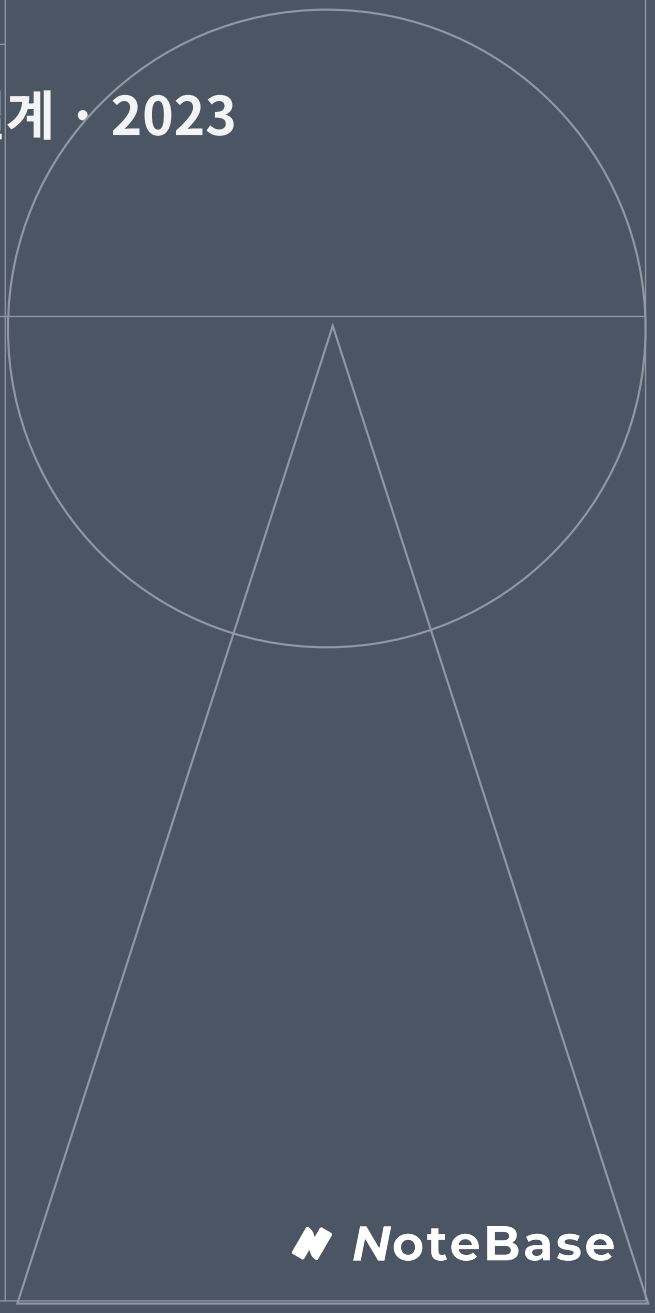
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 기계설계 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 기계설계 · 2023

공무원/국회직/9급 · 기계설계 · 2023

1. 나사의 풀어짐을 방지하기 위한 대책으로 옳지 않은 것은?

① 멈춤 나사를 삽입한다.

② 스프링 와셔 또는 고무 와셔를 사용한다.

③ 캡 너트를 사용한다.

④ 혀붙이 와셔를 사용한다.

⑤ 분할핀을 사용한다.

정답 3번

출제 포인트

나사의 풀림 방지 장치와 단순한 나사 끝 보호용 너트를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

나사의 풀림 방지는 진동이나 반복 하중으로 너트와 볼트가 상대 회전하는 것을 마찰력 또는 기계적 걸림으로 억제하는 것이다. 멈춤 나사·풀림 방지 와셔·분할핀은 회전을 억제하지만, 캡 너트는 주로 돌출된 나사 끝을 덮어 보호하는 부품이다.

선지별 해설

① O — 멈춤 나사로 볼트나 너트를 눌러 상대 회전을 구속하면 풀림을 방지할 수 있다.
② O — 스프링 와셔나 고무 와셔는 탄성력과 마찰을 이용하여 진동에 의한 회전을 억제하므로 풀림 방지에 사용한다.
③ X — 틀린 표현은 '캡 너트를 사용한다'이다. 캡 너트는 닫힌 끝으로 돌출된 나사부를 덮어 손상·접촉·이물질 유입을 줄이는 보호용 너트이며, 그 자체가 일반적인 풀림 방지 장치는 아니다. 풀림 방지에는 멈춤 너트, 풀림 방지 와셔 또는 분할핀과 같은 장치를 사용한다.
④ O — 혀붙이 와셔는 혀 부분을 고정하고 돌출부를 너트 면에 굽혀 걸어 너트의 회전을 기계적으로 막는다.
⑤ O — 분할핀은 너트와 볼트의 구멍에 끼워 너트가 회전하여 빠지는 것을 기계적으로 방지한다.

NoteBase

오답 포인트

③의 캡 너트도 너트의 한 종류이므로 풀림 방지용으로 오인하기 쉽다. 그러나 '나사 끝을 덮는 기능'과 '너트의 회전을 막는 기능'은 서로 다르다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 부품이 마찰력을 높이거나 회전을 물리적으로 구속하는지 확인한다. 단순히 나사 끝을 덮어 보호하는 부품은 풀림 방지 장치로 판단하지 않는다.

암기 포인트

멈춤 나사·와셔·분할핀은 회전 억제, 캡 너트는 나사 끝 보호이다.

NoteBase

2. 공차를 나타내는 기호 중 모양공차(또는 형상공차)에 해당하지 않는 것은?

① 

② 

③ 

④

⑤ 

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 기하공차 기호를 식별하고, 형체 자체의 모양을 규제하는 형상공차와 기준에 대한 상대적 위치를 규제하는 위치공차를 구분하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
원의 양옆에 평행한 두 선이 있는 기호는 원통도이다. 원통도는 원통 표면 전체의 형상을 규제하므로 형상공차에 해당한다. '형상공차에 해당하지 않는다'가 아니라 '형상공차에 해당한다'로 고쳐야 한다.

② X
원 모양의 기호는 진원도이다. 진원도는 원형 단면이 정확한 원에서 벗어난 정도를 규제하므로 형상공차에 해당한다. '형상공차에 해당하지 않는다'가 아니라 '형상공차에 해당한다'로 고쳐야 한다.

③ X
평행사변형 모양의 기호는 평면도이다. 평면 전체가 이상적인 평면에서 벗어난 정도를 규제하므로 형상공차에 해당한다. '형상공차에 해당하지 않는다'가 아니라 '형상공차에 해당한다'로 고쳐야 한다.

④ X
한 개의 직선 기호는 진직도이다. 선 요소나 축선이 이상적인 직선에서 벗어난 정도를 규제하므로 형상공차에 해당한다. '형상공차에 해당하지 않는다'가 아니라 '형상공차에 해당한다'로 고쳐야 한다.

⑤ O
두 개의 동심원 기호는 동심도이다. 동심도는 기준 중심 또는 기준 축에 대한 중심이나 축의 상대적 위치를 규제하는 위치공차이므로 형상공차에 해당하지 않는다.

오답 포인트

⑤도 원의 모양을 사용하므로 진원도와 같은 형상공차로 착각하기 쉽다. 그러나 ②의 한 개 원은 단면 자체의 원형을 보는 진원도이고, ⑤의 두 동심원은 기준에 대한 중심의 상대적 위치를 보는 동심도이다.

다시 나오면 이렇게 판단

기호의 이름을 먼저 식별한 뒤, 형체 자체의 모양을 규제하면 형상공차, 기준에 대한 중심·축의 위치를 규제하면 위치공차로 판단한다.

암기 포인트

진직도·평면도·진원도·원통도는 형상공차이고, 동심도는 위치공차이다.

NoteBase

3. 강(steel)의 열처리 조직의 경도(hardness)가 작은 것부터 큰 순서로 올바르게 나열한 것은?

① 베이나이트(B) → 오스테나이트(A) → 소르바이트(S) → 마르텐사이트(M)

② 오스테나이트(A) → 마르텐사이트(M) → 소르바이트(S) → 베이나이트(B)

③ 소르바이트(S) → 오스테나이트(A) → 베이나이트(B) → 마르텐사이트(M)

④ 오스테나이트(A) → 소르바이트(S) → 베이나이트(B) → 마르텐사이트(M)

⑤ 마르텐사이트(M) → 오스테나이트(A) → 베이나이트(B) → 소르바이트(S)

정답 4번

출제 포인트

강의 대표적인 열처리 조직인 오스테나이트, 소르바이트, 베이나이트, 마르텐사이트의 경도를 작은 것부터 배열하는 문제이다.

올바른 순서

오스테나이트(A) → 소르바이트(S) → 베이나이트(B) → 마르텐사이트(M)

오스테나이트는 네 조직 중 경도가 가장 작고, 소르바이트와 베이나이트를 거쳐 마르텐사이트로 갈수록 조직이 단단해진다. 마르텐사이트는 탄소가 과포화된 조직으로 네 조직 중 경도가 가장 크다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 베이나이트를 가장 앞에 둔 부분과 오스테나이트 다음에 소르바이트를 두지 않은 부분이 틀렸다. 올바르게는 오스테나이트(A) → 소르바이트(S) → 베이나이트(B) → 마르텐사이트(M)이다.

② X — 마르텐사이트를 두 번째에 둔 부분이 틀렸다. 마르텐사이트는 가장 단단하므로 마지막에 와야 한다. 올바르게는 오스테나이트(A) → 소르바이트(S) → 베이나이트(B) → 마르텐사이트(M)이다.

③ X — 소르바이트를 오스테나이트보다 앞에 둔 부분이 틀렸다. 오스테나이트의 경도가 소르바이트보다 작다. 올바르게는 오스테나이트(A) → 소르바이트(S) → 베이나이트(B) → 마르텐사이트(M)이다.

④ O — 오스테나이트(A) → 소르바이트(S) → 베이나이트(B) → 마르텐사이트(M)의 순서로 경도가 커지므로 옳다.

⑤ X — 마르텐사이트를 가장 앞에, 소르바이트를 가장 뒤에 둔 부분이 틀렸다. 마르텐사이트는 가장 단단하고 오스테나이트는 가장 연하다. 올바르게는 오스테나이트(A) → 소르바이트(S) → 베이나이트(B) → 마르텐사이트(M)이다.

오답 포인트

베이나이트와 소르바이트의 상대적 위치를 바꾸거나, 가장 단단한 마르텐사이트를 중간에 놓는 것이 핵심 함정이다. 문제의 방향이 '작은 것부터 큰 순서'이므로 가장 연한 오스테나이트에서 시작해 가장 단단한 마르텐사이트로 끝나야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

경도가 작은 순서를 물으면 먼저 양 끝을 오스테나이트와 마르텐사이트로 고정하고, 가운데를 소르바이트 다음 베이나이트의 순서로 배열한다.

암기 포인트

경도 증가 순서는 A-S-B-M, 즉 오스테나이트 → 소르바이트 → 베이나이트 → 마르텐사이트이다.

NoteBase

4. 리벳이음에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 열응력에 의한 잔류변형이 생기지 않으므로 취성파괴가 일어나기 어렵다.

② 경합금과 같이 용접이 곤란한 재료의 결합에 신뢰성이 높다.

③ 이음이 영구적이지 않으므로 분해할 때 파괴할 필요가 없다.

④ 리벳의 길이 방향으로 인장응력이 생기므로 이 방향의 하중에 약하다.

⑤ 리벳이음을 할 때 소음이 발생한다.

정답 3번

출제 포인트

리벳이음의 영구 결합 여부와 작업·강도상의 특징을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

리벳이음은 판재에 구멍을 뚫고 리벳을 삽입한 뒤 끝부분을 성형하여 체결하는 영구 이음이다. 용접과 달리 용접열에 따른 변형과 잔류응력의 영향이 작고 결합 상태를 확인하기 쉽지만, 분해하려면 리벳을 파괴해야 하며 작업 소음이 발생한다. 또한 리벳은 주로 축에 수직인 전단하중을 받도록 사용하므로 축 방향 인장하중에는 불리하다.

선지별 해설

① O — 용접처럼 모재를 국부적으로 녹이지 않으므로 용접열에 따른 잔류변형과 잔류응력의 영향이 작고, 이와 관련된 취성파괴의 위험도 비교적 작다.
② O — 리벳의 형상과 체결 상태를 외관으로 확인하기 쉬워 용접이 곤란한 재료의 결합에서도 신뢰성을 확보하기 쉽다.
③ X — 틀린 표현은 '이음이 영구적이지 않으므로'와 '리벳을 파괴할 필요가 없다'이다. 리벳이음은 영구이음이므로 분해할 때 리벳 머리 등을 제거하여 리벳을 파괴해야 한다.
④ O — 리벳은 주로 길이 방향에 수직인 전단하중을 전달하도록 쓰이며, 길이 방향의 인장하중에는 상대적으로 약하다.
⑤ O — 리벳 머리를 성형하는 타격 또는 리벳팅 작업에서 큰 소음이 발생한다.

오답 포인트

③은 볼트이음의 분해 가능성을 리벳이음에 적용한 선지이다. 볼트이음은 체결 부품을 풀어 분해할 수 있는 비영구 이음이지만, 리벳이음은 분해 과정에서 리벳을 제거·파괴해야 하는 영구 이음이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

분해 가능성을 묻는 선지에서는 체결 후 원형을 유지한 채 풀 수 있는지를 확인한다. 볼트·너트는 풀어서 분해할 수 있지만, 리벳은 머리를 성형한 뒤에는 그대로 풀 수 없어 파괴하여 제거한다.

암기 포인트

리벳은 영구 이음이다. 분해할 때는 리벳을 파괴하고, 체결할 때는 소음이 난다.

NoteBase

5. 기어의 물림률을 증가시키기 위한 방법으로 옳지 않은 것은?

① 원주피치를 접촉호의 길이보다 크게 한다.

② 평기어를 헬리컬기어로 대체한다.

③ 인벌류트 기어에서 압력각을 작게 한다.

④ 이끝높이를 크게 한다.

⑤ 접촉호의 길이를 크게 한다.

정답 1번

출제 포인트

기어의 물림률을 결정하는 접촉호의 길이와 원주피치의 관계 및 물림률을 증가시키는 설계 방법을 묻는 문제이다.

핵심 개념

물림률은 한 쌍의 기어가 맞물리는 동안 평균적으로 동시에 접촉하는 이의 쌍 수를 나타낸다. 물림률은 =접촉호의 길이원주피치로 나타내므로, 접촉호를 길게 하거나 원주피치를 작게 하면 증가한다. 헬리컬기어는 축 방향의 겹침 접촉이 더해져 전체 물림률을 높일 수 있다.

선지별 해설

① X — 원주피치를 접촉호의 길이보다 크게 하면 =접촉호의 길이원주피치가 작아져 물림률이 증가하지 않는다. 틀린 표현은 '원주피치를 접촉호의 길이보다 크게 한다'이며, 올바르게는 '접촉호의 길이를 원주피치보다 크게 하거나, 같은 접촉호 길이에서 원주피치를 작게 한다'이다.

② O — 헬리컬기어는 치선이 비스듬하여 정면 방향의 접촉뿐 아니라 축 방향의 겹침 접촉도 생기므로 평기어보다 전체 물림률을 크게 할 수 있다.

③ O — 인벌류트 기어에서 압력각을 작게 하면 일반적으로 접촉 경로가 길어져 정면 물림률이 증가한다.

④ O — 이끝높이를 크게 하면 이끝원이 커지고 물림이 시작되어 끝날 때까지의 접촉 경로가 길어져 물림률이 증가한다.

⑤ O — 물림률은 접촉호의 길이에 비례하므로 접촉호를 길게 하면 물림률이 증가한다.

오답 포인트

①의 '원주피치를 크게 한다'는 표현이 함정이다. 물림률의 분자는 접촉호의 길이이고 분모는 원주피치이므로, 분모인 원주피치를 크게 하면 물림률은 오히려 작아진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 =접촉호의 길이원주피치의 분자와 분모를 구분한다. 접촉호 증가, 작은 압력각, 큰 이끝높이, 헬리컬기어의 겹침 접촉은 물림률 증가 방향이고, 원주피치 증가는 물림률 감소 방향이다.

암기 포인트

물림률은 '접촉호는 길게, 원주피치는 작게'이다.

NoteBase

6. 벨트를 풀리에 거는 방법 중 바로걸기(open belting)와 엇걸기(cross belting)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 바로걸기는 두 축의 회전방향이 서로 같고, 엇걸기는 회전방향이 서로 반대이다.

② 엇걸기는 접촉각이 바로걸기일 때보다 크므로 작은 풀리를 이용하여 큰 동력을 전달할 수 있다.

③ 엇걸기에서는 일반적으로 바로걸기의 경우보다 접촉각이 커지므로 미끄럼이 적다.

④ 엇걸기의 벨트에 대한 비틀림 응력은 벨트의 폭이 좁고, 축 사이의 거리가 멀어질수록 증가한다.

⑤ 수평으로 설치된 바로걸기는 이완측을 위쪽으로 하는 것이 유리하다.

정답 4번

출제 포인트

바로걸기와 엇걸기의 회전 방향, 접촉각, 동력 전달 특성 및 엇걸기 벨트에 생기는 비틀림 응력의 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

바로걸기(open belting)는 벨트를 교차하지 않고 두 풀리를 연결하여 두 축을 같은 방향으로 회전시키는 방식이다.
엇걸기(cross belting)는 벨트를 교차하여 두 풀리를 연결하므로 두 축이 반대 방향으로 회전하며, 일반적으로 바로걸기보다 접촉각이 크다.
엇걸기 벨트의 비틀림 응력은 벨트 폭이 넓을수록 커지고, 축간거리가 길수록 벨트가 완만하게 비틀리므로 작아진다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 바로걸기에서는 구동축과 종동축이 같은 방향으로 회전하고, 엇걸기에서는 서로 반대 방향으로 회전한다.
② O — 엇걸기는 바로걸기보다 접촉각이 커서 작은 풀리에서도 더 큰 마찰력을 확보할 수 있으므로 비교적 큰 동력을 전달할 수 있다.
③ O — 엇걸기는 일반적으로 바로걸기보다 접촉각이 크므로 벨트와 풀리 사이의 마찰 확보에 유리하고 미끄럼이 적다.
④ X — 틀린 표현은 '벨트의 폭이 좁고, 축 사이의 거리가 멀어질수록 증가한다'이다. 비틀림 응력은 벨트 폭이 넓을수록 증가하고 축간거리가 멀어질수록 감소한다.
⑤ O — 수평 바로걸기에서는 이완측을 위쪽에 두면 벨트의 처짐으로 풀리 접촉각이 커져 동력 전달에 유리하다.

오답 포인트

④는 비틀림 응력과 벨트 폭·축간거리의 관계를 모두 반대로 바꾼 선지이다. 벨트가 넓으면 비틀림 변형이 커지고, 축간거리가 길면 같은 교차 비틀림이 더 긴 길이에 걸쳐 이루어져 응력이 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 벨트의 교차 여부로 회전 방향을 판단한다. 그다음 엇걸기는 접촉각이 크다는 점을 적용하고, 비틀림 응력은 '넓은 벨트·짧은 축간거리에서 증가'한다는 관계로 선지를 판별한다.

암기 포인트

바로걸기=같은 방향, 엇걸기=반대 방향·큰 접촉각, 비틀림 응력=폭이 넓고 축간거리가 짧을수록 증가한다.

NoteBase

7. 페트로프(Petroff) 베어링 식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 유체는 비압축성으로 가정한다.
② 반경 방향으로 유체의 속도 분포를 선형으로 가정한다.
③ 축과 베어링 사이의 틈새는 베어링 반지름보다 작다.
④ 축의 중심과 베어링의 중심이 일치하지 않는다고 가정한다.
⑤ 좀머펠트 수(Sommerfeld number)는 압력에 반비례 한다.

정답 4번

출제 포인트

페트로프 베어링 식을 유도할 때 적용하는 이상화 가정과 좀머펠트 수의 압력 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

페트로프 이론은 하중이 매우 작아 축과 베어링이 동심을 이루는 완전 윤활 저널 베어링을 이상화한 이론이다. 유체는 비압축성이고 틈새가 매우 작으며, 틈새 방향 속도 분포는 선형이라고 본다. 좀머펠트 수는 일반적으로 $S = \frac{\mu N}{p}(\frac{r}{c})^2$ 형태이므로 다른 조건이 같으면 베어링 압력 p에 반비례한다.

선지별 해설

① O — 윤활유의 밀도 변화가 없도록 비압축성 유체로 가정한다.
② O — 얇은 유막의 한쪽 경계인 축은 움직이고 다른 쪽 경계인 베어링은 정지하므로, 반경 방향의 속도 분포를 선형으로 가정한다.
③ O — 반경 틈새 c는 베어링 반지름 r보다 매우 작다고 가정하여 얇은 유막으로 취급한다.
④ X — 틀린 표현은 '축의 중심과 베어링의 중심이 일치하지 않는다'이다. 페트로프 이론은 하중이 매우 작은 상태를 전제로 하므로 축과 베어링의 중심이 일치하는 동심 상태라고 가정한다.
⑤ O — 좀머펠트 수 식에서 베어링 압력 p가 분모에 있으므로, 나머지 조건이 일정하면 압력에 반비례한다.

오답 포인트

실제 하중을 받는 저널 베어링에서는 축 중심이 베어링 중심에서 편심되지만, 페트로프 이론은 무하중에 가까운 이상적 동심 상태를 전제로 한다. 실제 운전 상태와 이론의 가정을 혼동하면 ④를 옳다고 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

페트로프 이론이 나오면 '경하중·동심·얇은 틈새·선형 속도 분포·비압축성'을 먼저 확인한다. 좀머펠트 수의 비례 관계는 식에서 p가 분모에 있는지를 확인한다.

NoteBase

암기 포인트

페트로프는 경하중 동심 베어링이며, 좀머펠트 수는 압력에 반비례한다.

NoteBase

8. 강(steel)의 표면경화법 중 침탄법(carburizing)과 질화법(nitriding)을 비교한 것으로 옳지 않은 것은?

① 침탄법의 결과물이 질화법의 결과물보다 경도가 낮다.

② 침탄법은 경화처리 후 담금질이 필요하고, 질화법은 경화처리 후 담금질이 불필요하다.

③ 침탄법은 경화처리 후 수정이 가능하고, 질화법은 경화처리 후 수정이 불가능하다.

④ 침탄법은 표면경화 시간이 비교적 짧고, 질화법은 표면경화 시간이 상대적으로 길다.

⑤ 침탄법은 작은 변형을 일으키고, 질화법은 큰 변형을 일으킨다.

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 강 표면에 탄소를 확산시키는 침탄법과 질소를 확산시켜 질화물을 만드는 질화법의 경도, 후처리, 수정 가능성, 처리 시간 및 변형 특성을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

침탄법: 저탄소강의 표면에 탄소를 확산시킨 뒤 담금질하여 표면을 경화하는 방법이다. 경화층이 비교적 깊고 처리 시간은 질화법보다 짧지만, 담금질 때문에 변형이 비교적 크다.
질화법: 강 표면에 질소를 확산시켜 단단한 질화물을 형성하는 방법이다. 일반적으로 별도의 담금질이 필요 없고 표면경도가 높으며 변형이 작지만, 처리 시간이 길고 경화층이 얕아 경화 후 수정이 어렵다.
핵심 대비: 침탄은 탄소 확산 후 담금질, 질화는 질화물 형성과 무담금질이 중심이다.

선지별 해설

① O — 질화층은 매우 단단한 질화물로 이루어져 일반적으로 침탄층보다 높은 표면경도를 얻는다. 따라서 침탄법의 결과물이 질화법의 결과물보다 경도가 낮다는 비교는 옳다.
② O — 침탄법은 탄소를 확산시킨 뒤 마르텐사이트 조직을 얻기 위한 담금질이 필요하다. 질화법은 질화물로 표면을 경화하므로 경화 처리 뒤 별도의 담금질이 필요 없다.
③ O — 침탄층은 비교적 깊어 경화 처리 뒤 연삭 등으로 치수를 수정할 여지가 있다. 질화층은 얕으므로 경화 후 가공하면 경화층이 손상되기 쉬워 수정이 어렵다.
④ O — 침탄은 질화보다 표면경화에 걸리는 시간이 비교적 짧다. 질화는 비교적 낮은 온도에서 질소를 확산시키므로 처리 시간이 상대적으로 길다.
⑤ X — 틀린 표현은 '침탄법은 작은 변형을 일으키고, 질화법은 큰 변형을 일으킨다'이다. 올바르게는 침탄법은 후속 담금질 때문에 변형이 비교적 크고, 질화법은 담금질이 필요 없어 변형이 작다.

NoteBase

오답 포인트

⑤는 두 방법의 변형 크기를 서로 바꾸어 놓은 선지이다. 변형은 확산 원소의 종류만으로 판단하지 않고 담금질의 유무와 처리 온도를 함께 보아야 한다. 침탄은 담금질 때문에 변형 위험이 크고, 질화는 낮은 온도에서 처리하며 담금질하지 않아 변형이 작다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 후속 담금질의 유무를 확인한다. 탄소 확산 후 담금질하는 침탄은 변형이 크고 처리 시간이 상대적으로 짧으며, 담금질 없이 질화물을 만드는 질화는 표면경도가 높고 변형이 작지만 처리 시간이 길고 경화 후 수정이 어렵다.

암기 포인트

침탄은 '담금질·큰 변형·짧은 시간', 질화는 '무담금질·높은 경도·작은 변형·긴 시간'으로 구분한다.

NoteBase

9. π^2W의 동력을 1Hz로 전달하는 속이 꽉 찬 원형 단면의 회전축이 있다. 회전축의 전단응력이 8MPa을 넘지 않도록 하는 회전축의 최소 지름은? (단위: m)

① 0.01
② 0.02
③ 0.03
④ 0.04
⑤ 0.05

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 동력과 회전속도로 토크를 구한 뒤, 꽉 찬 원형 단면축의 최대 전단응력 공식을 이용해 최소 지름을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 동력: $P = \pi^2 W$
회전 주파수: $f = 1Hz$
허용 전단응력: $\tau_{allow} = 8MPa = 8 \times 10^6 Pa$
구해야 할 값: 허용 전단응력을 넘지 않는 꽉 찬 원형축의 최소 지름 d
주의할 조건: 주파수를 각속도로 바꿀 때 $\omega = 2\pi f$를 사용한다.

사용할 공식

회전 동력과 토크의 관계는 $P = T\omega$이고, $\omega = 2\pi f$이다. 꽉 찬 원형축의 최대 비틀림 전단응력은 $\tau_{max} = \frac{16T}{\pi d^3}$이다. 회전축이 동력을 전달하므로 먼저 동력식으로 토크를 구하고, 그 토크가 만드는 최대 전단응력을 허용값과 같게 두면 최소 지름을 얻을 수 있다.

계산 과정

1. 각속도는 $\omega = 2\pi f = 2\pi rad/s$이다.
2. 전달 토크는 $T = \frac{P}{\omega} = \frac{\pi^2}{2\pi} = \frac{\pi}{2} N \cdot m$이다.
3. 최소 지름에서는 $\tau_{max} = \tau_{allow}$이므로
$8 \times 10^6 = \frac{16(\pi/2)}{\pi d^3} = \frac{8}{d^3}$
이다. 따라서 $d^3 = 10^{-6} m^3$이고, $d = 10^{-2} m = 0.01m$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산된 최소 지름이 $0.01m$이므로 정확히 일치한다.
② X — $0.02m$일 때 전단응력은 $1MPa$로 허용값 이하지만 최소 지름이 아니다. 올바른 최소 지름은 $0.01m$이다.
③ X — $0.03m$일 때 전단응력은 약 $0.296MPa$로 안전하지만 최소 지름이 아니다. 올바른 최소 지름은 $0.01m$이다.
④ X — $0.04m$일 때 전단응력은 $0.125MPa$로 안전하지만 최소 지름이 아니다. 올바른 최소 지름은 $0.01m$이다.
⑤ X — $0.05m$일 때 전단응력은 $0.064MPa$로 안전하지만 최소 지름이 아니다. 올바른 최소 지름은 $0.01m$이다.
계산 결과 최소 지름이 $0.01m$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

주파수 f를 각속도 ω로 그대로 대입하면 안 된다. 반드시 $\omega = 2\pi f$로 변환해야 한다. 또한 문제는 단순히 허용응력을 만족하는 지름이 아니라 최소 지름을 묻는다. ②~⑤도 허용응력을 만족하지만 필요 이상으로 큰 지름이므로 답이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

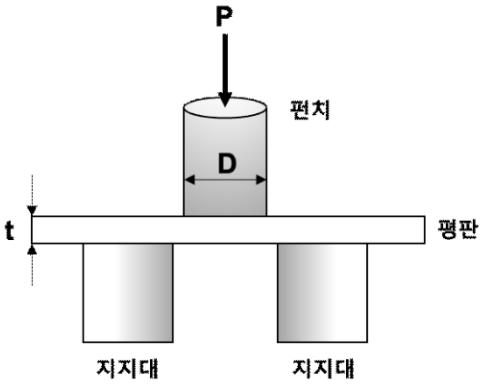
회전축 지름 문제는 주파수를 각속도로 변환하고, 동력식으로 토크를 구한 다음, 허용 전단응력과 최대 전단응력을 같게 두어 최소 지름을 계산한다. 마지막에는 길이와 응력의 단위를 검산한다.

암기 포인트

회전 동력은 $P = T\omega$, 꽉 찬 원형축의 비틀림 전단응력은 $\tau_{max} = 16T/(\pi d^3)$이다. 최소 지름은 $\tau_{max} = \tau_{allow}$에서 결정된다.

NoteBase

10. 지름이 D인 원형 단면의 펀치로 두께가 t인 평판에 원형 구멍을 뚫으려고 한다. 펀치에 작용하는 힘의 크기가 P라면, 평판의 평균 전단응력의 크기는?



① $\frac{P}{\pi Dt}$

② $\frac{P}{2\pi Dt}$

③ $\frac{2P}{\pi Dt}$

④ $\frac{4P}{\pi D^2}$

⑤ $\frac{2P}{\pi D^2}$

정답 1번

출제 포인트

원형 펀칭에서 전단되는 면적을 펀치의 원주와 평판 두께의 곱으로 구한 뒤 평균 전단응력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 펀치 지름 D, 평판 두께 t, 펀치에 작용하는 힘 P이다.

구해야 할 값: 평판의 평균 전단응력 τ_{avg}이다.

주의할 조건: 전단면은 펀치의 원형 단면이 아니라 원주를 따라 형성되는 원통형 옆면이다.

NoteBase

사용할 공식

전단면적은
$A_s = (\pi D)t = \pi Dt$
이고, 평균 전단응력은
$\tau_{avg} = \frac{P}{A_s}$
이다. 펀치가 평판을 뚫을 때 지름 D인 원의 둘레 전체에서 두께 t만큼 전단되므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 펀치 둘레는 πD이다.
2. 전단면적은 둘레와 두께의 곱이므로 $A_s = \pi Dt$이다.
3. 따라서 평균 전단응력은
$\tau_{avg} = \frac{P}{\pi Dt}$
이다.

선지 판단

① O — 전단면적 πDt로 힘 P를 나눈 $\frac{P}{\pi Dt}$이므로 계산 결과와 일치한다.
② X — $2\pi Dt$를 전단면적으로 사용하여 실제 전단면적을 두 배로 잡은 식이다. 이 문제의 전단 둘레는 하나이므로 올바르게는 $\frac{P}{\pi Dt}$이다.
③ X — 전단면적을 절반으로 잡거나 하중을 두 배로 잡아 응력을 두 배로 만든 식이다. 실제 전단면적은 πDt이므로 올바르게는 $\frac{P}{\pi Dt}$이다.
④ X — $\frac{4P}{\pi D^2}$는 펀치의 원형 단면적 $\frac{\pi D^2}{4}$으로 힘을 나눈 형태로, 평판의 펀칭 전단면적을 사용하지 않았다. 올바르게는 두께 t를 포함한 $\frac{P}{\pi Dt}$이다.
⑤ X — 분모의 D^2는 원형 단면을 기준으로 한 형태이며 전단면의 원주와 두께를 반영하지 못한다. 올바르게는 $\frac{P}{\pi Dt}$이다.

오답 포인트

펀치의 원형 단면적 $\frac{\pi D^2}{4}$과 펀칭 전단면적 πDt를 혼동하기 쉽다. 이 문항은 평판이 원주를 따라 잘려 나가는 전단이므로 분모에 D^2가 아니라 Dt가 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

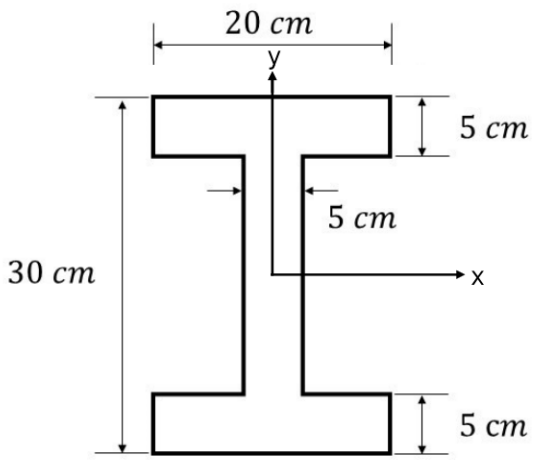
펀칭 문제에서는 먼저 잘려 나가는 경계의 길이를 구하고, 여기에 판 두께를 곱해 전단면적을 만든 뒤 하중을 그 면적으로 나눈다. 원형 구멍이면 전단면적은 원주×두께=π Dt이다.

암기 포인트

원형 펀칭 전단은 단면적이 아니라 원주 곱하기 두께이며, $A_s = \pi Dt$, $\tau_{avg} = \frac{P}{\pi Dt}$이다.

NoteBase

11. 그림과 같은 단면 형상에서 중립축에 대한 단면 2차 모멘트(I_{xx})는? (단위: cm^4) (단, 단면에 대한 중립축은 x축과 같고, 형상은 x축과 y축에 대하여 대칭이다)



① 32,500
② 35,000
③ 37,500
④ 40,000
⑤ 42,500

정답 2번

출제 포인트

대칭 I형 단면을 전체 직사각형에서 양쪽의 빈 직사각형을 뺀 형상으로 보고, 중립축 x에 대한 단면 2차 모멘트 I_{xx}를 구하는 문제이다.

조건 정리

전체 직사각형의 폭은 $20cm$, 높이는 $30cm$이다. 위·아래 플랜지 두께와 웨브 두께는 모두 $5cm$이다. 따라서 플랜지 사이의 빈 부분 높이는 $30 - 5 - 5 = 20cm$이고, 웨브 양쪽의 빈 부분 폭은 각각 $(20 - 5)/2 = 7.5cm$이다. 단면은 x축과 y축에 대칭이므로 중립축 x는 전체 높이의 중앙을 지난다.

사용할 공식

직사각형의 도심축에 대한 단면 2차 모멘트는 $I_x = \frac{bh^3}{12}$이다. 전체 직사각형과 양쪽 빈 직사각형의 도심축이 모두 중립축 x와 일치하므로 평행축 정리를 추가하지 않고 전체 값에서 빈 부분의 값을 뺀다.

NoteBase

계산 과정

전체 직사각형의 단면 2차 모멘트는 I_전체=(20×30^3)/(12)=45,000 cm^4이다. 한쪽 빈 직사각형은 폭 7.5cm, 높이 20cm이므로 I_빈 부분 1개=(7.5×20^3)/(12)=5,000 cm^4이다. 빈 부분이 두 개이므로 $I_{xx} = 45{,}000 - 2 \times 5{,}000 = 35{,}000cm^4$이다.

선지 판단

① X — 계산값은 32,500cm^4가 아니라 35,000cm^4이다. 올바른 값은 35,000cm^4이다.
② O — 전체 직사각형의 45,000cm^4에서 두 빈 부분의 합 10,000cm^4을 빼면 35,000cm^4이 된다.
③ X — 계산값은 37,500cm^4가 아니라 35,000cm^4이다. 올바른 값은 35,000cm^4이다.
④ X — 계산값은 40,000cm^4가 아니라 35,000cm^4이다. 올바른 값은 35,000cm^4이다.
⑤ X — 계산값은 42,500cm^4가 아니라 35,000cm^4이다. 올바른 값은 35,000cm^4이다.

오답 포인트

빈 부분의 높이를 전체 높이 30cm로 잡거나, 양쪽 빈 부분 중 하나만 빼면 오답이 된다. 빈 부분 높이는 두 플랜지 두께를 제외한 20cm이고, 폭 7.5cm인 빈 직사각형이 좌우에 각각 하나씩 있다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

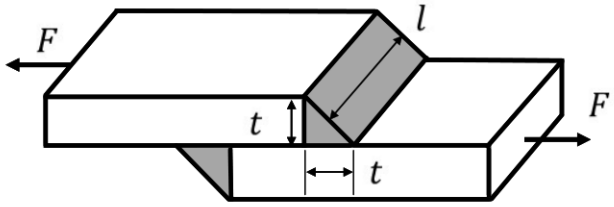
대칭 단면은 먼저 중립축의 위치를 확정한 뒤, 단면을 더하기 쉬운 직사각형들로 나누거나 전체 직사각형에서 빈 부분을 빼는 방식 중 계산이 간단한 쪽을 선택한다. 각 직사각형의 도심축이 중립축과 다를 때만 평행축 정리를 적용한다.

암기 포인트

직사각형의 도심축 단면 2차 모멘트는 $I_x = bh^3/12$이며, 높이 h가 세제곱으로 반영된다. 대칭 I형 단면은 '전체 직사각형−좌우 빈 직사각형 2개'로 계산할 수 있다.

NoteBase

12. 그림과 같이 겹치기 상하양면 필릿용접이음(fillet weld joint)을 할 때, 작용하중 F는 45,000N, 용접부의 허용인장응력은 50N/mm^2, 두께 t는 9mm이다. 필요한 용접부의 최소길이 l은? (단위: mm)



① 50
② $50\sqrt{2}$
③ 100
④ $100\sqrt{2}$
⑤ 150

정답 2번

출제 포인트

겹치기 이음의 상·하 양면 필릿용접에서 유효목두께와 용접면 수를 반영하여 필요한 최소 용접길이 l을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 작용하중 $F = 45{,}000N$, 허용인장응력 $\sigma_a = 50N/mm^2$, 필릿용접 치수 $t = 9mm$이다.
구해야 할 값: 각 용접부의 최소길이 l이다.
주의할 조건: 등변 필릿용접의 유효목두께는 다리길이 t가 아니라 $t\sin 45^\circ = t/\sqrt{2}$이고, 상·하 양면에 용접부가 있으므로 유효면적을 2배로 계산한다.

사용할 공식

필릿용접 한 면의 유효목두께를 a라 하면
$a = \frac{t}{\sqrt{2}}$
양면 용접부의 총 유효목 면적은
$A = 2al = 2\left(\frac{t}{\sqrt{2}}\right)l$
이므로 허용하중 조건은
$F = \sigma_a A = 2\sigma_a\left(\frac{t}{\sqrt{2}}\right)l$
이다. 하중을 실제로 저항하는 단면은 필릿의 유효목 단면이고, 상·하 두 용접부가 함께 하중을 부담하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 유효목두께는 $a = 9/\sqrt{2}\,mm$이다.
2. 허용하중 식에 수치를 대입하면
$45{,}000 = 2 \times 50 \times \frac{9}{\sqrt{2}} \times l$
이다.
3. 용접길이를 정리하면
$l = \frac{45{,}000\sqrt{2}}{2 \times 50 \times 9} = 50\sqrt{2}\,mm$
이다. 따라서 필요한 최소길이는 $50\sqrt{2}\,mm$이다.

선지 판단

① X — $50mm$일 때의 허용하중은 $2 \times 50 \times (9/\sqrt{2}) \times 50 = 22{,}500\sqrt{2}N$으로 $45{,}000N$보다 작다. $50mm$는 유효목두께를 t로 잘못 본 값이며, 올바른 최소길이는 $50\sqrt{2}\,mm$이다.
② O — $l = 50\sqrt{2}\,mm$를 대입하면 허용하중이 정확히 $45{,}000N$이 되어 최소길이 조건을 만족한다.
③ X — $100mm$는 계산된 최소길이 $50\sqrt{2}\,mm$와 다르며 최소값이 아니다. 한 면만 고려하면서 유효목두께도 t로 잘못 잡으면 나오는 값이고, 올바르게는 상·하 두 면과 $t/\sqrt{2}$를 반영한 $50\sqrt{2}\,mm$이다.
④ X — $100\sqrt{2}\,mm$일 때의 허용하중은 $90{,}000N$으로 필요한 하중의 2배이므로 최소길이가 아니다. 양면 용접을 누락하면 나오는 값이며, 올바른 최소길이는 $50\sqrt{2}\,mm$이다.
⑤ X — $150mm$일 때의 허용하중은 $67{,}500\sqrt{2}N$으로 $45{,}000N$을 초과하므로 최소길이가 아니다. 올바른 최소길이는 $50\sqrt{2}\,mm$이다.
계산 결과 $50\sqrt{2}\,mm$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

필릿의 다리길이 t를 그대로 유효목두께로 쓰면 ①이 나오고, 상·하 양면 중 한 면만 계산하면 ④가 나온다. 이 문제의 핵심 함정은 유효목두께의 $1/\sqrt{2}$와 용접면 수 2를 동시에 반영하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

필릿용접 길이 문제에서는 먼저 유효목두께 $a = t/\sqrt{2}$를 구하고, 용접부의 개수를 곱해 총 유효목 면적을 만든 뒤 $F = \sigma_a A$로 길이를 계산한다. 마지막에는 계산한 길이를 대입하여 허용하중이 작용하중과 같은지 검산한다.

암기 포인트

등변 필릿의 유효목은 $t/\sqrt{2}$, 상·하 양면 용접의 총 유효목 면적은 $2(t/\sqrt{2})l$이다.

NoteBase

13. 축이 18N·mm의 굽힘 모멘트와 24N·mm의 비틀림 모멘트를 동시에 받고 있을 때, 최대주응력설에 의한 상당굽힘모멘트는? (단위: N·mm)

① 15

② 18

③ 21

④ 24

⑤ 27

정답 4번

출제 포인트

굽힘 모멘트와 비틀림 모멘트가 동시에 작용할 때 최대주응력설에 따른 상당굽힘모멘트를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 굽힘 모멘트는 $M = 18\text{N} \cdot \text{mm}$, 비틀림 모멘트는 $T = 24\text{N} \cdot \text{mm}$이다. 구해야 할 값은 최대주응력설에 의한 상당굽힘모멘트 M_e이다. 두 모멘트의 단위가 같으므로 별도의 단위 변환은 필요하지 않다.

사용할 공식

최대주응력설에 따른 상당굽힘모멘트는 다음과 같다.

$M_e = \frac{1}{2}\left(M + \sqrt{M^2 + T^2}\right)$

굽힘과 비틀림의 조합응력에서 발생하는 최대주응력을 굽힘만 작용할 때의 최대 수직응력과 같게 놓은 공식이다.

계산 과정

먼저 모멘트 합성항을 계산한다.

$\sqrt{M^2 + T^2} = \sqrt{18^2 + 24^2} = \sqrt{900} = 30\text{N} \cdot \text{mm}$

이를 상당굽힘모멘트 공식에 대입한다.

$M_e = \frac{1}{2}(18 + 30) = 24\text{N} \cdot \text{mm}$

따라서 상당굽힘모멘트는 $24\text{N} \cdot \text{mm}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 15N · mm는 계산값 24N · mm와 다르다. 올바르게는 24N · mm이다.
② X — 18N · mm는 주어진 굽힘 모멘트 M만 사용한 값으로, 비틀림 모멘트의 영향을 반영하지 못한다. 올바르게는 24N · mm이다.
③ X — 21N · mm는 공식에 대입한 결과와 다르다. 올바르게는 $M_e = (18 + 30)/2 = 24\text{N} \cdot \text{mm}$이다.
④ O — 최대주응력설의 공식에 $M = 18$, $T = 24$를 대입하면 $M_e = 24\text{N} \cdot \text{mm}$가 된다.
⑤ X — 27N · mm는 계산값 24N · mm와 다르다. 올바르게는 24N · mm이다.

오답 포인트

②처럼 굽힘 모멘트 M만 고르면 비틀림의 영향을 빠뜨리게 된다. 또한 $\sqrt{M^2 + T^2}$만 구한 뒤 끝내지 않고, 그 값에 M을 더한 후 2로 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

최대주응력설의 상당굽힘모멘트 문제는 M과 T의 단위를 맞춘 뒤 $\sqrt{M^2 + T^2}$를 계산하고, $M_e = (M + \sqrt{M^2 + T^2})/2$에 대입하여 판단한다.

암기 포인트

최대주응력설의 상당굽힘모멘트는 '굽힘 모멘트와 모멘트 합성항을 더한 뒤 절반'이다: $M_e = \frac{M + \sqrt{M^2 + T^2}}{2}$.

NoteBase

14. 푸아송비(Poisson's ratio)가 0.5인 등방성 선형탄성재료에서 탄성계수(modulus of elasticity)는 E이고, 전단탄성계수(shear modulus of elasticity)는 G일 때, E/G는?

① 0.5
② 1.0
③ 1.5
④ 2.0
⑤ 3.0

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 등방성 선형탄성재료에서 탄성계수 E, 전단탄성계수 G, 푸아송비 ν의 관계식을 이용하여 E/G를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $\nu = 0.5$
구해야 할 값: E/G
주의할 조건: 등방성 선형탄성재료이므로 탄성상수 사이의 관계식을 적용한다.

사용할 공식

$E = 2G(1 + \nu)$
따라서 $\frac{E}{G} = 2(1 + \nu)$
이 공식은 등방성 선형탄성재료에서 E, G, ν가 서로 독립적이지 않고 위 관계를 만족하기 때문에 사용한다.

계산 과정

1. 관계식을 비율의 형태로 정리하면 $E/G = 2(1 + \nu)$이다.
2. $\nu = 0.5$를 대입하면 $\frac{E}{G} = 2(1 + 0.5) = 2 \times 1.5 = 3.0$
3. 계산 결과는 3.0이므로 ⑤가 정답이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 0.5는 계산 결과 3.0과 다르다. 틀린 값 0.5는 올바르게는 3.0이다.
② X — 1.0은 $2(1 + 0.5)$의 계산 결과와 다르다. 틀린 값 1.0은 올바르게는 3.0이다.
③ X — 1.5는 $1 + \nu$까지만 계산하고 앞의 계수 2를 누락한 값이다. 틀린 값 1.5는 올바르게는 3.0이다.
④ X — 2.0은 푸아송비가 포함된 $(1 + \nu)$를 반영하지 않은 값이다. 틀린 값 2.0은 올바르게는 3.0이다.
⑤ O — $E/G = 2(1 + 0.5) = 3.0$이므로 관계식을 정확히 만족한다.
계산 결과 3.0이므로 정답은 5번이다.

오답 포인트

핵심 함정은 $E = 2G(1 + \nu)$에서 계수 2 또는 괄호 안의 $1 + \nu$를 빠뜨리는 것이다. 특히 ③의 1.5는 $1 + 0.5$까지만 계산한 값이고, ④의 2.0은 푸아송비를 반영하지 않은 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

등방성 선형탄성재료의 탄성상수 문제에서는 먼저 $E = 2G(1 + \nu)$를 적고, 요구된 비율로 정리한 뒤 푸아송비를 대입한다. 마지막에는 계수 2와 괄호 $(1 + \nu)$가 모두 반영되었는지 검산한다.

암기 포인트

등방성 재료에서는 $E/G = 2(1 + \nu)$이며, $\nu = 0.5$이면 $E/G = 3$이다.

NoteBase

15. 평벨트 전동장치에서 긴장측의 벨트장력이 360N, 접촉각과 마찰계수에 의한 장력비는 3, 풀리의 지름이 400mm일 때 전달 토크는? (단위: N·m)

① 48
② 60
③ 72
④ 84
⑤ 96

정답 1번

출제 포인트

평벨트 전동에서 장력비로 이완측 장력을 구하고, 긴장측과 이완측의 장력차에 풀리 반지름을 곱해 전달 토크를 계산하는 문제이다.

조건 정리

긴장측 장력: $T_1 = 360N$
장력비: $T_1/T_2 = 3$
풀리 지름: $D = 400mm = 0.4m$
풀리 반지름: $r = D/2 = 0.2m$
구해야 할 값: 전달 토크 M

사용할 공식

장력비는 $T_1/T_2 = 3$이고, 전달 토크는 $M = (T_1 - T_2)r$이다. 벨트가 풀리에 주는 회전 효과는 두 벨트 장력의 합이 아니라 긴장측 장력과 이완측 장력의 차로 결정되므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 장력비에서 이완측 장력을 구한다.
$T_2 = \frac{T_1}{3} = \frac{360}{3} = 120N$
2. 유효 장력은 두 장력의 차이다.
$T_1 - T_2 = 360 - 120 = 240N$
3. 지름을 반지름으로 바꾸어 토크를 계산한다.
$M = (T_1 - T_2)r = 240 \times 0.2 = 48N \cdot m$

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과가 $48N \cdot m$이므로 옳다.
② X — $60N \cdot m$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $48N \cdot m$이다.
③ X — $72N \cdot m$는 긴장측 장력 $360N$에 반지름 $0.2m$만 곱해 이완측 장력을 빼지 않은 값이다. 올바르게는 장력차 $240N$를 사용한 $48N \cdot m$이다.
④ X — $84N \cdot m$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $48N \cdot m$이다.
⑤ X — $96N \cdot m$는 계산된 토크의 2배로, 반지름 대신 지름을 곱하면 나오는 값이다. 올바르게는 반지름 $0.2m$를 곱한 $48N \cdot m$이다.
따라서 계산 결과가 $48N \cdot m$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

전달 토크에서 긴장측 장력만 사용하면 ③의 $72N \cdot m$가 되고, 반지름 대신 지름을 사용하면 ⑤의 $96N \cdot m$가 된다. 반드시 이완측 장력을 뺀 유효 장력에 풀리의 반지름을 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

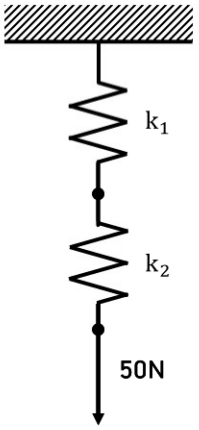
평벨트 토크 문제는 장력비로 이완측 장력을 계산한 다음, $T_1 - T_2$를 구하고, 지름을 반지름으로 변환하여 $M = (T_1 - T_2)r$에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

평벨트 전달 토크는 '장력의 차 × 풀리 반지름', 즉 $M = (T_1 - T_2)r$이다.

NoteBase

16. 그림과 같이 연결된 2개의 스프링에 50N의 힘이 작용할 때, 처짐량은? (단위: mm) (단, k_1=10N/mm, k_2=25N/mm이며, 스프링의 질량은 무시한다)



① 6
② 7
③ 8
④ 9
⑤ 10

정답 2번

출제 포인트

직렬로 연결된 두 스프링에 같은 힘이 작용할 때 각 스프링의 처짐을 더하여 전체 처짐을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $F = 50N$, $k_1 = 10N/mm$, $k_2 = 25N/mm$이다.
구해야 할 값: 두 스프링 전체의 처짐량이다.
주의할 조건: 두 스프링은 직렬 연결이므로 각 스프링에 작용하는 힘은 모두 $50N$이고, 전체 처짐은 각 처짐의 합이다. 주어진 단위가 이미 N과 N/mm이므로 계산 결과는 mm가 된다.

사용할 공식

직렬 스프링의 전체 처짐은
$\delta = \delta_1 + \delta_2 = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2}$
이다. 직렬 연결에서는 두 스프링에 같은 힘이 전달되고 각 스프링의 변형량이 누적되므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 첫 번째 스프링의 처짐은 $\delta_1 = 50/10 = 5mm$이다.
2. 두 번째 스프링의 처짐은 $\delta_2 = 50/25 = 2mm$이다.
3. 전체 처짐은
$\delta = 5 + 2 = 7mm$
이다.

선지 판단

① X — $6mm$는 각 스프링의 처짐 $5mm$와 $2mm$를 합한 값이 아니다. 올바르게는 전체 처짐이 $7mm$이다.
② O — 계산 결과 전체 처짐이 $7mm$이므로 맞다.
③ X — $8mm$는 계산 결과 $7mm$보다 $1mm$ 크다. 올바르게는 전체 처짐이 $7mm$이다.
④ X — $9mm$는 $5mm + 2mm$와 일치하지 않는다. 올바르게는 전체 처짐이 $7mm$이다.
⑤ X — $10mm$는 직렬 연결의 변형량 합으로 나오지 않는다. 올바르게는 전체 처짐이 $7mm$이다.

오답 포인트

직렬 스프링의 강성을 단순히 $k_1 + k_2$로 더하는 것은 병렬 연결 공식을 잘못 적용한 것이다. 이 문제에서는 힘이 같고 처짐이 더해진다는 점을 이용해야 한다. 또한 첫 번째 스프링의 처짐 $5mm$만 구하거나 두 번째 스프링의 처짐 $2mm$를 누락하면 전체 처짐을 얻을 수 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

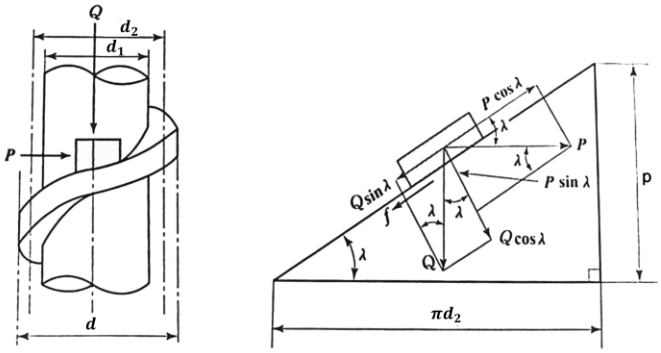
직렬 연결인지 확인한 뒤 각 스프링에 같은 힘을 적용하여 F/k로 처짐을 각각 구하고, 그 처짐들을 합한다.
마지막으로 $N \div (N/mm) = mm$인지 단위를 검산한다.

암기 포인트

직렬 스프링은 힘이 같고 처짐을 더한다. 즉, $\delta = F/k_1 + F/k_2$이다.

NoteBase

17. 그림과 같이 접선방향의 회전력 P와 축방향 하중 Q를 받는 사각나사 위에 너트가 있다. 마찰계수 μ와 마찰각 ρ 사이에는 다음의 관계식, $\tan\rho = \mu$가 성립할 때, 나사를 조일 때 필요한 회전 토크 T는? (단, p는 피치, f는 마찰력, λ는 나사의 리드각)



① $T = Q\frac{d_2}{2}\tan(\rho-\lambda)$

② $T = Q\frac{d_2}{2}\tan(\rho+\lambda)$

③ $T = Q\frac{d_1}{2}\tan(\rho-\lambda)$

④ $T = Q\frac{d_1}{2}\tan(\rho+\lambda)$

⑤ $T = P\frac{d_1}{2}\tan(\rho-\lambda)$

정답 2번

출제 포인트

사각나사를 조일 때 나사산을 경사면으로 펼쳐 생각하고, 축하중을 올리는 데 필요한 원주방향 힘과 평균지름의 모멘트 팔을 이용하여 회전 토크를 구하는 문제이다.

조건 정리

축하중은 Q, 나사산의 마찰각은 ρ, 리드각은 λ, 토크가 작용하는 유효지름은 평균지름 d_2이다. 나사를 조이는 과정은 축하중을 올리는 경우이므로 마찰과 경사의 저항이 함께 작용한다. 따라서 등가각은 $\rho + \lambda$가 된다.

NoteBase

사용할 공식

축하중을 올리는 데 필요한 원주방향 힘을 P라 하면

$P = Q\tan(\rho + \lambda)$

이다. 평균지름에서의 모멘트 팔은 $d_2/2$이므로 회전 토크는

$T = P\frac{d_2}{2} = Q\frac{d_2}{2}\tan(\rho + \lambda)$

이다. 조임에서는 하중을 경사면 위로 올리므로 ρ와 λ를 더하고, 토크의 유효반지름에는 골지름 d_1이 아니라 평균지름 d_2를 사용한다.

계산 과정

1. 나사산 한 바퀴를 펼친 경사면에서 조임은 하중 상승에 해당하므로 필요한 원주방향 힘은 $P = Q\tan(\rho + \lambda)$이다.
2. 힘이 작용하는 유효반지름은 평균지름의 절반인 $d_2/2$이다.
3. 따라서 $T = P(d_2/2) = Q(d_2/2)\tan(\rho + \lambda)$가 된다.

선지 판단

① X — $Q(d_2/2)\tan(\rho - \lambda)$는 조임에서 필요한 합각을 차각으로 잘못 쓴 식이다. $\rho - \lambda$는 하중을 내리는 방향의 토크를 다룰 때 나타나며, 조임 토크는 $Q(d_2/2)\tan(\rho + \lambda)$이다.

② O — 축하중 Q, 유효반지름 $d_2/2$, 조임의 등가각 $\rho + \lambda$를 모두 정확히 적용한 식이다.

③ X — d_1을 사용하고 $\rho - \lambda$를 적용한 부분이 모두 잘못되었다. 올바르게는 평균지름 d_2와 합각 $\rho + \lambda$를 사용하여 $T = Q(d_2/2)\tan(\rho + \lambda)$로 쓴다.

④ X — 조임이므로 $\rho + \lambda$는 맞지만, 모멘트 팔에 골지름 d_1을 사용한 부분이 틀렸다. 올바르게는 유효지름 d_2를 사용하여 $T = Q(d_2/2)\tan(\rho + \lambda)$로 쓴다.

⑤ X — 축하중 Q 대신 회전력 P를 하중 항에 넣고, 골지름 d_1과 차각 $\rho - \lambda$까지 사용한 식이다. 올바르게는 $T = Q(d_2/2)\tan(\rho + \lambda)$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 조임과 풀림의 부호를 혼동하는 것과 d_1, d_2를 바꾸어 쓰는 것이다. 조임은 하중 상승이므로 $\rho + \lambda$, 풀림 방향은 $\rho - \lambda$가 대응한다. 나사산에서 토크를 구할 때의 모멘트 팔은 평균지름의 절반인 $d_2/2$이다.

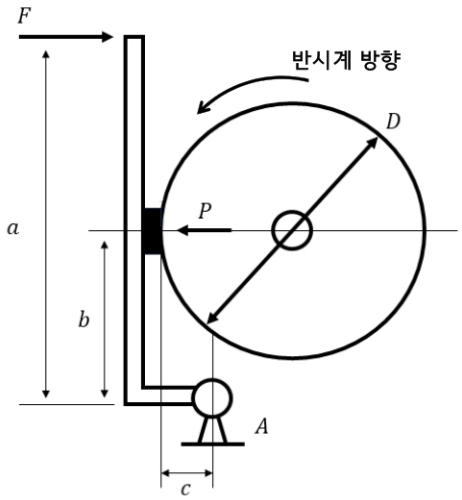
다시 나오면 이렇게 판단

먼저 나사가 하중을 올리는 조임인지 내리는 풀림인지 판단한다. 조임이면 $\tan(\rho + \lambda)$, 풀림 방향이면 $\tan(\rho - \lambda)$를 구분한다. 그다음 원주방향 힘에 평균반지름 $d_2/2$를 곱해 토크를 결정한다.

암기 포인트

사각나사의 조임 토크는 '올릴 때 더하고, 평균반지름을 곱한다'로 정리된다. 즉, $T = Q(d_2/2)\tan(\rho + \lambda)$이다.

18. 그림과 같은 단식 블록 브레이크가 반시계 방향으로 회전할 때, 발생하는 제동력 F는? (단, f는 브레이크의 제동력, μ는 브레이크 드럼과 블록 사이의 마찰계수이다)



① $F=\frac{f}{\mu a}(b+\mu c)$

② $F=\frac{f}{\mu a}(b-\mu c)$

③ $F=\frac{f}{\mu c}(b+\mu a)$

④ $F=\frac{f}{\mu c}(b-\mu a)$

⑤ $F=\frac{fb}{\mu c}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 드럼의 회전 방향으로 마찰력의 방향을 정한 뒤, 지점 A에 대한 모멘트 평형과 $f=\mu P$를 이용하여 조작력 F를 구하는 문제이다.

조건 정리

드럼이 반시계 방향으로 회전하면 드럼의 왼쪽 접촉점은 아래쪽으로 움직이므로 블록에 작용하는 마찰력은 아래쪽이며 크기는 $f=\mu P$이다.
수평 수직항력 P의 모멘트팔은 b, 아래쪽 마찰력 f의 모멘트팔은 c, 조작력 F의 모멘트팔은 a이다.
P와 f는 지점 A에 대해 반시계 모멘트를 만들고, F는 시계 모멘트를 만든다.

NoteBase

사용할 공식

지점 A에 대한 모멘트 평형은

$Fa = Pb + fc$

이고, 접촉부의 마찰 관계는

$f = \mu P, \qquad P = \frac{f}{\mu}$

이다. 지점 반력은 A를 지나므로 모멘트 식에서 제거할 수 있어 이 공식을 사용한다.

계산 과정

모멘트 평형식에 $P = \frac{f}{\mu}$를 대입하면

$Fa = \frac{f}{\mu}b + fc = \frac{f}{\mu}(b + \mu c)$

이다. 따라서

$F = \frac{f}{\mu a}(b + \mu c)$

가 된다.

선지 판단

① O — 모멘트 평형과 $f = \mu P$를 함께 적용한 결과가 $F = \frac{f}{\mu a}(b + \mu c)$이므로 옳다.

② X — $b - \mu c$는 마찰 모멘트의 방향을 반대로 잡은 식이다. 반시계 회전에서는 블록에 작용하는 마찰력과 수직항력이 모두 A에 대해 반시계 모멘트를 만들므로 올바르게는 $b + \mu c$이다.

③ X — 분모의 μc와 괄호 안의 μa는 조작력과 마찰력의 모멘트팔을 서로 뒤바꾼 것이다. F의 모멘트팔은 a, 마찰력의 모멘트팔은 c이므로 올바르게는 $F = \frac{f}{\mu a}(b + \mu c)$이다.

④ X — 모멘트팔을 뒤바꾼 데 더해 마찰 모멘트의 부호도 반대로 둔 식이다. 올바르게는 분모가 μa, 괄호가 $b + \mu c$이다.

⑤ X — $\frac{fb}{\mu c}$는 조작력의 모멘트팔 a를 분모에 두지 않았고 마찰 모멘트 fc도 누락한 식이다. 두 모멘트를 모두 포함하면 $F = \frac{f}{\mu a}(b + \mu c)$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 접촉점 마찰력의 방향과 모멘트팔을 혼동하는 것이다. 반시계 회전하는 드럼의 왼쪽 표면은 아래로 움직이므로 블록이 받는 마찰력도 아래쪽이고, 이 힘의 모멘트팔은 수직거리 b가 아니라 수평거리 c이다. 따라서 마찰 모멘트는 $+fc$로 더해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 접촉점의 표면 운동 방향으로 블록에 작용하는 마찰력 방향을 정한다. 다음으로 회전축이 아니라 레버 지점 A에 대해 각 힘의 수직거리를 모멘트팔로 잡아 평형식을 세우고, 마지막에 $f = \mu P$를 대입한다.

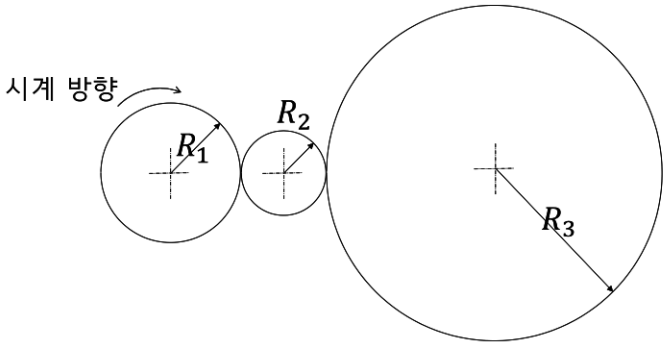
NoteBase

암기 포인트

반시계 회전에서는 $Fa = Pb + fc$, 그리고 $f = \mu P$이므로 $F = \frac{f}{\mu a}(b + \mu c)$이다.

NoteBase

19. 미끄럼이 없는 평기어가 있다. 반지름이 R_1인 기어는 시계 방향으로 회전하며 ω_1의 각속도를 가진다. 반지름이 R_3인 기어의 각속도의 방향과 크기는? (단, $R_1 = 2R_2 = \frac{1}{3}R_3$의 관계가 있다)



	방향	크기
①	시계 반대 방향	$\frac{1}{3}\omega_1$
②	시계 반대 방향	$3\omega_1$
③	시계 반대 방향	$6\omega_1$
④	시계 방향	$\frac{1}{3}\omega_1$
⑤	시계 방향	$3\omega_1$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 미끄럼이 없는 외접 기어의 접선속도 관계와 맞물림 횟수를 이용하여 마지막 기어의 각속도 크기와 방향을 구하는 문제이다.

조건 정리

기어 1은 시계 방향으로 각속도 ω_1로 회전한다.
세 기어는 차례로 외접하며 미끄럼이 없으므로, 맞물린 두 기어의 접선속도 크기는 같다.
주어진 관계는 $R_1 = 2R_2 = \frac{1}{3}R_3$이므로 $R_3 = 3R_1$이다.
외접 기어는 한 번 맞물릴 때마다 회전 방향이 반대가 된다.

NoteBase

사용할 공식

미끄럼이 없는 두 기어의 접점에서는 접선속도의 크기가 같으므로 $\omega_a R_a = \omega_b R_b$이다.
따라서 $\omega_1 R_1 = \omega_2 R_2$, $\omega_2 R_2 = \omega_3 R_3$이고, 이를 연결하면 $\omega_1 R_1 = \omega_3 R_3$이다. 중간 기어 R_2는 방향을 한 번 더 바꾸지만 최종 속도비에는 영향을 주지 않는다.

계산 과정

1. 기어 1과 기어 2가 외접하므로 기어 2는 시계 반대 방향으로 회전한다.
2. 기어 2와 기어 3도 외접하므로 기어 3은 기어 2와 반대인 시계 방향으로 회전한다.
3. 각속도 크기는

$\omega_3 = \omega_1 \frac{R_1}{R_3} = \omega_1 \frac{R_1}{3R_1} = \frac{1}{3}\omega_1$

이다. 따라서 기어 3의 각속도는 시계 방향, 크기는 $\frac{1}{3}\omega_1$이다.

선지 판단

① X — 크기 $\frac{1}{3}\omega_1$은 맞지만 '시계 반대 방향'이 틀리다. 올바르게는 시계 방향이다.
② X — '시계 반대 방향'과 $3\omega_1$이 모두 틀리다. 올바르게는 시계 방향, $\frac{1}{3}\omega_1$이다.
③ X — '시계 반대 방향'과 $6\omega_1$이 모두 틀리다. 올바르게는 시계 방향, $\frac{1}{3}\omega_1$이다.
④ O — 외접 맞물림이 두 번이므로 기어 3은 기어 1과 같은 시계 방향이고, $R_3 = 3R_1$이므로 크기는 $\frac{1}{3}\omega_1$이다.
⑤ X — 시계 방향은 맞지만 $3\omega_1$이 틀리다. 올바르게는 $\frac{1}{3}\omega_1$이다.

오답 포인트

중간 기어의 반지름 R_2까지 속도비에 곱하거나, 첫 번째 맞물림만 보고 기어 3도 시계 반대 방향이라고 판단하기 쉽다. 중간 기어는 최종 속도비에서 소거되며, 외접 맞물림이 두 번이므로 기어 3은 기어 1과 같은 방향이다. 또한 각속도는 반지름에 반비례하므로 반지름이 3배인 기어 3의 각속도는 3배가 아니라 $\frac{1}{3}$배이다.

다시 나오면 이렇게 판단

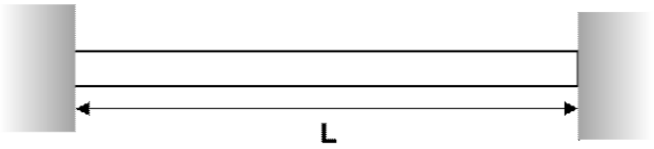
먼저 외접 맞물림 횟수의 홀짝으로 최종 회전 방향을 정한다. 그다음 미끄럼이 없는 조건 ω R=일정을 처음 기어와 마지막 기어에 적용하여 각속도비를 구한다. 중간 기어는 최종 속도비에서 소거되는지도 확인한다.

암기 포인트

외접 기어는 맞물릴 때마다 방향이 반전되고, 기어열의 처음과 끝 사이 각속도비는
_끝/_처음=R_처음/R_끝이다.

NoteBase

20. 양 쪽 끝이 모두 고정된 길이가 L인 균일 단면 봉의 온도가 상온에서 △T만큼 균일하게 증가하였다. 이 봉은 균질한 등방성 선형탄성 재료로 구성되어 있고, 재료의 탄성계수와 열팽창계수가 상수일 때, 설명으로 옳지 않은 것은?



① 봉 내부의 응력은 봉의 길이와 단면적에 무관하다.
② 이 봉의 축방향 변형률은 모든 지점에서 0이다.
③ 양 지지점에서의 축방향 반력들은 봉의 길이에 비례한다.
④ 양 지지점에서의 축방향 반력들은 그 크기가 같다.
⑤ 온도가 상온에서 2△T만큼 증가하면 봉 내부의 응력도 2배 증가한다.

정답 3번

출제 포인트

양단이 완전히 고정된 균일 단면 봉에서 온도 상승으로 생기는 열응력과 지점 반력의 관계를 변형 적합조건으로 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 길이 L인 균일 단면 봉의 양 끝이 고정되어 있고, 온도가 균일하게 ΔT만큼 상승한다. 재료의 탄성계수 E와 열팽창계수 α는 일정하다.
구해야 할 내용: 봉의 축방향 변형률, 열응력, 양 지점 반력의 성질이다.
주의할 조건: 양단 고정 때문에 봉의 전체 길이 변화가 0이므로, 자유 열팽창 변형률과 압축 탄성변형률의 합이 0이 된다.

NoteBase

사용할 공식

자유 열변형률은 $\varepsilon_t = \alpha \Delta T$이고, 응력에 의한 탄성변형률은 $\varepsilon_e = \sigma/E$이다. 양단이 고정되어 있으므로
$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_t = \frac{\sigma}{E} + \alpha \Delta T = 0$
따라서
$\sigma = -E\alpha \Delta T$
이고, 축력과 지점 반력의 크기는
$N = |\sigma| A = EA\alpha \Delta T$
이다. 음의 응력은 압축응력을 뜻한다. 이 공식은 자유 열팽창이 고정 지점에 의해 완전히 억제되는 경우이므로 사용한다.

계산 과정

1. 자유 상태라면 봉은 $\alpha \Delta T$만큼의 열변형률로 팽창한다.
2. 양단 고정으로 실제 전체 변형률은 0이므로 같은 크기의 압축 탄성변형률이 생긴다.
3. 적합조건에서 $\sigma = -E\alpha \Delta T$를 얻으므로 응력은 봉의 길이 L과 단면적 A에 무관하다.
4. 지점 반력의 크기는 $EA\alpha \Delta T$이며 두 지점에서 서로 반대 방향으로 같은 크기로 작용한다. 길이 L은 반력식에 포함되지 않는다.

선지 판단

① O — 열응력은 $\sigma = -E\alpha \Delta T$이므로 봉의 길이와 단면적에 무관하다.
② O — 양단이 완전히 고정되고 온도 변화가 균일하므로 자유 열팽창과 압축 탄성변형이 상쇄되어 봉의 축방향 전체 변형률은 모든 지점에서 0이다.
③ X — 양 지점의 축방향 반력 크기는 $EA\alpha \Delta T$이므로 봉의 길이에 비례하지 않는다. 틀린 표현인 '봉의 길이에 비례한다'는 '봉의 길이와 무관하고 단면적에 비례한다'로 고쳐야 한다.
④ O — 축방향 평형에 따라 양 지점 반력은 방향이 반대이고 그 크기는 같다.
⑤ O — 열응력의 크기 $E\alpha \Delta T$는 온도 상승량에 정비례하므로 온도 상승량이 $2\Delta T$가 되면 압축응력의 크기도 2배가 된다.

오답 포인트

반력은 응력에 단면적을 곱한 값이므로 단면적에는 비례하지만 길이에는 비례하지 않는다. 자유 열팽창량 $\alpha \Delta T L$에 길이 L이 들어간다는 이유만으로 ③의 반력도 길이에 비례한다고 판단하면 안 된다. 변형 적합식에서는 이 열팽창량을 봉의 길이로 나누는 과정에서 L이 소거된다.

다시 나오면 이렇게 판단

완전 고정된 균일 봉의 온도가 균일하게 변하면 먼저 전체 변형률을 0으로 두고 $\sigma/E + \alpha \Delta T = 0$을 적용한다. 그다음 응력은 $-E\alpha \Delta T$, 반력의 크기는 $EA\alpha \Delta T$로 구분하여 길이와 단면적의 포함 여부를 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

양단 완전 고정 열응력: $\sigma = -E\alpha\Delta T$, 반력 크기: $R = EA\alpha\Delta T$. 응력은 L과 A에 무관하고, 반력은 A에 비례하지만 L과 무관하다.

NoteBase