 갈수록 전달되는 하중이 누적된다는 점이 핵심 함정이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

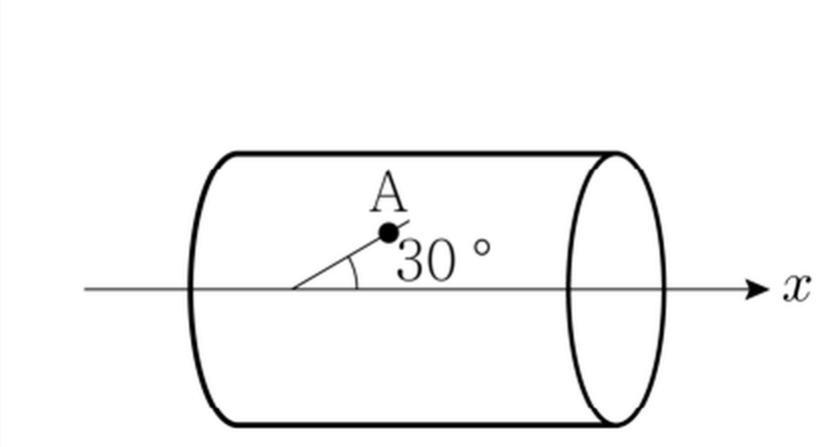
축방향 간격 문제는 접촉 직전 상태를 먼저 잡고 자유단이면 반력을 0으로 둔다. 그다음 각 구간의 축력을 오른쪽 외력 합으로 정하고 $\sum NL/EA$로 끝단 변위를 계산하면 된다.

**암기 포인트**

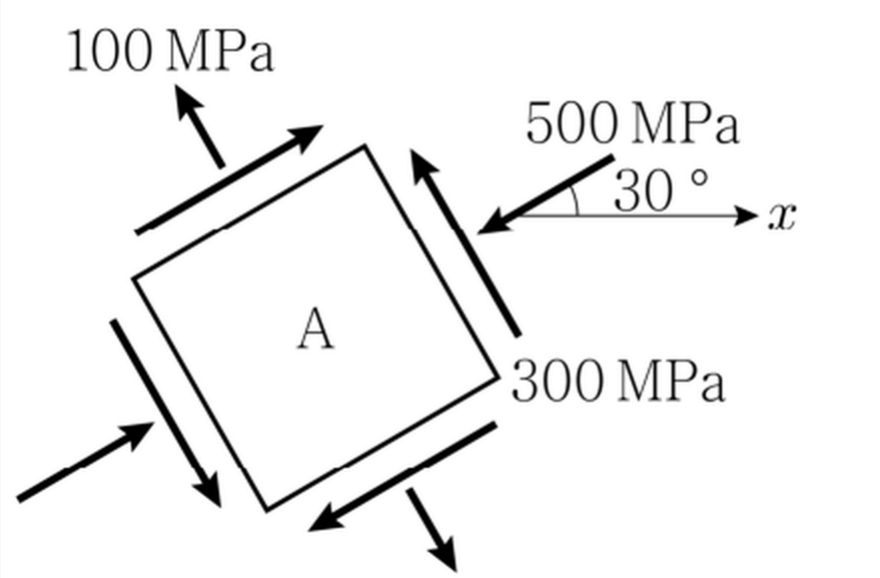
접촉 직전 최소간격은 자유단 변위와 같고, 단계축 부재의 변위는 $\sum NL/EA$로 합산한다.

NoteBase

**문 7. 부재의 미소응력요소 A점에서 그림과 같은 평면응력 상태에 있을 때 주응력 및 최대전단응력의 크기[MPa]는?**




<부재>




<평면응력 상태>

① 주응력: $-100 \pm 100\sqrt{2}$ MPa, 최대전단응력: $200\sqrt{2}$ MPa

② 주응력: $-200 \pm 200\sqrt{2}$ MPa, 최대전단응력: $200\sqrt{3}$ MPa

③ 주응력: $-200 \pm 300\sqrt{2}$ MPa, 최대전단응력: $300\sqrt{2}$ MPa

④ 주응력: $-300 \pm 200\sqrt{3}$ MPa, 최대전단응력: $300\sqrt{2}$ MPa

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 주어진 평면응력 성분에서 모어원 공식을 사용해 주응력과 최대전단응력을 구하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

주어진 값:
- 오른쪽 면의 수직응력은 압축 $500MPa$이므로 $\sigma_x = -500MPa$이다.
- 윗면의 수직응력은 인장 $100MPa$이므로 $\sigma_y = 100MPa$이다.
- 전단응력의 크기는 $300MPa$이다.

구해야 할 값:
- 주응력 $\sigma_1, \sigma_2$
- 최대전단응력 $\tau_{max}$

주의할 조건:
- 압축은 음수, 인장은 양수로 둔다.
- 최대전단응력은 모어원의 반지름과 같다.

### 사용할 공식

주응력과 최대전단응력은 다음으로 구한다.

$$\sigma_{avg} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}, \quad R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{1,2} = \sigma_{avg} \pm R, \quad \tau_{max} = R$$

이 공식을 쓰는 이유:

주어진 값이 한 점의 평면응력 성분 $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$이므로 모어원 반지름과 중심을 바로 계산하면 주응력과 최대전단응력이 동시에 정리된다.

### 계산 과정

1. 평균응력을 구하면 $\sigma_{avg} = \frac{-500 + 100}{2} = -200MPa$이다.
2. 모어원 반지름을 구하면

$$R = \sqrt{\left(\frac{-500 - 100}{2}\right)^2 + 300^2} = \sqrt{(-300)^2 + 300^2} = 300\sqrt{2}MPa$$

이다.

3. 따라서 주응력은

$$\sigma_{1,2} = -200 \pm 300\sqrt{2}MPa$$

이고, 최대전단응력은 $\tau_{max} = 300\sqrt{2}MPa$이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X
- 제시된 "$-100 \pm 100\sqrt{2}, 200\sqrt{2}$"는 평균응력을 $-100MPa$로 잘못 잡은 값이다. 실제 평균응력은 $-200MPa$이다.
- 또한 그 주응력쌍이라면 반지름은 $100\sqrt{2}MPa$이므로 제시된 최대전단응력 $200\sqrt{2}MPa$와도 서로 맞지 않는다.
- 올바르게는 주응력 $-200 \pm 300\sqrt{2}MPa$, 최대전단응력 $300\sqrt{2}MPa$이다.

② X
- 제시된 "$-200 \pm 200\sqrt{2}, 200\sqrt{3}$"는 평균응력은 맞지만 반지름을 잘못 계산한 값이다. 실제 반지름은 $300\sqrt{2}MPa$이다.
- 따라서 최대전단응력도 $200\sqrt{3}MPa$가 아니라 모어원 반지름과 같은 $300\sqrt{2}MPa$가 되어야 한다.
- 올바르게는 주응력 $-200 \pm 300\sqrt{2}MPa$, 최대전단응력 $300\sqrt{2}MPa$이다.

③ O
- 평균응력 $-200MPa$, 모어원 반지름 $300\sqrt{2}MPa$를 정확히 반영한 조합이다.
- 따라서 주응력은 $-200 \pm 300\sqrt{2}MPa$, 최대전단응력은 $300\sqrt{2}MPa$가 되어 정답이다.

④ X
- 제시된 "$-300 \pm 200\sqrt{3}, 300\sqrt{2}$"는 최대전단응력 값만 우연히 같고, 주응력의 중심을 $-300MPa$로 잘못 잡았다. 실제 중심은 $-200MPa$이다.
- 주응력이 저 값이라면 그 반지름은 $200\sqrt{3}MPa$이므로 같은 줄에 적힌 최대전단응력 $300\sqrt{2}MPa$와도 일치하지 않는다.
- 올바르게는 주응력 $-200 \pm 300\sqrt{2}MPa$, 최대전단응력 $300\sqrt{2}MPa$이다.

### 오답 포인트

압축응력 $500MPa$의 부호를 음수로 두지 않으면 평균응력 중심이 틀어진다. 또 최대전단응력은 별도 공식을 외워 넣는 값이 아니라 모어원 반지름과 같으므로, 주응력쌍의 중심과 반지름이 함께 맞는지 한 번 더 대조해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

평면응력 계산형은 먼저 인장·압축 부호를 정한 뒤 $\sigma_{avg}$와 반지름 $R$을 구한다. 그다음 주응력은 $\sigma_{avg} \pm R$, 최대전단응력은 $R$로 바로 연결해 선지의 중심값과 반지름이 동시에 맞는지 확인하면 된다.

### 암기 포인트

모어원은 중심 $\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$, 반지름 $\sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$로 정리되고, 최대전단응력은 반지름과 같다.

NoteBase

**문 8. 단면2차모멘트 없이 계산할 수 있는 이론값은?**

① 장주의 좌굴하중

② 단순보의 휨강성

③ 축부재의 유연도

④ 캔틸레버보의 처짐

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 부재의 이론값이 굽힘강성 $EI$에 지배되는지, 축강성 $EA$에 지배되는지를 구별할 수 있는지를 묻는다.

**핵심 개념**

장주의 좌굴과 보의 처짐·휨강성은 굽힘거동이므로 단면2차모멘트 $I$가 들어간다.
축부재의 유연도는 축변형에 대한 값이므로 $f = L/AE$처럼 $A$와 $E$로 정해지고 $I$는 필요하지 않다.

**선지별 해설**

1번 X: 장주의 좌굴하중은 오일러 좌굴식 $P_{cr} = \pi^2 EI/(KL)^2$로 계산하므로 $I$가 반드시 필요하다. 틀린 표현은 "단면2차모멘트 없이"이고, 올바르게는 "장주의 좌굴하중은 단면2차모멘트를 포함해 계산한다"이다.
2번 X: 단순보의 휨강성은 정의 자체가 $EI$이다. 틀린 표현은 "단면2차모멘트 없이 계산할 수 있다"는 취지이고, 올바르게는 "단순보의 휨강성은 탄성계수와 단면2차모멘트의 곱으로 정해진다"이다.
3번 O: 축부재의 유연도는 축강성의 역개념으로 $f = L/AE$ 또는 $\delta = PL/AE$의 형태로 다룬다. 축변형 문제이므로 단면2차모멘트 $I$가 없어도 계산할 수 있다.
4번 X: 캔틸레버보의 처짐은 대표적으로 끝단 집중하중일 때 $\delta = PL^3/(3EI)$이므로 $I$가 필수이다. 틀린 표현은 "단면2차모멘트 없이"이고, 올바르게는 "캔틸레버보의 처짐은 굽힘강성 $EI$를 사용해 계산한다"이다.

**오답 포인트**

좌굴하중, 휨강성, 처짐은 모두 보의 굽힘과 연결된 값인데, 축부재의 유연도만 축변형 값이라는 점을 놓치면 1번이나 4번과 혼동하게 된다. 특히 "유연도"라는 말이 낯설면 처짐과 비슷한 개념으로 오해하기 쉽다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

값을 구할 때 부재가 휘는지, 늘어나고 줄어드는지만 보는지를 먼저 구분한다. 굽힘이면 $EI$가 들어가고, 축변형이면 보통 $EA$가 들어간다고 판단하면 된다.

**암기 포인트**

보가 휘면 $EI$, 부재가 늘고 줄면 $EA$이다. 유연도는 강성의 역개념이다.

NoteBase

**문 9. 열응력(온도응력)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?**

① 단위는 Pa을 쓸 수 있다.

② 열팽창 계수에 비례한다.

③ 탄성계수에 비례한다.

④ 부재의 단면적에 비례한다.

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 구속된 부재에서 발생하는 열응력의 비례 관계와 열응력과 열하중을 구별할 수 있는지를 묻는다.

**핵심 개념**

열응력은 온도변화에 의한 자유팽창이 구속될 때 생기는 응력이다. 완전구속된 선형 탄성 부재에서는 열응력이 $\sigma = E\alpha\Delta T$로 주어지므로 탄성계수 $E$, 열팽창계수 $\alpha$, 온도변화 $\Delta T$에 비례하고 단면적 $A$에는 직접 비례하지 않는다. 단면적은 열응력이 아니라 열하중 $P = \sigma A = E\alpha\Delta TA$에 영향을 준다.

**선지별 해설**

1번: O. 열응력은 응력이므로 단위는 압력 단위와 같은 $Pa$를 쓸 수 있다.
2번: O. 완전구속 조건에서 열응력은 $\sigma = E\alpha\Delta T$이므로 열팽창계수 $\alpha$에 비례한다.
3번: O. 같은 식에서 열응력은 탄성계수 $E$에 비례한다. 재료가 더 강성일수록 같은 온도변화에서 더 큰 열응력이 생긴다.
4번: X. 틀린 표현은 '부재의 단면적에 비례한다'이다. 열응력 자체는 단면적과 무관하고, 단면적에 비례하는 것은 구속반력 또는 열하중이다. 올바르게는 '열응력은 단면적에 비례하지 않고, 열하중이 단면적에 비례한다'이다.

**오답 포인트**

열응력 $\sigma$와 열하중 $P$를 같은 것으로 보면 4번에 속기 쉽다. 식에 $A$가 등장하는 것은 힘으로 바꾼 $P = \sigma A$일 때이지, 응력 식 자체가 아니다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

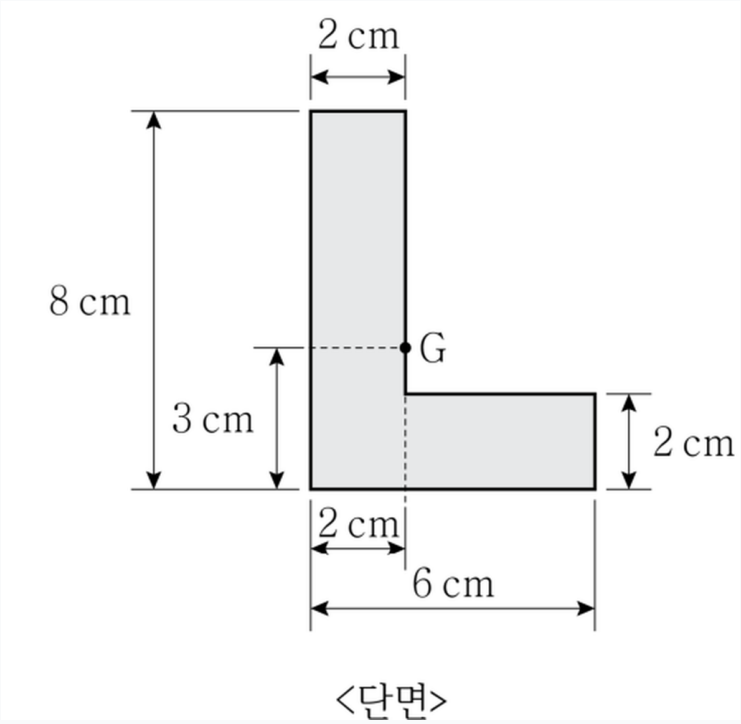
온도응력 문제에서는 먼저 무엇을 묻는지 응력인지 힘인지를 구분한다. 응력이면 $\sigma = E\alpha\Delta T$를, 힘이면 여기에 단면적 $A$를 곱한 $P = E\alpha\Delta TA$를 적용하면 된다.

**암기 포인트**

열응력은 $E$, $\alpha$, $\Delta T$에 비례하고 단면적과는 무관하며, 단면적은 열하중에서만 붙는다.

NoteBase

**문 10. 그림과 같은 단면의 도심에 대한 최대와 최소 주단면2차모멘트의 합 $(I_{max} + I_{min})[cm^4]$은? (단, G는 도심이다)**



<단면>

① 100

② 154

③ 170

④ 200

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 L형 도심 단면에서 최대와 최소 주단면2차모멘트의 합이 중심축 기준 $I_x + I_y$와 같다는 성질을 이용해 값을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 단면은 바깥 직사각형 $6cm \times 8cm$에서 안쪽 직사각형 $4cm \times 6cm$을 뺀 L형 단면이다.
도심 $G$는 왼쪽 아래 꼭짓점을 기준으로 $x = 2cm, y = 3cm$ 위치에 있다.
구해야 할 값은 $I_{max} + I_{min}$이다.

NoteBase

### 사용할 공식

주단면2차모멘트의 합은 좌표축을 회전해도 변하지 않으므로

$I_{max} + I_{min} = I_x + I_y$

이다.

이 문제는 최대값과 최소값의 합만 묻기 때문에 주단면축의 방향을 따로 구할 필요가 없고, 평행축정리로 도심 $G$ 축 기준 $I_x$, $I_y$만 구하면 된다.

### 계산 과정

1. 단면을 바깥 직사각형에서 빈 직사각형을 뺀 형태로 본다.

2. 바깥 직사각형 $6cm \times 8cm$의 도심은 $(3, 4)$이므로 도심 $G$와의 거리는 각 방향으로 $1cm$이다.

$I_x^{(outer)} = \frac{6 \cdot 8^3}{12} + 48 \cdot 1^2 = 304$

$I_y^{(outer)} = \frac{8 \cdot 6^3}{12} + 48 \cdot 1^2 = 192$

3. 빈 직사각형 $4cm \times 6cm$의 도심은 $(4, 5)$이므로 도심 $G$와의 거리는 각 방향으로 $2cm$이다.

$I_x^{(void)} = \frac{4 \cdot 6^3}{12} + 24 \cdot 2^2 = 168$

$I_y^{(void)} = \frac{6 \cdot 4^3}{12} + 24 \cdot 2^2 = 128$

4. 따라서 L형 단면의 도심축 단면2차모멘트는

$I_x = 304 - 168 = 136, \quad I_y = 192 - 128 = 64$

이고,

$I_{max} + I_{min} = I_x + I_y = 136 + 64 = 200$

이므로 답은 $200cm^4$이다.

### 선지 판단

1번 X: 계산 결과는 $200cm^4$이므로 100은 옳지 않다. 한 축의 단면2차모멘트만 보거나 평행축정리의 $Ad^2$항을 일부 빠뜨리면 이런 값으로 흐르기 쉽다. 1번의 수치를 $200cm^4$로 고치면 옳다.

2번 X: $I_x + I_y$를 끝까지 더하지 않고 중간값만 취하면 154 같은 오답이 나온다. 이 문제는 주단면2차모멘트 하나가 아니라 그 합을 묻는다. 2번의 수치를 $200cm^4$로 고치면 옳다.

3번 X: 170은 빈 직사각형 제거 또는 평행축정리 거리 제곱항을 일부 누락했을 때 나올 수 있는 값이다. 바깥 부분과 빈 부분을 모두 도심 $G$축으로 옮겨 계산해야 한다. 3번의 수치를 $200cm^4$로 고치면 옳다.

4번 O: $I_{max} + I_{min} = I_x + I_y = 200cm^4$이므로 옳다.

### 오답 포인트

주단면축의 방향을 먼저 구해야 한다고 생각해 곱관성모멘트까지 계산으로 들어가면 시간이 낭비된다. 이 문항은 합만 물으므로 축 회전 불변량인 $I_x + I_y$를 쓰는지가 핵심이다. 또한 바깥 직사각형에서 빈 직사각형을 뺄 때 평행축정리의 $Ad^2$항을 빼먹으면 오답이 된다.

NoteBase

### 다시 나오면 이렇게 판단

최대와 최소 주단면2차모멘트의 합을 묻는 순간 먼저 $I_{max} + I_{min} = I_x + I_y$를 떠올린다. 이어서 복합단면을 단순 도형의 합차로 나누고, 각 도형의 도심축 값을 도심 $G$축으로 평행이동한 뒤 $I_x$와 $I_y$를 더하면 된다.

### 암기 포인트

주단면2차모멘트의 합은 주단면축을 몰라도 항상 $I_x + I_y$로 바로 구해진다.

NoteBase

**문 11. 직사각형 단면이 폭 120 mm, 높이 200 mm인 경간 10 m의 단순보가 있다. 재료의 허용인장응력과 허용압축응력은 모두 50 MPa이고 보의 전 구간에 걸쳐 등분포하중이 작용하고 있을 때, 보가 지지할 수 있는 최대 등분포하중$[kN/m]$은? (단, 보는 탄성범위 내에서 휨거동한다)**

① 3.2

② 6.4

③ 8.6

④ 9.4

**정답 1번**

### 출제 포인트

이 문제는 단순보 전 구간 등분포하중의 최대휨모멘트와 직사각형 단면의 단면계수를 이용해 허용응력에 대응하는 최대 등분포하중을 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값은 폭 $b = 120mm$, 높이 $h = 200mm$, 경간 $L = 10m$, 허용인장응력과 허용압축응력 $\sigma_{allow} = 50MPa = 50N/mm^2$이다.
구해야 할 값은 보가 지지할 수 있는 최대 등분포하중 $w$이다.
허용인장응력과 허용압축응력이 같으므로 휨응력의 허용값은 단면 상하연 모두 $50MPa$로 본다.

### 사용할 공식

직사각형 단면의 단면계수는 $Z = \frac{bh^2}{6}$이고, 휨응력식은 $\sigma = \frac{M}{Z}$이다.
단순보 전 구간 등분포하중의 최대휨모멘트는 $M_{max} = \frac{wL^2}{8}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 보가 양단 단순지지이고 전 구간에 걸쳐 등분포하중을 받기 때문이다.

### 계산 과정

1. 단면계수를 구하면 $Z = \frac{120 \times 200^2}{6} = 800{,}000mm^3$이다.
2. 허용휨모멘트는 $M_{allow} = \sigma_{allow} Z = 50 \times 800{,}000 = 40{,}000{,}000N \cdot mm = 40kN \cdot m$이다.
3. $M_{max} = M_{allow}$로 두면 $\frac{wL^2}{8} = 40$이므로 $w = \frac{8 \times 40}{10^2} = 3.2kN/m$이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① O
계산 결과 최대 등분포하중은 $3.2kN/m$이므로 옳다.

② X
선지의 $6.4kN/m$는 계산값의 두 배이다. 최대휨모멘트 식을 $\frac{wL^2}{4}$처럼 잘못 쓰거나 허용모멘트를 과대평가하면 나올 수 있는 값이다. 틀린 수치이고, 올바르게는 최대 등분포하중이 $3.2kN/m$이다.

③ X
선지의 $8.6kN/m$는 허용응력과 단면계수 관계를 잘못 적용한 값이다. 단면계수와 최대휨모멘트를 정확히 대입하면 이 값은 나오지 않는다. 틀린 수치이고, 올바르게는 최대 등분포하중이 $3.2kN/m$이다.

④ X
선지의 $9.4kN/m$는 단위 변환이나 휨모멘트 산정을 잘못한 경우에 해당한다. $N \cdot mm$를 $kN \cdot m$로 바꾸는 과정까지 반영하면 허용모멘트는 $40kN \cdot m$이므로 이 값은 성립하지 않는다. 틀린 수치이고, 올바르게는 최대 등분포하중이 $3.2kN/m$이다.

### 오답 포인트

직사각형 단면에서 $I$와 $Z$를 혼동하거나, 단순보 등분포하중의 최대휨모멘트를 $\frac{wL^2}{8}$이 아니라 다른 식으로 잘못 외우면 오답이 된다. 또한 $MPa = N/mm^2$, $N \cdot mm$, $kN \cdot m$ 단위 변환을 놓치면 수치가 크게 달라진다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

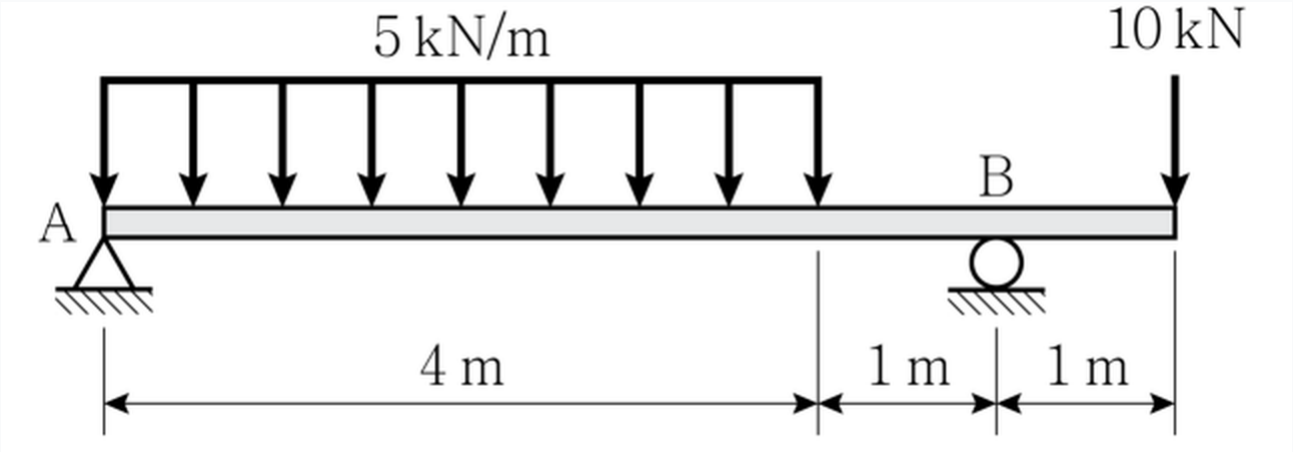
보의 허용하중 문제는 먼저 지지조건에 맞는 최대휨모멘트 식을 정하고, 다음에 단면계수로 허용모멘트를 구한 뒤, 마지막에 두 값을 같게 두어 하중을 역산하는 순서로 판단한다.

### 암기 포인트

단순보 전 구간 등분포하중은 $M_{max} = \frac{wL^2}{8}$, 직사각형 단면계수는 $Z = \frac{bh^2}{6}$이다.

NoteBase

**문 12. 그림과 같은 내민보에서 최대 휨모멘트[$kN \cdot m$] 크기는?**




① 10

② 15

③ 20

④ 25

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 지점반력을 구한 뒤 전단력과 휨모멘트의 변화를 따라 보 전체에서 최대 휨모멘트의 크기를 찾는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값:
- A는 힌지지지, B는 롤러지지이다.
- 등분포하중 $5kN/m$가 A부터 $4m$ 구간에 작용한다.
- B는 A로부터 $5m$ 지점에 있고, 우단 $1m$ 돌출부 끝에 $10kN$ 집중하중이 작용한다.

구해야 할 값:
- 보 전체에서의 최대 휨모멘트의 크기이다.

주의할 조건:
- 최대값은 양의 휨모멘트와 음의 휨모멘트의 절댓값을 모두 비교해서 정한다.

NoteBase

**사용할 공식**

평형조건 $\sum V = 0, \sum M = 0$로 반력을 구하고, 전단력-모멘트 관계 $V = dM/dx$로 최대 모멘트 지점을 찾는다.
$R_A + R_B = 20 + 10 = 30$
$R_B \cdot 5 = 20 \cdot 2 + 10 \cdot 6 = 100 \Rightarrow R_B = 20kN, R_A = 10kN$
이 공식을 쓰는 이유: 반력을 먼저 알아야 각 구간의 전단력과 휨모멘트를 정확히 계산할 수 있기 때문이다.

**계산 과정**

1. 등분포하중 $5kN/m$이 $4m$에 걸쳐 작용하므로 합력은 $20kN$이고 작용점은 A에서 $2m$ 지점이다.
2. 반력은 $R_A = 10kN, R_B = 20kN$이다.
3. $0 \le x \le 4$에서 전단력은 $V(x) = 10 - 5x$, 휨모멘트는 $M(x) = 10x - 2.5x^2$이다. $V = 0$이 되는 $x = 2m$에서
$M(2) = 10 \cdot 2 - 2.5 \cdot 2^2 = 10kN \cdot m$
4. $x = 4m$에서 $M(4) = 0$이다. $4 < x < 5$ 구간은 하중이 없으므로 전단력이 $-10kN$로 일정하고, 따라서
$M(5) = 0 + (-10) \cdot 1 = -10kN \cdot m$
5. $5 < x < 6$에서는 전단력이 $+10kN$가 되어 모멘트가 다시 증가하므로 자유단에서 $M(6) = 0$이 된다. 따라서 보 전체 최대 휨모멘트의 크기는 $|10| = 10kN \cdot m$이다.

NoteBase

**선지별 해설**

① O
- $0 \le x \le 4$ 구간에서 $V = 0$인 $x = 2m$에서 $M = 10kN \cdot m$이 나온다.
- B 지점에서는 $M = -10kN \cdot m$이므로 절댓값도 $10kN \cdot m$이다. 따라서 최대 휨모멘트의 크기는 $10kN \cdot m$이다.

② X
- 계산된 극값은 $10kN \cdot m$, 0, $-10kN \cdot m$, 0뿐이므로 $15kN \cdot m$은 나올 수 없다.
- 틀린 표현은 '최대 휨모멘트의 크기가 $15kN \cdot m$이다'라는 부분이다. 올바르게는 '최대 휨모멘트의 크기는 $10kN \cdot m$이다'이다.
- 이 값은 전단력이 0이 되는 지점을 확인하지 않고 임의의 단면에서 모멘트를 추정했을 때 고르기 쉬운 오답이다.

③ X
- 등분포하중의 합력 크기 $20kN$을 그대로 모멘트값처럼 보면 안 된다. 실제 휨모멘트는 힘에 거리까지 곱한 결과로 판단해야 한다.
- 틀린 표현은 '최대 휨모멘트의 크기가 $20kN \cdot m$이다'라는 부분이다. 올바르게는 '최대 휨모멘트의 크기는 $10kN \cdot m$이다'이다.
- $x = 2m$와 B 지점에서의 계산값이 모두 절댓값 $10kN \cdot m$이므로 $20kN \cdot m$은 검산 단계에서 바로 제외된다.

④ X
- 어느 구간에서도 휨모멘트가 $25kN \cdot m$까지 커지지 않는다. 가장 큰 양의 모멘트는 $x = 2m$에서 $10kN \cdot m$, 가장 큰 음의 모멘트는 B 지점에서 $-10kN \cdot m$이다.
- 틀린 표현은 '최대 휨모멘트의 크기가 $25kN \cdot m$이다'라는 부분이다. 올바르게는 '최대 휨모멘트의 크기는 $10kN \cdot m$이다'이다.
- 우측 집중하중 $10kN$의 효과를 과장하거나 지점반력을 잘못 구하면 이런 큰 수치를 고르기 쉽다.

**오답 포인트**

등분포하중 합력만 보고 바로 모멘트값을 추정하거나, 전단력 0 지점에서의 양의 최대모멘트와 B 지점의 음의 최대모멘트를 함께 비교하지 않으면 오답으로 흐르기 쉽다. 이 문제는 '최대 휨모멘트의 크기'를 묻기 때문에 부호가 아니라 절댓값 비교가 핵심이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

보의 최대 휨모멘트 문제는 먼저 하중을 합력으로 바꾸어 반력을 구하고, 그다음 전단력이 0이 되는 지점과 지점 직전·직후의 모멘트를 함께 계산해 절댓값을 비교하면 안정적으로 판단할 수 있다.

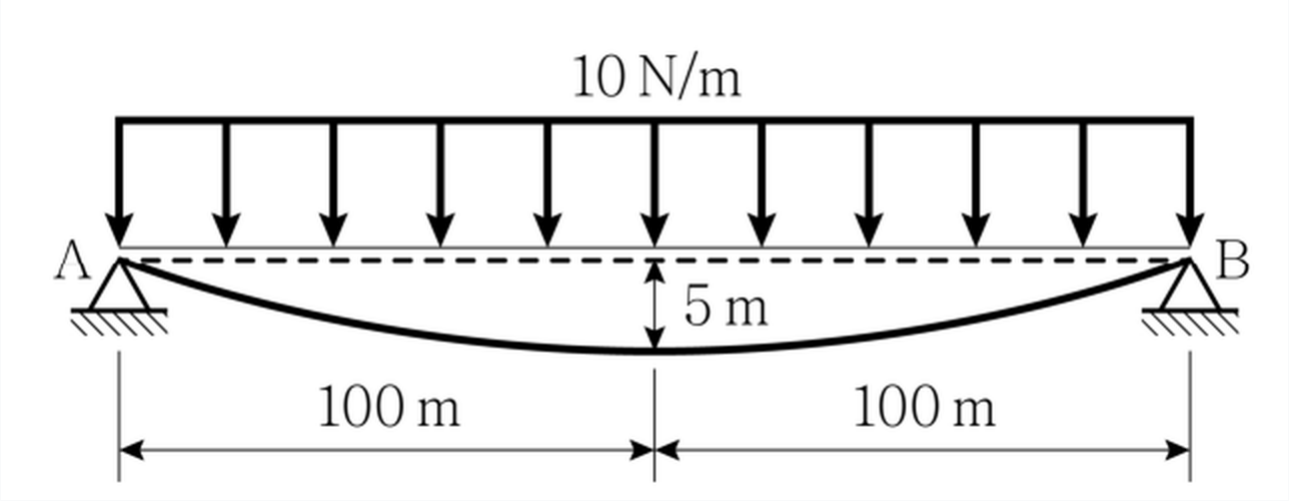
NoteBase

**암기 포인트**

등분포하중 구간은 $V = 0$인 단면이 양의 최대모멘트 후보이고, 돌출부가 있는 지점부는 음의 최대모멘트 후보가 된다.

NoteBase

**문 13. 그림과 같은 포물선 케이블에 연직방향으로 10N/m의 등분포하중이 케이블 전 구간에 작용할 때, 케이블의 최소 인장력 크기[N]는? (단, 케이블의 자중은 무시한다)**




① 5,000
② 7,500
③ 10,000
④ 12,500

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 연직 등분포하중을 받는 대칭 포물선 케이블에서 처짐과 경간으로 최소 인장력, 즉 수평장력 $H$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값:
- 등분포하중 $w = 10N/m$
- 전체 경간 $L = 200m$
- 반경간 $l = 100m$
- 처짐 $f = 5m$

구해야 할 값:
- 케이블의 최소 인장력

주의할 조건:
- 최소 인장력은 지점이 아니라 최저점에서 발생한다.

NoteBase

### 사용할 공식

대칭 포물선 케이블에서 최저점을 원점으로 보면 케이블 형상은 $y = \frac{wx^2}{2H}$ 이다.
지점에서 $x = l, y = f$ 이므로 $f = \frac{wl^2}{2H}$ 이고, 따라서 $H = \frac{wl^2}{2f} = \frac{wL^2}{8f}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유:
연직방향 등분포하중이 케이블 전 구간에 작용하고 좌우가 대칭이므로 케이블은 포물선이 되며, 최저점의 장력이 곧 최소 인장력이 된다.

### 계산 과정

1. 반경간은 $l = 100m$ 이다.
2. 처짐식에 대입하면 $H = \frac{10 \times 100^2}{2 \times 5} = \frac{100000}{10} = 10000N$ 이다.
3. 최저점에서는 연직성분이 0이므로 최소 인장력은 $T_{min} = H = 10000N$ 이다.

### 선지 판단

1번 X: 계산한 최소 인장력은 $10000N$ 이므로 $5000N$ 은 맞지 않는다. 옳게 고치면 최소 인장력은 $5000N$ 이 아니라 $10000N$ 이다.
2번 X: 처짐식 $H = \frac{wl^2}{2f}$ 에 실제 수치를 넣으면 $7500N$ 이 아니라 $10000N$ 이 나온다. 옳게 고치면 최소 인장력은 $7500N$ 이 아니라 $10000N$ 이다.
3번 O: $w = 10N/m$, $l = 100m$, $f = 5m$ 를 대입하면 최소 인장력은 정확히 $10000N$ 이다.
4번 X: $12500N$ 은 계산 결과와 다르고, 최소 인장력은 지점 장력이 아니라 최저점의 수평장력으로 판단해야 한다. 옳게 고치면 최소 인장력은 $12500N$ 이 아니라 $10000N$ 이다.

### 오답 포인트

전체 경간 $200m$ 와 반경간 $100m$ 를 혼동하거나, 최소 인장력이 지점에서 생긴다고 착각하면 오답이 된다. 이 문제의 $5m$ 는 중앙 처짐이고, 최소값은 최저점의 수평장력이라는 점이 핵심 함정이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

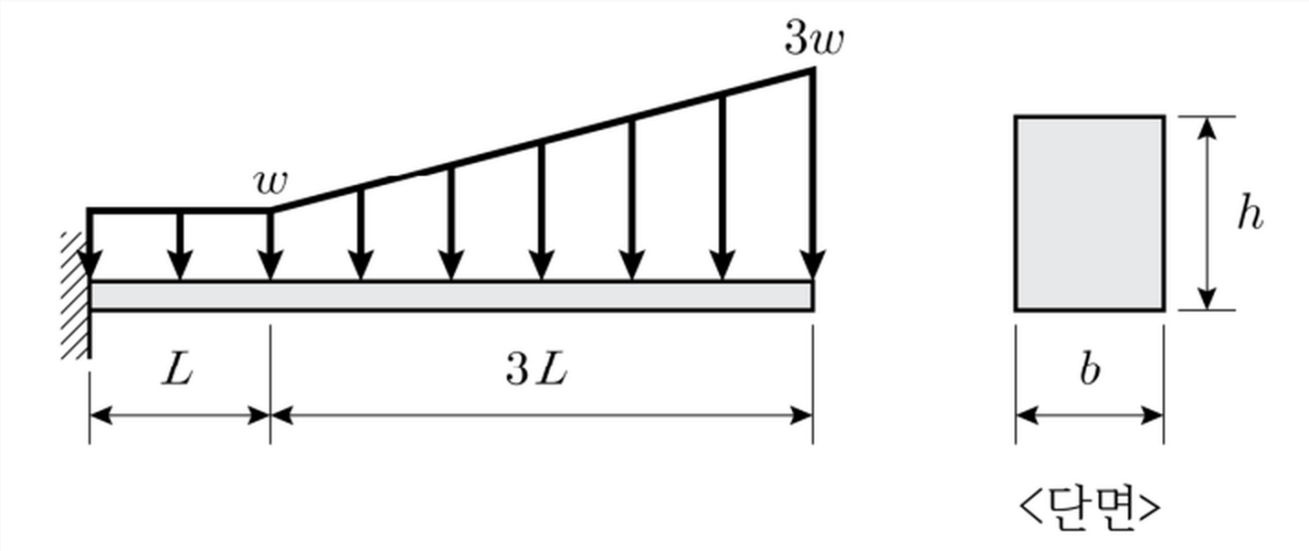
대칭 케이블 계산형은 먼저 최소 인장력이 어디서 생기는지 확인하고, 그다음 반경간과 처짐을 읽어 $H = \frac{wl^2}{2f}$ 또는 $H = \frac{wL^2}{8f}$ 에 대입해 판단한다.

### 암기 포인트

대칭 포물선 케이블의 최소 인장력은 최저점에서의 수평장력이며, $H = \frac{wL^2}{8f}$ 이다.

NoteBase

**문 14. 그림과 같은 직사각형 단면을 갖는 캔틸레버보에서 발생하는 최대 휨응력의 크기는?**




① $100\frac{wL^2}{bh^2}$
② $102\frac{wL^2}{bh^2}$
③ $150\frac{wL^2}{bh^2}$
④ $156\frac{wL^2}{bh^2}$

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 캔틸레버보의 고정단 최대휨모멘트를 구한 뒤 직사각형 단면의 휨응력식 $\sigma = \frac{M}{Z}$를 적용하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 하중은 길이 $L$ 구간의 등분포하중 $w$와, 그 오른쪽 $3L$ 구간에서 $w$에서 $3w$까지 선형 증가하는 분포하중이다.
구해야 할 값은 고정단에서의 최대 휨응력이다.
캔틸레버보의 최대 휨모멘트는 자유단이 아니라 고정단에서 발생한다.

### 사용할 공식

직사각형 단면의 최대 휨응력은 $\sigma_{max} = \frac{M_{max}c}{I} = \frac{M_{max}}{Z}$이다.
직사각형 단면에서 $I = \frac{bh^3}{12}, c = \frac{h}{2}, Z = \frac{I}{c} = \frac{bh^2}{6}$이다.
이 문제는 단면이 직사각형이고 최대응력을 묻고 있으므로, 먼저 고정단 최대모멘트 $M_{max}$를 구한 뒤 $\sigma_{max} = \frac{6M_{max}}{bh^2}$를 적용하면 된다.

NoteBase

### 계산 과정

분포하중을 두 부분으로 나누면 계산이 쉽다.
첫째, 전 길이 $4L$에 걸친 등분포하중 $w$의 합력은 $4wL$, 작용점은 고정단에서 $2L$이므로 모멘트는 $8wL^2$이다.
둘째, 오른쪽 $3L$ 구간에 추가된 삼각형 하중의 최대치는 $2w$이므로 합력은 $\frac{1}{2}\cdot 3L\cdot 2w = 3wL$이다. 이 합력의 작용점은 작은 쪽 끝인 $x=L$에서 $\frac{2}{3}\cdot 3L = 2L$ 떨어진 곳, 즉 고정단에서 $3L$ 위치이므로 모멘트는 $9wL^2$이다.
따라서 고정단 최대휨모멘트는 $M_{\max} = 8wL^2 + 9wL^2 = 17wL^2$이다.
이 값을 휨응력식에 대입하면 $\sigma_{\max} = \frac{6M_{\max}}{bh^2} = \frac{6\cdot 17wL^2}{bh^2} = \frac{102wL^2}{bh^2}$이다.

### 선지별 해설

① X
계산 결과 최대 휨응력은 $\frac{102wL^2}{bh^2}$이므로 $\frac{100wL^2}{bh^2}$는 부족하다. 증가분 삼각형 하중의 도심 위치나 고정단 모멘트를 약간 작게 잡으면 이런 과소값이 나온다.
틀린 표현은 $100\frac{wL^2}{bh^2}$이고, 올바르게는 $102\frac{wL^2}{bh^2}$이다.

② O
고정단 최대휨모멘트가 $17wL^2$, 직사각형 단면계수가 $\frac{bh^2}{6}$이므로 최대 휨응력은 $\frac{102wL^2}{bh^2}$가 된다. 따라서 2번이 옳다.

③ X
$\frac{150wL^2}{bh^2}$는 계산 결과보다 크게 나온 값이므로 오답이다. 분포하중을 실제보다 크게 단순화하거나 단면계수 적용을 잘못하면 이런 과대값이 나온다.
틀린 표현은 $150\frac{wL^2}{bh^2}$이고, 올바르게는 $102\frac{wL^2}{bh^2}$이다.

④ X
$\frac{156wL^2}{bh^2}$도 계산 결과와 일치하지 않는다. 특히 직사각형 단면의 $I$, $c$, $Z$ 관계를 잘못 넣으면 응력을 과대평가하기 쉽다.
틀린 표현은 $156\frac{wL^2}{bh^2}$이고, 올바르게는 $102\frac{wL^2}{bh^2}$이다.

### 오답 포인트

이 문제의 함정은 하중을 한 번에 보지 않고, 고정단 모멘트와 단면계수를 각각 정확히 정리하지 않으면 계수가 쉽게 흔들린다는 점이다. 특히 $w$의 기본 등분포 부분과 오른쪽 $3L$ 구간의 추가 삼각형 하중을 분리하지 않으면 모멘트 계산이 꼬이기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

캔틸레버 분포하중 문제는 먼저 최대응력 위치를 고정단으로 확정하고, 다음에 분포하중을 등분포와 삼각형으로 분해해 고정단 모멘트를 구한 뒤, 마지막에 $\sigma = \frac{M}{Z}$와 직사각형 단면계수 $Z = \frac{bh^2}{6}$를 적용하면 된다.

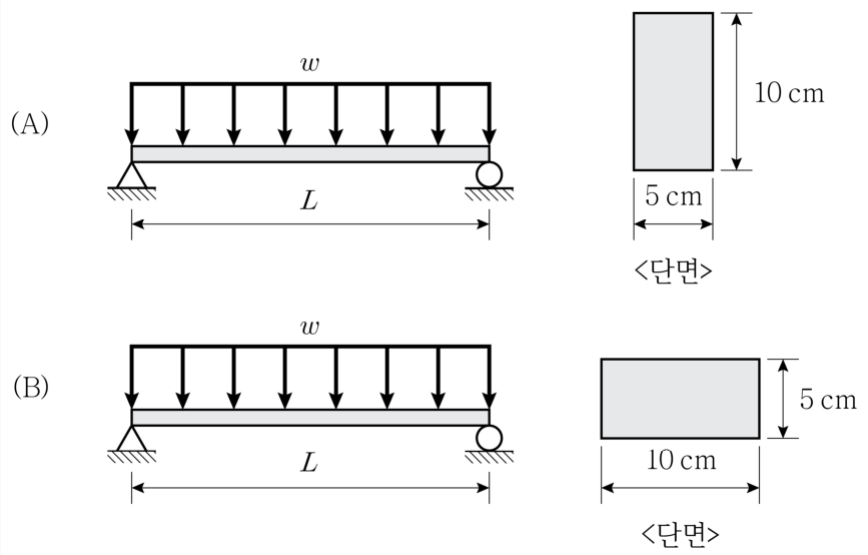
NoteBase

**암기 포인트**

직사각형 단면 최대 휨응력은 $\sigma_{max} = \frac{6M}{bh^2}$이고, 캔틸레버의 최대모멘트와 최대응력은 고정단에서 생긴다.

NoteBase

**문 15. 그림과 같은 단순보에서 휨변형에 의한 최대 처짐이 각각 $\delta_A$와 $\delta_B$일 때, $\frac{\delta_B}{\delta_A}$의 값은? (단, A, B보의 탄성계수는 동일하다)**




① 0.5

② 1.0

③ 2.0

④ 4.0

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 단순보의 최대 처짐식과 직사각형 단면의 단면2차모멘트 $I = \frac{bh^3}{12}$를 이용해 $\frac{\delta_B}{\delta_A}$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

두 보는 모두 단순보이고 등분포하중 $w$, 경간 $L$, 탄성계수 $E$가 같다.
A 단면은 가로 $5cm$, 세로 $10cm$이다.
B 단면은 가로 $10cm$, 세로 $5cm$이다.
구해야 할 값은 $\frac{\delta_B}{\delta_A}$이다.

**사용할 공식**

단순보에 등분포하중이 작용할 때 최대 처짐은 $\delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI}$이다.
직사각형 단면의 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이다.
이 문제는 $w$, $L$, $E$가 모두 같으므로 처짐은 $I$에만 반비례한다.

NoteBase

### 계산 과정

A보의 단면2차모멘트는 $I_A = \frac{5 \times 10^3}{12} = \frac{5000}{12}$이다.
B보의 단면2차모멘트는 $I_B = \frac{10 \times 5^3}{12} = \frac{1250}{12}$이다.
따라서 $I_A : I_B = 5000 : 1250 = 4 : 1$이다.
처짐은 단면2차모멘트에 반비례하므로 $\frac{\delta_B}{\delta_A} = \frac{I_A}{I_B} = 4$이다.

### 선지 판단

1번 X: 계산 결과는 0.5가 아니라 4.0이다. 틀린 표현은 처짐비를 작게 본 점이다. 올바르게는 B보의 처짐이 A보보다 4배 크다.
2번 X: 계산 결과는 1.0이 아니라 4.0이다. 틀린 표현은 두 보의 처짐이 같다고 본 점이다. 올바르게는 단면 형상이 달라 $I$가 달라지므로 처짐도 같지 않다.
3번 X: 계산 결과는 2.0이 아니라 4.0이다. 틀린 표현은 단면 높이 효과를 일부만 반영한 점이다. 올바르게는 직사각형 단면의 $I$는 $h^3$에 비례하므로 높이 차이가 크게 반영된다.
4번 O: $\frac{\delta_B}{\delta_A} = 4.0$이므로 맞는 선택지이다. A보는 $I$가 더 크고 B보는 $I$가 더 작아서 B보의 최대 처짐이 더 크게 나온다.

### 오답 포인트

직사각형 단면에서 단면2차모멘트를 $bh$ 또는 $bh^2$처럼 잘못 외우면 오답이 된다. 이 문제의 핵심 함정은 세로 치수 $h$가 세제곱으로 들어가므로 단면 방향이 바뀌면 강성이 크게 달라진다는 점이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

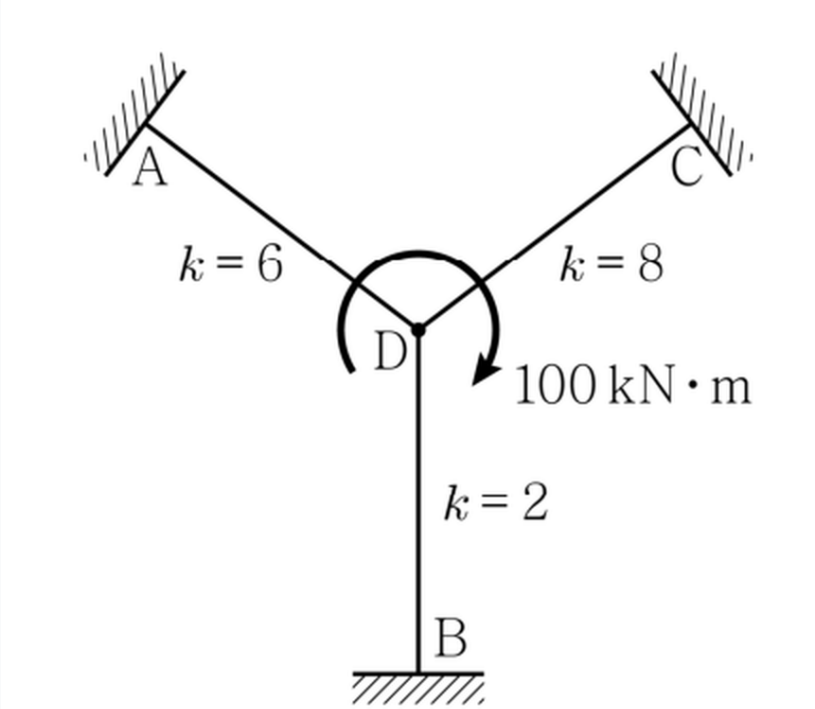
처짐비 문제는 먼저 처짐식에서 서로 같은 항 $w, L, E$를 지우고, 남는 $I$의 비만 계산한다. 그다음 직사각형 단면이면 반드시 $I = \frac{bh^3}{12}$에서 높이 $h$가 어느 방향인지 확인한다.

### 암기 포인트

등분포하중 단순보의 처짐은 $I$에 반비례하고, 직사각형 단면의 휨강성은 $bh^3$로 결정된다.

NoteBase

**문 16. 그림과 같은 구조물의 D점에 $100\text{kN}\cdot\text{m}$의 모멘트가 작용할 때, C점의 모멘트 크기[$\text{kN}\cdot\text{m}$]는? (단, 강성도 $k=\frac{EI}{L}$, $EI$는 휨강성, $L$은 부재길이이다)**




① 25

② 35

③ 45

④ 55

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 절점 D에 작용한 모멘트를 각 부재의 강성비로 분배한 뒤, 고정단 carry-over를 적용하여 C점 모멘트를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: $k_{DA}=6$, $k_{DC}=8$, $k_{DB}=2$, 절점 D의 외력 모멘트 $100kN\cdot m$이다.
구해야 할 값: C점의 모멘트 크기이다.
주의할 조건: 절점 D에서의 분배모멘트와 고정단 C로 전달되는 carry-over 모멘트는 서로 다르다.

NoteBase

### 사용할 공식

분배계수는 $DF = k_i / \sum k$이다.
고정단 carry-over 모멘트는 절점에서 분배된 모멘트의 절반이므로 $M_C = M_{D \to DC}/2$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 세 부재가 절점 D에서 함께 회전하므로 외력 모멘트가 각 부재의 상대강성비에 따라 먼저 분배되고, 그 뒤 고정단으로 절반이 전달되기 때문이다.

### 계산 과정

1. 절점 D의 전체 강성 합은 $6 + 8 + 2 = 16$이다.
2. 부재 $DC$의 분배계수는 $8/16 = 1/2$이다.
3. 따라서 절점 D에서 부재 $DC$로 분배되는 모멘트는 $100 \times 1/2 = 50 kN \cdot m$이다.
4. 고정단 carry-over를 적용하면 C점 모멘트는 $50/2 = 25 kN \cdot m$이다.

### 선지별 해설

① O
- 전체 강성비로 분배하면 부재 $DC$가 받는 절점 모멘트는 $50 kN \cdot m$이다.
- C점은 고정단이므로 carry-over에 의해 그 절반인 $25 kN \cdot m$이 전달된다.

② X
- 잘못된 표현은 '35'라는 수치이다.
- 계산 결과 C점 모멘트는 35가 아니라 $25 kN \cdot m$이다.

③ X
- 잘못된 표현은 '45'라는 수치이다.
- 계산 결과 C점 모멘트는 45가 아니라 $25 kN \cdot m$이다.

④ X
- 잘못된 표현은 '55'라는 수치이다.
- 계산 결과 C점 모멘트는 55가 아니라 $25 kN \cdot m$이다.

### 오답 포인트

가장 흔한 실수는 절점 D에서 분배된 모멘트 $50 kN \cdot m$과 C점의 최종 모멘트를 같은 값으로 보는 오류이다. 이 문제는 강성비 분배와 carry-over 절반 적용을 연속해서 처리해야 하므로, 분배단계와 고정단 전달단계를 분리하지 않으면 오답이 된다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

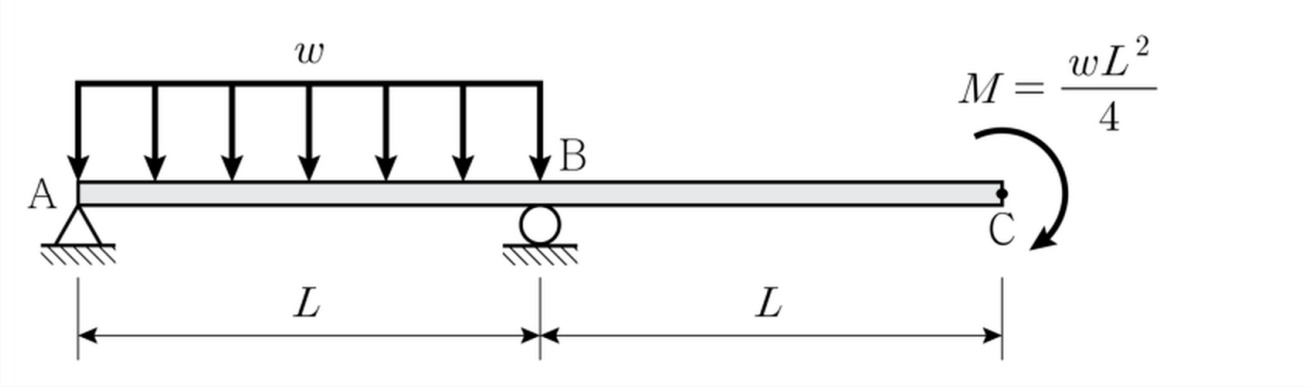
절점에 외력 모멘트가 작용하는 강구조 계산형 문제는 먼저 전체 강성 합으로 분배계수를 구하고, 다음에 해당 부재의 절점 모멘트를 계산한 뒤, 고정단이면 carry-over 절반을 적용하는 순서로 판단한다.

**암기 포인트**

절점 모멘트는 강성비로 분배되고, 고정단 모멘트는 그 절반이 전달된다.

NoteBase

**문 17. 그림과 같이 내민보에 하중이 작용할 때 C점에서 휨변형에 의한 수직변위의 크기는? (단, 보의 휨강성 $EI$는 일정하다)**




① $\frac{wL^4}{3EI}$
② $\frac{wL^4}{6EI}$
③ $\frac{wL^4}{12EI}$
④ $\frac{wL^4}{24EI}$

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 지점반력과 구간별 휨모멘트식을 먼저 구한 뒤, 탄성곡선식 $EIy'' = M(x)$를 적분하여 자유단 $C$점의 수직변위를 계산하는 문제이다.

**조건 정리**

- 주어진 조건: $AB = L$, $BC = L$, $AB$ 구간에 등분포하중 $w$가 작용하고, $C$점에는 시계방향 모멘트 $M = \frac{wL^2}{4}$가 작용한다.
- 구해야 할 값: 휨변형에 의한 $C$점의 수직변위 크기
- 주의할 조건: $A$와 $B$는 지점이므로 $y(A) = 0$, $y(B) = 0$을 만족해야 하고, $B$ 이후에는 전단력이 0이어서 휨모멘트가 일정하다.

**사용할 공식**

$\sum V = 0, \quad \sum M = 0$

$EIy'' = M(x)$

이 공식을 쓰는 이유는 이 문항이 단순 암기형이 아니라, 반력을 구해 각 구간의 휨모멘트함수를 만든 뒤 탄성곡선식을 적분해야만 자유단 $C$의 처짐을 정확히 구할 수 있는 보 처짐 계산 상황이기 때문이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 전체 평형에서 반력을 구하면 $R_A + R_B = wL, \sum M_A = 0$이므로

$R_B L - wL \cdot \frac{L}{2} - \frac{wL^2}{4} = 0$

$R_B = \frac{3wL}{4}, \quad R_A = \frac{wL}{4}$

2. 구간별 휨모멘트는

$0 \le x \le L : \ M_1(x) = R_A x - \frac{wx^2}{2} = \frac{wL}{4}x - \frac{w}{2}x^2$

$L \le x \le 2L : \ M_2(x) = M_1(L) = -\frac{wL^2}{4}$

이다.

3. $AB$구간에서 $EIy_1'' = M_1(x)$를 적분하면

$EIy_1' = \frac{wL}{8}x^2 - \frac{w}{6}x^3 + C_1, \quad EIy_1 = \frac{wL}{24}x^3 - \frac{w}{24}x^4 + C_1 x + C_2$

$y(A) = 0$에서 $C_2 = 0$, $y(B) = 0$에서 $C_1 = 0$이다.

4. $BC$구간에서 $EIy_2'' = -\frac{wL^2}{4}$를 적분하면

$EIy_2' = -\frac{wL^2}{4}x + C_3, \quad EIy_2 = -\frac{wL^2}{8}x^2 + C_3 x + C_4$

$x = L$에서 기울기 연속조건 $y_1'(L) = y_2'(L)$, 처짐조건 $y_2(L) = 0$을 적용하면

$C_3 = \frac{5wL^3}{24}, \quad C_4 = -\frac{wL^4}{12}$

이다.

5. 따라서 $C$점 $(x = 2L)$의 처짐은

$EIy_C = EIy_2(2L) = -\frac{wL^4}{2} + \frac{10wL^4}{24} - \frac{wL^4}{12} = -\frac{wL^4}{6}$

이므로 수직변위의 크기는

$|y_C| = \frac{wL^4}{6EI}$

이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X
- 제시값 $\frac{wL^4}{3EI}$는 정답값의 2배이므로 계산 결과와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 값 자체이다. 올바르게는 $\frac{wL^4}{6EI}$이다.
- 이런 값은 $BC$ 구간의 일정모멘트 효과를 과대평가하거나 경계조건을 하나 덜 적용했을 때 나오기 쉽다.

② O
- 탄성곡선식을 구간별로 적분하고 $A$, $B$점 처짐조건 및 $B$점 기울기 연속조건을 적용하면 $C$점 수직변위 크기는 $\frac{wL^4}{6EI}$가 된다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

③ X
- 제시값 $\frac{wL^4}{12EI}$는 정답값의 절반으로, 계산 결과보다 작다.
- 틀린 표현은 값 자체이다. 올바르게는 $\frac{wL^4}{6EI}$이다.
- 이런 값은 끝단 모멘트 효과나 $BC$ 구간 처짐 기여를 절반만 반영했을 때 나오기 쉽다.

④ X
- 제시값 $\frac{wL^4}{24EI}$는 정답값의 4분의 1이므로 계산 결과와 크게 다르다.
- 틀린 표현은 값 자체이다. 올바르게는 $\frac{wL^4}{6EI}$이다.
- 이런 값은 단순지지보 기본 처짐공식을 기계적으로 대입하거나 적분상수를 잘못 처리했을 때 나오기 쉽다.

### 오답 포인트

이 문항의 함정은 $AB$ 구간의 등분포하중만 보고 단순지지보 공식으로 바로 들어가거나, $C$점의 끝모멘트 때문에 $BC$ 구간에서 휨모멘트가 일정하게 유지된다는 점을 놓치는 데 있다. 특히 $B$점이 지점이라는 이유만으로 $BC$ 구간 처짐 기여를 0으로 보는 실수가 자주 나온다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

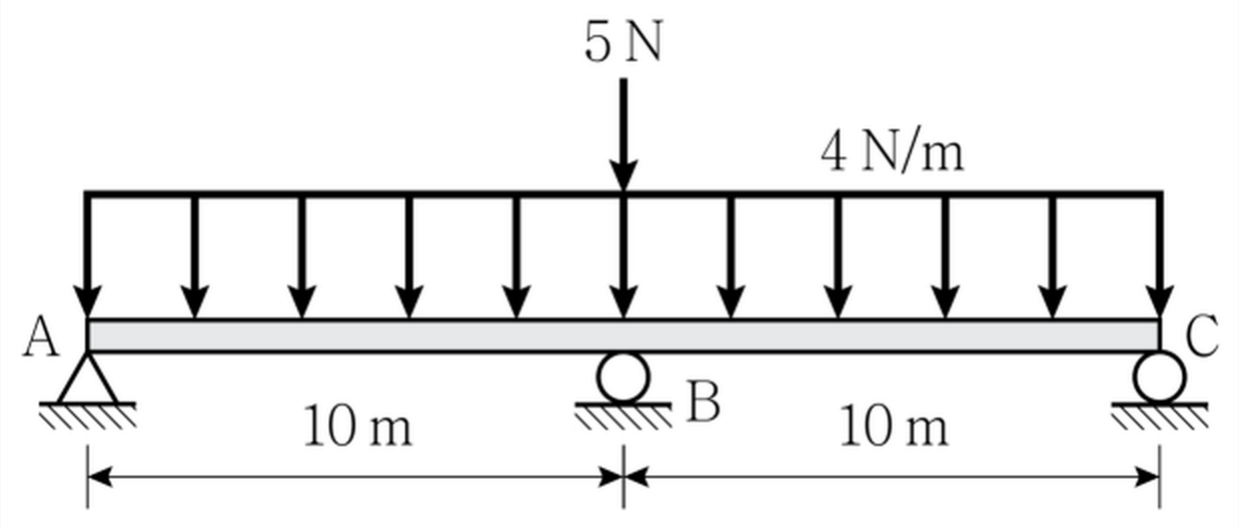
돌출부가 있는 보의 처짐 문제는 먼저 전체 평형으로 반력을 구하고, 다음으로 구간별 휨모멘트식을 나눈 뒤, 마지막으로 $y = 0$이 되는 지점조건과 경계 연속조건을 함께 적용하는 순서로 판단한다. 자유단 변위는 끝구간의 모멘트 상태가 일정한지까지 확인해야 한다.

### 암기 포인트

돌출보 처짐은 반력 계산 후 구간별 $M(x)$를 나누고, 지점조건과 연속조건을 함께 넣어 $EIy'' = M(x)$를 적분해야 정확한 값이 나온다.

NoteBase

**문 18. 그림과 같은 연속보에서 등분포하중과 집중하중에 의한 지점 B의 수직반력[N]은? (단, 보의 휨강성은 일정하다)**




① 45

② 50

③ 55

④ 60

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 등분포하중과 집중하중을 받는 2경간 연속보에서 지점 $B$의 수직반력을 적합조건으로 구하는 문제이다.

**조건 정리**

- 각 경간 길이는 $10m$이고 전체 길이는 $20m$이다.
- 전 구간에 등분포하중 $w = 4N/m$이 작용한다.
- 지점 $B$ 위치에 집중하중 $P = 5N$이 작용한다.
- 보의 휨강성은 일정하므로 지점 $B$를 제거한 단순보의 중앙 처짐 적합조건을 쓸 수 있다.
- 구해야 할 값은 지점 $B$의 수직반력 $R_B$이다.

NoteBase

### 사용할 공식

$\delta_B^{(w)} + \delta_B^{(P)} - \delta_B^{(R_B)} = 0$
$\delta_B^{(w)} = \frac{5wL^4}{384EI}, \quad \delta_B^{(P)} = \frac{PL^3}{48EI}, \quad \delta_B^{(R_B)} = \frac{R_B L^3}{48EI}$
지점 $B$를 미지 반력으로 두고 제거하면 $A-C$ 단순보의 중앙점이 된다. 실제 구조에서는 지점 $B$의 처짐이 0이어야 하므로, 등분포하중과 집중하중이 만드는 아래방향 처짐과 미지 반력 $R_B$가 만드는 위방향 처짐을 합쳐 적합식을 세운다.

### 계산 과정

1. 지점 $B$를 제거한 길이 $L = 20m$의 단순보를 생각한다.
2. 중앙점 처짐 적합식을 세운다.
$\frac{5wL^4}{384EI} + \frac{PL^3}{48EI} - \frac{R_B L^3}{48EI} = 0$
3. $w = 4N/m, P = 5N, L = 20m$을 대입한다.
$\frac{5 \cdot 4 \cdot 20^4}{384EI} + \frac{5 \cdot 20^3}{48EI} - \frac{R_B \cdot 20^3}{48EI} = 0$
4. 공통인수 $\frac{20^3}{48EI}$로 정리하면
$\frac{5 \cdot 4 \cdot 20}{8} + 5 - R_B = 0$
$50 + 5 - R_B = 0$
$R_B = 55N$
따라서 지점 $B$의 수직반력은 $55N$이다.

### 선지별 해설

① X: 지점 $B$의 수직반력은 $45N$이 아니라 $55N$이다. $45N$은 중앙 집중하중 $5N$의 영향을 반대로 처리한 값에 가깝다.
② X: 지점 $B$의 수직반력은 $50N$이 아니라 $55N$이다. $50N$은 등분포하중에 의한 기여만 반영하고 중앙의 $5N$ 집중하중을 누락한 값이다.
③ O: 적합조건으로 계산하면 $R_B = 55N$이므로 옳다.
④ X: 지점 $B$의 수직반력은 $60N$이 아니라 $55N$이다. $60N$은 중앙 $5N$의 효과를 중복 반영해 반력을 과대평가한 값이다.

### 오답 포인트

연속보 반력을 단순히 하중 합력만으로 분배하면 틀린다. 이 문제의 핵심은 지점 $B$의 처짐이 0이라는 적합조건이며, 중앙의 $5N$ 집중하중을 누락하면 $50N$, 부호를 잘못 넣으면 $45N$ 쪽으로 흔들리기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

중간지점 반력을 묻는 대칭 연속보 문제는 먼저 그 지점을 제거한 단순보로 바꾼다. 그다음 해당 지점의 처짐이 0이 되도록 등분포하중 처짐, 집중하중 처짐, 미지 반력 처짐을 합쳐 적합식을 세우면 된다.

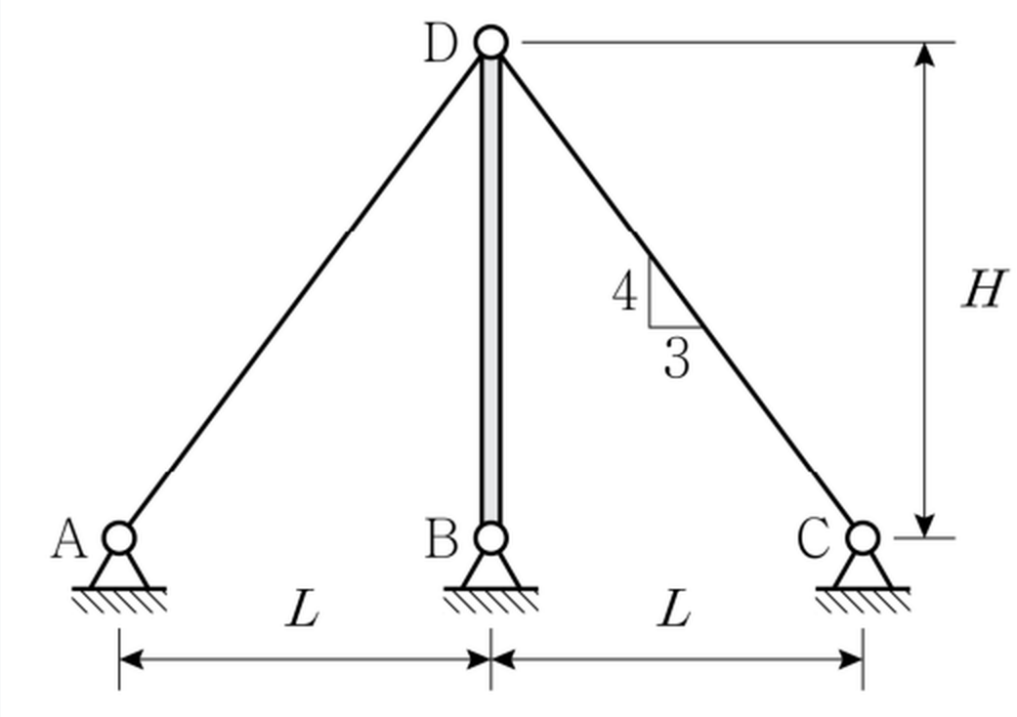
NoteBase

**암기 포인트**

연속보의 중간반력은 '지점 제거 후 처짐 0'으로 구한다. 중앙점에 등분포하중과 집중하중이 함께 있으면 $R_B = P + \frac{5wL}{8}$ 꼴로 빠르게 정리된다.

NoteBase

**문 19. 그림과 같이 연직으로 설치된 강재 기둥 BD는 동일한 인장력을 받는 두 개의 케이블(AD, CD)로 지지되어 D점에서 케이블과 힌지로 연결되어 있다. 강재 기둥의 탄성좌굴안전율이 3.0일 때, 케이블의 최대 허용 인장력은? (단, 강재 기둥은 휨강성이 $EI$이고, A, B, C점에서 힌지로 지지되며, 좌굴 파괴만 고려한다.)**




① $\frac{2\pi^2 EI}{9H^2}$
② $\frac{7\pi^2 EI}{12H^2}$
③ $\frac{5\pi^2 EI}{18H^2}$
④ $\frac{5\pi^2 EI}{24H^2}$

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 핀-핀 기둥의 오일러 좌굴하중을 안전율로 나눈 허용축력과, 두 케이블의 연직성분 합이 기둥 축력이 된다는 평형조건을 연결해 케이블의 최대 허용 인장력을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

- 강재 기둥 BD는 위아래가 힌지인 핀-핀 기둥이므로 좌굴길이는 $H$이다.
- 두 케이블 AD, CD의 장력은 같고 각각 $T$이다.
- 그림의 비례는 가로:세로가 3 : 4이므로 케이블 한 가닥의 연직성분은 $\frac{4}{5}T$이다.
- 기둥에 작용하는 축압축력은 두 케이블 연직성분의 합이므로 $P = 2 \times \frac{4}{5}T = \frac{8}{5}T$이다.
- 탄성좌굴안전율이 3.0이므로 허용축력은 좌굴하중의 $\frac{1}{3}$이다.

NoteBase

### 사용할 공식

$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{H^2}$
$P_{allow} = \frac{P_{cr}}{3} = \frac{\pi^2 EI}{3H^2}$
$P = \frac{8}{5}T$
이 공식을 쓰는 이유는 기둥이 좌굴만 고려하는 핀-핀 압축부재이고, 케이블 장력은 기둥 축력으로 직접 전달되지 않고 연직성분의 합으로 전달되기 때문이다.

### 계산 과정

1. 핀-핀 기둥 BD의 오일러 좌굴하중은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{H^2}$이다.
2. 안전율 3.0을 적용하면 기둥의 허용축력은 $P_{allow} = \frac{\pi^2 EI}{3H^2}$이다.
3. 케이블 한 가닥의 연직성분은 $\frac{4}{5}T$이므로 기둥 축력은 $P = \frac{8}{5}T$이다.
4. 허용조건 $\frac{8}{5}T = \frac{\pi^2 EI}{3H^2}$에서
$T = \frac{5}{8} \cdot \frac{\pi^2 EI}{3H^2} = \frac{5\pi^2 EI}{24H^2}$
따라서 케이블의 최대 허용 인장력은 $\frac{5\pi^2 EI}{24H^2}$이다.

### 선지별 해설

① X: $\frac{2\pi^2 EI}{9H^2}$는 기둥 허용축력을 케이블 장력으로 환산하는 비율 $\frac{5}{8}$을 잘못 적용한 값이다. 실제로는 $T = \frac{5}{8}P_{allow}$이어야 한다. 틀린 식 $\frac{2\pi^2 EI}{9H^2}$ → 올바르게는 $\frac{5\pi^2 EI}{24H^2}$이다.
② X: $\frac{7\pi^2 EI}{12H^2}$는 안전율 3.0과 케이블 연직성분 조건을 반영하지 못해 지나치게 큰 값이다. 이 값을 대입하면 기둥 축력이 허용축력을 크게 초과한다. 틀린 식 $\frac{7\pi^2 EI}{12H^2}$ → 올바르게는 $\frac{5\pi^2 EI}{24H^2}$이다.
③ X: $\frac{5\pi^2 EI}{18H^2}$는 안전율 또는 케이블 성분분해를 일부만 적용한 값으로, $\frac{8}{5}T = P_{allow}$ 관계를 만족하지 않는다. 틀린 식 $\frac{5\pi^2 EI}{18H^2}$ → 올바르게는 $\frac{5\pi^2 EI}{24H^2}$이다.
④ O: 기둥 허용축력 $\frac{\pi^2 EI}{3H^2}$을 두 케이블의 연직성분 합 $\frac{8}{5}T$와 같게 두면 $T = \frac{5\pi^2 EI}{24H^2}$가 된다. 평형조건과 좌굴 안전율을 모두 만족하므로 옳다.

### 오답 포인트

많이 틀리는 지점은 케이블 장력 $T$ 자체가 바로 기둥 축력이라고 보는 실수와, 탄성좌굴안전율 3.0을 빠뜨리는 실수이다. 이 문제에서는 반드시 케이블 한 가닥의 연직성분이 $\frac{4}{5}T$라는 점과, 허용축력은 $P_{cr}$이 아니라 $\frac{P_{cr}}{3}$이라는 점을 함께 잡아야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

케이블-기둥 연결 계산형은 먼저 기둥의 지점조건으로 좌굴하중 공식을 정하고, 다음에 케이블 장력을 수평성분과 연직성분으로 분해해 기둥 축력과 연결한 뒤, 마지막에 안전율을 반영한 허용값으로 환산하면 된다.

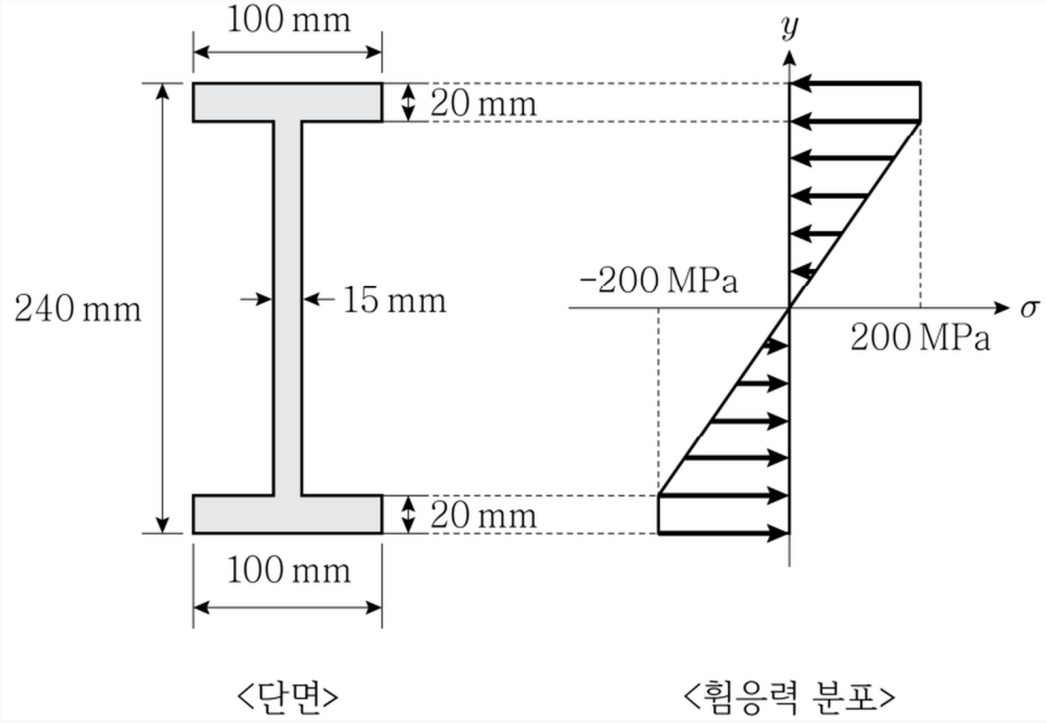
NoteBase

**암기 포인트**

핀-핀 기둥은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$, 케이블 장력은 축력이 아니라 성분력의 합으로 기둥에 전달된다는 점이 핵심이다.

NoteBase

**문 20. 그림과 같은 단면의 휨응력 분포를 가진 보가 받는 모멘트 크기 $[kN \cdot m]$는? (단, 재료는 완전탄소성 거동하고, 항복강도는 $200MPa$이다)**




① 64

② 108

③ 124

④ 196

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 탄소성 휨에서 플랜지는 전부 항복하고 웨브는 선형응력 분포를 가질 때, 응력블록의 1차 모멘트로 휨모멘트를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 플랜지 폭 $100mm$, 플랜지 두께 $20mm$, 웨브 두께 $15mm$, 전체 높이 $240mm$, 항복강도 $200MPa$이다.
구해야 할 값: 단면이 이 응력분포를 가질 때의 휨모멘트이다.
주의할 조건: 상하 대칭 단면이므로 중립축은 단면 중앙에 있고, 플랜지는 직사각형 항복응력블록, 웨브는 중립축에서 0이고 플랜지 접합부에서 $200MPa$인 삼각형 응력블록으로 본다.

NoteBase

**사용할 공식**

휨모멘트는 $M = \int_A \sigma y dA$이다.
이 문제는 응력분포가 부분적으로 항복한 상태이므로 탄성단면계수나 소성단면계수를 바로 쓰지 않고, 플랜지의 직사각형 응력블록과 웨브의 삼각형 응력블록을 나눠서 각 블록의 모멘트를 합산한다.

**계산 과정**

1. 플랜지 한쪽의 면적은 $A_f = 100 \times 20 = 2000mm^2$이고, 그 중심은 중립축에서 $120 - 10 = 110mm$ 떨어져 있다.
2. 플랜지 한쪽이 만드는 모멘트는 $M_f = 200 \times 2000 \times 110 = 44{,}000{,}000N \cdot mm$이다. 상하 두 플랜지를 합하면 $88{,}000{,}000N \cdot mm$이다.
3. 웨브의 반높이는 $100mm$이다. 위쪽 반웨브에서 응력은 중립축에서 0, 플랜지 접합부에서 $200MPa$이므로 삼각형 분포이다.
4. 반웨브 한쪽의 모멘트는 $M_{w/2} = \int_0^{100} \left(\frac{200}{100}y\right) \cdot 15 \cdot y dy = 10{,}000{,}000N \cdot mm$이다. 상하 웨브를 합하면 $20{,}000{,}000N \cdot mm$이다.
5. 전체 모멘트는 $M = 88{,}000{,}000 + 20{,}000{,}000 = 108{,}000{,}000N \cdot mm = 108kN \cdot m$이다.

**선지별 해설**

① X
$64kN \cdot m$는 플랜지와 웨브의 응력블록을 모두 반영하지 못한 값이다. 특히 플랜지의 항복응력 직사각형 블록이 만드는 큰 모멘트를 누락하면 이런 과소값이 나온다. 올바르게는 $108kN \cdot m$이다.

② O
플랜지 두 개의 기여가 $88kN \cdot m$, 웨브 삼각형 응력블록의 기여가 $20kN \cdot m$이므로 총 $108kN \cdot m$이다.
응력분포를 적분하거나 응력블록의 합력과 도심거리로 계산하면 같은 값이 나온다.

③ X
$124kN \cdot m$는 웨브 응력블록을 직사각형처럼 계산하거나, 플랜지 도심거리를 과대평가할 때 나오는 값이다.
웨브는 선형분포이므로 삼각형으로 적분해야 하며, 올바르게는 $108kN \cdot m$이다.

④ X
$196kN \cdot m$는 단면 전체가 완전소성상태라고 보고 전 단면에 $\pm 200MPa$를 직사각형으로 적용한 값에 가깝다.
제시된 그림은 웨브가 선형분포를 가지는 부분소성 상태이므로 그렇게 계산하면 과대평가가 된다. 올바르게는 $108kN \cdot m$이다.

NoteBase

### 오답 포인트

이 문항의 함정은 그림을 보고 곧바로 완전소성모멘트로 처리하거나, 웨브의 선형 응력분포를 직사각형으로 잘못 읽는 데 있다. 제시된 응력도에서 플랜지는 일정응력, 웨브는 삼각형 분포라는 점이 핵심이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

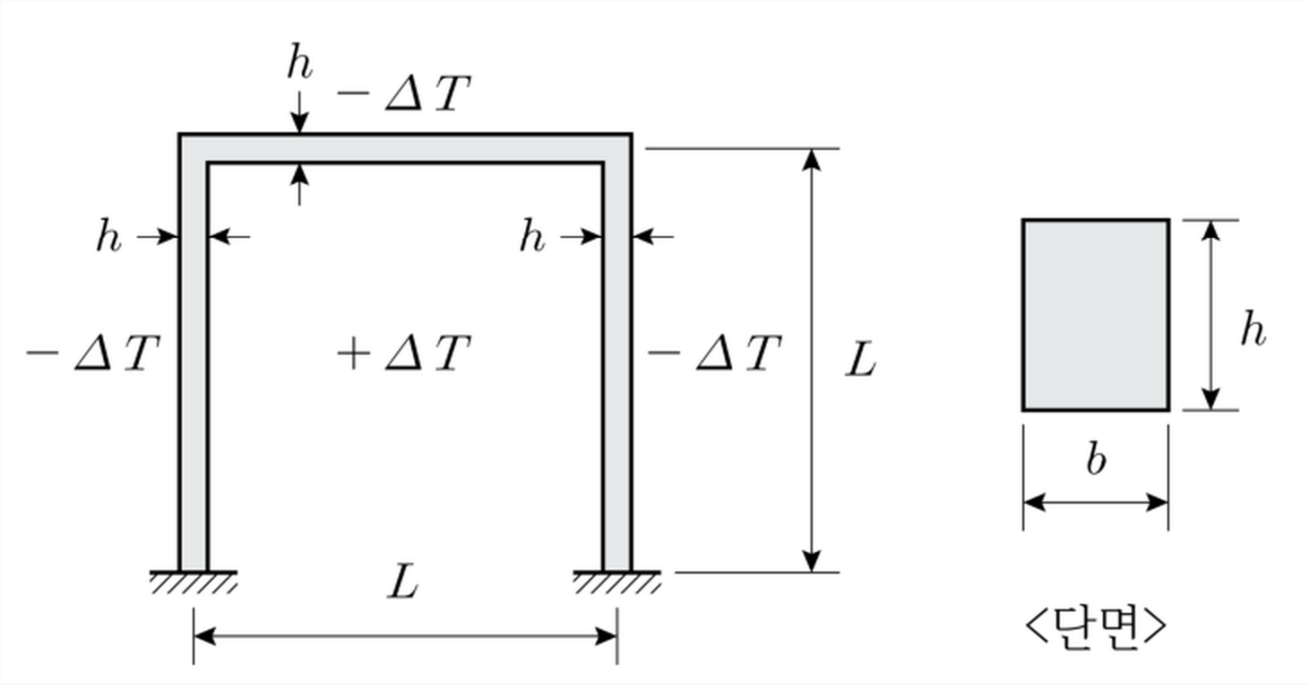
도식이 있는 휨 문제는 먼저 항복한 부분과 아직 선형인 부분을 분리한 뒤, 각 응력블록의 형상을 직사각형 또는 삼각형으로 정한다. 그다음 $M = \int_A \sigma y dA$ 또는 합력 × 도심거리로 각 블록의 모멘트를 구해 합산하면 된다.

### 암기 포인트

부분소성 휨은 항복한 부분은 직사각형, 탄성으로 남은 부분은 삼각형 응력블록으로 나누어 계산한다.

NoteBase

**문 21. 그림과 같은 2차원 라멘 구조물에서 외부 온도가 10도 하강($-\Delta T$)하고, 내부 온도가 10도 상승($+\Delta T$)했을 때, 부재에 발생하는 휨변형에 의한 모멘트는? (단, 기둥과 보는 재료와 단면이 동일한 부재이고, 선형탄성거동한다. $E$는 부재의 탄성계수, $\alpha$는 열팽창계수이고, 온도는 단면의 높이방향 $h$를 따라 선형 변화한다)**




① $\frac{10}{3}Eh^3\alpha$

② $\frac{10}{3}Ebh^2\alpha$

③ $\frac{5}{3}Eh^3\alpha$

④ $\frac{5}{3}Ebh^2\alpha$

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 단면 높이 방향의 선형 온도구배가 만드는 자유곡률을 구하고, 그 곡률이 강접 라멘 부재에 만드는 구속 열모멘트를 계산하는 문제이다.

**조건 정리**

외부 온도는 10도 하강, 내부 온도는 10도 상승이므로 단면 높이 방향 온도차는 20도이다.
단면은 직사각형이므로 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이다.
구해야 할 값은 선형 온도구배 때문에 각 부재에 생기는 휨변형 모멘트의 크기이다.

NoteBase

### 사용할 공식

선형 온도구배에 대한 자유곡률은 $\kappa_T = \alpha\frac{\Delta T}{h}$이다.
양단 회전이 구속된 부재의 열모멘트는 $M_T = EI\kappa_T$이다.
이 문제는 기둥과 보가 강접되고 단면이 모두 같으므로 각 부재에 같은 크기의 구속 열모멘트가 생긴다.

### 계산 과정

1. 단면 양면의 온도차는 $\Delta T = (+10) - (-10) = 20$이다.
2. 자유곡률은 $\kappa_T = \alpha\frac{20}{h}$이다.
3. 열모멘트는 $M_T = EI\kappa_T = E\left(\frac{bh^3}{12}\right)\left(\frac{20\alpha}{h}\right) = \frac{5}{3}Ebh^2\alpha$이다.

### 선지 판단

1번: X. $b$가 빠졌고 계수도 맞지 않는다. 직사각형 단면의 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이므로 올바른 값은 $\frac{5}{3}Ebh^2\alpha$이다.
2번: X. 단면 형식은 맞지만 계수가 2배 크다. 이는 실제 온도차 20도를 중복 반영한 값이며, 올바른 값은 $\frac{5}{3}Ebh^2\alpha$이다.
3번: X. 계수 $\frac{5}{3}$는 맞지만 $b$가 빠지고 $h$의 차수가 잘못되었다. 올바른 식은 $I = \frac{bh^3}{12}$를 반영한 $\frac{5}{3}Ebh^2\alpha$이다.
4번: O. $M_T = EI\kappa_T = E\left(\frac{bh^3}{12}\right)\left(\frac{20\alpha}{h}\right) = \frac{5}{3}Ebh^2\alpha$이므로 맞는 식이다.

### 오답 포인트

내부와 외부의 온도차가 20도라는 점과 직사각형 단면의 $I = \frac{bh^3}{12}$를 함께 적용해야 한다는 점을 하나라도 놓치면 1번, 2번, 3번 같은 오답이 나온다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

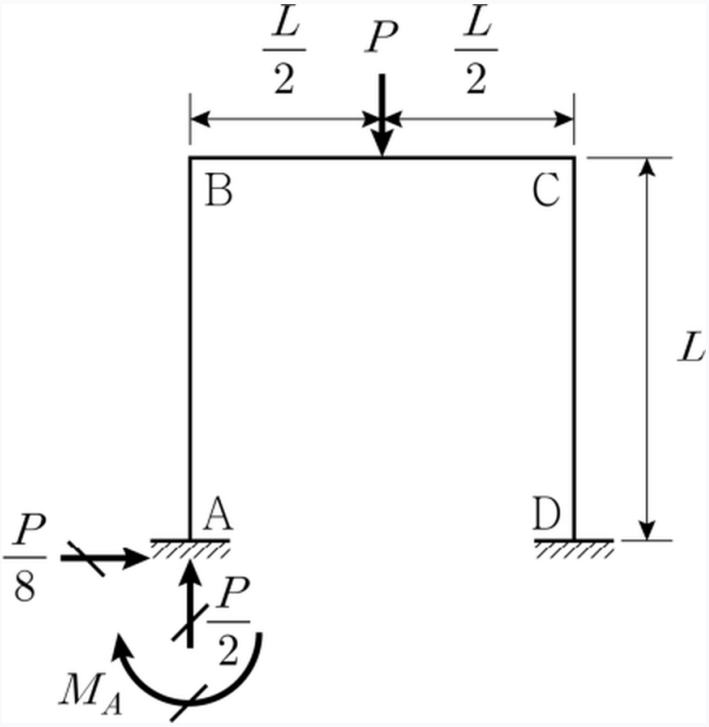
선형 온도구배 문제는 먼저 단면 양면의 전체 온도차를 구하고, 다음에 자유곡률 $\kappa_T = \alpha\frac{\Delta T}{h}$를 만든 뒤, 마지막에 구속모멘트 $M = EI\kappa_T$로 연결하면 된다.

### 암기 포인트

직사각형 단면의 선형 온도구배 열모멘트는 $M_T = E\left(\frac{bh^3}{12}\right)\left(\alpha\frac{\Delta T}{h}\right)$이며, 이 문제처럼 온도차가 20도이면 $\frac{5}{3}Ebh^2\alpha$가 된다.

NoteBase

**문 22. 그림과 같은 좌우가 대칭인 라멘 구조물에서 AB부재의 절대최대 휨모멘트는? (단, 라멘 부재의 휨강성은 일정하다)**




① $\frac{PL}{6}$
② $\frac{PL}{12}$
③ $\frac{PL}{24}$
④ $\frac{PL}{48}$

**정답 2번**

**출제 포인트**

대칭 비변위 라멘에서 슬로프-디플렉션식과 절점 평형을 이용해 기둥 AB의 절대최대 휨모멘트를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 보 BC의 경간은 $L$, 기둥 AB와 CD의 높이도 $L$이며 모든 부재의 휨강성은 동일하다.
구해야 할 값: 부재 AB의 절대최대 휨모멘트이다.
주의할 조건: 구조와 하중이 좌우 대칭이므로 수평변위는 없고, 절점 B와 C의 회전은 크기가 같고 방향이 반대이다.

NoteBase

**사용할 공식**

$M_{ij} = \frac{2EI}{L}(2\theta_i + \theta_j) + M_{ij}^F$

이 문제는 대칭 비변위 라멘이므로 슬로프-디플렉션식으로 각 부재의 단부모멘트를 쓰고, 절점 B의 모멘트 평형으로 회전각을 구하면 된다.

**계산 과정**

1. 보 BC의 중앙 집중하중 $P$에 대한 고정단모멘트는

$M_{BC}^F = -\frac{PL}{8}, \quad M_{CB}^F = \frac{PL}{8}$

이다.

2. 좌우 대칭이므로 $\theta_B = \theta, \theta_C = -\theta$로 둔다. 따라서 왼쪽 기둥 AB의 단부모멘트는

$M_{BA} = \frac{2EI}{L}(2\theta_B + \theta_A) = \frac{4EI}{L}\theta, \quad M_{AB} = \frac{2EI}{L}(2\theta_A + \theta_B) = \frac{2EI}{L}\theta$

이다.

3. 보 BC의 B단 모멘트는

$M_{BC} = \frac{2EI}{L}(2\theta_B + \theta_C) + M_{BC}^F = \frac{2EI}{L}\theta - \frac{PL}{8}$

이다.

4. 절점 B에서 외부모멘트가 없으므로

$M_{BA} + M_{BC} = 0$

이고,

$\frac{4EI}{L}\theta + \left(\frac{2EI}{L}\theta - \frac{PL}{8}\right) = 0 \Rightarrow \frac{6EI}{L}\theta = \frac{PL}{8} \Rightarrow \theta = \frac{PL^2}{48EI}$

가 된다.

5. 이를 AB 부재에 대입하면

$M_{BA} = \frac{4EI}{L}\theta = \frac{PL}{12}, \quad M_{AB} = \frac{2EI}{L}\theta = \frac{PL}{24}$

이다. 따라서 부재 AB의 절대최대 휨모멘트는 B단의 $\frac{PL}{12}$이다.

**선지별 해설**

① X: 부재 AB의 절대최대 휨모멘트는 $\frac{PL}{6}$이 아니라 B단의 $\frac{PL}{12}$이다. 틀린 표현은 "$\frac{PL}{6}$"이고, 올바르게는 "절대최대 휨모멘트는 $\frac{PL}{12}$이다"이다.

② O: 절점 B 평형으로 회전각을 구하면 $M_{BA} = \frac{PL}{12}, M_{AB} = \frac{PL}{24}$가 된다. 따라서 AB 부재의 절대최대 휨모멘트는 $\frac{PL}{12}$이므로 옳다.

③ X: $\frac{PL}{24}$는 AB 부재의 A단 모멘트 $M_{AB}$에 해당하는 값이다. 틀린 표현은 "절대최대 휨모멘트"이고, 올바르게는 "A단 모멘트는 $\frac{PL}{24}$, 절대최대는 B단의 $\frac{PL}{12}$"이다.

④ X: $\frac{PL}{48}$는 회전각 식의 계수와 혼동해 만든 값일 뿐 AB 부재의 단부모멘트가 아니다. 틀린 표현은 "$\frac{PL}{48}$"이고, 올바르게는 "절대최대 휨모멘트는 $\frac{PL}{12}$"이다.

NoteBase

### 오답 포인트

이 문제의 함정은 좌우 대칭이라는 이유만으로 B와 C의 회전방향까지 같다고 두거나, A단 모멘트 $\frac{PL}{24}$를 절대최대값으로 착각하는 데 있다. 이 문항에서는 대칭이므로 수평변위는 없지만, 좌우 절점의 회전은 크기가 같고 방향은 반대이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

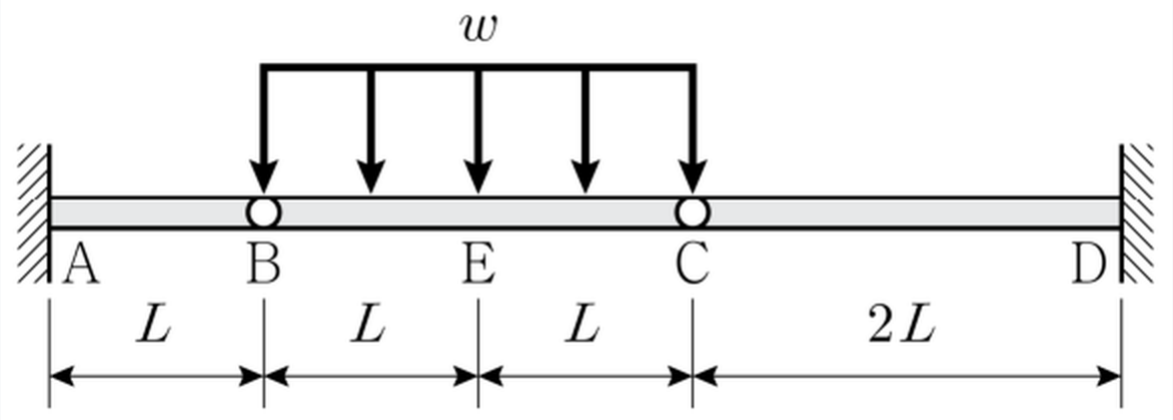
대칭 라멘의 계산형 문항은 먼저 비변위 여부를 확인하고, 다음으로 대칭조건에서 절점 회전의 부호를 정한 뒤, 고정단모멘트와 슬로프-디플렉션식을 써서 절점 평형을 맞춘다. 마지막에는 해당 부재의 양 단부모멘트를 비교해 절대최대값을 결정한다.

### 암기 포인트

대칭 비변위 라멘은 "고정단모멘트 계산 → 절점 회전 부호 결정 → 절점 평형 → 같은 부재의 양 단 비교" 순서로 정리된다.

NoteBase

**문 23. 그림과 같이 B, C점에 내부힌지가 있는 보에서 휨강성($EI$)이 일정할 때, BC부재 중앙 E점의 처짐은? (단, 보는 오일러 보로 가정하고, 보의 변형은 미소하며, 선형탄성범위 내에서 휨거동을 한다)**




① $\frac{41wL^4}{24EI}$
② $\frac{37wL^4}{31EI}$
③ $\frac{25wL^4}{24EI}$
④ $\frac{6wL^4}{5EI}$

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 내부힌지로 분리된 보를 BC 구간의 단순보 처짐과 양쪽 외팔보 끝처짐의 합성으로 보고, E점의 절대 처짐을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

- AB는 길이 $L$의 외팔보, CD는 길이 $2L$의 외팔보이다.
- B, C는 내부힌지이므로 BC는 길이 $2L$의 단순보처럼 거동한다.
- 등분포하중 $w$는 BC 전 구간에 작용하고, E는 BC의 중앙점이다.
- 구해야 할 값은 E점의 절대 처짐이므로 BC 자체의 상대처짐에 더해 B, C 힌지점의 하강도 함께 반영해야 한다.

**사용할 공식**

- 단순보 중앙 처짐: $\delta_{mid} = \frac{5w\ell^4}{384EI}$
- 외팔보 자유단 집중하중 처짐: $\delta = \frac{PL^3}{3EI}$
- E점은 BC의 중앙이므로 힌지점 하강에 의한 강체이동 성분은 $\frac{\delta_B + \delta_C}{2}$이다.

이 공식을 쓰는 이유는 B, C에서 모멘트가 전달되지 않아 BC는 단순보로, AB와 CD는 각 힌지 반력 $P$를 받는 외팔보로 분리해서 해석할 수 있기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

1. BC는 길이 $2L$의 단순보이므로 양 힌지 반력은 대칭으로 $R_B = R_C = \frac{w \cdot 2L}{2} = wL$이다.
2. 이 반력이 AB, CD 외팔보 자유단에 작용하므로
$\delta_B = \frac{(wL)L^3}{3EI} = \frac{wL^4}{3EI}, \qquad \delta_C = \frac{(wL)(2L)^3}{3EI} = \frac{8wL^4}{3EI}$
3. BC 자체의 중앙 상대처짐은
$\delta_{E,rel} = \frac{5w(2L)^4}{384EI} = \frac{5wL^4}{24EI}$
4. E는 BC의 중앙이므로 힌지 하강에 따른 강체이동은
$\delta_{E,rigid} = \frac{\delta_B + \delta_C}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{wL^4}{3EI} + \frac{8wL^4}{3EI}\right) = \frac{3wL^4}{2EI}$
5. 따라서 E점의 절대 처짐은
$\delta_E = \delta_{E,rigid} + \delta_{E,rel} = \frac{3wL^4}{2EI} + \frac{5wL^4}{24EI} = \frac{41wL^4}{24EI}$
따라서 정답값은 $\frac{41wL^4}{24EI}$이다.

### 선지별 해설

① O
- 계산 결과가 정확히 $\frac{41wL^4}{24EI}$이므로 맞는 값이다.
- BC의 단순보 처짐 $\frac{5wL^4}{24EI}$와 힌지점 하강에 따른 강체이동 $\frac{3wL^4}{2EI}$를 모두 더한 결과이다.

② X
- ②의 값 $\frac{37wL^4}{31EI}$는 위 계산식 어느 단계와도 일치하지 않는다.
- 특히 이 문제는 외팔보 처짐식 $\frac{PL^3}{3EI}$와 단순보 중앙 처짐식 $\frac{5w\ell^4}{384EI}$를 합치면 최종 계수가 $\frac{41}{24}$로 정리되어야 한다.
- 틀린 표현은 값 $\frac{37wL^4}{31EI}$이고, 올바르게는 $\frac{41wL^4}{24EI}$이다.

③ X
- ③의 값 $\frac{25wL^4}{24EI}$는 힌지점 하강 효과를 일부만 반영한 과소평가 값이다.
- E점의 절대 처짐은 BC 자체의 휨처짐만이 아니라 B, C가 각각 $\frac{wL^4}{3EI}$, $\frac{8wL^4}{3EI}$만큼 내려가는 효과까지 포함해야 한다.
- 틀린 표현은 값 $\frac{25wL^4}{24EI}$이고, 올바르게는 $\frac{41wL^4}{24EI}$이다.

④ X
- ④의 값 $\frac{6wL^4}{5EI}$도 실제 총처짐보다 작다.
- BC를 단순보로만 보고 좌우 외팔보의 자유단 처짐을 충분히 반영하지 않으면 이런 과소평가가 생긴다.
- 틀린 표현은 값 $\frac{6wL^4}{5EI}$이고, 올바르게는 $\frac{41wL^4}{24EI}$이다.

### 오답 포인트

이 문제의 함정은 BC만 따로 떼어 단순보 중앙 처짐만 계산하고 끝내기 쉽다는 점이다. 내부힌지가 있다고 해서 B, C가 지점처럼 고정되는 것이 아니라, AB와 CD가 외팔보로 처지면서 힌지점 자체가 함께 내려간다. 특히 CD 길이가 $2L$이므로 $\delta_C$가 $\delta_B$보다 8배 크다는 점을 놓치면 오답으로 이어진다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

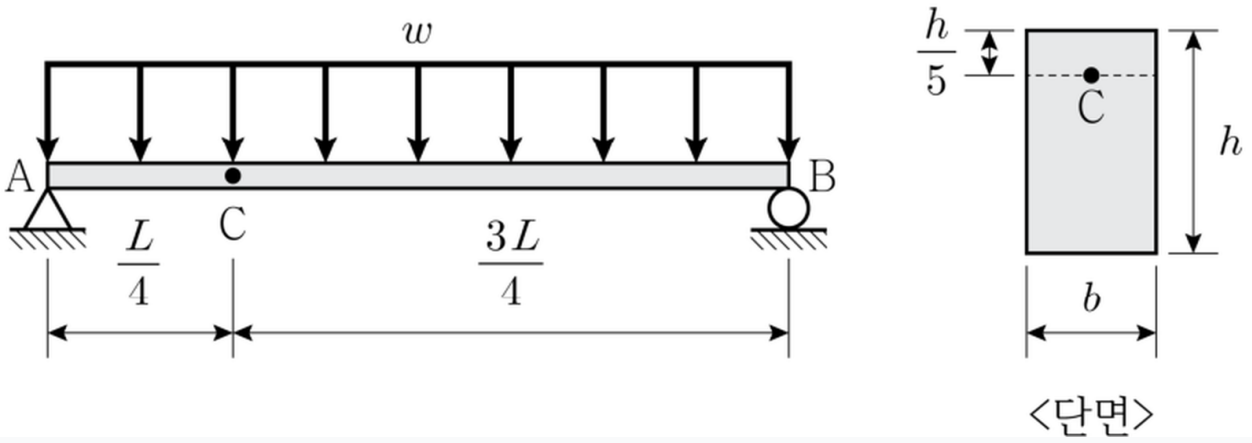
내부힌지 보의 처짐 문제는 먼저 힌지로 구조를 분리해 각 부재의 정정계 거동을 본다. 그다음 구하려는 점의 절대 처짐인지, 부재 자체의 상대처짐인지 구분한 뒤 지점 또는 힌지의 이동량을 마지막에 합성하면 된다.

**암기 포인트**

내부힌지 처짐은 부재 자체 처짐만 보지 않고 힌지 이동까지 더한 절대 처짐으로 정리한다.

NoteBase

**문 24. 그림과 같은 직사각형 단면을 가진 단순보에 등분포하중($w$)이 작용한다. 단면의 C점에 발생하는 수직응력과 전단응력의 크기는?**




① 수직응력 $\sigma$: $\frac{27wL^2}{80bh^2}$, 전단응력 $\tau$: $\frac{3wL}{25bh}$
② 수직응력 $\sigma$: $\frac{27wL^2}{80bh^2}$, 전단응력 $\tau$: $\frac{6wL}{25bh}$
③ 수직응력 $\sigma$: $\frac{27wL^2}{40bh^2}$, 전단응력 $\tau$: $\frac{3wL}{25bh}$
④ 수직응력 $\sigma$: $\frac{27wL^2}{40bh^2}$, 전단응력 $\tau$: $\frac{6wL}{25bh}$

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 단순보의 $x = L/4$ 위치에서의 전단력과 휨모멘트를 구한 뒤, 직사각형 단면의 휨응력과 전단응력 공식을 적용할 수 있는지를 묻는 문제이다.

### 조건 정리

보 전체 길이는 $L$이고 등분포하중 $w$가 전 구간에 작용한다.
C점은 A로부터 $L/4$ 떨어진 단면이다.
직사각형 단면의 폭은 $b$, 높이는 $h$이며 C점은 윗면에서 $h/5$ 아래에 있다.
따라서 중립축에서 C점까지의 거리는 $h/2 - h/5 = 3h/10$이다.

### 사용할 공식

휨에 의한 수직응력은 $\sigma = My/I$이다.
직사각형 단면의 단면2차모멘트는 $I = bh^3/12$이다.
전단응력은 $\tau = VQ/(Ib)$이며, 직사각형 단면에서는 $\tau = \frac{3}{2}\frac{V}{bh}\left(1 - \frac{4y^2}{h^2}\right)$로 바로 쓸 수 있다.
이 공식을 쓰는 이유는 보에 횡하중이 작용하므로 단면 C점에서 휨응력과 전단응력을 함께 계산해야 하기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

지점반력은 대칭이므로 $R_A = R_B = wL/2$이다.
C단면의 전단력은 $V = R_A - w(L/4) = wL/2 - wL/4 = wL/4$이다.
C단면의 휨모멘트는 $M = R_A(L/4) - w(L/4)(L/8) = \frac{wL}{2}\cdot\frac{L}{4} - w\cdot\frac{L}{4}\cdot\frac{L}{8} = \frac{3wL^2}{32}$이다.
수직응력은
$\sigma = \frac{My}{I} = \frac{\left(\frac{3wL^2}{32}\right)\left(\frac{3h}{10}\right)}{bh^3/12} = \frac{27wL^2}{80bh^2}$
이다.
전단응력은 $y = 3h/10$를 대입하여
$\tau = \frac{3}{2}\frac{V}{bh}\left(1 - \frac{4y^2}{h^2}\right) = \frac{3}{2}\frac{wL}{4bh}\left(1 - \frac{4(3h/10)^2}{h^2}\right) = \frac{3}{2}\frac{wL}{4bh}\left(1 - \frac{36}{100}\right) = \frac{6wL}{25bh}$
이다.

### 선지 판단

1번 X: 수직응력 $\frac{27wL^2}{80bh^2}$는 맞지만 전단응력을 $\frac{3wL}{25bh}$로 두어 절반으로 계산했다. 틀린 표현은 전단응력 값이며, 올바르게는 $\frac{6wL}{25bh}$이다.
2번 O: 수직응력은 $\frac{27wL^2}{80bh^2}$, 전단응력은 $\frac{6wL}{25bh}$로 계산 결과와 모두 일치한다.
3번 X: 전단응력 $\frac{3wL}{25bh}$도 틀리고, 수직응력을 $\frac{27wL^2}{40bh^2}$로 두어 $y = 3h/10$ 또는 $I = bh^3/12$ 대입을 잘못했다. 올바르게는 수직응력이 $\frac{27wL^2}{80bh^2}$, 전단응력이 $\frac{6wL}{25bh}$이다.
4번 X: 전단응력 $\frac{6wL}{25bh}$는 맞지만 수직응력을 $\frac{27wL^2}{40bh^2}$로 두어 분모를 절반으로 잘못 계산했다. 틀린 표현은 수직응력 값이며, 올바르게는 $\frac{27wL^2}{80bh^2}$이다.

### 오답 포인트

C점의 위치를 윗면 기준 $h/5$로 읽고도 중립축 기준 거리 $y = 3h/10$로 바꾸지 않으면 수직응력이 틀어진다. 전단응력은 최대전단응력 $\frac{3}{2}\frac{V}{bh}$에 위치보정항 $1 - 4y^2/h^2$를 곱해야 하는데, 이 보정항을 빠뜨리면 1번처럼 오답이 나온다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

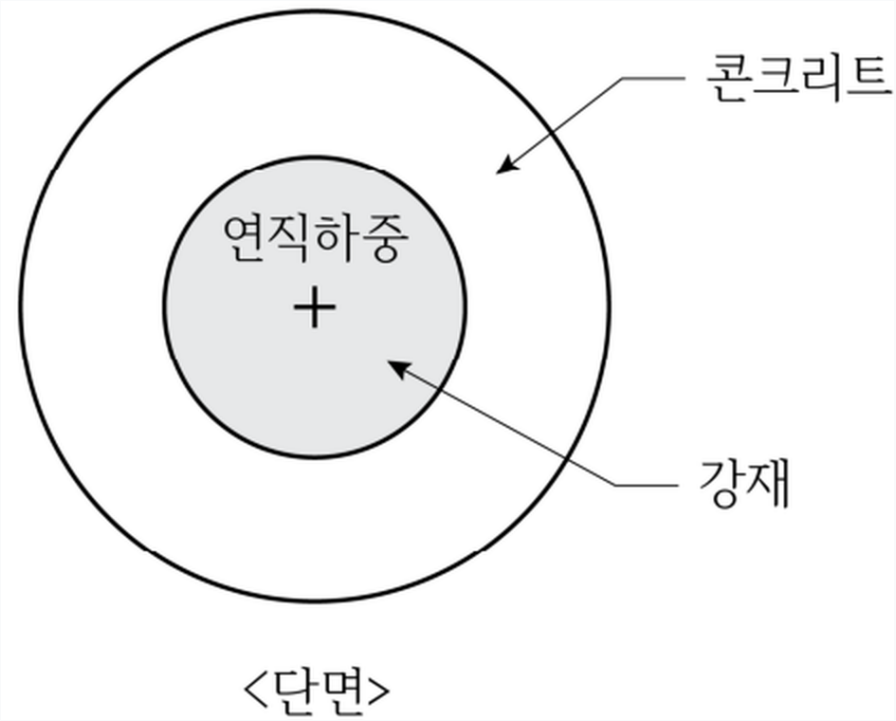
보 응력 계산 문제는 지점반력 계산 → 관심 단면의 $V, M$ 산정 → 중립축 기준 거리 $y$ 확인 → $\sigma = My/I$, $\tau = VQ/(Ib)$ 또는 단면별 전단응력식을 적용하는 순서로 판단하면 된다.

### 암기 포인트

직사각형 단면에서는 $I = bh^3/12$, 휨응력은 $\sigma = My/I$, 전단응력은 $\tau = \frac{3}{2}\frac{V}{bh}\left(1 - \frac{4y^2}{h^2}\right)$이다.

NoteBase

**문 25. 원형 콘크리트 속에 원형 강재를 일체화한 동심원 합성기둥이 압축력을 받고 있다. 연직하중 80kN이 기둥 도심에 작용할 때, 콘크리트의 응력[MPa]은? (단, 강재 탄성계수는 200GPa, 콘크리트 탄성계수는 20GPa, 강재 단면적은 120mm$^2$, 콘크리트 단면적은 2,000mm$^2$이다)**




① 25
② 35
③ 40
④ 80

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 합성기둥에서 강재와 콘크리트의 변형률이 같다는 조건과 탄성계수비를 이용해 콘크리트 응력을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 축하중 80 kN, 강재 탄성계수 200$GPa$, 콘크리트 탄성계수 20$GPa$, 강재 단면적 120$mm^2$, 콘크리트 단면적 2000$mm^2$이다.
구해야 할 값: 콘크리트의 응력 $\sigma_c$이다.
주의할 조건: 두 재료가 일체화되어 있으므로 변형률이 같고, 응력비는 탄성계수비와 같다.

NoteBase

### 사용할 공식

같은 변형률 조건에서 $\sigma_s/\sigma_c = E_s/E_c = 200/20 = 10$이다.
따라서 전체 축하중은 $P = \sigma_c A_c + \sigma_s A_s = \sigma_c(A_c + 10A_s)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 합성기둥의 강재와 콘크리트가 완전 부착되어 같은 축변형률로 함께 하중을 분담하기 때문이다.

### 계산 과정

1. 탄성계수비는 $n = E_s/E_c = 200/20 = 10$이다.
2. 강재 응력은 $\sigma_s = n\sigma_c = 10\sigma_c$이다.
3. 축하중 평형식은 $80000 = \sigma_c \times 2000 + 10\sigma_c \times 120$이다.
4. 정리하면 $80000 = 3200\sigma_c$이므로 $\sigma_c = 25N/mm^2 = 25MPa$이다.

### 선지 판단

1번 O: 계산 결과 콘크리트 응력은 $25MPa$이므로 옳다.
2번 X: $35MPa$는 등가단면적 $A_c + 10A_s = 3200mm^2$를 정확히 반영하지 못한 값이다. 올바르게는 같은 변형률 조건과 하중평형을 적용한 콘크리트 응력 $25MPa$이다.
3번 X: $40MPa$는 콘크리트가 $80kN$을 단독으로 부담한다고 보고 80000/2000으로 계산할 때 나오는 값이다. 올바르게는 강재도 함께 하중을 분담하므로 콘크리트 응력은 $25MPa$이다.
4번 X: $80MPa$는 합성거동을 무시하고 응력 분담을 과대평가한 값이다. 올바르게는 강재 응력이 콘크리트보다 10배 크고, 콘크리트 응력은 $25MPa$이다.

### 오답 포인트

가장 흔한 실수는 전체 하중 $80kN$을 콘크리트 단면적 $2000mm^2$로 바로 나누어 $40MPa$를 만드는 것이다. 이 문항의 핵심은 합성기둥이므로 먼저 같은 변형률 조건을 세우고, 그다음 탄성계수비로 강재 응력을 연결해야 한다는 점이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

합성축재 계산형은 일체 거동 여부를 먼저 확인하고, 같으면 변형률 동일 → 응력비는 탄성계수비 → 전체 하중 평형식 작성 → 단위 검산 순서로 판단한다.

### 암기 포인트

합성기둥은 변형률이 같고 응력비는 탄성계수비이다. 따라서 $P = \sigma_c(A_c + nA_s)$ 꼴로 바로 정리된다.

NoteBase