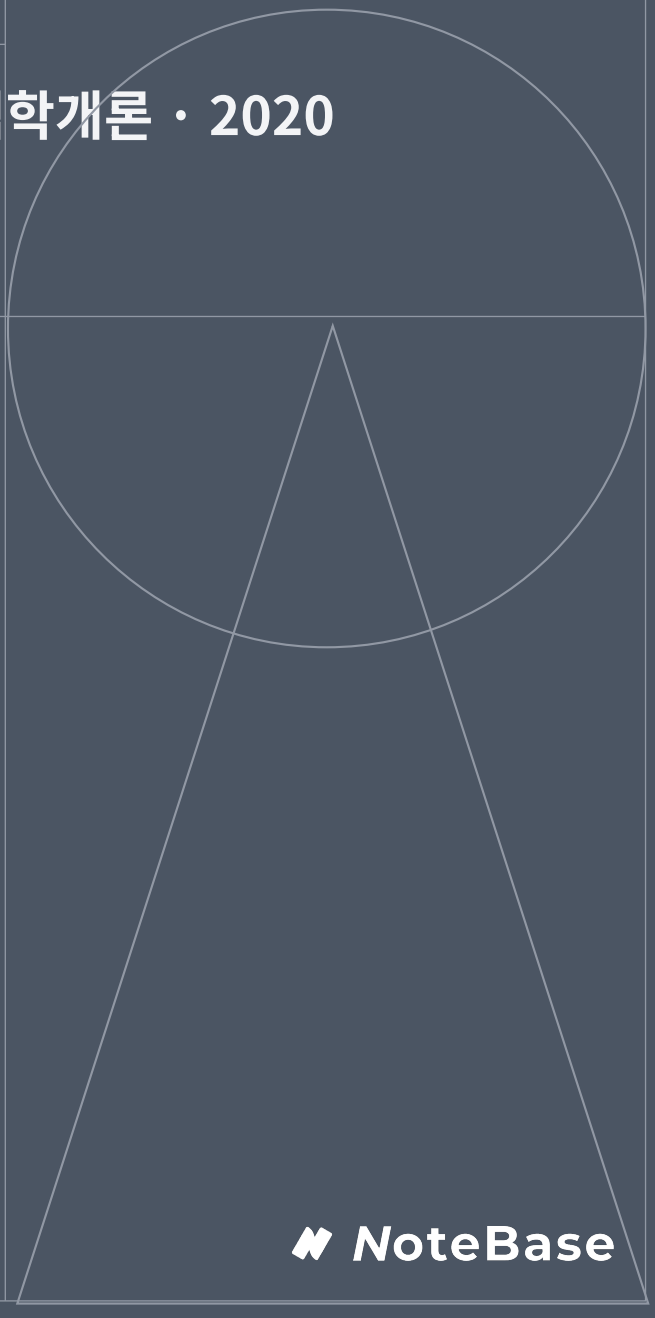
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2020



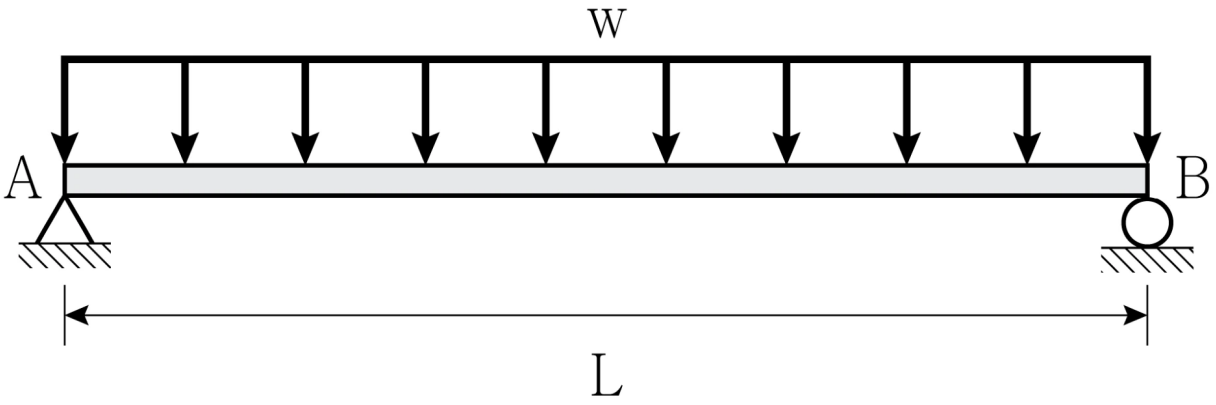
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2020

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2020

문 1. 그림과 같은 단순보에서 다음 항목 중 0의 값을 갖지 않는 것은? (단, 단면은 균일한 직사각형이다)



① 중립축에서의 휨응력(수직응력)

② 단면의 상단과 하단에서의 전단응력

③ 양단지점에서의 휨응력(수직응력)

④ 양단지점의 중립축에서의 전단응력

정답 4번

간단한 해설

양단지점에서는 휨모멘트가 0이지만 **전단력은 0이 아니다**. 직사각형 단면의 전단응력은 **중립축에서 최대**이므로, 양단지점의 중립축에서는 전단응력이 0이 되지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① 중립축에서의 휨응력: 0이다. 휨응력은 $\sigma = -\frac{My}{I}$로 나타낸다. 여기서 M은 휨모멘트, y는 중립축에서의 거리, I는 중립축에 대한 단면2차모멘트이다. **중립축에서는 y = 0**이므로 휨모멘트의 크기와 관계없이 휨응력이 0이다.

② 단면의 상단과 하단에서의 전단응력: 0이다. 직사각형 단면에서 전단력에 의한 전단응력은 높이 방향으로 포물선 분포를 이룬다. **상·하단에서는 0**이고, 단면 중앙의 중립축으로 갈수록 크기가 커진다.

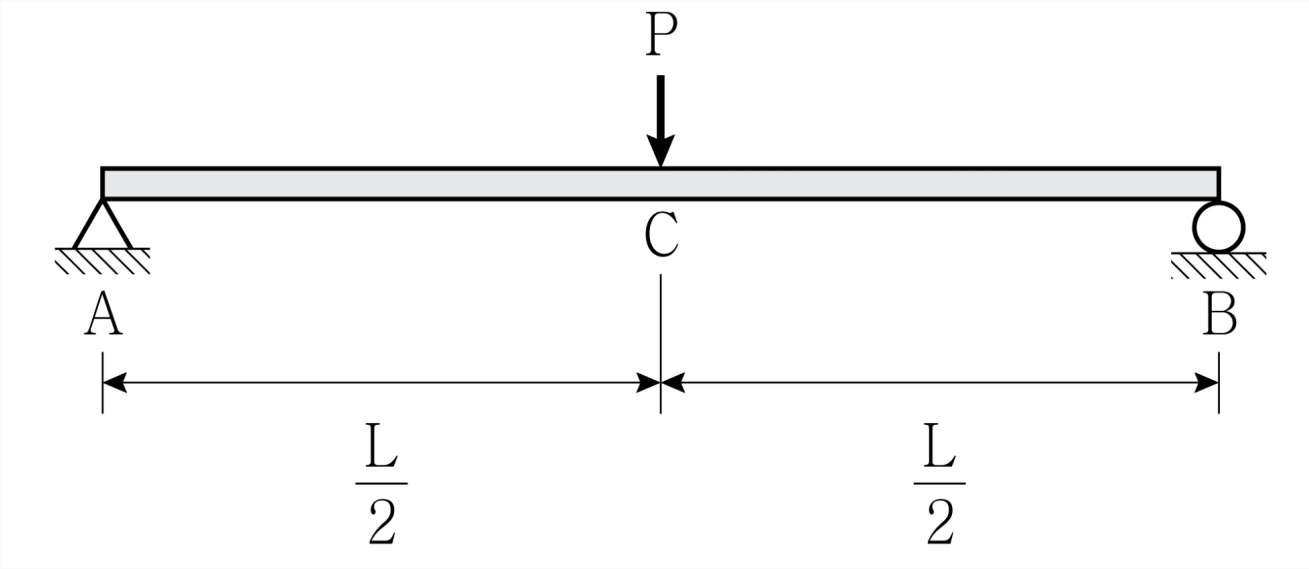
③ 양단지점에서의 휨응력: 0이다. 그림의 A는 힌지지점, B는 롤러지점이며, 양단에는 외부에서 가하는 모멘트가 없다. 따라서 **양단의 휨모멘트 M이 0**이므로, 휨응력 식에 따라 지점 단면의 어느 높이에서도 휨응력이 0이다.

④ 양단지점의 중립축에서의 전단응력: 0이 아니다. 그림의 등분포하중을 양쪽 지점반력이 나누어 지지하므로, 각 지점 바로 안쪽 단면에는 반력과 같은 크기의 전단력이 존재한다. 직사각형 단면의 중립축에서 전단응력의 크기는 $|\tau| = \frac{3|V|}{2A}$이다. 여기서 V는 단면의 전단력, A는 단면적이다. 전단력이 0이 아니므로 **중립축의 전단응력도 0이 아니다**.

네 항목을 비교하면 ①·②·③은 0이고, ④의 양단지점 중립축에서의 전단응력은 0이 아니다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 단순보에서 다음 설명 중 옳은 것은? (단, 단면은 균일한 직사각형이고, 재료는 균질하다)



① 탄성계수 값이 증가하면 지점 처짐각의 크기는 증가한다.

② 지점 간 거리가 증가하면 지점 처짐각의 크기는 증가한다.

③ 휨강성이 증가하면 C점의 처짐량은 증가한다.

④ 지점 간 거리가 증가하면 C점의 처짐량은 감소한다.

정답 2번

간단한 해설

중앙에 같은 집중하중 P가 작용할 때, 지점 처짐각의 크기는 $\frac{PL^2}{16EI}$이다. 따라서 휨강성 EI가 일정하면 지점 간 거리가 길어질수록 처짐각은 **거리의 제곱에 비례하여 증가**한다.

NoteBase

선지별 해설

그림은 지점 간 거리 L인 단순보의 중앙 C에 집중하중 P가 작용하는 경우이다. E는 재료의 탄성계수, I는 단면2차모멘트이며, EI는 휨변형에 저항하는 정도인 휨강성이다. 선형탄성·미소변형 보의 휨이론에서 양 지점 처짐각의 크기는 $|\theta_A| = |\theta_B| = \frac{PL^2}{16EI}$, 중앙 C의 아래쪽 처짐량은 $\delta_C = \frac{PL^3}{48EI}$이다. 각 선지에서는 바꾸는 양 이외의 조건을 일정하게 두고 비교한다.

① X: 지점 처짐각의 크기는 탄성계수 E에 반비례한다. E가 커지면 같은 휨모멘트에 대한 보의 굽어짐이 작아지므로, 지점 처짐각의 크기는 **증가하지 않고 감소**한다.

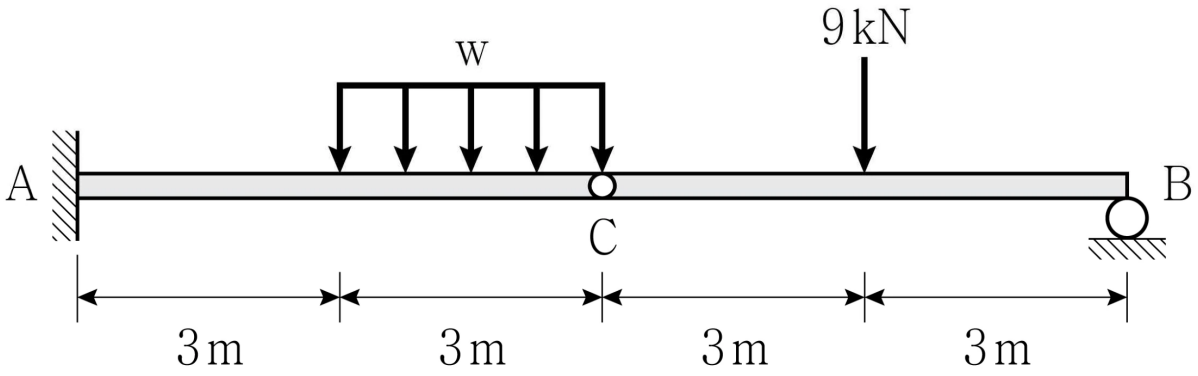
② O: 지점 처짐각의 크기는 L^2에 비례한다. 하중 P와 휨강성 EI가 같을 때 지점 간 거리 L이 증가하면 **지점 처짐각의 크기도 증가**한다.

③ X: C점 처짐량 식에서 휨강성 EI는 분모에 있다. 휨강성이 클수록 보가 휨변형에 더 잘 저항하므로, C점 처짐량은 **증가하지 않고 감소**한다.

④ X: C점 처짐량은 L^3에 비례한다. 하중 P와 휨강성 EI가 같으면 지점 간 거리가 길어질수록 C점 처짐량은 **감소하지 않고 증가**한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같은 게르버보에 하중이 작용하고 있다. A점의 수직반력 R_A가 B점의 수직반력 R_B의 2배($R_A = 2R_B$)가 되려면, 등분포 하중 w [kN/m]의 크기는? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 2.0

정답 3번

간단한 해설

C점 힌지는 모멘트를 전달하지 않으므로, 오른쪽 CB 구간의 평형에서 $R_B = 4.5$ kN이다. 반력비 조건에 따라 $R_A = 9$ kN이 되어야 하므로, 길이 3 m에 작용하는 **등분포하중의 합력은 4.5 kN**이며 하중 강도는 1.5 kN/m이다.

NoteBase

계산 과정

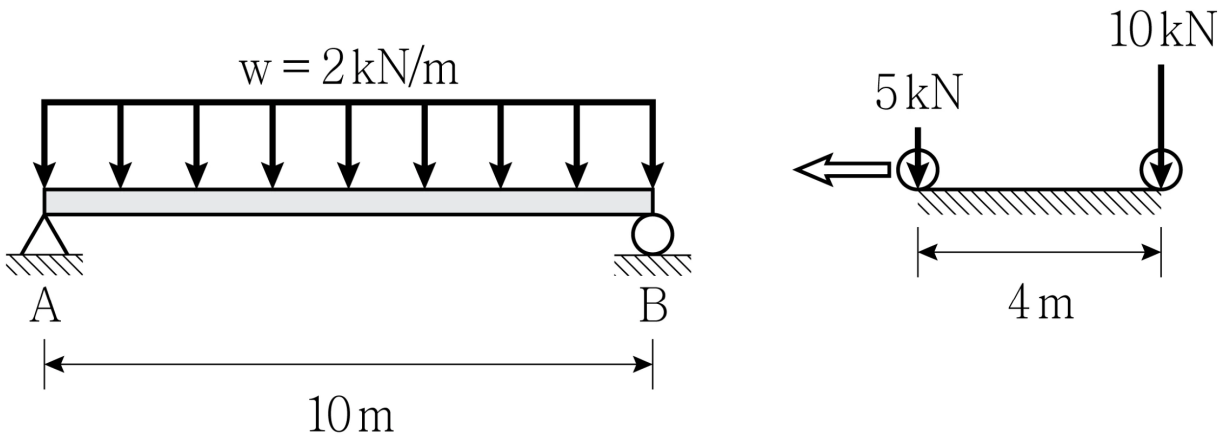
CB 구간의 반력: C는 **모멘트를 전달하지 않는 내부 힌지**이므로 보를 C에서 나누어 평형을 적용할 수 있다. CB의 길이는 6 m이고, 9 kN의 집중하중은 C에서 3 m 떨어진 중앙에 작용한다. 위쪽 반력과 반시계 방향 모멘트를 양으로 두면, CB 구간의 C점에 대한 모멘트 평형은 $6R_B - 9 \cdot 3 = 0$이다. 따라서 $R_B = \frac{9 \cdot 3}{6} = 4.5$ kN이며, CB 구간의 수직력 평형에 따라 C에서 오른쪽 보에 작용하는 힘도 위쪽으로 4.5 kN이다.

AC 구간의 수직력 평형: 작용·반작용에 따라 C에서 **왼쪽 보에는 아래쪽으로 4.5 kN**이 작용한다. 등분포하중은 A에서 3 m 떨어진 지점부터 C까지 길이 3 m에 걸쳐 작용하므로, 그 합력은 $3w$ kN이다. 보의 자중은 무시하므로 AC 구간의 수직력 평형에서 $R_A - 3w - 4.5 = 0$, 즉 $R_A = 3w + 4.5$이다. 여기서 반력은 kN, 하중 강도 w는 kN/m 단위로 나타낸다.

반력비 조건 적용: $R_A = 2R_B$에 $R_B = 4.5$ kN을 대입하면 $R_A = 9$ kN이다. 따라서 $3w + 4.5 = 9$에서 $w = \frac{9 - 4.5}{3} = 1.5$ kN/m를 얻는다. 이는 선지 ③의 1.5에 해당한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 등분포 고정하중이 작용하는 단순보에서 이동하중이 작용할 때 절대 최대 전단력의 크기[kN]는? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 20

② 21

③ 22

④ 23

정답 4번

간단한 해설

절대 최대 전단력은 **지점 바로 안쪽의 최대 반력 크기**로 구한다. 10 kN 하중이 B 바로 안쪽에 있고 5 kN 하중이 그 왼쪽 4 m에 있을 때, B 반력은 고정하중분 10 kN과 이동하중분 13 kN을 합한 23 kN이다.

NoteBase

계산 과정

1. 최대 전단력이 생기는 위치: 보의 길이는 10 m이고, 전 구간에 아래 방향 등분포 고정하중 2 kN/m가 작용한다. 이동하중은 왼쪽의 5 kN과 오른쪽의 10 kN이 4 m 간격을 유지하며 왼쪽으로 이동한다. 모든 하중이 아래 방향이므로 전단력은 A에서 B로 갈수록 감소한다. 따라서 보 전체에서 전단력의 절댓값이 가장 큰 곳은 **A 또는 B 바로 안쪽**이며, 두 지점 반력의 최대값을 비교하면 된다. 지점에 집중하중을 놓는 배치는 하중이 지점 바로 안쪽에 있는 극한 위치로 본다.

2. 고정하중분: 등분포하중의 합력은 $2 \times 10 = 20$ kN이고 보 중앙에 작용한다. 양 지점에서 합력까지의 거리가 같으므로 각 지점의 반력은 $\frac{20}{2} = 10$kN이다. 이 반력은 이동하중의 위치와 관계없이 항상 더해진다.

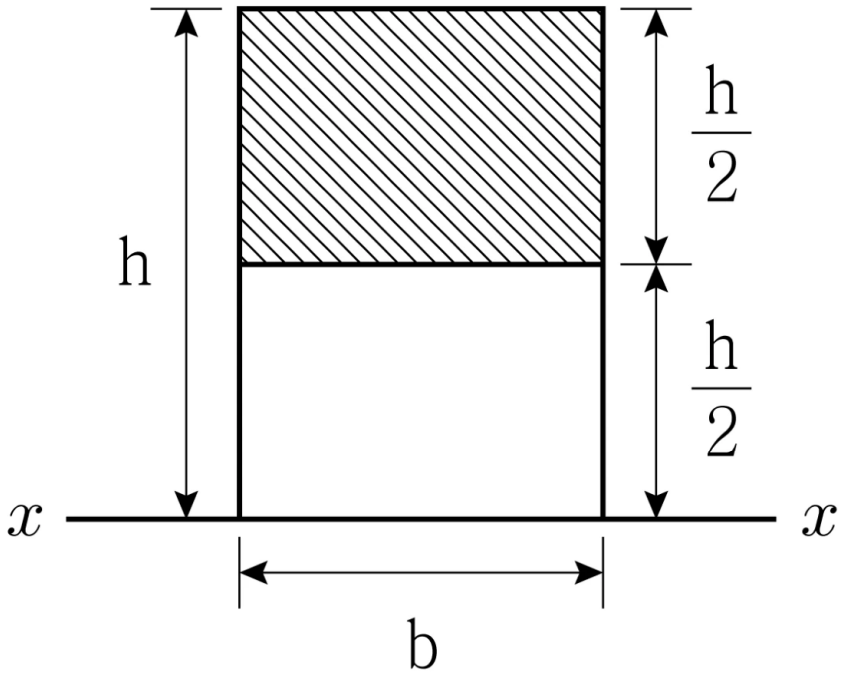
3. A 지점의 최대 반력: A에서 거리 x에 있는 집중하중 P가 만드는 A 반력은 B에 대한 모멘트 평형으로 $R_A = P\frac{10-x}{10}$이다. 따라서 같은 하중은 A에 가까울수록 A 반력에 크게 기여한다. 두 하중이 모두 보 위에 있을 때에는 5 kN을 A 바로 안쪽에, 10 kN을 A에서 오른쪽 4 m에 두면 최대가 된다. 이동하중에 의한 반력은 $5 + 10 \cdot \frac{6}{10} = 11$kN이다. 5 kN이 보를 벗어난 뒤 10 kN만 A에 접근할 때의 최대 기여분은 10 kN이므로 11 kN보다 작다. 고정하중분을 더한 A의 최대 반력은 10 + 11 = 21 kN이다.

4. B 지점의 최대 반력: 같은 집중하중이 만드는 B 반력은 A에 대한 모멘트 평형으로 $R_B = P\frac{x}{10}$이므로, 하중이 B에 가까울수록 커진다. 두 하중이 모두 보 위에 있는 가장 오른쪽 배치, 즉 **10 kN을 B 바로 안쪽**에 놓을 때 5 kN은 A에서 6 m 위치에 있다. 이동하중에 의한 B 반력은 $10 + 5 \cdot \frac{6}{10} = 13$kN이다. 두 하중이 함께 왼쪽으로 이동하면 이 반력은 감소하며, 5 kN만 먼저 보에 들어오는 동안의 기여분도 최대 5 kN에 불과하다. 따라서 고정하중분을 더한 B의 최대 반력은 10 + 13 = 23 kN이다.

5. 결과 비교: A 쪽 최대 전단력의 크기 21 kN보다 B 쪽 최대 전단력의 크기 23 kN이 크다. 따라서 절대 최대 전단력의 크기는 23 kN이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 폭이 b이고 높이가 h인 직사각형 단면의 x축에 대한 단면2차모멘트 I_{x1}과 빗금친 직사각형 단면의 x축에 대한 단면2차모멘트 I_{x2}의 크기의 비 $\left(\frac{I_{x2}}{I_{x1}}\right)$는?



① $\frac{1}{2}$
② $\frac{2}{3}$
③ $\frac{7}{8}$
④ 1

정답 3번

간단한 해설

빗금친 부분은 **전체 직사각형에서 아래쪽 절반을 뺀 영역**이다. 같은 밑변의 축에 대한 직사각형의 단면2차모멘트는 높이의 세제곱에 비례하므로, 아래쪽 절반의 기여는 전체의 1/8이고 빗금친 부분의 비는 $\frac{7}{8}$이다.

NoteBase

계산 과정

그림의 x축은 전체 직사각형의 **밑변을 지나는 축**이다. 빗금친 부분은 이 축에서 $\frac{h}{2}$부터 h까지의 영역이다. 단면2차모멘트는 $I_x = \int_A y^2 dA$로 정의되며, y는 x축에서 미소면적까지의 수직거리이다. 따라서 면적이 같아도 축에서 멀리 있는 부분의 기여가 더 크다.

전체 직사각형: 폭이 b로 일정하므로 $dA = bdy$이다. 밑변에서 높이 h까지 적분하면 $I_{x1} = \int_0^h by^2 dy = \frac{bh^3}{3}$이다.

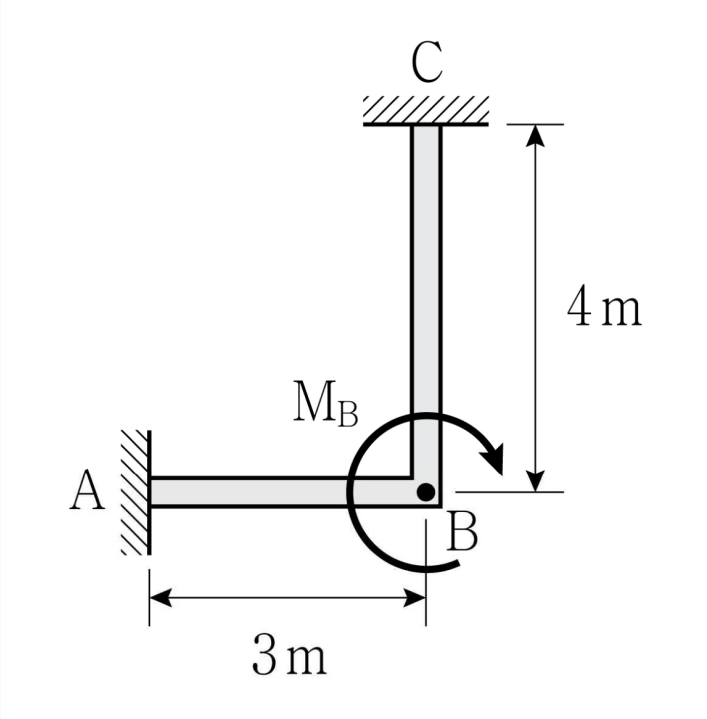
아래쪽 절반: 폭은 b, 높이는 $\frac{h}{2}$이고 같은 x축을 밑변으로 한다. 이 부분의 단면2차모멘트를 I_하라 하면 I_하=(b(h/2)^3)/(3)=(bh^3)/(24)이다. 이는 **전체 단면2차모멘트의 1/8**에 해당한다.

빗금친 부분: 단면2차모멘트는 **같은 축을 기준으로 더하거나 뺄 수 있다**. 따라서 전체에서 아래쪽 절반의 값을 빼면 $I_{x2} = \frac{bh^3}{3} - \frac{bh^3}{24} = \frac{7bh^3}{24}$이다.

크기의 비는 $\frac{I_{x2}}{I_{x1}} = 1 - \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$이다. 두 단면2차모멘트의 길이 네제곱 단위가 약분되므로 비에는 단위가 없으며, 선택지 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 하중을 받는 구조물에서 고정단 C점의 모멘트 반력의 크기[kN·m]는? (단, 구조물의 자중은 무시하고, 휨강성 EI는 일정, $M_B = 84$ kN · m이다)



① 9

② 18

③ 27

④ 36

정답 2번

간단한 해설

B점의 모멘트는 두 부재의 회전강성에 따라 분배되며, BC에는 36 kN·m가 분배된다. C가 고정된 등단면 부재의 **모멘트 전달률은 1/2**이므로 C점 모멘트 반력의 크기는 18 kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

1. 해석 조건: 그림에서 A와 C는 고정단이고, AB의 길이는 3 m, BC의 길이는 4 m이다. 두 부재의 휨강성 EI는 같고, B점에는 시계방향으로 84 kN·m의 모멘트가 작용한다. 축방향 변형을 무시하는 휨해석을 적용하면 AB가 B점의 수평이동을, BC가 수직이동을 구속하므로 B점에서는 회전만 고려한다.

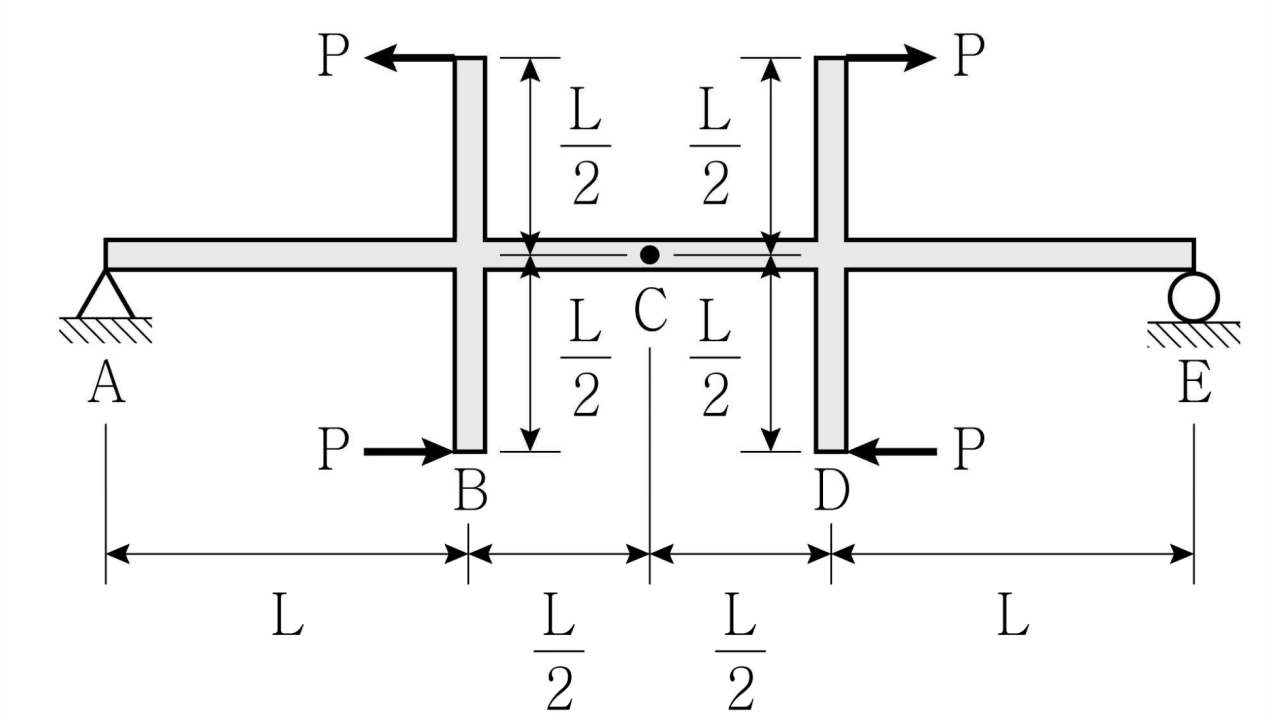
2. B점의 회전강성: 반대쪽 끝이 고정되고 절점의 병진이 없을 때, 길이 L인 부재의 회전강성은 $K = \frac{4EI}{L}$이다. 이는 절점에 단위 회전을 일으키는 데 필요한 모멘트를 뜻한다. 따라서 $K_{BA} = \frac{4EI}{3}$, $K_{BC} = \frac{4EI}{4}$이고, **회전강성의 비는 BA:BC = 4:3**이다.

3. BC에 분배되는 모멘트: B에서 두 부재의 회전각은 같으므로, 각 부재가 부담하는 모멘트는 회전강성에 비례한다. BC의 분배율은 $D_{BC} = \frac{3}{4+3} = \frac{3}{7}$이다. 따라서 BC의 B단에 분배되는 모멘트의 크기는 $84 \times \frac{3}{7} = 36$ kN·m이다. 이 값은 C점 반력이 아니라 **BC의 B단 모멘트**이다.

4. C점으로의 전달: 부재 BC에는 중간하중이 없고 C가 고정되어 있으므로, B단 모멘트의 1/2이 C단에 전달된다. 이는 병진이 없고 C의 회전각이 0일 때 B단 모멘트가 $\frac{4EI}{L}\theta_B$, C단 모멘트가 $\frac{2EI}{L}\theta_B$가 되기 때문이다. 따라서 C점 모멘트 반력의 크기는 $36 \times \frac{1}{2} = 18$ kN·m이며, ②의 18에 해당한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 두 개의 우력모멘트를 받는 단순보 AE에서 A 지점 처짐각의 크기($a\frac{PL^2}{EI}$)와 C점 처짐의 크기($b\frac{PL^3}{EI}$)를 구하였다. 상수 a와 b의 값은? (단, 보 AE의 휨강성 EI는 일정하고, 보의 자중은 무시한다)



① a: $\frac{1}{2}$, b: $\frac{5}{8}$

② a: $\frac{1}{2}$, b: $\frac{3}{2}$

③ a: $\frac{1}{6}$, b: $\frac{5}{8}$

④ a: $\frac{1}{6}$, b: $\frac{3}{2}$

정답 1번

간단한 해설

각 우력의 크기는 PL이고, **C점에서는 대칭성에 의해 처짐각이 0**이다. 이를 기준으로 일정한 곡률을 적용하면 A 지점 처짐각의 크기는 $\frac{PL^2}{2EI}$, C점 처짐의 크기는 $\frac{5PL^3}{8EI}$가 된다.

NoteBase

계산 과정

우력과 휨모멘트: 그림에서 각 우력을 이루는 두 힘 사이의 수직거리는 $\frac{L}{2}+\frac{L}{2}=L$이다. 따라서 B에는 반시계방향 PL, D에는 시계방향 PL의 우력이 작용한다. 두 우력의 합과 외력의 합력이 모두 0이므로 A와 E의 지점반력은 0이다. 아래로 볼록하게 휘게 하는 휨모멘트를 양으로 잡으면 AB와 DE에서는 M = 0, **BD에서는 M = −PL로 일정**하다.

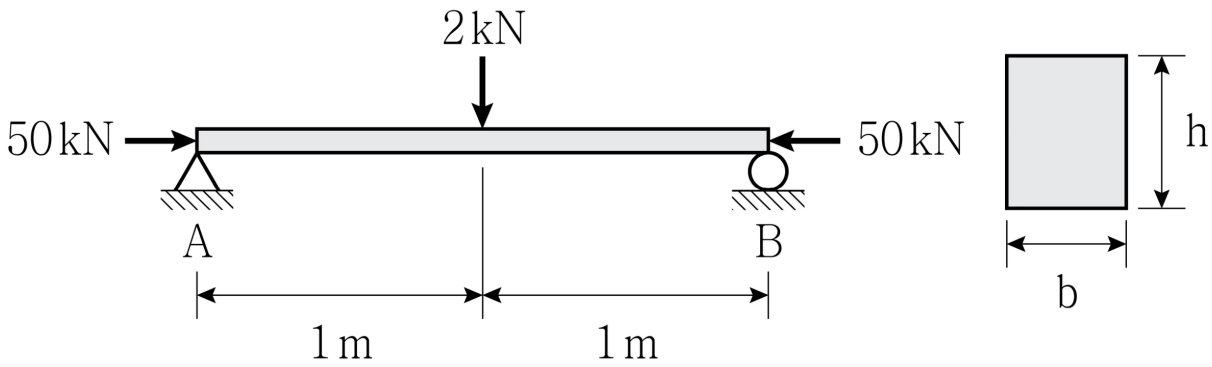
A 지점 처짐각: 보의 전체 길이는 3L이며 C는 중앙이다. 하중에 의한 휨모멘트와 휨강성이 좌우 대칭이므로 **C점의 접선은 수평**이다. 미소 처짐에서 처짐각의 변화량은 $\frac{M}{EI}$를 구간 길이에 대해 적분한 값이다. BC의 길이는 $\frac{L}{2}$이고 곡률의 크기는 $\frac{PL}{EI}$로 일정하므로, B와 C 사이 처짐각 차이의 크기는 $\frac{PL}{EI}\cdot\frac{L}{2}=\frac{PL^2}{2EI}$이다. AB에서는 M = 0이어서 처짐각이 변하지 않는다. 따라서 $\theta_A=\theta_B=\frac{PL^2}{2EI}$이며, 여기서 처짐각 기호는 크기를 나타낸다.

C점 처짐: 위쪽 변위를 양으로 잡고 B와 C의 처짐을 각각 δ_B, δ_C라 하자. A의 처짐은 0이고, AB는 **처짐각이 일정한 직선 구간**이므로 $\delta_B=L\theta_A=\frac{PL^3}{2EI}$이다. BC에서는 곡률이 일정하여 처짐각이 B의 θ_A에서 C의 0까지 선형으로 감소한다. 따라서 BC의 평균 처짐각은 $\frac{\theta_A}{2}$이고, 이 구간의 추가 처짐은 $\delta_C-\delta_B=\frac{\theta_A}{2}\cdot\frac{L}{2}=\frac{PL^3}{8EI}$이다. 두 구간의 변위를 더하면 $\delta_C=\frac{PL^3}{2EI}+\frac{PL^3}{8EI}=\frac{5PL^3}{8EI}$이다. C는 위쪽으로 처지며, 문제에서는 그 크기를 묻는다.

상수의 대응: $\theta_A=a\frac{PL^2}{EI}$, $\delta_C=b\frac{PL^3}{EI}$와 비교하면 $a=\frac{1}{2}$, $b=\frac{5}{8}$이므로 ①에 해당한다. 처짐각의 단위는 rad, 처짐의 단위는 길이이며 a와 b는 무차원 상수이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 하중을 받는 단순보에서 인장응력이 발생하지 않기 위한 단면 높이 h의 최솟값[mm]은? (단, $h = 2b$, 50 kN의 작용점은 단면의 도심이고, 보의 자중은 무시한다)



① 100

② 110

③ 120

④ 130

정답 3번

간단한 해설

인장응력이 생기지 않으려면 **축력에 의한 압축응력이 최대 휨인장응력 이상**이어야 한다. 최대 휨모멘트 1 kN·m와 압축력 50 kN을 적용하면 단면 높이의 최솟값은 120 mm이다.

NoteBase

계산 과정

1. 축력과 최대 휨모멘트: 양 끝의 50 kN 하중은 서로 안쪽으로 작용하므로 보 내부의 압축축력은 P = 50 kN이다. 두 하중을 더한 100 kN이 아니다. 작용점이 단면 도심이므로 이 축력 자체는 휨모멘트를 만들지 않는다. 중앙의 하향하중 2 kN에 대한 수직반력은 대칭에 의해 A, B에서 각각 1 kN이다. 따라서 중앙에서 휨모멘트가 최대이며, $M_{\max} = 1 \times 1 = 1\text{kN} \cdot \text{m}$이다. 계산 단위를 N과 mm로 맞추면 P = 50,000 N, $M_{\max} = 1{,}000{,}000\text{N} \cdot \text{mm}$이다.

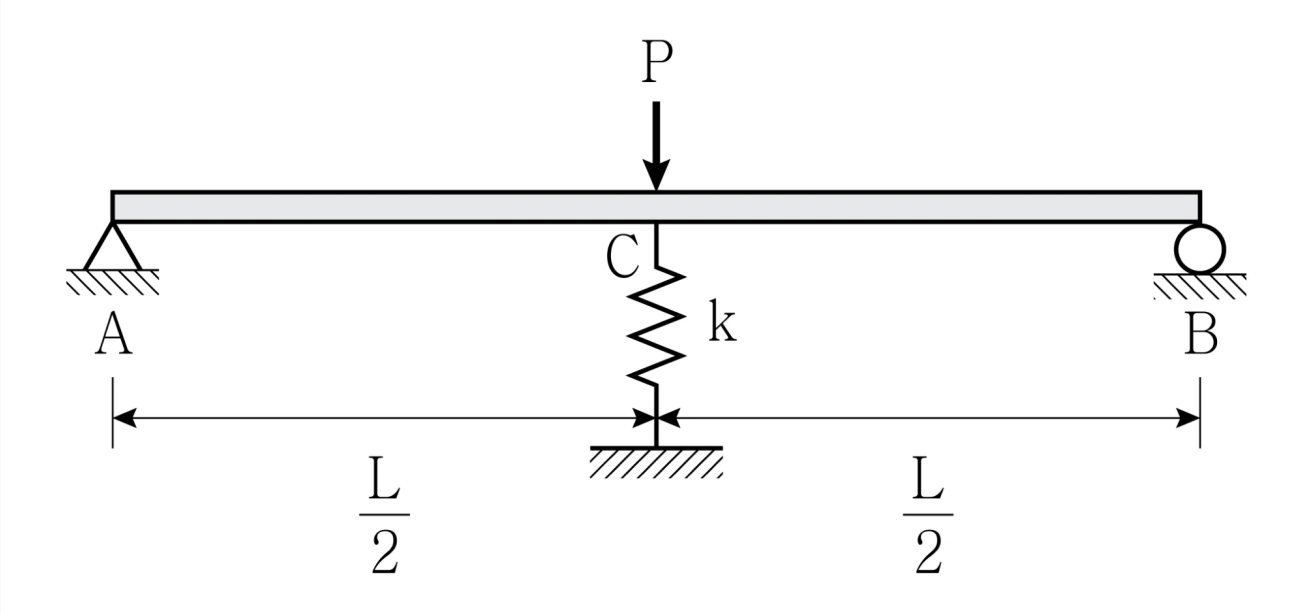
2. 단면의 성질: 직사각형 단면의 넓이는 $A = bh$, 도심을 지나는 수평축에 대한 단면2차모멘트는 $I = bh^3/12$이다. 가장 바깥 섬유까지의 거리가 h/2이므로 단면계수는 $Z = I/(h/2) = bh^2/6$이다. 주어진 $h = 2b$를 적용하면 $A = h^2/2, Z = h^3/12$이 된다.

3. 인장응력이 생기지 않는 조건: 압축축력은 단면 전체에 균일한 압축응력 P/A를 만들고, 중앙의 양의 휨모멘트는 상단에 압축응력, 하단에 인장응력을 만든다. 인장을 양으로 두면 중앙 하단의 합성 수직응력은 $\sigma = -P/A + M_{\max}/Z$이다. 따라서 **중앙 하단의 합성응력이 0 이하**여야 하므로 $P/A \geq M_{\max}/Z$가 필요하다. 축력은 일정하고 다른 단면의 휨모멘트는 중앙보다 작으므로, 이 조건을 만족하면 보 전체에서 인장응력이 발생하지 않는다.

4. 최소 높이 계산: $A = h^2/2, Z = h^3/12$를 대입하면 2P/h^2≥12M_/h^3이다. 양수인 h^3을 양변에 곱해 정리하면 h≥6M_/P를 얻는다. 따라서 $h \geq \frac{6 \times 1{,}000{,}000}{50{,}000} = 120\text{mm}$이다. 높이가 120 mm일 때 중앙 하단의 응력이 0이 되며, 이보다 작으면 인장응력이 발생한다. 따라서 최솟값은 120 mm로 ③에 해당한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 단순보의 C점에 스프링을 설치하였더니 스프링에서의 수직 반력이 $\frac{P}{2}$가 되었다. 스프링 강성 k는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고 보의 자중은 무시한다)



① $\frac{24EI}{L^3}$
② $\frac{48EI}{L^3}$
③ $\frac{96EI}{L^3}$
④ $\frac{120EI}{L^3}$

정답 2번

간단한 해설

스프링의 위쪽 반력을 제외하면 보 중앙에 작용하는 순하중은 $P/2$이며, 중앙 처짐은 $\delta_C = \frac{PL^3}{96EI}$이다. **보의 중앙 처짐과 스프링 압축량이 같으므로** $k = \frac{P/2}{\delta_C} = \frac{48EI}{L^3}$이다.

NoteBase

계산 과정

하중과 위치: 그림에서 C는 경간 L인 단순보의 중앙으로, AC와 CB는 각각 $L/2$이다. C에 아래쪽 하중 P와 위쪽 스프링 반력 $R_s = P/2$가 함께 작용한다. 스프링을 반력으로 대체하면 보 중앙의 순하중은 $Q = P - R_s = P/2$이다. 보의 자중은 무시한다.

C점의 처짐: 휨강성 EI가 일정한 단순보의 중앙에 집중하중 Q가 작용하면 중앙 처짐은 $\delta_C = \frac{QL^3}{48EI}$이다. 여기서 E는 탄성계수, I는 단면2차모멘트이다. 선형 탄성 휨에서 두 힘의 처짐을 중첩할 수 있으므로, P 대신 **하중과 스프링 반력의 차**인 Q를 적용한다. 따라서 $\delta_C = \frac{(P/2)L^3}{48EI} = \frac{PL^3}{96EI}$이며 방향은 아래쪽이다.

변형 적합조건: 스프링의 아래쪽 끝은 고정되어 있고 위쪽 끝은 C점과 함께 내려가므로, **스프링 압축량은 C점의 처짐과 같다**. 스프링의 힘과 압축량 관계는 $R_s = k\delta_C$이므로 $k = \frac{R_s}{\delta_C}$이다.

강성 계산: $k = \frac{P/2}{PL^3/(96EI)} = \frac{48EI}{L^3}$으로, ②의 식과 일치한다. 강성은 단위 변위에 필요한 힘이므로 단위는 힘/길이이며, 예를 들어 N/m로 나타낸다.

NoteBase

문 10. 보의 탄성처짐을 해석하는 방법에 대한 다음 설명으로 옳지 않은 것은?

① 휨강성 EI가 일정할 때, 모멘트 방정식 $EI\frac{d^2v}{dx^2} = M(x)$를 두 번 적분하여 처짐 v를 구할 수 있는데, 이러한 해석법을 이중적분법(Double Integration Method)이라고 한다.

② 모멘트면적정리(Moment Area Theorem)에 의하면, 탄성곡선상의 점 A에서의 접선과 점 B로부터 그은 접선 사이의 점 A에서의 수직편차 $t_{B/A}$는 $\frac{M}{EI}$ 선도에서 이 두 점 사이의 면적과 같다.

③ 공액보를 그린 후 $\frac{M}{EI}$ 선도를 하중으로 재하하였을 때, 처짐을 결정하고자 하는 곳에서 공액보의 단면을 자르고 그 단면에서 작용하는 휨모멘트를 구하여 처짐을 구할 수 있으며, 이러한 해석법을 공액보법(Conjugated Beam Method)이라고 한다.

④ 카스틸리아노의 정리(Castigliano's Theorem)에 의하면, 한 점에 처짐의 방향으로 작용하는 어느 힘에 관한 변형에너지의 1차 편미분 함수는 그 점에서의 처짐과 같다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '수직편차가 면적과 같다'는 설명은 처짐각 변화와 수직편차를 혼동한 것이다. $\frac{M}{EI}$ 선도의 면적은 **두 점 사이의 처짐각 변화**이며, 수직편차는 **그 면적의 1차 모멘트**로 구한다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 작은 처짐을 가정한 보의 휨이론에서 탄성곡선은 $EI\frac{d^2v}{dx^2} = M(x)$를 만족한다. 휨강성 EI가 일정하면 이를 x에 대해 한 번 적분하여 처짐각을, 두 번 적분하여 처짐 v를 구한다. 이때 생기는 적분상수는 **지점의 처짐·회전 조건 등 경계조건**으로 결정한다.

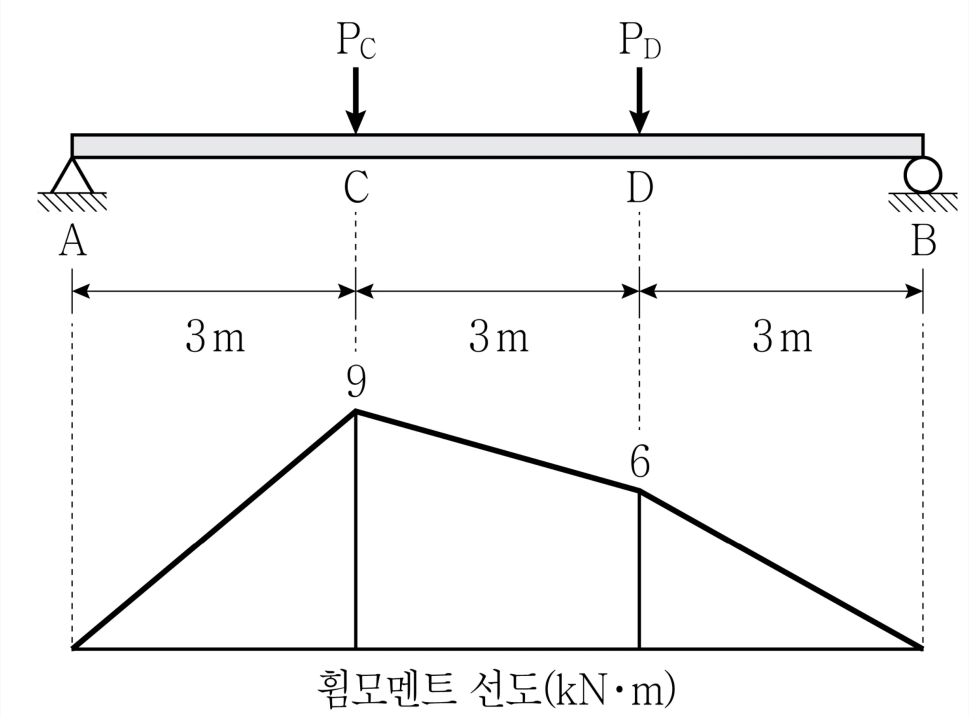
② X: 모멘트면적 제1정리에 따라 $\frac{M}{EI}$ 선도의 두 점 사이 면적은 두 접선 사이의 각, 즉 처짐각의 변화와 같다. 수직편차를 구하는 제2정리에서는 이 면적에 편차를 측정하는 점까지의 거리 효과를 반영한 **면적의 1차 모멘트**를 사용한다. 따라서 선지처럼 A에서 두 접선 사이의 수직편차를 구하려면 A에 대한 1차 모멘트를 구해야 하며, 단순히 선도의 면적만 구해서는 안 된다.

③ O: 공액보법은 실제 보의 $\frac{M}{EI}$ 선도를 가상 보의 분포하중으로 재하하고, 실제 보의 변형 경계조건에 맞도록 공액보의 지지조건을 정하는 방법이다. 하중을 적분하면 전단력과 휨모멘트를 얻는 관계가 곡률을 적분하여 처짐각과 처짐을 얻는 관계에 대응한다. 따라서 공액보의 **전단력은 실제 보의 처짐각, 휨모멘트는 실제 보의 처짐**에 대응하므로, 해당 단면의 휨모멘트로 처짐을 구할 수 있다.

④ O: 선형탄성 구조물의 작은 변형에서 변형에너지를 U, 한 점에 작용하는 힘을 P라고 하면, 그 힘의 방향으로 생기는 변위는 $\delta = \frac{\partial U}{\partial P}$로 구한다. 이는 다른 하중을 일정하게 두고 U를 P에 대해 편미분한 것으로, 카스틸리아노의 정리에 해당한다. 편미분의 기준이 되는 **힘의 작용점과 방향**이 구하려는 처짐의 위치와 방향에 대응해야 한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 단순보에 2개의 집중하중이 작용하고 있을 때 휨모멘트선도는 아래와 같다. C점에 작용하는 집중하중 P_C와 D점에 작용하는 집중하중 P_D의 비($\frac{P_C}{P_D}$)는?



① 4

② 5

③ 6

④ 7

정답 1번

간단한 해설

휨모멘트선도의 **기울기는 전단력**이고, 아래쪽 집중하중은 그 작용점에서 전단력이 감소한 크기이다. C점과 D점의 하중은 각각 4 kN과 1 kN이므로 $\frac{P_C}{P_D} = 4$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 선도 판독과 적용 관계: A–C, C–D, D–B의 길이는 각각 3 m이고, 휨모멘트는 A점 0, C점 9 kN·m, D점 6 kN·m, B점 0이다. A에서 B로 향하는 좌표를 x, 휨모멘트를 M, 전단력을 V라 하면 $V = \frac{dM}{dx}$이다. 각 구간에는 분포하중이 없으므로 선도는 직선이며, **모멘트 변화량을 구간 길이로 나누면** 그 구간의 일정한 전단력을 얻는다.

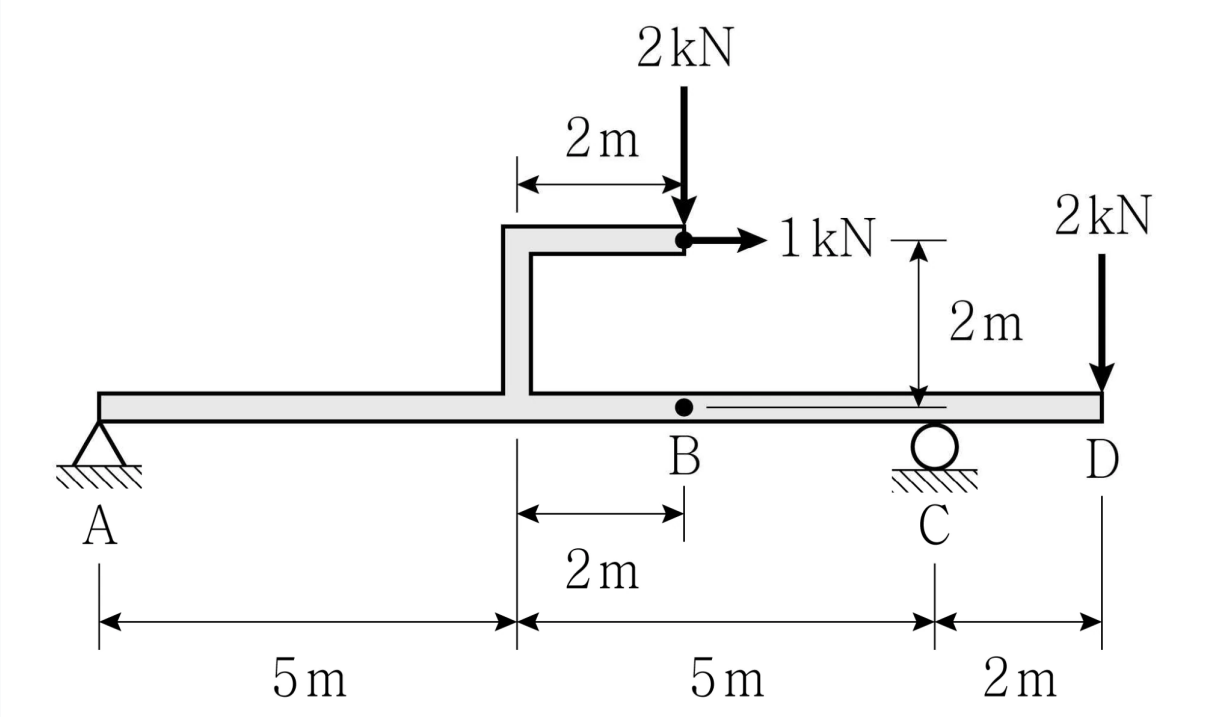
2. 구간별 전단력: A–C 구간은 $V_{AC} = \frac{9-0}{3} = 3\text{kN}$, C–D 구간은 $V_{CD} = \frac{6-9}{3} = -1\text{kN}$, D–B 구간은 $V_{DB} = \frac{0-6}{3} = -2\text{kN}$이다. C점 이후에도 모멘트값은 양수이지만, 선도가 오른쪽으로 내려가므로 **기울기인 전단력은 음수**이다.

3. 집중하중 계산: 아래쪽 집중하중의 크기는 **작용점 왼쪽 전단력에서 오른쪽 전단력을 뺀 값**이다. C점에서는 $P_C = V_{AC} - V_{CD}$이므로 $3 - (-1) = 4$ kN이다. D점에서는 $P_D = V_{CD} - V_{DB}$이므로 $-1 - (-2) = 1$ kN이다.

4. 하중의 비: $\frac{P_C}{P_D} = \frac{4}{1} = 4$이다. 같은 단위의 하중을 나눈 비이므로 단위가 없으며, ①의 4에 해당한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 부재에 하중이 작용할 때, B점에서의 휨모멘트 크기[kN · m]는? (단, 구조물의 자중 및 부재의 두께는 무시한다)



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

C점의 위쪽 반력은 4 kN이다. B점 오른쪽 부분에서 **두 힘의 모멘트 차**를 구하면 $4 \times 3 - 2 \times 5 = 2\ \text{kN}\cdot\text{m}$이다.

NoteBase

계산 과정

거리와 하중: A에서 수직부재까지는 5 m이고, 수직부재에서 B까지는 2 m이므로 A–B는 7 m이다. A–C는 10 m, A–D는 12 m이며, B–C는 3 m, B–D는 5 m이다. 상단의 하중 작용점은 하부 수평부재보다 2 m 높다. 자중과 부재 두께는 무시한다.

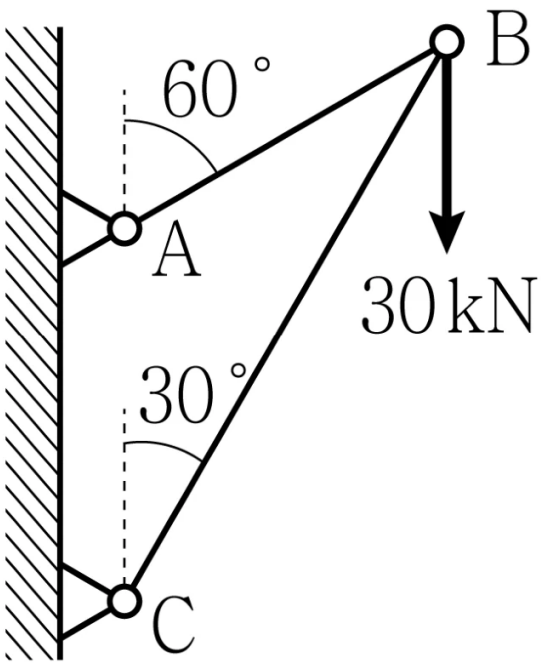
C점 반력: C점의 위쪽 수직반력을 C_y라 하자. 전체 구조물에 대해 A점의 모멘트 평형을 적용하면 A점 반력은 모멘트를 만들지 않는다. 상단의 아래쪽 2 kN과 D점의 아래쪽 2 kN은 각각 시계방향 모멘트를 만들며, 상단의 오른쪽 1 kN도 **높이 2 m를 팔길이로 하는 시계방향 모멘트**를 만든다. 따라서 $10C_y = 2\cdot 7 + 1\cdot 2 + 2\cdot 12$ 이고, $C_y = \frac{14+2+24}{10} = 4$ kN이다.

B점 휨모멘트: B점에서 절단하여 **오른쪽 부분의 모멘트 평형**을 살핀다. C점 반력 4 kN은 B점에 대해 반시계방향으로 $4 \times 3 = 12$ kN·m, D점 하중 2 kN은 시계방향으로 $2 \times 5 = 10$ kN·m를 만든다. 절단면의 휨모멘트는 그 차를 평형시켜야 하므로 크기는 $|M_B| = |12 - 10| = 2$ kN·m이다.

구한 휨모멘트 크기는 2 kN·m로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 2개의 부재로 연결된 트러스에서 B점에 30 kN의 하중이 연직방향으로 작용하고 있을 때, AB 부재와 BC 부재에 발생하는 부재력의 크기 F_{AB} [kN]와 F_{BC} [kN]는?



① F_{AB} [kN]: 30, F_{BC} [kN]: $30\sqrt{3}$

② F_{AB} [kN]: 30, F_{BC} [kN]: 30

③ F_{AB} [kN]: 60, F_{BC} [kN]: $60\sqrt{3}$

④ F_{AB} [kN]: 60, F_{BC} [kN]: 60

정답 1번

간단한 해설

그림의 각도는 **연직선 기준**이므로 부재력의 수평성분에는 사인, 연직성분에는 코사인을 적용한다. B절점의 수평·연직 평형을 풀면 AB는 30 kN의 인장력, BC는 $30\sqrt{3}$ kN의 압축력을 받는다.

NoteBase

계산 과정

B절점의 힘: 트러스 부재는 양 끝이 핀으로 연결된 두 힘 부재이므로 부재력은 **각 부재의 축 방향**으로 작용한다. 그림에서 AB와 BC가 연직선과 이루는 각은 각각 60°, 30°이다. 부재력의 크기를 F_{AB}, F_{BC}라 하고, AB는 인장, BC는 압축으로 가정한다. 그러면 B절점에서 AB의 힘은 A 쪽인 왼쪽 아래로, BC의 힘은 C에서 B로 미는 오른쪽 위로 작용한다. 계산된 크기가 모두 양수이면 이 방향 가정이 맞다.

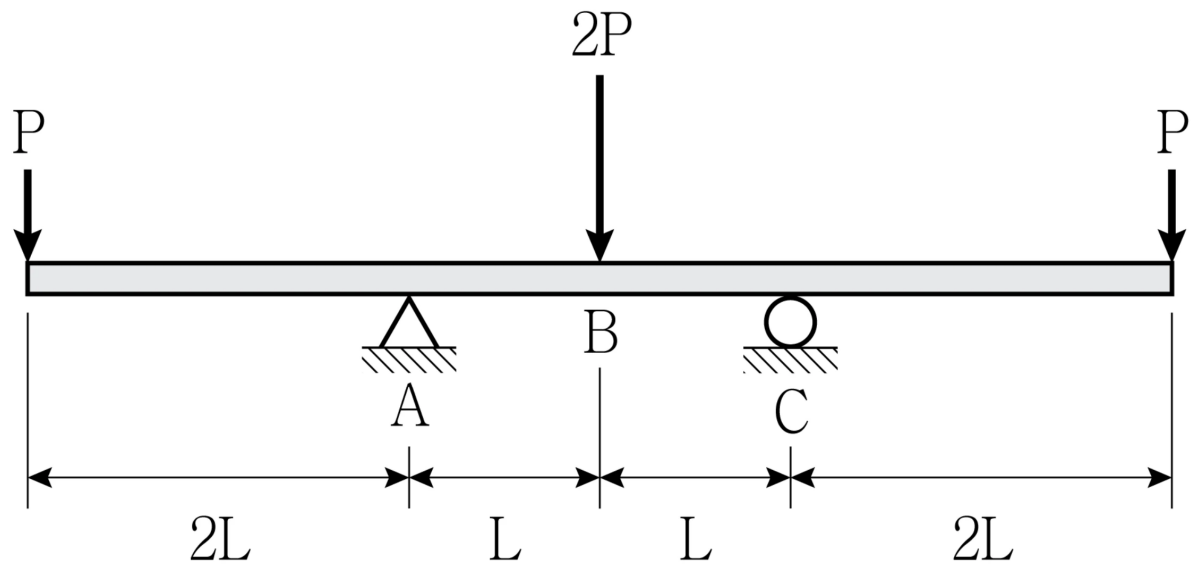
수평방향 평형: 외부 수평하중이 없으므로 두 부재력의 수평성분은 크기가 같아야 한다. 각도가 **연직선과 이루는 각**이므로 $F_{AB}\sin 60^\circ = F_{BC}\sin 30^\circ$이다. 삼각함수 값을 대입하면 $\frac{\sqrt{3}}{2}F_{AB} = \frac{1}{2}F_{BC}$, 즉 $F_{BC} = \sqrt{3}F_{AB}$이다.

연직방향 평형: BC의 위쪽 성분이 AB의 아래쪽 성분과 하중 30 kN을 함께 지탱해야 하므로 $F_{BC}\cos 30^\circ - F_{AB}\cos 60^\circ = 30$이다. 힘의 단위는 kN으로 통일한다. 수평평형에서 얻은 관계를 대입하면 $\frac{3}{2}F_{AB} - \frac{1}{2}F_{AB} = 30$이므로 $F_{AB} = 30\text{kN}$이다. 따라서 $F_{BC} = 30\sqrt{3}\,\text{kN}$이다.

두 값이 모두 양수이므로 가정한 대로 **AB는 인장, BC는 압축**이다. 부재력의 크기는 AB가 30 kN, BC가 $30\sqrt{3}$ kN이므로 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같은 내민보에 집중하중이 작용하고 있다. 한 변의 길이가 b인 정사각형 단면을 갖는다면 B점에 발생하는 최대 휨응력의 크기는 $a\frac{PL}{b^3}$이다. a의 값은? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 3번

간단한 해설

B 단면의 휨모멘트 크기는 PL이고, 정사각형 단면의 단면계수는 $Z = \frac{b^3}{6}$이다. **최대 휨응력은 휨모멘트를 단면계수로 나눈 값**이므로 $\sigma_{max} = \frac{6PL}{b^3}$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 지점반력: 하중과 지점 배치가 B를 기준으로 좌우 대칭이다. 전체 아래쪽 하중은 P + 2P + P = 4P이므로 A와 C의 위쪽 반력은 각각 $R_A = R_C = 2P$이다.

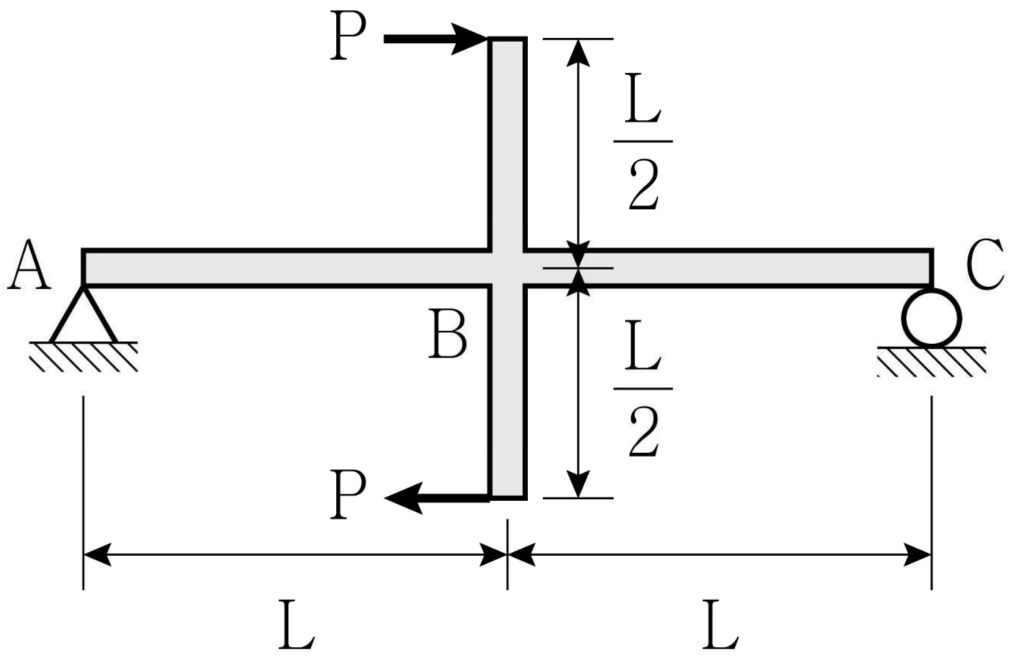
2. B점의 휨모멘트: B에서 보를 절단하고 왼쪽 부분의 모멘트 평형을 이용한다. A의 반력 2P는 B에서 L만큼, 왼쪽 끝의 하중 P는 B에서 3L만큼 떨어져 있고, 두 힘의 모멘트 방향은 반대이다. 처짐이 아래로 볼록한 휨모멘트를 양으로 두면 $M_B = 2P \cdot L - P \cdot 3L = -PL$이다. B에 작용하는 2P는 **B에 대한 모멘트 팔길이가 0**이므로 이 식에 모멘트 항을 더하지 않는다. 따라서 휨모멘트의 크기는 $|M_B| = PL$이다.

3. 정사각형 단면의 단면계수: 도심을 지나는 수평 중립축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{b \cdot b^3}{12} = \frac{b^4}{12}$이다. 중립축에서 가장 먼 위·아래 표면까지의 거리는 $c = \frac{b}{2}$이므로, 단면계수는 $Z = \frac{I}{c} = \frac{b^3}{6}$이다.

4. 최대 휨응력: 탄성 휨응력은 중립축에서 멀어질수록 커지므로 **단면의 위·아래 표면에서 최대 크기**가 된다. 따라서 $\sigma_{\max} = \frac{|M_B|}{Z} = \frac{6PL}{b^3}$이다. 주어진 응력식의 계수는 a = 6이며, ③의 값과 일치한다. a는 무차원이고, 휨응력의 단위는 힘을 면적으로 나눈 단위이다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 우력모멘트를 받는 단순보의 A 지점 처짐각의 크기는 $a\frac{PL^2}{EI}$이다. a의 크기는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고 보의 자중은 무시한다)



① $\frac{1}{2}$
② $\frac{1}{6}$
③ $\frac{1}{8}$
④ $\frac{1}{12}$

정답 4번

간단한 해설

두 힘의 작용선 사이 거리가 L이므로 B점 우력모멘트의 크기는 PL이다. 좌우 구간의 삼각형 휨모멘트 분포에 **모멘트면적법**을 적용하면 A점 처짐각의 크기는 $\frac{PL^2}{12EI}$이므로 $a = \frac{1}{12}$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 우력과 지점반력: 그림에서 AB와 BC는 각각 L이고, 위아래 힘 P는 서로 반대 방향이다. 두 힘의 합력은 0이지만, 작용선 사이 거리가 L이므로 B점에 **시계방향 우력 PL**이 작용한다. 위쪽 반력을 양으로 잡으면 보 전체의 평형에서 $R_A + R_C = 0$, $2LR_C - PL = 0$이다. 따라서 $R_A = -\frac{P}{2}$, $R_C = \frac{P}{2}$로, A에서는 아래쪽, C에서는 위쪽 반력이 작용한다.

2. 휨모멘트 분포: 처짐이 아래로 볼록해지는 휨모멘트를 양으로 정한다. AB 구간에서는 A의 아래쪽 반력 때문에 휨모멘트가 0에서 $-\frac{PL}{2}$까지 직선적으로 감소한다. B점의 집중 우력을 지나면 PL만큼 증가하여 $\frac{PL}{2}$가 되고, BC 구간에서는 다시 0까지 직선적으로 감소한다. 따라서 **AB는 음의 삼각형, BC는 양의 삼각형**인 휨모멘트도가 된다.

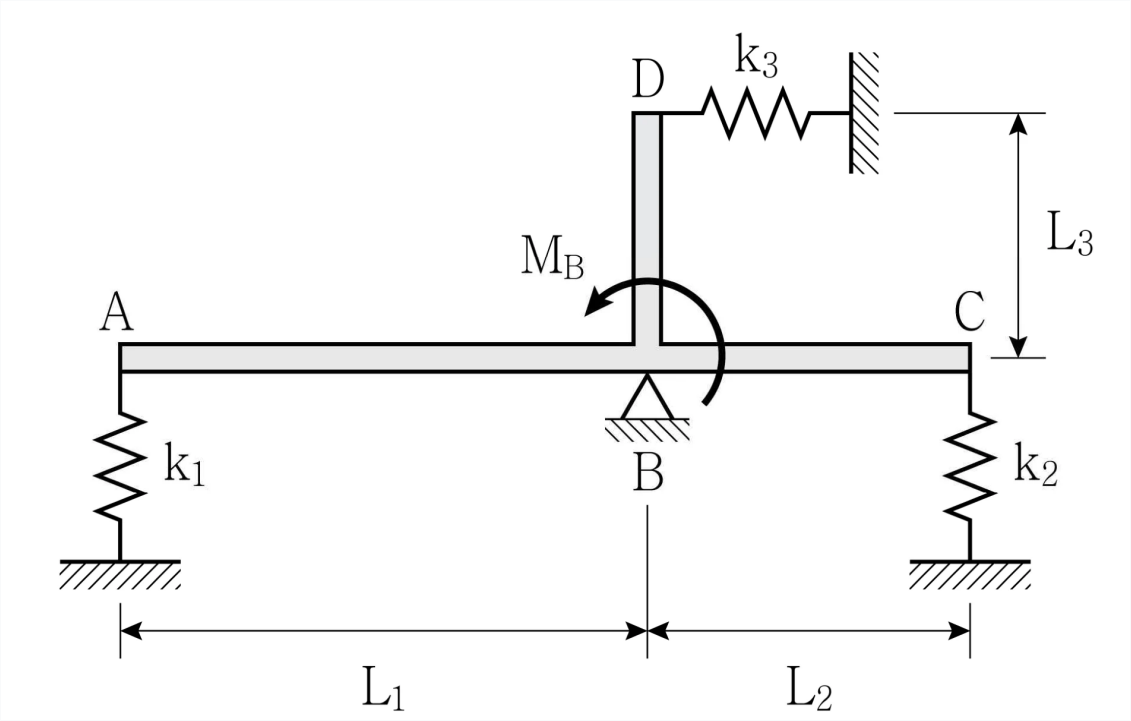
3. 모멘트면적법 적용: 휨강성 EI가 일정하므로 휨모멘트를 EI로 나눈 도형을 이용한다. 이 도형의 C점에 대한 1차 모멘트는 **A점 접선으로부터 C점까지의 연직 편차** $\Delta_{C/A}$와 같다. 각 삼각형의 면적 크기는 $\frac{PL^2}{4EI}$이다. AB 삼각형의 도심은 A에서 $\frac{2L}{3}$ 떨어져 있으므로 C까지 거리는 $\frac{4L}{3}$이다. BC 삼각형의 도심에서 C까지 거리는 $\frac{2L}{3}$이다.

4. 연직 편차 계산: AB 구간의 기여는 $-\frac{PL^2}{4EI} \cdot \frac{4L}{3} = -\frac{PL^3}{3EI}$이고, BC 구간의 기여는 $\frac{PL^2}{4EI} \cdot \frac{2L}{3} = \frac{PL^3}{6EI}$이다. 두 값을 더하면 $\Delta_{C/A} = -\frac{PL^3}{6EI}$이다.

5. A점 처짐각과 계수: 위쪽 변위와 반시계방향 회전을 양으로 잡는다. A와 C는 지점이므로 **두 지점의 처짐은 모두 0**이다. A점 처짐각을 θ_A라 하면 A점 접선은 C의 위치에서 $2L\theta_A$만큼 올라가므로 $\Delta_{C/A} = -2L\theta_A$이다. 앞서 구한 편차를 대입하면 $\theta_A = \frac{PL^2}{12EI}$이다. 처짐각의 단위는 rad이며, 주어진 식 $a\frac{PL^2}{EI}$와 비교하면 무차원 계수 $a = \frac{1}{12}$로 ④에 해당한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 하중을 받는 스프링과 힌지로 지지된 강체 구조물에서 A점의 변위[mm]는? (단, $M_B = 30\text{N}\cdot\text{m}$, $k_1 = k_2 = k_3 = 5\text{kN/m}$, $L_1 = 2\text{m}$, $L_2 = L_3 = 1\text{m}$, 구조물의 자중은 무시하며 미소변위이론을 사용한다)



① 1.0

② 1.5

③ 2.0

④ 2.5

정답 3번

간단한 해설

세 스프링은 모두 B점 주위의 회전을 저항하므로 **각 스프링의 회전강성을 합산**한다. 회전각은 0.001 rad이고, B점에서 2 m 떨어진 A점은 아래쪽으로 2.0 mm 이동한다.

NoteBase

계산 과정

변위 관계: 구조물은 강체이고 B점은 힌지로 고정되어 있으므로 **B점을 중심으로 회전**한다. 그림의 반시계방향 모멘트에 의한 미소 회전각을 θ라 하면 A점은 아래로, C점은 위로, D점은 왼쪽으로 움직인다. 미소변위이론에 따라 각 스프링의 변형량 크기는 $\delta_1 = L_1\theta$, $\delta_2 = L_2\theta$, $\delta_3 = L_3\theta$이다.

복원모멘트: 스프링 힘의 크기는 $F_i = k_i\delta_i$이다. A·C점의 수직 스프링 힘은 각각 수평거리 L_1, L_2를, D점의 수평 스프링 힘은 수직거리 L_3를 모멘트팔로 갖는다. 따라서 각 복원모멘트의 크기는 $F_iL_i = k_iL_i^2\theta$이고, 세 힘은 모두 시계방향 모멘트를 만든다. 스프링 변형량과 모멘트팔에 거리가 각각 반영되므로 **회전강성에는 거리의 제곱**이 들어간다.

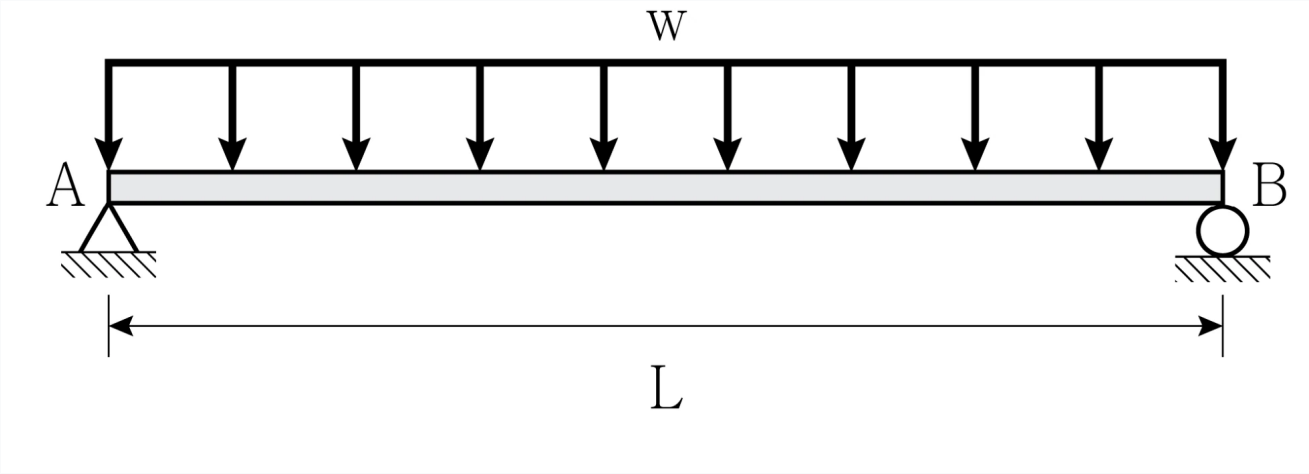
전체 회전강성: 세 스프링의 회전강성을 더하면 $K_\theta = k_1L_1^2 + k_2L_2^2 + k_3L_3^2$이다. 스프링상수 5 kN/m를 5,000 N/m로 환산하고 주어진 길이를 대입하면 $K_\theta = 5{,}000(2^2 + 1^2 + 1^2)$이며, 그 값은 30,000 N·m/rad이다.

회전각: B점의 힌지는 모멘트를 전달하지 않고 구조물의 자중은 무시하므로, 외력 모멘트와 세 스프링의 복원모멘트가 평형을 이룬다. 즉 $M_B = K_\theta\theta$이므로 $\theta = \frac{30}{30{,}000} = 0.001\text{rad}$이다.

A점 변위: $\delta_A = L_1\theta = 2 \cdot 0.001 = 0.002\text{m}$이다. 즉 A점은 아래쪽으로 2.0 mm 이동하며, 선택지 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 직사각형 단면(폭 b, 높이 h)을 갖는 단순보가 있다. 이 보의 최대휨응력이 최대전단응력의 2배라면 보의 길이(L)와 단면 높이(h)의 비($\frac{L}{h}$)는? (단, 보의 자중은 무시한다)



① $\frac{1}{4}$

② $\frac{1}{2}$

③ 2

④ 4

정답 3번

간단한 해설

등분포하중을 받는 직사각형 단면 단순보에서는 최대휨응력과 최대전단응력의 비가 $\frac{L}{h}$와 같다. 따라서 **최대휨응력이 최대전단응력의 2배**라는 조건에서 $\frac{L}{h} = 2$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 최대휨모멘트와 최대전단력: 그림의 전 구간에 작용하는 등분포하중의 강도를 W라 하면 전체 하중은 WL이다. 보의 자중을 무시하고 하중과 지점이 좌우 대칭이므로 양 끝의 수직반력은 각각 $\frac{WL}{2}$이다. 전단력의 절댓값은 지점 바로 안쪽에서 가장 커서 $V_{\max} = \frac{WL}{2}$이다. 휨모멘트는 전단력이 0인 보 중앙에서 최대이며, 왼쪽 절반에 작용하는 하중의 합력과 반력의 모멘트를 구하면 $M_{\max} = \frac{WL}{2} \cdot \frac{L}{2} - \frac{WL}{2} \cdot \frac{L}{4} = \frac{WL^2}{8}$이다.

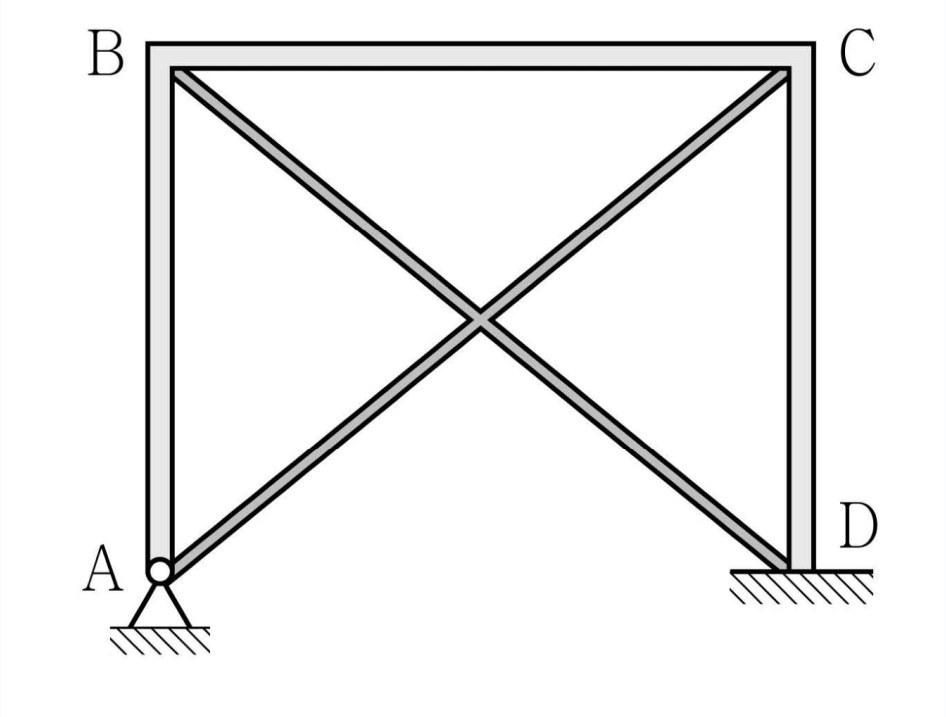
2. 최대휨응력: 폭 b, 높이 h인 직사각형 단면의 도심축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이다. 휨응력은 중립축에서 멀어질수록 커지므로, 최대휨모멘트가 작용하는 중앙 단면의 **상·하단 표면**에서 최대가 된다. 중립축에서 표면까지의 거리가 $\frac{h}{2}$이므로 $\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}(h/2)}{I} = \frac{6M_{\max}}{bh^2}$이다. 여기에 최대휨모멘트를 대입하면 $\sigma_{\max} = \frac{3WL^2}{4bh^2}$이다.

3. 최대전단응력: 직사각형 단면의 전단응력은 높이 방향으로 포물선 분포를 이루며 **중립축에서 평균전단응력의 1.5배**가 된다. 따라서 보 전체의 최대전단응력은 전단력의 절댓값이 최대인 지점 바로 안쪽 단면의 중립축에서 발생한다. 단면적이 bh이므로 $\tau_{\max} = \frac{3V_{\max}}{2bh}$이고, $V_{\max} = \frac{WL}{2}$를 대입하면 $\tau_{\max} = \frac{3WL}{4bh}$이다. 최대휨응력과 최대전단응력은 같은 위치에서 발생하는 값이 아니라 각각의 최댓값이다.

4. 응력비와 길이비: 두 최대응력의 비를 취하면 하중강도 W와 단면 폭 b가 소거되어 $\frac{\sigma_{\max}}{\tau_{\max}} = \frac{L}{h}$가 된다. 문제의 조건은 $\sigma_{\max} = 2\tau_{\max}$이므로 $\frac{L}{h} = 2$이다. 길이와 높이의 비는 무차원이며, 선택지 ③의 2에 해당한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 가새골조(Braced Frame)가 있다. 기둥 AB와 기둥 CD의 유효좌굴길이계수에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 기둥 AB의 유효좌굴길이계수는 0.7보다 크고 1.0보다 작다.

② 기둥 AB의 유효좌굴길이계수는 2.0보다 크다.

③ 기둥 CD의 유효좌굴길이계수는 0.5보다 작다.

④ 기둥 CD의 유효좌굴길이계수는 1.0보다 크고 2.0보다 작다.

정답 1번

간단한 해설

가새가 골조의 **횡변위를 억제**하고, 기둥 AB는 A에서 회전이 자유롭지만 B에서는 보 BC에 의해 회전이 부분적으로 구속된다. 따라서 AB의 유효좌굴길이계수는 고정–힌지 기둥의 0.7과 양단 힌지 기둥의 1.0 사이에 있다.

NoteBase

선지별 해설

유효좌굴길이계수 K는 실제 기둥 길이 L에 대한 유효좌굴길이 KL의 비로, 단위가 없다. 횡변위가 억제된 기둥은 단부의 회전 구속이 강할수록 K가 작아진다. 이상적인 양단 힌지, 고정–힌지, 양단 고정 기둥의 K는 각각 1.0, 약 0.7, 0.5이다. 그림의 가새는 횡변위를 억제하고, 보 BC는 B·C의 회전을 부분적으로 구속한다. 보와 기둥이 강접되어 함께 회전하는 것과 접합부의 회전이 완전히 막히는 것은 구별해야 한다.

① O: A는 힌지이므로 회전이 자유롭고, B는 보 BC에 의해 회전이 부분적으로 구속된다. B를 완전 고정한 경우에는 K가 약 0.7이고, B의 회전까지 자유롭게 하면 1.0이다. 실제 B의 구속은 두 경우의 중간이므로 AB의 K는 **0.7보다 크고 1.0보다 작다**.

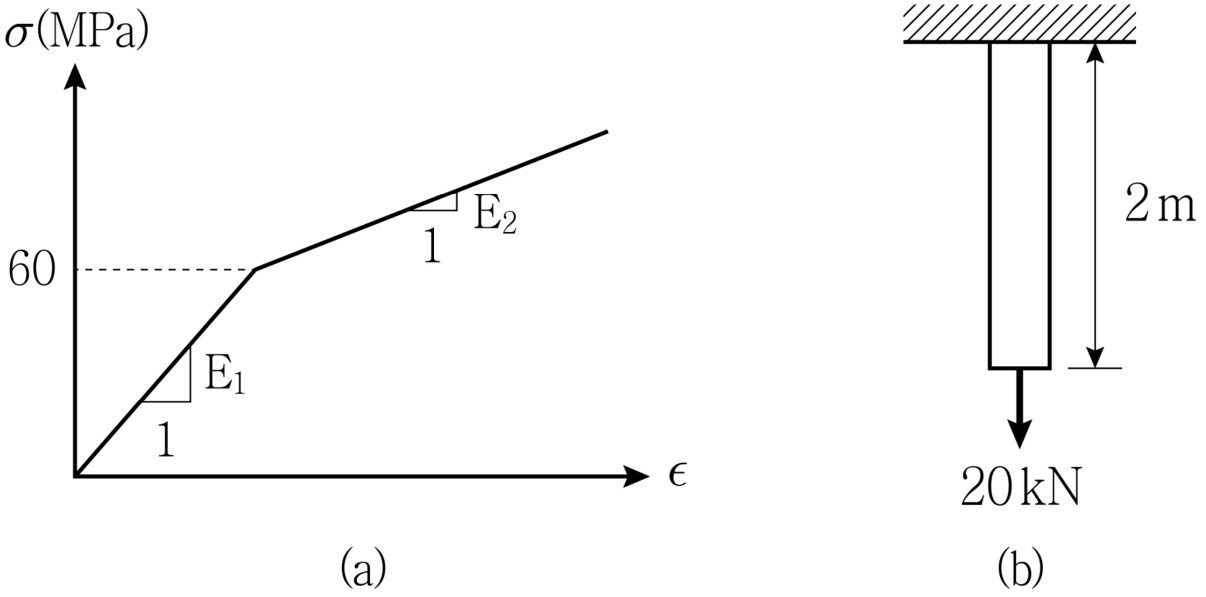
② X: AB는 가새에 의해 횡변위가 억제되고 B에서도 회전 구속을 받는다. 따라서 K가 2.0보다 큰 것이 아니라 **0.7보다 크고 1.0보다 작다**. 고정–자유 기둥의 K = 2.0을 이 가새골조에 적용할 수 없다.

③ X: D는 고정단이고 C는 보에 의해 회전이 부분적으로 구속된다. C까지 완전히 고정해도 K는 0.5이므로, 회전 구속이 그보다 약한 이 기둥의 K가 0.5보다 작아질 수는 없다. CD의 K는 양단 고정의 0.5와 고정–힌지의 약 0.7 사이, 즉 **0.5보다 크고 0.7보다 작다**.

④ X: CD는 횡변위가 억제된 상태에서 D가 고정되고 C도 회전 구속을 받으므로, 양단 힌지 기둥보다 유효좌굴길이가 짧다. K는 1.0과 2.0 사이가 아니라 **0.5와 0.7 사이**이다.

NoteBase

문 19. 그림 (a)와 같은 이중선형 응력변형률 곡선을 갖는 그림 (b)와 같은 길이 2 m의 강봉이 있다. 하중 20 kN이 작용할 때 강봉의 늘어난 길이[mm]는? (단, 강봉의 단면적은 200 mm^2이고, 자중은 무시하며, 그림 (a)에서 탄성계수 E_1 = 100 GPa, E_2 = 40 GPa이다)



① 0.2

② 0.8

③ 1.6

④ 3.2

정답 4번

간단한 해설

강봉의 응력은 100 MPa이므로, 곡선의 기울기가 바뀌는 **60 MPa를 기준으로 변형률을 나누어 더한다**.
총변형률은 0.0016이고, 길이 2,000 mm를 곱하면 늘어난 길이는 3.2 mm이다.

NoteBase

계산 과정

응력 계산: 자중을 무시하므로 봉 전체의 축력은 인장하중 20 kN과 같다. 단면적이 200 mm^2이므로 축응력은 $\sigma = \frac{P}{A} = \frac{20{,}000}{200} = 100\text{MPa}$이다. 여기서 1 MPa는 1 N/mm^2이다.

곡선 구간 구분: 그림 (a)는 세로축이 응력, 가로축이 변형률이며, 응력 60 MPa에서 기울기가 바뀐다. 각 구간에서는 응력 증가량을 그 구간의 기울기로 나누면 변형률 증가량이 된다. 단위를 맞추면 $E_1 = 100{,}000\text{MPa}$, $E_2 = 40{,}000\text{MPa}$이다. 최종 응력 100 MPa는 꺾임점을 넘으므로 **두 구간의 변형률 증가량을 합해야 한다**.

총변형률 계산: 처음 60 MPa까지의 변형률은 $\varepsilon_1 = \frac{60}{100{,}000} = 0.0006$이다. 그 이후에는 **60 MPa를 초과하는 응력 증가량** $100 - 60 = 40$ MPa에 두 번째 기울기를 적용한다. 이때 추가 변형률은 $\Delta\varepsilon_2 = \frac{40}{40{,}000} = 0.001$이다. 따라서 총변형률은 $\varepsilon = 0.0006 + 0.001 = 0.0016$이다.

늘어난 길이 계산: 변형률은 원래 길이에 대한 늘어난 길이의 비이므로 $\delta = \varepsilon L$이다. 원래 길이 2 m = 2,000 mm를 대입하면 $\delta = 0.0016 \cdot 2{,}000 = 3.2\text{mm}$이다. 이는 ④의 3.2 mm와 일치한다.

NoteBase

문 20. 다음 설명에서 틀린 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 1축 대칭 단면의 도심과 전단 중심은 항상 일치한다.
ㄴ. 미소변위이론을 사용할 때 sinθ는 θ로 가정된다.
ㄷ. 구조물의 평형방정식은 항상 변형 전의 형상을 사용하여 구한다.
ㄹ. 반력이 한 점에 모이는 구조물은 안정한 정정구조물이다.

① ㄱ, ㄷ
② ㄴ, ㄹ
③ ㄱ, ㄴ, ㄹ
④ ㄱ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

간단한 해설

반력의 작용선이 한 점에 모이면 그 점 주위의 회전을 막지 못하므로 **불안정**하다. 평형방정식도 항상 변형 전 형상으로 세우는 것이 아니라, **2차 해석에서는 변형 후 형상**을 고려한다.

보기별 해설

ㄱ. X: 도심은 단면의 면적 분포로 정해지는 중심이고, 전단 중심은 횡하중이 작용할 때 비틀림이 발생하지 않는 하중 작용점이다. 1축 대칭 단면에서는 두 점이 모두 대칭축 위에 있지만, **반드시 같은 위치에 있지는 않다**. 예를 들어 ㄷ자형 단면은 도심과 전단 중심이 서로 다르다. 서로 직교하는 두 대칭축을 가진 단면에서는 두 점이 대칭축의 교점에서 일치한다.

ㄴ. O: 미소변위이론에서는 회전각이 충분히 작다고 보고 삼각함수를 선형으로 근사한다. 이때 각도 θ를 **라디안으로 나타내면** $\sin\theta \approx \theta$로 둘 수 있다. 이는 정확한 항등식이 아니라 작은 회전각에 적용하는 근사이다.

ㄷ. X: 변형 전 형상으로 평형방정식을 세우는 것은 변형에 따른 기하학적 변화를 무시하는 1차 해석의 가정이다. **2차 해석에서는 변형 후 형상**에 대해 평형을 고려한다. 예를 들어 축하중을 받는 기둥이 옆으로 처지면 하중의 작용선과 기둥 사이에 거리가 생겨 추가 휨모멘트가 발생하므로, 이를 변형 전 형상만으로는 반영할 수 없다.

ㄹ. X: 모든 반력의 작용선이 한 점을 지나면 그 점에 대한 각 반력의 모멘트가 0이므로, 외력에 의한 회전을 억제할 모멘트를 제공하지 못한다. 따라서 이런 지지 배치는 **회전을 구속하지 못하는 불안정한 배치**이다. 반력의 미지수 수가 평형방정식 수와 같더라도, 지지 배치가 불안정하면 안정한 정정구조물이라고 할 수 없다.

틀린 보기는 ㄱ, ㄷ, ㄹ이며, ④의 조합에 해당한다.

NoteBase