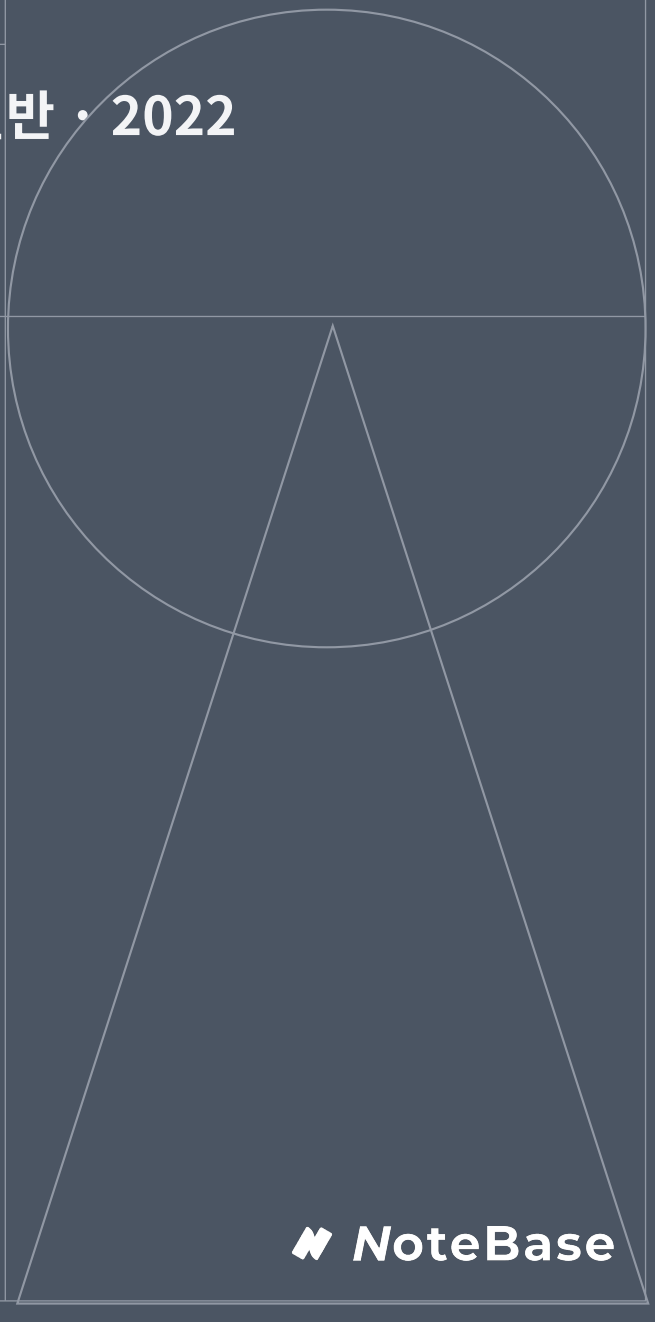
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 기계일반 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 기계일반 · 2022

공무원/국회직/9급 · 기계일반 · 2022

1. **압연가공에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?**

① 작업완료 온도와 재료의 재결정 온도에 따라 열간압연가공과 냉간압연가공으로 구분한다.
② 냉간압연가공을 한 재료는 재질에 방향성이 생긴다.
③ 압하율을 크게 하려면 직경이 큰 롤러를 사용한다.
④ 롤러의 회전속도를 증가시키면 압하율은 증가한다.
⑤ 정밀한 제품을 가공할 경우는 일반적으로 냉간압연가공을 한다.

정답 4번

출제 포인트

압연의 온도별 분류, 재료의 방향성, 롤 지름·회전속도와 압하율의 관계, 냉간압연의 용도를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

압연은 회전하는 롤 사이로 재료를 통과시켜 두께를 줄이고 형상을 만드는 소성가공이다. 열간압연과 냉간압연은 작업온도가 재료의 재결정온도보다 높은지 낮은지에 따라 구분한다. 한 번에 가능한 최대 압하량은 롤과 재료 사이의 마찰 및 롤 반지름의 영향을 받으며, 일반적으로 롤 반지름이 클수록 재료를 물고 들어가는 조건이 유리해진다.

선지별 해설

① O — 작업온도가 재결정온도보다 높으면 열간압연, 낮으면 냉간압연으로 구분한다.
② O — 압연 과정에서 결정립과 조직이 압연방향으로 늘어나므로 압연재에는 방향에 따라 성질이 달라지는 이방성이 생길 수 있다.
③ O — 롤 지름이 커지면 접촉길이와 재료를 물고 들어가는 능력이 커져 더 큰 압하가 가능하다. 따라서 큰 압하율을 얻는 데 직경이 큰 롤이 유리하다.
④ X — 틀린 표현은 '롤러의 회전속도를 증가시키면 압하율은 증가한다'이다. 회전속도를 높이는 것은 주로 생산속도를 높이는 조건이며 압하율을 직접 증가시키지 않는다. 오히려 고속에서는 마찰계수가 낮아져 재료를 물고 들어가는 능력과 허용 압하량이 감소할 수 있다. 올바르게는 '압하율은 롤 지름, 마찰조건, 입·출구 두께 등의 영향을 받으며 롤 회전속도 증가만으로 증가하지 않는다'이다.
⑤ O — 냉간압연은 치수정밀도와 표면상태가 좋으므로 정밀한 제품의 마무리 가공에 일반적으로 사용한다.

NoteBase

오답 포인트

④에서 롤 회전속도가 빨라지면 생산량이 늘어난다는 사실을 압하율 증가와 혼동하기 쉽다. 생산속도와 한 번의 통과에서 줄어드는 두께의 비율은 서로 다른 개념이다.

다시 나오면 이렇게 판단

압하 가능성은 롤이 재료를 안정적으로 물고 들어가는 조건으로 판단한다. 롤 지름과 마찰은 압하에 직접 관계하지만, 회전속도 증가는 곧바로 압하율 증가를 뜻하지 않는다.

암기 포인트

큰 롤·충분한 마찰은 큰 압하에 유리하고, 빠른 롤은 생산속도 증가와 연결된다.

NoteBase

2. 프레스 가공법 중 전단가공에 속하지 않는 가공법은?

① 시밍(seaming)
② 펀칭(punching)
③ 슬리팅(slitting)
④ 노칭(notching)
⑤ 셰이빙(shaving)

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 프레스 가공에서 재료를 전단하여 분리하는 가공과 판재의 가장자리를 접어 결합하는 가공을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

전단가공은 펀치와 다이의 날 사이에서 재료에 전단 파괴를 일으켜 필요한 부분을 잘라 내거나 분리하는 가공이다.
시밍은 두 판재의 가장자리를 굽혀 서로 겹치거나 맞물리게 한 뒤 눌러 접합하는 가공이다. 따라서 시밍은 전단가공이 아니라 접합을 위한 성형가공에 해당한다.

선지별 해설

① O — 시밍(seaming)은 판재의 가장자리를 접어 맞물리게 하여 접합하는 가공이므로 전단가공에 속하지 않는다.
② X — 펀칭(punching)은 펀치와 다이로 판재를 전단하여 구멍을 뚫는 가공이다. 전단가공이 아니라는 판단이 틀리며, 올바르게는 전단가공에 속한다.
③ X — 슬리팅(slitting)은 판재나 코일을 길이 방향 등으로 전단하여 폭이 좁은 띠로 나누는 가공이다. 전단가공이 아니라는 판단이 틀리며, 올바르게는 전단가공에 속한다.
④ X — 노칭(notching)은 판재의 가장자리나 모서리에서 일부 재료를 전단하여 제거하는 가공이다. 전단가공이 아니라는 판단이 틀리며, 올바르게는 전단가공에 속한다.
⑤ X — 셰이빙(shaving)은 이미 전단된 면에서 얇은 여유분을 다시 전단하여 치수 정밀도와 절단면 상태를 높이는 가공이다. 전단가공이 아니라는 판단이 틀리며, 올바르게는 전단가공에 속한다.

오답 포인트

시밍도 프레스를 이용할 수 있어 전단가공처럼 보이는 것이 함정이다. 가공에 쓰는 기계가 아니라 재료가 분리되는지, 가장자리가 접혀 결합되는지를 기준으로 구분한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

재료를 잘라 분리하거나 일부를 제거하면 전단가공으로 판단한다. 판재의 가장자리를 굽혀 겹치거나 맞물려 접합하면 시밍으로 판단한다.

암기 포인트

펀칭·슬리팅·노칭·셰이빙은 자르는 전단가공, 시밍은 접어 잇는 접합가공이다.

NoteBase

3. 길이 100 mm인 연강을 플레인 밀링 커터(plane milling cutter)로 슬랩밀링(slab milling)을 한다. 커터는 직경이 50 mm이고 날의 개수가 20개인 직선날이다. 회전수가 100 rpm이고, 커터의 날 1개당 이송량이 0.2 mm/tooth이다. 공구의 진입길이가 12 mm일 때 절삭시간은? (단위: min)

① 0.18
② 0.20
③ 0.22
④ 0.25
⑤ 0.28

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 날당 이송량, 날 수, 회전수로 테이블 이송속도를 구한 뒤 공작물 길이와 공구 진입길이를 합한 전체 이동거리를 나누어 절삭시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 공작물 길이 $L = 100mm$, 커터 직경 $D = 50mm$, 날 수 $z = 20$, 회전수 $N = 100rpm$, 날당 이송량 $f_z = 0.2mm/tooth$, 진입길이 $A = 12mm$이다.
구해야 할 값: 절삭시간 T이다.
주의할 조건: 커터 직경은 이 계산에서 직접 사용하지 않으며, 진입길이 $12mm$를 공작물 길이에 더해야 한다.

사용할 공식

테이블 이송속도는
$v_f = f_z z N$
이고, 절삭시간은
$T = \frac{L + A}{v_f}$
이다. 날 하나가 한 회전 동안 한 번씩 절삭에 참여하므로 날당 이송량에 날 수와 분당 회전수를 곱하면 분당 테이블 이송거리가 된다. 절삭 중 공구는 공작물 길이뿐 아니라 진입길이까지 이동하므로 전체 이동거리는 $L + A$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 테이블 이송속도를 구한다.
$v_f = 0.2 \times 20 \times 100 = 400 mm/min$
2. 전체 이동거리를 구한다.
$L + A = 100 + 12 = 112 mm$
3. 전체 이동거리를 테이블 이송속도로 나눈다.
$T = \frac{112}{400} = 0.28 min$

선지 판단

① X — $0.18 min$ 동안의 이동거리는 $400 \times 0.18 = 72 mm$로, 필요한 전체 이동거리 $112 mm$와 다르다. 올바른 절삭시간은 $0.28 min$이다.
② X — $0.20 min$ 동안의 이동거리는 $80 mm$에 불과하므로 전체 이동을 마칠 수 없다. 올바른 값은 $0.28 min$이다.
③ X — $0.22 min$ 동안의 이동거리는 $88 mm$이므로 공작물 길이와 진입길이의 합 $112 mm$에 미달한다. 올바른 값은 $0.28 min$이다.
④ X — $0.25 min$ = 100/400은 진입길이 $12 mm$를 빼고 공작물 길이만 사용한 값이다. 진입길이를 포함하면 112/400 = $0.28 min$이다.
⑤ O — 전체 이동거리 $112 mm$를 이송속도 $400 mm/min$으로 나누면 $0.28 min$이므로 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

④의 $0.25 min$은 공작물 길이 $100 mm$만 이송속도로 나눈 값이다. 문제에서 별도로 제시한 공구의 진입길이 $12 mm$를 누락하지 않는 것이 핵심이다. 커터 직경 $50 mm$는 이미 진입길이가 주어진 이 문제에서는 절삭시간 공식에 다시 넣지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

밀링 절삭시간 문제는 먼저 $v_f = f_z z N$으로 이송속도를 구하고, 공작물 길이에 진입길이와 별도로 주어진 여유길이를 더한 뒤 전체 이동거리를 이송속도로 나눈다. 마지막에는 거리 단위와 이송속도의 시간 단위를 맞춰 검산한다.

암기 포인트

밀링 시간은 '전체 이동거리 ÷ 날당 이송량·날 수·회전수'이며, 진입길이는 전체 이동거리에 더한다.

NoteBase

4. 전기저항용접으로 옳지 않은 것은?

① 점 용접(spot welding)
② 시임 용접(seam welding)
③ 프로젝션 용접(projection welding)
④ 테르밋 용접(thermit welding)
⑤ 업셋 버트 용접(upset butt welding)

정답 4번

출제 포인트

전기저항용접과 화학 반응열을 이용하는 용접을 구분하는 문제이다. 문제는 '옳지 않은 것'을 묻고 있으므로 전기저항용접이 아닌 용접법을 찾는다.

핵심 개념

전기저항용접은 접합부에 전류를 흘릴 때 생기는 전기저항열과 가압력을 이용하여 접합하는 용접법이다. 점 용접, 시임 용접, 프로젝션 용접, 업셋 버트 용접이 이에 해당한다.
테르밋 용접은 금속 산화물과 알루미늄 분말의 테르밋 반응에서 발생하는 고온의 열로 금속을 녹여 접합하는 화학 용접법이다.

선지별 해설

① O — 점 용접은 겹친 판재를 전극 사이에서 가압하고 전류를 흘려 국부적인 저항열로 점 모양의 용접부를 만드는 전기저항용접이다.
② O — 시임 용접은 회전하는 롤러 전극으로 연속적인 점 용접부를 만들어 기밀한 이음부를 형성하는 전기저항용접이다.
③ O — 프로젝션 용접은 모재에 만든 돌기 부분에 전류와 압력을 집중시켜 접합하는 전기저항용접이다.
④ X — 틀린 표현은 '테르밋 용접이 전기저항용접이다'라는 분류이다. 올바르게는 테르밋 용접은 테르밋 반응열을 이용하는 화학 용접법이다. 따라서 옳지 않은 것은 ④이다.
⑤ O — 업셋 버트 용접은 두 부재의 맞댄 면에 전류를 흘리고 가압하여 접촉저항열로 접합하는 맞대기형 전기저항용접이다.

오답 포인트

모든 선지가 용접법의 명칭이어서 같은 분류처럼 보이는 점이 함정이다. ④의 '테르밋'은 전류에 의한 저항열이 아니라 화학 반응열을 뜻한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

열원의 발생 원리를 기준으로 구분한다. 전류와 접촉저항 및 가압을 이용하면 전기저항용접이고, 테르밋 반응의 화학열을 이용하면 전기저항용접이 아니다.

암기 포인트

점·시임·프로젝션·업셋 버트는 저항열, 테르밋은 화학 반응열이다.

NoteBase

5. 용접변형을 방지하기 위한 대책으로 옳지 않은 것은?

① 용접금속의 중량을 크게 한다.
② 용접부위의 길이를 짧게 한다.
③ 용착열이 적은 용접법을 선택한다.
④ 구속을 크게 한다.
⑤ 용접속도를 빠르게 한다.

정답 1번

출제 포인트

용접 변형을 줄이기 위한 용착량, 용접 길이, 입열, 구속의 기본 원리를 묻는 문제이다.

핵심 개념

용접 변형은 용접부가 가열되어 팽창하고 냉각되면서 불균일하게 수축하여 생기는 형상 변화이다. 일반적으로 용착 금속량과 용접 길이 및 단위 길이당 입열을 줄이고, 적절한 구속으로 수축 변형을 억제한다.

선지별 해설

① X — '용접금속의 중량을 크게 한다'는 표현이 틀리다. 용착 금속량이 많아지면 가열·수축하는 금속의 양이 늘어 변형이 커질 수 있으므로, 올바르게는 필요한 강도를 만족하는 범위에서 용접금속의 중량, 즉 용착량을 작게 한다.
② O — 용접부의 길이를 짧게 하면 전체 가열 구간과 수축 구간이 줄어 용접 변형을 억제할 수 있다.
③ O — 용착열이 적은 용접법은 모재에 전달되는 열과 열영향 범위를 줄여 불균일한 열팽창·수축에 따른 변형을 작게 한다.
④ O — 지그나 고정구 등으로 구속을 크게 하면 용접 중 부재의 이동과 수축을 제한하여 변형을 억제할 수 있다.
⑤ O — 전류와 전압 등 다른 조건이 같을 때 용접속도를 빠르게 하면 단위 길이당 입열이 감소하여 변형을 줄일 수 있다.

오답 포인트

'용접금속의 중량을 크게 하면 부재가 무거워져 변형이 줄어든다'고 오해하기 쉽다. 그러나 여기서 중요한 것은 완성품의 무게가 아니라 가열·수축하는 용착 금속량이며, 용착량이 커지면 수축 변형도 커질 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

용접 변형 방지 선지는 '가열·수축하는 범위를 줄이는가'와 '부재의 움직임을 제한하는가'를 기준으로 판단한다. 용착량·용접 길이·단위 길이당 입열은 작게 하고, 필요한 구속은 크게 하는 방향이 기본이다.

NoteBase

암기 포인트

변형 방지는 용착량·길이·입열은 작게, 속도·구속은 크게이다.

NoteBase

6. 기어의 언더컷(undercut)을 방지하는 대책으로 옳지 않은 것은?

① 피니언의 잇수를 최소잇수로 한다.
② 기어의 잇수를 한계잇수로 한다.
③ 압력각을 작게 한다.
④ 전위기어를 사용한다.
⑤ 기어의 이높이를 낮게 한다.

정답 3번

출제 포인트

인벌류트 기어에서 언더컷이 생기는 조건과 이를 줄이는 설계 방법을 묻는 문제이다.

핵심 개념

언더컷은 기어를 절삭할 때 공구의 이끝이 치근 부분을 지나치게 깎아 이의 유효 치형을 훼손하는 현상이다. 피니언 잇수는 최소잇수 이상으로 확보하고, 상대 기어 잇수는 한계잇수를 넘지 않게 하며, 압력각을 크게 하거나 이높이를 낮추고 양의 전위를 주면 언더컷을 줄일 수 있다.

선지별 해설

① O — 피니언의 잇수를 최소잇수 이상으로 확보하면 치근에서 절삭 간섭이 생기는 것을 막을 수 있다.
② O — 기어의 잇수를 허용되는 한계잇수 이내로 정하면 피니언 치근에서 언더컷을 일으키는 간섭을 피할 수 있다.
③ X — 틀린 표현은 '압력각을 작게 한다'이다. 압력각이 작아지면 언더컷이 발생하지 않는 최소잇수가 커져 언더컷에 불리하다. 올바르게는 '압력각을 크게 한다'이다.
④ O — 전위기어를 사용하여 양의 전위를 주면 치근 두께와 절삭 여유가 커져 언더컷을 방지할 수 있다.
⑤ O — 이높이를 낮추면 공구 이끝이 치근 쪽을 과도하게 파고드는 범위가 줄어 언더컷을 방지할 수 있다.

오답 포인트

③의 '압력각을 작게'가 함정이다. 작은 압력각은 언더컷 방지책이 아니라 언더컷이 생기기 쉬운 방향이며, 방지하려면 압력각을 크게 해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

언더컷 방지 대책은 치근 간섭을 줄이는 방향으로 판단한다. 잇수 확보, 압력각 증가, 양의 전위, 이높이 감소는 방지 방향이고 압력각 감소는 반대 방향이다.

NoteBase

암기 포인트

언더컷 방지: 잇수는 확보하고, 압력각은 크게, 이높이는 낮게, 전위는 양으로 한다.

NoteBase

7. 열충격 저항(TSR: Thermal Shock Resistance)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 금속재료는 열충격 저항이 낮아 열응력에 의한 파괴가능성이 높다.
② 높은 파괴강도를 갖는 물질은 열충격 저항이 크다.
③ 탄성계수를 감소시키면 열충격 저항이 커진다.
④ 열팽창계수를 감소시키면 열충격 저항이 커진다.
⑤ 높은 열전도율을 가지면 열충격 저항이 크다.

정답 1번

출제 포인트

열충격 저항을 크게 하는 재료 특성인 높은 파괴강도·열전도율과 낮은 탄성계수·열팽창계수를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

열충격 저항은 급격한 온도 변화로 생기는 열응력과 균열에 재료가 견디는 능력이다. 대표적인 비교식은 $R \propto \frac{\sigma_f k}{E\alpha}$ 이다. 여기서 σ_f는 파괴강도, k는 열전도율, E는 탄성계수, α는 열팽창계수이다. 따라서 파괴강도와 열전도율이 클수록, 탄성계수와 열팽창계수가 작을수록 열충격 저항이 커진다.

선지별 해설

① X — '금속재료는 열충격 저항이 낮아 열응력에 의한 파괴가능성이 높다'는 부분이 틀리다. 금속재료는 일반적으로 열전도율이 높고 연성이 있어 열충격 저항이 비교적 크며, 열응력에 의한 취성 파괴 가능성도 비교적 낮다.
② O — 파괴강도 σ_f가 크면 발생한 열응력에 더 잘 견디므로 열충격 저항이 커진다.
③ O — 탄성계수 E가 작으면 같은 열변형이 구속될 때 생기는 열응력이 작아지므로 열충격 저항이 커진다.
④ O — 열팽창계수 α가 작으면 온도 변화에 따른 열변형과 열응력이 작아지므로 열충격 저항이 커진다.
⑤ O — 열전도율 k가 크면 재료 내부의 온도 차가 빠르게 완화되어 열응력이 감소하므로 열충격 저항이 커진다.

출제자가 노린 함정

'금속은 열을 잘 받는다'는 인상을 '열충격에 약하다'로 연결하기 쉽다. 그러나 열전도율이 높으면 국부적인 온도 구배가 줄고, 금속의 연성도 파괴를 억제하므로 ①의 방향은 반대이다.

다시 나오면 이렇게 판단

열충격 저항식의 분자에는 파괴강도와 열전도율, 분모에는 탄성계수와 열팽창계수가 놓인다고 판단한다. 즉 강도·열전도율은 클수록 유리하고, 탄성계수·열팽창계수는 작을수록 유리하다.

NoteBase

암기 포인트

열충격 저항은 강도·열전도율이 클수록, 탄성계수·열팽창계수가 작을수록 커진다.

NoteBase

8. 다음 설명에 해당하는 원소는?

> ○ 철(Fe)에 첨가하는 함량에 따라서 철(<0.08 wt%), 강철(0.08 ~2.14 wt%), 주철(>2.14 wt%)로 구분된다.
> ○ 중간상으로 시멘타이트(cementite)를 만든다.

① 알루미늄(Al)
② 탄소(C)
③ 구리(Cu)
④ 주석(Sn)
⑤ 규소(Si)

정답 2번

출제 포인트

철에 첨가된 원소의 함량으로 철·강철·주철을 구분하고, 철과 결합하여 시멘타이트를 만드는 원소를 찾는 문제이다.

핵심 개념

탄소는 철-탄소 합금의 분류 기준이 되는 원소이다. 탄소 함량이 0.08wt% 미만이면 철, 0.08 ~ 2.14wt%이면 강철, 2.14wt%를 초과하면 주철로 구분한다. 또한 탄소는 철과 결합하여 시멘타이트 Fe_3C를 형성한다.

선지별 해설

① X — 알루미늄(Al)은 철강에서 주로 탈산제나 합금 원소로 사용되며, 제시된 철·강철·주철의 분류 기준 원소도 시멘타이트의 구성 원소도 아니다. 틀린 표현인 '알루미늄'은 '탄소'로 고쳐야 한다.
② O — 탄소(C)의 함량에 따라 철·강철·주철을 구분하며, 탄소는 철과 결합하여 시멘타이트 Fe_3C를 만든다.
③ X — 구리(Cu)는 내식성 등을 높이기 위해 첨가할 수 있는 합금 원소이지만, 제시된 함량 구분의 기준이 아니며 시멘타이트를 만들지 않는다. 틀린 표현인 '구리'는 '탄소'로 고쳐야 한다.
④ X — 주석(Sn)은 제시된 철-탄소 합금의 분류 기준 원소가 아니며 시멘타이트의 구성 원소도 아니다. 틀린 표현인 '주석'은 '탄소'로 고쳐야 한다.
⑤ X — 규소(Si)는 탈산 작용을 하고 주철의 흑연화를 촉진할 수 있지만, 제시된 함량 구분의 기준 원소가 아니며 시멘타이트를 구성하지 않는다. 틀린 표현인 '규소'는 '탄소'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

알루미늄과 규소도 철강 제조에서 탈산제나 합금 원소로 쓰이므로 혼동하기 쉽다. 그러나 '철·강철·주철의 함량 구분'과 '시멘타이트 Fe_3C'라는 두 단서는 모두 탄소를 가리킨다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

철계 재료를 함량으로 철·강철·주철로 나누거나 시멘타이트 Fe_3C가 제시되면 철–탄소계로 판단한다. 특히 Fe_3C에서 철 이외의 원소 기호 C를 확인하면 탄소를 바로 찾을 수 있다.

암기 포인트

철–강철–주철의 구분은 탄소 함량, 시멘타이트는 Fe_3C이다.

NoteBase

9. 구멍기준 끼워맞춤결합을 보장하는 치수공차의 조합 중 열박음 억지 끼워맞춤은?

① H6f6
② H6js6
③ H7h7
④ H7s6
⑤ H9c9

정답 4번

출제 포인트

구멍기준 끼워맞춤에서 구멍 H의 공차역과 축 공차역의 상대 위치를 보고 열박음에 필요한 억지 끼워맞춤을 찾는 문제이다.

핵심 개념

구멍기준식의 H 구멍은 최소치수가 기준치수와 같고 공차역이 기준선 위에 놓인다. 축 공차역이 구멍 공차역보다 아래에 있으면 틈새 끼워맞춤, 일부 겹치면 중간 끼워맞춤, 위에 있으면 억지 끼워맞춤이 된다. 열박음은 가열한 구멍 부품을 팽창시켜 조립한 뒤 냉각 수축으로 결합력을 얻는 방식이므로 억지 끼워맞춤을 사용한다.

선지별 해설

① X — H6f6에서 f축의 공차역은 기준선 아래에 있어 항상 틈새가 생긴다. 틀린 표현은 열박음 억지 끼워맞춤의 조합으로 본 부분이며, 올바르게는 H6f6은 틈새 끼워맞춤이다.
② X — H6js6에서 js축의 공차역은 기준선을 중심으로 걸쳐 있어 구멍과 축의 실제 치수에 따라 틈새 또는 죔새가 생길 수 있다. 틀린 표현은 억지 끼워맞춤으로 본 부분이며, 올바르게는 H6js6은 중간 끼워맞춤이다.
③ X — H7h7에서 h축의 최대치수는 기준치수와 같고 나머지 공차역은 기준선 아래에 있으므로 최소 틈새가 0인 틈새 끼워맞춤이다. 틀린 표현은 열박음용 억지 끼워맞춤으로 본 부분이며, 올바르게는 H7h7은 틈새 끼워맞춤이다.
④ O — H7s6에서 s축의 공차역은 기준선 위에 있어 H7 구멍과 조립할 때 죔새가 생기는 억지 끼워맞춤이다. 가열 팽창과 냉각 수축을 이용하는 열박음에 적합하다.
⑤ X — H9c9에서 c축의 공차역은 기준선보다 크게 아래에 있어 비교적 큰 틈새가 생긴다. 틀린 표현은 열박음용 조합으로 본 부분이며, 올바르게는 H9c9은 틈새 끼워맞춤이다.

오답 포인트

공차등급 숫자만 보고 죔새의 크기를 판단하면 틀리기 쉽다. 끼워맞춤의 종류를 결정하는 핵심은 6, 7, 9 같은 등급 숫자가 아니라 f, h, js, s가 나타내는 축 공차역의 위치이다. 특히 h는 축의 최대치수가 기준치수와 같으므로 H와 조합해도 억지가 아니라 최소 틈새 0의 틈새 끼워맞춤이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

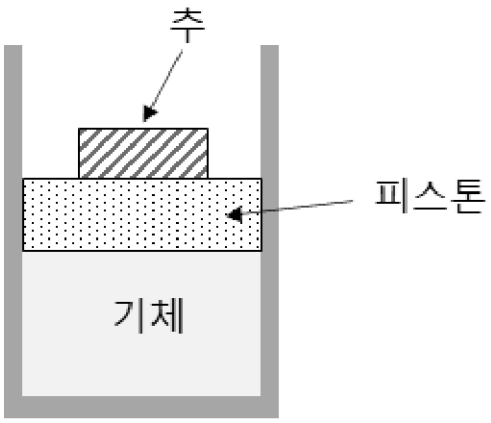
먼저 대문자 H가 구멍, 소문자가 축임을 확인한다. 다음으로 축 문자의 공차역 위치를 본다. f·c처럼 기준선 아래이면 틈새, js처럼 기준선에 걸치면 중간, s처럼 기준선 위이면 억지 끼워맞춤으로 판단한다. 열박음이나 압입이라는 표현이 나오면 억지 끼워맞춤을 찾는다.

암기 포인트

H는 구멍기준, s축은 기준선 위의 죔새 공차역이므로 H7s6은 열박음용 억지 끼워맞춤이다.

NoteBase

10. 그림과 같이 실린더 내부에 기체가 밀폐되어 있다. 실린더에는 피스톤이 끼워져 있으며 피스톤 위에는 작은 추를 올려놓았다. 기체의 초기 압력이 100 kPa이고 초기 체적은 0.05 m^3이다. 외부에서 열을 공급하여 압력을 일정하게 유지하면서 기체의 체적을 0.1 m^3까지 변화시켰다면 외부에서 공급된 열에너지는? (단위: kJ)



① 2
② 3
③ 4
④ 5
⑤ 6

정답 4번

출제 포인트

압력이 일정한 피스톤의 체적 변화에서 경계일을 $W = P\Delta V$로 계산하는 문제이다. 다만 발문의 '공급된 열에너지'는 엄밀히 경계일과 같은 양이 아니므로 구분해야 한다.

조건 정리

초기 압력: $P = 100kPa$
초기 체적: $V_1 = 0.05m^3$
최종 체적: $V_2 = 0.10m^3$
압력은 일정하다. 피스톤이 밀려 올라가면서 기체가 한 경계일은 주어진 압력과 체적 변화로 계산할 수 있지만, 공급열은 열역학 제1법칙 $Q = \Delta U + W$에 따라 내부에너지 변화 ΔU까지 알아야 결정할 수 있다.

NoteBase

사용할 공식

일정 압력 과정의 경계일은
$W = \int_{V_1}^{V_2} PdV = P(V_2 - V_1)$
이다. 피스톤 위의 추의 무게가 일정하여 기체가 일정한 외부 압력을 이기며 팽창하므로 이 공식을 사용한다. 또한 $1kPa \cdot m^3 = 1kJ$이다.

계산 과정

체적 변화량은
$\Delta V = V_2 - V_1 = 0.10 - 0.05 = 0.05m^3$
이다. 따라서 기체가 한 경계일은
$W = P\Delta V = (100kPa)(0.05m^3) = 5kPa \cdot m^3 = 5kJ$
이다. 공식 답은 출제 의도상 이 경계일을 외부에서 공급된 에너지로 보아 ④를 선택한다. 그러나 발문을 공급열 Q로 엄밀히 해석하면
$Q = \Delta U + W$
이므로 ΔU에 관한 정보가 없는 현재 조건만으로는 Q를 결정할 수 없다.

선지 판단

① X — 2 kJ는 경계일 계산값 5 kJ와 다르다. '2 kJ'는 '5 kJ'로 고쳐야 한다.
② X — 3 kJ는 $100kPa$에 체적 변화량 $0.05m^3$을 곱한 값이 아니다. '3 kJ'는 '5 kJ'로 고쳐야 한다.
③ X — 4 kJ는 경계일 계산값보다 1 kJ 작다. '4 kJ'는 '5 kJ'로 고쳐야 한다.
④ O — 공식 출제 의도대로 공급 에너지를 경계일로 보면 $100kPa \times 0.05m^3 = 5kJ$이므로 옳다.
⑤ X — 6 kJ는 경계일 계산값보다 1 kJ 크다. '6 kJ'는 '5 kJ'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

최종 체적 $0.10m^3$ 자체를 곱하지 않고 체적 증가량 $0.10 - 0.05 = 0.05m^3$을 곱해야 한다. 또한 $kPa \cdot m^3$은 그대로 kJ가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

압력이 일정한 피스톤 팽창 문제에서는 먼저 $\Delta V = V_2 - V_1$을 구한 뒤 $P\Delta V$를 계산하고, $kPa \cdot m^3 = kJ$로 단위를 검산한다.

암기 포인트

정압 팽창의 경계일은 '압력 × 체적 변화량', 즉 $W = P(V_2 - V_1)$이다.

NoteBase

11. 카르노(Carnot) 사이클 열기관이 526.85 ℃의 고온열원으로부터 800 kJ을 공급받아 26.85 ℃의 저온열원으로 열을 방출한다. 이 때 열기관이 한 일의 양은? (단위: kJ) (단, 0 ℃ = 273.15 K이다)

① 40.77
② 300.00
③ 500.00
④ 759.23
⑤ 800.00

정답 3번

출제 포인트

카르노 열기관의 효율을 절대온도로 계산하고, 공급받은 열량에 효율을 곱하여 열기관이 한 일을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 고온열원의 온도는 $526.85^\circ C = 800K$, 저온열원의 온도는 $26.85^\circ C = 300K$, 고온열원에서 공급받은 열량은 $Q_H = 800kJ$이다.
구해야 할 값: 열기관이 한 일 W이다.
주의할 조건: 카르노 효율의 온도에는 섭씨온도가 아니라 절대온도 K를 사용한다.

사용할 공식

카르노 열기관의 효율은
$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$
이고, 열기관이 한 일은
$W = \eta Q_H$
이다.
카르노 사이클은 두 열원의 절대온도만으로 열효율이 결정되므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 열원의 온도를 절대온도로 바꾸면 $T_H = 526.85 + 273.15 = 800K$, $T_L = 26.85 + 273.15 = 300K$ 이다.
2. 열효율은
$\eta = 1 - \frac{300}{800} = 0.625$
이다.
3. 열기관이 한 일은
$W = 0.625 \times 800 = 500kJ$
이다.
또한 방출열은 $Q_L = Q_H - W = 800 - 500 = 300kJ$이므로 에너지 보존도 만족한다.

선지 판단

① X — $40.77kJ$은 계산된 일 $500kJ$과 일치하지 않는다. 틀린 값 40.77을 올바르게 고치면 $500kJ$이다.
② X — $300.00kJ$은 열기관이 한 일이 아니라 저온열원으로 방출한 열량 Q_L이다. 틀린 값 300.00을 일의 값으로 고치면 $500.00kJ$이다.
③ O — 카르노 효율 0.625에 공급열 $800kJ$을 곱하면 열기관이 한 일은 $500.00kJ$이다.
④ X — $759.23kJ$은 카르노 효율로 구한 일과 일치하지 않는다. 틀린 값 759.23을 올바르게 고치면 $500.00kJ$ 이다.
⑤ X — $800.00kJ$은 열기관이 한 일이 아니라 고온열원에서 공급받은 열량 Q_H이다. 틀린 값 800.00을 일의 값으로 고치면 $500.00kJ$이다.

오답 포인트

섭씨온도 526.85와 26.85를 효율식에 그대로 대입하면 안 된다. 또한 공급열 $800kJ$, 방출열 $300kJ$, 일 $500kJ$을 서로 혼동하기 쉽다. 특히 ②는 방출열을 일로 잘못 선택하게 하는 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

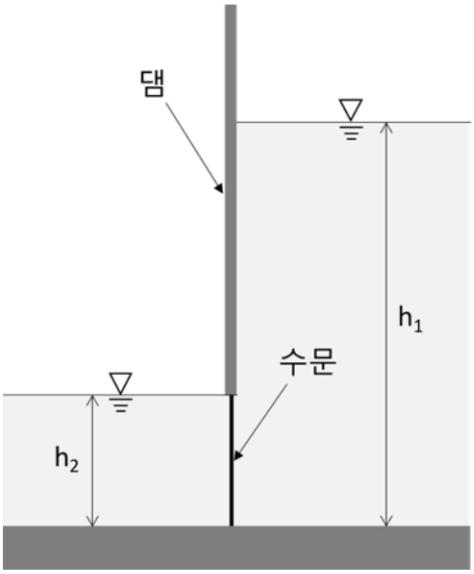
두 열원의 섭씨온도에 273.15를 더해 절대온도로 바꾼 뒤, $\eta = 1 - T_L/T_H$로 효율을 구하고 $W = \eta Q_H$를 계산한다. 마지막에는 $Q_H = W + Q_L$인지 확인한다.

암기 포인트

카르노 효율은 절대온도로 계산하며, $\eta = 1 - T_L/T_H$, $W = \eta Q_H$이다.

NoteBase

12. 그림과 같이 댐의 양측 물의 깊이는 각각 h_1과 h_2이다. 수문의 높이가 h_2, 폭이 L일 때 수문에 작용하는 수압에 의한 합력은? (단, 물의 밀도는 ρ, 중력가속도는 g이다)



① $\rho g(h_1-h_2)h_1L$

② $\frac{\rho g}{2}(h_1-h_2)h_1L$

③ $\rho g(h_1-h_2)h_2L$

④ $\frac{2\rho g}{3}(h_1-h_2)h_2L$

⑤ $\frac{\rho g}{2}(h_1-h_2)h_2L$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수문의 같은 높이에서 작용하는 양측 정수압의 차를 구한 뒤, 그 압력차를 수문 면적에 곱해 합력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 오른쪽 수심은 h_1, 왼쪽 수심과 수문 높이는 h_2, 수문 폭은 L이다.
구해야 할 값: 수문에 작용하는 양측 수압의 합력이다.
주의할 조건: 수문은 바닥부터 높이 h_2까지 잠겨 있으며, 수문의 모든 높이에서 양측 물이 함께 작용한다.

NoteBase

사용할 공식

바닥에서 위로 z인 지점에서 오른쪽과 왼쪽의 압력은 각각 $p_R = \rho g(h_1 - z)$, $p_L = \rho g(h_2 - z)$이다. 따라서 순압력은

$\Delta p = p_R - p_L = \rho g(h_1 - h_2)$

이다. z가 소거되므로 순압력은 수문 전체에서 일정하다. 따라서 합력은 일정한 순압력에 수문 면적 $h_2 L$을 곱해 구한다.

계산 과정

1. 수문의 임의 높이에서 양측 압력차를 구하면 $\Delta p = \rho g(h_1 - h_2)$이다.
2. 수문의 면적은 $A = h_2 L$이다.
3. 합력은

$F = \Delta p A = \rho g(h_1 - h_2) h_2 L$

이므로 ③과 일치한다.

선지 판단

① X — $\rho g(h_1 - h_2) h_1 L$은 수문 면적의 높이를 h_1로 잘못 잡은 식이다. 올바른 수문 면적은 $h_2 L$이므로 $\rho g(h_1 - h_2) h_2 L$로 고쳐야 한다.

② X — $\frac{\rho g}{2}(h_1 - h_2) h_1 L$은 수문 높이를 h_1로 잘못 잡고 순압력 분포를 삼각형으로 보아 1/2까지 곱한 식이다. 올바르게는 $\rho g(h_1 - h_2) h_2 L$이다.

③ O — 수문 전체의 일정한 순압력 $\rho g(h_1 - h_2)$에 실제 수문 면적 $h_2 L$을 곱한 $\rho g(h_1 - h_2) h_2 L$이므로 옳다.

④ X — $\frac{2\rho g}{3}(h_1 - h_2) h_2 L$은 일정한 순압력에 불필요한 2/3 계수를 곱한 식이다. 올바르게는 계수 없이 $\rho g(h_1 - h_2) h_2 L$이다.

⑤ X — $\frac{\rho g}{2}(h_1 - h_2) h_2 L$은 순압력 분포를 삼각형으로 잘못 보고 1/2을 곱한 식이다. 올바르게는 $\rho g(h_1 - h_2) h_2 L$이다.

오답 포인트

각 측의 수압은 깊이에 따라 삼각형으로 변하지만, 같은 높이에서 두 수압을 빼면 z가 소거되어 순압력은 일정해진다. 따라서 순압력 분포의 면적에 1/2을 붙이면 안 된다. 또한 힘이 작용하는 실제 수문 높이는 오른쪽 수심 h_1이 아니라 h_2이다.

다시 나오면 이렇게 판단

양쪽에 물이 있는 수문 문제에서는 같은 높이의 압력을 먼저 뺀다. 압력차가 일정하면 직사각형 분포로 보고 $F = \Delta p A$를 적용하며, 면적은 실제 수문의 높이와 폭으로 계산한다.

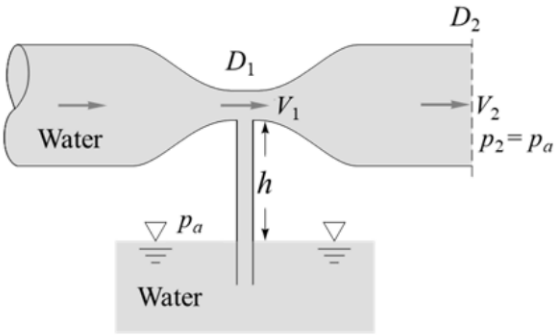
NoteBase

암기 포인트

양측 수심 차가 일정하면 순압력도 일정하다: $F = \rho g (h_1 - h_2) h_2 L$.

NoteBase

13. 다음 그림은 벤츄리(venturi)관 내 물의 유동을 나타낸다. 베르누이 정리를 사용할 경우 V_2는? (단, p_a는 대기압, g는 중력가속도, D는 직경, V는 속도, 물의 밀도는 일정하다)



① $\sqrt{\dfrac{2gh}{1+\left(\dfrac{D_1}{D_2}\right)^4}}$

② $\sqrt{\dfrac{2gh}{1-\left(\dfrac{D_1}{D_2}\right)^4}}$

③ $\sqrt{\dfrac{2gh}{\left(\dfrac{D_1}{D_2}\right)^4-1}}$

④ $\sqrt{\dfrac{2gh}{1-\left(\dfrac{D_2}{D_1}\right)^4}}$

⑤ $\sqrt{\dfrac{2gh}{\left(\dfrac{D_2}{D_1}\right)^4-1}}$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 벤츄리관의 연속방정식과 베르누이 정리를 함께 사용하여 출구 속도 V_2를 구하는 문제이다.

조건 정리

관의 중심선은 수평이고 물의 밀도는 일정하다. 목 부분 1의 지름은 D_1, 출구 2의 지름은 D_2이며, 출구 압력은 $p_2 = p_a$이다. 목 부분의 압력은 대기압보다 물기둥 h만큼 낮으므로 $p_1 = p_a - \rho gh$이다. 구해야 하는 값은 출구 속도 V_2이다.

NoteBase

사용할 공식

연속방정식은 $A_1V_1 = A_2V_2$이고, 원형 단면에서 $A \propto D^2$이므로 $V_1 = (D_2/D_1)^2 V_2$이다. 같은 높이의 1과 2 사이에 베르누이 정리를 적용하면 $p_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2$이다. 유량이 보존되고 두 지점의 압력과 속도가 연결되므로 두 공식을 함께 사용한다.

계산 과정

압력 조건을 베르누이 식에 대입하면
$p_a - \rho g h + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = p_a + \frac{1}{2}\rho V_2^2$
이므로
$V_1^2 - V_2^2 = 2gh$
이다. 여기에 $V_1 = (D_2/D_1)^2 V_2$를 대입하면
$\left[\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4 - 1\right] V_2^2 = 2gh$
가 된다. 따라서
$V_2 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4 - 1}}$
이다.

선지 판단

① X — 베르누이 식에서 속도항은 $V_1^2 - V_2^2$의 차로 정리되므로 분모에 더하기가 생기지 않는다. 틀린 $1 + (D_1/D_2)^4$는 $(D_2/D_1)^4 - 1$로 고쳐야 한다.
② X — $\sqrt{2gh/[1 - (D_1/D_2)^4]}$는 연속방정식으로 $V_2 = (D_1/D_2)^2 V_1$를 대입하여 구한 목 부분 속도 V_1의 식이다. V_2의 식은 $\sqrt{2gh/[(D_2/D_1)^4 - 1]}$로 고쳐야 한다.
③ X — 벤츄리관의 목 부분은 $D_1 < D_2$이므로 $(D_1/D_2)^4 - 1 < 0$가 되어 실수인 속도를 얻을 수 없다. 지름비의 순서를 바꾸어 분모를 $(D_2/D_1)^4 - 1$로 고쳐야 한다.
④ X — $D_2/D_1 > 1$이므로 $1 - (D_2/D_1)^4 < 0$가 된다. 분모의 뺄셈 순서를 바꾸어 $(D_2/D_1)^4 - 1$로 고쳐야 한다.
⑤ O — 연속방정식의 지름비를 베르누이 식에 대입한 결과 $V_2 = \sqrt{2gh/[(D_2/D_1)^4 - 1]}$가 되므로 옳다.

오답 포인트

핵심 함정은 연속방정식에서 속도비를 지름비와 같은 1차 비로 쓰거나, D_1/D_2와 D_2/D_1의 순서를 뒤집는 것이다. 면적이 지름의 제곱에 비례하므로 속도를 제곱하는 베르누이 식에 대입하면 지름비는 반드시 4제곱이 된다. 또한 $D_2 > D_1$이므로 최종 분모가 양수인지 확인하면 ③과 ④를 바로 배제할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

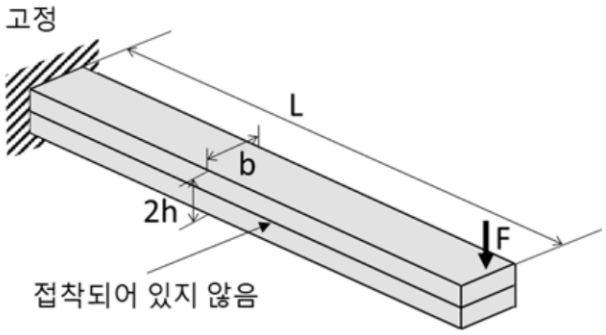
먼저 액주 높이로 압력차 $p_a - p_1 = \rho g h$를 정리하고, 연속방정식으로 V_1을 V_2에 관한 식으로 바꾼 뒤, 같은 높이의 두 지점에 베르누이 정리를 적용한다. 마지막에는 축소부에서 $V_1 > V_2$이고 제곱속도가 양수가 되는지 검산한다.

NoteBase

암기 포인트

원형 관에서는 $A \propto D^2$, 연속방정식에서는 $V \propto 1/D^2$이다. 이를 속도제곱 항에 넣으면 지름비가 4제곱으로 나타난다.

14. 그림과 같이 길이가 L인 외팔보는 높이 h, 폭 b인 직사각형 단면을 가지는 2개의 동일한 빔으로 구성되어 있다. 2개의 빔은 서로 접착되어 있지 않다. 끝단에 하중 F가 가해질 때 외팔보 끝단의 처짐은? (단, 재료의 탄성계수는 E이다)



① $\frac{4FL^3}{Ebh^3}$ ② $\frac{2FL^3}{Ebh^3}$ ③ $\frac{FL^3}{Ebh^3}$ ④ $\frac{FL^3}{2Ebh^3}$ ⑤ $\frac{FL^3}{4Ebh^3}$

정답 2번

출제 포인트

접착되지 않은 동일한 두 외팔보의 휨강성을 합산하고, 외팔보 끝단 집중하중에 의한 처짐 공식을 적용하는 문제이다.

조건 정리

각 빔의 길이는 L, 단면은 폭 b와 높이 h인 직사각형이고, 탄성계수는 E이다. 두 빔은 동일하지만 서로 접착되어 있지 않으므로 높이 $2h$인 하나의 단면으로 취급하지 않는다. 두 빔은 함께 처지며 각각 자기 중립축에 대한 단면2차모멘트로 휨에 저항한다.

사용할 공식

직사각형 단면 한 개의 단면2차모멘트는 $I = bh^3/12$이다. 외팔보 끝단에 집중하중 F가 작용할 때 끝단 처짐은 $\delta = FL^3/(3EI_{\text{eff}})$이다. 접착되지 않은 동일 빔 두 개의 유효 단면2차모멘트는 $I_{\text{eff}} = I + I = 2I$이다.

계산 과정

두 빔의 휨강성을 합하면 $EI_{\text{eff}} = 2EI$이다. 따라서

$$\delta = \frac{FL^3}{3E(2I)} = \frac{FL^3}{6E(bh^3/12)} = \frac{2FL^3}{Ebh^3}$$

가 된다. 동일한 두 빔이 하중을 각각 $F/2$씩 부담한다고 보아도 각 빔의 처짐은 같은 결과가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X — $4FL^3/(Ebh^3)$는 단면 한 개가 전체 하중 F를 부담한다고 계산한 값이다. 두 빔의 강성을 합산해야 하므로 올바르게는 $2FL^3/(Ebh^3)$이다.
② O — 두 빔의 유효 휨강성 $2EI$를 적용한 계산 결과 $2FL^3/(Ebh^3)$와 일치한다.
③ X — $FL^3/(Ebh^3)$는 실제 유효 휨강성 $2EI$보다 크게 잡아 처짐을 절반으로 산정한 값이다. 올바르게는 $2FL^3/(Ebh^3)$이다.
④ X — $FL^3/(2Ebh^3)$는 두 빔이 완전히 접착되어 높이 $2h$인 하나의 단면처럼 거동한다고 보았을 때의 값이다. 문제에서는 접착되어 있지 않으므로 올바르게는 $2FL^3/(Ebh^3)$이다.
⑤ X — $FL^3/(4Ebh^3)$는 유효 휨강성을 지나치게 크게 잡은 값이다. 접착되지 않은 두 빔의 유효 단면2차모멘트는 $2I$이므로 올바르게는 $2FL^3/(Ebh^3)$이다.

오답 포인트

그림의 전체 높이가 $2h$라는 이유만으로 두 빔을 완전 접착된 일체형 단면으로 보면 ④가 나온다. 접착되지 않은 경우에는 평행축 정리를 이용해 높이 $2h$인 단면의 단면2차모멘트를 구하는 것이 아니라, 각 빔의 자기 중립축에 대한 I를 더해 $2I$로 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

겹친 보의 처짐 문제에서는 먼저 접착 여부를 확인한다. 접착되지 않은 동일 빔은 각 단면의 휨강성을 합산하고, 완전히 접착된 빔만 전체 높이를 가진 하나의 합성 단면으로 계산한다.

암기 포인트

비접착 동일 2겹 보는 $I_{\text{eff}} = 2I$, 완전 접착 2겹 보는 $I = b(2h)^3/12 = 8I$이다.

NoteBase

15. 반지름이 1 mm인 실린더 형상의 부재가 축하중(axial force)을 받고 있다. 부재의 인장강도가 400 MPa이고 안전계수가 2일 때 최대허용하중은? (단위: N)

① 50π
② 80π
③ 100π
④ 150π
⑤ 200π

정답 5번

출제 포인트

안전계수를 적용해 허용인장응력을 구한 뒤, 원형 단면의 넓이를 곱하여 최대허용하중을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반지름 $r = 1mm$, 인장강도 $\sigma_u = 400MPa = 400N/mm^2$, 안전계수 $n = 2$이다.
구해야 할 값: 최대허용하중 P_{allow}이다.
주의할 조건: 주어진 치수는 지름이 아니라 반지름이며, 인장강도를 그대로 쓰지 않고 안전계수로 나눈 허용응력을 사용한다.

사용할 공식

$\sigma_{allow} = \frac{\sigma_u}{n}$
$A = \pi r^2$
$P_{allow} = \sigma_{allow} A$
축하중을 받는 부재의 인장응력은 하중을 단면적으로 나눈 값이므로, 허용 가능한 최대하중은 허용응력과 단면적의 곱으로 구한다.

계산 과정

1. 허용인장응력을 구한다.
$\sigma_{allow} = \frac{400}{2} = 200MPa = 200N/mm^2$
2. 반지름이 $1mm$인 원형 단면의 넓이를 구한다.
$A = \pi(1)^2 = \pi mm^2$
3. 허용응력에 단면적을 곱한다.
$P_{allow} = (200N/mm^2)(\pi mm^2) = 200\pi N$

NoteBase

선지 판단

① X — $50\pi N$은 계산 결과 $200\pi N$과 다르다. ①의 수치는 틀리며, 올바른 최대허용하중은 $200\pi N$이다.
② X — $80\pi N$은 허용응력 $200N/mm^2$과 단면적 πmm^2의 곱이 아니다. ②의 수치는 틀리며, 올바른 값은 $200\pi N$이다.
③ X — $100\pi N$은 계산 결과의 절반이다. ③의 수치는 틀리며, 올바른 최대허용하중은 $200\pi N$이다.
④ X — $150\pi N$은 계산 결과 $200\pi N$과 일치하지 않는다. ④의 수치는 틀리며, 올바른 값은 $200\pi N$이다.
⑤ O — 허용응력 $200N/mm^2$에 단면적 πmm^2를 곱하면 $200\pi N$이므로 옳다.

오답 포인트

인장강도 $400MPa$를 그대로 사용하거나, 안전계수를 응력과 하중에 중복 적용하면 오답이 된다. 또한 반지름 $1mm$를 지름으로 오인하면 단면적이 달라진다. 이 문제에서는 $1MPa = 1N/mm^2$이므로 별도의 큰 단위 환산 없이 계산할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

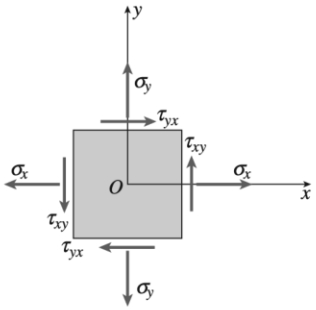
재료강도를 안전계수로 나누어 허용응력을 구하고, 단면 치수가 반지름인지 지름인지 확인하여 단면적을 계산한 뒤, $P_{allow} = \sigma_{allow} A$를 적용한다. 마지막으로 응력 단위와 면적 단위가 소거되어 하중 단위 N이 되는지 검산한다.

암기 포인트

허용응력은 강도를 안전계수로 나눈 값이고, 허용하중은 허용응력에 단면적을 곱한 값이다: $\sigma_{allow} = \sigma_u / n$, $P_{allow} = \sigma_{allow} A$.

NoteBase

16. 다음은 한 평면 요소의 응력상태를 나타내고 있다. σ_x, σ_y, τ_{xy}가 각각 74 MPa, 26 MPa, 18 MPa 일 때, 주응력(principal stress)에 해당하는 값은? (단위: MPa)



① 74
② 50
③ 30
④ 20
⑤ 18

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 평면응력 상태에서 평균 수직응력과 모어 원의 반지름을 이용해 주응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $\sigma_x = 74MPa$, $\sigma_y = 26MPa$, $\tau_{xy} = 18MPa$이다.
구해야 할 값: 전단응력이 0이 되는 면에 작용하는 두 주응력 σ_1, σ_2이다.
주의할 조건: 주응력은 평균 수직응력에 모어 원의 반지름을 더하거나 빼서 구한다.

사용할 공식

평면응력의 주응력 공식은 다음과 같다.
$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$
주응력면에서는 전단응력이 0이 되며, 위 식의 제곱근 항이 응력 모어 원의 반지름이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 평균 수직응력은 $\frac{74+26}{2} = 50MPa$이다.
2. 모어 원의 반지름은 $\sqrt{((74-26)/2)^2 + 18^2} = \sqrt{24^2 + 18^2} = 30MPa$이다.
3. 따라서 $\sigma_1 = 50 + 30 = 80MPa$, $\sigma_2 = 50 - 30 = 20MPa$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 74MPa는 주어진 x방향 수직응력 σ_x이다. 올바른 주응력은 80MPa와 20MPa이다.
② X — 50MPa는 두 수직응력의 평균값이자 모어 원의 중심이다. 올바른 주응력은 평균값에 반지름 30MPa를 더하고 뺀 80MPa와 20MPa이다.
③ X — 30MPa는 모어 원의 반지름이며 평면 내 최대전단응력의 크기이다. 주응력으로 고치면 80MPa 또는 20MPa이다.
④ O — 계산된 최소주응력 σ_2가 20MPa이므로 주응력에 해당한다.
⑤ X — 18MPa는 주어진 전단응력 τ_{xy}이다. 올바른 주응력은 80MPa와 20MPa이다.

오답 포인트

평균응력 50MPa나 모어 원의 반지름 30MPa를 그대로 주응력으로 고르는 것이 함정이다. 주응력은 반드시 '평균응력 ± 반지름'으로 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

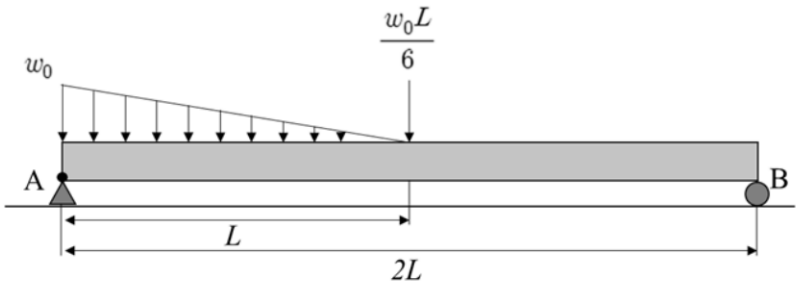
평면응력 문제에서는 먼저 평균 수직응력을 구하고, 수직응력 차의 절반과 전단응력으로 모어 원의 반지름을 구한 뒤, 평균값에 반지름을 더하고 빼서 두 주응력을 판단한다.

암기 포인트

주응력은 '모어 원의 중심 ± 반지름', 즉 $\sigma_{1,2} = \sigma_{avg} \pm R$이다.

NoteBase

17. 그림과 같이 단순보는 집중하중과 분포하중을 동시에 받고 있다. 위치 A에서의 반력은?



① $\frac{w_0L}{4}$

② $\frac{w_0L}{3}$

③ $\frac{w_0L}{2}$

④ $\frac{2w_0L}{3}$

⑤ w_0L

정답 3번

출제 포인트

삼각형 분포하중을 등가 집중하중으로 바꾼 뒤, 보 전체의 모멘트 평형과 수직력 평형을 이용하여 A점의 수직반력을 구하는 문제이다.

조건 정리

보의 전체 길이는 $2L$이다. A에서 L까지 작용하는 삼각형 분포하중은 A에서 최대 w_0, $x = L$에서 0이다. 또한 $x = L$에 크기 $w_0L/6$인 집중하중이 아래로 작용한다. 구해야 할 값은 A점의 수직반력 R_A이다.

사용할 공식

삼각형 분포하중의 등가 집중하중은 삼각형의 면적과 같으므로 $W = \frac{1}{2}w_0L$이다. 그 작용점은 하중이 큰 A쪽에서 밑변의 1/3 지점이므로 A에서 $L/3$ 떨어진 곳이다. 정지한 단순보에서는 $\sum M_A = 0$과 $\sum F_y = 0$이 성립하므로, 먼저 A점에 대한 모멘트 평형으로 R_B를 구하고 수직력 평형으로 R_A를 구한다.

NoteBase

계산 과정

1. 삼각형 분포하중의 합력은 $W = w_0L/2$이고, A에서 $L/3$ 지점에 작용한다.
2. A점에 대한 모멘트 평형은 $R_B(2L) - \left(\frac{w_0L}{2}\right)\left(\frac{L}{3}\right) - \left(\frac{w_0L}{6}\right)L = 0$이다. 따라서 $R_B = \frac{w_0L}{6}$이다.
3. 수직력 평형을 적용하면 $R_A + R_B - \frac{w_0L}{2} - \frac{w_0L}{6} = 0$이므로 $R_A = \frac{w_0L}{2}$이다.

선지 판단

① X — 전체 하중 $2w_0L/3$에서 B점 반력 $w_0L/6$을 빼면 $w_0L/2$이므로 $w_0L/4$가 아니다. ①의 올바른 값은 $R_A = w_0L/2$이다.
② X — 수직력 평형에 따르면 $R_A = 2w_0L/3 - w_0L/6 = w_0L/2$이므로 $w_0L/3$이 아니다. ②의 올바른 값은 $R_A = w_0L/2$이다.
③ O — 모멘트 평형으로 $R_B = w_0L/6$을 구한 뒤 수직력 평형을 적용하면 $R_A = w_0L/2$가 되어 계산 결과와 일치한다.
④ X — $2w_0L/3$은 삼각형 분포하중과 집중하중을 합한 전체 하중이며 A점 반력만의 값이 아니다. ④의 올바른 값은 $R_A = w_0L/2$이다.
⑤ X — 수직력 평형에서 전체 하중 중 $w_0L/6$은 B점 반력이 부담하므로 A점 반력은 w_0L이 될 수 없다. ⑤의 올바른 값은 $R_A = w_0L/2$이다.

오답 포인트

삼각형 분포하중의 합력을 w_0L로 보거나, 합력의 작용점을 A에서 $2L/3$로 잡으면 반력이 달라진다. 이 문제에서는 하중이 큰 쪽이 A이므로 합력의 작용점은 A에서 $L/3$이다. 또한 ④의 $2w_0L/3$은 두 지점 반력의 합과 같은 전체 하중일 뿐 A점 반력이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

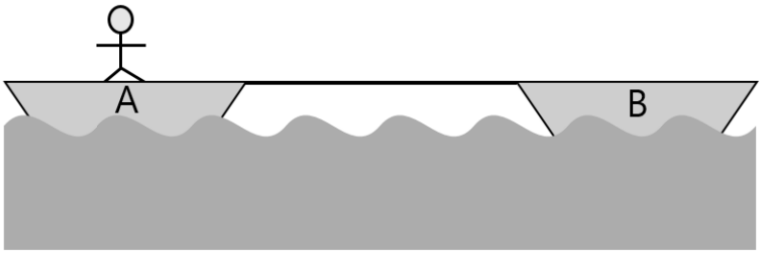
분포하중을 먼저 등가 집중하중으로 치환하고 그 작용점을 표시한다. 그다음 한 지점에 대한 모멘트 평형으로 반대쪽 반력을 구한 뒤, 수직력 평형으로 나머지 반력을 구한다. 마지막으로 두 반력의 합이 전체 하중과 같은지 검산한다.

암기 포인트

삼각형 분포하중의 합력은 삼각형의 면적 $w_0L/2$, 작용점은 하중이 큰 쪽에서 $L/3$이다.

NoteBase

18. 그림과 같이 동일 평면상에 위치한 보트 A와 보트 B가 줄로 연결되어 있다. 보트 A에 타고 있는 사람이 줄을 잡아당겨 보트 B가 보트 A 방향으로 1 m/s 속도로 움직인다. 보트 A와 사람을 합한 질량은 보트 B 질량의 2배일 때 보트 A의 속도는? (단위: m/s) (단, 물과 보트의 마찰은 무시한다)



① 0.25
② 0.50
③ 1.00
④ 1.50
⑤ 2.00

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 물과 보트 사이의 마찰이 없는 계에서 수평 방향 운동량 보존을 이용해 보트 A의 속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

보트 B의 질량을 m이라 하면 보트 A와 사람의 합한 질량은 $2m$이다. 두 보트는 처음에 정지해 있으므로 계의 처음 운동량은 0이다. 보트 B의 진행 방향을 음의 방향으로 잡으면 $v_B = -1m/s$이고, 보트 A는 반대 방향으로 움직인다. 물과 보트의 마찰을 무시하므로 계에 작용하는 외부 수평력은 없으며, 줄의 장력은 계 내부의 힘이다.

사용할 공식

운동량 보존식은 $m_A v_A + m_B v_B = 0$이다. 두 보트와 사람을 하나의 계로 보면 줄의 장력은 내부력으로 서로 상쇄되고 외부 수평력이 없으므로 전체 운동량이 보존된다.

계산 과정

질량과 속도를 운동량 보존식에 대입하면 $2mv_A + m(-1m/s) = 0$이다. 따라서 $2mv_A = m(1m/s), \quad v_A = 0.50m/s$이다. 보트 A는 보트 B의 진행 방향과 반대인 보트 B 쪽으로 $0.50m/s$의 속력으로 움직인다.

NoteBase

선지 판단

① X — 0.25m/s를 대입하면 두 물체의 운동량 크기가 $2m \times 0.25 = 0.5m$과 $m \times 1 = m$으로 같지 않아 운동량이 보존되지 않는다. 올바르게는 보트 A의 속도는 0.50m/s이다.
② O — $2m \times 0.50 = m \times 1$이므로 두 보트의 운동량 크기가 같고 방향이 반대여서 전체 운동량이 0으로 보존된다.
③ X — 1.00m/s는 두 이동 물체의 질량이 같을 때 가능한 값이며, 여기서는 보트 A와 사람의 합한 질량이 보트 B의 2배이다. 올바르게는 보트 A의 속도는 0.50m/s이다.
④ X — 1.50m/s를 대입하면 A 쪽 운동량 크기가 $3m$이 되어 B 쪽 운동량 m과 같지 않다. 올바르게는 보트 A의 속도는 0.50m/s이다.
⑤ X — 2.00m/s는 질량비와 속도비를 같은 방향으로 적용한 값이다. 운동량의 크기가 같으려면 질량이 2배인 A 쪽의 속도는 B의 절반이어야 하므로, 올바르게는 0.50m/s이다.

출제자가 노린 함정

질량이 2배라는 조건을 보고 속도도 2배인 ⑤를 고르는 것이 핵심 함정이다. 운동량의 크기 mv가 양쪽에서 같아야 하므로 질량과 속도는 반비례한다. 또한 줄의 장력을 외력으로 처리하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

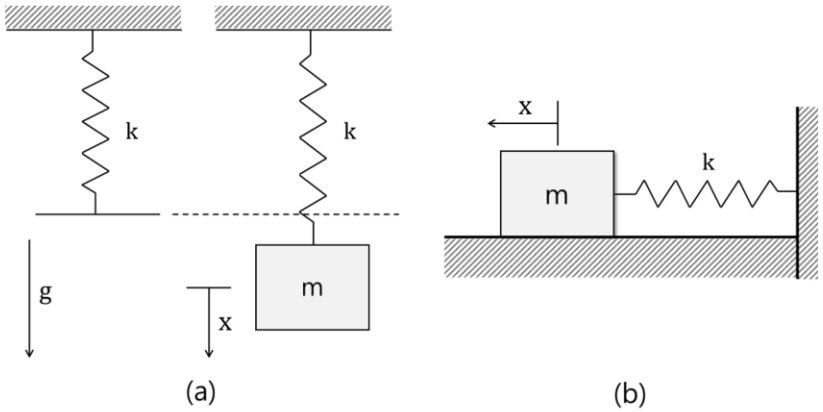
마찰이 없고 두 물체가 줄을 통해 서로 당기는 문제에서는 두 물체와 당기는 사람까지 하나의 계로 묶는다. 처음 운동량이 0이면 두 물체의 운동량 크기를 같게 두어 $m_1 v_1 = m_2 v_2$로 계산하고, 이동 방향은 서로 반대로 판단한다.

암기 포인트

외력이 0인 정지 계에서는 양쪽 운동량의 크기가 같다. 질량이 2배이면 속력은 절반이다.

NoteBase

19. 그림과 같이 질량과 스프링으로 구성된 시스템이 천장에 매달려서 수직으로 진동하는 경우(a)와 평면상에서 수평으로 진동하는 경우(b)가 있다. 시스템 (a)와 (b)의 질량과 스프링 상수는 각각 m과 k로 동일할 때 설명 중 옳은 것은? (단, x는 평형위치부터의 변위이고 모든 마찰은 무시한다)



① 중력가속도는 두 경우 모두 고유진동수에 영향을 준다.

② 질량이 증가하면 고유진동수는 증가한다.

③ 동일한 스프링을 기존 스프링과 병렬로 질량에 연결하면 고유진동수는 감소한다.

④ 수직으로 진동하는 경우의 운동방정식은 $m\ddot{x}+kx=mg$으로 표현된다.

⑤ 두 시스템의 고유진동수는 동일하다.

정답 5번

출제 포인트

수직·수평 질량-스프링계의 평형점 주변 운동방정식을 세워 중력의 영향과 고유진동수 ω_n를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 두 시스템의 질량은 m, 스프링 상수는 k로 동일하다.

구해야 할 값: 각 시스템의 고유진동수와 선지의 옳고 그름이다.

주의할 조건: x는 자연길이가 아니라 평형위치부터의 변위이며, 모든 마찰은 무시한다.

NoteBase

사용할 공식

선형 질량-스프링계의 자유진동 방정식과 고유진동수는

$m\ddot{x} + kx = 0, \qquad \omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$

이다. 수직계에서는 중력이 정적 평형변위를 만들지만, 평형위치부터 변위를 재면 중력항과 평형 상태의 스프링 힘이 상쇄되므로 같은 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 수직계의 정적 평형변위를 δ라 하면 $k\delta = mg$이다.
2. 평형위치에서 아래쪽으로 x만큼 변위했을 때 $m\ddot{x} = mg - k(\delta + x) = -kx$이므로 $mx + kx = 0$이다.
3. 수평계도 복원력이 $-kx$이므로 $mx + kx = 0$이다.
4. 따라서 두 시스템 모두 $\omega_n = \sqrt{k/m}$이다.

선지 판단

① X — 중력가속도는 수직계의 정적 평형변위 $\delta = mg/k$에는 영향을 주지만 평형점 주변 고유진동수에는 영향을 주지 않으며, 수평계의 고유진동수에도 영향을 주지 않는다. 틀린 표현 '두 경우 모두 고유진동수에 영향을 준다'는 '두 경우 모두 고유진동수에 영향을 주지 않는다'로 고쳐야 한다.

② X — $\omega_n = \sqrt{k/m}$이므로 k가 일정할 때 질량이 증가하면 고유진동수는 감소한다. 틀린 표현 '증가한다'는 '감소한다'로 고쳐야 한다.

③ X — 동일한 스프링을 기존 스프링과 병렬로 연결하면 등가 스프링 상수는 $k_{eq} = k + k = 2k$가 되어 고유진동수는 $\sqrt{2k/m}$로 증가한다. 틀린 표현 '감소한다'는 '증가한다'로 고쳐야 한다.

④ X — 문제에서 x는 평형위치부터의 변위이므로 중력항은 정적 평형력과 상쇄되어 운동방정식은 $mx + kx = 0$이다. $m\ddot{x} + kx = mg$는 평형위치가 아닌 별도의 기준점에서 변위를 잡을 때의 형태이므로 이 문제의 식으로는 옳지 않다.

⑤ O — 두 시스템은 모두 같은 운동방정식 $mx + kx = 0$을 따르므로 고유진동수는 $\omega_n = \sqrt{k/m}$로 동일하다.

오답 포인트

④처럼 수직계라는 이유만으로 운동방정식에 mg를 남기는 것이 핵심 함정이다. 변위의 기준이 평형위치이면 중력은 평형점만 이동시키고 선형 자유진동의 고유진동수에는 나타나지 않는다. 또한 병렬 스프링은 등가 강성이 커지므로 ③과 달리 고유진동수가 증가한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 변위의 기준점이 평형위치인지 확인한다. 평형위치 기준이면 정적 하중을 상쇄한 뒤 $m\ddot{x} + k_{eq}x = 0$의 형태로 정리하고, $\omega_n = \sqrt{k_{eq}/m}$에서 질량과 등가 강성의 변화를 판단한다.

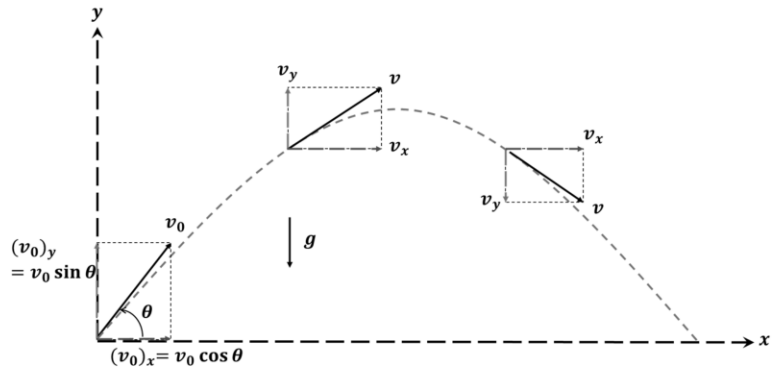
NoteBase

암기 포인트

평형점 기준 수직 진동에서는 중력이 사라지고, 고유진동수는 $\omega_n = \sqrt{k/m}$이다. 질량이 커지면 감소하고, 강성이 커지면 증가한다.

NoteBase

20. 포물선 운동의 설명 중 옳지 않은 것은? (단, 공기저항은 무시하며 중력가속도는 g이다)



① 가속도의 x축 방향 성분 a_x는 0이다.

② 가속도의 y축 방향 성분 a_y는 $-g$다.

③ 속도의 x축 방향 성분은 포물선 운동 중 변하지 않는다.

④ 속도의 y축 방향 성분은 포물선 운동 중 변한다.

⑤ 초기변위 $x_0 = y_0 = 0$일 때, 포물선 운동 중 임의의 시간에서의 변위 y는 $v_0 t \sin\theta + \frac{1}{2} g t^2$으로 표현된다.

정답 5번

출제 포인트

공기저항이 없는 포물선 운동에서 가속도와 속도의 수평·수직 성분을 구분하고, 위쪽을 양의 방향으로 잡았을 때 수직 변위 식의 중력항 부호를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 공기저항을 무시하고 중력가속도의 크기는 g이다.

좌표 방향: x축의 양의 방향은 오른쪽, y축의 양의 방향은 위쪽이다.

초기 속도 성분: $(v_0)_x = v_0 \cos\theta$, $(v_0)_y = v_0 \sin\theta$이다.

초기 위치: $x_0 = y_0 = 0$이다.

주의할 조건: 중력은 아래쪽으로 작용하므로 y축 가속도는 $-g$이다.

NoteBase

사용할 공식

가속도 성분은 $a_x = 0$, $a_y = -g$이다.
속도 성분은 $v_x = v_0\cos\theta$, $v_y = v_0\sin\theta - gt$이다.
위치 성분은 $x = v_0 t\cos\theta$, $y = v_0 t\sin\theta - \frac{1}{2}gt^2$이다.
중력만 작용하므로 수평 방향은 등속 운동이고, 수직 방향은 가속도가 $-g$인 등가속도 운동이어서 이 식들을 사용한다.

계산 과정

1. 수평 방향에는 힘이 작용하지 않으므로 $a_x = 0$이고 $v_x = v_0\cos\theta$로 일정하다.
2. 수직 방향에는 아래쪽 중력만 작용하므로 $a_y = -g$이고, 적분하면 $v_y = v_0\sin\theta - gt$이다.
3. 수직 속도를 시간에 대해 적분하고 $y_0 = 0$을 적용하면 $y = v_0 t\sin\theta - \frac{1}{2}gt^2$가 된다. 따라서 중력항을 양수로 쓴 ⑤가 옳지 않다.

선지 판단

① O — 공기저항이 없으면 수평 방향 힘이 없으므로 가속도의 x축 성분은 $a_x = 0$이다.
② O — 위쪽을 $+y$로 정했으므로 아래쪽 중력가속도의 y축 성분은 $a_y = -g$이다.
③ O — $a_x = 0$이므로 속도의 x축 성분 $v_x = v_0\cos\theta$는 포물선 운동 중 변하지 않는다.
④ O — 속도의 y축 성분은 $v_y = v_0\sin\theta - gt$이므로 시간에 따라 변한다. 상승 중에는 감소하고, 최고점에서 0이 되며, 이후에는 음수가 된다.
⑤ X — 틀린 표현은 $+\frac{1}{2}gt^2$이다. 위쪽이 양의 방향이고 중력가속도는 $-g$이므로 올바른 식은 $y = v_0 t\sin\theta - \frac{1}{2}gt^2$이다.

오답 포인트

⑤에서 g를 중력가속도의 크기라는 이유만으로 양의 항으로 넣기 쉽다. 그러나 변위 공식의 부호는 가속도의 방향으로 결정된다. 위쪽을 양의 방향으로 잡으면 $a_y = -g$이므로 중력에 의한 변위항도 $-\frac{1}{2}gt^2$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 좌표축의 양의 방향을 확인한 뒤 힘의 방향에서 a_x와 a_y의 부호를 정한다. 그다음 $v = v_0 + at$, $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$에 각 축의 가속도를 대입하면 속도와 변위 식의 부호를 일관되게 판단할 수 있다.

암기 포인트

공기저항이 없는 포물선 운동에서는 수평 방향이 $a_x = 0$인 등속 운동이고, 위쪽을 양으로 잡은 수직 방향이 $a_y = -g$인 등가속도 운동이다. 따라서 v_y에는 $-gt$, y에는 $-\frac{1}{2}gt^2$가 붙는다.

NoteBase