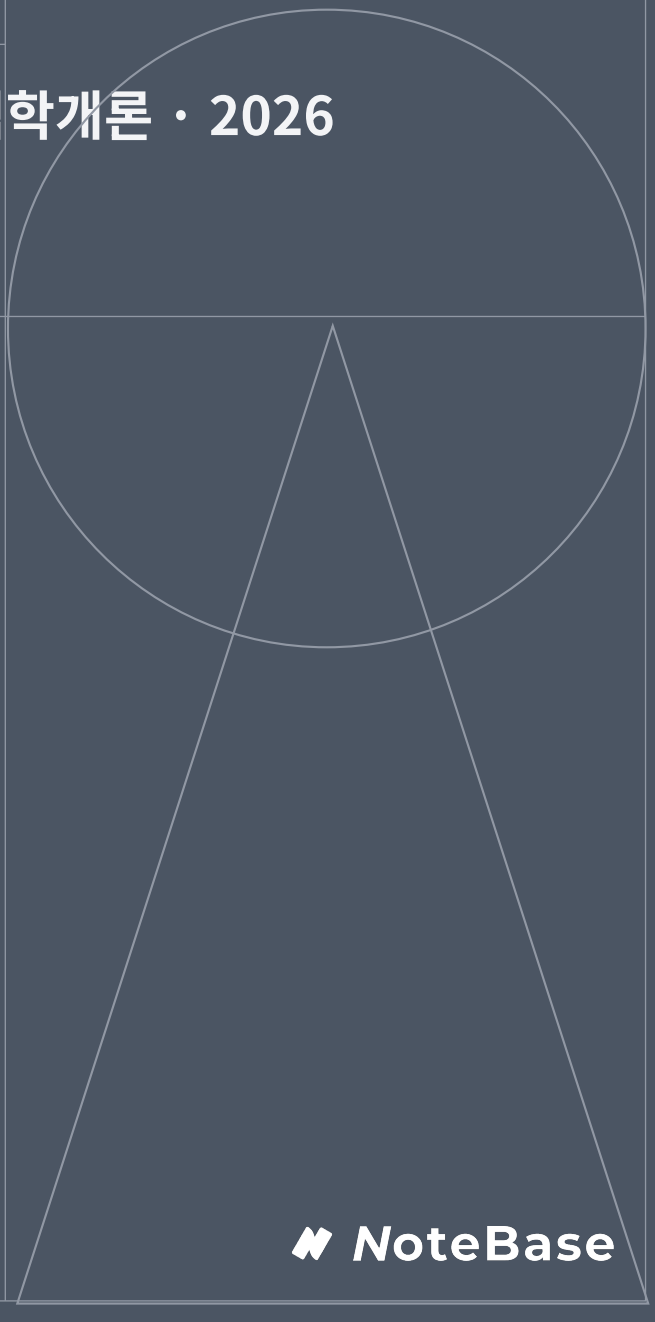
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2026

공무원/국가직/9급 · 응용역학개론 · 2026

문 1. 탄성계수 E = 300 GPa, 전단탄성계수 G = 100 GPa인 선형탄성재료의 포아송비(ν)는?

① 0.2

② 0.3

③ 0.4

④ 0.5

정답 4번

간단한 해설

탄성계수 사이의 관계식 $E = 2G(1 + \nu)$에서 포아송비를 구하면 $\nu = \frac{E}{2G} - 1$이다. 주어진 값을 대입하면 **포아송비는 0.5**이며, 단위가 없는 값이다.

계산 과정

적용 관계: 이 문제에서는 재료를 **등방성 선형탄성재료로 가정**하여 $E = 2G(1 + \nu)$를 적용한다. 여기서 E는 탄성계수, G는 전단탄성계수, ν는 포아송비이다. 포아송비는 일축 하중을 받을 때 축 방향 변형률에 대한 가로 방향 변형률의 비에 음의 부호를 붙인 값이다.

값 대입: 관계식을 포아송비에 대해 정리하면 $\nu = \frac{E}{2G} - 1$이다. E = 300 GPa와 G = 100 GPa는 **같은 단위**이므로 별도 단위 변환 없이 대입한다. $\frac{E}{2G} = \frac{300}{2 \cdot 100} = 1.5$이며, 이는 관계식의 $1 + \nu$에 해당한다. 따라서 $\nu = 1.5 - 1 = 0.5$이다.

결과: 포아송비는 변형률의 비이므로 단위가 없으며, 계산값 0.5는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 선형 탄성거동을 하는 임의의 스프링을 2 mm 늘이는 데 4 N의 힘이 필요하였다면, 추가로 1 mm를 더 늘이는 데 필요한 일의 양[N · m]은?

① 0.002

② 0.005

③ 0.006

④ 0.008

정답 2번

간단한 해설

선형 탄성 스프링은 늘어난 길이에 비례하여 필요한 힘도 커지므로, 2 mm에서 3 mm까지 늘이는 동안 힘은 4 N에서 6 N으로 증가한다. 이 구간의 **평균 힘 5 N**에 추가 변위 0.001 m를 곱하면 필요한 일은 0.005 N·m이다.

계산 과정

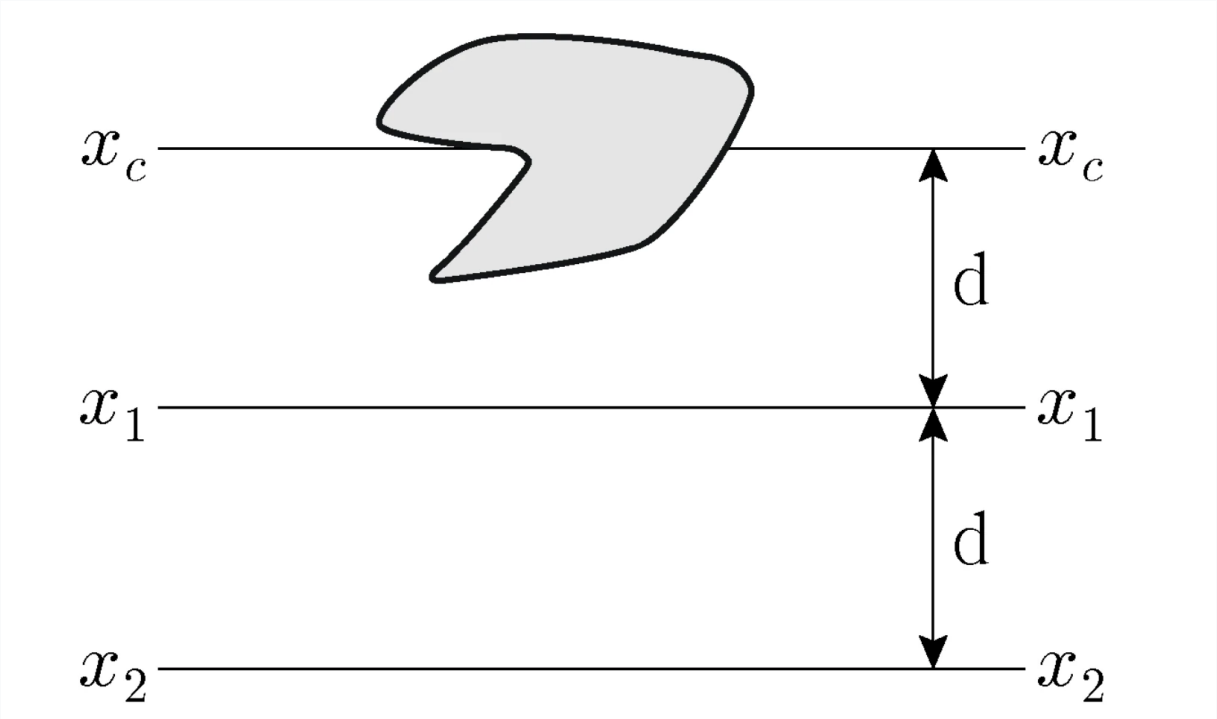
스프링 상수 구하기: 선형 탄성 스프링을 늘이는 데 필요한 힘의 크기 F는 자연 길이에서 늘어난 길이 x에 비례하므로 $F = kx$이다. 여기서 k는 스프링 상수이다. 2 mm = 0.002 m일 때 4 N이 필요하므로 $k = \frac{4}{0.002} = 2000$ N/m이다. 이는 스프링을 1 mm 더 늘릴 때마다 필요한 힘이 2 N씩 증가한다는 뜻이다.

추가로 늘인 뒤의 힘 구하기: 추가 변위는 1 mm = 0.001 m이고, 최종 늘어난 길이는 2 + 1 = 3 mm = 0.003 m이다. 따라서 최종 힘은 $F_2 = kx_2 = 2000 \cdot 0.003 = 6$ N이다. 구해야 하는 일의 구간은 **자연 길이부터가 아니라 2 mm에서 3 mm까지**이다.

추가로 필요한 일 구하기: 일은 힘–변위 그래프 아래의 면적이다. 이 구간에서는 힘이 4 N에서 6 N까지 선형으로 증가하므로, 사다리꼴의 면적처럼 **양 끝 힘의 평균에 추가 변위를 곱한다**. 따라서 $W = \frac{4+6}{2} \cdot 0.001 = 0.005$ N·m이며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 단면적이 A인 임의의 단면이 있다. 도심축(x_c)으로부터 2d 떨어진 축(x_2)을 기준으로 한 단면 2차모멘트의 크기가 I_{x_2}일 때, 도심축(x_c)으로부터 d 떨어진 축(x_1)을 기준으로 한 단면 2차모멘트(I_{x_1})의 크기는?



① $I_{x_2} - Ad^2$

② $I_{x_2} - 2Ad^2$

③ $I_{x_2} - 3Ad^2$

④ $I_{x_2} - 4Ad^2$

정답 3번

간단한 해설

평행축 정리에서 단면 2차모멘트의 증가량은 **도심축으로부터 거리의 제곱**에 비례한다. 두 축의 도심축 기준 거리가 각각 d, 2d이므로 $I_{x_1} = I_{x_2} - 3Ad^2$이다.

NoteBase

계산 과정

평행축 정리 적용: 그림에서 x_c, x_1, x_2는 서로 평행하고, 도심축 x_c에서 각 축까지의 거리는 각각 d, 2d이다. 단면적이 A이고 도심축에서 평행한 축까지의 거리가 h이면 $I_x = I_{x_c} + Ah^2$이다. 여기서 h는 **도심축을 기준으로 잰 수직거리**이다.

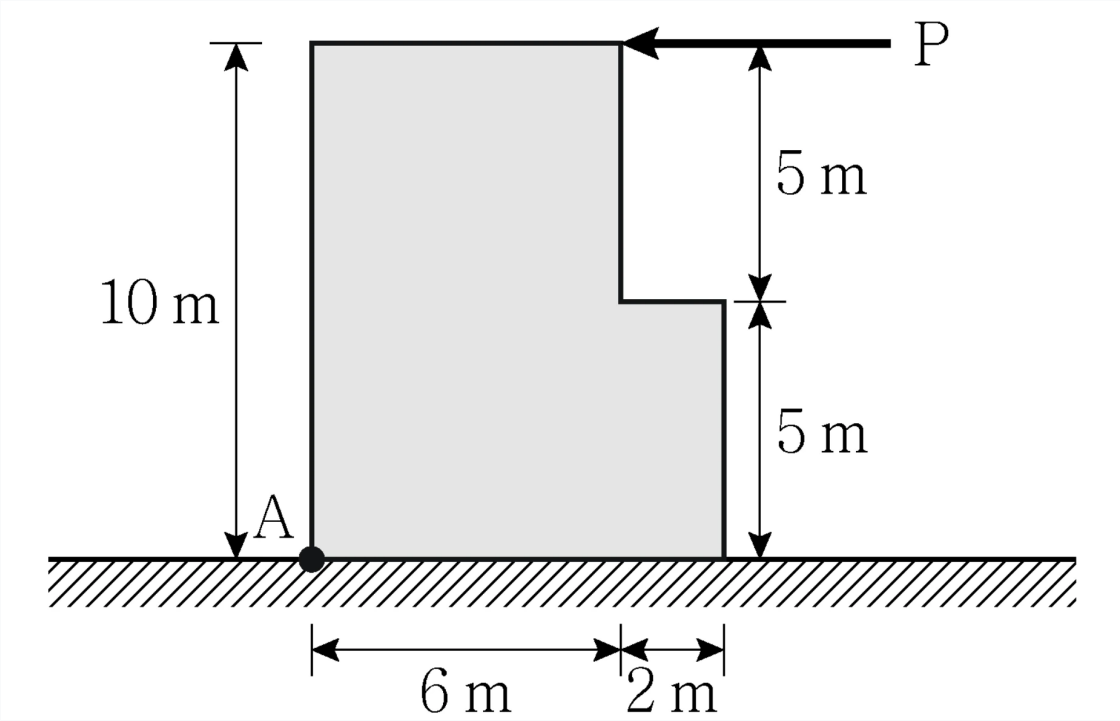
도심축 기준 값 구하기: x_2축에 평행축 정리를 적용하면 $I_{x_2} = I_{x_c} + A(2d)^2$이므로 $I_{x_c} = I_{x_2} - 4Ad^2$이다. 이는 주어진 값에서 축 이동에 따른 증가량을 빼서 도심축 기준 단면 2차모멘트를 구한 것이다.

x_1축 기준 값 구하기: 도심축에서 x_1축까지의 거리는 d이므로 $I_{x_1} = I_{x_c} + Ad^2$이다. 앞에서 구한 값을 대입하면 $I_{x_1} = (I_{x_2} - 4Ad^2) + Ad^2$, 즉 $I_{x_1} = I_{x_2} - 3Ad^2$이다.

따라서 구한 식은 ③의 $I_{x_2} - 3Ad^2$과 일치한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 단면의 균질한 콘크리트 옹벽에 수평하중 P를 작용시킬 때, A점을 기준으로 옹벽이 전도되기 직전의 최대힘 P[kN/m]는? (단, 콘크리트의 단위중량은 20 kN/m^{3}이고, 콘크리트 옹벽과 바닥면 사이의 부착력은 무시한다)



① 125

② 250

③ 500

④ 600

정답 3번

간단한 해설

전도 직전에는 **A점에 대한 자중의 저항모멘트와 하중의 전도모멘트가 같다**. 저항모멘트가 5,000 kN·m/m이고 하중의 작용 높이가 10 m이므로, 최대힘은 $P = \frac{5000}{10} = 500\text{kN/m}$이다.

NoteBase

계산 과정

전도 조건: 수평하중 P는 바닥에서 10 m 높이에 왼쪽 방향으로 작용하여 A점을 중심으로 반시계방향 회전을 일으킨다. 자중은 아래로 작용하여 시계방향으로 저항한다. 부착력을 무시하므로 전도 직전에는 바닥 반력의 작용선이 A점을 지나며, **바닥 반력은 A점에 대한 모멘트를 만들지 않는다**. 옹벽 길이 1 m당 자중과 하중으로 계산한다.

왼쪽 직사각형: 폭 6 m, 높이 10 m이므로 단면적은 $6 \times 10 = 60\ \mathrm{m}^2$이다. 단위중량이 20 kN/m^{3}이므로 길이 1 m당 자중은 $20 \times 60 = 1{,}200$ kN/m이다. 균질한 직사각형의 자중은 **단면의 중심**에 작용하므로, A점에서 자중 작용선까지의 수평거리는 $\frac{6}{2} = 3\mathrm{m}$이다.

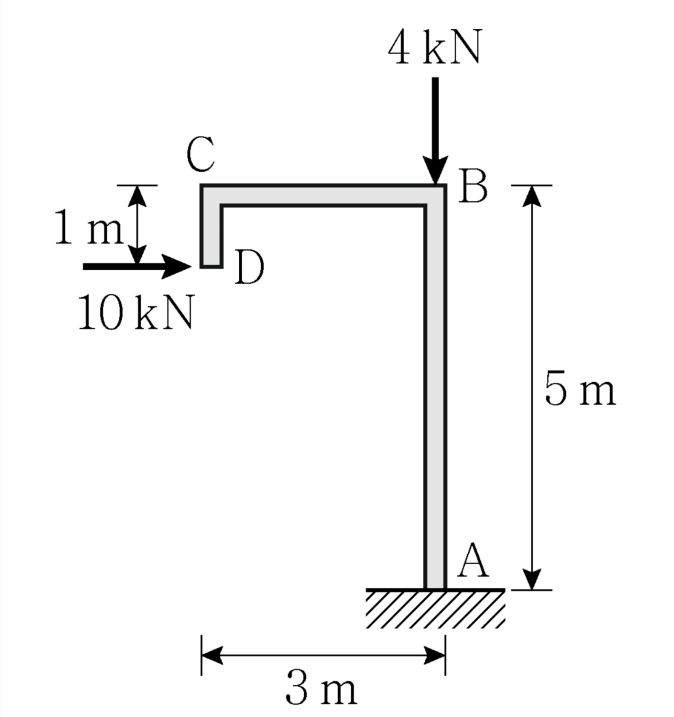
오른쪽 돌출 직사각형: 폭 2 m, 높이 5 m이므로 단면적은 $2 \times 5 = 10\ \mathrm{m}^2$이고, 길이 1 m당 자중은 $20 \times 10 = 200$ kN/m이다. 자중의 작용선은 돌출 부분의 중앙을 지나므로, A점에서의 수평거리는 $6 + \frac{2}{2} = 7\mathrm{m}$이다.

모멘트 평형: 모멘트는 힘에 회전중심에서 그 힘의 작용선까지의 수직거리를 곱한 값이다. 두 자중의 저항모멘트를 더하면 $1{,}200 \times 3 + 200 \times 7 = 5{,}000$ kN·m/m이다. 수평하중의 지레팔은 **작용선까지의 수직거리인 10 m**이므로, 전도 직전의 평형식은 $P \cdot 10 = 5000$이다.

최대힘은 $P = \frac{5000}{10} = 500\mathrm{kN/m}$이며, ③의 500에 해당한다. 이보다 큰 하중에서는 전도모멘트가 자중의 저항모멘트보다 커진다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 구조물에서 지점 A의 모멘트 반력[kN·m]은? (단, 부재의 자중은 무시한다)



① 30(시계 방향)

② 30(반시계 방향)

③ 40(시계 방향)

④ 40(반시계 방향)

정답 4번

간단한 해설

10 kN 수평하중의 모멘트 팔은 **A에서 하중의 작용선까지의 수직거리**인 5 − 1 = 4 m이다. 이 하중이 만드는 시계 방향 모멘트를 상쇄하므로 A의 모멘트 반력은 **반시계 방향 40 kN·m**이다.

NoteBase

계산 과정

구조물 전체를 하나의 자유물체로 보고 A에 대한 모멘트 평형을 적용한다. 부재의 자중은 무시하며, A의 수평·수직 반력은 A를 지나므로 A에 대한 모멘트가 없다. 반시계 방향을 양(+)으로 두고, A의 모멘트 반력을 M_A라 한다.

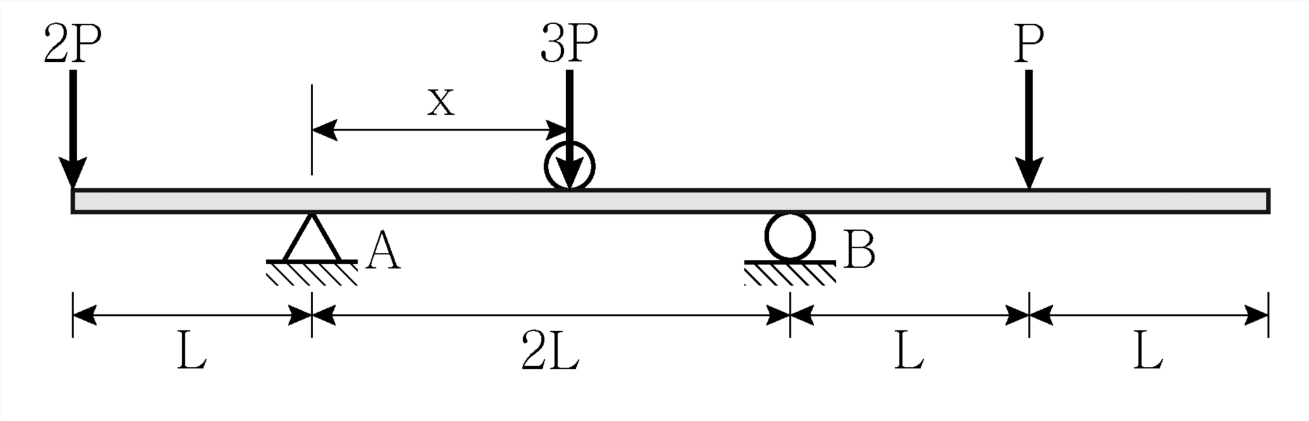
D의 10 kN 수평하중: 모멘트 팔은 **회전 중심에서 힘의 작용선에 내린 수선의 길이**이다. B와 C의 높이는 A에서 5 m이고 D는 그보다 1 m 아래이므로, 이 수평하중의 모멘트 팔은 $5 - 1 = 4$ m이다. A보다 위에서 오른쪽으로 미는 힘이므로 시계 방향으로 회전시키며, 모멘트의 크기는 $10 \times 4 = 40$ kN·m이다. 그림의 수평거리 3 m는 이 수평하중의 모멘트 팔이 아니다.

B의 4 kN 수직하중: **하중의 작용선이 A를 지나므로** A에서 작용선까지의 수직거리는 0이다. 따라서 A에 대한 모멘트는 0이다.

A의 모멘트 반력: 모멘트의 단위를 kN·m로 통일하면 평형식은 $M_A - 40 + 0 = 0$이다. 따라서 $M_A = 40$이며, 양(+)이므로 반시계 방향이다. 모멘트 반력은 40 kN·m(반시계 방향)으로 ④에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 내민보에서 지점 B의 상향 수직반력이 4P가 될 때, 거리 x는? (단, 보의 자중은 무시한다)



① $\frac{4L}{3}$
② $\frac{5L}{3}$
③ $2L$
④ $\frac{7L}{3}$

정답 4번

간단한 해설

A점에 대한 **모멘트 평형**을 적용하면 A의 반력을 제외하고 거리 x를 구할 수 있다. B의 상향 반력 4P를 대입하면 $3Px = 7PL$이므로 $x = \frac{7L}{3}$이다.

계산 과정

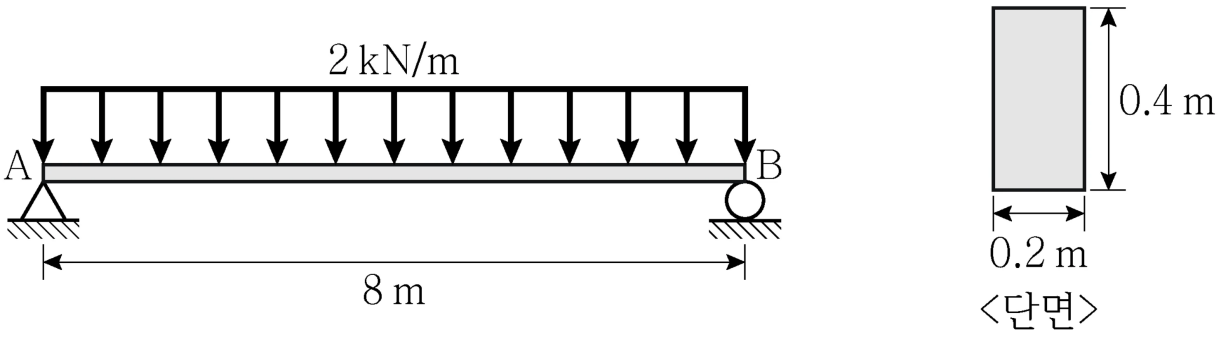
거리와 하중: 보의 자중은 무시하며, x는 A에서 하중 3P의 작용점까지의 거리이다. 그림에서 A의 왼쪽 끝에 하향 하중 2P가 작용하고 그 거리는 L이다. B는 A에서 오른쪽으로 2L 떨어져 있으며 상향 반력은 4P이다. 하향 하중 P는 B에서 오른쪽으로 L, 즉 A에서 3L 떨어진 곳에 작용한다.

A점에 대한 모멘트 평형: 모멘트는 힘에 회전 중심에서 힘의 작용선까지의 수직거리를 곱한 값이다. **A를 기준으로 잡으면 A의 반력은 모멘트가 0**이므로 계산에서 제외된다. 반시계방향을 양으로 잡으면 왼쪽의 하중 2P와 B의 상향 반력 4P는 양의 모멘트를, A 오른쪽의 하향 하중 3P와 P는 음의 모멘트를 만든다. 양쪽 회전방향의 모멘트 크기가 같아야 하므로 $2P \cdot L + 4P \cdot 2L = 3P \cdot x + P \cdot 3L$이다.

x 계산: 모멘트 평형식을 정리하면 $10PL = 3Px + 3PL$, 따라서 $3Px = 7PL$이다. 양변을 3P로 나누면 $x = \frac{7L}{3}$이며, 이는 ④의 값과 일치한다. A에서 B까지가 2L이므로 구한 하중 3P의 위치는 B에서 오른쪽으로 $\frac{L}{3}$ 떨어진 곳이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 등분포하중이 작용하는 단순보의 최대휨인장응력(σ_{max})과 최대전단응력(τ_{max})의 비($\sigma_{max} : \tau_{max}$)는? (단, 보의 자중은 무시한다)



① 5 : 1

② 10 : 1

③ 15 : 1

④ 20 : 1

정답 4번

간단한 해설

전 경간에 등분포하중을 받는 직사각형 단면 단순보에서는 최대휨인장응력과 최대전단응력의 비가 **경간을 단면 높이로 나눈 값**과 같다. 이 값은 $\frac{8}{0.4} = 20$이므로 응력비는 20 : 1이다.

NoteBase

계산 과정

조건: 그림에서 경간 L = 8 m, 등분포하중 w = 2 kN/m이며, 직사각형 단면의 폭 b = 0.2 m, 높이 h = 0.4 m이다. 보의 자중은 무시한다. 구하려는 것은 보 전체에서 각각 구한 최대휨인장응력과 최대전단응력의 비이다.

최대휨모멘트와 최대전단력: 전체 하중은 $2 \times 8 = 16$ kN이고, 하중과 지점 배치가 대칭이므로 A와 B의 수직반력은 각각 8 kN이다. 전단력은 지점 바로 안쪽에서 절댓값이 가장 크므로 $V_{\max} = 8\text{kN}$이다. 휨모멘트는 전단력이 0이 되는 중앙에서 최대이며, $M_{\max} = \frac{wL^2}{8}$이다. 수치를 대입하면 $M_{\max} = \frac{2 \cdot 8^2}{8} = 16\text{kN} \cdot \text{m}$이다.

최대휨인장응력: 직사각형 단면의 단면계수는 $Z = \frac{bh^2}{6}$이므로 $\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{Z}$이다. 아래로 휘는 보의 **중앙 단면 최하단**에서 최대 인장응력이 생긴다. 따라서 $\sigma_{\max} = \frac{6 \cdot 16}{0.2 \cdot 0.4^2} = 3000\text{kN/m}^2$, 즉 3 MPa이다.

최대전단응력: 직사각형 단면의 전단응력은 중립축에서 최대이고, 그 값은 평균전단응력의 1.5배이다. 단면적은 $A = 0.2 \times 0.4 = 0.08\ \text{m}^2$이므로 $\tau_{\max} = \frac{3V_{\max}}{2A}$를 적용한다. 따라서 $\tau_{\max} = \frac{3 \cdot 8}{2 \cdot 0.08} = 150\text{kN/m}^2$, 즉 0.15 MPa이다. 이 최대값은 **지점 바로 안쪽 단면의 중립축**에서 생기므로 최대휨인장응력과 발생 위치가 다르다.

응력비: 두 응력의 단위를 MPa로 맞추면 $\frac{\sigma_{\max}}{\tau_{\max}} = \frac{3}{0.15} = 20$이다. 따라서 최대휨인장응력 : 최대전단응력 = 20 : 1이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 재료의 일반적 성질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 균질재료는 재료 내 모든 점 및 모든 방향에서 탄성 성질이 같다.

② 재료의 포아송비는 선형탄성 영역에서만 일정한 값을 유지한다.

③ 응력-변형률 곡선에서 응력이 최대치에 도달할 때의 응력을 극한응력이라고 한다.

④ 재료에 탄성한도 이상으로 하중을 가한 후 하중을 완전히 제거해도 남아 있는 변형을 잔류변형 또는 영구변형이라 한다.

정답 1번

간단한 해설

균질성은 **위치에 따른 성질의 동일성**이고, 등방성은 **방향에 따른 성질의 동일성**이다. 모든 점과 모든 방향에서 탄성 성질이 같으려면 균질성과 등방성을 모두 갖추어야 한다.

선지별 해설

① X: 균질재료는 재료 내부의 어느 점에서나 같은 방향으로 측정한 탄성 성질이 같은 재료이다. 한 점에서 측정 방향을 바꾸어도 탄성 성질이 같은 것은 **등방성**이다. 따라서 선지의 설명은 단순한 균질재료가 아니라 균질하고 등방성인 재료에 해당한다. 균질하더라도 방향에 따라 탄성 성질이 다를 수 있다.

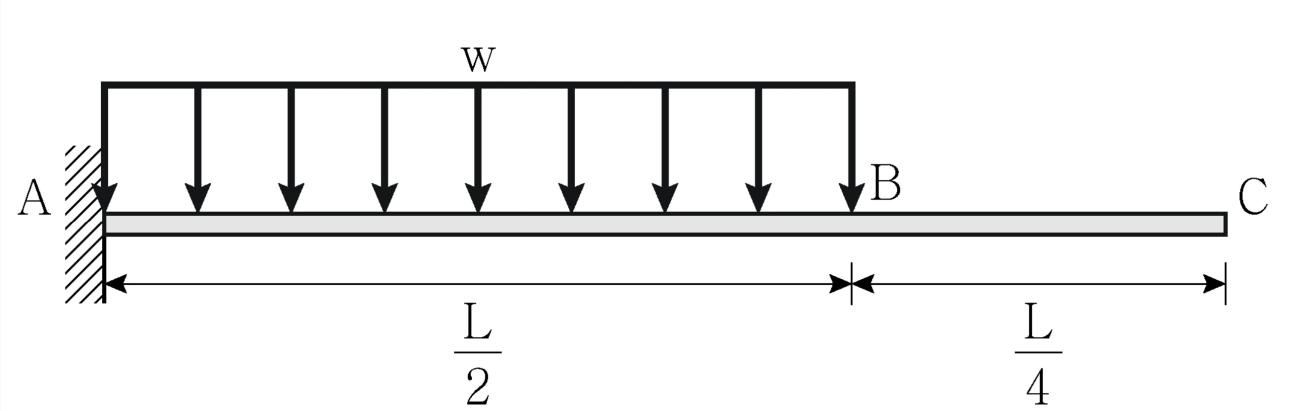
② O: 포아송비는 단축하중을 받을 때 횡변형률을 종변형률로 나눈 값에 음의 부호를 붙인 값이다. 선형탄성 영역에서는 두 변형률이 비례하므로 **그 비가 일정한 재료상수**로 취급된다. 큰 변형이나 소성변형이 생기는 영역까지 같은 상수값을 그대로 적용할 수는 없다.

③ O: 극한응력은 일반적인 인장시험의 응력-변형률 곡선에서 나타나는 **최대 공칭응력**이다. 공칭응력은 하중을 시험편의 원래 단면적으로 나눈 값이므로, 최대하중에 대응하는 응력이 극한응력이다. 연성재료에서는 최대하중 이후 단면이 국부적으로 가늘어지는 네킹이 진행될 수 있어, 극한응력과 파단 순간의 공칭응력을 구별한다.

④ O: 탄성한도를 넘으면 하중을 제거해도 회복되지 않는 소성변형이 생긴다. 하중을 완전히 제거할 때 탄성변형은 회복되지만 **소성변형은 남는다**. 이렇게 남은 변형을 잔류변형 또는 영구변형이라고 한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 등분포하중이 작용하는 캔틸레버보에서 C점의 처짐은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{5wL^4}{384EI}$
② $\frac{7wL^4}{384EI}$
③ $\frac{5wL^4}{24EI}$
④ $\frac{7wL^4}{24EI}$

정답 1번

간단한 해설

하중이 없는 BC 구간은 **B점의 기울기를 유지한 직선**으로 변형된다. 따라서 C점의 처짐은 B점의 처짐에 회전으로 생기는 추가 처짐을 더한 값이며, 아래쪽으로 $\frac{5wL^4}{384EI}$이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 A는 고정단이고, 등분포하중의 강도를 w라 하면 하중은 AB 구간에만 작용한다. $a = AB = \frac{L}{2}$, $b = BC = \frac{L}{4}$로 두고, 아래쪽 처짐과 그에 따른 시계방향 회전의 크기를 계산한다.

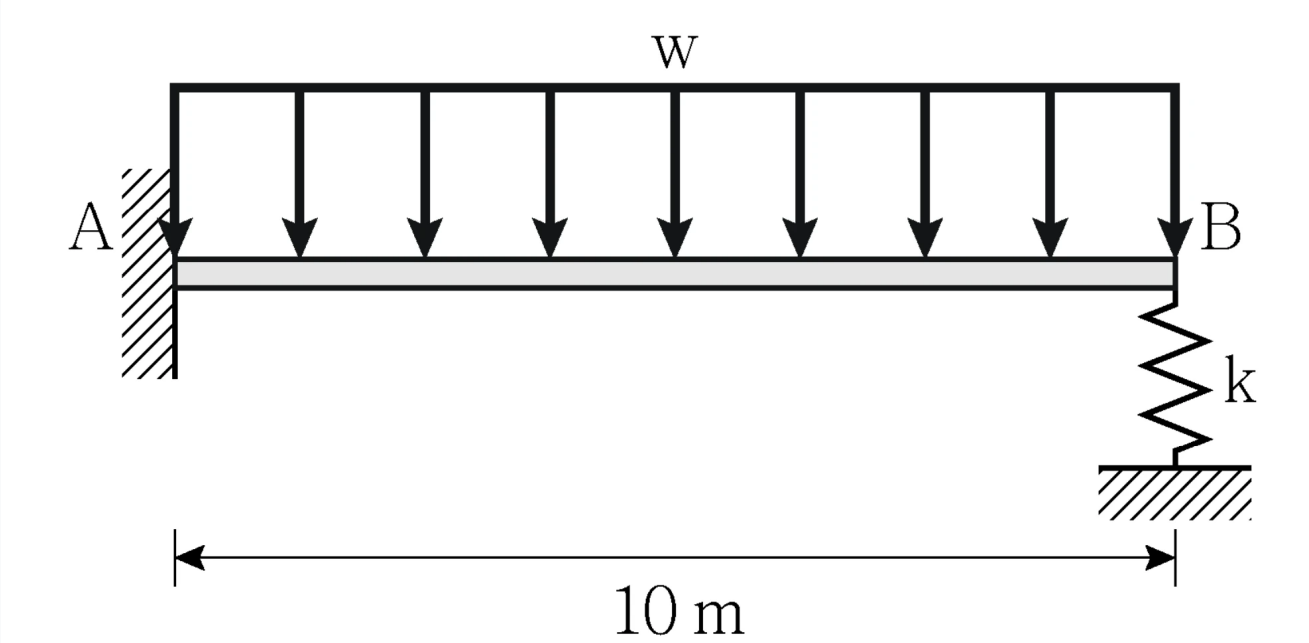
B점의 처짐: BC에는 하중이 없어 AB에 전달하는 전단력과 휨모멘트가 없다. 따라서 AB는 **길이 a 전체에 등분포하중이 작용하는 캔틸레버보**로 계산한다. 휨강성 EI가 일정할 때 자유단 처짐 공식은 $\delta_B = \frac{wa^4}{8EI}$이므로, $\delta_B = \frac{wL^4}{128EI}$이다.

B점의 회전에 의한 추가 처짐: 같은 캔틸레버보의 자유단 기울기는 $\theta_B = \frac{wa^3}{6EI} = \frac{wL^3}{48EI}$이다. BC는 휨모멘트가 0이므로 곡률도 0이며, **B점의 접선 방향으로 곧게 이어진다**. 작은 처짐을 다루는 보 이론에서 회전에 의한 추가 처짐은 $\theta_B b = \frac{wL^4}{192EI}$이다.

C점의 처짐: B점 자체의 하강량과 BC 구간의 회전에 의한 하강량을 더하면 $\delta_C = \delta_B + \theta_B b$이다. 따라서 $\delta_C = \frac{5wL^4}{384EI}$이며 방향은 아래쪽이다. 이 값은 ①의 식과 일치하며, 처짐의 단위는 길이이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 등분포하중이 작용하는 구조물에서 지점 B의 처짐[mm]은? (단, 보의 휨강성 $EI = 1.0 \times 10^5 \text{MN} \cdot \text{m}^2$, $w = 0.8\text{MN/m}$, 스프링 상수 $k = 300\text{MN/m}$이고, 구조물의 자중은 무시한다.)



① 1

② 5

③ 10

④ 50

정답 2번

간단한 해설

B점에서는 **보의 처짐과 스프링의 압축량이 같다**. 등분포하중에 의한 아래 방향 처짐에서 스프링 반력에 의한 위 방향 처짐을 빼면, B점의 실제 처짐은 아래 방향으로 5 mm이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 부호: 그림의 보는 A점이 고정되고 B점이 스프링으로 지지되어 있으며, 길이 L = 10 m 전체에 w = 0.8 MN/m의 등분포하중이 작용한다. 휨강성은 $EI = 1.0 \times 10^5 \text{MN} \cdot \text{m}^2$, 스프링 상수는 k = 300 MN/m이다. 자중은 무시하고, B점의 아래 방향 처짐을 δ, 스프링이 보에 가하는 위 방향 반력을 R로 둔다. 선형탄성 휨변형을 계산하므로 하중별 처짐을 중첩할 수 있다.

등분포하중에 의한 처짐: 스프링을 제거한 외팔보에 등분포하중만 작용시키면 자유단 B의 아래 방향 처짐은 $\delta_w = \frac{wL^4}{8EI}$이다. 주어진 값을 대입하면 $\delta_w = \frac{0.8 \cdot 10^4}{8 \cdot 10^5} = 0.01\text{m}$이다. 이 10 mm는 **스프링이 없을 때의 처짐**이다.

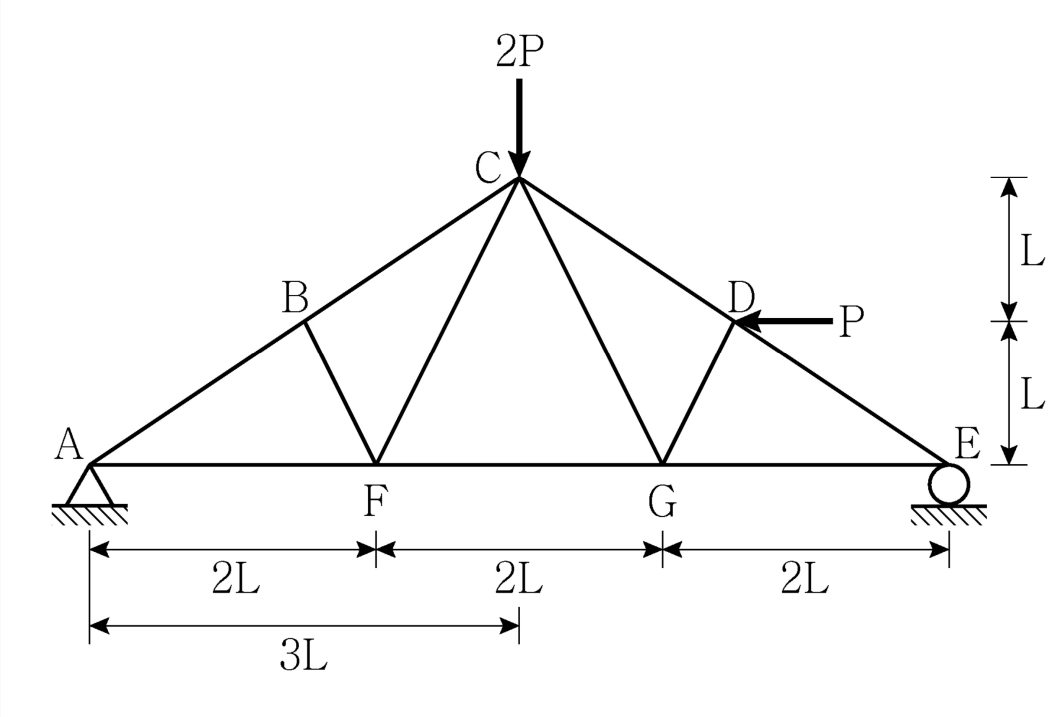
스프링 반력에 의한 처짐: 외팔보 끝에 위 방향 집중력 R이 작용하면 B점의 위 방향 처짐 크기는 $\delta_R = \frac{RL^3}{3EI}$이다. 여기서 $\frac{L^3}{3EI} = \frac{10^3}{3 \cdot 10^5} = \frac{1}{300}\text{m/MN}$은 B점에 단위 집중력을 가할 때 생기는 처짐을 뜻한다.

변위 적합조건: **스프링 압축량은 B점의 실제 처짐과 같으므로** $R = k\delta$이다. 반력은 등분포하중과 반대 방향의 처짐을 만들므로 $\delta = \delta_w - \frac{k\delta L^3}{3EI}$가 성립한다. 이를 정리하면 $\delta = \frac{\delta_w}{1 + kL^3/(3EI)}$이다. 이 문제에서 $\frac{kL^3}{3EI} = \frac{300 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^5} = 1$이므로 $\delta = \frac{0.01}{1+1} = 0.005\text{m}$이다.

단위 변환과 선지 연결: 0.005 m = 5 mm이므로 B점은 아래 방향으로 5 mm 처진다. 이는 ②의 5 mm에 해당한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 트러스의 C점에 수직하중 2P, D점에 수평하중 P가 작용할 때, 부재 FG의 부재력의 크기는? (단, 부재의 자중은 무시한다)



① $\frac{P}{4}$
② $\frac{3P}{4}$
③ $\frac{5P}{4}$
④ $\frac{7P}{4}$

정답 2번

간단한 해설

C점을 지나는 BC·CF의 부재력은 C점에 대한 모멘트식에서 소거된다. **A점 수평반력이 만드는 모멘트까지** 포함하면 FG의 부재력은 $\frac{3P}{4}$의 인장력이다.

NoteBase

계산 과정

1. 형상과 반력 설정: A는 힌지지점, E는 롤러지점이므로 A의 수평·수직반력을 각각 A_x, A_y, E의 수직반력을 E_y로 둔다. 오른쪽과 위쪽을 양의 방향으로 정한다. 그림에서 AE의 길이는 6L, C의 수평 위치는 A에서 3L이고 높이는 2L이다. D의 높이는 L이다.

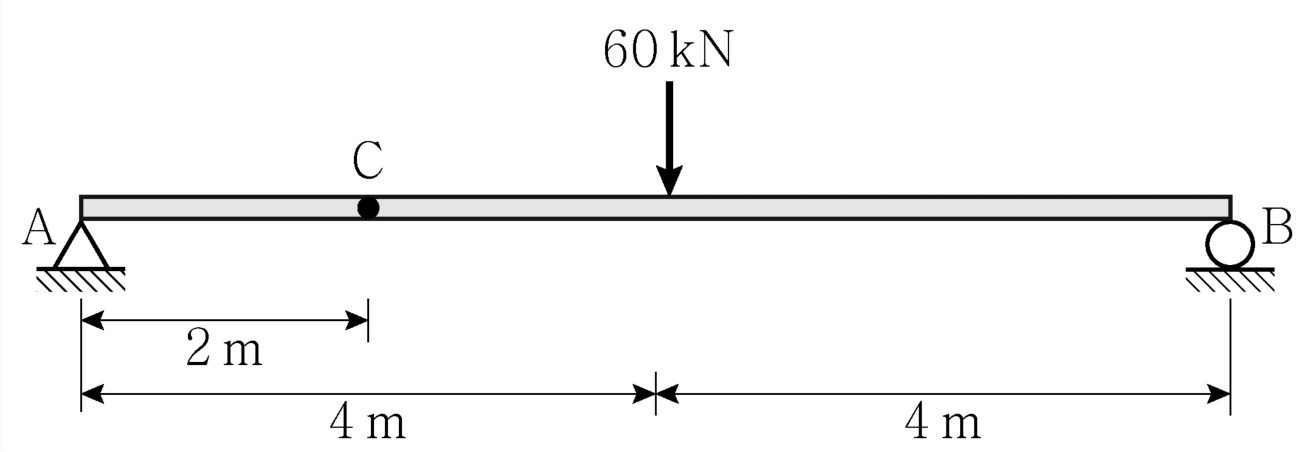
2. 전체 트러스의 평형: 수평하중 P가 왼쪽으로 작용하므로 수평반력은 $A_x = P$이다. A점에 대해 반시계방향 모멘트를 양으로 잡으면 $6LE_y - 2P \cdot 3L + P \cdot L = 0$이다. D의 수평하중은 **높이 L에서 반시계방향 모멘트**를 만든다. 따라서 $E_y = \frac{5P}{6}$이고, 수직력 평형에서 $A_y = 2P - \frac{5P}{6} = \frac{7P}{6}$이다.

3. 절단면의 모멘트 평형: BC·CF·FG를 가로질러 절단하여 A·B·F가 포함된 왼쪽 부분을 취한다. FG의 부재력 N_{FG}는 인장으로 가정하여 절단면에서 오른쪽으로 작용하게 둔다. BC와 CF의 작용선은 모두 C를 지나므로 **C점에 대한 모멘트가 0**이다. C에서 A까지의 수평거리는 3L, 수직거리는 2L이며, 수평부재 FG의 작용선까지 거리도 2L이다. 따라서 $-3LA_y + 2LA_x + 2LN_{FG} = 0$이다.

4. 부재력 계산: 반력을 대입하면 $2LN_{FG} = 3L \cdot \frac{7P}{6} - 2L \cdot P = \frac{3PL}{2}$이다. 따라서 $N_{FG} = \frac{3P}{4} > 0$이므로 가정한 인장방향과 일치한다. 부재력의 크기는 $\frac{3P}{4}$이며 ②에 해당한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 단순보의 중앙에 60 kN의 집중하중이 작용할 때, 지점 A로부터 2 m 떨어진 점 C에서의 처짐[m]은? (단, 보의 휨강성 EI[kN · m^2]는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{440}{EI}$

② $\frac{220}{EI}$

③ $\frac{110}{EI}$

④ $\frac{55}{EI}$

정답 1번

간단한 해설

중앙 집중하중을 받는 단순보에서 C점의 처짐은 **중앙의 최대 처짐이 아니라 A에서 2 m인 위치의 처짐**이다. 경간 8 m와 해당 위치를 처짐식에 대입하면 아래 방향으로 $\frac{440}{EI}$m이다.

NoteBase

계산 과정

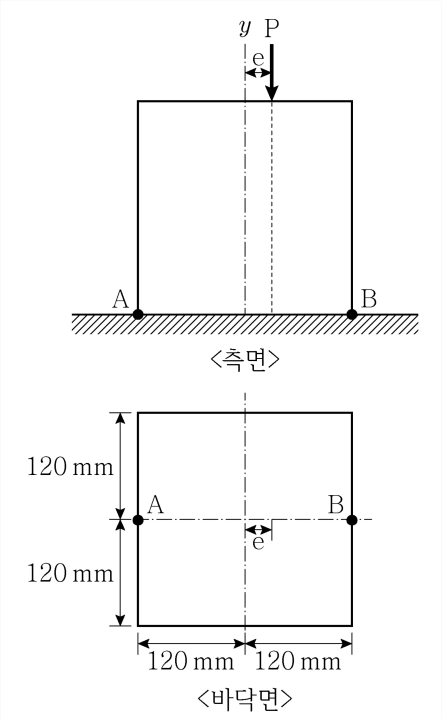
① 조건과 지점반력: 그림에서 경간은 L = 4 + 4 = 8 m이고, 하중 P = 60 kN은 중앙에 작용한다. 구하려는 C점은 A에서 x = 2 m인 왼쪽 절반 구간에 있다. 자중을 무시하고 하중과 지지조건이 좌우 대칭이므로 양쪽 지점반력은 각각 30 kN이다.

② 처짐식: A에서 오른쪽으로 잰 거리를 x라 하면, 왼쪽 절반 구간의 휨모멘트는 $M(x) = \frac{P}{2}x$이다. 휨강성 EI가 일정하므로 모멘트와 곡률의 관계를 적분하되, **A의 처짐은 0이고 대칭인 중앙의 기울기는 0**이라는 조건을 적용한다. 아래 방향 처짐을 양으로 나타내면 $\delta(x) = \frac{Px}{48EI}(3L^2 - 4x^2)$이며, 적용 범위는 $0 \le x \le \frac{L}{2}$이다. C점은 이 범위에 있으므로 이 식을 사용할 수 있다.

③ C점의 처짐: L = 8 m, x = 2 m이므로 $3L^2 - 4x^2 = 3 \cdot 8^2 - 4 \cdot 2^2 = 176\,\mathrm{m}^2$이다. 이는 중앙이 아닌 C점의 위치를 반영한 값이다. 따라서 $\delta_C = \frac{60 \cdot 2 \cdot 176}{48EI} = \frac{440}{EI}\,\mathrm{m}$이다. 하중을 kN, 길이를 m, EI를 $\mathrm{kN \cdot m^2}$ 단위로 사용했으므로 처짐 단위는 m이며, 방향은 아래쪽이다. 이 값은 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 편심하중 P가 작용하는 짧은 기둥에서 바닥면의 A점과 B점에 발생하는 압축응력의 비($\sigma_A : \sigma_B$)가 1:3이 되는 편심거리 e[mm]는? (단, 기둥의 좌굴 및 자중은 무시한다)



① 20

② 30

③ 40

④ 60

정답 1번

간단한 해설

편심하중은 B점의 압축응력을 높이고 A점의 압축응력을 낮춘다. 두 응력의 비가 1:3이 되려면 **휨에 의한 응력 증감량이 균일 압축응력의 절반**이어야 하며, 한 변이 240 mm인 정사각형 단면에서는 e = 20 mm이다.

NoteBase

계산 과정

단면 치수: 바닥면 그림에서 중심부터 각 가장자리까지가 120 mm이므로 정사각형 단면의 한 변 b는 240 mm이다. 단면적을 A_c, 도심을 지나 AB에 수직인 축에 대한 단면2차모멘트를 I, 도심에서 A점 또는 B점까지의 거리를 c라 하면, $A_c = b^2$, $I = \frac{b^4}{12}$, $c = \frac{b}{2}$이다.

응력의 합성: 좌굴과 자중을 무시하므로 편심하중 P를 도심에 작용하는 축력 P와 휨모멘트 $M = Pe$로 나누어 계산한다. 축력에 의한 균일 압축응력은 $\sigma_0 = \frac{P}{A_c}$, 가장자리에서 휨에 의한 응력의 크기는 $\sigma_f = \frac{Pec}{I}$이다. 압축을 양으로 두면, 하중이 치우친 **B점에서는 두 응력이 더해지고 A점에서는 빼진다**. 따라서 $\sigma_A = \sigma_0 - \sigma_f$, $\sigma_B = \sigma_0 + \sigma_f$이다.

응력비 적용: 휨응력과 균일 압축응력의 비를 $r = \frac{\sigma_f}{\sigma_0}$라 두면 $r = \frac{A_c ec}{I} = \frac{6e}{b}$이다. 주어진 압축응력비를 적용하면 $\frac{1-r}{1+r} = \frac{1}{3}$이고, $3(1-r) = 1+r$에서 $r = \frac{1}{2}$을 얻는다. 이는 휨에 의한 증감량이 균일 압축응력의 절반이어서 A점에는 그 절반, B점에는 그 1.5배의 압축응력이 생긴다는 뜻이다.

편심거리 계산: $\frac{6e}{240} = \frac{1}{2}$이므로 $e = \frac{240}{12} = 20\text{mm}$이다. 따라서 구하는 편심거리는 20 mm로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 직교좌표계 x, y, z축 방향으로 각각 150 MPa, 200 MPa, 250 MPa의 압축응력을 받고 있는 선형 탄성체의 체적변형률의 크기는? (단, 변형은 미소변형이고 재료는 균질의 등방성이며, 탄성계수 $E = 2.0 \times 10^5$ MPa, 포아송비 $\nu = 0.25$이다)

① 0.0015

② 0.0020

③ 0.0025

④ 0.0030

정답 1번

간단한 해설

미소변형에서 체적변형률은 **세 방향 수직변형률의 합**이다. 포아송 효과를 반영하면 $\varepsilon_v = \frac{1-2\nu}{E}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$ 이므로, 체적변형률의 크기는 **0.0015**이다.

계산 과정

응력의 부호: 인장을 양(+)으로 정하면 압축응력은 음(-)이다. 따라서 $\sigma_x = -150$ MPa, $\sigma_y = -200$ MPa, $\sigma_z = -250$ MPa이고, 세 수직응력의 합은 -600 MPa이다. 탄성계수는 $E = 2.0 \times 10^5$ MPa이므로 응력과 같은 단위를 그대로 사용한다.

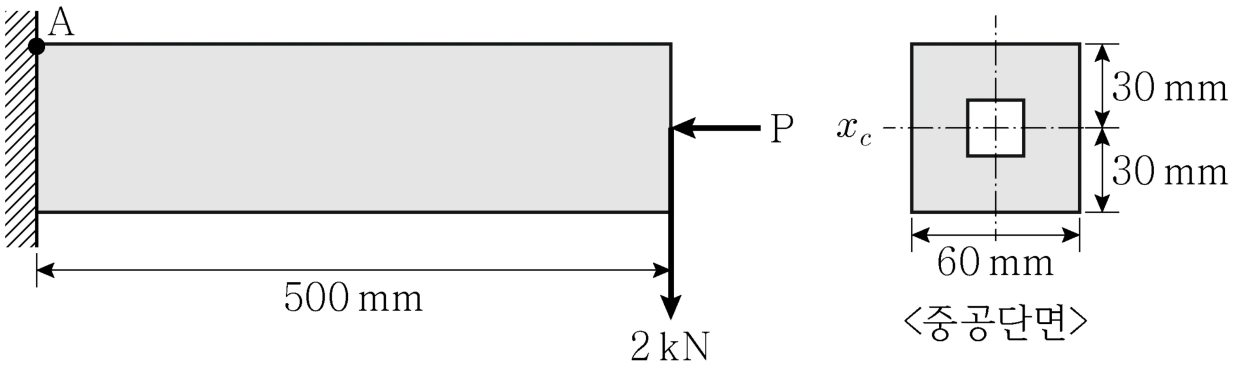
체적변형률의 관계식: 체적변형률은 원래 체적에 대한 체적 변화량의 비이다. **미소변형**에서는 변형률끼리의 곱을 무시하므로 $\varepsilon_v = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$이다. 균질·등방성 선형 탄성체에서 한 방향의 응력은 그 방향에 σ/E, 다른 두 방향에 각각 $-\nu\sigma/E$의 변형률을 만든다. 세 방향의 기여를 모두 더하면 $\varepsilon_v = \frac{1-2\nu}{E}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$이 된다.

수치 대입: 포아송비가 0.25이므로 $1 - 2\nu = 0.5$이다. 따라서 $\varepsilon_v = \frac{0.5 \times (-600)}{2.0 \times 10^5} = -0.0015$이다. 음의 부호는 **체적이 감소함**을 뜻하며, 체적변형률은 단위가 없는 양이다.

요구한 값은 체적변형률의 크기이므로 0.0015이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 캔틸레버보의 정사각형 중공단면 도심에 축방향 하중 P, 연직하중 2 kN이 작용할 때, A점에서의 압축응력이 0이 되기 위한 하중 P[kN]는? (단, 단면적 A = 3,200 mm^2, 단면2차모멘트 $I_{x_c} = 1.0 \times 10^6$ mm^{4}으로 가정하고, 보의 자중은 무시한다)



① 32

② 96

③ 160

④ 320

정답 2번

간단한 해설

A점에서는 연직하중에 의한 **휨 인장응력**과 축하중에 의한 **균일한 압축응력**이 서로 상쇄되어야 한다. 휨 인장응력이 30 MPa이므로 이를 상쇄하는 축하중은 96 kN이다.

NoteBase

계산 과정

고정단의 휨모멘트: 보의 길이는 500 mm이고 자유단의 연직하중은 2 kN = 2,000 N이다. 자중을 무시하므로 고정단 휨모멘트의 크기는 M = 2,000 × 500 = 1,000,000 N·mm이다. 이 하중은 고정단 상연의 A점에 **인장응력**을 발생시킨다.

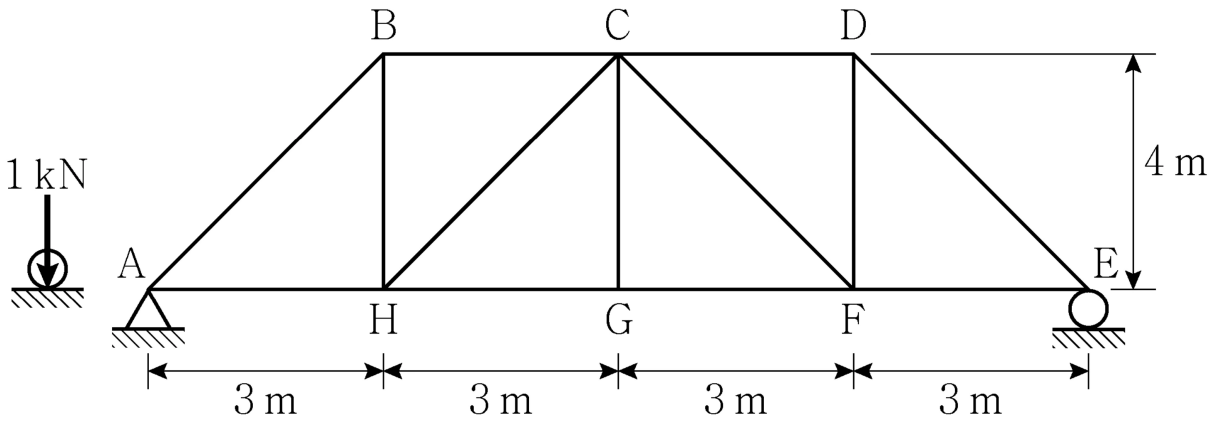
A점의 휨응력: 그림에서 도심축과 A점 사이의 거리 c는 30 mm이다. 휨응력은 도심축에서 멀수록 커지며, 그 크기는 $\sigma_b = \frac{Mc}{I_{x_c}}$이다. 주어진 단면2차모멘트를 적용하면 $\sigma_b = \frac{1{,}000{,}000 \cdot 30}{1.0 \times 10^6} = 30\ \text{N/mm}^2$이다. 즉, A점에 생기는 휨 인장응력은 30 MPa이다.

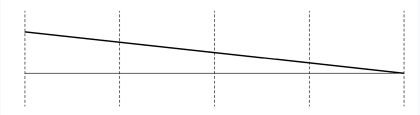
축하중과 응력의 합성: P는 **단면 도심을 지나는 압축하중**이므로 편심에 의한 휨모멘트 없이 단면 전체에 균일한 압축응력 $\frac{P}{A}$를 만든다. 인장을 양으로 두면 A점의 합성 수직응력은 $\sigma_A = \sigma_b - \frac{P}{A}$이다. 이 응력이 0이 되려면 $\frac{P}{A} = \sigma_b$가 성립해야 한다.

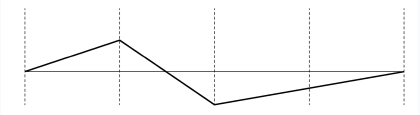
필요한 하중: $P = A\sigma_b$에 단면적 3,200 mm^2와 휨응력 30 N/mm^2를 대입하면 3,200 × 30 = 96,000 N이다. 따라서 P = 96 kN이며, ②의 96에 해당한다.

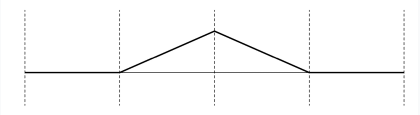
NoteBase

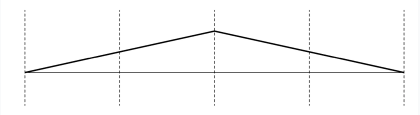
문 16. 그림과 같은 트러스 구조물의 하부 절점 A-H-G-F-E를 따라 단위 하중(1 kN)이 이동할 때, 부재 CG의 부재력에 대한 정성적인 영향선으로 옳은 것은?



① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

간단한 해설

G에서 만나는 HG·GF는 수평이므로 G에 작용하는 수직하중은 **CG의 인장력**으로 지지한다. 하중이 G에 있을 때 CG의 부재력은 1 kN이고 다른 하부 절점에 있을 때는 0이므로, 영향선은 **H–G–F에서만 솟는 삼각형**이 된다.

NoteBase

도식 해설

절점 G에는 수평 부재 HG·GF와 수직 부재 CG가 연결되어 있다. HG·GF의 부재력은 수직성분이 없으므로, **G의 수직방향 평형**만으로 CG의 부재력을 판단할 수 있다. 인장력을 양(+)으로 잡으면 CG는 G를 위로 당긴다.

하중이 G에 있을 때: 아래로 작용하는 1 kN과 평형을 이루려면 CG가 G를 위로 1 kN 당겨야 한다. 따라서 CG에는 **1 kN의 인장력**이 생기며, 영향선의 G 위치는 양의 값이다.

하중이 A·H·F·E에 있을 때: 절점 G에는 외부 수직하중이 없다. G에서 유일하게 수직성분을 갖는 CG의 힘도 0이어야 수직방향 평형이 성립한다. 따라서 이 네 절점에서 CG의 부재력은 모두 0이다.

영향선의 형태: 인접 절점 사이의 하중은 양 끝 절점에 거리비로 분배하여 취급하므로, 절점에서 구한 부재력 값을 직선으로 연결한다. A–H와 F–E에서는 0을 유지하고, H–G에서는 0에서 양의 최댓값으로 증가하며, G–F에서는 다시 0으로 감소한다. 이처럼 **H와 F를 밑변의 양 끝으로 하고 G를 꼭짓점으로 하는 삼각형**이 ③의 도형이다.
①은 A에서 0이 아니고, ②는 음의 구간이 있으며, ④는 H·F에서 0이 아니므로 이 절점 평형 결과와 맞지 않는다.

NoteBase

문 17. 양단이 힌지로 지지된 길이가 9 m인 원형단면의 기둥이 300 kN의 축하중을 받을 때, 좌굴에 대한 안전율 2.0을 만족하기 위한 원형단면의 최소지름[mm]은? (단, 재료의 탄성계수 $E = 72.0$ GPa, 원주율 $\pi = 3.0$으로 가정하고, 기둥의 자중은 무시한다)

① 80

② 120

③ 160

④ 200

정답 4번

간단한 해설

좌굴에 대한 안전율은 좌굴하중을 작용하중으로 나눈 값이므로, **좌굴하중이 600 kN 이상**이어야 한다. 양단 힌지 기둥의 Euler 좌굴식에 원형단면의 단면2차모멘트를 적용하면 최소지름은 200 mm이다.

계산 과정

1. 필요한 좌굴하중: 작용 축하중을 P, 좌굴이 시작되는 임계하중을 P_{cr}라 하면 안전율은 $n = \frac{P_{cr}}{P}$이다. 따라서 안전율 2.0을 만족하려면 $P_{cr} \geq 2.0P$이어야 하므로, **필요한 최소 좌굴하중**은 $2.0 \times 300 = 600$ kN이다. 기둥의 자중은 조건에 따라 고려하지 않는다.

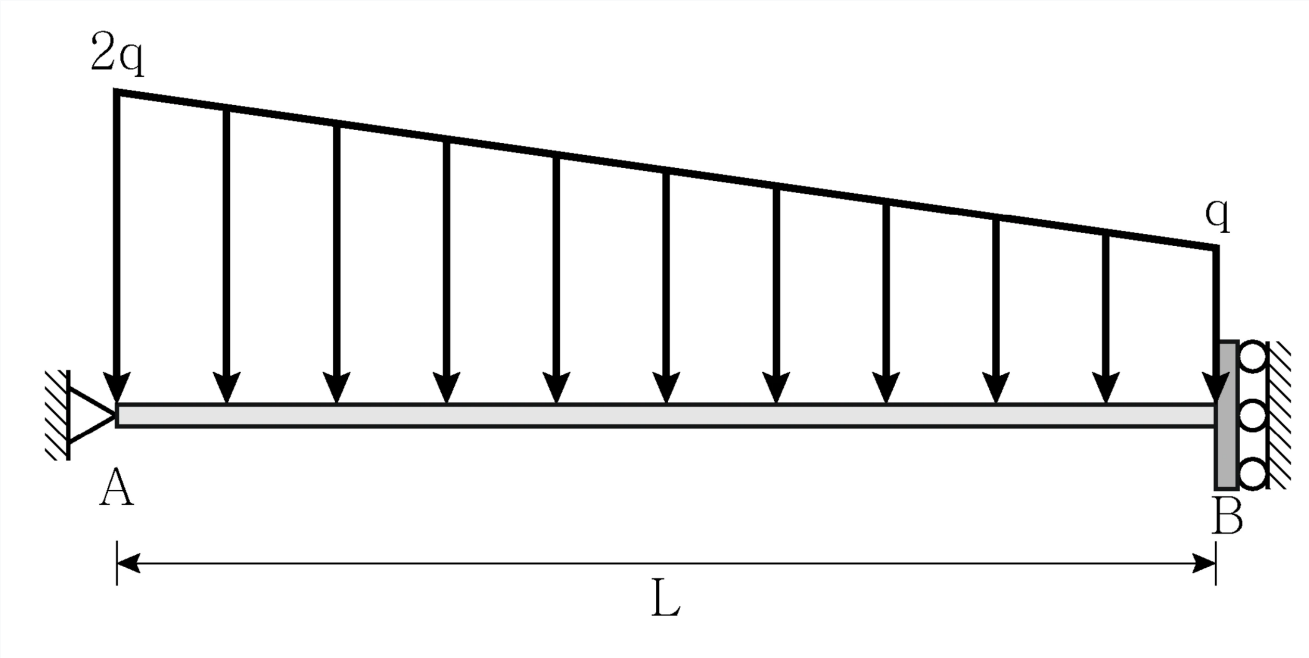
2. 좌굴식과 단위: 양단이 힌지로 지지된 기둥은 **유효좌굴길이가 실제 길이와 같다**. 탄성좌굴을 다루는 Euler 식은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$이며, I는 좌굴에 저항하는 단면2차모멘트이다. N과 mm 단위로 통일하면 L = 9,000 mm, E = 72,000 N/mm^2, 필요한 좌굴하중은 600,000 N이다.

3. 필요한 단면2차모멘트: 최소지름에서는 좌굴하중이 600,000 N과 같아진다. 따라서 $I_{\min} = \frac{600{,}000 \cdot 9{,}000^2}{3.0^2 \cdot 72{,}000}$이고, 계산하면 $I_{\min} = 75{,}000{,}000\ \text{mm}^4$이다. 이는 주어진 길이와 탄성계수에서 필요한 최소 휨 저항의 단면 지표이다.

4. 최소지름: 지름 d인 원형단면은 $I = \frac{\pi d^4}{64}$이므로, $d^4_{\min} = \frac{64 I_{\min}}{\pi}$이다. 위 값과 원주율 3.0을 대입하면 $d^4_{\min} = 1.6 \cdot 10^9\ \text{mm}^4$이므로 최소지름은 200 mm이다. 지름이 이보다 작으면 단면2차모멘트와 좌굴하중이 작아져 필요한 안전율에 미달한다. 계산 결과는 ④의 200 mm에 해당한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 분포하중이 작용하는 보의 지점 A는 힌지이고 지점 B는 모멘트 반력이 있는 롤러일 때, 지점 B에 발생하는 휨모멘트의 크기는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{qL^2}{6}$
② $\frac{qL^2}{3}$
③ $\frac{qL^2}{2}$
④ $\frac{2qL^2}{3}$

정답 4번

간단한 해설

B는 수직 벽을 따라 이동할 수 있어 **수직반력이 없으므로**, A점에 대한 분포하중의 모멘트를 B의 모멘트 반력이 상쇄한다. 하중을 직사각형과 삼각형으로 나누어 계산하면 B의 휨모멘트 크기는 $\frac{2qL^2}{3}$이다.

NoteBase

계산 과정

지지조건: A는 힌지이므로 모멘트 반력이 없다. B는 그림의 수직 벽을 따라 이동하는 롤러이므로 **수직반력은 없고 수평반력과 모멘트 반력이 생길 수 있다**. A점에 대해 모멘트를 취하면 A의 반력은 작용점이 A이므로, B의 수평반력은 작용선이 A를 지나므로 모멘트에 기여하지 않는다.

등분포하중 성분: A에서 2q, B에서 q인 사다리꼴 하중을 전 구간에 작용하는 강도 q의 등분포하중과, A에서 q이고 B에서 0인 삼각형 하중으로 나눈다. 등분포하중의 합력은 하중도 면적과 같은 qL이고, 작용점은 A에서 $\frac{L}{2}$ 떨어진 보의 중앙이다. A에 대한 시계방향 모멘트는 $qL \cdot \frac{L}{2} = \frac{qL^2}{2}$이다.

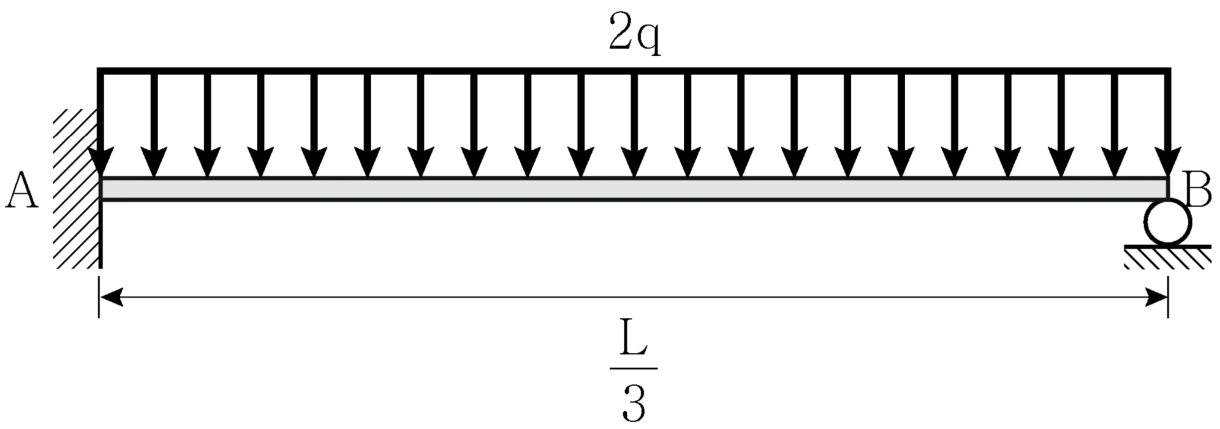
삼각형 하중 성분: 합력은 $\frac{qL}{2}$이고, 작용점은 **하중이 큰 A쪽에서 전체 길이의 1/3인 위치**이다. 따라서 A에 대한 시계방향 모멘트는 $\frac{qL}{2} \cdot \frac{L}{3} = \frac{qL^2}{6}$이다.

모멘트 평형: B의 반시계방향 모멘트 반력을 M_B라 하면, A점에 대한 평형식은 $M_B - \frac{qL^2}{2} - \frac{qL^2}{6} = 0$이다. 따라서 $M_B = \frac{2qL^2}{3}$이며, 보의 B단 휨모멘트도 이와 같은 크기이다. q가 힘/길이, L이 길이의 단위이므로 결과의 단위는 힘×길이이다.

구한 휨모멘트의 크기 $\frac{2qL^2}{3}$은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 등분포하중이 작용하는 부정정보에서 지점 B의 반력은? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



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

정답 3번

간단한 해설

B에서는 **수직처짐이 0**이어야 하므로, 등분포하중에 의한 처짐과 B의 반력에 의한 반대 방향 처짐이 상쇄된다. 반력은 전체 하중의 3/8이며, 하중강도가 2q이고 보의 길이가 $L/3$이므로 $R_B = qL/4$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 조건 설정: A는 고정단, B는 이동지점이다. 실제 보의 길이를 $\ell = L/3$, 등분포하중의 강도를 w = 2q로 놓는다. B의 위쪽 반력을 R_B라 하고, B의 지지를 제거한 외팔보에 하중과 반력을 각각 작용시켜 처짐을 구한다. 원래 보에서는 **B의 수직처짐이 0**이어야 한다.

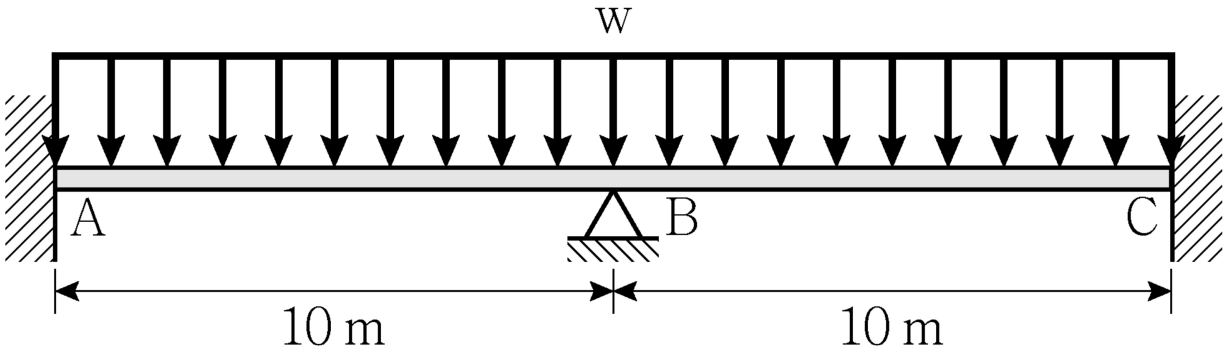
2. 등분포하중에 의한 처짐: 휨강성 EI가 일정한 외팔보 전체에 등분포하중 w가 작용하면 자유단 B의 아래쪽 처짐은 $\delta_w = \frac{w\ell^4}{8EI}$이다. 이는 B의 지지가 없을 때 하중만으로 발생하는 처짐이다.

3. 반력에 의한 처짐: 같은 외팔보의 자유단에 위쪽 힘 R_B가 작용하면 B의 위쪽 처짐은 $\delta_R = \frac{R_B\ell^3}{3EI}$이다. 하중에 의한 처짐과 **방향이 반대**이므로 두 처짐의 크기가 같아야 원래 지점 조건을 만족한다.

4. 변형 적합조건과 반력: $\delta_w = \delta_R$를 적용하면 $\frac{w\ell^4}{8EI} = \frac{R_B\ell^3}{3EI}$이고, 이를 풀면 $R_B = \frac{3w\ell}{8}$이다. 즉, B의 반력은 전체 등분포하중 $w\ell$의 3/8이다. 여기에 w = 2q와 $\ell = L/3$을 대입하면 $w\ell = \frac{2qL}{3}$이므로 $R_B = \frac{3}{8}\cdot\frac{2qL}{3} = \frac{qL}{4}$이다. 반력은 위쪽으로 작용하며 ③의 값과 일치한다. q는 힘/길이, L은 길이이므로 qL은 힘의 단위를 갖는다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 부정정보에 등분포하중이 작용할 때, 최대 정모멘트 100 kN · m가 발생하였다. 지점 B가 제거되었을 때, 부재 내에 발생하는 최대 정모멘트[kN · m]는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하며, 보의 자중은 무시한다)



① 100

② 200

③ 400

④ 800

정답 3번

간단한 해설

B 제거 전에는 대칭성 때문에 각 10 m 구간이 양단고정보와 같은 거동을 한다. B를 제거하면 양단고정보의 경간이 20 m로 늘어나며, 최대 정모멘트는 **경간의 제곱에 비례**하므로 4배인 400 kN·m가 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 지점 조건: A와 C는 고정단이고, B는 보의 중앙을 받치는 지점이다. 보와 하중이 좌우 대칭이므로 중앙 B의 회전각은 0이고, 지점이므로 처짐도 0이다. 따라서 B 제거 전에는 AB와 BC의 각 10 m 구간이 **양 끝의 처짐과 회전각이 모두 0**인 양단고정보와 같은 거동을 한다. B에서 보가 끊어진 힌지는 아니므로 B의 휨모멘트를 0으로 두지 않는다.

2. 최대 정모멘트의 관계식: 등분포하중의 세기를 w, 양단고정보의 경간을 l이라 하자. 휨강성 EI가 일정할 때 양단의 휨모멘트는 $M_A = M_B = -\frac{wl^2}{12}$이고, 수직반력은 각각 $\frac{wl}{2}$이다. 왼쪽 끝에서 거리 x인 단면의 모멘트는 $M(x) = -\frac{wl^2}{12} + \frac{wlx}{2} - \frac{wx^2}{2}$이다. 전단력이 0이 되는 경간 중앙 $x = \frac{l}{2}$에서 정모멘트가 최대가 되므로 $M^{+}_{\max} = \frac{wl^2}{24}$이다. 양 끝에서는 부모멘트가 발생하므로, 여기서 구하는 값은 그 절댓값이 아니라 **경간 중앙의 정모멘트**이다.

3. B 제거 전: 각 경간은 10 m이고 최대 정모멘트는 100 kN·m이다. 따라서 $\frac{w(10\text{m})^2}{24} = 100\text{kN}\cdot\text{m}$이다. 이 식은 주어진 최대 정모멘트와 하중 세기의 관계를 나타낸다.

4. B 제거 후: A와 C의 고정 조건은 유지되고, 보 전체가 경간 20 m인 양단고정보가 된다. **하중 세기는 같고 경간만 2배**가 되므로 최대 정모멘트의 비는 M_제거 후^+=≤ft((20)/(10))^2=4이다. 따라서 최대 정모멘트는 $100 \times 4 = 400$ kN·m이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase