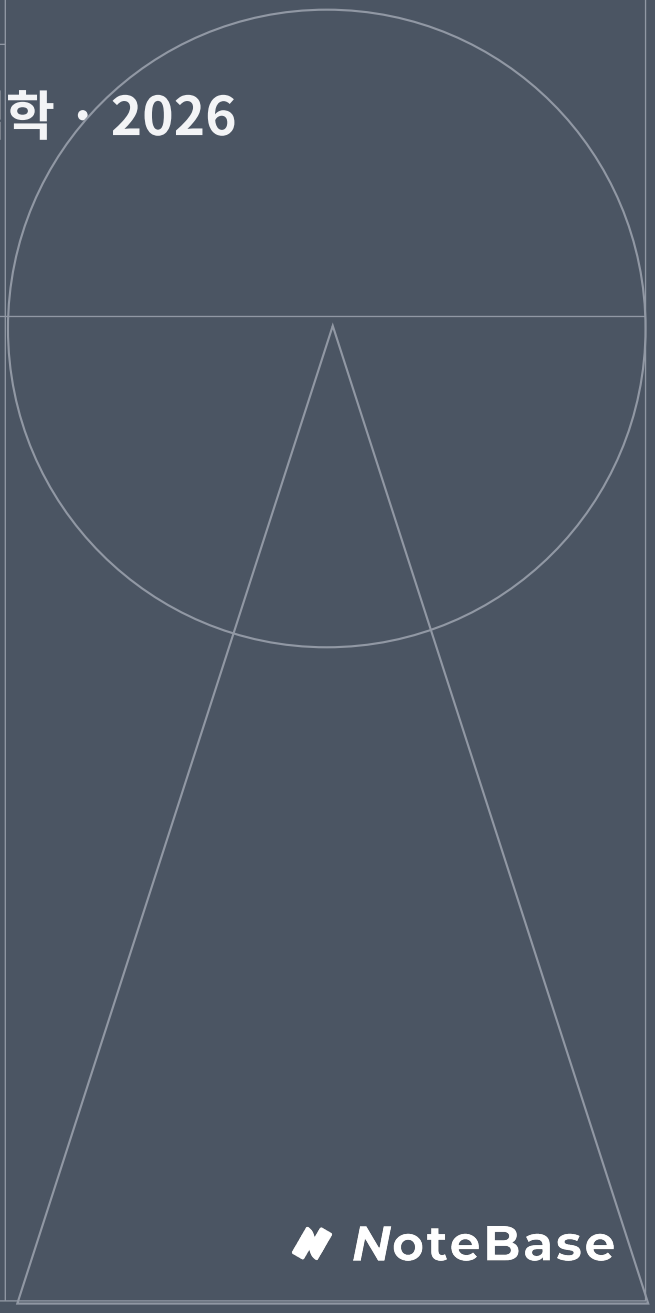
기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 응용역학 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 응용역학 · 2026

공무원/군무원/9급 · 응용역학 · 2026

1. 단위의 차원이 서로 같은 단면특성 값끼리 묶은 것으로 가장 적절한 것은?
① 단면1차모멘트, 단면회전반경
② 단면2차모멘트, 단면상승모멘트
③ 단면2차극모멘트, 단면계수
④ 단면계수, 단면상승모멘트

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단면특성의 정의식에서 길이의 지수를 구하여 서로 차원이 같은 두 양을 찾는 문제이다.

조건 정리

면적의 차원은 L^2, 길이의 차원은 L이다. 따라서 적분식에서 길이 인자가 몇 번 곱해지는지를 세면 각 단면특성의 차원을 구할 수 있다.

사용할 공식

단면1차모멘트: $Q = \int_A y\,dA$, 따라서 $[Q] = L^3$
단면2차모멘트: $I = \int_A y^2\,dA$, 따라서 $[I] = L^4$
단면상승모멘트: $I_{xy} = \int_A xy\,dA$, 따라서 $[I_{xy}] = L^4$
단면2차극모멘트: $J = \int_A r^2\,dA$, 따라서 $[J] = L^4$
단면회전반경: $k = \sqrt{I/A}$, 따라서 $[k] = L$
단면계수: $Z = I/c$, 따라서 $[Z] = L^3$
이 정의식을 사용하면 도형의 구체적인 크기와 관계없이 각 단면특성의 차원을 직접 비교할 수 있다.

계산 과정

1. 단면2차모멘트는 y^2와 면적을 곱해 적분하므로 $L^2 \cdot L^2 = L^4$이다.
2. 단면상승모멘트는 xy와 면적을 곱해 적분하므로 $L \cdot L \cdot L^2 = L^4$이다.
3. 두 양의 차원이 모두 L^4이므로 같은 차원으로 묶인 선지는 ②이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 단면1차모멘트는 L^3, 단면회전반경은 L이므로 차원이 다르다. 틀린 짝이며, 올바르게는 단면1차모멘트와 단면계수가 모두 L^3이다.
② O — 단면2차모멘트와 단면상승모멘트는 모두 길이 좌표가 두 번 곱해진 면적적분이므로 차원이 L^4로 같다.
③ X — 단면2차극모멘트는 L^4, 단면계수는 L^3이므로 차원이 다르다. 틀린 짝이며, 올바르게는 단면2차극모멘트와 단면2차모멘트가 모두 L^4이다.
④ X — 단면계수는 L^3, 단면상승모멘트는 L^4이므로 차원이 다르다. 틀린 짝이며, 올바르게는 단면계수와 단면1차모멘트가 모두 L^3이다.
따라서 정답은 2번이다.

오답 포인트

‘모멘트’라는 공통 명칭만 보고 같은 차원으로 판단하면 안 된다. 특히 단면1차모멘트는 L^3, 단면2차모멘트·단면상승모멘트·단면2차극모멘트는 L^4이고, 단면계수는 단면2차모멘트를 길이로 나누므로 다시 L^3이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

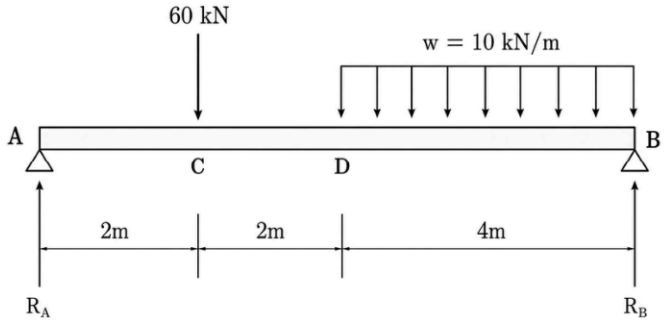
각 양을 정의식으로 바꾼 뒤 면적 L^2에 곱해지는 길이 인자의 개수를 센다. 나눗셈이나 제곱근이 있는 단면계수와 단면회전반경은 정의식 전체의 길이 지수를 계산하여 비교한다.

암기 포인트

회전반경 L, 단면1차모멘트·단면계수 L^3, 단면2차모멘트·상승모멘트·극모멘트 L^4이다.

NoteBase

2. 그림과 같은 단순보에 하중이 작용하였을 때 단면 D에서 발생하는 휨모멘트 M_D의 값은?



① $80\ kN{\cdot}m$
② $90\ kN{\cdot}m$
③ $100\ kN{\cdot}m$
④ $120\ kN{\cdot}m$

정답 3번

출제 포인트

단순보 전체에 대한 평형조건으로 지점반력을 구한 뒤, D단면 한쪽 부분의 모멘트 평형을 이용해 휨모멘트 M_D를 구하는 문제이다.

조건 정리

보의 전체 길이는 $8m$이다. 집중하중 $60kN$은 A에서 $2m$ 떨어진 C에 작용한다. 등분포하중 $w = 10kN/m$은 D부터 B까지 $4m$ 구간에 작용하므로, 그 합력은 $W = wL = 10 \times 4 = 40kN$이고 작용점은 등분포 구간의 중앙인 A에서 $6m$ 지점이다. 구해야 할 값은 A에서 $4m$ 떨어진 D단면의 휨모멘트 M_D이다.

사용할 공식

전체 보의 평형조건은 $\sum F_y = 0$, $\sum M = 0$이다. D단면의 휨모멘트는 절단면 한쪽에 있는 외력들의 D점에 대한 모멘트 합으로 구한다. 단순보가 정지해 있으므로 먼저 전체 보의 평형조건으로 지점반력을 결정하고, 이후 절단법을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. A점에 대한 모멘트 평형으로 B의 반력을 구한다.
$R_B \times 8 - 60 \times 2 - 40 \times 6 = 0$
따라서 $R_B = 45kN$이다.

2. 연직력 평형으로 A의 반력을 구한다.
$R_A + R_B - 60 - 40 = 0$
$R_A = 100 - 45 = 55kN$

3. D단면의 왼쪽 부분을 절단해 D점에 대한 모멘트를 계산한다.
$M_D = R_A \times 4 - 60 \times (4 - 2)$
$M_D = 55 \times 4 - 60 \times 2 = 220 - 120 = 100kN \cdot m$
따라서 D단면의 휨모멘트 값은 $100kN \cdot m$이다.

선지 판단

① X — $80kN \cdot m$는 계산 결과 $100kN \cdot m$와 일치하지 않는다. 틀린 값 $80kN \cdot m$는 올바르게는 $100kN \cdot m$이다.
② X — $90kN \cdot m$는 D단면 왼쪽의 반력과 집중하중이 만드는 모멘트의 차와 일치하지 않는다. 틀린 값 $90kN \cdot m$는 올바르게는 $100kN \cdot m$이다.
③ O — $M_D = 55 \times 4 - 60 \times 2 = 100kN \cdot m$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — $120kN \cdot m$는 계산 결과보다 $20kN \cdot m$ 크다. 틀린 값 $120kN \cdot m$는 올바르게는 $100kN \cdot m$이다.

오답 포인트

D부터 B까지의 등분포하중을 합력 $40kN$으로 바꿀 때 작용점을 구간 중앙인 A에서 $6m$ 지점에 두어야 한다. 또한 D단면을 절단한 뒤 왼쪽 부분을 사용하면 D 오른쪽의 등분포하중과 B의 반력을 다시 포함하지 않는다. 반력 계산과 절단면 계산에서 하중을 중복 반영하는 것이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

등분포하중을 먼저 합력과 작용점으로 치환하고, 전체 보의 $\sum M = 0$과 $\sum F_y = 0$으로 지점반력을 구한다. 그다음 목표 단면을 절단해 하중이 더 적은 한쪽만 선택하고, 그쪽 외력의 단면에 대한 모멘트 합으로 휨모멘트를 계산한다.

암기 포인트

등분포하중의 합력은 '하중강도×길이', 작용점은 분포구간의 중앙이다. 단면 휨모멘트는 '절단면 한쪽 외력의 모멘트 합'이다.

NoteBase

3. 트러스 해석을 위한 가정 중 가장 적절하지 않은 것은?
① 모든 부재는 마찰이 없는 힌지로 연결되어 있다.
② 작용하중에 의한 트러스의 변형은 무시한다.
③ 부재력 중 휨모멘트는 주로 사재가 담당한다.
④ 트러스에 작용하는 모든 외력은 절점에만 작용한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상 트러스 해석의 기본 가정과 트러스 부재가 전달하는 내력의 종류를 묻는다.

핵심 개념

이상 트러스는 직선 부재의 양 끝을 마찰이 없는 힌지로 연결하고, 외력이 절점에만 작용하며, 하중으로 인한 형상 변화를 무시하는 구조 모델이다. 이 가정 아래 각 부재는 두 힘 부재가 되어 부재 축 방향의 인장력 또는 압축력만 전달하고 휨모멘트와 전단력은 부담하지 않는다.

선지별 해설

① O — 각 부재의 양 끝이 마찰이 없는 힌지로 연결된다고 가정하므로 절점에서 모멘트가 전달되지 않는다.

② O — 하중에 따른 변형이 작아 트러스의 기하학적 형상이 변하지 않는다고 가정하고 평형조건을 적용한다.

③ X — 틀린 표현은 '휨모멘트는 주로 사재가 담당한다'이다. 이상 트러스의 모든 부재는 사재를 포함하여 축방향 인장력 또는 압축력만 부담하며, 휨모멘트는 부담하지 않는다고 보아야 한다.

④ O — 이상 트러스에서는 집중하중과 지점반력 등 모든 외력이 절점에 작용한다고 가정하므로 부재 중간에 횡하중이 직접 작용하지 않는다.

오답 포인트

③은 사재가 구조의 전단에 저항하는 역할을 한다는 설명과 사재 자체가 휨모멘트를 부담한다는 설명을 섞은 함정이다. 트러스 전체가 휨을 받는 것처럼 보여도 이상화된 개별 부재의 내력은 축력이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

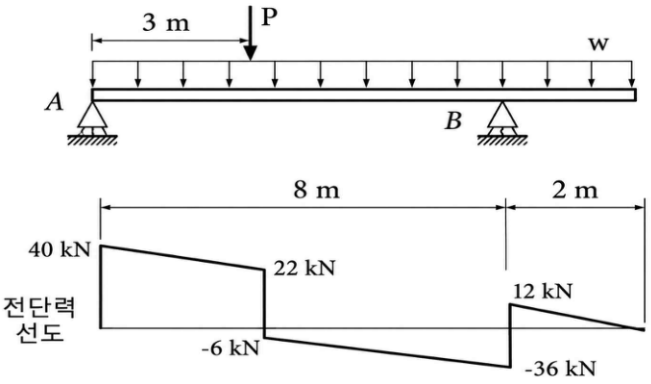
트러스 가정에서는 ‘힌지 절점, 절점 하중, 작은 변형, 부재의 축력만’을 기준으로 판단한다. 선지에 부재의 휨모멘트나 전단력 부담, 부재 중간의 직접 하중이 제시되면 이상 트러스 가정에 어긋난다.

암기 포인트

트러스 부재는 축력만, 외력은 절점에만 작용한다.

NoteBase

4. 그림과 같이 보에 등분포하중 ω와 집중하중 P가 작용하고 있다. 전단력선도가 아래의 그림과 같을 때 등분포하중 $\omega\,[kN/m]$의 값은?



① 5 ② 6
③ 7 ④ 8

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 등분포하중이 작용하는 구간에서 전단력선도의 기울기가 $-w$가 된다는 관계를 이용하여 등분포하중 w를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 지점 A 직후의 전단력은 $40kN$, 집중하중 P 직전의 전단력은 $22kN$, 두 위치 사이의 거리는 $3m$이다.
구해야 할 값: 등분포하중 $w[kN/m]$이다.
주의할 조건: 집중하중은 전단력선도를 수직으로 변화시키지만, 등분포하중은 전단력선도를 일정한 기울기의 직선으로 변화시킨다. 따라서 P에 의한 수직 낙하 전의 두 전단력값을 사용한다.

사용할 공식

등분포하중이 작용하는 길이 L에서 전단력 변화량은
$\Delta V = -wL$
이므로 그 크기에 대해서는
$w = \frac{|\Delta V|}{L}$
이다. 등분포하중 구간에서는 단위길이당 하중이 전단력선도의 기울기를 결정하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. A 직후부터 P 직전까지 전단력은 $40kN$에서 $22kN$으로 감소한다.
2. 전단력 감소량의 크기는 $40 - 22 = 18kN$이고, 구간 길이는 $3m$이다.
3. 따라서
$w = \frac{18kN}{3m} = 6kN/m$
이다.
4. 검산하면, P 직후 전단력 $-6kN$에서 지점 B 직전 전단력 $-36kN$까지의 거리는 $8 - 3 = 5m$이므로 $(36 - 6)/5 = 6kN/m$로 같은 값이 나온다.

선지 판단

① X — $w = 5kN/m$이면 $3m$ 구간의 전단력 감소량은 $15kN$이어서 P 직전 전단력이 $25kN$이 된다. 선도의 $22kN$과 다르므로 틀리며, 올바른 값은 $6kN/m$이다.
② O — $w = 6kN/m$이면 전단력은 $3m$ 동안 $18kN$ 감소하여 $40 - 18 = 22kN$이 되므로 선도와 일치한다.
③ X — $w = 7kN/m$이면 전단력 감소량은 $21kN$이어서 P 직전 전단력이 $19kN$이 된다. 선도와 다르므로 틀리며, 올바른 값은 $6kN/m$이다.
④ X — $w = 8kN/m$이면 전단력 감소량은 $24kN$이어서 P 직전 전단력이 $16kN$이 된다. 선도와 다르므로 틀리며, 올바른 값은 $6kN/m$이다.
계산 결과 $w = 6kN/m$이므로 정답은 ②이다.

오답 포인트

집중하중 P가 작용하는 위치의 전단력 수직 낙하량까지 등분포하중에 의한 변화로 포함하면 안 된다. w는 전단력선도의 경사진 직선 구간에서 전단력 차를 수평거리로 나누어 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

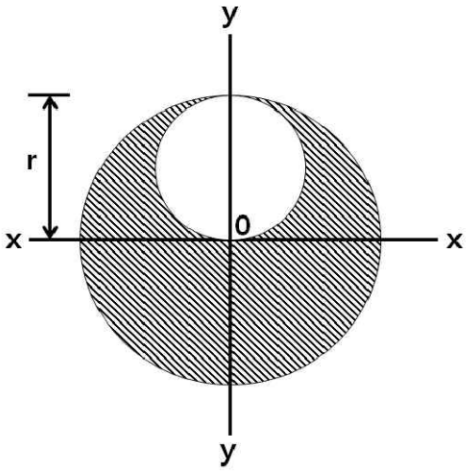
전단력선도의 직선 구간에서 양 끝 전단력의 차이와 구간 길이를 확인한 뒤 $w = |\Delta V|/L$을 적용한다. 수직 점프는 집중하중이나 지점반력에 의한 변화이므로 등분포하중 계산에서 제외한다.

암기 포인트

전단력선도의 기울기는 하중강도의 음수이다: $dV/dx = -w$. 따라서 경사진 선의 세로 변화량을 가로 길이로 나누면 w의 크기가 된다.

NoteBase

5. 빗금친 도형의 x축에 대한 단면2차모멘트의 값은?



① $\frac{11}{64}\times\pi r^4$

② $\frac{9}{64}\times\pi r^4$

③ $\frac{9}{16}\times\pi r^4$

④ $\frac{5}{72}\times\pi r^4$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 원형 단면에서 원공을 뺀 합성단면의 x축에 대한 단면2차모멘트를 평행축정리로 구하는 문제이다.

조건 정리

바깥 원은 중심이 O이고 반지름이 r이다. 안쪽 원공은 x축과 바깥 원의 위쪽 끝에 각각 접하므로 지름이 r, 반지름이 $a = r/2$이다. 원공 중심에서 x축까지의 거리는 $d = r/2$이다. 빗금 친 단면의 단면2차모멘트는 바깥 원의 값에서 원공의 값을 빼서 구한다.

사용할 공식

원의 중심축에 대한 단면2차모멘트는 $I_c = \frac{\pi R^4}{4}$이다. 중심축과 평행하고 중심에서 d만큼 떨어진 축에 대해서는 평행축정리 $I = I_c + Ad^2$를 적용한다. 원공의 중심은 x축 위에 있지 않으므로 원공의 x축에 대한 값을 구할 때 평행축정리가 필요하다.

NoteBase

계산 과정

1. 바깥 원의 x축에 대한 단면2차모멘트는
I_외원=(π r^4)/(4)=(16)/(64)π r^4
이다.
2. 원공의 반지름은 $a = r/2$, 넓이는 $A = \pi a^2$, 이격거리는 $d = r/2$이므로
I_원공=(π a^4)/(4)+Aa^2=(π(r/2)^4)/(4)+π(r/2)^2(r/2)^2=(5)/(64)π r^4
이다. 여기서 $d = a = r/2$이므로 $Ad^2 = Aa^2$로 나타냈다.
3. 따라서 빗금 친 단면은
I_x=I_외원-I_원공=≤ft((16)/(64)-(5)/(64))π r^4=(11)/(64)π r^4
이다.

선지 판단

① O — 계산 결과가 $\frac{11}{64}\pi r^4$이므로 옳다.
② X — 계수 $\frac{9}{64}$는 계산 결과 $\frac{11}{64}$와 다르다. 원공의 단면2차모멘트는 평행축정리를 포함하여 $\frac{5}{64}\pi r^4$만큼 공제해야 하며, 올바르게는 $\frac{11}{64}\pi r^4$이다.
③ X — $\frac{9}{16}\pi r^4$은 구멍을 뚫기 전 바깥 원의 값 $\frac{1}{4}\pi r^4$보다도 크므로 원공을 제거한 단면의 값이 될 수 없다. 올바르게는 $\frac{11}{64}\pi r^4$이다.
④ X — 계수 $\frac{5}{72}$는 외원의 값에서 평행축정리로 구한 원공의 값을 뺀 결과가 아니다. 올바르게는 $\frac{11}{64}\pi r^4$이다.

오답 포인트

원공의 자체 중심축에 대한 값 $\frac{\pi a^4}{4}$만 빼고 Ad^2를 누락하기 쉽다. 이 원공의 중심은 x축에서 $r/2$만큼 떨어져 있으므로 평행축정리 항까지 포함한 뒤 바깥 원에서 공제해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

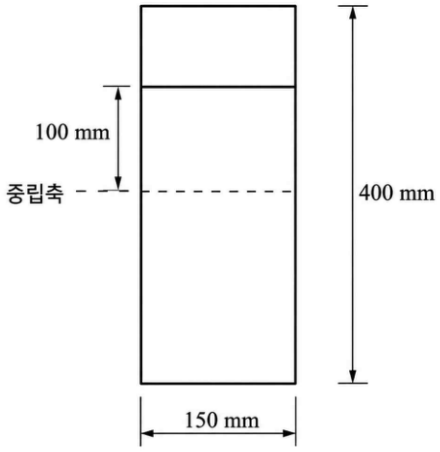
합성단면에서는 먼저 각 도형의 반지름과 기준축까지의 이격거리를 정리하고, 중심이 기준축에서 벗어난 부분에 평행축정리를 적용한 뒤 실체는 더하고 구멍은 뺀다. 마지막에는 구멍을 제거한 결과가 원래 단면의 값보다 작은지 검산한다.

암기 포인트

합성단면의 단면2차모멘트는 '실체는 더하고, 구멍은 빼며, 축이 어긋나면 Ad^2를 더한다'로 정리한다.

NoteBase

6. 그림과 같이 밑변과 높이가 각각 $150\,mm$, $400\,mm$ 인 직사각형 단면보에 하중이 작용하여 $800\,kN$의 전단력이 발생하였다면, 중립축에서 $100\,mm$ 만큼 떨어진 위치에서의 전단응력 [MPa]의 값은?



① 8 ② 10
③ 12 ④ 15

정답 4번

출제 포인트

직사각형 단면에서 중립축으로부터 떨어진 위치의 전단응력을 전단응력 분포식으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 폭 $b = 150mm$, 높이 $h = 400mm$, 전단력 $V = 800kN = 800{,}000N$이다.
구해야 할 값: 중립축에서 $y = 100mm$ 떨어진 위치의 전단응력 τ이다.
주의할 조건: y는 단면의 위·아래 끝이 아니라 중립축에서 잰 거리이며, 단면 끝까지의 거리는 $c = h/2 = 200mm$이다.

사용할 공식

직사각형 단면의 전단응력 분포식은
$\tau(y) = \frac{3V}{2A}\left(1 - \frac{y^2}{c^2}\right)$
이고, 단면적은 $A = bh$, 단면 높이의 절반은 $c = h/2$이다. 직사각형 단면의 전단응력은 중립축에서 최대이고 위·아래 가장자리에서 0이 되는 포물선 분포이므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면적과 단면 높이의 절반을 구한다.

$A = 150 \times 400 = 60{,}000mm^2, \qquad c = \frac{400}{2} = 200mm$

2. 주어진 위치 $y = 100mm$를 전단응력 분포식에 대입한다.

$\tau = \frac{3(800{,}000)}{2(60{,}000)}\left(1 - \frac{100^2}{200^2}\right)$

3. 비율과 단위를 정리한다.

$\tau = 20(1 - 0.25) = 15N/mm^2 = 15MPa$

선지 판단

① X — $8MPa$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $8MPa$는 $15MPa$로 고쳐야 한다.

② X — $10MPa$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $10MPa$는 $15MPa$로 고쳐야 한다.

③ X — $12MPa$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $12MPa$는 $15MPa$로 고쳐야 한다.

④ O — 전단응력 분포식으로 계산한 값이 $15MPa$이므로 옳다.

계산 결과가 $15MPa$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

그림의 $100mm$를 단면 가장자리에서 잰 거리로 오해하거나, 평균 전단응력 V/A를 그대로 답으로 선택하면 안 된다. 이 값은 중립축에서 잰 $y = 100mm$이며, 직사각형 단면에서는 위치에 따른 포물선 분포 계수 $\frac{3}{2}[1 - (y/c)^2]$를 적용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

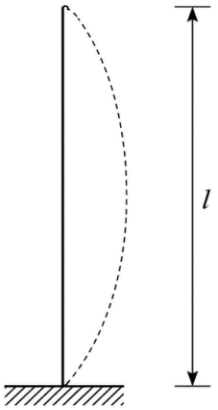
직사각형 단면의 위치별 전단응력은 먼저 $A = bh$와 $c = h/2$를 구하고, 위치가 중립축 기준인지 확인한 뒤 $\tau(y) = \frac{3V}{2A}[1 - (y/c)^2]$에 대입하여 판단한다. 마지막에는 $1N/mm^2 = 1MPa$로 단위를 검산한다.

암기 포인트

직사각형 단면의 전단응력은 중립축에서 $\tau_{max} = 3V/(2A)$, 가장자리에서 0인 포물선 분포이다.

NoteBase

7. 그림과 같은 단면2차모멘트가 I이고 길이가 l인 균일한 단면의 기둥이 있다. 오일러(Euler)하중의 값은? (단, 이 기둥의 탄성계수는 E이다)



① $P_{cr} = \dfrac{\pi^2 EI}{4l^2}$ ② $P_{cr} = \dfrac{4\pi^2 EI}{3l^2}$

③ $P_{cr} = \dfrac{\pi^2 EI}{7l^2}$ ④ $P_{cr} = \dfrac{\pi^2 EI}{l^2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 하단 고정·상단 자유인 외팔기둥의 유효길이를 판단하고 오일러 좌굴하중을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 단면2차모멘트 I, 탄성계수 E, 실제 길이 l인 균일 단면 기둥이다.
구해야 할 값: 오일러 임계좌굴하중 P_{cr}이다.
주의할 조건: 그림의 기둥은 하단 고정·상단 자유인 외팔기둥이므로 유효길이계수는 $K = 2$, 유효길이는 $L_e = Kl = 2l$이다.

NoteBase

사용할 공식

오일러 좌굴하중은

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2} = \frac{\pi^2 EI}{(Kl)^2}$$

이다. 이 공식은 길고 곧은 탄성기둥이 중심축 압축을 받아 탄성좌굴하는 임계하중을 구할 때 사용한다. 이 문제에서는 지지조건의 영향을 유효길이 L_e에 반영해야 한다.

계산 과정

1. 고정-자유 기둥의 유효길이계수는 $K = 2$이다.
2. 따라서 유효길이는 $L_e = Kl = 2l$이다.
3. 이를 오일러 공식에 대입하면

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(2l)^2} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$$

가 된다.

선지 판단

① O — $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$로 계산 결과와 일치한다.

② X — $P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{3l^2}$는 유효길이 $2l$를 적용한 결과가 아니다. 틀린 식 $\frac{4\pi^2 EI}{3l^2}$은 올바르게는 $\frac{\pi^2 EI}{4l^2}$이다.

③ X — $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{7l^2}$는 유효길이의 제곱이 $(2l)^2 = 4l^2$이라는 조건과 맞지 않는다. 분모의 $7l^2$은 올바르게는 $4l^2$이다.

④ X — $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$는 $K = 1$로 놓은 값이며 외팔기둥의 $K = 2$를 반영하지 않았다. 틀린 식 $\frac{\pi^2 EI}{l^2}$은 올바르게는 $\frac{\pi^2 EI}{4l^2}$이다.

계산 결과 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

실제 길이 l을 오일러 공식에 바로 넣는 것이 핵심 함정이다. 외팔기둥은 유효길이가 $2l$이고, 좌굴하중의 분모에는 유효길이의 제곱이 들어가므로 $(2l)^2 = 4l^2$가 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

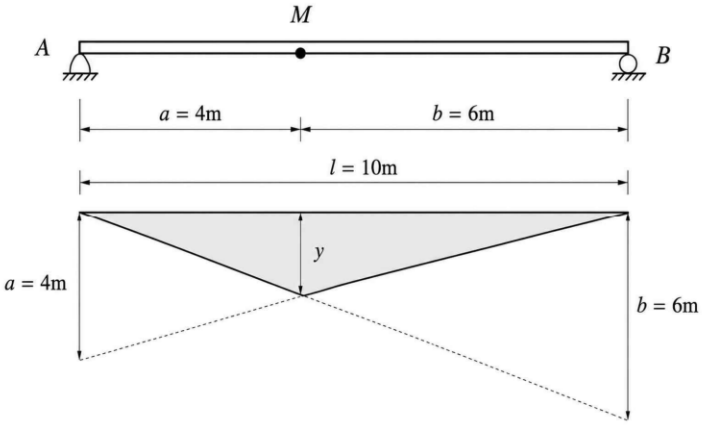
기둥의 양 끝 지지조건을 먼저 확인해 유효길이계수 K를 정하고, $L_e = Kl$을 구한 뒤 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$에 대입한다. 마지막으로 유효길이가 제곱되었는지 검산한다.

암기 포인트

고정-자유 기둥은 $K = 2$이므로 $L_e = 2l$, 따라서 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$이다.

NoteBase

8. 그림과 같은 정정보에서 M점의 휨모멘트 영향선의 최대 종거의 값은?



① 1.6 ② 2.0
③ 2.4 ④ 3.4

정답 3번

출제 포인트

단순지지보에서 특정 단면의 휨모멘트 영향선 최대 종거를 구하는 문제이다.

조건 정리

M점에서 왼쪽 지점 A까지의 거리: $a = 4m$
M점에서 오른쪽 지점 B까지의 거리: $b = 6m$
경간: $l = a + b = 10m$
구해야 할 값: M점 휨모멘트 영향선의 최대 종거 y_{max}

사용할 공식

$y_{max} = \frac{ab}{l}$
휨모멘트 영향선의 종거는 단위하중이 해당 단면 M에 놓일 때 최대가 된다. 이때 왼쪽 지점반력은 $R_A = b/l$이고, M점 모멘트는 $R_A a$이므로 위 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

단위하중을 M점에 놓으면 $R_A = b/l = 6/10$이다.
따라서
$y_{\max} = R_A a = \frac{b}{l} a = \frac{4 \times 6}{10} = 2.4m$
그러므로 최대 종거는 $2.4m$이다.

선지 판단

① X — 1.6은 $ab/l = 2.4$와 일치하지 않는다. 올바른 값은 2.4이다.
② X — 2.0은 $ab/l = 2.4$와 일치하지 않는다. 올바른 값은 2.4이다.
③ O — 2.4는 $4 \times 6/10$의 계산 결과와 일치한다.
④ X — 3.4는 $ab/l = 2.4$와 일치하지 않는다. 올바른 값은 2.4이다.

오답 포인트

영향선의 두 삼각형을 단순히 닮음비만으로 읽거나 한쪽 거리만 사용하면 오답이 된다. 최대 종거는 두 거리의 곱 ab를 전체 경간 l로 나눈 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

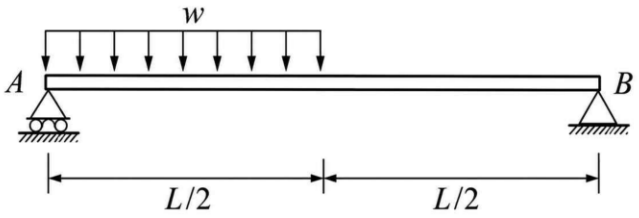
단순지지보의 특정 단면 휨모멘트 영향선 문제에서는 단위하중을 그 단면에 놓고 지점반력을 구한 뒤,
$M = R_A a = R_B b = ab/l$로 최대 종거를 계산한다.

암기 포인트

단순지지보의 단면 휨모멘트 영향선 최대 종거는 ab/l이다.

NoteBase

9. 그림과 같이 단순보에 등분포하중 ω가 작용할 때, 지점 A로부터 최대 휨모멘트가 발생하는 단면까지의 거리의 값은?



① $\frac{L}{2}$ ② $\frac{L}{4}$

③ $\frac{3L}{8}$ ④ $\frac{3L}{9}$

정답 3번

출제 포인트

단순보에서 최대 휨모멘트가 발생하는 단면은 전단력이 0이 되는 위치라는 원리를 이용해 지점 A로부터의 거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

등분포하중의 작용 구간은 A에서 $L/2$까지이고, 그 합력은 $wL/2$이다.
합력의 작용점은 하중 구간의 중앙이므로 A에서 $L/4$ 떨어진 지점이다.
구해야 할 값은 A로부터 최대 휨모멘트가 발생하는 단면까지의 거리 x이다.

사용할 공식

A점에 대한 모멘트 평형을 적용하면
$R_B L = \frac{wL}{2} \cdot \frac{L}{4}$
이므로
$R_B = \frac{wL}{8}, \qquad R_A = \frac{wL}{2} - R_B = \frac{3wL}{8}$
이다. 하중 구간 안에서 전단력은 $V(x) = R_A - wx$이고, 휨모멘트가 극값을 갖는 조건은 $V(x) = 0$이다. 이 공식은 휨모멘트의 기울기가 전단력이기 때문에 사용한다.

NoteBase

계산 과정

하중 구간 $0 \le x \le L/2$에서

$V(x) = \frac{3wL}{8} - wx$

이다. 최대 휨모멘트 위치에서는 전단력이 0이므로

$\frac{3wL}{8} - wx = 0$

이고, 이를 풀면

$x = \frac{3L}{8}$

이다. 이 값은 하중 구간 내부에 있으므로 조건에도 맞는다.

선지 판단

① X — $x = L/2$에서 전단력은 $V = -wL/8$로 0이 아니다. 틀린 값 $L/2$는 올바르게는 $3L/8$이다.

② X — $x = L/4$에서 전단력은 $V = wL/8$로 양수이므로 휨모멘트가 아직 증가한다. 틀린 값 $L/4$는 올바르게는 $3L/8$이다.

③ O — $x = 3L/8$에서 $V = 3wL/8 - w(3L/8) = 0$이므로 이 단면에서 최대 휨모멘트가 발생한다.

④ X — $3L/9 = L/3$이고, 이 지점의 전단력은 $V = wL/24$로 양수이다. 틀린 값 $3L/9$는 올바르게는 $3L/8$이다.

오답 포인트

등분포하중 합력의 작용점 $L/4$을 최대 휨모멘트 위치로 착각하면 ②를 고르게 된다. 먼저 전체 보의 평형으로 반력 R_A를 구한 뒤, 하중 구간의 전단력 $R_A - wx$를 0으로 두어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

부분 등분포하중은 합력과 도심 위치로 바꾸어 지점반력을 구하고, 하중 구간별 전단력식을 세운 다음 $V = 0$이 되는 위치가 실제 구간 안에 있는지 확인한다.

암기 포인트

단순보의 최대 휨모멘트 위치는 전단력이 부호를 바꾸며 0이 되는 단면이다.

NoteBase

10. 보와 트러스의 처짐을 구하는 방법으로 사용되는 단위하중법과 유사한 해석 방법으로 가장 적절한 것은?

① 가상일법　② 처짐각법

③ 모멘트분배법　④ 이중적분법

정답 1번

출제 포인트

단위하중법이 가상일의 원리를 이용한 변위 계산법이라는 점과 다른 보 해석법의 용도를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

단위하중법은 구하려는 변위의 위치와 방향에 단위하중을 가상으로 작용시키고, 실제 하중에 의한 내력과 단위하중에 의한 가상 내력의 일을 결합하여 변위를 구하는 방법이다. 따라서 가상변위와 가상일의 원리를 이용하는 가상일법과 본질적으로 같은 계열의 해석법이다. 트러스에서는 보통 실제 축력과 가상 축력의 곱을 이용해 변위를 계산한다.

선지별 해설

① O — 가상일법은 실제 하중계와 가상 단위하중계의 내력을 결합하여 변위를 구한다. 단위하중법은 가상일법을 단위하중에 적용한 방법이므로 가장 유사하다.

② X — 틀린 표현은 '처짐각법'이다. 처짐각법은 부재단 모멘트와 절점 회전각·변위를 관계식으로 연결하여 부정정 보와 라멘을 해석하는 방법이다. 올바르게는 '가상일법'이다.

③ X — 틀린 표현은 '모멘트분배법'이다. 모멘트분배법은 절점의 불평형 모멘트를 각 부재에 분배하여 부정정 보와 라멘의 부재단 모멘트를 구하는 방법이다. 올바르게는 '가상일법'이다.

④ X — 틀린 표현은 '이중적분법'이다. 이중적분법은 보의 곡률 관계식을 두 번 적분하여 처짐각과 처짐을 구하는 방법으로, 트러스의 단위하중법과 같은 가상일 원리를 직접 사용하는 방법이 아니다. 올바르게는 '가상일법'이다.

오답 포인트

②와 ③도 구조물의 변형이나 부정정 구조 해석에 쓰이고, ④도 보의 처짐을 구할 수 있어 혼동하기 쉽다. 그러나 문제의 핵심은 단순히 '처짐을 구할 수 있는가'가 아니라 '단위하중법과 원리가 유사한가'이다. 단위하중을 가상으로 작용시킨다는 표현은 가상일법을 가리킨다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

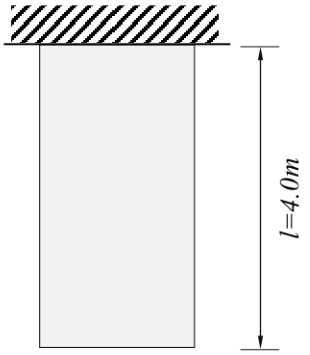
구하려는 변위 방향에 단위하중을 가하고 실제 내력과 가상 내력의 일을 결합하면 가상일법으로 판단한다.
부재단 모멘트와 회전각의 관계는 처짐각법, 불평형 모멘트의 반복 분배는 모멘트분배법, 곡률식의 두 번 적분은 이중적분법으로 구별한다.

암기 포인트

단위하중법은 가상일법의 대표적인 변위 계산 적용법이다.

NoteBase

11. 그림과 같은 봉이 30 ℃의 온도 증가가 있을 때 변형률(ε)의 값은? (단, 봉의 선팽창계수는 0.00001 / ℃ 이고 봉의 단면적은 $40\,mm^2$이다)



① ε = 0.0002
② ε = 0.0003
③ ε = 0.0004
④ ε = 0.0005

정답 2번

출제 포인트

한쪽 끝만 고정되고 다른 끝은 자유인 봉에서 온도 증가에 따른 자유 열변형률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 선팽창계수 $\alpha = 0.00001/^\circ C$, 온도 증가량 $\Delta T = 30^\circ C$, 봉의 길이 $L = 4.0m = 4000mm$, 단면적 $A = 40mm^2$이다.
구해야 할 값: 열변형률 ε_T이다.
주의할 조건: 봉은 위쪽 한 끝만 고정되고 아래쪽 끝은 자유이므로 열팽창이 구속되지 않는다. 따라서 단면적은 열변형률 계산에 사용하지 않으며, 길이는 변형량을 확인할 때만 필요하다.

사용할 공식

$\varepsilon_T = \frac{\Delta L}{L} = \alpha \Delta T$
온도 변화가 균일하고 봉의 열팽창이 구속되지 않을 때, 단위길이당 길이 변화인 열변형률은 선팽창계수와 온도 변화량의 곱으로 구한다.

NoteBase

계산 과정

1. 열변형률을 계산한다.
$\varepsilon_T = (0.00001/^\circ C)(30^\circ C) = 0.0003$
2. 길이 변화량으로 검산한다.
$\Delta L = \varepsilon_T L = (0.0003)(4000mm) = 1.2mm$
3. 따라서 $\Delta L/L = 1.2/4000 = 0.0003$이다.

선지 판단

① X — $\varepsilon = 0.0002$는 계산 결과 0.0003과 다르다. 틀린 값 0.0002를 올바르게 고치면 $\varepsilon = 0.0003$이다.
② O — $\alpha\Delta T = (0.00001)(30) = 0.0003$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — $\varepsilon = 0.0004$는 주어진 온도 증가량 $30^\circ C$를 적용한 값이 아니다. 올바른 값은 $\varepsilon = 0.0003$이다.
④ X — $\varepsilon = 0.0005$는 선팽창계수와 온도 증가량의 곱과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $\varepsilon = 0.0003$이다.
계산 결과가 0.0003이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

봉의 길이 $4.0m$와 단면적 $40mm^2$을 모두 공식에 넣어야 한다고 생각하기 쉽다. 그러나 열변형률은 $\alpha\Delta T$만으로 결정된다. 길이는 실제 늘어난 길이 ΔL을 구할 때 사용하고, 단면적은 이 문제의 자유 열변형률과 무관하다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 양 끝이 모두 구속되었는지 확인한다. 한쪽 끝만 고정되고 다른 끝이 자유이면 $\varepsilon_T = \alpha\Delta T$를 적용하고, 실제 길이 변화가 필요할 때만 $\Delta L = \alpha L\Delta T$를 적용한다.

암기 포인트

자유 열팽창은 $\varepsilon_T = \alpha\Delta T$, 길이 변화는 $\Delta L = \alpha L\Delta T$이다.

NoteBase

12. 수직하중이 작용하는 직사각형 단면 보의 경우 단면의 평균전단응력(τ_{avg})에 대한 최대전단응력($\tau_{\max}$)의 비율의 값은?

① 1.0 ② 1.5
③ 2.0 ④ 2.5

정답 2번

출제 포인트

수직하중을 받는 직사각형 단면에서 평균전단응력에 대한 최대전단응력의 비율 $\tau_{\max}/\tau_{avg}$을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 단면의 폭은 b, 높이는 h, 전단력은 V인 직사각형 단면이다.
구해야 할 값: $\tau_{\max}/\tau_{avg}$이다.
주의할 조건: 직사각형 단면의 전단응력은 높이 방향으로 포물선형으로 분포하며, 중립축에서 최대가 되고 위아래 가장자리에서 0이 된다.

사용할 공식

평균전단응력은
$\tau_{avg} = \frac{V}{A} = \frac{V}{bh}$
이고, 직사각형 단면의 최대전단응력은
$\tau_{\max} = \frac{3V}{2bh} = \frac{3}{2}\tau_{avg}$
이다. 직사각형 단면에서는 포물선형 전단응력 분포의 중립축 최대값이 평균값의 3/2배가 되므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

평균전단응력과 최대전단응력의 식을 나누면
$\frac{\tau_{\max}}{\tau_{avg}} = \frac{3V/(2bh)}{V/(bh)} = \frac{3}{2} = 1.5$
가 된다. 따라서 요구한 비율은 1.5이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 1.0은 전단응력이 단면 전체에 균일하다고 잘못 가정한 값이다. 틀린 값 1.0은 올바르게는 1.5이다.
② O — 계산 결과 $\tau_{max}/\tau_{avg} = 3/2 = 1.5$이므로 맞다.
③ X — 2.0은 직사각형 단면의 최대전단응력 계수 3/2와 일치하지 않는다. 틀린 값 2.0은 올바르게는 1.5이다.
④ X — 2.5 역시 직사각형 단면의 포물선형 전단응력 분포에서 얻는 비율이 아니다. 틀린 값 2.5는 올바르게는 1.5이다.

오답 포인트

①의 1.0은 평균전단응력과 최대전단응력이 같다고 보는 함정이다. 직사각형 단면의 전단응력은 균일하지 않으며 중립축에서 평균값보다 커진다. 또한 문제의 비율 방향이 최대값에 대한 평균값이 아니라 평균값에 대한 최대값이므로 τ_{max}/τ_{avg}로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

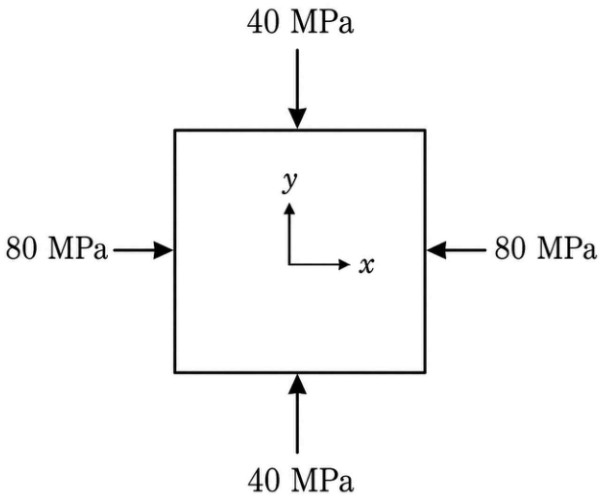
직사각형 단면의 전단응력 문제에서는 먼저 $\tau_{avg} = V/A$를 잡고, 최대전단응력이 $\tau_{max} = 3V/(2A)$임을 적용한 뒤 문제에서 요구한 비율의 분자와 분모 순서를 확인한다.

암기 포인트

직사각형 단면은 '가장자리 0, 중립축 최대, 최대값은 평균값의 1.5배'로 정리된다.

NoteBase

13. 그림과 같이 응력을 받고 있는 평면에서의 최대 전단응력(τ_{max})의 값은?



① 20 MPa ② 40 MPa
③ 80 MPa ④ 120 MPa

정답 1번

출제 포인트

서로 직교하는 두 방향의 수직응력으로부터 모어원의 반지름, 즉 평면 내 최대 전단응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

그림의 화살표가 요소를 누르므로 두 응력은 모두 압축응력이다. 따라서 $\sigma_x = -80MPa$, $\sigma_y = -40MPa$, $\tau_{xy} = 0$이다. 구해야 하는 값은 이 응력 상태에서의 평면 내 최대 전단응력 τ_{max}이다. 두 수직응력의 부호가 같더라도 최대 전단응력은 두 응력의 차로 결정된다.

사용할 공식

평면응력에서 모어원의 반지름은 다음과 같다.

$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$

이 문제는 x면과 y면에 전단응력이 없고 수직응력만 작용하므로, 위 식은 $\tau_{max} = |\sigma_x - \sigma_y|/2$로 단순화된다.

NoteBase

계산 과정

주어진 값을 공식에 대입한다.
$\tau_{max} = \frac{|(-80) - (-40)|}{2} = \frac{40}{2} = 20MPa$
따라서 평면 내 최대 전단응력은 $20MPa$이다.

선지 판단

① O — 계산 결과가 $20MPa$이므로 옳다.
② X — $40MPa$는 두 수직응력의 차 $|\sigma_x - \sigma_y|$를 2로 나누지 않은 값이다. 올바른 값은 $20MPa$이다.
③ X — $80MPa$는 x방향 압축 수직응력의 크기일 뿐 최대 전단응력이 아니다. 올바른 최대 전단응력은 $20MPa$이다.
④ X — $120MPa$는 두 압축응력의 크기를 더한 값으로, 최대 전단응력 공식에 해당하지 않는다. 올바른 계산은 두 수직응력의 차를 2로 나누어 $20MPa$을 얻는 것이다.

오답 포인트

압축응력의 크기 80과 40을 단순히 더하거나, 두 응력의 차 40을 그대로 답으로 고르면 틀린다. 모어원의 지름은 두 수직응력의 차이고 최대 전단응력은 그 반지름이므로 반드시 2로 나눈다. 또한 문항은 평면에서의 최대 전단응력을 묻고 있으므로 평면 밖의 주응력을 포함한 절대 최대 전단응력과 혼동하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

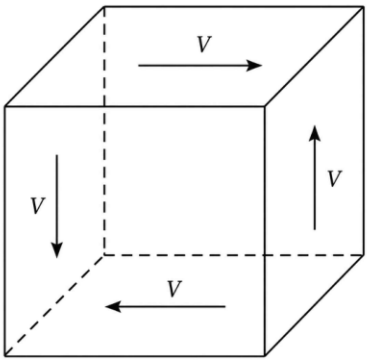
먼저 인장과 압축의 부호를 정리하고, τ_{xy}의 존재 여부를 확인한 뒤 모어원 반지름 공식을 적용한다. 전단응력이 0이면 두 수직응력의 차의 절반이 평면 내 최대 전단응력이다.

암기 포인트

전단응력이 없는 이축 응력 상태에서는 '큰 주응력과 작은 주응력의 차의 절반'이 평면 내 최대 전단응력이다: $\tau_{max} = |\sigma_1 - \sigma_2|/2$.

NoteBase

14. 그림과 같이 각 변의 길이가 $20\,mm$인 입방체에 전단력 $\mathrm{V} = 20\,kN$이 작용될 때, 이 전단력에 의해 입방체에 발생하는 전단 변형률(γ)의 값은? (단, 재료의 탄성계수 $\mathrm{E} = 130\,\mathrm{GPa}$, 포아송비 $\nu = 0.3$이다. 또한, 응력은 단면에 균일하게 분포하며, 입방체는 순수전단 상태이다)



① 0.001
② 0.003
③ 0.006
④ 0.008

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 정육면체 단면의 전단응력과 전단탄성계수를 구한 뒤, 훅의 법칙 $\tau = G\gamma$를 이용해 전단변형률 γ를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 한 변의 길이 $20mm$, 전단력 $V = 20kN$, 탄성계수 $E = 130GPa$, 포아송비 $\nu = 0.3$이다.
구해야 할 값: 전단변형률 γ이다.
주의할 조건: 응력이 단면에 균일하게 분포하므로 $\tau = V/A$를 사용하며, 순수전단 상태에서는 $\gamma = \tau/G$이다.

NoteBase

사용할 공식

단면적과 전단응력은 $A = (20mm)^2$, $\tau = V/A$이다.
등방성 선형탄성 재료의 전단탄성계수는 $G = E/[2(1+\nu)]$이고, 전단응력과 전단변형률의 관계는 $\tau = G\gamma$이므로 $\gamma = \tau/G$이다.
응력이 균일하고 재료가 탄성계수와 포아송비로 주어진 순수전단 상태이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 전단력이 작용하는 면의 넓이는
$A = 20mm \times 20mm = 400mm^2$
이다.
2. $20kN = 20{,}000N$이므로 전단응력은
$\tau = \frac{20{,}000N}{400mm^2} = 50N/mm^2 = 50MPa$
이다.
3. 전단탄성계수는
$G = \frac{130GPa}{2(1+0.3)} = 50GPa = 50{,}000MPa$
이다.
4. 따라서 전단변형률은
$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{50MPa}{50{,}000MPa} = 0.001$
이다.

선지 판단

① O — 계산한 전단변형률 0.001과 일치한다.
② X — 0.003은 계산값의 3배이므로 틀리며, 올바른 값은 0.001이다.
③ X — 0.006은 계산값의 6배이므로 틀리며, 올바른 값은 0.001이다.
④ X — 0.008은 계산값의 8배이므로 틀리며, 올바른 값은 0.001이다.
계산 결과 $\gamma = 0.001$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

탄성계수 E를 전단탄성계수 G로 그대로 사용하면 안 된다. 먼저 $G = E/[2(1+\nu)]$로 변환해야 한다. 또한 kN을 N으로, GPa를 MPa로 맞추지 않으면 전단변형률의 자릿수가 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

균일전단 문제는 단면적 A를 구하고, $\tau = V/A$로 전단응력을 계산한 뒤, $G = E/[2(1+\nu)]$와 $\gamma = \tau/G$를 차례로 적용한다. 마지막에는 응력과 전단탄성계수의 단위를 동일하게 맞춘다.

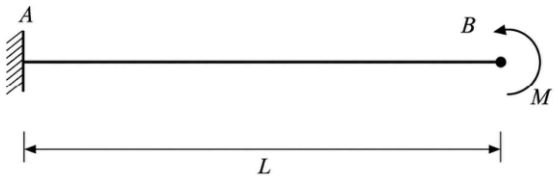
NoteBase

암기 포인트

순수전단의 핵심 연결은 $\tau = V/A$, $G = E/[2(1+\nu)]$, $\gamma = \tau/G$이다.

NoteBase

15. 그림과 같은 캔틸레버 보에서 모멘트하중 M이 작용할 경우 B점의 최대처짐(δ_{max})의 값은? (단, 보의 휨강성은 2EI이다)



① $\frac{M^2L}{2EI}$ ② $\frac{ML^2}{2EI}$

③ $\frac{ML^2}{4EI}$ ④ $\frac{M^2L}{8EI}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 자유단에 모멘트가 작용하는 캔틸레버 보의 곡률을 적분하여 자유단 B의 최대처짐을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 보의 길이는 L, 자유단 모멘트는 M, 보의 휨강성은 $2EI$이다.
구해야 할 값: 자유단 B의 최대처짐 δ_{max}이다.
주의할 조건: 일반적인 휨강성 EI가 아니라 $2EI$가 주어졌으므로 처짐 공식의 분모에 이를 그대로 반영한다.

사용할 공식

자유단 모멘트만 작용하면 보 전 구간의 휨모멘트가 일정하므로 곡률식은
$2EI\frac{d^2v}{dx^2} = M$
이다. 고정단의 경계조건 $v(0) = 0$, $v'(0) = 0$을 적용해 두 번 적분한다. 이 공식을 쓰는 이유는 집중하중에 의한 전단력이 없고 내부 휨모멘트가 전 구간에서 M으로 일정하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 곡률은 $d^2v/dx^2 = M/(2EI)$이다.
2. 한 번 적분하고 $v'(0) = 0$을 적용하면 $v'(x) = Mx/(2EI)$이다.
3. 다시 적분하고 $v(0) = 0$을 적용하면 $v(x) = Mx^2/(4EI)$이다.
4. 처짐의 크기는 x가 증가할수록 커지므로 B점 $x = L$에서 최대가 된다.

$\delta_{max} = v(L) = \frac{ML^2}{4EI}$

선지 판단

① X — $M^2L/(2EI)$는 모멘트를 제곱하여 처짐이 하중에 선형 비례한다는 선형 탄성 관계에 어긋나며, 길이 차원도 맞지 않는다. 올바르게는 $ML^2/(4EI)$이다.
② X — $ML^2/(2EI)$는 휨강성을 EI로 놓았을 때의 자유단 처짐값이다. 이 문제의 휨강성은 $2EI$이므로 올바르게는 $ML^2/(4EI)$이다.
③ O — 곡률 $M/(2EI)$를 고정단 경계조건으로 두 번 적분하면 B점 최대처짐은 $ML^2/(4EI)$이다.
④ X — $M^2L/(8EI)$는 모멘트를 제곱하여 하중에 대한 선형성을 위배하고 길이 차원도 맞지 않는다. 올바르게는 $ML^2/(4EI)$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 익숙한 캔틸레버 공식 $ML^2/(2EI)$를 그대로 선택하는 것이다. 그림의 휨강성은 EI가 아니라 $2EI$이므로 처짐은 그 절반이 된다. 또한 선형 탄성 문제의 처짐은 M에 선형 비례하므로 M^2이 포함된 ①과 ④는 차원 검산으로도 제외된다.

다시 나오면 이렇게 판단

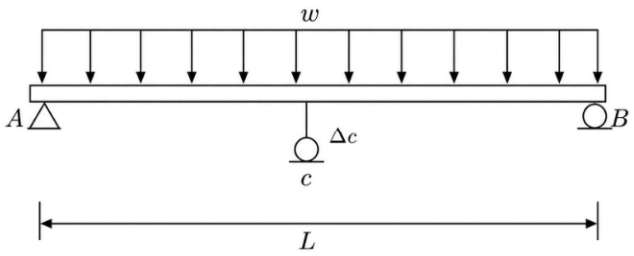
자유단 모멘트가 작용하는 캔틸레버 보는 내부 휨모멘트가 일정하다고 놓고, 주어진 실제 휨강성으로 곡률식을 세운 뒤 고정단의 처짐과 회전각이 모두 0이라는 조건을 적용해 두 번 적분한다. 마지막에는 처짐이 모멘트에 선형 비례하는지와 결과의 길이 차원을 검산한다.

암기 포인트

캔틸레버 자유단 모멘트의 끝처짐은 $ML^2/(2D)$이며, 여기서 D는 실제 휨강성이다. 이 문제는 $D = 2EI$이므로 $ML^2/(4EI)$이다.

NoteBase

16. 그림과 같은 단순보의 중앙점 아래 Δc 떨어진 곳에 지점 C가 있고 전구간에 등분포하중이 작용할 때 지점 C에서 상향으로 발생하는 수직반력 $R_c\,[kN]$의 값은? (단, 자중은 무시한다)



① $\frac{3\omega L}{7}-\frac{12EI\Delta c}{L^2}$

② $\frac{3\omega L}{7}-\frac{48EI\Delta c}{L^3}$

③ $\frac{5\omega L}{8}-\frac{12EI\Delta c}{L^2}$

④ $\frac{5\omega L}{8}-\frac{48EI\Delta c}{L^3}$

정답 4번

출제 포인트

중앙 지점의 반력 R_c를 부정정력으로 두고, 등분포하중과 중앙 집중력에 의한 단순보 중앙 처짐을 중첩하여 지점 침하량 Δ_c와 일치시키는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 지간 L인 단순보 전체에 등분포하중 w가 작용하고, 중앙의 지점 C는 원래 보의 위치에서 아래로 Δ_c 만큼 내려가 있다.
구해야 할 값: 지점 C에서 위쪽으로 작용하는 수직반력 R_c이다.
주의할 조건: 아래쪽 처짐을 양(+)으로 두면, 등분포하중에 의한 처짐은 양(+)이고 위쪽 반력 R_c에 의한 처짐은 음(-)이다.

NoteBase

사용할 공식

단순보 중앙의 처짐 공식은 다음과 같다.

전체 지간 등분포하중에 의한 중앙 처짐:
$\delta_w = \frac{5wL^4}{384EI}$

중앙 집중하중에 의한 중앙 처짐의 크기:
$\delta_P = \frac{PL^3}{48EI}$

이 문제에서는 중앙 반력 R_C가 위쪽으로 작용하므로 적합조건은
$\delta_w - \frac{R_C L^3}{48EI} = \Delta_C$
이다. 지점이 내려간 만큼 보의 중앙도 아래로 Δ_C만큼 처져야 하므로 이 적합조건을 사용한다.

계산 과정

적합조건을 R_C에 관하여 정리하면
$\frac{5wL^4}{384EI} - \frac{R_C L^3}{48EI} = \Delta_C$
$R_C = \frac{48EI}{L^3}\left(\frac{5wL^4}{384EI} - \Delta_C\right)$
$R_C = \frac{5wL}{8} - \frac{48EI\Delta_C}{L^3}$
가 된다. 따라서 지점 C의 상향 수직반력은 $\frac{5wL}{8} - \frac{48EI\Delta_C}{L^3}$이다.

선지 판단

① X — $\frac{3wL}{7} - \frac{12EI\Delta_C}{L^2}$는 등분포하중 항의 계수와 침하 보정항이 모두 틀리다. 특히 $EI\Delta_C/L^2$는 힘의 차원이 아니므로 반력식이 될 수 없다. 올바르게는 $\frac{5wL}{8} - \frac{48EI\Delta_C}{L^3}$이다.

② X — $\frac{3wL}{7} - \frac{48EI\Delta_C}{L^3}$는 침하 보정항은 맞지만, 등분포하중에 의한 중앙 반력 항을 $\frac{5wL}{8}$이 아닌 $\frac{3wL}{7}$로 잘못 썼다. 올바르게는 $\frac{5wL}{8} - \frac{48EI\Delta_C}{L^3}$이다.

③ X — $\frac{5wL}{8} - \frac{12EI\Delta_C}{L^2}$는 등분포하중 항은 맞지만, 침하 보정항의 계수와 지간의 차수가 틀리다. 올바른 침하 보정항은 $-\frac{48EI\Delta_C}{L^3}$이다.

④ O — 처짐 적합조건에서 얻은 $R_C = \frac{5wL}{8} - \frac{48EI\Delta_C}{L^3}$와 정확히 일치한다.

오답 포인트

중앙 지점이 침하했으므로 적합조건을 중앙 처짐 0으로 두면 안 된다. 중앙 처짐은 아래쪽으로 Δ_C이며, 상향 반력에 의한 처짐은 등분포하중 처짐에서 빼야 한다. 또한 반력의 차원은 힘이므로 침하 보정항은 $EI\Delta_C/L^3$의 꼴이어야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

중간 지점이 있는 부정정보 문제에서는 그 지점 반력을 제거해 단순보로 만든 뒤, 제거한 반력을 미지력으로 다시 작용시킨다. 하중 처짐과 미지력 처짐을 중첩하고, 그 합을 실제 지점 침하량과 같게 두어 반력을 구한다.
마지막에는 부호와 힘의 차원을 함께 검산한다.

암기 포인트

단순보 중앙 처짐은 등분포하중일 때 $5wL^4/(384EI)$, 중앙 집중하중일 때 $PL^3/(48EI)$이며, 지점 침하 문제의 핵심식은 '하중 처짐 - 상향 반력 처짐 = 지점 침하량'이다.

NoteBase

17. 경간이 L이고 등분포하중 w을 받는 보의 휨에 대한 양쪽 단부 구속 조건이 같은 정도로 부분 구속되어 있다. 중앙부의 정모멘트의 크기가 $wL^2/10$ 일 때 단부 부모멘트의 크기로 가장 적절한 것은?

① $wL^2/10$

② $wL^2/12$

③ $wL^2/24$

④ $wL^2/40$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 대칭 하중을 받는 보의 중앙 단면 모멘트와 단부 모멘트의 관계를 이용해 단부 부모멘트의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 경간은 L, 전 경간 등분포하중은 w, 중앙부 정모멘트의 크기는 $wL^2/10$이다.
구해야 할 값: 양쪽 단부 부모멘트의 크기이다.
주의할 조건: 양쪽 단부의 구속 정도와 하중이 대칭이므로 양쪽 수직반력은 각각 $wL/2$이고, 양쪽 단부 모멘트도 같다.

사용할 공식

왼쪽 단부 모멘트를 M_A, 왼쪽에서 x만큼 떨어진 단면의 모멘트를 $M(x)$라 하면
$M(x) = M_A + R_A x - \frac{wx^2}{2}$
이다. 중앙부에서는 $x = L/2$, $R_A = wL/2$이므로
$M_C = M_A + \frac{wL^2}{8}$
가 된다. 이 공식은 왼쪽 단부에서 중앙까지 절단한 자유물체에 대해 단부 모멘트, 반력, 등분포하중이 만드는 모멘트를 합한 것이다.

NoteBase

계산 과정

중앙부 정모멘트 $M_C = wL^2/10$을 대입하면
$\frac{wL^2}{10} = M_A + \frac{wL^2}{8}$
이다. 따라서
$M_A = \frac{wL^2}{10} - \frac{wL^2}{8} = -\frac{wL^2}{40}$
이다. 음수는 단부에서 부모멘트가 생긴다는 뜻이므로, 그 크기는 $wL^2/40$이다.

선지 판단

① X — $wL^2/10$은 문제에서 주어진 중앙부 정모멘트의 크기이며 단부 부모멘트의 크기가 아니다. 올바르게는 단부 부모멘트의 크기가 $wL^2/40$이다.
② X — 단순지지보의 중앙 최대모멘트 $wL^2/8$과 단부 부모멘트의 차를 계산해야 하므로 $wL^2/12$가 되지 않는다. 올바르게는 $wL^2/40$이다.
③ X — 중앙부 정모멘트와 $wL^2/8$의 차를 잘못 계산한 값이다. 올바른 차의 크기는 $wL^2/40$이다.
④ O — $M_A = wL^2/10 - wL^2/8 = -wL^2/40$이므로 단부 부모멘트의 크기는 $wL^2/40$이다.
계산 결과가 $wL^2/40$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

중앙부의 $wL^2/10$을 단부 모멘트로 그대로 고르거나, 단순지지보의 중앙 모멘트 $wL^2/8$을 단부 모멘트로 착각하기 쉽다. 단부 부모멘트는 두 중앙 모멘트 값의 차이며, 문제는 부호가 아니라 크기를 묻고 있다는 점도 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

대칭 등분포하중 문제에서는 먼저 $R_A = R_B = wL/2$를 정하고, 중앙 단면에 $M_C = M_A + wL^2/8$을 적용한 뒤 단부 모멘트의 부호와 크기를 구분한다.

암기 포인트

대칭 등분포하중 보의 중앙 모멘트는 '단부 모멘트 + $wL^2/8$'이다.

NoteBase

18. 응력의 단위와 같은 물리량으로 가장 적절한 것은?

① $[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{ms}}]$ ② $[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{ms}^2}]$

③ $[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^2\mathrm{s}^2}]$ ④ $[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^2\mathrm{s}}]$

정답 2번

출제 포인트

응력의 정의 $\sigma = F/A$를 이용하여 응력의 단위를 기본단위로 나타내는 문제이다.

조건 정리

주어진 관계: 응력은 단위면적당 작용하는 힘이다.
힘의 단위: $N = kg \cdot m/s^2$이다.
면적의 단위: m^2이다.
구해야 할 값: 응력의 기본단위이다.

사용할 공식

$\sigma = \frac{F}{A}$
응력은 힘을 그 힘이 작용하는 면적으로 나눈 물리량이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

힘의 단위 N을 기본단위로 바꾸면 $kg \cdot m/s^2$이다. 이를 면적의 단위 m^2로 나누면 다음과 같다.
$\frac{N}{m^2} = \frac{kg \cdot m/s^2}{m^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2}$
따라서 응력의 단위는 $kg/(m \cdot s^2)$이다.

선지 판단

① X — $kg/(m \cdot s)$는 시간의 지수가 s^{-1}이어서 힘의 시간 차원 s^{-2}와 맞지 않는다. 틀린 표현 $kg/(m \cdot s)$는 $kg/(m \cdot s^2)$로 고쳐야 한다.
② O — $kg/(m \cdot s^2)$는 $(kg \cdot m/s^2)/m^2$를 약분한 응력의 단위와 일치한다.
③ X — $kg/(m^2 \cdot s^2)$는 길이의 지수가 m^{-2}이지만, 힘의 단위에 포함된 m 하나가 면적의 m^2와 약분되어 응력의 길이 차원은 m^{-1}이 된다. 틀린 표현 $kg/(m^2 \cdot s^2)$는 $kg/(m \cdot s^2)$로 고쳐야 한다.
④ X — $kg/(m^2 \cdot s)$는 길이와 시간의 지수가 모두 잘못되었다. 틀린 표현 $kg/(m^2 \cdot s)$는 $kg/(m \cdot s^2)$로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

힘의 단위 N을 단순히 kg으로 보거나, $kg \cdot m/s^2$에 포함된 길이 차원 m을 놓치면 분모의 m 지수를 잘못 고르게 된다. 또한 가속도의 시간 차원은 s^{-2}이므로 s^{-1}인 ①과 ④를 배제해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

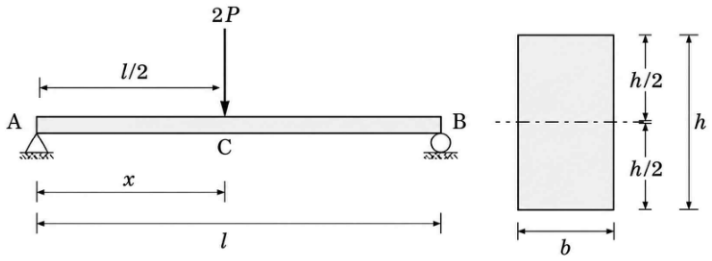
유도단위 문제는 물리량의 정의를 식으로 쓰고, $N = kg \cdot m/s^2$처럼 모든 유도단위를 기본단위로 바꾼 뒤 분자와 분모의 지수를 약분하여 판단한다.

암기 포인트

응력은 힘/면적이므로 $Pa = N/m^2 = kg/(m \cdot s^2)$이다.

NoteBase

19. 그림과 같은 단순보에서 A점으로부터 x만큼 떨어진 점의 휨응력의 값은? (단, y는 도심축에서의 거리이다)



① $\frac{6P \cdot x}{b \cdot h^3}y$

② $\frac{12P \cdot x}{b \cdot h^3}y$

③ $\frac{P \cdot x}{12b \cdot h^3}y$

④ $\frac{P \cdot x}{6b \cdot h^3}y$

정답 2번

출제 포인트

중앙 집중하중을 받는 단순보의 지점반력과 휨모멘트를 구한 뒤, 직사각형 단면의 단면2차모멘트를 휨응력 공식에 적용하는 문제이다.

조건 정리

보의 중앙 C점에 집중하중 $2P$가 작용하고 구조와 하중이 좌우 대칭이므로 A점과 B점의 지점반력은 각각 P이다. A점에서 x만큼 떨어진 단면의 휨모멘트는 $M = Px$이다. 직사각형 단면의 폭은 b, 높이는 h이고, y는 도심축에서 응력을 구하는 점까지의 거리이다.

사용할 공식

휨응력의 크기는 $\sigma = My/I$이고, 직사각형 단면의 도심축에 대한 단면2차모멘트는 $I = bh^3/12$이다. 휨모멘트에 의해 도심축에서 y만큼 떨어진 점에 생기는 휨응력을 구하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 대칭 조건에서 지점반력은 $R_A = R_B = 2P/2 = P$이다.
2. A점에서 x만큼 떨어진 단면의 휨모멘트는 $M = R_A x = Px$이다.
3. 휨응력 공식에 대입하면 다음과 같다.

$\sigma = \frac{My}{I} = \frac{(Px)y}{bh^3/12} = \frac{12Pxy}{bh^3}$

따라서 휨응력의 값은 $12Pxy/(bh^3)$이다.

선지 판단

① X — $6Pxy/(bh^3)$는 중앙하중 $2P$를 P로 잘못 보아 A점 반력을 $P/2$로 계산할 때 나오는 값이다. 올바른 반력은 P이므로 $12Pxy/(bh^3)$로 고쳐야 한다.

② O — $M = Px$와 $I = bh^3/12$를 $\sigma = My/I$에 대입하면 정확히 $12Pxy/(bh^3)$가 된다.

③ X — $Pxy/(12bh^3)$는 단면2차모멘트 $bh^3/12$로 나누는 계산을 반영하지 못해 계수가 틀리다. 올바르게는 분모의 1/12이 나눗셈 과정에서 분자의 12가 되어 $12Pxy/(bh^3)$이다.

④ X — $Pxy/(6bh^3)$도 직사각형 단면의 $I = bh^3/12$를 휨응력식의 분모에 대입한 결과와 일치하지 않는다. 올바른 식은 $12Pxy/(bh^3)$이다.

오답 포인트

중앙하중 $2P$와 각 지점반력 P를 혼동하면 ①을 고르게 된다. 또한 $I = bh^3/12$가 휨응력식의 분모에 있으므로, 대입 후 12가 전체 식의 분자로 올라간다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

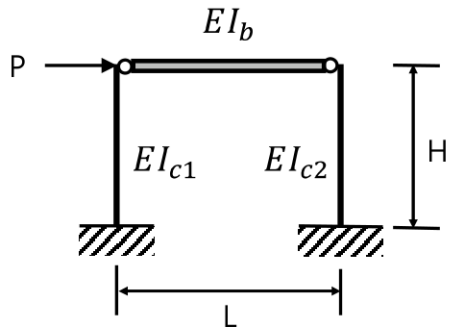
단순보의 휨응력 문제는 먼저 평형조건으로 지점반력을 구하고, 절단면의 휨모멘트 M를 계산한 다음, 단면 형상에 맞는 I를 $\sigma = My/I$에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

직사각형 단면은 $I = bh^3/12$, 휨응력은 $\sigma = My/I$이다. 중앙하중 $2P$인 대칭 단순보의 양쪽 반력은 각각 P이다.

NoteBase

20. 그림과 같이 보와 기둥이 힌지로 연결된 골조에 횡력 P가 작용하고 있다. 횡변위를 줄이고자 하는 방안으로 가장 적절하지 않은 것은? (단, 보와 기둥의 축변형은 없다고 가정한다)



① EI_{c2}를 증가시킨다.
② 횡력 P를 줄인다.
③ H를 줄인다.
④ L을 줄인다.

정답 4번

출제 포인트

보와 기둥의 접합부가 힌지이고 축변형이 없을 때, 골조의 횡변위를 결정하는 부재 강성과 형상 변수를 판단하는 문제이다.

조건 정리

두 기둥의 밑면은 고정이고, 기둥 상단은 보와 힌지로 연결되어 모멘트를 전달하지 않는다.
보의 축변형이 없으므로 두 기둥 상단의 수평변위는 동일하다.
양단 힌지인 보는 횡하중에 대한 기둥 상단 회전을 구속하지 않으므로, 각 기둥은 횡방향으로 고정단-자유단 기둥처럼 거동한다.

NoteBase

사용할 공식

높이 H, 휨강성 EI_c인 기둥 하나의 횡강성은
$k_c = \frac{3EI_c}{H^3}$
이다. 두 기둥은 같은 횡변위를 가지므로 전체 횡강성은
$k = \frac{3(EI_{c1} + EI_{c2})}{H^3}$
이고, 횡변위는
$\delta = \frac{P}{k} = \frac{PH^3}{3(EI_{c1} + EI_{c2})}$
이다. 이 식은 두 기둥의 횡강성이 병렬로 합쳐지기 때문에 사용한다.

계산 과정

1. 각 기둥의 상단 힌지는 기둥에 모멘트를 전달하지 않으므로 기둥별 횡강성을 $3EI_c/H^3$으로 정한다.
2. 두 기둥의 강성을 합하여 $k = 3(EI_{c1} + EI_{c2})/H^3$을 얻는다.
3. $\delta = P/k$를 적용하면 $\delta = PH^3/[3(EI_{c1} + EI_{c2})]$이다. 따라서 횡변위는 P와 H^3에 비례하고 기둥 휨강성의 합에 반비례하며, L과는 무관하다.

선지 판단

① O — EI_{c2}를 증가시키면 전체 횡강성 $3(EI_{c1} + EI_{c2})/H^3$이 커져 횡변위가 감소한다.
② O — 횡변위는 P에 비례하므로 횡력 P를 줄이면 횡변위가 감소한다.
③ O — 횡변위는 H^3에 비례하므로 H를 줄이면 횡변위가 크게 감소한다.
④ X — 'L을 줄인다'는 방안은 이 골조의 횡변위를 줄이지 못한다. 올바르게는, 이 조건에서 횡변위는 L과 무관하며 기둥의 휨강성을 증가시키거나 P 또는 H를 줄여야 한다.

오답 포인트

보가 그려져 있다는 이유만으로 보 길이 L이나 보의 휨강성 EI_b가 횡강성에 기여한다고 판단하기 쉽다. 그러나 양단 힌지는 보의 휨모멘트 전달을 차단하므로, 이 문제의 횡변위는 기둥의 휨변형으로 결정된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 접합부가 회전을 구속하는지 확인한 뒤, 횡변위에 실제로 저항하는 부재만 골라 등가 횡강성을 구한다. 그다음 $\delta = P/k$에서 각 변수가 횡변위에 미치는 영향을 판단한다.

암기 포인트

양단 힌지 보 + 축변형 없음인 이 골조에서는 $\delta = PH^3/[3(EI_{c1} + EI_{c2})]$이며, 횡변위는 L과 무관하다.

NoteBase

21. 정사각형 단면을 가진 단순 지지보가 등분포 하중을 지지하고 있다. 이 보를 45° 돌려 단면이 마름모꼴이 되도록 하는 경우 이 보의 최대 휨응력의 크기 변화로 가장 적절한 것은?

① 최대 휨응력 크기의 변화가 없다.
② 최대 휨응력이 0이 된다.
③ 최대 휨응력 크기가 감소한다.
④ 최대 휨응력 크기가 증가한다.

정답 4번

출제 포인트

정사각형 단면을 45° 회전할 때 단면2차모멘트와 중립축에서 최외단 섬유까지의 거리 변화가 최대 휨응력에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

정사각형의 한 변을 a, 최대 휨모멘트를 M_{max}라 한다.
보의 지간과 등분포 하중은 그대로이므로 M_{max}는 변하지 않는다.
회전 전 최외단 거리: $c_0 = a/2$
45° 회전 후 최외단 거리: 정사각형 대각선 길이의 절반이므로 $c_{45} = a\sqrt{2}/2 = a/\sqrt{2}$이다.

사용할 공식

휨응력 공식은 $\sigma_{max} = \frac{M_{max}c}{I}$ 이다.
정사각형은 도심을 지나는 서로 직교하는 두 축에 대한 단면2차모멘트가 같고 단면곱관성이 0이므로, 단면을 45° 회전해도 하중 방향에 대응하는 도심축 단면2차모멘트는 $I = a^4/12$로 같다. 따라서 최대 휨응력의 변화는 최외단 거리 c의 변화로 결정된다.

계산 과정

회전 전 최대 휨응력은 $\sigma_0 = \frac{M_{max}(a/2)}{a^4/12} = \frac{6M_{max}}{a^3}$ 이다.
45° 회전 후 최대 휨응력은 $\sigma_{45} = \frac{M_{max}(a/\sqrt{2})}{a^4/12} = \frac{6\sqrt{2}M_{max}}{a^3} = \sqrt{2}\sigma_0$ 이다.
따라서 최대 휨응력의 크기는 $\sqrt{2}$배로 증가한다.

NoteBase

선지 판단

① X — 최대 휨응력이 변하지 않는다는 표현이 틀리다. 단면2차모멘트는 같지만 최외단 거리가 증가하므로, 올바르게는 최대 휨응력이 $\sqrt{2}$배로 증가한다.
② X — 최대 휨응력이 0이 된다는 표현이 틀리다. 등분포 하중에 의한 휨모멘트가 존재하므로, 올바르게는 최대 휨응력이 $\sqrt{2}$배로 증가한다.
③ X — 최대 휨응력이 감소한다는 표현이 틀리다. 45° 회전 후 최외단 거리가 $a/2$에서 $a/\sqrt{2}$로 커지므로, 올바르게는 최대 휨응력이 증가한다.
④ O — 단면2차모멘트와 최대 휨모멘트는 변하지 않고 최외단 거리만 $\sqrt{2}$배가 되므로 최대 휨응력의 크기가 증가한다.

오답 포인트

정사각형 단면은 회전해도 도심축 단면2차모멘트가 같다는 사실만 보고 ①을 고르기 쉽다. 그러나 최대 휨응력은 I뿐 아니라 중립축에서 가장 먼 점까지의 거리 c에도 비례하며, 45° 회전하면 모서리가 위아래 최외단점이 되어 c가 증가한다.

다시 나오면 이렇게 판단

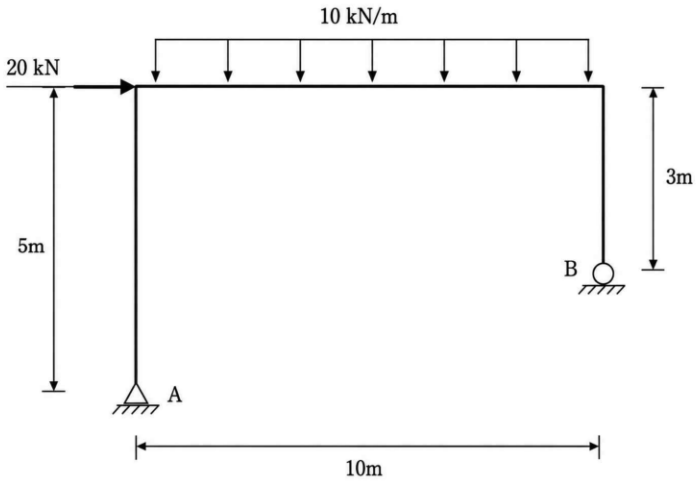
단면 회전 문제에서는 먼저 하중과 지간의 변화로 M_{max}가 변하는지 확인하고, 다음으로 회전축에 대한 I와 최외단 거리 c를 각각 비교한다. 마지막에 $\sigma_{max} = M_{max}c/I$의 비를 계산한다.

암기 포인트

정사각형 45° 회전: I는 그대로, c는 $\sqrt{2}$배, 최대 휨응력도 $\sqrt{2}$배 증가한다.

NoteBase

22. 그림과 같은 라멘에서 B지점의 연직반력 R_B의 값은? (단, A지점은 힌지지점이고 B지점은 롤러지점이다)



① 50 kN
② 60 kN
③ 70 kN
④ 80 kN

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 등분포하중을 등가 집중하중으로 바꾸고 A점에 대한 모멘트 평형을 적용하여 B지점의 연직반력 R_B를 구하는 문제이다.

조건 정리

등분포하중은 $10kN/m$가 길이 $10m$ 전체에 작용한다. 따라서 등가 집중하중은 $100kN$이고, A점에서 수평으로 $5m$ 떨어진 보의 중앙에 작용한다. 수평하중 $20kN$은 A점보다 $5m$ 높은 위치에서 오른쪽으로 작용한다. B지점은 롤러이므로 연직반력 R_B가 작용하며, 그 작용선은 A점에서 수평으로 $10m$ 떨어져 있다.

사용할 공식

등분포하중의 등가 집중하중은 $W = wL$이고, 작용점은 하중 구간의 중앙이다. 라멘 전체가 정지해 있으므로 A점에 대한 모멘트 평형식 $\sum M_A = 0$을 사용한다. A점의 두 반력은 A점을 지나 모멘트가 0이므로 이 식에서 바로 소거된다.

NoteBase

계산 과정

1. 등분포하중을 등가 집중하중으로 바꾸면 $W = (10kN/m)(10m) = 100kN$이다.
2. 반시계 방향을 양(+)으로 두면, R_B는 반시계 방향 모멘트, 등가 집중하중과 수평하중은 시계 방향 모멘트를 만든다.
3. A점에 대한 모멘트 평형은 $\sum M_A = (R_B)(10m) - (100kN)(5m) - (20kN)(5m) = 0$이다.
4. 따라서 $10R_B = 500 + 100 = 600kN \cdot m, \qquad R_B = 60kN$이다.

선지 판단

① X — $50kN$은 수평하중 $20kN$이 만드는 $100kN \cdot m$의 시계 방향 모멘트를 누락했을 때 나오는 값이다. '$50kN$'은 틀린 값이며, 올바른 값은 $60kN$이다.
② O — 모멘트 평형으로 구한 R_B가 $60kN$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — $70kN$은 모멘트 평형 결과와 일치하지 않는다. '$70kN$'은 틀린 값이며, 올바른 값은 $60kN$이다.
④ X — $80kN$은 모멘트 평형 결과와 일치하지 않는다. '$80kN$'은 틀린 값이며, 올바른 값은 $60kN$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 수평하중을 연직반력 계산과 무관하다고 보는 것이다. 수평하중 $20kN$의 작용선은 A점을 지나지 않고 A점보다 $5m$ 위에 있으므로 반드시 $20 \times 5 = 100kN \cdot m$의 모멘트를 만든다. 이를 빼면 ①의 $50kN$을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

라멘의 지점반력 문제는 구조물 전체를 하나의 자유물체로 보고, 분포하중을 먼저 등가 집중하중으로 바꾼 뒤 미지 반력이 가장 많이 소거되는 지점에 대한 모멘트 평형을 세운다. 힘의 방향만 보지 않고 그 작용선과 기준점 사이의 수직거리까지 확인한다.

암기 포인트

분포하중은 '하중강도 × 작용길이'를 중앙에 집중시키고, 수평력도 기준점과 높이 차가 있으면 '힘 × 높이'의 모멘트를 만든다.

NoteBase

23. 축력을 받는 기둥의 세장비에 영향을 주는 요인으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 단면적
② 단면2차모멘트
③ 단부조건
④ 탄성계수

정답 4번

출제 포인트

기둥의 세장비를 결정하는 기하학적 요소와 좌굴강도에 영향을 주는 재료적 요소를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

세장비는 기둥이 단면 크기에 비해 얼마나 길고 가느다란지를 나타내는 무차원량이다. 유효길이를 KL, 단면2차모멘트를 I, 단면적을 A, 단면2차반경을 i라 하면 $i = \sqrt{I/A}$이고, 세장비는 $\lambda = KL/i = KL/\sqrt{I/A}$이다. 따라서 단면적, 단면2차모멘트, 단부조건에 따른 유효길이계수 K가 세장비에 영향을 주지만 탄성계수 E는 세장비 식에 포함되지 않는다.

선지별 해설

① O — 단면적 A는 단면2차반경 $i = \sqrt{I/A}$를 결정하므로 세장비에 영향을 준다.
② O — 단면2차모멘트 I는 단면2차반경을 결정하므로 세장비에 영향을 준다. I가 클수록 다른 조건이 같을 때 단면2차반경은 커지고 세장비는 작아진다.
③ O — 단부조건은 유효길이계수 K를 바꾸어 유효길이 KL와 세장비에 영향을 준다.
④ X — 틀린 표현은 '탄성계수가 세장비에 영향을 주는 요인'이라는 취지이다. 올바르게는 탄성계수 E는 세장비의 결정 요인이 아니라 재료의 강성을 나타내며, 오일러 좌굴하중 $P_{cr} = \pi^2 EI/(KL)^2$과 같은 좌굴강도에 영향을 주는 요소이다.

오답 포인트

탄성계수 E가 좌굴하중에 포함된다는 사실 때문에 세장비에도 포함된다고 착각하기 쉽다. 세장비는 기둥의 길이·단부조건·단면 형상으로 정해지는 기하학적 지표이고, 좌굴하중은 여기에 재료강성까지 반영한 강도 지표이다.

다시 나오면 이렇게 판단

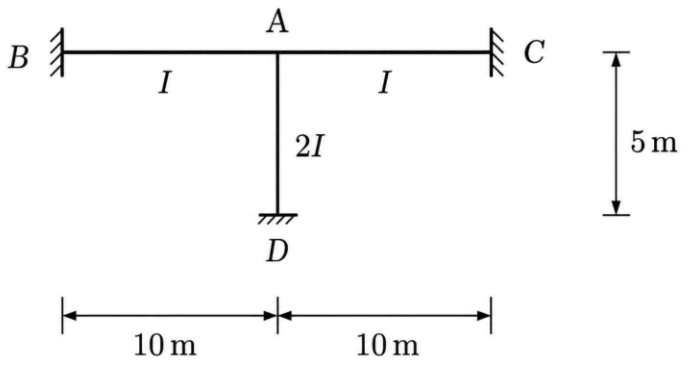
세장비 문제에서는 먼저 $\lambda = KL/\sqrt{I/A}$를 떠올려 선지의 요소가 K, L, I, A 중 하나를 바꾸는지 판단한다. 탄성계수 E처럼 재료 성질만 나타내는 값은 세장비가 아니라 좌굴강도에 연결한다.

NoteBase

암기 포인트

세장비는 $KL/\sqrt{I/A}$: 단면적·단면2차모멘트·단부조건은 포함되고, 탄성계수는 포함되지 않는다.

24. 그림과 같은 구조물에서 AD 부재의 분배율의 값은?



① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{3}{4}$

③ $\frac{2}{6}$ ④ $\frac{5}{7}$

정답 1번

출제 포인트

모멘트 분배법에서 절점 A에 연결된 각 부재의 강성을 구하고, AD 부재의 강성을 전체 강성의 합으로 나누어 분배율을 계산하는 문제이다.

조건 정리

AB: 길이 10m, 단면2차모멘트 I, 상대단 B 고정

AC: 길이 10m, 단면2차모멘트 I, 상대단 C 고정

AD: 길이 5m, 단면2차모멘트 $2I$, 상대단 D 고정

구해야 할 값은 절점 A에서 AD 부재가 받는 분배율이다.

사용할 공식

상대단이 고정된 등단면 부재의 절점 강성은

$K = \frac{4EI}{L}$

이고, 절점 A에서 부재 AD의 분배율은

$DF_{AD} = \frac{K_{AD}}{K_{AB} + K_{AC} + K_{AD}}$

이다. 세 부재의 상대단 B, C, D가 모두 고정되어 있으므로 같은 강성식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

각 부재의 절점 강성은 다음과 같다.

$K_{AB} = K_{AC} = \frac{4EI}{10} = \frac{2EI}{5}$

$K_{AD} = \frac{4E(2I)}{5} = \frac{8EI}{5}$

따라서 절점 A의 전체 강성은

$\sum K = \frac{2EI}{5} + \frac{2EI}{5} + \frac{8EI}{5} = \frac{12EI}{5}$

이고, AD 부재의 분배율은

$DF_{AD} = \frac{8EI/5}{12EI/5} = \frac{2}{3}$

이다.

선지 판단

① O — 계산값 $\frac{2}{3}$과 일치한다.

② X — $\frac{3}{4}$는 계산값과 다르다. 틀린 값 $\frac{3}{4}$이 아니라 올바른 AD 부재의 분배율은 $\frac{2}{3}$이다.

③ X — $\frac{2}{6} = \frac{1}{3}$은 계산값과 다르다. 틀린 값 $\frac{2}{6}$이 아니라 올바른 AD 부재의 분배율은 $\frac{2}{3}$이다.

④ X — $\frac{5}{7}$은 계산값과 다르다. 틀린 값 $\frac{5}{7}$이 아니라 올바른 AD 부재의 분배율은 $\frac{2}{3}$이다.

오답 포인트

AD의 단면2차모멘트가 $2I$이고 길이는 $5m$이므로, AD의 강성은 수평 부재 하나의 강성보다 4배 크다.

단면2차모멘트의 $2I$만 반영하거나 길이가 절반이라는 점만 반영하면 분배율을 잘못 계산한다. 또한 분배율의 분모에는 절점 A에 연결된 AB, AC, AD 세 부재의 강성을 모두 더해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

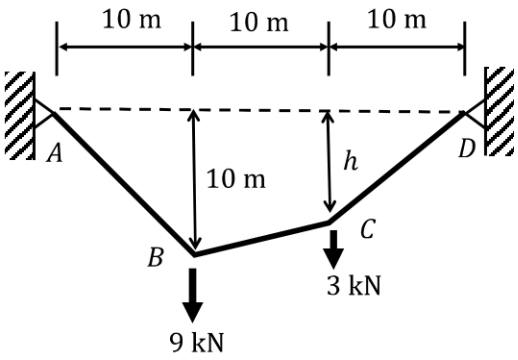
먼저 각 부재 상대단의 지지조건에 맞는 절점 강성을 구한다. 그다음 목표 부재의 강성을 절점에 연결된 모든 부재 강성의 합으로 나누고, 각 분배율의 합이 1인지 검산한다.

암기 포인트

모멘트 분배율은 '해당 부재 강성 ÷ 절점 전체 강성'이며, 상대단 고정 부재의 강성은 $4EI/L$이다.

NoteBase

25. 그림과 같이 집중하중을 지지하는 케이블 구조에서 C점의 처짐 h의 값으로 가장 적절한 값은?



① $\frac{50}{9}$ m ② $\frac{60}{9}$ m

③ $\frac{50}{7}$ m ④ $\frac{60}{7}$ m

정답 3번

출제 포인트

집중하중을 받는 케이블에서 수평장력은 모든 구간에 걸쳐 일정하다는 성질과 각 절점의 수직방향 평형조건을 이용해 C점의 처짐 h를 구하는 문제이다.

조건 정리

기준선에서 아래쪽을 양(+)으로 잡는다. A와 D는 같은 높이에 있고, 세 구간의 수평거리는 각각 $10m$이다. 따라서 각 점의 좌표를 $A(0, 0)$, $B(10, 10)$, $C(20, h)$, $D(30, 0)$로 둘 수 있다. B와 C에 작용하는 집중하중은 각각 $9kN$, $3kN$이며, 구해야 할 값은 h이다.

사용할 공식

케이블의 일정한 수평장력을 H라 하면, 한 구간 장력의 수직성분 크기는 H에 그 구간의 기울기 절댓값을 곱한 값이다. 절점 B, C의 수직평형식은 각각 다음과 같다.

$H\left(2 - \frac{h}{10}\right) = 9$

$H\left(\frac{2h-10}{10}\right) = 3$

케이블에는 분포하중이 없으므로 집중하중 사이의 케이블은 직선이고, 모든 구간의 수평장력 H가 같기 때문에 이 식을 사용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

두 평형식을 정리하면 다음과 같다.

$H(20-h)=90, \qquad H(2h-10)=30$

첫째 식을 둘째 식으로 나누어 H를 소거한다.

$\frac{20-h}{2h-10}=\frac{90}{30}=3$

따라서

$20-h=3(2h-10)$

$20-h=6h-30$

$7h=50$

$h=\frac{50}{7}m$

선지 판단

① X — $h=\frac{50}{9}m$를 대입하면 $\frac{20-h}{2h-10}=13$이 되어 하중비 9/3 = 3과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $\frac{50}{7}m$이다.
② X — $h=\frac{60}{9}=\frac{20}{3}m$를 대입하면 위 비가 4가 되어 하중비 3과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $\frac{50}{7}m$이다.
③ O — $h=\frac{50}{7}m$이면 $\frac{20-h}{2h-10}=3$이므로 두 절점의 평형조건을 모두 만족한다.
④ X — $h=\frac{60}{7}m$를 대입하면 위 비가 $\frac{8}{5}$가 되어 하중비 3과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $\frac{50}{7}m$이다.

오답 포인트

절점에서 한쪽 케이블의 수직성분만 사용하거나, BC 구간의 높이차를 h로 잡으면 오답이 나온다. BC의 높이차는 $10-h$이고, 각 절점에서는 좌우 두 케이블 장력의 수직성분을 모두 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

점하중 사이의 케이블을 직선 구간으로 나누고 각 구간의 기울기를 구한 뒤, 공통 수평장력 H를 사용하여 하중점마다 수직평형식을 세운다. 마지막에는 두 식의 비를 취해 H를 소거하면 처짐을 빠르게 구할 수 있다.

암기 포인트

케이블의 수평장력은 일정하고, 장력의 수직성분은 H ×기울기이다. 집중하중은 인접한 두 구간의 기울기 변화와 대응한다.

NoteBase