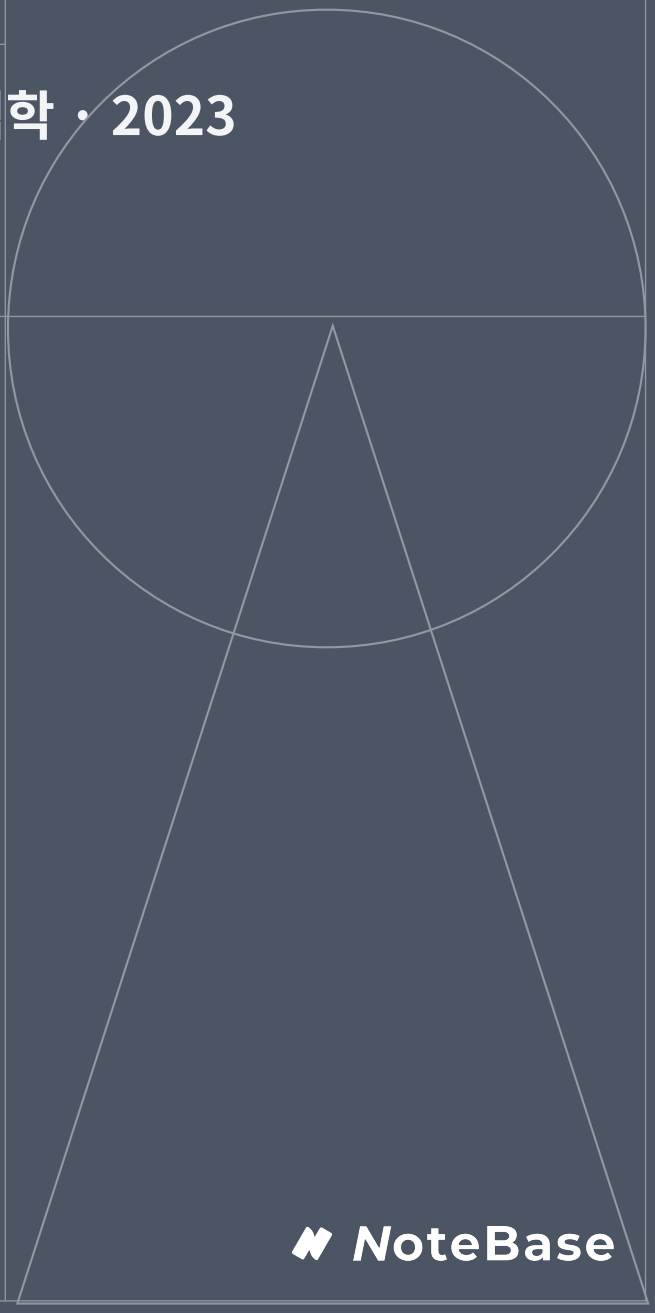
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 응용역학 · 2023



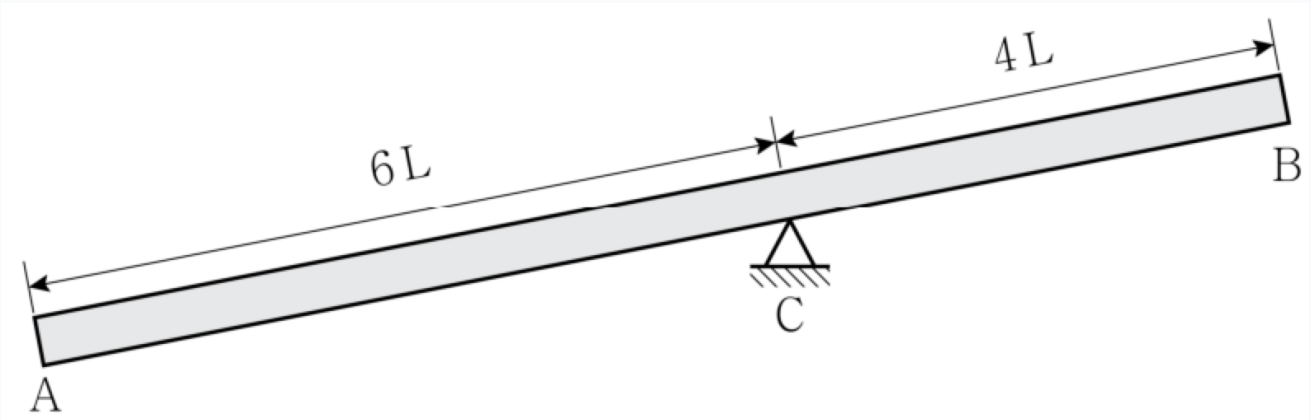
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 응용역학 · 2023

공무원/지방직/7급 · 응용역학 · 2023

문 1. 그림과 같이 힌지 지점 위에 단면이 균일하고 균질한 목판이 놓여 있다. 목판의 무게가 2,100N이고, 몸무게가 700N인 사람이 목판 위에 올라갔을 때 목판이 수평이 되기 위한 A점으로부터 사람의 위치는?



① $8L$

② $8.4L$

③ $9L$

④ $9.2L$

정답 3번

출제 포인트

힌지 지지점 C에 대한 모멘트 평형으로 사람이 서야 할 위치를 구하는 문제이다.

조건 정리

목판의 전체 길이는 $10L$이고, C점은 A점에서 $6L$ 떨어져 있다. 균질한 목판의 무게 $2,100N$은 중앙인 A점에서 $5L$ 위치에 작용하므로 C점의 왼쪽 L에 작용한다. 사람의 무게는 $700N$이고, A점으로부터의 위치를 x라 둔다.

사용할 공식

평형 상태에서는 한 점에 대한 시계방향 모멘트와 반시계방향 모멘트의 합이 같다. 즉, $\sum M_C = 0$이다. C점의 반력은 C점을 지나므로 C점에 대한 모멘트가 0이어서, 목판 무게와 사람 무게의 모멘트만 비교하면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 목판 무게의 C점에 대한 모멘트 팔길이는 $6L - 5L = L$이다.
2. 사람은 C점 오른쪽에 있어야 하므로 모멘트 팔길이는 $x - 6L$이다.
3. C점에 대한 모멘트 평형식은 $2,100N \cdot L = 700N \cdot (x - 6L)$ 이다.
4. 따라서 $x - 6L = 3L$이고, $x = 9L$이다.

선지 판단

① X. $8L$에서는 사람의 모멘트가 $700N \cdot (8L - 6L) = 1,400N \cdot L$로 목판의 모멘트 $2,100N \cdot L$와 같지 않다. 틀린 표현인 '$8L$'은 '$9L$'로 고쳐야 한다.
② X. $8.4L$에서는 사람의 모멘트가 $700N \cdot 2.4L = 1,680N \cdot L$이므로 평형이 아니다. 틀린 표현인 '$8.4L$'은 '$9L$'로 고쳐야 한다.
③ O. $9L$에서는 사람의 모멘트가 $700N \cdot (9L - 6L) = 2,100N \cdot L$가 되어 목판의 모멘트와 같으므로 수평 평형을 이룬다.
④ X. $9.2L$에서는 사람의 모멘트가 $700N \cdot 3.2L = 2,240N \cdot L$로 더 크다. 틀린 표현인 '$9.2L$'은 '$9L$'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

목판의 무게는 A점이나 C점이 아니라 균질한 목판의 중앙인 A점에서 $5L$ 위치에 작용한다. 따라서 목판의 모멘트 팔길이를 $6L$로 두거나, 사람의 모멘트 팔길이를 x로 두면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

지지점 하나를 모멘트 기준점으로 잡고, 각 힘의 작용점부터 기준점까지의 수직거리를 모멘트 팔길이로 정한다. 이어서 양쪽 회전방향의 모멘트를 같게 두어 미지 위치를 구한다.

암기 포인트

균질한 막대의 자중은 항상 중앙에 작용하며, 평형은 '힘 × 모멘트 팔길이'가 양쪽에서 같을 때 성립한다.

NoteBase

문 2. 강체(rigid body)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 강체에는 변형이 발생할 수 없다.

② 강체에는 병진변위가 발생할 수 없다.

③ 강체로 만들어진 단순보는 힘을 받아도 처짐이 발생하지 않는다.

④ 강체에서 내부 임의의 두 점 사이의 거리는 언제나 일정하다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 강체의 변형 여부와 강체가 할 수 있는 운동을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

강체는 외력이 작용해도 형상과 크기가 변하지 않는 이상화한 물체이다. 강체 내부 임의의 두 점 사이의 거리는 운동 전후에도 일정하지만, 물체 전체는 병진운동이나 회전운동을 할 수 있다.
변형은 물체 내부 점들의 상대적 위치가 바뀌는 현상이고, 병진변위는 물체 전체가 같은 방향과 크기로 이동하는 운동이다.

선지별 해설

① O: 강체는 이상적으로 변형이 발생하지 않는 물체이므로 옳다.
② X: 틀린 표현은 "병진변위가 발생할 수 없다"이다. 강체도 외력을 받으면 물체 전체가 이동하는 병진변위가 발생할 수 있다. 올바르게는 "강체에는 변형이 발생하지 않지만 병진변위와 회전변위는 발생할 수 있다"이다.
③ O: 단순보가 강체라면 휨에 의한 변형을 가정하지 않으므로 처짐도 발생하지 않는다.
④ O: 강체의 정의상 내부 임의의 두 점 사이의 거리는 항상 일정하다.

오답 포인트

변형이 없다는 사실을 움직임도 없다는 뜻으로 혼동하기 쉽다. 강체는 형상이 변하지 않을 뿐, 전체가 이동하거나 회전하는 것은 가능하다.

다시 나오면 이렇게 판단

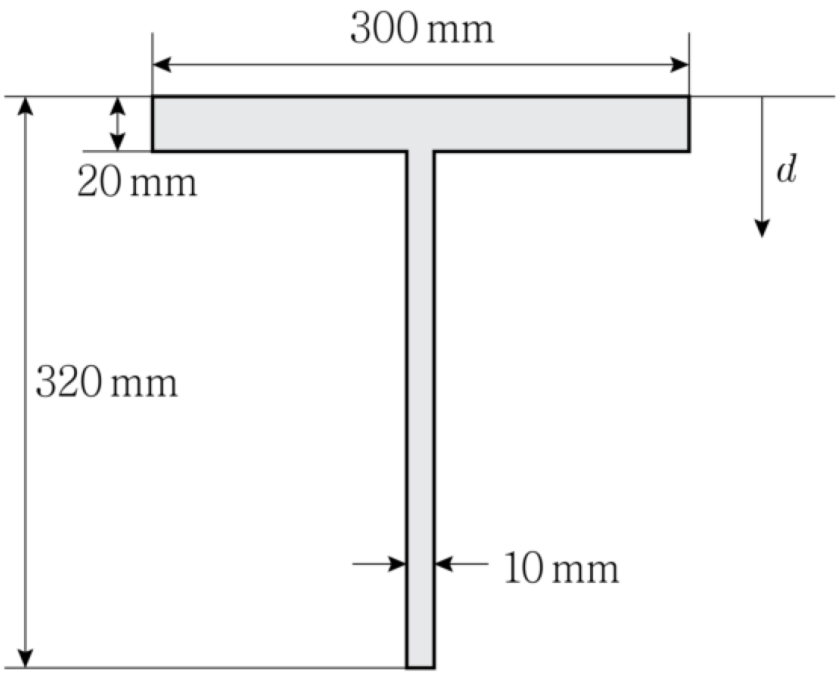
선지가 내부 두 점 사이의 거리, 길이, 각도의 변화에 관한 내용이면 강체의 변형 여부를 판단한다. 물체 전체의 이동이나 회전에 관한 내용이면 강체에도 가능한 운동인지 판단한다.

암기 포인트

강체는 변형은 0, 병진과 회전은 가능이다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 동일 재료로 제작된 T형 단면의 상단으로부터 완전 소성상태에서의 중립축(PNA)까지 거리 d[mm]는?



① 63

② 45

③ 15

④ 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 동일 재료 T형 단면이 완전소성상태에 도달할 때, 단면적을 인장측과 압축측에 같은 크기로 나누는 소성중립축(PNA)의 위치를 구하는 문제이다.

조건 정리

플랜지의 폭은 $300mm$, 두께는 $20mm$이므로 플랜지 면적은 $300 \times 20 = 6{,}000mm^2$이다. 전체 단면적은 플랜지와 웨브를 합쳐 $300 \times 20 + 10 \times (320 - 20) = 9{,}000mm^2$이다. 완전소성상태에서는 PNA 위·아래의 면적이 각각 전체 단면적의 절반인 $4{,}500mm^2$가 되어야 한다.

NoteBase

사용할 공식

A_압축측=A_인장측=(A)/(2)
동일 재료 단면의 완전소성상태에서는 항복응력의 크기가 인장측과 압축측에서 같으므로, 소성중립축은 단면적을 반으로 나누는 위치에 놓인다.

계산 과정

1. PNA 위쪽에 필요한 면적은 $9{,}000/2 = 4{,}500mm^2$이다.
2. 플랜지 전체 면적 $6{,}000mm^2$가 $4{,}500mm^2$보다 크므로 PNA는 플랜지 내부에 있다.
3. 상단에서 PNA까지의 거리를 d라 하면 위쪽 면적은 $300d$이므로, $300d = 4{,}500$이다.
4. 따라서 $d = 15mm$이다.

선지 판단

① X: ①의 $d = 63mm$라는 수치는 단면도심 위치에 가까운 값으로, PNA의 위치가 아니다. 완전소성상태의 PNA는 면적을 반으로 나누어야 하므로 올바르게는 $d = 15mm$이다.
② X: ②의 $d = 45mm$이면 PNA 위쪽 면적이 플랜지 전체 $6{,}000mm^2$를 넘어 웨브까지 포함되어 면적 절반 조건을 만족하지 못한다. 올바르게는 플랜지 안에서 $d = 15mm$이다.
③ O: $300d = 4{,}500$에서 $d = 15mm$이므로 ③이 맞다.
④ X: ④의 $d = 10mm$은 플랜지 두께의 절반이지만, 위쪽 면적이 $300 \times 10 = 3{,}000mm^2$에 그쳐 전체 면적의 절반이 아니다. 올바르게는 $d = 15mm$이다.

오답 포인트

63 mm는 탄성중립축, 즉 도심을 구할 때 나올 수 있는 값이다. 문제의 '완전소성상태'에서는 도심이 아니라 PNA 양측의 면적이 같은지를 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

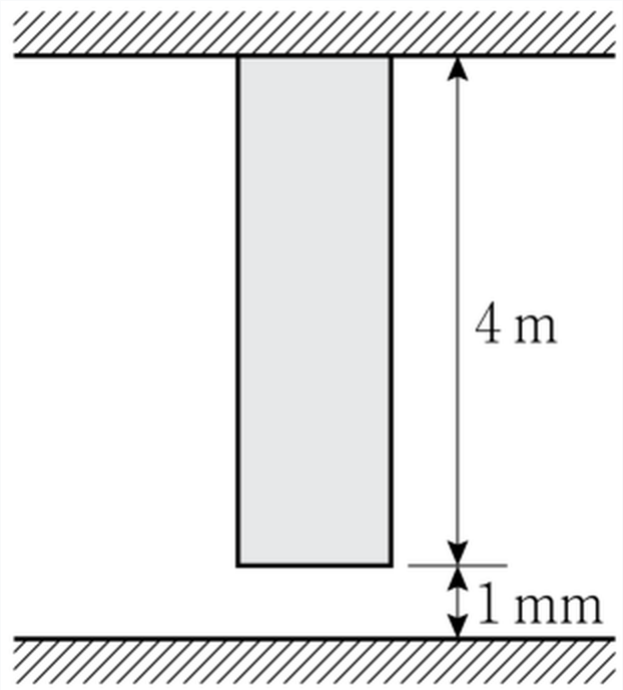
완전소성상태 단면 문제에서는 먼저 전체 단면적의 절반을 구하고, 그 면적이 어느 구성요소 안에 위치하는지 확인한 뒤 폭과 높이의 곱으로 PNA 위치를 계산한다.

암기 포인트

탄성중립축은 도심, 소성중립축은 면적 반분 위치이다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 부재와 벽체의 간격이 1mm일 때, 부재의 온도를 50°C 상승시키면 부재에 발생하는 온도변화에 의한 응력의 크기[MPa]는? (단, 벽체는 강체이며, 부재의 열팽창계수 $\alpha = 10 \times 10^{-6}/^{\circ}C$이고, 탄성계수 $E = 200GPa$이다)



① 45

② 50

③ 55

④ 60

정답 2번

출제 포인트

열팽창으로 부재가 간극을 채운 뒤 남는 열변형을 탄성변형으로 바꾸어 온도변화 응력의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

부재 길이는 $L = 4m$, 간극은 $g = 1mm$, 온도상승은 $\Delta T = 50^{\circ}C$이다.
열팽창계수는 $\alpha = 10 \times 10^{-6}/^{\circ}C$, 탄성계수는 $E = 200GPa$이다.
자유 열팽창량이 간극보다 커지면, 간극을 채운 나머지 팽창량만큼 부재에 압축 탄성변형이 생긴다.

NoteBase

사용할 공식

자유 열팽창량은 $\delta_T = \alpha L \Delta T$이다. 벽체에 닿은 뒤의 압축변형량은 $\delta_e = \delta_T - g$이고, 응력의 크기는 $\sigma = E\frac{\delta_e}{L}$이다.
이 문제에서는 자유 열팽창량이 간극보다 크므로, 전체 열팽창을 바로 구속하지 않고 간극을 채운 뒤의 잔여 팽창량에만 이 공식을 적용한다.

계산 과정

1. 자유 열팽창량은 $\delta_T = (10 \times 10^{-6})(4m)(50) = 0.002m = 2mm$이다.
2. 이 중 $1mm$는 간극을 채우는 데 사용되므로, 압축 탄성변형량의 크기는
$\delta_e = 2mm - 1mm = 1mm = 0.001m$이다.
3. 따라서 응력의 크기는 $\sigma = (200GPa)\frac{0.001m}{4m} = 50MPa$이다. 실제 응력의 방향은 압축이지만, 문제는 크기를 물었으므로 $50MPa$이다.

선지 판단

① X: $45MPa$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현인 '45 MPa'는 '50 MPa'로 고쳐야 한다.
② O: 간극을 제외한 압축변형량 $1mm$를 적용하면 응력의 크기는 $50MPa$이다.
③ X: $55MPa$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현인 '55 MPa'는 '50 MPa'로 고쳐야 한다.
④ X: $60MPa$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현인 '60 MPa'는 '50 MPa'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

자유 열팽창량 $2mm$ 전체가 구속된다고 보면 $100MPa$가 되어 간극 $1mm$를 무시하게 된다. 이 문항의 핵심은 간극을 먼저 빼고 남은 $1mm$만 압축변형으로 보는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

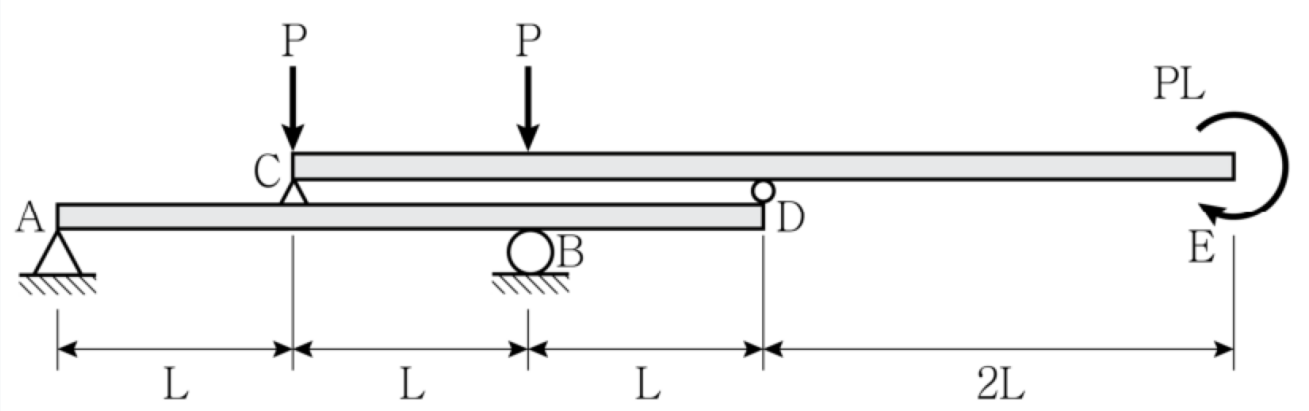
열팽창 부재와 간극이 함께 제시되면 먼저 $\alpha L \Delta T$로 자유 열팽창량을 구한다. 그 값이 간극 이하이면 응력은 0이고, 간극보다 크면 초과량을 δ_e로 하여 $E\delta_e/L$를 적용한다.

암기 포인트

간극이 있으면 '자유 팽창량 – 간극 = 구속되는 변형량'이다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 구조물에서 B지점의 휨모멘트 크기는? (단, 자중은 무시한다)



① PL

② $2PL$

③ $3PL$

④ $4PL$

정답 1번

출제 포인트

힌지와 롤러로 연결된 상부 보의 반력을 먼저 구한 뒤, 그 힘을 하부 보에 작용하는 집중하중으로 바꾸어 B 단면의 휨모멘트를 구하는 문제이다.

조건 정리

상부 보는 C와 D에서 하부 보에 지지되어 있고, C-D 간 거리는 $2L$이다. 상부 보에는 C에서 P, C로부터 L 떨어진 곳에서 P가 아래로 작용하며, E에는 시계방향 모멘트 PL이 작용한다. 따라서 상부 보가 C와 D에 전달하는 힘은 하부 보에는 각각 아래방향 집중하중으로 작용한다.

사용할 공식

강체 평형조건 $\sum V = 0$, $\sum M = 0$과 절단면 한쪽의 모멘트 평형을 사용한다. 상부 보의 지점반력을 구해야 하부 보에 실제로 전달되는 하중을 알 수 있고, B에서 절단한 하부 보의 평형으로 휨모멘트를 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 상부 보에서 C점에 대한 모멘트 평형을 적용하면 $R_D(2L) - P(L) - PL = 0$이므로 $R_D = P$이다. 연직력 평형 $R_C + R_D - 2P = 0$에서 $R_C = P$이다.
2. 따라서 하부 보에는 C와 D에서 각각 아래방향 P가 작용한다. 하부 보의 A점에 대한 모멘트 평형은 $B_y(2L) - P(L) - P(3L) = 0$이므로 $B_y = 2P$이다. 연직력 평형에서 $A_y = 0$이다.
3. B의 왼쪽 부분을 절단하면 $M_B = A_y(2L) - P(L) = -PL$이다. 부호는 휨모멘트의 방향을 뜻하므로, 크기는 $|M_B| = PL$이다.

선지 판단

① O. B 단면의 휨모멘트 크기는 $|M_B| = PL$이다.
② X. 틀린 표현: $2PL$ → 올바르게는 PL이다. B의 왼쪽 절단면에는 A 반력이 0이고 C의 하중 P만 B에서 L의 모멘트팔을 가지므로 $2PL$이 되지 않는다.
③ X. 틀린 표현: $3PL$ → 올바르게는 PL이다. C 하중의 B점에 대한 모멘트팔은 L이며, D의 하중은 B의 오른쪽에 있으므로 왼쪽 절단면 계산에 직접 포함되지 않는다.
④ X. 틀린 표현: $4PL$ → 올바르게는 PL이다. 상부 보의 두 지점반력은 각각 P이고, 하부 보의 B 단면에서는 그중 C에서 전달된 하중의 PL만이 휨모멘트 크기를 만든다.

오답 포인트

상부 보에 작용하는 두 집중하중과 끝모멘트를 곧바로 B점에 대한 모멘트로 합산하면 연결부 반력의 효과를 놓치게 된다. 또한 B에서 절단할 때 선택한 쪽에 없는 D 하중을 함께 넣으면 모멘트팔을 중복 계산하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

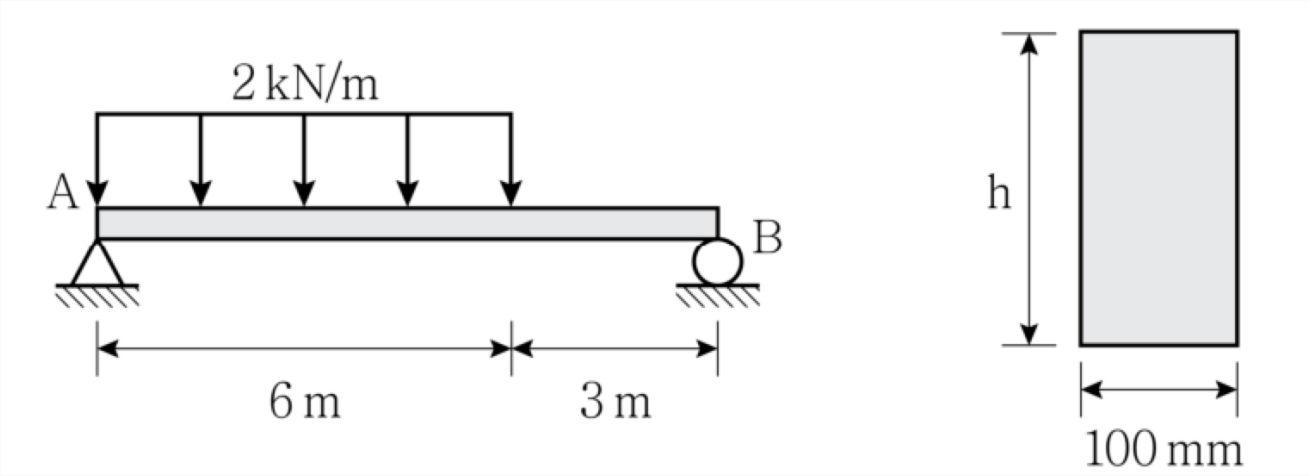
연결된 보 구조에서는 하중이 실린 보를 먼저 자유물체도로 분리하여 연결점 반력을 구한다. 이어 그 반력을 인접 보의 외력으로 옮긴 뒤, 구하려는 단면의 한쪽만 절단하여 $\sum M = 0$을 적용한다. 최종적으로 부호와 무관하게 문제에서 요구한 크기는 절댓값으로 판단한다.

암기 포인트

연결보는 상부 보 반력 → 하부 보 외력 → 절단면 모멘트 순서로 계산하며, 휨모멘트의 크기는 $|M|$이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 등분포 하중이 작용하는 직사각형 단면의 단순보를 허용응력설계법으로 설계할 때, 단면의 최소 높이 h[mm]는? (단, 허용휨응력은 24MPa이고, 허용전단응력이 5MPa이며, 보의 자중은 무시한다)



① 24

② 100

③ 200

④ 240

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 단면 단순보의 최대휨응력과 최대전단응력을 각각 허용응력 이하로 하는 최소 높이 h를 구하는 문제이다.

조건 정리

보의 전체 길이는 9m이고, A점부터 6m 구간에 등분포하중 2kN/m가 작용한다.
등분포하중의 합력은 12kN이며 A점에서 3m 떨어진 곳에 작용한다.
직사각형 단면의 폭은 $b = 100$mm, 허용휨응력은 24MPa, 허용전단응력은 5MPa이다.

사용할 공식

반력은 평형조건 $\sum V = 0, \sum M = 0$으로 구한다. 직사각형 단면의 단면계수는 $Z = bh^2/6$이므로 휨응력은 $\sigma_{max} = M_{max}/Z$이다. 직사각형 단면의 최대전단응력은 $\tau_{max} = 3V_{max}/(2bh)$이다. 보의 안전 여부는 두 응력이 각각 허용응력 이하인지로 판단한다.

NoteBase

계산 과정

1. B점에 대한 모멘트평형에서 $9R_B = 12 \times 3$이므로 $R_B = 4\text{kN}$, 따라서 $R_A = 8\text{kN}$이다. 최대전단력은 A점 직후의 $V_{\max} = 8\text{kN}$이다.
2. 하중구간에서 $V = 8 - 2x$이고 $V = 0$인 $x = 4\text{m}$에서 최대휨모멘트가 생긴다.
$M_{\max} = 8 \times 4 - 4^2 = 16\text{kN} \cdot \text{m} = 16 \times 10^6\text{N} \cdot \text{mm}$이다.
3. 휨 조건은 _=(16×10^6)/(100h^2/6)=(960000)/(h^2)≤24이므로 h≥200 mm이다.
4. 전단 조건은 _=(3×8000)/(2×100× h)=(120)/(h)≤5이므로 h≥24 mm이다. 두 조건을 동시에 만족하는 최소 높이는 200mm이다.

선지 판단

① X. 24mm는 전단응력 조건만 만족하는 높이이다. 이때 휨응력은 $960000/24^2 \approx 1667\text{MPa}$로 허용휨응력 24MPa를 크게 초과한다. 틀린 표현은 '최소 높이가 24mm'이며, 올바르게는 전단 조건의 하한이 24mm라는 것이다.
② X. 100mm일 때 휨응력은 $960000/100^2 = 96\text{MPa}$이므로 허용휨응력보다 크다. 틀린 표현은 '최소 높이가 100mm'이며, 올바르게는 휨 조건상 h≥200 mm이다.
③ O. 200mm일 때 휨응력은 정확히 24MPa, 전단응력은 0.6MPa이므로 두 허용응력을 모두 만족하는 최소 높이이다.
④ X. 240mm는 두 허용응력 조건을 만족하지만 최소 높이는 아니다. 틀린 표현은 '최소 높이가 240mm'이며, 올바르게는 최소 높이가 200mm라는 것이다.

오답 포인트

①의 24mm는 전단 조건만 계산했을 때의 값이다. 이 문제에서는 휨과 전단 조건을 모두 구한 뒤 더 큰 하한을 채택해야 한다. 또한 ④는 안전한 치수이지만 '최소'라는 조건을 만족하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

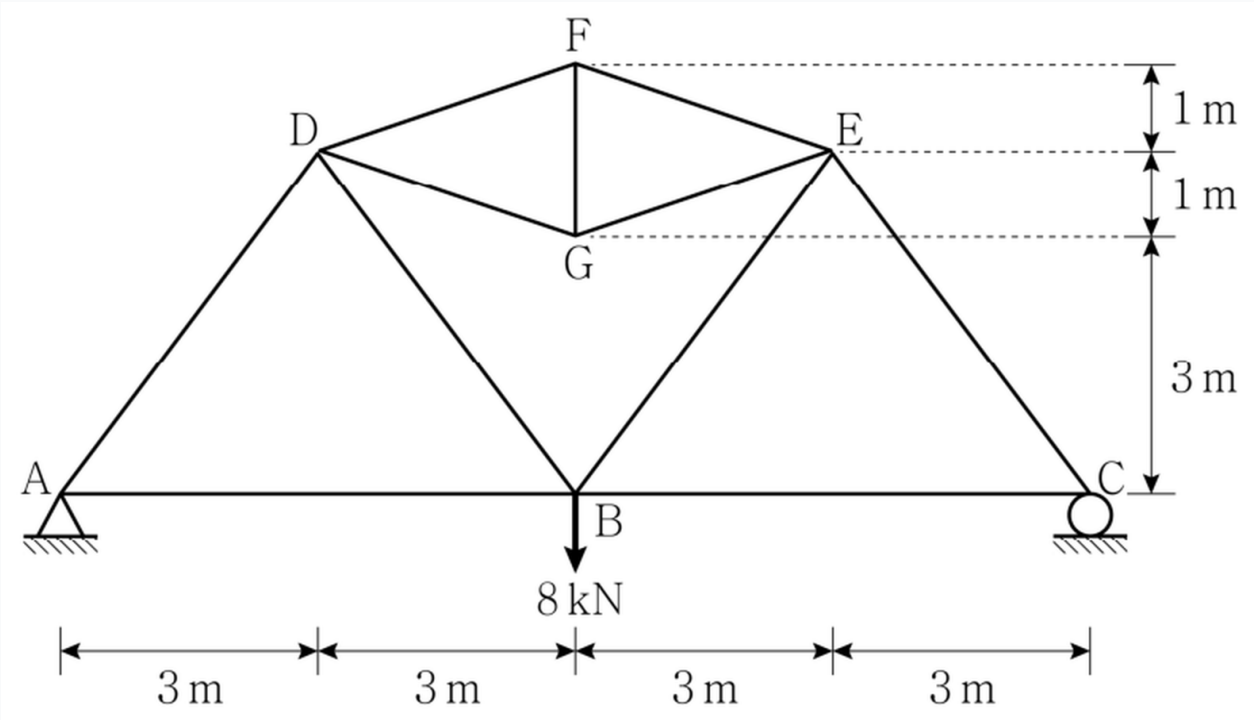
등분포하중 보에서는 먼저 반력으로 $V_{\max}$와 $M_{\max}$를 구한다. 이어서 휨응력 조건과 전단응력 조건에서 각각 필요한 h의 하한을 계산하고, 그중 큰 값을 최소 단면치수로 판단한다.

암기 포인트

직사각형 단면에서는 $\sigma_{\max} = 6M/(bh^2)$, $\tau_{\max} = 3V/(2bh)$이다. 최소 치수는 여러 강도 조건에서 나온 하한 중 가장 큰 값이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 단순지지된 트러스 구조물에서 DF부재의 부재력[kN]은? (단, 자중은 무시한다)



① $\sqrt{10}$ (인장)

② $\sqrt{10}$ (압축)

③ $2\sqrt{10}$ (인장)

④ $2\sqrt{10}$ (압축)

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단순지지 트러스의 대칭 반력과 절점법을 이용하여 DF 부재력을 구하는 문제이다.

조건 정리

하중 8 kN은 중앙 절점 B에 작용하므로 대칭성에 따라 수직 반력은 A와 C에서 각각 4 kN이다. 도형에서 AD와 DB는 수평 3 m, 수직 4 m의 3-4-5 부재이고, DG와 DF는 각각 수평 3 m, 수직 1 m이므로 길이는 $\sqrt{10}m$이다.

사용할 공식

각 절점에서 $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$을 적용한다. 부재력은 인장을 양(+)으로 가정하여 계산하고, 결과가 음(-)이면 실제 상태는 압축이다.

이 공식을 쓰는 이유: 트러스는 모든 하중과 반력이 절점에 작용하며, 각 절점은 평형을 만족하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 절점 B에서 대칭인 BD와 BE의 수직성분으로 $2 \times (4/5)N_{BD} = 8$이므로 $N_{BD} = 5\text{kN}$이다.
2. 절점 A에서 AD 부재력은 $N_{AD} = -5\text{kN}$으로 압축이다. 따라서 절점 D에서 AD와 DB가 만드는 힘은 각각 $(3, 4)\text{kN}$, $(3, -4)\text{kN}$이고, 합력은 수평 오른쪽으로 6kN이다.
3. 절점 D에서 DG와 DF의 수직성분 평형은 $-N_{DG}/\sqrt{10} + N_{DF}/\sqrt{10} = 0$이므로 $N_{DG} = N_{DF}$이다. 수평성분 평형은 $6 + (3/\sqrt{10})(N_{DG} + N_{DF}) = 0$이다. 따라서 $6 + (6/\sqrt{10})N_{DF} = 0$에서 $N_{DF} = -\sqrt{10}\,\text{kN}$을 얻는다. 음수이므로 DF는 압축이고, 크기는 $\sqrt{10}\,\text{kN}$이다.

선지 판단

① X. 크기 $\sqrt{10}\,\text{kN}$은 맞지만, DF의 부재력 부호는 음수이므로 인장이 아니다. '인장' → '압축'이 올바르다.
② O. $N_{DF} = -\sqrt{10}\,\text{kN}$이므로 크기는 $\sqrt{10}\,\text{kN}$, 상태는 압축이다.
③ X. '$2\sqrt{10}\,\text{kN}$ 인장'이 틀렸다. 절점 D에서 DG와 DF의 수평성분을 각각 고려하면 크기는 $\sqrt{10}\,\text{kN}$이며, 올바르게는 $\sqrt{10}\,\text{kN}$ 압축이다.
④ X. 압축이라는 상태는 맞지만 '$2\sqrt{10}\,\text{kN}$'이 틀렸다. DG와 DF 두 부재의 수평성분을 한 부재에 중복하여 배분하면 2배 오차가 나며, 올바른 크기는 $\sqrt{10}\,\text{kN}$이다.

오답 포인트

DF와 DG는 절점 D에서 수직성분이 서로 반대이므로 같은 부재력이 된다. 이 두 부재의 수평성분이 함께 6 kN을 상쇄한다는 점을 놓치면 DF 하나에 6 kN 전부를 배분하여 $2\sqrt{10}$으로 잘못 계산하기 쉽다. 또한 인장을 양으로 가정한 결과의 음수 부호는 압축을 뜻한다.

다시 나오면 이렇게 판단

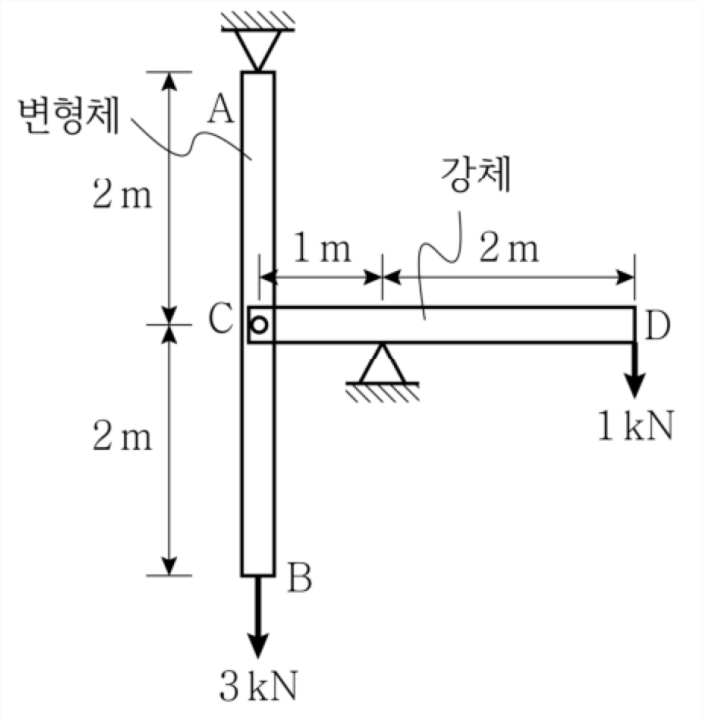
대칭 트러스는 먼저 전체 평형으로 지점반력을 구한 뒤, 미지 부재 수가 적은 절점부터 절점법을 적용한다. 부재의 수평·수직 성분은 수평거리와 수직거리를 부재 길이로 나누어 구하고, 계산 부호로 인장·압축을 판정한다.

암기 포인트

트러스 부재력은 '양수=인장, 음수=압축'이며, 대칭 절점의 두 대각부재는 성분 평형을 함께 확인한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 AB부재와 CD부재가 핀으로 연결된 구조물에 집중하중이 작용하고 있다. AB부재는 변형체이고 CD부재는 강체일 때, D점의 수직변위[mm]는? (단, 모든 부재의 자중은 무시하고, AB부재의 단면적이 0.04m^2이고, 탄성계수 E는 100MPa이다)



① 0.8 (↓)
② 0.8 (↑)
③ 1.0 (↓)
④ 1.0 (↑)

정답 4번

출제 포인트

변형체 AB의 축변형과 강체 CD의 회전 변위 관계를 결합하여 D점의 수직변위를 구하는 문제이다.

조건 정리

AB는 A점에서 고정된 길이 $4m$의 축부재이고, C점은 A와 B에서 각각 $2m$ 떨어져 있다. CD는 강체이며 C점에서 우측 지점까지 $1m$, 그 지점에서 D점까지 $2m$이다. $A = 0.04m^2$, $E = 100MPa$이다. CD의 평형으로 C점에서 AB에 작용하는 힘을 먼저 구한 뒤, A-C 구간의 축변형을 D점 변위로 환산한다.

NoteBase

사용할 공식

축부재의 변형량은 $\delta = NL/(AE)$이다. CD는 강체이므로 중간 지점을 기준으로 회전하며, 같은 회전각에서 수직변위는 지점으로부터의 수평거리에 비례한다. 이 공식을 쓰는 이유는 AB의 신장은 C점의 수직이동을 만들고, CD는 휘지 않고 회전만 하여 C와 D의 변위를 기하학적으로 연결하기 때문이다.

계산 과정

1. CD에 대해 C점 모멘트를 취하면 $R \times 1 - 1kN \times 3 = 0$이므로 중간 지점의 반력은 $R = 3kN$이다. 따라서 CD가 C점에서 받는 힘은 아래쪽 $2kN$이고, AB는 C점에서 위쪽 $2kN$을 받는다.
2. AB의 A-C 구간 축력은 $1kN$의 인장력이다. 따라서 C점의 하향변위는 $\delta_C = \frac{1kN \times 2m}{0.04m^2 \times 100MPa} = 0.0005m = 0.5mm$이다.
3. CD의 지점은 C에서 $1m$, D에서 $2m$ 떨어져 있으므로 $v_D = -2v_C$이다. C가 $0.5mm$ 내려가면 D는 $1.0mm$ 올라간다.

선지 판단

① X. D점 변위의 크기는 $0.8mm$가 아니다. 틀린 표현 '$0.8mm$ 하향' → 올바르게는 '$1.0mm$ 상향'이다.
② X. D점은 위로 이동하지만 크기가 $0.8mm$가 아니다. 틀린 표현 '$0.8mm$' → 올바르게는 '$1.0mm$'이다.
③ X. 변위의 크기는 $1.0mm$이나 방향이 반대이다. 틀린 표현 '하향' → 올바르게는 '상향'이다.
④ O. C점의 하향변위 $0.5mm$에 대해 강체 CD가 지점 주위로 회전하므로 D점은 그 두 배인 $1.0mm$ 상향변위를 갖는다.

오답 포인트

C점의 변위를 곧바로 D점 변위로 보거나, 강체 CD의 회전 방향을 반대로 판단하기 쉽다. C는 지점의 왼쪽 $1m$, D는 오른쪽 $2m$에 있으므로 두 점의 변위 방향은 반대이고 D의 크기는 C의 두 배이다.

다시 나오면 이렇게 판단

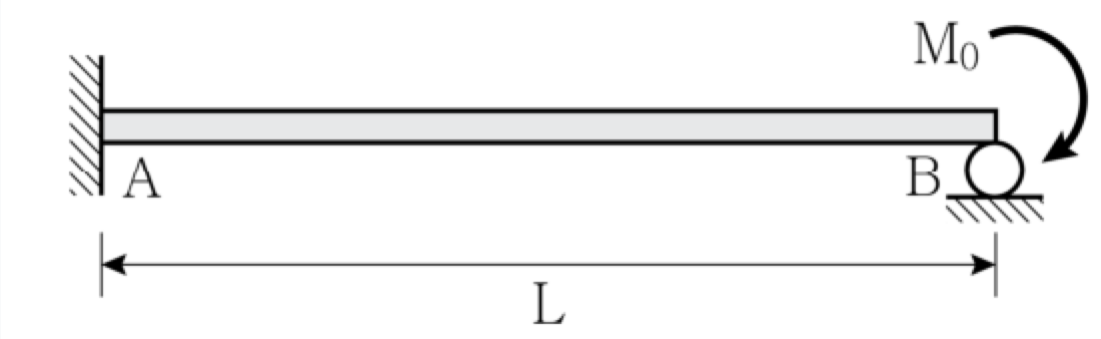
강체와 변형체가 연결된 문제는 강체의 평형으로 연결점 힘을 구하고, 변형체의 $\delta = NL/(AE)$로 연결점 변위를 구한 뒤, 강체의 회전비로 관심점 변위를 구한다.

암기 포인트

강체 회전에서는 변위비 = 지점으로부터의 거리비이고, 지점 양쪽의 변위 방향은 서로 반대이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 보에서 B점의 수직반력의 크기는? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① $\frac{M_0}{2L}$
② $\frac{2M_0}{3L}$
③ $\frac{M_0}{L}$
④ $\frac{3M_0}{2L}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 고정단 A와 롤러지점 B를 가진 1차 부정정보에서, B점의 수직변위가 0이라는 적합조건으로 B점 수직반력을 구하는 문제이다.

조건 정리

보의 길이는 L이고 휨강성 EI는 일정하다. B점에 시계방향 모멘트 M_0가 작용하며, 롤러지점 B에서는 수직변위가 0이다. 미지의 B점 수직반력을 R_B로 둔다.

사용할 공식

고정단 외팔보 끝에 작용하는 모멘트에 의한 끝점 처짐의 크기는 $M_0L^2/(2EI)$이고, 끝점 집중하중에 의한 끝점 처짐의 크기는 $R_BL^3/(3EI)$이다. B점은 롤러로 지지되어 처짐이 허용되지 않으므로, 두 처짐의 대수합을 0으로 둔다.

계산 과정

시계방향 M_0에 의한 B점 처짐과 B점 반력에 의한 처짐은 서로 반대방향이다. 따라서 적합조건은 다음과 같다.

$$\frac{M_0L^2}{2EI} - \frac{R_BL^3}{3EI} = 0$$

이를 정리하면

$$R_B = \frac{3M_0}{2L}$$

이다. 반력의 방향은 모멘트에 의한 B점 처짐을 막는 방향이며, 문제에서 묻는 크기는 $3M_0/(2L)$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 제시값 $M_0/(2L)$은 계산값보다 3배 작다. 틀린 표현 $M_0/(2L)$ → 올바르게는 $3M_0/(2L)$이다.
② X: 제시값 $2M_0/(3L)$은 적합조건에서 반력에 의한 처짐항 $R_BL^3/(3EI)$의 계수를 잘못 정리한 값이다. 틀린 표현 $2M_0/(3L)$ → 올바르게는 $3M_0/(2L)$이다.
③ X: 제시값 M_0/L은 끝모멘트 처짐식의 계수 1/2와 끝점하중 처짐식의 계수 1/3을 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현 M_0/L → 올바르게는 $3M_0/(2L)$이다.
④ O: B점 변위를 0으로 두면 $R_B = 3M_0/(2L)$가 되어 제시값과 일치한다.

오답 포인트

이 보는 평형방정식만으로는 B점 반력을 정할 수 없는 1차 부정정보이다. ③처럼 M_0/L만 만들고 끝점 처짐계수 1/2, 1/3을 빠뜨리거나, ②처럼 계수를 뒤집는 실수가 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

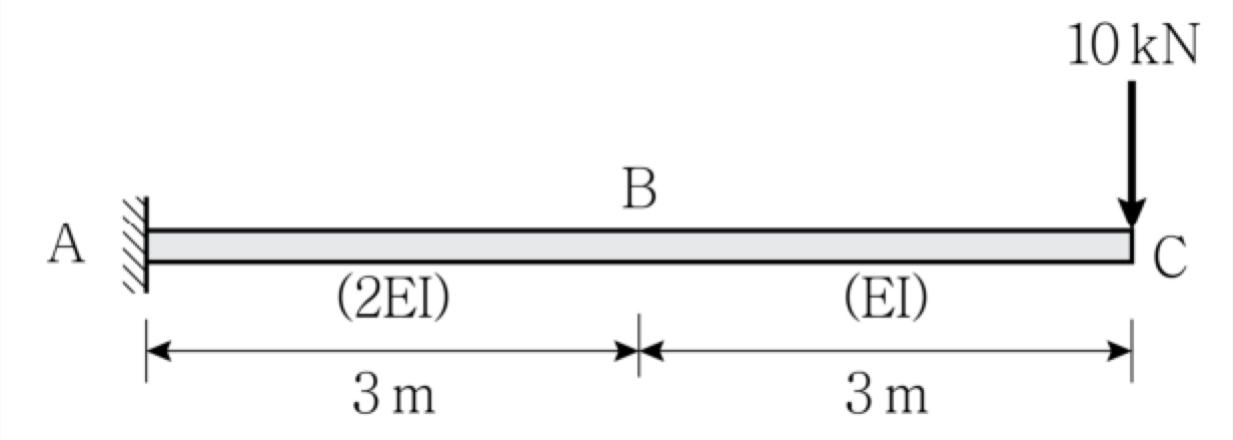
고정단-롤러 보에서는 롤러 반력을 여력으로 두고 롤러점의 수직변위 0을 적합조건으로 적용한다. 그 뒤 외력에 의한 처짐과 여력에 의한 처짐을 같은 점에서 대수합하여 0으로 둔다.

암기 포인트

외팔보 끝점 처짐은 끝모멘트 $ML^2/(2EI)$, 끝점하중 $PL^3/(3EI)$이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 캔틸레버보에서 B점의 수직처짐 Δ_B와 C점의 수직처짐 Δ_C의 비 $\left[\frac{\Delta_B}{\Delta_C}\right]$는? (단, 보의 AB구간 휨강성은 $2EI$이고, BC구간의 휨강성은 EI이며, 자중은 무시한다)



① $\frac{3}{20}$
② $\frac{5}{18}$
③ $\frac{7}{15}$
④ $\frac{3}{5}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 구간별 휨강성이 다른 캔틸레버보에서 가상일법으로 B점과 C점의 수직처짐 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

고정단 A에서 B까지와 B에서 자유단 C까지의 길이는 각각 $3m$이다.
실하중은 C점의 아래방향 $P = 10kN$이고, 휨강성은 AB 구간이 $2EI$, BC 구간이 EI이다.
구할 값은 Δ_B/Δ_C이므로 실하중 P와 공통인 EI는 최종 비에서 소거된다.

사용할 공식

가상일법에 따라 어떤 점의 처짐은 $\delta = \int Mm/(EI)dx$로 구한다. 여기서 M은 실제 하중에 의한 휨모멘트, m은 처짐을 구하려는 점에 단위하중을 가했을 때의 휨모멘트이다. 이 보에서는 C점 처짐용 단위하중과 B점 처짐용 단위하중의 작용 범위가 서로 달라 각각의 m을 구분한다.

NoteBase

계산 과정

좌표 x를 A에서 오른쪽으로 잡으면 실제 하중에 의한 모멘트는 전체 구간에서 $M = P(6-x)$이다.

B점 처짐에서는 단위하중 모멘트가 $m_B = 3-x$이고 AB 구간에서만 작용한다. 따라서
$\Delta_B = \int_0^3 \frac{P(6-x)(3-x)}{2EI}dx = \frac{45P}{4EI}$.

C점 처짐에서는 단위하중 모멘트가 전체 구간에서 $m_C = 6-x$이다. 따라서
$\Delta_C = \int_0^3 \frac{P(6-x)^2}{2EI}dx + \int_3^6 \frac{P(6-x)^2}{EI}dx = \frac{81P}{2EI}$.

그러므로
$\frac{\Delta_B}{\Delta_C} = \frac{45P/(4EI)}{81P/(2EI)} = \frac{5}{18}$.

선지 판단

① X. 계산 결과는 3/20이 아니라 5/18이다. 틀린 표현 3/20 → 올바르게는 5/18이다. B점 처짐 계산에서 AB 구간의 휨강성 $2EI$와 단위하중 모멘트 $3-x$를 함께 반영해야 한다.

② O. $\Delta_B = 45P/(4EI)$, $\Delta_C = 81P/(2EI)$이므로 그 비는 5/18이다.

③ X. 계산 결과는 7/15가 아니라 5/18이다. 틀린 표현 7/15 → 올바르게는 5/18이다. B점의 가상모멘트는 BC 구간에서 0이므로, BC 구간을 Δ_B 적분에 넣으면 안 된다.

④ X. 계산 결과는 3/5가 아니라 5/18이다. 틀린 표현 3/5 → 올바르게는 5/18이다. 처짐비를 구할 때 AB와 BC의 서로 다른 휨강성을 하나의 EI로 동일하게 취급하면 큰 오차가 생긴다.

오답 포인트

B점 처짐의 단위하중은 B점까지만 모멘트를 만들므로 BC 구간의 적분값은 0이다. 반면 C점 처짐의 단위하중은 전 구간에 모멘트를 만든다. 두 처짐에 같은 적분 구간을 적용하는 것이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

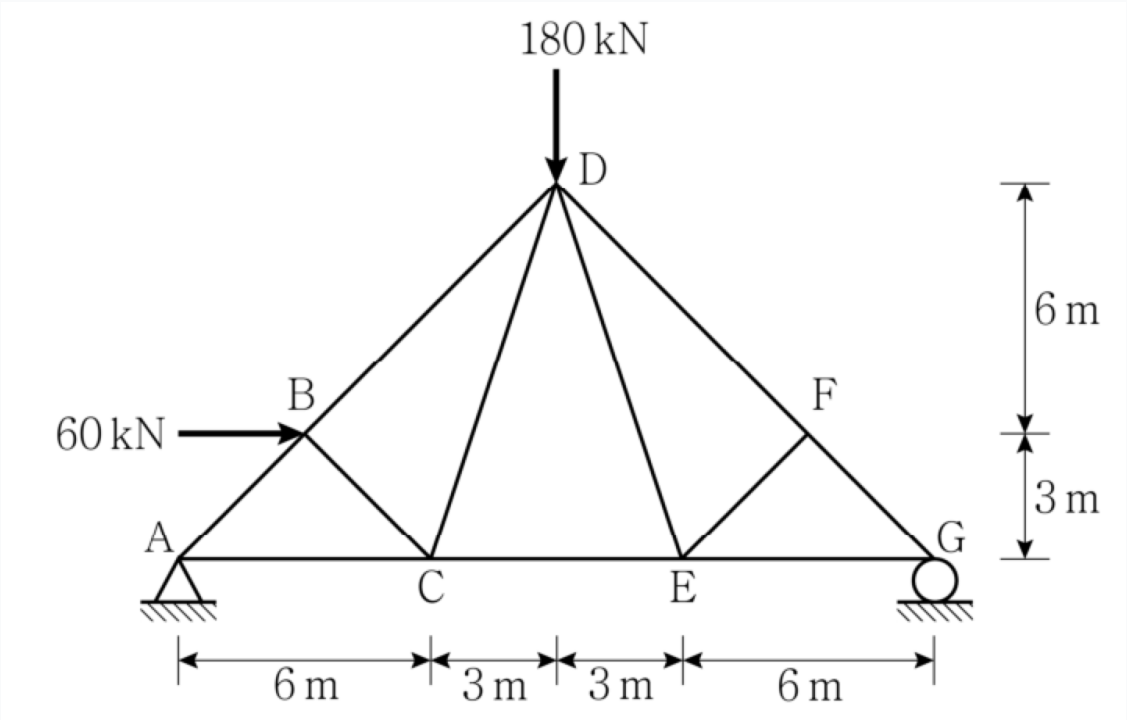
구간별 강성이 다른 보의 처짐비는 먼저 실제 모멘트 M을 구하고, 각 목표점에 단위하중을 놓아 가상모멘트 m의 작용 구간을 정한다. 그 뒤 각 구간의 EI를 나누어 $\int Mm/(EI)dx$를 계산하고 비를 취한다.

암기 포인트

가상일법은 '실제 모멘트 M × 단위하중 모멘트 m ÷ 구간별 EI'이다. 단위하중이 닿지 않는 구간의 적분값은 0이다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 트러스 구조물에서 CE부재의 부재력[kN]은? (단, 자중은 무시한다)



① 100(인장)

② 100(압축)

③ 200(인장)

④ 200(압축)

정답 1번

출제 포인트

트러스 전체의 평형으로 지점반력을 구한 뒤, 절단법으로 CE 부재력을 구하는 문제이다.

조건 정리

수평거리: A-C는 6m, C-D의 수직투영과 D-E의 수직투영은 각각 3m, E-G는 6m이다.
하중: B점에 오른쪽으로 60kN, D점에 아래쪽으로 180kN이 작용한다.
구할 값: CE 부재력이다. 인장을 양(+)으로 둔다.

사용할 공식

트러스 전체에는 $\sum M_A = 0$, $\sum F_y = 0$을 적용하고, CE를 자른 부분에는 절단면 평형을 적용한다. CE의 부재력은 수평력이므로 D점에 대한 모멘트를 취하면 다른 절단 부재력의 영향을 없앨 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. A점에 대한 전체 모멘트 평형에서 G점의 수직반력을 G_y라 하면
$18G_y - 180 \times 9 - 60 \times 3 = 0$
이므로 $G_y = 100\text{kN}$이다.
2. CE, DE, DF를 절단하고 오른쪽 부분을 취한다. D점에 대한 모멘트를 취하면 DE와 DF의 부재력은 D점을 지나므로 모멘트가 0이다.
3. CE가 인장일 때 오른쪽 절단면에는 왼쪽 방향으로 작용한다. 따라서
$100 \times 9 - F_{CE} \times 9 = 0$
이므로 $F_{CE} = 100\text{kN}$이다. 양(+)으로 나왔으므로 CE는 인장이다.

선지 판단

① O: CE 부재력은 100kN 인장이다.
② X: '압축'이 틀린 표현이다. 올바르게는 100kN 인장이다.
③ X: '200'이 틀린 표현이다. 올바르게는 100kN 인장이다. 180 kN의 D점 하중만 보고 지점반력 및 모멘트팔을 반영하지 않으면 큰 값으로 잘못 판단할 수 있다.
④ X: '200(압축)'이 틀린 표현이다. 올바르게는 100kN 인장이다. 크기와 부재력 방향이 모두 다르다.

오답 포인트

CE를 절단한 뒤 D점에 대한 모멘트를 취할 때, CE의 모멘트팔은 9m이고 G점 반력의 모멘트팔도 9m이다. 이 두 모멘트팔이 같으므로 CE 부재력의 크기는 G점 수직반력과 같은 100kN이 된다. 인장 가정의 부호를 압축으로 뒤집는 실수를 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 트러스 전체의 지점반력을 구한다. 다음으로 구하려는 부재와 함께 두 부재를 절단하고, 나머지 두 절단 부재가 만나는 점에 대한 모멘트를 취해 목표 부재력만 남긴다. 계산 결과가 인장으로 가정한 방향과 같으면 인장, 반대이면 압축이다.

암기 포인트

절단법은 '목표 부재 + 두 부재 절단, 두 부재의 교점에 모멘트'로 정리한다.

NoteBase

문 12. 압축을 받는 균일 장주에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 휨강성 EI는 일정하고, 탄성좌굴이론을 따른다)

① 임계좌굴하중이 작용하중보다 크면 안정상태이다.

② 재료의 항복강도가 커지면 임계좌굴하중도 커진다.

③ 임계좌굴하중과 작용하중이 같으면 중립평형상태이다.

④ 작용하중이 임계좌굴하중보다 크면 불안정평형상태이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 탄성좌굴을 따르는 균일 장주의 임계좌굴하중과 작용하중의 관계, 그리고 임계좌굴하중을 좌우하는 인자를 묻는 문제이다.

핵심 개념

임계좌굴하중은 장주가 곧은 평형을 유지할 수 있는 한계 축하중이다. 탄성좌굴에서 오일러 임계좌굴하중은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$로 나타내며, 휨강성 EI, 유효좌굴길이 KL에 의해 결정된다. 따라서 재료의 항복강도는 탄성좌굴 임계좌굴하중을 직접 크게 하지 않는다.

선지별 해설

① O. 임계좌굴하중이 작용하중보다 크면 아직 좌굴 한계에 이르지 않았으므로 안정평형상태이다.

② X. 틀린 표현은 '재료의 항복강도가 커지면 임계좌굴하중도 커진다'이다. 탄성좌굴의 임계좌굴하중은 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$에 따르므로, 항복강도가 아니라 휨강성 EI와 유효좌굴길이에 의해 결정된다. 올바르게는 '휨강성 EI가 커지면 임계좌굴하중이 커진다'이다.

③ O. 작용하중과 임계좌굴하중이 같으면 좌굴이 발생할 수 있는 경계 상태이므로 중립평형상태이다.

④ O. 작용하중이 임계좌굴하중보다 크면 작은 횡변위가 더 커지는 방향으로 진행되므로 불안정평형상태이다.

오답 포인트

②는 '강도'와 '강성'을 바꾸어 놓은 선지이다. 항복강도는 재료가 항복하는 한계와 관련되고, 이 문항의 탄성좌굴하중은 휨강성 EI와 기둥의 유효길이에 의해 정해진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

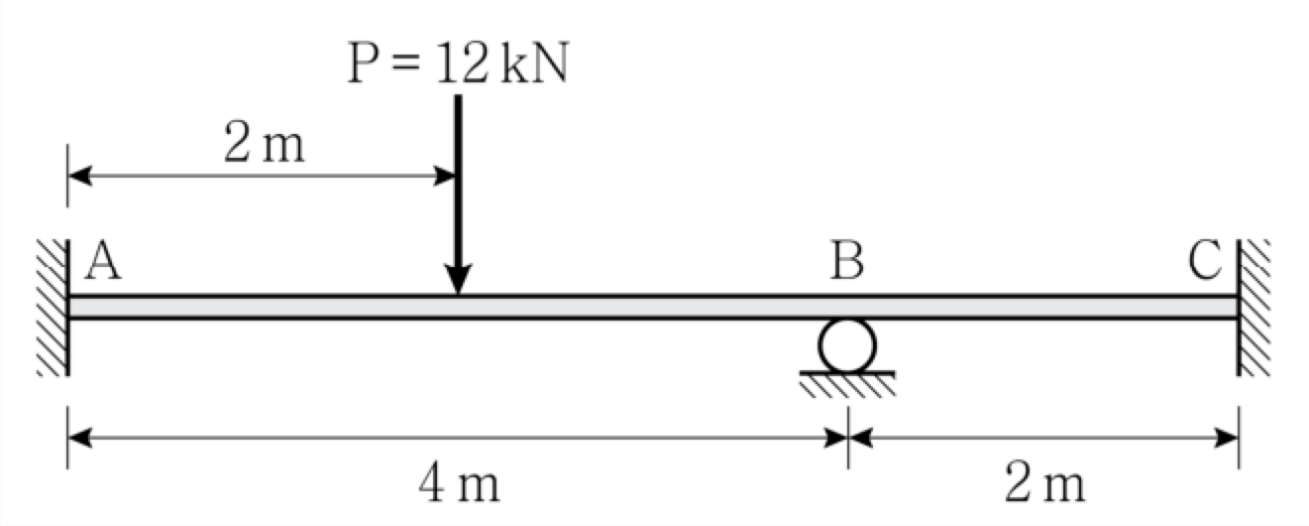
장주의 탄성좌굴 문제에서는 먼저 작용하중과 P_{cr}를 비교한다. 작용하중이 P_{cr}보다 작으면 안정, 같으면 중립, 크면 불안정으로 판단한다. 이어서 임계좌굴하중의 변화는 EI와 유효좌굴길이의 변화로 판단한다.

암기 포인트

좌굴은 강도보다 강성이다: $P < P_{cr}$ 안정, $P = P_{cr}$ 중립, $P > P_{cr}$ 불안정이다.

NoteBase

문 13. 그림과 같은 부정정보에서 AB구간의 중앙에 집중하중 12kN이 작용할 때, B점의 휨모멘트의 크기 [kN · m]는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 자중은 무시한다)



① 1

② 2

③ 4

④ 7

정답 3번

출제 포인트

고정단 A·C와 중간 롤러지점 B를 가진 부정정보에서, 절점 B의 회전 평형으로 휨모멘트를 구하는 문제이다.

조건 정리

AB의 길이는 4m, BC의 길이는 2m이다. AB 중앙에 $P = 12\text{kN}$의 집중하중이 작용한다. A와 C는 고정단이므로 $\theta_A = \theta_C = 0$이고, B는 수직변위는 없지만 회전 θ_B는 가능하다.

사용할 공식

기울기-처짐식은 $M_{ij} = \frac{2EI}{L}(2\theta_i + \theta_j) + M_{ij}^F$이다. AB 중앙 집중하중의 고정단모멘트는 양 끝에서 크기 $PL/8 = 12 \times 4/8 = 6\text{kN} \cdot \text{m}$이다. B절점에는 외력이 작용하지 않으므로, B에 모이는 부재단 모멘트의 대수합은 0이다.

NoteBase

계산 과정

AB 부재의 B단 모멘트는 $M_{BA} = EI\theta_B - 6$이다. BC 부재의 B단 모멘트는 $M_{BC} = 2EI\theta_B$이다.
$M_{BA} + M_{BC} = 0$
$(EI\theta_B - 6) + 2EI\theta_B = 0$
$\theta_B = \frac{2}{EI}$
따라서 $M_{BA} = EI\left(\frac{2}{EI}\right) - 6 = -4\text{kN}\cdot\text{m}$이다. 부호는 B에서의 휨 방향을 나타내며, 요구한 크기는 $4\text{kN}\cdot\text{m}$이다.

선지 판단

① X: B점 휨모멘트의 크기는 $1\text{kN}\cdot\text{m}$가 아니다. 틀린 값 $1\text{kN}\cdot\text{m}$ → 올바르게는 $4\text{kN}\cdot\text{m}$이다.
② X: B점 휨모멘트의 크기는 $2\text{kN}\cdot\text{m}$가 아니다. 틀린 값 $2\text{kN}\cdot\text{m}$ → 올바르게는 $4\text{kN}\cdot\text{m}$이다.
③ O: 절점 회전 평형에서 $M_B = -4\text{kN}\cdot\text{m}$가 계산되므로, 그 크기는 $4\text{kN}\cdot\text{m}$이다.
④ X: B점 휨모멘트의 크기는 $7\text{kN}\cdot\text{m}$가 아니다. 틀린 값 $7\text{kN}\cdot\text{m}$ → 올바르게는 $4\text{kN}\cdot\text{m}$이다.

오답 포인트

B는 롤러지점이므로 휨모멘트가 항상 0이라고 판단하면 안 된다. B는 지반과의 접점에서는 모멘트를 전달하지 않지만, 연속된 보의 단면 B에는 좌우 부재의 휨으로 인한 내부 휨모멘트가 존재한다. 또한 계산값의 음수 부호는 방향이고, 문제는 크기를 물으므로 절댓값을 취한다.

다시 나오면 이렇게 판단

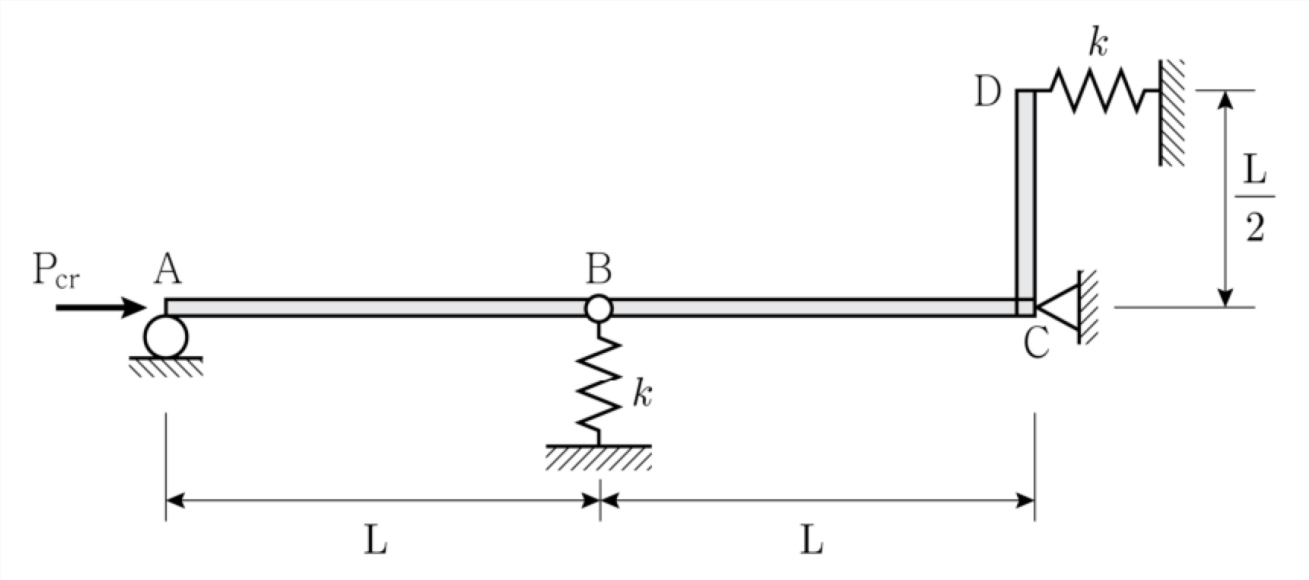
부정정보의 절점 모멘트 문제는 고정단의 회전을 0으로 놓고, 하중이 있는 부재에는 고정단모멘트를 포함한 기울기-처짐식을 적용한다. 그다음 절점에서 부재단 모멘트의 대수합이 0인 조건으로 미지 회전을 구하고, 마지막에 요구한 모멘트의 크기를 확인한다.

암기 포인트

AB 중앙 집중하중의 고정단모멘트 크기는 $PL/8$이며, B절점에서는 $M_{BA} + M_{BC} = 0$이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 강체봉 AB부재와 BC부재는 내부힌지로, BC부재와 CD부재는 90°로 강절로 연결되어 있으며, B점과 D점은 스프링상수 k인 병진스프링으로 각각 지지되어 있다. ABC부재의 축방향 임계좌굴하중 P_{cr}은? (단, 모든 부재의 자중은 무시한다)



① $\frac{3}{8}kL$

② $\frac{1}{2}kL$

③ $\frac{5}{8}kL$

④ $\frac{3}{4}kL$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 강체봉이 C점 둘레로 미소 회전할 때 두 병진스프링의 변형에너지와 압축하중이 하는 일을 비교하여 좌굴하중을 구하는 문제이다.

조건 정리

C점 둘레의 미소 회전각을 θ라 둔다. B점의 수직변위는 $L\theta$, D점의 수평변위는 $\frac{L}{2}\theta$이다. A점은 수평으로 $L\theta^2$ 만큼 이동하며, 이는 AB와 BC가 각각 길이 L인 강체봉이라는 기하관계에서 나온다.

사용할 공식

스프링의 변형에너지는 $U=\frac{1}{2}k\delta^2$이고, 일정 압축하중 P의 위치에너지는 수평 이동량 Δx_A에 대해 $-P\Delta x_A$이다. 좌굴 임계상태에서는 전체 위치에너지의 θ^2 항의 계수가 0이 된다. 두 스프링의 변위와 하중 작용점 A의 이동이 모두 회전각 θ로 표현되므로 이 에너지식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

두 스프링의 변형에너지는 다음과 같다.
$U_s = \frac{1}{2}k\left[(L\theta)^2 + \left(\frac{L}{2}\theta\right)^2\right] = \frac{5}{8}kL^2\theta^2$
A점의 수평이동은 $\Delta x_A = L\theta^2$이므로 압축하중에 의한 위치에너지 변화는 $-PL\theta^2$이다. 따라서 전체 위치에너지의 2차항은
$\Delta\Pi = \left(\frac{5}{8}kL^2 - PL\right)\theta^2$
이다. 임계상태에서 괄호 안이 0이므로 $P_{cr} = \frac{5}{8}kL$이다.

선지 판단

① X: $\frac{3}{8}kL$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 $P_{cr} = \frac{3}{8}kL$ → 올바르게는 $P_{cr} = \frac{5}{8}kL$이다.
② X: $\frac{1}{2}kL$는 D점 스프링의 변형에너지 $\frac{1}{2}k(\frac{L}{2}\theta)^2$를 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현 $P_{cr} = \frac{1}{2}kL$ → 올바르게는 $P_{cr} = \frac{5}{8}kL$이다.
③ O: 두 스프링의 회전강성 기여가 kL^2와 $\frac{1}{4}kL^2$이므로 $P_{cr} = \frac{5}{8}kL$가 된다.
④ X: $\frac{3}{4}kL$는 계산 결과보다 크다. 틀린 표현 $P_{cr} = \frac{3}{4}kL$ → 올바르게는 $P_{cr} = \frac{5}{8}kL$이다.

오답 포인트

D점의 수평변위는 $L\theta$가 아니라 $\frac{L}{2}\theta$이다. 따라서 D점 스프링의 에너지 기여에는 거리의 제곱에 따라 $\frac{1}{4}$가 붙는다. 이 항을 빼면 ②의 $\frac{1}{2}kL$를 선택하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

강체-스프링 좌굴 문제에서는 기준점 둘레의 미소 회전각 하나를 정하고, 각 스프링 변위를 회전반경×회전각으로 쓴 뒤 스프링 변형에너지와 축력의 일을 같은 θ^2 차수에서 비교한다.

암기 포인트

병진스프링의 회전강성 기여는 kr^2이다. 회전반경이 절반이면 기여는 $\frac{1}{4}$가 된다.

NoteBase

문 15. 부정정구조물의 해석방법인 응력법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 응력법은 지점반력이나 부재의 단면력을 미지수로 하여 해석하는 방법이다.

② 모멘트분배법은 간단한 계산으로 재단모멘트를 얻을 수 있는 반복 근사해법으로 응력법에 속한다.

③ 3연모멘트법은 연속된 지점 사이에 작용하는 하중 상호 간의 관계식을 이용하는 방법으로 응력법에 속한다.

④ 변위일치법은 처짐에 관한 겹침의 원리와 적합방정식을 이용하여 부정정력을 구하는 방법으로 응력법에 속한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 부정정구조 해석에서 응력법(력법)과 변위법을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

응력법은 부정정 반력이나 부재력 같은 여력(불정정력)을 미지수로 두고, 변형의 적합조건으로 이를 구하는 방법이다.
변위법은 절점 회전각·처짐 등 변위를 미지수로 두고 평형조건으로 절점력이나 부재단부력을 구하는 방법이다.
응력법은 힘을 미지수로, 변위법은 변위를 미지수로 삼는 점이 결정적인 구별 기준이다.

선지별 해설

① O: 응력법은 지점반력이나 부재의 단면력과 같은 불정정력을 미지수로 정하여 해석한다.
② X: 틀린 표현은 '응력법에 속한다'이다. 모멘트분배법은 절점의 회전과 모멘트 평형을 이용하여 반복 계산하는 변위법에 속한다.
③ O: 3연모멘트법은 연속보의 세 연속 지점 모멘트와 지점 사이 경간의 하중 관계를 이용하여 불정정력을 구하므로 응력법에 속한다.
④ O: 변위일치법은 처짐에 관한 겹침의 원리와 적합방정식을 이용하여 불정정력을 구하는 방법이므로 응력법에 속한다.

오답 포인트

모멘트분배법도 단부모멘트를 계산하므로 응력법처럼 보이기 쉽다. 그러나 핵심 미지수와 계산 과정은 절점 회전 같은 변위이며, 절점에서의 모멘트 평형을 만족시키는 방법이므로 변위법이다.

다시 나오면 이렇게 판단

미지수를 먼저 확인한다. 불정정 반력·부재력·단면력을 먼저 정하면 응력법이고, 절점 회전·처짐·변위를 먼저 정하면 변위법이다. 그 기준으로 각 해석법을 분류한다.

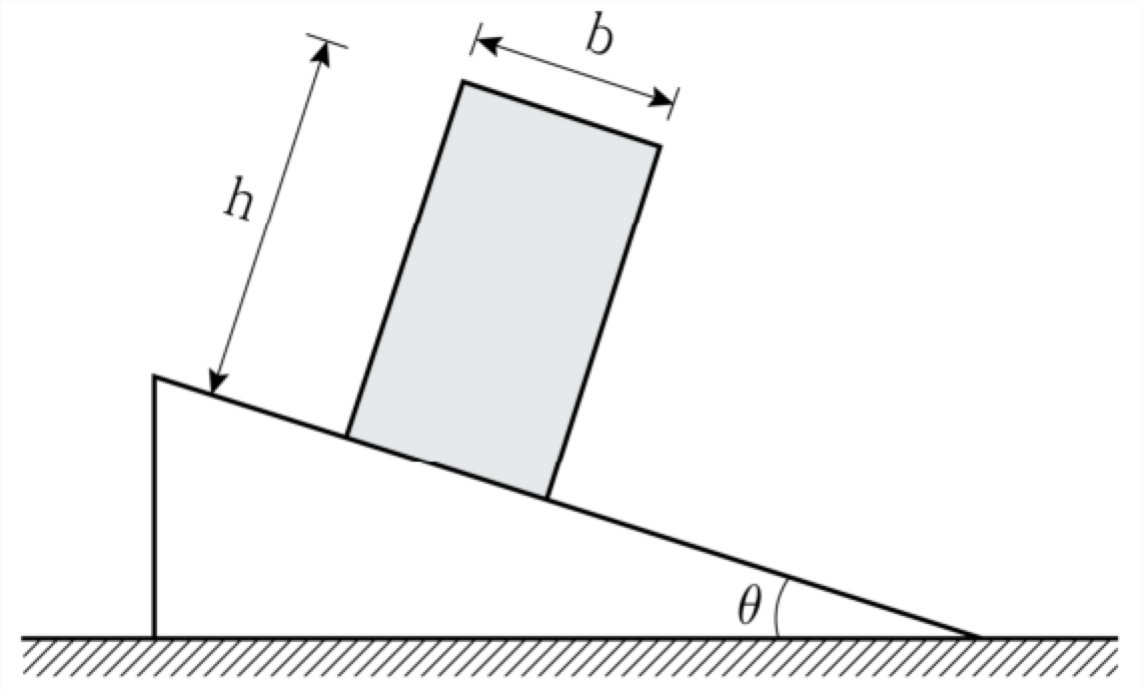
NoteBase

암기 포인트

힘을 미지수로 두면 응력법, 변위를 미지수로 두면 변위법이다. 모멘트분배법은 변위법이다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 θ만큼 기울어진 면에 폭 b, 높이 h의 균질한 직육면체 물체가 전도되지 않고 미끄러지기 시작했다. 다음 중 옳지 않은 것은? (단, μ_s는 물체와 기울어진 면 사이의 최대정지마찰계수이고, 물체의 질량은 m이며, 중력가속도는 g이다)



① $\tan\theta$는 $\frac{b}{h}$ 이하이다.

② 최대정지마찰력은 $mg\cos\theta\mu_s$이다.

③ 최대정지마찰계수 μ_s는 $\tan\theta$보다 크다.

④ 최대정지마찰계수는 운동마찰계수보다 크다.

정답 3번

출제 포인트

경사면 위 직육면체의 미끄럼 조건과 전도 조건을 비교하는 문제이다. 미끄럼은 경사면 방향 힘과 최대정지마찰력의 비교로, 전도는 무게의 작용선이 밑면 끝을 지나는 조건으로 판단한다.

조건 정리

물체는 전도하지 않고 아래쪽으로 미끄러지기 시작한다. 경사면에 수직한 반력은 $N = mg\cos\theta$이고, 최대정지마찰력은 $f_{s,\max} = \mu_s N$이다. 밑면의 경사면 방향 폭은 b, 경사면에 수직한 높이는 h이다.

NoteBase

사용할 공식

미끄럼이 시작되는 조건은 $mg\sin\theta \geq f_{s,\max} = \mu_s mg\cos\theta$이므로 $\tan\theta \geq \mu_s$이다. 전도 한계에서는 아래쪽 밑면 모서리에 대한 모멘트가 같아 $mg\sin\theta \cdot \frac{h}{2} = mg\cos\theta \cdot \frac{b}{2}$이고, 따라서 $\tan\theta = \frac{b}{h}$이다. 전도하지 않으려면 $\tan\theta \leq \frac{b}{h}$이어야 한다.

계산 과정

1. 수직항 평형에서 $N = mg\cos\theta$를 구한다.
2. 최대정지마찰력은 $f_{s,\max} = \mu_s mg\cos\theta$이다. 미끄러지기 시작했으므로 경사면 아래 방향 성분 $mg\sin\theta$는 이 값 이상이며, $\mu_s \leq \tan\theta$가 된다.
3. 전도 한계는 무게의 작용선이 아래쪽 모서리를 지날 때이다. 모멘트 평형으로 $\tan\theta = \frac{b}{h}$를 얻으므로, 전도하지 않는 조건은 $\tan\theta \leq \frac{b}{h}$이다.

선지 판단

① O: 전도하지 않는 조건은 $\tan\theta \leq \frac{b}{h}$이다. 한계를 넘으면 무게의 작용선이 밑면 밖으로 나가 아래쪽 모서리를 축으로 전도한다.

② O: 최대정지마찰력은 $f_{s,\max} = \mu_s N = mg\cos\theta\mu_s$이다.

③ X: 미끄러지기 시작하려면 $mg\sin\theta \geq \mu_s mg\cos\theta$이므로 $\mu_s \leq \tan\theta$이다. 틀린 표현인 'μ_s는 $\tan\theta$보다 크다'는 'μ_s는 $\tan\theta$보다 작거나 같다'로 고쳐야 한다.

④ O: 일반적으로 최대정지마찰계수는 운동마찰계수보다 크다. 따라서 물체가 정지 상태를 벗어난 뒤에는 필요한 마찰력이 더 작아진다.

오답 포인트

③은 '미끄러지기 시작했다'는 조건의 부등호 방향을 거꾸로 읽게 만드는 선지이다. 정지 상태를 유지할 수 있는 경우에는 $mg\sin\theta \leq \mu_s mg\cos\theta$이지만, 이미 미끄러지기 시작한 경우에는 그 한계를 넘거나 같아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

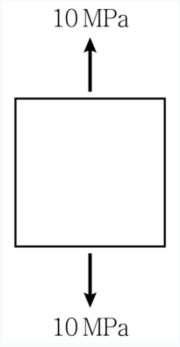
경사면 물체는 먼저 $mg\sin\theta$와 $\mu_s mg\cos\theta$를 비교하여 미끄럼을 판단한다. 이어서 아래쪽 모서리에 대한 모멘트를 비교하여 $\tan\theta$와 b/h를 비교하면 전도 여부를 판단할 수 있다.

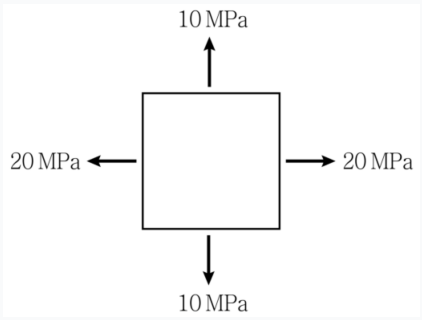
암기 포인트

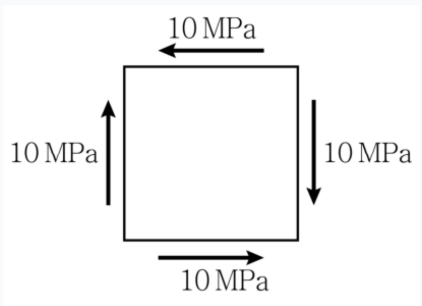
미끄럼 한계는 $\tan\theta = \mu_s$, 전도 한계는 $\tan\theta = \frac{b}{h}$이다.

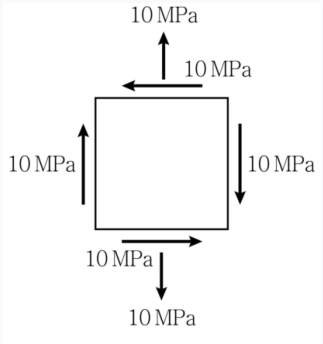
NoteBase

문 17. 다음의 평면응력 상태 중에서 최대전단응력의 크기가 가장 큰 것은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

출제 포인트

평면응력 상태에서 주응력 차의 절반으로 최대전단응력을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

①은 $\sigma_x = 0,\ \sigma_y = 10\text{MPa},\ \tau_{xy} = 0$인 단축 인장 상태이다.
②는 $\sigma_x = 20\text{MPa},\ \sigma_y = 10\text{MPa},\ \tau_{xy} = 0$인 이축 인장 상태이다.
③은 $\sigma_x = \sigma_y = 0,\ \tau_{xy} = 10\text{MPa}$인 순수전단 상태이다.
④는 $\sigma_x = 0,\ \sigma_y = 10\text{MPa},\ \tau_{xy} = 10\text{MPa}$인 인장과 전단의 조합 상태이다.

사용할 공식

평면응력의 최대전단응력은 $\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$이다. 모어원의 반지름이 곧 최대전단응력이므로, 수직응력 차와 전단응력을 함께 반영한다.

계산 과정

① $\tau_{\max} = \sqrt{(-5)^2 + 0^2} = 5\text{MPa}$이다.
② $\tau_{\max} = \sqrt{5^2 + 0^2} = 5\text{MPa}$이다.
③ $\tau_{\max} = \sqrt{0^2 + 10^2} = 10\text{MPa}$이다.
④ $\tau_{\max} = \sqrt{(-5)^2 + 10^2} = 5\sqrt{5}\,\text{MPa}$이며, 약 11.18MPa이다. 따라서 ④가 가장 크다.

선지 판단

① X. 10 MPa 단축 인장 상태의 최대전단응력은 5MPa이다. ①이 가장 크다는 판단은 틀리며, 바르게는 ④의 $5\sqrt{5}\,\text{MPa}$보다 작다.
② X. 두 수직응력의 차가 10MPa이므로 최대전단응력은 5MPa이다. ②가 가장 크다는 판단은 틀리며, 바르게는 ④가 가장 크다.
③ X. 순수전단 10MPa의 최대전단응력은 10MPa이다. ③이 가장 크다는 판단은 틀리며, 바르게는 수직응력과 전단응력이 함께 작용하는 ④가 더 크다.
④ O. $\sigma_y = 10\text{MPa}$와 $\tau_{xy} = 10\text{MPa}$를 함께 대입하면 $5\sqrt{5}\,\text{MPa}$가 되어 네 상태 중 가장 크다.

오답 포인트

③의 순수전단 10MPa만 보고 가장 크다고 판단하기 쉽다. 그러나 ④는 같은 전단응력에 수직응력 차까지 더해져 모어원의 반지름이 10MPa보다 커진다.

다시 나오면 이렇게 판단

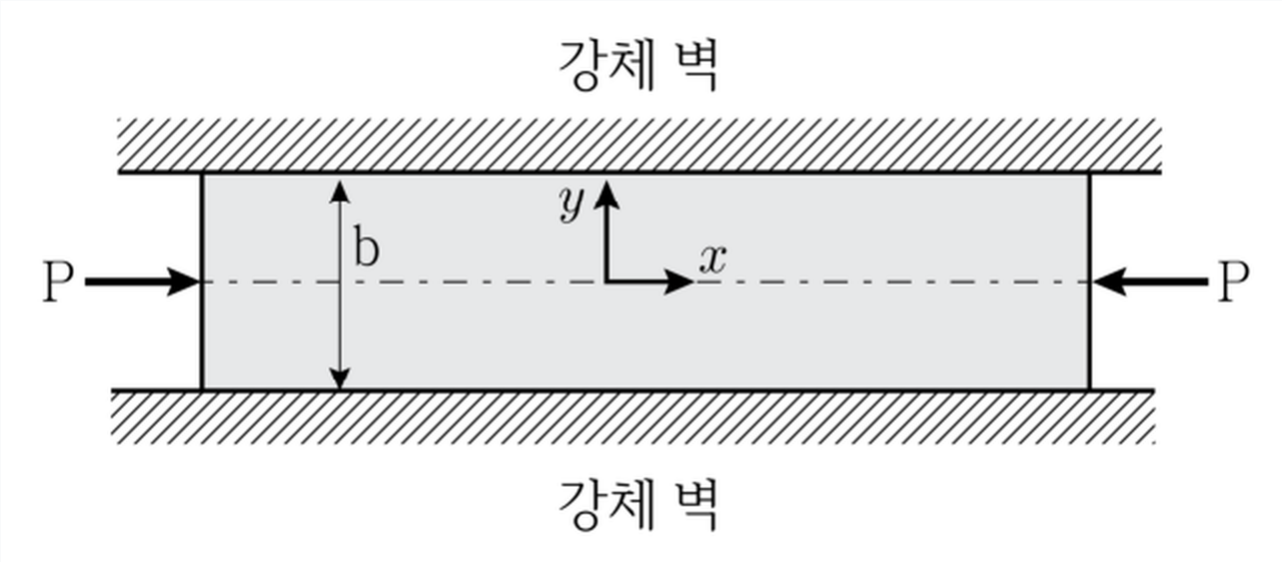
각 상태에서 $(\sigma_x - \sigma_y)/2$와 τ_{xy}를 구한 뒤, $\sqrt{((\sigma_x - \sigma_y)/2)^2 + \tau_{xy}^2}$를 비교하면 된다. 수직응력이 같게 작용하는 부분은 최대전단응력에 영향을 주지 않는다.

암기 포인트

최대전단응력은 모어원 반지름이다. 수직응력 차와 전단응력이 함께 클수록 커진다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 y축 방향으로만 구속된 폭 b, 두께 t인 얇은 평판에 x축 방향으로 축하중 P가 작용할 때, 평판에 발생하는 응력과 변형률에 대한 내용으로 옳지 않은 것은? (단, σ는 수직응력, ε은 수직변형률, ν는 푸아송비, E는 탄성계수이고, 자중은 무시한다)



① $\sigma_y = 0$

② $\varepsilon_y = 0$

③ $\sigma_x = -\frac{P}{bt}$

④ $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x - \nu\sigma_y}{E}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 y방향이 강체 벽으로 구속된 얇은 평판의 구속변형 조건과 2축 응력-변형률 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

평판 단면적은 bt이므로 x방향 압축응력은 $\sigma_x = -P/(bt)$이다.
강체 벽이 y방향 변형을 막으므로 $\varepsilon_y = 0$이다.
평판 두께방향 표면은 자유면이므로 $\sigma_z = 0$인 평면응력 상태이다.

사용할 공식

등방성 선형탄성체의 응력-변형률 관계는 $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)}{E}$, $\varepsilon_y = \frac{\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)}{E}$이다.
이 문제에서는 $\sigma_z = 0$, $\varepsilon_y = 0$이라는 조건을 대입하여 구속 반력응력 σ_y를 판단한다.

NoteBase

계산 과정

1. x방향 평형으로부터 $\sigma_x = -P/(bt)$이다.
2. $\varepsilon_y = (\sigma_y - \nu\sigma_x)/E = 0$이므로 $\sigma_y = \nu\sigma_x = -\nu P/(bt)$이다.
3. 따라서 σ_y는 압축응력으로 발생하며 일반적으로 0이 아니다. 또한 $\varepsilon_x = (\sigma_x - \nu\sigma_y)/E$이다.

선지 판단

① X. y방향 변형률은 0이지만, 이를 막는 강체 벽의 반력 때문에 σ_y는 0이 아니다. 틀린 표현 $\sigma_y = 0$ → 올바르게는 $\sigma_y = \nu\sigma_x = -\nu P/(bt)$이다.
② O. 강체 벽이 y방향 길이변화를 구속하므로 $\varepsilon_y = 0$이다.
③ O. x방향 단면적이 bt이고 압축을 음으로 두면 $\sigma_x = -P/(bt)$이다.
④ O. $\sigma_z = 0$인 평면응력 상태에서 일반화된 훅의 법칙은 $\varepsilon_x = (\sigma_x - \nu\sigma_y)/E$가 된다.

오답 포인트

①처럼 변형률이 0이면 같은 방향의 응력도 0이라고 혼동하기 쉽다. 자유면에서는 응력이 0이 될 수 있으나, 이 문제의 y방향은 강체 벽이 변형을 구속하므로 반력응력이 발생한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 자유로운 방향은 응력 0, 강체 벽으로 구속된 방향은 변형률 0인지 구분한다. 그다음 일반화된 훅의 법칙에 해당 경계조건을 대입하여 미지 응력 또는 변형률을 구한다.

암기 포인트

자유면은 $\sigma = 0$, 강체 구속방향은 $\varepsilon = 0$이며, 구속은 포아송 효과에 의한 반력응력을 만든다.

NoteBase

문 19. 100kPa**의 내압이 작용하고 있는 박벽(두께가 얇은 벽)의 구형 형상을 가진 해양조사탱크(압력용기)를 물 속에 넣었다. 이 탱크 벽에** 200kPa**의 압축응력이 발생할 때, 물 표면으로부터 탱크 중심까지의 거리**[m]**는? (단, 물의 단위중량은** 10kN/m^3**, 탱크의 내경** $d = 100\text{mm}$**, 탱크의 벽두께** $t = 5\text{mm}$**이고, 좌굴과 자중은 고려하지 않는다)**

① 8

② 10

③ 12

④ 14

정답 4번

출제 포인트

얇은 구형 압력용기의 막응력 식으로 압축응력이 $200kPa$가 되는 탱크 중심의 수심을 구하는 문제이다.

조건 정리

내압은 $100kPa$, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$, 내경은 $d = 100mm = 0.10m$, 벽두께는 $t = 5mm = 0.005m$이다.
외압이 내압보다 커야 탱크 벽에 압축응력이 발생한다.

사용할 공식

얇은 구형 용기의 막응력 크기는 $\sigma = \frac{\Delta p d}{4t}$이다. 여기서 Δp는 벽 안팎의 압력차이다.
구형 용기는 모든 방향의 막응력이 같으므로 이 식을 사용한다. 압축응력의 경우 $\Delta p = p_{\text{out}} - p_{\text{in}}$이다.

계산 과정

압축응력의 크기가 $200kPa$이므로
$200 = \frac{(p_{\text{out}} - 100) \times 0.10}{4 \times 0.005}$
따라서 $p_{\text{out}} - 100 = 40kPa$이고, 외부 수압은 $p_{\text{out}} = 140kPa$이다.
정수압 $p_{\text{out}} = \gamma h$를 적용하면
$h = \frac{140kPa}{10kN/m^3} = 14m$
이다. $1kPa = 1kN/m^2$이므로 단위가 소거되어 m가 남는다.

NoteBase

선지 판단

① X. $8m$에서는 외부 수압이 $80kPa$로 내압 $100kPa$보다 작아 압축응력이 아니라 인장응력이 발생한다. 틀린 값 $8m$ → 올바르게는 $14m$이다.
② X. $10m$에서는 외부 수압이 $100kPa$가 되어 내압과 같으므로 막응력은 0이다. 틀린 값 $10m$ → 올바르게는 $14m$이다.
③ X. $12m$에서는 외부 수압이 $120kPa$이므로 압력차는 $20kPa$이고 압축응력은 $100kPa$이다. 틀린 값 $12m$ → 올바르게는 $14m$이다.
④ O. $14m$에서는 외부 수압이 $140kPa$, 안팎 압력차가 $40kPa$이므로
$\sigma = 40 \times 0.10/(4 \times 0.005) = 200kPa$의 압축응력이 발생한다.

오답 포인트

외부 수압 γh만을 바로 막응력 식에 넣으면 내압 $100kPa$를 빼먹는다. $10m$에서는 안팎 압력이 같아 막응력이 0이라는 점도 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

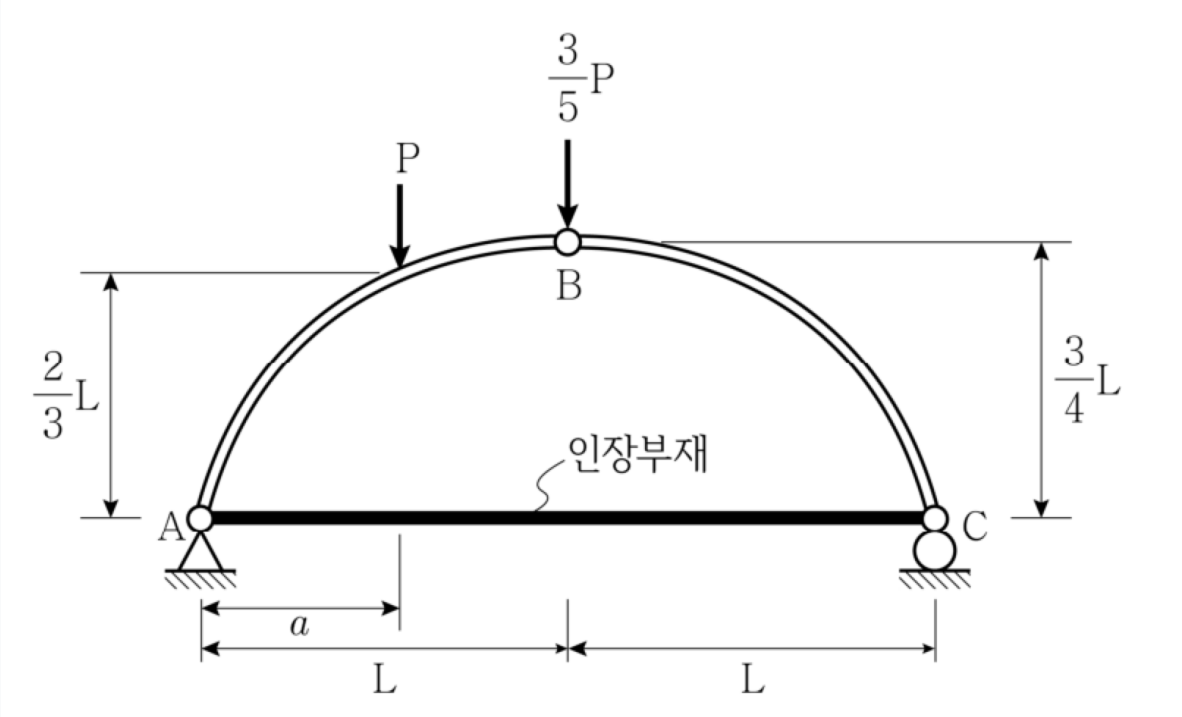
구형 용기에서는 먼저 $\sigma = \Delta pd/(4t)$로 필요한 압력차를 구한다. 압축응력인지 인장응력인지에 따라 안팎 압력차의 방향을 정한 뒤, $p_{\text{out}} = \gamma h$로 수심을 계산한다.

암기 포인트

구형 용기 막응력은 $\sigma = \Delta pd/(4t)$이며, 외압이 내압보다 크면 압축응력이 발생한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 3활절 아치의 A점과 C점이 인장부재로 연결되어 있고, 두 개의 집중하중이 작용할 때, 인장부재에 발생하는 인장력이 $0.6P$이면 $\frac{a}{L}$의 값은? (단, 아치와 인장부재의 자중은 무시한다)



① $\frac{3}{5}$
② $\frac{1}{2}$
③ $\frac{2}{5}$
④ $\frac{3}{10}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 3활절 아치의 전체 평형과 중앙힌지 B에 대한 좌측 아치의 모멘트 평형을 이용하여 a/L를 구하는 문제이다.

조건 정리

지점 간 거리는 $2L$이고, B의 높이는 $3L/4$이다.
하중 P의 수평좌표는 A로부터 a, B에는 아래쪽으로 $3P/5$가 작용한다.
인장부재의 인장력은 $T = 0.6P$이다.
$q = a/L$로 두고 계산한다.

NoteBase

사용할 공식

전체 구조에 대해 $\sum M_A = 0$, $\sum V = 0$을 적용하고, 좌측 아치 AB에 대해 중앙힌지 B의 모멘트 평형 $\sum M_B = 0$을 적용한다.
B는 힌지이므로 B에서의 반력은 B점에 대한 모멘트를 만들지 않는다. 또한 B에 작용하는 $3P/5$ 하중도 B점을 지나므로 이 모멘트식에는 나타나지 않는다.

계산 과정

전체 구조의 A점 모멘트 평형에서
$C_y(2L) - P(a) - \frac{3P}{5}L = 0$
이므로 $C_y/P = (q + 0.6)/2$이다. 따라서 수직평형으로
$\frac{A_y}{P} = 1.6 - \frac{q+0.6}{2} = 1.3 - 0.5q$
이다.

다음으로 좌측 아치 AB를 분리하여 B점에 대한 모멘트를 취한다. A의 수직반력 A_y는 시계방향, 인장력 T는 B에서 A까지의 수직거리 $3L/4$를 레버암으로 하여 반시계방향 모멘트를 만든다. 하중 P의 B점에 대한 수평거리는 $L - a$이다.
$-A_yL + T\left(\frac{3L}{4}\right) + P(L - a) = 0$
양변을 PL로 나누고 $T = 0.6P$를 대입하면
$-(1.3 - 0.5q) + 0.6\left(\frac{3}{4}\right) + (1 - q) = 0$
$0.15 - 0.5q = 0$
따라서 $q = a/L = 0.3 = 3/10$이다.

선지 판단

① X. $a/L = 3/5$가 아니다. 계산 결과는 3/10이다. 틀린 표현 3/5 → 올바르게는 3/10이다.
② X. $a/L = 1/2$가 아니다. 계산 결과는 3/10이다. 틀린 표현 1/2 → 올바르게는 3/10이다.
③ X. $a/L = 2/5$가 아니다. 계산 결과는 3/10이다. 틀린 표현 2/5 → 올바르게는 3/10이다.
④ O. 전체 수직평형과 B점 모멘트 평형을 함께 적용하면 $a/L = 3/10$이므로 옳다.

오답 포인트

B점에 작용하는 $3P/5$는 B점 모멘트식에는 들어가지 않지만, 전체 수직평형에서는 반드시 포함된다. 또 하중 P의 높이 $2L/3$은 수직하중의 B점 모멘트팔에 영향을 주지 않으며, 수평거리 $L - a$만 사용된다.

다시 나오면 이렇게 판단

3활절 아치는 먼저 전체 평형으로 지점반력을 구한 뒤, 중앙힌지를 기준으로 한쪽 아치의 모멘트 평형을 세운다. 수직하중의 모멘트팔은 수평거리이고, 수평 인장력의 모멘트팔은 수직거리이다.

NoteBase

암기 포인트

수직력은 수평거리, 수평력은 수직거리로 모멘트를 계산한다. 중앙힌지에 작용하는 힘은 그 힌지점 모멘트가 0이다.

NoteBase