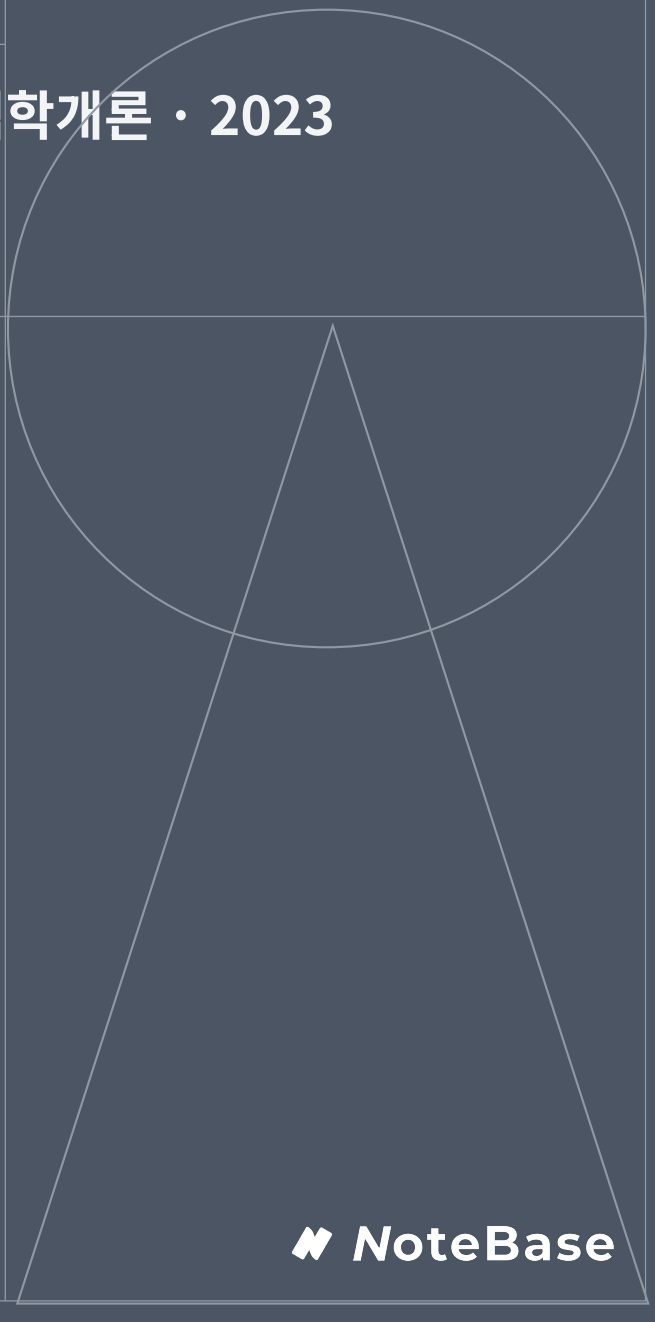
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2023

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2023

문 1. 기둥에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 기둥이란 축방향 압축력을 주로 받는 부재이며, 장주의 경우에는 좌굴파괴가 일어날 수 있다.

② 장주는 기둥의 단면 도심축 방향으로 인장력을 받아 좌굴파괴되는 기둥이다.

③ 기둥에서 단면의 핵(Core)은 기둥 단면에 인장응력이 발생하지 않는 축하중 작용 범위이다.

④ 양단이 고정되어 있고, 길이가 L인 장주의 임계하중을 계산하기 위한 유효길이는 $\frac{L}{2}$이다.

정답 2번

간단한 해설

장주의 좌굴은 **인장력이 아니라 압축력**을 받을 때 발생한다. 가늘고 긴 기둥은 축방향으로 압축될 때 옆으로 휘어져 안정성을 잃을 수 있다.

선지별 해설

① O: 기둥은 **축방향 압축력**을 주로 지지하는 부재이다. 가늘고 긴 장주는 압축하중이 임계하중에 도달하면 옆으로 휘어지는 좌굴이 발생할 수 있으므로, 재료의 압축강도뿐 아니라 좌굴에 대한 안정성도 검토해야 한다.

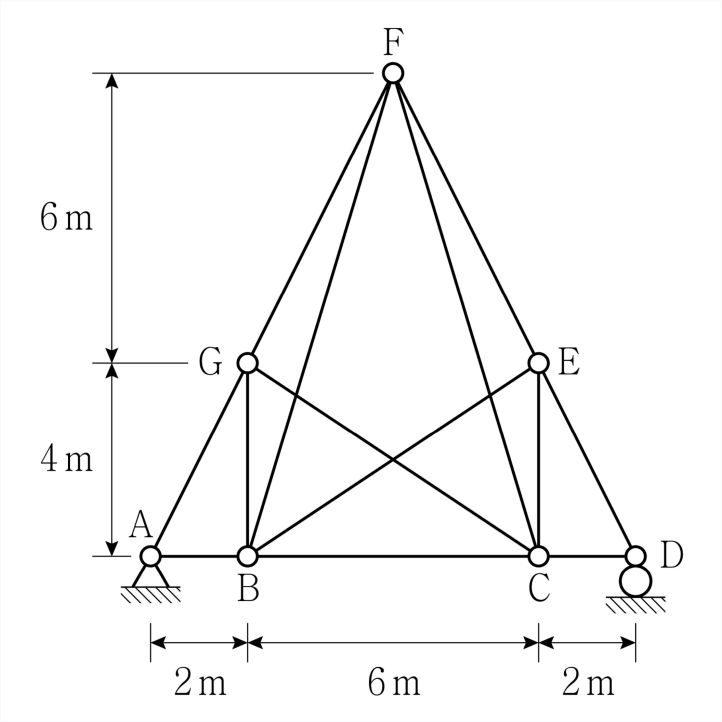
② X: 장주는 단면 크기에 비해 길이가 길어 **축방향 압축력에 의한 좌굴**이 문제가 되는 기둥이다. 좌굴은 압축하중을 받는 부재가 곧은 상태의 안정성을 잃고 옆으로 휘어지는 현상이다. 선지의 '인장력을 받아'는 '압축력을 받아'로 고쳐야 한다.

③ O: 단면의 핵은 **압축하중이 작용해도 단면 전체에 인장응력이 생기지 않는** 하중 작용점의 범위이다. 압축하중이 도심에서 벗어나면 축방향 압축응력에 휨응력이 더해져 단면 한쪽의 압축응력이 줄어든다. 하중 작용점이 핵 내부에 있으면 단면 전체가 압축상태이고, 핵의 경계에 있으면 단면의 가장자리에서 응력이 0이 된다.

④ O: 유효길이는 실제 기둥과 같은 임계하중을 갖는 양단 힌지 기둥의 길이이다. 이상적인 양단 고정 장주는 **양끝의 회전이 구속**되어 양단 힌지 장주보다 좌굴에 강하다. 실제 길이를 L, 유효길이계수를 K라 하면 유효길이는 $L_e = KL$이고, 양단 고정에서는 K = 0.5이므로 $L_e = \frac{L}{2}$이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 트러스의 부정정차수는?



① 0

② 1

③ 2

④ 3

정답 3번

간단한 해설

절점 7개의 평형방정식 14개에 비해 부재력 13개와 지점반력 3개를 합친 미지수가 2개 많으므로, **2차 부정정 트러스**이다.

NoteBase

계산 과정

부정정차수는 평형방정식만으로 결정할 수 없는 독립적인 미지수의 수이다. 안정한 평면 트러스에서 부재 수를 m, 지점반력 수를 r, 절점 수를 j라 하면, 부재마다 축력 하나가 미지수이고 각 절점에서 수평·수직 평형방정식 두 개를 세울 수 있으므로 부정정차수는 $d = m + r - 2j$이다.

절점 수: 원으로 표시된 A, B, C, D, E, F, G의 7개이므로 j = 7이다. **절점 표시가 없는 부재의 교차점은 절점으로 세지 않는다.** 따라서 절점 평형방정식은 $7 \times 2 = 14$개이다.

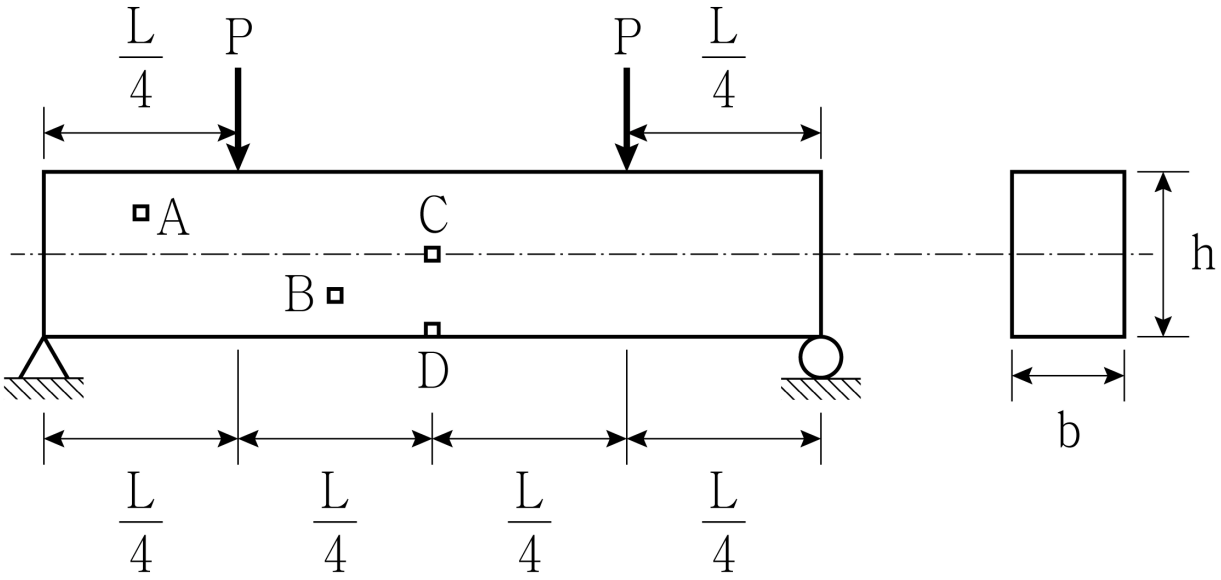
부재 수: 하현재 AB·BC·CD의 3개, 바깥 경사재 AG·GF·FE·ED의 4개, 수직재 BG·CE의 2개, 내부 경사재 BF·CF·BE·CG의 4개이다. 합계는 3 + 4 + 2 + 4 = 13개이므로 m = 13이다. 절점이 없는 교차점에서는 부재를 나누어 세지 않는다.

지점반력 수: A의 힌지 지점은 수평반력과 수직반력 2개, D의 롤러 지점은 수직반력 1개를 갖는다. 따라서 r = 3이고, 부재력과 반력을 합친 미지수는 13 + 3 = 16개이다.

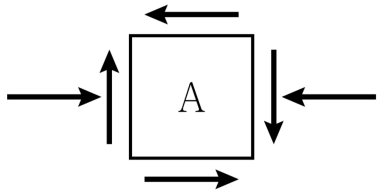
부정정차수 계산: $d = 13 + 3 - 2 \cdot 7 = 2$이다. 미지수가 독립적인 평형방정식보다 2개 많으므로 **2차 부정정**이며, 값 2는 ③에 해당한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 직사각형 단면의 단순보에 집중하중 P가 작용할 때, 점 A, B, C, D에서의 응력상태를 응력요소(Stress Element)로 나타낸 것 중 옳지 않은 것은? (단, 깊은보 효과는 고려하지 않으며, 구조물의 자중은 무시한다)



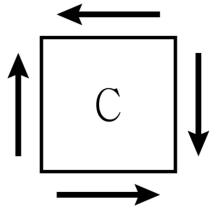
①



②

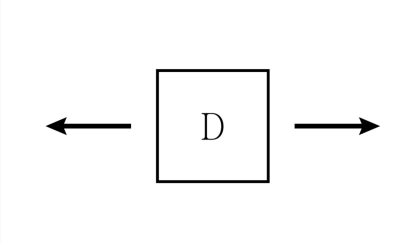


③



NoteBase

④



정답 3번

간단한 해설

C점은 **중립축 위에 있어 휨응력이 0**이고, 두 집중하중 사이에서는 **전단력도 0**이다. 따라서 ③처럼 C점에 전단응력 화살표를 표시하면 안 된다.

선지별 해설

하중과 지점 배치가 좌우 대칭이므로 양쪽 지점의 상향 반력은 각각 P이다. 왼쪽 지점과 첫 집중하중 사이의 전단력은 P이고, 두 집중하중 사이에서는 P − P = 0이다. 보는 아래로 처지는 휨을 받으므로 중립축 위쪽에는 압축응력, 아래쪽에는 인장응력이 생기며 중립축에서는 휨응력이 0이다. 깊은보 효과는 고려하지 않고 이러한 휨응력과 전단응력으로 각 요소를 판단한다.

① O: A점은 첫 집중하중의 왼쪽이면서 중립축 위쪽에 있으므로 **압축응력과 전단응력이 함께 작용**한다. 좌우 면의 화살표가 요소 안쪽을 향하는 것은 압축을 뜻한다. A점을 지나는 단면에서 왼쪽 보 부분을 떼어 보면 상향 반력 P와 평형을 이루도록 절단면에는 아래 방향 전단력이 작용한다. 따라서 요소의 오른쪽 면은 아래, 왼쪽 면은 위 방향이고, 모멘트 평형을 이루는 상하면의 전단응력은 각각 왼쪽과 오른쪽 방향이다. 그림의 화살표와 일치한다.

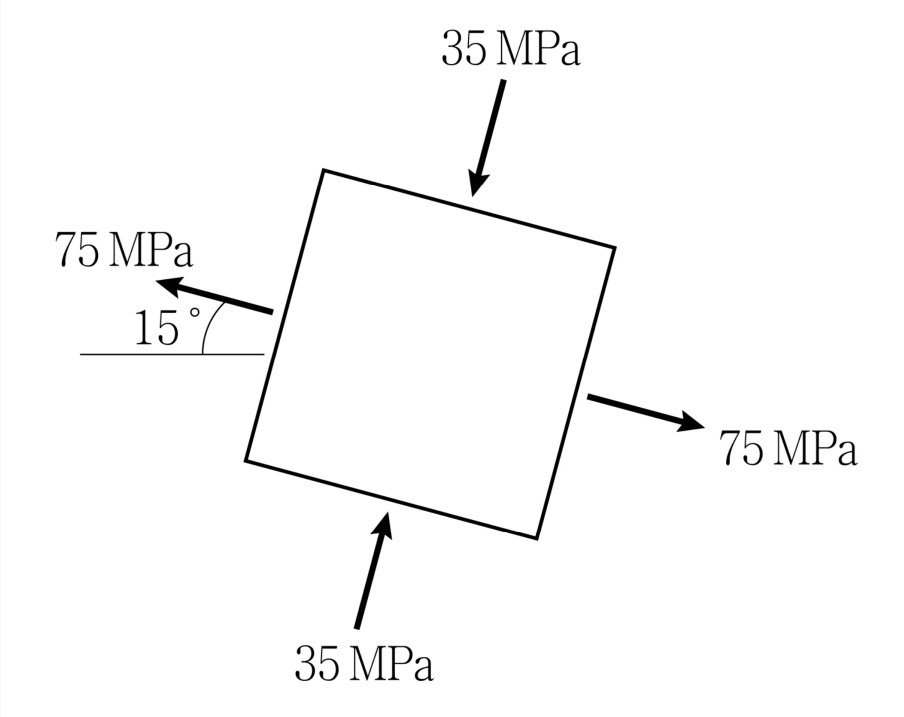
② O: B점은 두 집중하중 사이에 있어 **전단응력이 0**이다. 중립축 아래쪽에서는 휨에 의해 보의 길이 방향으로 늘어나려 하므로 인장응력이 작용한다. 좌우 면에서 바깥쪽을 향하는 화살표만 표시한 그림이 이에 해당한다.

③ X: C점은 두 집중하중 사이에 있으므로 전단력이 0이고, 이에 따른 전단응력도 0이다. 또한 중립축 위에 있으므로 휨모멘트가 존재하더라도 휨응력은 0이다. 따라서 C점의 요소는 **휨응력과 전단응력 화살표가 모두 없는 상태**로 고쳐야 한다. 중립축에서 전단응력이 최대라는 직사각형 단면의 성질만 보고 전단응력 화살표를 넣어서는 안 되며, 먼저 해당 단면의 전단력이 0인지 확인해야 한다.

④ O: D점은 두 집중하중 사이의 아래쪽 가장자리에 있다. 이 구간은 전단력이 0이고, D점은 중립축 아래에 있으므로 **인장응력만 작용**한다. 따라서 좌우 면에 바깥쪽을 향하는 화살표만 있는 그림과 일치한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 평면응력상태에 있는 미소응력요소에서 최대전단응력의 크기[MPa]는?



① 50
② 55
③ 60
④ 65

정답 2번

간단한 해설

그림의 75 MPa는 인장응력, 35 MPa는 압축응력이므로 **서로 반대 부호의 주응력**이다. 최대전단응력은 주응력 차이의 절반인 $\frac{75-(-35)}{2}=55$ MPa이다.

NoteBase

계산 과정

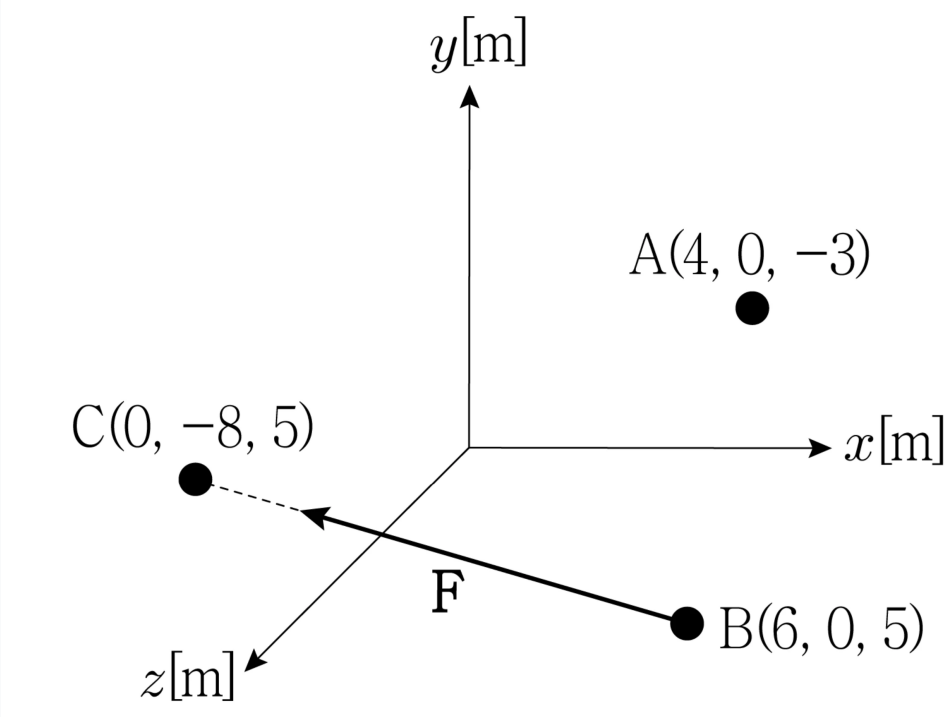
응력과 부호: 그림에서 75 MPa의 화살표는 요소 바깥쪽을 향하므로 인장이고, 35 MPa의 화살표는 요소 안쪽을 향하므로 압축이다. 인장을 양(+)으로 잡으면 두 수직응력은 각각 +75 MPa, −35 MPa이다. 각 면에 접선방향의 전단응력이 없으므로 **이 두 수직응력이 평면 내 주응력**이다. 표시된 15°는 요소의 방향을 나타내며, 주응력의 크기를 바꾸지 않는다.

최대전단응력 관계: 면의 방향을 바꿀 때 나타나는 평면 내 최대전단응력은 모어 원의 반지름과 같다. 모어 원에서 두 주응력의 차이가 지름이므로 $\tau_{max} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$를 적용한다. 평면응력상태에서 면외 주응력은 0이며, 이 문제에서는 −35 MPa와 +75 MPa 사이에 있으므로 전체 방향을 고려해도 최대·최소 주응력은 그대로이다.

수치 대입: 최대·최소 주응력의 차이는 75 − (−35) = 110 MPa이다. 압축응력을 음수로 넣으므로 두 응력의 차이는 크기의 합이 된다. 따라서 $\tau_{max} = \frac{110}{2} = 55$ MPa이며, ②의 55에 해당한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 B점에서 C점 방향으로 작용하는 크기가 10 kN인 힘 F에 의한 A점에서의 모멘트 벡터 M_A [kN·m]는? (단, i, j, k는 각각 x, y, z축에 대한 단위벡터이다)



① $16\mathbf{i} - 48\mathbf{j} - 48\mathbf{k}$

② $64\mathbf{i} - 16\mathbf{j} + 48\mathbf{k}$

③ $48\mathbf{i} + 64\mathbf{j} - 16\mathbf{k}$

④ $64\mathbf{i} - 48\mathbf{j} - 16\mathbf{k}$

정답 4번

간단한 해설

모멘트는 **A에서 B로 향하는 위치벡터와 힘의 외적**으로 구한다. B에서 C로 향하는 힘은 $\mathbf{F} = -6\mathbf{i} - 8\mathbf{j}$ kN이므로, $\mathbf{M}_A = 64\mathbf{i} - 48\mathbf{j} - 16\mathbf{k}$ kN·m이다.

NoteBase

계산 과정

위치벡터: 그림에서 A(4, 0, −3), B(6, 0, 5), C(0, −8, 5)이며 좌표의 단위는 m이다. 모멘트의 기준점은 A, 힘의 작용점은 B이므로 **A의 좌표를 B의 좌표에서 뺀다**. 따라서 $\mathbf{r}_{AB} = (6-4)\mathbf{i} + (5+3)\mathbf{k}$, 즉 $\mathbf{r}_{AB} = 2\mathbf{i} + 8\mathbf{k}$ m이다.

힘의 성분: 힘은 **B에서 C로** 작용하므로 방향벡터는 $\overrightarrow{BC} = -6\mathbf{i} - 8\mathbf{j}$ m이다. 그 길이는 $\sqrt{(-6)^2 + (-8)^2} = 10$ m이다. 방향벡터를 길이로 나누면 크기가 1인 단위벡터가 되므로, 여기에 힘의 크기 10 kN을 곱한다. 따라서 $\mathbf{F} = 10\left(-\frac{6}{10}\mathbf{i} - \frac{8}{10}\mathbf{j}\right)$, 즉 $\mathbf{F} = -6\mathbf{i} - 8\mathbf{j}$ kN이다. B와 C의 z좌표가 같으므로 z방향 힘 성분은 0이다.

모멘트 계산: 한 점에 대한 힘의 모멘트는 그 점에서 작용점으로 향하는 위치벡터와 힘의 외적이다. 따라서 **위치벡터를 먼저, 힘을 나중에** 놓아 $\mathbf{M}_A = \mathbf{r}_{AB} \times \mathbf{F}$로 계산한다. 외적의 성분식은 $M_x = r_y F_z - r_z F_y$, $M_y = r_z F_x - r_x F_z$, $M_z = r_x F_y - r_y F_x$이다. 각 성분을 대입하면 다음과 같다.

$M_x = 0 \cdot 0 - 8 \cdot (-8) = 64$

$M_y = 8 \cdot (-6) - 2 \cdot 0 = -48$

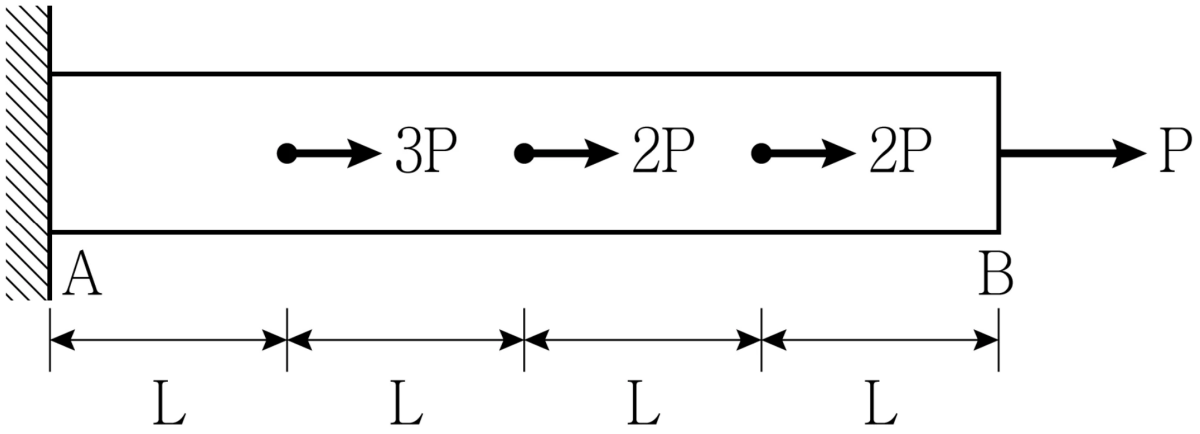
$M_z = 2 \cdot (-8) - 0 \cdot (-6) = -16$

위치벡터의 단위가 m, 힘의 단위가 kN이므로 각 모멘트 성분의 단위는 kN·m이다.

따라서 $\mathbf{M}_A = 64\mathbf{i} - 48\mathbf{j} - 16\mathbf{k}$ kN·m이며, ④의 벡터와 일치한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 축하중이 단면의 도심에 작용할 때, 부재의 최종 길이 변화량은? (단, 부재의 축방향 강성 EA는 일정하고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{13PL}{EA}$
② $\frac{15PL}{EA}$
③ $\frac{17PL}{EA}$
④ $\frac{19PL}{EA}$

정답 3번

간단한 해설

각 구간의 축력은 그 구간보다 오른쪽에 작용하는 하중의 합이므로, A에서 B 방향으로 8P, 5P, 3P, P이다. 모두 **인장력에 의한 신장**이므로 네 구간의 길이 증가량을 더하면 $\frac{17PL}{EA}$이다.

NoteBase

계산 과정

축하중이 단면의 도심에 작용하므로 축방향 변형을 구한다. E는 탄성계수, A는 단면적이며 EA는 모든 구간에서 일정하다. 축력 N이 일정한 길이 L의 구간에서 길이 변화량은 $\delta = \frac{NL}{EA}$이다. 인장에 의한 신장을 양(+)으로 두고, 하중 작용점을 경계로 길이 L인 네 구간을 나눈다.

A부터 3P 작용점까지: 구간을 절단하여 오른쪽 부분의 평형을 생각하면, 오른쪽 외력의 합은 3P + 2P + 2P + P = 8P이다. 따라서 이 구간의 축력은 인장력 8P이고, 신장량은 $\delta_1 = \frac{8PL}{EA}$이다. 절단면의 축력은 **오른쪽 부분에 작용하는 모든 외력**과 평형을 이룬다.

3P 작용점부터 첫 번째 2P 작용점까지: 절단면 오른쪽에 남는 하중은 2P, 2P, P이므로 축력은 인장력 5P이다. 따라서 $\delta_2 = \frac{5PL}{EA}$이다.

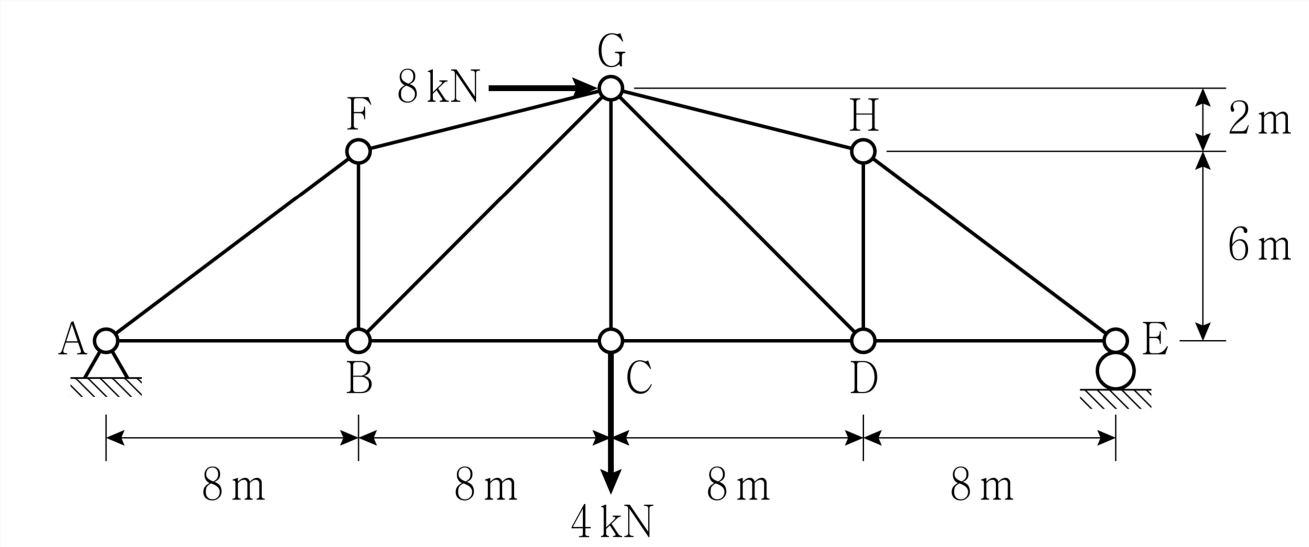
첫 번째 2P 작용점부터 두 번째 2P 작용점까지: 절단면 오른쪽 하중의 합은 2P + P = 3P이므로 축력은 인장력 3P이다. 따라서 $\delta_3 = \frac{3PL}{EA}$이다.

두 번째 2P 작용점부터 B까지: 절단면 오른쪽에는 끝점 B의 하중 P만 있으므로 축력은 인장력 P이다. 따라서 $\delta_4 = \frac{PL}{EA}$이다.

전체 길이 변화량: 네 구간이 모두 늘어나므로 **각 구간의 신장량을 합산**한다. $\Delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4$이고, $\Delta = \frac{(8+5+3+1)PL}{EA} = \frac{17PL}{EA}$이다. 이는 ③의 값이며, 부재의 전체 길이가 이만큼 증가한다. P가 힘, L이 길이 단위이면 $\frac{PL}{EA}$의 차원은 길이이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 트러스에 하중이 작용할 때, 부재 EH의 부재력[kN]은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{10}{3}$ (압축)
② $\frac{10}{3}$ (인장)
③ $\frac{20}{3}$ (압축)
④ $\frac{20}{3}$ (인장)

정답 3번

간단한 해설

E점의 위쪽 반력 4 kN을 평형시키려면 부재 EH가 E점을 **아래쪽으로 밀어야 하므로 압축력**이 작용한다. EH의 수직 성분 비는 3/5이므로 부재력의 크기는 $4 \div \frac{3}{5} = \frac{20}{3}$kN이다.

NoteBase

계산 과정

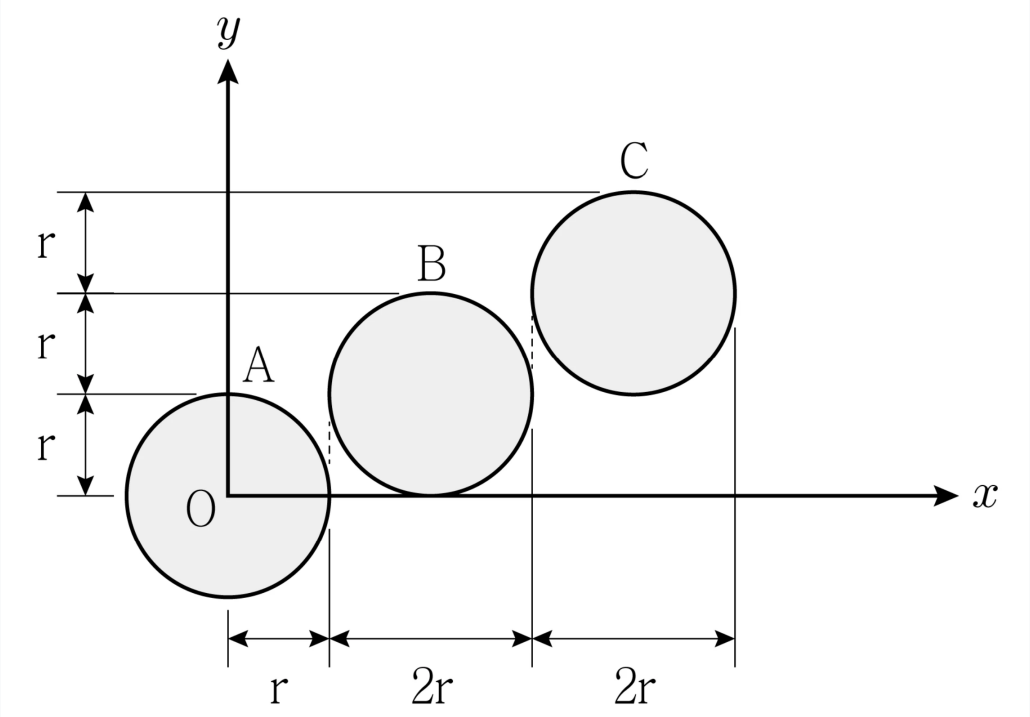
E점 반력: A는 힌지 지점, E는 롤러 지점이므로 E의 반력은 수직 방향이다. A에서 E까지는 32 m, C까지는 16 m이고, G의 높이는 6 + 2 = 8 m이다. A점에 대해 반시계 방향 모멘트를 양으로 잡으면, C의 아래쪽 하중 4 kN과 G의 오른쪽 하중 8 kN은 모두 시계 방향 모멘트를 만든다. E점의 위쪽 반력을 E_y라 하면 $32E_y - 4 \cdot 16 - 8 \cdot 8 = 0$이다. 따라서 $E_y = \frac{128}{32} = 4\text{kN}$이다. 특히 **G의 수평하중도 높이 8 m를 팔길이로 하는 모멘트**를 만든다.

EH의 방향: E와 H의 수평 거리는 8 m, 높이 차는 6 m이므로 부재 길이는 $L_{EH} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\text{m}$이다. 부재가 수평선과 이루는 예각을 θ라 하면 $\sin\theta = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$이다. 즉 EH 부재력의 수직 성분 크기는 전체 부재력 크기의 3/5이다.

E절점의 평형: 트러스 부재력은 부재의 축방향으로 작용한다. E에 연결된 DE는 수평 부재이므로 수직 성분이 없고, EH만 수직 성분을 갖는다. EH의 부재력 N_{EH}를 인장일 때 양으로 잡으면 E에서 H를 향해 왼쪽 위로 작용하므로, 수직방향 평형식은 $4 + \frac{3}{5}N_{EH} = 0$이다. 이를 풀면 $N_{EH} = -\frac{20}{3}\text{kN}$이다. **음수는 가정한 인장 방향과 반대인 압축**을 뜻하므로, EH의 부재력은 크기 $\frac{20}{3}\text{kN}$의 압축력이며 ③에 해당한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 반지름 r인 원이 각각 다른 위치에 있을 때, 점 O에 대한 원형 단면 A, B, C의 각각 극관성모멘트의 비 $(I_{PO})_A : (I_{PO})_B : (I_{PO})_C$는?



① 1 : 11 : 41

② 1 : 14 : 41

③ 1 : 11 : 65

④ 1 : 14 : 65

정답 1번

간단한 해설

같은 원형 단면이라도 **중심에서 O까지의 거리 제곱에 비례하는 항**이 극관성모멘트에 더해진다. 그림에서 그 거리의 제곱은 A, B, C 순서로 0, $5r^2$, $20r^2$이므로 극관성모멘트의 비는 1 : 11 : 41이다.

NoteBase

계산 과정

공식과 적용 조건: 각 원의 중심을 G, 단면적을 S, O와 G 사이의 거리를 d라 하자. 반지름이 r인 원은 $S = \pi r^2$이고 중심에 대한 극관성모멘트는 $J_G = \frac{\pi r^4}{2}$이다. 극관성모멘트는 단면의 각 미소면적에 기준점까지의 거리 제곱을 곱해 합한 값이다. 중심 G와 점 O를 지나는 단면 수직축은 서로 평행하므로, 평행축 정리에 따라 $J_O = J_G + Sd^2$를 적용한다. 여기서 d는 **한 좌표축까지의 거리가 아니라 O와 원 중심 사이의 거리**이다.

A: 원의 중심이 O와 일치하므로 $d_A = 0$이다. 따라서 $J_A = \frac{\pi r^4}{2}$이다.

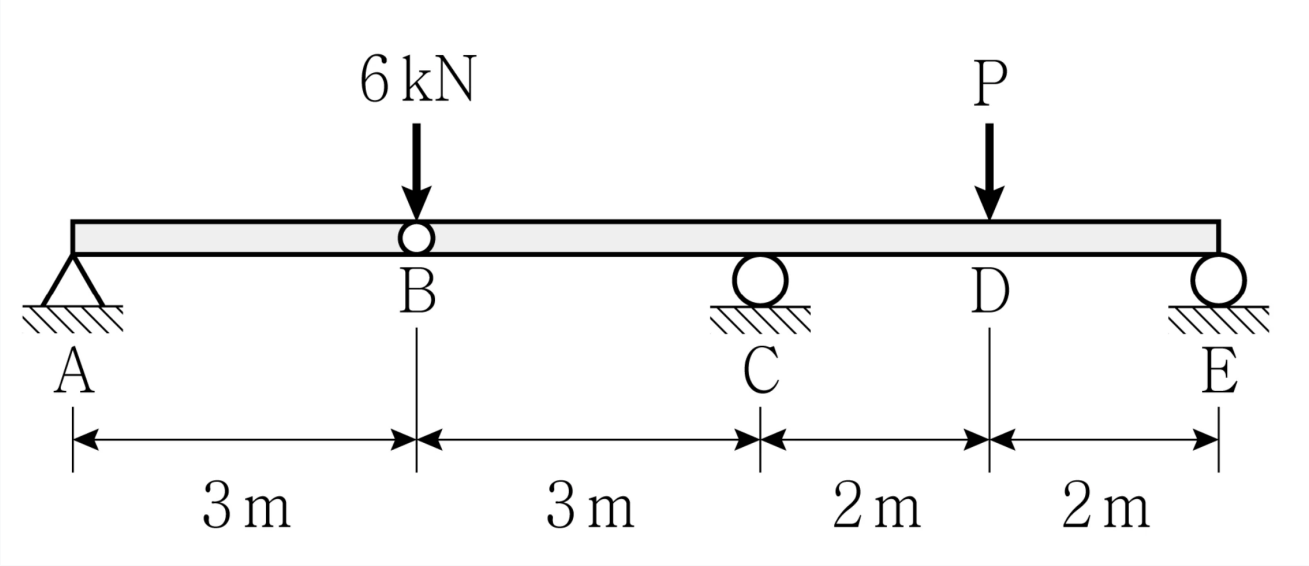
B: 그림의 수평 치수에서 원의 왼쪽 끝은 x = r이고 지름은 2r이므로 중심의 x좌표는 2r이다. 원의 아래쪽이 x축에 닿으므로 중심의 y좌표는 r이다. 따라서 $d_B^2 = (2r)^2 + r^2 = 5r^2$이다. 평행축 이동으로 더해지는 양은 $Sd_B^2 = 5\pi r^4$이므로 $J_B = \frac{11\pi r^4}{2}$이다.

C: 그림의 수평 치수에서 원의 왼쪽 끝은 x = 3r이므로 중심의 x좌표는 4r이다. 원의 위쪽 높이가 3r이므로 중심의 y좌표는 2r이다. 따라서 $d_C^2 = (4r)^2 + (2r)^2 = 20r^2$이다. 평행축 이동으로 더해지는 양은 $Sd_C^2 = 20\pi r^4$이므로 $J_C = \frac{41\pi r^4}{2}$이다.

비의 계산: 세 값의 공통인자 $\frac{\pi r^4}{2}$를 소거하면 **A : B : C = 1 : 11 : 41**이다. 이는 ①의 비와 일치한다. 각 극관성모멘트의 차원은 길이의 네제곱이며, 그 비에는 단위가 없다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 게르버보에 집중하중이 작용하여 E점의 상향 수직반력의 크기가 2 kN일 때, 하중 P의 크기[kN]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 5

② 9

③ 11

④ 13

정답 4번

간단한 해설

B의 내부힌지는 **휨모멘트를 전달하지 않으므로**, 하중이 없는 AB 구간의 평형에서 A의 수직반력은 0이다. C점에 대한 모멘트 평형을 적용하면 하중 P는 13 kN이다.

NoteBase

계산 과정

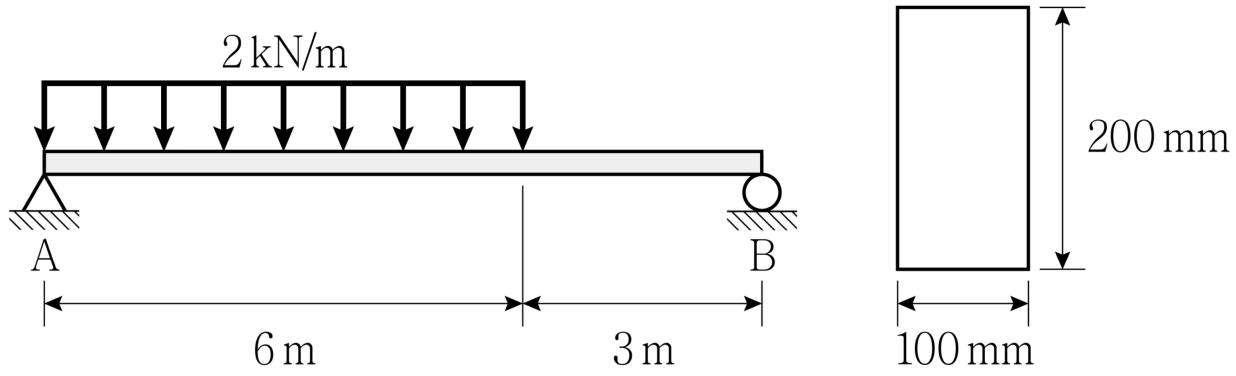
A의 수직반력: B는 내부힌지이므로 **B점의 휨모멘트는 0**이다. AB 구간만 분리하면 자중과 구간 내 하중이 없고, B에 작용하는 힘은 B점에 대한 모멘트를 만들지 않는다. A의 상향 수직반력을 R_A라 하면, B점에 대한 모멘트 평형은 $-R_A \cdot 3 = 0$이므로 $R_A = 0$이다.

C점에 대한 모멘트 평형: 보 전체를 대상으로 하면 내부힌지의 힘은 내부력이므로 따로 넣지 않는다. C의 반력은 C를 지나므로 모멘트가 0이고, A의 수직반력도 0이다. C에서 왼쪽으로 3 m 떨어진 B의 하향하중 6 kN과 오른쪽으로 4 m 떨어진 E의 상향반력 2 kN은 모두 **반시계방향 모멘트**를 만든다. 반면 C에서 오른쪽으로 2 m 떨어진 D의 하중 P는 시계방향 모멘트를 만든다. 반시계방향을 양으로 하고 힘은 kN, 거리는 m 단위로 대입하면 $6 \cdot 3 + 2 \cdot 4 - P \cdot 2 = 0$이다.

하중 P 계산: 두 반시계방향 모멘트의 합은 $18 + 8 = 26$ kN·m이다. 이를 D의 하중이 만드는 모멘트와 같게 두면 $P = \frac{26}{2} = 13$kN이다. 이는 ④의 13 kN에 해당한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 직사각형 단면의 단순보에 등분포하중이 작용할 때, 직사각형 단면에 작용하는 최대 휨응력의 크기[MPa]는? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 12

② 24

③ 36

④ 48

정답 2번

간단한 해설

등분포하중이 왼쪽 6 m에만 작용하므로, **전단력이 0이 되는 A에서 4 m 지점**에서 최대 휨모멘트 16 kN·m가 발생한다. 이를 직사각형 단면의 단면계수로 나누면 최대 휨응력은 **24 MPa**이다.

NoteBase

계산 과정

하중과 단면 조건: 보의 전체 길이는 6 + 3 = 9 m이고, 2 kN/m의 등분포하중은 **A에서 오른쪽 6 m 구간에만** 작용한다. 보의 자중은 무시한다. 직사각형 단면의 폭 b = 100 mm, 높이 h = 200 mm이며, 수직하중에 의한 휨은 단면의 수평 도심축을 기준으로 한다.

지점 반력: 등분포하중의 합력은 $2 \times 6 = 12$ kN이고, 작용점은 하중 구간의 중앙인 A에서 3 m 지점이다. 위쪽 반력을 양으로 두고 A에 대한 모멘트 평형을 적용하면 $R_B \cdot 9 = 12 \cdot 3$이므로 $R_B = 4\text{kN}$이다. 수직력 평형에서 $R_A = 12 - 4 = 8\text{kN}$이다.

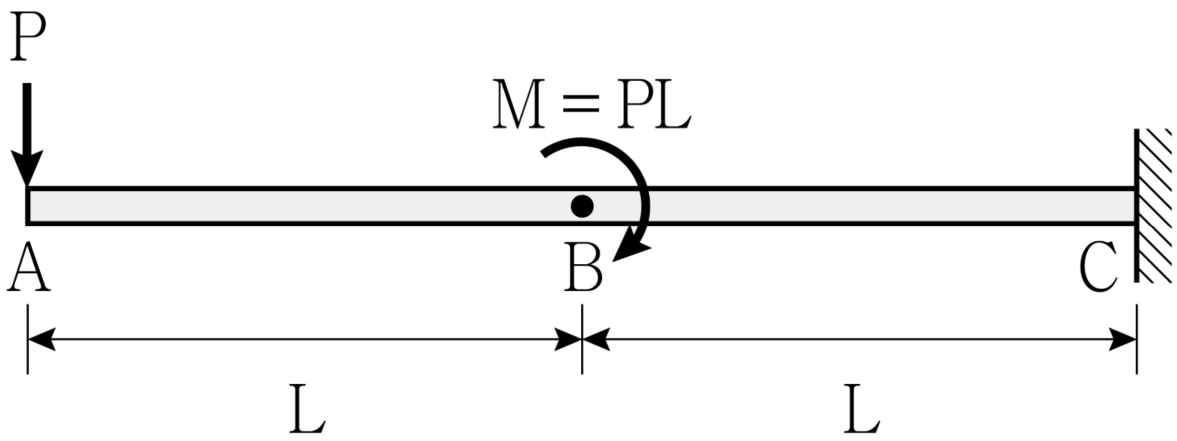
최대 휨모멘트: A에서 오른쪽으로 잰 거리 x를 m 단위로 두면, 하중 구간의 전단력은 $V(x) = 8 - 2x$ kN이다. 휨모멘트의 기울기가 전단력이므로, **전단력이 양에서 음으로 바뀌는 위치**에서 휨모멘트가 최대가 된다. $8 - 2x = 0$에서 x = 4 m이며, 이는 하중 구간 안에 있다. 이 단면 왼쪽 하중의 모멘트를 계산하면 $M(x) = 8x - \frac{2x^2}{2}$ kN·m이므로 $M_{\max} = 8 \cdot 4 - \frac{2 \cdot 4^2}{2} = 16\text{kN} \cdot \text{m}$이다. 6 m 이후에는 전단력이 −4 kN으로 일정하여 B까지 휨모멘트가 계속 감소한다.

단면계수: 휨응력은 중립축에서 멀수록 커지므로, 최대 크기는 **단면의 위·아래 가장자리**에서 구한다. 직사각형의 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$, 가장자리까지 거리는 $c = \frac{h}{2}$이므로 단면계수는 $Z = \frac{I}{c} = \frac{bh^2}{6}$이다. 주어진 치수를 대입하면 $Z = \frac{100 \cdot 200^2}{6}\text{mm}^3$, 즉 $Z = \frac{2}{3} \cdot 10^6\text{mm}^3$이다.

최대 휨응력: 탄성 휨공식 $\sigma = \frac{My}{I}$에 가장자리 거리 c를 적용하면 $\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{Z}$이다. 단면계수의 길이 단위가 mm이므로 모멘트도 $16\text{kN} \cdot \text{m} = 16 \cdot 10^6\text{N} \cdot \text{mm}$로 바꾼다. 따라서 $\sigma_{\max} = \frac{16 \cdot 10^6}{\frac{2}{3} \cdot 10^6} = 24\text{N/mm}^2$이다. $1\ \text{N/mm}^2 = 1$ MPa이므로 최대 휨응력의 크기는 24 MPa이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 캔틸레버보에 집중하중 P와 모멘트하중 M = PL이 작용할 때, 옳지 않은 것은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① A점에 발생하는 축력의 크기는 0이다.

② B점에 발생하는 전단력의 크기는 P이다.

③ C점에 발생하는 모멘트 반력의 크기는 0이다.

④ C점에 발생하는 수직반력의 크기는 P이다.

정답 3번

간단한 해설

C점에서 보면 A점의 집중하중은 반시계방향으로 2PL, B점의 모멘트하중은 시계방향으로 PL의 모멘트를 만든다. 두 효과가 완전히 상쇄되지 않으므로 C점에는 **시계방향으로 PL의 모멘트 반력**이 필요하다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 축력은 보의 길이 방향으로 작용하는 내부 힘이다. 이 보에는 **수평방향 외력이 없으므로** 임의의 단면에서 수평방향 힘의 평형을 적용하면 축력은 0이다. 따라서 A점의 축력도 0이다.

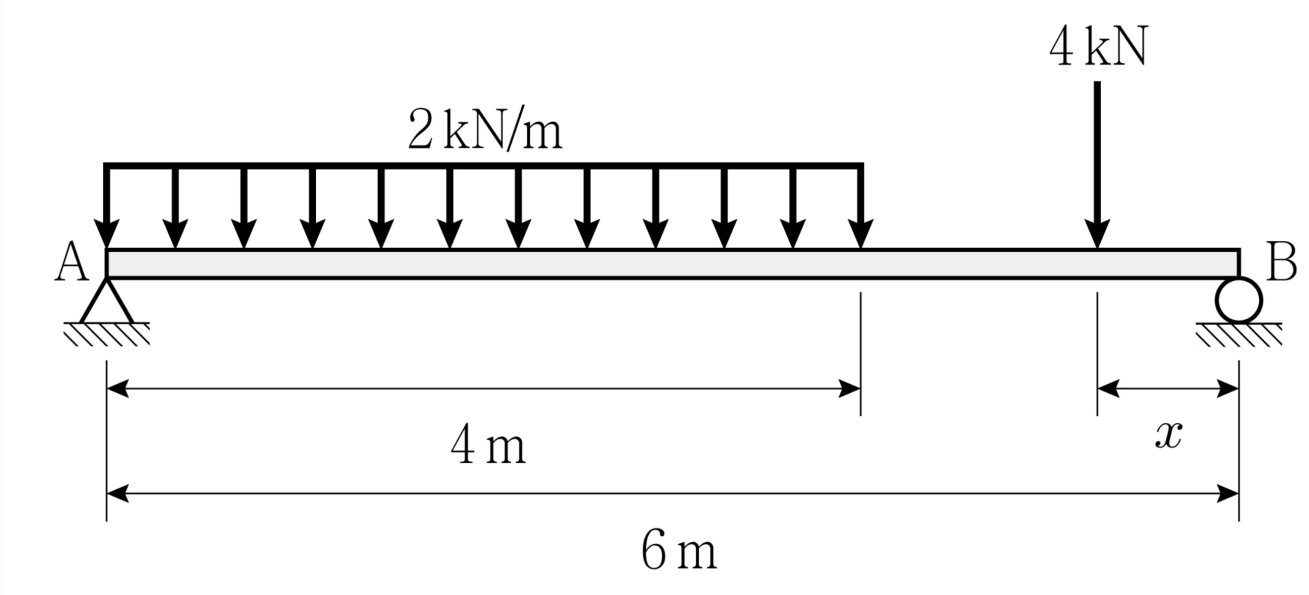
② O: B점에서 보를 절단하여 왼쪽 부분을 보면 아래로 작용하는 집중하중 P를 단면의 전단력이 지탱해야 한다. 따라서 전단력의 크기는 P이다. B점의 **모멘트하중은 힘의 합에 기여하지 않으므로** 그 점의 좌우에서 전단력의 크기는 모두 P이다.

③ X: 그림에서 A와 C 사이의 거리는 2L이다. C점에 대한 A점 집중하중의 모멘트는 반시계방향으로 $P \cdot 2L = 2PL$이고, B점의 모멘트하중은 시계방향으로 PL이다. 모멘트하중은 우력이므로 C점에 대한 모멘트를 구할 때도 그 크기 PL을 그대로 사용한다. 반시계방향을 양으로 하고 C점의 모멘트 반력을 M_C라 두면 $M_C + 2PL - PL = 0$이다. 따라서 $M_C = -PL$이므로, 모멘트 반력은 0이 아니라 **시계방향으로 크기가 PL**이다.

④ O: 보 전체에서 수직방향 힘은 A점의 아래쪽 집중하중 P와 C점의 수직반력뿐이다. 위쪽을 양으로 하고 C점의 수직반력을 R_C라 두면 $R_C - P = 0$이므로 $R_C = P$이다. 따라서 C점에는 **위쪽으로 크기가 P**인 수직반력이 발생한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 하중이 작용하는 단순보의 지점 A, B의 반력이 같기 위한 x [m]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 1번

간단한 해설

등분포하중의 합력은 8 kN이고 전체 하중은 12 kN이므로, 두 반력이 같으면 각각 6 kN이다. **B점에 대한 모멘트 평형**을 적용하면 4 kN 집중하중과 B점 사이의 거리 x는 1 m이다.

NoteBase

계산 과정

등분포하중의 합력: A점에서 4 m 구간에 2 kN/m의 등분포하중이 작용하므로 합력은 $2 \times 4 = 8$ kN이다. 하중이 균일하므로 합력은 **하중 구간의 중앙**, 즉 A점에서 2 m 떨어진 곳에 작용한다. 보의 전체 길이가 6 m이므로 이 합력과 B점 사이의 거리는 $6 - 2 = 4$ m이다.

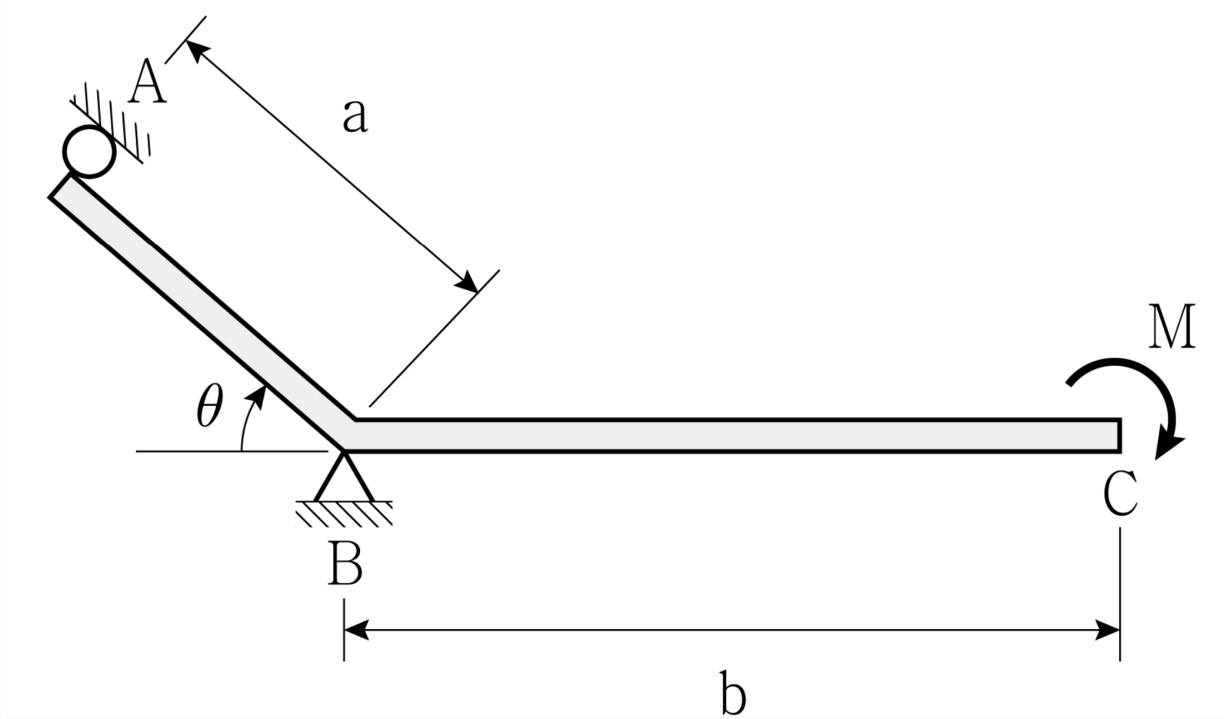
지점 반력: 보의 자중을 무시하면 아래로 작용하는 전체 하중은 $8 + 4 = 12$ kN이다. 위쪽 반력을 각각 R_A, R_B라 하면 수직력 평형에 의해 $R_A + R_B = 12$이다. 두 반력이 같아야 하므로 $R_A = R_B = \frac{12}{2} = 6$kN이다.

x의 계산: **B점을 기준으로 모멘트 평형**을 세우면 B점 반력은 작용팔이 0이므로 식에서 사라진다. A점의 위쪽 반력은 시계방향 모멘트를, 두 아래쪽 하중은 반시계방향 모멘트를 만든다. 각 작용팔은 A점 반력이 6 m, 등분포하중의 합력이 4 m, 집중하중이 x이므로 $6 \cdot 6 = 8 \cdot 4 + 4x$이다. 따라서 $4x = 36 - 32 = 4$에서 $x = 1$m를 얻는다.

구한 거리 1 m는 ①의 값에 해당한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 구조물의 C점에 집중모멘트 M이 작용할 때, B점의 수직반력의 크기는? (단, $0 \le \theta < 90^\circ$이고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{M\sin\theta}{a}$

② $\frac{M\cos\theta}{a}$

③ $\frac{M\sin\theta}{b}$

④ $\frac{M\cos\theta}{b}$

정답 2번

간단한 해설

A점의 반력은 **AB에 수직**이므로 B점에 대한 모멘트팔은 a이고, 그 크기는 M/a이다. 이 반력의 수직성분을 B점이 반대 방향으로 지탱하므로 B점의 수직반력 크기는 $\frac{M\cos\theta}{a}$이다.

NoteBase

계산 과정

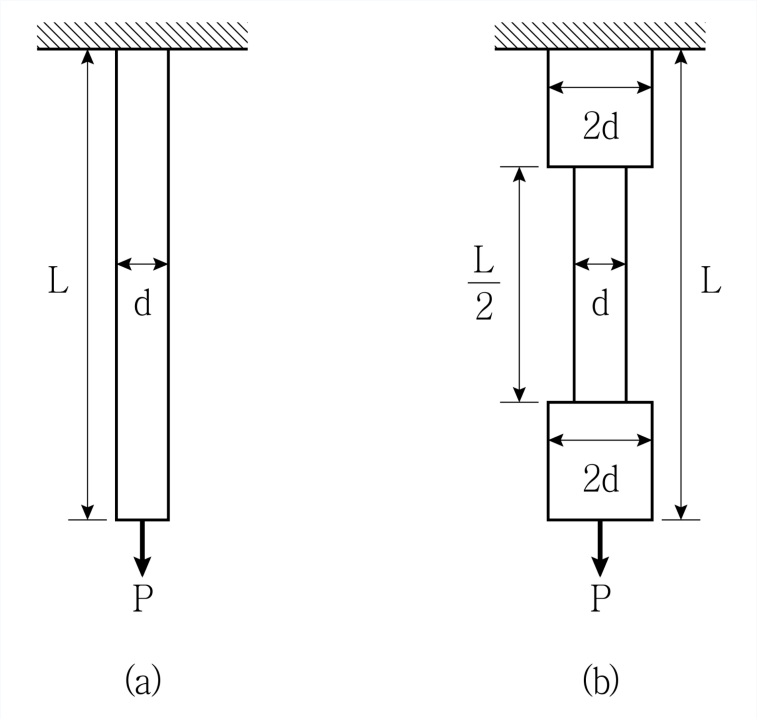
A점 반력의 방향: A는 경사면에 접한 롤러 지점이므로 반력은 **접촉면에 수직**으로 작용한다. 그림에서 접촉면은 AB와 평행하므로 A점 반력도 AB에 수직이다. 반력의 크기를 R_A라 하면, 그림의 시계방향 모멘트 M에 맞서는 반력은 왼쪽 아래를 향한다. AB가 수평선과 이루는 각이 θ이므로 이 반력의 아래쪽 수직성분은 $R_A\cos\theta$이다.

B점에 대한 모멘트 평형: B점의 수평·수직반력은 모두 B점을 지나므로 B점에 대한 모멘트가 0이다. A점 반력은 AB에 수직이므로 그 모멘트팔은 **AB의 길이 a**이다. 반시계방향을 양으로 잡으면 $\sum M_B = aR_A - M = 0$이고, 따라서 $R_A = \frac{M}{a}$이다. 집중모멘트는 기준점에 관계없이 M의 모멘트를 주므로 BC의 길이 b를 곱하거나 나누지 않는다.

B점 수직반력: 자중을 무시하고 집중모멘트는 합력을 만들지 않으므로, 수직방향 외력은 A점 반력의 수직성분과 B점 수직반력뿐이다. B점 수직반력을 위쪽으로 B_y라 두면 $\sum F_y = B_y - R_A\cos\theta = 0$이다. 따라서 $B_y = \frac{M\cos\theta}{a}$이며, 주어진 $0 \le \theta < 90\,^\circ$에서 위쪽으로 작용한다. 크기는 ②의 식과 같고, 단위는 모멘트의 단위를 길이의 단위로 나눈 힘의 단위이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 지름이 d 또는 $2d$인 원형 단면을 갖는 2개의 봉에 동일한 축력 P가 단면의 도심에 작용할 때, 각각의 봉에 저장되는 변형에너지의 비 $\frac{U_{(a)}}{U_{(b)}}$는? (단, 봉의 탄성계수는 동일하고, 응력 집중효과는 고려하지 않으며, 자중은 무시한다)



① $\frac{3}{4}$
② $\frac{4}{3}$
③ $\frac{5}{8}$
④ $\frac{8}{5}$

정답 4번

간단한 해설

같은 축력과 탄성계수에서 변형에너지는 **각 구간의 길이에 비례하고 단면적에 반비례**한다. (b)는 지름이 두 배인 구간의 단면적이 네 배이므로, 전체 변형에너지가 (a)의 $\frac{5}{8}$이며 에너지비는 $\frac{8}{5}$이다.

NoteBase

계산 과정

단면과 길이: 지름이 d인 구간의 단면적을 $A=\frac{\pi d^2}{4}$, 공통 탄성계수를 E라 두면, 지름이 $2d$인 구간의 단면적은 $4A$이다. 그림에서 (a)는 전체 길이 L에 걸쳐 단면적이 A이다. (b)는 가운데 가는 구간의 길이가 $\frac{L}{2}$이고, 위아래 굵은 구간의 길이를 합한 값도 $\frac{L}{2}$이다.

적용 공식: 도심에 축력이 작용하고 자중을 무시하므로 **모든 구간의 내부 축력은 동일하게** P이다. 선형 탄성 범위에서 길이 ℓ, 단면적 A_i인 구간의 늘어난 길이는 $\delta_i=\frac{P\ell}{EA_i}$이다. 저장되는 변형에너지는 하중이 0에서 P까지 증가하는 동안 한 일이므로 $U_i=\frac{P\delta_i}{2}=\frac{P^2\ell}{2EA_i}$이다. 단면이 달라지는 봉은 구간별 에너지를 더한다.

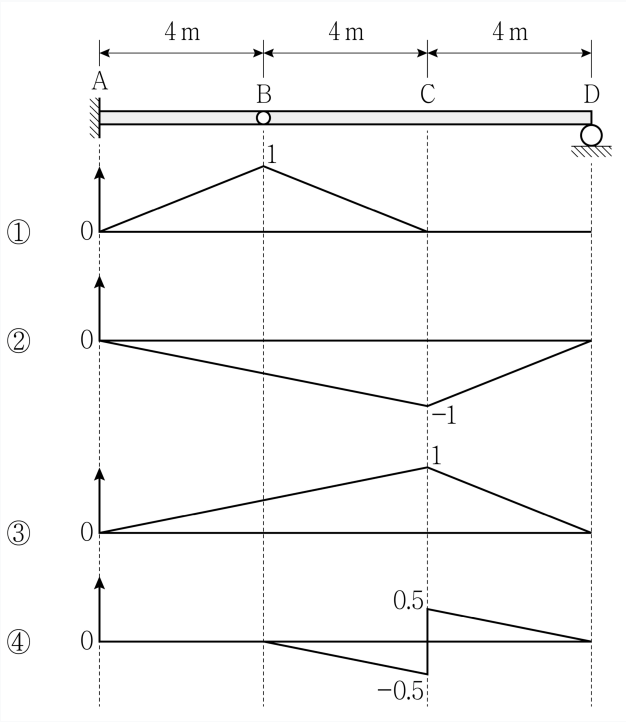
(a)의 변형에너지: 길이 L, 단면적 A인 균일한 봉이므로 $U_{(a)}=\frac{P^2L}{2EA}$이다. 이 값을 기준으로 (b)의 각 구간에 저장되는 에너지를 비교한다.

(b)의 변형에너지: 가는 구간은 (a)와 단면적이 같고 길이가 절반이므로 에너지는 $\frac{U_{(a)}}{2}$이다. 굵은 구간들은 합한 길이가 (a)의 절반이고 단면적이 네 배이므로 에너지의 합은 $\frac{U_{(a)}}{8}$이다. 즉, **축력은 같아도 굵은 구간은 덜 늘어나 에너지가 작다**. 따라서 $U_{(b)}=\frac{U_{(a)}}{2}+\frac{U_{(a)}}{8}=\frac{5}{8}U_{(a)}$이다.

에너지비: $\frac{U_{(a)}}{U_{(b)}}=\frac{8}{5}$이므로 ④의 값과 일치한다. 같은 차원의 에너지끼리 나눈 비이므로 단위는 없다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 게르버보에서 점 C의 전단력에 대한 영향선은?



① ①

② ②

③ ③

④ ④

정답 4번

간단한 해설

AB 구간의 하중은 C점에 전단력을 만들지 않는다. 하중이 C를 통과하면 영향선 값이 **−0.5에서 +0.5로 1만큼 도약**하고, 이후 D에서 0이 된다.

NoteBase

계산 과정

영향선은 아래쪽 단위하중의 위치에 따라 C점 전단력이 어떻게 변하는지 나타낸다. 하중의 크기를 P, C점 전단력을 V_C라 하면 영향선 값은 $\eta = V_C/P$이다. 전단력은 절단면 왼쪽 부분에 작용하는 외력의 수직합에서 상향을 양으로 한다. B부터 하중까지의 거리를 x, BD 길이를 L이라 두면 L = 8 m이고 C는 x = 4 m에 있다.

AB 구간: 하중이 AB에 있으면 BD에는 외부하중이 없다. BD 부분에서 B점에 대한 모멘트 평형을 적용하면 D의 수직반력이 0이고, 수직력 평형에 따라 B의 전달력도 0이다. 따라서 **AB 구간의 영향선 값은 모두 0**이다.

BD 구간의 반력: B는 내부힌지이므로 굽힘모멘트를 전달하지 않는다. BD 부분을 분리하면 B와 D에서 지지되는 단순보로 계산할 수 있다. 상향 반력을 각각 R_B, R_D라 할 때, B점에 대한 모멘트 평형은 $R_D L = Px$이다. 따라서 $R_B/P = (L - x)/L$이다. 이 비율은 이동하중 중 B가 부담하는 몫을 뜻한다.

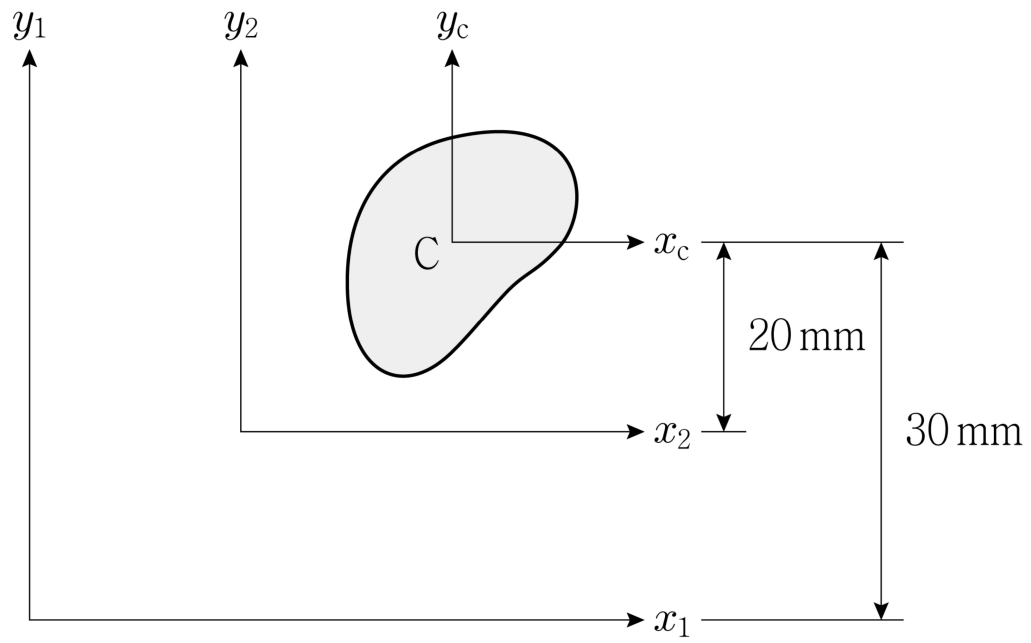
BC 구간: 하중이 C의 왼쪽에 있으면 C에서 자른 BD의 왼쪽 부분에는 상향 반력과 하향 하중이 함께 작용한다. 따라서 $V_C = R_B - P$이고 $\eta = -x/L$이다. 영향선은 B의 0에서 직선으로 감소하며, 하중이 C 바로 왼쪽에 있을 때 $\eta = -\frac{4}{8} = -0.5$이다.

CD 구간: 하중이 C의 오른쪽에 있으면 절단면 왼쪽에는 B의 반력만 작용한다. 따라서 $V_C = R_B$이고 $\eta = (L - x)/L$이다. 하중이 C 바로 오른쪽에 있을 때 $\eta = \frac{8-4}{8} = 0.5$이고, D에 도달하면 0이 된다. 이 구간도 직선이다.

C점의 도약과 선택지 연결: 하중이 C를 지나면 전단력 식에서 하향 하중을 빼는 항이 사라지므로 영향선 값이 **1만큼 위로 도약**한다. 영향선 값은 힘을 힘으로 나눈 비율이므로 무차원이다. AB에서 0, C 바로 왼쪽에서 −0.5, 바로 오른쪽에서 +0.5, D에서 0이 되는 형상은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 도심이 C인 단면의 단면적(A)이 100 mm^2이고, x_1축에 대한 단면 2차 모멘트(I_{x_1})가 100,000 mm^4일 때, x_2축에 대한 단면 2차 모멘트(I_{x_2})의 크기[mm^4]는?



① 50,000

② 80,000

③ 100,000

④ 140,000

정답 1번

간단한 해설

두 축 모두 도심축에 평행하므로 **평행축 정리**를 적용한다. 도심축에서의 거리가 30 mm에서 20 mm로 줄어들 때 단면 2차 모멘트는 50,000 mm^4만큼 감소하여 50,000 mm^4가 된다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 도심 C를 지나는 x_c축과 x_1, x_2축은 서로 평행하다. 도심축에서 각 축까지의 수직거리는 각각 30 mm, 20 mm이다. 평행축 정리는 $I_x = I_{x_c} + Ad^2$이며, 여기서 A는 단면적, d는 **도심축과 해당 축 사이의 수직거리**이다.

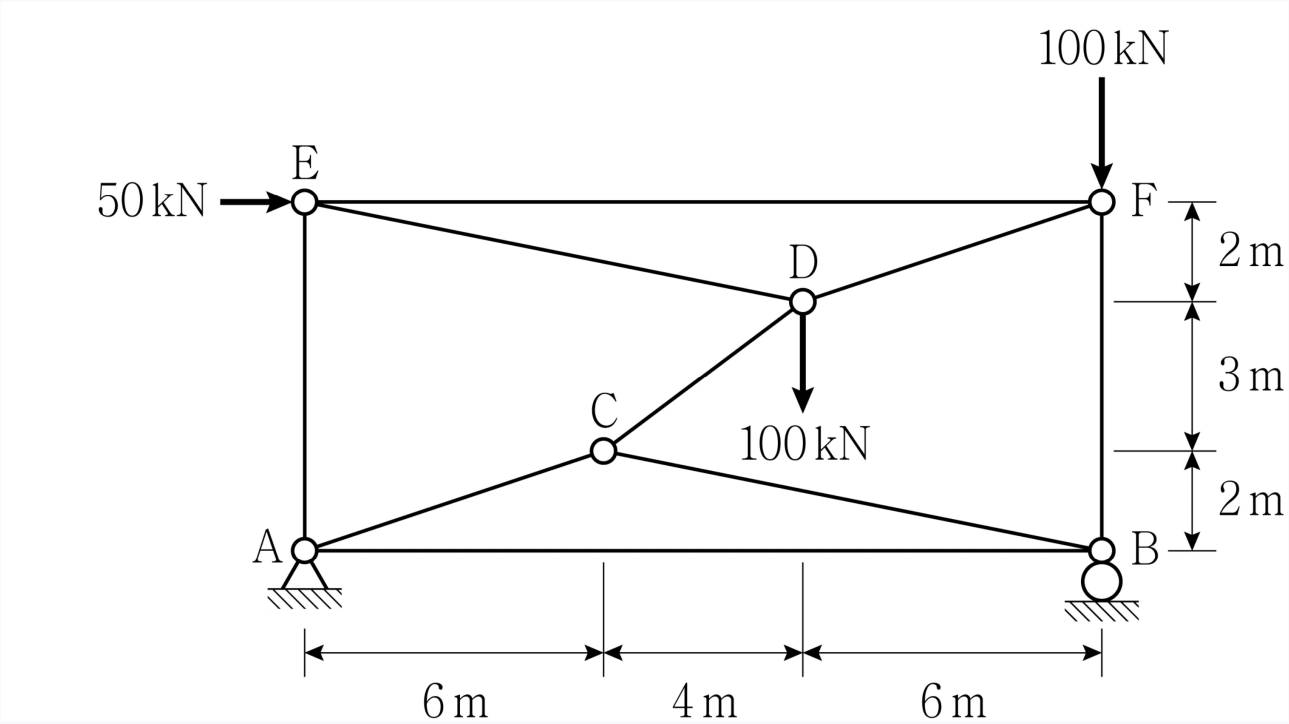
먼저 x_1축의 값에서 거리 이동에 따른 증가분을 빼 도심축의 단면 2차 모멘트를 구한다. $A = 100\text{mm}^2$이므로 $Ad^2 = 100 \cdot 30^2 = 90{,}000\text{mm}^4$이다. 따라서 $I_{x_c} = 100{,}000 - 90{,}000$, 즉 도심축의 단면 2차 모멘트는 10,000 mm^4이다.

이제 도심축에서 20 mm 떨어진 x_2축으로 옮긴다. 증가분은 $100 \cdot 20^2 = 40{,}000\text{mm}^4$이므로, $I_{x_2} = 10{,}000 + 40{,}000$이다. 두 축 사이의 간격 10 mm를 바로 대입해서는 안 된다. 평행축 정리의 기준은 **도심을 지나는 평행축**이기 때문이다.

따라서 x_2축에 대한 단면 2차 모멘트는 50,000 mm^4이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 단순 지지된 트러스 구조물에서 CD부재의 부재력 [kN]은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 31.25 (압축)

② 31.25 (인장)

③ 62.5 (압축)

④ 62.5 (인장)

정답 4번

간단한 해설

AE·CD·BF를 절단해 아래쪽 부분을 보면, 수평력을 전달하는 절단 부재는 **CD뿐**이므로 그 수평성분은 50 kN이다. CD의 수평거리와 길이의 비가 4 : 5이므로 부재력은 **62.5 kN의 인장력**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 수평 지점반력: A는 힌지 지점이고 B는 롤러 지점이므로 수평 지점반력은 A에서만 생긴다. E에는 오른쪽으로 50 kN이 작용하고, D와 F의 100 kN 하중은 모두 수직 방향이다. 따라서 구조물 전체의 수평 평형에 의해 A의 수평반력은 왼쪽으로 50 kN이다. 구조물의 자중은 주어진 조건에 따라 무시한다.

2. CD의 방향비: 그림에서 C와 D 사이의 수평거리는 4 m이다. C는 AB보다 2 m 높고 D는 C보다 3 m 높으므로, CD의 높이 차는 3 m이다. 따라서 CD의 길이는 $L_{CD} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\text{m}$이고, 수평선과 이루는 각을 θ라 하면 $\cos\theta = \frac{4}{5}$이다.

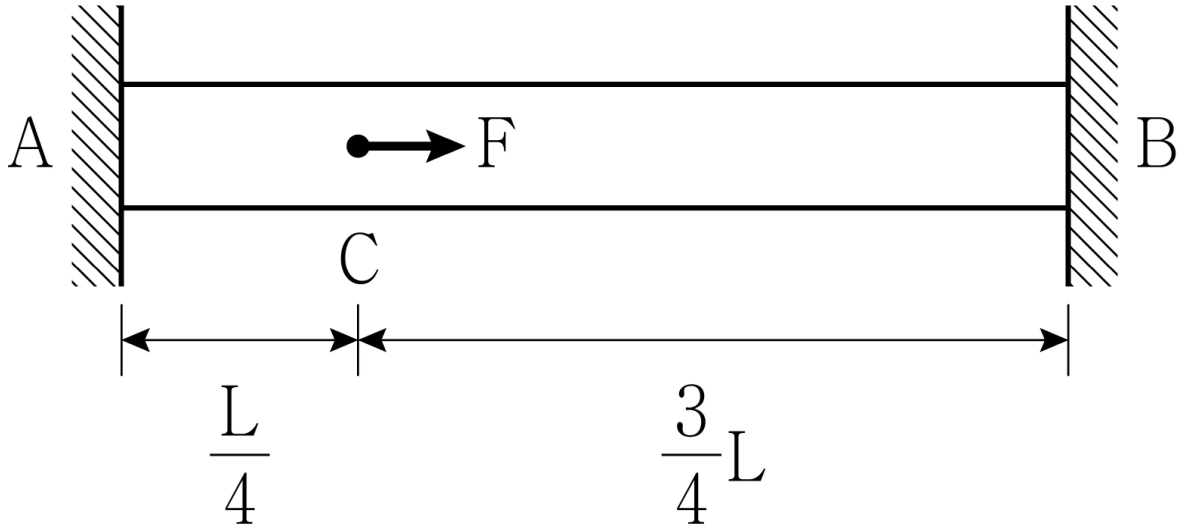
3. 절단 부분의 선택: AE·CD·BF를 가로질러 절단한 뒤 A·B·C를 포함하는 아래쪽 부분을 떼어 본다. 트러스 부재력은 부재의 축방향으로 작용하므로, 수직 부재 AE와 BF의 절단면 힘에는 수평성분이 없다. 따라서 이 부분에서는 **CD의 수평성분이 A의 수평반력과 평형**을 이룬다.

4. 수평 평형식: CD의 부재력 N_{CD}를 인장으로 가정하면, 아래쪽 부분의 C에서는 D를 향해 오른쪽 위로 작용한다. 오른쪽을 양의 방향으로 정하면 $-50 + \frac{4}{5}N_{CD} = 0$이다. 따라서 $N_{CD} = 50 \cdot \frac{5}{4} = 62.5\text{kN}$이다.

인장으로 가정한 부재력이 양수로 나왔으므로 실제로도 인장이다. CD의 부재력은 62.5 kN의 인장력이며, ④의 62.5 (인장)에 해당한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 C점에 축력 F가 단면의 도심에 작용할 때, C점의 축방향 변위의 크기는? (단, 구조물의 축방향 강성은 EA이고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{FL}{8EA}$
② $\frac{3FL}{16EA}$
③ $\frac{FL}{4EA}$
④ $\frac{5FL}{16EA}$

정답 2번

간단한 해설

C점이 오른쪽으로 움직이면 AC 구간은 늘어나고 CB 구간은 줄어들며, 두 구간이 함께 하중을 저항한다. 두 구간의 **축방향 강성을 합하면** $\frac{16EA}{3L}$이므로 C점의 변위 크기는 $\frac{3FL}{16EA}$이다.

NoteBase

계산 과정

① 변형 조건: 그림에서 양 끝 A와 B는 고정되어 있고, AC의 길이는 $\frac{L}{4}$, CB의 길이는 $\frac{3L}{4}$이다. C점의 오른쪽 변위를 u라 하면 AC는 u만큼 늘어나고 CB는 u만큼 줄어든다. 따라서 두 구간의 **변형량의 크기는 같고**, AC에는 인장력, CB에는 압축력이 발생한다.

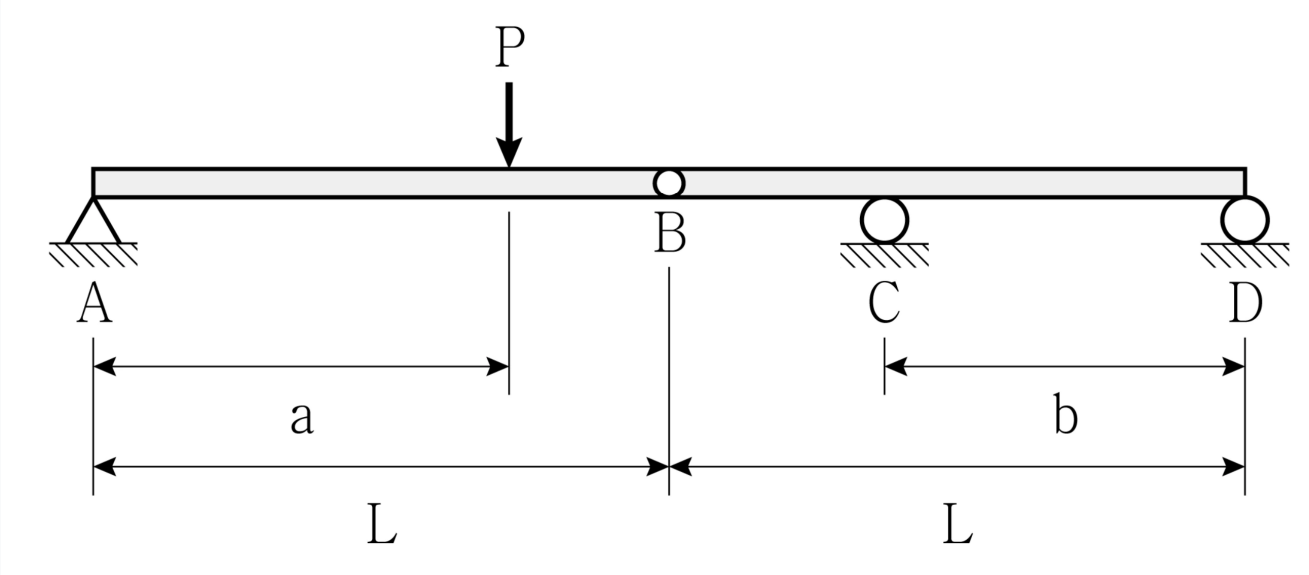
② 구간별 강성: 축력이 일정한 탄성봉의 변형량은 $\delta = \frac{N\ell}{EA}$이다. 여기서 N은 축력, ℓ은 구간 길이이고 EA는 문제에서 주어진 축방향 강성이다. 이를 축력과 변위의 관계로 쓰면 $N = \frac{EA}{\ell}\delta$이므로, 구간을 스프링처럼 보았을 때 강성은 $k = \frac{EA}{\ell}$이다. 따라서 $k_{AC} = \frac{4EA}{L}$, $k_{CB} = \frac{4EA}{3L}$이다.

③ C점의 힘 평형: AC의 인장력은 C점을 왼쪽으로 당기고, CB의 압축력도 C점을 왼쪽으로 민다. 두 저항력이 오른쪽 하중 F와 평형을 이루므로 $F = (k_{AC} + k_{CB})u$이다. 두 구간은 **같은 변위에 대해 저항력이 더해지므로** 합성 강성은 $k_{AC} + k_{CB} = \frac{16EA}{3L}$이다.

④ 변위 계산: 하중을 합성 강성으로 나누면 $u = \frac{3FL}{16EA}$이다. C점은 하중 방향인 오른쪽으로 움직이며, 구한 변위의 크기는 ②의 식과 일치한다. F와 EA는 모두 힘의 차원이므로 이 결과는 L과 같은 길이 단위를 갖는다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 게르버보에서 C점의 상향 수직반력이 P의 2배가 되기 위한 $\frac{a}{b}$는? (단, 0<a<L, 0<b<L이며, 구조물의 자중은 무시한다)



① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 1번

간단한 해설

B의 내부 힌지를 기준으로 나누어 평형을 적용하면 C점의 상향 반력은 $R_C = P\frac{a}{b}$이다. 따라서 반력이 **P의 2배**가 되려면 $\frac{a}{b} = 2$이어야 한다.

NoteBase

계산 과정

구조와 거리: B는 **휨모멘트를 전달하지 않는 내부 힌지**이므로 보를 AB와 BCD로 나누어 평형을 세울 수 있다. 그림에서 AB와 BD의 길이는 각각 L이고, A에서 하중 P까지의 거리는 a, C에서 D까지의 거리는 b이다. 자중은 무시하며, 구하는 a와 b의 비는 단위가 없다.

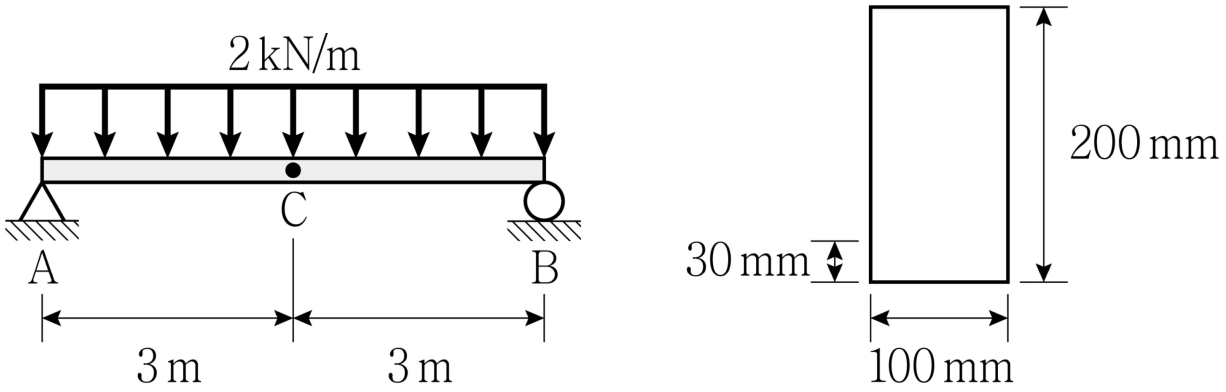
AB 부분의 평형: B가 AB에 가하는 상향 수직력을 H라 하자. A점에 대한 모멘트 평형에서 $H \cdot L - P \cdot a = 0$ 이므로 $H = \frac{Pa}{L}$이다. 이 값은 오른쪽 보가 왼쪽 보를 받쳐 주는 힘의 크기이며, **작용·반작용에 따라 BCD에는 같은 크기의 하향력**으로 작용한다.

BCD 부분의 평형: C점의 상향 반력을 R_C라 하자. D점에 대한 모멘트를 취하면 D점 반력은 모멘트를 만들지 않는다. B의 하향력 H와 C의 상향 반력은 서로 반대 방향의 모멘트를 만들며, D점까지의 거리는 각각 L과 b이다. 따라서 $H \cdot L - R_C \cdot b = 0$이고, $R_C = \frac{HL}{b} = \frac{Pa}{b}$이다.

비의 결정: 요구 조건 $R_C = 2P$를 대입하면 $P\frac{a}{b} = 2P$이므로 $\frac{a}{b} = 2$이다. 이는 ①의 2와 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 직사각형 단면의 단순보에 등분포하중이 작용할 때, C점의 단면 하단부에서 30 mm만큼 떨어진 높이에 작용하는 휨응력의 크기[MPa]는? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 4.05

② 6.75

③ 9.45

④ 13.5

정답 3번

간단한 해설

휨응력은 단면 하단이 아니라 **중립축에서의 거리**에 비례한다. 하단에서 30 mm인 위치는 중립축에서 70 mm 떨어져 있으므로, C단면의 휨모멘트 9 kN·m를 $\sigma = \frac{My}{I}$에 적용하면 응력의 크기는 9.45 MPa이다.

NoteBase

계산 과정

1. C단면의 휨모멘트: 보의 길이는 3 + 3 = 6 m이고, 전 구간에 2 kN/m의 등분포하중이 작용한다. 하중과 지점 배치가 좌우 대칭이므로 양쪽 수직반력은 각각 $R_A = R_B = \frac{2 \cdot 6}{2} = 6$ kN이다. C의 왼쪽 3 m 구간에 작용하는 분포하중의 합력은 6 kN이며, 그 구간 중앙인 A에서 1.5 m 지점에 작용한다. 따라서 C에 대한 모멘트 평형으로 $M_C = 6 \cdot 3 - 6 \cdot 1.5 = 9$ kN · m를 얻는다.

2. 중립축에서의 거리: 직사각형 단면의 중립축은 단면 높이의 중앙을 지난다. 단면 높이가 200 mm이므로 중립축은 하단에서 100 mm 높이에 있다. 구하려는 위치는 하단에서 30 mm이므로, **중립축에서의 거리**는 y = 100 − 30 = 70 mm이다.

3. 단면2차모멘트: 폭 b = 100 mm, 높이 h = 200 mm인 직사각형의 수평 중립축에 대한 단면2차모멘트는 $I = \frac{bh^3}{12}$이다. 따라서 $I = \frac{100 \cdot 200^3}{12}$ mm^{4}이며, 이는 $\frac{2 \cdot 10^8}{3}$ mm^{4}이다.

4. 휨응력: 탄성 휨응력의 크기는 $\sigma = \frac{My}{I}$로 구한다. 여기서 M은 해당 단면의 휨모멘트, y는 중립축에서의 거리이다. 단면 치수가 mm이므로 **모멘트를 N·mm로 환산**하여 $M_C = 9 \cdot 10^6$ N · mm를 사용한다. 위에서 구한 I와 y를 대입하면 $\sigma = \frac{9 \cdot 10^6 \cdot 70}{I} = 9.45$ N/mm^{2}이다. 1 N/mm^2 = 1 MPa이므로 휨응력의 크기는 9.45 MPa이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase